



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Bautechnik und
Naturgefahren
Institut für konstruktiven Ingenieurbau
Arbeitsgruppe Ressourcenorientiertes Bauen
Peter Jordanstraße 82
A-1190 Wien

Claudia Pasteiner, Bakk. techn.

Nachhaltiges Bauen mit Dämmmaterialien auf Basis nachwachsender Rohstoffe

Anwenderorientierte Planungshilfen und hochwertige
Beispiele für thermische Sanierungsmaßnahmen der
obersten Geschoßdecke mit NAWARO

Masterarbeit

27. Jänner 2013

1. Betreuer

Univ. Prof. Arch. DI Dr. techn. Martin Treberspurg
Institut für Konstruktiven Ingenieurbau, Arbeitsgruppe ressourcenorientiertes Bauen, BOKU Wien

2. Betreuer

Ao.Univ.Prof.i.R. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Herbert Weingartmann
Institut für Landtechnik, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, BOKU Wien

3. Betreuer

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Mayer
Fakultät Maschinenbau, Hochschule Kempten, TU München

Abstract

To construct a more energy-efficient home, to buy an old house and recover the former charm of the building through renovation while reaching the state of art... there are many reasons to use thermal insulation. In many cases a thermal retrofit of the entire building shell leads to financial difficulties or simply is too much work is too high of expenditure of work and is financially excessive. Therefore, insulating the ceiling against unheated roof space is a good alternative first step. In most cases this form of renovation can be done in one's own initiative with a low financial input.

For keeping the basic structure of a building it is important to adapt the building materials. In case of old-building renovation this includes the application of ecological insulating material. But the problem is that most people have never worked with these materials and also don't know how to use them. Therefore the focus of this thesis is to offer a user-oriented description of the application of ecological insulating materials, especially by protecting the blanket against the unheated roof space.

For this reason comprehensive research about different application areas and characteristics of applicable ecological building materials has been carried out in the first step. The details concerning the practical applications of the materials are hard to find in books and online platforms. Therefore, in a course of an internship at "GrAT-Gruppe Angepasste Technologien" (scientific association of TU Vienna) and while collaborating in the dissemination project "Renew building" different restoration projects have been chosen. In these projects the ceilings were insulated against unheated roof space with ecological building materials. Through interviews with the responsible architects, different producers of building materials and some building owners, the experiences with the materials were collected and converted to a sort of handbook for the practical use of ecological insulation materials.

This handbook includes a general description of the respective buildings, a detailed demonstration of interesting constructions as well as the ceiling mounting with the help of GEQ-software, which includes the calculation of thermal transmittance and the condensate formation. For the practical applications of the building materials helpful advices were developed for each insulation material.

The application of ecological and conventional building materials differs in many points. Through the distribution of existing experiences and explanations of the advantages of ecological materials these products should gain the capacity to compete in future. Ecological insulating materials will be permanent solutions in the sector of new and old buildings including several advantages like lower transportation costs, offering local jobs and of course quitting the waste of non-renewable, exhaustible resources.

Kurzfassung

Das eigene Heim energiesparender gestalten oder ein altes Haus kaufen und durch eine Sanierung den früheren Charme des Gebäudes wiedergewinnen, aber trotzdem den aktuellen Stand der Technik erreichen... es gibt verschiedene Beweggründe, eine Wärmedämmung durchzuführen. Häufig stellt die Dämmung des gesamten Gebäudekomplexes jedoch einen zu großen finanziellen und arbeitsintensiven Aufwand dar. Im Laufe der Jahre wird eine Generalsanierung unumgänglich sein, den ersten Schritt kann die Dämmung der obersten Geschoßdecke darstellen. Diese kann häufig in Eigeninitiative mit geringem Kostenaufwand durchgeführt werden und bringt dabei einen hohen Ertrag hinsichtlich Heizenergieeinsparung.

Um eine Sanierung der vorhandenen Bausubstanz entsprechend durchzuführen, sollte jedoch auch die Wahl der eingesetzten Baustoffe bedacht werden. Im Bereich von Althausanierungen sollten darum vermehrt ökologische Dämmstoffe zum Einsatz kommen. Für viele Menschen stellt die Verarbeitung von nachwachsenden Rohstoffen jedoch noch ein unbekanntes Wissensfeld dar. Aus diesem Grund war es mir ein Anliegen, hier eine möglichst anwenderorientierte Darstellung der Nutzung von ökologischen Dämmstoffen, mit Fokus auf die oberste Geschoßdecke, zu gestalten.

Um dies zu erreichen, war in einem ersten Schritt eine umfassende Recherche zu den unterschiedlichen Anwendungsgebieten und Merkmalen der in Frage kommenden Baustoffe nötig. Die Hinweise zur praktischen Anwendung finden sich jedoch nur selten in Büchern und auf Internetplattformen. Aus diesem Grund wurden im Zuge der Mitarbeit bei dem Disseminationsprojekt RenewBuilding bei der GrAT - Gruppe Anpasste Technologie, einem wissenschaftlichen Verein an der TU Wien, verschiedene Bauprojekte ausgewählt, bei denen die Dämmung der obersten Geschoßdecke mit nachwachsenden Rohstoffen bereits umgesetzt wurde. In Interviews mit den Planern, verschiedenen Baustoffproduzenten und einzelnen Bauherren konnten so die Erfahrungen mit diesen Stoffen gesammelt und zu einem Empfehlungskatalog zur praktischen Umsetzung von ökologischer Wärmedämmung verarbeitet werden.

Dieser enthält die Vorstellung der jeweiligen Gebäude, eine Darstellung von interessanten Detailausführungen, die in der Verarbeitung häufig Fragen aufwerfen, sowie eine genaue Aufbaubeschreibung anhand von GEQ-Eingaben, die die Berechnung des U-Wertes und eine mögliche Kondensatbildung im Laufe des Jahres ermöglicht. Für die eigentliche Anwendung der Produkte wurden zu den verschiedenen eingesetzten Baustoffen Ausführungshinweise aus den Interviews erarbeitet.

Die Anwendung ökologischer Baustoffe unterscheidet sich in vielen Punkten von der Verarbeitung konventioneller Baustoffe. Durch die Verbreitung bestehender Erfahrungswerte sollen diese jedoch auch in Zukunft an Wettbewerbsfähigkeit am Markt gewinnen und entgegen vieler Kritiker dauerhafte Lösungen im Neubau- und Sanierungsbereich bieten, die zusätzlich zahlreiche Vorteile, wie niedrige Transportkosten, Verbesserung der regionalen Wertschöpfung und natürlich eine Ressourcenschonung durch ihre natürliche Herkunft bieten.

Danksagung und Widmung

Ich möchte mich an dieser Stelle bei allen Personen bedanken, die mich bei der Erstellung dieser Arbeit unterstützt haben.

Dazu gehört vor allem mein Betreuer DI Roman Smutny, der mir bei der Erstellung meiner Arbeit immer wieder mit interessanten Anregungen zum Thema sowie laufender Unterstützung bei offenen Fragen eine große Hilfe war. Ebenfalls bedanken möchte ich mich beim gesamten Team der GrAT, besonders bei Stefan Prokupek und Karin Reisinger, die mir sowohl bei der Themenfindung als auch während der gesamten Arbeit immer mit Rat und Tat zur Seite gestanden sind.

Vielen Dank auch an meine Freundin Elke Walter, die mir durch ihre motivierende Worte eine große Hilfe war, sich bereit erklärt hat meine Diplomarbeit gegenzulesen und sich nicht gescheut hat Verbesserungsvorschläge einzubringen.

Ein besonderer Dank gilt meinen Eltern und meinen beiden Schwestern Manuela und Martina, die mich durch meine gesamte Studienzeit begleitet haben und vor allem in der Zeit meiner Diplomarbeit immer große Geduld mit mir hatten. Ohne ihre Unterstützung und motivierenden Worte wäre dieses Studium niemals möglich gewesen.

Inhalt

1	Einleitung.....	7
1.1	Persönliche Motivation	7
1.2	Hintergrund.....	7
1.3	Strategisches Ziel der Arbeit und davon abgeleitete zentrale Forschungsfragen	8
1.4	Wesentliche Literatur zu diesem Thema.....	9
1.5	Arbeitsschritte und methodisches Vorgehen	10
2	Begriffsdefinition „oberste Geschoßdecke“	12
3	Übersichtsdarstellung biogener Dämmstoffe aus NAWARO	14
3.1	Flachs	14
3.2	Hanf.....	15
3.3	Kokos	16
3.4	Kork.....	17
3.5	Holzfasern	18
3.6	Schafwolle	19
3.7	Schilf.....	20
3.8	Stroh.....	22
3.9	Wiesengras	23
3.10	Zellulose	24
3.11	Bauphysikalischer Vergleich	25
3.12	Ökologischer Vergleich	28
4	Beispielkatalog umgesetzter Gebäudesanierungen	30
4.1	Freihof Sulz	30
4.2	Scheune Ravelsbach	34
4.3	Sandberghof Schauer	41
4.4	Haus Wandalenallee 38 - Westend Grün	45
4.5	Lehmhaus Mitterretzbach.....	49
4.6	Haus Wehlen.....	55
4.7	EFH Murat Erol – Ziegelofengasse.....	59
5	Ausführungshinweise zur Umsetzung der Dämmung einer obersten Geschoßdecke	65
5.1	Allgemeine Grundlagen zur Dämmung der OGD	65
5.2	Kritische Bereiche bei der Ausführung einer Dämmung der OGD	66
5.3	Brandschutzbestimmung im Bereich der OGD	67
5.4	Luftdichte Bauweise	69
5.5	Feuchteschutz durch Einsatz von Dampfsperre/-bremse.....	69
5.6	Wärmebrücken vermeiden	70
5.7	Sommerlicher Hitzeschutz	70

5.8	Einsatz von Flachs in der OGD	71
5.9	Einsatz von Hanf in der OGD	72
5.10	Einsatz von Holzfaser in der OGD.....	72
5.11	Einsatz von Stroh in der OGD	73
5.12	Einsatz von Zellulose in der OGD	75
6	Schlussfolgerungen	77
7	Abkürzungsverzeichnis.....	78
8	Literaturverzeichnis.....	79
9	Abbildungsverzeichnis	83
10	Tabellenverzeichnis	85
11	Anhänge.....	86

1 Einleitung

1.1 Persönliche Motivation

Grundsätzlich hat mich der Bereich Architektur und Raumgestaltung immer schon persönlich interessiert. Im Laufe meines Studiums „stoffliche und energetische Verwertung nachwachsender Rohstoffe“ wurde mein Interesse für den Bereich ökologisches Bauen geweckt. Besonders die Vorlesung „Ressourcenorientiertes Bauen“ zeigte mir hier viele neue und spannende Themenbereiche auf.

Im Zuge eines Praktikums bei der GrAT – Gruppe Angepasste Technologie war es mir möglich, bei den Projekten E-Genius und RenewBuilding mitzuarbeiten. E-Genius ist eine E-Learning-Plattform zum Thema ökologisches Bauen für berufsbildende Schulen. Hier konnte ich mich vor allem mit dem Bereich der ökologischen Dämmstoffe beschäftigen. Durch die Arbeit am Projekt RenewBuilding, einer Wissensdatenbank, die Planern und Architekten dienen soll, einen besseren Einblick in den Bereich der ökologischen Sanierung zu erhalten, konnte ich die Verbindung zum Themenfeld der Architektur herstellen.

1.2 Hintergrund

Aufgrund von steigenden Energiepreisen, zahlreichen Fördermöglichkeiten im Bereich von Althausanierungen sowie dem Wunsch nach einem behaglichen Wohnraumklima gewinnt der Einsatz von Wärmedämmungen immer mehr an Bedeutung [Treberspurg, 1999]. Während die Dämmstoffnachfrage im Bereich von Neubauten aufgrund von sinkenden Neubauzahlen zurückgeht, zeigt sich laut Kreuzer Fischer & Partner ein steigender Bedarf im Sanierungssektor [Koiner, 2011]. Auch zwischen den Produktgruppen gibt es starke Unterschiede in den Absatzzahlen. Hier erfreuen sich klassische Dämmstoffe, wie Mineralwolle und EPS-Platten, beständiger Nachfrage, alternative Dämmstoffe zeigen hingegen ein sehr schwaches Vordringen am Markt.

Gerade im Bereich Sanierungen sind Produkte aus nachwachsenden Rohstoffen sehr zu empfehlen. Diese überzeugen einerseits in ökologischer Hinsicht durch ressourcenschonenden Rohstoffumgang, eine neutrale CO₂-Bilanz sowie ihre Wiederverwertbarkeit im Bauwesen bzw. die Rückführbarkeit in die Natur. Andererseits bieten sie jedoch auch in ökonomischer, aber vor allem bauphysikalischer Hinsicht, Vorteile zu konventionellen Produkten. Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen zeigen vergleichbare Werte im Bereich von Schall- und Wärmedämmung, wie beispielsweise Mineralwolle. Aufgrund von diffusionsoffenem Aufbau führen sie außerdem zu Vorteilen der feuchtetechnischen Qualität von Gebäuden.

Da der Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen nach wie vor einen sehr kleinen Marktanteil ausmacht [Die Bauzeitung, 2011] und infolgedessen auch die Anwendung häufig noch viele Fragen aufwirft, ist es mein Ziel in dieser Arbeit, die unterschiedlichen Eigenschaften dieser Produkte vorzustellen und somit auch einen weiteren Schritt in Richtung anwenderfreundliche Bearbeitung dieses Themenfeldes zu gehen.

Die Bearbeitung des gesamten Dämmstoffmarktes von nachwachsenden Rohstoffen würde jedoch das Ausmaß einer Masterarbeit übersteigen. Aus diesem Grund habe ich mich auf die Anwendung im Bereich der obersten Geschoßdecke konzentriert.

Am Beispiel von Niederösterreich zeigt sich, dass hier ein großes Energieeinsparungspotential besteht. 50% der obersten Geschoßdecken (in weiterer Folge auch „OGD“ genannt) sind hier nicht oder nur in schlechter Ausführung beziehungsweise in geringem Ausmaß gedämmt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass vor dem Jahr 1970 eine Dämmung der OGD nicht durchgeführt wurde und in den Jahren danach meist nur eine Dämmung von 3 cm gelegt wurde, während heute im Sanierungsbereich Dämmstärken von 25 cm und im Neubau 32 bis 45 cm gefordert

werden. [Heigl & Haftner, 2006]

Im Gegensatz zu anderen Sanierungsmaßnahmen kann hier jedoch bereits durch geringen Investitions- und Arbeitsaufwand ein hoher Ertrag durch Energie- und CO₂-Einsparung gewonnen werden. Durch Heizkosteneinsparungen von über 50 % in Wohnungen unter der OGD rentiert sich das eingesetzte Kapital sehr schnell und führt zusätzlich zu einer Erhöhung der Behaglichkeit des Wohnklimas. [Fechner, 2002]

1.3 Strategisches Ziel der Arbeit und davon abgeleitete zentrale Forschungsfragen

Das Ziel meiner Arbeit ist die Erarbeitung einer Planungshilfe für thermische Sanierungsmaßnahmen der obersten Geschoßdecke mit NAWARO. Hier war vor allem die Frage entscheidend, worin die Schwierigkeit beim Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen im Bauwesen liegt und auf welche Aspekte besonders im Fall der Dämmung der obersten Geschoßdecke Rücksicht zu nehmen ist. Damit ökologische Dämmstoffe auch am Markt an Bedeutung gewinnen können, müssen sie dem Vergleich mit konventionellen Produkten standhalten können. Dazu habe ich im Zuge meiner Arbeit folgende Fragen zu den verschiedenen Produkten sowie den ausgewählten Projekten näher behandelt:

Materialbezug und Lagerung

- Welche Hersteller gibt es für das eingesetzte Produkt?
- Wie erfolgte der Bezug der Ware, direkt beim Hersteller oder über einen Baustoffgroßhändler?
- Wie erfolgt die Lieferung (Transport und Verpackungseinheit)?
- Was war bei der Anlieferung und der Lagerung des Dämmstoffs auf der Baustelle zu berücksichtigen?

Dämmstoffeinbau

- Wie ist der genaue Aufbau des Bauteils?
- Hat der Hersteller ein komplettes System angeboten?
- Hatte der Hersteller Verarbeitungsrichtlinien vorgeschrieben und schrieb er einen speziellen Ausbildungsstandard der ausführenden Baufirma vor?
- Gab es Informationen des Herstellers bezüglich des Arbeitsschutzes und der Arbeitssicherheit bei der Verarbeitung?
- Gab es Gefährdungen der Arbeiter, wenn ja, welche Schutzmaßnahmen wurden getroffen?
- Wie muss der jeweilige Untergrund vorbereitet werden? (Sauberkeit, Ebenheit)
- Wie wird der Dämmstoff eingebracht bzw. befestigt?
- Wie werden Hohlräume ausgefüllt? (geblasen, gestopft, geschüttet)
- Welche Maßnahmen wurden bei Durchdringungen, Anschluss an Leitungen und Kamine (Brandsicherheit) getroffen?
- Wie erfolgte der Anschluss an Wände, Dach und Türen?
- Wie wurden Abdichtungs-, Dampfsper-, Dampfbrems-, Winddichtigkeits-, Dampfdruckausgleichsbahnen eingebracht?

- War der Dämmstoff bei der Einbringung/Verlegung begehbar, wenn nicht, wie wurde beim Einbau damit umgegangen?
- Gab es bezüglich Brandsicherheit erhöhte Anforderungen, wenn ja, was musste hinsichtlich der Brandsicherheit beachtet werden?

Besonderheiten aufgrund der Materialeigenschaften

- Mussten Maßnahmen ergriffen werden, um den Bauteil vor tierischen und pflanzlichen Schädlingen (wie Mäusen, Insekten, Pilzen) zu schützen? Wenn ja, welche Maßnahmen wurden gesetzt?
- Gibt es trotz dieser Vorkehrungen Schadensbilder durch tierische und pflanzliche Schädlinge? Wenn ja, welche?
- Welche Maßnahmen wurden bezüglich Reduzierung der Feuchtebelastung des Bauteils gesetzt oder waren solche Maßnahmen nicht notwendig?

Recycling/Rückbau

- Ist ein Baustoffrecycling für die Dämmstoffe möglich oder müssen alle Abfallprodukte deponiert werden?
- Wäre bei einem Teilrückbau bzw. einer Demontage des Bauteils bzw. des Projektes eine sortenreine Trennung der Bauteile oder sogar eine Wiederverwendung möglich? Wenn ja, wie müsste dieser Vorgang vonstattengehen?
- Welche Vor- und Nachteile bringt das Nawaro-Produkt gegenüber der Ausführung mit einem konventionellen Baustoff?

Persönlicher Rückblick

- Was würden die Planer mit heutigem Wissen anders machen bezüglich der Wahl und Ausführung mit Nawaro-Produkten bei diesem Projekt?

1.4 Wesentliche Literatur zu diesem Thema

Zur Grundlagenrecherche im Bereich ökologische Dämmstoffe wurden vor allem die Informationsbroschüren „DÄMMstoffe richtig eingesetzt“ sowie „Althausmodernisierung – Neues Wohnen in alten Mauern“ von der Umweltberatung sowie „Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen“ der FNR e.V. herangezogen. Um allgemeine Fragen im Bereich des Bauwesens zu beantworten, dienten die Manz Lehrbücher für Baukonstruktionslehre. Des Weiteren wurden „Naturbaustoffe“ von Bruckner & Schneider, „Natürliche und pflanzliche Baustoffe“ von Holzmann & Wangelin sowie Veröffentlichungen der „GrAT – Gruppe angepasste Technologie“ als Grundlage für den Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen herangezogen und zitiert. Die Abschnitte dieser Arbeit, die mit Projekten der GrAT einhergingen, wurden auf den Websites von E-Genius (<http://www.e-genius.at>) sowie RenewBuilding (<http://www.renew-building.eu>) veröffentlicht.

Der Inhalt der Arbeit basiert im Wesentlichen auf persönlichen Interviews mit Experten aus dem Bereich ökologische Dämmstoffe, mit Handwerkern, die bereits ökologische Baustoffe verarbeitet haben, und mit den Architekten der im Folgenden näher dargestellten Projektbeispiele. Aus dem Bereich der Planung waren dies Mag. Andi Breuss, DI Eike Joswag von roswag & janowski architekten Partnerschaft, DI Nadler-Kopf Beate, Herbert Gruber von „asbn – austrian strawbale network“ sowie DI Murat Erol, der sein Haus selbst geplant und viele handwerkliche Tätigkeiten beim Bau selbst durchgeführt hat.

Die Beschreibung der Gebäude wurde meist in Form von zugesandten Pressemappen abgedeckt. Die Erarbeitung der Details erfolgte dabei auf Basis der übermittelten Pläne und wurde

nach Rückfragen sowie einem ausführlichen Interview mit dem jeweiligen Planer verifiziert.

Sowohl für allgemeine Fragen zur Durchführung von Sanierungen als auch Detailfragen zu einzelnen Baustoffen standen Alfred Ruhdorfer von Naturbaustoffe Scharinger, Stefan Prokupsek und das gesamte Team der GrAT – Gruppe angepasste Technologie immer zur Verfügung. Fragen zum Thema Brandschutz wurden mit Herrn Dipl.-Ing. Wolfgang Thoma vom Österreichischen Institut für Bautechnik erläutert.

1.5 Arbeitsschritte und methodisches Vorgehen

In einem ersten Schritt wurden im Zuge des Projektes „E-Genius“ Informationen für den Einsatz von ökologischen Dämmstoffen gesammelt. Auf Basis dieser wurde ein Gesamtüberblick der in Frage kommenden Dämmstoffe für die Verarbeitung der obersten Geschoßdecke erstellt sowie Grundlagenmodule für die E-Learning-Plattform aus „E-Genius“ erarbeitet.

Im Zusammenhang mit dem Projekt „Renew Building“ wurden dreiundvierzig Gebäude ausgewählt, an denen in den vergangenen zehn Jahren eine Sanierung durchgeführt wurde (siehe Anhang A). Aus dieser Liste wurde die Auswahl hinsichtlich einer vorhandenen Sanierung der obersten Geschoßdecke wie folgt eingeschränkt:

- Gästehaus Erlaufsee, Gastronomie und Wohnhaus, Niederösterreich
- Freihof Sulz, Gastronomie und Bürogebäude, Vorarlberg
- Scheune Ravelsbach, Bürogebäude und Wohnhaus, Niederösterreich
- Sandberghof Schauer, Mehrfamilienhaus, Hessen, Darmstadt
- Westend Grün, Einfamilienhaus, Berlin
- Lehmhaus Mitterretzbach, Einfamilienhaus, Niederösterreich
- Schloss Lengberg, sozialpädagogische Bildungsanstalt, Tirol
- Haus Wehlen, Mehrfamilienhaus, Wehlen, Schweiz
- Schule St. Florian, Schulgebäude, Oberösterreich
- Schule Ritzlhof, Wohnhaus, Oberösterreich
- EFH Murat Erol, Einfamilienhaus, Niederösterreich

Diese Gebäude wurden für eine erste Informationserhebung an die Projektmitarbeiter Karin Reisinger, Martina Umhaller und Elke Thelesklav verteilt. Im Zuge der darauf folgenden Recherchen mussten einzelne Gebäude aufgrund mangelnder Qualität der Umsetzung beziehungsweise fehlendem Interesse der Informationsweitergabe von Seiten der Planer oder Bauherren wieder aus der Auswahl herausgenommen werden. Die endgültige Auswahl der für die vorliegende Masterarbeit beschriebenen Projekte wurde an Hand einer möglichst vielseitigen Dämmstoffverarbeitung getroffen. Hier wurden im Verlauf der Recherchen Gebäudepläne, Detailpläne, Hintergrundinformation zu den Gebäuden sowie den durchgeführten Sanierungen eingeholt und Interviews mit den jeweiligen Architekten zu Planungshintergründen, kritischen Konstruktionen und Detailausführungen geführt. Ausgehend von den eingeholten Informationen wurden für jedes Projekt die Regelaufbauten von Martina Umhaller in die GEQ-Software (Österreichversion, 2011) eingearbeitet und so der U-Wert sowie der Diffusionsverlauf der einzelnen Bauteile berechnet. Parallel dazu wurden kritische Stellen der Dämmebenen in Form von Detaildarstellungen in AutoCAD von Karin Reisinger und allgemeine Gebäudebeschreibungen von mir erarbeitet. Aufgrund der individuellen Zusendungen gibt es jedoch Unterschiede im Detailgrad der einzelnen Beschreibungen.

Im Zuge eines Expertenmeetings wurden die vorhandenen Unterlagen diskutiert und aus der Sicht von Architekten, Bauphysikern, Baumeistern und Naturstoffexperten hinterfragt. Die entstandenen Fragen wurden durch weitere Telefonate beziehungsweise persönliche Gespräche mit den jeweiligen Planern der Projekte besprochen. Die daraus entstandenen Änderungen wurden in die Detaildarstellungen sowie in die GEQ-Berechnungen eingearbeitet. Für die Gebäudebeschreibungen wurden nur Abschnitte aus den GEQ-Ausgaben zu U-Wert-Berechnung und Kondensat angeführt. Die vollständige GEQ-Berechnung zu jedem Gebäude findet sich im Anhang (Anhang B – K).

Um auch im Bereich der eingesetzten Dämmstoffe einen möglichst breiten Wissensstand zu erlangen, wurden neben allgemeinen Literaturrecherchen auch telefonische Interviews mit den Produzenten am österreichischen und teilweise auch deutschen Markt geführt.

Anhand der gesammelten Informationen und durchgeführten Interviews wurde ein Empfehlungskatalog mit Verarbeitungshinweisen der ausgewählten ökologischen Dämmstoffe im Bereich der obersten Geschoßdecke erstellt.

2 Begriffsdefinition „oberste Geschoßdecke“

In der Fachliteratur wird die oberste Geschoßdecke als „Decke gegen unbeheizten Dachraum“ bezeichnet. Besonders die Abgrenzung vom Flachdach ist hier zu beachten, das im Gegensatz zur obersten Geschoßdecke einen Witterungsschutz benötigt und sich somit klar in der konstruktiven Umsetzung unterscheidet. [Thelesklav, 2011] Sie bildet somit die Grenze zwischen thermisch konditioniertem Wohnraum und dem durchlüfteten Dachraum, kommt es zu einem Brand im Dachraum soll sie außerdem als Feuerschutz dienen [Bundesdenkmalamt, 2011].

Sowohl in Österreich als auch in Deutschland ist die Dämmung der obersten Geschoßdecke häufig mangelhaft. Bei Renovierungen ist diese bereits gesetzlich geregelt. In Österreich ist laut OIB Richtlinie 6 vorgeschrieben, dass sowohl bei Neubau als auch bei Renovierungen, von Gebäuden der Bauteil „Decken und Dachschrägen jeweils gegen Außenluft und gegen Dachräume (durchlüftet oder ungedämmt)“ einen U-Wert von $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ nicht überschreiten darf. [OIB-330.6-094/11, 2011] In Deutschland ist laut Energieeinsparverordnung 2009 vorgeschrieben, „dass bisher ungedämmte, nicht begehbare, aber zugängliche oberste Geschossdecken beheizter Räume so zu dämmen sind, dass der Wärmedurchgangskoeffizient der Geschossdecke $0,24 \text{ Watt/(m}^2\cdot\text{K)}$ nicht überschreitet“ [EnEV 2009]. Seit 2012 ist diese Pflichtdämmung auch auf begehbare oberste Geschoßdecken anzuwenden. Ausgenommen sind Gebäude, deren Sanierung hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit nicht vertretbar ist [Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e.V., 2010].

Bei der Dämmung der OGD gibt es verschiedene Möglichkeiten der Durchführung:

- Dämmung auf der Oberseite der Decke
- Dämmung auf der Unterseite der Decke
- Dämmung innerhalb der Deckenkonstruktion

[Baunetzwissen, 2011]

Die am einfachsten umzusetzende und darum auch am häufigsten angewandte Methode ist die Dämmung auf der Oberseite der Decke. Auch im Bereich des Denkmalschutzes ist dies eine Sanierungsmaßnahme, die sich gut anbietet, da weder das äußere Erscheinungsbild noch erhaltenswerte Deckenstrukturen zerstört werden. Eine Dämmung an der Unterseite der Decke ist häufig unratsam, da die Montage komplizierter ist und die Raumhöhe sich dadurch verringert. Des Weiteren führt diese Art der Dämmung häufig zu Kondensatbildung im Aufbau, da sich in den Decken und Wänden von alten Gebäuden meist Feuchtigkeit ansammelt, die bei dieser Art der Dämmung nicht mehr entweichen kann und es somit zu Schimmelbildung kommen kann. Die Dämmung innerhalb der Deckenkonstruktion kann nur in Einzelfällen, vor allem im Bereich von Tramdecken (nähere Beschreibung siehe unten), angewandt werden und wird ebenfalls in den angeführten Gebäudebeispielen näher beschrieben. [Baunetzwissen, 2011]

Neben Tramdecken gehören Konstruktionen wie Dippelbaumdecken, Stahlbeton- und Rippendecken zu den geläufigen Formen des Deckenaufbaus [Brandstetter, 2011].

Eine Dippelbaumdecke baut sich durch nebeneinander liegende, meist seitlich behauene Halbhölzer auf, die miteinander verübelt werden [die umweltberatung, 2011]. Diese finden sich häufig in alten Gebäuden, da sie ab dem Jahr 1868 aufgrund von erhöhtem Brandschutz vorgeschrieben waren [Riccabona & Mezera, 2010b].

Tramdecken, auch Holzbalkendecken genannt, bestehen aus mehrschichtigen Konstruktionen. Dabei werden hochkant verlegte Kanthölzer in einem Abstand von 75 bis 100 cm verlegt und an der Ober- sowie an der Unterseite verschalt. [Riccabona & Mezera, 2010b] Die Konstruktion der Holzbalkendecke findet sich heutzutage auch immer öfter im mehrgeschoßigen Wohnungsbau [Riccabona & Mezera, 2010a.] Da zwischen den Kanthölzern ein freier Luftraum bleibt (durch-

schnittliche Tramhöhe 16 bis 26 cm), eignet sich dieser Aufbau vor allem für eine Einblasdämmung, wie beispielsweise Zellulose, besonders gut [Riccabona & Mezera, 2010b] [die umweltberatung, 2011].

Ab dem Jahr 1930 wurden Holzdecken durch *Stahlbetondecken* oder *Ziegeldecken mit Aufbeton* abgelöst [die umweltberatung, 2011]. Stahlbetondecken sind eine Verbundkonstruktion, die aus Beton und Stahlstäben bzw. -matten besteht. Dadurch werden die aufkommenden Zugkräfte abgefangen. Diese Art der Deckenkonstruktion weist zwar eine schlechtere Dämmwirkung im Vergleich zu Holzbalkendecken auf, sie eignen sich jedoch besser für Konstruktionen mit einer hohen Spannweite und werden darum vor allem im Bereich des mehrgeschoßigen Wohnbaus eingesetzt. [bauen.com, 2011]

Rippendecken stellen eine Sonderform von Plattendecken dar, deren Balkenabstand weniger als 75 cm beträgt. Bei den eingeführten Füllkörpern unterscheidet man statisch mittragende, bei der die Füllelemente gewölbeartig ausgeführt werden, und statisch unwirksame Ausführungen, die zusätzlich eine Druckplatte aus Ortbeton benötigen. Aufgrund des geringen Gewichts weisen Rippendecken eine schlechte Schallschutzdämmung auf, sie bringen jedoch den Vorteil, dass weder ein Kran noch eine Schalung zur Verlegung benötigt werden. [Riccabona & Mezera, 2010a]

3 Übersichtsdarstellung biogener Dämmstoffe aus NAWARO

Im Bereich der ökologischen Dämmstoffe gibt es bereits zahlreiche marktfähige Produkte, hierzu gehören Produkte wie Flachs, Hanf, Holzfaser, Kokos, Kork, Schilf, Stroh, Wiesengras und Zellulose. Im folgenden Abschnitt wurden, wenn nicht anders angegeben, die Infobroschüren „Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen“ der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2009), „DÄMMstoffe richtig eingesetzt – Informationen zur Auswahl von Dämmstoffen“ der Umweltberatung (2008) sowie das Buch „Naturbaustoffe“ von Bruckner et al. (2008) als Quelle herangezogen.

3.1 Flachs

Flachs, auch gemeiner Lein genannt, ist eine äußerst genügsame Pflanze, die nur sehr geringe Mengen an Dünger und Pflanzenschutzmittel benötigt. Der Flachsdämmstoff wird aus den kurzen Fasern der Flachspflanze hergestellt, die für die Textilindustrie nicht genutzt werden. Es handelt sich somit um ein Nebenprodukt. Als Bindemittel wird Kartoffelstärke beigefügt, synthetische Stützfasern dienen dabei der Stabilisierung der Flachsfasern. Um für das Produkt die Brandsicherheit zu gewährleisten, werden außerdem Boratsalze hinzugefügt. Dazu werden dünne Vliese erstellt, die mit einer wässrigen Lösung aus Kartoffelstärke und Boratsalzen besprüht und anschließend übereinander gestapelt werden, um eine gleichmäßige Verteilung des Binde- und Brandschutzmittels zu erreichen. [Spitzendorfer, 2007]



Abbildung 1: Dämmmatte aus Flachs

Flachs zeichnet sich vor allem durch seine besondere Feuchtetoleranz aus. Er kann 30 % seines eigenen Gewichtes an Wasser aufnehmen und wieder abgeben. Wird eine schnelle Austrocknung gewährleistet, muss Flachs nach einem Feuchteintrag also nicht unbedingt ausgetauscht werden. Die Verarbeitung erfolgt in Form von Platten, Matten, aber auch lose als Stopfwole in den Bereichen Wand-, Dach- und Bodendämmung. Bekannte Hersteller sind das Waldviertler Flachshaus und Naturfaser Fölser.

Aufgrund von Boratsalz- und Polyesterzusätzen müssen Flachsdämmstoffe nach ihrer Verwendung thermisch behandelt werden.

Tabelle 1: Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile des Dämmstoffs Flachs nach [energiesparhaus.at, 2011a]

Vorteile	Nachteile
Hohe Feuchtetoleranz	Entsorgung auf einer Deponie aufgrund von Boratsalz- und Polyesterzusätzen
Schädlings- und schimmelresistent	Einsatz nur in Bereichen mit geringer Druckbelastung möglich
Gesundheitlich unbedenklich	
Kurzer Transportweg durch regionale Verfügbarkeit	
Anbau ohne Pestizide möglich	

3.2 Hanf

Bereits während dem Anbau zeichnet sich Hanf durch seine bodenverbessernde Eigenschaft sowie einen pflanzenschutzmittelfreien Aufwuchs aus. Die Produktion von Hanfdämmstoffen verläuft ähnlich zur Herstellung von Flachs. Auch hier wird für den Dämmstoff ein Nebenprodukt der Textilindustrie, die Hanffasern und Schäben, die den holzigen Anteil der Pflanzenstängel darstellen, genutzt. Zur Erreichung der Brandsicherheit werden ebenfalls Boratsalze beige- und synthetische Fasern zur Verbesserung der Formstabilität eingesetzt.



Abbildung 2: Dämmmatte aus Hanffasern

Hanf wird in Form von Matten, Platten und Dämmfilzen angeboten und kommt hier vor allem im Bereich von Dachschrägen, Außenwänden, Decken und als Trittschalldämmung in Böden zum Einsatz. Als Außenwanddämmung gibt es außerdem die Möglichkeit des Bezugs als WDVS. Loser Hanf kann als Stopfmateriale im Bereich von Fenster- und Türfugen verarbeitet werden. Die Hanfschäben werden außerdem als Dämmschüttung genutzt. Hanfdämmung wird unter den Handelsnamen EuroHanf, MEha Dämmstoffe, Steico, Thermohanf und Vicarius vertrieben.

Die Entsorgung des Dämmstoffs erfolgt aufgrund der Zusätze von Boratsalzen und synthetischen Fasern wie Flachs nach einer thermische Behandlung.

Tabelle 2: Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile des Dämmstoffs Hanf nach [energiesparhaus.at, 2011b]

Vorteile	Nachteile
Funktion als Bodenverbesserer	Entsorgung auf einer Deponie aufgrund von Boratsalz- und Polyesterzusätzen
Resistent gegen Schädlinge und Pilze	Einsatz nur im Bereich mit geringer Druckbelastung
Anbau ohne Pestizide und Herbizide möglich	
Kurze Transportwege durch regionale Verfügbarkeit	

3.3 Kokos

Kokosfasern werden aus der Schale von Kokosnüssen gewonnen. Diese wachsen vor allem in den Ländern Sri Lanka, Indien, Malaysia, Sansibar, Tansania und Kenia. Daraus ergibt sich ein hoher Transportaufwand bei einer Anwendung von Kokosdämmstoffen in unseren Regionen.



Abbildung 3: Kokosfasermatte

Die Fasern werden bei der Verarbeitung lediglich gereinigt, getrocknet und anschließend in der gewünschten Form vernadelt. Kokos ist resistent gegen Pilzbefall und Ungeziefer. Für eine erhöhte feuerhemmende Wirkung kann Ammoniumsulfat, Wasserglas oder Boratsalze hinzugefügt werden. Häufig werden für eine bessere Verarbeitung latexgebundene Kokosmatten hergestellt.

Kokosdämmstoffe werden als Filz, Matte, Platte und Stopfwolle angeboten und sind dadurch sehr vielseitig einsetzbar. Vor allem als Trittschalldämmung, Stopfmaterial und Zwischensparrendämmung ist Kokos sehr gut geeignet.

Nach dem Ausbau kann Kokos wiederum als Dämmstoff verwendet werden. Bei der Entsorgung ist darauf zu achten, ob Brandschutzmittel oder andere Zusätze verwendet wurden. In diesem Fall ist das Material thermisch zu behandeln.

Tabelle 3: Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile des Dämmstoffs Kokos nach [energiesparhaus.at, 2011c]

Vorteile	Nachteile
Resistent gegen Verrottung	Lange Transportwege
Hoch elastische Faser	Anbau in Monokultur
Feuchteausgleichend und –beständig	
Formbeständig	
Ausreichend Ressourcen vorhanden	
Teilweise Kompostierung möglich	

3.4 Kork

Zur Gewinnung von Rohkork wird die Rinde der Korkeiche genutzt, die alle 7 bis 10 Jahre geschält werden kann. Diese wächst vor allem im Mittelmeerraum in Spanien, Portugal und Nordwestafrika. [Spitzendorfer, 2007] Die Dämmung mit Kork bringt einen hohen Transportaufwand mit sich, aus ökologischer Sicht bietet sie jedoch den Vorteil, dass dadurch die landestypische Flora und Fauna im Mittelmeerraum gefördert wird.

Für die Herstellung wird die gemahlene Korkrinde mit heißem Wasserdampf expandiert. Als Bindemittel dient das korneigene Harz, somit ist eine Herstellung ohne Zusatzstoffe möglich. Eine Besonderheit von Kork als Dämmstoff ist die Unempfindlichkeit gegenüber Feuchtigkeit.



Abbildung 4: Korkdämmplatte

Bei Feuchteeinwirkung verliert es nur wenig an Dämmwirkung. Kork wird als Backkorkplatte im Außenwandbereich, als Dämmkorkplatte zur Trittschalldämmung sowie lose in Form von Korkschat als wärmedämmende Füllschüttung eingesetzt. Korkdämmplatten sind in ihrer Verarbeitung mit herkömmlichen EPS-Platten zu vergleichen und bieten sich darum auch sehr gut zur Verarbeitung in WDVS an. Korkdämmprodukte am Markt sind Amorim-Isicor, Cortex, hebo, DK-F Dämmkork und Schicht Kork.

Vor allem bei der Entsorgung ist Kork weitgehend unbedenklich, da er ohne Zusatzstoffe produziert wird und somit auch ohne weitere Vorbehandlung wieder dem Kompost zugeführt werden kann.

Tabelle 4: Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile des Dämmstoffs Kork nach [energiesparhaus.at, 2011d]

Vorteile	Nachteile
Unempfindlich gegen Schädlingsbefall	Lange Transportwege
Relativ unempfindlich gegenüber Feuchtigkeit	Korkschröt zeigt Setzungsverhalten
Resistent gegen Fäulnis und Verrottung	Teuer in der Anschaffung
Hohe Formstabilität	Imprägnierter Kork (Bitumenkork) ist gesundheitlich bedenklich und nicht kompostierbar
Ökologisch einwandfrei, enthält keine Bindemittel oder Flammschutzmittel	
Diffusionsoffen	

3.5 Holzfaser

Holzfaseren werden aus zerfasertem Fichten- oder Kiefernholz von Schwarten, Späne und Hackschnitzel gewonnen. Besonders das Fichtenholz bietet den Vorteil einer hohen Verfügbarkeit in Österreich sowie einer guten Faserqualität, wodurch die Dämmplatten eine hohe Festigkeit erlangen. [Holzmann & Wangelin, 2009]

Diese werden im Nass- oder Trockenverfahren zu Platten verpresst oder auch lose eingebracht. Bei der Verarbeitung im Trockenverfahren werden Zusätze als Bindemittel benötigt, hier kommen beispielsweise Holzleim oder Wasserglas zur Verleimung der einzelnen Lagen zum Einsatz. Zur Erhöhung der Feuchteresistenz werden bei beiden Verarbeitungsvarianten sogenannte Hydrophobierungsmittel (wasserabweisende Mittel) wie Bitumen, Latex, Wachs oder Bitumenersatz auf Naturharzbasis eingesetzt.



Abbildung 5: Holzfaserdämmplatte

Holzspäne hingegen werden aus Hobelresten von Fichten- und Tannenholz gewonnen. Anschließend müssen diese entstaubt werden und können beispielsweise in Verbindung mit Lehm als Dämmstoff im Holzbau eingesetzt werden.



Abbildung 6: Holzfaserdämmplatte

Sowohl Holzspäne als auch Holzfasern können Feuchtigkeit aufnehmen, ohne Dämmwirkung zu verlieren. Sie können für Dach-, Wand-, Decken- und Trittschalldämmung eingesetzt werden. Holzfaserplatten werden außerdem als WDVS vertrieben. Die Einblasung des losen Dämmstoffs erfolgt durch einen lizenzierten Fachbetrieb in vorbereiteten Schalungen. Aufgrund der Staubbildung ist die Verwendung eines Atemschutzes unbedingt zu empfehlen. Holzfaserplatten bieten sich vor allem bei Sanierungen im Dachschrägenbereich zur Herstellung einer Hinterlüftungsebene an. Aufgrund von möglicher Schadstoffausgasung sollten bituminierte Holzfaserplatten nicht in Innenräumen eingesetzt werden. [Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe e.V., 2009] Bekannte Handelsmarken aus dem Bereich der Holzspan- und -faserdämmung sind Agepan, Gutex, Homatherm holzflex, Inthermo, Pavatex, Röfix und Steico.

Holz ist grundsätzlich kompostierbar. Beim Einsatz von Bitumen sind Holzdämmstoffe jedoch auf keinen Fall im Hausbrand zu verbrennen, da toxische Gase entstehen können. Mit Bindemittel und Hydrophobierungszusätzen versetzte Produkte müssen auf einer Müllverbrennungsanlage entsorgt werden.

Tabelle 5: Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile von Holzfaserdämmung nach [energiesparhaus.at, 2011e]

Vorteile	Nachteile
Hohe Feuchteresistenz	Mögliche Schadstoffausgasung bei bituminierten Platten
Herstellung ohne weitere Zusätze möglich	Relativ hoher Energieaufwand bei der Herstellung
	Imprägnierte Platten sind nicht kompostierbar

3.6 Schafwolle

Von einem Schaf können pro Jahr 2,5 bis 5 Kilogramm Wolle gewonnen werden, diese fällt als Nebenprodukt der Mutterschafhaltung an. Die Wolle wird nach der Schur mit Kernseife und Soda gewaschen, um Verschmutzungen und Wollfett zu entfernen. Aufgrund der Anfälligkeit für Motten und Käfer benötigt Schafwolle einen Zusatz für Insektenschutz. Lange Zeit wurden hier zum Schädlingschutz Boratsalze, Pyrethroide und Sulcofuron, das unter dem Handelsnamen „Mitin FF“ vertrieben wurde, eingesetzt. Da „Mitin FF“ nicht mehr von der EU zugelassen ist, wurde es durch „Thorlan IW“ ersetzt, das in den Wollwaschkreislauf beigemischt wird und im Endprodukt waschbeständig gebunden ist. Der Wirkstoff „Kaliumfluorotitanat IV“ bewirkt dabei die Schutzfunktion für die Schafwollämmung. Ein zusätzlicher Flammhemmer wird nur in Verbindung mit Kunststofffasern in der Schafwolle benötigt. [Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, 2012]



Abbildung 7: Dämmplatten aus Schafwolle

Schafwolle kann neben der Verarbeitung zu Dämmstoffmatten und Stopfwole auch als Trittschalldämmung genutzt werden. Vor allem in Verbindung mit Holzkonstruktionen ist der Einsatz von Schafwolle zu empfehlen, da sie sich dem Quellen und Schwinden von Holz gut anpasst. Außerdem kann sie bis zu einem Drittel ihres Eigengewichtes an Feuchtigkeit aufnehmen, ohne wesentlich an Dämmwirkung zu verlieren.

Schafwolle kann ebenso wie Kokos nach dem Ausbau wiederverwendet werden. Einige Anbieter nehmen die entnommene Wolle zurück und verarbeiten sie als Stopfwole oder Dämmplatten weiter. Sortenreine Produkte können kompostiert werden. Dabei ist darauf zu achten, dass mögliche Stützgerüste aus Polyamid entfernt werden müssen. Bei einem Zusatz von bedenklichen Brandschutz- und Insektenschutzmitteln muss die Schafwolle jedoch thermisch behandelt werden.

Tabelle 6: Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile von Schafwollämmung nach [energiesparhaus.at, 2011f]

Vorteile	Nachteile
Reguliert Feuchtigkeit	Verhältnismäßig hoher Preis
Nachwachsender, natürlicher Rohstoff, der auch in kleinstrukturierten Betrieben regional hergestellt werden kann	Boratsalzimprägnierung erschwert Kompostierung
Geringer Energieaufwand bei Herstellungsverfahren	Lange Transportwege bei Rohstoffimport

3.7 Schilf

Derzeit bleiben die vorhandenen Schilfreserven in Österreich zu einem großen Teil ungenutzt. Vor allem im Gebiet um den Neusiedlersee wären umfangreiche Ressourcen für die Dämmstoffnutzung vorhanden. [Wimmer et al. 2010a]

Schilf gehört zu den ältesten Baustoffen und wurde früher als Material zum Decken von Dächern eingesetzt, den sogenannten Reet-Dächern. Als Wasserpflanze ist Schilf an Feuchtigkeit angepasst und darum auch sehr resistent gegen länger anhaltende Wassereinwirkungen.

Schilf wird unbehandelt zu Schilfrohmatten und -platten verarbeitet, indem die einzelnen Schilfrohre gebündelt mit verzinktem Draht verbunden werden. In dieser Form ist es ein sehr flexibles Produkt und kann ebenfalls in WDVS verarbeitet werden. Eine Besonderheit von Schilfrohrplatten

ten ist, dass sie neben ihrer dämmenden Wirkung auch als Putzträger verwendet werden können. Besonders vorteilhaft ist die Kombination mit einem Lehmputz, da dadurch ein diffusionsoffener Aufbau gesichert ist. [Wimmer et al. 2010a]



Abbildung 8: Schilfhäcksel und Schilfrohrmatte

Auch in gehäckselter Form kann Schilf zu Schilfgranulatplatten weiterverarbeitet werden. Für den Einsatz als Dämmstoff werden vor allem Schilfrohrplatten in einer Stärke von 2 bis 5 cm zur Dämmung der Außenfassade und Schilfgranulatplatten im Innenbereich genutzt. [Wimmer et al. 2010a] Produkte aus Schilfrohr werden vor allem von den Unternehmen Dravitsch und Rohrwolf vertrieben.

Da Schilf keine Zusätze für Brand- und Schädlingschutz benötigt, ist es auch bei der Entsorgung unproblematisch und als kompostierbar einzustufen. Wichtig ist dabei jedoch, vorher die Drahtbindung zu entfernen [Wimmer et al. 2010a].

Tabelle 7: Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile des Dämmstoffs Schilf nach [Wimmer et al. 2010a]

Vorteile	Nachteile
Gute Dämmwirkung	Bisher keine Zertifizierung
Gute Verfügbarkeit des Rohstoffs	Mögliche Entstehung von Wärmebrücken zwischen den Dämmplatten bei einlagigem Einsatz von Schilfrohrplatten
Geringe Transportwege	Aufwendige Entsorgung aufgrund der Drahtbindungen
Niedriger Primärenergieverbrauch	
Putzträgerfunktion	
Gesundheitlich unbedenklich	
Ohne Einsatz von Zusatzstoffen verwendbar	
Keine Bindemittel notwendig	
Hohe Feuchteresistenz	
Flexibler Einsatz durch Aufbau in Matten	
Rezyklierbar	

3.8 Stroh

Die Dämmung mit Stroh zeichnet sich vor allem dadurch aus, dass sie weder eine besondere Vorbehandlung noch Zusätze für Brandschutz oder Schädlingsbefall benötigt. Stroh kann von regionalen Anbietern bezogen werden. [Wimmer et al., 2010b]



Abbildung 9: Strohballen

Stroh eignet sich für die Anwendung als Wand-, Decken- und Dachdämmung. Dabei kann es lose als Strohhäcksel, in Strohbauplatten und auch in Ballenform verarbeitet werden. Das entscheidende Verarbeitungskriterium von Strohdämmungen ist hier der Feuchtegehalt. Dieser darf beim Einbau nicht höher als 15 % sein, da es sonst zu Schimmelbildung kommen kann. Außerdem muss bei der Dämmung mit Strohballen eine Pressdichte von 90 bis 110 kg/m³ erreicht werden. Der Einsatz von Strohbauplatten konnte sich bisher aufgrund von verhältnismäßig hohen Anschaffungspreisen im Hausbau noch nicht durchsetzen. Weitere Anwendungsmöglichkeiten gibt es im Bereich des Möbelbaus. [(Gruber et al., 2008) (Minke & al., 2009)]

Häufig wird im Zusammenhang mit Stroh die Brand- und Schädlingsresistenz diskutiert. Aufgrund der hohen Dichte von Strohballen und durch fachgerechten Einbau kann aber die notwendige Brandsicherheit gewährleistet werden. Der Schädlingsbefall ist ebenfalls durch die hohe Dichte erschwert. Die erhöhte Festigkeit der Ballen beim Einsatz als Dämmstoff erschwert den Zugang für Nagetiere in erheblichem Maß. Leichtere Materialien, wie Steinwolle und EPS-Platten, sind hier einer höheren Gefahr ausgesetzt. [Wimmer et al., 2010b]

Der Bezug von Strohballen kann regional über Landwirte oder als zertifiziertes Produkt über die GrAT bzw. Waldland erfolgen. Lehmgebundene Strohhäckselplatten können über Natur & Lehm erworben werden.

Aufgrund seiner naturbelassenen Verarbeitung kann Stroh ohne großen Aufwand wieder entfernt und als Biomasse abgebaut werden.

Tabelle 8: Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile des Dämmstoffs Stroh nach [Wimmer et al., 2010b]

Vorteile	Nachteile
Gute Verfügbarkeit des Rohstoffs	Verhältnismäßig großer Platzbedarf um gleiche Dämmwirkung zu erhalten
Geringe Transportwege durch regionale Anbieter	Anfällig gegenüber Feuchte zum Zeitpunkt des Einbaus, darum ist immer auf gute Abdeckung zu achten
Niedriger Primärenergieverbrauch	Zertifiziertes Produkt verhältnismäßig teuer
Keine Zusätze für Brandschutz und Schädlingschutz notwendig	Qualitätsabhängigkeit von Ernte (Feuchtwetterperiode, Restkornanteil)
Hoher Anteil an Eigenbau möglich	
Vollständig kompostierbar	
Gesundheitlich unbedenklich	
Ohne Einsatz von Zusatzstoffen verwendbar	
Kostengünstiger Bezug von regionalen Anbietern möglich	

3.9 Wiesengras

Ähnlich wie Stroh kann auch Heu zu Dämmstoff verarbeitet werden. Dabei können aus einem Hektar Gras durchschnittlich 200 m³ Dämmstoff gewonnen werden, was für circa sieben Einfamilienhäuser reicht. [Gramitherm, 2011]

Bei der Herstellung werden die Zellulosefasern von den verdaulichen Inhaltsstoffen abgetrennt und zu Dämmstoffmatten verarbeitet. Die Reststoffe können in einer Biogasanlage ebenfalls genutzt werden. Sowohl für Brand- als auch für Insektenschutz werden bei der Verarbeitung Zusätze wie Boratsalze benötigt. [Gramitherm, 2011]



Abbildung 10: Dämmmatte aus Wiesengras

Dämmmatten und Einblasdämmung aus Wiesengras können vor allem für Dämmungen eingesetzt werden, bei der es zu keiner hohen Druckbelastung kommt. Sie werden für den Bereich der Außenwand-, Innenwand- und auch Dachdämmung genutzt.

Bei Behandlung mit bedenklichen Zusätzen muss Heudämmstoff in einer Müllverbrennungsanlage entsorgt werden. [Gramitherm, 2011]

Tabelle 9: Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile des Dämmstoffs Wiesengras

Vorteile	Nachteile
Gute Verfügbarkeit des Rohstoffs	Anfällig gegenüber Feuchte zum Zeitpunkt des Einbaus, darum ist immer auf gute Abdeckung zu achten
Geringe Transportwege durch regionale Anbieter	Zertifiziertes Produkt bisher nur in der Schweiz und in Deutschland verfügbar
Gesundheitlich unbedenklich	Durch Zusätze für Brandschutz und Schädlingschutz nicht kompostierbar
Niedriger Primärenergieverbrauch	
Kostengünstiger Bezug von regionalen Anbietern möglich	
Nimmt wenig Feuchtigkeit auf	

3.10 Zellulose

Zellulose ist ein Hauptbestandteil von Pflanzenfasern und wird z.B. für die Papierherstellung genutzt. Für den Dämmstoff wird vor allem Altpapier verwendet. Papier ist ein Produkt, der im Alltag in großen Mengen genutzt wird und sich ideal zum Recycling eignet. Dabei wird sortiertes Zeitungspapier zerkleinert und anschließend Schädlings- und Brandschutzmittel, wie beispielsweise Boratsalze, beigesetzt.



Abbildung 11: Zellulosefasern

Zellulose wird in Form von Zellulosedämmstoffplatten und -schüttungen eingesetzt, vor allem als lose Einblasdämmung gewinnt sie immer mehr an Bedeutung und wird von zahlreichen Firmen bereits als WDVS angeboten. Lose geschüttet oder offen aufgeblasen wird Zellulose in Fußbodenkonstruktionen sowie in obersten Geschoßdecken eingesetzt. In Hohlräumen, Holzständerwänden, Dach- und Deckenkonstruktionen kann Zellulose eingeblasen werden. Dies sollte unbedingt von einem Fachbetrieb durchgeführt werden, da es sich aufgrund der nötigen Dichte des Dämmstoffes sowie der Handhabung der Einblasmaschinen um eine sehr komplexe Arbeit handelt. Zellulosedämmplatten mit einer Verstärkung aus textilen Binfedern können als Zwischensparren-, Aufsparren-, Trennwanddämmung und für hinterlüftete Außendämmung eingesetzt werden.

Bei der losen Einbringung kann man außerdem zwischen dem Nass- und dem Trockenverfahren unterscheiden. Beim Trockenverfahren, dem häufigsten Einsatzgebiet, wird die trockene Substanz durch eine kleine Öffnung in den zu dämmenden Zwischenraum eingeblasen. Dabei kann es zu Staubbildung kommen. Bei der Einbringung im Nassverfahren, das sich noch in der Entwicklung befindet, wird die Zellulose mit 10 % reinem Wasser vermischt. Diese Masse wird

offen aufgesprüht, trocknet danach aus und wird erst nach vollständiger Austrocknung abgedeckt.

Zellulose wird unter den Handelsmarken Austrozell, Clima super, Homatherm flex CL, Isocell, Isofloc, Thermofloc sowie Wolfinger Dämmzellulose vertrieben.

Nach dem Gebrauch kann die Zellulose abgesaugt und wiederverwendet werden. Aufgrund von Boratsalzzusätzen ist sie als nicht deponierfähig eingestuft und muss in einer Hochtemperaturverbrennung entsorgt werden.

Tabelle 10: Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile von Zellulosedämmung nach [energiesparhaus.at, 2011g]

Vorteile	Nachteile
Preiswerter ökologischer Dämmstoff in der Anschaffung	Hohe Feinstaubbelastung bei der Einbringung
Feuchtigkeitsregulierend	Empfindlich bei Feuchteintrag
Ungezieferresistent	Zelluloseplatten aufgrund von Zerfasern/Zerbröckeln beim Schneiden aufwendig in der Verarbeitung
Gesundheitlich unbedenklich	Kompostierung wegen Boratsalzzusätzen und Druckerschwärze nicht möglich
Rohstoff aus Recyclingprodukt	Einbringung der Einblasdämmung nur durch zugelassene Unternehmen
Geringer Energieaufwand bei Herstellung	Nicht druckbelastbar
Nach Absaugung wiederverwendbar	

3.11 Bauphysikalischer Vergleich

Die folgende Tabelle zeigt den Vergleich ökologischer Dämmstoffe zu konventionellen Produkten hinsichtlich bauphysikalischer Kennwerte.

Tabelle 11: Dämmstoffvergleich hinsichtlich bauphysikalischer Kennwerte (Richtwerte aus [Baubook, 2011])

	Wärmeleitfähigkeit [W/mK]	Wasserdampfdiffusionswiderstand [μ]	Dichte [kg/m ³]	Brandkennziffer (EN 13501-1)	Wärmespeicherkapazität [J/kgK]
Flachs mit/ohne Stützgitter	0,05	1	20	E ¹⁾	612
Hanfdämmplatte	0,04	1	35	E ¹⁾	612
Kokosmatten	0,045	1	90	E (behandelt mit Wasserglas) ¹⁾	612
Korkdämmplatten	0,048	10	120	D ¹⁾	1800
Holzfaserdämmplatten (200 kg/m³)	0,05	5	200	E ¹⁾	2340
Schilfplatte gepresst	0,06	1	140	E ¹⁾	1200
Schafwolle-Dämmfilz	0,04	1	30	E ¹⁾	1800
Strohballen	0,051	1	120	E ¹⁾	612
Wiesengrasdämmmatten	0,04 ²⁾	1 - 2 ²⁾	30 - 80 ²⁾	E ²⁾	1600 - 2100 ²⁾
Zellulosefaserflocken	0,041	1	55	E, tlw B ¹⁾	1800
Glaswolle (40 kg/m³)	0,036	1	55	A1 ¹⁾	900
Steinwolle MW-PT (150 kg/m³)	0,045	1	150	A1	900
Pheolharz Hart-schaumplatte	0,030	k.A.	50	E	k.A.
Polystyrol EPS für WDVS	0,040	40	18	E	1400
XPS (CO₂ geschäumt)	0,041	150	38	E	1450

Sonstige Quellen:

- 1) [die umweltberatung, 2008]
- 2) [Gramitherm, 2009]

Die *Wärmeleitfähigkeit* zeigt an, wie gut ein Material Wärme transportieren kann. Sie ist ein Maß für die Wärmemenge, die pro Stunde durch ein 1 m dickes Material mit einer Fläche von 1 m² bei einem Temperaturunterschied von 1 Kelvin übertragen wird. Sie ist vor allem von der Rohdichte, aber auch vom Eigenfeuchtegehalt abhängig, da Wasser eine sehr hohe Wärmeleitfähigkeit aufweist (siehe Abbildung 12). Es handelt sich dabei um eine temperaturabhängige Materialkonstante. Je kleiner der λ -Wert, desto besser die Dämmwirkung des Materials. [Riccabona & Mezera, 2010a]

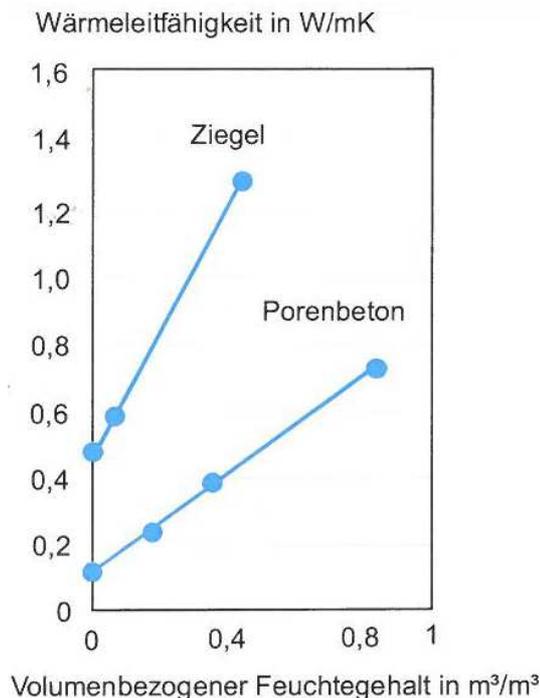


Abbildung 12: Wärmeleitfähigkeit in Abhängigkeit des Eigenfeuchtegehalts (aus [Riccabona & Bednar, 2010])

Hier schneiden Dämmstoffe aus Mineralfasern oder Kunststoffen besser ab, jedoch meist nur in einem sehr geringen Ausmaß. Klarer Vorteil von ökologischen Dämmstoffen zeigt sich im Bereich des Wasserdampfdiffusionswiderstands sowie der Wärmespeicherkapazität.

Der *Dampfdiffusionswiderstand* zeigt an, wie stark Wasserdampf in einem Material daran gehindert wird, zu diffundieren. Dabei handelt es sich um eine dimensionslose Einheit, die angibt, um wie viel der Widerstand eines Baustoffes größer ist als der Widerstand einer ruhenden Luftschicht gleicher Stärke.

Vor allem Dämmstoffe aus Naturfasern weisen einen geringen Dampfdiffusionswiderstand und damit ein sehr gutes Dampfdiffusionsverhalten auf. Wasser, das in den Dämmstoff eingedrungen ist, kann somit auch wieder leicht ausdiffundieren. Außerdem können pflanzliche und tierische Dämmstoffe meist einen höheren Wasseranteil aufnehmen als konventionelle Produkte, ohne ihre Dämmwirkung vollständig zu verlieren.

Die spezifische *Wärmekapazität* ist die Wärmemenge, die benötigt bzw. freigesetzt wird, um die Temperatur eines 1 kg schweren Stoffes um 1 Kelvin zu verändern. Eine hohe spezifische Wärmekapazität bedeutet, dass ein Stoff Wärme gut speichert. Die Wärmekapazität hat vor allem Auswirkung auf einen ausgeglichenen Temperaturverlauf in Gebäuden (siehe sommerlicher Hitzeschutz). Je höher die spezifische Wärmekapazität, desto besser der Temperaturengleich im Gebäude. Vor allem Stroh, Zellulose und Flachs zeichnen sich durch ihre hohe Wärmespeicherkapazität aus.

Für die Sommertauglichkeit von Innenräumen hat die spezifische Wärmekapazität von Dämmstoffen meist nur einen geringen Einfluss, da die gesamte speicherwirksame Masse von massiven Baustoffen bzw. Konstruktionsbaustoffen dominiert wird.

Bei der Wahl des geeigneten Dämmstoffs sollten jedoch nicht nur bauphysikalische Kennwerte im Vordergrund stehen. Die Betrachtung der Ökobilanz des gesamten Lebenszykluses sollte hier betrachtet werden. Dabei spielen Kriterien wie Verfügbarkeit des Rohstoffes, Energiebedarf zur Herstellung, Umweltbelastung bei der Herstellung, nötige Vorsichtsmaßnahmen beim Einbau, Transportaufwand sowie die Entsorgung eine wichtige Rolle.

3.12 Ökologischer Vergleich

Die folgende Tabelle zeigt den Vergleich ökologischer Dämmstoffe zu konventionellen Produkten hinsichtlich ökologischer Eigenschaften.

Tabelle 12: Dämmstoffvergleich hinsichtlich ökologischer Eigenschaften (Richtwerte aus [Baubook Niederösterreich, 2011])

	PEI MJ/kg	GWP kgCO ₂ eq/kg	AP kgSO ₂ eq/kg
Flachs ohne Stützgitter	34,00	0,121	0,00772
Flachs mit Polyestergitter	38,00	0,364	0,00874
Hanfdämmplatte	31,10	-0,133	0,00539
Kokosmatten	32,7	0,406	0,0268
Korkdämmplatten	7,1	-1,23	0,00274
Holzfaser-Dämmplatten (200 kg/m³)	19,5	-0,577	0,00657
Schilfplatte gepresst	1,27	-1,6	0,0004
Schafwolle-Dämmfilz	14,7	0,0447	0,00266
Strohballen	0,846	-1,25	0,00087
Wiesengrasdämmmatten	kA ¹⁾	kA ¹⁾	kA ¹⁾
Zellulosefaserflocken	7,03	-0,907	0,00341
Glaswolle (40 kg/m³)	49,80	2,26	0,01600
Steinwolle MW-PT (150 kg/m³)	23,3	1,64	0,0105
Pheolharz Hartschaumplatte	144	4,56	0,0213
Polystyrol EPS für WDVS	102	3,45	0,0223
XPS (CO₂ geschäumt)	102	3,44	0,0211

1) vergleichbar mit Stroh

Als Grundlage für den ökologischen Vergleich wurden die Ökobilanzen entsprechend ISO 14040 herangezogen. Dabei werden die Umweltindikatoren Primärenergieaufwand (PEI), Treibgaspotential (GWP) und Versäuerungspotential (AP) berücksichtigt.

Die Daten dazu stammen aus dem niederösterreichischen Baubook, das seine bauökologischen Daten von unterschiedlichen Datenbanken wie der IBO-Datenbank, Ecoinvent V 2.0 (www.ecoinvent.ch), Idemat 2001 database und Industry Data bezieht. Für einzelne Baumaterialien bestehen keine Quellenangaben bzw. Literaturverweise oder Hinweise zur Berechtigung. Da es keine einheitliche Berechnungsmethode für ökologische Kennzahlen gibt, ist der Vergleich von verschiedenen Quellen nicht möglich.

Bei den angeführten Kennwerten wurden die Transportwege zwischen dem Werk des Herstellers und der Baustelle nicht mitbilanziert. Dies kann insbesondere bei Kokosmatten und Korkdämmplatten einen relevanten Einfluss auf die ökologischen Kennzahlen darstellen.

Der *Primärenergieaufwand* (PEI - *Primary Energy Input*) beschreibt den Energieverbrauch bei der Herstellung eines Produktes einschließlich der Energie, die beim Transport und der Herstellung der Ausgangsprodukte eingesetzt wird. Die Angabe erfolgt in MJ/kg.

Das *Treibgaspotential* (GWP - *Global Warming Potential*) gibt alle klimawirksamen Emissionen im gesamten Produktzyklus wieder, umgerechnet in CO₂, als Leitsubstanz. Die Berechnungs-

einheit ist hier $\text{kg}_{\text{CO}_2\text{-equ}}/\text{kg}_{\text{Baumaterial}}$.

Das *Versäuerungspotential (AP - Acidifikation Potential)* zeigt die säurebildenden Faktoren auf, die bei der Herstellung und Verarbeitung eines Produktes anfallen. Dabei wird das Potential jeder säurebildenden Substanz relativ zum Säurebildungspotential von Schwefeldioxid gestellt und in der Äquivalenzmenge dazu angegeben. Die Einheit dazu lautet $\text{kg}_{\text{SO}_2\text{-equ}}/\text{kg}_{\text{Baumaterial}}$.

Grundsätzlich gilt je niedriger die Werte von PEI, GWP und AP, desto geringer fallen umweltrelevant Belastungen eines Dämmstoffes aus.

Um den Transportaufwand für die Dämmstoffbeschaffung so gering wie möglich zu halten, sind vor allem regionale Produkte wie Flachs, Hanf, Holzfasern und Stroh zu bevorzugen. Wiesen gras gehört ebenfalls zu den regional verfügbaren Produkten, jedoch wird ein zertifizierter Dämmstoff bisher nur in der Schweiz und Deutschland angeboten. Aus diesem Grund wurde dieses Produkt in den ausgewählten Referenzobjekten nicht näher betrachtet. Die Dämmstoffe aus Kork und Kokos müssen über weite Strecken transportiert werden, dies führt zu einer negativen Ökobilanz und aus diesem Grund wurden diese aus der Liste der betrachteten Dämmstoffe in den vorgestellten Projekten dieser Arbeit entfernt. Produkte aus Schilf werden bereits erfolgreich in Österreich eingesetzt, sie finden jedoch vor allem in Außenwanddämmungen Einsatz und haben im Bereich der OGD keine besondere Bedeutung.

Zellulose wird nicht direkt aus einem nachwachsenden Rohstoff produziert, wird aber als Recyclingprodukt aus Altpapier produziert und gehört somit ebenfalls zu den ökologischen Dämmstoffen. Auf dem Markt besitzt sie bereits eine konkurrenzfähige Position im Vergleich zu konventionellen Dämmstoffen und wird darum ebenfalls hier behandelt.

4 Beispielkatalog umgesetzter Gebäudesanierungen

Im Folgenden werden die ausgewählten Sanierungsobjekte im Detail erläutert und hinsichtlich der Dämmung der obersten Geschoßdecke bewertet.

4.1 Freihof Sulz

Entwurf & Planung: Arch. DI Beate Nadler-Kopf, Hohenems

Statik: DI Paul Frick, Dietmar Schöch

Bauphysik: DI Dr. Karl Torghele

Energietechnik: Ing. Gebhard Bertsch

Bauökologie: Mag. Martin Rauch

Bauherrin: Lydia Zettler-Madlener

Adresse: Schützenstraße 14

A – 6832 Sulz, Vorarlberg

Nettonutzfläche: ~1.000 m²

Baujahr: 1796

Planungsbeginn: 2003

Sanierungszeitraum: 2005 bis 2006

Nettobaukosten inkl. Honorare: € 1.300.000,-

Nutzungsform: Gastwirtschaft/Hotel, Gewerbe

[Nadler-Kopf, 2007]



Abbildung 13: Vorderansicht Gasthaus "Zum Freihof" im sanierten Zustand (aus [Nadler-Kopf, 2011])

Der Kern des Gasthofes, der Gewölbekeller, besteht schon seit dem Jahr 1796. Durch Zubauten im Jahr 1900 sowie 1927 gewann das Gasthaus sein heutiges Erscheinungsbild. Damals

umfasste das Gebäude eine Gastwirtschaft und eine Krämerei. Eine Schnapsbrennerei sowie ein Weintorkel waren in der Remise untergebracht und im Gastgarten befand sich eine Kegelhahn. [Nadler-Kopf, 2007]

Schon damals präsentierte sich der Gasthof durch seine besondere Angebotsvielfalt, diese wurde auch für das heutige Konzept übernommen. Der Freihof Sulz beinhaltet heute verschiedene Unternehmen aus Bereichen wie Gastronomie, Therapie, Veranstaltungsmanagement und Kulturanbietern. [Nadler-Kopf, 2007]

Aus architektonischer Sicht zeigt sich der Gasthof als zweistöckiger Massivbau mit einem ziegelgedeckten Krüppelwalmdach. Daran angeschlossen erstrecken sich ein weiteres zweistöckiges Gebäude mit einem Flachdach aus Blech sowie ein dreistöckiger Quertrakt mit Kreuzgiebeldach aus dem Jahr 1927. Der ursprüngliche Teil des Hofes, der Keller aus dem Jahr 1796, besteht aus drei Tonnengewölben, in dem auch heute noch große Weinfässer gelagert werden. [Nadler-Kopf, 2007]

Bei der Sanierung des Gebäudes wurde besondere Rücksicht darauf genommen, das ursprüngliche Erscheinungsbild wiederherzustellen. Der Denkmalschutz stellte eine besondere Herausforderung in der Umsetzung der Sanierung dar. Aus diesem Grund entschied sich die Architektin DI Beate Nadler-Kopf für eine Innendämmung. Die Dämmung der obersten Geschosdecke wurde mit einer Flachsdämmung sowie einer Holzfaserdämmplattendämmung geplant, um die Begehbarkeit zu gewährleisten. Die ursprünglichen Fenster mit bombierten Gläsern und Jalousieläden wurden erhalten und durch Dichtungen optimiert. Auch die alten Kachelöfen wurden renoviert und wieder in Betrieb genommen. Zusätzlich wurde eine Biomasseanlage zur Warmwasseraufbereitung sowie zur Unterstützung der Raumwärme installiert. [Nadler-Kopf, 2007]

Bei diesem Projekt unterscheidet sich die Planung der Dämmung von der eigentlichen Ausführung. Hinsichtlich der OGD bestehen die Unterschiede vor allem darin, dass anstatt der geplanten Flachsdämmplatten Holzfaserdämmplatten zur Sanierung herangezogen wurden. Da für den Planungsstatus bereits die umfassende Studie „Sanierung ökologischer Freihof Sulz“ von Sonderegger et al., 2007 aus der HdZ-Programmlinie vorliegt, werde ich mich in dieser Arbeit auf den Planungsstand beziehen.

Bei der obersten Geschosdecke des Freihof Sulz handelt es sich um eine Holzbalkendecke mit einer Balkenhöhe von 18 cm. Sowohl zwischen als auch auf beiden Seiten der Holzbalken war die Anbringung von Flachsdämmplatten geplant. Durch den gekreuzten Aufbau der Holzbalken und beidseitig Holzstaffeln sowie der dazwischenliegenden Dämmung wurde laut Plan ein wärmebrückenfreier Aufbau gewährleistet. Zur Erreichung der Begehbarkeit war dachraumseitig eine Rauhschalung vorgesehen. Zur Deckenunterseite wäre zwischen ursprünglichen Balken und neuer Lattung mit Flachsdämmplatten die Anbringung einer Dampfsperre geplant gewesen. Den Abschluss zur Deckenunterseite bildet sowohl planmäßig als auch in der reellen Umsetzung eine Gipsfaserplatte (siehe Abbildung 14 und Tabelle 13). Dadurch wurde hinsichtlich der geplanten Ausführung ein U-Wert von $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ erreicht und entspräche somit der Anforderung 5.1 der OIB-Richtlinie 6, laut derer Decken gegen Dachräume einen U-Wert kleiner $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ aufweisen müssen. [Prokupek, 2011]

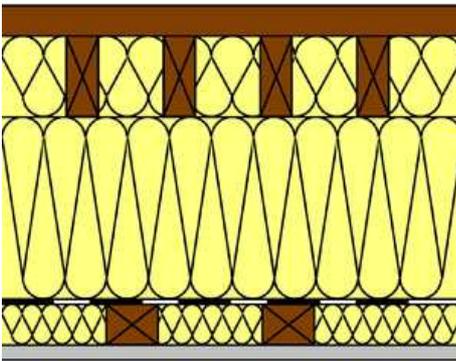


Abbildung 14: Regelschnitt OGD Freihof Sulz nach [Nadler-Kopf, 2007]

Tabelle 13: Regelaufbau und U-Wert-Berechnung OGD Freihof Sulz nach [Nadler-Kopf, 2011]

Konstruktionsaufbau und Berechnung								
	Baustoffschichten	d	μ	λ	Anteil	ρ	$\rho \cdot d$	
	von außen nach innen	Dicke	WD-Diff.	Leitfähigk.		Dichte	Flächengew.	
Nr	Bezeichnung	[m]	[-]	[W/mK]	[%]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	
1	Rauschalung mit Nut und Kamm	0,030	50	0,120		500	15,0	
2	Lattung (8/5) dazw.	0,080	50	0,120	8,0	500	3,2	
	Flachsdämmplatte		1	0,042	92,0	30	2,2	
4	Balken (18/12) dazw.	0,180	50	0,120	16,0	500	14,4	
	Flachsdämmplatte		1	0,042	84,0	30	4,5	
6	Dampfsperre	0,001	100.000	0,500		980	1,0	
7	Lattung (3/5) dazw.	0,040	50	0,120	8,0	500	1,6	
	Flachsdämmplatte		1	0,042	92,0	30	1,1	
9	Gipsfaser-Platte	0,015	13	0,320		1.150	17,3	
Bauteildicke [m]		0,346						
Flächenbezogene Masse des Bauteils [kg/m ²]						60,3		
Zusammengesetzter Bauteil				(Berechnung nach EN ISO 6946)				
Lattung (3/5):	Achsabstand [m]:	0,625	Breite [m]:	0,050	$R_{si} + R_{se} = 0,200$			
Balken (18/12):	Achsabstand [m]:	0,750	Breite [m]:	0,120				
Lattung (8/5):	Achsabstand [m]:	0,625	Breite [m]:	0,050				
Oberer Grenzwert: $R_{To} = 6,8171$					Unterer Grenzwert: $R_{Tu} = 6,2904$		$R_T = 6,5538$ [m ² K/W]	
Wärmedurchgangskoeffizient					$U = 1 / R_T$			
					0,15 [W/m²K]			
Wasserdampfdiffusion nach ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01								
<u>Randbedingungen:</u> Innentemp.: gemäß ÖNORM				Außentemp.: gemäß ÖNORM				
Luftfeuchtigkeit: Außen: gemäß ÖNORM				Innen: gemäß ÖNORM				
Seehöhe: 495 m				Region : W - West				
Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,92°C				Taupunkttemperatur: 14,92°C				
Es wird in keinem Monat Oberflächenkondensat erwartet								
Es gibt keine Kondensation im Inneren des Bauteils.								
Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,92°C				Temperatur(80%): 18,16°C				
Es wird in keinem Monat Schimmel an der Oberfläche erwartet								

Um dachseitig den Niedrigenergiestandard zu erreichen, wurde die OGD gedämmt. Zur Dachtraufe hin wurde eine gedämmte Wand eingezogen, um hier mögliche Wärmebrücken zu vermeiden. Interessante Details in dieser Ausführung sind die Verschneidung der Dämmebene zur Dachhaut sowie das Anschlussdetail der eingezogenen Wand zur darunterliegenden Zwischendecke (siehe Abbildung 15, Abbildung 16 und Abbildung 17).

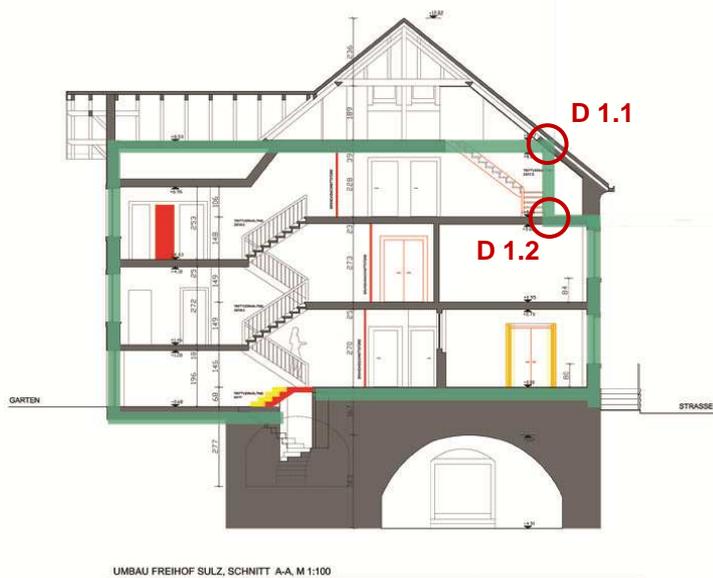


Abbildung 15: Systemschnitt mit Darstellung der Dämmebene Freihof Sulz nach [Nadler-Kopf, 2007]

Auf Basis der GEQ-Eingabe zeigte sich, dass in diesem Bauteil keine Kondensatbildung über den gesamten Jahresverlauf zu erwarten ist. Die Anbringung der Dampfsperre zwischen zwei Dämmschichten zeigt jedoch keine ideale Ausführungsform, da es hier an der Dampfsperre zur Kondensatbildung kommen kann und diese direkt die Dämmung angreift und zu Schimmel führen kann. Sowohl bauphysikalisch als auch konstruktiv wäre hier eine raumseitige Anbringung der Dampfsperre zwischen Flachsdämmplatte und Gipsfaserplatte zu empfehlen. [Prokupek, 2011]

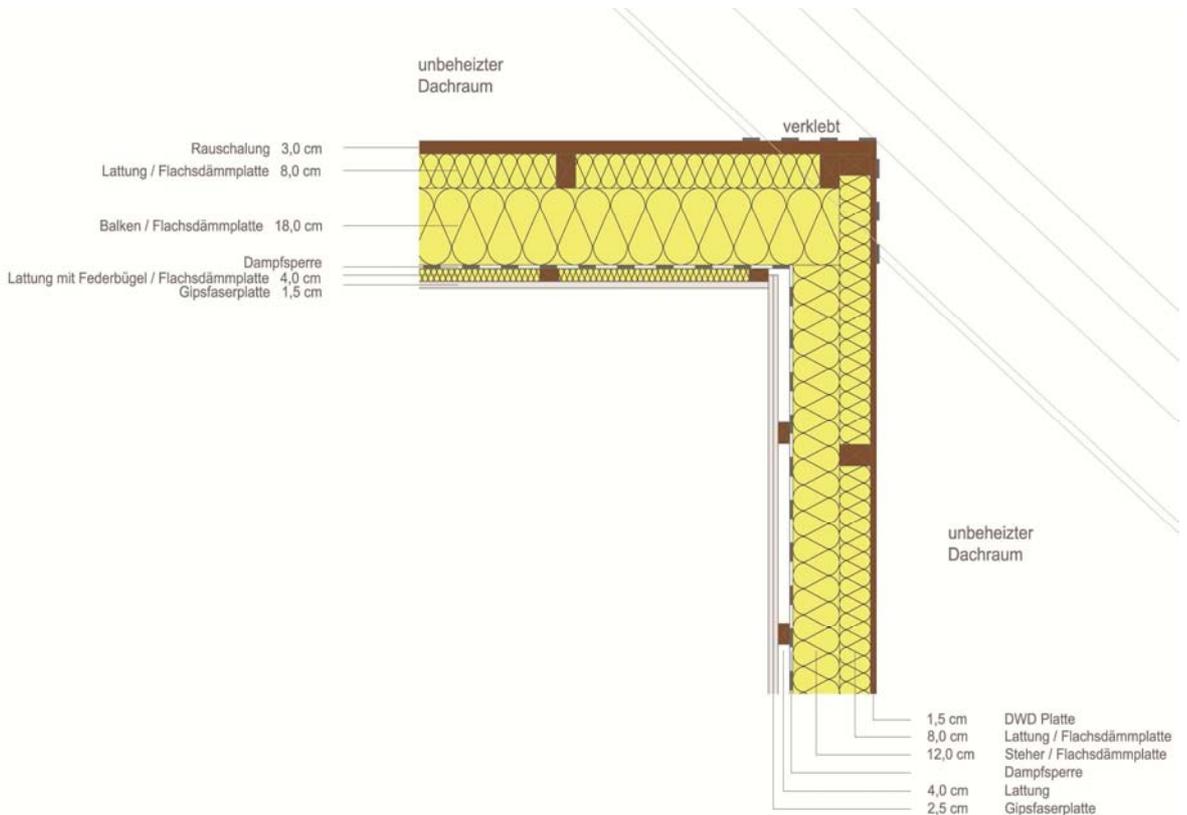


Abbildung 16: D 1.1 Verschneidung OGD-Dach-Innenwand, Freihof Sulz nach [Nadler-Kopf, 2011]

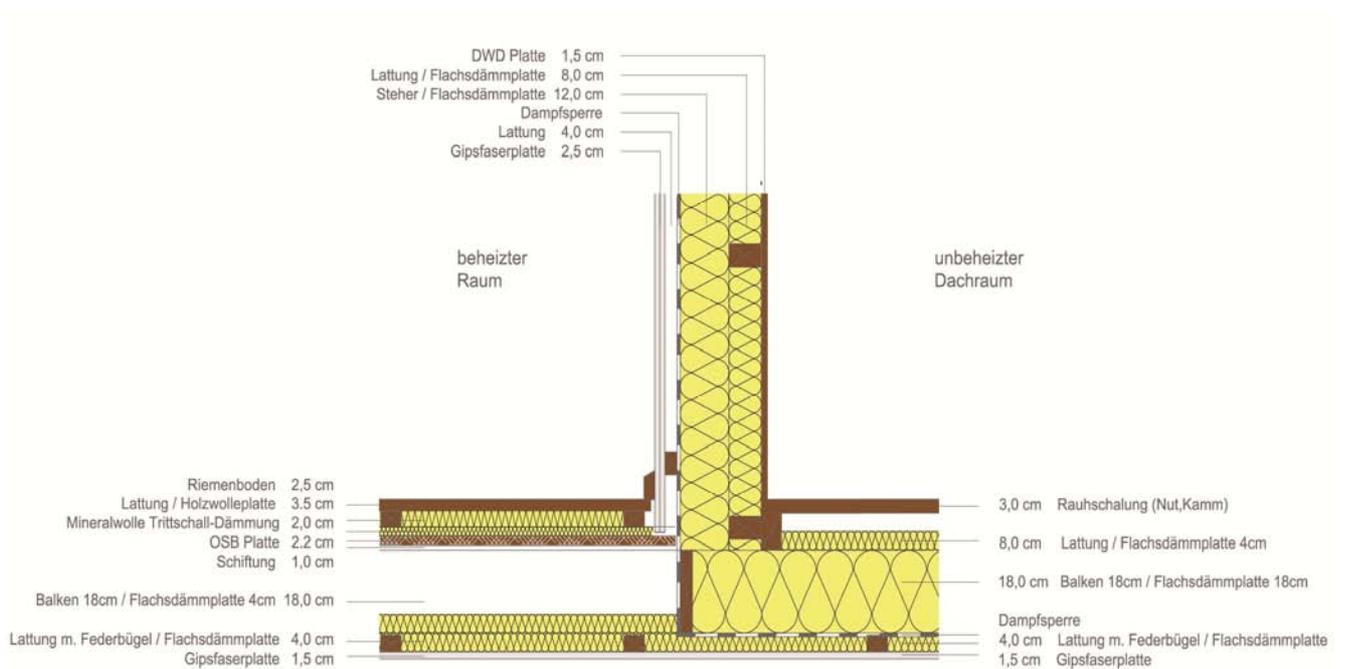


Abbildung 17: D 1.2: Verschneidung Innenwand-Geschoßdecke, Freihof Sulz nach [Nadler-Kopf, 2011]

4.2 Scheune Ravelsbach

Entwurf & Planung: Herbert Gruber, asbn

Einreichplan: Bauatelier Schmelz & Partner

Zimmerei & Fenster: Kreativer Holzbau

Installationen (Fußbodenheizung): Kerschbaum

Lehmputz: Authried

Bauherr: Herbert Gruber

Adresse: Baierdorf 6

A-3720 Ravelsbach, Niederösterreich

Bürofläche: 40 m²

Sanierungszeitraum: 2006 - 2007

Baukosten: rd. 350,-/m² (nur durch Eigenleistungen möglich)

Nutzungsform: Büro



Abbildung 18: Vorderansicht der zum Büro umgebauten Scheune in Ravelsbach (aus [Gruber, 2008])

Bei der Scheune Ravelsbach handelt es sich um eine Workshop-Baustelle des asbn - Austrian strawbale network, die zu einem großen Teil in Selbstbau sowie im Zuge von Workshops eines „Haus der Zukunft“-Projekts zum Thema Strohballenbau durchgeführt wurde. Das Gebäude, das früher als Scheune der Gerätelagerung diente, wurde zu einem Büro mit 40 m² Wohnnutzfläche umgebaut (siehe Abbildung 18). [Gruber, 2008]

Der Altbestand wurde zuerst entmantelt, ein Fundament aus Hohlblocksteinen mit Beton ausgegossen und darauf aufbauend die Holzkonstruktion zur Einbringung der Dämmschicht erstellt. Als Fundament diente eine 20 cm dicke Schicht an expandierten Perliten. Der Wand- und Deckenaufbau wurde mit einer Strohballenkonstruktion ausgeführt (siehe Abbildung 19). Aufgrund von baubehördlichen Bestimmungen, die bei einem Abstand der Gebäudegrenze zur Grundstücksgrenze von weniger als drei Metern Vorkehrungen zur Brandsicherheit fordert, wurde ostseitig eine Brandschutzwand aus Ytong vorgesetzt. [Gruber, 2008]



Abbildung 19: Offene Decken- und Wandkonstruktion in Ravelsbach (aus [Gruber, 2008])

Außenseitig wurde auf den restlichen Wänden eine Rauhschalung und Schilfstuckatur als Putzträger für den Lehmputz angebracht. An der Innenseite der Wände wurde ein Lehmspritzputz direkt auf die geglätteten Strohände, an den Decken auf eine Schilfstuckatur, verputzt (siehe Abbildung 19 und Abbildung 20). Um eine spätere Rissbildung zu vermeiden, wurde ein Glasfasergewebe in eine zusätzliche Putzschicht von Lehmfeinputz eingearbeitet. [Gruber, 2008]



Abbildung 20: Lehmputzschicht der Decke zu unbeheiztem Dachraum in Ravelsbach (aus [Gruber, 2008])

Die OGD wurde mit Strohballen zwischen 6 x 24 cm Pfosten auf einer 2,4 cm Rauhschalung gedämmt (siehe Abbildung 21) und mit einer Porenverschlussplatte abgedeckt, um laut Anforderung der örtlichen Bauaufsicht die Brandsicherheit zum nicht ausgebauten Dachraum zu gewährleisten. Aufgrund der Nutzung als Büro war der Einbau von Wasserleitungen nicht nötig, die Installation von Elektroleitungen erfolgte über Putz. [Gruber, 2008]



Abbildung 21: Dämmung der OGD 1 in Ravelsbach (aus [Gruber, 2008])

Hinsichtlich der Aufbauten zeigen sich in Ravelsbach zwei verschiedene Varianten, die im folgenden Abschnitt näher erläutert werden. Diese Varianten sind darauf zurückzuführen, dass es sich bei diesem Projekt um eine Lehrbaustelle handelt und aus diesem Grund verschiedene Dämmvarianten gezeigt werden. Auch hier wurde die Decke als Holzbalkendecke ausgeführt. In beiden Aufbauten wurde eine Dämmung mit Strohballen eingesetzt. Im Bereich des Atelier 1 wurde der dachraumseitige Abschluss mit einer Schalung sowie einer Porenverschlussplatte durchgeführt. Auf der Unterseite der Decke wurde laut Plan eine Rauhschalung mit einem Schilfrohrputzträger angebracht, die mit Lehm verputzt wurde. Im Regelschnitt (siehe Abbildung 22) ist eine weitere Strohballenschicht über der Holzbalkendecke eingezeichnet, diese ergibt sich jedoch durch die Höhe der Strohballen von 40 cm, die somit über die Holzbalken herausragen. Die Zwischenräume, die sich dadurch ergeben, wurden mit losem Stroh ausgestopft. Die GEQ-Eingaben zeigen einen U-Wert von $0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$, wodurch der Passivhausstandard erreicht wird. Über das gesamte Jahr ist keine Kondensatbildung zu erwarten.

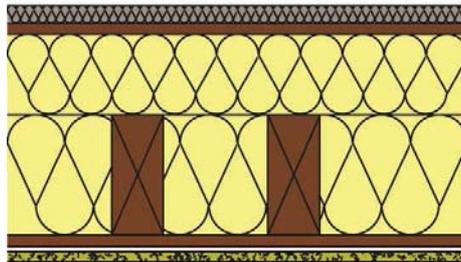


Abbildung 22: Regelschnitt OGD1 Ravelsbach nach [Gruber 2011a]

Tabelle 14: Regelaufbau und U-Wert-Berechnung OGD1 Ravelsbach nach [Gruber, 2011a]

Konstruktionsaufbau und Berechnung							
	Baustoffschichten	d	μ	λ	Anteil	ρ	$\rho \cdot d$
	von außen nach innen	Dicke	WD-Diff.	Leitfähigk.		Dichte	Flächengew.
Nr	Bezeichnung	[m]	[-]	[W/mK]	[%]	[kg/m³]	[kg/m²]
1	Porenverschlußplatte	0,035	5	0,130		565	19,8
2	Schalung	0,022	50	0,120		450	9,9
3	Strohballen	0,160	4	0,049		101	16,2
4	Balken (24/4) dazw.	0,240	50	0,120	5,0	500	6,0
	Strohballen		4	0,049	95,0	101	23,0
6	Rauschalung	0,024	50	0,120		450	10,8
7	Putzträger (Schilfrohr)	0,010	2	0,055		155	1,6
8	Lehmputz	0,020	10	0,800		1.600	32,0
Bauteildicke [m]		0,511					
Flächenbezogene Masse des Bauteils [kg/m²]							119,2
Zusammengesetzter Bauteil (Berechnung nach EN ISO 6946)							
Balken (24/4):		Achsabstand [m]:	0,800	Breite [m]:	0,040	$R_{si} + R_{se} = 0,200$	
Oberer Grenzwert: $R_{To} = 9,0161$					Unterer Grenzwert: $R_{Tu} = 8,8918$		$R_T = 8,9539$ [m²K/W]
Wärmedurchgangskoeffizient					$U = 1 / R_T$		
					0,11 [W/m²K]		
Wasserdampfdiffusion nach ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01							
<u>Randbedingungen:</u> Innentemp.: gemäß ÖNORM				Außentemp.: gemäß ÖNORM			
Luftfeuchtigkeit: Außen: gemäß ÖNORM				Innen: gemäß ÖNORM			
Seehöhe: 270 m				Region : N - Nord - außerhalb von Föhngebieten			
Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,95°C				Taupunkttemperatur: 15,03°C			
Es wird in keinem Monat Oberflächenkondensat erwartet							
Gesamtkondensat(Jahr): 315,2 g/m² - Gesamtaustrocknung(Jahr): 1.218,6 g/m²							
Das gesamte anfallende Kondensat kann austrocknen.							
Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,95°C				Temperatur(80%): 18,33°C			
Es wird in keinem Monat Schimmel an der Oberfläche erwartet							

Der Aufbau im Atelier 2 variiert nur im geringen Maß. Es handelt sich ebenfalls um eine Holzbalkendecke, die mit Strohballen gedämmt wurde. Zum Dachraum hin wurde die Dämmung mit einer diffusionsoffenen MDF-Platte abgedeckt. Raumseitig wurde eine Gipsfaserplatte angebracht. Dieser Aufbau ergibt einen U-Wert von 0,12 W/m²K, wodurch ebenfalls der Passivhausstandard erreicht wird. Durch den diffusionsoffenen Aufbau wird auch hier kein Kondensat erwartet. Die gewählte Konstruktion kann daher auch bei erhöhtem Feuchteanfall, wie im Bereich von Badezimmer und Küche, ohne Bedenken eingesetzt werden. [Prokupek, 2011]

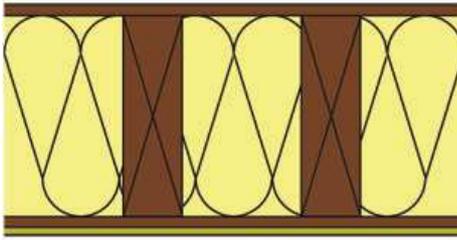


Abbildung 23: Regelschnitt OGD2 Ravelsbach nach [Gruber 2011a]

Tabelle 15: Regelaufbau und U-Wert-Berechnung OGD2 Ravelsbach nach [Gruber, 2011a]

Konstruktionsaufbau und Berechnung							
	Baustoffschichten	d	μ	λ	Anteil	ρ	$\rho \cdot d$
	von außen nach innen	Dicke	WD-Diff.	Leitfähigk.		Dichte	Flächengew.
Nr	Bezeichnung	[m]	[-]	[W/mK]	[%]	[kg/m ³]	[kg/m ²]
1	MDF Platte	0,020	30	0,140		800	16,0
2	Ständer (40/4) dazw.	0,400	50	0,120	5,0	500	10,0
	Strohballen		4	0,049	95,0	101	38,4
4	OSB-Platte	0,020	250	0,130		600	12,0
5	Leichlehmplatte	0,015	5	0,470		1.200	18,0
Bauteildicke [m]		0,455					
Flächenbezogene Masse des Bauteils [kg/m ²]							94,4
Zusammengesetzter Bauteil (Berechnung nach EN ISO 6946)							
Ständer (40/4):		Achsabstand [m]:	0,800	Breite [m]:	0,040	$R_{si} + R_{se} = 0,200$	
Oberer Grenzwert: $R_{To} = 8,1803$				Unterer Grenzwert: $R_{Tu} = 8,1404$		$R_T = 8,1604$ [m ² K/W]	
Wärmedurchgangskoeffizient				$U = 1 / R_T$		0,12 [W/m²K]	
Wasserdampfdiffusion nach ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01							
<u>Randbedingungen:</u> Innentemp.: gemäß ÖNORM				Außentemp.: gemäß ÖNORM			
Luftfeuchtigkeit: Außen: gemäß ÖNORM				Innen: gemäß ÖNORM			
Seehöhe: 270 m				Region : N - Nord - außerhalb von Föhngebieten			
Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,94°C				Taupunkttemperatur: 15,03°C			
Es wird in keinem Monat Oberflächenkondensat erwartet							
Es gibt keine Kondensation im Inneren des Bauteils.							
Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,94°C				Temperatur(80%): 18,33°C			
Es wird in keinem Monat Schimmel an der Oberfläche erwartet							

In dieser Ausführung finden sich jeweils im Bereich der Verschneidungen zur Außenwand sowie am Anschluss zwischen den beiden Ateliers interessante Details, die im Folgenden angeführt werden (siehe Abbildung 24).

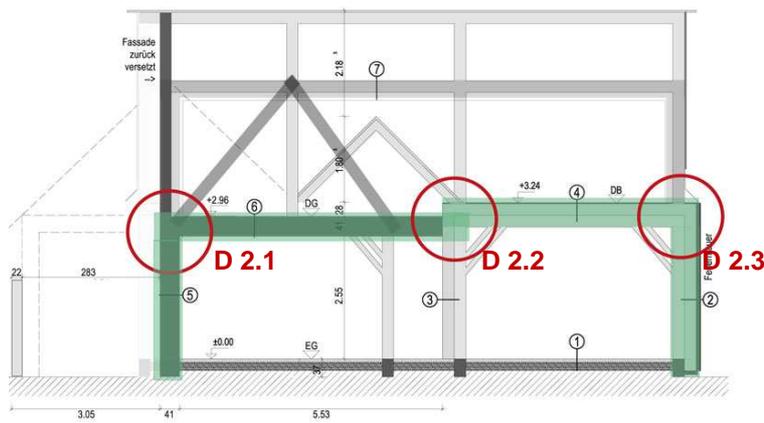


Abbildung 24: Systemschnitt Scheune Ravelsbach nach [Gruber, 2008]

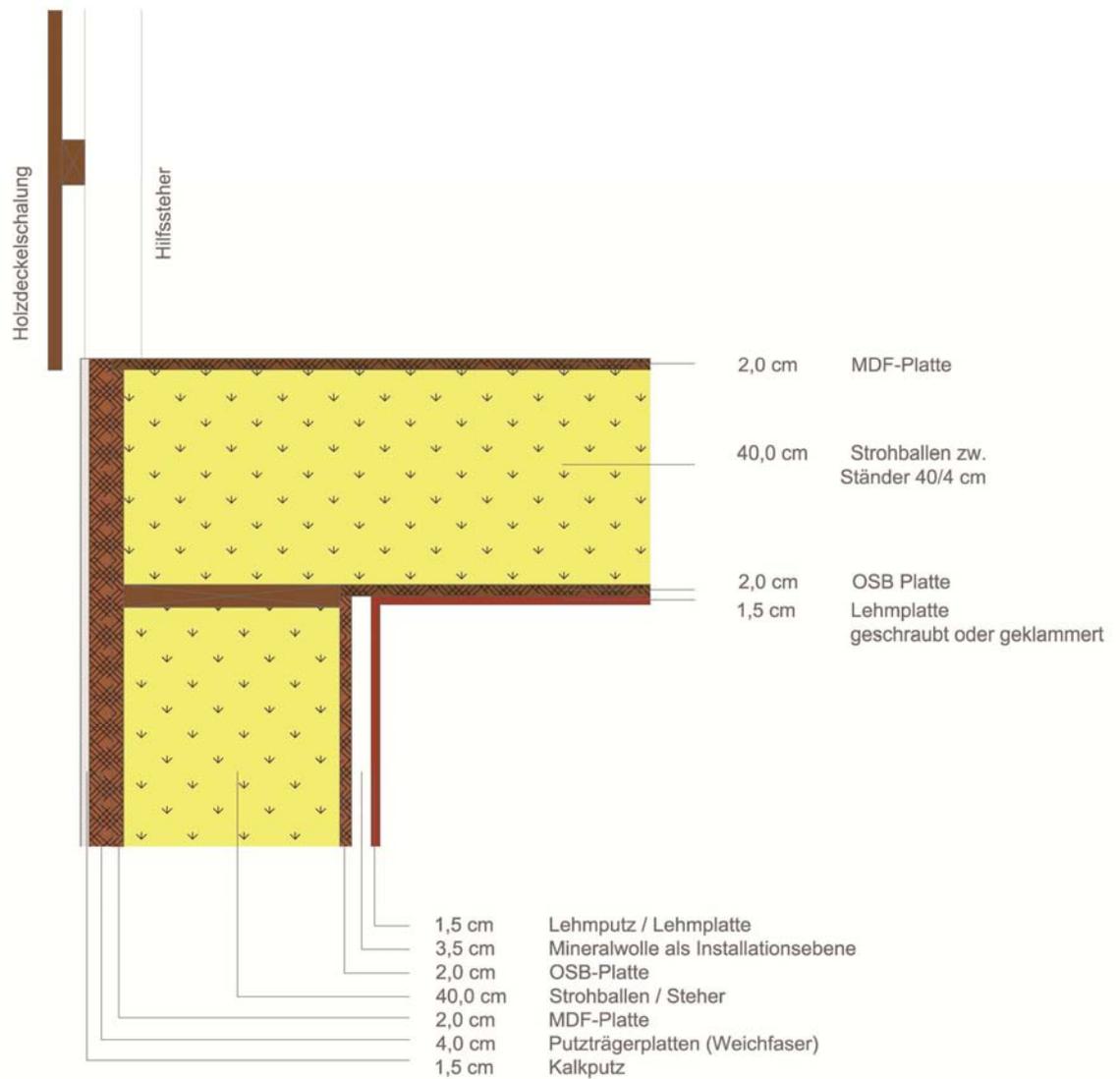


Abbildung 25: D 2.1: Verschneidung OGD - Dachhaut – Außenwand, Ravelsbach nach [Gruber, 2011b]

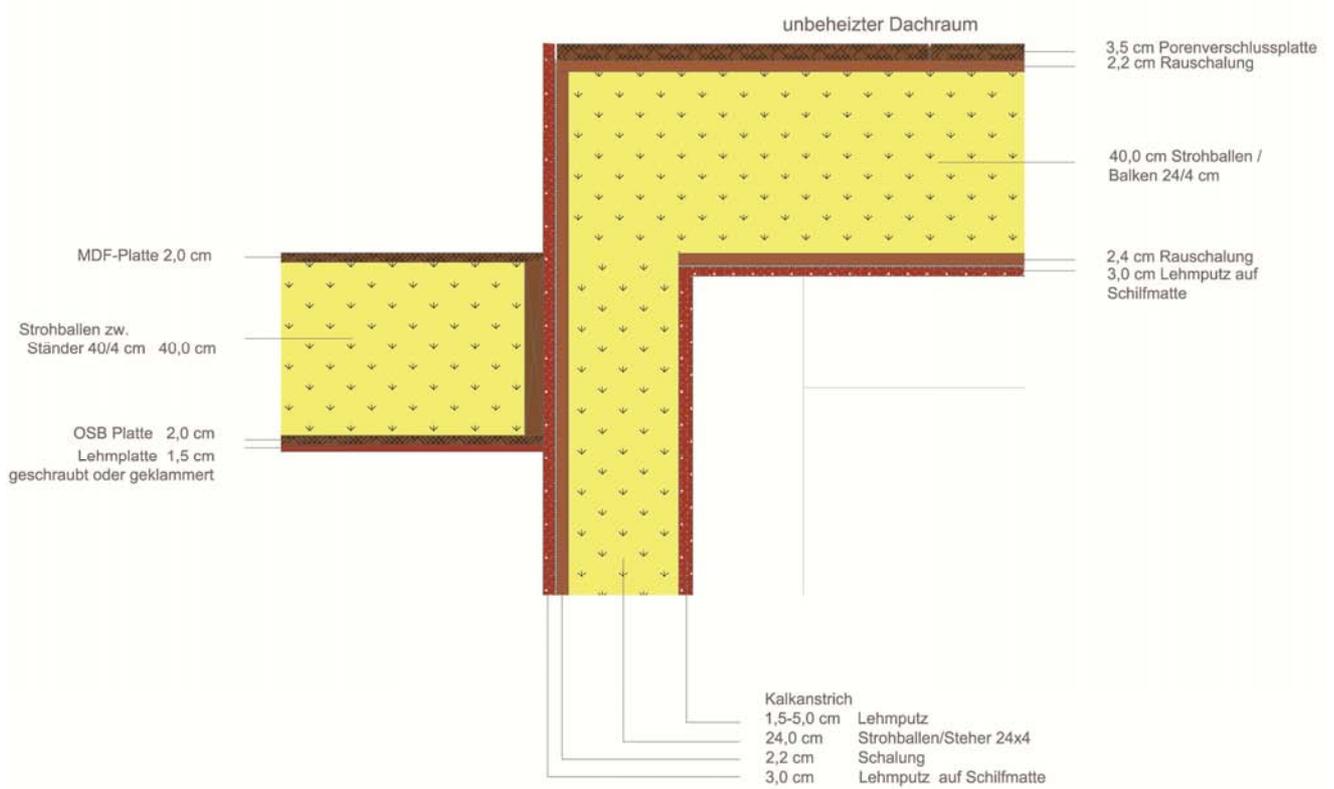


Abbildung 26: D 2.2: Verschneidung OGD – Innenwand, Ravelsbach nach [Gruber, 2011b]

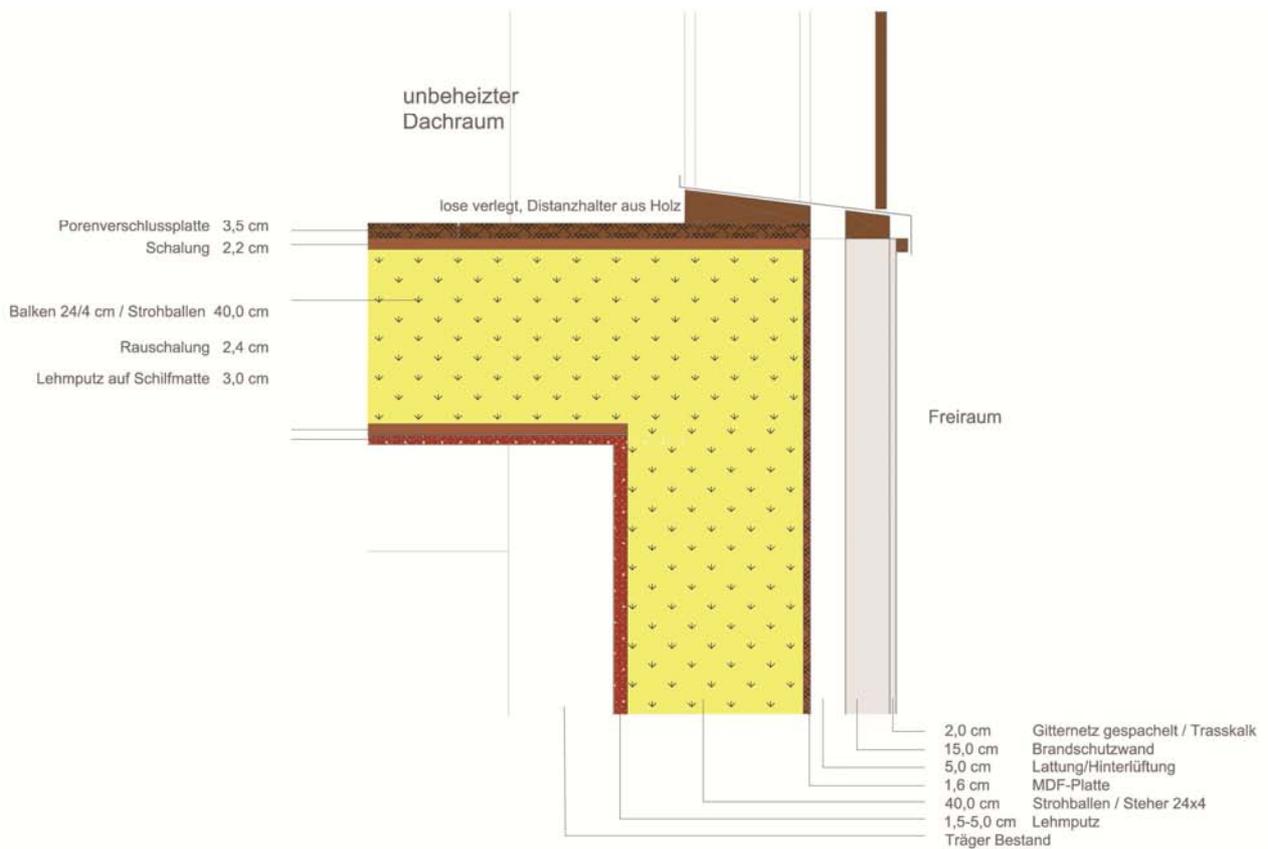


Abbildung 27: D 2.3: Verschneidung OGD – Außenwand, Ravelsbach nach [Gruber, 2011b]

Die OGD der Scheune Ravelsbach zeichnet sich vor allem durch ihren einfachen Aufbau sowie einer besonders ökologischen Umsetzung aus. Die Dämmung mit Strohballen kann sehr einfach im Eigenbau unter Nutzung von regionalen Produkten durchgeführt werden. Durch frühzeitige Absprache mit einem Landwirt aus dem Umfeld und einer gewissenhaften Qualitätskontrolle können Strohballen problemlos aus der eigenen Region bezogen werden. Die gesamte Dämmung kann nach der Nutzungsdauer problemlos entfernt und einer Kompostierung zugeführt werden.

4.3 Sandberghof Schauer

Entwurf & Planung:	Schauer + Volhard Architekten BDA Arch. BDA DI Ute Schauer & Arch. und Städtebauarchitekt BDA DI Franz Volhard
Tragwerksplanung, Wärme-, Brand- und Schallschutz:	Ingenieurbüro Wagner Zeitter
Bauherr:	GBR Sandberghof
Adresse:	Sandberstraße 4 D – 64285 Darmstadt, Hessen
Wohnfläche gesamt:	447 m ²
Umbautes Volumen:	2.370 m ³
Baujahr:	1758
Planungszeitraum:	09/2004 bis 09/2005
Sanierungszeitraum:	10/2005 bis 03/2007
Energieverbrauch (2007/2008):	92 kWh/m ² a
Baukosten inkl MwSt:	€ 1.268.751,-
Nutzungsform:	Wohnen im Alter



Abbildung 28: Haupt- und Nebengebäude Sandberghof (aus [Hirt Architekten, 2006])

Die Sanierung von Sandberghof Schauer wurde nach der Idee „Wohnen im Alter“ umgesetzt. Dabei schlossen sich vier Paare im Alter von 55+ zusammen und entwickelten ein Wohnkonzept, das es ihnen ermöglicht, sich so lange wie möglich eigenständig zu versorgen und gleichzeitig die Vorteile des gemeinschaftlichen Zusammenlebens im Alter zu genießen.

Auf dem knapp 560 m² großen Grundstück in Darmstadt befinden sich ein Fachwerkhaus unter Denkmalschutz aus dem Jahr 1758, eine Scheune und ein kleines Nebengebäude. Das Hauptgebäude wurde im Zuge der Sanierungen in relativ kleine Wohneinheiten zu ca. 66-67m² sowie ein Apartment unterteilt, das derzeit vermietet wird und in Zukunft die Möglichkeit der Unterbringung einer Haushaltshilfe oder von Pflegepersonal bietet. Besonderes Augenmerk wurde auf einen barrierefreien Zugang in alle Bereiche der Gebäude gelegt. Dazu wurde beim Bau auf Schwellenfreiheit geachtet, Türen mit einer Mindestbreite von 80 cm ausgeführt, bodengleiche Duschen in jeder Wohnung eingebaut und auch behindertengerechte Ausstattungen, wie beispielsweise der Einbau eines Treppenlifts, bereits vorbereitet. Die Nebengebäude dienen der gemeinschaftlichen Nutzung. Dazu wurde in der Scheune ein Gemeinschaftsraum mit einer Bibliothek für Feste und gemeinsames Essen untergebracht. Der Dachraum wird als Büro der GbR Sandberghof, als Atelier und zur Unterbringung von Gästen, wie den zahlreichen Enkelkindern der vier Paare, genutzt. Das zweite Nebengebäude bietet Platz für eine gemeinsame Werkstatt, einen Saunabereich sowie ein großes Badezimmer. [Schauer & Volhard, 2009]

Aufgrund von Schäden in den Holzkonstruktionen war eine umfassende Sanierung des Gebäudes notwendig. Zur Einteilung in die einzelnen Wohneinheiten wurden teilweise neue Wände eingezogen und die Geschoßdecke auf ein gleiches Niveau gebracht, um einen barrierefreien Zugang zu gewährleisten. Bei den Zwischendecken handelt es sich um Lehmwickeldecken, die erhalten blieben und wo nötig mit neuen Lehmwickeln repariert wurden. Die Reparatur der relativ gut erhaltenen Strohlehm-Ausfachungen erfolgte durch Ausmauerung mit Leichtlehmsteinen in den Außen- und Innenwänden. Sowohl die Dämmung des Hauptgebäudes als auch der Nebengebäude, die aus 40-60 cm Bruchsteinmauern aufgebaut sind, erfolgte innenseitig mit Zellulose-, Naturfaserdämmstoffen und Lehmplatten, um einen besonders diffusionsoffenen Aufbau zu erreichen. Die Sanierung der Dächer erfolgte zum Großteil mit handgeformten Biberschwanzziegeln, wodurch man den ursprünglichen Charme des Altbaus erhalten konnte. Sowohl in die Dachschrägen des Mansarddaches als auch in die OGD wurde eine Zellulosedämmung eingeblasen. [Schauer & Volhard, 2011]

Aufgrund der großen Spannweite wurde die oberste Geschoßdecke mit einer neuen Balkenlage, die quer darüber verlegt wurde, stabilisiert. Die Ausfachungen zwischen den ursprünglichen Balken wurden entkernt, um so die geringe Geschoßhöhe von 2,10 m zu erhöhen. Die neue Balkenlage wurde mit Zellulose ausgeblasen und mit einer Grobspanplatte sowie einem Holz-

dielenboden abgedeckt. Auf der Unterseite wurde sowohl eine Zellulose- also auch eine Schilfrohrplatte als Putzträger angebracht und mit Kalk verputzt (siehe Abbildung 29 und Tabelle 16).

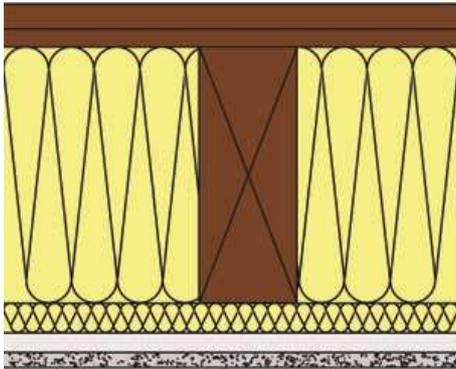


Abbildung 29: Regelschnitt OGD, Sandberghof nach [Schauer & Volhard, 2011]

Tabelle 16: Regelaufbau und U-Wert-Berechnung Sandberghof nach [Schauer und Volhard, 2011]

Konstruktionsaufbau und Berechnung							
	Baustoffschichten	d	μ	λ	Anteil	ρ	$\rho \cdot d$
	von außen nach innen	Dicke	WD-Diff.	Leitfähigk.		Dichte	Flächengew.
Nr	Bezeichnung	[m]	[-]	[W/mK]	[%]	[kg/m ³]	[kg/m ²]
1	Holzdielenboden	0,025	50	0,120		450	11,3
2	Grobspanplatte	0,018	250	0,130		600	10,8
3	Balken (26/16) dazw. Zellulosedämmung	0,260	50	0,120	20,0	500	26,0
			1	0,039	80,0	50	10,4
5	Lattung (3/5) dazw. Zellulosedämmung	0,030	50	0,120	7,7	500	1,2
			1	0,039	92,3	50	1,4
7	Schilfrohrplatte	0,020	2	0,055		155	3,1
8	Kalkputz	0,015	10	0,800		1.400	21,0
Bauteildicke [m]		0,368					
Flächenbezogene Masse des Bauteils [kg/m ²]							85,1
Zusammengesetzter Bauteil (Berechnung nach EN ISO 6946)							
Lattung (3/5):		Achsabstand [m]:	0,650	Breite [m]:	0,050	$R_{si} + R_{se} = 0,200$	
Balken (26/16):		Achsabstand [m]:	0,800	Breite [m]:	0,160		
Oberer Grenzwert: $R_{To} = 6,7347$				Unterer Grenzwert: $R_{Tu} = 6,3026$		$R_T = 6,5186$ [m ² K/W]	
Wärmedurchgangskoeffizient					$U = 1 / R_T$		
					0,15 [W/m²K]		
Wasserdampfdiffusion nach ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01							
<u>Randbedingungen:</u> Innentemp.: gemäß ÖNORM				Außentemp.: gemäß ÖNORM			
Luftfeuchtigkeit: Außen: gemäß ÖNORM				Innen: gemäß ÖNORM			
Seehöhe: 170 m				Region : N - Nord - außerhalb von Föhngebieten			
Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,96°C				Taupunkttemperatur: 15,15°C			
Es wird in keinem Monat Oberflächenkondensat erwartet							
Gesamtkondensat(Jahr): 4.824,5 g/m ² - Gesamtaustrocknung(Jahr): 1.487,5 g/m ²							
Es kann nicht das gesamte anfallende Kondensat austrocknen. Restkondensat : 3.337,0 g/m ²							
Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,96°C				Temperatur(80%): 18,52°C			
Es wird in keinem Monat Schimmel an der Oberfläche erwartet							

Der Aufbau der OGD zeigt grundsätzlich eine dampfdiffusionsoffene Konstruktion. Vor allem die Kombination aus Zellulosefaser, Schilfrohrplatte und Kalkputz bietet eine gute Voraussetzung für einen funktionierenden Feuchtigkeitsausgleich. Aufgrund der Abdeckung mit einer Grobspanplatte mit einem Dampfdiffusionswert von 200 kann es laut GEQ-Berechnungen jedoch trotzdem zu einem Kondensatanfall kommen. Hier muss angemerkt werden, dass es sich bei den einfließenden Kennwerten um Richtwerte handelt. Im Fall von OSB-Platten kann die Dampfdiffusion zwischen 40 und 200 variieren und ist stark vom Klebstoffanteil in der Platte

abhängig. Um einen diffusionsoffenen Aufbau zu garantieren, wäre hier ein Ersatz der Grobspanplatte durch eine druckfeste Holzspanplatte zu empfehlen. Der berechnete U-Wert von $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ entspricht den Anforderungen laut OIB-Richtlinie.

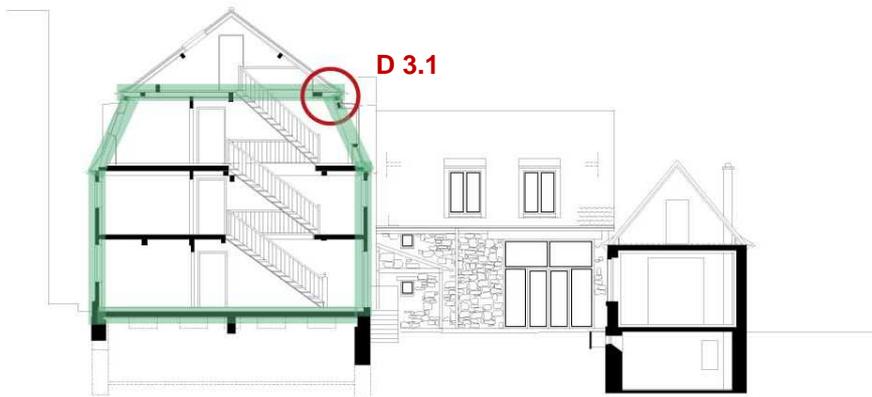


Abbildung 30: Längsschnitt, Sandberghof nach [Schauer & Volhard, 2011]

Bei einem Mansardendach ist die Ausführung einer geschlossenen Dämmschicht eine große Herausforderung. Im Projekt Sandberghof Schauer wurde die OGD im Bereich des typischen Knicks in der Dachhaut durchgeführt. Dadurch kann zusätzlicher Wohnraum gewonnen werden. Es entsteht jedoch auch die Gefahr von möglichen Wärmebrücken. Um diese zu vermeiden, wurde im Fall von Sandberghof Schauer zusätzlich eine Zwischensparrendämmung durch Zelluloseeinblasung vorgenommen (siehe Abbildung 31).

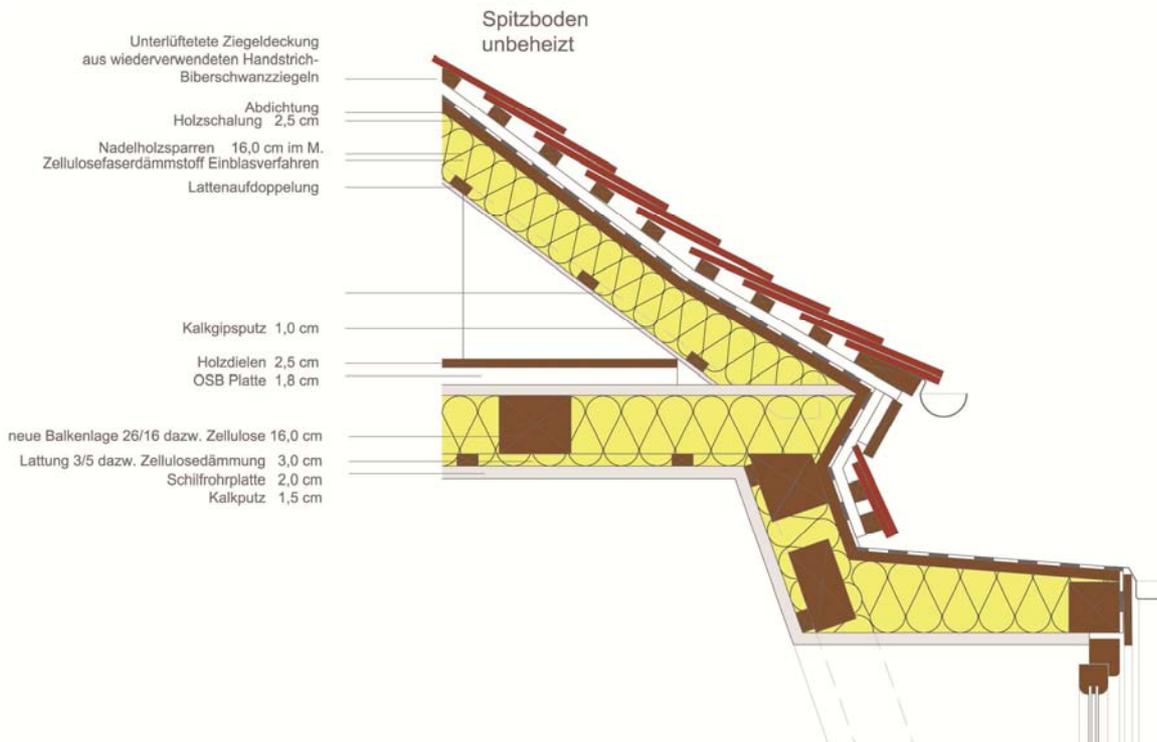


Abbildung 31: D: 3.1: Verschneidung OGD - Dachhaut – Außenwand, Sandberghof nach [Schauer & Volhard, 2011]

Der Einsatz von Zellulose bietet im Fall des Projektes „Sandberghof Schauer“ den Vorteil, dass trotz der komplexen Dachform mit zahlreichen Zwischenräumen eine kostengünstige ökologische Dämmung mit einem relativ geringen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte.

4.4 Haus Wandalenallee 38 - Westend Grün

Entwurf & Planung:	Roswag & Jankowski Architekten Partnerschaft, Berlin Arch. DI Eike Roswag & Arch. DI Guntram Jankowsk
Tragwerksplanung und Lehmbaufachberatung:	ZRS Architekten Ingenieure, Berlin; Dipl.-Ing. Uwe Seiler; Dr. Ing. Christof Ziegert
Bauherren:	Julia und Alexander von Seltmann
Adresse:	Wandalenalle 38 D - 14052 Berlin
Wohnfläche gesamt:	180 m ²
Umbautes Volumen:	850 m ³
Baujahr:	30er Jahre
Planungszeitraum:	06/2006 bis 12/2007
Sanierungszeitraum:	12/2006 bis 10/2007
Primärenergiebedarf:	74,01 kWh/m ² a
Heizenergiebedarf:	56,55 kWh/m ² a
Nutzungsform:	Wohnhaus



Abbildung 32: Vorder- und Rückansicht Haus Wandalenallee 38 (aus [Roswag & Jankowski Architekten, 2007])

Der sogenannte "Berliner Würfel" wurde in den 30er Jahren im Berliner Westend errichtet. Nach starken Zerstörungen während des 2. Weltkrieges kam es zum Wiederaufbau in Form eines eingeschossigen Gebäudes mit Notdach. Im Zuge der Sanierungen im Jahr 2006 entstand daraus ein zweigeschossiges Gebäude (siehe Abbildung 32). Der Zugang zum Erdgeschoß, das über Gartenniveau liegt, erfolgt über eine pyramidenförmige Treppe aus Holz. Im Erdgeschoß befinden sich Wohnraum, Speisesaal sowie die Kanzlei der Bauherrin. Das Obergeschoß, das im Gesamten aus einer Holzkonstruktion mit Lehmausfachungen besteht, bietet Platz für die Privaträume und eine Bibliothek (siehe Abbildung 33). [Roswag & Jankowski Architekten, 2007]



Abbildung 33: Innenraum, Obergeschoß Westend Grün (aus [Roswag & Jankowski Architekten, 2007])

Das gesamte Gebäude wurde mit einer 12 cm Innendämmung aus Schilf gedämmt und ein 3 cm Kalkputz aufgebracht. Die Holzbalkendecke gegen den nicht ausgebauten Dachraum wurde mit Zellulose gedämmt, diese besteht aus Zellulosefaserplatten sowie einer Zelluloseschüttung. Dachraumseitig wurden für eine mögliche Begehbarkeit und Nutzung als Lagerraum Grobspanplatten angebracht. An der Unterseite der Dämmung wurde eine Dampfbremse als Feuchtigkeitsbarriere ausgeführt und mit zwei Gipsfaserplatten der geforderte Brandschutz erreicht (siehe Abbildung 34). [Roswag & Jankowski, 2007] Durch diese Art des Aufbaus kann ein U-Wert von 0,14 Watt/m²K erreicht werden sowie vollkommene Austrocknung des Kondensats gewährleistet werden (siehe Tabelle 17).

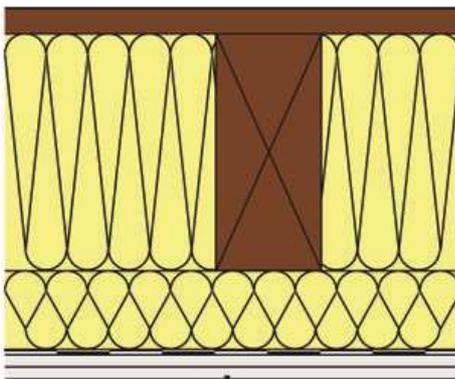


Abbildung 34: Regelschnitt OGD Westend Grün nach [Roswag, 2011a]

Tabelle 17: Regelaufbau und U-Wert-Berechnung OGD Westend Grün nach [Roswag, 2011a]

Konstruktionsaufbau und Berechnung							
Baustoffschichten		d	μ	λ	Anteil	ρ	$\rho \cdot d$
von außen nach innen		Dicke	WD-Diff.	Leitfähigk.		Dichte	Flächengew.
Nr	Bezeichnung	[m]	[-]	[W/mK]	[%]	[kg/m ³]	[kg/m ²]
1	OSB Platte	0,025	200	0,130		600	15,0
2	Balken (12/24) dazw.	0,240	50	0,120	14,3	500	17,1
	Zellulosedämmmatte		2	0,040	85,7	70	14,4
4	Lattung (8/3) dazw.	0,080	50	0,120	8,0	500	3,2
	Zellulosedämmmatte		2	0,040	92,0	70	5,2
6	Dampfbremse	0,0003	61.275	0,220		600	0,2
7	Gipskarton Feuerschutzplatte	0,013	10	0,250		800	10,0
8	Gipskarton Feuerschutzplatte	0,013	10	0,250		800	10,0
Bauteildicke [m]		0,370					
Flächenbezogene Masse des Bauteils [kg/m ²]						75,1	
Zusammengesetzter Bauteil					(Berechnung nach EN ISO 6946)		
Lattung (8/3):		Achsabstand [m]:	0,625	Breite [m]:	0,050	$R_{si} + R_{se} = 0,200$	
Balken (12/24):		Achsabstand [m]:	0,840	Breite [m]:	0,120		
Oberer Grenzwert: $R_{To} = 7,3917$					Unterer Grenzwert: $R_{Tu} = 6,8842$		$R_T = 7,1379$ [m ² K/W]
Wärmedurchgangskoeffizient					$U = 1 / R_T$		0,14 [W/m²K]
Wasserdampfdiffusion nach ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01							
<u>Randbedingungen:</u> Innentemp.: gemäß ÖNORM				Außentemp.: gemäß ÖNORM			
Luftfeuchtigkeit: Außen: gemäß ÖNORM				Innen: gemäß ÖNORM			
Seehöhe: 171 m				Region : N - Nord - außerhalb von Föhngebieten			
Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,96°C				Taupunkttemperatur: 15,15°C			
Es wird in keinem Monat Oberflächenkondensat erwartet							
Gesamtkondensat(Jahr): 26,8 g/m ² - Gesamtaustrocknung(Jahr): 315,1 g/m ²							
Das gesamte anfallende Kondensat kann austrocknen.							
Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,96°C				Temperatur(80%): 18,52°C			
Es wird in keinem Monat Schimmel an der Oberfläche erwartet							

Besonders zu beachtende Details in diesem Projekt sind jeweils die Verschneidung der OGD mit der Außenwand sowie der Dachhaut (siehe Abbildung 35, Abbildung 36 und Abbildung 37).

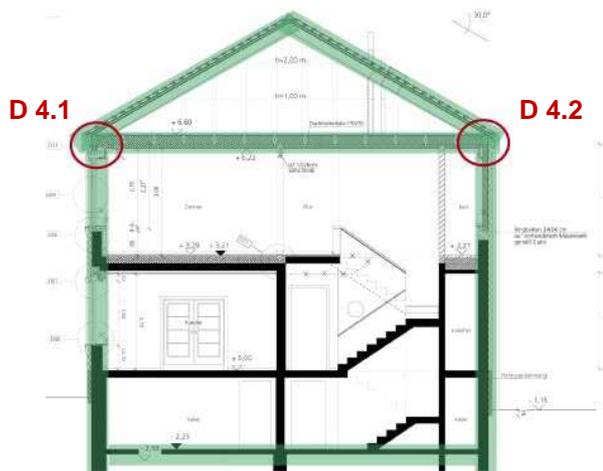


Abbildung 35: Querschnitt mit Darstellung der Dämmebene, Westend Grün nach [Roswag & Jankowski Architekten, 2007]

Wie die Details zeigen, wurde auch das neu erstellte Dach mit einer Zellulosedämmung zwischen den Sparren ausgeblasen und durch eine Aufsparrendämmung aus Holzweichfaserplatte eine zweite Dämmschicht zur Vermeidung von Wärmebrücken eingezogen (siehe Abbildung 36 und Abbildung 37).

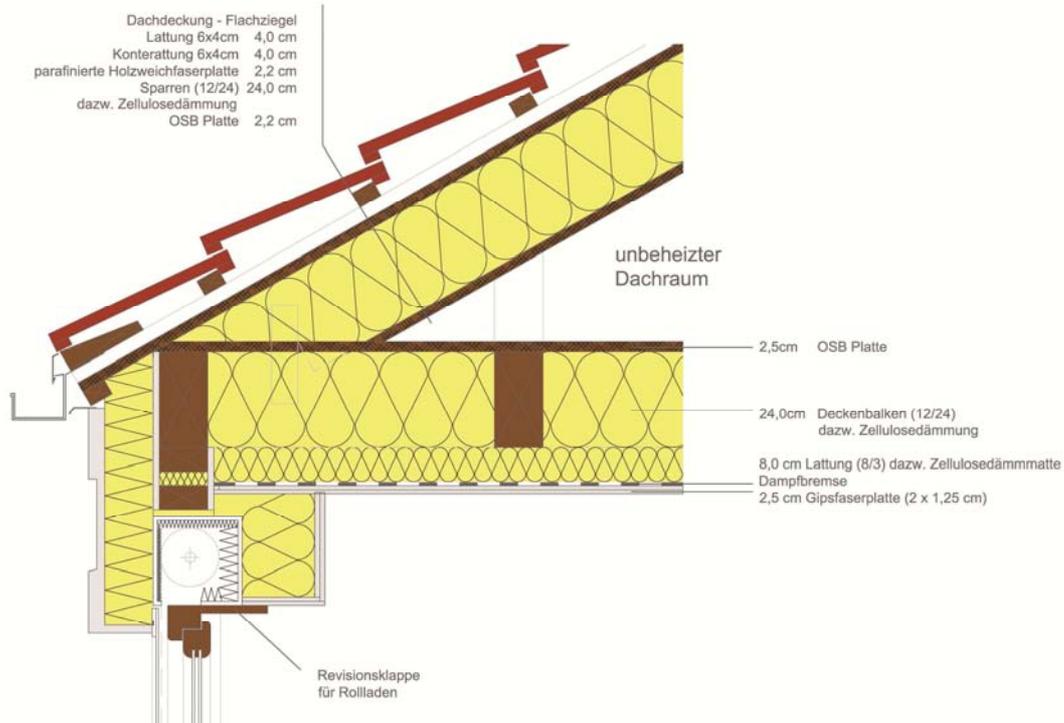


Abbildung 36: D4.1: Verschneidung OGD – Dach – AG, Westend Grün, nach [Roswag, 2011b]

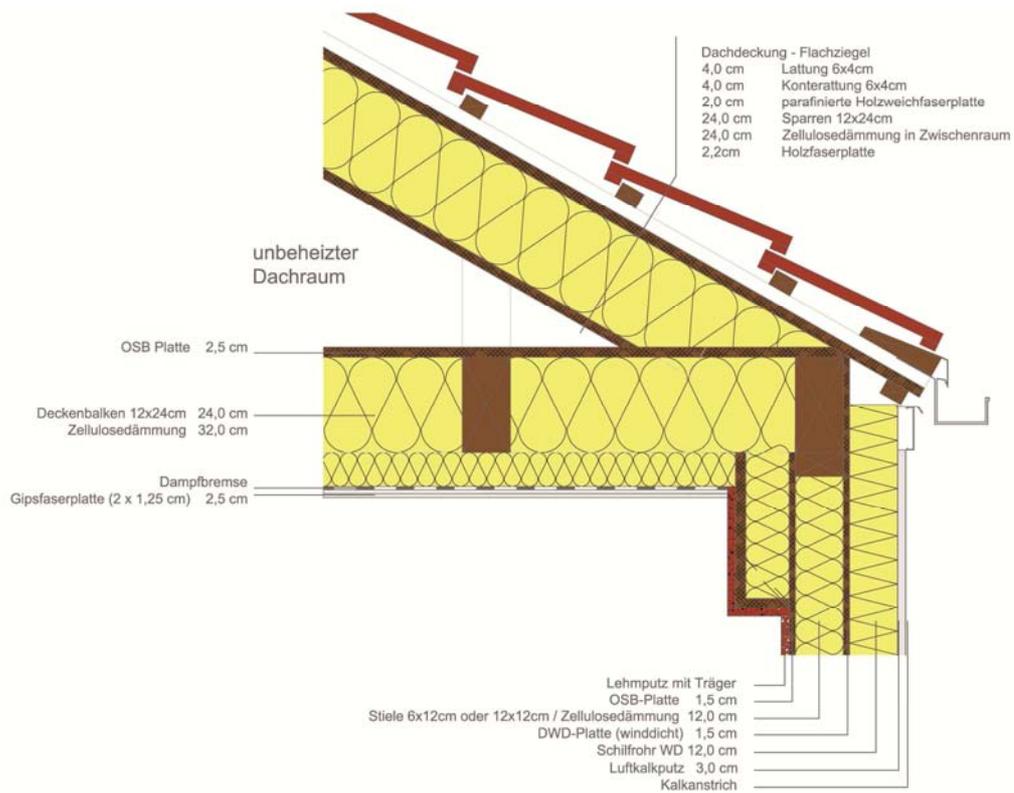


Abbildung 37: D 4.2: Verschneidung OGD - Dach – AW, Westend Grün nach [Roswag, 2011b]

4.5 Lehmhaus Mitterretzbach

Entwurf & Planung:	Mag. Andi Breuss
Wohnfläche gesamt:	100 m ²
Baujahr:	1. Hälfte des 19. Jahrhunderts
Adresse:	A – 2070 Mitterretzbach, Niederösterreich
Sanierungszeitraum:	2007 bis August 2009
Nutzungsform:	Einfamilienhaus (Wochenendnutzung)
Verbesserung Energiekennzahl:	60 %

[Breuss, 2010a]



Abbildung 38: Vorderansicht Wohnhaus Mitterretzbach (aus [Breuss, 2011d])

Bei dem Haus Mitterretzbach handelt es sich um ein Lehmhaus, das in der 1. Hälfte des 19. Jahrhunderts errichtet wurde und nun durch eine materialgetreue Sanierung wieder im alten Glanz erscheinen soll (siehe Abbildung 38). Dem Architekten Andi Breuss war vor allem wichtig, den Altbestand zu erhalten, vorhandene Ressourcen zu nutzen und durch den Bezug von neuem Baumaterial die regionale Wertschöpfung zu steigern.

Dazu wurde der anfallende Bauschutt zur Gartengestaltung wiederverwertet und damit ein Plateau für ein „Salettl“ errichtet. Die Granitsteine wurden zur Gestaltung von Stufen eingesetzt. Um helle lichtdurchflutete Räume zu erhalten, wurden die kleinen Fensteröffnungen aus dem Altbestand durch große Glastüren ersetzt und die Raumhöhe durch Abgrabung des Fußbodens erhöht. Neue Decken wurden mit sägerauen unbehandelten Kieferbrettern erstellt, der massive Fichtenboden verläuft fugenlos durch die gesamte Wohnfläche. [Breuss, 2010]

Der Fußboden zu Erdreich baut sich durch eine Schicht aus Glasschaumschotter auf, die durch ein Flies von einer Polsterholzkonstruktion getrennt ist, die mit Perliten verfüllt wurde. Sowohl für den Innen- als auch den Außenputz wurde ein Lehmputz genutzt. Die offenen Fugen wurden durch Stopfhanf aus Niederösterreich verschlossen. Für die Dämmung der OGD kam Stroh in Form von Kleinballen zum Einsatz (siehe Abbildung 39). Damit eine ständige Durchlüftung der Dämmschicht gewährleistet ist, wurde die Giebelverschalung mit einer offenen Fuge ausgeführt. [Breuss, 2010]



Abbildung 39: Einbringung der Strohdämmung in Mitterretzbach (aus [Breuss, 2011d])

Auf die vorhandene Tramdecke mit Holzverschalung wurde die Dampfbremse befestigt und die Strohballen eingesetzt, als Abschluss wurde die Dämmung in den Randbereichen mit einer Holzverschalung abgedeckt, um einen Schutz vor Flugschnee zu bieten. Durch diesen Aufbau wird ein sehr guter U-Wert von $0,13 \text{ Watt/m}^2\text{K}$ erreicht. Die Bildung von Kondensat in der OGD wird nicht erwartet (siehe Abbildung 40 und Tabelle 18).

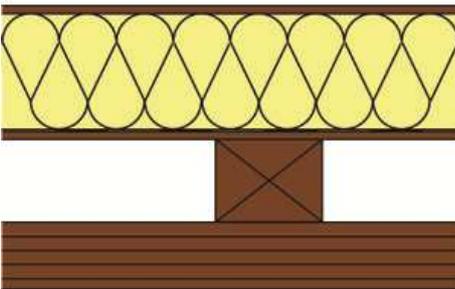


Abbildung 40: Regelschnitt OGD 1 Mitterretzbach nach [Breuss, 2011c]

Tabelle 18: Regelaufbau und U-Wert-Berechnung OGD 1 Mitterretzbach nach [Breuss, 2011c]

Konstruktionsaufbau und Berechnung							
Baustoffschichten		d	μ	λ	Anteil	ρ	$\rho \cdot d$
von außen nach innen		Dicke	WD-Diff.	Leitfähigk.		Dichte	Flächengew.
Nr	Bezeichnung	[m]	[-]	[W/mK]	[%]	[kg/m ³]	[kg/m ²]
1	Schalung	0,024	50	0,120		500	12,0
2	Strohballen	0,350	4	0,049		101	35,4
3	Dampfbremse	0,0003	61.275	0,220		600	0,2
4	Rauschalung	0,024	50	0,120		500	12,0
5	Balken (25/5) dazw.	* 0,250	50	0,120	6,3	500	7,8
	-	*	1	0,043	93,8	40	9,4
7	Leimbinder (20/20) dazw.	* 0,200	50	0,120	25,0	450	22,5
	-	*	1	0,043	75,0	40	6,0
Bauteildicke (wärmetechnisch relevant) [m]		0,398					
Bauteildicke gesamt [m]		0,848					
Flächenbezogene Masse des Bauteils [kg/m ²]						105,2	
Zusammengesetzter Bauteil (Berechnung nach EN ISO 6946)							
Leimbinder	Achsabstand [m]:	0,800	Breite [m]:	0,200	$R_{si} + R_{so} = 0,200$		
Balken (25/5):	Achsabstand [m]:	0,800	Breite [m]:	0,050			
Oberer Grenzwert: $R_{To} = 7,7442$		Unterer Grenzwert: $R_{Tu} = 7,7442$		$R_T = 7,7442$ [m ² K/W]			
Wärmedurchgangskoeffizient				$U = 1 / R_T$		0,13 [W/m²K]	

*... diese Schicht zählt nicht zur Berechnung

Wasserdampfdiffusion nach ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01	
<u>Randbedingungen:</u> Innentemp.: gemäß ÖNORM	Außentemp.: gemäß ÖNORM
Luftfeuchtigkeit: Außen: gemäß ÖNORM	Innen: gemäß ÖNORM
Seehöhe: 263 m	Region : N - Nord - außerhalb von Föhngebieten
Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,94°C	Taupunkttemperatur: 15,04°C
Es wird in keinem Monat Oberflächenkondensat erwartet	
Es gibt keine Kondensation im Inneren des Bauteils.	
Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,94°C	Temperatur(80%): 18,34°C
Es wird in keinem Monat Schimmel an der Oberfläche erwartet	

Aufgrund von unterschiedlichen vorhandenen Aufbauten musste im Bereich über Bad, Vorraum und Arbeitszimmer eine Ausgleichsschüttung in die OGD eingebracht werden. Hier wurden die zuvor bei der Sanierung ausgelösten Lehmplatten als Ausgleichsschicht genutzt, um so die gesamte Strohdämmung in einer Ebene einbringen zu können. Hinsichtlich U-Wert und Kondensat gibt es keine nennenswerten Unterschiede zwischen den Aufbauten (siehe Abbildung 41 und Tabelle 19).

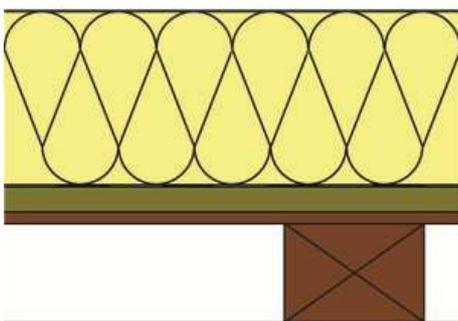


Abbildung 41: Regelschnitt OGD 2 Mitterretzbach nach [Breuss, 2011c]

Tabelle 19: Regelaufbau und U-Wert-Berechnung OGD 2 Mitterretzbach nach [Breuss, 2011 c]

Konstruktionsaufbau und Berechnung							
Baustoffschichten		d	μ	λ	Anteil	ρ	$\rho \cdot d$
von außen nach innen		Dicke	WD-Diff.	Leitfähigk.		Dichte	Flächengew.
Nr	Bezeichnung	[m]	[-]	[W/mK]	[%]	[kg/m ³]	[kg/m ²]
1	Strohballen	0,350	4	0,049		101	35,4
2	Dampfbremse	0,0003	61.275	0,220		600	0,2
3	Lehm	0,050	10	1,000		2.000	100,0
4	Schalung	0,024	50	0,120		500	12,0
5	Balken (20/5) dazw.	* 0,200	50	0,120	6,3	500	6,3
	-	*	1	0,043	93,8	40	7,5
Bauteildicke (wärmetechnisch relevant) [m]		0,424					
Bauteildicke gesamt [m]		0,624					
Flächenbezogene Masse des Bauteils [kg/m ²]						161,3	
Zusammengesetzter Bauteil					(Berechnung nach EN ISO 6946)		
Balken (20/5):		Achsabstand [m]:	0,800	Breite [m]:	0,050	$R_{si} + R_{se} = 0,200$	
Oberer Grenzwert: $R_{To} = 7,5942$				Unterer Grenzwert: $R_{Tu} = 7,5942$		$R_T = 7,5942$ [m ² K/W]	
Wärmedurchgangskoeffizient				U = 1 / R_T		0,13 [W/m²K]	

*... diese Schicht zählt nicht zur Berechnung

Wasserdampfdiffusion nach ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01	
<u>Randbedingungen:</u> Innentemp.: gemäß ÖNORM	Außentemp.: gemäß ÖNORM
Luftfeuchtigkeit: Außen: gemäß ÖNORM	Innen: gemäß ÖNORM
Seehöhe: 263 m	Region : N - Nord - außerhalb von Föhngebieten
Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,94°C	Taupunkttemperatur: 15,04°C
Es wird in keinem Monat Oberflächenkondensat erwartet	
Es gibt keine Kondensation im Inneren des Bauteils.	
Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,94°C	Temperatur(80%): 18,34°C
Es wird in keinem Monat Schimmel an der Oberfläche erwartet	

Die behandelten Details zeigen die Verschneidungen von OGD, Außenwand und Dachhaut (siehe Abbildung 45, Abbildung 46 und Abbildung 47) sowie die Verschneidung von OGD zu Außenwand im Bereich des Giebels (siehe Abbildung 43).

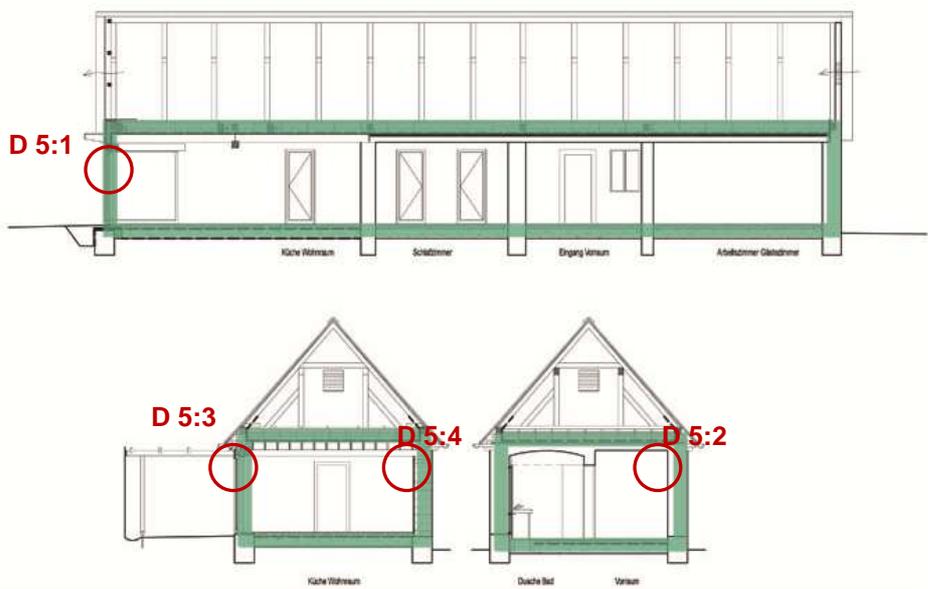


Abbildung 42: Schnitte mit Darstellung der Dämmebene, Mitterretzbach nach [Breuss, 2011a]

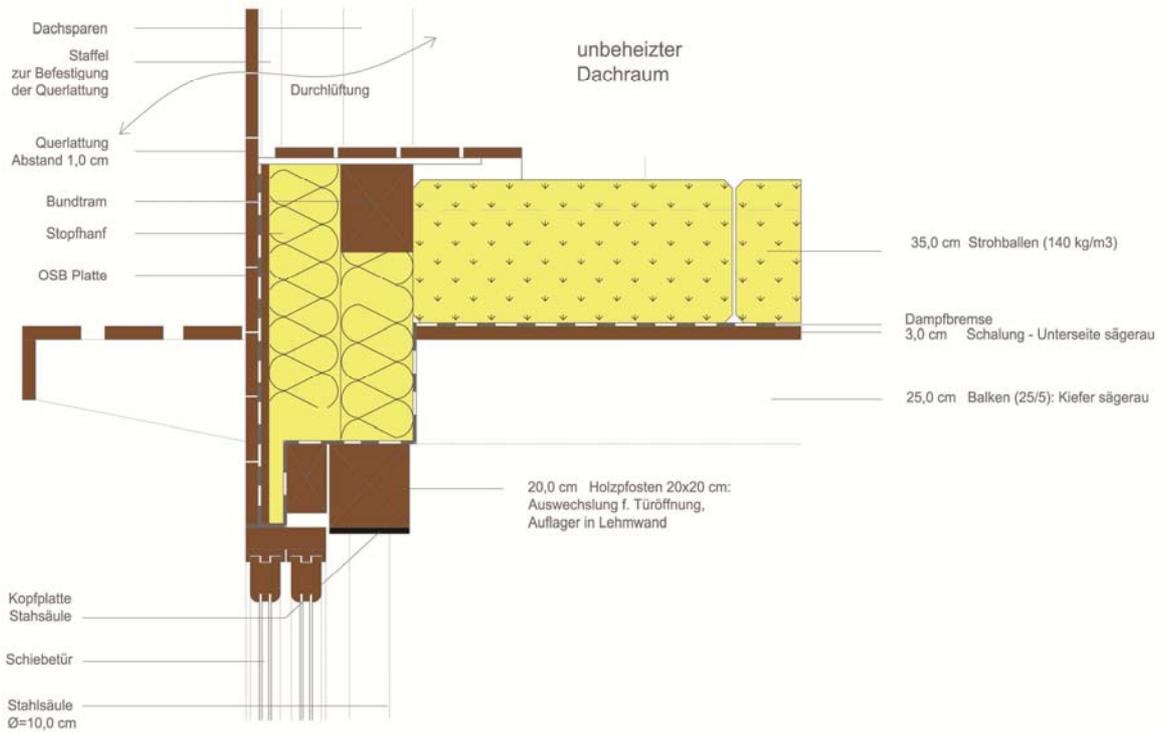


Abbildung 43: D 5.1 : Verschneidung OGD – AW – Tür, Mitterretzbach nach [Breuss, 2011b]

Die Dampfbremse wurde dabei entlang der Dachhaut hochgezogen, um einen möglichen Feuchteintritt zu verhindern (siehe Abbildung 44) [Breuss, 2011d].



Abbildung 44: Hochgezogene Dampfbremse entlang der Dachhaut in Mitterretzbach (aus [Breuss, 2011d])

Die Außenmauern erhielten eine neue Lehmputzschicht, jedoch keine zusätzliche Dämmung (siehe Abbildung 45). Hier muss beachtet werden, dass zur Erhaltung bestehender Altbausubstanzen im Bereich der Außenmauern nur eine Außendämmung Schutz vor beispielsweise Frostschäden bieten kann. [Prokupek, 2011]

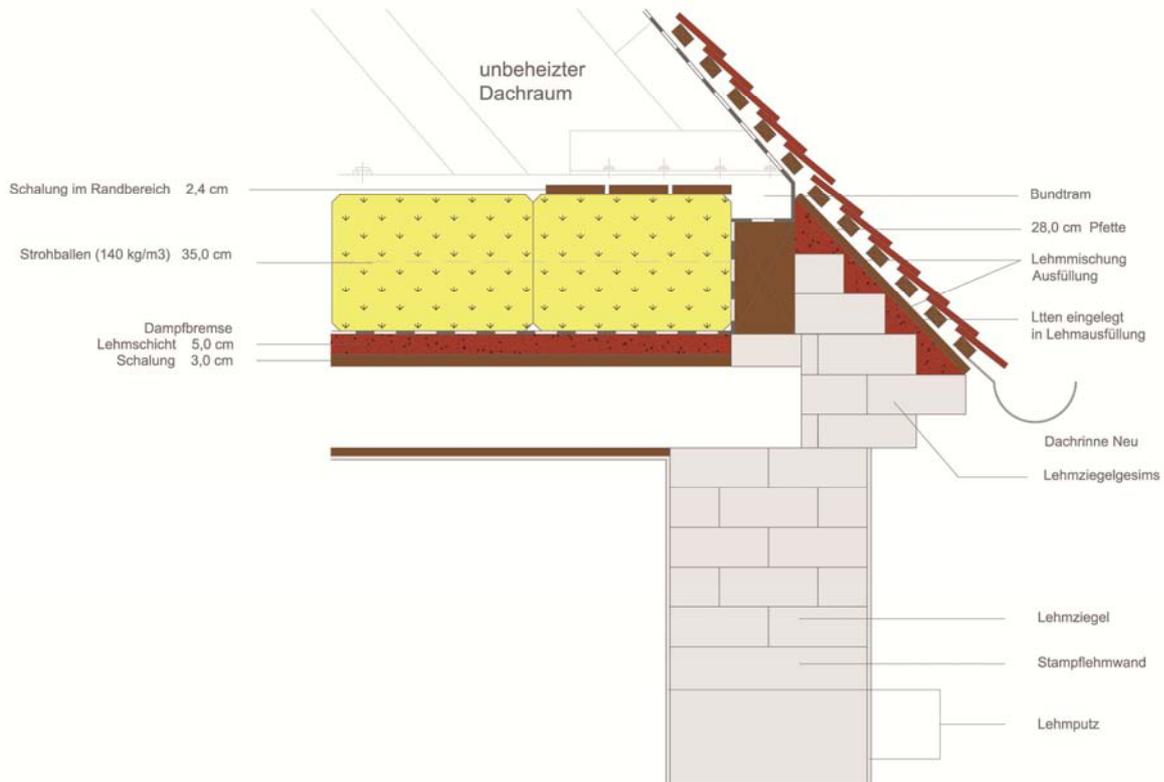


Abbildung 45: D 5.2 : Verschneidung OGD – Dach - AW, Mitterretzbach nach [Breuss, 2011b]

Im Anschlussbereich der Dachhaut zur Außenwand wurde besonders darauf geachtet, einen winddichten Aufbau zu erhalten. Aus diesem Grund wurde der Bereich zwischen Lehmziegelgesims und Dachhaut mit einer Lehmschüttung aufgefüllt (siehe Abbildung 46 und Abbildung 47).

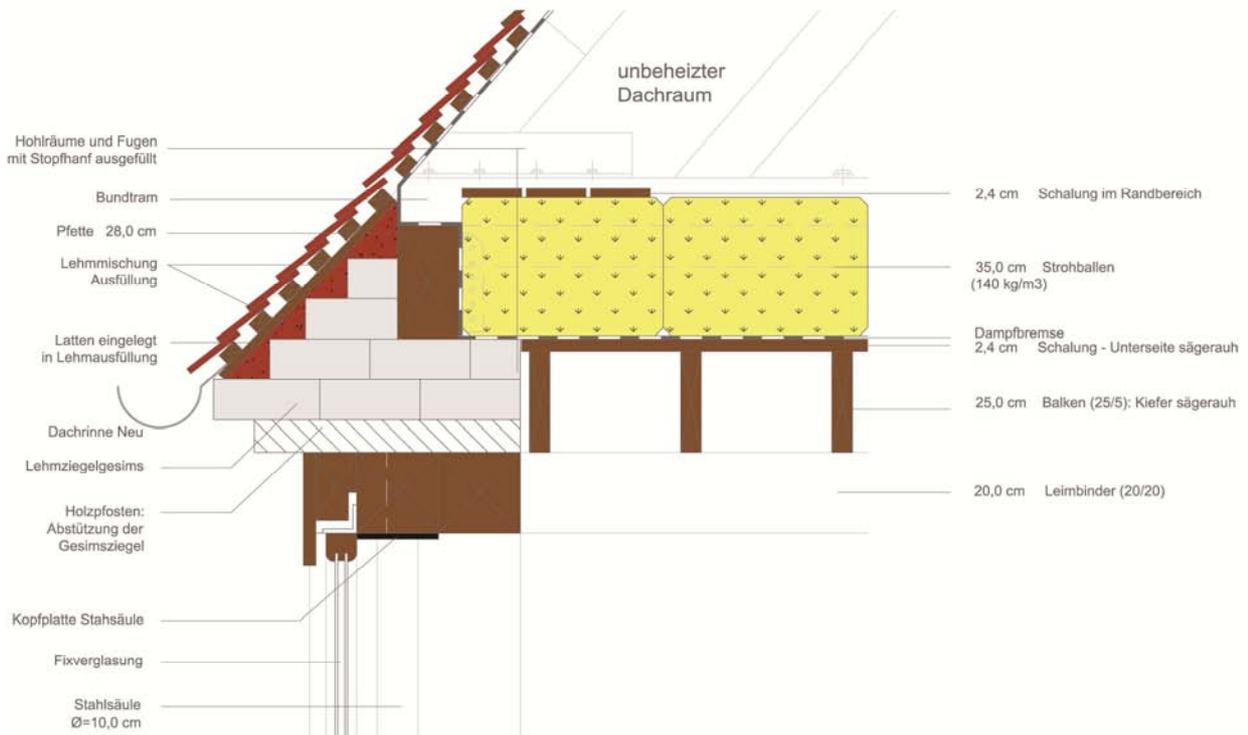


Abbildung 46: D 5.3: Verschneidung OGD – Dach - AW, Mitterretzbach nach [Breuss, 2011b]

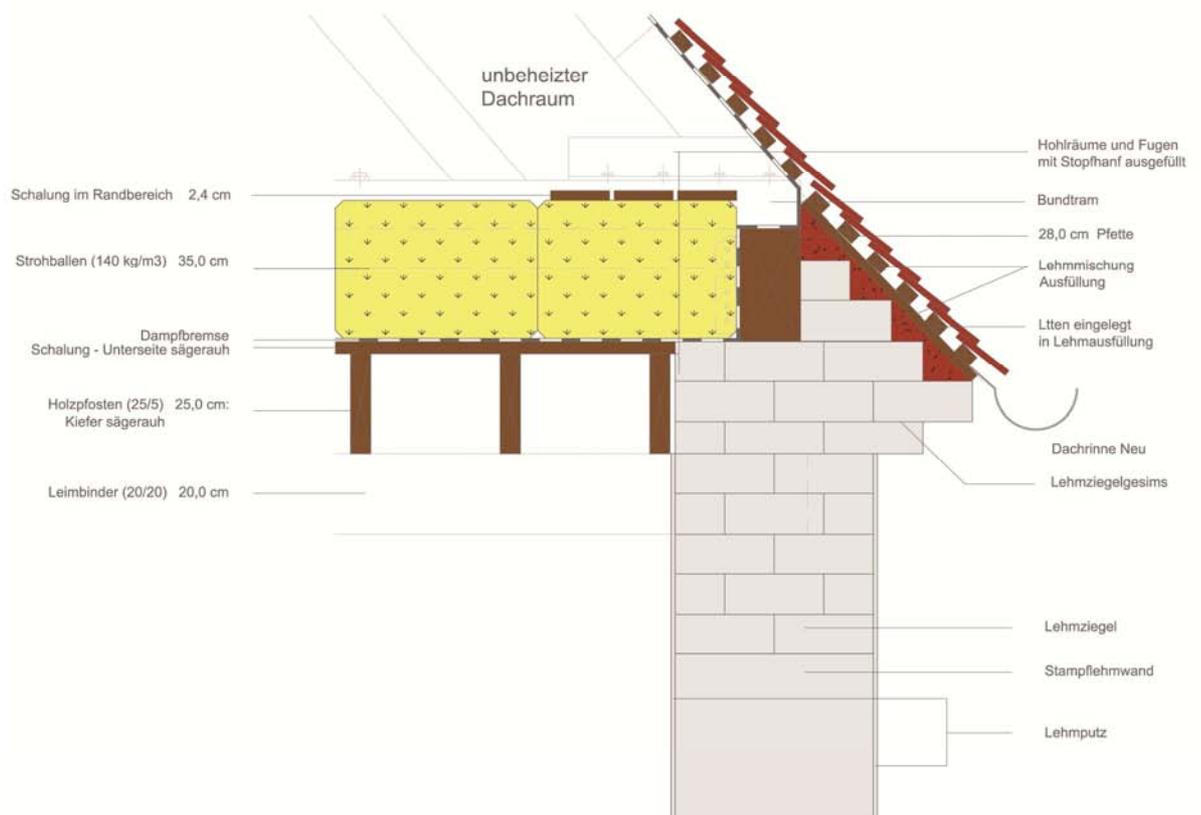


Abbildung 47: D 5:4: Verschneidung OGD – Dach - AW, Mitterretzbach nach [Breuss, 2011b]

Wie im Fall von Scheune Ravelsbach war auch in Mitterretzbach der ökologische Aufbau das wichtigste Entscheidungskriterium. Da es sich hier jedoch um eine Tramdecke als Untergrund handelt, bieten die Strohballen eine gute Möglichkeit des einfachen Aufbaus ohne zusätzliche Holzkonstruktion- oder Abdeckung. Die Strohballen bieten grundsätzlich einen begehbaren Untergrund, ohne zusätzliche Abdeckung durch beispielsweise eine Rauhschalung ist jedoch eine Nutzung des Dachraums als zusätzliche Lagerfläche nicht möglich. In diesem Fall wäre also auch der Einsatz von Hanf- oder Flachsdämmplatten möglich gewesen. Stroh bietet jedoch die kostengünstigste Variante.

4.6 Haus Wehlen

Entwurf & Planung:	Hirt Architekten, Basel dipl Arch. ETH SIA Hans Peter Hirt & dipl. Arch. FH Daniel Hirt
Baujahr:	1904
Adresse:	D – 01829 Wehlen, Sachsen
Sanierungszeitraum:	2002 bis 2003
Nutzungsform:	Mehrfamilienhaus



Abbildung 48: Vorderansicht Haus Wehlen aus Zusendung (aus [Hirt Architekten, 2011])

Bei diesem Projekt handelt es sich um ein Wohnhaus in der Stadt Wehlen, am Rande des Nationalparks „Sächsische Schweiz“. Es wurde wahrscheinlich im Jahr 1904 errichtet und 1924 erweitert. Aufgrund eines Hochwasserschadens im Stadtarchiv Pirna gibt es keine genauen Angaben mehr zur Geschichte des Hauses. Ursprünglich handelte es sich um ein Haupthaus, in dem drei Wohneinheiten untergebracht waren, sowie ein Nebengebäude, das als Schuppen und teilweise Waschküche genutzt wurde. Im Zuge der Umbauarbeiten wurden die vorhandenen drei in zwei Wohneinheiten umgebaut und eine weitere im Nebengebäude untergebracht. Ein Wintergarten in Holzskelettbauweise wurde zugebaut.

An den Außenwänden wurde der Putz, wo nötig, nachgebessert und neu gestrichen. Im Fundament wurde keine weitere Dämmung eingebracht. Da der Dachstuhl von Holzbock und Pilzschwamm befallen war, wurden diese in einem ersten Schritt beseitigt und die Dachkonstruktion nach den statischen Anforderungen instand gesetzt. Die Dachdeckung erfolgte neu als Biberschwanz-Doppeldeckung. Ursprünglich handelte es sich bei der Decke gegen unbeheizten Dachraum um eine Holzbalkendecke, die im Zuge der Sanierungen mit begehbaren Holzdämmplatten auf OSB-Platten geklebt gedämmt wurde. An der Unterseite wurden eine Deckenschalung sowie eine Schilfrohrmatte am Putzträger angebracht. Mit einem U-Wert von $0,30 \text{ Watt/m}^2\text{K}$ können die Anforderungen laut OIB-Richtlinie nicht erreicht werden. Hier wäre eine stärkere Holzdämmplatte oder das Einblasen von Zellulose bzw. Flachs in den Balkenzwischenraum zu empfehlen gewesen, da dadurch ein besserer Dämmwert erreicht wird (siehe Abbildung 49 und Tabelle 20). [Hirt Architekten, 2011]

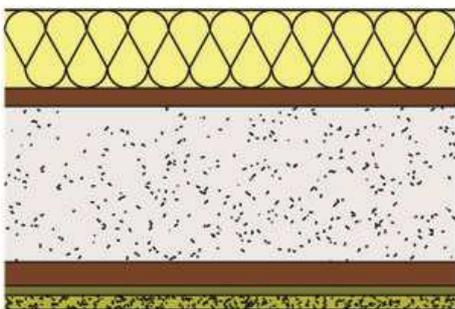


Abbildung 49: Regelschnitt OGD Wehlen nach [Hirt Architekten, 2011]

Tabelle 20: Regelaufbau und U-Wert-Berechnung OGD Wehlen nach [Hirt Architekten, 2011]

Konstruktionsaufbau und Berechnung							
Baustoffschichten		d	μ	λ	Anteil	ρ	$\rho \cdot d$
von außen nach innen		Dicke	WD-Diff.	Leitfähigk.		Dichte	Flächengew.
Nr	Bezeichnung	[m]	[-]	[W/mK]	[%]	[kg/m ³]	[kg/m ²]
1	Holzämmplatte	0,080	2	0,039		50	4,0
2	OSB Platte	0,018	200	0,130		600	10,8
3	Balken (16/14) dazw.	0,160	50	0,120	16,7	500	13,3
	Schlacke		5	0,350	83,3	750	100,0
5	Deckenschalung	0,024	50	0,120		500	12,0
6	Schilfrohrmatte	0,010	2	0,055		155	1,6
7	Lehmputz	0,015	10	0,810		1.700	25,5
Bauteildicke [m]		0,307					
Flächenbezogene Masse des Bauteils [kg/m ²]						167,2	
Zusammengesetzter Bauteil					(Berechnung nach EN ISO 6946)		
Balken (16/14):		Achsabstand [m]:	0,840	Breite [m]:	0,140	$R_{si} + R_{se} = 0,200$	
Oberer Grenzwert: $R_{To} = 3,3665$				Unterer Grenzwert: $R_{Tu} = 3,3035$		$R_T = 3,3350$ [m ² K/W]	
Wärmedurchgangskoeffizient				$U = 1 / R_T$		0,30 [W/m²K]	
Wasserdampfdiffusion nach ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01							
<u>Randbedingungen:</u> Innentemp.: gemäß ÖNORM				Außentemp.: gemäß ÖNORM			
Luftfeuchtigkeit: Außen: gemäß ÖNORM				Innen: gemäß ÖNORM			
Seehöhe: 171 m				Region : N - Nord - außerhalb von Föhngebieten			
Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,90°C				Taupunkttemperatur: 15,15°C			
Es wird in keinem Monat Oberflächenkondensat erwartet							
Es gibt keine Kondensation im Inneren des Bauteils.							
Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,90°C				Temperatur(80%): 18,52°C			
Es wird in keinem Monat Schimmel an der Oberfläche erwartet							

In diesem Projekt wurden vor allem die Anschlussdetails von Außenwand zu OGD und Dachhaut näher betrachtet (siehe Abbildung 50, Abbildung 51 und Abbildung 52).

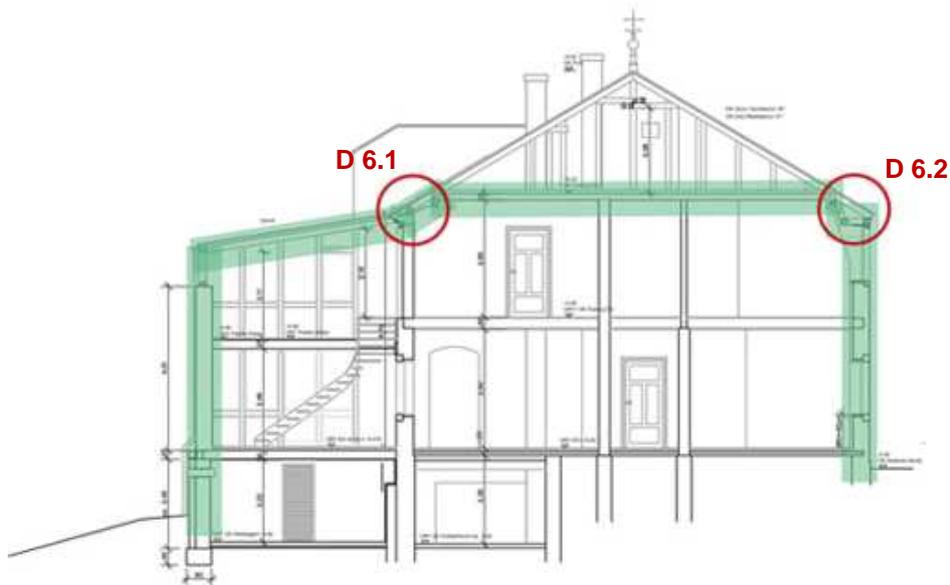


Abbildung 50: Schnitt mit Darstellung der Dämmebene, Haus Wehlen nach [Hirt Architekten, 2011]

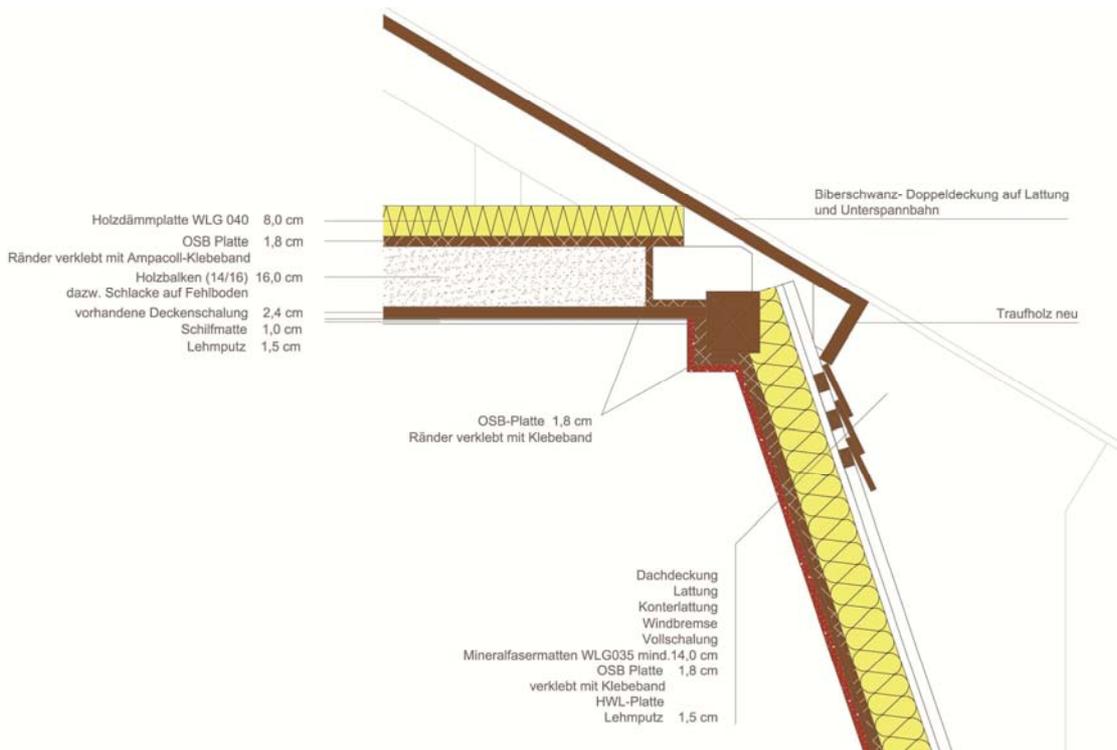


Abbildung 51: D 6.1: Verschneidung OGD - Dach - AW, Wehlen nach [Hirt Architekten, 2011]

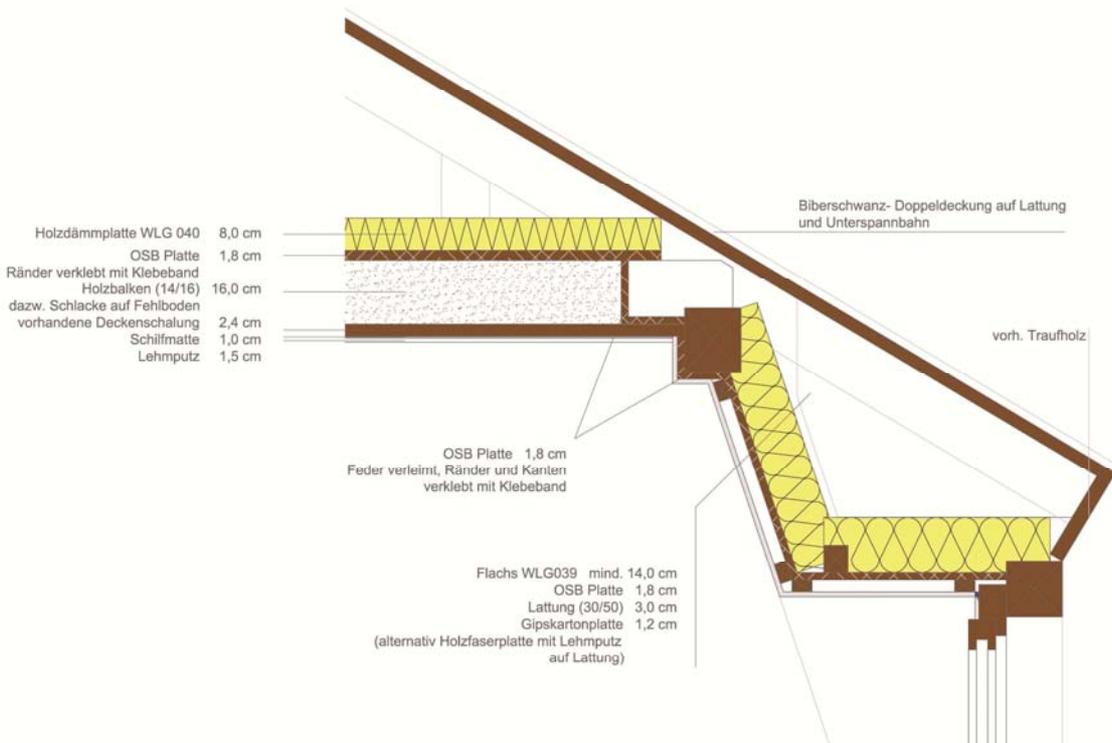


Abbildung 52: D 6.2: Verschneidung OGD - Dach - AW, Wehlen nach [Hirt Architekten, 2011]

Bei dem Projekt Wehlen war eine Begehbarkeit des Dachraumes nicht erforderlich. Eine ebene Fläche war jedoch schon vor der Sanierung vorhanden. Die Holzfaserdämmplatten bieten in diesem Fall die ideale Möglichkeit einer ökologischen Alternative zu einer EPS-Dämmung. Es ist einfach zu verlegen und benötigt keine zusätzliche Konstruktion zur Befestigung der Dämmplatten.

4.7 EFH Murat Erol – Ziegelofengasse

Entwurf & Planung: DI Murat Erol

Baujahr: 1906

Bauherr: DI Murat Erol

Adresse: Ziegelofengasse 3

A – 3034 Maria-Anzbach, Niederösterreich

Planungszeitraum: 2009 bis 2010

Sanierungszeitraum: seit 2010

Nutzungsform: Einfamilienhaus



Abbildung 53: Vorder- und Seitenansicht des teilweise sanierten Einfamilienhauses Murat

Das Gebäude wurde im Jahr 1906 erbaut und diente vier Arbeitern als Unterkunft, die in der hauseigenen Ziegelei beschäftigt waren. Im Jahr 2009 wurde es von Murat Erol, einem Experten aus dem Bereich Holzbau, erworben. Im ursprünglichen Zustand waren die Arbeiterwohnungen nur von außen zugänglich. Durch einen offenen Holzzubau, der als Stiegenhaus dient, wurden diese miteinander verbunden und können nun als eine geschlossene Wohneinheit genutzt werden, die sich aufgrund der eingesetzten natürlichen Materialien ideal in die Umgebung eingliedert. [Erol, 2011a]



Abbildung 54: Wohnraum von Murat Erol mit Blick in den angrenzenden Wald

Die Erhaltung der Mauern, die aus Ziegeln der ehemaligen Ziegelherstellung gebaut worden waren, sowie der Einsatz von natürlichen Baustoffen war Murat Erol ein großes Anliegen. Im Zuge der Sanierung wurde das Dach erneuert und teilweise angehoben, um die gesamte Dachkonstruktion auf ein gemeinsames Niveau zu bringen und eine offene Sichtverbindung in Richtung Süden zu erhalten. Der Nordteil des Daches wurde nicht ausgebaut und dient somit als Dachraum und Abstellbereich. An dieser Stelle sowie am Übergang des ausgebauten Dachraumes zu einem kleinen Kaltbereich im Dachgiebel wurde eine OGD ausgeführt (siehe Abbildung 57). [Erol, 2011a]

Ursprünglich war die Überlegung, eine 20 cm Dämmung aus Schafwolle einzubringen. Aufgrund der nötigen Mottenschutzmittel beim Einsatz von Schafwolle wäre eine Kompostierung dieser nach ihrem Einsatz nicht möglich gewesen, darum fiel die Entscheidung stattdessen auf eine 28 cm Hanfdämmung. Die gesamte Planung wurde in Eigeninitiative erstellt und auch während des gesamten Umbaus durch aktive Mitarbeit von Murat Erol begleitet. [Erol, 2011a]

An der Oberseite der Dachzangen wurden 8 cm Staffel angebracht und der Zwischenraum ebenfalls mit Hanf aufgefüllt. Aufgrund des Risikos von eindringenden Siebenschläfern wurden diese mit einer Holzschalung abgedeckt. An der Unterseite der Dachzangen wurde eine Dampfsperre eingebracht und mit einer Holzsparschalung befestigt. Als Abschluss und Putzuntergrund wurde aus Kostengründen eine Gipskartonplatte angebracht (siehe Abbildung 55). Durch diesen Aufbau wird ein U-Wert von 0,16 Watt/m²K erreicht (siehe Tabelle 21).

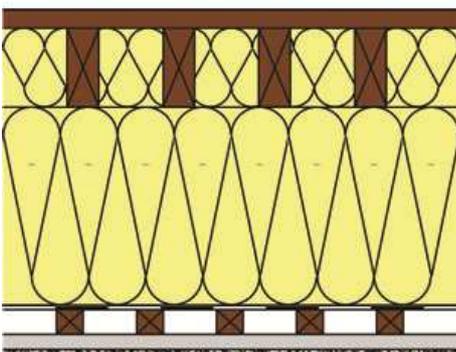


Abbildung 55: Regelschnitt OGD 1 Murat Erol nach [Erol, 2011a]

Tabelle 21: Regelaufbau und U-Wert-Berechnung OGD 1 Murat Erol nach [Erol, 2011a]

Konstruktionsaufbau und Berechnung								
	Baustoffschichten	d	μ	λ	Anteil	ρ	$\rho \cdot d$	
	von außen nach innen	Dicke	WD-Diff.	Leitfähigk.		Dichte	Flächengew.	
Nr	Bezeichnung	[m]	[-]	[W/mK]	[%]	[kg/m ³]	[kg/m ²]	
1	OSB Platte	0,018	200	0,130		600	10,8	
2	Staffel (8/5) dazw.	0,080	50	0,120	6,3	500	2,5	
	Stopfhanf		2	0,047	93,8	50	3,8	
4	Zange (20/3) dazw.	0,200	50	0,120	3,8	500	3,8	
	Stopfhanf		2	0,047	96,3	50	9,6	
6	Dampfbremse	0,002	10.000	0,130		1	0,0	
7	Holzsparschalung (2,5/10) dazw.	0,025	50	0,120	33,3	500	4,2	
	Luftraum		1	0,167	66,7	1	0,0	
9	Gipskartonplatte	0,015	10	0,210		850	12,8	
10	Kalkputz	0,005	10	0,800		1.400	7,0	
Bauteildicke [m]		0,345						
Flächenbezogene Masse des Bauteils [kg/m²]						54,4		
Zusammengesetzter Bauteil (Berechnung nach EN ISO 6946)								
Holzsparschalung		Achsabstand [m]: 0,300	Breite [m]: 0,100	$R_{si} + R_{so} = 0,200$				
Zange (20/3):		Achsabstand [m]: 0,800	Breite [m]: 0,030					
Staffel (8/5):		Achsabstand [m]: 0,800	Breite [m]: 0,050					
Oberer Grenzwert: $R_{To} = 6,3235$					Unterer Grenzwert: $R_{Tu} = 6,1693$		$R_T = 6,2464$ [m ² K/W]	
Wärmedurchgangskoeffizient					$U = 1 / R_T$			
					0,16 [W/m²K]			
Wasserdampfdiffusion nach ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01								
<u>Randbedingungen:</u> Innentemp.: gemäß ÖNORM				Außentemp.: gemäß ÖNORM				
Luftfeuchtigkeit: Außen: gemäß ÖNORM				Innen: gemäß ÖNORM				
Seehöhe: 171 m				Region : N - Nord - außerhalb von Föhngebieten				
Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,95°C				Taupunkttemperatur: 15,15°C				
Es wird in keinem Monat Oberflächenkondensat erwartet								
Gesamtkondensat(Jahr): 4,3 g/m ² - Gesamtaustrocknung(Jahr): 448,8 g/m ²								
Das gesamte anfallende Kondensat kann austrocknen.								
Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,95°C				Temperatur(80%): 18,52°C				
Es wird in keinem Monat Schimmel an der Oberfläche erwartet								

Im Nordteil wurde der Dachraum nicht ausgebaut. Hier wurden die Zwischenräume der Holzbalkendecke mit Stopfhanf aufgefüllt und mit einer Holzschalung abgedeckt. An der Unterseite wurde ebenfalls eine Dampfsperre mit einer Sparschalung befestigt und Gipskartonplatten als Putzuntergrund angebracht (siehe Abbildung 56). Aufgrund der fehlenden zweiten Dämmschicht über den Holzbalken können hier Wärmebrücken nicht vollkommen ausgeschlossen werden. Es kann nur ein U-Wert von 0,19 Watt/m²K erreicht werden (siehe Tabelle 22). In beiden Fällen ist ein diffusionsoffener Aufbau sichergestellt, es wird darum so gut wie keine Kondensatbildung erwartet.

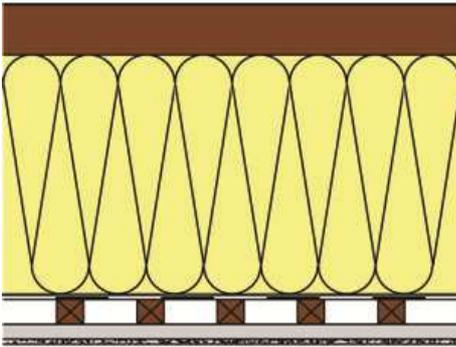


Abbildung 56: Regelschnitt OGD 2 Murat Erol nach [Erol, 2011a]

Tabelle 22: Regelaufbau und U-Wert-Berechnung OGD 2 Murat Erol nach [Erol, 2011a]

Konstruktionsaufbau und Berechnung							
Baustoffschichten		d	μ	λ	Anteil	ρ	$\rho \cdot d$
von außen nach innen		Dicke	WD-Diff.	Leitfähigk.		Dichte	Flächengew.
Nr	Bezeichnung	[m]	[-]	[W/mK]	[%]	[kg/m³]	[kg/m²]
1	Vollschalung 2x2,5 (F30)	0,050	50	0,120		500	25,0
2	Balken (24/10) dazw.	0,240	50	0,120	12,5	500	15,0
	Stopfhanf		2	0,047	87,5	50	10,5
4	Dampfbremse	0,002	10.000	0,130		1	0,0
5	Holzsparschalung (2,5/10) dazw.	0,025	50	0,120	33,3	500	4,2
	Luftraum		1	0,167	66,7	1	0,0
7	Gipskartonplatte	0,015	10	0,210		850	12,8
8	Kalkputz	0,005	10	0,800		1.400	7,0
Bauteildicke [m]		0,337					
Flächenbezogene Masse des Bauteils [kg/m²]						74,4	
Zusammengesetzter Bauteil (Berechnung nach EN ISO 6946)							
Holzsparschalung		Achsabstand [m]: 0,300	Breite [m]: 0,100	$R_{si} + R_{se} = 0,200$			
Balken (24/10):		Achsabstand [m]: 0,800	Breite [m]: 0,100				
Oberer Grenzwert: $R_{To} = 5,2738$		Unterer Grenzwert: $R_{Tu} = 5,1511$		$R_T = 5,2125$ [m²K/W]			
Wärmedurchgangskoeffizient		$U = 1 / R_T$				0,19 [W/m²K]	
Wasserdampfdiffusion nach ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01							
<u>Randbedingungen:</u> Innentemp.: gemäß ÖNORM				Außentemp.: gemäß ÖNORM			
Luftfeuchtigkeit: Außen: gemäß ÖNORM				Innen: gemäß ÖNORM			
Seehöhe: 171 m				Region : N - Nord - außerhalb von Föhngebieten			
Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,94°C				Taupunkttemperatur: 15,15°C			
Es wird in keinem Monat Oberflächenkondensat erwartet							
Es gibt keine Kondensation im Inneren des Bauteils.							
Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,94°C				Temperatur(80%): 18,52°C			
Es wird in keinem Monat Schimmel an der Oberfläche erwartet							

Bei dieser Ausführung waren vor allem die Anschlussdetails der OGD zur Dachhaut im Bereich der Dachfenster (siehe Abbildung 58) sowie die Verschneidung der Außenwand zur OGD (siehe Abbildung 59) eine besondere Herausforderung.

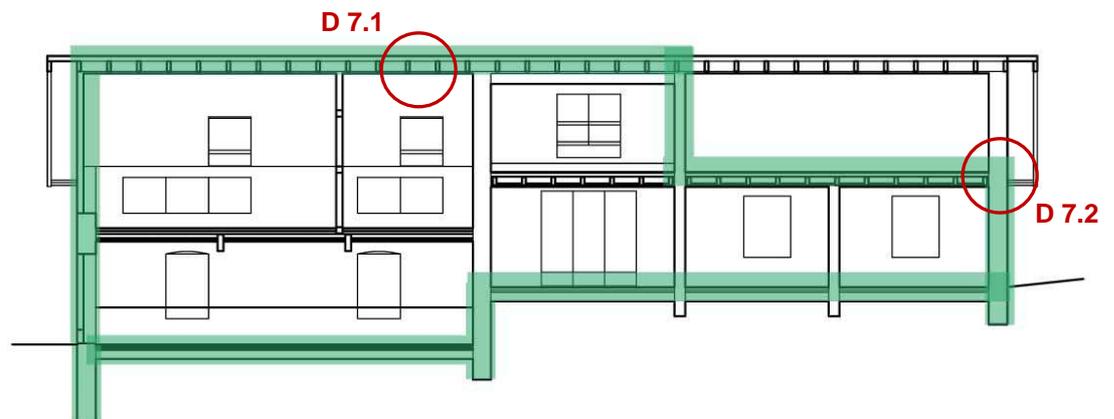


Abbildung 57: Längsschnitt mit Darstellung der Dämmebene EFH Erol nach [Erol, 2011b]

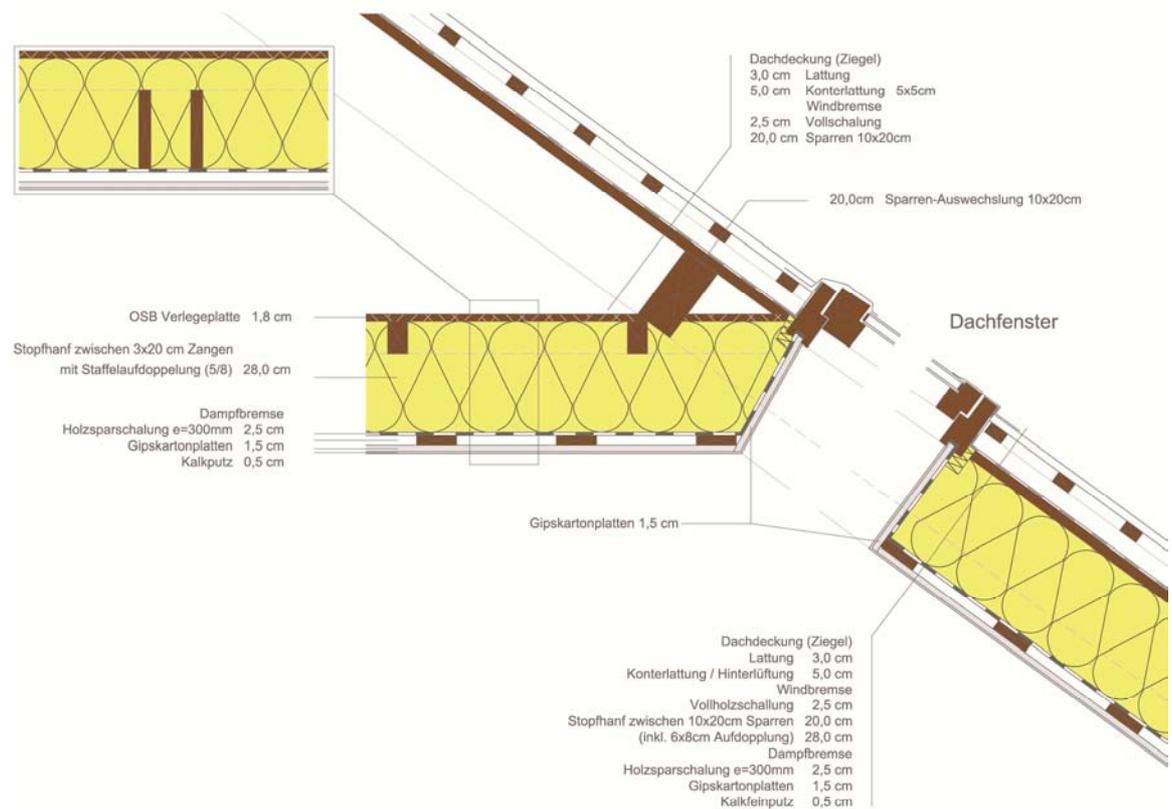


Abbildung 58: D 7.1. Verschneidung OGD – Dach, Südtrakt nach [Erol, 2011b]

Im Gebäude von Murat Erol waren ein vollständig möglicher Rückbau sowie ein ökologisch unbedenklicher Aufbau die wichtigsten Komponenten. Dabei sollte das Produkt jedoch sehr flexibel sein, da es sowohl in Dachschrägen als auch in der OGD eingesetzt wurde, wo häufig kleine Zwischenräume vorhanden waren, die ebenfalls sorgfältig gedämmt werden mussten. Hanfstopfwolle bietet hier bei sorgfältiger Verarbeitung eine ideale Möglichkeit eines wärmebrückenfreien Aufbaus. Durch die notwendige Auflockerung der Hanffasern sowie die händische

Verarbeitung bringt diese Variante jedoch einen enorm hohen Arbeitsaufwand sowie eine starke Staubbelastung bei der Einbringung mit sich. Mittlerweile wurden die Mittel zum Schädlingschutz in Schafwolle durch neue gesundheitlich unbedenkliche Zusätze ersetzt. Zum heutigen Zeitpunkt wäre der Einsatz von Schafwolle darum eine sehr gute Alternative zur Hanfdämmung.

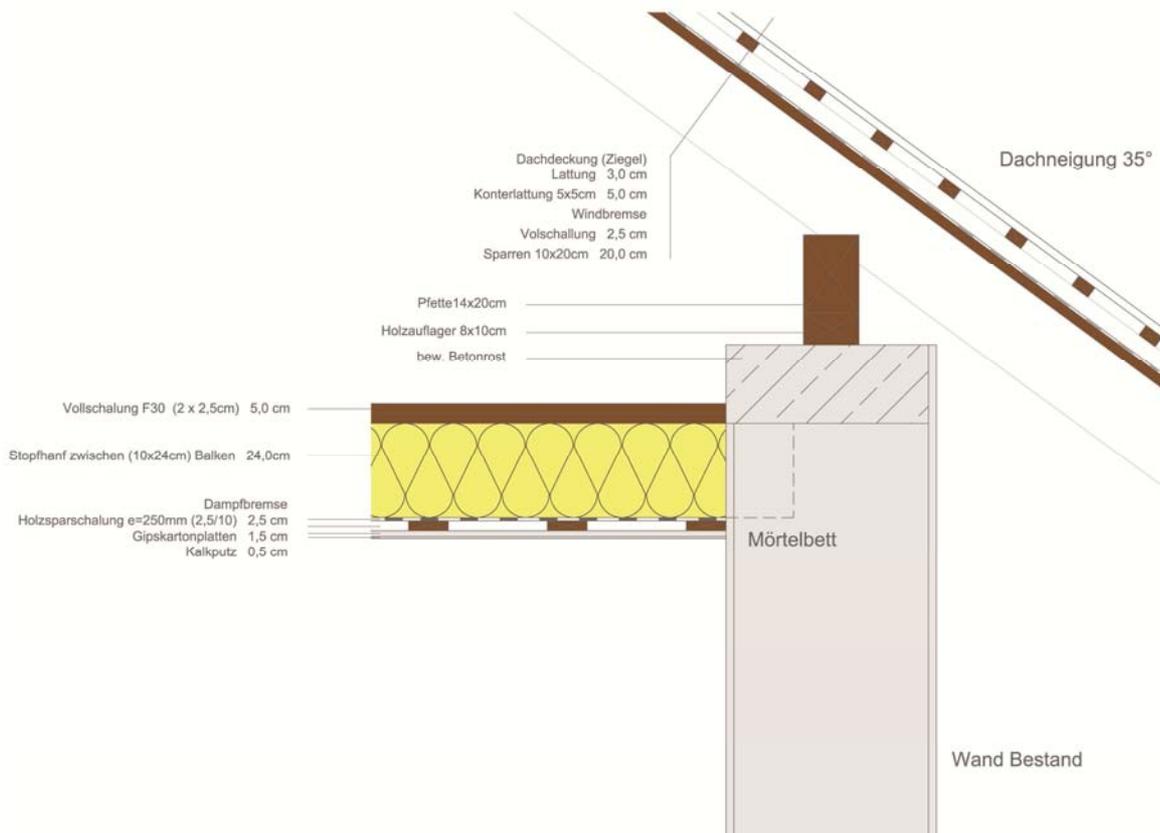


Abbildung 59: D 7.2: Verschneidung OGD - Außenwand – Dachhaut, Nordtrakt nach [Erol, 2011b]

Für weitere Bauprojekte ist auf den Passivhaus-Sanierungsbauteilkatalog des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie zu verweisen (Zelger, & Waltjen, 2009), der zahlreiche Projekte der „Haus der Zukunft“-Reihe vorstellt und interessante Regelquerschnitte, Anschlussdetails und bauphysikalische Berechnungen dazu enthält. Die Erweiterung des Kataloges ist derzeit (Stand: April 2012) in Ausarbeitung.

5 Ausführungshinweise zur Umsetzung der Dämmung einer obersten Geschoßdecke

Unabhängig von Wahl des jeweiligen Dämmstoffs sind bei der Planung und Umsetzung der Dämmung einer OGD bestimmte Aspekte immer einzuhalten. Die folgenden Kriterien sind darum zu beachten.

5.1 Allgemeine Grundlagen zur Dämmung der OGD

In einem ersten Schritt ist eine genaue Bestandsaufnahme der vorhandenen Bausubstanz essentiell. Hier müssen vor allem die statischen Bedingungen und damit verbunden die Belastbarkeit der vorhandenen Deckenkonstruktion von einem Bauphysiker abgeklärt werden. Dies hat einerseits Einfluss auf die Tragfähigkeit der Konstruktion zur späteren Nutzung des Dachraums, andererseits muss auch während der Einbauarbeiten eine ausreichende Stabilität vorhanden sein. In diesem Fall sollten keinesfalls die vorgestellten Beispiele als Richtwert für Materialstärke und Tragfähigkeit herangezogen werden, diese müssen individuell für jedes Sanierungsprojekt laut Bauphysik und Baugesetz festgelegt werden. Des Weiteren ist darauf zu achten, ob sich Strom-, Wasser- oder Belüftungsleitungen im Deckenaufbau befinden und beim Einbau der Dämmschicht beachtet werden müssen. [Ruhdorfer, 2011]

Handelt es sich bei dem Sanierungsobjekt um ein denkmalgeschütztes Gebäude, sind auch eine vorhandene Schüttung aufgrund von historischen Relikten sowie eine vorhandene Deckenstuckatur auf ihre Erhaltungswürdigkeit zu prüfen. Grundsätzlich ist im Bereich des Denkmalschutzes eine frühestmögliche Kooperation mit dem Denkmalamt zu empfehlen, da es aufgrund von fehlenden Abstimmungen und der Nicht-Einhaltung von Denkmalschutzbestimmungen zu Folgeproblemen, bis hin zum Baustopp kommen kann. [Ruhdorfer, 2011]

Durch die Ausführung der Dämmung darf es weder zu einer Gefährdung der Deckenkonstruktion noch zu einer Zerstörung wertvoller Deckenuntersichten kommen.

Laut Richtlinie des Bundesdenkmalamtes zur „Energieeffizienz am Baudenkmal“ sind folgende Voraussetzungen zu erfüllen, um eine Dämmung der OGD an einem denkmalgeschützten Gebäude durchführen zu dürfen:

- Seitens des Bundesdenkmalamtes ist zu klären, ob die bestehende Decke zusätzlich beansprucht oder verändert werden darf.
- Als Entscheidungsgrundlage sind im Einzelfall statische, materialtechnische oder bauarchäologische Voruntersuchungen erforderlich.
- Ziel muss es sein, den bestehenden Deckenaufbau zu erhalten und die Dämmung darüber auszuführen. Deckenschüttungen sind archäologische Verdachtsbereiche (Fundstücke) und sollten möglichst erhalten werden. Ein Entfernen kann zudem zu Lastverschiebungen führen und Rissbildung zur Folge haben.
- Diffusionsoffene sind diffusionsdichten Dämmungen vorzuziehen. Die Anwendung von Vernetzungsmitteln (etwa bei geneigten Flächen) ist auszuschließen.
- Zur Kontrolle und Wartung sind die Begehbarkeit und Reversibilität zu gewährleisten.
- Die langfristige Schadensfreiheit ist nachzuweisen (siehe VI. Nachweisverfahren).
- Der Anschlussbereich der Decke an die Außenwand und die Ausbildung der Dachtraufe (notwendige Belüftung) bedürfen einer detaillierten Planung. Eine Durchtrennung historischer Deckenkonstruktionen (Balkenköpfe) ist auszuschließen.

Bei der Planung jeder Sanierung der OGD ist vor allem die spätere Nutzung des Dachraumes mit einzubeziehen. Es muss bereits im Vorfeld abgeklärt werden, ob dieser vollständig, teilweise oder gar nicht begehbar sein soll bzw. ob dieser als Lagerraum genutzt werden soll, da dies Einfluss auf die Wahl des Dämmstoffs sowie den oberen Abschluss der Dämmung hat. [Heigl & Haftner, 2006]

Wird keine Begehbarkeit oder Lasttragkraft gefordert, ist die einfachste und kostengünstigste Variante die Einbringung von 20-30 cm Dämmmatten mit einer Folie zur Abdeckung. Ist der Dachboden trocken, kann auch auf die Folie verzichtet werden. Andernfalls muss bei der Wahl des Dämmstoffes dessen Tragfähigkeit berücksichtigt werden. Dies kann durch den Einsatz von lasttragenden Dämmstoffplatten, wie es sie beispielsweise im Bereich von Holzfaserdämmplatten (z.B. STEICOtop Dämmplatten) gibt, oder auch durch die Abdeckung mit Holzplatten erreicht werden. Häufig kommen hier OSB-Platten zum Einsatz, da sie eine kostengünstige Alternative darstellen. [Ruhdorfer, 2011]

Weitere Kriterien, die bei der Dämmung der OGD zu berücksichtigen sind, sind Brandschutzbestimmungen, sommerlicher Hitzeschutz, Vermeidung von Wärmebrücken, luftdichte Ausführung, die Entscheidung bezüglich der Notwendigkeit einer Dampfbremse sowie die Ausführung in kritischen Bereichen der Decke gegen unbeheizten Dachraum, die häufig zu Schwachpunkten in der Dämmebene führen können.

5.2 Kritische Bereiche bei der Ausführung einer Dämmung der OGD

Die Pfette kann häufig zu einer Wärmebrücke in der Dämmschicht führen. Es empfiehlt sich darum, diese mit Dämmstoff zu umhüllen bzw. bei schlechter Zugangsmöglichkeit den außenliegenden Hohlraum mit einem rieselfähigen Dämmstoff auszufüllen. [Energie Tirol, 2009]

Ebenso stellen die Durchführungen von Installationen für Wasserversorgung, Elektroleitungen, Lüftungsanlagen sowie Kamindurchführungen im Bereich der OGD häufig Schwachstellen dar. Diese sind noch vor der Einbringung der Dämmschicht abzudichten, um eine Kondensatbildung im Dämmstoff zu vermeiden. Bei kalten Leitungen sind hier feuchtebeständige Dämmstoffe einzusetzen. Um Kamindurchführungen herum ist besondere Rücksicht auf die Brandsicherheit des Materials zu nehmen. [Energie Tirol, 2009]

Der Anschluss OGD an Giebelwände kann bei nicht sorgfältiger Durchführung zu Schimmelbildung im darunterliegenden Raum führen. Es empfiehlt sich darum, entlang der Giebelwand eine Dämmplatte mit einer Mindeststärke von 5 cm hochkant zu verlegen. [Energie Tirol, 2009]

Dachbodenluken, die als Zugang zum Dachboden dienen, sind besonders schwierig in die Dämmschicht zu integrieren. Der Deckel der Treppe sollte aus diesem Grund mit einer Dämmstoffschicht abgedeckt sowie mit einer Rundumdichtung ausgeführt werden. Zusätzlich ist es empfehlenswert, eine lose Dämmstoffplatte über die Luke zu legen und diese beim Verlassen des Dachraumes über die Öffnung zu ziehen. [Energie Tirol, 2009]

5.3 Brandschutzbestimmung im Bereich der OGD

Hinsichtlich Brandschutzbestimmungen der OGD ist laut OIB-Richtlinie 2 zwischen den verschiedenen Gebäudeklassen¹ zu unterscheiden.

Grundsätzlich müssen die Baustoffe zum Aufbau der OGD folgende Brandschutzklassen erreichen (siehe Tabelle 23).

Tabelle 23: Allgemeine Anforderungen an das Brandverhalten (aus [OIB-330.2-069/11, 2011])

Gebäudeklassen (GK)		GK 1	GK 2	GK 3	GK 4	GK 5
5 nicht ausgebaute Dachräume: Fußbodenkonstruktionen und Beläge						
5.1 Fußbodenkonstruktionen (Bekleidungen)						
5.1.1	Klassifiziertes Gesamtsystem <i>oder</i>	-	E	D	D	B
5.1.2	Klassifizierte Einzelkomponenten					
	- Außenschicht	-	C	C	B	B
	- Dämmschicht bzw. Wärmedämmung	-	E	E	B ⁽⁹⁾	B ⁽¹⁰⁾
5.2	Bodenbeläge	-	E ₁	D ₁	C _{T-s1}	B _{T-s1}

Des Weiteren fordert die OIB-Richtlinie eine Feuerwiderstandsklasse des Bauteils „Decke über dem Obergeschoß“ von R 30 bzw. R 60 bei der Gebäudeklasse 5. Der Begriff Trenndecke bezieht sich auf eine Decke, die sich „zwischen Wohnungen bzw. Betriebseinheiten untereinander sowie zu anderen Gebäudeteilen“ [OIB-Richtlinie Begriffsbestimmungen, 2011] befindet und wurde in dieser Arbeit nicht weiter betrachtet.

¹ „Gebäude der Gebäudeklasse 1 (GK1): Freistehende, an mindestens drei Seiten auf eigenem Grund oder von Verkehrsflächen für die Brandbekämpfung von außen zugängliche Gebäude mit nicht mehr als drei oberirdischen Geschoßen und mit einem Fluchtniveau von nicht mehr als 7 m, bestehend aus einer Wohnung oder einer Betriebseinheit von jeweils nicht mehr als 400 m² Brutto-Grundfläche der oberirdischen Geschoße.“

Gebäude der Gebäudeklasse 2 (GK2): Gebäude mit nicht mehr als drei oberirdischen Geschoßen und mit einem Fluchtniveau von nicht mehr als 7 m, bestehend aus höchstens fünf Wohnungen bzw. Betriebseinheiten von insgesamt nicht mehr als 400 m² Brutto-Grundfläche der oberirdischen Geschoße; Reihenhäuser mit nicht mehr als drei oberirdischen Geschoßen und mit einem Fluchtniveau von nicht mehr als 7 m, bestehend aus Wohnungen bzw. Betriebseinheiten von jeweils nicht mehr als 400 m² Brutto-Grundfläche der oberirdischen Geschoße.

Gebäude der Gebäudeklasse 3 (GK3): Gebäude mit nicht mehr als drei oberirdischen Geschoßen und mit einem Fluchtniveau von nicht mehr als 7 m, die nicht in die Gebäudeklassen 1 oder 2 fallen.

Gebäude der Gebäudeklasse 4 (GK4): 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.

Gebäude der Gebäudeklasse 5 (GK5): Gebäude mit einem Fluchtniveau von nicht mehr als 22 m, die nicht in die Gebäudeklassen 1, 2, 3 oder 4 fallen, sowie Gebäude mit ausschließlich unterirdischen Geschoßen.“ [OIB-330-033/11, S. 5]

Tabelle 24: Allgemeine Anforderungen an den Feuerwiderstand von Bauteilen (aus [OIB-330.2-069/11, 2011])

Gebäudeklassen (GK)	GK 1	GK 2	GK 3	GK 4	GK 5
4 Decken und Dachschrägen mit einer Neigung $\leq 60^\circ$					
4.1 Decken über dem obersten Geschoß	-	R 30	R 30	R 30	R 60 ⁽¹⁾
4.2 Trenndecken über dem obersten Geschoß	-	REI 30	REI 30	REI 60	REI 60 ⁽¹⁾
4.3 Trenndecken über sonstigen oberirdischen Geschoßen	-	REI 30	REI 60	REI 60	REI 90 und A2
4.4 Decken innerhalb von Wohnungen bzw. Betriebseinheiten in oberirdischen Geschoßen	R 30 ⁽²⁾	R 30	R 30	R 30	R 90 ⁽¹⁾ und A2
4.5 Decken über unterirdischen Geschoßen	R 60	REI 60 ⁽⁴⁾	REI 90 und A2	REI 90 und A2	REI 90 und A2

Besteht eine Kamindurchführung in der OGD, ist hier der „für die geprüfte Temperaturklasse und die geprüften Rußbrandbedingungen geltende Abstand“ [EN 12446, 2011] von Abgasanlagen zu brennbaren Materialien zu beachten. Dieser muss im Rahmen der CE Kennzeichnung von Abgasanlagen angegeben werden. [Thoma, 2011].

Eine Möglichkeit, um dies im Bereich der OGD mit ökologischen Dämmstoffen zu gewährleisten, ist die Fertigung einer Holzkonstruktion um den Kamin mit ausreichendem Abstand. Diese kann beispielsweise mit Glasschaumschotter (siehe Abbildung 60) oder Perliten (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) verfüllt werden.



Abbildung 60: Holzkonstruktion um Kamin mit Glasschaumschotter verfüllt



Abbildung 61: Holzkonstruktion um Kamin mit Perliten verfüllt

5.4 Luftdichte Bauweise

Eine Wärmedämmung dient dazu, den Wärmedurchgang durch die Außenhülle eines Gebäudes zu reduzieren. Dies wird durch das Grundprinzip des Einschlusses von Luft in der Dämmschicht erreicht, da Luft eine sehr geringe Wärmeleitfähigkeit aufweist. Aus diesem Grund ist die Luftdichte ein entscheidendes Kriterium für das Funktionieren der Dämmung. Kann Luft aus der Dämmschicht entweichen, kühlt diese ab und hohe Wärmeverluste, trockene Raumluft im Winter, Kondensat im Aufbau und daraus entstehende Bauschäden können die Folge sein. [die umweltberatung, 2008]

5.5 Feuchteschutz durch Einsatz von Dampfsperre/-bremse

Sowohl Dampfbremse als auch Dampfsperre dienen dazu, den Diffusionswiderstand in Bauteilen herzustellen und somit die Diffusion von Feuchtigkeit in den Dämmstoff zu verhindern. Im Gegensatz zur Dampfbremse, soll die Dampfsperre einen deutlich höheren Diffusionswiderstand bieten. Diese wird durch den sd-Wert (diffusionsäquivalente Luftschichtdicke) angegeben. Je höher dieser ist, desto dichter ist das Material. Der sd-Wert gibt die „Luftdicke“ an, die der Dampfbremse hinsichtlich der Menge an diffundierender Luft entspricht. [die umweltberatung, 2008]

$$\text{Schichtdicke in Meter} * \mu - \text{Zahl} = \text{sd} - \text{Wert in Meter}$$

Eine Dampfbremse hat somit im Vergleich zur Dampfsperre einen niedrigeren sd-Wert (0,5 m – 1500 m). Dies ist jedoch keineswegs als negativ einzustufen, da die Diffusionsoffenheit im Bereich der Baubiologie häufig ein erwünschtes Kriterium ist. Für welche Ausführung bzw. ob man sich grundsätzlich für den Einsatz einer der beiden Produkte entscheidet, hängt stark vom eingesetzten Dämmstoff sowie dem jeweiligem Aufbau ab. [Riccabona & Bednar, 2010]

Grundsätzlich ist zu sagen, obwohl man sich beim Großteil der Sanierungsfälle aus Sicherheitsgründen für eine Dampfbremse entscheidet, dass es möglich ist, den Aufbau der OGD auch ohne Dampfbremse durchzuführen. Dabei ist jedoch die Anforderung von einer steigenden Diffusionsoffenheit von der warmen zur kalten Bauteilseite einzuhalten. In meiner Arbeit habe ich ebenfalls den Vergleich der Aufbauten aus den ausgewählten Projekten mit und ohne Dampfbremse angestellt. Hier hat sich herausgestellt, dass in 50 % der Fälle auch ohne Dampfbremse keine Kondensatbildung im Bauteil zu erwarten gewesen wäre. Da es jedoch gerade im Sanierungsbereich häufig schon im bestehenden Aufbau zu Feuchteansammlung kommen kann, empfiehlt sich hier eine Dampfbremse einzusetzen.

Befindet sich ein Raum mit großer Feuchtebelastung, wie beispielsweise ein Badezimmer, darunter, wird in der OGD der Einsatz einer Dampfbremse unbedingt empfohlen. [Heigl & Haftner, 2006] Diese wird an der warmen Seite der Dämmung angebracht, damit das entstehende Kondensat nicht auf die Dämmschicht trifft. Bei der Ausführung von Dampfbremse und Dampfsperre ist jedoch unbedingt darauf zu achten, dass diese überall luftdicht verarbeitet werden müssen und auch später an keiner Stelle mehr verletzt werden dürfen. [energiesparhaus.at, 2011h]

Die luftdichte Bauweise sowie der Schutz gegen Kondensatbildung ist nicht nur eine Frage des Wohnkomforts, sondern auch laut ÖNORM B 8110-2 vorgeschrieben. Die OGD muss in einer Weise ausgeführt sein, dass „der Wärmeschutz so bemessen ist, dass die Bedingungen zur Vermeidung von Kondenswasserbildung und im Hinblick auf das Risiko von Schimmelbildung an der inneren Oberfläche erfüllt sind“ und „der Aufbau des Bauteils so bemessen ist, dass im Inneren des Bauteils keine schädliche Wasserdampfkondensation infolge Wasserdampfdiffusion auftritt“ [ÖNORM B 8110-2, 2003].

5.6 Wärmebrücken vermeiden

Wärmebrücken, oder auch Kältebrücken genannt, entstehen bei Schwachstellen der thermischen Gebäudehülle, die zu punktuellen oder linienförmigen kühleren Bereichen im Bauteil führen können und damit im ungünstigsten Fall Kondensat bewirken. Dadurch kann es zu Schimmel und Bauschäden kommen, die eine Schädigung der Tragkonstruktion verursachen können oder einen Austausch des Dämmmaterials erfordern. Es ist darum immer auf eine wärmebrückenfreie Ausführung der Dämmschicht zu achten, indem auch kleine und schwer zugängliche Zwischenräume mit einem isolierenden Material, wie beispielsweise Stopfwole oder sonstigen losen Dämmstoffen, ausgefüllt werden.



Abbildung 62: Anschluss OGD - Dach mit Perliten verfüllt

5.7 Sommerlicher Hitzeschutz

Gerade der Dachraum kann zu Überwärmung neigen. Dies führt dazu, dass es in den Räumen der OGD häufig zu Überhitzungen kommt. Wird die Dachhaut nicht gedämmt, ist die Dämmung der Decke gegen unbeheizten Dachraum nicht nur im Winter als Dämmung bei kalten Temperaturen wichtig, auch im Sommer spielt sie eine entscheidende Rolle als Hitzeschutz. Die folgende Grafik zeigt einen Temperaturvergleich bei dem Gebäude in Mitterretzbach zwischen Außentemperatur und Innentemperatur (Wohnraum unter OGD) im Jahresverlauf, der nach der Sanierung aufgenommen wurde. Die Dämmung hat eine Funktion als Pufferschicht und hat somit entscheidenden Einfluss auf das Raumklima im Gebäude.

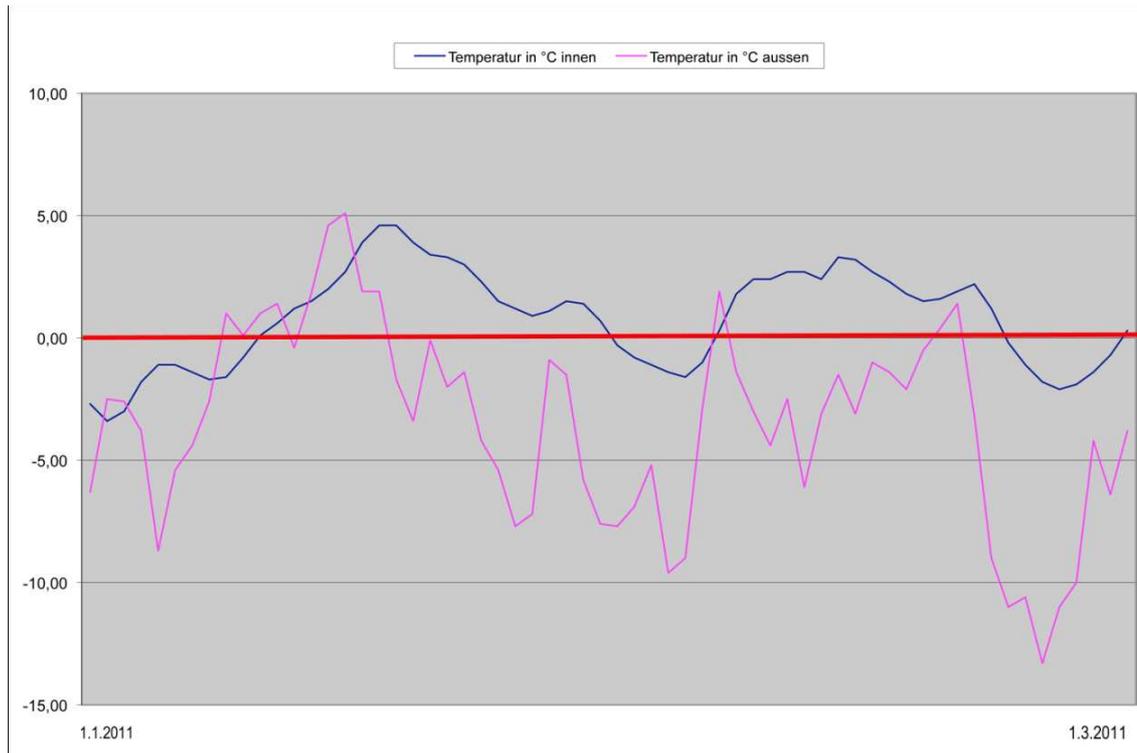


Abbildung 63: Darstellung der Dämmwirkung durch Temperaturvergleich außen - innen von Jänner bis März 2011 in Mitterretzbach (aus [Breuss, 2011a])

Dämmstoffe puffern Höchsttemperaturen bis in die kühleren Abendstunden. Die Tage, die aufgrund von hohen Innenraumtemperaturen in Dachräumen häufig als unangenehm empfunden werden, können somit nachweislich stark reduziert werden. Neben der Wärmedämmung spielt die Durchlüftung und solaren Einträge eine große Rolle.

Hinsichtlich der verschiedenen Dämmstoffe sind zusätzlich bestimmte Kriterien zu beachten, die im folgenden Abschnitt näher betrachtet werden.

5.8 Einsatz von Flachs in der OGD

Die Lieferung von Flachs erfolgt direkt vom Hersteller auf die Baustelle. Es sollte ein trockener Platz für die Lagerung bereitgestellt werden.

Der Einbau von Flachsmatten ist gleichzusetzen mit dem Einsatz von Mineral- und Steinwolle. Nach dem Zuschneiden mit einem Hand- oder Elektrofuchsschwanz werden diese einfach in die vorgefertigte Holzkonstruktion eingeklemmt oder am Boden aufgelegt. Beim Einblasen von Flachs ist der Einsatz von Staubschutzmasken unverzichtbar. Aber auch beim Verbau von Flachsmatten sind diese zu empfehlen. Im Gegensatz zur Zelluloseeinblasung gibt es im Bereich von Flachs noch keine zertifizierten Verarbeitungsfirmen, darum handelt es sich bei dieser Form der Einbringung noch um einen Entwicklungsprozess. Das Einbringen kann durch einen Fachbetrieb erfolgen. Es ist jedoch auch möglich, Flachs in Säcken zu bestellen und beispielsweise bei Holzbalkendecken zwischen den Balken einzuschütten. Die lose Dämmwolle kann zum Stopfen von Fugen und Hohlräumen genutzt werden. [Flachshaus, 2011] Um die Begehbarkeit des Dachraumes zu erreichen, empfiehlt sich ein Abschluss mit OSB-Platten oder auch Holzfaserdämmplatten.

Flachs ist laut Herstellerangaben bis 180°C temperaturlastbeständig. [Flachshaus, 2011] Er zeichnet sich vor allem durch seine hohe Aufnahmefähigkeit von Feuchtigkeit aus und gibt diese auch wieder ohne Verlust der Dämmwirkung ab. Bei der Verarbeitung von Flachs ist daher besonders auf eine gute Durchlüftung der Dämmkonstruktion Wert zu legen. [Fachagentur für

nachwachsende Rohstoffe e.V., 2009] Kommt es beispielsweise durch Schäden im Dach zu Feuchteinwirkungen, bedeutet dies nicht unbedingt einen notwendigen Austausch der Flachsfasern. Wird dieser innerhalb von 8 Tagen bemerkt, kann die Flachsdämmung entnommen, getrocknet und wieder eingebaut werden, ohne dass starke Einbußen in der Dämmwirkung dadurch entstehen. [Naturfaser Fölser, 2011]

Da Flachsmatten grundsätzlich geklemmt und nicht mit Dübeln oder Kleber fixiert werden, kann man diese leicht sortenrein und ohne Zerstörung nach der Nutzung herausnehmen und wiederverwenden.

5.9 Einsatz von Hanf in der OGD

Bei der Anlieferung von Hanf ist darauf zu achten, dass ein trockener Lagerplatz vorbereitet ist. Der Transport erfolgt meist per LKW in Form von Ballen zu 8-14 kg, die teilweise per Hand abgeladen werden müssen. Dabei kommt es häufig zur Beschädigung der Schutzfolie, wodurch der Feuchteschutz bei einer Lagerung im Außenbereich nicht mehr gewährleistet ist. [Erol, 2011c]

Die Verarbeitung von Hanf kann im Eigenbau erfolgen. Im Bereich der OGD eignen sich Hanfdämmplatten sowie Hanf-Stopfwole zur Dämmung. Die Hanfdämmplatten können mit einem einfachen Schneidmesser zugeschnitten werden. Dazu wird mit einem Übermaß von 10-20 mm gerechnet. [Pavatex, 2011] Bei der Anwendung als Zwischensparrendämmung werden die Platten zwischen die Holzbalken bzw. einer vorgefertigten Holzkonstruktion eingeklemmt. Hier kann es jedoch zu Wärmebrücken kommen, darum empfiehlt sich eine Abdeckung mit einer dünnen Matte über den Sparren. Eine andere Verarbeitungsart ist die direkte Einbringung auf dem Untergrund. Hier wird jedoch keine Begehbarkeit der OGD erreicht. [Thermohanf, 2011]

Wird Hanf lose eingebracht, müssen die Hanfballen zuvor geöffnet und aufgelockert werden, um eine gleichmäßige Dichte bei der Einbringung sicherstellen zu können. Vor allem beim Einbau in Eigeninitiative wird dieser Zeitaufwand häufig unterschätzt (bis zu 2 Stunden pro Ballen bei manueller Auflockerung). [Erol, 2011c] Aus Erfahrungen der Firma Scharinger Naturbaustoffe sind hier auch schon Eigenkreationen zur Effizienzerhöhung der Hanfauflockerung entstanden. Hierbei wurde beispielsweise eine Gitterkonstruktion in eine Mischmaschine eingebaut, wodurch eine automatisierte Auflockerung ermöglicht wurde.

Das Einbringen von losem Hanf benötigt keine besondere Einschulung, es muss nur darauf geachtet werden, dass die erforderliche Dichte laut Herstellerangaben erreicht wird. Diese beträgt ca. 50 kg/m³. Es empfiehlt sich, beim Einbau eine Waage zu benutzen, um das Gewicht für das einzubringende Volumen zu berechnen. [Erol, 2011c]

Grundsätzlich empfiehlt sich bei großflächiger Anwendung der Einsatz von Hanfdämmplatten. Die Stopfwole kann zusätzlich bei schwer zugänglichen Stellen und Hohlräumen eingesetzt werden, um mögliche Wärmebrücken zu vermeiden. [Thermohanf, 2011]

5.10 Einsatz von Holzfaser in der OGD

Holzfaserdämmplatten können direkt frei Haus geliefert werden. Sie benötigen einen trockenen Lagerplatz mit ausreichender Lagerfläche, da die Paletten nicht übereinander gelagert werden dürfen. Der Einbau benötigt kein besonderes Vorwissen und kann somit in Eigenbau durchgeführt werden. Dabei werden die Dämmplatten mit geringem Übermaß zugeschnitten und danach eingeklemmt oder befestigt. Der Zuschnitt kann mit einem elektrischen Fuchsschwanz erfolgen, der in vielen Haushalten bereits vorhanden ist. Holzfaserdämmplatten benötigen beim Einbau einen ebenen Untergrund oder eine Holzunterkonstruktion, die einen ebenen Einbau ermöglicht. [Pavatex, 2011]

Auch beim Einsatz von Dämmplatten kann es zu Staubbildung kommen. Sowohl bei Zuschnitt als auch bei der Verarbeitung werden darum Schutzmaßnahmen gemäß TR GS 553 (Techni-

sche Regeln für Gefahrstoffe – Holzstaub) empfohlen. Grundsätzlich reicht eine Staubschutzmaske vollkommen aus, der Zuschnitt der Platten sollte jedoch im Freien erfolgen. [Pavatex, 2011]

Holzfaserdämmplatten werden auch in winddichter und druckfester Ausführung angeboten und bieten darum eine gute Lösung als Abschluss für einen begehbaren Dachraum. Der Dämmstoff weist außerdem eine hohe Feuchteverträglichkeit auf. Er kann bis zu 20 % seines Volumens an Wasser aufnehmen und wieder abgeben, ohne die Gefahr einer Schimmelbildung, wenn die Dämmschicht zügig wieder austrocknen kann. [Steico, 2011]

Nach dem Einsatz können Holzfaserplatten erneut in die Herstellung rückgeführt werden oder auch an anderer Stelle wieder verbaut werden. Bei zusatzfreien Dämmplatten ist eine biologischer Abbau gewährleistet. [Pavatex, 2011]

5.11 Einsatz von Stroh in der OGD

Ist der Einsatz von Stroh zur Dämmung geplant, sollte man dies mindestens drei Monate vor der Ernte mit einem Landwirt aus der Umgebung absprechen, um die speziellen Anforderungen die Strohballen (Restkornanteil, Dichte, Feuchte) im Vorfeld abklären zu können. Auch bei Herstellern von Baustrohballen ist eine frühzeitige Vorbestellung üblich. Hinsichtlich der Sortenwahl, sollte man beachten, dass je holziger die Halme, desto dichter die Ballen. Aus diesem Grund eignen sich vor allem Winterweizen, Dinkel, Roggen und Wintergerste zur Verarbeitung zu Ballen für die Dämmung. Diese müssen eine Dichte von 90-110 kg/m³ sowie einen Feuchtegehalt unterhalb von 15 % aufweisen. Hier ist vor allem während der Ernte (Feuchteperiode) und Verarbeitung eine genaue Qualitätskontrolle eine wichtige Voraussetzung. Die Pressung erfolgt durch Hochdruckpressen, dabei ist grundsätzlich die Breite eine fixe Konstante, die Länge und Dichte der Strohballen kann jedoch vor Ort bei der Pressung festgelegt werden. Für die Dämmung der OGD werden meist Ballen mit einer Abmessung von 46 cm Höhe, 35 cm Breite und einer Länge von 65 bis 90 cm eingesetzt. Dies ermöglicht eine relativ kostengünstige Verarbeitung bei gleichzeitig leichter Verarbeitung durch ein geringes Gewicht. Wenn möglich, empfiehlt sich jedoch Ballen in verschiedenen Längen zu bestellen und diese nach Länge sortiert anliefern zu lassen, was bei der Verarbeitung eine große Erleichterung darstellen kann, da immer wieder unterschiedliche Größen benötigt werden. [Gruber & al., 2008]

Bei der Verarbeitung von Stroh ist der Feuchtegehalt die wichtigste Eigenschaft. Dieser darf weder während der Lagerung noch während dem Einbau den Wert von 15 % übersteigen, da es sonst zur Gefahr von Fäulnis kommen kann. Auch nach dem Verbau ist darum unbedingt darauf zu achten, dass keine Feuchtigkeit in die Konstruktion eintreten kann. Aus diesem Grund wird empfohlen, eine Dampfbremse immer entlang der Dachhaut, bis über die Strohballen hinaus, hochzuziehen. So können auch eventuelle Einträge von Flugschnee vermieden werden.

Aufgrund der Feuchteanfälligkeit von Stroh, sollte man auch vermeiden wasserführende Leitungen in der Strohdämmung zu führen. An Kaltwasserleitungen kann es zur Tauwasserbildung und dadurch ebenfalls zur Schimmelbildung kommen, bei Warmwasserleitungen ist dies kein Problem. [Minke & al., 2009]

Ein weiteres Thema, das häufig in Verbindung mit Stroh aufkommt, ist der Schädlingsbefall. Grundsätzlich ist bei Stroh aufgrund der Dichte mit keinem Risiko für die Dämmung durch Schädlinge zu rechnen. Es wurde zwar bereits davon berichtet, dass in Verbindung mit Stroh ein Aufkommen von Mäusen beobachtet werden konnte, dies ist jedoch nicht auf das Stroh an sich zurückzuführen, sondern auf die Tatsache, dass sich Mäuse immer warme Bereiche als Nistplatz suchen. Das Risiko von Nagern ist beim Einsatz von Stroh, entgegen vieler Annahmen, aufgrund der dichten Pressung nicht höher als beispielsweise bei Mineralwolle. Bei Stroh ist darauf zu achten, dass das eingebrachte Stroh einen möglichst niedrigen Kornanteil aufweist um somit auch für Schädlinge, wie Mäuse, keine besondere Anziehung zu haben. Des Weiteren

ist eine Abdeckung des Strohs mit einer Holzverschalung zu empfehlen, da Nagetiere auch entlang von Hausmauen und durch sehr kleine Öffnungen eindringen können (siehe Abbildung 64). [Breuss, 2011d]



Abbildung 64: Dachbodenansicht nach Einbringung einer Strohdämmung

Hier empfiehlt sich unbedingt das Anbringen eines „Nagergitters“ entlang der Pfette, da diese den besten Schutz gegen das Eindringen von Mäusen und anderen Nagern an meist unbeachteten Stellen, wie Öffnungen entlang der Traufe, bringt (siehe Abbildung 65). [Breuss, 2011d]



Abbildung 65: Schutzgitter zur Absicherung gegen Nager beim Einsatz von Strohdämmung

Besonderer Vorteil des Dämmens mit Strohballen ist die einfache Verarbeitung. Nach dem flächendeckenden Einbringen der Strohballen müssen entstandene Löcher nur noch mit losem Stroh, das man durch das Auftrennen eines Strohballens erhält, gestopft werden. Bei Einhaltung des Feuchtegehalts und mit entsprechenden Grundkenntnissen kann der Einbau auch im Eigenbau erfolgen, was die Kosten enorm senkt (siehe Abbildung 66). Angebotene Workshops können Interessierten das erforderliche Wissen vermitteln. Die Teilnahme an einem solchen ist darum empfehlenswert. [Gruber, 2011]



Abbildung 66: Workshop mit Studenten der TU Wien beim Stopfen der Hohlräume zwischen Strohballen

Neben dem Einsatz von Strohballen kann man Stroh auch in Form von losen Strohhäckseln und Strohdämmplatten als Dämmung heranziehen. Beide Methoden befinden sich jedoch noch in der Forschungsphase. Vor allem der Einsatz von Strohhäcksel ist durch die enorme Staubentwicklung bei der Einblasung problematisch. Im Gegensatz zur Zellulosedämmung gibt es hier noch kein zertifiziertes Verfahren. Eine Firma, die diese Produkte in Österreich bereits einsetzt, ist beispielsweise Lopas AG.

5.12 Einsatz von Zellulose in der OGD

Zellulose ist grundsätzlich ein sehr feuchteanfälliges Material. Bei länger anhaltendem Eindringen von Wasser ist diese darum auszutauschen, da der Dämmwert enorm gesenkt wird. Im Bereich der OGD ist sie jedoch eine sinnvolle Variante, da die Dachhaut als separate, räumlich abgesetzte Schicht die Funktion des Witterungsschutzes übernimmt. Aus diesem Grund ist die Gefahr eines Feuchtigkeitseintrags in die Dämmebene nur sehr gering. [Prokupek, 2011]

Zellulose kann in Form von Zellulosedämmstoffplatten und -einblasdämmung im Bereich der OGD eingesetzt werden. Durch Einblasung kann auch in kleinste Hohlräume eine Dämmung eingebracht werden und somit mögliche Wärmebrücken vermieden werden. Aus diesem Grund empfiehlt sich bei der OGD vor allem die Anwendung der Einblasdämmung. Diese sollte mit einer Dichte von 38-65 kg/m³ eingeblasen werden, bei frei aufliegender Schüttung, wie es häufig im Bereich der OGD der Fall ist, liegt dieser Wert meist zwischen 28 und 40 kg/m³. [die umweltberatung, 2008]

Im Gegensatz zu den meisten anderen ökologischen Dämmstoffen muss Zellulose von einem lizenzierten Fachbetrieb eingebracht werden. Dies erfolgt durch Einblasung in eine vorgefertigte Holzkonstruktion. Die Zellulose wird dabei in Säcken angeliefert oder direkt von der mobilen Einblasstation des Fachbetriebes eingeblasen. Dabei kann es häufig zu Staubbildung kommen. Aus diesem Grund ist die Verwendung von Staubschutzmasken zu empfehlen (siehe Abbildung 67). Um ein Ausdringen der Zellulosefaser in die Raumluft zu vermeiden, sind konstruktive Maßnahmen, wie eine Verklebung der Dampfbremse, nötig. Es ist unbedingt davon abzuraten, Zellulose in Eigeninitiative zu verarbeiten, da es bei schlechter Verarbeitung zu Setzungen und übermäßiger Feinstaubbelastung kommen kann.



Abbildung 67: Einblasung von Zellulose in die oberste Geschoßdecke (aus [Bilderarchiv GrAT, 2011])

Zellulose zeichnet sich vor allem durch seine Verrottungssicherheit sowie Widerstandsfähigkeit gegen Ungeziefer aus. Im Gegensatz zu den meisten anderen Dämmstoffen auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen kann Zellulose auch hinsichtlich der Preislage mit konventionellen Produkten mithalten und ist somit die preisgünstigste ökologische Alternative.

6 Schlussfolgerungen

Eine funktionierende Wärmedämmung muss sorgfältig geplant und umgesetzt werden. Bei mangelhafter Durchführung einer Dämmung zeigt sich dies sehr schnell durch hohe Wärmeverluste, Kondensat im Aufbau sowie daraus entstehender Schimmelbildung. Wie bei jedem anderem Bauteil entstehen an der OGD mögliche Wärmebrücken bei Durchdringungen und Öffnungen in der Dämmschicht, wie beispielsweise Kamine, Treppen und Installationsleitungen. Gerade diesen Punkten muss bereits während der Planung besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Beabsichtigt man diese Wärmedämmung mit ökologischen Dämmstoffen durchzuführen, sind hier, wie bei konventionellen Produkten, die jeweiligen materialspezifischen Verarbeitungsmethoden zu beachten. Besonders ein Feuchteeintrag in die Dämmschicht ist immer zu vermeiden, da diese zu einem Verlust der Dämmwirkung sowie Schäden am Dämmstoff führen kann. Bei der richtigen Umsetzung schafft man durch die Dämmung mit ökologischen Baustoffen einen diffusionsoffenen Aufbau, der zu einer Verbesserung des Raumklimas führt. Man spart einen großen Anteil von Heizenergie und kann durch den Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen zusätzlich einen Beitrag zum Umweltschutz leisten, da keine fossilen Rohstoffe verschwendet werden müssen.

Das Fachwissen zur Verarbeitung von ökologischen Dämmstoffen ist in den vergangenen Jahrzehnten sehr stark in Vergessenheit geraten. Durch Erfahrungsaustausch von bereits umgesetzten Projekten soll dieses Wissen vertieft und alte Techniken wiederentdeckt werden.

Um dieses Wissens weiter zu verbreiten, bietet beispielsweise die GrAT auch Kurse zum Thema „Klimaschonende Sanierung mit Bau- und Dämmstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen“ für Planer, Baumeister, Bauleiter und Bautechniker an. Außerdem wird eine Wissensdatenbank angeboten, in der verschiedene Details zu Aufbauten mit ökologischen Dämmstoffen vorgestellt werden. Diese enthält neben dem Bauteil der OGD auch Beispiele aus dem Bereich Dach, Decken, Wände, Boden, Fundament und Oberflächen. Nähere Infos dazu findet man auf der RenewBuilding-Homepage unter www.renewbuilding.eu.

Die Weitergabe von Wissen ist ein wichtiger Punkt bei der Förderung von ökologischen Baustoffen, aber auch die technische Entwicklung zur leichteren Handhabung der Produkte sind ein entscheidendes Kriterium. Entwicklungen, wie beispielsweise im Bereich von Einblasdämmungen, werden nötig sein, um den ökologischen Dämmstoffmarkt voranzutreiben. Bis auf den Einsatz von Zellulose stellen Einblasdämmstoffe nach wie vor ein großes Problem durch ihre enorme Staubentwicklung dar. Durch die Entwicklung von zertifizierten Verfahren für die Einblasung von Hanf, Flachs und sonstigen losen Dämmstoffen, wäre es möglich, auch in ökonomischer Hinsicht ein konkurrenzfähiges Produkt auf den Markt zu bringen.

Für viele ist die Anwendung von ökologischen Baustoffen heute noch ein Themenfeld, das den „Umweltschutz-Idealisten“ unserer Zeit vorbehalten ist. Durch bessere Informationsweitergabe, die ein Bewusstsein für die Notwendigkeit des Einsatzes dieser Produkte zur Bewahrung unserer Ressourcen, aber auch aus gesundheitlichen Gründen schafft, werden nachwachsende Rohstoffe jedoch noch eine wichtige Rolle am Baustoffmarkt der Zukunft spielen.

7 Abkürzungsverzeichnis

AW	Außenwand
GrAT	Gruppe angepasste Technologie
GEQ	Energieausweis-Software von Zehetmayer Software GmbH
HdZ	Haus der Zukunft (Forschungs- und Technologieprogramm des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie)
OGD	oberste Geschoßdecke
OIB	Österreichisches Institut für Bautechnik
NAWARO	Nachwachsende Rohstoffe
EFH	Einfamilienhaus
MFH	Mehrfamilienhaus
WDVS	Wärmedämmverbundsystem

8 Literaturverzeichnis

Baubook Niederösterreich, 2011. Richtwerte zu Dämmstoffen. <http://www.baubook.at/noe>. Abgerufen am 15.12.2011

Baunetzwissen, 2011. Dämmung der obersten Geschossdecke. http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Altbaumodernisierung_Nachtraegliche-Waermedaemmung-der-obersten-Geschossdecke_148358.html. Abgerufen am 20.08.2011

Bauen.com, 2011. Übersicht der gängigsten Deckensysteme. http://www.bauen.com/hausbau/rohbau/aussenwaende-decken/340_deckensysteme/index.php. Abgerufen am 25.10.2011

Brandstetter, M., 2011. Mündliche Mitteilung betreffen geläufige Deckenkonstruktionsarten bei Sanierungsgebäuden. Auskunft vom 28.10.2011

Breuss, A., 2011a. Elektronische Mitteilung betreffend Einreichung für Staatspreis 2010 für Architektur und Nachhaltigkeit – Lehmhaus Mitterretzbach. Auskunft vom 06.09.2011

Breuss, A., 2011b. Elektronische Mitteilung betreffend Detailskizzen – Lehmhaus Mitterretzbach. Auskunft vom 06.09.2011

Breuss, A., 2011c. Mündliche Mitteilung betreffend Interview zur Baudurchführung Lehmhaus Mitterretzbach. Auskunft vom 20.10.2011

Breuss, A., 2011d. Elektronische Mitteilung betreffend Fotos und Dämmaufbau – Lehmhaus Mitterretzbach. Auskunft vom 28.10.2011

Bruckner, H. & Schneider, U., 1998. Naturbaustoffe. 1. Auflage. Werner Verlag GmbH & Co KG, Düsseldorf

Bundesdenkmalamt. 2011. Richtlinie Energieeffizienz am Baudenkmal. Bundesdenkmalamt Hofburg. Wien. Download unter: www.bda.at/downloads

die umweltberatung, 2008. DÄMMstoffe richtig eingesetzt – Informationen zur Auswahl von Dämmstoffen. 7. aktualisierte Auflage. Verband österreichischer Umweltberatungsstellen. Wien

die umweltberatung, 2011. Althausmodernisierung – Neues Wohnen in alten Mauern. 10. Auflage. Verband österreichischer Umweltberatungsstellen. Wien

Energie Tirol, 2009. Oberste Geschoßdecke. http://www.energie-tirol.at/fileadmin/static/infoblaetter/ET_Infoblatt_Oberste_Geschossdecke.pdf. Abgerufen am 15.05.2011

energiesparhaus.at, 2011a. Dämmung: Flachs. <http://www.energiesparhaus.at/gebaeudehuelle/flachs.htm>. Abgerufen am 03.07.2011

energiesparhaus.at, 2011b. Dämmung: Hanf. <http://www.energiesparhaus.at/gebaeudehuelle/hanf.htm>. Abgerufen am 03.07.2011

energiesparhaus.at, 2011c. Dämmung: Holzfaserplatten, Holzweichfaserplatten. <http://www.energiesparhaus.at/gebaeudehuelle/holzfasersplatten.htm>. Abgerufen am 03.07.2011

energiesparhaus.at, 2011d. Dämmung: Kokos, Kokosfasern. <http://www.energiesparhaus.at/gebaeudehuelle/kokosfasern.htm>. Abgerufen am 03.07.2011

energiesparhaus.at, 2011e. Dämmung: Kork. <http://www.energiesparhaus.at/gebaeudehuelle/kork.htm>. Abgerufen am 03.07.2011

energiesparhaus.at, 2011f. Dämmung: Schafwolle.
<http://www.energiesparhaus.at/gebaeudehuelle/schafwolle.htm>. Abgerufen am 03.07.2011

energiesparhaus.at, 2011g. Dämmung: Zellulose, Zelluloseflocken, Zelluloseplatten.
<http://www.energiesparhaus.at/gebaeudehuelle/schafwolle.htm>. Abgerufen am 03.07.2011

energiesparhaus.at, 2011h. Dampfbremse, Dampfsperre.
<http://www.energiesparhaus.at/gebaeudehuelle/dampfbremse.htm>. Abgerufen am 20.10.2011

EnEV 2009. Energieeinsparverordnung für Gebäude. [http:// www.enev-online.org/enev_2009_volltext/index.htm](http://www.enev-online.org/enev_2009_volltext/index.htm). Abgerufen am 10.09.2011

Erol, M., 2011a. Mündliche Mitteilung betreffend Besichtigung seines eigens sanierten Hauses. Auskunft vom 9.9.2011

Erol, M., 2011b. Elektronische Mitteilung betreffend Einreichpläne EFH Murat. Auskunft vom 10.9.2011

Erol, M., 2011c. Mündliche Mitteilung betreffend Besichtigung seines eigens sanierten Hauses. Auskunft vom 12.10.2011

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., 2009. Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen. 3. Auflage. FNR. Gülzow

Fechner, J., 2002. Altbaumodernisierung – Der praktische Leitfaden. Springer. Wien

Flachshaus, 2011. Mündliche Mitteilung betreffend Interview zu Produkteigenschaften Flachsdämmung. Auskunft vom 23.9.2011

Gramitherm, 2009. Dämmen aus Gras – grün, schützend und zukunftsweisend. http://www.gramitech.ch/download/Gramitherm_D.pdf. Abgerufen am 03.05.2011

Gruber, H., 2008. Ausbau einer Scheune zum Büro in Ravelsbach, NÖ. <http://www.baubiologie.at/europe/austria/strohballenscheune.html>. Abgerufen am 25.06.2011

Gruber, H., 2011a. Mündliche Mitteilung betreffend Erfahrungen im Einsatz von Stroh zur Dämmung seines Bürogebäudes. Auskunft vom 19.08.2011

Gruber, H., 2011b. Mündliche Mitteilung betreffend Korrekturen Detailaufbauten Scheune Ravelsbach. Auskunft vom 08.11.2011

Gruber, A., Gruber, H., Santler, H., 2008. Neues Bauen mit Stroh. 3. Auflage. Ökobuch-Verlag. Staufen bei Freiburg

Heigl, F., & Haftner, M. P., 2006. Ratgeber 07 - Dämmung der obersten Geschoßdecke - die beste Geldanlage. "die umweltberatung" NÖ. Geschäftsstelle für Energiewirtschaft. St.Pölten

Hirt Architekten, 2011. Elektronische Mitteilung betreffend Baubeschreibung - Steinrücken 24. Auskunft vom 22.07.2011

Holzmann, G., & Wangelin, M., 2009. Natürliche und pflanzliche Baustoffe: Rohstoff – Bauphysik – Konstruktion. 1. Auflage. GWV Fachverlag GmbH. Wiesbaden

Minke, G. & Krick, B., 2009. Handbuch Strohballenbau – Grundlagen Konstruktionen Beispiele. 2. Auflage. Ökobuch Verlag. Staufen bei Freiburg

Nadler-Kopf, B., 2011. Mündliche Mitteilung betreffend Umsetzung der Sanierung Freihof Sulz. Auskunft vom 11.08.2011

Naturfaser Fölser, 2011. Mündliche Mitteilung betreffend Interview zu Produkteigenschaften Flachsdämmung. Auskunft vom 23.9.2011

- OIB-330.2-069/11. 2011. OIB-Richtlinie 2 –Brandschutz. Ausgabe: Oktober 2011. Österreichisches Institut für Bautechnik
- OIB-330.6-094/11. 2011. OIB-Richtlinie 6 – Energieeinsparung und Wärmeschutz: Oktober 2011. Österreichisches Institut für Bautechnik
- OIB-330-033/11. 2011. OIB-Richtlinien - Begriffsbestimmungen. Ausgabe: Oktober 2011. Österreichisches Institut für Bautechnik
- ÖNORM B 8110-2. 2003. Wärmeschutz im Hochbau - Teil 2: Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz. Österreichisches Normungsinstitut
- ÖNORM EN 12446, 2011. Abgasanlagen - Bauteile - Außenschalen aus Beton. Ausgabe: August 2011. Österreichisches Normungsinstitut
- Pavatex, 2011. Mündliche Mitteilung betreffend Interview zu Produkteigenschaften Holzfaserdämmplatten. Auskunft vom 22.9.2011
- Prokupek, 2011. Mündliche Mitteilung betreffend Bewertung Gebäudedetails. Auskunft vom 04.10.2011
- Riccabona, C. & Bednar, T., 2010. Baukonstruktionslehre 4 – Bauphysik. 8. überarbeitete Auflage, Manz. Wien
- Riccabona, C. & Mezera, K., 2010a. Baukonstruktionslehre 1 – Robuarbeiten. 9. Auflage. Manz. Wien
- Riccabona, C. & Mezera, K., 2010b. Baukonstruktionslehre 5 – Sanierung, Industriebau, Fassaden. 6. überarbeitete Auflage. Manz. Wien
- Roswag & Jankowski Architekten, 2007. Westend Grün Pressemappe - Weißes Lehmhaus mit Schilfrohrdämmung. Berlin.
- Roswag, A., 2011a. Elektronische Mitteilung betreffend Statik EH Wandalenallee 38. Auskunft vom 15.07.2011
- Roswag, A., 2011b. Mündliche Mitteilung betreffend Interview zur Sanierungsdurchführung Westendgrün. Auskunft vom 15.10.2011
- Ruhdorfer, A., 2011. Mündliche Mitteilung betreffend zu berücksichtigende Kriterien bei der Umsetzung der Dämmung der OGD. Auskunft vom 08.07.2011
- Schauer, U., & Volhard, F., 2009. Sandberghof. <http://www.schauer-volhard.de/PDF/Vortraege/Sandberghof-.pdf>. Abgerufen am 05.09.2011
- Schauer, U., & Volhard, F., 2011. Elektronische Mitteilung betreffend Sandberghof – Gemeinsam Wohnen im Alter – Umbau und Sanierung in Darmstadt. Auskunft vom 20.06.2011
- Sonderegger, A., Nadler-Kopf, B., Bertsch, G., Zettler, L., 2011. Sanierung ökologischer Freihof Sulz - Begegnungsstätte; Gebäudehülle mit kulturellem Erbe Energie sparend sanieren; ökologische Materialien; Adaption zukunftssträchtiger alter Bautechniken; erneuerbare Energien. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Wien. http://download.nachhaltigwirtschaften.at/hdz_pdf/endbericht_0731_freihof_sulz.pdf. Abgerufen am 10.10.2011
- Spitzendorfer, J., 2007. Naturnah bauen und wohnen. 2. Auflage. Raab Karcher Baustoffe. Frankfurt
- Steico, 2011. Mündliche Mitteilung betreffend Interview zu Produkteigenschaften Hanfdämmung und Holzfaserdämmplatten. Auskunft vom 22.9.2011

Thelesklav, E., 2011. Mündliche Mitteilung betreffend Abgrenzung der obersten Geschoßdecke zu aderen Bauteilen. Auskunft vom 7.10.2011

Thermohanf, 2011. Mündliche Mitteilung betreffend Interview zu Produkteigenschaften Hanfdämmung. Auskunft vom 20.9.2011

Thoma, W., 2011. Elektronische Mitteilung betreffend Brandschutzbestimmung oberste Geschoßdecke. Auskunft vom 27.10.2011

Treberspurg, M., 1999. Neues Bauen mit der Sonne - Ansätze zu einer klimagerechten Architektur. 2. aktualisierte und erweiterte Auflage. Springer Verlag. Wien

Wimmer, R., Binting, R., Eikemeier, S., Prokupek, S., Burghardt, M., 2010a. Entwicklung eines baubiologisch hochwertigen Wärmedämmverbundsystems auf Basis von Schilf. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Wien

Wimmer, R., Hohensinner, H., Eikemeier, S., 2010b. Stroh-Cert – Zertifizierung, Logistik und Qualitätsmanagement für den Strohballebau. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Wien

Zelger, T., & Waltjen, T., 2009. PH-Sanierungsbauteilkatalog – Auswertung gebäudesanierungsbezogener HdZForschungsberichte mit konstruktiven, bauphysikalischen und bauökologischen Ergänzungen. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Wien

Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e.V., 2010. <http://www.zub-kassel.de/node/591>. Pflichten zu Austausch- und Nachrüstung: obersten Geschoßdecken. Abgerufen am 13.09.2011

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Dämmmatte aus Flachs	14
Abbildung 2: Dämmmatte aus Hanffasern	15
Abbildung 3: Kokosfasermatte	16
Abbildung 4: Korkdämmplatte	17
Abbildung 5: Holzfaserdämmplatte	18
Abbildung 6: Holzfaserdämmplatte	19
Abbildung 7: Dämmmatten aus Schafwolle	20
Abbildung 8: Schilfhäcksel und Schilfrohrmatte	21
Abbildung 9: Strohballen	22
Abbildung 10: Dämmmatte aus Wiesengras	23
Abbildung 11: Zellulosefasern	24
Abbildung 12: Wärmeleitfähigkeit in Abhängigkeit des Eigenfeuchtegehalts (aus [Riccabona & Bednar, 2010])	27
Abbildung 13: Vorderansicht Gasthaus "Zum Freihof" im sanierten Zustand (aus [Nadler-Kopf, 2011])	30
Abbildung 14: Regelschnitt OGD Freihof Sulz nach [Nadler-Kopf, 2007]	32
Abbildung 15: Systemschnitt mit Darstellung der Dämmebene Freihof Sulz nach [Nadler-Kopf, 2007]	33
Abbildung 16: D 1.1 Verschneidung OGD-Dach-Innenwand, Freihof Sulz nach [Nadler-Kopf, 2011]	33
Abbildung 17: D 1.2: Verschneidung Innenwand-Geschoßdecke, Freihof Sulz nach [Nadler-Kopf, 2011]	34
Abbildung 18: Vorderansicht der zum Büro umgebauten Scheune in Ravelsbach (aus [Gruber, 2008])	35
Abbildung 19: Offene Decken- und Wandkonstruktion in Ravelsbach (aus [Gruber, 2008])	35
Abbildung 20: Lehmputzschicht der Decke zu unbeheiztem Dachraum in Ravelsbach (aus [Gruber, 2008])	36
Abbildung 21: Dämmung der OGD 1 in Ravelsbach (aus [Gruber, 2008])	36
Abbildung 22: Regelschnitt OGD1 Ravelsbach nach [Gruber 2011a]	37
Abbildung 23: Regelschnitt OGD2 Ravelsbach nach [Gruber 2011a]	38
Abbildung 24: Systemschnitt Scheune Ravelsbach nach [Gruber, 2008]	39
Abbildung 25: D 2.1: Verschneidung OGD - Dachhaut – Außenwand, Ravelsbach nach [Gruber, 2011b]	39
Abbildung 26: D 2.2: Verschneidung OGD – Innenwand, Ravelsbach nach [Gruber, 2011b]	40
Abbildung 27: D 2.3: Verschneidung OGD – Außenwand, Ravelsbach nach [Gruber, 2011b]	40
Abbildung 28: Haupt- und Nebengebäude Sandberghof (aus [Hirt Architekten, 2006])	42
Abbildung 29: Regelschnitt OGD, Sandberghof nach [Schauer & Volhard, 2011]	43
Abbildung 30: Längsschnitt, Sandberghof nach [Schauer & Volhard, 2011]	44
Abbildung 31: D: 3.1: Verschneidung OGD - Dachhaut – Außenwand, Sandberghof nach [Schauer & Volhard, 2011]	44
Abbildung 32: Vorder- und Rückansicht Haus Wandalenallee 38 (aus [Roswag & Jankowski Architekten, 2007])	45
Abbildung 33: Innenraum, Obergeschoß Westend Grün (aus [Roswag & Jankowski Architekten, 2007])	46
Abbildung 34: Regelschnitt OGD Westend Grün nach [Roswag, 2011a]	46
Abbildung 35: Querschnitt mit Darstellung der Dämmebene, Westend Grün nach [Roswag & Jankowski Architekten, 2007]	47
Abbildung 36: D4.1: Verschneidung OGD – Dach – AG, Westend Grün, nach [Roswag, 2011b]	48

Abbildung 37: D 4.2: Verschneidung OGD - Dach – AW, Westend Grün nach [Roswag, 2011b]	48
Abbildung 38: Vorderansicht Wohnhaus Mitterretzbach (aus [Breuss, 2011d])	49
Abbildung 39: Einbringung der Strohdämmung in Mitterretzbach (aus [Breuss, 2011d])	50
Abbildung 40: Regelschnitt OGD 1 Mitterretzbach nach [Breuss, 2011c]	50
Abbildung 41: Regelschnitt OGD 2 Mitterretzbach nach [Breuss, 2011c]	51
Abbildung 42: Schnitte mit Darstellung der Dämmebene, Mitterretzbach nach [Breuss, 2011a]	52
Abbildung 43: D 5.1 : Verschneidung OGD – AW – Tür, Mitterretzbach nach [Breuss, 2011b]	53
Abbildung 44: Hochgezogene Dampfbremse entlang der Dachhaut in Mitterretzbach (aus [Breuss, 2011d])	53
Abbildung 45: D 5.2 : Verschneidung OGD – Dach - AW, Mitterretzbach nach [Breuss, 2011b]	54
Abbildung 46: D 5.3: Verschneidung OGD – Dach - AW, Mitterretzbach nach [Breuss, 2011b]	54
Abbildung 47: D 5.4: Verschneidung OGD – Dach - AW, Mitterretzbach nach [Breuss, 2011b]	55
Abbildung 48: Vorderansicht Haus Wehlen aus Zusendung (aus [Hirt Architekten, 2011])	56
Abbildung 49: Regelschnitt OGD Wehlen nach [Hirt Architekten, 2011]	56
Abbildung 50: Schnitt mit Darstellung der Dämmebene, Haus Wehlen nach [Hirt Architekten, 2011]	57
Abbildung 51: D 6.1: Verschneidung OGD - Dach - AW, Wehlen nach [Hirt Architekten, 2011]	58
Abbildung 52: D 6.2: Verschneidung OGD - Dach - AW, Wehlen nach [Hirt Architekten, 2011]	58
Abbildung 53: Vorder- und Seitenansicht des teilweise sanierten Einfamilienhauses Murat	59
Abbildung 54: Wohnraum von Murat Erol mit Blick in den angrenzenden Wald	60
Abbildung 55: Regelschnitt OGD 1 Murat Erol nach [Erol, 2011a]	60
Abbildung 56: Regelschnitt OGD 2 Murat Erol nach [Erol, 2011a]	62
Abbildung 57: Längsschnitt mit Darstellung der Dämmebene EFH Erol nach [Erol, 2011b]	63
Abbildung 58: D 7.1. Verschneidung OGD – Dach, Südtrakt nach [Erol, 2011b]	63
Abbildung 59: D 7.2: Verschneidung OGD - Außenwand – Dachhaut, Nordtrakt nach [Erol, 2011b]	64
Abbildung 60: Holzkonstruktion um Kamin mit Glasschaumschotter verfüllt	68
Abbildung 61: Holzkonstruktion um Kamin mit Perliten verfüllt	69
Abbildung 62: Anschluss OGD - Dach mit Perliten verfüllt	70
Abbildung 63: Darstellung der Dämmwirkung durch Temperaturvergleich außen - innen von Jänner bis März 2011 in Mitterretzbach (aus [Breuss, 2011a])	71
Abbildung 64: Dachbodenansicht nach Einbringung einer Strohdämmung	74
Abbildung 65: Schutzgitter zur Absicherung gegen Nager beim Einsatz von Strohdämmung	74
Abbildung 66: Workshop mit Studenten der TU Wien beim Stopfen der Hohlräume zwischen Strohballen	75
Abbildung 67: Einblasung von Zellulose in die oberste Geschoßdecke (aus [Bilderarchiv GrAT, 2011])	76

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile des Dämmstoffs Flachs nach [energiesparhaus.at, 2011a]	15
Tabelle 2: Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile des Dämmstoffs Hanf nach [energiesparhaus.at, 2011b]	16
Tabelle 3: Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile des Dämmstoffs Kokos nach [energiesparhaus.at, 2011c].....	17
Tabelle 4: Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile des Dämmstoffs Kork nach [energiesparhaus.at, 2011d]	18
Tabelle 5: Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile von Holzfaserdämmung nach [energiesparhaus.at, 2011e]	19
Tabelle 6: Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile von Schafwollämmung nach [energiesparhaus.at, 2011f]	20
Tabelle 7: Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile des Dämmstoffs Schilf nach [Wimmer et al. 2010a].....	21
Tabelle 8: Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile des Dämmstoffs Stroh nach [Wimmer et al., 2010b].....	23
Tabelle 9: Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile des Dämmstoffs Wiesengras	24
Tabelle 10: Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile von Zellulosedämmung nach [energiesparhaus.at, 2011g]	25
Tabelle 11: Dämmstoffvergleich hinsichtlich bauphysikalischer Kennwerte (Richtwerte aus [Baubook, 2011]).....	26
Tabelle 12: Dämmstoffvergleich hinsichtlich ökologischer Eigenschaften (aus [Baubook Niederösterreich, 2011]).....	28
Tabelle 13: Regelaufbau und U-Wert-Berechnung OGD Freihof Sulz nach [Nadler-Kopf, 2011]	32
Tabelle 14: Regelaufbau und U-Wert-Berechnung OGD1 Ravelsbach nach [Gruber, 2011a] ..	37
Tabelle 15: Regelaufbau und U-Wert-Berechnung OGD2 Ravelsbach nach [Gruber, 2011a] ..	38
Tabelle 16: Regelaufbau und U-Wert-Berechnung Sandberghof nach [Schauer und Volhard, 2011]	43
Tabelle 17: Regelaufbau und U-Wert-Berechnung OGD Westend Grün nach [Roswag, 2011a]	47
Tabelle 18: Regelaufbau und U-Wert-Berechnung OGD 1 Mitterretzbach nach [Breuss, 2011c]	51
Tabelle 19: Regelaufbau und U-Wert-Berechnung OGD 2 Mitterretzbach nach [Breuss, 2011c]	52
Tabelle 20: Regelaufbau und U-Wert-Berechnung OGD Wehlen nach [Hirt Architekten, 2011] ..	57
Tabelle 21: Regelaufbau und U-Wert-Berechnung OGD 1 Murat Erol nach [Erol, 2011a]	61
Tabelle 22: Regelaufbau und U-Wert-Berechnung OGD 2 Murat Erol nach [Erol, 2011a]	62
Tabelle 23: Allgemeine Anforderungen an das Brandverhalten (aus [OIB-330.2-069/11, 2011])	67
Tabelle 24: Allgemeine Anforderungen an den Feuerwiderstand von Bauteilen (aus [OIB-330.2-069/11, 2011])	68

11 Anhänge

Anhang A – Vollständige Gebäudeliste

Gebäudenr.	Gebäudebezeichnung (Architekt/Planer)
1	Bauernhaus Laaben (DI Mag (FH) Martin Huber)
2	Tenne Lanns Scharfetter (Martin Scharfetter)
3	Mühle Waldenstein (Andi Weißensteiner)
4	Gästehaus Lurgbauer am Erlaufsee (DI Eugen Hein)
5	Wohnhaus Krems (DI Andreas Newald)
6	Bauernhaus Kartause Schönau
7	Haus Zobl (DI Pia Zobl)
8	Hotel Hinteregger Matrei (DI Reinhard Madritsch)
9	Tourismus/Gastgewerbe Freihof Sulz (DI Beate Nadler-Kopf)
10	Schule Schwanenstadt (Pauat Architekten)
11	Bauernhaus Schwarz, Amering (Alpe GesmbH)
12	Wohnhaus Präz (Wirz Architekten)
13	Kloster Schweinheim (Planer & BH Frank Zurawski)
14	EFH Zegele (DI Dr. Peter Knapp)
15	Gründerzeithaus pos Architekten (pos architekten ZT KEG)
16	Scheune/Büro Ravelsbach (Herbert Gruber)
17	Gründerzeithaus Horn (Architekturbüro AH3)
18	Wohnhaus Nöchling
19	MFH Sandberghof (Schauer + Volhard Architekten BDA)
20	Trollmannkaserne Steyr (Poppe und Prehal Architekten)
21	MFH Passivhaus Linz (Poppe und Prehal Architekten)
22	Turnsaal Heinrich-Roller Grundschule (Architektengemeinschaft Groszmann & Vassella)
23	Malteser Saal – ehemalige Feuerwache (Architektengemeinschaft Groszmann & Vassella)
24	Westend Grün – Werk A – Westallee 38 (Roswag & Jankowski)
25	Nordpool Steyr (Poppe und Prehal Architekten)
26	Haidenhof Bad Ischl
27	Lehmhaus Mitterretzbach (Architekt Andi Breuss)

28	Haus Ihlow – Wehlen, CH (Ziegert Roswag Seiler Architekten Ingenieure)
29	Brunckviertel Ludwigshafen
30	Schloss Lengberg (Wehdorn Architekten)
31	EFH Rhese Neulengbach
32	Weinviertler Hof Groß Wetzdorf
33	Sanierung Doppelhaus 1416 3 Berlin (DIMaGB Bauplanung)
34	Erstes Wiener Strohhaus - Mollardgasse 12a (Karen Allmer und Florian Macke)
35	Wehlen, CH (Hirt Architekten)
36	Schule St. Florian (DI Hannes Hohensinner)
37	Schule Ritzlhof (Baumeister Haider)
38	Ehemaliges Helenenheim, Blasewitz, Dresden (Hirt Architekten)
39	Bauernhaus Unbesandten (Manfred Röver)
40	Sarleinsbach
41	S-House (Architekten Scheicher ZT GmbH)
42	EFH Murat Erol (Murat Erol)

Projekt: 12 17.11.2011 15:56 Uhr
Bauphysikalisches Berechnungsblatt
09_Freihof Sulz



BAUPHYSIKALISCHES BERECHNUNGSBLATT

Projekt: 09_Freihof Sulz	Berechnungsblatt-Nr.: 1
Auftraggeber:	Datum: 10.06.2011
	Bearbeitungsnr.:

Bauteilbezeichnung: AD01 Oberste Geschossdecke	<p style="text-align: center;">A I M 1 : 10</p>
Bauteiltyp: Decke zu unconditioniertem geschloss. Dachraum	
Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946 <p style="text-align: center;">U - Wert 0,15 [W/m²K]</p>	

Konstruktionsaufbau und Berechnung							
	Baustoffschichten	d	μ	λ	Anteil	ρ	ρ*d
	von außen nach innen	Dicke	WD-Diff.	Leitfähigk.		Dichte	Flächengew.
Nr	Bezeichnung	[m]	[-]	[W/mK]	[%]	[kg/m³]	[kg/m²]
1	Rauschalung mit Nut und Kamm	0,030	50	0,120		500	15,0
2	Lattung (8/5) dazw.	0,080	50	0,120	8,0	500	3,2
	Flachsdämmplatte		1	0,042	92,0	30	2,2
4	Balken (18/12) dazw.	0,180	50	0,120	16,0	500	14,4
	Flachsdämmplatte		1	0,042	84,0	30	4,5
6	Dampfsperre	0,001	100.000	0,500		980	1,0
7	Lattung (3/5) dazw.	0,040	50	0,120	8,0	500	1,6
	Flachsdämmplatte		1	0,042	92,0	30	1,1
9	Gipsfaser-Platte	0,015	13	0,320		1.150	17,3
Bauteildicke [m]		0,346					
Flächenbezogene Masse des Bauteils [kg/m²]						60,3	
Zusammengesetzter Bauteil					(Berechnung nach EN ISO 6946)		
Lattung (3/5):	Achsabstand [m]:	0,625	Breite [m]:	0,050	$R_{si} + R_{se} = 0,200$		
Balken (18/12):	Achsabstand [m]:	0,750	Breite [m]:	0,120			
Lattung (8/5):	Achsabstand [m]:	0,625	Breite [m]:	0,050			
Oberer Grenzwert: $R_{To} = 6,8171$ Unterer Grenzwert: $R_{Tu} = 6,2904$					$R_T = 6,5538 [m^2K/W]$		
Wärmedurchgangskoeffizient					U = 1 / R_T		
					0,15 [W/m²K]		

Projekt: 12 17.11.2011 15:56 Uhr

GrAT

Bauphysikalisches Berechnungsblatt

09_Freihof Sulz

Wasserdampfdiffusion nach ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01

Randbedingungen: Innentemp.: gemäß ÖNORM Außentemp.: gemäß ÖNORM

Luftfeuchtigkeit: Außen: gemäß ÖNORM Innen: gemäß ÖNORM

Seehöhe: 495 m Region : W - West

Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,92°C Taupunkttemperatur: 14,92°C

Es wird in keinem Monat Oberflächenkondensat erwartet

Es gibt keine Kondensation im Inneren des Bauteils.

Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,92°C Temperatur(80%): 18,16°C

Es wird in keinem Monat Schimmel an der Oberfläche erwartet

Dampf-Details 09_Freihof Sulz

Jänner

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: -1,45°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 63,55% Aussen: 80%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,31°C Taupunkttemperatur: 12,88°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 13,67°C Luftfeuchtigkeit Innen 53,55% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Februar

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 0,27°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 65% Aussen: 80%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,36°C Taupunkttemperatur: 13,22°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 14,09°C Luftfeuchtigkeit Innen 55% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

März

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 3,81°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 65% Aussen: 80%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,48°C Taupunkttemperatur: 13,22°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 14,09°C Luftfeuchtigkeit Innen 55% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

April

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 7,93°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 65% Aussen: 80%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,61°C Taupunkttemperatur: 13,22°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 14,89°C Luftfeuchtigkeit Innen 57,93% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Mai

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 12,38°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 67,38% Aussen: 75%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,75°C Taupunkttemperatur: 13,78°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 16,34°C Luftfeuchtigkeit Innen 63,57% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Juni

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 15,47°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 70,47% Aussen: 75%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,85°C Taupunkttemperatur: 14,47°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 17,45°C Luftfeuchtigkeit Innen 68,2% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Juli

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 17,55°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 72,55% Aussen: 75%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,92°C Taupunkttemperatur: 14,92°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 18,16°C Luftfeuchtigkeit Innen 71,32% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

August

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 16,8°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 71,8% Aussen: 75%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,9°C Taupunkttemperatur: 14,76°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 17,91°C Luftfeuchtigkeit Innen 70,21% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

September

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 13,78°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 68,78% Aussen: 80%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,8°C Taupunkttemperatur: 14,09°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 16,85°C Luftfeuchtigkeit Innen 65,67% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Oktober

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 8,91°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 65% Aussen: 80%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,64°C Taupunkttemperatur: 13,22°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 15,15°C Luftfeuchtigkeit Innen 58,91% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

November

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 3,41°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 65% Aussen: 80%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,46°C Taupunkttemperatur: 13,22°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 14,09°C Luftfeuchtigkeit Innen 55% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Dezember

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: -0,44°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 64,56% Aussen: 80%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,34°C Taupunkttemperatur: 13,12°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 13,96°C Luftfeuchtigkeit Innen 54,56% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Dampfdiffusion gemäß ÖNORM B 8110-2

09_Freihof Sulz

Jänner

Dampfdiffusion im Bauteil: AD01 Oberste Geschosdecke



Randbedingungen

	Innen	Außen
Lufttemperatur [°C]	20	-1,45
Relative Luftfeuchtigkeit [%]	63,55	80,00
Wasserdampfsättigungsdruck [Pa]	2.337,0	541,5
Wasserdampfteildruck [Pa]	1.485,2	433,2

Diffusionsverhalten

Schichtbezeichnung	Dicke [m]	Diff. Zahl μ	Wid. [m²K/W]	Sätt. Druck	Vorh. Druck
				2337,0	1485,2
Wärmeübergangswid. innen	---	---	0,250	2238,5	1485,2
Gipsfaser-Platte	0,015	13	0,047	2220,4	1483,2
Flachsdämmplatte	0,040	1	0,952	1880,3	1482,8
Dampfsperre	0,001	100.000	0,002	1879,6	451,4
Flachsdämmplatte	0,180	1	4,286	850,3	449,5
Flachsdämmplatte	0,080	1	1,905	579,0	448,7
Rauschalung mit Nut und Kamm	0,030	50	0,250	546,6	433,2
Wärmeübergangswid. außen	---	---	0,040	541,5	433,2

Dampfdiffusion gemäß ÖNORM B 8110-2

09_Freihof Sulz

Jänner

Dampfdiffusion im Bauteil: AD01 Oberste Geschossdecke

Oberflächentemperatur innen: 19,31°C Taupunkttemperatur: 12,88°C

Es fällt kein Oberflächenkondensat an!

Im Jänner gibt es kein Kondensat.

Es gibt keine Kondensation im Inneren des Bauteils.

Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,92°C Temperatur(80%): 18,16°C

Es wird in keinem Monat Schimmel an der Oberfläche erwartet

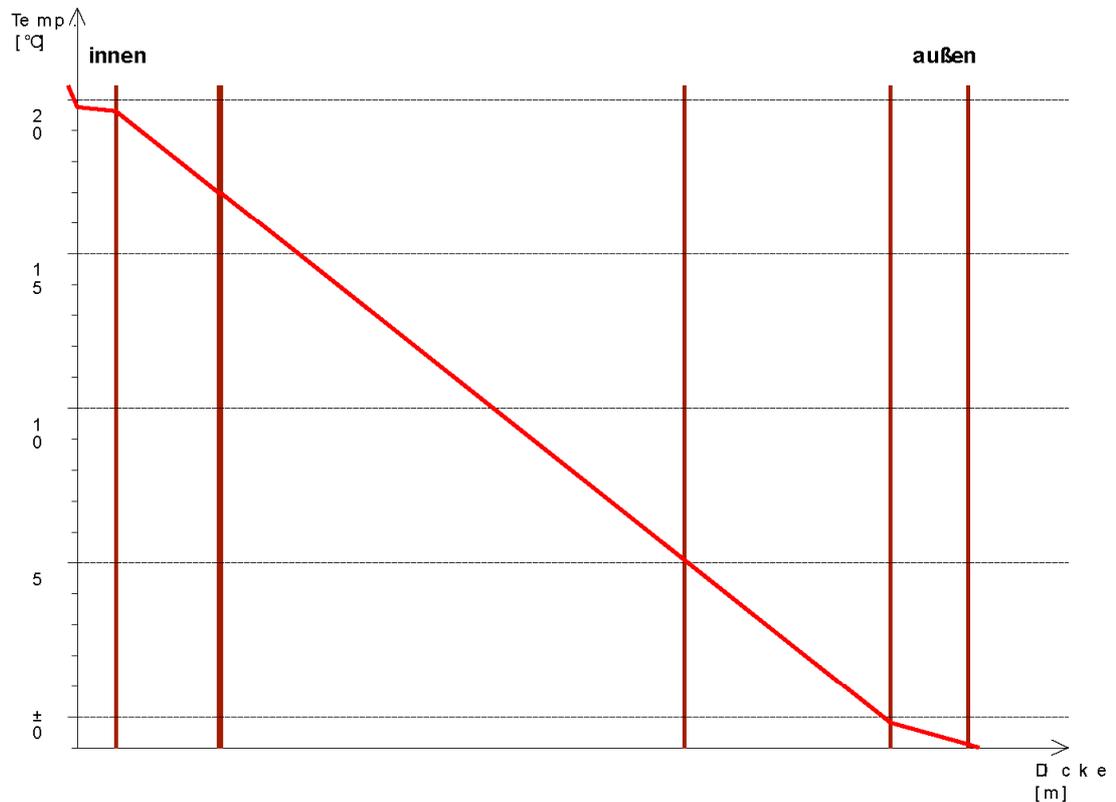
Berechnung lt. ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01

Temperaturverlauf gemäß ÖNORM B 8110-2 :

09_Freihof Sulz

Jänner

Temperaturverlauf in AD01 Oberste Geschossdecke



Temperaturverlauf

Schichtbezeichnung	Dicke [m]	Lambda [W/mK]	Widerst. [m²K/W]	Temp. [°C]	Δ Temp [°C]
Wärmeübergangswid. innen	---	0,000	0,250	20,0	0,7
Gipsfaser-Platte	0,015	0,320	0,047	19,3	0,1
Flachsdämmplatte	0,040	0,042	0,952	19,2	2,7
Dampfsperre	0,001	0,500	0,002	16,5	0,0
Flachsdämmplatte	0,180	0,042	4,286	16,5	11,9
Flachsdämmplatte	0,080	0,042	1,905	4,6	5,2
Rauschalung mit Nut und Kamm	0,030	0,120	0,250	-0,6	0,7
Wärmeübergangswid. außen	---	0,000	0,040	-1,3	0,1
				-1,4	

Berechnung lt. ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01

Projekt: 14 17.11.2011 16:09 Uhr
Bauphysikalisches Berechnungsblatt
16_Scheune Büro Ravelsbach



BAUPHYSIKALISCHES BERECHNUNGSBLATT

Projekt: 16_Scheune Büro Ravelsbach	Berechnungsblatt-Nr.: 1
Auftraggeber: GrAT	Datum: 13.09.2011
	Bearbeitungsnr.:

Bauteilbezeichnung: AD02 Oberste Geschoßdecke Atelier1	
Bauteiltyp: Decke zu unconditioniertem geschloss. Dachraum	
Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946 U - Wert 0,18 [W/m²K]	

Konstruktionsaufbau und Berechnung

	Baustoffschichten	d	μ	λ	Anteil	ρ	ρ*d
	von außen nach innen	Dicke	WD-Diff.	Leitfähigk.		Dichte	Flächengew.
Nr	Bezeichnung	[m]	[-]	[W/mK]	[%]	[kg/m³]	[kg/m²]
1	Porenverschlussplatte	0,035	5	0,130		565	19,8
2	Schalung	0,022	50	0,120		450	9,9
3	Balken (24/4) dazw.	0,240	50	0,120	5,0	500	6,0
	Strohballen		4	0,049	95,0	101	23,0
5	Rauschalung	0,024	50	0,120		450	10,8
6	Putzträger (Schilfrohr)	0,010	2	0,055		155	1,6
7	Lehmputz	0,020	10	0,800		1.600	32,0
Bauteildicke [m]		0,351					
Flächenbezogene Masse des Bauteils [kg/m²]							103,1

Zusammengesetzter Bauteil (Berechnung nach EN ISO 6946)
 Balken (24/4): Achsabstand [m]: 0,800 Breite [m]: 0,040 $R_{si} + R_{se} = 0,200$

Oberer Grenzwert: $R_{To} = 5,6879$ Unterer Grenzwert: $R_{Tu} = 5,6265$ $R_T = 5,6572$ [m²K/W]

Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1 / R_T$ **0,18 [W/m²K]**

Wasserdampfdiffusion nach ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01

Randbedingungen: Innentemp.: gemäß ÖNORM Außentemp.: gemäß ÖNORM
 Luftfeuchtigkeit: Außen: gemäß ÖNORM Innen: gemäß ÖNORM
 Seehöhe: 270 m Region : N - Nord - außerhalb von Föhngebieten
 Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,92°C Taupunkttemperatur: 15,03°C
 Es wird in keinem Monat Oberflächenkondensat erwartet

Gesamtkondensat(Jahr): 411,3 g/m² - Gesamtaustrocknung(Jahr): 1.303,3 g/m²
Das gesamte anfallende Kondensat kann austrocknen.
 Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,92°C Temperatur(80%): 18,33°C
 Es wird in keinem Monat Schimmel an der Oberfläche erwartet



Dampf-Details

16_Scheune Büro Ravelsbach

Jänner

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: -2,06°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 62,94%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,09°C	Taupunkttemperatur: 12,73°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%):	13,5°C	Luftfeuchtigkeit Innen 52,94%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Februar

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: -0,12°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 64,88%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,17°C	Taupunkttemperatur: 13,19°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%):	14,05°C	Luftfeuchtigkeit Innen 54,88%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

März

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 3,78°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 65%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,33°C	Taupunkttemperatur: 13,22°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%):	14,09°C	Luftfeuchtigkeit Innen 55%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

April

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 8,57°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 65%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,53°C	Taupunkttemperatur: 13,22°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%):	15,06°C	Luftfeuchtigkeit Innen 58,57%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Mai

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 13,26°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 68,26%	Aussen: 75%
Oberflächentemperatur Innen: 19,72°C	Taupunkttemperatur: 13,97°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%):	16,66°C	Luftfeuchtigkeit Innen 64,88%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Juni

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 16,36°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 71,36%	Aussen: 75%
Oberflächentemperatur Innen: 19,85°C	Taupunkttemperatur: 14,66°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%):	17,76°C	Luftfeuchtigkeit Innen 69,54%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Juli

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 18,06°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 73,06%	Aussen: 75%
Oberflächentemperatur Innen: 19,92°C	Taupunkttemperatur: 15,03°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%):	18,33°C	Luftfeuchtigkeit Innen 72,09%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

August

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 17,59°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 72,59%	Aussen: 75%
Oberflächentemperatur Innen: 19,9°C	Taupunkttemperatur: 14,93°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%):	18,17°C	Luftfeuchtigkeit Innen 71,39%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

September

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 14,02°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 69,02%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,75°C	Taupunkttemperatur: 14,15°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%):	16,94°C	Luftfeuchtigkeit Innen 66,03%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Oktober

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 8,77°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 65%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,54°C	Taupunkttemperatur: 13,22°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%):	15,11°C	Luftfeuchtigkeit Innen 58,77%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

November

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 3,47°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 65%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,32°C	Taupunkttemperatur: 13,22°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%):	14,09°C	Luftfeuchtigkeit Innen 55%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Dezember

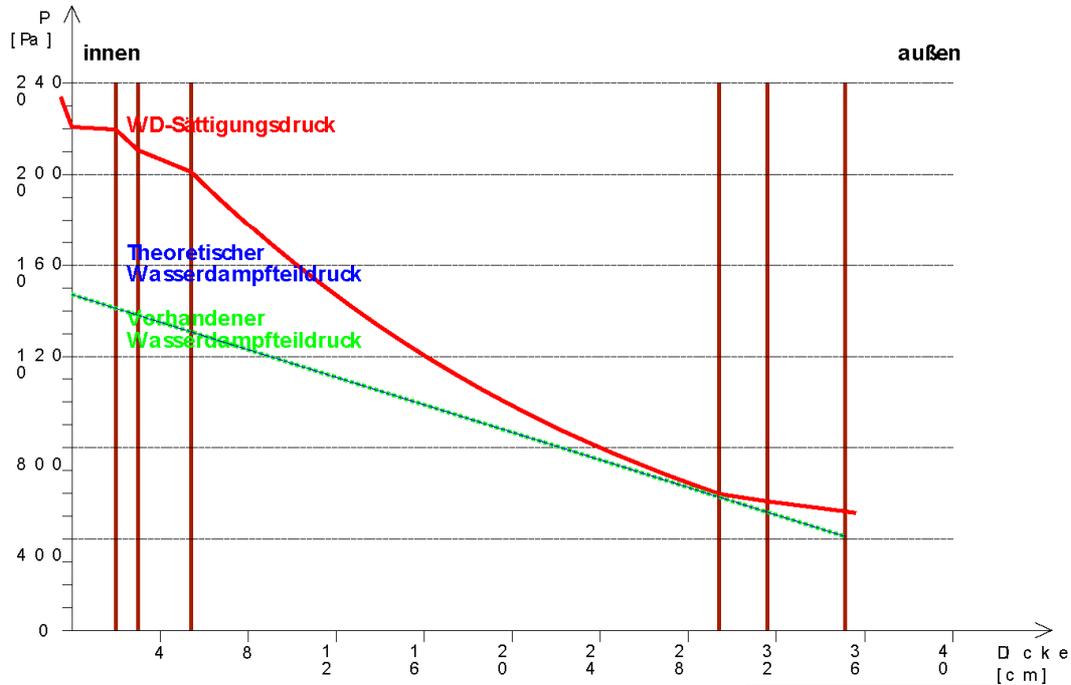
Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: -0,24°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 64,76%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,16°C	Taupunkttemperatur: 13,17°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%):	14,02°C	Luftfeuchtigkeit Innen 54,76%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Dampfdiffusion gemäß ÖNORM B 8110-2

16_Scheune Büro Ravelsbach

Jänner

Dampfdiffusion im Bauteil: AD02 Oberste Geschoßdecke Atelier1



Randbedingungen

	Innen	Außen
Lufttemperatur [°C]	20	-2,06
Relative Luftfeuchtigkeit [%]	62,94	80,00
Wasserdampfsättigungsdruck [Pa]	2.337,0	514,4
Wasserdampfteildruck [Pa]	1.470,8	411,5

Diffusionsverhalten

Schichtbezeichnung	Dicke [m]	Diff. Zahl μ	Wid. [m²K/W]	Sätt. Druck	Vorh. Druck
				2337,0	1470,8
Wärmeübergangswid. innen	---	---	0,250	2208,2	1470,8
Lehmputz	0,020	10	0,025	2195,7	1412,8
Putzträger (Schilfrohr)	0,010	2	0,182	2106,5	1407,0
Rauschalung	0,024	50	0,200	2012,0	1059,3
Strohballen	0,240	4	4,898	597,3	781,0
Schalung	0,022	50	0,183	565,1	462,2
Porenverschlußplatte	0,035	5	0,269	520,7	411,5
Wärmeübergangswid. außen	---	---	0,040	514,4	411,5

Dampfdiffusion gemäß ÖNORM B 8110-2

16_Scheune Büro Ravelsbach

Jänner

Dampfdiffusion im Bauteil: **AD02 Oberste Geschoßdecke Atelier1**

Oberflächentemperatur innen: 19,09°C Taupunkttemperatur: 12,73°C

Es fällt kein Oberflächenkondensat an!

Im Jänner kondensieren 118,6 g/m² ein.

Gesamtkondensat(Jahr): 411,3 g/m² - Gesamtaustrocknung(Jahr): 1.303,3 g/m²

Das gesamte anfallende Kondensat kann austrocknen.

Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,92°C Temperatur(80%): 18,33°C

Es wird in keinem Monat Schimmel an der Oberfläche erwartet

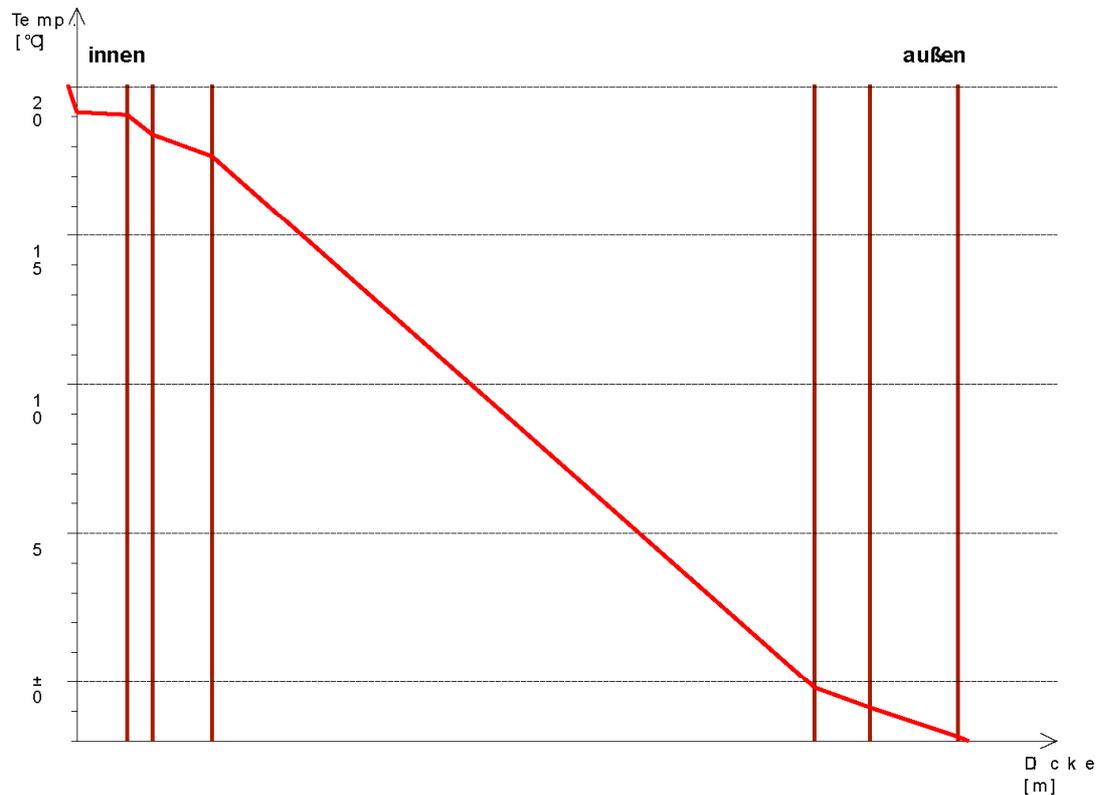
Berechnung lt. ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01

Temperaturverlauf gemäß ÖNORM B 8110-2 :

16_Scheune Büro Ravelsbach

Jänner

Temperaturverlauf in AD02 Oberste Geschoßdecke Atelier1



Temperaturverlauf

Schichtbezeichnung	Dicke [m]	Lambda [W/mK]	Widerst. [m²K/W]	Temp. [°C]	ΔTemp [°C]
				20,0	
Wärmeübergangswid. innen	---	0,000	0,250	19,1	0,9
Lehmputz	0,020	0,800	0,025	19,0	0,1
Putzträger (Schilfrohr)	0,010	0,055	0,182	18,3	0,7
Rauschalung	0,024	0,120	0,200	17,6	0,7
Strohballen	0,240	0,049	4,898	-0,3	17,9
Schalung	0,022	0,120	0,183	-0,9	0,6
Porenverschußplatte	0,035	0,130	0,269	-1,9	1,0
Wärmeübergangswid. außen	---	0,000	0,040	-2,1	0,2

Berechnung lt. ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01

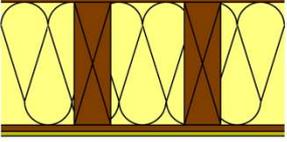
Anhang D – GEQ Ravelsbach 2

Projekt: 14 17.11.2011 16:02 Uhr
Bauphysikalisches Berechnungsblatt
16_Scheune Büro Ravelsbach

GrAT

BAUPHYSIKALISCHES BERECHNUNGSBLATT

Projekt: 16_Scheune Büro Ravelsbach	Berechnungsblatt-Nr.: 1
Auftraggeber: GrAT	Datum: 13.09.2011
	Bearbeitungsnr.:

Bauteilbezeichnung: AD01 Oberste Geschoßdecke Atelier2	
Bauteiltyp: Decke zu unkonditioniertem geschloss. Dachraum	
Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946 U - Wert 0,12 [W/m²K]	

Konstruktionsaufbau und Berechnung								
	Baustoffschichten	d	μ	λ	Anteil	ρ	$\rho \cdot d$	
	von außen nach innen	Dicke	WD-Diff.	Leitfähigk.		Dichte	Flächengew.	
Nr	Bezeichnung	[m]	[-]	[W/mK]	[%]	[kg/m³]	[kg/m²]	
1	MDF Platte	0,020	30	0,140		800	16,0	
2	Ständer (40/4) dazw. Strohballen	0,400	50	0,120	5,0	500	10,0	
			4	0,049	95,0	101	38,4	
4	OSB-Platte	0,020	250	0,130		600	12,0	
5	Leichlehmplatte	0,015	5	0,470		1.200	18,0	
Bauteildicke [m]		0,455						
Flächenbezogene Masse des Bauteils [kg/m²]							94,4	
Zusammengesetzter Bauteil (Berechnung nach EN ISO 6946)								
Ständer (40/4):		Achsabstand [m]: 0,800	Breite [m]: 0,040					$R_{si} + R_{se} = 0,200$
Oberer Grenzwert: $R_{T0} = 8,1803$				Unterer Grenzwert: $R_{Tu} = 8,1404$		$R_T = 8,1604$ [m²K/W]		
Wärmedurchgangskoeffizient				U = 1 / R_T		0,12 [W/m²K]		

Wasserdampfdiffusion nach ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01	
<u>Randbedingungen:</u> Innentemp.: gemäß ÖNORM	Außentemp.: gemäß ÖNORM
Luftfeuchtigkeit: Außen: gemäß ÖNORM	Innen: gemäß ÖNORM
Seehöhe: 270 m	Region : N - Nord - außerhalb von Föhngebieten
Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,94°C Taupunkttemperatur: 15,03°C	
Es wird in keinem Monat Oberflächenkondensat erwartet	
Es gibt keine Kondensation im Inneren des Bauteils.	
Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,94°C Temperatur(80%): 18,33°C	
Es wird in keinem Monat Schimmel an der Oberfläche erwartet	

Dampf-Details

16_Scheune Büro Ravelsbach

Jänner

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: -2,06°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 62,94%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,37°C	Taupunkttemperatur: 12,73°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 13,5°C	Luftfeuchtigkeit Innen 52,94%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

Februar

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: -0,12°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 64,88%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,43°C	Taupunkttemperatur: 13,19°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 14,05°C	Luftfeuchtigkeit Innen 54,88%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

März

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 3,78°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 65%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,54°C	Taupunkttemperatur: 13,22°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 14,09°C	Luftfeuchtigkeit Innen 55%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

April

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 8,57°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 65%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,67°C	Taupunkttemperatur: 13,22°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 15,06°C	Luftfeuchtigkeit Innen 58,57%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

Mai

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 13,26°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 68,26%	Aussen: 75%
Oberflächentemperatur Innen: 19,81°C	Taupunkttemperatur: 13,97°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 16,66°C	Luftfeuchtigkeit Innen 64,88%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

Juni

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 16,36°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 71,36%	Aussen: 75%
Oberflächentemperatur Innen: 19,9°C	Taupunkttemperatur: 14,66°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 17,76°C	Luftfeuchtigkeit Innen 69,54%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

Juli

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 18,06°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 73,06%	Aussen: 75%
Oberflächentemperatur Innen: 19,94°C	Taupunkttemperatur: 15,03°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 18,33°C	Luftfeuchtigkeit Innen 72,09%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

August

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 17,59°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 72,59%	Aussen: 75%
Oberflächentemperatur Innen: 19,93°C	Taupunkttemperatur: 14,93°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 18,17°C	Luftfeuchtigkeit Innen 71,39%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

September

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 14,02°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 69,02%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,83°C	Taupunkttemperatur: 14,15°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 16,94°C	Luftfeuchtigkeit Innen 66,03%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

Oktober

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 8,77°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 65%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,68°C	Taupunkttemperatur: 13,22°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 15,11°C	Luftfeuchtigkeit Innen 58,77%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

November

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 3,47°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 65%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,53°C	Taupunkttemperatur: 13,22°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 14,09°C	Luftfeuchtigkeit Innen 55%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

Dezember

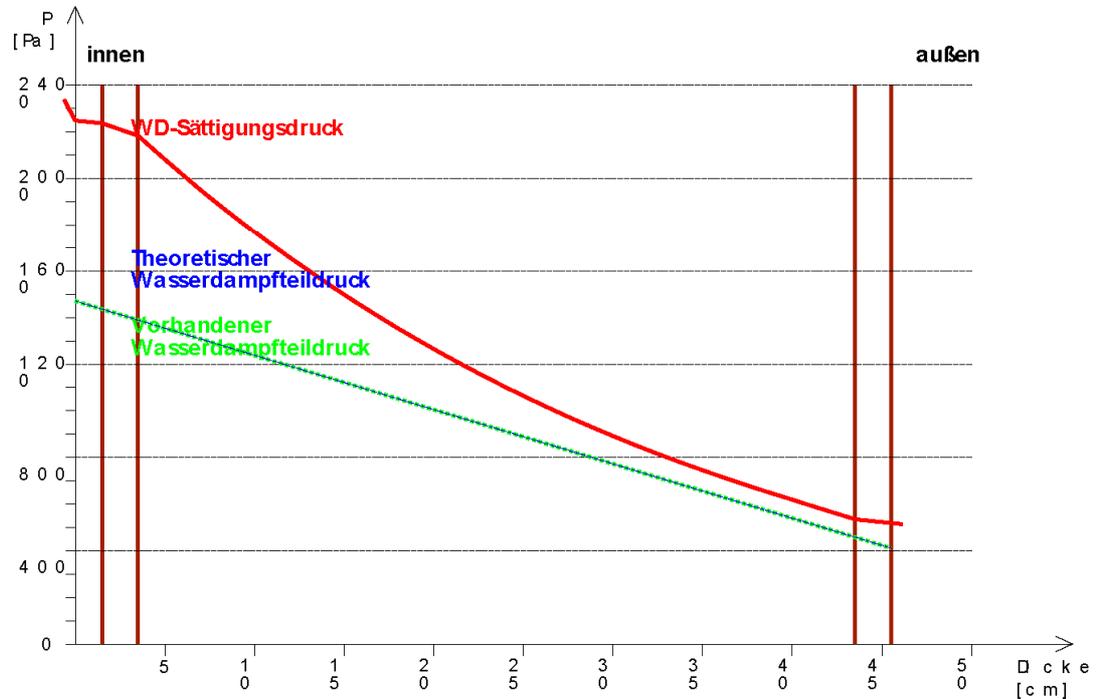
Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: -0,24°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 64,76%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,42°C	Taupunkttemperatur: 13,17°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 14,02°C	Luftfeuchtigkeit Innen 54,76%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

Dampfdiffusion gemäß ÖNORM B 8110-2

16_Scheune Büro Ravelsbach

Jänner

Dampfdiffusion im Bauteil: AD01 Oberste Geschoßdecke Atelier2



Randbedingungen

	Innen	Außen
Lufttemperatur [°C]	20	-2,06
Relative Luftfeuchtigkeit [%]	62,94	80,00
Wasserdampfsättigungsdruck [Pa]	2.337,0	514,4
Wasserdampfteildruck [Pa]	1.470,8	411,5

Diffusionsverhalten

Schichtbezeichnung	Dicke [m]	Diff. Zahl μ	Wid. [m²K/W]	Sätt. Druck	Vorh. Druck
Wärmeübergangswid. innen	---	---	0,250	2337,0	1470,8
Leichlehmplatte	0,015	5	0,032	2247,6	1470,8
OSB-Platte	0,020	250	0,154	2236,4	1459,9
Strohballen	0,400	4	8,163	2183,2	731,8
MDF Platte	0,020	30	0,143	534,5	498,9
Wärmeübergangswid. außen	---	---	0,040	518,7	411,5
				514,4	411,5

Oberflächentemperatur innen: 19,37°C Taupunkttemperatur: 12,73°C
Es fällt kein Oberflächenkondensat an!

Im Jänner gibt es kein Kondensat.

Es gibt keine Kondensation im Inneren des Bauteils.

Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,94°C Temperatur(80%): 18,33°C
Es wird in keinem Monat Schimmel an der Oberfläche erwartet

Dampfdiffusion gemäß ÖNORM B 8110-2

16_Scheune Büro Ravelsbach

Jänner

Dampfdiffusion im Bauteil: AD01 Oberste Geschoßdecke Atelier2

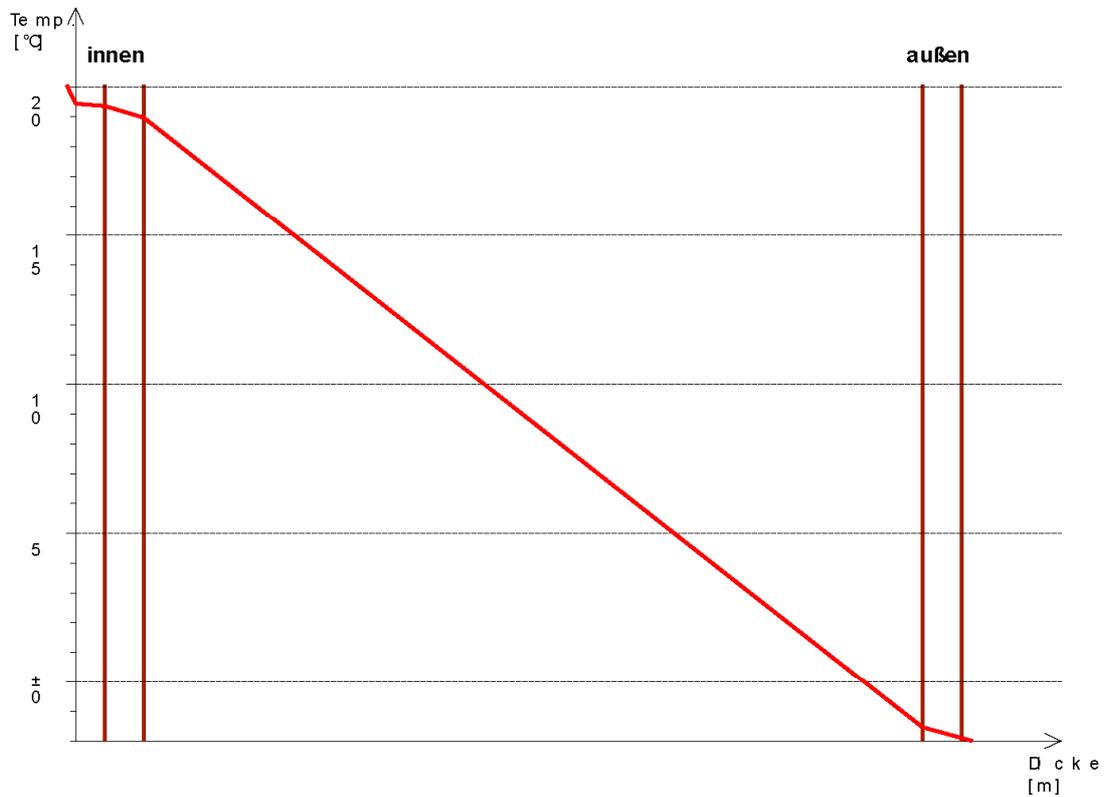
Berechnung lt. ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01

Temperaturverlauf gemäß ÖNORM B 8110-2 :

16_Scheune Büro Ravelsbach

Jänner

Temperaturverlauf in AD01 Oberste Geschoßdecke Atelier2



Temperaturverlauf

Schichtbezeichnung	Dicke [m]	Lambda [W/mK]	Widerst. [m²K/W]	Temp. [°C]	ΔTemp [°C]
				20,0	
Wärmeübergangswid. innen	---	0,000	0,250	19,4	0,6
Leichlehmplatte	0,015	0,470	0,032	19,3	0,1
OSB-Platte	0,020	0,130	0,154	18,9	0,4
Strohballen	0,400	0,049	8,163	-1,6	20,5
MDF Platte	0,020	0,140	0,143	-2,0	0,4
Wärmeübergangswid. außen	---	0,000	0,040	-2,1	0,1

Berechnung lt. ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01

Projekt: 13 17.11.2011 15:59 Uhr
Bauphysikalisches Berechnungsblatt
19_Sandberghof Darmstadt



BAUPHYSIKALISCHES BERECHNUNGSBLATT

Projekt: 19_Sandberghof Darmstadt	Berechnungsblatt-Nr.: 1
Auftraggeber:	Datum: 15.06.2011
	Bearbeitungsnr.:

Bauteilbezeichnung: AD01 Oberste Geschoßdecke	
Bauteiltyp: Decke zu unconditioniertem geschloss. Dachraum	
Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946 <p style="text-align: center;">U - Wert 0,15 [W/m²K]</p>	

Konstruktionsaufbau und Berechnung

	Baustoffschichten	d	μ	λ	Anteil	ρ	ρ*d
	von außen nach innen	Dicke	WD-Diff.	Leitfähigk.		Dichte	Flächengew.
Nr	Bezeichnung	[m]	[-]	[W/mK]	[%]	[kg/m³]	[kg/m²]
1	Holzdielenboden	0,025	50	0,120		450	11,3
2	Grobspanplatte	0,018	250	0,130		600	10,8
3	Balken (26/16) dazw.	0,260	50	0,120	20,0	500	26,0
	Zellulosedämmung		1	0,039	80,0	50	10,4
5	Lattung (3/5) dazw.	0,030	50	0,120	7,7	500	1,2
	Zellulosedämmung		1	0,039	92,3	50	1,4
7	Schilfrohrplatte	0,020	2	0,055		155	3,1
8	Kalkputz	0,015	10	0,800		1.400	21,0
Bauteildicke [m]		0,368					
Flächenbezogene Masse des Bauteils [kg/m²]							85,1

Zusammengesetzter Bauteil (Berechnung nach EN ISO 6946)

Lattung (3/5):	Achsabstand [m]: 0,650	Breite [m]: 0,050	$R_{si} + R_{se} = 0,200$
Balken (26/16):	Achsabstand [m]: 0,800	Breite [m]: 0,160	
Oberer Grenzwert: $R_{To} = 6,7347$		Unterer Grenzwert: $R_{Tu} = 6,3026$	
$R_T = 6,5186 [m^2K/W]$			
Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1 / R_T$			0,15 [W/m²K]

Wasserdampfdiffusion nach ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01

Randbedingungen: Innentemp.: gemäß ÖNORM Außentemp.: gemäß ÖNORM
 Luftfeuchtigkeit: Außen: gemäß ÖNORM Innen: gemäß ÖNORM
 Seehöhe: 170 m Region: N - Nord - außerhalb von Föhngebieten

Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,96°C Taupunkttemperatur: 15,15°C
 Es wird in keinem Monat Oberflächenkondensat erwartet

Gesamtkondensat(Jahr): 4.824,5 g/m² - Gesamtaustrocknung(Jahr): 1.487,5 g/m²
Es kann nicht das gesamte anfallende Kondensat austrocknen. Restkondensat : 3.337,0 g/m²

Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,96°C Temperatur(80%): 18,52°C
 Es wird in keinem Monat Schimmel an der Oberfläche erwartet



Dampf-Details

19_Sandberghof Darmstadt

Jänner

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: -1,64°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 63,36%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,36°C	Taupunkttemperatur: 12,83°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 13,62°C	Luftfeuchtigkeit Innen 53,36%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

Februar

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 0,33°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 65%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,42°C	Taupunkttemperatur: 13,22°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 14,09°C	Luftfeuchtigkeit Innen 55%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

März

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 4,3°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 65%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,54°C	Taupunkttemperatur: 13,22°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 14,09°C	Luftfeuchtigkeit Innen 55%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

April

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 9,17°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 65%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,68°C	Taupunkttemperatur: 13,22°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 15,22°C	Luftfeuchtigkeit Innen 59,17%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

Mai

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 13,85°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 68,85%	Aussen: 75%
Oberflächentemperatur Innen: 19,82°C	Taupunkttemperatur: 14,11°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 16,88°C	Luftfeuchtigkeit Innen 65,78%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

Juni

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 16,97°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 71,97%	Aussen: 75%
Oberflächentemperatur Innen: 19,91°C	Taupunkttemperatur: 14,79°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 17,96°C	Luftfeuchtigkeit Innen 70,45%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

Juli

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 18,65°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 73,65%	Aussen: 75%
Oberflächentemperatur Innen: 19,96°C	Taupunkttemperatur: 15,15°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 18,52°C	Luftfeuchtigkeit Innen 72,98%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

August

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 18,19°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 73,19%	Aussen: 75%
Oberflächentemperatur Innen: 19,95°C	Taupunkttemperatur: 15,06°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 18,37°C	Luftfeuchtigkeit Innen 72,29%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

September

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 14,51°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 69,51%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,84°C	Taupunkttemperatur: 14,26°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 17,11°C	Luftfeuchtigkeit Innen 66,76%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

Oktober

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 9,18°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 65%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,68°C	Taupunkttemperatur: 13,22°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 15,22°C	Luftfeuchtigkeit Innen 59,18%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

November

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 3,95°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 65%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,53°C	Taupunkttemperatur: 13,22°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 14,09°C	Luftfeuchtigkeit Innen 55%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

Dezember

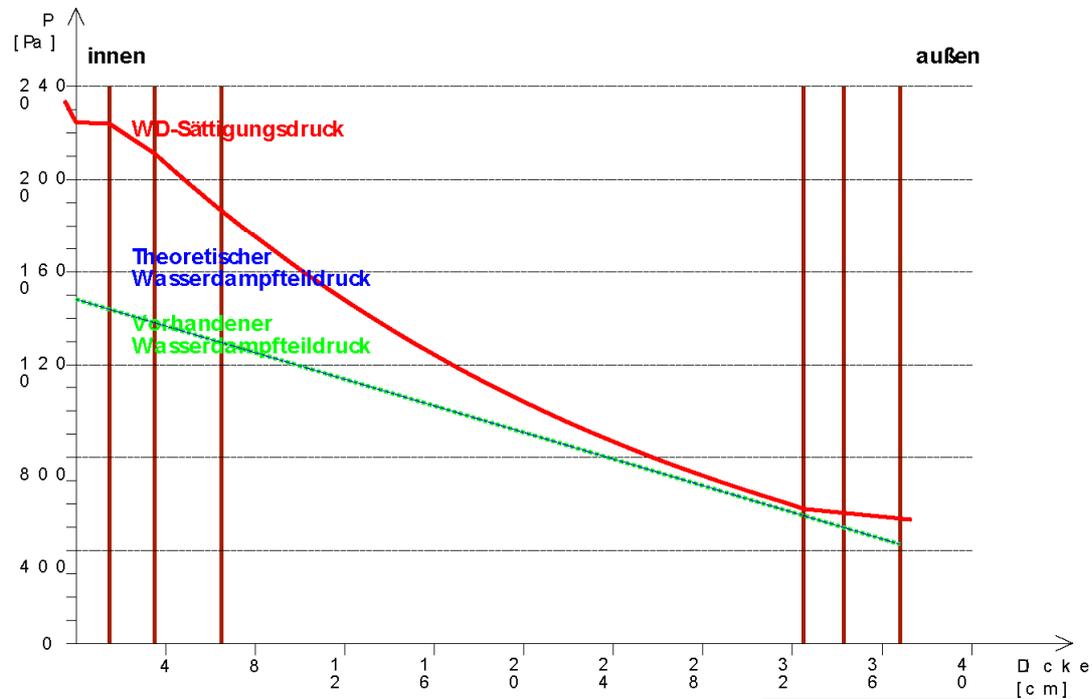
Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 0,32°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 65%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,42°C	Taupunkttemperatur: 13,22°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 14,09°C	Luftfeuchtigkeit Innen 55%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

Dampfdiffusion gemäß ÖNORM B 8110-2

19_Sandberghof Darmstadt

Jänner

Dampfdiffusion im Bauteil: AD01 Oberste Geschoßdecke



Randbedingungen

	Innen	Außen
Lufttemperatur [°C]	20	-1,64
Relative Luftfeuchtigkeit [%]	63,36	80,00
Wasserdampfsättigungsdruck [Pa]	2.337,0	532,9
Wasserdampfdruck [Pa]	1.480,7	426,3

Diffusionsverhalten

Schichtbezeichnung	Dicke [m]	Diff. Zahl μ	Wid. [m ² K/W]	Sätt. Druck	Vorh. Druck
				2337,0	1480,7
Wärmeübergangswid. innen	---	---	0,250	2246,0	1480,7
Kalkputz	0,015	10	0,019	2239,3	1455,3
Schilfrohrplatte	0,020	2	0,364	2112,8	1448,5
Zellulosedämmung	0,030	1	0,769	1865,7	1443,5
Zellulosedämmung	0,260	1	6,667	578,6	1399,5
Großspanplatte	0,018	250	0,138	561,8	637,9
Holzdielenboden	0,025	50	0,208	537,5	426,3
Wärmeübergangswid. außen	---	---	0,040	532,9	426,3

Dampfdiffusion gemäß ÖNORM B 8110-2

19_Sandberghof Darmstadt

Jänner

Dampfdiffusion im Bauteil: **AD01 Oberste Geschoßdecke**

Oberflächentemperatur innen: 19,36°C Taupunkttemperatur: 12,83°C

Es fällt kein Oberflächenkondensat an!

Im Jänner kondensieren 992,6 g/m² ein.

Gesamtkondensat(Jahr): 4.822,5 g/m² - Gesamtaustrocknung(Jahr): 1.490,5 g/m²

Es kann nicht das gesamte anfallende Kondensat austrocknen. Restkondensat : 3.332,0 g/m²

Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,96°C Temperatur(80%): 18,53°C

Es wird in keinem Monat Schimmel an der Oberfläche erwartet

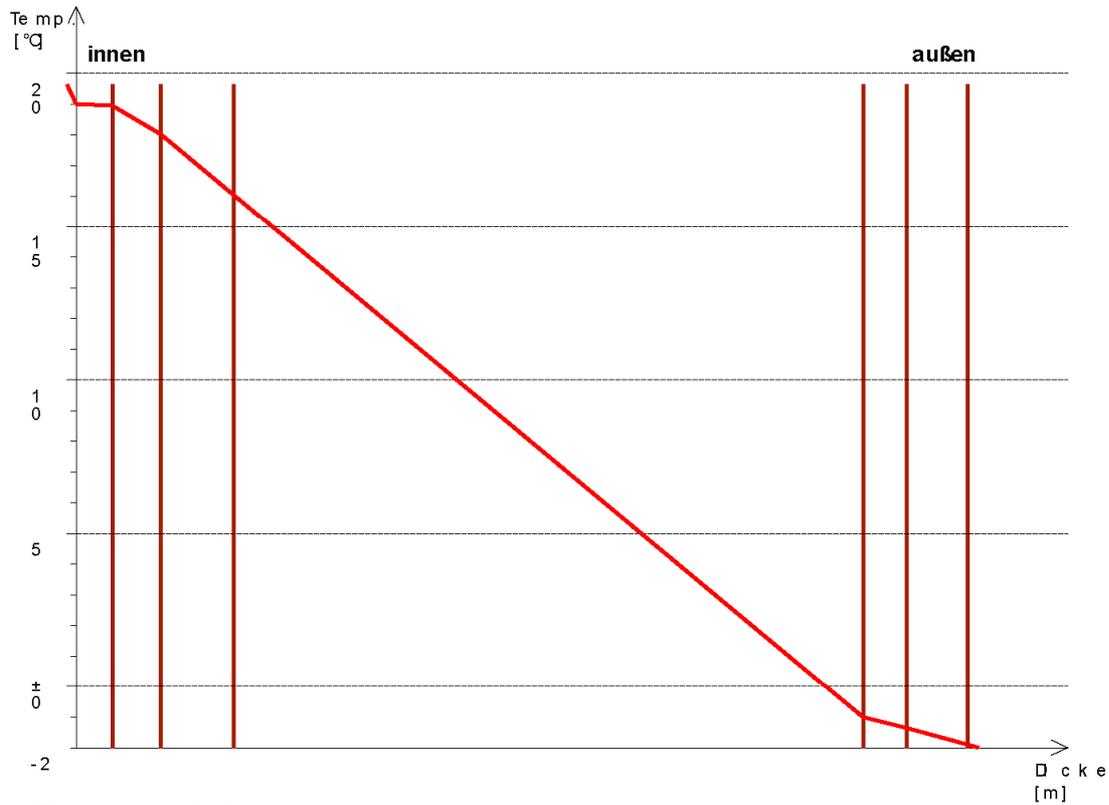
Berechnung lt. ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01

Temperaturverlauf gemäß ÖNORM B 8110-2 :

19_Sandberghof Darmstadt

Jänner

Temperaturverlauf in AD01 Oberste Geschoßdecke



Temperaturverlauf

Schichtbezeichnung	Dicke [m]	Lambda [W/mK]	Widerst. [m²K/W]	Temp. [°C]	Δ Temp [°C]
Wärmeübergangswid. innen	---	0,000	0,250	20,0	0,6
Kalkputz	0,015	0,800	0,019	19,4	0,1
Schilfrohrplatte	0,020	0,055	0,364	19,3	0,9
Zellulosedämmung	0,030	0,039	0,769	18,4	2,0
Zellulosedämmung	0,260	0,039	6,667	16,4	17,1
Grobspanplatte	0,018	0,130	0,138	-0,7	0,3
Holzdielenboden	0,025	0,120	0,208	-1,0	0,5
Wärmeübergangswid. außen	---	0,000	0,040	-1,5	0,1
				-1,6	

Berechnung lt. ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01

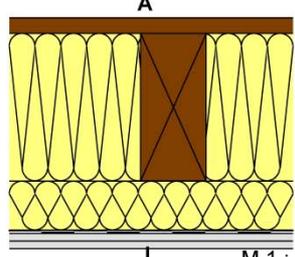
Anhang F – GEQ Westend Grün

Projekt: 15 17.11.2011 16:12 Uhr
Bauphysikalisches Berechnungsblatt
24_ Westend Grün Berlin

GrAT

BAUPHYSIKALISCHES BERECHNUNGSBLATT

Projekt: 24_ Westend Grün Berlin	Berechnungsblatt-Nr.: 1
Auftraggeber:	Datum: 20.09.2011
	Bearbeitungsnr.:

Bauteilbezeichnung: AD01 Oberste Geschoßdecke (F60)	
Bauteiltyp: Decke zu unconditioniertem geschloss. Dachraum	
Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946 <div style="text-align: center;">U - Wert 0,14 [W/m²K]</div>	

Konstruktionsaufbau und Berechnung

	Baustoffschichten	d	μ	λ	Anteil	ρ	$\rho \cdot d$
	von außen nach innen	Dicke	WD-Diff.	Leitfähigk.		Dichte	Flächengew.
Nr	Bezeichnung	[m]	[-]	[W/mK]	[%]	[kg/m³]	[kg/m²]
1	OSB Platte	0,025	200	0,130		600	15,0
2	Balken (12/24) dazw. Zellulosedämmmatte	0,240	50	0,120	14,3	500	17,1
			2	0,040	85,7	70	14,4
4	Lattung (8/3) dazw. Zellulosedämmmatte	0,080	50	0,120	8,0	500	3,2
			2	0,040	92,0	70	5,2
6	Dampfbremse	0,0003	61.275	0,220		600	0,2
7	Gipskarton Feuerschutzplatte	0,013	10	0,250		800	10,0
8	Gipskarton Feuerschutzplatte	0,013	10	0,250		800	10,0
Bauteildicke [m]		0,370					
Flächenbezogene Masse des Bauteils [kg/m²]							75,1
Zusammengesetzter Bauteil (Berechnung nach EN ISO 6946)							
Lattung (8/3):		Achsabstand [m]: 0,625	Breite [m]: 0,050	$R_{si} + R_{se} = 0,200$			
Balken (12/24):		Achsabstand [m]: 0,840	Breite [m]: 0,120				
Oberer Grenzwert: $R_{To} = 7,3917$		Unterer Grenzwert: $R_{Tu} = 6,8842$		$R_T = 7,1379 [m^2K/W]$			
Wärmedurchgangskoeffizient					$U = 1 / R_T$		
					0,14 [W/m²K]		

Wasserdampfdiffusion nach ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01

Randbedingungen: Innentemp.: gemäß ÖNORM Außentemp.: gemäß ÖNORM
 Luftfeuchtigkeit: Außen: gemäß ÖNORM Innen: gemäß ÖNORM
 Seehöhe: 171 m Region : N - Nord - außerhalb von Föhngebieten

Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,96°C Taupunkttemperatur: 15,15°C
 Es wird in keinem Monat Oberflächenkondensat erwartet

Gesamtkondensat(Jahr): 26,8 g/m² - Gesamtaustrocknung(Jahr): 315,1 g/m²
Das gesamte anfallende Kondensat kann austrocknen.

Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,96°C Temperatur(80%): 18,52°C
 Es wird in keinem Monat Schimmel an der Oberfläche erwartet

Dampf-Details

24_Westend Grün Berlin

Jänner

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: -1,64°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 63,36% Aussen: 80%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,37°C Taupunkttemperatur: 12,83°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 13,62°C Luftfeuchtigkeit Innen 53,36% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Februar

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 0,33°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 65% Aussen: 80%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,43°C Taupunkttemperatur: 13,22°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 14,09°C Luftfeuchtigkeit Innen 55% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

März

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 4,3°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 65% Aussen: 80%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,54°C Taupunkttemperatur: 13,22°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 14,09°C Luftfeuchtigkeit Innen 55% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

April

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 9,17°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 65% Aussen: 80%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,68°C Taupunkttemperatur: 13,22°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 15,22°C Luftfeuchtigkeit Innen 59,17% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Mai

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 13,85°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 68,85% Aussen: 75%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,82°C Taupunkttemperatur: 14,11°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 16,88°C Luftfeuchtigkeit Innen 65,78% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Juni

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 16,97°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 71,97% Aussen: 75%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,91°C Taupunkttemperatur: 14,79°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 17,96°C Luftfeuchtigkeit Innen 70,45% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Juli

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 18,65°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 73,65% Aussen: 75%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,96°C Taupunkttemperatur: 15,15°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 18,52°C Luftfeuchtigkeit Innen 72,98% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

August

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 18,19°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 73,19% Aussen: 75%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,95°C Taupunkttemperatur: 15,06°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 18,37°C Luftfeuchtigkeit Innen 72,29% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

September

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 14,51°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 69,51% Aussen: 80%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,84°C Taupunkttemperatur: 14,26°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 17,11°C Luftfeuchtigkeit Innen 66,76% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Oktober

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 9,18°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 65% Aussen: 80%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,68°C Taupunkttemperatur: 13,22°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 15,22°C Luftfeuchtigkeit Innen 59,18% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

November

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 3,95°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 65% Aussen: 80%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,53°C Taupunkttemperatur: 13,22°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 14,09°C Luftfeuchtigkeit Innen 55% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Dezember

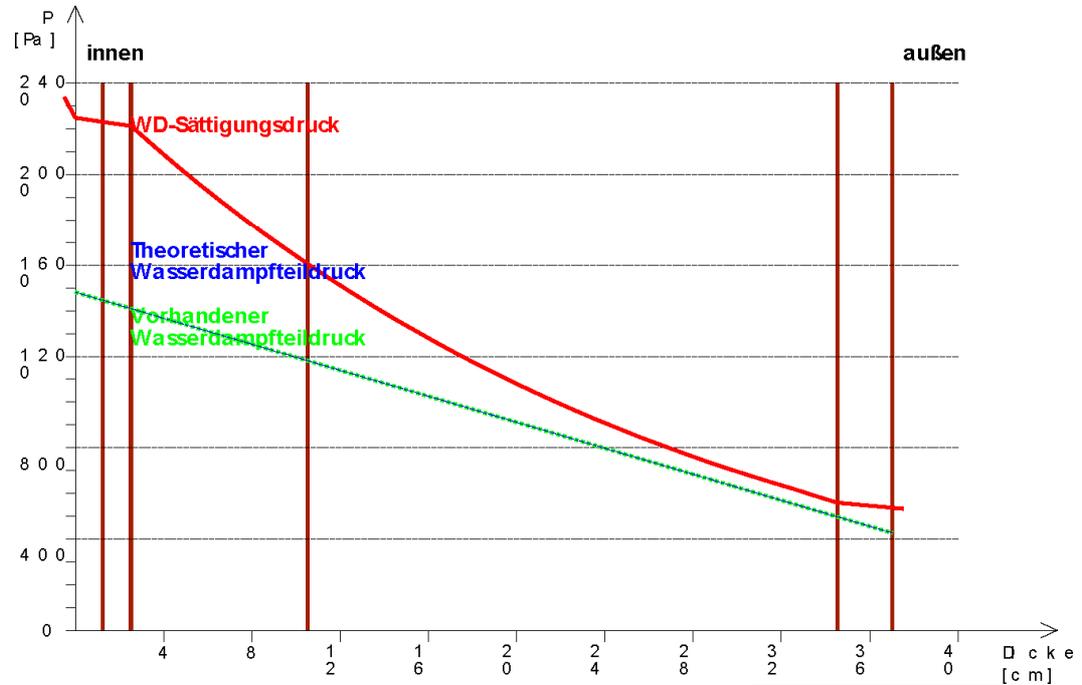
Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 0,32°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 65% Aussen: 80%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,43°C Taupunkttemperatur: 13,22°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 14,09°C Luftfeuchtigkeit Innen 55% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Dampfdiffusion gemäß ÖNORM B 8110-2

24_Westend Grün Berlin

Jänner

Dampfdiffusion im Bauteil: AD01 Oberste Geschoßdecke (F60)



Randbedingungen

	Innen	Außen
Lufttemperatur [°C]	20	-1,64
Relative Luftfeuchtigkeit [%]	63,36	80,00
Wasserdampfsättigungsdruck [Pa]	2.337,0	532,7
Wasserdampfteildruck [Pa]	1.480,6	426,2

Diffusionsverhalten

Schichtbezeichnung	Dicke [m]	Diff. Zahl μ	Wid. [m²K/W]	Sätt. Druck	Vorh. Druck
				2337,0	1480,6
Wärmeübergangswid. innen	---	---	0,250	2247,3	1480,6
Gipskarton Feuerschutzplatte	0,0125	10	0,050	2229,7	1475,2
Gipskarton Feuerschutzplatte	0,0125	10	0,050	2212,3	1469,7
Dampfbremse	0,0003	61.275	0,001	2211,8	671,2
Zellulosedämmmatte	0,080	2	2,000	1605,1	664,2
Zellulosedämmmatte	0,240	2	6,000	559,3	643,4
OSB Platte	0,025	200	0,192	537,2	426,2
Wärmeübergangswid. außen	---	---	0,040	532,7	426,2

Dampfdiffusion gemäß ÖNORM B 8110-2

24_Westend Grün Berlin

Jänner

Dampfdiffusion im Bauteil: AD01 Oberste Geschoßdecke (F60)

Oberflächentemperatur innen: 19,37°C Taupunkttemperatur: 12,83°C
Es fällt kein Oberflächenkondensat an!

Im Jänner kondensieren 11,3 g/m² ein.

Gesamtkondensat(Jahr): 26,8 g/m² - Gesamtaustrocknung(Jahr): 315,1 g/m²

Das gesamte anfallende Kondensat kann austrocknen.

Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,96°C Temperatur(80%): 18,52°C

Es wird in keinem Monat Schimmel an der Oberfläche erwartet

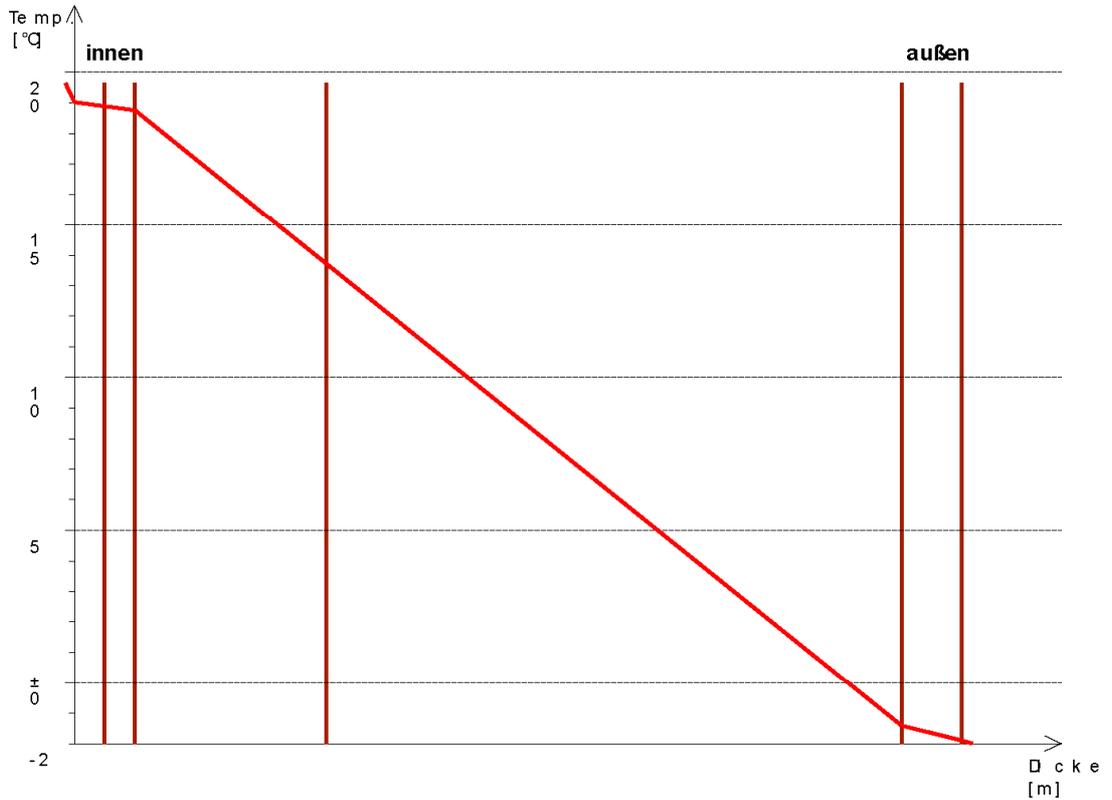
Berechnung lt. ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01

Temperaturverlauf gemäß ÖNORM B 8110-2 :

24_Westend Grün Berlin

Jänner

Temperaturverlauf in AD01 Oberste Geschoßdecke (F60)



Temperaturverlauf

Schichtbezeichnung	Dicke [m]	Lambda [W/mK]	Widerst. [m²K/W]	Temp. [°C]	Δ Temp [°C]
				20,0	
Wärmeübergangswid. innen	---	0,000	0,250	19,4	0,6
Gipskarton Feuerschutzplatte	0,0125	0,250	0,050	19,2	0,2
Gipskarton Feuerschutzplatte	0,0125	0,250	0,050	19,1	0,1
Dampfbremse	0,0003	0,220	0,001	19,1	0,0
Zellulosedämmmatte	0,080	0,040	2,000	14,1	5,0
Zellulosedämmmatte	0,240	0,040	6,000	-1,1	15,2
OSB Platte	0,025	0,130	0,192	-1,5	0,4
Wärmeübergangswid. außen	---	0,000	0,040	-1,6	0,1

Berechnung lt. ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01

Projekt: 16 17.11.2011 16:18 Uhr
Bauphysikalisches Berechnungsblatt
27_Lehmhaus Mitterretzbach



BAUPHYSIKALISCHES BERECHNUNGSBLATT

Projekt: 27_Lehmhaus Mitterretzbach	Berechnungsblatt-Nr.: 1
Auftraggeber: Lehmhaus Mitterretzbach	Datum: 20.09.2011
	Bearbeitungsnr.:

Bauteilbezeichnung: AD01 Oberste Geschoßdecke	
Bauteiltyp: Decke zu unconditioniertem geschloss. Dachraum	
Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946 U - Wert 0,13 [W/m²K]	

Konstruktionsaufbau und Berechnung

	Baustoffschichten	d	μ	λ	Anteil	ρ	ρ*d
	von außen nach innen	Dicke	WD-Diff.	Leitfähigk.		Dichte	Flächengew.
Nr	Bezeichnung	[m]	[-]	[W/mK]	[%]	[kg/m³]	[kg/m²]
1	Schalung	0,024	50	0,120		500	12,0
2	Strohballen	0,350	4	0,049		101	35,4
3	Dampfbremse	0,0003	61.275	0,220		600	0,2
4	Rauschalung	0,024	50	0,120		500	12,0
5	Balken (25/5) dazw.	* 0,250	50	0,120	6,3	500	7,8
	-	*	1	0,043	93,8	40	9,4
7	Leimbinder (20/20) dazw.	* 0,200	50	0,120	25,0	450	22,5
	-	*	1	0,043	75,0	40	6,0
Bauteildicke (wärmetechnisch relevant) [m]		0,398					
Bauteildicke gesamt [m]		0,848					
Flächenbezogene Masse des Bauteils [kg/m²]						105,2	
Zusammengesetzter Bauteil (Berechnung nach EN ISO 6946)							
Leimbinder		Achsabstand [m]: 0,800	Breite [m]: 0,200		$R_{si} + R_{se} = 0,200$		
Balken (25/5):		Achsabstand [m]: 0,800	Breite [m]: 0,050				
Oberer Grenzwert: $R_{To} = 7,7442$				Unterer Grenzwert: $R_{Tu} = 7,7442$		$R_T = 7,7442$ [m²K/W]	
Wärmedurchgangskoeffizient				U = 1 / R_T		0,13 [W/m²K]	

*... diese Schicht zählt nicht zur Berechnung

Wasserdampfdiffusion nach ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01

Randbedingungen: Innentemp.: gemäß ÖNORM Außentemp.: gemäß ÖNORM
 Luftfeuchtigkeit: Außen: gemäß ÖNORM Innen: gemäß ÖNORM
 Seehöhe: 263 m Region : N - Nord - außerhalb von Föhngebieten
 Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,94°C Taupunkttemperatur: 15,04°C
 Es wird in keinem Monat Oberflächenkondensat erwartet
 Es gibt keine Kondensation im Inneren des Bauteils.
 Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,94°C Temperatur(80%): 18,34°C
 Es wird in keinem Monat Schimmel an der Oberfläche erwartet



Dampf-Details

27_Lehmhaus Mitterretzbach

Jänner

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: -2,03°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 62,97%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,3°C	Taupunkttemperatur: 12,74°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 13,51°C	Luftfeuchtigkeit Innen 52,97%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

Februar

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: -0,09°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 64,91%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,36°C	Taupunkttemperatur: 13,2°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 14,06°C	Luftfeuchtigkeit Innen 54,91%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

März

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 3,82°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 65%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,48°C	Taupunkttemperatur: 13,22°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 14,09°C	Luftfeuchtigkeit Innen 55%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

April

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 8,61°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 65%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,64°C	Taupunkttemperatur: 13,22°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 15,07°C	Luftfeuchtigkeit Innen 58,61%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

Mai

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 13,3°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 68,3%	Aussen: 75%
Oberflächentemperatur Innen: 19,79°C	Taupunkttemperatur: 13,98°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 16,68°C	Luftfeuchtigkeit Innen 64,95%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

Juni

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 16,4°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 71,4%	Aussen: 75%
Oberflächentemperatur Innen: 19,89°C	Taupunkttemperatur: 14,67°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 17,77°C	Luftfeuchtigkeit Innen 69,61%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

Juli

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 18,1°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 73,1%	Aussen: 75%
Oberflächentemperatur Innen: 19,94°C	Taupunkttemperatur: 15,04°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 18,34°C	Luftfeuchtigkeit Innen 72,15%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

August

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 17,64°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 72,64%	Aussen: 75%
Oberflächentemperatur Innen: 19,92°C	Taupunkttemperatur: 14,94°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 18,19°C	Luftfeuchtigkeit Innen 71,45%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

September

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 14,05°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 69,05%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,81°C	Taupunkttemperatur: 14,15°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 16,95°C	Luftfeuchtigkeit Innen 66,08%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

Oktober

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 8,8°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 65%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,64°C	Taupunkttemperatur: 13,22°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 15,12°C	Luftfeuchtigkeit Innen 58,8%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

November

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 3,5°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 65%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,47°C	Taupunkttemperatur: 13,22°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 14,09°C	Luftfeuchtigkeit Innen 55%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

Dezember

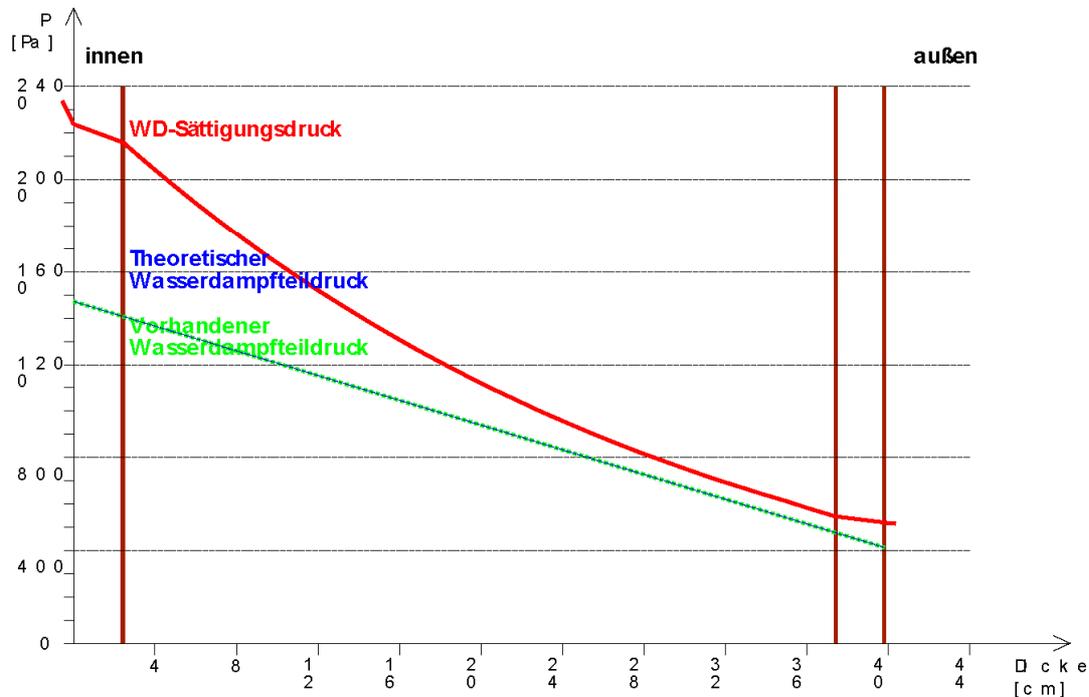
Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: -0,2°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 64,8%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,36°C	Taupunkttemperatur: 13,18°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 14,03°C	Luftfeuchtigkeit Innen 54,8%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

Dampfdiffusion gemäß ÖNORM B 8110-2

27_Lehmhaus Mitterretzbach

Jänner

Dampfdiffusion im Bauteil: AD01 Oberste Geschoßdecke



Randbedingungen

	Innen	Außen
Lufttemperatur [°C]	20	-2,03
Relative Luftfeuchtigkeit [%]	62,97	80,00
Wasserdampfsättigungsdruck [Pa]	2.337,0	515,7
Wasserdampfdruck [Pa]	1.471,5	412,5

Diffusionsverhalten

Schichtbezeichnung	Dicke [m]	Diff. Zahl μ	Wid. [m²K/W]	Sätt. Druck	Vorh. Druck
				2337,0	1471,5
Wärmeübergangswid. innen	---	---	0,250	2237,2	1471,5
Rauschalung	0,024	50	0,200	2160,0	1414,2
Dampfbremse	0,0003	61.275	0,001	2159,5	536,6
Strohballen	0,350	4	7,143	545,5	469,8
Schalung	0,024	50	0,200	520,5	412,5
Wärmeübergangswid. außen	---	---	0,040	515,7	412,5

Oberflächentemperatur innen: 19,30°C Taupunkttemperatur: 12,74°C

Es fällt kein Oberflächenkondensat an!

Im Jänner gibt es kein Kondensat.

Es gibt keine Kondensation im Inneren des Bauteils.

Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,94°C Temperatur(80%): 18,34°C

Es wird in keinem Monat Schimmel an der Oberfläche erwartet

Dampfdiffusion gemäß ÖNORM B 8110-2

27_Lehmhaus Mitterretzbach

Jänner

Dampfdiffusion im Bauteil: AD01 Oberste Geschoßdecke

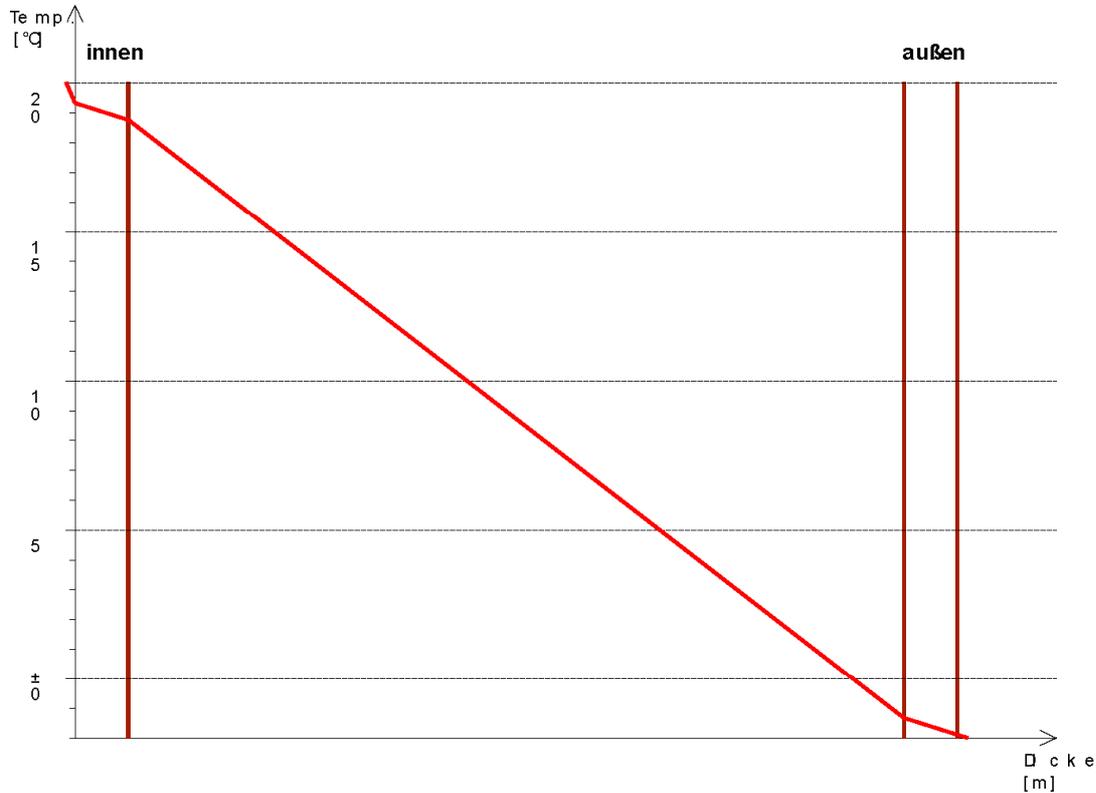
Berechnung lt. ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01

Temperaturverlauf gemäß ÖNORM B 8110-2 :

27_Lehmhaus Mitterretzbach

Jänner

Temperaturverlauf in AD01 Oberste Geschoßdecke



Temperaturverlauf

Schichtbezeichnung	Dicke [m]	Lambda [W/mK]	Widerst. [m²K/W]	Temp. [°C]	ΔTemp [°C]
				20,0	
Wärmeübergangswid. innen	---	0,000	0,250	19,3	0,7
Rauschalung	0,024	0,120	0,200	18,7	0,6
Dampfbremse	0,0003	0,220	0,001	18,7	0,0
Strohballen	0,350	0,049	7,143	-1,4	20,1
Schalung	0,024	0,120	0,200	-1,9	0,5
Wärmeübergangswid. außen	---	0,000	0,040	-2,0	0,1

Berechnung lt. ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01

Anhang H – GEQ Lehmhaus Mitterretzbach 2

Projekt: 16 17.11.2011 16:21 Uhr
Bauphysikalisches Berechnungsblatt
27_Lehmhaus Mitterretzbach



BAUPHYSIKALISCHES BERECHNUNGSBLATT

Projekt: 27_Lehmhaus Mitterretzbach	Berechnungsblatt-Nr.: 1
Auftraggeber: Lehmhaus Mitterretzbach	Datum: 20.09.2011
	Bearbeitungsnr.:

Bauteilbezeichnung: AD02 Oberste Geschoßdecke 2	
Bauteiltyp: Decke zu unconditioniertem geschloss. Dachraum	
Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946 U - Wert 0,13 [W/m²K]	

Konstruktionsaufbau und Berechnung							
	Baustoffschichten	d	μ	λ	Anteil	ρ	ρ*d
	von außen nach innen	Dicke	WD-Diff.	Leitfähigk.		Dichte	Flächengew.
Nr	Bezeichnung	[m]	[-]	[W/mK]	[%]	[kg/m³]	[kg/m²]
1	Strohballen	0,350	4	0,049		101	35,4
2	Dampfbremse	0,0003	61.275	0,220		600	0,2
3	Lehm	0,050	10	1,000		2.000	100,0
4	Schalung	0,024	50	0,120		500	12,0
5	Balken (20/5) dazw.	* 0,200	50	0,120	6,3	500	6,3
	-	*	1	0,043	93,8	40	7,5
Bauteildicke (wärmetechnisch relevant) [m]		0,424					
Bauteildicke gesamt [m]		0,624					
Flächenbezogene Masse des Bauteils [kg/m²]						161,3	
Zusammengesetzter Bauteil (Berechnung nach EN ISO 6946)							
Balken (20/5):		Achsabstand [m]:	0,800	Breite [m]:	0,050	R _{si} + R _{se} = 0,200	
Oberer Grenzwert: R _{To} = 7,5942		Unterer Grenzwert: R _{Tu} = 7,5942		R _T = 7,5942 [m²K/W]			
Wärmedurchgangskoeffizient				U = 1 / R_T 0,13 [W/m²K]			

*... diese Schicht zählt nicht zur Berechnung

Wasserdampfdiffusion nach ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01	
<u>Randbedingungen:</u> Innentemp.: gemäß ÖNORM	Außentemp.: gemäß ÖNORM
Luftfeuchtigkeit: Außen: gemäß ÖNORM	Innen: gemäß ÖNORM
Seehöhe: 263 m	Region : N - Nord - außerhalb von Föhngebieten
Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,94°C	Taupunkttemperatur: 15,04°C
Es wird in keinem Monat Oberflächenkondensat erwartet	
Es gibt keine Kondensation im Inneren des Bauteils.	
Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,94°C Temperatur(80%): 18,34°C	
Es wird in keinem Monat Schimmel an der Oberfläche erwartet	

Dampf-Details

27_Lehmhaus Mitterretzbach

Jänner

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: -2,03°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 62,97% Aussen: 80%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,28°C Taupunkttemperatur: 12,74°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 13,51°C Luftfeuchtigkeit Innen 52,97% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Februar

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: -0,09°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 64,91% Aussen: 80%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,35°C Taupunkttemperatur: 13,2°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 14,06°C Luftfeuchtigkeit Innen 54,91% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

März

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 3,82°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 65% Aussen: 80%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,47°C Taupunkttemperatur: 13,22°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 14,09°C Luftfeuchtigkeit Innen 55% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

April

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 8,61°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 65% Aussen: 80%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,63°C Taupunkttemperatur: 13,22°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 15,07°C Luftfeuchtigkeit Innen 58,61% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Mai

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 13,3°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 68,3% Aussen: 75%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,78°C Taupunkttemperatur: 13,98°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 16,68°C Luftfeuchtigkeit Innen 64,95% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Juni

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 16,4°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 71,4% Aussen: 75%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,88°C Taupunkttemperatur: 14,67°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 17,77°C Luftfeuchtigkeit Innen 69,61% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Juli

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 18,1°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 73,1% Aussen: 75%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,94°C Taupunkttemperatur: 15,04°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 18,34°C Luftfeuchtigkeit Innen 72,15% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

August

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 17,64°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 72,64% Aussen: 75%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,92°C Taupunkttemperatur: 14,94°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 18,19°C Luftfeuchtigkeit Innen 71,45% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

September

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 14,05°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 69,05% Aussen: 80%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,81°C Taupunkttemperatur: 14,15°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 16,95°C Luftfeuchtigkeit Innen 66,08% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Oktober

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 8,8°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 65% Aussen: 80%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,64°C Taupunkttemperatur: 13,22°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 15,12°C Luftfeuchtigkeit Innen 58,8% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

November

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 3,5°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 65% Aussen: 80%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,46°C Taupunkttemperatur: 13,22°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 14,09°C Luftfeuchtigkeit Innen 55% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Dezember

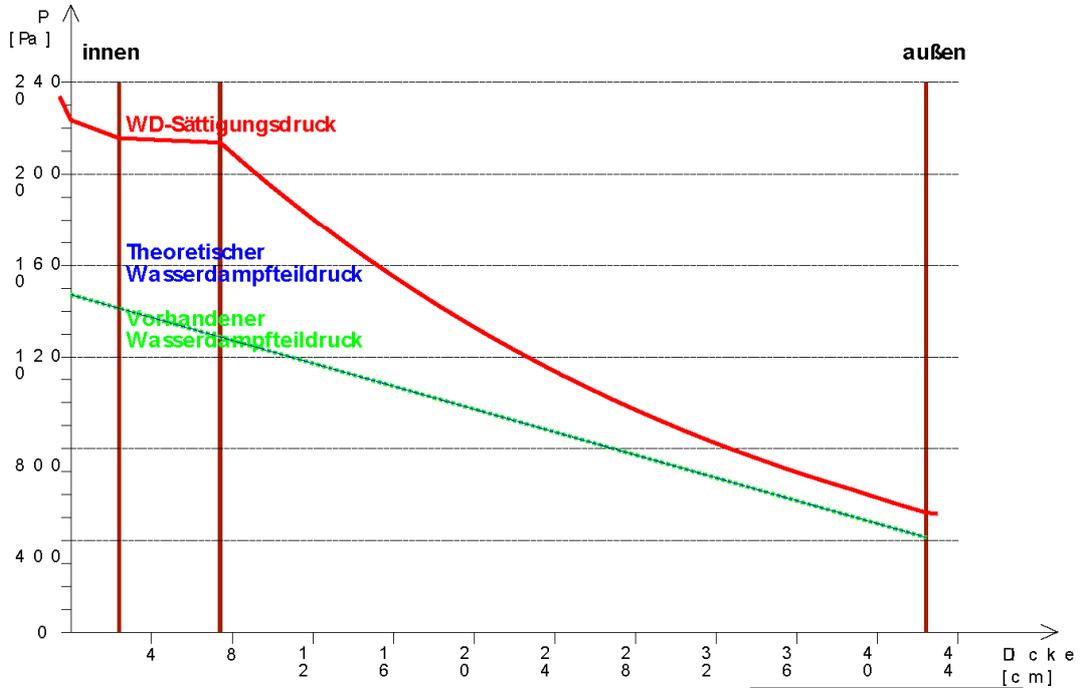
Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: -0,2°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 64,8% Aussen: 80%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,34°C Taupunkttemperatur: 13,18°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 14,03°C Luftfeuchtigkeit Innen 54,8% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Dampfdiffusion gemäß ÖNORM B 8110-2

27_Lehmhaus Mitterretzbach

Jänner

Dampfdiffusion im Bauteil: AD02 Oberste Geschoßdecke 2



Randbedingungen

	Innen	Außen
Lufttemperatur [°C]	20	-2,03
Relative Luftfeuchtigkeit [%]	62,97	80,00
Wasserdampfsättigungsdruck [Pa]	2.337,0	515,7
Wasserdampfteildruck [Pa]	1.471,5	412,5

Diffusionsverhalten

Schichtbezeichnung	Dicke [m]	Diff. Zahl μ	Wid. [m²K/W]	Sätt. Druck	Vorh. Druck
				2337,0	1471,5
Wärmeübergangswid. innen	---	---	0,250	2235,2	1471,5
Schalung	0,024	50	0,200	2156,7	1412,3
Lehm	0,050	10	0,050	2137,4	1387,7
Dampfbremse	0,0003	61.275	0,001	2136,9	481,5
Strohballen	0,350	4	7,143	520,6	412,5
Wärmeübergangswid. außen	---	---	0,040	515,7	412,5

Oberflächentemperatur innen: 19,28°C Taupunkttemperatur: 12,74°C

Es fällt kein Oberflächenkondensat an!

Im Jänner gibt es kein Kondensat.

Es gibt keine Kondensation im Inneren des Bauteils.

Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,94°C Temperatur(80%): 18,34°C

Es wird in keinem Monat Schimmel an der Oberfläche erwartet

Dampfdiffusion gemäß ÖNORM B 8110-2

27_Lehmhaus Mitterretzbach

Jänner

Dampfdiffusion im Bauteil: **AD02 Oberste Geschoßdecke 2**

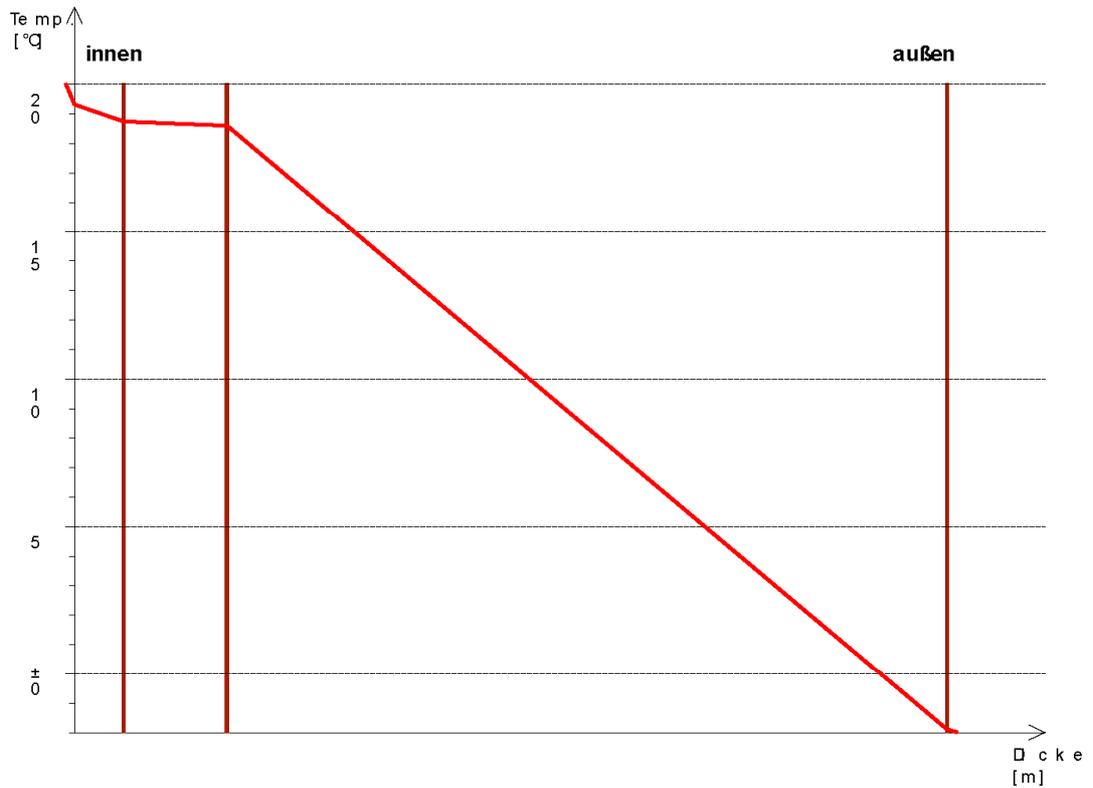
Berechnung lt. ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01

Temperaturverlauf gemäß ÖNORM B 8110-2 :

27_Lehmhaus Mitterretzbach

Jänner

Temperaturverlauf in AD02 Oberste Geschoßdecke 2



Temperaturverlauf

Schichtbezeichnung	Dicke [m]	Lambda [W/mK]	Widerst. [m²K/W]	Temp. [°C]	ΔTemp [°C]
Wärmeübergangswid. innen	---	0,000	0,250	20,0	
				19,3	0,7
Schalung	0,024	0,120	0,200	18,7	0,6
Lehm	0,050	1,000	0,050	18,6	0,1
Dampfbremse	0,0003	0,220	0,001	18,6	0,0
Strohballen	0,350	0,049	7,143	-1,9	20,5
Wärmeübergangswid. außen	---	0,000	0,040	-2,0	0,1

Berechnung lt. ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01

Projekt: 18 17.11.2011 16:32 Uhr
Bauphysikalisches Berechnungsblatt
35_MFH Wehlen



BAUPHYSIKALISCHES BERECHNUNGSBLATT

Projekt: 35_MFH Wehlen	Berechnungsblatt-Nr.: 1
Auftraggeber:	Datum: 30.09.2011
	Bearbeitungsnr.:

Bauteilbezeichnung: AD01 Oberste Geschoßdecke	<p style="text-align: center;">A</p> <p style="text-align: center;">I M 1 : 10</p>
Bauteiltyp: Decke zu unconditioniertem geschloss. Dachraum	
Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946 U - Wert 0,30 [W/m²K]	

Konstruktionsaufbau und Berechnung

	Baustoffschichten	d	μ	λ	Anteil	ρ	ρ*d
	von außen nach innen	Dicke	WD-Diff.	Leitfähig.		Dichte	Flächengew.
Nr	Bezeichnung	[m]	[-]	[W/mK]	[%]	[kg/m³]	[kg/m²]
1	Holzdamplatte	0,080	2	0,039		50	4,0
2	OSB Platte	0,018	200	0,130		600	10,8
3	Balken (16/14) dazw.	0,160	50	0,120	16,7	500	13,3
	Schlacke		5	0,350	83,3	750	100,0
5	Deckenschalung	0,024	50	0,120		500	12,0
6	Schilfrohrmatte	0,010	2	0,055		155	1,6
7	Lehmputz	0,015	10	0,810		1.700	25,5

Bauteildicke [m] **0,307**
 Flächenbezogene Masse des Bauteils [kg/m²] **167,2**

Zusammengesetzter Bauteil (Berechnung nach EN ISO 6946)
 Balken (16/14): Achsabstand [m]: 0,840 Breite [m]: 0,140 $R_{si} + R_{se} = 0,200$

Oberer Grenzwert: $R_{To} = 3,3665$ Unterer Grenzwert: $R_{Tu} = 3,3035$ $R_T = 3,3350$ [m²K/W]
Wärmedurchgangskoeffizient U = 1 / R_T 0,30 [W/m²K]

Wasserdampfdiffusion nach ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01

Randbedingungen: Innentemp.: gemäß ÖNORM Außentemp.: gemäß ÖNORM
 Luftfeuchtigkeit: Außen: gemäß ÖNORM Innen: gemäß ÖNORM
 Seehöhe: 171 m Region : N - Nord - außerhalb von Föhngebieten
 Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,90°C Taupunkttemperatur: 15,15°C
 Es wird in keinem Monat Oberflächenkondensat erwartet

Es gibt keine Kondensation im Inneren des Bauteils.

Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,90°C Temperatur(80%): 18,52°C
 Es wird in keinem Monat Schimmel an der Oberfläche erwartet



Dampf-Details

35_MFH Wehlen

Jänner

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: -1,64°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 63,36% Aussen: 80%
 Oberflächentemperatur Innen: 18,38°C Taupunkttemperatur: 12,83°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 13,62°C Luftfeuchtigkeit Innen 53,36% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Februar

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 0,33°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 65% Aussen: 80%
 Oberflächentemperatur Innen: 18,53°C Taupunkttemperatur: 13,22°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 14,09°C Luftfeuchtigkeit Innen 55% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

März

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 4,3°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 65% Aussen: 80%
 Oberflächentemperatur Innen: 18,82°C Taupunkttemperatur: 13,22°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 14,09°C Luftfeuchtigkeit Innen 55% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

April

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 9,17°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 65% Aussen: 80%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,19°C Taupunkttemperatur: 13,22°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 15,22°C Luftfeuchtigkeit Innen 59,17% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Mai

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 13,85°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 68,85% Aussen: 75%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,54°C Taupunkttemperatur: 14,11°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 16,88°C Luftfeuchtigkeit Innen 65,78% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Juni

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 16,97°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 71,97% Aussen: 75%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,77°C Taupunkttemperatur: 14,79°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 17,96°C Luftfeuchtigkeit Innen 70,45% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Juli

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 18,65°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 73,65% Aussen: 75%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,9°C Taupunkttemperatur: 15,15°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 18,52°C Luftfeuchtigkeit Innen 72,98% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

August

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 18,19°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 73,19% Aussen: 75%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,86°C Taupunkttemperatur: 15,06°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 18,37°C Luftfeuchtigkeit Innen 72,29% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

September

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 14,51°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 69,51% Aussen: 80%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,59°C Taupunkttemperatur: 14,26°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 17,11°C Luftfeuchtigkeit Innen 66,76% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Oktober

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 9,18°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 65% Aussen: 80%
 Oberflächentemperatur Innen: 19,19°C Taupunkttemperatur: 13,22°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 15,22°C Luftfeuchtigkeit Innen 59,18% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

November

Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 3,95°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 65% Aussen: 80%
 Oberflächentemperatur Innen: 18,8°C Taupunkttemperatur: 13,22°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 14,09°C Luftfeuchtigkeit Innen 55% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Dezember

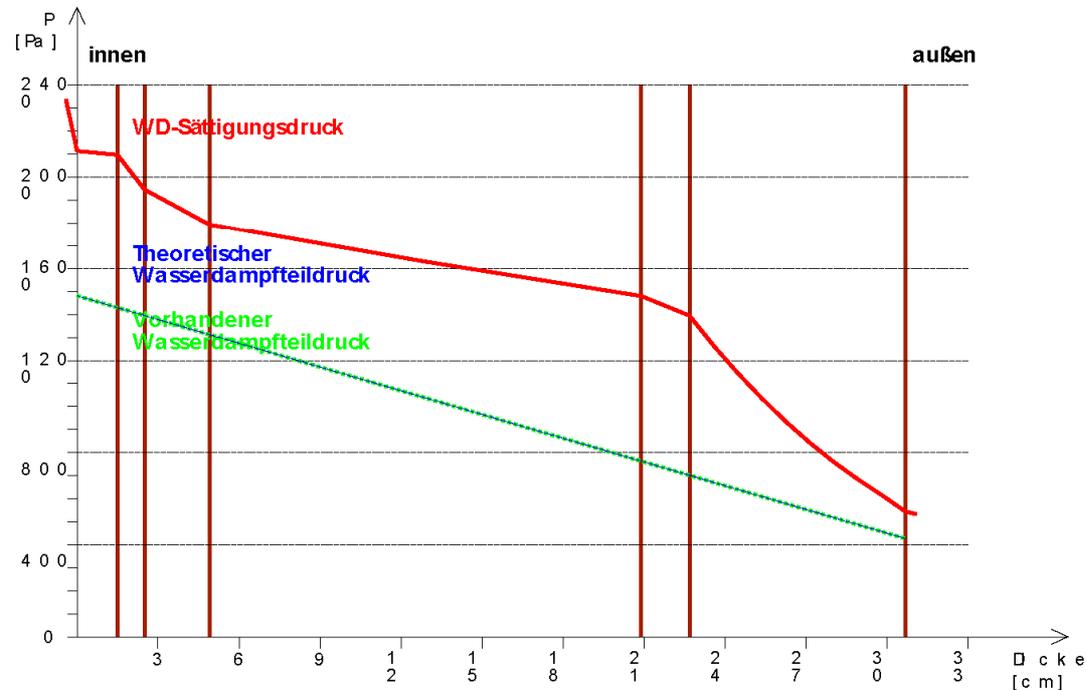
Lufttemperatur: Innen 20°C Aussen: 0,32°C Luftfeuchtigkeit: Innen: 65% Aussen: 80%
 Oberflächentemperatur Innen: 18,53°C Taupunkttemperatur: 13,22°C Kein Oberflächenkondensat erwartet
 Temperatur (80%): 14,09°C Luftfeuchtigkeit Innen 55% Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Dampfdiffusion gemäß ÖNORM B 8110-2

35_MFH Wehlen

Jänner

Dampfdiffusion im Bauteil: AD01 Oberste Geschoßdecke



Randbedingungen

	Innen	Außen
Lufttemperatur [°C]	20	-1,64
Relative Luftfeuchtigkeit [%]	63,36	80,00
Wasserdampfsättigungsdruck [Pa]	2.337,0	532,7
Wasserdampfteildruck [Pa]	1.480,6	426,2

Diffusionsverhalten

Schichtbezeichnung	Dicke [m]	Diff. Zahl μ	Wid. [m ² K/W]	Sätt. Druck	Vorh. Druck
				2337,0	1480,6
Wärmeübergangswid. innen	---	---	0,250	2112,4	1480,6
Lehmputz	0,015	10	0,019	2096,6	1453,9
Schilfrohrmatte	0,010	2	0,182	1946,4	1450,4
Deckenschalung	0,024	50	0,200	1792,1	1237,0
Schlacke	0,160	5	0,457	1479,2	1094,7
OSB Platte	0,018	200	0,138	1394,4	454,6
Holzämmplatte	0,080	2	2,051	544,3	426,2
Wärmeübergangswid. außen	---	---	0,040	532,7	426,2

Dampfdiffusion gemäß ÖNORM B 8110-2

35_MFH Wehlen

Jänner

Dampfdiffusion im Bauteil: **AD01 Oberste Geschoßdecke**

Oberflächentemperatur innen: 18,38°C Taupunkttemperatur: 12,83°C

Es fällt kein Oberflächenkondensat an!

Im Jänner gibt es kein Kondensat.

Es gibt keine Kondensation im Inneren des Bauteils.

Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,90°C Temperatur(80%): 18,52°C

Es wird in keinem Monat Schimmel an der Oberfläche erwartet

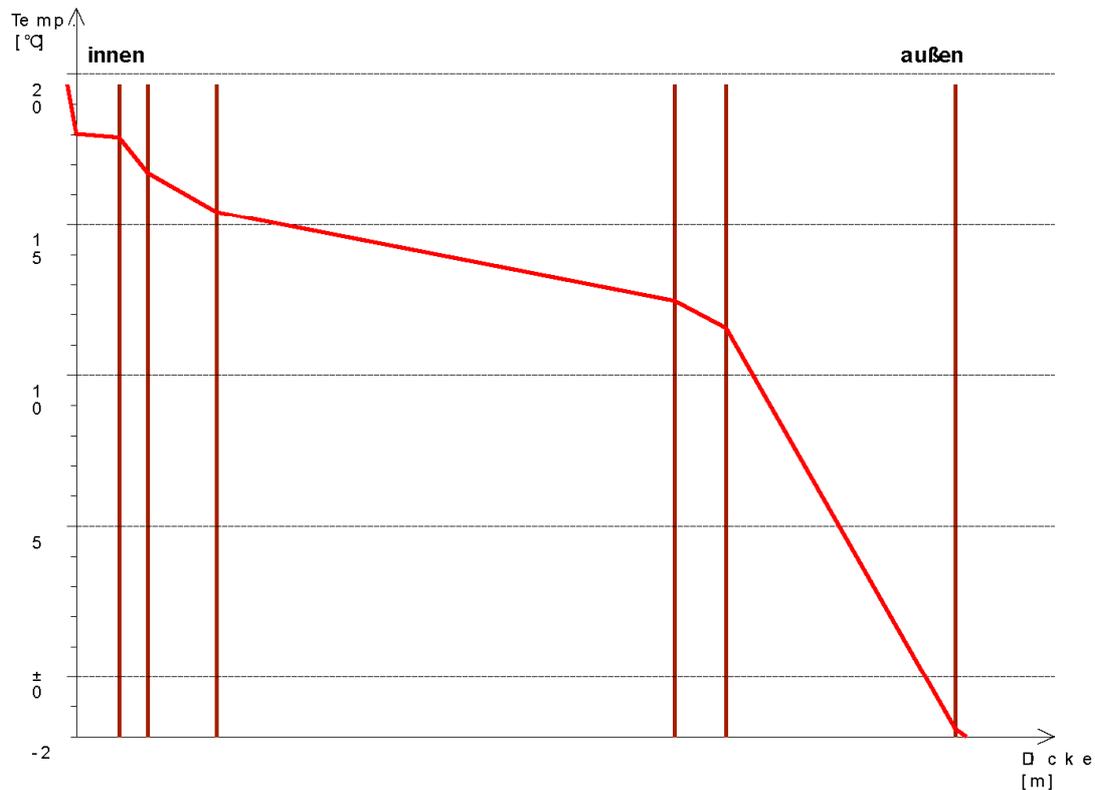
Berechnung lt. ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01

Temperaturverlauf gemäß ÖNORM B 8110-2 :

35_MFH Wehlen

Jänner

Temperaturverlauf in AD01 Oberste Geschoßdecke



Temperaturverlauf

Schichtbezeichnung	Dicke [m]	Lambda [W/mK]	Widerst. [m²K/W]	Temp. [°C]	ΔTemp [°C]
				20,0	
Wärmeübergangswid. innen	---	0,000	0,250	18,4	1,6
Lehmputz	0,015	0,810	0,019	18,3	0,1
Schilfrohrmatte	0,010	0,055	0,182	17,1	1,2
Deckenschalung	0,024	0,120	0,200	15,8	1,3
Schlacke	0,160	0,350	0,457	12,8	3,0
OSB Platte	0,018	0,130	0,138	11,9	0,9
Holzämmplatte	0,080	0,039	2,051	-1,4	13,3
Wärmeübergangswid. außen	---	0,000	0,040	-1,6	0,2

Berechnung lt. ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01

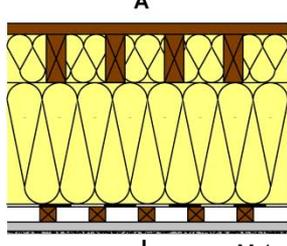
Anhang J – GEQ Murat Erol 1

Projekt: 17 17.11.2011 16:27 Uhr
Bauphysikalisches Berechnungsblatt
43_Murat Erol

GrAT

BAUPHYSIKALISCHES BERECHNUNGSBLATT

Projekt: 43_Murat Erol	Berechnungsblatt-Nr.: 1
Auftraggeber: Anzbach	Datum: 23.09.2011
	Bearbeitungsnr.:

Bauteilbezeichnung: AD01 Oberste Geschoßdecke	
Bauteiltyp: Decke zu unconditioniertem geschloss. Dachraum	
Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946 U - Wert 0,16 [W/m²K]	

Konstruktionsaufbau und Berechnung							
	Baustoffschichten	d	μ	λ	Anteil	ρ	$\rho \cdot d$
	von außen nach innen	Dicke	WD-Diff.	Leitfähigk.		Dichte	Flächengew.
Nr	Bezeichnung	[m]	[-]	[W/mK]	[%]	[kg/m³]	[kg/m²]
1	OSB Platte	0,018	200	0,130		600	10,8
2	Staffel (8/5) dazw.	0,080	50	0,120	6,3	500	2,5
	Stopfhanf		2	0,047	93,8	50	3,8
4	Zange (20/3) dazw.	0,200	50	0,120	3,8	500	3,8
	Stopfhanf		2	0,047	96,3	50	9,6
6	Dampfbremse	0,002	10.000	0,130		1	0,0
7	Holzsparschalung (2,5/10) dazw.	0,025	50	0,120	33,3	500	4,2
	Luftraum		1	0,167	66,7	1	0,0
9	Gipskartonplatte	0,015	10	0,210		850	12,8
10	Kalkputz	0,005	10	0,800		1.400	7,0
Bauteildicke [m]		0,345					
Flächenbezogene Masse des Bauteils [kg/m²]						54,4	
Zusammengesetzter Bauteil (Berechnung nach EN ISO 6946)							
Holzsparschalung		Achsabstand [m]: 0,300	Breite [m]: 0,100	$R_{si} + R_{se} = 0,200$			
Zange (20/3):		Achsabstand [m]: 0,800	Breite [m]: 0,030				
Staffel (8/5):		Achsabstand [m]: 0,800	Breite [m]: 0,050				
Oberer Grenzwert: $R_{To} = 6,3235$					Unterer Grenzwert: $R_{Tu} = 6,1693$		$R_T = 6,2464$ [m²K/W]
Wärmedurchgangskoeffizient					U = 1 / R_T		0,16 [W/m²K]

Projekt: 17 17.11.2011 16:27 Uhr

GrAT

Bauphysikalisches Berechnungsblatt

43_Murat Erol

Wasserdampfdiffusion nach ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01

Randbedingungen: Innentemp.: gemäß ÖNORM Außentemp.: gemäß ÖNORM
Luftfeuchtigkeit: Außen: gemäß ÖNORM Innen: gemäß ÖNORM
Seehöhe: 171 m Region : N - Nord - außerhalb von Föhngebieten

Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,95°C Taupunkttemperatur: 15,15°C
Es wird in keinem Monat Oberflächenkondensat erwartet

Gesamtkondensat(Jahr): 4,3 g/m² - Gesamtaustrocknung(Jahr): 448,8 g/m²

Das gesamte anfallende Kondensat kann austrocknen.

Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,95°C Temperatur(80%): 18,52°C
Es wird in keinem Monat Schimmel an der Oberfläche erwartet



Dampf-Details

43_Murat Erol

Jänner

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: -1,64°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 63,36%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,18°C	Taupunkttemperatur: 12,83°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 13,62°C	Luftfeuchtigkeit Innen 53,36%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

Februar

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 0,33°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 65%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,26°C	Taupunkttemperatur: 13,22°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 14,09°C	Luftfeuchtigkeit Innen 55%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

März

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 4,3°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 65%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,41°C	Taupunkttemperatur: 13,22°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 14,09°C	Luftfeuchtigkeit Innen 55%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

April

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 9,17°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 65%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,59°C	Taupunkttemperatur: 13,22°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 15,22°C	Luftfeuchtigkeit Innen 59,17%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

Mai

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 13,85°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 68,85%	Aussen: 75%
Oberflächentemperatur Innen: 19,77°C	Taupunkttemperatur: 14,11°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 16,88°C	Luftfeuchtigkeit Innen 65,78%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

Juni

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 16,97°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 71,97%	Aussen: 75%
Oberflächentemperatur Innen: 19,89°C	Taupunkttemperatur: 14,79°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 17,96°C	Luftfeuchtigkeit Innen 70,45%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

Juli

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 18,65°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 73,65%	Aussen: 75%
Oberflächentemperatur Innen: 19,95°C	Taupunkttemperatur: 15,15°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 18,52°C	Luftfeuchtigkeit Innen 72,98%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

August

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 18,19°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 73,19%	Aussen: 75%
Oberflächentemperatur Innen: 19,93°C	Taupunkttemperatur: 15,06°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 18,37°C	Luftfeuchtigkeit Innen 72,29%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

September

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 14,51°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 69,51%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,79°C	Taupunkttemperatur: 14,26°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 17,11°C	Luftfeuchtigkeit Innen 66,76%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

Oktober

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 9,18°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 65%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,59°C	Taupunkttemperatur: 13,22°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 15,22°C	Luftfeuchtigkeit Innen 59,18%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

November

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 3,95°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 65%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,39°C	Taupunkttemperatur: 13,22°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 14,09°C	Luftfeuchtigkeit Innen 55%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

Dezember

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 0,32°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 65%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,26°C	Taupunkttemperatur: 13,22°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%): 14,09°C	Luftfeuchtigkeit Innen 55%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet	

Dampfdiffusion gemäß ÖNORM B 8110-2

43_Murat Erol

Jänner

Dampfdiffusion im Bauteil: AD01 Oberste Geschoßdecke



Randbedingungen

	Innen	Außen
Lufttemperatur [°C]	20	-1,64
Relative Luftfeuchtigkeit [%]	63,36	80,00
Wasserdampfsättigungsdruck [Pa]	2.337,0	532,7
Wasserdampfdruck [Pa]	1.480,6	426,2

Diffusionsverhalten

Schichtbezeichnung	Dicke [m]	Diff. Zahl μ	Wid. [m²K/W]	Sätt. Druck	Vorh. Druck
				2337,0	1480,6
Wärmeübergangswid. innen	---	---	0,250	2221,4	1480,6
Kalkputz	0,005	10	0,006	2218,6	1478,4
Gipskartonplatte	0,015	10	0,071	2186,6	1471,9
Luftraum	0,025	1	0,150	2120,8	1470,9
Dampfbremse	0,002	10.000	0,015	2114,1	606,0
Stopfhanf	0,200	2	4,255	841,7	588,7
Stopfhanf	0,080	2	1,702	559,2	581,8
OSB Platte	0,018	200	0,138	538,5	426,2
Wärmeübergangswid. außen	---	---	0,040	532,7	426,2

Dampfdiffusion gemäß ÖNORM B 8110-2

43_Murat Erol

Jänner

Dampfdiffusion im Bauteil: **AD01 Oberste Geschoßdecke**

Oberflächentemperatur innen: 19,18°C Taupunkttemperatur: 12,83°C

Es fällt kein Oberflächenkondensat an!

Im Jänner kondensieren 4,0 g/m² ein.

Gesamtkondensat(Jahr): 4,3 g/m² - Gesamtaustrocknung(Jahr): 448,8 g/m²

Das gesamte anfallende Kondensat kann austrocknen.

Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,95°C Temperatur(80%): 18,52°C

Es wird in keinem Monat Schimmel an der Oberfläche erwartet

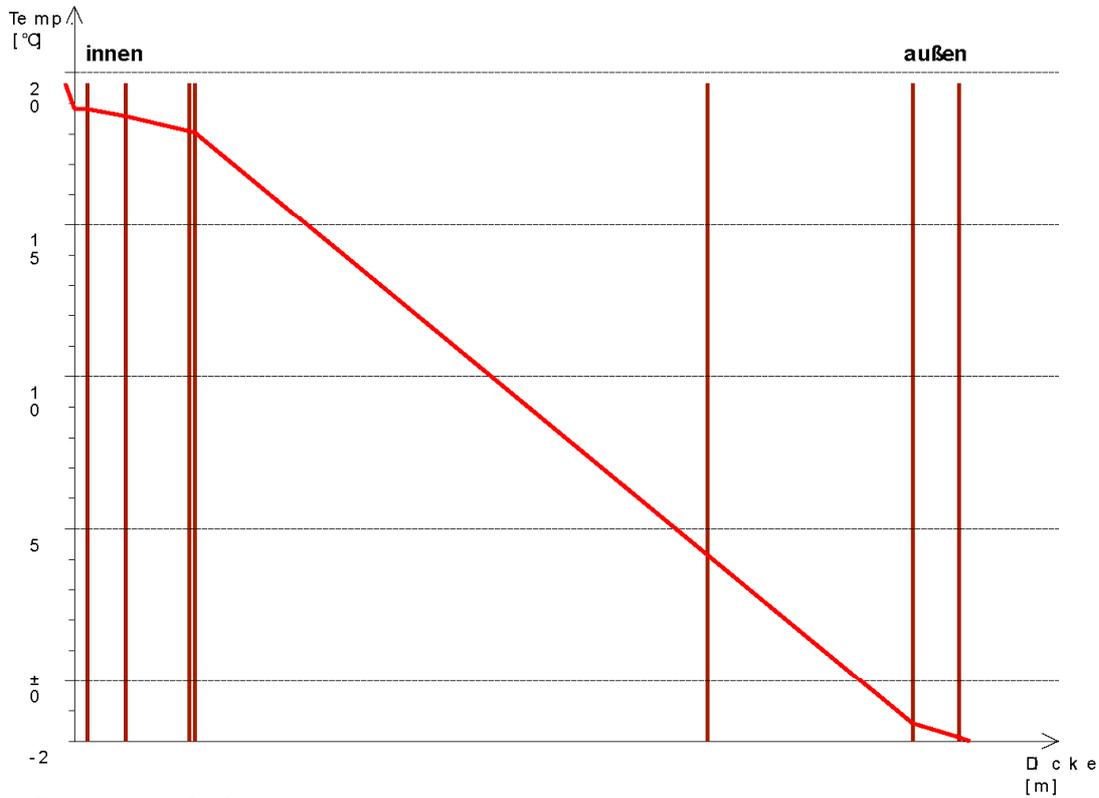
Berechnung lt. ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01

Temperaturverlauf gemäß ÖNORM B 8110-2 :

43_Murat Erol

Jänner

Temperaturverlauf in AD01 Oberste Geschoßdecke



Temperaturverlauf

Schichtbezeichnung	Dicke [m]	Lambda [W/mK]	Widerst. [m²K/W]	Temp. [°C]	ΔTemp [°C]
				20,0	
Wärmeübergangswid. innen	---	0,000	0,250	19,2	0,8
Kalkputz	0,005	0,800	0,006	19,2	0,0
Gipskartonplatte	0,015	0,210	0,071	18,9	0,3
Luftraum	0,025	0,167	0,150	18,4	0,5
Dampfbremse	0,002	0,130	0,015	18,4	0,0
Stopfhanf	0,200	0,047	4,255	4,5	13,9
Stopfhanf	0,080	0,047	1,702	-1,1	5,6
OSB Platte	0,018	0,130	0,138	-1,5	0,4
Wärmeübergangswid. außen	---	0,000	0,040	-1,6	0,1

Berechnung lt. ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01

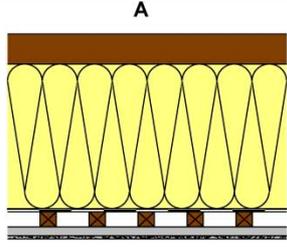
Anhang K – GEQ Murat Erol 1

Projekt: 17 17.11.2011 16:31 Uhr
Bauphysikalisches Berechnungsblatt
43_Murat Erol

GrAT

BAUPHYSIKALISCHES BERECHNUNGSBLATT

Projekt: 43_Murat Erol	Berechnungsblatt-Nr.: 1
Auftraggeber: Anzbach	Datum: 23.09.2011
	Bearbeitungsnr.:

Bauteilbezeichnung: AD03 Oberste Geschosdecke 2	
Bauteiltyp: Decke zu unconditioniertem geschloss. Dachraum	
Wärmedurchgangskoeffizient berechnet nach ÖNORM EN ISO 6946 <div style="text-align: center;">U - Wert 0,19 [W/m²K]</div>	

Konstruktionsaufbau und Berechnung							
	Baustoffschichten	d	μ	λ	Anteil	ρ	$\rho \cdot d$
	von außen nach innen	Dicke	WD-Diff.	Leitfähigk.		Dichte	Flächengew.
Nr	Bezeichnung	[m]	[-]	[W/mK]	[%]	[kg/m³]	[kg/m²]
1	Vollschalung 2x2,5 (F30)	0,050	50	0,120		500	25,0
2	Balken (24/10) dazw.	0,240	50	0,120	12,5	500	15,0
	Stopfhanf		2	0,047	87,5	50	10,5
4	Dampfbremse	0,002	10.000	0,130		1	0,0
5	Holzsparschalung (2,5/10) dazw.	0,025	50	0,120	33,3	500	4,2
	Luftraum		1	0,167	66,7	1	0,0
7	Gipskartonplatte	0,015	10	0,210		850	12,8
8	Kalkputz	0,005	10	0,800		1.400	7,0
Bauteildicke [m]		0,337					
Flächenbezogene Masse des Bauteils [kg/m²]						74,4	
Zusammengesetzter Bauteil (Berechnung nach EN ISO 6946)							
Holzsparschalung		Achsabstand [m]: 0,300	Breite [m]: 0,100	$R_{si} + R_{se} = 0,200$			
Balken (24/10):		Achsabstand [m]: 0,800	Breite [m]: 0,100				
Oberer Grenzwert: $R_{To} =$		5,2738		Unterer Grenzwert: $R_{Tu} =$		5,1511	
						$R_T = 5,2125 [m^2K/W]$	
Wärmedurchgangskoeffizient				U = 1 / R_T		0,19 [W/m²K]	

Wasserdampfdiffusion nach ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01	
<u>Randbedingungen:</u> Innentemp.: gemäß ÖNORM	Außentemp.: gemäß ÖNORM
Luftfeuchtigkeit: Außen: gemäß ÖNORM	Innen: gemäß ÖNORM
Seehöhe: 171 m	Region : N - Nord - außerhalb von Föhngebieten
Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,94°C	Taupunkttemperatur: 15,15°C
Es wird in keinem Monat Oberflächenkondensat erwartet	
Es gibt keine Kondensation im Inneren des Bauteils.	
Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,94°C	Temperatur(80%): 18,52°C
Es wird in keinem Monat Schimmel an der Oberfläche erwartet	

Dampf-Details

43_Murat Erol

Jänner

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: -1,64°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 63,36%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,11°C	Taupunkttemperatur: 12,83°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%):	13,62°C	Luftfeuchtigkeit Innen 53,36%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Februar

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 0,33°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 65%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,19°C	Taupunkttemperatur: 13,22°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%):	14,09°C	Luftfeuchtigkeit Innen 55%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

März

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 4,3°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 65%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,35°C	Taupunkttemperatur: 13,22°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%):	14,09°C	Luftfeuchtigkeit Innen 55%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

April

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 9,17°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 65%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,55°C	Taupunkttemperatur: 13,22°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%):	15,22°C	Luftfeuchtigkeit Innen 59,17%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Mai

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 13,85°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 68,85%	Aussen: 75%
Oberflächentemperatur Innen: 19,75°C	Taupunkttemperatur: 14,11°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%):	16,88°C	Luftfeuchtigkeit Innen 65,78%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Juni

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 16,97°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 71,97%	Aussen: 75%
Oberflächentemperatur Innen: 19,87°C	Taupunkttemperatur: 14,79°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%):	17,96°C	Luftfeuchtigkeit Innen 70,45%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Juli

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 18,65°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 73,65%	Aussen: 75%
Oberflächentemperatur Innen: 19,94°C	Taupunkttemperatur: 15,15°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%):	18,52°C	Luftfeuchtigkeit Innen 72,98%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

August

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 18,19°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 73,19%	Aussen: 75%
Oberflächentemperatur Innen: 19,93°C	Taupunkttemperatur: 15,06°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%):	18,37°C	Luftfeuchtigkeit Innen 72,29%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

September

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 14,51°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 69,51%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,77°C	Taupunkttemperatur: 14,26°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%):	17,11°C	Luftfeuchtigkeit Innen 66,76%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Oktober

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 9,18°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 65%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,55°C	Taupunkttemperatur: 13,22°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%):	15,22°C	Luftfeuchtigkeit Innen 59,18%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

November

Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 3,95°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 65%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,34°C	Taupunkttemperatur: 13,22°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%):	14,09°C	Luftfeuchtigkeit Innen 55%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Dezember

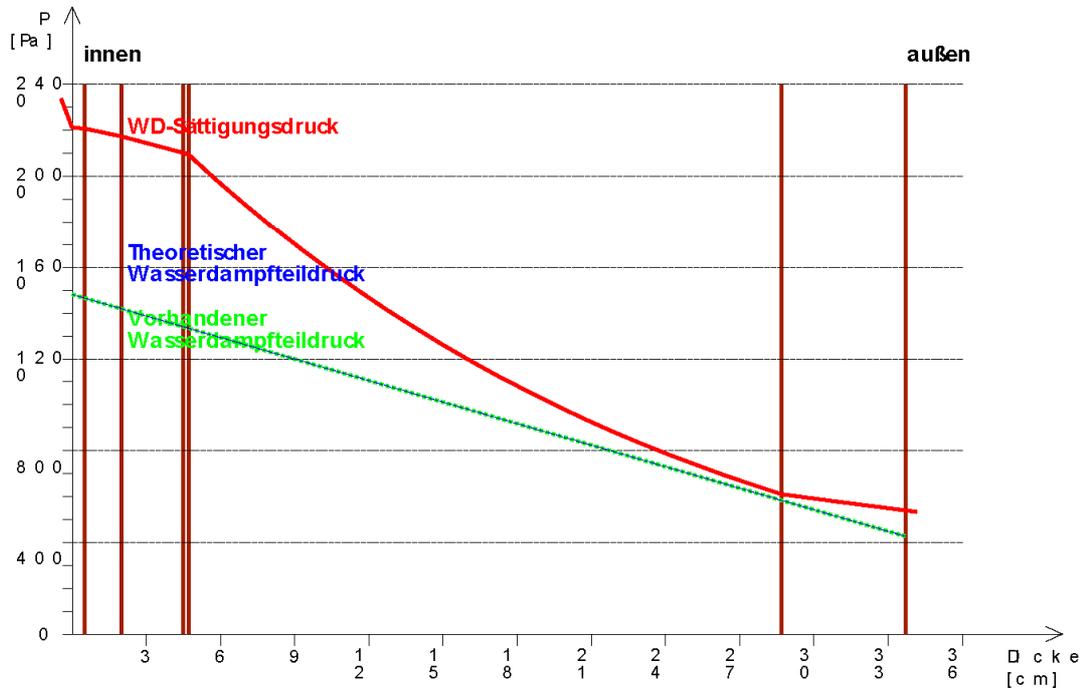
Lufttemperatur: Innen 20°C	Aussen: 0,32°C	Luftfeuchtigkeit: Innen: 65%	Aussen: 80%
Oberflächentemperatur Innen: 19,19°C	Taupunkttemperatur: 13,22°C	Kein Oberflächenkondensat erwartet	
Temperatur (80%):	14,09°C	Luftfeuchtigkeit Innen 55%	Kein Schimmel an der Oberfläche erwartet

Dampfdiffusion gemäß ÖNORM B 8110-2

43_Murat Erol

Jänner

Dampfdiffusion im Bauteil: AD03 Oberste Geschosdecke 2



Randbedingungen

	Innen	Außen
Lufttemperatur [°C]	20	-1,64
Relative Luftfeuchtigkeit [%]	63,36	80,00
Wasserdampfsättigungsdruck [Pa]	2.337,0	532,7
Wasserdampfteildruck [Pa]	1.480,6	426,2

Diffusionsverhalten

Schichtbezeichnung	Dicke [m]	Diff. Zahl μ	Wid. [m²K/W]	Sätt. Druck	Vorh. Druck
				2337,0	1480,6
Wärmeübergangswid. innen	---	---	0,250	2210,8	1480,6
Kalkputz	0,005	10	0,006	2207,7	1478,3
Gipskartonplatte	0,015	10	0,071	2172,8	1471,5
Luftraum	0,025	1	0,150	2101,2	1470,4
Dampfbremse	0,002	10.000	0,015	2094,0	561,6
Stopfhanf	0,240	2	5,106	609,9	539,8
Vollschalung 2x2,5 (F30)	0,050	50	0,417	539,1	426,2
Wärmeübergangswid. außen	---	---	0,040	532,7	426,2

Dampfdiffusion gemäß ÖNORM B 8110-2

43_Murat Erol

Jänner

Dampfdiffusion im Bauteil: AD03 Oberste Geschossdecke 2

Oberflächentemperatur innen: 19,11°C Taupunkttemperatur: 12,83°C

Es fällt kein Oberflächenkondensat an!

Im Jänner gibt es kein Kondensat.

Es gibt keine Kondensation im Inneren des Bauteils.

Kritischster Monat Juli Oberflächentemperatur innen: 19,94°C Temperatur(80%): 18,52°C

Es wird in keinem Monat Schimmel an der Oberfläche erwartet

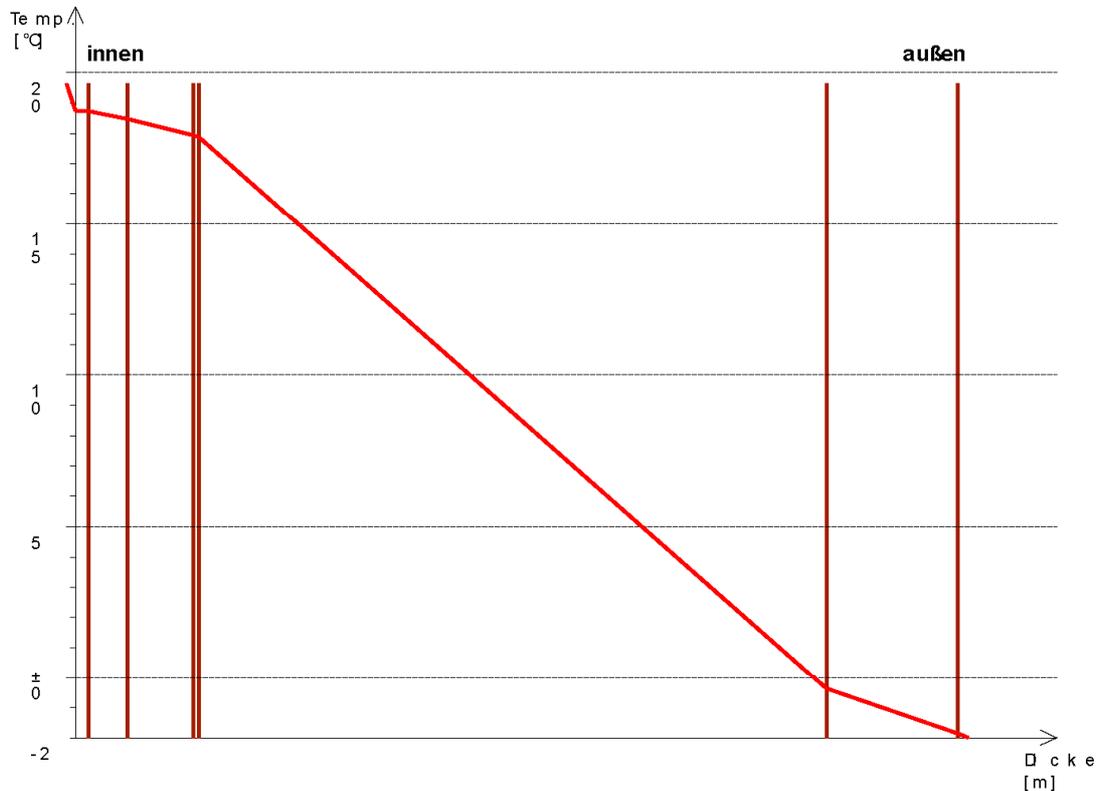
Berechnung lt. ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01

Temperaturverlauf gemäß ÖNORM B 8110-2 :

43_Murat Erol

Jänner

Temperaturverlauf in AD03 Oberste Geschossdecke 2



Temperaturverlauf

Schichtbezeichnung	Dicke [m]	Lambda [W/mK]	Widerst. [m²K/W]	Temp. [°C]	ΔTemp [°C]
Wärmeübergangswid. innen	---	0,000	0,250	20,0	0,9
Kalkputz	0,005	0,800	0,006	19,1	0,0
Gipskartonplatte	0,015	0,210	0,071	18,8	0,3
Luftraum	0,025	0,167	0,150	18,3	0,5
Dampfbremse	0,002	0,130	0,015	18,2	0,1
Stopfhanf	0,240	0,047	5,106	0,0	18,2
Vollschalung 2x2,5 (F30)	0,050	0,120	0,417	-1,5	1,5
Wärmeübergangswid. außen	---	0,000	0,040	-1,6	0,1

Berechnung lt. ÖNORM B 8110-2 : 2003-07-01