

# **Umweltbewusste Erweiterung eines burgenländischen Hakenhofs**

## **Environmentally Conscious Extension of a Burgenland Hook Farm**

### **Bachelorarbeit**

zur Erlangung des akademischen Grades

### **Bachelor of Science in Engineering (BSc)**

der Fachhochschule FH Campus Wien

Bachelorstudiengang: Architektur – Green Building

### **Vorgelegt von:**

Vinzenz Marton Krenek

### **Personenkennzeichen**

1710733024

### **Erstbegutachter**

Dipl. Ing. Tobias Steiner

### **Eingereicht am:**

1.7.2019

Erklärung:

Ich erkläre, dass die vorliegende Bachelorarbeit von mir selbst verfasst wurde und ich keine anderen als die angeführten Behelfe verwendet bzw. mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient habe.

Ich versichere, dass ich dieses Bachelorarbeitsthema bisher weder im In- noch im Ausland (einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Weiters versichere ich, dass die von mir eingereichten Exemplare (ausgedruckt und elektronisch) identisch sind.

Datum: 1.7.2019

Unterschrift:



## Danksagung

Hier möchte ich in erster Linie meinem Betreuer danken, dass er mir die Möglichkeit gegeben hat, diese Arbeit zu schreiben, er mir die dazu nötigen Unterlagen zur Verfügung gestellt und mich in die wichtigen Programme eingewiesen hat. Bedanken möchte ich mich bei meiner Mutter, die Besitzerin des zu bearbeitenden Grundstückes und Bauherrin ist und mir dabei mit ihren Wünschen für den Entwurf mehr als genug Arbeit gegeben hat. Weiter möchte ich meinen Stiefvater danken, der mir mit seinem bautechnischen Wissen Fehler aufgezeigt hat, um diese noch rechtzeitig zu beheben. Meinem Hund, Hella, möchte ich danken, dass ich ihr, wenn die Nerven etwas spärlich vorhanden waren, tief in ihr dichtes Fell kraulen konnte. Bei meinem Mitbewohner und bestem Freund bedanke ich mich ebenfalls, der mir gezeigt hat, wie ich in Word ohne Probleme rasch arbeiten kann bzw. bei allgemeinen Problemen der elektronischen Art zu Hilfe stand. Meiner Freundin, die mich stets motiviert hat und mir zur Seite stand.

## **Kurzfassung**

Diese Arbeit beschäftigt sich mit dem Entwurf eines Zubaus zu einem burgenländischen Hakenhof. Dazu fließen klimatische Informationen des Grundstückes in den Entwurf mit ein, die für die Ausarbeitung einiger Elemente am Baukörper von großer Relevanz sind. Nach dem Entwurf wird das Gebäude mit seinen wichtigsten Bestandteilen wie Außenwand, Decke und Dach mithilfe von Aufbauten in drei verschiedene Varianten unterteilt und durch ökologische Kennzahlen beurteilt.

## **Abstract**

This thesis deals with the design of an extension to a Burgenland hook farm. Therefore, climatic information of the property is incorporated into the design, which is essential for the development of some parts of the building. Following the draft, the building with its most important components such as outer wall, ceiling and roof is subdivided into three variants of different superstructures and assessed with the help of ecological indicators.

## **Abkürzungsverzeichnis**

AP	Acidification Potential
GWP	Global Warming Potential
PEI	Primärenergieinhalt

## Schlüsselbegriffe

Dämmmaterial	insulation material
Holztramdecke	wooden ceiling
homogen	homogenous
inhomogen	inhomogenous
Tragkonstruktion	supporting structure
Treibhauspotential	global warming potential
Versauerungspotential	acidification potential

# Inhaltsverzeichnis

<b>DANKSAGUNG</b> .....	<b>I</b>
<b>KURZFASSUNG</b> .....	<b>II</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>III</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>IV</b>
<b>SCHLÜSSELBEGRIFFE</b> .....	<b>V</b>
<b>1 EINLEITUNG</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Grundstücksanalyse</b> .....	<b>2</b>
1.1.1 Lage.....	2
1.1.2 Bestand.....	4
1.1.1 Klimatische Bedingungen .....	16
<b>2 DER ZUBAU</b> .....	<b>20</b>
<b>2.1 Vorgehensweise</b> .....	<b>20</b>
<b>2.2 Entwurf</b> .....	<b>24</b>
<b>3 DIE ÖKOLOGIE</b> .....	<b>36</b>
<b>3.1 Variante I</b> .....	<b>39</b>
<b>3.2 Variante II</b> .....	<b>46</b>
<b>3.3 Variante III</b> .....	<b>52</b>
<b>3.4 Conclusio</b> .....	<b>59</b>
<b>4 QUELLENVERZEICHNIS</b> .....	<b>60</b>
<b>5 ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>61</b>
<b>6 TABELLENVERZEICHNIS</b> .....	<b>64</b>

# 1 Einleitung

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine Vorstudie, die jedoch bereits einen wesentlichen Eindruck vermittelt, wie das Projekt im Endeffekt aussehen könnte. Die Wohneinheit wird im Bereich des Altbaus saniert werden und anschließend soll zum bereits bestehenden Gebäude ein Neubau, nach dem neuesten ökologischen Wissensstand, errichtet werden. Die Kosten für den theoretischen Neubau werden in dieser wissenschaftlichen Studie außer Acht gelassen.

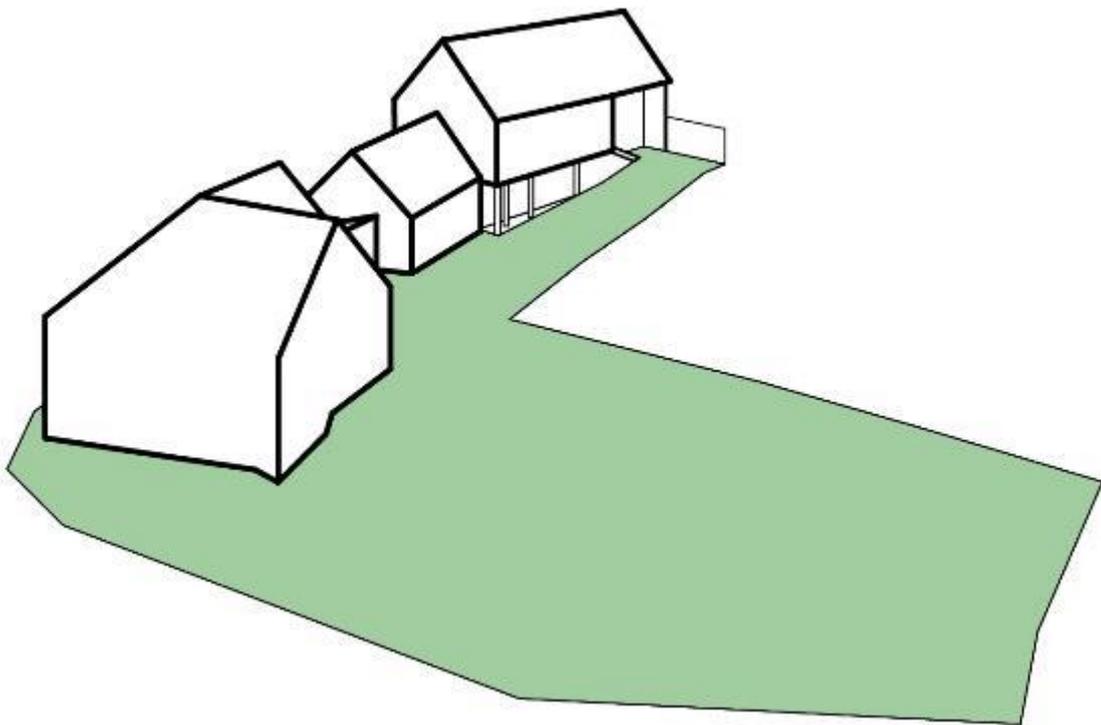


Abbildung 1: graphische 3D Ansicht des Grundstückes mit dem darauf befindlichen Hakenhof

# 1.1 Grundstücksanalyse

## 1.1.1 Lage

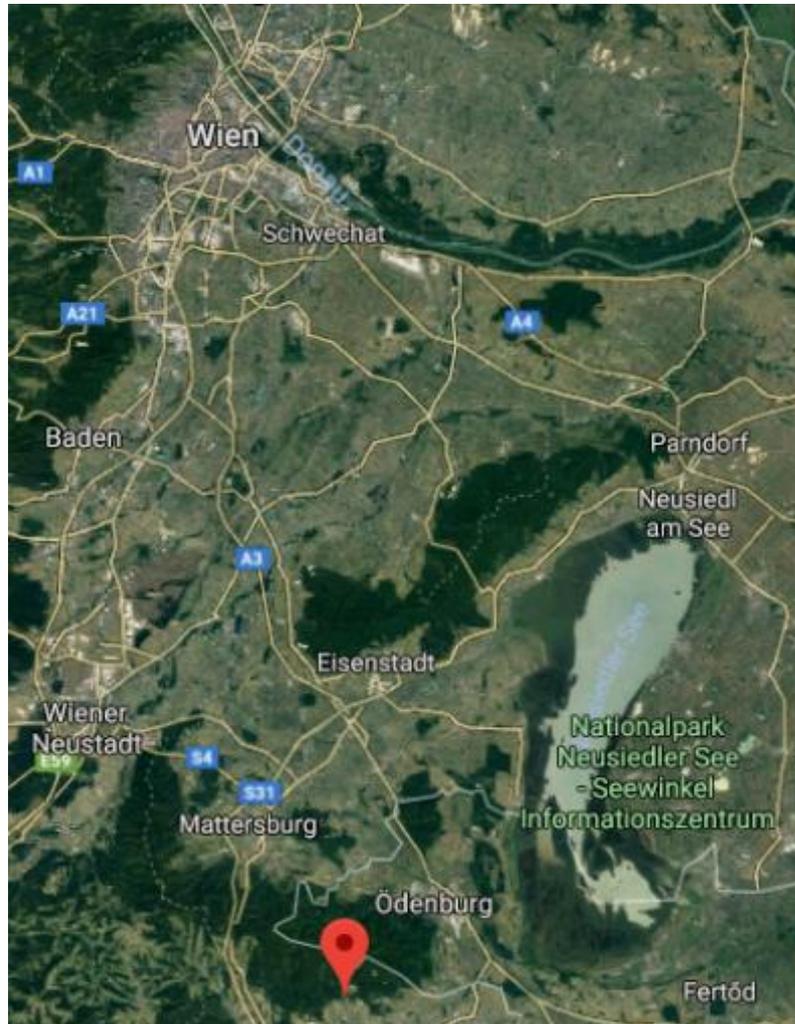


Abbildung 2: Karte, Maßstabslos, rotes Zeichen markiert die Gemeinde Ritzing (Quelle: <https://www.google.com/maps/place/Gemeinde+Ritzing/@47.6135072,16.4996857,14.75z/data=!4m5!3m4!1s0x476c2425c68dbf01:0x990b5ba3b65d2411!8m2!3d47.6138042!4d16.4942745> letzter Zugriff: 04.03.2019)

Das betreffende Grundstück befindet sich in Ritzing. Die Gemeinde liegt im Osten Österreichs, folglich im Mittelburgenland, am südlichen Rand des Ödenburger Gebirges. Abbildung 2 verdeutlicht die Lage der Gemeinde.



Abbildung 3: Gemeinde Ritzing, ohne Maßstab  
(Quelle: <https://gis.bgld.gv.at/WebGIS/synserver> letzter Zugriff: 04.03.2019)

### 1.1.2 Bestand

Das behandelte Objekt befindet sich 200 m vom Hauptplatz entfernt. Das Grundstück hat insgesamt 800 m<sup>2</sup> Gesamtfläche, davon sind 532 m<sup>2</sup> begrünte Fläche.



Abbildung 4: Lageplan ohne Maßstab vom Gebäude in der Lange Zeile 49 in Hellgrau und dem dazugehörigen Grundstück in dicker gestrichelter Linie verdeutlicht (Siehe: <https://gis.bgld.gv.at/WebGIS/synserver> letzter Zugriff: 19.03.2019)

Abbildung 4 zeigt die Lage des Grundstückes, mit dem darauf befindlichen burgenländischen Hakenhof. Als Hakenhof wird dabei ein Hof in L- Form bezeichnet, im Längstrakt befinden sich die Wohnräume (1) und der Stall (2,3) und im Quertrakt die Scheune (4)<sup>1</sup>. Der Hakenhof umfasst mehrere Nutzungskategorien, unterschieden werden dabei folgende Gebäude: das Hauptgebäude, welches zur Straße ausgerichtet ist und in ein Kellergeschoß und ein Obergeschoß eingeteilt wird. In Richtung des Gartens folgen weitere Gebäudebereiche, die auf unterschiedliche Weise genutzt werden.



Abbildung 5: Grundstück ohne Maßstab, gut erkennbar die Aufteilung der Gebäude und ihre Nutzung, Nummer 1 Wohngebäude mit Keller, Nummer 2 Nebengebäude, Nummer 3 Hühnerstall und Nummer 4 die Scheune

Das Hauptgebäude, das auf der Abbildung mit der Zahl 1 gekennzeichnet ist, besteht, wie bereits erwähnt, aus zwei Geschossen. Zu einem aus einem unter der

---

<sup>1</sup> Zsabetich, Julia: Streckhöfe des Nordburgenlandes: Eine gefährdete Bauform und seine Nachnutzungspotentiale. Wien: TU Wien, Fakultät für Architektur und Raumplanung. Diplomarbeit 2019. S.29

Erde befindlichen Erdgeschoß (Kellerbereich) und zum anderen aus dem darüber befindlichen Obergeschoß (Wohnbereich).



Abbildung 6: die Straßenfront des burgenländischen Hakenhofs; Bild wurde am 31. März 2019 um 11 Uhr 53 aufgenommen

Für ein besseres Verständnis des Bestandes des Grundstückes dienen die folgenden, zur Abbildung 5 gehörigen, Fotoaufnahmen der jeweiligen Gebäudeteile. Die Fassade des Gebäudes ist auf Abbildung 6 von der Straßenfront aus ersichtlich. Es ist zu erkennen, dass sich in Blickrichtung Nord-Osten zwei klein dimensionierte Fenster auf der Straßenseite befinden. Die Fassade wurde bereits im Zuge kleiner Renovierungsarbeiten neu gestrichen. Links vom Gebäude befindet sich das Eingangstor, welches in den Hof des Grundstückes führt, was auf der nächsten Abbildung 6 erkennbar wird.



Abbildung 7: Blick in den Garten entlang der Gebäude auf der rechten Seite; Bild wurde am 17. März 2019 um 14 Uhr 36 aufgenommen

Auf der Abbildung 7 wird der Blick entlang des Hakenhofes eingefangen. Rechts wird der obere Bereich mit den großzügigen Fenstern ersichtlich, außerdem das darunter befindlichen Untergeschoß. Links ist das an der Grundgrenze stehende Nachbargebäude zu sehen.



Abbildung 8: Blick auf das Wohngebäude mit den zwei Geschoßen, Bild wurde am 31. März 2019 um 11 Uhr 58 aufgenommen

Auf der Abbildung 8 blickt man in Richtung Einfahrtstor, entlang des in zwei Geschoße geteilten Wohngebäudes. Der Gang fängt in den Sommermonaten, dank seiner großzügigen, nach Süd-Osten orientierten, Fensterflächen, wie auch auf der Abbildung deutlich erkennbar, die Sonnenstrahlen auf und dient somit als Puffer zwischen warmer Außenluft und angenehmer Innentemperatur in den Wohnräumen.

Auf den Abbildungen 9 und 10 werden die Grundrisse dieses Gebäudes ersichtlich und zeigen die unterschiedliche Nutzung der Geschoße bzw. Räume.

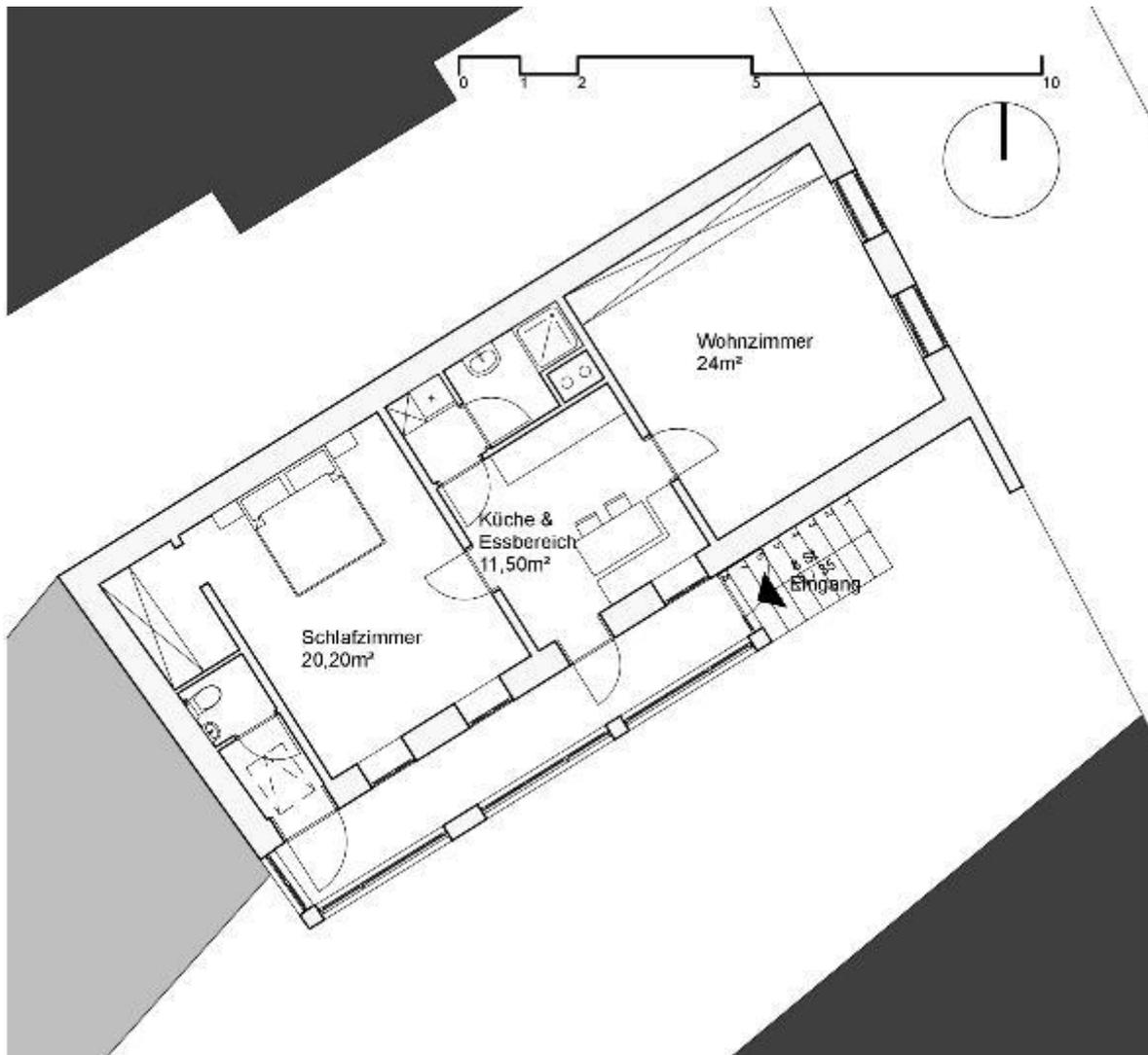


Abbildung 9: hier wird der Grundriss des Wohnbereichs mit den einzelnen Räumen dargestellt, ohne Maßstab

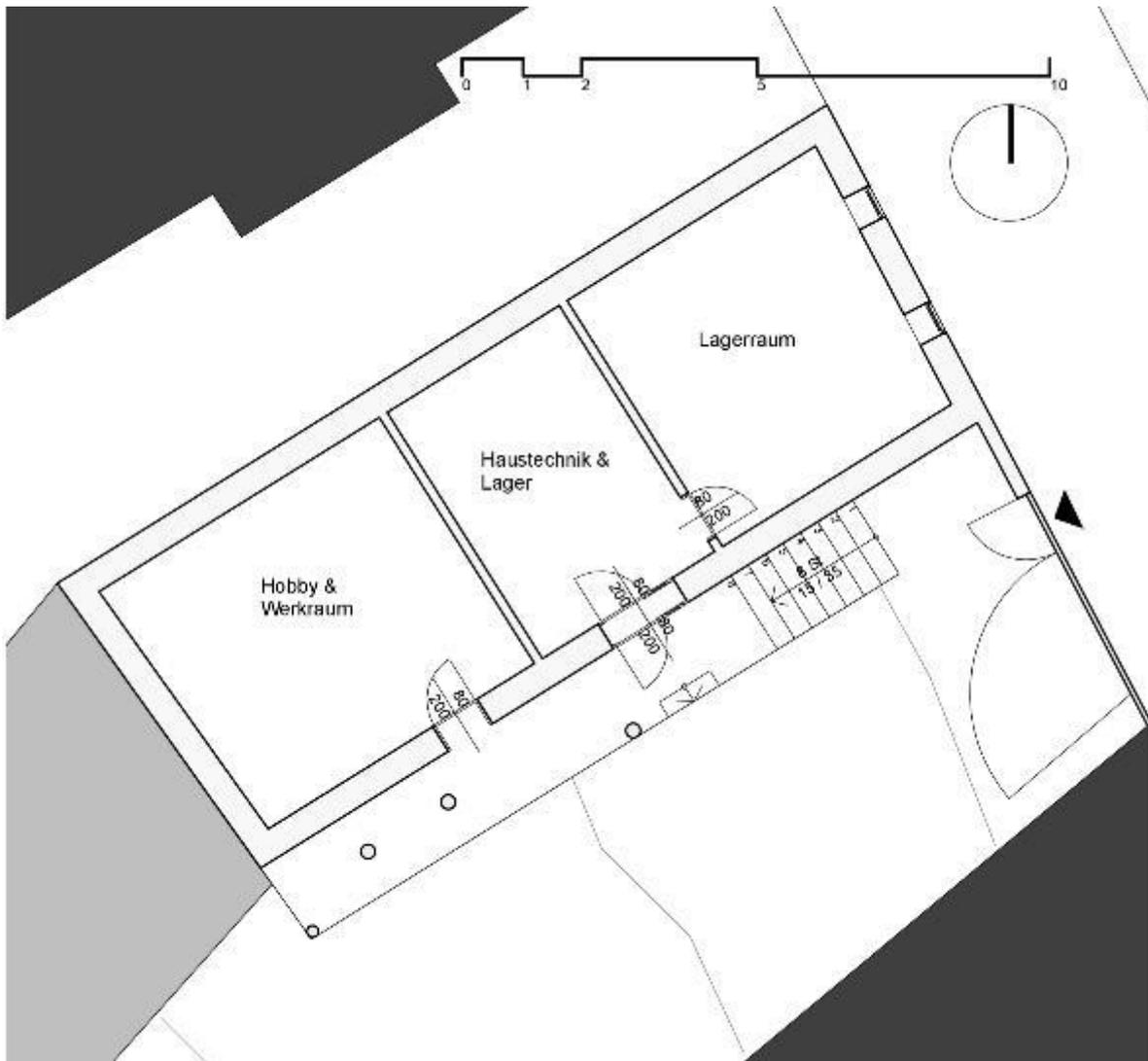


Abbildung 10: hier ist der Grundriss des halb unter der Erde liegenden Unterschoßes, ohne Maßstab



Abbildung 11: Blick Richtung des alten Hühnerstalls, links und rechts das Nebengebäude; Bild wurde am 17 März 2019 um 14 Uhr 37 aufgenommen

Auf der Abbildung 11, auf der rechten Seite, wird das anschließende Nebengebäude ersichtlich. Die Räume werden im Wesentlichen als Lager für Winterreifen und als kleiner Werkraum genutzt. Das Gebäude steht auf gemauerten Wänden; Träme bilden die Tragfunktion für die darüberliegende Decke und auch für das Satteldach, das mit einer einfachen Lattung und Dachziegeln gedeckt ist. Links davon steht der alte Hühnerstall, der zurzeit keine wichtige Rolle spielt und außerdem dem Verfall nahe ist, denn die Dachhaut mit den Holzträgern ist schon überaus durchgebogen.



Abbildung 12: gut erhaltene Träme sind im Nebengebäude vorzufinden; Bild wurde am 31. März 2019 um 12 Uhr aufgenommen

Auf der Abbildung 12 ist die Deckenkonstruktion des Nebengebäudes zu sehen. Wie auf dem Bild erkennbar, sind die Träme in einem gut erhaltenen und wiederverwendbaren Zustand. Bei einer Renovierung würden sie eventuell Verwendung finden, als Designelemente oder sogar als minderwertige Tragelemente.



Abbildung 13: Blick auf den Gebäudeteil 4, die Scheune, Bild wurde am 31. März 2019 um 12 Uhr 05 aufgenommen

Auf der Abbildung 13 kommt die Scheune mit ihren gemauerten Betonziegeln zum Vorschein. Diese besteht, neben den Betonziegeln, nur aus einem Tragsystem für das Dach. Die Scheune wird derzeit nur als Lagerraum verwendet.



Abbildung 14: die Träme der Decke die in der Scheune; Bild wurde am 31. März 2019 um 12 Uhr 02 aufgenommen

Auf der Abbildung 14 ist die Untersicht der Decke in der Scheune zu sehen, früher diente diese als Heulager.



Abbildung 15: der große Garten wird in diesem Bild aufgefangen; Bild wurde am 31. März 2019 um 11 Uhr 58 aufgenommen

Der größte Teil des 532 m<sup>2</sup> Gartens ist auf der Abbildung 15 dargestellt. Wie auf allen Abbildungen des Bestanden ist auch hier erkennbar, dass ein Gefälle vorzufinden ist und deshalb nicht jeder Quadratmeter auf dem Gelände vollständig ausgenutzt werden kann. Auf der grünen Wiese befindet sich ein paar Meter langer Weingarten, der sich auf sieben Sträucher begrenzt, etliche Blumensträucher erblühen in der entsprechenden Jahreszeit. Die größten Biotope sind der Apfelbaum und der, auf der linken Seite befindliche, erblühende Marillenbaum.

### 1.1.1 Klimatische Bedingungen

Für den Entwurf sind einige klimatische Einwirkungen von großer Bedeutung und außerdem für die Form bzw. die Ausrichtung einiger Elemente, entscheidend. Dabei werden die natürlichen Kräfte, wie Niederschlag und Wind, neben dem größten Bedeutungsfaktor, nämlich der Sonne, mit Tabellen und Diagrammen dargestellt und analysiert.

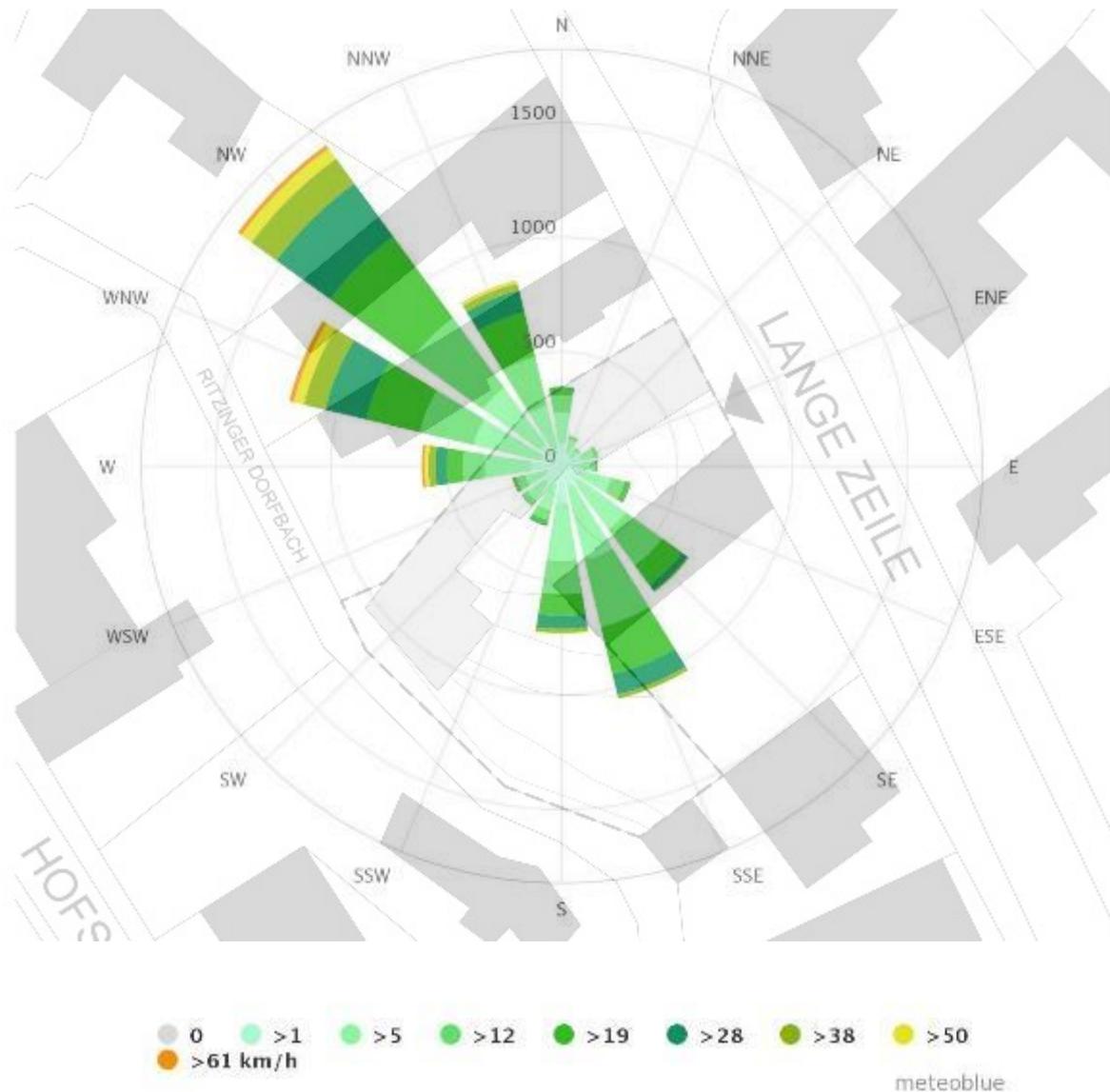


Abbildung 16: Windrose für Ritzing zeigt an, wie viele Stunden der Wind aus welcher Richtung wehte  
(Quelle: [https://www.meteoblue.com/de/wetter/vorhersage/modelclimate/ritzinger\\_dorf\\_bach\\_276734](https://www.meteoblue.com/de/wetter/vorhersage/modelclimate/ritzinger_dorf_bach_276734) letzter Zugriff: 12.03.2019)

Für den Entwurf entscheidend ist die Windbewegung, welche durch die Ausrichtung der Fenster in den Sommerjahreszeiten für eine natürliche Belüftung sorgen soll und somit eine Durchlüftung des Gebäudes ermöglicht. Auf der Abbildung 16 ist eine Windrose für die Gemeinde Ritzing zu sehen, sie zeigt an, woher und wie lange der Wind weht. Wie aus ihr ersichtlich ist, gibt es die meisten Windbewegungen mit der größten Stundenzahl von Nord-Westen. Die schwächsten gibt es von Nord-Osten bzw. von Süd-Westen.

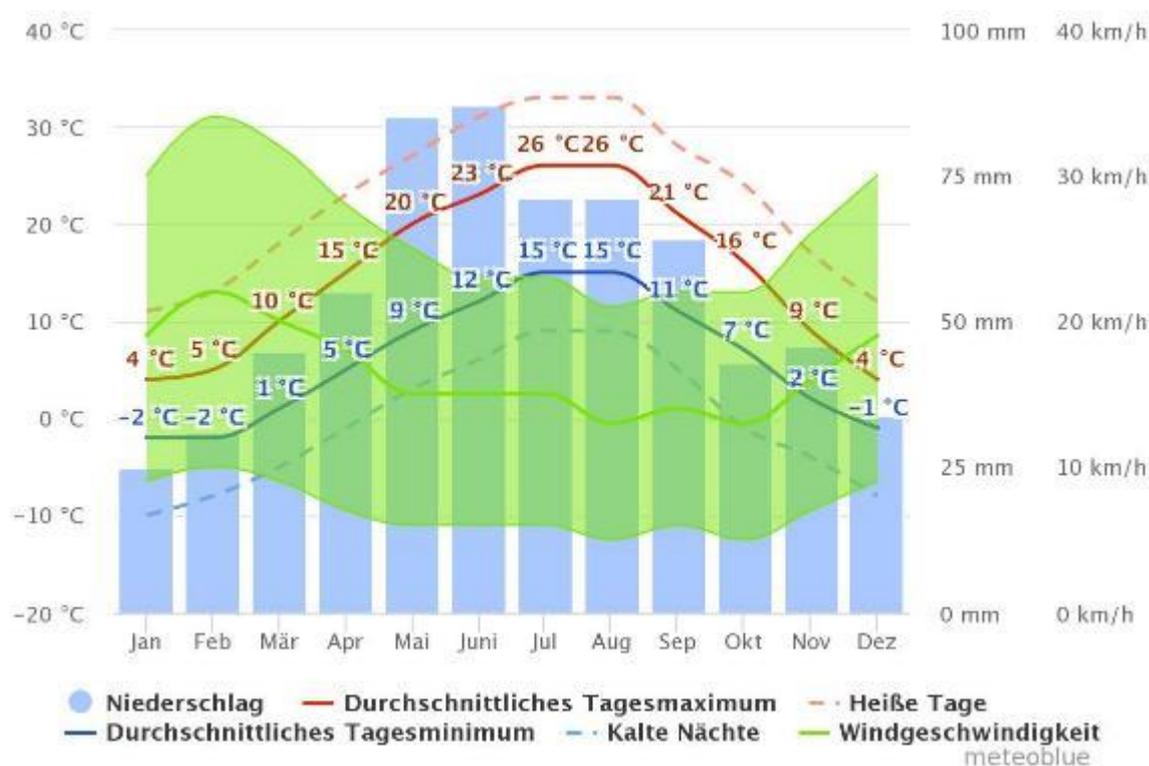


Abbildung 17: durchschnittliche Klimadaten von Ritzing in einer Tabelle dargestellt.

(Quelle:

[https://www.meteoblue.com/de/wetter/vorhersage/modelclimate/ritzing\\_%C3%96sterreich\\_2767346](https://www.meteoblue.com/de/wetter/vorhersage/modelclimate/ritzing_%C3%96sterreich_2767346) letzter Zugriff: 12.03.2019)

Auf der Abbildung 17 wird das durchschnittliche Tagesmaximum mit einer roten Linie und die heißen Tage mit einer rot-strichlierten Linie dargestellt.

Die durchschnittliche Tagesminimumtemperatur wird mit der vollen, blauen Linie gekennzeichnet und die darunterliegende, blau strichlierte Linie, wird für die kalten

Nächte verwendet. Vertikal verlaufen die hellblauen Balken für den Niederschlag und dazu horizontal, in Grün, die Windgeschwindigkeiten, beides bei den dazugehörigen Monaten. Mithilfe eines Sonnenstanddiagrammes können die genauen Daten der Sonnenstrahlen zu jeder Jahreszeit ermittelt werden. Diese spielen auch für den geplanten Entwurf eine wichtige Rolle, da die Beschattung im Sommer bzw. der solare Ertrag im Winter mit einbezogen werden müssen.

Auf der Abbildung 18 wird das Sonnenstanddiagramm für die Gemeinde Ritzing, welche auf einen Breitengrad von 47° liegt, dargestellt.

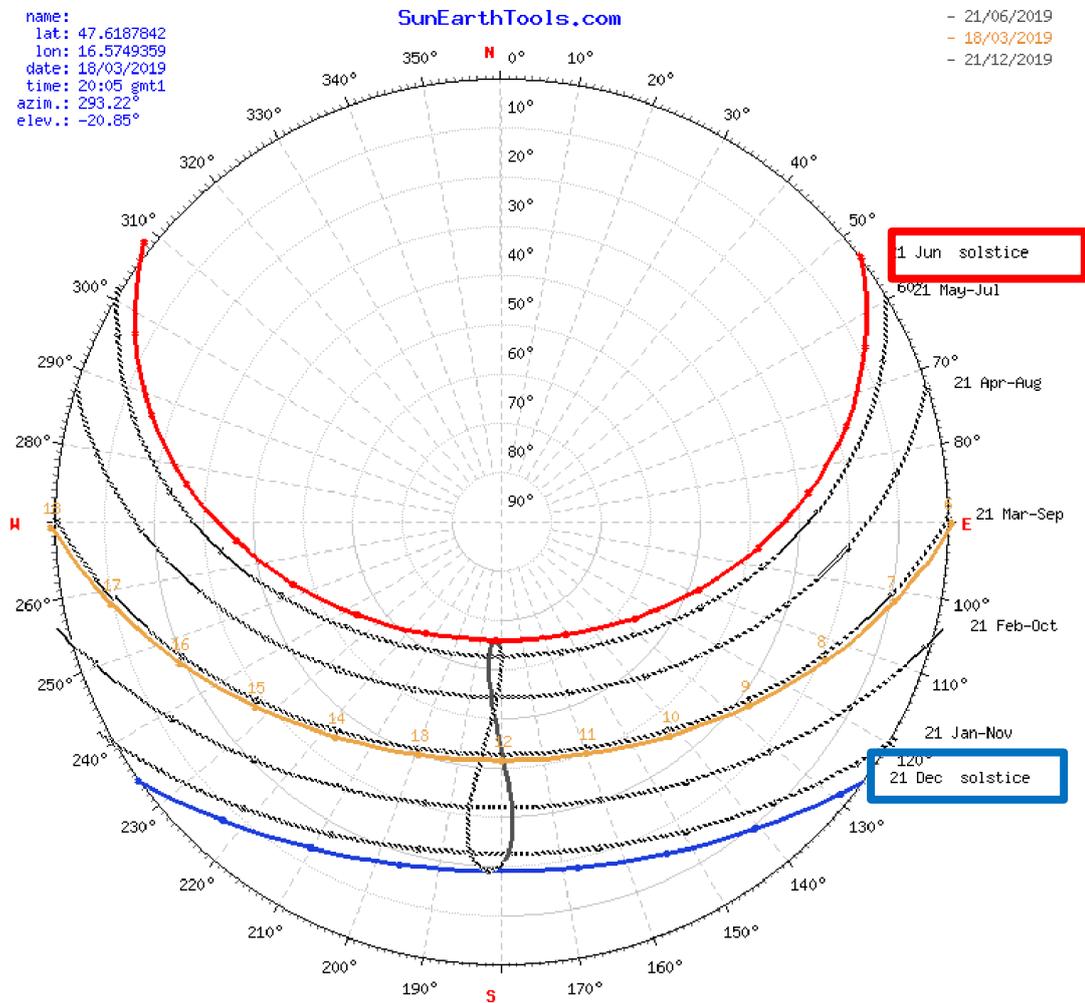


Abbildung 18: Sonnenstanddiagramm für Ritzing; Sommermonat mit der dazugehörigen Linie in Rot, Wintermonat mit der dazugehörigen Linie in Blau (Quelle: [https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos\\_sun.php#top](https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php#top) letzter Zugriff 18.03.2019)

Die Abbildung 18 informiert hierbei über den Stand der Sonne im Sommer, welche am 21. Juni, um 12 Uhr, in einem Höhenwinkel von 65° auf die Erde hinabstrahlt und in der Zeit von 5 Uhr früh bis 9 Uhr abends scheint. Im Gegensatz dazu steht die Wintersonne am 21. Dezember, diese scheint von 7 Uhr 40 am Morgen bis 4 Uhr am Nachmittag, mit einem viel niedrigerem Höhenwinkel von 19°.

## 2 Der Zubau

### 2.1 Vorgehensweise

In Folge des Zubaus werden Gebäude 2,3 und 4 vom Grundstück abgerissen, dies schafft genügend Platz für den Zubau. Das heißt, dass nur das zweigeschossige Wohngebäude erhalten bleibt. Auf der Abbildung 19 werden die abzureißenden Gebäude in der Farbe Gelb verdeutlicht.



Abbildung 19: Darstellung der Gebäude in Gelb, welche abgebrochen werden, um Platz zu schaffen

Dadurch entsteht eine Fläche von 160 Quadratmetern, auf der der Zubau errichtet werden kann.

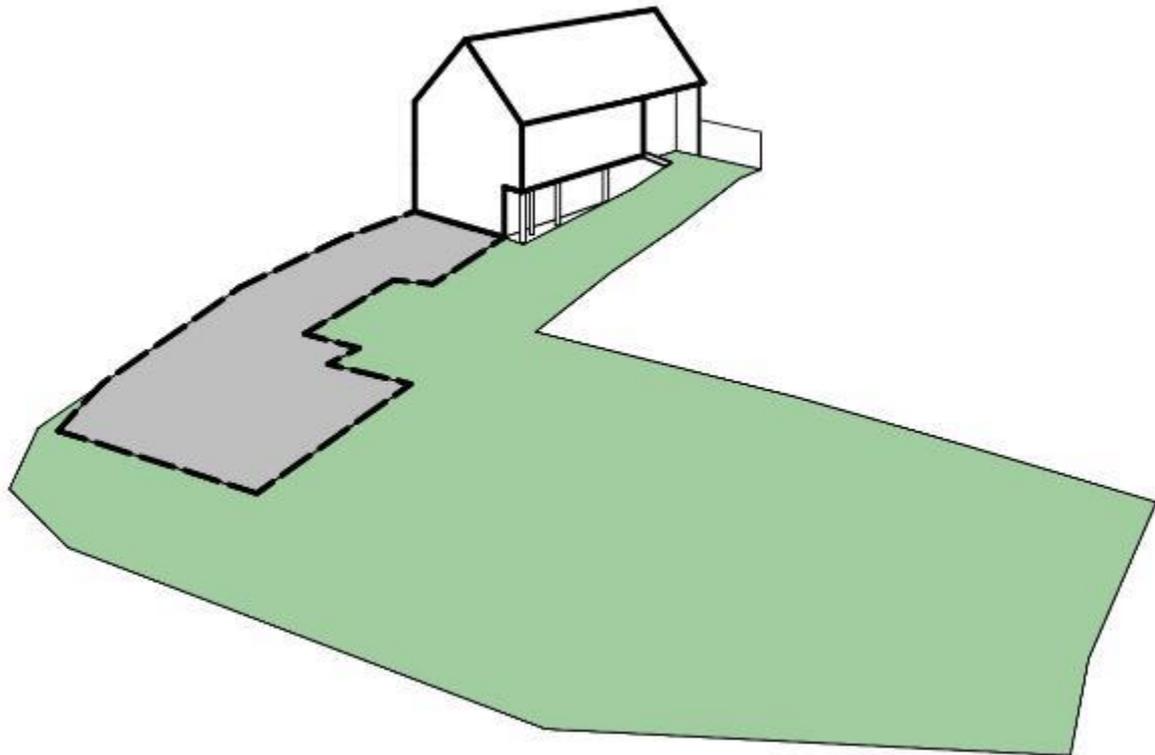


Abbildung 20: In Grau dargestellt, die frei gewordene Fläche für den Zubau

Das stehende Wohngebäude wird sich nicht verändern. Das Kellergeschoß bleibt vorhanden, nur das Obergeschoß wird, aufgrund der neuen Nutzung, verändert.

Im Kellergeschoß bleiben die bisherigen Funktionen als Lagerraum, Hobby- bzw. Werkraum und Haustechnikraum erhalten, während im Obergeschoss der mittlere Gebäudebereich umgebaut wird. Zurzeit befinden sich in diesem das Bad und die Küche, nach dem Umbau soll sich zwischen den beiden großen Schlafzimmern eine Nasszelle befinden.

Diese drei Räume lassen sich durch einen kleinen Vorraum erschließen. Der zum Garten orientierte Gang bleibt zwischen dem Zubau und dem Bestandsgebäude bestehen.

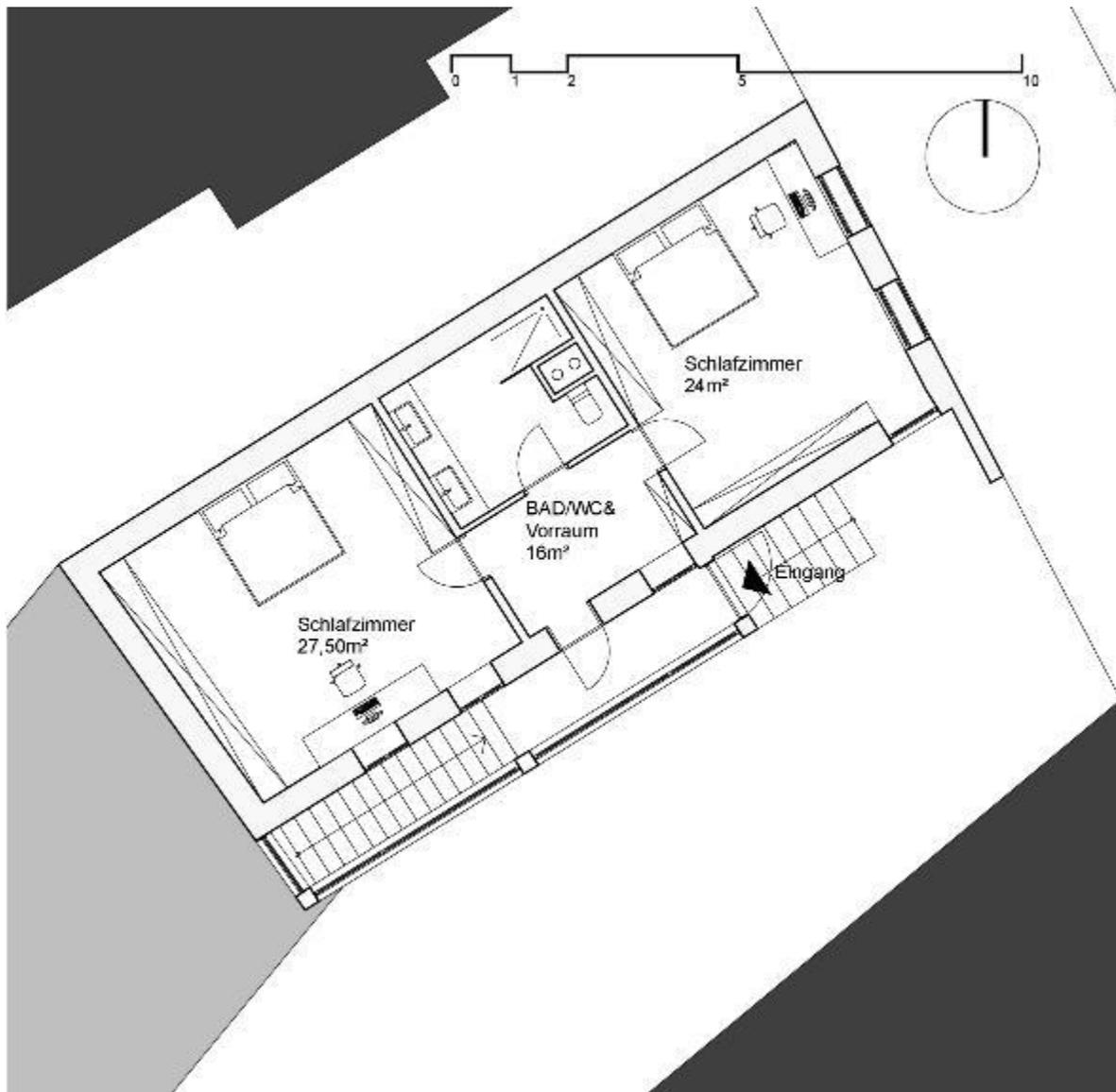


Abbildung 21: hier ist der neue Grundriss in M1:100 des Obergeschoßes ersichtlich

Auf der Abbildung 21 ist der umgestaltete Grundriss zu sehen. Als Vergleich kann Abbildung 9 auf Seite 9, auf der sich der Bestandsplan befindet, dienen. Die Wände im Bestandsschlafzimmer wurden abgebrochen, damit ein großer Schlafraum mit 27,5 m<sup>2</sup> und ein Arbeitsbereich entstehen. Um für mehr Belichtung in den Räumen zu sorgen, werden Fenster eingebaut. Dies spielt im oberen 24 m<sup>2</sup> Schlafzimmer eine wichtige Rolle, damit soll die Mittagssonne den Raum belichtet. Im Gang werden großzügige Fensterflächen eingebaut, mit einer dem Wärmeschutz entsprechenden Verglasung.

Vom Gang aus führen Stiegen ein Stockwerk hinunter, während durch eine separate Türe der Zugang zum Zubau ermöglicht wird. Aus der Abbildung 22 wird ersichtlich, dass sich der Baukörper vom Kellergeschoß aus somit erweitert.

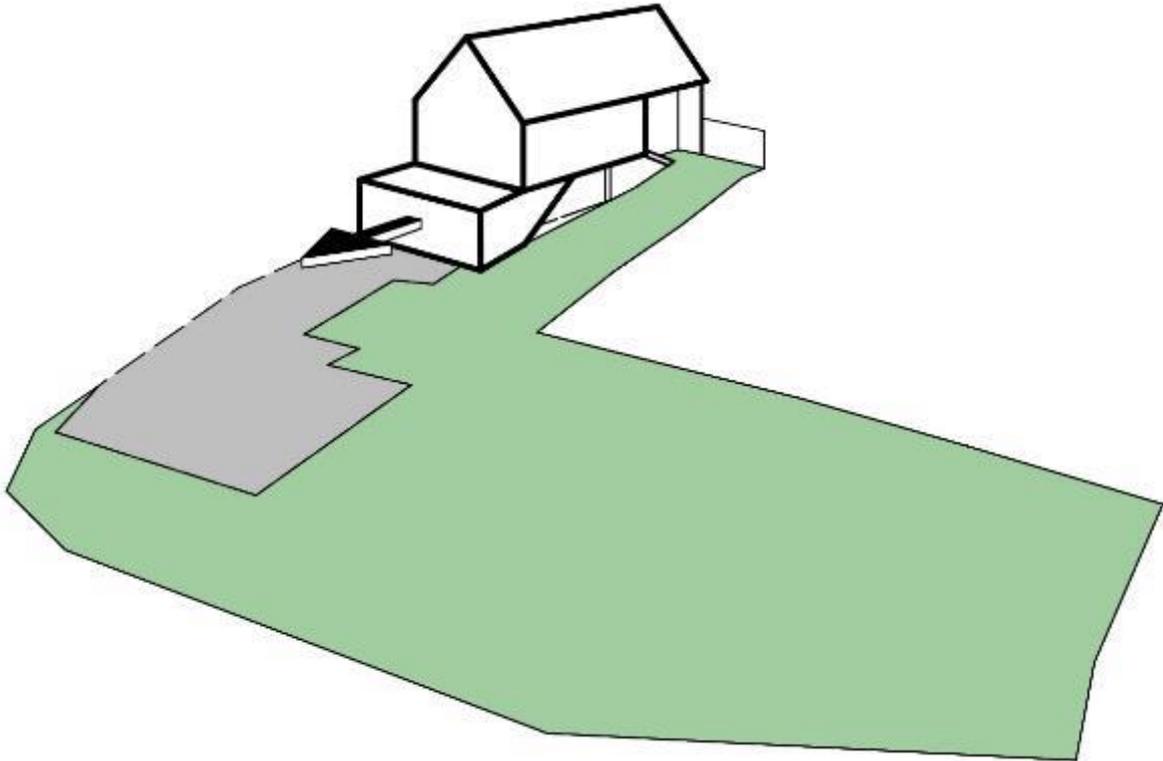


Abbildung 22: Erweiterung des Gebäudes im Kellergeschoß

## 2.2 Entwurf

Nun zum Zubau selbst. hier Dieser soll getrennt vom bestehenden Wohngebäude funktionieren, wichtig sind dabei die gemeinschaftlichen Bereiche im Gebäude, wie Wohnzimmer, Küche und Esszimmer, die durch das Abtragen einiger Mauern und Verändern des Grundrisses im Gebäudeteil 1 nicht mehr vorhanden sind.

Es sollen verschiedenen Wohnräume entstehen, das Schlafzimmer verfügt über einen direkten Zugang zur Garderobe, ein Bad mit WC, eine Gästetoilette und ein Waschraum.

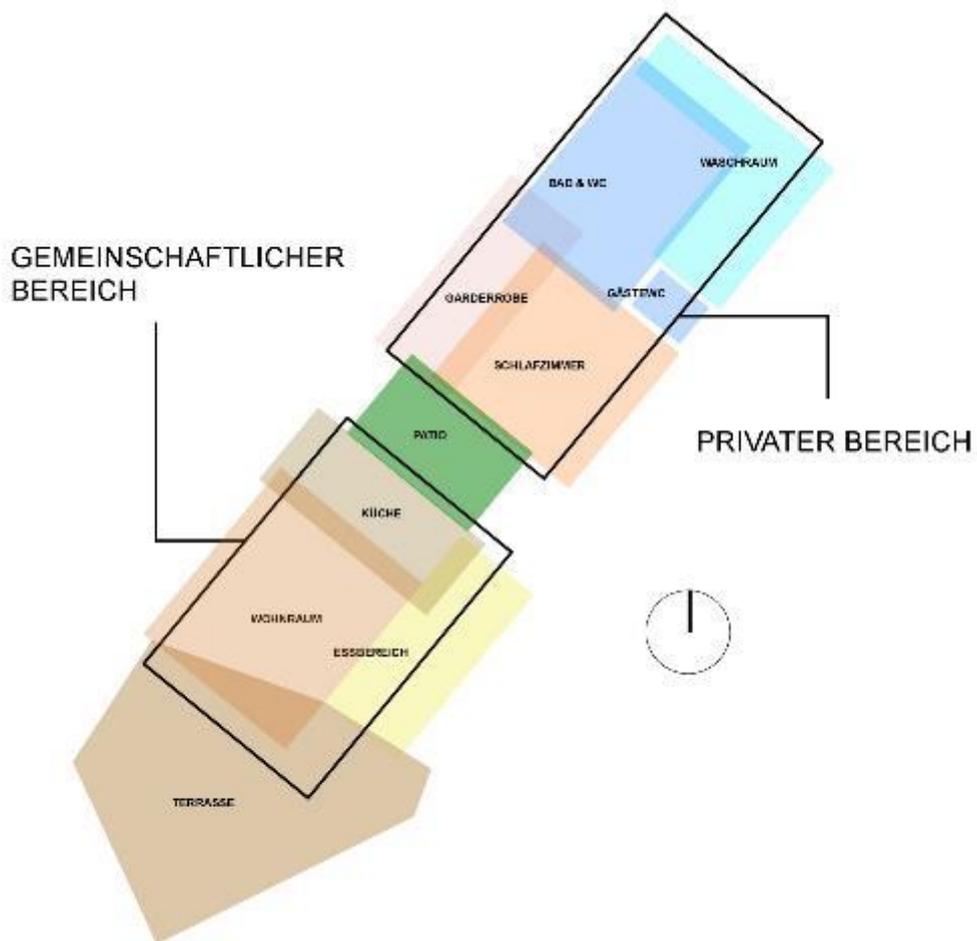


Abbildung 23: graphische Darstellung der Raumaufteilung im Zubau

Jene Räume, die gemeinschaftlich genutzt werden, werden in den südlichen Bereich des Baukörpers gelegt, während die privaten Bereiche im nördlichen Teil des Hauses vorzufinden sind. Des Weiteren werden ein Innenhof und eine Schattenterrasse angelegt. Der Innenhof wird von der Küche aus ersichtlich sein. Anstatt der üblichen Fliesenwand zwischen den oberen und unteren Küchenkästen soll sich dazwischen ein festverglastes Fenster befinden, wodurch die Küche ganztags natürliches Licht erhält. Die geplante Terrasse soll über die Möglichkeit verfügen, diese zu beschatten, damit sie im Sommer als Art erweiterter Wohnraum genutzt werden kann. Auf der Abbildung 23 wird die Raumaufteilung des Zubaus graphisch und mithilfe von Farben dargestellt.

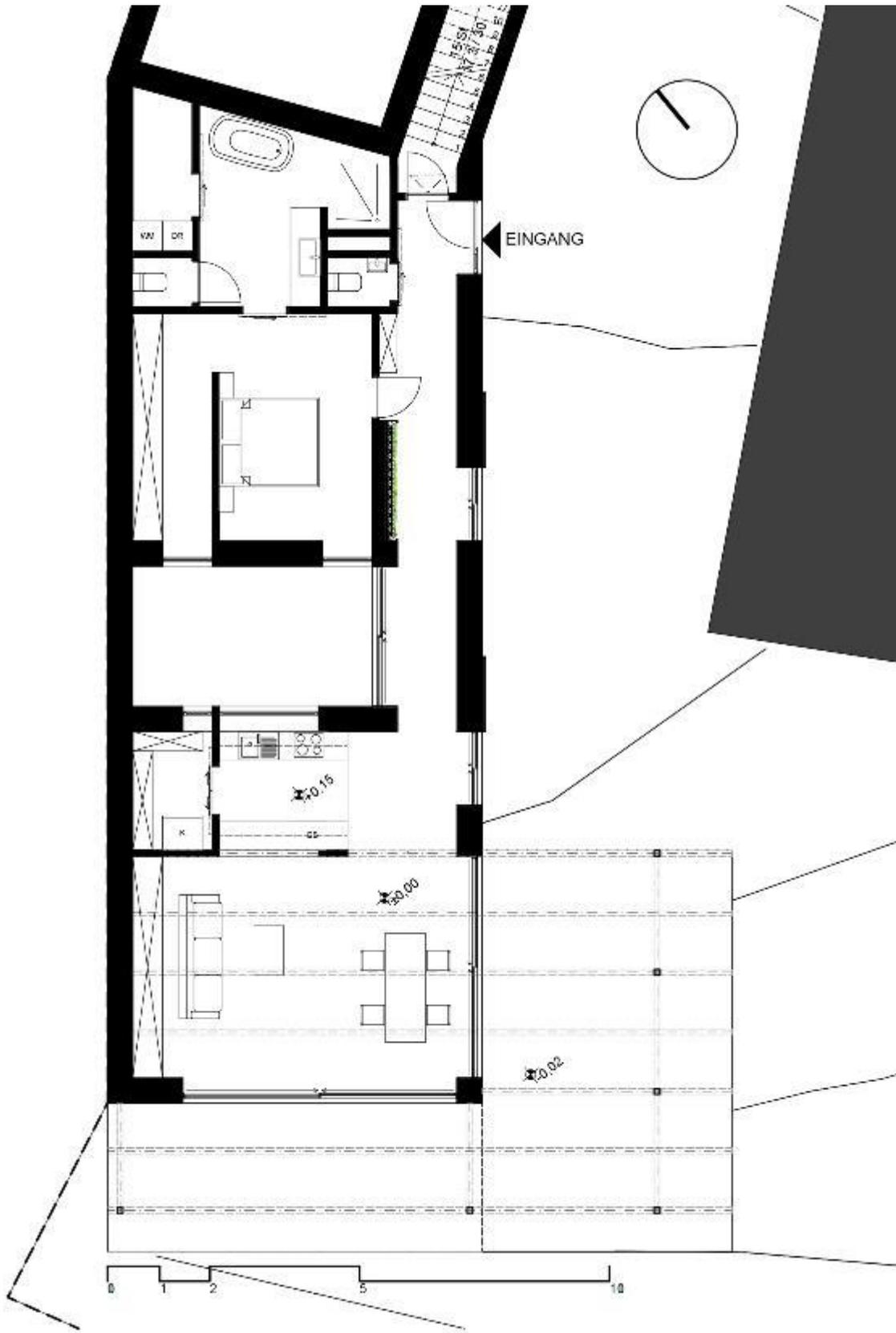


Abbildung 24: Grundriss des Zubaus; Plan maßstabslos

Die graphische Darstellung des Hauses von Abbildung 23 wird auf Abbildung 24 mithilfe eines Grundrisses realisiert. Wie auf der Abbildung ersichtlich, kehrt im Grundriss der ursprüngliche burgenländische Hakenhof wieder zurück. Die lange Gangerschließung soll das bereits bestehende Haus im typischen burgenländischen Stil weiterleben lassen. Die gemeinschaftlich genutzten Räume befinden sich im Süden des Gebäudekörpers. Die Nettogrundfläche des Zubaus beträgt 98,50 m<sup>2</sup> und wurde nach ONÖRM B 1800 berechnet<sup>2</sup>. Mitsamt der Terrasse, die 63 m<sup>2</sup> hat, ist die gesamte Fläche 196,50 m<sup>2</sup> groß. Durch die Terrasse wird der Wohnraum zum Garten hin mithilfe von großen, verschiebbaren Glasflächen geöffnet und vergrößert. Die Trennung der beiden Wohnbereiche – der gemeinschaftliche und der private Bereich – erfolgt mittels des Innenhofs, der eine Fläche von 14 m<sup>2</sup> aufweist. Der Innenhof soll gemeinsam mit einer Mooswand, die entlang des Ganges vorzufinden ist, Natur ins Gebäude bringen.

---

<sup>2</sup> ÖNORM B 1800. Ermittlung von Flächen und Rauminhalten von Bauwerken und zugehörigen Außenanlagen. 1.8.2013. Hrsg: Austrian Standards Institut



Abbildung 25: Darstellung des Zubaus auf dem Grundstück

Auf dieser Abbildung wird das Grundstück mit dem neuen Zubau mittels eines Renderings dargestellt. Beim Zubau wird das Dach, genau wie beim bereits bestehenden Gebäude, als Satteldach ausgeführt. Dadurch entsteht eine Verbundenheit zwischen alt und neu. Die Terrasse winkelt vom Gebäude in Richtung Garten ab, wodurch der Stil des Hakenhofs weiterlebt.



Abbildung 26: Darstellung des Zubaus aus Süd-Ost Richtung

Des Weiteren zeigen Abbildung 25 und 26, dass sich der Ritzinger Dorfbach hinter der Grundstücksgrenze befindet. Der Bach ist tiefer gelegen als das eigentliche Grundstück, das dadurch einen Steilhang verfügt. Das Grundstück und der Bach werden durch eine Stahlbetonmauer voneinander getrennt. Um die Grundstücksfläche mehr nutzen zu können, wurde der Steilhang mit Erde aufgeschüttet, um eine ebene Fläche zu erhalten. Erkennbar wird der Bruch im Satteldach. Darunter befindet sich der Innenhof, der durch diese Öffnung ausreichend Licht bekommt. Der bereits stehende Apfelbaum wird am Grundstück erhalten, die Tanne bleibt auch unversehrt und rundet optisch die Ecke im Grundstück ab.



Abbildung 27: Blick in auf das Bestandsgebäude und entlang des Gartens auf den Zubau an einem regnerischen Tag

Auf der Abbildung 27 wird der Blick an einem regnerischen Tag, entlang des bestehenden und neuen Gebäudes, eingefangen. Ersichtlich werden die großzügigen Fensterflächen beim renovierten Altbau.



Abbildung 28: Blick Richtung Wohnraum entlang des Ganges nach dem Betreten des Zubaus

Abbildung 28 gibt eine Vorstellung davon, wie der Zubau an einem späten Nachmittag für die Bewohner und Bewohnerinnen aussehen könnte.



Abbildung 29: Blick in den beleuchteten Innenhof vom Gang aus

Die Abbildung 29 gewährleistet einen Blick in den Innenhof des Gebäudes. Die Sonne gelangt über den Bruch im Satteldach in den Hof. Die Fensterscheibe zwischen den Küchenregalen, die der Küche den ganzen Tag über natürliches Licht spendet, ist deutlich erkennbar.



Abbildung 30: Blick vom Wohnbereich in den Garten

Abbildung 30 stellt den Blick vom Wohnzimmer aus, über den Esstisch hinweg, in den Garten dar. Die Deckenbalken, welche auf dieser Abbildung im Wohnzimmer und auf der Terrasse ersichtlich sind, sind jene, die nach der Renovierung der Scheune geschliffen wurden und als Dekorationselement erhalten blieben. Abbildung 14 lässt erkennen, wie die Träme der Scheune vor der Erneuerung aussahen.



Abbildung 31: Blick auf das Gebäude im Sommer, durch Schatten fällt kein direktes Licht in die Räume

Auf der Abbildung 31 wird die Beschattung mithilfe des Sonnenstandes vom 21. Juni demonstriert. Den notwendigen Schatten im Sommer geben Sonnensegel zwischen den Trämen und das weit herausragende Dach. Die Verschattungselemente an der Fassade sind zugezogen und verhindern somit das Aufheizen des Ganges.



Abbildung 32: Blick auf das Gebäude im Winter; Verschattungselemente wurden verschoben und Sonnenlicht gelangt in die Räume

Die kostbare Wintersonne vom 21. Dezember wird auf Abbildung 32 dargestellt. Damit die Sonne auch in den kalten Jahreszeiten ihren Weg ins Gebäude findet um Solare Gewinne zu generieren, wurden die Sonnensegel entfernt und die Verschattungselemente zur Seite gezogen<sup>3</sup>. Die Auskrugung des Daches ist so geplant, dass die Sonne auch im Winter von der Süd-Westseite ins Gebäudeinnere dringen kann.

---

<sup>3</sup> Österreicher, Doris: Gebäudephysik 1. Wärmebilanzgleichung. Wien: FH-Campus Wien. Skriptum. WS 2017. S. 8

### 3 Die Ökologie



Abbildung 33: Grünes Haus, (Quelle: <https://www.wohnet.at/bauen/innenausbau/oekologisches-bauen-21497> letzter Zugriff: 24.04.2019)

Die enorme Verbesserung des Verständnisses der Menschen von nachhaltigem Design in den letzten Jahrzehnten hat gezeigt, dass nachhaltiges Entwerfen kein Kompromiss sein muss, sondern ein Vorteil sein kann.

Bei richtiger Verwendung führt nachhaltiges Design zu leistungsfähigeren, gesünderen Gebäuden, die zum körperlichen und psychischen Wohlbefinden der Bewohner und Bewohnerinnen beitragen. Nachhaltiges Design hat das Potential, nicht nur die Lebensbedingungen der Menschen zu verbessern, sondern auch auf natürliche Weise die Umwelt zu schützen. Verschiedenen ökonomische Materialien und Bausysteme reduzieren den Energieverbrauch von Gebäuden und reduzieren damit die Umweltverschmutzung.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Dejtiar, Fabian: 30 Pläne, Abschnitte und Details für nachhaltige Projekte. In: URL: [https://www.archdaily.com/802403/30-plans-sections-and-details-for-sustainable-projects/?ad\\_source=myarchdaily&ad\\_medium=bookmark-show&ad\\_content=current-user](https://www.archdaily.com/802403/30-plans-sections-and-details-for-sustainable-projects/?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user) (letzter Zugriff: 24. 04. 2019)

Das Ziel ist es, den Passivhausstandard des Gebäudes zu erreichen, um die Umweltbelastung entsprechend gering zu halten. Das bedeutet, dass für die Außenwände, Bodenplatten und Dachflächen ein Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) von 0,10 bis 0,15 W/m<sup>2</sup>K benötigt wird.<sup>5</sup>

Beachtet werden hierbei folgende ökologischen Kennzahlen:

„Treibhauspotential (GWP)

Für die häufigsten treibhauswirksamen Substanzen ist relativ zur Leitsubstanz Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) ein Parameter in der Form des Treibhauspotentials GWP (Global Warming Potential) definiert. Dieses Treibhauspotential beschreibt den Beitrag einer Substanz zum Treibhauseffekt relativ zum Beitrag einer gleichen Menge Kohlendioxid.

Versauerungspotential (AP)

Versäuerung wird hauptsächlich durch die Wechselwirkung von Stickoxid- (NO<sub>x</sub>) und Schwefeldioxidgasen (SO<sub>2</sub>) mit anderen Bestandteilen der Luft wie dem Hydroxyl-Radikal verursacht. Das Maß für die Tendenz einer Komponente, säurewirksam zu werden, ist das Säurebildungspotential AP (Acidification Potential). Es wird für jede säurebildende Substanz relativ zum Säurebildungspotential von Schwefeldioxid angegeben.

Bedarf an nicht-erneuerbarer energetischen Ressourcen (PEI<sub>ne</sub>)

Als Primärenergieinhalt wird der zur Herstellung eines Produktes oder einer Dienstleistung erforderliche Verbrauch an energetischen Ressourcen bezeichnet. Als nicht erneuerbare Energieträger gelten Erdöl, Erdgas, Braun- und Steinkohle sowie Uran. Der Primärenergieinhalt nicht erneuerbar - PEI<sub>ne</sub> - berechnet sich aus dem oberen Heizwert aller jener nicht erneuerbaren energetischen Ressourcen, die in der Herstellungskette des Produkts verwendet wurden.“<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie: Passivhaus-Bauteilkatalog. Ökologisch bewertete Konstruktionen. 3.Auflage. Wien: Verlag SpringerWienNewYork 2009. S. 15

<sup>6</sup> Steiner, Tobias: ÖKOLOGIE UND ÖKONOMIE DES DÄMMENS. Analyse und Bewertung von Dämmmaßnahmen in der Altbausanierung. Fraunhofer IRB

In diesem Kapitel werden unterschiedliche Möglichkeiten aufgelistet, wie das Gebäude materialtechnisch aufgebaut werden kann. Dabei können sehr viele einzelne Komponenten des Gebäudes berücksichtigt werden. Der Einfachheit halber wird das Gebäude in die wichtigsten Elemente gegliedert und somit werden nur diese bearbeitet bzw. die unterschiedlichen Möglichkeiten veranschaulicht. Auf der Abbildung 34 werden jene Gebäudeteile der Reihenfolge nach in Rot dargestellt, die bearbeitet werden. Dies sind chronologisch die erdberührte Decke und die im Gebäude befindliche Decke, anschließend die Außenwände, gefolgt vom Dach.

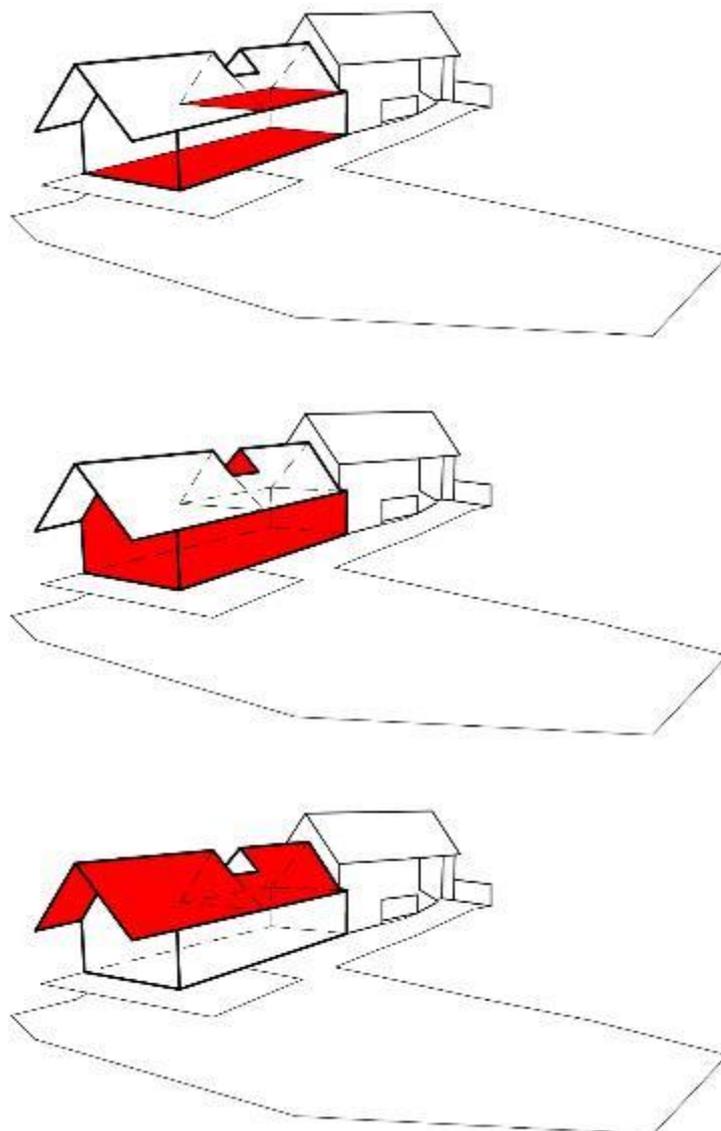


Abbildung 34: graphische Darstellung der Gebäudeteile in Rot, die in Betracht gezogen werden

### 3.1 Variante I

Um ein gutes Gesamtbild erarbeiten zu können, wird in erster Linie ein Standardaufbau erstellt. Das Ziel ist es, dass ein Vergleichswert für die unterschiedlichen Konstruktionen bei den weiteren Varianten vorliegt. Die folgenden Berechnungen und Abbildungen der Aufbauten wurden mithilfe der online Plattform: Baubook eco2soft Ökobilanz für Gebäude berechnet und erstellt.

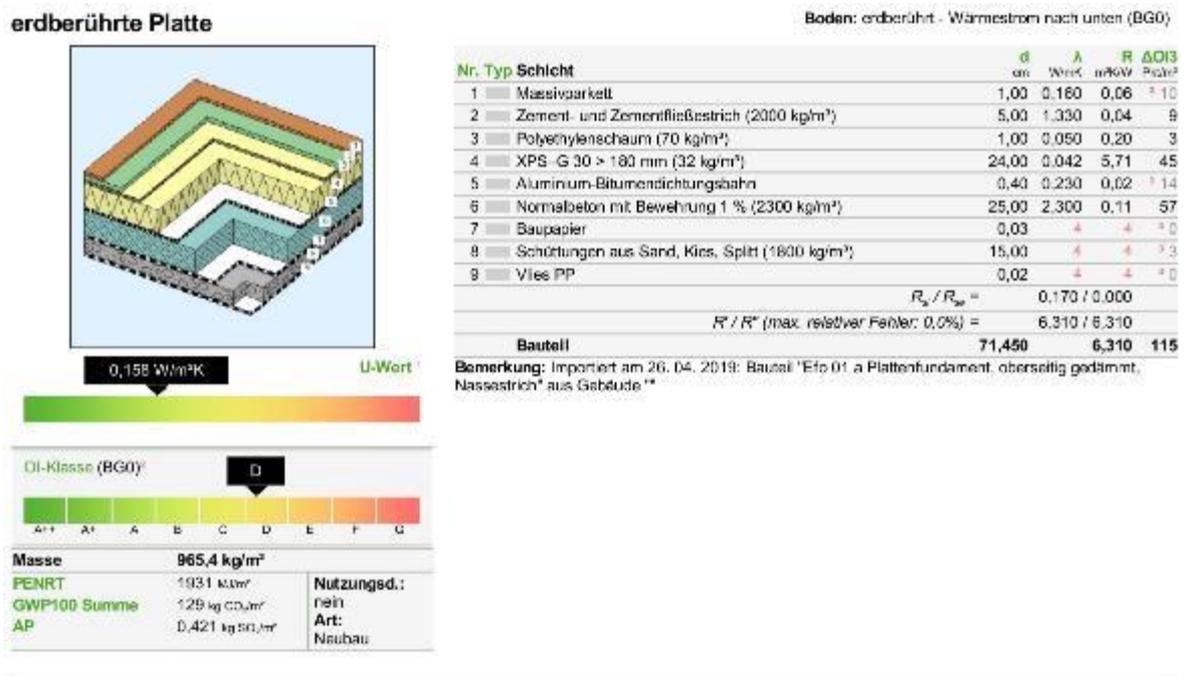


Abbildung 35: Aufbau der Fundamentplatte (Quelle: <https://www.baubook.info/eco2soft/> letzter Zugriff: 20.04.2019)

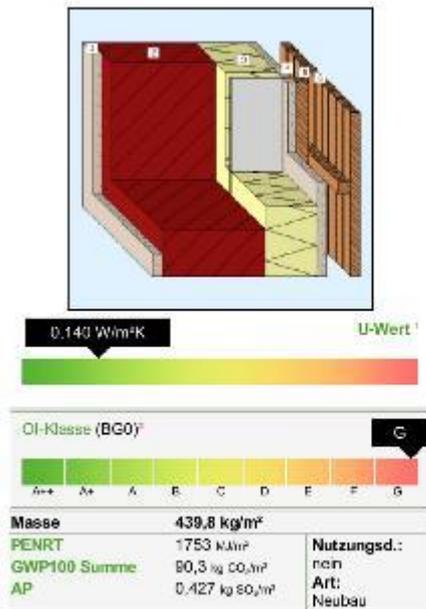
Auf der Abbildung 35 ist ein weit verbreiteter Aufbau eines Plattenfundaments zu sehen. Hierbei wurden herkömmliche, bekannte Baumaterialien wie Normalbeton (aus Zement, Wasser und Zuschlagstoffe hergestellt)<sup>7</sup> und XPS (feuchteunempfindlicher & druckfester Dämmstoff)<sup>8</sup> verwendet.

<sup>7</sup> IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie: Passivhaus-Bauteilkatalog. Ökologisch bewertete Konstruktionen. 3.Auflage. Wien: Verlag SpringerWienNewYork 2009. S. 281

<sup>8</sup> IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie: Passivhaus-Bauteilkatalog. Ökologisch bewertete Konstruktionen. 3.Auflage. Wien: Verlag SpringerWienNewYork 2009. S. 299

Das verwendete Baumaterial wird auf der Abbildung rechts dargestellt, auch Art des Baumaterials und Materialstärke sind angegeben. Der Bedarf an nicht-erneuerbaren Ressourcen liegt dabei bei  $1931\text{MJ/m}^2$ . Dies entspricht einem Wert von  $536,39\text{kWh/m}^2$ , das Treibhauspotential liegt bei  $129\text{ kg CO}_2/\text{m}^2$  und das Versauerungspotential bei  $0,421\text{kg SO}_2/\text{m}^2$ .

## Außenwand



Wand: gegen Außenluft - hinterlüftet (BG0)

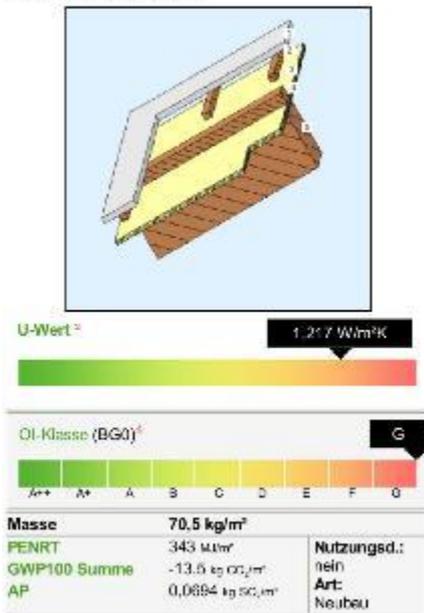
Abbildung 36: Aufbau der Außenwand (Quelle: <https://www.baubook.info/eco2soft/> letzter Zugriff: 20.04.2019)

Ein Wandaufbau mit hinterlüfteter Fassade und einer Tragstruktur mit Hochlochziegeln (Mauerziegel mit einem Lochanteil von mehr als 25%, Lochkanäle verlaufen vertikal)<sup>9</sup> wird auf Abbildung 36 dargestellt. Der Bedarf an nicht-erneuerbaren Ressourcen liegt in diesem Aufbau bei 1753 MJ/m<sup>2</sup>, dies entspricht einem Wert von 486,94 kWh/m<sup>2</sup>, das Treibhauspotential liegt bei 90,3 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> und das Versauerungspotential bei 0,427 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>. Die Masse der Konstruktion beträgt 439,8 kg/m<sup>2</sup> und hat einen U-Wert von 0,140 W/m<sup>2</sup>K bei einer Stärke von 81,20 cm.

<sup>9</sup> IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie: Passivhaus-Bauteilkatalog. Ökologisch bewertete Konstruktionen. 3.Auflage. Wien: Verlag SpringerWienNewYork 2009. S. 290



## Dach ungedämmt



Decke, Dach, 30°: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - hinterlüftet - Wärmestrom nach oben (BG0)

Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m <sup>2</sup> W/K	ΔG13 kg/m <sup>2</sup>
1	Tondachziegel	(2000 kg/m <sup>3</sup> )	2,50			14
2	Inhomogen	(Elemente längs bzw. normal zur Traufe)	3,00			0
		27 cm (90%) Luftschicht stehend, Wärmefluss nach oben $26 < d <$	3,00			0
		3 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m <sup>3</sup> - zB Fichte/Tanne) - rauh, techn	3,00			0
3	Inhomogen	(Elemente quer bzw. parallel zur Traufe)	5,00			0
		45 cm (90%) Luftschicht stehend, Wärmefluss nach oben $16 < d <$	5,00			0
		5 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m <sup>3</sup> - zB Fichte/Tanne) - rauh, techn	5,00			0
4	Holzfaserverleimung	platte porös bituminier	2,00	0,057	0,35	5
5	Inhomogen	(Elemente quer bzw. parallel zur Traufe)	24,00			0
		90 cm (90%) Luftschicht stehend, Wärmefluss nach unten $d > 20<$	24,00	1,042	0,23	0
		10 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m <sup>3</sup> - zB Fichte/Tanne) - rauh, techn	24,00	0,120	2,00	0
				$R_{0,1} / R_{0,2} =$	0,100 / 0,100	
				$R' / R''$ (max. relativer Fehler: 2,2%) =	0,839 / 0,804	
<b>Bauteil</b>			<b>36,500</b>	<b>0,822</b>	<b>4</b>	

Bemerkung: Importiert am 25. 04. 2019: Bauteil "Dach warm" aus Gebäude "VillaRitz\_V1"

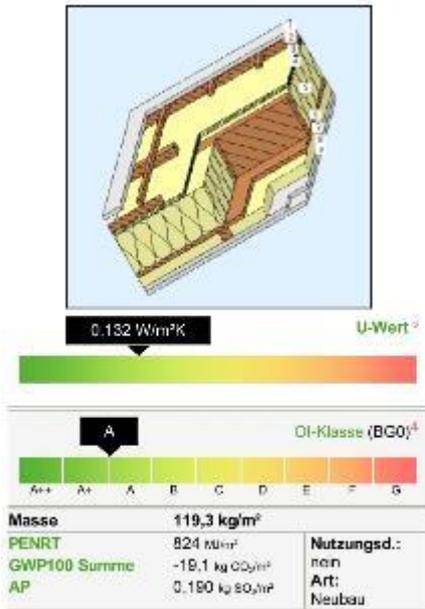
Importiert am 24. 04. 2019: Bauteil "DAI 01 a Holzspalten-Steldach" aus Gebäude \*\*

Abbildung 38: Aufbau des ungedämmten Daches (Quelle: <https://www.baubook.info/eco2soft/> letzter Zugriff: 20.04.2019)

Der Schichtaufbau des ungedämmten Daches wird auf der Abbildung 38 dargestellt. Hierbei handelt es sich um ein Sparrendach. Haupttragelemente eines Dachstuhles werden als Sparren bezeichnet. Das sind geneigte Träger aus massiven Holzbalken<sup>11</sup>. Der Bedarf an nicht-erneuerbaren Ressourcen liegt in diesem Aufbau bei 343 MJ/m<sup>2</sup>, dies entspricht einen Wert von 95,28 kWh/m<sup>2</sup>, das Treibhauspotential liegt bei -13,5 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> und das Versauerungspotential bei 0,0694 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>. Die Masse der Konstruktion beträgt 70,5 kg/m<sup>2</sup> und hat einen U-Wert von 1,217 W/m<sup>2</sup>K bei einer Stärke von 36,5 cm. Aus dem negativen Wert des Treibhauspotentials wird ersichtlich, dass bei dieser Konstruktion CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> gebunden wird und somit ein Schritt in die ökologische und umweltbewusste Richtung gesetzt wird.

<sup>11</sup> Pech, Anton: Dachstühle. Wien: FH-Campus Wien. Skriptum. SS2019. S. 11

## Dach gedämmt



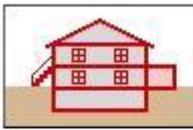
Decke, Dach, 30°: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - hinterlüftet - Wärmestrom nach oben (BG0)

Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m <sup>2</sup> K/W	ΔOI <sub>3</sub> Pkt/m <sup>2</sup>
1	Tondachziegel	(2000 kg/m <sup>3</sup> )	2,50			1,14
2	Inhomogen	(Elemente längs bzw. normal zur Traufe)	3,00			
		27 cm (90%) Luftschicht stehend, Wärmefluss nach oben 26 < d <	3,00			0
		3 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m <sup>3</sup> - zB Fichte/Tanne) - rau, techn	3,00			0
3	Inhomogen	(Elemente quer bzw. parallel zur Traufe)	5,00			
		45 cm (90%) Luftschicht stehend, Wärmefluss nach oben 46 < d <	5,00			0
		5 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m <sup>3</sup> - zB Fichte/Tanne) - rau, techn	5,00			0
4	Holzfaserverleimung	platte porös bituminiert (250 kg/m <sup>3</sup> )	2,00	0,057	0,35	5
5	Inhomogen	(Elemente quer bzw. parallel zur Traufe)	24,00			
		90 cm (90%) Glaswolle MW(GW)-W (16 kg/m <sup>3</sup> )	24,00	0,036	6,32	16
		10 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m <sup>3</sup> - zB Fichte/Tanne) - rau, techn	24,00	0,120	2,00	0
6	Holzspanplatten	innen (850 kg/m <sup>3</sup> )	2,20	0,130	0,17	4
7	Inhomogen	(Elemente längs bzw. normal zur Traufe)	6,00			
		56,3 cm (90%) Glaswolle MW(GW)-W (18 kg/m <sup>3</sup> )	6,00	0,036	1,59	4
		6,3 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m <sup>3</sup> - zB Fichte/Tanne) - rau, techn	6,00	0,120	0,50	0
8	Gipskartonplatte	(900 kg/m <sup>3</sup> )	1,50	0,250	0,08	4
9	Gipskartonplatte	(900 kg/m <sup>3</sup> )	1,50	0,250	0,06	4
				$R_s / R_{s0} =$	0,100 / 0,100	
				$R' / R^*$ (max. relativer Fehler: 3,2%) =	7,822 / 7,334	
<b>Bauteil</b>			<b>47,700</b>	<b>7,578</b>	<b>36</b>	

Bemerkung: Importiert am 24. 04. 2019: Bauteil "DAI 01 a Holzspalten-Steildach" aus Gebäude ""

Abbildung 39: Aufbau des gedämmten Daches (Quelle: <https://www.baubook.info/eco2soft/> letzter Zugriff: 20.04.2019)

Das gedämmte Dach wird mit seinem Aufbau auf der Abbildung 39 verdeutlicht. Die Dämmung befindet sich zwischen der Tragkonstruktion, nämlich den Sparren, des Daches. Der Bedarf an nicht-erneuerbaren Ressourcen liegt in diesem Aufbau dabei bei 824 MJ/m<sup>2</sup>, dies entspricht einen Wert von 228,89 kWh/m<sup>2</sup>, das Treibhauspotential liegt bei -19,1 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> und das Versauerungspotential bei 0,190 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>. Die Masse der Konstruktion beträgt 119,3 kg/m<sup>2</sup> und hat einen U-Wert von 0,132 W/m<sup>2</sup>K bei einer Stärke von 47,70 cm. Aus dem negativen Wert des Treibhauspotentials wird auch hier ersichtlich, dass bei dieser Konstruktion CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> gebunden wird und somit auch hier ein Schritt in die ökologische und umweltbewusste Richtung gesetzt wird.



### Opake und transparente Bauteile

Menge	Bauteil	ΔOIB		PENRT kWh	GWP100 S kg CO <sub>2</sub> equ.	AP kg SO <sub>2</sub> equ.
		BGÜ, BGF	pro m <sup>2</sup> Bt			
127,10 m <sup>2</sup>	Dach ungedämmt	4	4	27	-18	0,03
84,80 m <sup>2</sup>	Dach gedämmt	21	36	96	-15	0,09
65,50 m <sup>2</sup>	Geschoßdecke	73	162	233	64	0,26
118,00 m <sup>2</sup>	erdberührte Platte	93	115	346	97	0,27
171,30 m <sup>2</sup>	Außenwand	153	130	573	106	0,50
<b>Summe</b>				<b>1.276</b>	<b>234</b>	<b>1,14</b>

Abbildung 40: Ergebnis aller Werte der ökologischen Faktoren (Quelle: <https://www.baubook.info/eco2soft/> letzter Zugriff: 20.04.2019)

Die Abbildung 40 spiegelt das Gesamtergebnis der ökologischen Kennzahlen der Variante I wider, es ist ersichtlich, dass der Bedarf an nicht-erneuerbaren Ressourcen bei 1.276 kWh liegt, das Treibhauspotential bei 234 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> und das Versauerungspotential bei 1,14 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> liegt. Dies sind nun die Kennzahlen, die zum Vergleich von anderen Materialien und im Späteren von Aufbauten dienen.

### 3.2 Variante II

In diesem Kapitel wird eine zweite Variante erläutert, wie es gelingt, umweltschonende Kennzahlen zu erzielen. Neben der ersten Variante soll die zweite Variante zeigen, dass auch schon kleine Änderungen Auswirkungen haben.

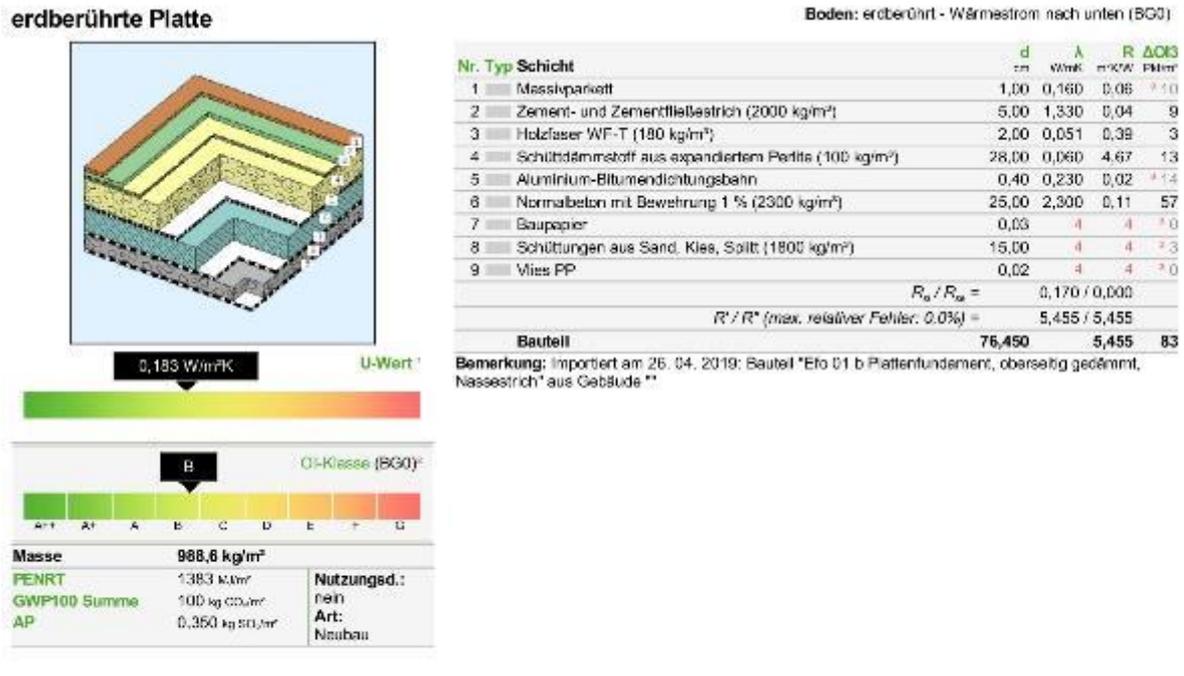
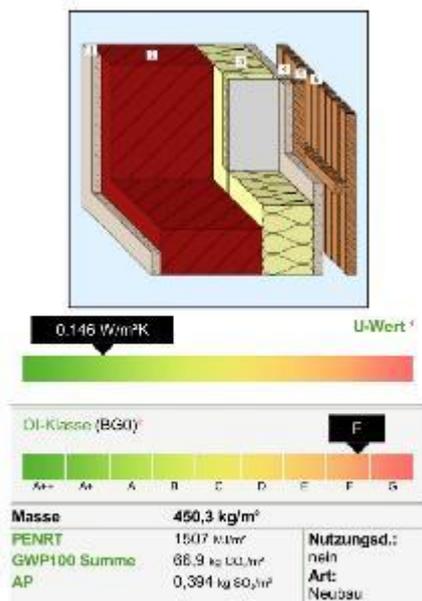


Abbildung 41: Aufbau der Fundamentplatte (Quelle: <https://www.baubook.info/eco2soft/> letzter Zugriff: 21.04.2019)

Angefangen wird mit der Fundamentplatte auf der Abbildung 41, hier wurde statt einer synthetischen Dämmung, wie in Variante I, eine mineralische Dämmung (Nr. 4) und Dämmung aus nachwachsenden Rohstoffen (Nr. 3) gewählt. Der Bedarf an nicht-erneuerbaren Ressourcen liegt in dieser Variante bei 1383 MJ/m<sup>2</sup>, entspricht einem Wert von 384,17 kWh/m<sup>2</sup>, dies ist eine Reduktion von 152,22 kWh/m<sup>2</sup>. Das Treibhauspotential liegt bei 100 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, mit einem Schwund von 29 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> und das Versauerungspotential bei 0,35 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, mit einem Abstrich von 0,071 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>. Die Masse der Konstruktion beträgt 988,6 kg/m<sup>2</sup> und hat einen U-Wert von 1,83 W/m<sup>2</sup>K, bei einer Stärke von 76,45 cm.

## Außenwand



Wand: gegen Außenluft - hinterlüftet (BGI)

Nr.	Typ	Schicht (von innen nach aussen)	d cm	$\lambda$ W/mK	R m²K/W	$\Delta OI3$ kg/m²
1		Lehmputz getrocknet	2,50	0,810	0,03	4
2		Hochlochleget > 30 cm + Dämmstoffmörtel oder mit PUR geklebt (B)	44,00	0,130	3,38	64
3		Inhomogen (Elemente horizontal)	22,20			
		62 cm (98%) Hanffaserdämmplatten für WDVS	22,00	0,045	4,89	6
		62 cm (1%) Silikatputz (ohne Kunstharzzusatz)	0,20	0,800	0,00	1
		0,5 cm (1%) Stahlblech verzinkt	22,20	50,000	0,00	39
4		Inhomogen (Elemente horizontal)	5,00			
		57,5 cm (92%) Luftschicht stehend, Wärmefluss nach oben $46 < c$	5,00	0,313	0,16	0
		5 cm (8%) Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, techn.	5,00	0,120	0,42	0
5		Inhomogen (Elemente vertikal)	5,00			
		57,5 cm (92%) Luftschicht stehend, Wärmefluss nach oben $46 < c$	5,00	0,313	0,16	0
		5 cm (8%) Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, techn.	5,00	0,120	0,42	0
6		Inhomogen (Elemente horizontal)	2,50			
		1 cm (14%) Luftschicht stehend, Wärmefluss horizontal $20 < d <=$	2,50	0,147	0,17	0
		6 cm (86%) Nutzholz (675 kg/m³ - zB Eiche) - gehobelt, techn. getl.	2,50	0,160	0,16	0
		$R_{s,i} / R_{s,e} =$			0,130 / 0,130	
		$R' / R''$ (max. relativer Fehler: 31,7%) =			9,007 / 4,688	
<b>Bauteil</b>			<b>81,200</b>		<b>6,837</b>	<b>114</b>

Bemerkung: Importiert am 25. 04. 2019; Bauteil "Außenwand" aus Gebäude "VillaRitz\_V1"

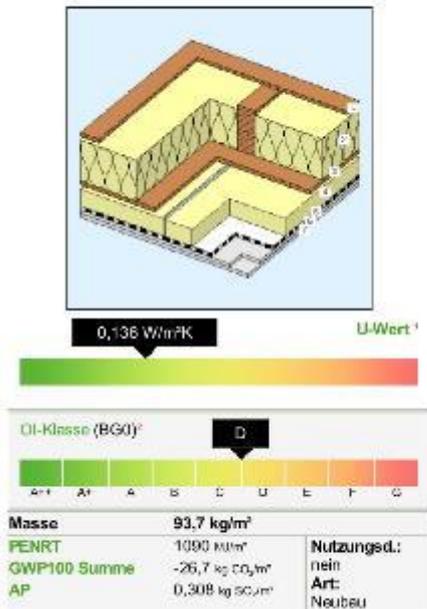
Abbildung 42: Aufbau der Außenwand (Quelle: <https://www.baubook.info/eco2soft/> letzter Zugriff: 21.04.2019)

Folgend mit der Außenwand auf der Abbildung 42, wurde, statt der gebräuchlichen synthetischen Dämmstoffe und Putze hier auf Baustoffe aus nachwachsenden Rohstoffen gesetzt. Hanffaser sorgt für die nötige Dämmeigenschaft der Wand, da diese in Form von Platten als Wärmedämmverbundsysteme möglich sind<sup>12</sup>. Lehm dient als bewährtes, gesundes Material für eine schadstoffabsorbierende, feuchteregulierende und wärmerregulierende Oberfläche an der Innenseite der Wand<sup>13</sup>. Der Bedarf an nicht-erneuerbaren Ressourcen liegt in dieser Variante bei 150 7MJ/m<sup>2</sup>, entspricht einem Wert von 418,61 kWh/m<sup>2</sup>, dies ist eine Reduktion von 68,33 kWh/m<sup>2</sup>. Das Treibhauspotential liegt mit 66,9 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> bei einem Schwund von 23,4 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> und das Versauerungspotential bei 0,394 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, mit einem Abstrich von 0,033 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>. Die Masse der Konstruktion beträgt 450,3 kg/m<sup>2</sup> und hat einen U-Wert von 1,46 W/m<sup>2</sup>K, bei einer Stärke von 81,20 cm.

<sup>12</sup> IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie: Passivhaus-Bauteilkatalog. Ökologisch bewertete Konstruktionen. 3.Auflage. Wien: Verlag SpringerWienNewYork 2009. S. 271

<sup>13</sup> Schillberg, Klaus/Knieriemen,Heinz: Naturbaustoff Lehm. Moderne Lehmbautechnik in der Praxis -bauen und sanieren mit Naturmaterialien. Schweiz: AT Verlag 1993. S. 16

## Geschoßdecke



Decke, Dach: Decke gegen durchlüftete oder ungedämmte Dachräume - Wärmestrom nach oben (BGI)

Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m²KW	Δ <i>Q</i> <sub>13</sub> Fltm <sup>3</sup>
1	OSB-Platten (650 kg/m <sup>3</sup> )		2,20	0,130	0,17	5
2	Inhomogen (Elemente längs bzw. normal zur Traufe)		25,00			
	90 cm (4%) Luftschicht stehend, Wärmefluss horizontal $6 < d <= 1$		1,00	0,067	0,15	0
	90 cm (86%) Austrozell Zellulosedämmung		24,00	0,039	6,15	7
	10 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m <sup>3</sup> - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, fe		25,00	0,120	2,08	1
3	OSB-Platten (650 kg/m <sup>3</sup> )		2,50	0,130	0,19	6
4	Inhomogen (Elemente längs bzw. normal zur Traufe)		11,00			
	61,5 cm (9%) Luftschicht stehend, Wärmefluss horizontal $6 < d <=$		1,00	0,067	0,15	0
	61,5 cm (89%) Hanffaserdämmstoff (41 kg/m <sup>3</sup> )		10,00	0,045	2,22	6
	1 cm (2%) Stahlblech, verzinkt		11,00	50,000	0,00	39
5	Dampfbremse Polyethylen (PE)		0,10	0,500	0,00	3
6	Gipskartonplatte (700 kg/m <sup>3</sup> )		1,50	0,210	0,07	3
7	Gipskartonplatte (700 kg/m <sup>3</sup> )		1,50	0,210	0,07	3
				$R_{s1} / R_{s2} =$	0,100 / 0,100	
				$R' / R' \text{ (max. relativer Fehler: 17,3\%)} =$	8,610 / 6,070	
<b>Bauteil</b>			<b>43,800</b>	<b>7,340</b>	<b>73</b>	

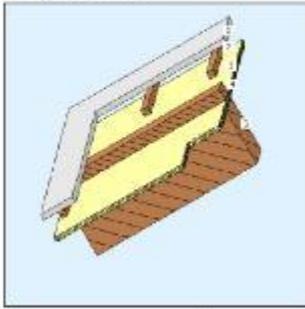
Bemerkung: Importiert am 25. 04. 2019; Bauteil "Geschoßdecke" aus Gebäude "VillaRitz\_V1"

Abbildung 43: Aufbau der Zwischendecke (Quelle: <https://www.baubook.info/eco2soft/> letzter Zugriff: 21.04.2019)

Die Tragkonstruktion wurde von der Variante I, mit einer Stahlbetondecke, hier in Variante II, Abbildung 43, auf eine historische Deckenform mit einem aufgelöstem Tragsystem, nämlich eine Tramdecke umgeändert<sup>14</sup>. Die Untersicht ist dabei dieselbe geblieben. Der Dämmstoff auf Ebene 2 wurde auf Zellulose geändert und über den Gipskartonplatten, auf Ebene 4, dienen Hanffaserdämmplatten als erste Dämmebene (Sichtweise von unten ausgehend). Der Bedarf an nicht-erneuerbaren Ressourcen liegt bei dieser Holzdecke bei 1090 MJ/m<sup>2</sup>, entspricht einem Wert von 302,78 kWh/m<sup>2</sup>, dies ist eine Reduktion von 152,22 kWh/m<sup>2</sup>. Das Treibhauspotential liegt bei 100 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, mit einem Schwund von 29 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> und das Versauerungspotential bei 0,35 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, mit einem Abstrich von 0,071 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>. Die Masse der Konstruktion beträgt 988,6 kg/m<sup>2</sup> und hat einen U-Wert von 1,83 W/m<sup>2</sup>K, bei einer Stärke von 76,45 cm.

<sup>14</sup> Pech, Anton: Decken. Wien: FH-Campus Wien. Skriptum. SS2018. S. 12

## Dach ungedämmt



U-Wert<sup>1</sup>

1,217 W/m<sup>2</sup>K



OI-Klasse (BG0)<sup>2</sup>

G



Masse	70,5 kg/m <sup>2</sup>	
PENRT	343 MJ/m <sup>2</sup>	Nutzungsbd.: nein
GWP100 Summe	-13,5 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	Art: Neubau
AP	0,0894 kg SO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	

Decke, Dach, 30°: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - hinterlüftet - Wärmestrom nach oben (BG0)

Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m <sup>2</sup> K/W	R <sub>s</sub> ΔOI3 Pfeiler
1		Tondachziegel (2000 kg/m <sup>3</sup> )	2,50	*	*	14
2		Inhomogen (Elemente längs bzw. normal zur Traufe) 27 cm (90%) Luftschicht stehend, Wärmefluss nach oben 26 < d < 3 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m <sup>3</sup> - zB Fichte/Tanne) - rauh, techn	3,00	*	*	0
3		Inhomogen (Elemente quer bzw. parallel zur Traufe) 46 cm (90%) Luftschicht stehend, Wärmefluss nach oben 46 < d < 5 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m <sup>3</sup> - zB Fichte/Tanne) - rauh, techn	5,00	*	*	0
4		Holzfaserplatte porös bituminiert (250 kg/m <sup>3</sup> )	2,00	0,057	0,35	5
5		Inhomogen (Elemente quer bzw. parallel zur Traufe) 80 cm (90%) Luftschicht stehend, Wärmefluss nach unten d > 200 10 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m <sup>3</sup> - zB Fichte/Tanne) - rauh, techn	24,00	1,042	0,23	0
					0,120	2,00
				$R_s / R_m =$	0,100 / 0,100	
				$R' / R''$ (max. relevanter Fehler: 2,2%) =	0,839 / 0,804	
<b>Bauteil</b>			<b>36,500</b>	<b>0,822</b>	<b>4</b>	

Bemerkung: Importiert am 25. 04. 2019: Bauteil "Dach kalt" aus Gebäude "VillaRitz\_V1"

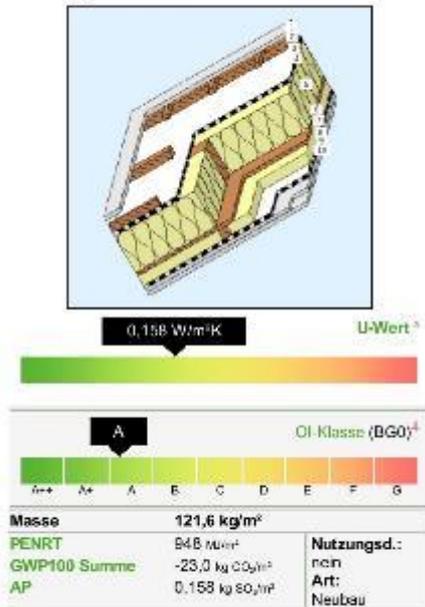
Importiert am 25. 04. 2019: Bauteil "Dach warm" aus Gebäude "VillaRitz\_V1"

Importiert am 24. 04. 2019: Bauteil "DAI 01 a Holzsparrnen-Steldach" aus Gebäude "

Abbildung 44: Aufbau des ungedämmten Daches – wie in Variante I (Quelle: <https://www.baubook.info/eco2soft/> letzter Zugriff: 21.04.2019)

Das ungedämmte Dach der Variante I blieb in Variante II unverändert.

## Dach gedämmt



Decke, Dach, 30°: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - hinterlüftet - Wärmestrom nach oben (BG0)

Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m <sup>2</sup> /KW	R <sub>si</sub> m <sup>2</sup> /K	R <sub>se</sub> m <sup>2</sup> /K	ΔG13 kg/m <sup>2</sup>
1		Tondachziegel (2000 kg/m <sup>3</sup> )	2,50					14
2		Inhomogen (Elemente längs bzw. normal zur Traufe)	3,00					0
		27 cm (90%) Luftschicht stehend, Wärmefluss nach oben 26 < d <	3,00					0
		3 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m <sup>3</sup> - zB Fichte/Tanne) - rauh, techn	3,00					0
3		Inhomogen (Elemente quer bzw. parallel zur Traufe)	5,00					0
		45 cm (90%) Luftschicht stehend, Wärmefluss nach oben 46 < d <	5,00					0
		5 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m <sup>3</sup> - zB Fichte/Tanne) - rauh, techn	5,00					0
4		Dachauflegeblech aus Polyethylen (PE) - diffusionsdicht	0,10	0,500	0,00			5
5		Inhomogen (Elemente quer bzw. parallel zur Traufe)	24,00					14
		90 cm (90%) Hanffaserdämmstoff (41 kg/m <sup>3</sup> )	24,00	0,045	5,33			0
		10 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m <sup>3</sup> - zB Fichte/Tanne) - rauh, techn	24,00	0,120	2,00			0
6		Holzspanplatten innen (850 kg/m <sup>3</sup> )	2,20	0,130	0,17			4
7		Inhomogen (Elemente längs bzw. normal zur Traufe)	6,00					4
		56,3 cm (90%) Hanffaserdämmstoff (41 kg/m <sup>3</sup> )	6,00	0,045	1,33			4
		6,3 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m <sup>3</sup> - zB Fichte/Tanne) - rauh, techn	6,00	0,120	0,50			0
8		Dampfsperre PE	0,02	0,500	0,00			1
9		Gipskartonplatte (900 kg/m <sup>3</sup> )	1,50	0,250	0,06			4
10		Gipskartonplatte (900 kg/m <sup>3</sup> )	1,50	0,250	0,06			4
				R <sub>si</sub> / R <sub>se</sub> =		0,100 / 0,100		
				R' / R'' (max. relativer Fehler: 2,2%) =		6,483 / 6,208		
<b>Bauteil</b>			<b>45,820</b>	<b>6,344</b>	<b>34</b>			

Bemerkung: Importiert am 25. 04. 2019: Bauteil "Dach warm" aus Gebäude "VillaRitz V1"

Importiert am 24. 04. 2019: Bauteil "DAI 01 a Holzsperrren-Steldach" aus Gebäude "

Abbildung 45: Aufbau des gedämmten Daches (Quelle: <https://www.baubook.info/eco2soft/> letzter Zugriff: 21.04.2019)

Beim Sparrendach wurde auf nachwachsende Dämmstoffe, anstatt mineralischer Dämmmaterialien, Wert gelegt. Außenhülle und Innenverkleidung sind dieselben geblieben. Der Bedarf des Sparrendaches an nicht-erneuerbaren Ressourcen liegt in diesem Aufbau bei 948 MJ/m<sup>2</sup>, dies entspricht einem Wert von 263,33 kWh/m<sup>2</sup>, dies ist eine Erweiterung von 34,44 kWh/m<sup>2</sup>. Das Treibhauspotential liegt bei -23,0 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, mit einem Schwund von 3,9 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> und das Versauerungspotential bei 0,158 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, mit einem Abstrich von 0,032 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>. Die Masse der Konstruktion beträgt 121,6 kg/m<sup>2</sup> und hat einen U-Wert von 0,158 W/m<sup>2</sup>K, bei einer Stärke von 45,82 cm.



### Opake und transparente Bauteile

Menge	Bauteil	$\Delta OI3$		PENRT	GWP100 S	AP
		BGO, BGF	pro m <sup>2</sup> Bt	kWh	kg CO <sub>2</sub> ecu.	kg SO <sub>2</sub> eq.
				pro m <sup>2</sup> BGF		
127,10 m <sup>2</sup>	Dach ungedämmt	4	4	27	-18	0,02
84,80 m <sup>2</sup>	Dach gedämmt	20	34	114	-18	0,08
65,50 m <sup>2</sup>	Geschoßdecke	33	73	136	-12	0,13
118,00 m <sup>2</sup>	erdberührte Platte	67	83	223	74	0,21
171,30 m <sup>2</sup>	Außenwand	134	114	493	79	0,46
<b>Summe</b>				<b>993</b>	<b>105</b>	<b>0,90</b>

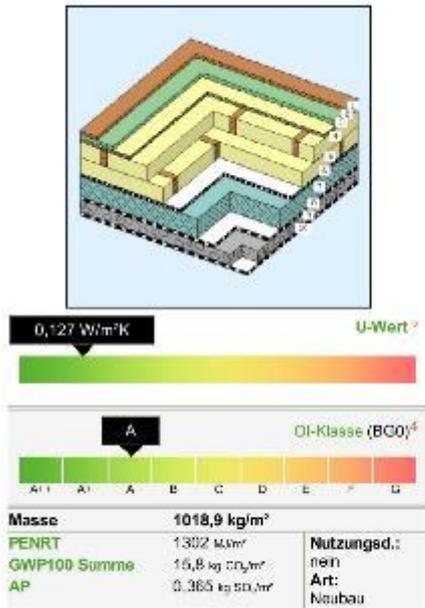
Abbildung 46: Ergebnisse aller ökologischen Faktoren der Variante II (Quelle: <https://www.baubook.info/eco2soft/> letzter Zugriff: 21.04.2019)

Summe der Unterschiede zwischen Variante I und II lassen sich mithilfe der Abbildung 40 und der hier befindlichen Abbildung 46 gegenüberstellen. Bei Variante I liegt der Bedarf an nicht-erneuerbaren Ressourcen bei 1.276 kWh, bei Variante II nur bei 993 kWh, dies bedeutet eine Verminderung des Wertes um 283 kWh. Das Treibhauspotential liegt mit 234 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, bei der Variante I mit einem Mehrwert von 129 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, im Gegensatz zu Variante II mit 105 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>. Beim Versauerungspotential befindet sich auch eine Reduktion der ökologischen Kennzahl, nämlich mit 0,909 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> ist die Variante II um 0,231 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> besser als Variante I mit 1,14 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>. Dies zeigt, dass die ökologischen Kennzahlen durch Anpassungen der Dämmmaterialien deutlich verändert werden. Auch eine andere Wahl der Tragkonstruktion für die Zwischendecke (Vergleich Abbildung 37 mit Abbildung 43) kann dazu beitragen, ressourcen- und umweltschonender zu arbeiten.

### **3.3 Variante III**

In dieser dritten Variante wurden ökologische Materialien verwendet, dabei wurde die Tragkonstruktionen teilweise geändert, dadurch auch die Stärken der Aufbauten angepasst. Als Hauptdämmmaterial wurde in dieser Variante Stroh gewählt. Dieses ist schon seit Jahrhunderten als Dämmmaterial bekannt, es ist ein nachwachsender Rohstoff und noch dazu ein Nebenprodukt der Kornernte, welches jenes Material besonders nachhaltig macht. Ein Nebenprodukt, welches bestens im Bauwesen genutzt werden kann, da es von Natur aus gute Wärmedämmeigenschaften besitzt. Als zweites, sich bestens eignendes Material, wurde Holz gewählt. Ein bewährtes Material der Zimmerer, kommt es in dieser Variante wieder als Tragkonstrukt in den Decken, Dächern und vor allem in der Außenwand vor. Mit viel Holz und Stroheinsatz können sehr gute ökologischen Werte erreicht, insbesondere das Treibhauspotential drastisch verringert werden, da Holz beim Heranwachsen als Baum CO<sub>2</sub> bindet und als Baumaterial vielseitig, z.B. als Dämmmaterial, einsetzbar ist.

### erdberührte Platte



Boden: erberührt - Wärmestrom nach unten (BCO)

Nr.	Typ	Schicht	d	λ	R	Δ003
			cm	W/mK	m²KW	Platt
1	Massivparkeett		1,00	0,160	0,06	1,10
2	Zement- und Zementfließestrich (2000 kg/m³)		5,00	1,330	0,04	9
3	Holzfaser WF-T (180 kg/m³)		2,00	0,051	0,39	3
4	Inhomogen (Elemente längs)		20,00			
		72 cm (90%) Baustrohballen (109 kg/m³)	20,00	0,051	3,92	-1
		8 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tec	20,00	0,120	1,67	0
5	Inhomogen (Elemente quer)		20,00			
		72 cm (90%) Baustrohballen (109 kg/m³)	20,00	0,051	3,92	-1
		8 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tec	20,00	0,120	1,67	0
6	Aluminium-Bitumendichtungsbahn		0,40	0,230	0,02	1,14
7	Normalbeton mit Bewehrung 1 % (2300 kg/m³)		25,00	2,300	0,11	57
8	Baupapier		0,03	*	*	1,0
9	Schüttungen aus Sand, Kies, Splitt (1800 kg/m³)		15,00	*	*	1,3
10	Mies PP		0,02	*	*	1,0
			$R_s / R_{se} =$		0,170 / 0,000	
			$R' / R''$ (max. relativer Fehler: 2,1%) =		8,032 / 7,897	
<b>Bauteil</b>			<b>88,450</b>	<b>7,865</b>	<b>68</b>	

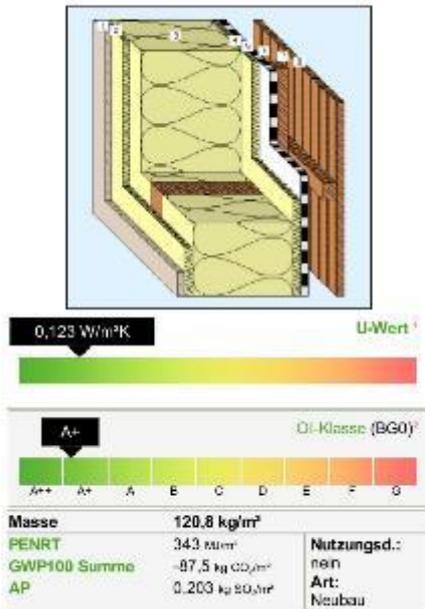
Bemerkung: Importiert am 27. 04. 2019; Bauteil "erdberührte Platte" aus Gebäude "VillaRitz\_V2"

Importiert am 26. 04. 2019; Bauteil "Efo 01 b Plattenfundament, oberseitig gedämmt, Nassestrich" aus Gebäude "

Abbildung 47: Aufbau der erdberührten Platte (Quelle: <https://www.baubook.info/eco2soft/> letzter Zugriff: 22.04.2019)

Auf der Abbildung 47 ist die Fundamentplatte mit ihrem Aufbau und Materialien abgebildet. Der Bedarf bei diesem Aufbau an nicht-erneuerbaren Ressourcen liegt in bei  $1302 \text{ MJ/m}^2$ , welches einem Wert von  $361,67 \text{ kWh/m}^2$  entspricht, dies ist eine Senkung von  $174,72 \text{ kWh/m}^2$  im Gegensatz zu Variante I und  $22,5 \text{ kWh/m}^2$  bei Variante II. Das Treibhauspotential liegt bei  $15,8 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2$ , mit einem Schwund von  $113,2 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2$  im Gegensatz zu Variante I und  $84,2 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2$  bei Variante II. Das Versauerungspotential befindet sich bei  $0,365 \text{ kg SO}_2/\text{m}^2$ , mit einem Abstrich von  $0,056 \text{ kg SO}_2/\text{m}^2$ , im Gegensatz zu Variante I und  $0,015 \text{ kg SO}_2/\text{m}^2$  bei Variante II. Die Masse der Konstruktion beträgt  $1018,9 \text{ kg/m}^2$  und hat einen U-Wert von  $0,127 \text{ W/m}^2\text{K}$ , bei einer Stärke von  $88,45 \text{ cm}$ .

## Außenwand



Wand: gegen Außenluft - hinterlüftet (BG0)

Nr.	Typ	Schicht (von innen nach aussen)	d in	λ W/mK	R m <sup>2</sup> /K	Δ0/3 m <sup>2</sup> /K
1		Lehmputz getrocknet	2,50	0,810	0,03	4
2		Holzfasersplatte (290 kg/m <sup>3</sup> )	2,20	0,057	0,39	10
3		Inhomogen (Elemente horizontal)	36,00			
		140 cm (93%) Baustrohballen (109 kg/m <sup>3</sup> )	36,00	0,051	7,06	-2
		10 cm (7%) Nutzholz (475 kg/m <sup>3</sup> - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tec	36,00	0,120	3,00	1
4		Holzfasersplatte (290 kg/m <sup>3</sup> )	2,20	0,057	0,39	10
5		ISOCELL OMEGA Winddichtung	0,06	0,220	0,00	1
6		Inhomogen (Elemente horizontal)	5,00			
		56,5 cm (90%) Luftschicht stehend, Wärmefluss horizontal 45 < d	5,00	0,278	0,18	0
		6 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m <sup>3</sup> - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tec	5,00	0,120	0,42	0
7		Inhomogen (Elemente vertikal)	5,00			
		56,5 cm (90%) Luftschicht stehend, Wärmefluss horizontal 45 < d	5,00	0,278	0,18	0
		6 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m <sup>3</sup> - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, tec	5,00	0,120	0,42	0
8		Inhomogen (Elemente horizontal)	2,50			
		1 cm (14%) Luftschicht stehend, Wärmefluss horizontal 20 < d <=	2,50	0,147	0,17	0
		6 cm (88%) Nutzholz (675 kg/m <sup>3</sup> - zB Eiche) - gehobelt, techn. get	2,50	0,160	0,16	0
		R <sub>s</sub> / R <sub>se</sub> =			0,130 / 0,130	
		R' / R* (max. relativer Fehler: 0,8%) =			8,207 / 8,079	
<b>Bauteil</b>			<b>55,459</b>	<b>8,143</b>	<b>24</b>	

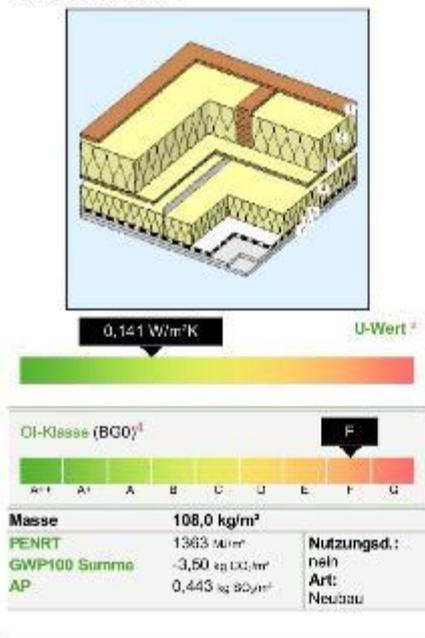
Bemerkung: Importiert am 27. 04. 2019: Bauteil "Außenwand" aus Gebäude "VillaRitz\_V2"

Importiert am 25. 04. 2019: Bauteil "Außenwand" aus Gebäude "VillaRitz\_V1"

Abbildung 48: Aufbau der Außenwand (Quelle: <https://www.baubook.info/eco2soft/> letzter Zugriff: 22.04.2019)

Der Aufbau und die Materialität der Außenwand ist auf der Abbildung 48 dargestellt. Dabei wurde von einer homogenen Ziegelwand auf eine inhomogene Holzwand in Holzrahmenbauweise gewechselt. Der Bedarf bei diesem Aufbau an nicht-erneuerbaren Ressourcen liegt bei 343 MJ/m<sup>2</sup>, welches einem Wert von 95,28 kWh/m<sup>2</sup> entspricht, dies ist eine Senkung von 391,66 kWh/m<sup>2</sup> im Gegensatz zu Variante I und 323,3 kWh/m<sup>2</sup> im Gegensatz zu Variante II. Das Treibhauspotential liegt bei -87,5 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, mit einer Einsparung von 102,8 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> bei Variante I und 79,4 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> bei Variante II. Das Versauerungspotential befindet sich bei 0,203 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, mit einem Abstrich von 0,224 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> im Gegensatz zu Variante I und 0,191 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> bei Variante II. Die Masse der Konstruktion beträgt 120,8 kg/m<sup>2</sup> und hat einen U-Wert von 0,123 W/m<sup>2</sup>K, bei einer Stärke von 55,46 cm.

## Geschoßdecke



Decke, Dach: Decke gegen durchlüftete oder ungedämmte Dachräume - Wärmestrom nach oben (BG0)

Nr.	Typ	Schicht	d [cm]	λ [W/mK]	R [m <sup>2</sup> K/W]	ΔG13 [kg/m <sup>2</sup> ]
1		OSB-Platten (650 kg/m <sup>3</sup> )	2,20	0,130	0,17	5
2		Inhomogen (Elemente längs bzw. normal zur Traufe)	25,00			
		90 cm (4%) Luftschicht stehend, Wärmefluss horizontal $\delta < d <= 1$	1,00	0,067	0,15	0
		90 cm (86%) Baustrohballen (109 kg/m <sup>3</sup> )	24,00	0,051	4,71	-2
		10 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m <sup>3</sup> - zB Fichte/Tanne) - gehobelt, lx	25,00	0,120	2,08	1
3		Holzfaserplatte (250 kg/m <sup>3</sup> )	2,20	0,057	0,39	10
4		Inhomogen (Elemente längs bzw. normal zur Traufe)	20,00			
		61,5 cm (25%) Luftschicht stehend, Wärmefluss horizontal $45 < d$	5,00	0,278	0,16	0
		61,5 cm (74%) Hanffaserdämmstoff (41 kg/m <sup>3</sup> )	15,00	0,045	3,33	10
		1 cm (2%) Stahlblech, verzinkt	20,00	50,000	0,00	70
5		Dampfbremse Polyethylen (PE)	0,10	0,500	0,00	3
6		Gipskartonplatte (700 kg/m <sup>3</sup> )	1,50	0,210	0,07	3
7		Gipskartonplatte (700 kg/m <sup>3</sup> )	1,50	0,210	0,07	3
				$R_{s1} / R_{s0} =$	0,100 / 0,100	
				$R' / R''$ (max. relativer Fehler: 23,8%) =	8,789 / 5,408	
<b>Bauteil</b>			<b>52,500</b>	<b>7,098</b>	<b>104</b>	

Bemerkung: Importiert am 27. 04. 2019: Bauteil "Geschoßdecke" aus Gebäude "VillaRitz\_V2"

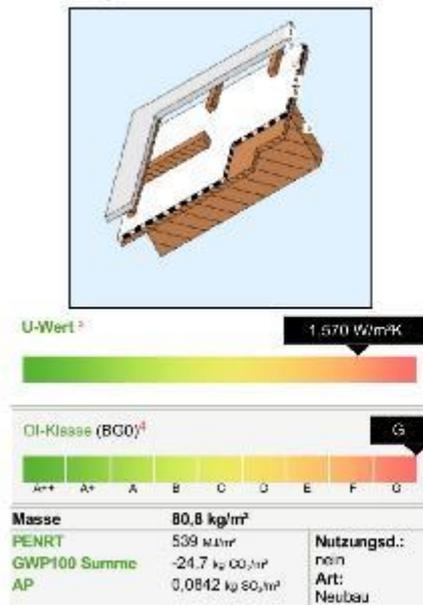
Importiert am 25. 04. 2019: Bauteil "Geschoßdecke" aus Gebäude "VillaRitz\_V1"

Abbildung 49: Aufbau der Zwischendecke (Quelle: <https://www.baubook.info/eco2soft/> letzter Zugriff: 22.04.2019)

Der Aufbau und die Materialität der Tramdecke ist auf Abbildung 49 dargestellt.

Der Bedarf bei diesem Aufbau an nicht-erneuerbaren Ressourcen liegt bei 1363 MJ/m<sup>2</sup>, welches einem Wert von 378,61 kWh/m<sup>2</sup> entspricht, dies ist eine Senkung von 142,51 kWh/m<sup>2</sup>, im Gegensatz zu Variante I und ein Mehrwert von 75,83 kWh/m<sup>2</sup> zu Variante II. Das Treibhauspotential liegt bei -2,5 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, mit einer Einsparung von 145,5 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> bei Variante I und einem Mehrwert von 23,2 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> zu Variante II. Das Versauerungspotential befindet sich bei 0,443 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, mit einem Abstrich von 0,128 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> im Gegensatz zu Variante I und mit einem Mehrwert von 0,135 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> in Variante II. Die Masse der Konstruktion beträgt 108,0 kg/m<sup>2</sup> und hat einen U-Wert von 0,141 W/m<sup>2</sup>K, bei einer Stärke von 52,50 cm. Dies zeigt, dass der Aufbau in Variante II wegen der ökologischen Kennzahlen der bessere ist.

## Dach ungedämmt



Decke, Dach, 30°: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - hinterlüftet - Wärmestrom nach oben (BG0)

Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m <sup>2</sup> /W	ΔD13 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
1		Tondachziegel (2000 kg/m <sup>3</sup> )	2,50			± 14
2		Inhomogen (Elemente längs bzw. normal zur Traufe)	3,00			
		27 cm (90%) Luftschicht stehend, Wärmefluss nach oben 26 < d < 3 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m <sup>3</sup> - zB Fichte/Tanne) - rau, techni:	3,00			± 0
3		Inhomogen (Elemente quer bzw. parallel zur Traufe)	5,00			
		45 cm (90%) Luftschicht stehend, Wärmefluss nach oben 46 < d < 5 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m <sup>3</sup> - zB Fichte/Tanne) - rau, techni:	5,00			± 0
4		Dachaufsetzbahn aus Polyethylen (PE) - diffusionsoffen	0,10	0,500	0,00	5
5		Holzspanplatten außen (650 kg/m <sup>3</sup> )	2,20	0,130	0,17	6
6		Inhomogen (Elemente quer bzw. parallel zur Traufe)	24,00			
		90 cm (90%) Luftschicht stehend, Wärmefluss nach unten d > 20:	24,00	1,042	0,23	0
		10 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m <sup>3</sup> - zB Fichte/Tanne) - rau, techni:	24,00	0,120	2,00	0
			$R_{si} / R_{se} =$		0,100 / 0,100	
			$R' / R''$ (max. relativer Fehler: 2,1%) =		0,650 / 0,624	
<b>Bauteil</b>			<b>36,800</b>	<b>0,637</b>	<b>11</b>	

Bemerkung: Importiert am 27. 04. 2019: Bauteil "Dach ungedämmt" aus Gebäude "VillaRitz\_V2"

Importiert am 25. 04. 2019: Bauteil "Dach kalt" aus Gebäude "VillaRitz\_V1"

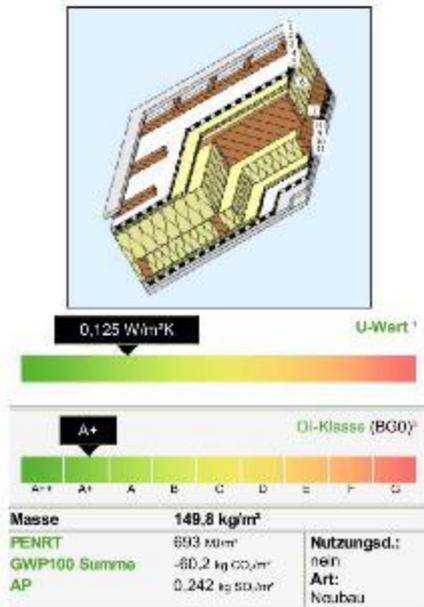
Importiert am 25. 04. 2019: Bauteil "Dach warm" aus Gebäude "VillaRitz\_V1"

Importiert am 24. 04. 2019: Bauteil "DAI 01 a Holzsperrren-Stellsdach" aus Gebäude ""

Abbildung 50: Aufbau des ungedämmten Daches (Quelle: <https://www.baubook.info/eco2soft/>; letzter Zugriff: 22.04.2019)

Der Aufbau des ungedämmten Daches wird auf Abbildung 50 erläutert. Veränderungen wurden in Abdichtung des Daches, siehe Ebene 4 und 5, vorgenommen. Der Bedarf bei diesem Aufbau an nicht-erneuerbaren Ressourcen liegt bei 539 MJ/m<sup>2</sup>, welches einem Wert von 149,72 kWh/m<sup>2</sup> entspricht, dies ist einen Mehrwert von 54,44 kWh/m<sup>2</sup> im Gegensatz zu Variante I und Variante II. Das Treibhauspotential liegt bei -24,7 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, mit einer Einsparung von 11,2 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> in Variante I und Variante II. Das Versauerungspotential befindet sich bei 0,0842 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, mit einem Mehrwert von 0,0148 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> im Gegensatz zu Variante I und Variante II. Die Masse der Konstruktion beträgt 80,8 kg/m<sup>2</sup> und hat einen U-Wert von 1,570 W/m<sup>2</sup>K, bei einer Stärke von 36,80 cm.

### Dach gedämmt



Decke, Dach, 30°: Flach- oder Schrägdach gegen Außenluft - hinterlüftet - Wärmestrom nach oben (BG0)

Nr.	Typ	Schicht	d cm	λ W/mK	R m²K/W	ΔOIB Pkte/m²
1		Tondachziegel (2000 kg/m³)	2,50			6,14
2		Inhomogen (Elemente längs bzw. normal zur Traufe)	3,00			4,0
		27 cm (90%) Luftschicht stehend, Wärmefluss nach oben 26 < d <	3,00			4,0
		3 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, techn	3,00			4,0
3		Inhomogen (Elemente quer bzw. parallel zur Traufe)	5,00			4,0
		45 cm (90%) Luftschicht stehend, Wärmefluss nach oben 46 < d <	5,00			4,0
		5 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, techn	5,00			4,0
4		Dachauflagebahn aus Polyethylen (PE) - diffusionsdicht	0,10	0,500	0,00	5
5		Holzfaserplatte (250 kg/m³)	2,20	0,057	0,38	10
6		Inhomogen (Elemente quer bzw. parallel zur Traufe)	24,00			-2
		90 cm (90%) Baustrohballen (109 kg/m³)	24,00	0,051	4,71	-2
		10 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, techn	24,00	0,120	2,00	0
7		Inhomogen (Elemente längs bzw. normal zur Traufe)	15,00			-1
		56,3 cm (90%) Baustrohballen (109 kg/m³)	15,00	0,051	2,94	-1
		6,3 cm (10%) Nutzholz (475 kg/m³ - zB Fichte/Tanne) - rauh, techn	15,00	0,120	1,25	0
8		Holzfaserplatte (250 kg/m³)	2,20	0,057	0,38	10
9		Dampfbremse PE	0,02	0,500	0,00	4,1
10		Gipskartonplatte (900 kg/m³)	1,50	0,250	0,06	4
11		Gipskartonplatte (900 kg/m³)	1,50	0,250	0,06	4
				R <sub>s</sub> / R <sub>s,e</sub> =		0,100 / 0,100
				R' / R' (max. relativer Fehler: 2,0%) =		8,154 / 7,830
<b>Bauteil</b>			<b>57,020</b>	<b>7,992</b>	<b>31</b>	

Bemerkung: Importiert am 27. 04. 2019: Bauteil "Dach gedämmt" aus Gebäude "VillaRitz\_V2"

Importiert am 25. 04. 2019: Bauteil "Dach warm" aus Gebäude "VillaRitz\_V1"

Importiert am 24. 04. 2019: Bauteil "DA 01 a Holzsparen-Steildach" aus Gebäude "

Abbildung 51: Aufbau des gedämmten Daches (Quelle: <https://www.baubook.info/eco2soft/> letzter Zugriff: 22.04.2019)

Der Aufbau und die Materialität des Sparrendaches sind auf Abbildung 51 dargestellt. Der Bedarf bei diesem Aufbau an nicht-erneuerbaren Ressourcen liegt bei 1693 MJ/m<sup>2</sup>, welches einem Wert von 192,5 kWh/m<sup>2</sup> entspricht, dies ist eine Senkung von 36,39 kWh/m<sup>2</sup>, im Gegensatz zu Variante I und 70,83 kWh/m<sup>2</sup> zu Variante II. Das Treibhauspotential liegt bei -60,2 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, mit einer Einsparung von 41,1 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> in Variante I und 37,2 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> zu Variante II. Das Versauerungspotential befindet sich bei 0,242 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, mit einem Mehrwert von 0,052 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, im Gegensatz zu Variante I und 0,084 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> in Variante II. Die Masse der Konstruktion beträgt 149,8 kg/m<sup>2</sup> und hat einen U-Wert von 0,125 W/m<sup>2</sup>K, bei einer Stärke von 57,02 cm.



### Opake und transparente Bauteile

Menge	Bauteil	$\Delta OI_3$		PENRT kWh	GWP100 S kg CO <sub>2</sub> equ.	AP kg SO <sub>2</sub> equ.
		BG0, BGF	per m <sup>2</sup> Bt.			
171,30 m <sup>2</sup>	Außenwand	28	24	112	-103	0,239
84,80 m <sup>2</sup>	Dach gedämmt	18	31	73	-39	0,118
127,10 m <sup>2</sup>	Dach ungedämmt	10	11	74	-28	0,040
65,50 m <sup>2</sup>	Geschoßdecke	47	104	170	-2	0,199
118,00 m <sup>2</sup>	erdberührte Platte	55	68	205	5	0,223
<b>Summe</b>				<b>635</b>	<b>-167</b>	<b>0,819</b>

Abbildung 52: Ergebnis aller ökologischen Werte der Variante 3 (Quelle: <https://www.baubook.info/eco2soft/> letzter Zugriff: 22.04.2019)

Summe der Unterschiede im Gesamten für das Gebäude lassen sich durch den Vergleich der Abbildung 40, Abbildung 46 und Abbildung 52, mithilfe der ökologischen Kennzahlen verdeutlichen. Dabei liegt der Bedarf an nicht-erneuerbaren Ressourcen bei Variante I mit 1276 kWh, bei Variante II 993 kWh und Variante III 635 kWh. Dies bedeutet eine Reduktion von 641 kWh von Variante I auf Variante III, eine Reduktion von 358 kWh von Variante II auf Variante III. Das Treibhauspotential befindet sich jeweils bei 234 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> in Variante I, mit 105 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> in Variante II und mit -167 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> in Variante III. Welches eine Senkung von 401 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> von Variante I zu Variante III und 272 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> von Variante II zu Variante III beweist. Beim Versauerungspotential liegt ein Wert von 1,14 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> in Variante I, 0,909 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> in Variante II und 0,819 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> in Variante II vor. Die Abspeckungen dabei von Variante I zu Variante III sind dabei 0,321 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> und 0,09 kg SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> von Variante II zu Variante III.

### 3.4 Conclusio

In Conclusio ergibt sich, dass durch die Gegenüberstellung von unterschiedlichen Aufbauten der drei Varianten, die Variante III besonders ressourcen- und umweltschonend ist. Dabei wurden natürliche Materialien wie Holz für Tragkonstruktion und Stroh für die Dämmebene verwendet. Parallel dazu erbrachte Variante III bei den Berechnungen der unterschiedlichen Aufbauten die niedrigsten ökologischen Kennzahlen. Das bedeutet die optimalsten Werte in Betracht auf die Schonung der Umwelt. Die Wahl der Konstruktion und der Materialien hatten den größten Einfluss zum Erreichen der niedrigen Kennzahlen.

Tabelle 1: Zusammenfassung der ökologischen Kennzahlen der Varianten

	PEI in kWh	GWP in kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	AP in kg SO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
Variante I	1.276	234	1,140
Variante II	993	105	0,909
Variante III	635	-167	0,819

In der Tabelle 1 sind die Varianten mit ihrem Endergebnis der ökologischen Kennzahlen wiedergegeben. Hier wird ersichtlich, dass in der Variante III die niedrigsten Werte errechnet wurden und somit diese die optimalen Baustoffe für eine nachhaltige Errichtung des Zubaus aufweist.

## 4 QUELLENVERZEICHNIS

### Bücher

IBO – Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie: Passivhaus-Bauteilkatalog. Ökologisch bewertete Konstruktionen. 3.Auflage. Wien: Verlag SpringerWienNewYork 2009.

Schillberg, Klaus/Knieriemen,Heinz: Naturbaustoff Lehm. Moderne Lehmbautechnik in der Praxis - Bauen und Sanieren mit Naturmaterialien. Schweiz: AT Verlag 1993.

Steiner, Tobias: ÖKOLOGIE UND ÖKONOMIE DES DÄMMENS. Analyse und Bewertung von Dämmmaßnahmen in der Altbausanierung. Fraunhofer IRB.

### Normen

ÖNORM B 1800. Ermittlung von Flächen und Rauminhalten von Bauwerken und zugehörigen Außenanlagen. 1.8.2013. Hrsg: Austrian Standards Institut

### Skripten

Österreicher, Doris: Gebäudephysik 1. Wärmebilanzgleichung. Wien: FH-Campus Wien. Skriptum. WS 2017.

Pech, Anton: Dachstühle. Wien: FH-Campus Wien. Skriptum. SS2019.

Pech, Anton: Decken. Wien: FH-Campus Wien. Skriptum. SS2018.

### Diplomarbeiten

Zsabetich, Julia: Streckhöfe des Nordburgenlandes: Eine gefährdete Bauform und seine Nachnutzungspotentiale. Wien: TU Wien, Fakultät für Architektur und Raumplanung. Diplomarbeit 2019

### Texte aus dem Internet

Dejtjar, Fabian: 30 Pläne, Abschnitte und Details für nachhaltige Projekte. In: URL: [https://www.archdaily.com/802403/30-plans-sections-and-details-for-sustainable-projects/?ad\\_source=myarchdaily&ad\\_medium=bookmark-show&ad\\_content=current-user](https://www.archdaily.com/802403/30-plans-sections-and-details-for-sustainable-projects/?ad_source=myarchdaily&ad_medium=bookmark-show&ad_content=current-user) (letzter Zugriff: 24. 04. 2019)

## 5 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: graphische 3D Ansicht des Grundstückes mit dem darauf befindlichen Hakenhof.....	1
Abbildung 2: Karte, Maßstabslos, rotes Zeichen markiert die Gemeinde Ritzing (Quelle: <a href="https://www.google.com/maps/place/Gemeinde+Ritzing/@47.6135072,16.4996857,14.75z/data=!4m5!3m4!1s0x476c2425c68dbf01:0x990b5ba3b65d2411!8m2!3d47.6138042!4d16.4942745">https://www.google.com/maps/place/Gemeinde+Ritzing/@47.6135072,16.4996857,14.75z/data=!4m5!3m4!1s0x476c2425c68dbf01:0x990b5ba3b65d2411!8m2!3d47.6138042!4d16.4942745</a> letzter Zugriff: 04.03.2019).....	2
Abbildung 3: Gemeinde Ritzing, ohne Maßstab (Quelle: <a href="https://gis.bgld.gv.at/WebGIS/synserver">https://gis.bgld.gv.at/WebGIS/synserver</a> letzter Zugriff: 04.03.2019) .....	3
Abbildung 4: Lageplan ohne Maßstab vom Gebäude in der Lange Zeile 49 in Hellgrau und dem dazugehörigen Grundstück in dicker gestrichelter Linie verdeutlicht (Siehe: <a href="https://gis.bgld.gv.at/WebGIS/synserver">https://gis.bgld.gv.at/WebGIS/synserver</a> letzter Zugriff: 19.03.2019) .....	4
Abbildung 5: Grundstück ohne Maßstab, gut erkennbar die Aufteilung der Gebäude und ihre Nutzung, Nummer 1 Wohngebäude mit Keller, Nummer 2 Nebengebäude, Nummer 3 Hühnerstall und Nummer 4 die Scheune .....	5
Abbildung 6: die Straßenfront des burgenländischen Hakenhofs; Bild wurde am 31. März 2019 um 11 Uhr 53 aufgenommen.....	6
Abbildung 7: Blick in den Garten entlang der Gebäude auf der rechten Seite; Bild wurde am 17. März 2019 um 14 Uhr 36 aufgenommen .....	7
Abbildung 8: Blick auf das Wohngebäude mit den zwei Geschoßen, Bild wurde am 31. März 2019 um 11 Uhr 58 aufgenommen.....	8
Abbildung 9: hier wird der Grundriss des Wohnbereichs mit den einzelnen Räumen dargestellt, ohne Maßstab.....	9
Abbildung 10: hier ist der Grundriss des halb unter der Erde liegenden Unterschoßes, ohne Maßstab.....	10
Abbildung 11: Blick Richtung des alten Hühnerstalls, links und rechts das Nebengebäude; Bild wurde am 17 März 2019 um 14 Uhr 37 aufgenommen	11
Abbildung 12: gut erhaltene Träme sind im Nebengebäude vorzufinden; Bild wurde am 31. März 2019 um 12 Uhr aufgenommen.....	12
Abbildung 13: Blick auf den Gebäudeteil 4, die Scheune, Bild wurde am 31. März 2019 um 12 Uhr 05 aufgenommen.....	13
Abbildung 14: die Träme der Decke die in der Scheune; Bild wurde am 31. März 2019 um 12 Uhr 02 aufgenommen.....	14
Abbildung 15: der große Garten wird in diesem Bild aufgefangen; Bild wurde am 31. März 2019 um 11 Uhr 58 aufgenommen.....	15
Abbildung 16: Windrose für Ritzing zeigt an, wie viele Stunden der Wind aus welcher Richtung wehte .....	16
Abbildung 17: durchschnittliche Klimadaten von Ritzing in einer Tabelle dargestellt. ....	17

Abbildung 18: Sonnenstanddiagramm für Ritzing; Sommermonat mit der dazugehörigen Linie in Rot, Wintermonat mit der dazugehörigen Linie in Blau (Quelle: <a href="https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php#top">https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php#top</a> letzter Zugriff 18.03.2019).....	19
Abbildung 19: Darstellung der Gebäude in Gelb, welche abgebrochen werden, um Platz zu schaffen.....	20
Abbildung 20: In Grau dargestellt, die frei gewordene Fläche für den Zubau.....	21
Abbildung 21: hier ist der neue Grundriss in M1:100 des Obergeschoßes ersichtlich .....	22
Abbildung 22: Erweiterung des Gebäudes im Kellergeschoß.....	23
Abbildung 23: graphische Darstellung der Raumaufteilung im Zubau.....	24
Abbildung 24: Grundriss des Zubaus; Plan maßstabslos.....	26
Abbildung 25: Darstellung des Zubaus auf dem Grundstück.....	28
Abbildung 26: Darstellung des Zubaus aus Süd-Ost Richtung.....	29
Abbildung 27: Blick in auf das Bestandsgebäude und entlang des Gartens auf den Zubau an einem regnerischen Tag .....	30
Abbildung 28: Blick Richtung Wohnraum entlang des Ganges nach dem Betreten des Zubaus .....	31
Abbildung 29: Blick in den beleuchteten Innenhof vom Gang aus.....	32
Abbildung 30: Blick vom Wohnbereich in den Garten .....	33
Abbildung 31: Blick auf das Gebäude im Sommer, durch Schatten fällt kein direktes Licht in die Räume .....	34
Abbildung 32: Blick auf das Gebäude im Winter; Verschattungselemente wurden verschoben und Sonnenlicht gelangt in die Räume .....	35
Abbildung 33: Grünes Haus, (Quelle: <a href="https://www.wohnet.at/bauen/innenausbau/oekologisches-bauen-21497">https://www.wohnet.at/bauen/innenausbau/oekologisches-bauen-21497</a> letzter Zugriff: 24.04.2019) .....	36
Abbildung 34: graphische Darstellung der Gebäudeteile in Rot, die in Betracht gezogen werden.....	38
Abbildung 35: Aufbau der Fundamentplatte (Quelle: <a href="https://www.baubook.info/eco2soft/">https://www.baubook.info/eco2soft/</a> letzter Zugriff: 20.04.2019).....	39
Abbildung 36: Aufbau der Außenwand (Quelle: <a href="https://www.baubook.info/eco2soft/">https://www.baubook.info/eco2soft/</a> letzter Zugriff: 20.04.2019) .....	41
Abbildung 37: Aufbau der Zwischendecke (Quelle: <a href="https://www.baubook.info/eco2soft/">https://www.baubook.info/eco2soft/</a> letzter Zugriff: 20.04.2019).....	42
Abbildung 38: Aufbau des ungedämmten Daches (Quelle: <a href="https://www.baubook.info/eco2soft/">https://www.baubook.info/eco2soft/</a> letzter Zugriff: 20.04.2019).....	43
Abbildung 39: Aufbau des gedämmten Daches (Quelle: <a href="https://www.baubook.info/eco2soft/">https://www.baubook.info/eco2soft/</a> letzter Zugriff: 20.04.2019).....	44
Abbildung 40: Ergebnis aller Werte der ökologischen Faktoren (Quelle: <a href="https://www.baubook.info/eco2soft/">https://www.baubook.info/eco2soft/</a> letzter Zugriff: 20.04.2019).....	45

Abbildung 41: Aufbau der Fundamentplatte (Quelle: <a href="https://www.baubook.info/eco2soft/">https://www.baubook.info/eco2soft/</a> letzter Zugriff: 21.04.2019).....	46
Abbildung 42: Aufbau der Außenwand (Quelle: <a href="https://www.baubook.info/eco2soft/">https://www.baubook.info/eco2soft/</a> letzter Zugriff: 21.04.2019) .....	47
Abbildung 43: Aufbau der Zwischendecke (Quelle: <a href="https://www.baubook.info/eco2soft/">https://www.baubook.info/eco2soft/</a> letzter Zugriff: 21.04.2019).....	48
Abbildung 44: Aufbau des ungedämmten Daches – wie in Variante I (Quelle: <a href="https://www.baubook.info/eco2soft/">https://www.baubook.info/eco2soft/</a> letzter Zugriff: 21.04.2019).....	49
Abbildung 45: Aufbau des gedämmten Daches (Quelle: <a href="https://www.baubook.info/eco2soft/">https://www.baubook.info/eco2soft/</a> letzter Zugriff: 21.04.2019).....	50
Abbildung 46: Ergebnisse aller ökologischen Faktoren der Variante II (Quelle: <a href="https://www.baubook.info/eco2soft/">https://www.baubook.info/eco2soft/</a> letzter Zugriff: 21.04.2019).....	51
Abbildung 47: Aufbau der erdberührten Platte (Quelle: <a href="https://www.baubook.info/eco2soft/">https://www.baubook.info/eco2soft/</a> letzter Zugriff: 22.04.2019).....	53
Abbildung 48: Aufbau der Außenwand (Quelle: <a href="https://www.baubook.info/eco2soft/">https://www.baubook.info/eco2soft/</a> letzter Zugriff: 22.04.2019) .....	54
Abbildung 49: Aufbau der Zwischendecke (Quelle: <a href="https://www.baubook.info/eco2soft/">https://www.baubook.info/eco2soft/</a> letzter Zugriff: 22.04.2019).....	55
Abbildung 50: Aufbau des ungedämmten Daches (Quelle: <a href="https://www.baubook.info/eco2soft/">https://www.baubook.info/eco2soft/</a> letzter Zugriff: 22.04.2019).....	56
Abbildung 51: Aufbau des gedämmten Daches (Quelle: <a href="https://www.baubook.info/eco2soft/">https://www.baubook.info/eco2soft/</a> letzter Zugriff: 22.04.2019).....	57
Abbildung 52: Ergebnis aller ökologischen Werte der Variante 3 (Quelle: <a href="https://www.baubook.info/eco2soft/">https://www.baubook.info/eco2soft/</a> letzter Zugriff: 22.04.2019).....	58

## **6 TABELLENVERZEICHNIS**

Tabelle 1: Zusammenfassung der ökologischen Kennzahlern der Varianten..... 59