HTBLA Vöcklabruck
Höhere Lehranstalt für Gebäudetechnik

DIPLOMARBEIT

Gesamtprojekt

Planung und Konzeption eines grünen Modulhauses

Betreuer/Betreuerin:

Gesamtkonzept, Heizungskonzept, Sanitärkonzept mit Regenwassernutzung, Lüftungskonzept, Konzeption der PV-Anlage

Luka Crnov 5AHGTI-02 Prof. Dipl.-Ing. Hans-Peter Kastinger

Gesamtkonzept, Materialauswahl, Erstellung Energieausweis, U-Wert Ermittlung, Erstellung CO_2-Fußabdruck, Kostenermittlung

Dominik Mandic 5AHGTI-05 Prof. Dipl.-Ing. Hans-Peter Kastinger

Ausgeführt im Schuljahr 2022/23 von: Luka Crnov und Dominik Mandic

Abgabevermerk:

Datum: übernommen von:

htl bildung mit zukunft	**HTBLA Vöcklabruck** **Höhere Lehranstalt für Gebäudetechnik**	Reife- und Diplomprüfung

DIPLOMARBEIT

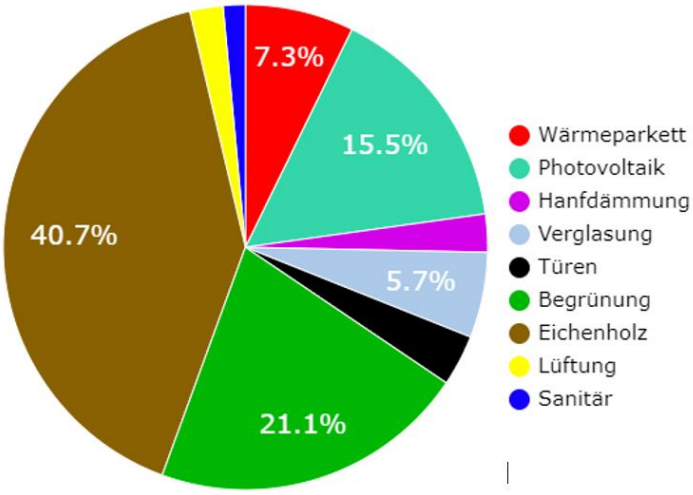
DOKUMENTATION

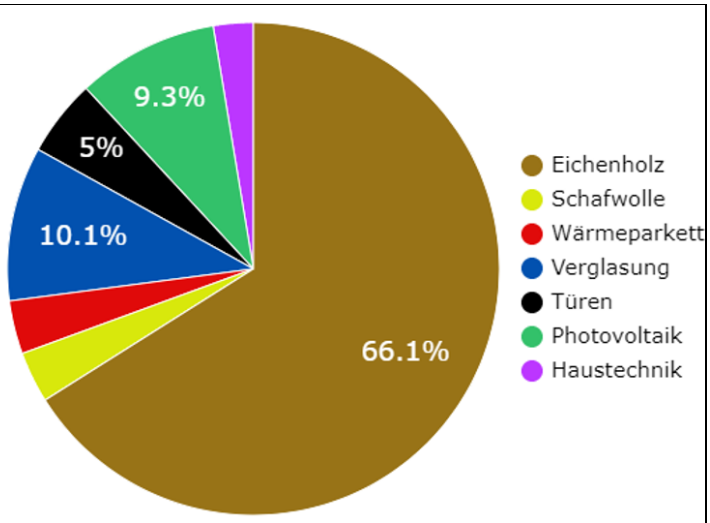
Namen der Verfasser/innen	Luka Crnov Dominik Mandic
Jahrgang Schuljahr	5 AHGTI 2022/23
Thema der Diplomarbeit	Planung und Konzeption eines grünen Modulhauses
Kooperationspartner	Firma: DaxBox GmbH Betreuer: Reinhard Daxberger

Aufgabenstellung	Zusammen mit der Firma DaxBox GmbH wurde ein neues Konzept für ein Modulhaus entworfen. Ziel ist es, aus einem bestehenden Grundriss ein neues Modulhaus zu planen. Dieses Haus soll einem Hügel ähneln und sich seiner Umgebung anpassen. Außerdem soll es möglichst energieeffizient, umweltfreundlich und autark sein. Die Ressourcen der Natur sollen dabei für die Energiegewinnung zum Einsatz kommen. Zusätzlich soll die Haustechnik so effizient wie möglich ausgeführt werden.

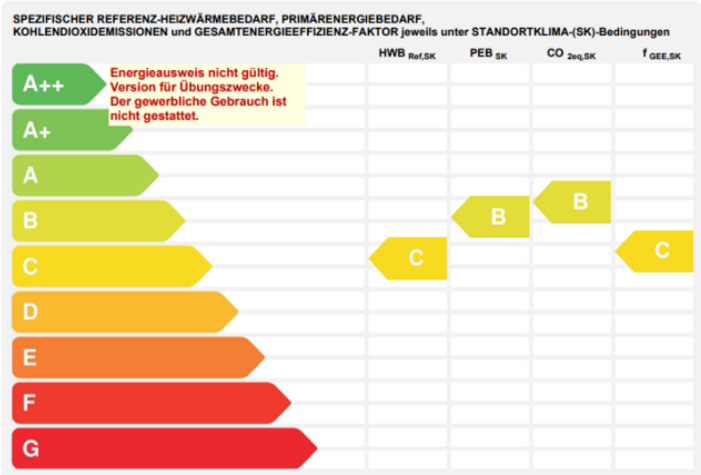
Realisierung	Die Anpassung an das Umfeld wird durch die Krümmung des Daches und die ganzflächige Begrünung erreicht. Mittels der am Dach montierten Photovoltaikanlage, wird durch Solarpaneele elektrische Energie gewonnen. Diese wird unterstützt von PV-Paneelen im Terrassenbereich, welche sowohl als Beschattung als auch Stromerzeuger dienen. Das Regenwasser wird von den grünen Dachflächen gesammelt und kann bei Bedarf genutzt werden.

Ergebnisse	Die Gesamtkosten für das Modulhaus belaufen sich auf **135.078,80 €**. Außerdem hat das Modulhaus einen Ausstoß von **11.142 kg CO_2**. Folgende Werte sind im Energieausweis angegeben: $HWB_{Ref,\ SK}$: **C**, PEB_{SK}: **B**, $CO_{2eq,SK}$: **B**, $f_{GEE,SK}$: **C**.

Typische Grafik, Foto etc. (mit Erläuterung)	 • 3D-Modell Modulhaus  • Bestandteile der Gesamtkosten



- Bestandteile CO_2-Fußabdruck



- Energieausweis des Modulhauses

Teilnahme an Wettbewerben, Auszeichnungen	-„Friends of Award” -„JK Engineering Wettbewerb”

Möglichkeiten der Einsichtnahme in die Arbeit	Bibliothek der HTL Vöcklabruck

Approbation (Datum / Unterschrift)	Prüfer/Prüferin	Direktor/Direktorin Abteilungsvorstand/Abteilungsvorständin

DIPLOMA THESIS

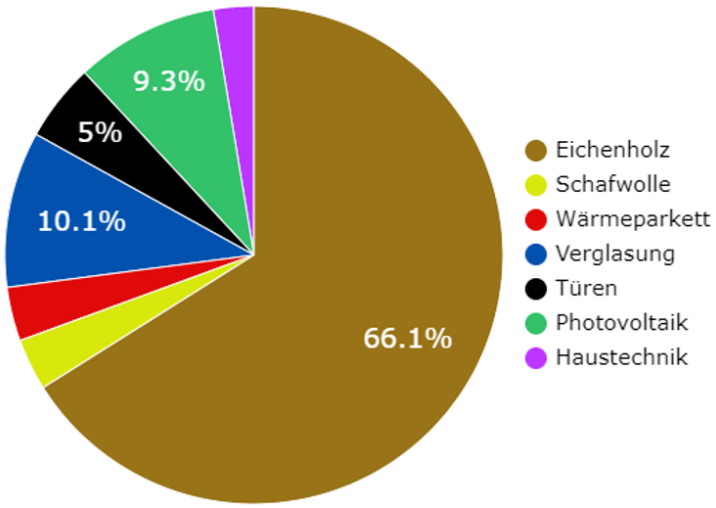
DOCUMENTATION

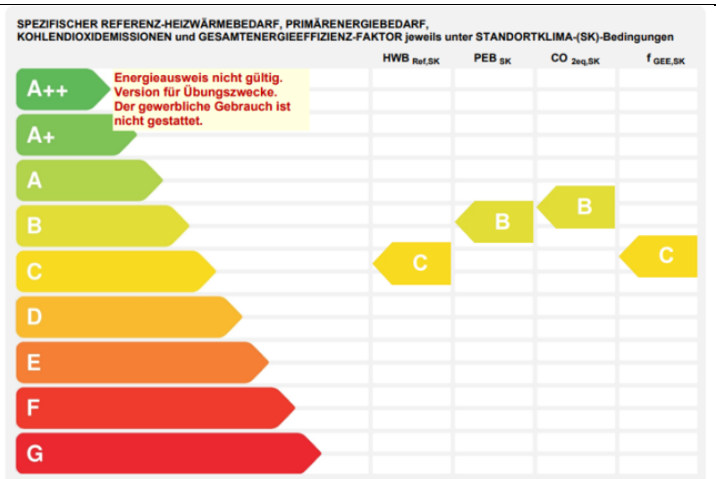
Author(s)	Luka Crnov Dominik Mandic
Form Academic year	5 AHGTI 2022/23
Topic	Planning and conception of a green module house
Co-operation partners	company: DaxBox GmbH supervisor: Reinhard Daxberger

Assignment of tasks	Together with the company DaxBox GmbH a new concept for a module house was designed. The goal is to plan a new module house from an existing ground plan. The house should resemble a hill and adapt to its surroundings. In addition, it should be as energy-efficient, environmentally friendly and self-sufficient as possible. The resources of nature should be used for energy production. In addition, the building services should be designed as efficiently as possible.

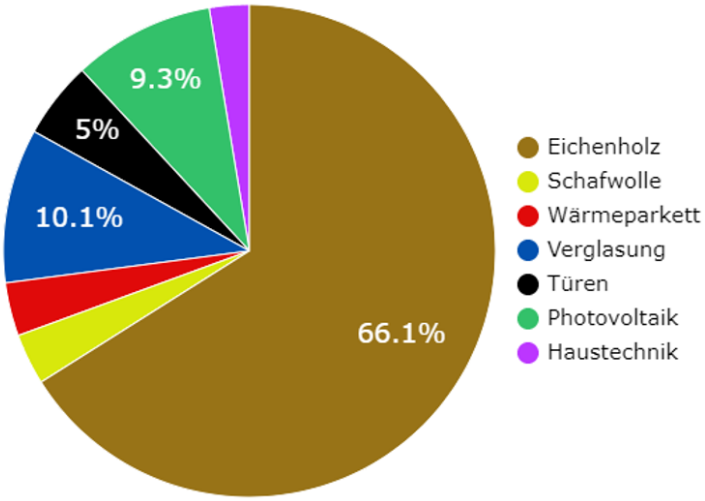
Realisation	The adaption to the environment is achieved through the curvature of the roof and the greening of the entire surface. By the photovoltaic system, which is mounted on the roof, electric energy is provided by solar cells. The system is supported by photovoltaic panels in the terrace area, which serve both as shading and power generators. Rainwater is collected from the surface of the green roof and can be used as needed.

Results	The total cost of the modul house amounts **€135,078.80**. In addition to that, the module house has an emission of **11,142 kg of CO_2**. The energy performance certificate has the following values: $HWB_{Ref,\ SK}$: **C**, PEB_{SK}: **B**, $CO_{2eq,SK}$: **B**, $f_{GEE,SK}$: **C**.

Illustrative graph, photo (incl. explanation)	 • 3D-model module house  • Integral parts of the total cost	



- energy perfomance certificate of the module house



- Integral parts of the carbon dioxide footprint

Participation in competitions Awards	-“Friends of Award” -“JK Engineering” competition

Accessibility of Diploma Thesis	Library of the HTL Voecklabruck

htl bildung mit zukunft	**HTBLA Vöcklabruck** **College of Engineering** **Building Services Engineering**	Diploma Exam

Approval (Date / Signature)	Examiner	Head of College / Department

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Vöcklabruck, am TT.MM.JJJJ

Verfasser / innen:

Luka Crnov

Dominik Mandic

Inhaltsverzeichnis

1 Vorstellung des Projektteams 1

1.1 Luka Crnov 1

1.2 Dominik Mandic 2

1.3 Betreuer 3

1.4 Ansprechperson 3

2 Aufgabenstellung 4

3 Individuelle Zielsetzung 4

3.1 Luka Crnov 4

3.2 Dominik Mandic 4

4 Gesamtkonzept 5

4.1 Ökofreundlichkeit & CO_2 – Neutralität 5

4.2 Einfügung ins Landschaftsbild 6

4.3 Keine Flächenversiegelung 7

4.4 Transportfähigkeit 7

4.5 Autarkie 8

5 Materialien 9

5.1 Dämmstoffe 9

5.1.1 Zellulose 10

5.1.2 Schafwolle 10

5.1.3 Hanf 11

5.1.4 Jute 11

5.1.5 Holzwolle 12

5.1.6 Schaumglas 12

5.1.7 Seegras 13

5.2 Verglasung 14
6 Dach- und Wandaufbau 15
7 Bodenaufbau: 16
8 Berechnungsbeispiel U-Wert 18
8.1 Luftfeuchtigkeit 19
8.2 Temperaturverlauf 20
9 Heizung 21
9.1 Heizlast 21
9.1.1 Transmissionswärmeverluste | ΦT 22
9.1.2 Heizlastberechnung 22
9.1.3 Heizlastanteile 23
9.2 Wärmeverteilung 23
9.2.1 Funktion 24
9.2.2 Betriebskosten bei Verwendung als Hauptheizung 25
10 Lüftung 26
10.1 Funktionsprinzip 26
10.2 Luftverteilung 27
10.3 Grundrissplan Lüftung 28
11 Sanitär 29
11.1 Abwasser 30
11.2 Grundrissplan Sanitär 30
11.3 Regenwassernutzung 31
11.3.1 Komponenten 31
11.3.2 Zisterne 31
11.3.3 Reinigungs- und Pumpensystem 32
11.3.4 Getrenntes Leitungssystem 33
11.3.5 Trinkwassernachspeisung 33

12 Photovoltaikanlage 35
12.1 Funktionsprinzip: 35
12.2 Konzeption der PV-Anlage 38
13 Energieausweis 40
13.1 Grundlagen: 40
13.2 Energieausweisklassen 41
13.3 Inhalt 42
13.4 Standortklima 43
13.5 Monatsmitteltemperaturen 43
13.6 Energieausweis des Modulhauses 44
14 CO_2-Fußabdruck 46
15 Kostenermittlung 47
16 Anwendungsbereiche 48
16.1 Privates Wohnen 48
16.2 Tourismus 48
16.3 Alten- und Pflegeheime 50
16.4 Bürokomplexe 52
ANHANG A 54
Terminplan Luka Crnov 55
Terminplan Dominik Mandic 56
ANHANG B 57
ANHANG C 65
Tätigkeitsprotokoll Luka Crnov 66
Tätigkeitsprotokoll Dominik Mandic 67
ANHANG D 68
Berechnung CO_2-Fußabdruck 69
Berechnung Gesamtkosten 70

ANHANG E 71

Literaturverzeichnis 72

Abbildungsverzeichnis 75

Tabellenverzeichnis 76

1 Vorstellung des Projektteams

1.1 Luka Crnov

Persönliche Daten

Name	Luka Crnov
Geboren am	15.09.2003
E-Mail	luka.crnov@htlvb.at
Telefonnummer	0677/62115530

Anschrift

Straße	Parkstraße 27/28
Postleitzahl	4840
Ort	Vöcklabruck

Schule	HTL - Vöcklabruck
Zweig	Gebäudetechnik

1.2 Dominik Mandic

Persönliche Daten

Name	Dominik Mandic
Geboren am	05.12.2003
E-Mail	dominik.mandic@htlvb.at
Telefonnummer	0650/2909534

Anschrift

Straße	Am Agerring 9
Postleitzahl	4844
Ort	Regau

Schule	HTL - Vöcklabruck
Zweig	Gebäudetechnik

1.3 Betreuer

Die Diplomarbeit wurde dankenswerterweise von folgenden Personen betreut.

Persönliche Daten

Name	Prof. Dipl.-Ing. Hans-Peter Kastinger
Schule	HTL - Vöcklabruck
E-Mail	hans-peter.kastinger@htlvb.at

1.4 Ansprechperson

Persönliche Daten

Name	Reinhard Daxberger
Firma	DaxBox GmbH
E-Mail	reinhard.daxberger@daxbox.at

2 Aufgabenstellung

Zusammen mit der Firma DaxBox GmbH wurde ein neues Konzept für ein Modulhaus entworfen. Ziel dieser Diplomarbeit ist, eine verbesserte und umweltfreundlichere Version eines bestehenden Modulhauses zu planen.

3 Individuelle Zielsetzung

3.1 Luka Crnov

Aufgaben
- Gesamtkonzept
- Heizungskonzept
- Sanitärkonzept mit Regenwassernutzung
- Lüftungskonzept
- Konzeption der PV-Anlage

3.2 Dominik Mandic

Aufgaben
- Gesamtkonzept
- Materialauswahl
- Erstellung Energieausweis
- U-Wert Ermittlung
- Erstellung CO_2-Fußabdruck
- Kostenermittlung

4 Gesamtkonzept

Die Ziele beziehungsweise die Aufgabenstellungen, die wir mit unserem Haus realisieren wollen, sind folgende:

- Ökofreundlichkeit & CO_2 – Neutralität
- Einfügung ins Landschaftsbild
- keine Flächenversiegelung
- Transportfähigkeit
- Autarkie (Unabhängigkeit)

4.1 Ökofreundlichkeit & CO_2 – Neutralität

Die Ökofreundlichkeit des Hauses wird vorwiegend durch die verbauten Materiealien garantiert. Grundsätzlich wurden nur regionale Materialien verwendet, wie zum Beispiel Holz, Hanf oder Erde. Diese Materialien sind außerdem CO_2-neutral und im Vergleich zu Materialien wie Stahl, schnell regenerierbar. Durch regionale Baumaterialien wird eine enorme Einsparung von Transportwegen erzielt. Somit wird der CO_2–Ausstoß reduziert und die heimische Wirtschaft wird unterstützt.

4.2 Einfügung ins Landschaftsbild

Eines der wichtigsten Ziele dieser Diplomarbeit war es, ein Haus zu designen, welche sich perfekt in das Landschaftsbild unserer Region einordnet. Dies haben wir durch eine gewölbte Form des Daches erreicht, welches auf zwei Seiten des Hauses den Boden berührt. Durch die Begrünung des Daches wird eine durchgehende Erdschicht erreicht, die vom Boden über eine Seite des Hauses hochgeht. Sie verläuft über das ganze Dach und auf der anderen Seite des Hauses wieder nach unten zum Boden. Dadurch wird eine hügelartige Form des Hauses erreicht.

Dieses Modell wurde mit der Software „SketchUP 2020“ erstellt. Dies dient zur Veranschaulichung unserer Designidee.

Abb. 1 3D-Modell Modulhaus

4.3 Keine Flächenversiegelung

Da Österreich das Land mit der prozentuell gesehen meisten Flächenversiegelung pro Jahr ist, wollten wir ein Haus konzipieren, welches zur Gänze ohne die Versiegelung von Grund und Boden auskommt. Dies ist durch ein Stahlkonstrukt aus I-Trägern erreicht worden, welche sich unter der Bodenplatte des Hauses befindet und die gesamte Last des Hauses. Die Konstruktion der I-Träger sieht wie folgt aus:

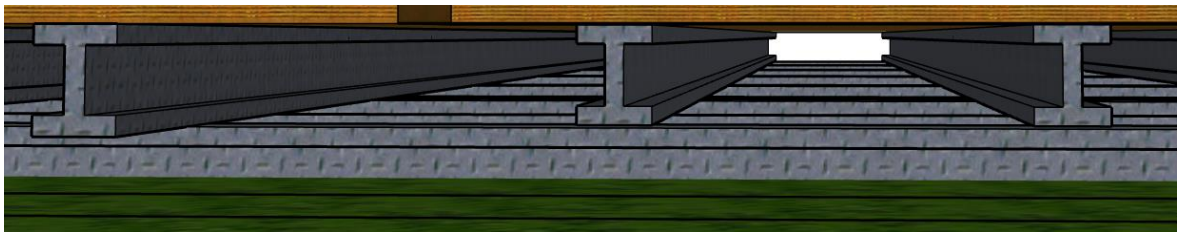


Abb. 2 Stahlkonstruktion unter der Bodenplatte

4.4 Transportfähigkeit

Um das Modulhaus möglichst einfach transportieren zu können, ist das Haus in zwei Module aufgeteilt worden, welche dann beim Aufstellen des Hauses zusammengefügt werden. Die Breite eines Modules beträgt ca. 3,3 [m]. An der höchsten Stelle des Modulhauses beträgt die Höhe ca. 3,4 [m]. Wegen der Breite des Modules wird der Transport als Sondertransport durchgeführt, somit ist es notwendig, eine Bewilligung für diesen seitens der örtlichen Behörden zu bekommen. Mit einem Tieflader-Lastkraftwagen werden die zwei Module jeweils zum Aufstellort befördert. Das Größere Modul hat ein Eigengenwicht von 34 Tonnen und das kleinere Modul ein Eigengewicht von 18 Tonnen. Dort werden sie von einem Kran in Position gebracht.

Folgende Abbildung stellt den Transport des Moduls mit dem LKW dar:

Abb. 3 LKW-Transport eines Modules

4.5 Autarkie

Autark zu sein heißt in unserem Fall, dass man ohne jeglichen Einfluss der Außenwelt in dem von uns konzipierten Haus möglichst normal leben kann. Im Extremfall kann man ohne örtliche Strom- und Wasserversorgung überleben. Der Strom wird über die Photovoltaikanlage am Dach erzeugt und durch den Stromspeicher bzw. die Batterie gespeichert. Somit hat man auch in der Nacht, wenn die PV-Paneele keinen Strom produzieren, Strom zur Verfügung. Die Regenwassernutzungsanlage versorgt grundsätzlich nur die Waschmaschine und das WC. Es kann jedoch ein zusätzlicher Filter zur Aufbereitung des Wassers eingebaut werden, welcher es ermöglicht, das Regenwasser problemlos zu trinken. Dies sollte jedoch nur gemacht werden, wenn keine Ortswasserleitung vorhanden ist und es keine andere Möglichkeit gibt, an frisches Trinkwasser zu gelangen.

5 Materialien

5.1 Dämmstoffe

Für die Dämmung stehen sieben verschiedene Dämmstoffarten zur Auswahl. Es werden nur Naturdämmstoffe verwendet, welche nachhaltig und regional verfügbar sind.

- Zellulose
- Schafwolle
- Hanf
- Jute
- Holzwolle
- Schaumglas
- Seegras

Im Gegensatz zu herkömmlichen Dämmstoffen schonen Naturdämmstoffe durch ihre gute Ökobilanz, Ressourcen und Klima. Aufgrund ihrer regionalen Verfügbarkeit ergeben sich kurze Transportwege, welche den CO_2-Fußabdruck senken. Weiters ergibt sich ein niedriger Primärenergieaufwand bei der Herstellung.

Folgende Faktoren wurden bei der Auswahl berücksichtigt:

- Wärmeleitfähigkeit
- Umweltverträglichkeit
- Langlebigkeit
- Regionalität
- Preis

5.1.1 Zellulose

Die Zellulosefaserdämmung wird durch ein Recyclingverfahren aus altem Zeitungspapier hergestellt. Das Papier wird aufgefasert, mit mineralischen Salzen vermischt und in einer Mühle gemahlen. Zellulose kann als Einblasdämmung, Zellulosematte oder als Pellets zum Einsatz kommen. (Vgl. ISOCELL GmbH & CO KG, o. J.)

Gewähltes Produkt: **ISOCELL Zellulosefaserdämmstoff**

- Wärmeleitfähigkeit: 0,037 [W/m*K]
- spezifische Wärmekapazität: 2,11 [kJ/kg*K]
- Primärenergieaufwand zur Herstellung: 52 [kWh/m^3]
- Produktion in Österreich
- kann als Pflanzendünger weiterverarbeitet werden

5.1.2 Schafwolle

Schafwolle ist ein biologisch nachwachsender Dämmstoff. Als Nebenprodukt der Schafzucht ist diese Art der Dämmung besonders umweltfreundlich.

Gewähltes Produkt: **ISOLENA Premium**

- Wärmeleitfähigkeit: 0,035 [W/m*K]
- Spezifische Wärmekapazität: 1,76 [kJ/kg*K]
- Treibhauspotential: 0,83 [kg CO2-äquiv./kg]
- Schafwolle aus Mitteleuropa
- Besteht zu 100% aus Schurwolle (Wolle von lebenden Tieren)
- nature plus® Prüfzeichen für nachhaltige Baustoffe

5.1.3 Hanf

Grundmaterial für den Dämmstoff ist der Stängel der Hanfpflanze. Diese werden aufgefasert und Stützfasern aus recycelten PET-Material werden beigemischt. Letztendlich folgt die Verarbeitung in Dämmmatten oder -rollen. (Vgl. Reinders, o. J.)

Gewähltes Produkt: **THERMO HANF PREMIUM**

- Wärmeleitfähigkeit: 0,041 [W/m*K]
- Spezifische Wärmekapazität: 2,3 [kJ/kg*K]
- nature plus® Prüfzeichen für nachhaltige Baustoffe
- besteht zu 85-90% aus Hanffasern
- Anbau und Produktion in Deutschland
- hergestellt mit 100% Naturstrom

5.1.4 Jute

Zur Herstellung der Jutedämmung werden Kakao- und Kaffeesäcke genutzt. Jutesäcke dürfen laut Lebensmittelverordnung einmalig für den Transport genutzt werden. Die Säcke werden somit nicht deponiert oder verbrannt, sondern zu Upcycling-Dämmstoffen verarbeitet.

Bei der Herstellung werden die Jutesäcke zerkleinert und gereinigt. Anschließend werden die Säcke mithilfe von Biokunststoffen zu einem Vlies verarbeitet. (Vgl. Schneider, 2020)

Gewähltes Produkt: **THERMO JUTE 100 PLUS**

- Wärmeleitfähigkeit: 0,041 [W/m*K]
- spezifische Wärmekapazität: 2,35 [kJ/kg*K]
- nature plus® Prüfzeichen für nachhaltige Baustoffe
- besteht zu 85-90% aus Jutefaser
- hergestellt mit 100% Naturstrom

5.1.5 Holzwolle

Zur Herstellung von Holzwolledämmung dient Durchforstungs- und Sägerestholz. Das Holz wird durch Bearbeitung von Maschinen aufgefasert. Den Fasern wird ein Bindemittel hinzugefügt und anschließend wird das Material zu Dämmplatten geformt. (Vgl. STEICO SE, 2022)

Gewähltes Produkt: **STEICO flex 036**

- Wärmeleitfähigkeit: 0,037 [W/m*K]
- spezifische Wärmekapazität: 2,1 [kJ/kg*K]
- Holz aus FSC® - oder PEFC-zertifizierter Forstwirtschaft
- bei Herstellung wird der Atmosphäre 85 [kg/m^3] CO_2 entzogen

5.1.6 Schaumglas

Schaumglas setzt sich aus Recyclingglas, Sand, Dolomit und Kalk zusammen. Durch einen Schmelzprozess und weitere Bearbeitungsverfahren entsteht die Schaumglasdämmung. (Vgl. Deutsche FOAMGLAS GmbH, o. J.)

Gewähltes Produkt: **FOAMGLAS T3+**

- Wärmeleitfähigkeit: 0,036 [W/m*K]
- spezifische Wärmekapazität: 1,0 [kJ/kg*K]
- Recyclinganteil: ~60%
- nicht brennbar
- Herstellung ausschließlich mit regenerativem Strom
- Recycling: Umnutzung als Granulat

5.1.7 Seegras

Seegrasdämmung wird aus Fasern von Neptunbällen gewonnen, welche in der Mittelmeerregion an den Strand gespült werden. Seegras weist von Natur aus gute Dämmeigenschaften auf. Somit müssen keine Zusätze beigefügt werden und es ist keine chemische Aufwertung notwendig. (Vgl. NeptuGmbH, 2022)

Gewähltes Produkt: **NeptuTherm**

- Wärmeleitfähigkeit: 0,046 [W/m*K]
- spezifische Wärmekapazität: 2,502 [kJ/kg*K]
- Primärenergieaufwand zur Herstellung: 37 [kWh/m^3] (gestopft oder geschüttet) bis 50 [kWh/m^3] (eingeblasen)
- zertifiziert durch das ECO-Institut und mit dem Blauen Engel
- Entsorgung: im eigenen Garten

5.2 Verglasung

Bei der Verglasung sollten Fenster zum Einsatz kommen, welche eine positive CO_2-Bilanz besitzen, gute Wärmedämmwerte aufweisen und dazu noch recycelbar sind.

Aus ökologischer Sicht sind Holzfenster am besten geeignet. Da Holz ein nachwachsender Rohstoff ist, wird weniger Energie bei der Herstellung verwendet als bei PVC- oder Aluminiumfenster. Doch in Sachen Witterungsbeständigkeit sind Materialien wie Aluminium besser.

Um die Eigenschaften von Holz und Aluminium zu kombinieren, kommen Holz-Alu-Fenster zum Einsatz.

Gewähltes Produkt: **ACTUAL ALWOOD**

- U-Wert: 0,69 [W/m^2*K]
- 3-fach Verglasung
- Holz aus Österreich und Deutschland
- außen: widerstandsfähige Aluschicht, innen: Holzschicht

Abb. 4 ACTUAL ALWOOD, Holz-Alu-Fenster
(ACTUAL, o.J)

6 Dach- und Wandaufbau

Damit sich das Modulhauses optisch an die Umwelt anpasst, bildet eine Vegetationsschicht die äußerste Schicht des Modulhauses. Danach folgt eine Substratschicht, die als Fundament für die Vegetation dient. Schließlich folgen Filtervlies, ein Drainage-Element und ein Trenn- und Schutzvlies. Darunter befindet sich eine Dämmung mit 10 cm Dicke und ein 25 cm starkes Eichenholz.

Beim Wandaufbau bilden fassadengebundene Begrünungssysteme die äußerste Schicht. Dieses System wird eingesetzt, da es platzsparend und leicht zum Einbauen ist.

Beim Dachaufbau bildet eine höhere Substratschicht das Fundament für die Begrünung. Somit ist hierbei der gesamte Aufbau der Begrünung höher als beim Wandaufbau.

Vorteile:

- Dämmung im Winter
- Hitzeschutz im Sommer
- Witterungsschutz
- Lärm- und Schallschutz

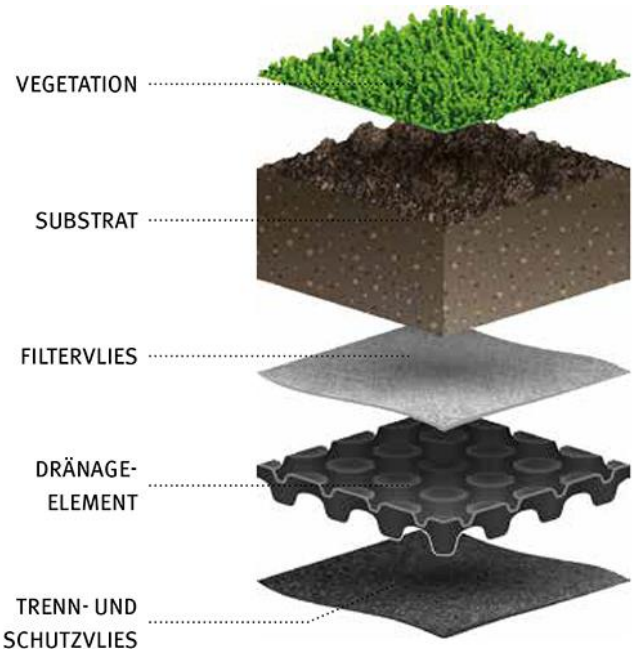


Abb. 5 Aufbau Begrünungsschicht

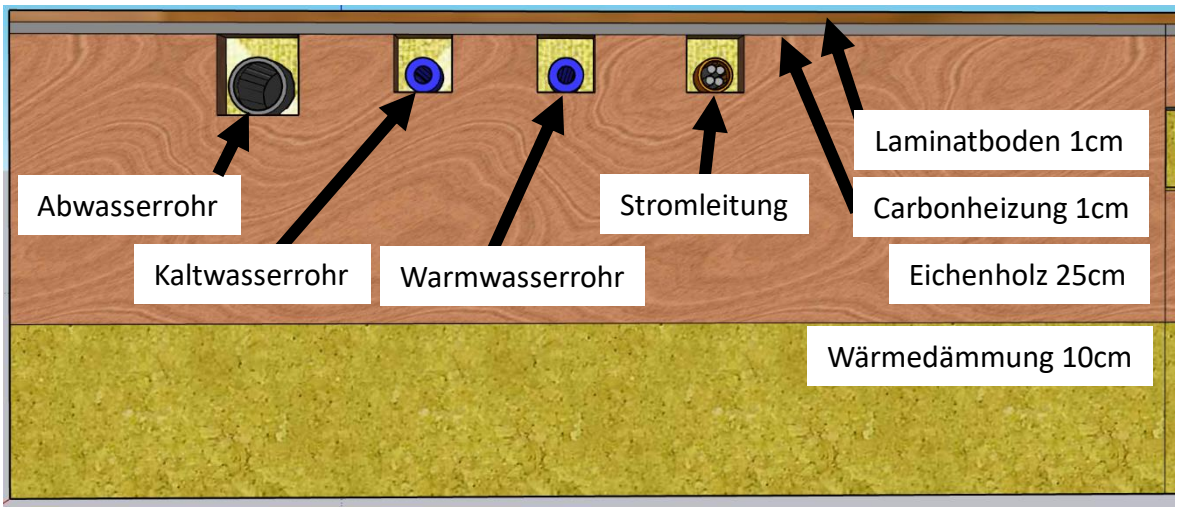
(Harzmann, o.J)

7 Bodenaufbau:

Der Aufbau des Bodens entspricht grundsätzlich dem Wandaufbau inklusive den gleichen Schichtdicken und dem gleichen Taupunkt, jedoch ohne die Begrünung auf der Außenseite. Der wesentliche Unterschied ist hingegen, dass im Boden Rohre bzw. Leitungen verlegt werden müssen. Es wurden zwei Arten des Bodenaufbaus erarbeitet, die das Verlegen der Leitungen im Holzboden ermöglichen.

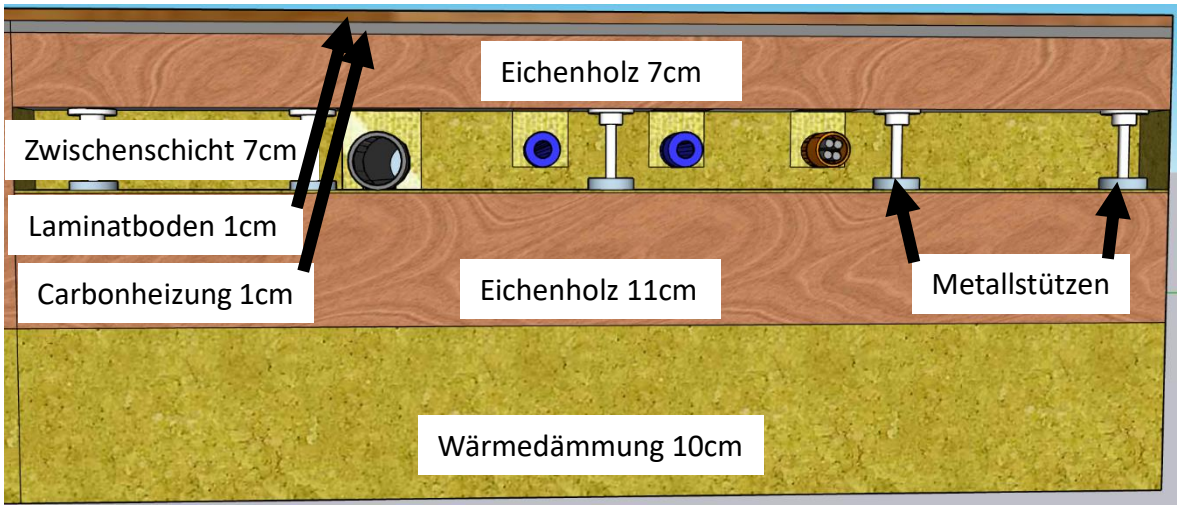
Beim ersten Bodenaufbau werden sogenannte Kanäle in den Holzboden gefräst, in die folglich die Leitungen hineingelegt werden. Diese Art des Bodenaufbaus hat den Vorteil, dass sie im Vergleich zur zweiten Methode einen wesentlich geringeren Arbeitsaufwand benötigt. Der Nachteil hierbei ist jedoch eine Möglichkeit der Schallentwicklung. Deshalb sollten die Rohre entsprechend groß dimensioniert werden, sodass die Geschwindigkeit des Wassers in den Rohrleitungen und somit auch die Geräuschentwicklung geringgehalten werden können.

Die folgende Abbildung zeigt den ersten Bodenaufbau:



Beim zweiten Bodenaufbau wird die Hauptholzschicht in zwei Teile geteilt. Die obere Holzschicht wird von Metallstützen gehalten. In dieser Zwischenschicht werden alle Rohre und Leitungen verlegt und der übrige Zwischenraum wird mit einer Dämmung aufgefüllt. Der Vorteil hierbei ist, dass die Schallentwicklung wesentlich geringer ist als beim ersten Bodenaufbau und der U-Wert des Bodens leicht besser wird. Der Nachteil jedoch ist der Mehraufwand bei der Herstellung. Außerdem sind die Leitung, wenn die obere Holzschicht montiert wurde, nahezu unzugänglich.

Der zweite Bodenaufbau wird wie folgt abgebildet:



8 Berechnungsbeispiel U-Wert

Der Wärmestrom ist immer von warm zu kalt gerichtet. Für eine erleichterte Berechnung kann eine Skizze angefertigt werden, in der Bauteilaufbau und Wärmestromrichtung angegeben sind. Außerdem kann der Temperaturverlauf in der Skizze dargestellt werden. Dieser dient zur Bestimmung verschiedener Temperaturen in den Bauteilschichten wie Tau- oder Gefrierpunkt.

Mithilfe der Software „ubakus“ wurden der Wandaufbau dargestellt und der U-Wert der Wand ermittelt.

Der Wandaufbau setzt sich aus folgenden Bauteilen zusammen (von innen nach außen:

- Eiche 250 mm
- Thermo Jute 100 PLUS 100 mm
- ALUJET Difujet UDB 0,46 mm
- Drainagematte 20 mm
- Filtervlies 1,1 mm
- Substrat 60 mm
- Extensive Begrünung verdichtet 60 mm

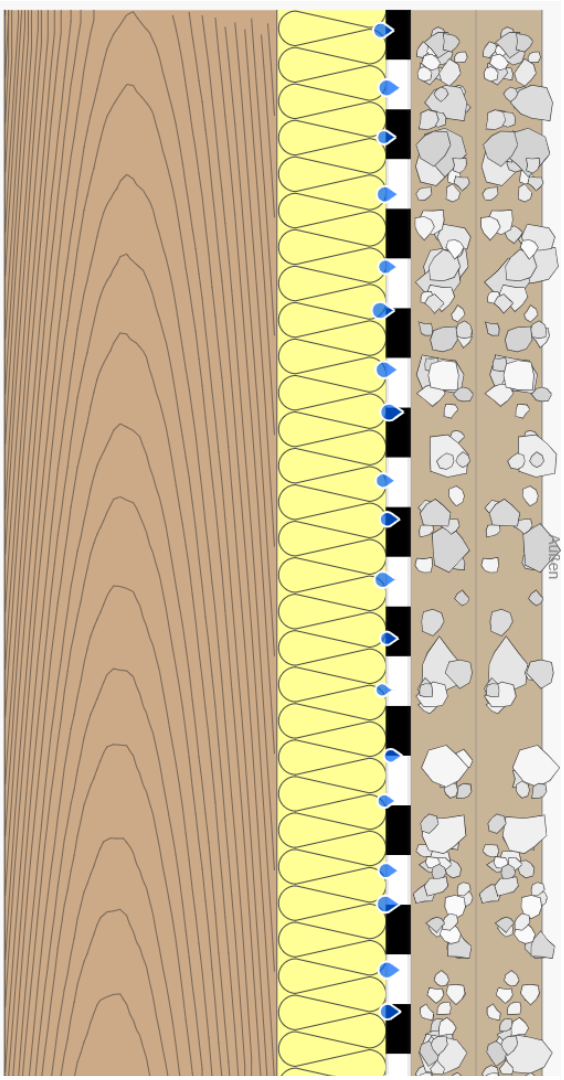


Abb. 6 Wandaufbau

(ubakus, 2022)

#		Material	λ [W/mK]	R [m²K/W]	Temp. [°C] min	max
		Wärmeübergangswiderstand		0,130 (0,250)	20,4	22,0
1	25 cm	Eiche	0,180	1,389	11,5	20,4
2	10 cm	Thermo Jute 100 PLUS	0,042	2,381	-3,7	11,5
3	0,046 cm	ALUJET Difujet UDB	0,500	0,001	-3,7	-3,7
4	2 cm	Drainagematte	0,600	0,033	-3,9	-3,7
5	0,11 cm	Filtervlies	1,000	0,001	-3,9	-3,9
6	6 cm	Substrat	0,700	0,086	-4,5	-3,9
7	6 cm	Extensive Begrünung verdichtet	1,400	0,043	-4,7	-4,5
		Wärmeübergangswiderstand		0,040	-5,0	-4,7
	49,156 cm	Gesamtes Bauteil		4,104		

U-Wert: 0,244 W/(m²K)

Abb. 7 U-Wert Berechnung ubakus

(ubakus, 2022)

8.1 Luftfeuchtigkeit

Das folgende Diagramm zeigt die Luftfeuchtigkeit innerhalb des Bauteils nach dem 2D-Finite-Elemente-Verfahren von u-wert.net.

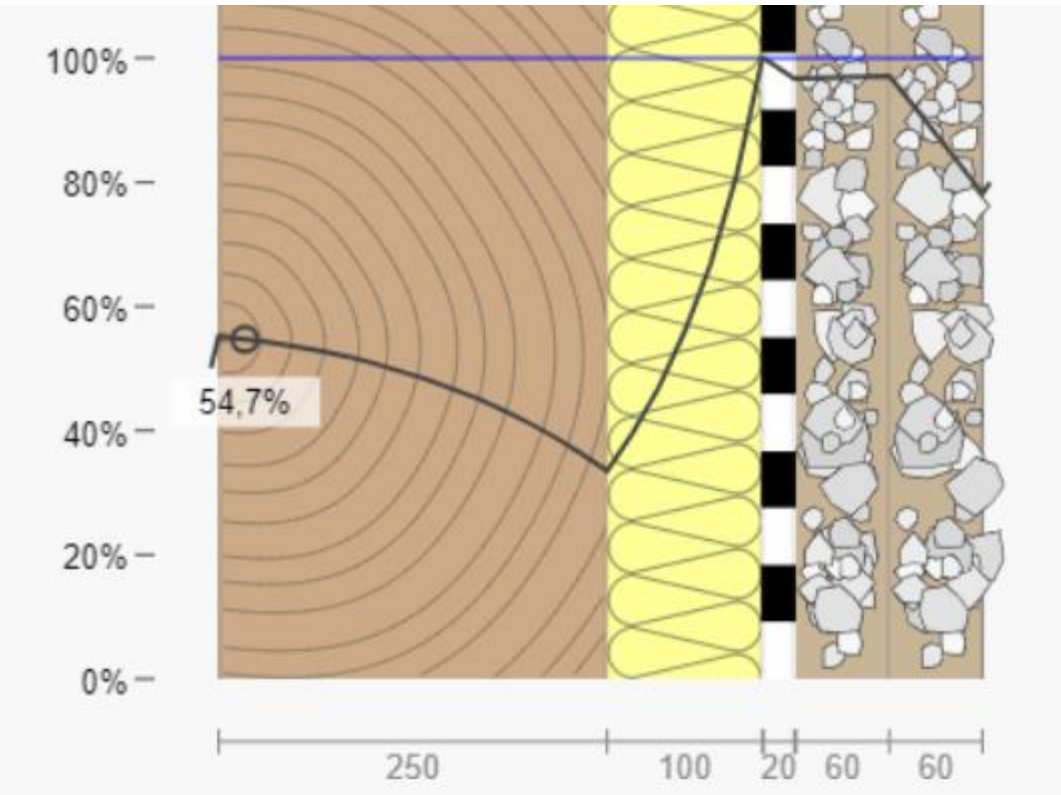


Abb. 8 Luftfeuchtigkeit in der Wand

(ubakus, 2022)

8.2 Temperaturverlauf

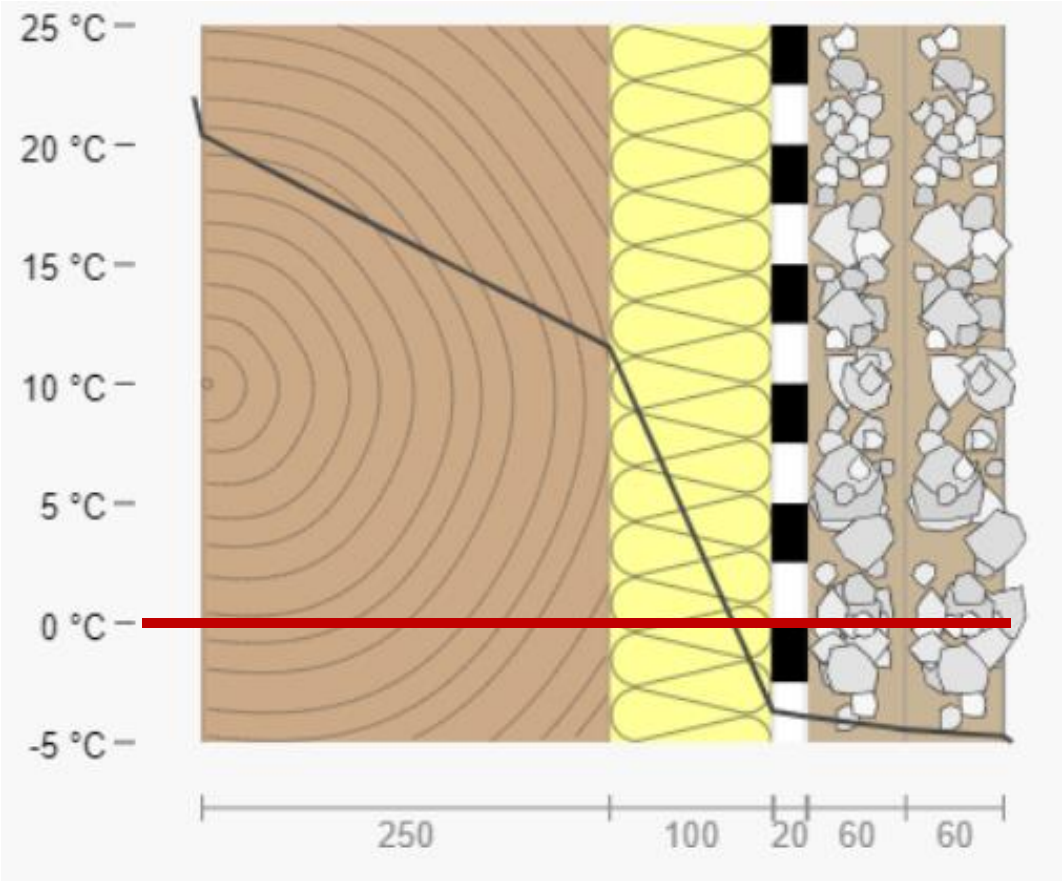


Abb. 9 Temperaturverlauf in der Wand

(ubakus, 2022)

9 Heizung

Die Heizung des Hauses wird über eine sogenannte Carbon-Heizung realisiert. Der Strom für die Carbon-Heizung sollte grundsätzlich von der Photovoltaikanlage am Dach des Hauses bereitgestellt werden. Jedoch kann die Photovoltaik-Anlage im Winter den Strombedarf der Heizung nicht zur Gänze decken. Deshalb muss an sehr kalten Tagen im Jahr mit einem Kamin, der sich im Wohnzimmer befindet, der restliche Heizbedarf aufgebracht werden.

9.1 Heizlast

Die Heizlast ist die Leistung, die benötigt wird, um alle Wärmeverluste in einem Raum bzw. Gebäude auszugleichen und somit die gewünschte Innentemperatur zu halten. (Vgl. Lauterschlag, o.J.)

Die Normwärmeverluste setzen sich zusammen aus den Transmissionswärmeverlusten und den Lüftungswärmeverlusten. (Vgl. N.N, o.J.)

Symbol	Einheit	Beschreibung
Φ	[W]	Normwärmeverluste
ΦT	[W]	Transmissionswärmeverluste
ΦV	[W]	Lüftungswärmeverluste

Tab. 1 Normverluste Heizlast

$$\Phi = \Phi T + \Phi V$$

9.1.1 Transmissionswärmeverluste | ΦT

Die Transmissionswärmeverluste beschreiben die Wärmeverluste eines Raumes bzw. Gebäudes über die Flächen (Wand, Fenster, Dach, Fußboden).

$$\Phi T = U * A * \Delta T$$

U ... Wärmedurchgangskoeffizient [W/(m²*K)]

A ... Fläche [m²]

ΔT ... Temperaturdifferenz [m²]

Die Temperaturdifferenz ΔT wird je nach außenanliegender Temperatur der jeweiligen Fläche angepasst:

- e… Außentemperatur (Normaußentemperatur)
- u… unbeheizter Raum (meist 10-15 °C)
- g… Erdreich (8°C)
- j… beheizter Raum (nur wenn ΔT > 4K)

9.1.2 Heizlastberechnung

Die Berechnung der Heizlast wurde mithilfe der Software „Plancal Nova“ durchgeführt. Dafür musste die Dateiform des Grundrissplans von PDF auf DWG umgewandelt und in „Plancal Nova“ eingespielt werden. Daraufhin folgte die Grundrisserfassung mittels der Software „Plancal Nova“. Die U-Werte mit den verschiedenen Materialien wurden ermittelt und miteinander verglichen. Anschließend wurde die Heizlast des Hauses mit sieben verschiedenen Dämmungen berechnet.

Dämmung	Zellulose	Schafwolle	Hanf/Jute	Holzwolle	Schaumglas	Seegras
Heizlast [W]	2985	2966	3019	2985	2976	3056
Spez. Heizlast [W/m²]	64	63	64	64	63	65

Tab. 2 Heizlast mit verschiedenen Dämmungen

Welche Dämmung schlussendlich zum Einsatz kommt, ist nicht von großer Bedeutung, da die Heizlasten sowie die spezifischen Heizlasten des Hauses bei den verschiedenen Dämmungen nur minimal voneinander abweichen.

9.1.3 Heizlastanteile

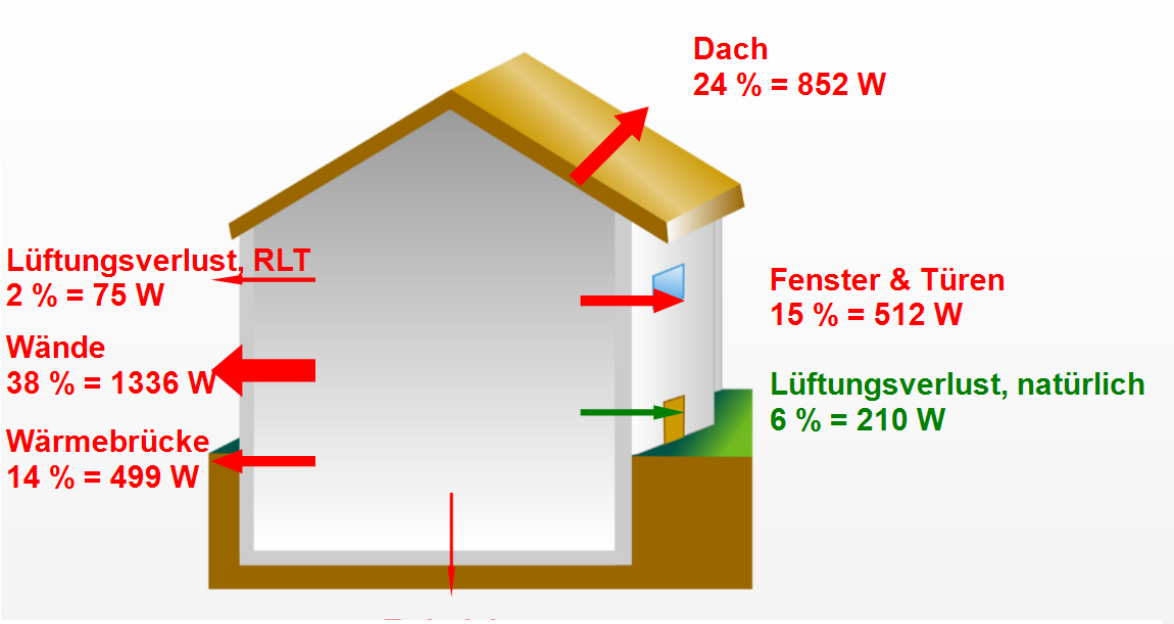


Abb. 10 Heizlastanteile

9.2 Wärmeverteilung

Eine Carbon-Heizung fungiert als Wärmeverteiler im Raum. Diese ist direkt unter dem Parkett verbaut und beide Bauteile sind miteinander verbunden. Die Photovoltaikanlage des Modulhauses versorgt die Heizung mit elektrischer Energie.

9.2.1 Funktion

Die Carbon-Heizung ist eine Widerstandsheizung. Die Carbonfasern sind über Kupferleitungen mit einem Transformator verbunden. Dieser senkt die 240-Volt-Netzspannung auf eine Niederspannung von 24 oder 36 Volt. Das elektrisch leitende Carbon wird von Strom durchflossen und erwärmt sich dabei. Bei diesem Vorgang werden langwellige Infrarotstrahlen (C-Strahlen) abgegeben. Treffen die Strahlen auf feste Körper, bringen sie Moleküle an der Oberfläche zum Schwingen. Somit werden C-Strahlen nur von der obersten Hautschicht aufgenommen. (Vgl. Rosenkranz, 2020)

Gewähltes Produkt: **Weitzer Wärme-Parkett**

- Vollcarbon-Heizung
- Reflexionsebene aus Aluminium reflektiert übrige Restwärme nach oben
- keine Wartung
- kein Heizraum erforderlich (platzsparend)
- wandelt elektrische Energie fast verlustfrei in Heizwärme um
- 16 [mm] Aufbauhöhe

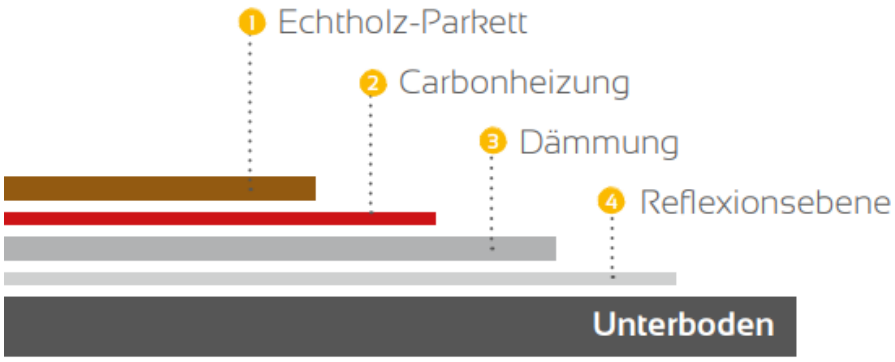


Abb. 11 Aufbau Wärmeparkett

(Weitzer Wärmeparkett, o.J.)

9.2.2 Betriebskosten bei Verwendung als Hauptheizung

Für die Kosten des laufenden Betriebs bei der Verwendung als Hauptheizung orientieren wir uns an Referenzprojekten der Firma Weitzer Parkett Vertriebs GmbH.

Folgende Daten stammen aus der Heizperiode 2019/20 und gelten für 64 m² Wohnfläche, welche dem Modulhaus entsprechen. Durch Schwankungen im Strompreis variieren die genannten Kosten.

Projekt 1:

Einsatz des Wärme-Parkett in einem gut gedämmten Neubau:

Verbrauch [kWh/Jahr]	Kosten [€/Jahr]
ca. 2100	ca. 400 - 470

Tab. 3 Daten Projekt 1, Wärme-Parkett

Projekt 2:

Einsatz des Wärme-Parkett in einem nicht gedämmten Altbau.

Verbrauch [kWh/Jahr]	Kosten [€/Jahr]
ca. 3900	ca. 700 – 860

Tab. 4 Daten Projekt 2, Wärme-Parkett

Projekt 2:

Fernwärme mit Heizkörper, eine Wohnebene

Verbrauch [kWh/Jahr]	Kosten [€/Jahr]
ca. 3900	ca. 1150

Tab. 5 Daten Projekt 2, Fernwärme mit Heizkörper

10 Lüftung

Um die Mindestluftwechselrate im Innenraum des Gebäudes und die Absaugung der Gerüche aus Küche und Bad sicher zu stellen, kommen zwei Fassadenlüftungsgeräte zum Einsatz, die mit integriertem Plattenwärmetauscher energieeffizient arbeiten. Dies stellt eine im Vergleich zur herkömmlichen Fensterlüftung sehr energiesparende Art der Lüftung dar.

Gewähltes Produkt: Meltem-M-WRG-II

- Volumenstrom: 2*50m³/h
- Zu- und Abluft durch Tellerventile
- Anschluss an Ventile durch Flexrohre

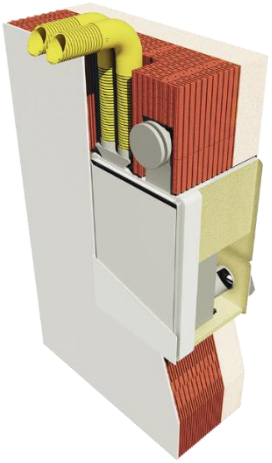
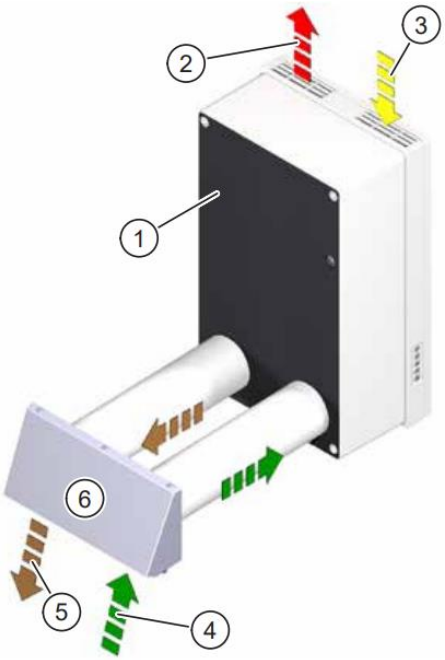


Abb. 12 M-WRG-II Wandeinbau (Reynartz, meltem.com, o.J.)

10.1 Funktionsprinzip

Im Inneren des Lüftungsgeräts sorgen zwei Ventilatoren dafür, dass der gewünschte Volumenstrom konstant zu- bzw. abgeführt wird. Durch einen Kreuzstromplattenwärmetauscher gibt die Abluft einen Großteil ihrer Energie an die Außenluft ab und sorgt somit für eine hohe Energieeffizienz. (Vgl. Reynartz, meltem.com, o.J.)



1… Lüftungsgerät

2… Zuluft

3… Abluft

4… Außenluft

5… Fortluft

6… Fassadenabschluss

Abb. 13 M-WRG-II Funktionsweise

(Reynartz, meltem.com, o.J.)

10.2 Luftverteilung

Die Luftverteilung wurde so konzipiert, dass die Luft in den gestanks- bzw. geruchsproduzierenden Räumen (z.B. Küche, WC) abgesaugt wird und in den Aufenthaltsbereichen (Wohnzimmer, Schlafzimmer) eingeblasen wird.

Gerät	Zuluft / Abluft	Volumenstrom	Raum	Auslasstyp
1	Zuluft	25 [m³/h]	Wohnzimmer	Tellerventil
1	Abluft	50 [m³/h]	Küche	Tellerventil
1	Zuluft	25 [m³/h]	Schlafzimmer 2	Tellerventil
2	Abluft	25 [m³/h]	Gang	Tellerventil
2	Abluft	25 [m³/h]	Badezimmer	Tellerventil
2	Zuluft	50 [m³/h]	Schlafzimmer 1	Tellerventil

Tab. 6 Luftverteilung

10.3 Grundrissplan Lüftung

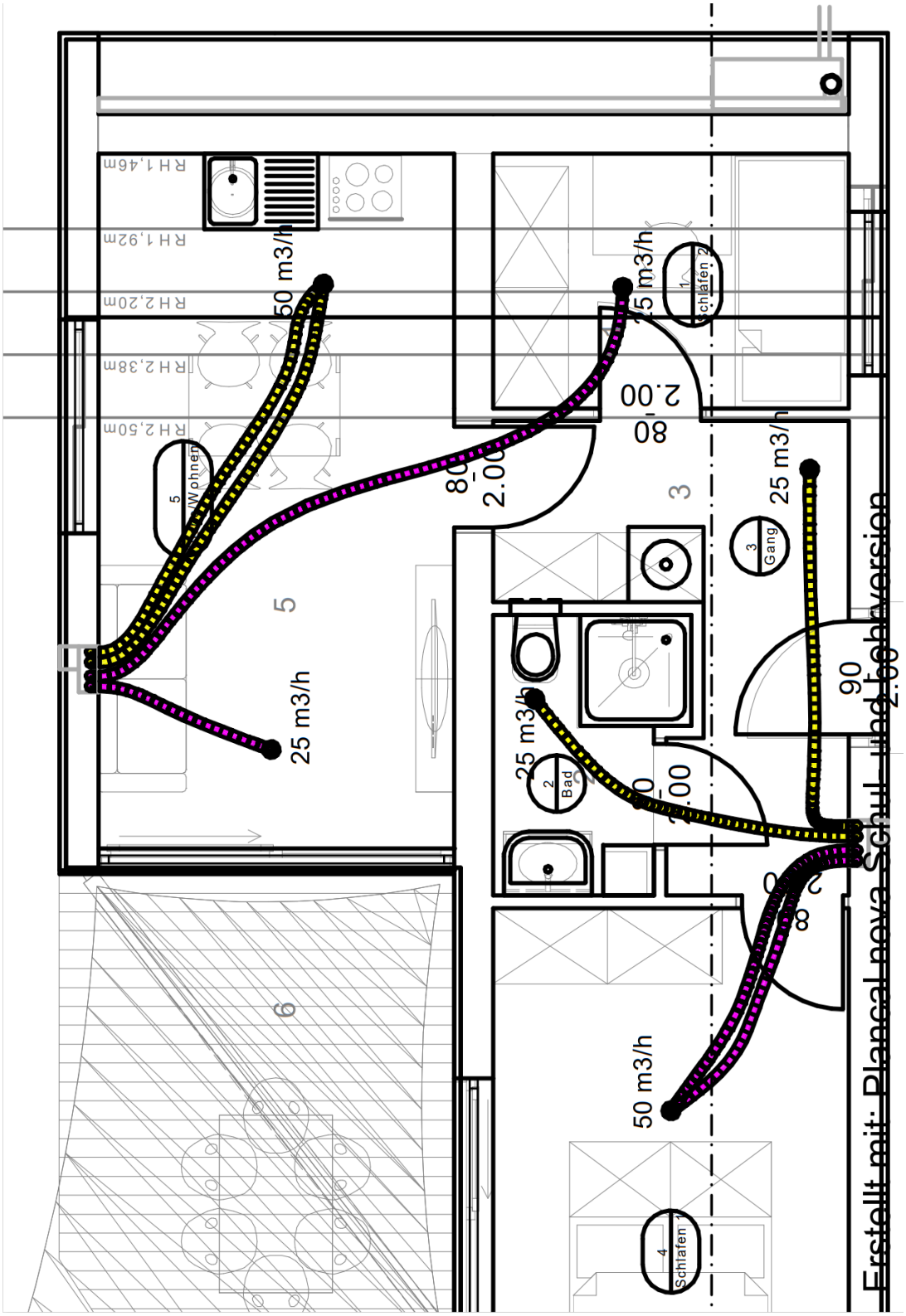


Abb. 14 Grundrissplan Lüftung

11 Sanitär

Die zu versorgenden sanitärtechnischen Einrichtungen des Modulhauses sind:

Regenwasser
- WC
- Waschmaschine

Örtliche Wasserversorgung
- Dusche
- Waschtisch
- Küchenspüle
- (Trinkwassernachspeisung Regenwasser)

Der Hausanschluss erfolgt durch ein eigenentwickeltes Produkt der Firma DaxBox GmbH, welches dafür sorgt, dass die Trinkwasserleitung sowie Strom- und Abwasserleitung frostfrei in das Haus introduziert.

Abb. 15 Hausanschlusskasten

(DaxBox GmbH, o.J.)

Die Warmwasserbereitung wird durch einen im Badezimmer hängenden Elektroboiler erzielt. Der E-Boiler wird nicht wie normalerweise einmal pro Tag aufgeheizt, stattdessen wird die überschüssige Energie der Photovoltaikanlage genutzt, um das Wasser im Boiler aufzuheizen.

11.1 Abwasser

Das Abwasser wird über das örtliche Kanalnetz abgeführt. Wenn kein öffentliches Kanalnetz verfügbar ist oder der Anschluss an das Kanalnetz finanziell nicht tragbar ist, muss ein zusätzlicher Abwassertank eingebaut werden. Für den Tank ist ein Platz im Technikbereich auf der Hinterseite des Hauses vorgesehen. (siehe Abb. 17 Modell Regenwassernutzungsanlage)

11.2 Grundrissplan Sanitär

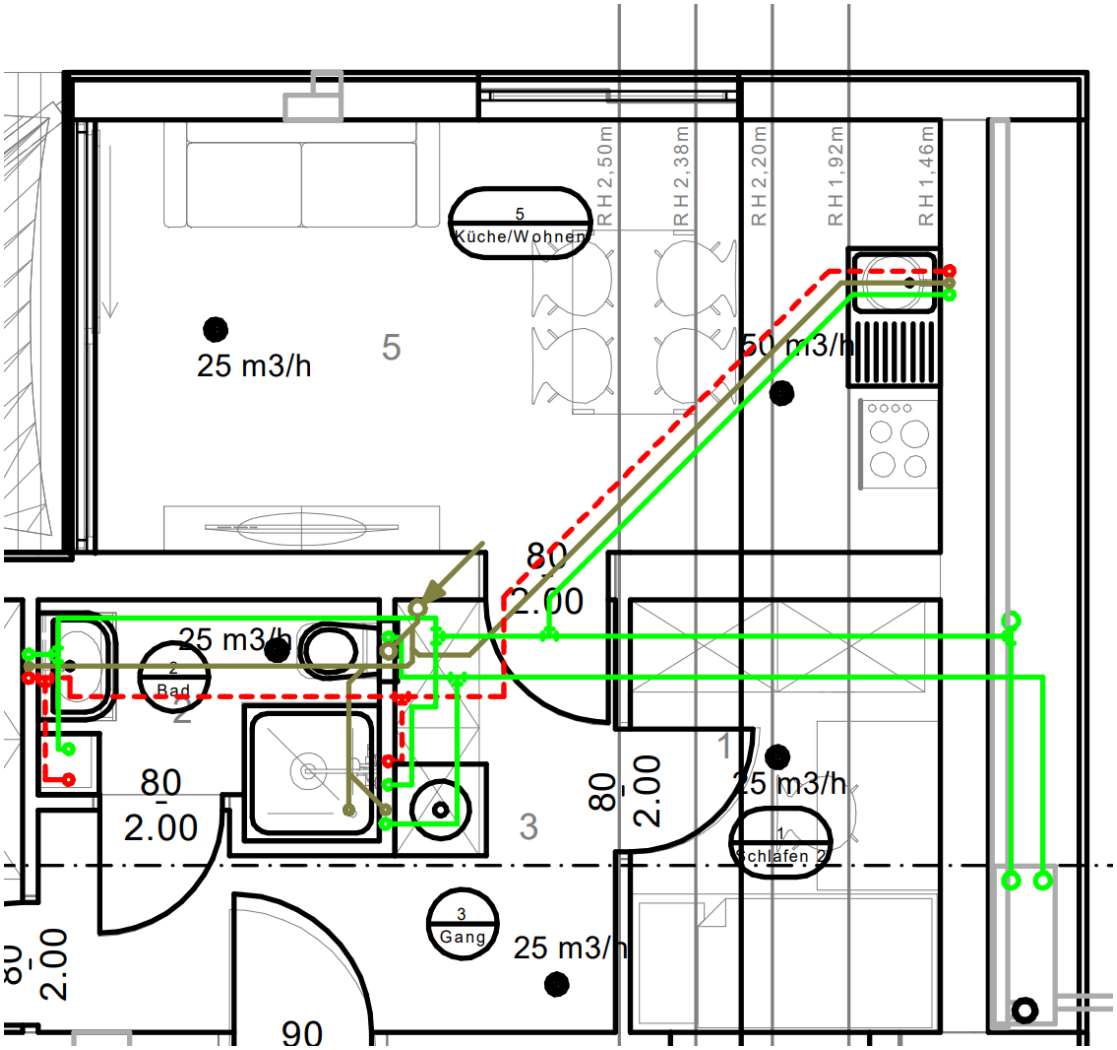


Abb. 16 Grundrissplan Sanitär

11.3 Regenwassernutzung

Um den Wasserverbrauch und die damit einhergehenden laufenden Kosten möglichst zu senken, wird eine Anlage zur Nutzung des Regenwassers eingebaut. Das Regenwasser wird auf einer Seite des Hauses aufgefangen auf der anderen fließt es normal ab und versickert im Erdreich. Das Auffangen des Regenwassers erfolgt durch ein Gitter in der wasserführenden Schicht des Dachaufbaus. Das Wasser wird für die Toilettenspülung und für die Waschmaschine verwendet. Das gesamte System ist im Zwischenraum von Innenraum und Außenhülle versteckt.

11.3.1 Komponenten

Für die Regenwassernutzungsanlage benötigt folgende 4 Hauptkomponenten:

- Zisterne
- Reinigungs- und Pumpensystem
- Getrenntes Leitungssystem
- Trinkwassernachspeisung

11.3.2 Zisterne

Die Zisterne ist der Behälter oder auch der Tank, in dem das Regenwasser gespeichert wird. Sie kann aus Beton oder Kunststoff angefertigt sein. Die Größe der Zisterne richtet sich nach dem voraussichtlichen Niederschlag in der Region und dem individuellen Wasserbedarf. Normalerweise wird sie im Grundstück eingegraben. Da das in unserem Fall nicht möglich ist, wird eine Sonderanfertigung benötigt, die im Zwischenraum zwischen Innenraum und Außenhülle des Hauses versteckt werden kann. (Vgl. Strauss, o.J,)

11.3.3 Reinigungs- und Pumpensystem

Auch wenn das Wasser nur für die Toilettenspülung und die Waschmaschine genutzt wird, muss es in einem gewissen Maß gereinigt werden. Dafür werden fünf Bestandteile benötigt:

- Vorfilter
- Beruhigter Zulauf
- Überlaufrohr
- Schwimmende Entnahme
- Hauswasserwerk

Der Vorfilter sorgt dafür, dass grobe Verschmutzungen, die vom Dach mitgeschwemmt werden, herausgefiltert werden. Das Wasser gelangt dann über den beruhigten Zulauf in die Zisterne. Dieser besteht aus einem Rohr, welches bis zum Boden des Behälters reicht und einen U-Förmigen und erweiterten Auslauf besitzt. Somit wird das Regenwasser mit Sauerstoff angereichert und man verhindert eine Aufwirbelung der Sedimentschicht. Das Überlaufrohr befördert das überschüssige Wasser ins Freie, wo es schließlich versickert. Darunter erfolgt die Entnahme des Regenwassers durch eine Ansaugarmatur, die durch eine Schwimmkugel in Position gehaltenen. Das Hauswasserwerk (Pumpe) erzeugt den benötigten Druck in der Wasserleitung. (Vgl. Strauss, o.J,)

11.3.4 Getrenntes Leitungssystem

Das Leitungssystem, welches die Toilette und die Waschmaschine versorgt, muss vom Trinkwasser-Leitungssystem getrennt sein. Das Zisternenwasser darf nicht mit dem Trinkwasser in Kontakt treten, sonst könnte es zu Verkeimungen kommen.

11.3.5 Trinkwassernachspeisung

Damit Toilette und Waschmaschine auch in regenarmen Perioden betrieben werden können, wird die Anlage mit einer Trinkwassernachspeisung ausgestattet. Diese sorgt dafür, dass die Zisterne mit Trinkwasser befüllt wird, falls der Wasserstand zu niedrig ist.
Dies geschieht über den sogenannten freien Zulauf. Dabei führt ein Rohr vom Trinkwasserleitungssystem mit Gefälle und Trichter zur Zisterne. Um die Füllung der Zisterne bei Bedarf sicherzustellen, wird ein Schwimmschalter verwendet. Wenn der Schwimmschalter einen zu geringen Pegelstand feststellt, aktiviert er ein Magnetventil in der Trinkwasserleitung und die Zisterne wird mit frischem Trinkwasser befüllt. (Vgl. Heise, o.J.)

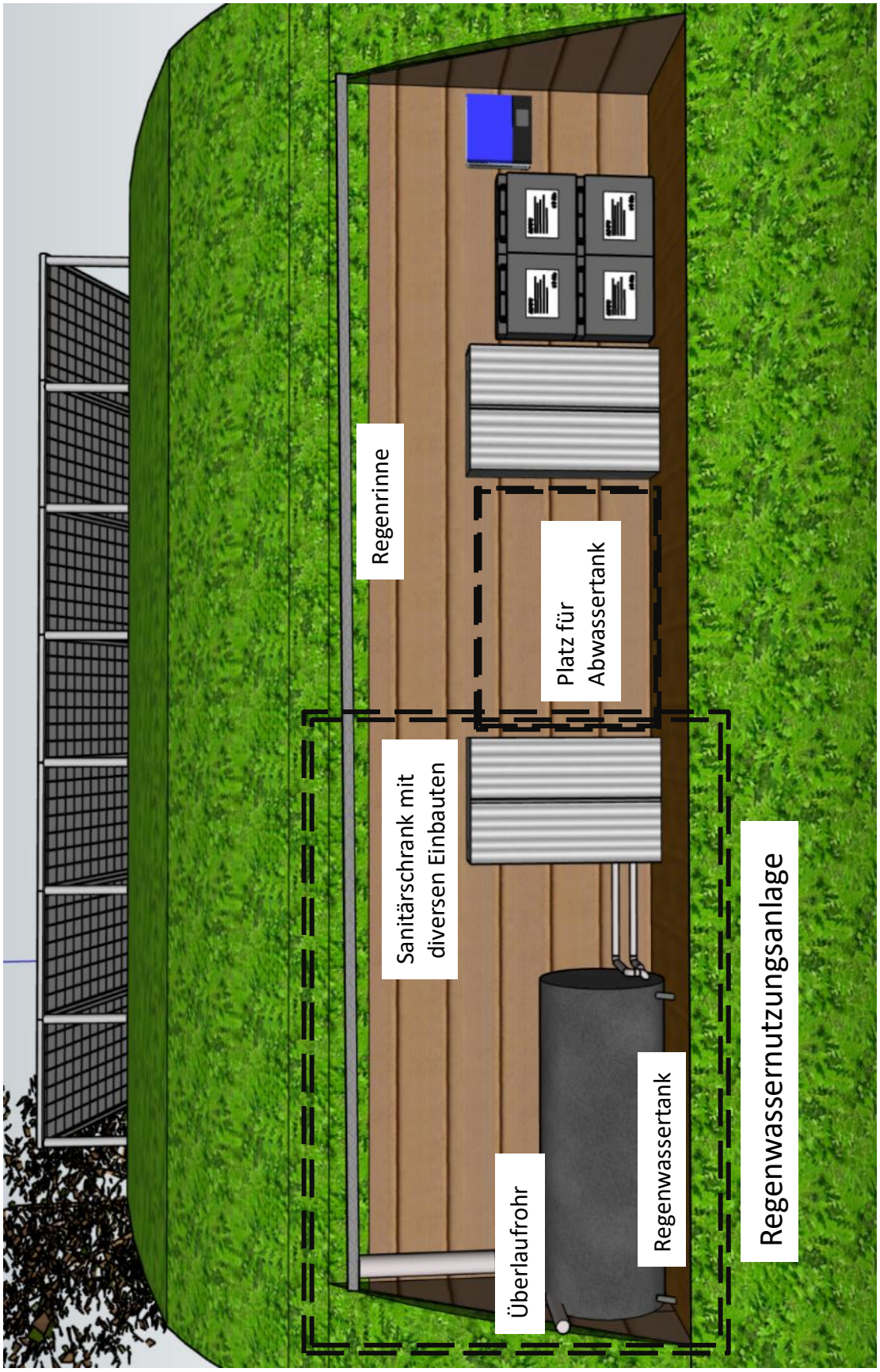


Abb. 17 Regenwassernutzungsanlage

12 Photovoltaikanlage

Zur Gewinnung von CO_2 freien Strom kommt eine Photovoltaikanlage zum Einsatz. Diese wandelt Lichtenergie aus Sonnenlicht mithilfe von Solarzellen direkt in elektrische Energie um.

12.1 Funktionsprinzip:

Als Beispiel dient eine Dünnschicht-Solarzelle aus Silizium.

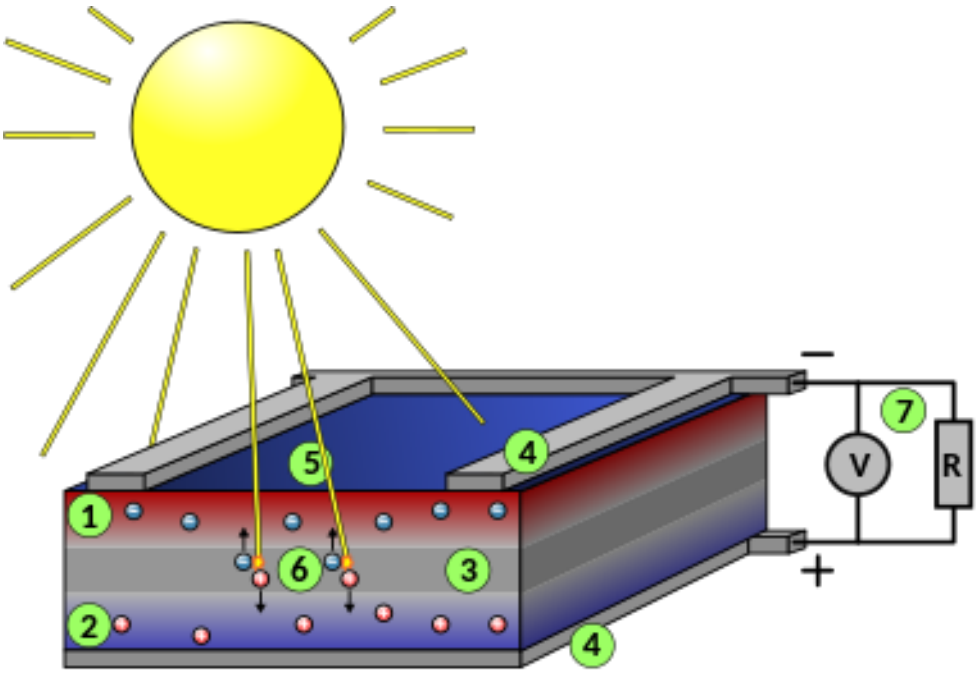


Abb. 18 Dünnschicht Solarzelle aus Silizium

(Paetzold, 2018)

1) In der oberen Siliziumschicht befinden sich Elektronendonatoren. Diese Teilchen geben zusätzliche Elektronen ab, die frei beweglich sind **(n-Schicht)**.

2) In der unteren Siliziumschicht befinden sich Elektronenakzeptoren, welche Elektronen aufnehmen. Dadurch entstehen frei bewegliche Fehlstellen **(p-Schicht)**.

3) Im Grenzbereich **(p-n-Übergang)** besetzten freie Elektronen aus der oberen Schicht die Fehlstellen aus der unteren Siliziumschicht. In dieser Zone gibt es somit keine frei beweglichen Ladungsträger **(Verarmungszone)**.

   In der Verarmungszone herrscht oben Elektronen- und unten Fehlstellenmangel. Da aber noch Akzeptoren und Donatoren vorhanden sind, bildet sich ein ständig vorhandenes elektrisches Feld (Pluspol bei n-Schicht, Minuspol bei p-Schicht).

4) Die oberen und unteren Bereiche sind mit Kontakten versehen. Die Unterseite ist ganzflächig und die Oberseite von schmalen Gridfingern bedeckt. Die Kontakte münden in Stromsammelbahnen.

5) Auf der Oberfläche gelangen Sonnenstrahlen in die Solarzelle.

6) In der Verarmungszone übertragen Photonen aus den Sonnenstrahlen ihre Energie an locker gebundene Elektronen des Siliziums. Dabei werden die Elektronen aus ihrer Bindung gelöst und ins Leitungsband gehoben. Im Valenzband entsteht dadurch eine Fehlstelle. Diese Elektron-Loch-Paare verschwinden wieder. Die Elektronen werden von den Löchern getrennt und beide gehen wieder zu ihrem Ausgangsort zurück. Durch diesen Prozess entstehen eine Spannung und nutzbarer Strom.

7) Der Strom fließt durch den Stromkreis zur unteren Kontaktfläche und vereinigt sich dort mit den zurückgebliebenen Löchern. (Vgl. Wikipedia-Autoren, 2022)

Die Photovoltaik Paneele werden nicht nur als Stromerzeuger genutzt, sondern auch als Beschattung im Terrassenbereich des Modulhauses.

Gewähltes Produkt: **friSolar roof**

Dieses Produkt ist zwar für Carportdächer konstruiert, jedoch wird es hierbei als „Sonnensegel“ umfunktioniert. Da die Überdachung semitransparent ist, bleibt eine gewisse Resthelligkeit für die Terrasse übrig.

Zur Energiegewinnung nutzen die Paneele bifaciale Zelltechnologie. Durch zweiseitige Zellen wird die Energie von beiden Seiten gewonnen. Das führt zu einem 15 % höheren Ertrag als bei normalen Modulen.

Abb. 19 friSolar roof

(Julius Fritsche GmbH, o.J.)

12.2 Konzeption der PV-Anlage

Die Photovoltaikanlage besteht aus folgenden Komponenten:

- Paneele
- Wechselrichter
- Batterie
- Steuerung und Regelung

Die Anlage verfügt über 15 Paneele + friSolar Überdachung, diese erzeugen gemeinsam eine Leistung von ca. 5 kWp. Im Idealfall reicht diese Leistung aus, um Heizung, Warmwasserbereitung, Licht sowie sämtliche Haushaltsgeräte zu versorgen. Der Strom, der direkt verbraucht wird, muss zuerst vom Wechselrichter in Wechselstrom umgewandelt. Der überschüssige Strom, der nicht verbraucht werden kann, wird in die Batterie geladen, sodass man ihn in der Nacht, wenn kein Strom produziert wird, nutzen kann. Die Steuerung und Regelung der Anlage bestimmen, welche Verbraucher Priorität gegenüber anderen Verbrauchern haben. Zum Beispiel soll, wenn überschüssiger Strom produziert wird, zuerst der Warmwasserbereiter aufgeheizt werden und danach die Batterie geladen werden.

In den folgenden zwei Bildern sieht man die Aufteilung der Paneele auf dem Dach und die anderen Anlagen Teile der PV-Anlage auf der Hinterseite des Hauses:

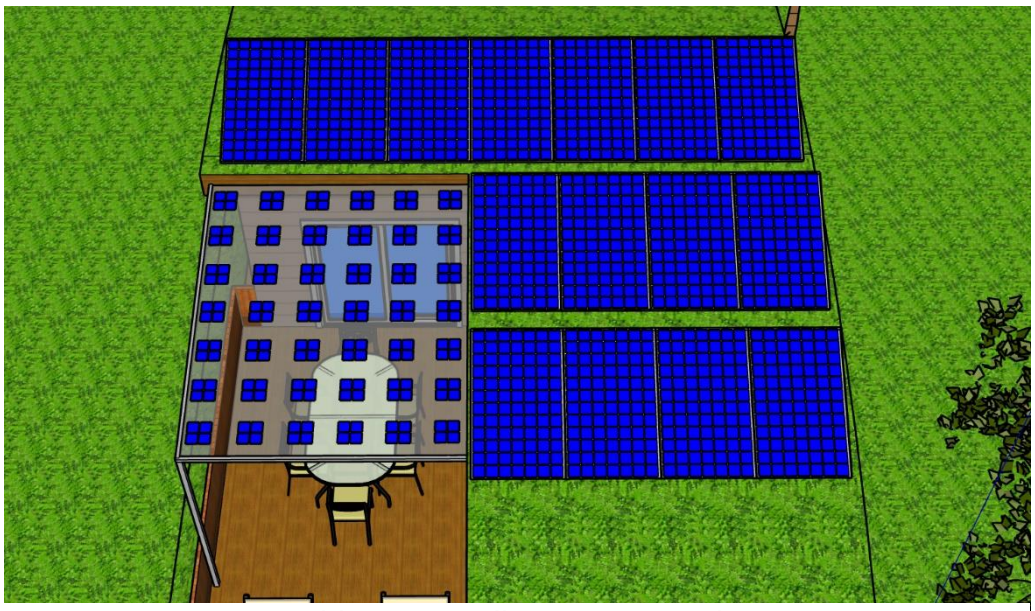


Abb. 20 Aufteilung PV-Paneele

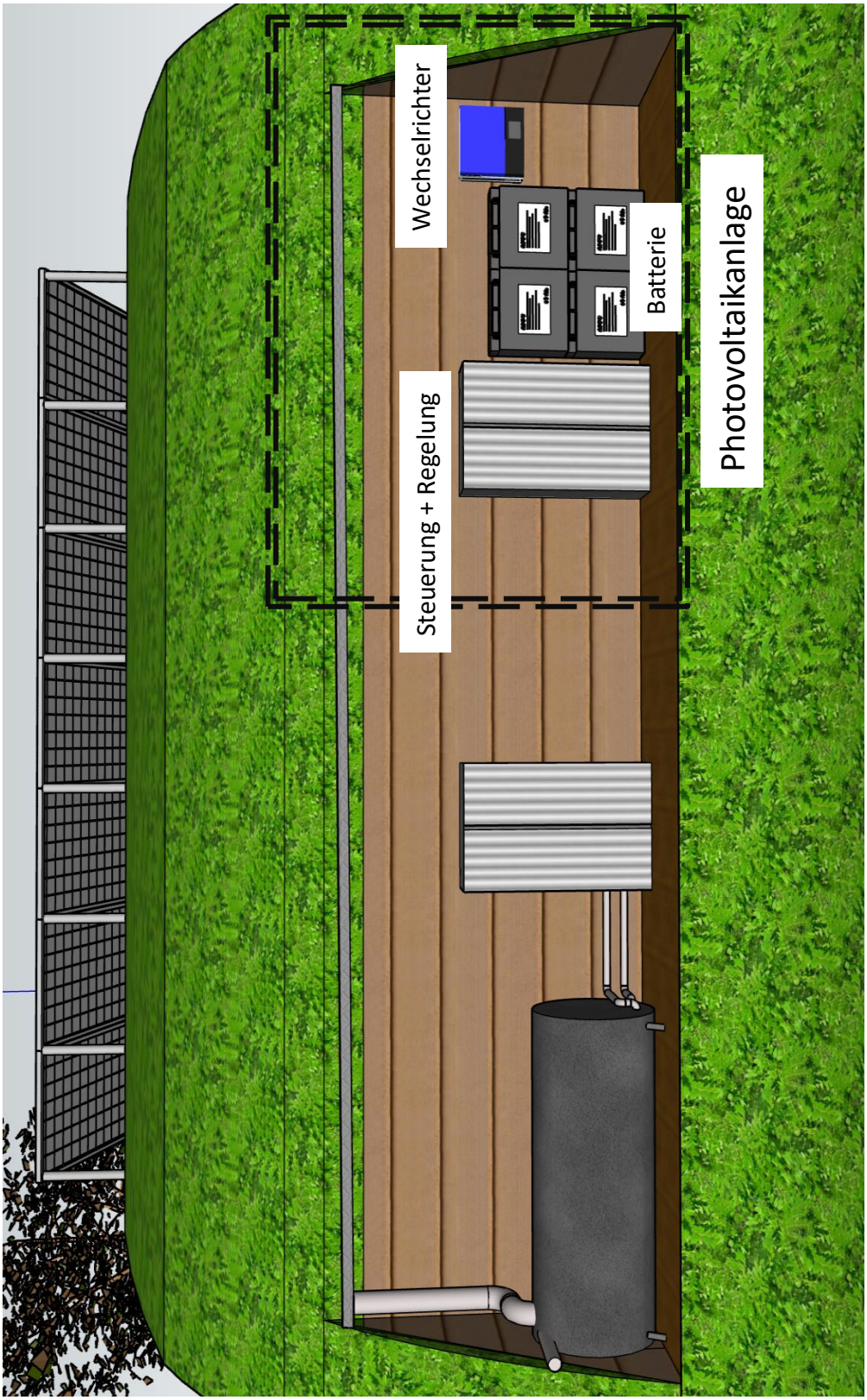


Abb. 21 Technik der PV-Anlage

13 Energieausweis

Der Energieausweis gibt die Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes an. Dieser Ausweis dient als energetische Bewertung eines Gebäudes. Dadurch ergibt sich eine einfache Vergleichbarkeit des Energieverbrauchs von Gebäuden. (Vgl. Draxl, 2022)

Berechtigt zur Ausstellung sind Unternehmer, welche auf Basis mehrerer Erlässe des seinerzeitigen Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit bzw. für Wirtschaft, Familie und Jugend befähigt wurden. (Vgl. Hütter, 2021/2022, S. 27)

Den Energieausweis gibt es in drei Varianten, für Wohngebäude, Nicht-Wohngebäude und sonstige Gebäude.

Die Geltungsdauer beträgt zehn Jahre ab Ausstellung des Energieausweises.

13.1 Grundlagen:

- europäische Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden
- OIB-Richtlinie 6 und dazugehörige Normen
- Energieausweis-Vorlage-Gesetz
- oberösterreichisches Bautechnikgesetz
- oberösterreichische Bauordnung
- oberösterreichische Bautechnikverordnung

Die Erstellung des Energieausweises ist notwendig bei:

- Neubau, Zubau oder Umbau sowie bei einer größeren Renovierung des Gebäudes
- Verkauf, Vermietung, Verpachtung des Nutzungsobjektes
- Für den verpflichtenden Aushang von Energieausweisen

13.2 Energieausweisklassen

Die Einteilung erfolgt in Klassen nach dem Heizwärmebedarf pro m² Brutto-Grundfläche. Es wird nach den Kategorien A++ bis G unterschieden.

Klasse	Heizwärmebedarf [kWh/m²*a]	Gebäudeart
A++	max. 10	Passivhaus
A+	max. 15	Passivhaus
A	max. 25	Niedrigenergiehaus mit Komfortlüftung
B	max. 50	Energiesparhaus
C	max. 100	Niedrig-Energiehaus
D	max. 150	alte, unsanierte Gebäude
E	max. 200	alte, unsanierte Gebäude
F	max. 250	alte, unsanierte Gebäude
G	über 250	alte, unsanierte Gebäude

Tab. 7 Energieausweisklassen

13.3 Inhalt

Der Energieausweis für Wohngebäude informiert auf der ersten Seite über die Stammdaten des Gebäudes und auf der zweiten Seite über die Gebäudekenndaten.

- **Heizwärmebedarf HWB:** beschreibt jene Wärmemenge am Standort des Nutzungsobjektes, um darin eine Raumtemperatur von 22 °C zu halten.

- **Primärenergiebedarf PED:** schließt gesamte Energie für den Bedarf im Gebäude einschließlich des Aufwandes für Transport und Herstellung des jeweils eingesetzten Energieträgers mit ein.

- **Gesamtenergieeffizienzfaktor f_{GEE}:** vergleicht das Gebäude mit einem Referenzobjekt aus dem Gebäudestand aus 2007. Dadurch kann festgestellt werden, ob es sich beim vorliegenden Gebäude um ein energetisch besseres oder schlechteres Gebäude handelt. Je kleiner dieser Faktor ist, umso effizienter ist das Gebäude.

- **Kohlendioxidemissionen CO_2:** stellt den Energiebedarf der im Gebäude zurechnenden Kohlendioxidemissionen dar. Darin eingeschlossen sind auch jene für Transport und Erzeugung eines Energieträgers sowie aller Verluste.

- **Warmwasser-Wärmebedarf WWWB:** gibt den Energiebedarf für die Warmwasserbereitstellung an. Bezieht sich auf vorgegeben Wert nämlich 1 Liter Wasser je m² Brutto-Gesamtfläche, welcher um 30 °C erwärmt wird.

- **Heizenergiebedarf HEB:** berücksichtigt zusätzlich zum Nutzenergiebedarf auch noch die Verluste der Haustechnik im Gebäude (z.B. Verluste des Heizkessels, Energiebedarf von Umwälzpumpen)

- **Endenergiebedarf EEB:** schließt zusätzlich zum Heizenergiebedarf noch den Haushaltsstrombedarf mit ein. Der Energiebedarf entspricht jener Energiemenge, die eingekauft werden muss. (Vgl. Draxl, 2022)

13.4 Standortklima

Da sich je nach dem Standort des Gebäudes der Energiebedarf ändert, wird das Standortklima mittels der Klimaregion berücksichtigt.

13.5 Monatsmitteltemperaturen

Die Monatsmitteltemperatur wird größtenteils von der Seehöhe bestimmt. Die Klimatographie Österreichs teilt das Bundesgebiet in sieben unterschiedliche Regionen mit entsprechenden Temperaturgradient. (Vgl. Hütter, 2021/2022, S. 31)

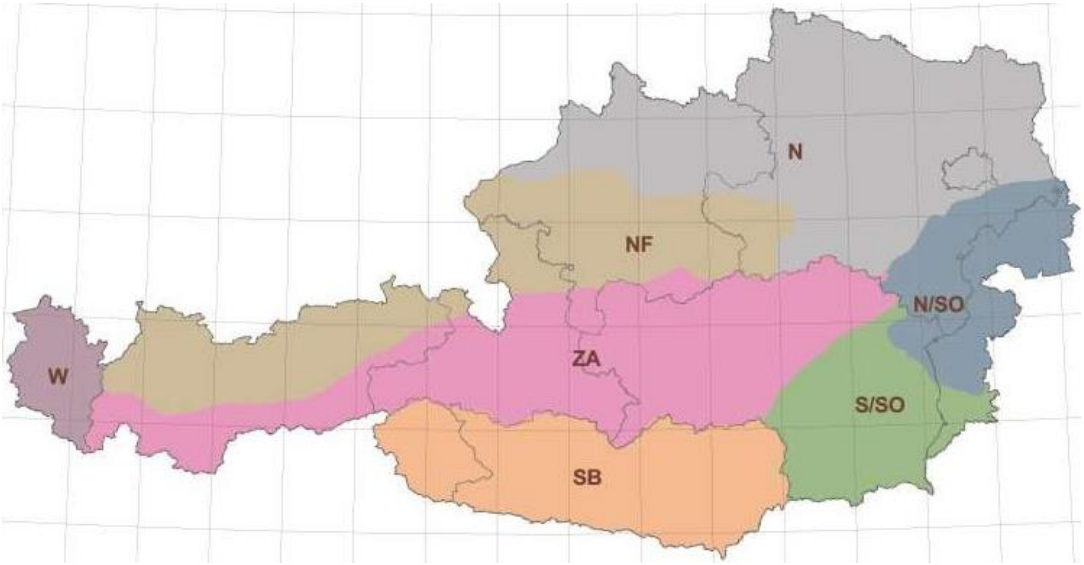


Abb. 22 Temperaturregionen

(NÖ Baudirektion, 2009)

W: Region West

NF: Region Nord - Föhngebiet

N: Region Nord – außerhalb von Föhngebieten

ZA: Region alpine Zentrallage

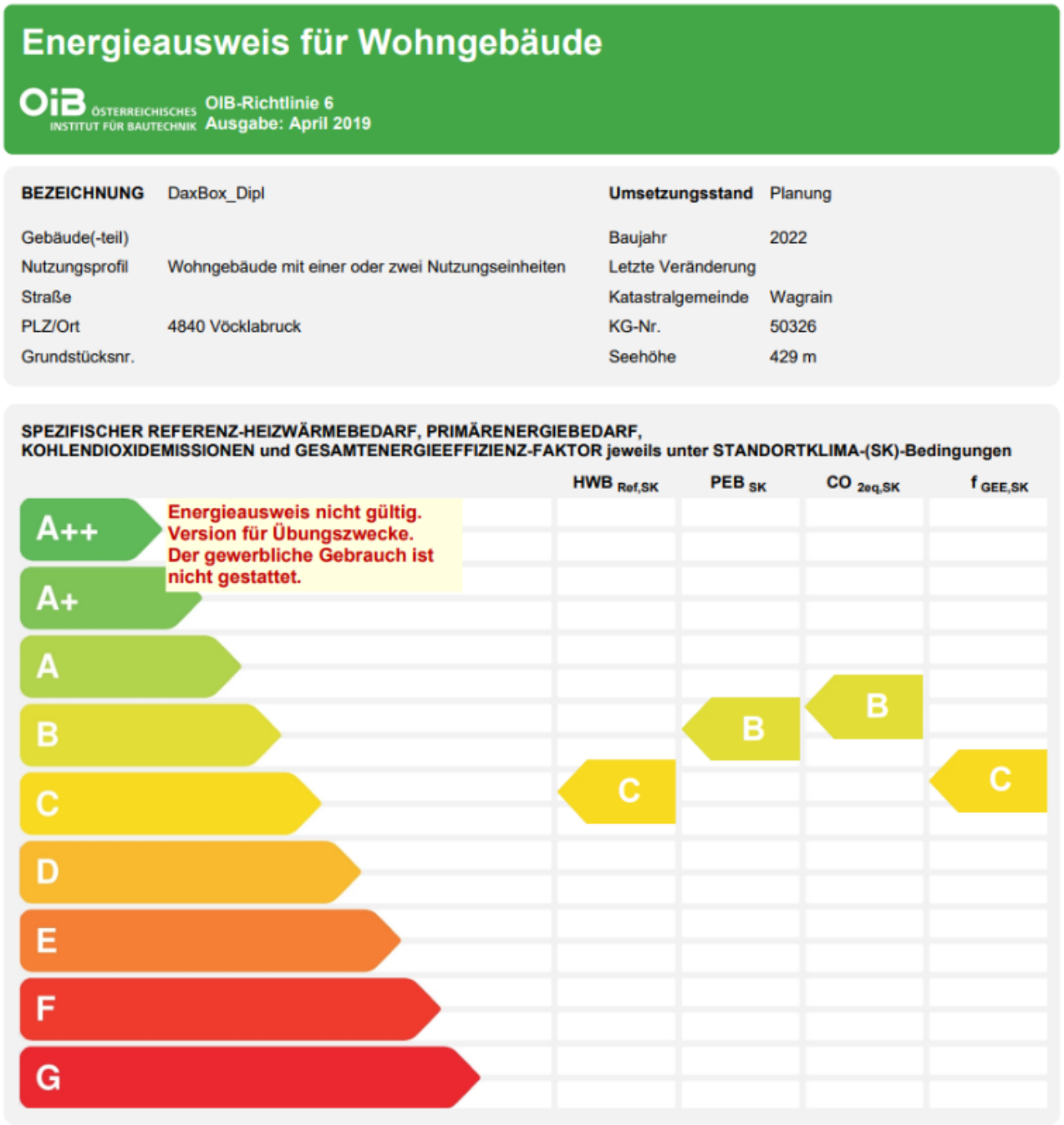
SB: Region Beckenlandschaften im Süden

N/SO: Region Südost – nördlicher Teil

S/SO: Region Südost - südlicher Teil

13.6 Energieausweis des Modulhauses

Für die Erstellung des Energieausweises diente die Software von GEQ.



Energieausweis für Wohngebäude

OIB ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK — OIB-Richtlinie 6, Ausgabe: April 2019

BEZEICHNUNG	DaxBox_Dipl	**Umsetzungsstand**	Planung
Gebäude(-teil)		Baujahr	2022
Nutzungsprofil	Wohngebäude mit einer oder zwei Nutzungseinheiten	Letzte Veränderung	
Straße		Katastralgemeinde	Wagrain
PLZ/Ort	4840 Vöcklabruck	KG-Nr.	50326
Grundstücksnr.		Seehöhe	429 m

SPEZIFISCHER REFERENZ-HEIZWÄRMEBEDARF, PRIMÄRENERGIEBEDARF, KOHLENDIOXIDEMISSIONEN und GESAMTENERGIEEFFIZIENZ-FAKTOR jeweils unter STANDORTKLIMA-(SK)-Bedingungen

	$HWB_{Ref,SK}$	PEB_{SK}	$CO_{2eq,SK}$	$f_{GEE,SK}$
A++				
A+				
A				
B		B	B	
C	C			C
D				
E				
F				
G				

Energieausweis nicht gültig. Version für Übungszwecke. Der gewerbliche Gebrauch ist nicht gestattet.

Abb. 23 Energieausweis, Seite 1

Energieausweis für Wohngebäude

OiB ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUTECHNIK OIB-Richtlinie 6 Ausgabe: April 2019

GEBÄUDEKENNDATEN — **EA-Art:**

Brutto-Grundfläche (BGF)	67,7 m²	Heiztage	252 d	Art der Lüftung	RLT mit WRG
Bezugsfläche (BF)	54,2 m²	Heizgradtage	3 750 Kd	Solarthermie	- m²
Brutto-Volumen (V_B)	223,4 m³	Klimaregion	NF	Photovoltaik	5,0 kWp
Gebäude-Hüllfläche (A)	268,6 m²	Norm-Außentemperatur	-14,4 °C	Stromspeicher	8,0 kWh
Kompaktheit (A/V)	1,20 1/m	Soll-Innentemperatur	22,0 °C	WW-WB-System (primär)	
charakteristische Länge (lc)	0,83 m	mittlerer U-Wert	0,21 W/m²K	WW-WB-System (sekundär, opt.)	
Teil-BGF	- m²	LEK_T -Wert	22,23	RH-WB-System (primär)	
Teil-BF	- m²	Bauweise	leicht	RH-WB-System (sekundär, opt.)	
Teil-V_B	- m³				

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF (Referenzklima) — **Nachweis über den Gesamtenergieeffizienz-Faktor**

	Ergebnisse		Anforderungen
Referenz-Heizwärmebedarf	$HWB_{Ref,RK}$ = 55,8 kWh/m²a	entspricht	$HWB_{Ref,RK,zul}$ = 73,7 kWh/m²a
Heizwärmebedarf	HWB_{RK} = 47,5 kWh/m²a		
Endenergiebedarf	EEB_{RK} = 62,7 kWh/m²a		
Gesamtenergieeffizienz-Faktor	$f_{GEE,RK}$ = 1,13	entspricht nicht	$f_{GEE,RK,zul}$ = 0,75
Erneuerbarer Anteil	PV mind. 20 % des HHSB/BSB	entspricht	Punkt 5.2.3 a, b oder c

WÄRME- UND ENERGIEBEDARF (Standortklima)

Referenz-Heizwärmebedarf	$Q_{h,Ref,SK}$ = 4 379 kWh/a	$HWB_{Ref,SK}$ = 64,7 kWh/m²a
Heizwärmebedarf	$Q_{h,SK}$ = 3 723 kWh/a	HWB_{SK} = 55,0 kWh/m²a
Warmwasserwärmebedarf	Q_{tw} = 519 kWh/a	WWWB = 7,7 kWh/m²a
Heizenergiebedarf	$Q_{HEB,SK}$ = 4 857 kWh/a	HEB_{SK} = 71,8 kWh/m²a
Energieaufwandszahl Warmwasser		$e_{AWZ,WW}$ = 3,00
Energieaufwandszahl Raumheizung		$e_{AWZ,RH}$ = 0,75
Energieaufwandszahl Heizen		$e_{AWZ,H}$ = 0,99
Haushaltsstrombedarf	Q_{HHSB} = 940 kWh/a	HHSB = 13,9 kWh/m²a
Endenergiebedarf	$Q_{EEB,SK}$ = 4 683 kWh/a	EEB_{SK} = 69,2 kWh/m²a
Primärenergiebedarf	$Q_{PEB,SK}$ = 7 633 kWh/a	PEB_{SK} = 112,8 kWh/m²a
Primärenergiebedarf nicht erneuerbar	$Q_{PEBn.ern.,SK}$ = 4 777 kWh/a	$PEB_{n.ern.,SK}$ = 70,6 kWh/m²a
Primärenergiebedarf erneuerbar	$Q_{PEBern.,SK}$ = 2 857 kWh/a	$PEB_{ern.,SK}$ = 42,2 kWh/m²a
äquivalente Kohlendioxidemissionen	$Q_{CO2eq,SK}$ = 1 063 kg/a	$CO_{2eq,SK}$ = 15,7 kg/m²a
Gesamtenergieeffizienz-Faktor		$f_{GEE,SK}$ = 1,10
Photovoltaik-Export	$Q_{PVE,SK}$ = 3 552 kWh/a	$PVE_{EXPORT,SK}$ = 52,5 kWh/m²a

Abb. 24 Energieausweis, Seite 2

Die mittelmäßigen Werte des Energieausweises ergeben sich durch folgende Faktoren:

- geringe Speichermasse
- Heizung bekommt Energie durch Strom
- Warmwasser bekommt Energie durch Strom
- hoher Glasanteil der Außenfläche

14 CO_2-Fußabdruck

„Der CO_2-Fußabdruck ist das Ergebnis einer Emissionsberechnung bzw. CO_2-Bilanz. Er gibt an, welche Menge von Treibhausgasen durch eine Aktivität, einen Prozess oder eine Handlung freigesetzt wird. Ein CO_2-Fußabdruck lässt sich beispielsweise für Geschäfts- oder Produktionsprozesse von Unternehmen abgeben.“ (First Climate AG, 2021)

Der CO_2-Fußabdruck des Modulhauses wurde mithilfe von Excel erstellt.

Der gesamte Ausstoß beträgt 11.142 kg CO_2.

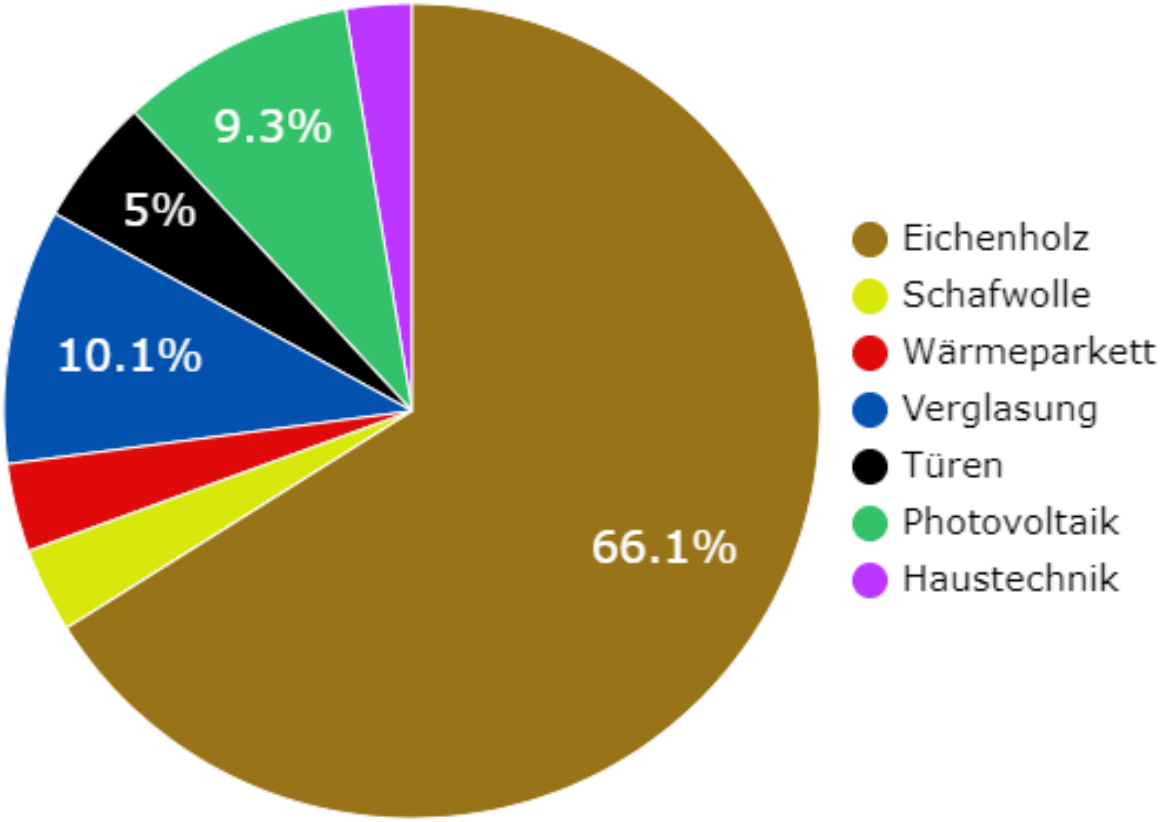


Abb. 25 CO_2-Fußabdruck Modulhaus

15 Kostenermittlung

Die Gesamtkosten des Modulhauses inklusive Photovoltaikanlage und HKLS wurden mithilfe von Excel ermittelt.

Der Gesamtpreis beträgt 135.078,80 €.

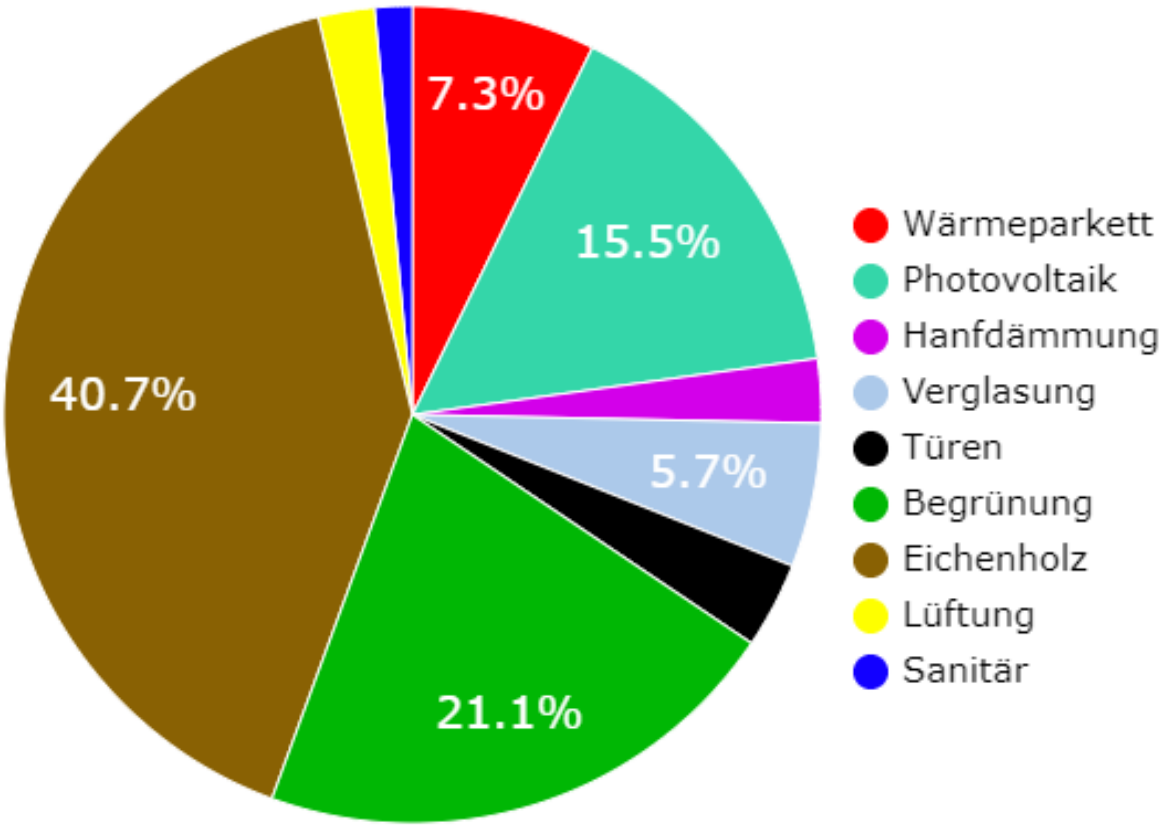


Abb. 26 Gesamtkosten Modulhaus

16 Anwendungsbereiche

Das Modulhaus kann in verschiedensten Bereichen effektiv verwendet werden:

- Privates Wohnen
- Tourismus
- Alten- und Pflegeheime
- Bürokomplexe

16.1 Privates Wohnen

In der heutigen Zeit suchen immer mehr Menschen der Umwelt zuliebe nach einer Alternative zum herkömmlichen Wohnbau. Unser grünes Modulhaus kann diesen Menschen genau das bieten, was sie suchen. Ein Heim, welches im Einklang mit der Natur existiert und diese nicht zerstört. Außerdem kann es durch die Eigenversorgung mit Strom und Wasser eine attraktive Möglichkeit für Menschen sein, die unabhängig oder gar abgegrenzt von der Zivilisation Leben möchten. (siehe Abb. 1)

16.2 Tourismus

Die Möglichkeiten, das Modulhaus im Tourismusbereich einzusetzen, sind sehr vielfältig. Das Haus kann problemlos an verschiedenste Wetterbedingungen angepasst werden. Das ermöglicht den Einsatz des Hauses in nahezu allen Regionen der Welt. Darüber hinaus ist es ebenfalls möglich, mehrere Häuser zu einem größeren Urlaubsresort zusammenzuschließen. Aber auch ein einzelnes Haus an einem besonderen Ort aufzustellen macht durchaus Sinn, da man somit ein einzigartiges Gefühl der Privatsphäre vermittelt. Somit ist das Modulhaus für Familienurlaube genauso wie für romantische Paarurlaube perfekt geeignet.

In der folgenden Abbildung ist eine mögliche Kombination aus mehreren Häusern zusammengestellt zu einem Urlaubsresort zu sehen:

Abb. 27 Urlaubsresort

16.3 Alten- und Pflegeheime

Unser Modulhaus kann eine attraktive Alternative zu den üblichen Alten- und Pflegeheimen darstellen. Der hauptsächliche Vorteil hierbei wäre, dass das Gefühl eines eigenen Heimes für die Pflegekunden mit dem Einzug ins Pflegeheim nicht verloren gehen würde. Ein altes Ehepaar könnte zum Beispiel in ein Haus einziehen und nahezu gleich leben wie vor dem Einzug ins Altenheim jedoch mit der Betreuung, welches ihnen das Altenheim bietet.

In der folgenden Abbildung ist ein Konzept für ein Altenheim zu sehen:

Abb. 29 Altenheim

16.4 Bürokomplexe

Auch für Unternehmen ist das Modulhaus eine geeignete Möglichkeit, den Mitarbeitern ein einzigartiges Arbeitsumfeld zu schaffen. Außerdem könnte durch die Naturverbundenheit des Hauses die Motivation und somit auch die Produktivität der Mitarbeiter gesteigert werden. Vor allem für weltbekannte Unternehmen, die ohnehin schon sehr ausgefallene Unternehmensstandorte besitzen, wäre das Modulhaus ein interessanter Weg, ein einzigartiges Arbeitsumfeld für die Mitarbeiter zu schaffen.

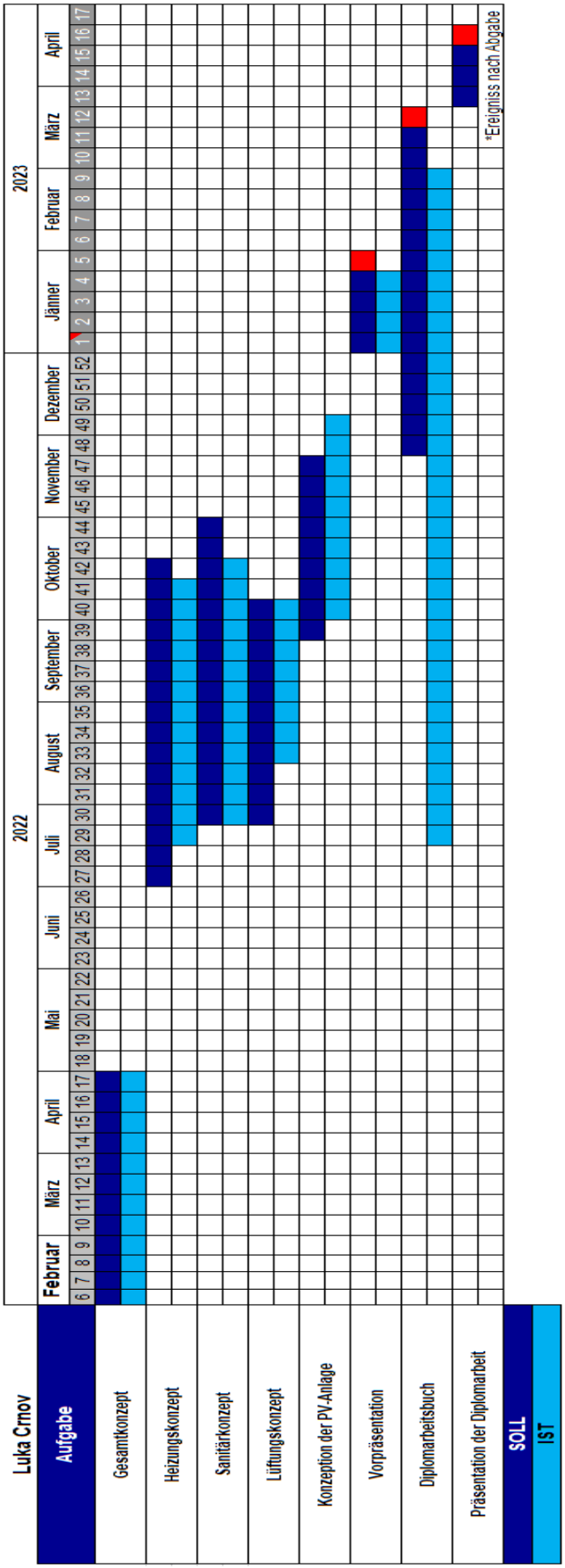
In der folgenden Abbildung ist ein Konzept für ein Bürokomplex zu sehen:

Abb. 30 Bürokomplex

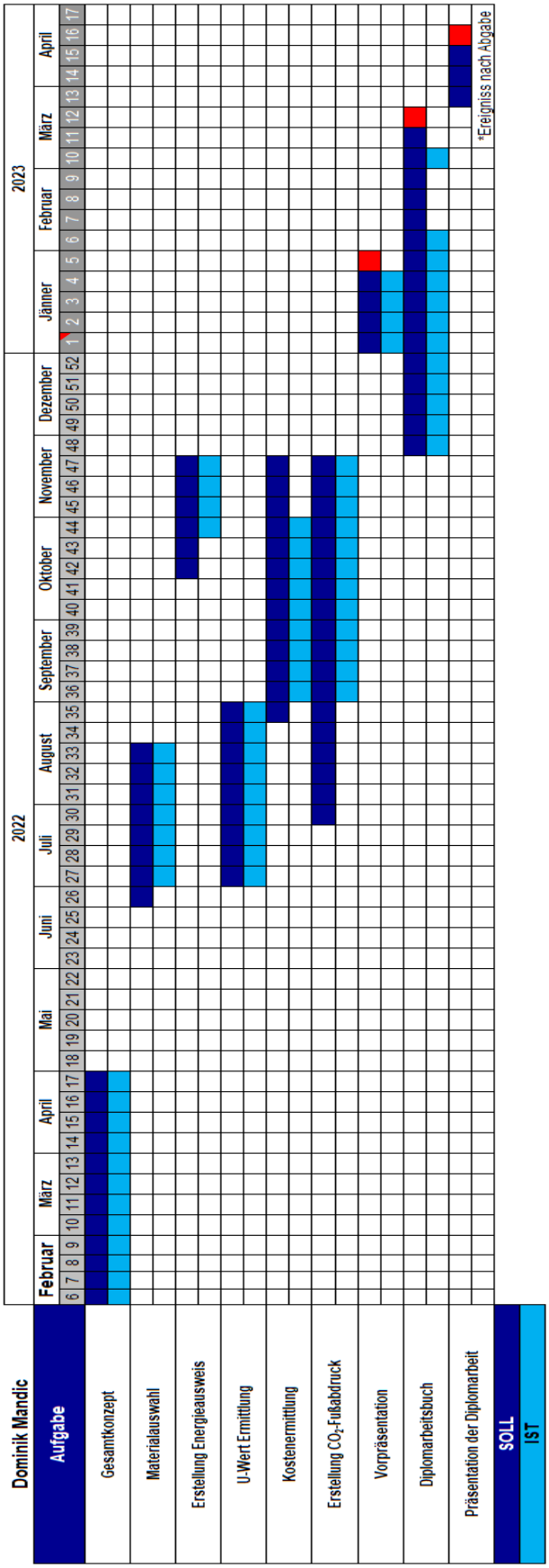
ANHANG A
Terminplan

Im **ANHANG – A** sind die Terminpläne des Projektteams ersichtlich.

Terminplan Luka Crnov



Terminplan Dominik Mandic



ANHANG B
Begleitprotokolle

Im **ANHANG – B** sind die Begleitprotkolle des Projektteams ersichtlich.

Begleitprotokoll Luka Crnov

Begleitprotokoll

Thema des übergeordneten komplexen Aufgabenbereichs oder Projekts:

Individuelle Themenstellung:

Betreuer/in: DI Hans-Peter Kastinger
E-Mail-Adresse: kast@htlvb.at
Telefonnummer:

Name der Diplomandin/des Diplomanden und Klasse: Luka Crnov
E-Mail-Adresse: luka.crnov@htlvb.at
Telefonnummer: +4367762115539

Name der Kooperationspartnerin/des Kooperationspartners und Ansprechperson: Reinhard Daxberger
E-Mail-Adresse: info@daxbox.at
Telefonnummer:

Teammitglieder: Dominik Mandic, Luka Crnov,

Datum der Besprechung	Teilnehmer/innen der Besprechung	Vereinbarungen	Termin zur Erledigung	Paraphe	
				Betreuer/in	Schüler/innen
07.02.2022	Kastinger, Daxberger, Crnov, Mandic	siehe Protokoll 1	25.04.2022		
25.04.2022	Daxberger, Crnov, Mandic	siehe Protokoll 2	21.09.2022		
21.09.2022	Kastinger, Crnov, Mandic,	siehe Protokoll 3	17.01.2023		
17.01.2023	Kastinger, Crnov, Mandic,	siehe Protokoll 4	01.03.2023		
01.03.2023	Kastinger, Crnov, Mandic,	siehe Protokoll 5	31.03.2023		

Datum:

Unterschrift der Schülerin/des Schülers: _____

Begleitprotokoll Dominik Mandic

Begleitprotokoll

Thema des übergeordneten komplexen Aufgabenbereichs oder Projekts:

Individuelle Themenstellung:

Betreuer/in: DI Hans-Peter Kastinger
E-Mail-Adresse: kast@htlvb.at
Telefonnummer:

Name der Diplomandin/des Diplomanden und Klasse: Dominik Mandic
E-Mail-Adresse: dominik.mandic@htlvb.at
Telefonnummer: +436502909534

Name der Kooperationspartnerin/des Kooperationspartners und Ansprechperson: Reinhard Daxberger
E-Mail-Adresse: info@daxbox.at
Telefonnummer:

Teammitglieder: Dominik Mandic, Luka Crnov,

Datum der Besprechung	Teilnehmer/innen der Besprechung	Vereinbarungen	Termin zur Erledigung	Paraphe	
				Betreuer/in	Schüler/innen
07.02.2022	Kastinger, Daxberger, Crnov, Mandic	siehe Protokoll 1	25.04.2022		
25.04.2022	Daxberger, Crnov, Mandic	siehe Protokoll 2	21.09.2022		
21.09.2022	Kastinger, Crnov, Mandic,	siehe Protokoll 3	17.01.2023		
17.01.2023	Kastinger, Crnov, Mandic,	siehe Protokoll 4	01.03.2023		
01.03.2023	Kastinger, Crnov, Mandic,	siehe Protokoll 5	31.03.2023		

Datum:

Unterschrift der Schülerin/des Schülers: _____

Protokolle

Besprechung	Datum	Teilnehmer	Vereinbarungen
1	07.02.2022	Kastinger, Daxberger, Crnov, Mandic	siehe Protokoll 1
2	25.04.2022	Daxberger, Crnov, Mandic	siehe Protokoll 2
3	21.09.2022	Kastinger, Crnov, Mandic,	siehe Protokoll 3
4	17.01.2023	Kastinger, Crnov, Mandic,	siehe Protokoll 4

1. Protokoll

Datum: 07.02.2022
Uhrzeit: 14:00

Teilnehmer
DI Hans-Peter Kastinger
Reinhard Daxberger
Dominik Mandic
Luka Crnov

Tabelle XX Teilnehmer Protokoll 1

Stand jetzt

Weitere Vorgehensweise

- Brainstorming
- Mögliche Aufgabenstellungen der Diplomarbeit und grobe Lösungsansätze zu den Aufgabenstellungen sammeln.

Nächste Sitzung

25.04.2022 I 15:00, Firma Daxbox

2. Protokoll

Datum: 25.04.2022
Uhrzeit: 15:00

Teilnehmer
Reinhard Daxberger
Dominik Mandic
Luka Crnov

Tabelle XX Teilnehmer Protokoll 2

Stand jetzt

- Aufgabenstellungen gesammelt
- Lösungsansätze gesammelt

Weitere Vorgehensweise

- Lösungsansätze ausarbeiten
- Theorie dazu zusammenfassen
- Plancal-NOVA Datei erstellen
- HKLS in die Datei einzeichnen

Nächste Sitzung

21.09.2022 I 11:00, Schule

3. Protokoll

Datum: 21.09.2022
Uhrzeit: 11:00

Teilnehmer
DI Hans-Peter Kastinger
Dominik Mandic
Luka Crnov

Tabelle XX Teilnehmer Protokoll 3

Stand jetzt

- Teil der Lösungsansätze ausgearbeitet
- Gesamte Theorie zusammengefasst
- Plancal-NOVA Datei erstellt
- Heizlast gerechnet
- Grundriss bestimmt
- HKLS-Entwurf

Weitere Vorgehensweise

- Wartungsschacht für die Haustechnik konzipieren
- Regenwassernutzungskonzept verfeinern
- Bodenaufbau, Wandaufbau, Dachaufbau, konzipieren und darstellen
- Dachform genau überlegen

Nächste Sitzung

17.01.2023 I 12:15, Schule

4. Protokoll

Datum: 17.01.2023
Uhrzeit: 12:15

Teilnehmer
DI Hans-Peter Kastinger
Dominik Mandic
Luka Crnov

Tabelle XX Teilnehmer Protokoll 4

Stand jetzt

- Lösung für Wartungsschacht gefunden
- Regenwassernutzungskonzept durchgearbeitet
- Boden-, Wand- und Dachaufbau festgelegt
- Dachform festgelegt
- Gesamte Technik fertigkonzipiert

Weitere Vorgehensweise

- Erstellung der PowerPoint-Präsentation
- Erstellung eines 3D-Modells zur Veranschaulichung
- Verfassen des Diplomarbeitsbuches

Nächste Sitzung

01.03.2023 I 09:40, Schule

5. Protokoll

Datum: 01.03.2023
Uhrzeit: 09:40

Teilnehmer
DI Hans-Peter Kastinger
Dominik Mandic
Luka Crnov

Tabelle XX Teilnehmer Protokoll 5

Stand jetzt

- 3D-Modell für eine Anwendungsmöglichkeit
- Diplomarbeitsbuch größtenteils fertig

Weitere Vorgehensweise

- 3D-Modelle für alle Anwendungsmöglichkeiten
- Verfeinern des Diplomarbeitsbuches
- Bodenaufbau darstellen und erklären
- Erstellung der PowerPoint-präsentation

ANHANG C
Tätigkeitsprotokolle

Im **ANHANG – C** sind die Tätigkeitsprotokolle des Projektteams ersichtlich.

Tätigkeitsprotokoll Luka Crnov

NAME: Luka Crnov

Tag	Datum	Uhrzeit		Beschreibung der Tätigkeit	Stunden
		von	bis		
MO	07.02.2022	14:00	16:00	Kick-off Besprechung	2
SA	12.02.2022	11:00	13:00	Brainstorming / Ideen sammeln	2
SO	13.02.2022	15:00	17:30	Brainstorming / Ideen sammeln	2,5
MI	23.02.2022	17:00	20:00	Brainstorming / Ideen sammeln	3
MO	25.04.2022	15:00	17:00	Besprechung	2
MO	01.08.2022	08:00	15:00	Recherche Tiny House allgemein	7
DI	02.08.2022	09:30	17:00	Theorie verfassen	7,5
MI.	03.08.2022	09:00	18:00	Theorie verfassen	9
DO.	04.08.2022	12:00	17:00	Recherche Regenwassernutzung	5
FR.	05.08.2022	10:00	17:00	Recherche HKLS	7
MO	15.08.2022	07:00	16:30	Plancal-Gebäudeerfassung	9,5
DI.	16.08.2022	08:00	14:00	Plancal-HKLS einzeichnen	6
MI.	17.08.2022	10:00	19:00	Plancal-HKLS einzeichnen	9
DO.	18.08.2022	10:00	17:00	Plancal- U-Werte + Heizlast	7
FR.	19.08.2022	08:00	13:00	Recherche Dachbegrünung	5
MI.	21.09.2022	11:00	12:00	Besprechung	1
SA	24.09.2022	09:00	15:00	Wartungschacht konzipieren	6
SO	25.09.2022	12:00	17:00	Wartungschacht konzipieren	5
SA	01.10.2022	10:00	20:00	Wartungschacht konzipieren	10
SO	02.10.2022	13:30	15:30	Wartungschacht konzipieren	2
DI	27.12.2022	10:00	12:00	Boden-/Wandaufbau überlegen	2
MI	28.12.2022	08:00	13:00	Dachform genau festgelegt	5
DO	29.12.2022	12:00	15:30	3D-Modell Sketchup	3,5
FR	30.12.2022	11:30	15:00	3D-Modell Sketchup	3,5
MO	02.01.2023	08:00	16:00	3D-Modell Sketchup (PV)	8
DI	03.01.2023	07:30	14:00	3D-Modell Sketchup	6,5
MI	04.01.2023	13:00	20:00	3D-Modell Sketchup (Regenwasser)	7
DO	05.01.2023	15:00	18:30	3D-Modell Sketchup (Transport)	3,5
FR	06.01.2023	08:30	15:00	3D-Modell Sketchup	6,5
DI	17.01.2023	12:15	13:15	Besprechung	1
SA	25.02.2023	11:00	14:00	Verfeinern des Diplomarbeitsbuches	3
				Stunden Gesamt	157

Bemerkungen:

Die beschriebenen Tätigkeiten (außer Recherche) beinhalten alle die praktische Arbeit sowie das Verfassen des Diplomarbeitsbuches. Die Texte für das Diplomarbeitsbuch wurden wärend der praktischen Arbeit zwischendurch verfasst. Die aufgebrachte Zeit für das Schreiben kann deshalb nicht einzeln angegeben werden.

Tätigkeitsprotokoll Dominik Mandic

Dominik Mandic

Datum	Uhrzeit		Beschreibung der Tätigkeit	Stunden
	von	bis		
07.02.22	14:00	17:00	Meilensteine	3,00
25.04.22	15:00	18:00	Grobkonzept	3,00
01.08.22	10:00	13:00	Diplomarbeitsbuch Vorlage	3,00
01.08.22	13:00	17:00	Auswahl Dämmstoffe	4,00
02.08.22	15:00	19:00	Recherche Dämmstoffe	4,00
04.08.22	11:00	14:00	Dämmstoffe	3,00
06.08.22	10:00	14:00	Dämmstoffe	4,00
08.08.22	09:00	13:00	Dämmstoffe	4,00
18.08.22	08:00	12:00	Photovoltaik	4,00
20.08.22	08:00	12:00	Photovoltaik	4,00
22.08.22	10:00	13:00	Photovoltaik	3,00
25.08.22	09:00	12:00	Verglasung	3,00
28.08.22	12:00	00:00	U-Werte	4,00
29.08.22	14:00	18:00	U-Werte	4,00
30.08.22	14:00	17:00	U-Werte	3,00
31.08.22	08:00	13:00	U-Werte	5,00
30.08.22	09:00	14:00	Carbonheizung	5,00
31.08.22	22:00	1:00	Carbonheizung	3,00
01.09.22	16:00	19:00	Carbonheizung	3,00
17.09.22	08:00	15:00	CO2-Fußabdruck Berechnung	7,00
18.09.22	09:00	15:00	CO2-Fußabdruck Berechnung	6,00
05.10.22	17:00	22:00	Energieausweis	5,00
07.10.22	13:00	17:00	Energieausweis	4,00
15.10.22	15:00	19:00	Kostenermittlung	4,00
16.10.22	17:00	20:00	Kostenermittlung	3,00
22.10.22	08:00	13:00	CO2-Fußabdruck Berechnung	5,00
23.10.22	10:00	14:00	CO2-Fußabdruck Berechnung	4,00
29.10.22	09:00	15:00	CO2-Fußabdruck Berechnung	6,00
26.11.22	16:00	20:00	Diplomarbeitsbuch	4,00
27.11.22	08:00	14:00	Diplomarbeitsbuch	6,00
03.12.22	08:00	12:00	Diplomarbeitsbuch	4,00
10.12.22	10:00	12:00	Nachhaltigkeit/Ökobilanz	2,00
28.12.22	12:00	15:00	Berechnung Ökobilanz	3,00
28.01.22	08:00	13:00	Vorpräsentation	5,00
29.01.22	08:00	12:00	Vorpräsentation	4,00
30.01.22	18:00	19:00	Vorpräsentation	1,00
05.02.22	08:00	14:00	Diplomarbeitsbuch	6,00
06.02.22	17:00	22:00	Diplomarbeitsbuch	5,00
04.03.22	08:00	15:00	Diplomarbeitsbuch	7,00
			Stunden gesamt:	**160,00**

keine Bemerkungen

ANHANG D
Dokumentationen

Im **ANHANG – D** sind die Berechnungen des CO_2-Fußabdrucks und der Gesamtkosten ersichtlich.

Berechnung CO_2-Fußabdruck

Bauteil	Treibhauspotential	Gewicht/Fläche	CO_2-Ausstoß Bauteil	Gewicht	Distanz Transport	Tonnenkilometer	Transportausstoß	CO_2-Ausstoß Transport	ges CO_2-Ausstoß
	[kg CO_2/kg],[kg CO_2/m³]	[kg],[m³]	[kg CO_2]	[t]	[km]	[tkm]	[kg CO_2/tkm]	[kg CO_2]	[kg CO_2]
Eichenholz	0,153	47850	**7321,05**	47,85	31	1483,35	0,16	237,336	**7558,4**
Schafwolle	0,83	440	**365,2**	0,44	266	117,04	0,16	18,7264	**383,9**
Wärmeparkett	8,13	49 m²	**398,37**	0,095	166	15,77	0,16	2,5232	**400,9**
2x Fenster									
Rahmen	65,9	0,5	32,95						33,0
Verglasung	67,9	6m²	407,4						407,4
gesamt:			**440,35**	0,06	63	3,78	0,16	0,6048	**441,0**
2x Schiebetür									
Rahmen	65,9	0,8	52,72						52,7
Verglasung	67,9	9,80	665,42						665,4
gesamt:			**718,14**	0,1	63	6,3	0,16	1,008	**718,1**
5x Innentür	44,4	8,5 m²	**377,4**	0,17	63	10,71	0,16	1,7136	**379,1**
Außentür	116	1,7 m²	197,2	0,052	63	3,276	0,16	0,52416	**197,7**
Photovoltaik						0	0,16		
Module		297	462	0,297	207	61,479	0,16	9,83664	471,8
Rahmen		84	588	0,084	207	17,388	0,16	2,78208	590,8
gesamt:			**1050**						**1062,6**
Haustechnik								geschätzter Wert	**300**

Σ	**11141,8**

Berechnung Gesamtkosten

Bauteil	Fläche/Volumen	Kosten je m²/m³	Gesamtpreis	Anmerkungen
Wärme-Parkett	49	€ 200,00	€ 9 800,00	
Photovoltaik			€ 21 000,00	Preis für Anlage mit 5 kWp
THERMO HANF 100 mm	220	€ 15,54	€ 3 418,80	
Fenster 2x			€ 1 700,00	
Schiebetür 2x			€ 6 000,00	
Eichenholz	55	€ 1 000,00	€ 55 000,00	
Begrünung	71,4	€ 400,00	€ 28 560,00	
Türen			€ 4 600,00	5 Türen inkl. Eingangstür
Lüftung			€ 3 000,00	geschätzter Wert
Sanitär			€ 2 000,00	geschätzter Wert
		Σ	€ 135 078,80	

ANHANG E
Verzeichnisse

Im **ANHANG – E** sind das Quellen-, Literatur-, Abbildungs- und Tabellenverzeichnis ersichtlich.

Literaturverzeichnis

ACTUAL. (o.J). *actual.at*. Von https://www.actual.at/de/service/impressum/ abgerufen

BMBF. (2016a). *Leitfaden für die Durchführung von Diplomarbeiten.* (B. f. Frauen, Hrsg.) Wien: Eigendruck.

BMBF. (2016b). *Abschließende Prüfungen, Ziterregeln für Diplomarbeiten und Abschlussarbeiten.* (B. f. Frauen, Hrsg.) Eigenverlag.

DaxBox GmbH. (o.J.). *daxbox.at*. Von https://daxbox.at/ abgerufen

Deutsche FOAMGLAS GmbH. (o. J.). *foamglas.com*. Abgerufen am 8. August 2022 von https://www.foamglas.com/de-de/wissenszentrum/general-advice/what-is-cellular-glass-production-process

Draxl, H. (30. Dezember 2022). *infina.at*. Von https://www.infina.at/ratgeber/energieausweis-in-oesterreich/ abgerufen

First Climate AG. (15. September 2021). *firstclimate.com*. Abgerufen am 22. Oktober 2022 von https://www.firstclimate.com/was-ist-ein-co2-fussabdruck#:~:text=Der%20CO2%2DFu%C3%9Fabdruck%20ist%20das,oder%20Produktionsprozesse%20von%20Unternehmen%20angeben.

Harzmann, U. (o.J). *dachbegruenung-ratgeber.de*. Von https://www.dachbegruenung-ratgeber.de/wichtigste-produkte-dachbegruenung abgerufen

Heise, M. (o.J.). *hausjournal.net*. Von https://www.hausjournal.net/regenwasser-fuer-toilettenspuelung abgerufen

Hütter, W. (2021/2022). *Skript Energieausweis.* Abgerufen am 5. Oktober 2022

ISOCELL GmbH & CO KG. (o. J.). *Isocell.com*. (I. G. KG, Herausgeber, & ISOCELL) Abgerufen am 4. August 2022 von https://www.isocell.com/de-de/produkte/produkt/zellulose

Julius Fritsche GmbH. (o.J.). *fritsche.eu.com*. Von https://www.fritsche.eu.com/wp-content/uploads/2021/11/photovoltaikpaneel-teilbestueckt-carportueberdachung-stromerzeugung.jpg abgerufen

Lauterschlag, E. (o.J.). *heizkoerper-wissen.de*. Von http://www.heizkoerper-wissen.de/heizlast/ abgerufen

N.N. (o.J.). *ueba.elkonet.de*. Von https://ueba.elkonet.de/wbt/IMPORTER/Geb%C3%A4udeenergieberater/Heizungstechnik/Heizlast+DIN+12+831/Norm_L%C3%BCftungsw%C3%A4rmeverluste-p-156166.html abgerufen

NeptuGmbH. (2022). *cradle-mag.de*. Abgerufen am 8. August 2022 von https://cradle-mag.de/artikel/neptutherm-daemmen-mit-seegras.html

NÖ Baudirektion. (April 2009). 13. Niederösterreich. Von https://www.noe.gv.at/noe/Gemeindeservice/2009-04_OIB6-Benutzerleitfaden_Version_1.3.pdf abgerufen

Paetzold, M. (25. Oktober 2018). *de.wikipedia.org*. Von https://de.wikipedia.org/wiki/Photovoltaik#/media/Datei:SolarCellWithFigures_W3C.svg abgerufen

Reinders, L. M. (o. J.). *thermo-hanf.de*. Abgerufen am 6. August 2022 von https://www.thermo-hanf.de/produkte/thermo-hanf-combi-jute-dammmatte/

Reynartz, A. (o.J.). *meltem.com*. Von https://www.meltem.com/produkte/komfortlueftung/m-wrg-ii/einbauvarianten/ abgerufen

Reynartz, A. (o.J.). *meltem.com*. (M. W. KG, Herausgeber) Von https://www.meltem.com/produkte/komfortlueftung/m-wrg-ii/einbauvarianten/ abgerufen

Rosenkranz, A. (5. Juni 2020). *heizung.de*. Abgerufen am 30. August 2022 von https://www.heizung.de/elektroheizung/wissen/carbon-heizung-funktion-und-

einsatzbereiche.html#:~:text=Die%20Carbon%2DHeizung%20ist%20eine,die%20denen%20der%20Sonne%20%C3%A4hneln.

Schneider, K. (22. Juni 2020). *wohnglueck.de*. Abgerufen am 6. August 2022 von https://wohnglueck.de/artikel/jutedaemmung-31659#6c606f7894b79ef8d088ecff8f632fd800c226de

STEICO SE. (o. T.. Februar 2022). *steico.com.* Von https://www.steico.com/fileadmin/user_upload/importer/downloads/produktinformationen_holzfaser-dmmstoffe/STEICOflex_036_de_i.pdf abgerufen

Strauss, C. (o.J,). *hausjournal.net*. Von https://www.hausjournal.net/zisterne-umschaltung-trinkwasser abgerufen

Träger, T. (2016). *Zitieren 2.0.* München: Franz Vahlen.

ubakus. (28. Juli 2022). *ubakus.de*. Abgerufen am 28. Juli 2022 von https://www.ubakus.de/u-wert-rechner/

Weitzer Wärmeparkett. (o.J.). *weitzer-waermeparkett.com*. Von https://www.weitzer-waermeparkett.com/impressum/ abgerufen

Wikipedia-Autoren. (August 2022). *de.wikipedia.org*. Abgerufen am 18. August 2022 von https://de.wikipedia.org/wiki/Photovoltaik

Abbildungsverzeichnis

Abb. 3D-Modell Modulhaus 6
Abb. 2 Stahlkonstruktion unter der Bodenplatte 7
Abb. 3 LKW-Transport eines Modules 8
Abb. 4 ACTUAL ALWOOD, Holz-Alu-Fenster 14
Abb. 5 Aufbau Begrünungsschicht 15
Abb. 6 Wandaufbau 18
Abb. 7 U-Wert Berechnung ubakus 19
Abb. 8 Luftfeuchtigkeit in der Wand 19
Abb. 9 Temperaturverlauf in der Wand 20
Abb. 10 Heizlastanteile 23
Abb. 11 Aufbau Wärmeparkett 24
Abb. 12 M-WRG-II Wandeinbau 26
Abb. 13 M-WRG-II Funktionsweise 27
Abb. 14 Grundrissplan Lüftung 28
Abb. 15 Hausanschlusskasten 29
Abb. 16 Grundrissplan Sanitär 30
Abb. 17 Regenwassernutzungsanlage 34
Abb. 18 Regenwassernutzungsanlage ..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
Abb. 19 Dünnschicht Solarzelle aus Silizium 35
Abb. 20 friSolar roof 37
Abb. 21 Aufteilung PV-Paneele 38
Abb. 22 Technik der PV-Anlage 39
Abb. 23 Temperaturregionen 43
Abb. 24 Energieausweis, Seite 1 44
Abb. 25 Energieausweis, Seite 2 45
Abb. 26 CO_2-Fußabdruck Modulhaus 46
Abb. 27 Gesamtkosten Modulhaus 47
Abb. 28 Urlaubsresort 49
Abb. 29 Altenheim 51
Abb. 30 Bürokomplex 53

Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Normverluste Heizlast 21
Tab. 2 Heizlast mit verschiedenen Dämmungen 22
Tab. 3 Daten Projekt 1, Wärme-Parkett 25
Tab. 4 Daten Projekt 2, Wärme-Parkett 25
Tab. 5 Daten Projekt 2, Fernwärme mit Heizkörper 25
Tab. 6 Luftverteilung 27
Tab. 7 Energieausweisklassen 41