

# **Gegenwärtiger Wiener Wohnungsbau - Bauweisen im ökologischen Vergleich**

**presently residential constructions in Vienna -  
ecological comparison of architecture**

## **Bachelorarbeit**

Zur Erlangung des akademischen Grades

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

der Fachhochschule FH Campus Wien

Bachelorstudiengang: Architektur - Green Building

**Vorgelegt von:**

Belinda Kranister

**Personenkennzeichen**

c2110733086

**Erstbegutachter:**

Dipl.-Ing. Dr. techn. Tobias Steiner

Eingereicht am:

16.06.2023



Eigenständigkeitserklärung:

Ich erkläre, dass die vorliegende Abschlussarbeit von mir selbst verfasst wurde und ich keine anderen als die angeführten Behelfe verwendet bzw. mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe (wie z.B. ChatGPT oder ähnlichen auf künstlicher Intelligenz basierenden Programmen) bedient habe. Ich versichere, dass diese Arbeit keine personenbezogenen Daten enthält und dass ich sämtliche urheber-, lizenz- sowie bildrechtliche Fragen im Zusammenhang mit der elektronischen Veröffentlichung dieser Arbeit geklärt habe, widrigenfalls werde ich die FH Campus Wien von Ersatzansprüchen Dritter schad- und klaglos halten. Ich versichere, dass ich diese Abschlussarbeit bisher weder im In- noch im Ausland (einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe und dass die von mir eingereichten Exemplare (ausgedruckt und elektronisch) identisch sind.

Datum: 14. Juni 2023

Unterschrift: *Mronika Belinda* .....

## **Gendererklärung**

Für eine erleichterte Lesbarkeit wurde in dieser Bachelorarbeit für geschlechterspezifische Angaben ausschließlich die männliche Form verwendet. Diese soll für Personen aller Geschlechtern stehen.

## **Kurzfassung**

Diese Arbeit beschäftigt sich mit einer Auswahl von oft verwendeten Bauweisen in Österreich und deren Ökologie. Da durch die Herstellung sowie Deponierung von Baustoffen oft große Mengen an Treibhausgasemissionen freigesetzt werden, beeinflusst das Bauwesen den Klimawandel sehr stark. Daher ist es interessant, auf welche Baustoffe man bei zukünftigen Neubauten weitestgehend verzichten sollte und welche Baumaterialien die besten ökologischen Werte haben und somit bevorzugt werden sollten, um den CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Bausektor minimal zu halten. Die Forschungsfrage lautet somit, welche Bauweise am ökologischsten für den Wohnungsbau in Wien ist.

In der Arbeit werden die einzelnen Bauweisen aufgezählt und detailliert erläutert sowie deren Vor- und Nachteile angeführt. Im Vordergrund steht die Anwendung der einzelnen Materialien auf einen Musterwohnbau in Wien. Für alle Bauweisen werden entsprechende Aufbauten für die konstruktiven Bauteile festgelegt. Danach erfolgen eine Berechnung und Gegenüberstellung der ökologischen Kennzahlen der zu untersuchenden Bauweisen anhand der zuvor gewählten Aufbauten.

Im letzten Kapitel wird die Forschungsfrage beantwortet, welche Bauweise über den Lebenszyklus eines Gebäudes hinweg ökologisch am besten für den Wiener Wohnbau der Gegenwart und Zukunft geeignet ist.

## **Abstract**

This paper engages with a selection of commonly used construction methods in Austria and their ecology. Because of the vast amount of greenhouse gases emitted by production and landfilling, the building industry has a very strong impact on climate change. Therefore, it is interesting to know which construction materials should be avoided as far as possible in new buildings and which building materials have the best ecological data and hence should be preferentially used to minimize the CO<sub>2</sub> emissions caused by the building sector. Therefore, the research question is, which construction method for the residential building sector in Vienna is the most ecological.

In this paper every single construction method will be listed in detail as well as their advantages and disadvantages. The usage of individual materials in an example building in Vienna will be in the forefront. For all different building methods there will be suitable superstructure for the constructional components. Afterwards the calculation and comparison of the ecological characteristics from the analysed construction methods based on the previously chosen substructures takes place.

In the last chapter the research question will be answered as for which construction method is the most suitable ecologically over a lifecycle of a building for the present and future residential building sector in Vienna.

## Abkürzungsverzeichnis

AP	Versauerungspotential (acidification potential)
Fa.	Firma
gha	Global Hektar
GWP	Treibhauspotential (global warming potential)
PE	Primärenergie
PEI	Primärenergiegehalt
PENR	nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf (primary energy non-renewable)
PENRT	nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf, total

## Schlüsselbegriffe

Bauökologie	building ecology
Bauweise	method of construction
Nachhaltigkeit	sustainability



# Inhaltsverzeichnis

<b>GENDERERKLÄRUNG</b> .....	<b>IV</b>
<b>KURZFASSUNG</b> .....	<b>V</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>VI</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</b> .....	<b>VII</b>
<b>SCHLÜSSELBEGRIFFE</b> .....	<b>VIII</b>
<b>INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	<b>IX</b>
<b>1. EINLEITUNG</b> .....	<b>1</b>
1.1. Ziele der Arbeit.....	1
1.2. Methode und Vorgehensweise .....	1
<b>2. GESCHICHTE DES WIENER WOHNBAUS</b> .....	<b>2</b>
2.1. Kelten.....	2
2.2. Römer .....	2
2.3. Mittelalter.....	3
2.4. Neuzeit.....	3
2.5. Langes 19. Jahrhundert .....	4
2.6. Zwischenkriegszeit.....	4
2.7. Nachkriegszeit .....	5
2.8. Gegenwart .....	5
<b>3. ÜBERBLICK ÜBER DIE BAUWEISEN</b> .....	<b>6</b>
<b>3.1. Betonbauweise</b> .....	<b>6</b>
3.1.1. Unterteilung.....	6
3.1.2. Stahlbetonbau.....	6
<b>3.2. Ziegelbauweise</b> .....	<b>10</b>
3.2.1. Porenbetonmauerwerk.....	11
3.2.2. Ziegelmauerwerk .....	13
<b>3.3. Lehmbauweise</b> .....	<b>17</b>
3.3.1. Allgemeines zum Baustoff Lehm.....	17
3.3.2. Lehmziegelbau.....	18
3.3.3. Stampflehmbau.....	19
<b>3.4. Holzbauweise</b> .....	<b>20</b>
3.4.1. Allgemeines zum Baustoff Holz .....	21
3.4.2. Holzleichtbau .....	22
3.4.3. Holzmassivbau.....	23

<b>3.5. Überblick der Eigenschaften .....</b>	<b>24</b>
<b>4. GRUNDLAGEN DER ÖKOLOGIE .....</b>	<b>25</b>
<b>4.1. Begriffsdefinitionen .....</b>	<b>25</b>
4.1.1. Ökologie .....	25
4.1.2. Bauökologie .....	25
4.1.3. Nachhaltigkeit.....	25
4.1.4. Umweltverträglichkeit .....	26
4.1.5. Energieeffizienz.....	26
4.1.6. Treibhauspotenzial GWP .....	27
4.1.7. Versauerungspotenzial AP .....	27
4.1.8. Primärenergie PE.....	28
<b>4.2. Ökologischer Fußabdruck .....</b>	<b>28</b>
<b>4.3. Globale Erwärmung .....</b>	<b>29</b>
<b>4.4. OI3-Indikator.....</b>	<b>30</b>
<b>5. BERECHNUNGEN .....</b>	<b>32</b>
<b>5.1. Musterwohnbau .....</b>	<b>32</b>
5.1.1. Beschreibung .....	32
5.1.2. Gebäudedaten .....	32
<b>5.2. Bauteile.....</b>	<b>32</b>
5.2.1. Allgemeines zur Berechnung .....	32
5.2.2. Fenster und Türen.....	33
<b>5.3. Stahlbetonbau .....</b>	<b>34</b>
5.3.1. Aufbauten.....	34
5.3.2. Berechnungen.....	36
<b>5.4. Porenbetonmauerwerk .....</b>	<b>37</b>
5.4.1. Aufbauten.....	37
5.4.2. Berechnungen.....	39
<b>5.5. Ziegelmauerwerk.....</b>	<b>40</b>
5.5.1. Aufbauten.....	40
5.5.2. Berechnungen.....	42
<b>5.6. Lehmziegelbau .....</b>	<b>44</b>
5.6.1. Aufbauten.....	44
5.6.2. Berechnungen.....	46
<b>5.7. Stampflehmbau .....</b>	<b>47</b>
5.7.1. Aufbauten.....	47
5.7.2. Berechnungen.....	50
<b>5.8. Holzleichtbau.....</b>	<b>51</b>
5.8.1. Aufbauten.....	51
5.8.2. Berechnungen.....	54

<b>5.9. Holzmassivbau.....</b>	<b>55</b>
5.9.1. Aufbauten .....	55
5.9.2. Berechnungen.....	58
<b>6. ERGEBNISSE &amp; ANALYSE .....</b>	<b>60</b>
<b>6.1. Ergebnisse .....</b>	<b>60</b>
<b>6.2. Vergleich und Analyse .....</b>	<b>60</b>
6.2.1. OI3-Index .....	61
6.2.2. GWP .....	62
6.2.3. AP .....	63
6.2.4. PENRT.....	63
6.2.5. U-Wert .....	64
<b>7. FAZIT UND AUSBLICK .....</b>	<b>65</b>
<b>QUELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>67</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>71</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>72</b>
<b>ANHANG .....</b>	<b>74</b>



# **1. EINLEITUNG**

## **1.1. Ziele der Arbeit**

Das Ziel der Arbeit ist es, einen Überblick über den Einsatz von verschiedenen Bauweisen und deren ökologischen Einwirkungen zu schaffen, um die Einflussfaktoren für nachhaltiges Wohnen der Gegenwart und Zukunft näher zu beleuchten. Dabei werden unterschiedlichste Bauweisen wie die Ziegelbauweise, Holzbauweise, Betonbauweise und Lehmbauweise untersucht, berechnet und verglichen.

Die Ergebnisse sollen schließlich helfen, diese Frage zu beantworten: Welche Bauweise erzielt die besten ökologischen Auswirkungen und ist somit am besten für den nachhaltigen Wohnungsbau in Wien geeignet?

## **1.2. Methode und Vorgehensweise**

Um die Forschungsfrage beantworten zu können, werden Informationen aus der Recherche von Literatur, Gesetzen und verschiedenen Internetseiten sowie eigene Berechnungen herangezogen. Die Bachelorarbeit ist in sieben Kapitel untergliedert. Zuerst wird die Geschichte des Wiener Wohnbaus erläutert, danach wird ein Überblick über die zu untersuchenden Bauweisen gegeben sowie grundlegende themenbezogene Begriffe erläutert. Im vierten und fünften Kapitel werden die genannten Bauweisen näher begutachtet und berechnet, anschließend werden die Ergebnisse dargestellt. Für die Berechnung werden alle Bauteile eines Musterwohngebäudes eingegeben und die Aufbauten, Türen und Fenster für alle Bauweisen festgelegt. Im sechsten Kapitel folgen eine Analyse und ein Vergleich der Erkenntnisse, die ein abschließendes Fazit sowie eine Antwort auf die Forschungsfrage ermöglichen.

## 2. GESCHICHTE DES WIENER WOHNBAUS

Den Wohnbau in Wien mitsamt seiner (Kultur-) Geschichte gibt es schon seit 2 000 Jahren. Wien wurde in dieser Zeit fast durchgehend bewohnt, durch verschiedene Entwicklungen und Veränderungen entstanden verschiedenste Arten der städtischen Entwicklung.<sup>1</sup>

### 2.1. Kelten

Bereits die Kelten besiedelten das heutige Wien, sie bauten entlang der Donau sogenannte Höhenfestungen, diese sind befestigte Bauten, welche als politisches Zentrum zu sehen waren. Die Donau galt als wichtigster Handlungsweg zwischen Mitteleuropa und Griechenland, generell wurden flussnahe Bereiche zuerst besiedelt.<sup>2</sup>

Gebaut wurde in Holzständerbauweise, die Wände wurden aus Fichtenholzbohlen zwischen den Riegeln gebildet. Die Dachkonstruktion wurde als Pfettendach ausgeführt, so konnte der Dachraum gut genutzt werden. Gedeckt wurden die Gebäude mit Lärchenschindeln. Für Befestigungen aller Art wurden gespaltene Eichenholznägel verwendet. Auch verbreitet für keltische Wohnhäuser war der Holzblockbau sowie Mischformen der beiden Holzbauweisen.<sup>3</sup>

### 2.2. Römer

Vindobona war in Römerzeiten ein Militärlager, welches eigentlich als Burg gesehen wurde. Durch die umliegenden Flüsse (Donau, Ottakringer Bach, Wienfluss) war die Stadt geschützt. Zu dieser Zeit lebten in diesem Lager auf einer Fläche von 22,5 ha ca. 6 000 Personen. Im Süden hatte sich eine Vorstadt entwickelt, in der die Familien der Legionäre wohnten. Da die Bewohner aus allen Bereichen des

---

<sup>1</sup> Förster, Wolfgang: 2000 Jahre Wohnen in Wien. 1. Auflage. Berlin: JOVIS Verlag 2020. Seite 8.

<sup>2</sup> Kelten. In: <https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/Kelten> (letzter Zugriff: 25.05.2023)

<sup>3</sup> Die keltischen Hausmodelle. In: <http://www.celtovation.at/index.php/archaeologiepark/45-die-rekonstruierten-gebaeude> (letzter Zugriff: 25.05.2023)

Römischen Reiches stammten, war diese Vorstadt mit ihren 8 000 -12 000 Bürgern multikulturell.<sup>4</sup>

Die Bauweise im Bereich der heutigen Wiener Innenstadt war geprägt durch massive gestempelte Ziegel, welche auch in einer Ziegelbrennerei im Wiener Stadtgebiet gebrannt wurden. Da die Lagermauer so stabil war, bestand sie auch nach dem Ende der Römerzeit weiter und wurde für den Mauerring in der Mittelalterzeit verwendet.<sup>5</sup>

### **2.3. Mittelalter**

Im 9. Jahrhundert wurde das ehemalige Römerlager wieder besiedelt. Ab 1137/1138 gilt Wien als eine voll ausgebildete Stadt. Die Stadt wurde schrittweise erweitert, die Einwohnerzahl zum Ende des Mittelalters lag zwischen 20 000 und 50 000 Menschen. Wichtig in der Architektur der Zeit war Religiosität und Frömmigkeit. Die Besiedlung im Raum des ehemaligen Lagers verdichtete sich, die Stadt war für die Finanzierung der Kirchenbauten sowie großer öffentlicher Bauten zuständig. Die ehemalige Ringmauer wurde stets restauriert, zusätzlich wurden Vorstadtbefestigungen zum Schutz der vor der Stadtmauer gelegenen Bauten gebaut. Der Großteil der Gebäude in Wien bestand aber aus Wohnhäusern, die Bewohner besaßen die Häuser jedoch nicht selbst. Die Größen dieser Gebäude waren sehr unterschiedlich.<sup>6</sup>

### **2.4. Neuzeit**

Ab 1683 (Zweite Osmanische Belagerung) entstand in Wien ein Bauboom, es wurden viele Palais Anlagen in den Vorstädten errichtet. Es gab aber auch viele bürgerliche Bauvorhaben in den Vorstädten, die Bebauung verdichtete sich immer mehr. Wichtig war die Fertigstellung der Kanalisation sowie die Errichtungen zahlreicher Trinkwasserversorgungsbauten. Viele Bauten wurden jedoch immer wieder durch (Flächen-)-Brände oder Hochwässer der Donau zerstört.<sup>7</sup>

---

<sup>4</sup> Förster, Wolfgang: 2000 Jahre Wohnen in Wien. 1. Auflage. Berlin: JOVIS Verlag 2020. Seite 20.

<sup>5</sup> Vindobona. In: <https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/Vindobona> (letzter Zugriff: 25.05.2023)

<sup>6</sup> Mittelalter. In: <https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/Mittelalter> (letzter Zugriff: 25.05.2023)

<sup>7</sup> Frühe Neuzeit. In: [https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/Fr%C3%BChe\\_Neuzeit](https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/Fr%C3%BChe_Neuzeit) (letzter Zugriff: 25.05.2023)

## **2.5. Langes 19. Jahrhundert**

In dieser Zeit wuchs Wien enorm, die Bevölkerung stieg um 1 800 auf ca. 230 000 Einwohner in Wien samt Vorstädten. 1910 wohnten über 2 Millionen Menschen in Wien, dies ist auf die hohe Zuwanderung zurückzuführen. Im 19. Jahrhundert dehnte sich Wien auf seine heutigen Stadtgrenzen aus. Zur Mitte des 19. Jahrhunderts gab es im Stadtbereich noch viele landwirtschaftlich genutzte Flächen, aber auch viele Fabriken, freie Flächen wurden schnell verbaut. Der Wohnraum wurde im Verlauf des Jahrhunderts knapp. In der inneren Stadt lebten hauptsächlich wohlhabende Großhändler in Zinshäusern mit großen Wohnungen. Ab 1860 wurde die Stadt sehr durch die Ringstraßenbauten geprägt. Der Mittelstand wohnte in den Vorstädten, viele konnten sich keine eigenen Mietwohnungen leisten. Es entstand das Bettgeherum. Viele Lehrlinge oder Dienstboten schliefen nachts in tagsüber gewerblich genutzten Räumen. Es wurden erstmals Bauordnungen geschaffen, welche festlegten, mit welchen Materialien wo gebaut werden durfte. Da im 19. Jahrhundert sehr viel gebaut wurde, veränderte sich das Stadtbild dauernd.<sup>8</sup>

## **2.6. Zwischenkriegszeit**

In den 1920er Jahren entstand ein in Europa einzigartiges Modell des geförderten Wohnbaus. Nach dem Ende der Monarchie litt die Bevölkerung unter Hunger und Wohnungsnot, um dies zu verbessern entstand das „Rote Wien“. Zunächst wurde die Steuerlast auf die besitzenden Schichten erhöht, damit konnte der kommunale Wohnbau finanziert werden. Geplant waren lichtdurchflutete Wohnungen mit Wasser, Toiletten, Gasherd sowie vielen Erholungsräumen. Zuerst war das Gartenstadtmodell im Vordergrund, jedoch spezialisierte man sich zunächst auf lückenlose Verbauung mit „Superblocks“, welche bis zu 1 500 Wohneinheiten zählten. Die Bauten zeichneten sich normalerweise durch 50% Bebauung aus, die restliche Fläche diente als Freifläche, meist in Hofform. Es gab drei Kategorien, in welchen die Wohnungen gebaut wurden. Erschlossen wurden die Wohnungen durch mehrere Stiegen, dies sparte lange Verbindungsgänge. Durch die

---

<sup>8</sup> Langes 19. Jahrhundert. In: [https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/Langes\\_19.\\_Jahrhundert](https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/Langes_19._Jahrhundert) (letzter Zugriff: 25.05.2023)



Realisierungen dieser Projekte entstand nicht nur viel dringend benötigter Wohnbau, sondern man versuchte auch den Architekturansprüchen der Zeit gerecht zu werden.<sup>9</sup>

## 2.7. Nachkriegszeit

Nach dem Krieg stand der Wiederaufbau im Vordergrund, es folgte die Gründung der Wiener Stadtwerke. Planer nutzten den Wiederaufbau als Chance, die Stadt einheitlich, aber auch modern zu gestalten. Man wollte eine Trennung von Wohnen, Arbeiten und Freizeit erreichen, so entstanden die großen Stadtrandsiedlungen. Meist wurden sehr hohe Gebäude errichtet, da ein Bauplatzmangel herrschte. Ab den 1960er Jahren wurden Gemeindebauten hauptsächlich in Fertigteilbauweise errichtet, die Fassaden, Fenster und Dächer blieben schmucklos und einheitlich.<sup>10</sup>

## 2.8. Gegenwart

Anfang der 2000er Jahre stellte die Stadt Wien den Bau der Gemeindebauten für ca. 15 Jahre ein. Zwischen 1994 und 2005 wurden viele Wohnungen saniert. Mittlerweile leben etwa 60 Prozent der Menschen in Wien in geförderten Wohnbauten. Durch die höheren Bau- und Grundstückskosten sind jedoch auch die Mietpreise deutlich angestiegen. Durch die rund 220 000 Gemeindewohnungen in Wien gilt die Stadt als größte Hausverwaltung Europas.<sup>11</sup>

---

<sup>9</sup> Zwischenkriegszeit. In: <https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/Zwischenkriegszeit> (letzter Zugriff: 26.05.2023)

<sup>10</sup> 1945 bis heute. In: [https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/1945\\_bis\\_heute#Stadtverwaltung\\_und\\_-planung](https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/1945_bis_heute#Stadtverwaltung_und_-planung) (letzter Zugriff: 26.05.2023)

<sup>11</sup> Kommunalen Wohnbau. In: <https://dasrotewien.at/seite/kommunal-wohnbau#:~:text=Heute%20lebt%20etwa%20jeder%20vierte,etwa%2010.000%20Gemeindewohnungen%20neu%20vergeben.> (letzter Zugriff: 26.05.2023)

## **3. ÜBERBLICK ÜBER DIE BAUWEISEN**

Es gibt viele unterschiedliche Bauweisen, welche sich in Bezug auf Materialien, Konstruktion und Energieeffizienz unterscheiden. Jede Bauweise besitzt besondere Eigenschaften sowie ihre eigenen Vor- und Nachteile, die abhängig sind von den spezifischen Anforderungen des Bauprojekts. Im Folgenden werden die verschiedenen Baumaterialien näher betrachtet.

### **3.1. Betonbauweise**

#### **3.1.1. Unterteilung**

- **Betonfertigteilbau:** Bei dieser Bauart werden Betonteile im Werk vorgefertigt und auf der Baustelle zusammengebaut, dies spart bei der Arbeit vor Ort Zeit.
- **Monolithischer Betonbau:** Diese Bauweise zeichnet sich dadurch aus, dass der Beton in einem Stück gegossen wird, ohne dass dabei zusätzliche Bauteile und Baustoffe verwendet werden müssen. Somit entstehen einschalige Konstruktionen.
- **Spannbetonbau:** Hier sind vorgespannte Stahlseile im Beton integriert, um Spannungen aufzunehmen und die Stabilität und die Aufnahmefähigkeit von Kräften zu verbessern.
- **Stahlbetonbau:** Bei dieser Bauart wird Stahl mit Beton verbunden, dies verbessert die Stabilität und Aufnahmefähigkeit.

#### **3.1.2. Stahlbetonbau**

##### **3.1.2.1 Herstellung**

Für die Herstellung von Beton werden Wasser sowie ein Zuschlagsstoff (Gesteinskörnung) und ein hydraulisches Bindemittel (Zement) vermengt. Bei Bedarf können auch weitere Zusatzmittel, Zusatzstoffe oder künstliche Luftporen beigemischt werden. Der Verbundwerkstoff Stahlbeton entsteht dann, wenn der frische Beton mit Stahleinlagen (Bewehrung) versehen wird.

### 3.1.2.2 Eigenschaften

#### 1. Rohdichte

Anhand der Dichte des frischen Betons kann auf die zu erwartende Betonfestigkeit geschlossen werden. (vgl. Seite 31)

Die Einteilung des Betons erfolgt in Klassen:

- Schwerbeton:  $\rho > 2600 \text{ kg/m}^3$
- Normalbeton:  $2000 < \rho \leq 2600 \text{ kg/m}^3$
- Leichtbeton:  $800 \leq \rho \leq 2000 \text{ kg/m}^3$
- Stahlbeton  $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$

#### 2. Luftporengehalt

Da bei einem zu hohen Luftporengehalt die Festigkeit des Betons sinkt, soll der Beton nach der Verdichtung einen Porengehalt von 1-4 Volumprozent aufweisen (Verdichtungs-poren). Der Anteil an Luftporen kann durch luftbildende Zusatzmittel gesteuert werden. Durch einen höheren Porenanteil ist der Beton widerstandsfähiger gegen Frost und Tausalz.

#### 3. Frischbetontemperaturen

Die Einbautemperatur soll im Betonbau zwischen +5 und +27 °C liegen. Bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt müssen für einen ordnungsgemäßen Einbau des Betons die Bestandteile erwärmt werden oder ein Zement mit einer höheren Mahlfineinheit verwendet werden. Weiters ist zu beachten, dass die Zutaten für den Beton nicht gefroren sind. Dies verhindert, dass der Frischbeton durchfriert. Ähnliches gilt bei Temperaturen über +27 °C: Eine Kühlung des frischen Betons durch zum Beispiel Stickstoff oder Scherbeneis ist anzuwenden. Als Faustregel für die Einbautemperatur gelten ca. +12 °C.

#### 4. Wasser-Bindemittel-Wert (W/B-Wert)

Hohe W/B-Werte haben für den Beton folgende Nachteile: Niedrige Festigkeit, Wasserdurchlässigkeit, Witterungsempfindlichkeit, größere Verdunstung, größeres Schwindmaß, Rissbildung und die Gefahr des Rostens der Bewehrung.

### 3. Überblick über die Bauweisen

$\frac{\text{Gewicht des Wassers}}{\text{Gewicht des Bindemittels}} = \frac{W}{B} = \omega = \text{Wasserbindemittelwert}$					
W/B-Wert	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
Druckfestigkeit in %	100	83	64	48	37

Tab. 1: Abfall der Betondruckfestigkeit mit steigendem W/B-Wert

(Quelle: Potucek, Walter/ Kidéry, Gerhard/ Fritze, Richard: Stahlbetonbau – Teil 1: Grundlagen und Beispiele. 14. Auflage. Wien: Verlag Manz 2016. Seite 43.)

### 5. Erhärtungsverlauf

Die Betonfestigkeit nimmt nach dem Einbau immer weiter zu, er erhärtet über seine ganze Lebensdauer hinweg weiter. Somit ist die Erhärtung eine zeitabhängige Betoneigenschaft. Abhängig ist diese von der Zementfestigkeitsklasse sowie Betonzusatzmitteln. Nach 28 Tagen hat der Beton ca. 60-90 % seiner Endfestigkeit erreicht, daher wird dieser Wert für Berechnungen herangezogen.

Der Erhärtungsverlauf des Betons muss beachtet werden:

- beim Betonieren bei kälteren Temperaturen
- bei der Definition der Ausschulfristen
- bei der Definition des Zeitpunktes der Vorspannung
- bei der Rückrechnung der an einem älteren Beton durch Prüfung festgestellten Festigkeit auf die 28 Tage Festigkeit.

### 6. Kriechen

Wenn der junge Beton durch große Druckspannungen beansprucht wird, kommt es neben elastischen Verformungen auch zu plastischen Verformungen, die mit der Zeit zunehmen. Dies wird als Kriechen bezeichnet. Dieser Vorgang dauert ca. 2-3 Jahre und ist abhängig von der relativen Luftfeuchtigkeit, den Bauteilabmessungen und den Betonbestandteilen. Je größer die Luftfeuchtigkeit, umso geringer der Kriechvorgang. Je älter der Beton zu Beginn der Beanspruchung, umso geringer der Kriechvorgang.

### 7. Schwinden

Schwinden ist die zeitabhängige Verkürzung des Betons ohne Belastung durch Austrocknung. Schwinden ist abhängig von der Nachbehandlung. Bei schnellem

Austrocknen ist das Schwindmaß größer, als wenn der Beton mit hoher Feuchtigkeit erhärten kann.

### 3.1.2.3 Vorteile

Die Kombination aus Stahl und Beton hat viele Vorteile.

- hohe Druckfestigkeit (Beton)
- gute Zugfestigkeit (Stahl)
- keine temperaturbedingten Schwankungen im Baustoff (gleiche Ausdehnung von Stahl und Beton bei Wärme)
- Schutz des Stahls vor Korrosion durch die Betonschicht
- guter Schallschutz
- guter Brandschutz
- guter Feuchteschutz
- hohe Speichermasse
- beliebig formbar
- Recyclingmaterial im Straßenbau

### 3.1.2.4 Nachteile

Die Kombination aus Stahl und Beton bringt auch einige Nachteile.

- schlechte Wärmedämmung
- Alterungsprozess
- hoher Energieaufwand bei der Herstellung (vor allem bei Zement)
- „Verbundbaustoff“

### 3.1.2.5 Kennzahlen

Dichte $\rho$	Primärenergiegehalt nicht erneuerbar PEI		Wärmeleitfähigkeit $\lambda$	Diffusionswiderstandszahl $\mu$
[kg/m <sup>3</sup> ]	[MJ/m <sup>3</sup> ]	[kWh/m <sup>3</sup> ]	[W/(mK)]	[-]
2500	5173	14327	2,5	80/130

Tab. 2: Kenndaten von Stahlbeton

(Quelle: Schneider, Patricia/ Pfoh, Sandro/ Grimm, Franziska: Projektplattform Energie, Leitfaden 01, ökologische Kenndaten Baustoffe und Bauteile. München: 2015. Seite 14. In: <https://docplayer.org/35857173-Leitfaden-01-oekologische-kenndaten-baustoffe-und-bauteile.html> (letzter Zugriff: 30.04.2023))

### 3. Überblick über die Bauweisen

#### 3.1.2.6 Verwendung

Der Einsatz von Stahlbeton ist sehr vielfältig:

- Brücken- und Tunnelbau
- Fundamente
- Wände und Stützwände
- Decken
- Stützen
- Ringanker
- Skelettbau-Tragkonstruktionen

#### 3.1.2.7 Nachhaltigkeit

Als nachhaltig kann bei Stahlbeton die Dauerhaftigkeit sowie der gute Brandwiderstand angesehen werden. Es kann gesagt werden, dass mit einer richtigen Planung sowie guten Überlegungen der Baustoff Stahlbeton auch als nachhaltig angesehen werden kann.

## 3.2. Ziegelbauweise

Die Unterteilung erfolgt in:

- Kalksandsteinmauerwerk: Kalksandsteine sind Mauersteine, welche aus Sand, Branntkalk und Wasser erzeugt werden. Sie sind ein vielseitiger Baustoff aus natürlichen Rohstoffen, jedoch mit schlechten Wärmedämmeigenschaften.
- Natursteinmauerwerk: Besteht aus ausschließlich in der Natur vorkommenden Gesteinen, welche eine gute Druckfestigkeit und hohe Witterungsbeständigkeit aufweisen.
- Porenbetonmauerwerk: Porenbetonsteine sind künstlich erzeugte Ziegel. Durch die Poren, die während der Herstellung entstehen, erhöht sich die Dämmeigenschaft des Baustoffes um ein Vielfaches.

- Ziegelmauerwerk: Ziegelsteine/Mauerziegel sind die ältesten und bekanntesten künstlichen Mauersteine. Es gibt mittlerweile eine große Auswahl an verschiedenen Ziegeln.

### 3.2.1. Porenbetonmauerwerk

#### 3.2.1.1 Herstellung

Porenbetonsteine werden aus Wasser, Quarzsand, Kalk, Zement, und Aluminiumpulver erzeugt. Dabei bewirkt das Aluminium die Entstehung von vielen Poren. Durch den unterschiedlichen Porenanteil werden verschiedene Festigkeiten und Dämmeigenschaften erreicht. Auch bewehrte Porenbetonsteine sind produzierbar, dazu wird die erforderliche Bewehrung bereits während des Herstellungsprozesses in die Formen eingelegt. Nachdem die Grundmasse leicht erhärtet ist, werden die Steine in der gewünschten Größe und Form zugeschnitten. Danach werden sie bei 180°C und 10 bar Druck bis zur Endfestigkeit erhärtet.<sup>12</sup>



Abb. 1: Porenbetonstein, Fa. YTONG

(Quelle: <https://www.obl.at/porenbetonsteine/ytong-planstein-pp2-0-50-62-5-cm-x-25-cm-x-5-cm/p/9391848> (letzter Zugriff 30.04.2023))

#### 3.2.1.2 Bewehrung

Porenbetonsteine können auch mit Bewehrung versehen werden. Diese übernimmt wie beim Stahlbeton die Zugkräfte. Diese Bewehrung besteht aus punktgeschweißten und korrosionsgeschützten Betonstahlmatten. Bauteile mit

---

<sup>12</sup> Mezera, Karl/ Riccabona, Christof: Baukonstruktionslehre 1. 9. Auflage. Wien: Verlag Manz 2010. Seite 168.

### 3. Überblick über die Bauweisen

Bewehrung werden vor allem im Industriebau eingesetzt, wobei Deckenelemente auch im Wohnbau Anwendung finden.<sup>13</sup>

#### 3.2.1.3 Vorteile:

- natürliche Rohstoffe
- niedrige Transport- und Montagekosten
- energiearmer Herstellungsprozess
- gute Wärmedämmung
- guter Brandschutz
- leichte Verarbeitbarkeit
- lange Lebensdauer
- gut recyclingfähig bei geringem Mörtelanteil; Rückführung zum Porenbetonwerk möglich

#### 3.2.1.4 Nachteile:

- nicht frost- und witterungsbeständig
- geringer Schallschutz
- Feuchtigkeitsaufnahme

#### 3.2.1.5 Kennzahlen Porenbeton unbewehrt

Dichte $\rho$	Primärenergiegehalt nicht erneuerbar PEI		Wärmeleitfähigkeit $\lambda$	Diffusionswiderstandszahl $\mu$
[kg/m <sup>3</sup> ]	[MJ/m <sup>3</sup> ]	[kWh/m <sup>3</sup> ]	[W/(mK)]	[-]
380	1387	385	0,11	5/10

Tab. 3: Kennzahlen Porenbeton

(Quelle: Schneider, Patricia/ Pfoh, Sandro/ Grimm, Franziska: Projektplattform Energie, Leitfaden 01, ökologische Kenndaten Baustoffe und Bauteile. München: 2015. Seite 14. In: <https://docplayer.org/35857173-Leitfaden-01-oekologische-kenndaten-baustoffe-und-bauteile.html> (letzter Zugriff: 30.04.2023))

---

<sup>13</sup> Mezera, Karl/ Riccabona, Christof: Baukonstruktionslehre 1. 9. Auflage. Wien: Verlag Manz 2010. Seite 173.



### 3.2.1.6 Verwendung

- Tragende Wände, Zwischenwände
- Thermofuß
- Modulblock
- Systemwandelement
- Stürze
- Dachplatten
- Deckenelemente

### 3.2.1.7 Nachhaltigkeit

Als besonders nachhaltig können beim Porenbetonbau die Verwendung von natürlichen Rohstoffen, der geringe Transportweg, die gute Recyclingfähigkeit, die gute Wärmedämmfähigkeit sowie die Verbesserung des Raumklimas gesehen werden.<sup>14</sup>

## 3.2.2. Ziegelmauerwerk

### 3.2.2.1 Herstellung

Für die Ziegelherstellung werden Ton, Sand und Wasser benötigt. Durch die Zugabe von Eisenoxid erhält der Ziegel die typische rote Farbe. Jedoch können Ziegel auch einen gelben Farbton aufweisen, dieser ist aufgrund von Kalkbeimengungen möglich. Um beim Brennvorgang mehr Hohlräume zu erhalten, können Sägespäne oder Schaumstoffkugeln mitverarbeitet werden. Diese Zusätze verbrennen, somit ist die Masse geringer und dadurch weist der Ziegel eine verbesserte Wärmedämmfähigkeit auf. Die Wahl der richtigen Tonerden ist sehr entscheidend, da ein „fetter“ Ton höhere Festigkeiten ergibt, jedoch auch eine größere Schwindgefahr aufweist als ein „magerer“ Ton. Nach dem Mischvorgang

---

<sup>14</sup> Schneider, Patricia/ Pfoh, Sandro/ Grimm, Franziska: Projektplattform Energie, Leitfaden 01, ökologische Kenndaten Baustoffe und Bauteile. München: 2015. Seite 19. In: <https://docplayer.org/35857173-Leitfaden-01-oekologische-kenndaten-baustoffe-und-bauteile.html> (letzter Zugriff: 30.04.2023)

### 3. Überblick über die Bauweisen

wird der Ton homogenisiert. Wichtig ist, die Rohlinge größer als den fertigen Ziegel herzustellen, da beim Brennvorgang ein Teil der Größe schwindet. Die Rohlinge werden in der Strangpresse erzeugt und zum Trocknen gelagert. Durch die Abwärme des Brennvorgangs wird der Trocknungsprozess beschleunigt. Der Brennvorgang für Mauerziegel findet bei 900 - 1 100 °C statt. Bei 1 400 °C werden Klinker erzeugt, durch den Sintervorgang werden die Poren des Steines geschlossen, der dadurch kein Wasser aufnehmen kann und somit frostsicher ist.<sup>15</sup>

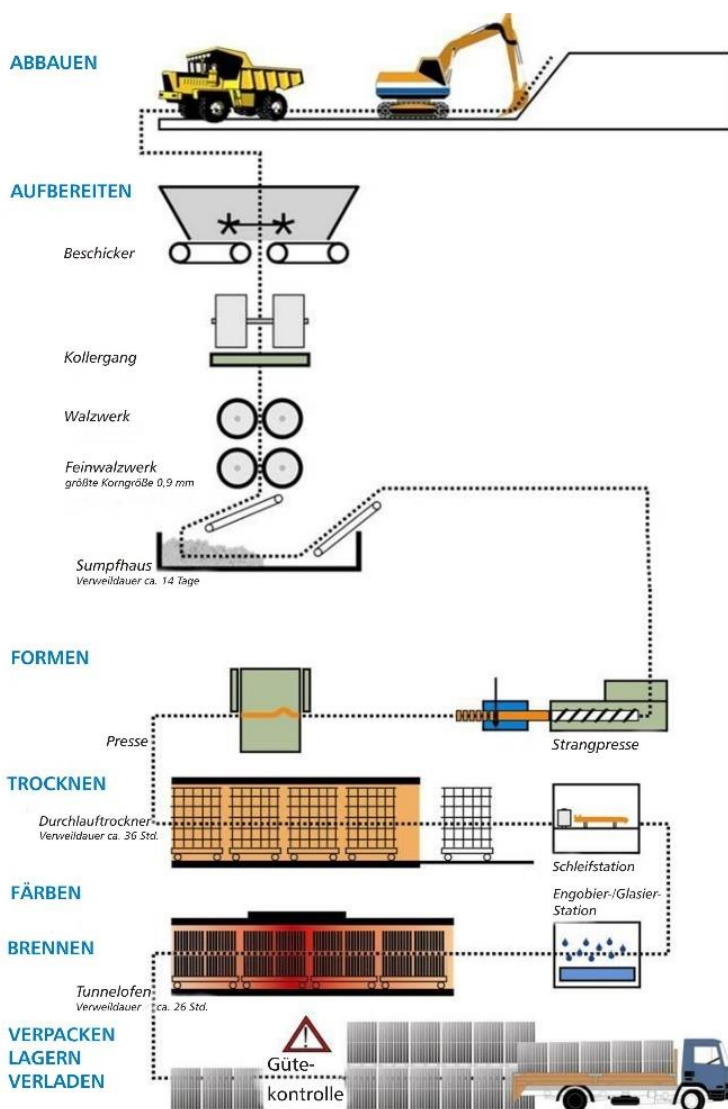


Abb. 2: Ziegelherstellung

(Quelle: <https://ziegelindustrie.ch/wissen/qualitaet> (letzter Zugriff 17.02.2023))

<sup>15</sup> Mezera, Karl/ Riccabona, Christof: Baukonstruktionslehre 1. 9. Auflage. Wien: Verlag Manz 2010. Seite 147.

### 3.2.2.2 Ziegelarten

- Vollziegel
  - Normalformatziegel
  - Klinker
- Lochziegel
  - Hochlochziegel (HLZ)
  - Langlochziegel (LLZ)
  - Wärmedämmziegel, Thermoziegel
  - Hohlziegel
  - Planziegel
  - Blockziegel
  - Füllziegel
  - Mauertafelziegel

Jede Ziegelart besitzt ihre eigenen besonderen Eigenschaften. Heute werden beim Neubau fast ausschließlich Lochziegel verwendet, Vollziegel wie Normalformatziegel werden nur für Ausbesserungsarbeiten und Sanierungen herangezogen.

### 3.2.2.3 Vorteile:

- Langlebigkeit und Robustheit
- Verwendung natürlicher Rohstoffe
- weite Verfügbarkeit, kurze Transportwege
- gute Formbarkeit vor dem Brennen
- hohe Druck- und Abriebfestigkeit
- gute Wärme- und Schalldämmung
- schaffen gesundes Raumklima
- feuchtigkeitsregulierende Eigenschaften
- guter Brandschutz

### 3. Überblick über die Bauweisen

#### 3.2.2.4 Nachteile:

- hoher Primärenergiebedarf
- bedingte Recyclingfähigkeit durch Mörtel- und Putzreste

#### 3.2.2.5 Kennzahlen Mauerziegel

Dichte $\rho$	Primärenergiegehalt nicht erneuerbar PEI		Wärmeleitfähigkeit $\lambda$	Diffusionswiderstandszahl $\mu$
[kg/m <sup>3</sup> ]	[MJ/m <sup>3</sup> ]	[kWh/m <sup>3</sup> ]	[W/(mK)]	[-]
740	1181	328	0,14	5/10

Tab. 4: Kennzahlen Mauerziegel

(Quelle: Schneider, Patricia/ Pfoh, Sandro/ Grimm, Franziska: Projektplattform Energie, Leitfaden 01, ökologische Kenndaten Baustoffe und Bauteile. München: 2015. Seite 14. In: <https://docplayer.org/35857173-Leitfaden-01-oekologische-kenndaten-baustoffe-und-bauteile.html> (letzter Zugriff: 30.04.2023))

#### 3.2.2.6 Verwendung

Mauerziegel werden, wie schon im Namen steckt, ausschließlich für den Wandbau verwendet. Dabei muss darauf geachtet werden, ob es sich um Außen- oder Innenwände handelt. Bei Außenwänden sind Ziegel mit geringer Masse zu verwenden, um eine hohe Wärmedämmfähigkeit zu erreichen. Bei Innenwänden sollte auf eine hohe Masse der Steine geachtet werden, um eine hohe Schalldämmfähigkeit zu erzielen.

#### 3.2.2.7 Nachhaltigkeit

Besonders nachhaltig sind bei der Verwendung von Ziegeln einerseits die Verwendung von natürlichen Rohstoffen, aber auch der großteils kurze Transportweg. Nachteilig für die Nachhaltigkeit der Mauerziegel sind der hohe Primärenergieinhalt sowie der hohe CO<sub>2</sub>-Ausstoß, welche von der Herstellung ausgehen.<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> Schneider, Patricia/ Pfoh, Sandro/ Grimm, Franziska: Projektplattform Energie, Leitfaden 01, ökologische Kenndaten Baustoffe und Bauteile. München: 2015. Seite 19. In: <https://docplayer.org/35857173-Leitfaden-01-oekologische-kenndaten-baustoffe-und-bauteile.html>, (letzter Zugriff: 30.04.2023)

### **3.3. Lehmbauweise**

Die Unterteilung erfolgt in:

- Lehmstrohbau: Hier werden die Baustoffe Lehm und Stroh kombiniert und zum Bau verwendet. Gemeinsam mit Holz entstehen Fachwerksbauten, bei denen der Lehm aber nur als ausfachendes Element dient.
- Lehmziegelbau: Es werden Ziegel aus Lehm als Baumaterial verwendet. Die Lehmziegel werden allerdings nicht gebrannt, sondern lediglich luftgetrocknet.
- Stampflehmbau: Hier wird der feuchte Lehm in eine Schalung eingebracht und verdichtet, dadurch können nicht nur Wände und Decken, sondern auch Fußböden erbaut werden.

#### **3.3.1. Allgemeines zum Baustoff Lehm**

3.3.1.1 Vorteile:

- sehr großes natürliches Vorkommen ohne großen Energieaufwand bei der Verarbeitung sowie geringe Transportwege
- wirkt feuchtigkeits- und temperaturregulierend
- kostengünstig
- brandbeständig, bindet Luftschadstoffe
- durch die Wasserlöslichkeit leicht auszubessern
- gute Schalldämmung

3.3.1.2 Nachteile:

- unterschiedliche Zusammensetzung
- geringe Festigkeiten
- lange Trocknungszeiten sowie arbeitsintensiver Einbau
- Instandhaltungsarbeiten
- empfindlich gegen Feuchtigkeit

### 3. Überblick über die Bauweisen

#### 3.3.1.3 Nachhaltigkeit

Die Lehmbauweise besitzt einige ökologischen Vorteile, wie die natürliche Feuchteregulierung und eine geringe Umweltbelastung durch den Einsatz lokaler Rohstoffe. Auch bei der Entsorgung gestalteten sich Baustoffe auf Lehmbasis als besonders ökologisch. Lehm gilt nicht als Bauabfall, da Bauabfall laut des Kreislauf- und Abfallgesetzes jene Stoffe beinhaltet, welche nicht mehr stofflich oder energetisch verwendet werden können. Dies entfällt bei Lehmstoffen, da diese recycelt werden können, sofern sie nicht mit schadstoffhaltigen Grundstoffen verbunden wurden.

### **3.3.2. Lehmziegelbau**

#### 3.3.2.1 Herstellung

Der Lehm wird mit Wasser sowie Zusatzstoffen und Zusatzmitteln so lange gemischt, bis aus dem Gemenge eine homogene, bildsame Masse mit gleichmäßiger Zusammensetzung entsteht. Für die Formgebung des Baulehms gibt es drei Möglichkeiten: formgeschlagen (wird in eine Schalung eingebracht und anschließend ohne Nachverdichtung abgestrichen), formgepresst (durch Pressen oder Stampfen in eine Form) oder stranggepresst (von einem Strang abgeschnitten). Je nach Verfahren unterscheiden sich die Eigenschaften des Endprodukts. Anschließend werden die Steine getrocknet. Auch hier gibt es zwei Methoden, und zwar die natürliche Lufttrocknung sowie die künstliche Trocknung. Da die natürliche Trocknung sehr zeitintensiv ist, wird in der Praxis die künstliche Trocknung bevorzugt. Jedoch fällt die Energiebilanz der Lehmsteine durch die künstliche Trocknungsmethode schlechter aus.<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup> Schröder, Horst: Lehm-Mit Lehm ökologisch planen und bauen. 3. Auflage. Weimar: Springer Verlag 2018. Seite 141, 167, 204f.

### 3.3.2.2 Kennzahlen Lehmstein

Dichte $\rho$	Primärenergiegehalt nicht erneuerbar PEI		Wärmeleitfähigkeit $\lambda$	Diffusionswiderstandszahl $\mu$
[kg/m <sup>3</sup> ]	[MJ/m <sup>3</sup> ]	[kWh/m <sup>3</sup> ]	[W/(mK)]	[-]
1200	1440	400	0,47	5/10

Tab. 5: Kennzahlen Lehmstein

(Quelle: Schneider, Patricia/ Pfoh, Sandro/ Grimm, Franziska: Projektplattform Energie, Leitfaden 01, ökologische Kenndaten Baustoffe und Bauteile. München: 2015. Seite 14. In: <https://docplayer.org/35857173-Leitfaden-01-oeologische-kenndaten-baustoffe-und-bauteile.html> (letzter Zugriff: 30.04.2023))

### 3.3.2.3 Verwendung

Lehmsteine sind in 4 Anwendungsklassen eingeteilt, welche den genauen Einsatzbereich in Abhängigkeit von der Art der Beanspruchung widerspiegeln. Grundsätzlich können Lehmsteine für verkleidete bzw. witterungsgeschützte Außenmauern, Innenmauern sowie für den Trockenbau (z.B. Deckenfüllungen) verwendet werden.<sup>18</sup>

## 3.3.3. Stampflehbau

### 3.3.3.1 Herstellung

Stampflehm ist ein formloses Gemenge aus Baulehm, Wasser und Zusatzstoffen oder Zusatzmitteln. Zusatzstoffe können zum Beispiel Grobsand, Kies, pflanzliche Stoffe wie Stroh oder thermisch expandierte leichte Zusatzstoffe sein. Die Korngrößen im Lehm sind bei der Herstellung von großer Bedeutung. Oft werden auch die Bindemittel Kalk oder Zement beigemischt. Dieses Gemisch wird dann in Zwangsmischern oder händisch gemischt, danach wird die steife bis halbfeste Masse auf der Baustelle verarbeitet. Wichtig dabei ist, dass der Stampflehm eine homogene Struktur sowie eine gleichmäßig aufgeteilte Feuchte besitzt, um Bauschäden zu vermeiden. Die Menge wird wie im Betonbau in ein Schalungssystem eingebracht und danach entsprechend verdichtet. Da der

---

<sup>18</sup> Schröder, Horst: Lehm-Mit Lehm ökologisch planen und bauen. 3. Auflage. Weimar: Springer Verlag 2018. Seite 205.

### 3. Überblick über die Bauweisen

Austrocknungsprozess von Faktoren wie Bauteildicke oder Wassergehalt abhängig ist, kann nur grob geschätzt werden, wann der Lehm seine Festigkeit erreicht hat.<sup>19</sup>

#### 3.3.3.2 Kennzahlen Stampflehmwand

Dichte $\rho$	Primärenergiegehalt nicht erneuerbar PEI		Wärmeleitfähigkeit $\lambda$	Diffusionswiderstandszahl $\mu$
[kg/m <sup>3</sup> ]	[MJ/m <sup>3</sup> ]	[kWh/m <sup>3</sup> ]	[W/(mK)]	[-]
2000	106	30	1,1	5/10

Tab. 6: Kennzahlen Stampflehmwand

(Quelle: Schneider, Patricia/ Pfoh, Sandro/ Grimm, Franziska: Projektplattform Energie, Leitfaden 01, ökologische Kenndaten Baustoffe und Bauteile. München: 2015. Seite 14. In: <https://docplayer.org/35857173-Leitfaden-01-oekologische-kenndaten-baustoffe-und-bauteile.html> (letzter Zugriff: 30.04.2023))

#### 3.3.3.3 Verwendung

Das Einsatzgebiet von Stampflehm ist vielfältig. Hauptsächlich wird der Lehm schalungsgebunden für tragende und nicht tragende Bauteile verwendet, er kann aber auch für die Herstellung von gestampften und gepressten Lehmsteinen verwendet werden. Auch für ganze Wandelemente, die im Werk vorgefertigt werden, sowie für Fußböden findet Stampflehm Verwendung.<sup>20</sup>

## 3.4. Holzbauweise

Die Unterteilung erfolgt in:

- Holzmassivbau: Es werden massive Holzbauteile, wie Bretter, Balken und Stämme als Baumaterialien verwendet.
  - Holzblockbau: Hier werden Holzblöcke als Baumaterial verwendet.
  - Brettstapelbau: Hier werden einzelne massive nebeneinanderliegende Holzquerschnitte über Dübel, Nägel oder Verklebung miteinander verbunden.

---

<sup>19</sup> Schröder, Horst: Lehm bau-Mit Lehm ökologisch planen und bauen. 3. Auflage. Weimar: Springer Verlag 2018. Seite 154f.

<sup>20</sup> Schröder, Horst: Lehm bau-Mit Lehm ökologisch planen und bauen. 3. Auflage. Weimar: Springer Verlag 2018. Seite 177f.



- Holzleichtbau: Es werden Fachwerkskonstruktionen oder leichte Holzbauteile wie Sperrholzplatten oder Holzfaserdämmplatten als Baumaterialien verwendet.
  - Holzfachwerksbau: Hier werden liegende, stehende und diagonale Bauhölzer zu einem Fachwerk zusammengebaut.
  - Holzrahmenbau: Hier werden Holzrahmen als Träger für die Konstruktion von Wänden und Decken verwendet.
  - Holzskelettbau: Hier werden liegende und stehende Bauhölzer zur tragenden Konstruktion zusammengebaut.

### **3.4.1. Allgemeines zum Baustoff Holz**

#### 3.4.1.1 Vorteile:

- nachwachsender Rohstoff
- CO<sub>2</sub> - bindend
- gute Wärmedämmung
- geringes Eigengewicht
- Behaglichkeit
- hohe Zug- und Druckfestigkeit
- kurze Bauzeiten
- lange Lebensdauer
- gute Demontierbarkeit und Recyclingfähigkeit
- gute Belastbarkeit (Vollquerschnitte)

#### 3.4.1.2 Nachteile:

- erhöhter Aufwand für Brandschutz
- erhöhter Aufwand für Schädlingsbekämpfung
- „arbeitet“
- erhöhter Aufwand für Schallschutz
- Behandlung im Außenbereich nötig (UV-Strahlung, Feuchtigkeit)

### 3. Überblick über die Bauweisen

#### 3.4.1.3 Nachhaltigkeit

Holzbauweisen sind bekannt für ihre ökologischen Vorteile, wie oben erläutert. Als besonders nachhaltig kann auch die Maßgenauigkeit im Holzbau gesehen werden. Durch die maßgenaue (Vor-)Fertigung ist eine schnellere Fertigstellung die Folge, wodurch die Bauwerke früher genutzt werden können. Der vermutlich größte Nachhaltigkeitsaspekt am Baustoff Holz ist dennoch die nachwachsende Eigenschaft.

#### 3.4.2. Holzleichtbau

##### 3.4.2.1 Herstellung

Die Holzrahmenbauweise zeichnet sich durch einen Rahmen aus Vollholz aus, der in ein Skelett aus Ständern und Rahmen, eingebaut wird. Die Konstruktion ist auf beiden Seiten mit Platten, welche aus Holz oder Gipsfasern bestehen, beplankt. Der entstandene Hohlraum wird mit Dämmung verfüllt.

Bei der Holzskelettbauweise sind die verwendeten Stützen geschossübergreifend und werden vor Ort montiert. Bei der Rahmenbauweise werden die Holzrahmen im Werk inklusive Fenster, Türen und Dämmung vorgefertigt. Der einzige Unterschied liegt prinzipiell nur im Grad der Vorfertigung.

##### 3.4.2.2 Kennzahlen Holzleichtbau

Baustoff	Dichte $\rho$	Primärenergiegehalt nicht erneuerbar PEI		Wärmeleitfähigkeit $\lambda$	Diffusionswiderstandszahl $\mu$
		[MJ/m <sup>3</sup> ]	[kWh/m <sup>3</sup> ]		
	[kg/m <sup>3</sup> ]	[MJ/m <sup>3</sup> ]	[kWh/m <sup>3</sup> ]	[W/(mK)]	[-]
Sperrholzplatte	490	3293	915	0,14	70/200
Holzwolledämmplatte	60	1922	534	0,04-0,055	3/5

Tab. 7: Kennzahlen Holzleichtbau

(Quelle: Schneider, Patricia/ Pfoh, Sandro/ Grimm, Franziska: Projektplattform Energie, Leitfaden 01, ökologische Kenndaten Baustoffe und Bauteile. München: 2015. Seite 15. In: <https://docplayer.org/35857173-Leitfaden-01-oekologische-kenndaten-baustoffe-und-bauteile.html> (letzter Zugriff: 30.04.2023))

### 3.4.3. Holzmassivbau

#### 3.4.3.1 Herstellung

- Holzblockbau: Hierbei ist der Holzquerschnitt zu beachten, er entscheidet über die genaue Bezeichnung. Blockhäuser werden aus Vollholzbohlen oder massiven Kanthölzern errichtet. Diese Hölzer weisen eine hohe Tragfähigkeit auf, wodurch große Spannweiten erzielt werden können.<sup>21</sup>
- Brettstapelbau: Brettstapelhölzer bestehen aus Lamellen, welche aus hochkant zusammengeleimten oder mechanisch verbundenen Brettern, Pfosten oder Kanthölzern bestehen. Die einzelnen Bereiche sind in der Länge mittels Keilzinkung verbunden. Die Lamellen können sägerau oder gehobelt sein und auch die Stärke kann unterschiedlich ausgeführt sein, jedoch nicht mehr als 60mm betragen.<sup>22</sup>

#### 3.4.3.2 Kennzahlen Holzmassivbau

Dichte $\rho$	Primärenergiegehalt nicht erneuerbar PEI		Wärmeleitfähigkeit $\lambda$	Diffusionswiderstandszahl $\mu$
[kg/m <sup>3</sup> ]	[MJ/m <sup>3</sup> ]	[kWh/m <sup>3</sup> ]	[W/(mK)]	[-]
529	4271	1186	0,13	50

Tab. 8: Kennzahlen Konstruktionsvollholz mit 15% Feuchte

(Quelle: Schneider, Patricia/ Pfoh, Sandro/ Grimm, Franziska: Projektplattform Energie, Leitfaden 01, ökologische Kenndaten Baustoffe und Bauteile. München: 2015. Seite 15. In: <https://docplayer.org/35857173-Leitfaden-01-oekologische-kenndaten-baustoffe-und-bauteile.html> (letzter Zugriff: 30.04.2023))

<sup>21</sup> <https://www.holzbauwelt.de/holzbauweisen/blockbohlenbauweise.html> (letzter Zugriff 25.02.2023)

<sup>22</sup> <https://www.holzbauwelt.de/holzbauweisen/massivholzbau.html> (letzter Zugriff: 25.02.2023)

### 3. Überblick über die Bauweisen

## 3.5. Überblick der Eigenschaften

Die Tabelle in Abbildung 3 zeigt einen detaillierten Überblick über die Vor- und Nachteile einer erweiterten Anzahl an Baustoffen.

	Ziegel	Porenbeton	Kalksandstein	Beton	Holz und Holzbaustoffe	Lehm	Glas	Metalle
Natürliche Rohstoffe	+	+	+	-	+	+	+	+
Primärenergieinhalt	-	-	-	-	+	+	-	-
Transportweg	+	+	+	+	+	+	-	-
CO <sub>2</sub> -Ausstoß	-	-	-	-	+	+	-	-
Recyclingfähigkeit	-	+	+	-	+	+	+	+
Druckfestigkeit/Tragfähigkeit	+	+	+	+	+	-	-	+
Verarbeitung	+	+	-	-	+	+	-	-
Raumklima	+	+	+	+	+	+	-	-
Wärmedämmung	+	+	-	-	+	+	-	-
Schallschutz	+	-	+	+	-	+	-	-
Brandschutz	+	+	+	+	-	+	+	-
Feuchteschutz	+	-	+	+	-	+	-	-

Abb. 3: Übersicht Eigenschaften unterschiedlicher Baustoffe

(Quelle: Schneider, Patricia/ Pfoh, Sandro/ Grimm, Franziska: Projektplattform Energie, Leitfaden 01, ökologische Kenndaten Baustoffe und Bauteile. München: 2015. Seite 19. In: <https://docplayer.org/35857173-Leitfaden-01-oekologische-kenndaten-baustoffe-und-bauteile.html> (letzter Zugriff: 30.04.2023))

## 4. GRUNDLAGEN DER ÖKOLOGIE

### 4.1. Begriffsdefinitionen

#### 4.1.1. Ökologie

Das von den beiden griechischen Worten oikos (Haus) und logos (Lehre) abgeleitete Wort Ökologie bezeichnet im ursprünglichen Sinn die Lehre vom Haushalt der belebten Natur. Unter Ökologie versteht man die Wissenschaft von den Wechselwirkungen der Organismen untereinander. Ökologie bezieht sich also hauptsächlich auf die Lebewesen und die Umwelt, in der sie leben.<sup>23</sup>

#### 4.1.2. Bauökologie

Der Begriff Bauökologie beschreibt alle ökologischen Maßnahmen, die ein Bauprojekt betreffen. Ziel ist es, dass die Baustoffe und Vorgänge einen möglichst schwachen Einfluss auf die Natur und Umwelt mit sich bringen. Es wird der ganze Lebenszyklus einer Ressource betrachtet, dabei hofft man auf eine möglichst lange Lebensdauer der einzelnen Konstruktionen sowie auf einen hohen Grad der Wiederverwertung von Materialien. Somit untersucht und beurteilt die Bauökologie die Wechselbeziehung zwischen Bauvorhaben und Umwelt.<sup>24</sup>

#### 4.1.3. Nachhaltigkeit

Nachhaltigkeit wird wie folgt definiert: *„Nachhaltige Entwicklung ist eine Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können.“*<sup>25</sup>

Unter ökologischer Nachhaltigkeit wird die Erhaltung der Ökosysteme, der Schutz von menschlicher Gesundheit und der Schutz von natürlich vorkommenden Ressourcen verstanden. Wie in Abbildung 4 dargestellt, besteht Nachhaltigkeit aus drei Säulen.

---

<sup>23</sup> Wittig, Rüdiger/ Streit, Bruno: Ökologie. 1. Ausgabe. Frankfurt a. M.: UTB GmbH 2004. Seite 10.

<sup>24</sup> <https://www.baunetzwissen.de/glossar/b/bauoekologie-1547119> (letzter Zugriff: 01.02.2023)  
& Mezera, Karl/ Riccabona, Christof: Baukonstruktion Band 5. Wien: Verlag Manz. Auflage 2018. Seite 172.

<sup>25</sup> Hauff, Volker: Unsere gemeinsame Zukunft – Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung. 1. Auflage. Greven: Eggenkamp Verlag 1987. Seite 46.

## 4. Grundlagen der Ökologie



Säulen der Nachhaltigkeit

Abb. 4: Säulen der Nachhaltigkeit

(Quelle: Mezera, Karl/ Riccabona, Christof: Baukonstruktion Band 5. Wien: Verlag Manz. Auflage 2018. Seite 172.)

### Nachhaltigkeit im Bauwesen

Im Bauwesen wird als nachhaltig die Erhaltung der Lebensqualität von gegenwärtigen sowie zukünftigen Generationen verstanden. Die drei Säulen der Nachhaltigkeit „Soziales“, „Ökologie“ und „Ökonomie“ bestimmen gemeinsam mit technischer Gebäudequalität und dem Standort die Lebensqualität.

Die Nachhaltigkeit von Baustoffen kann durch diverse Zertifizierungen erschlossen werden. Anhand der Gesamtheit der verwendeten Baustoffe und Materialien und deren Nachhaltigkeiten kann die Nachhaltigkeitszertifizierung von Gebäuden angegeben werden.<sup>26</sup>

#### **4.1.4. Umweltverträglichkeit**

Die Umweltverträglichkeit (auch Ökologieverträglichkeit) ist ein Maß für die direkten und indirekten Auswirkungen einer ursächlich durch den Menschen hervorgerufene Veränderung der Umweltbedingungen auf Böden, Gewässer, Luft, Klima, Menschen, Tiere und Pflanzen.<sup>27</sup>

#### **4.1.5. Energieeffizienz**

Durch die Energieeffizienz wird angegeben, wie groß der Energieaufwand für ein bestimmtes Projekt ist. Manchmal kann durch eine technische Maßnahme der Energieaufwand für das gleiche Ziel entscheidend gesenkt werden. Ein bekanntes Beispiel dafür ist der Einbau von Wärmedämmung. Erhöhung der Energieeffizienz

---

<sup>26</sup> <https://baulexikon.beuth.de/NACHHALTIGKEIT.HTM> (letzter Zugriff: 01.02.2023)

<sup>27</sup> <https://www.fremdwort.de/suchen/bedeutung/umweltvertr%C3%A4glichkeit> (letzter Zugriff: 01.02.2023)

kann auch durch die Nutzung von bisher ungenutzten Anteilen der Energieumwandlung erreicht werden.<sup>28</sup>

#### **4.1.6. Treibhauspotenzial GWP**

Das GWP (global warming potential) sagt aus, wie sehr ein bestimmter Vorgang oder ein bestimmtes Produkt zum Treibhauseffekt beiträgt. Darunter versteht man die über einen festgelegten Zeitraum hinweg betrachtete mittlere Erwärmung der Erdatmosphäre. Durch das Treibhauspotential wird angegeben, wie viel eine bestimmte Menge von einem Treibhausgas im Vergleich zur gleichen Menge CO<sub>2</sub> zur globalen Erwärmung beiträgt.

Damit Baustoffe verglichen werden können, wird für alle einheitlich der GWP<sub>100</sub> ermittelt, also der Treibhauseffekt über einen Zeitraum von 100 Jahren. Es werden Faktoren von der Herstellung über den Betrieb bis hin zum Abbruch beachtet. Je kleiner der GWP, desto niedriger ist der Beitrag zur globalen Erwärmung und somit auch die Einwirkung auf die Umwelt. Es gibt auch Baustoffe, die einen negativen GWP-Wert besitzen (z.B. Holz).<sup>29</sup>

Das GWP wird in zwei Komponenten zerlegt: in den GWPB und GWPF. Der GWPB (globales Erwärmungspotenzial biogen) berücksichtigt die während des Wachstums der Biomasse aus der Atmosphäre aufgenommene Menge CO<sub>2</sub> über die gesamte Lebensdauer des Baustoffs. Der GWPF (globales Erwärmungspotential fossil) berücksichtigt das GWP durch Treibhausgasemissionen und -bindung in allen Medien, die durch fossile Brennstoffe oder fossile Kohlenstoffe entstehen.<sup>30</sup>

#### **4.1.7. Versauerungspotenzial AP**

Das AP (acidification potential) wird in Schwefel-Dioxid-Äquivalenten (kg-SO<sub>2</sub>) gemessen und gibt die Auswirkung versauernder Emissionen an.

Für die Ermittlung des Versauerungspotentials werden die durchschnittlichen europäischen Säurebildungspotenziale benötigt. Das AP ist im Bauwesen

---

<sup>28</sup> <https://www.fremdwort.de/suchen/bedeutung/energieeffizienz> (letzter Zugriff: 01.02.2023)

<sup>29</sup> Mezera, Karl/ Riccabona, Christof: Baukonstruktion Band 5. Wien: Verlag Manz. Auflage 2018. Seite 172.

<sup>30</sup> [https://www.baubook.at/m/PHP/Fragezeichen.php?S\\_oekez\\_Typ=5&SW=2](https://www.baubook.at/m/PHP/Fragezeichen.php?S_oekez_Typ=5&SW=2) (letzter Zugriff: 13.04.2023)

besonders in der Baustoffherstellung zu beachten. Wenn beispielsweise für die Herstellung eines bestimmten Materials ein schwefelhaltiger Stoff verbrannt wird, gelangen Schadstoffe in die Luft. Diese reagieren dort mit Wasser zu Schwefelsäure. Wenn dieses Produkt als „saurer Regen“ auf die Erde kommt und in das Erdreich sowie die Gewässer gelangt, können Wurzelsysteme angegriffen und somit Wälder und Lebewesen vernichtet werden.<sup>31</sup>

##### **4.1.8. Primärenergie PE**

Mit dem Primärenergiegehalt, auch „PENR“ abgekürzt, wird die gesamte Energie verstanden, die zur Herstellung eines bestimmten Produkts benötigt wird, jedoch nur in Form von Rohenergie ohne Angaben zur technischen Umsetzung, Umwandlung oder dem Transport.

Der „PENRT“ gibt den Primärenergiegehalt aller nicht erneuerbaren Ressourcen (z.B. Erdöl oder Kohle) an. Dieser Wert wird in zwei Komponenten zerlegt: Der „PENRE“ enthält nur die energetisch genutzten Ressourcen, der „PENRM“ nur die stofflich genutzten Ressourcen.

Der „PERT“ gibt den Primärenergiegehalt aller erneuerbaren Ressourcen an. Dieser Wert wird in zwei Komponenten zerlegt: Der „PERE“ enthält nur die energetisch genutzten Ressourcen, der „PERM“ nur die stofflich genutzten Ressourcen.

Die Angabe des PE erfolgt in Megajoule. Die Angabe aller anderen Werte erfolgt in Megajoule pro Quadratmeter.<sup>32</sup>

## **4.2. Ökologischer Fußabdruck**

Der ökologische Fußabdruck zeigt den Flächenbedarf eines Menschen auf dem Planeten Erde, die Angabe erfolgt in Global Hektar (gha). Der Wert bezieht sich dabei auf einzelne Personen oder ein Land. Die Ressourcen des Planeten sind nicht unendlich vorhanden, somit hat die Erde ihre ökologischen Grenzen. Die natürlichen

---

<sup>31</sup> Mezera, Karl/ Riccabona, Christof: Baukonstruktion Band 5. Wien: Verlag Manz. Auflage 2018. Seite 172f.

<sup>32</sup> Mezera, Karl/ Riccabona, Christof: Baukonstruktion Band 5. Wien: Verlag Manz. Auflage 2018. Seite 173.



Rohstoffe (Biokapazität), die wir bei allen Tätigkeiten verbrauchen, erfordern Platz, um nachwachsen zu können. Weiters benötigt die Natur Ressourcen, um den Abfall der Menschen sowie entstandenes CO<sub>2</sub> abzubauen und binden zu können.

Teilt man die biologisch nutzbare Fläche der Erde (2010: 11,9 Milliarden Hektar) auf die Erdbevölkerung auf, würden jedem Menschen etwa 1,7 gha zur Verfügung stehen. Beim aktuellen Lebensstil benötigt jeder Österreicher im Durchschnitt 5,31 gha, um seine alltäglichen Bedürfnisse abzudecken.<sup>33</sup>

### 4.3. Globale Erwärmung

Dieser anthropogene Klimawandel lässt sich auf grundlegende Physik zurückführen: Energieerhaltung. Durch die erhöhten Treibhausgaskonzentrationen entsteht in der Atmosphäre ein Strahlungsungleichgewicht. Ein Teil der Strahlung, welche am Erdboden entsteht, gelangt in den Weltraum und am Rand der Atmosphäre wird ein Großteil davon wieder nach unten rückgestrahlt.

Dieses Strahlungsungleichgewicht erzeugt eine Energieaufnahme der Erde. Die zusätzliche Energie bewirkt zu über 90 % die Erwärmung des Ozeans, aber außerdem noch die Erwärmung der Atmosphäre, der Oberflächen und das Schmelzen von Eis auf den Gletschern.<sup>34</sup>

---

<sup>33</sup> Fußabdruck-Rechner für Österreich

In: [https://www.bmk.gv.at/themen/klima\\_umwelt/nachhaltigkeit/bildung/fussabdruck\\_rechner.html](https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/nachhaltigkeit/bildung/fussabdruck_rechner.html) (letzter Zugriff: 01.02.2023)

<sup>34</sup> Marotzke, Jochem: Klimamodelle und Globale Erwärmung - Zum fünften Bericht des Weltklimarats IPCC. In: Physik in unserer Zeit. Ausgabe 3/2014. Seite 118f.

In: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/piuz.201401363> (letzter Zugriff: 01.02.2023)

#### 4. Grundlagen der Ökologie

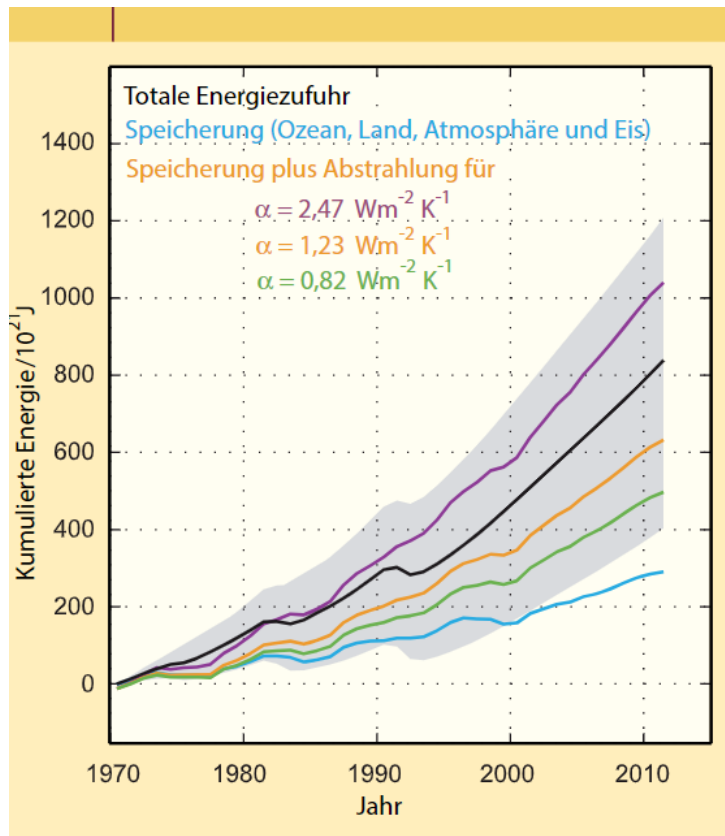


Abb. 5: Globale Energiebilanz seit 1970

(Quelle: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/piuz.201401363> (letzter Zugriff: 01.02.2023))

Der Rückkopplungsparameter alpha drückt aus, wie viele  $\text{Wm}^{-2}$  für jedes  $^{\circ}\text{C}$  oder  $\text{K}$  Erwärmung zusätzlich in den Weltraum zurückgestrahlt werden.

#### 4.4. OI3-Indikator

Der OI3-Indikator wird auch „Ökoindex“ genannt und gibt Auskunft über die ökologische Qualität von allen Baustoffen.

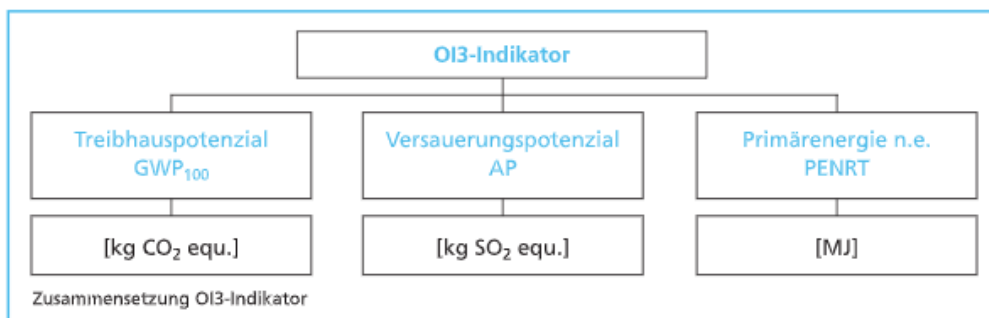


Abb. 6: Zusammensetzung OI3-Indikator

(Quelle: Mezera, Karl/ Riccabona, Christof: Baukonstruktion Band 5. Wien: Verlag Manz. Auflage 2018. Seite 173.)

Die Unterteilung erfolgt in 3 Arten:

- Ökoindikator  $OI3_{KON}$  eines Quadratmeters einer Konstruktion – Der  $OI3_{KON}$  ist auf 1 m<sup>2</sup> Fläche bezogen, er ist der Ausgangsindikator für die Gebäudebewertung.
- Ökoindikator  $\Delta OI3$  einer Baustoffschicht – Der  $\Delta OI3$  einer Baustoffschicht gibt an, wie sehr diese Schicht den  $OI3_{KON}$  erhöht, er wird für die Optimierung der Gesamtkonstruktion verwendet.
- Ökoindikator  $OI3_{SKON}$  eines Quadratmeters einer Konstruktion – Der  $OI3_{SKON}$  wird für Sanierungen benötigt.

Da sich ein Bauwerk aus vielen unterschiedlichen Materialien zusammensetzt, müssten eigentlich alle unterschiedlichen Konstruktionen miteingerechnet werden. Da der Rechenaufwand bei der Vielzahl an verschiedenen Konstruktionen sehr hoch wird, wurden Bemessungsrahmen zur Vereinfachung geregelt.<sup>35</sup>

---

<sup>35</sup> Mezera, Karl/ Riccabona, Christof: Baukonstruktion Band 5. Wien: Verlag Manz. Auflage 2018. Seite 173.

## 5. Berechnungen

### 5.1. Musterwohnbau

#### 5.1.1. Beschreibung

Als Grundlage für die Berechnungen wurde ein 4-geschoßiger Wohnbau erstellt. Die drei Obergeschoße sind ident, insgesamt umfasst der Wohnbau 22 Wohnungen, davon 8 als Einzimmerwohnungen und 14 Zweizimmerwohnungen. Er ist nicht unterkellert und verfügt über ein Flachdach mit 5° Neigung. Die vertikale Erschließung erfolgt über zwei Stieghäuser und jeweils einen Aufzug. Eine detaillierte Planung des Gebäudes ist im Anhang zu finden.

#### 5.1.2. Gebäudedaten

In Tabelle 9 erfolgt eine Auflistung der relevanten Gebäudedaten, welche dann auch für die Berechnungen heranzuziehen sind.

Gebäudehöhe GH	12,35 m
bebaute Fläche	496,95 m <sup>2</sup>
Bruttogeschoßfläche BGF	1987,80 m <sup>2</sup>
Außenoberfläche A	1623,06 m <sup>2</sup>
Volumen V	6137,33 m <sup>3</sup>
A/V-Verhältnis	0,264 1/m
charakteristische Länge l <sub>c</sub>	3,78 m

Tab. 9: Gebäudedaten Musterwohnbau

## 5.2. Bauteile

### 5.2.1. Allgemeines zur Berechnung

Zunächst werden die Bestandteile der Bilanzgrenze BG3 definiert, nämlich alle Bauteile der thermischen Gebäudehülle, Zwischendecken und Innenwände. Um die OI3-Punkte aller Konstruktionen zu ermitteln, wird der gewichtete Mittelwert gebildet. Weiterhin wird die Nutzungsdauer der tragenden Konstruktionen auf 100 Jahre und jene der Sekundärkonstruktionen auf 50 Jahre bemessen. Unter Sekundärkonstruktionen fallen alle Konstruktionsschichten, mit Ausnahme von

Fenstern, Abdichtungen und Putzen inklusive Untergründen, die eine Nutzungsdauer von 35 Jahren haben. Diese Ergebnisse beziehen sich auf die angegebenen Nutzungsdauern. Ab der BG3 werden nicht nur Ersterrichtungsmaßnahmen, sondern auch alle Sanierungs- und Instandhaltungsmaßnahmen, die im Laufe des Lebenszyklus vorkommen, berücksichtigt. Der Betrachtungszeitraum für den Wohnbau beträgt 100 Jahre.

Für die Bilanzrechnung werden in jeder Bauweise die Bauteile festgelegt, unter anderem die gesamte Gebäudehülle (Außenwände, Bodenplatte, Flachdach), Geschoßdecken sowie tragende und nicht tragende Innenwände. Unter Punkt 5.2.2 werden alle Außen- und Innentüren sowie Fenster aufgelistet und beschrieben. Zur Berechnung des OI3-Indexes wird das Programm eco2soft mit dem Nutzungsdauerkatalog von 2018 verwendet. Einige Bauteilaufbauten stammen aus der internen baubook-Datenbank, andere Aufbauten aus Herstellerangaben. Zur Ausstattung der Baustoffe mit Werten von der Rohstoffgewinnung bis zur Produktionsphase wird der Katalog der Ökokennzahlen aus dem Jahr 2020 herangezogen.

Die im Kapitel 4 angeführten Umweltkategorien werden berücksichtigt und die Ergebnisse anschließend veranschaulicht, wobei der GWP im Vordergrund steht. Für die genauere Berechnung werden die weiteren PENR-Werte ausgegeben, die Angabe erfolgt in MJ/m<sup>2</sup>. Der PENRT-Wert eines Gebäudes ergibt sich somit als Summe aller PENRT-Werte aller Bauteilschichten. Der Indikator „GWP Summe“ des Ökoindex OI3 beachtet zum einen den Beitrag der Treibhausgasemissionen zur globalen Erwärmung und zum anderen die in Biomasse gespeicherte Kohlendioxidmenge.

### **5.2.2 Fenster und Türen**

Die Fenster- und Türkonstruktionen, die in allen Bauweisen gleich ausgeführt werden, haben keinen Einfluss auf die Ökologie der verschiedenen Bauweisen. Daher werden in der folgenden Tabelle die entsprechenden Werte zur Übersicht angeführt.

## 5. Berechnungen

Bauteil	Anzahl	Fläche[m <sup>2</sup> ]	Ausführung
Eingangstür	2	5,35	Holztür mit Holzzarge
Nebeneingangstür	2	4,20	Tür unverglast
Innentüren 90cm	48	2,26	Holzrahmentür
Innentüren 80cm	22	2,05	Holzrahmentür
Wohnungstüren 90cm	22	2,26	Holzvollbautür
Fenster150*150	48	2,25	Dreifachwärmeschutzglas
Fenster100*150	32	1,50	Dreifachwärmeschutzglas
Fenster200*250	24	5,00	Dreifachwärmeschutzglas
Fenster150*200	12	3,00	Dreifachwärmeschutzglas
Fenster100*250	10	2,50	Dreifachwärmeschutzglas
Fenster130*250	6	3,25	Dreifachwärmeschutzglas

Tab. 10: Fenster und Türen Musterwohnbau

## 5.3. Stahlbetonbau

### 5.3.1. Aufbauten

Nachfolgend werden typische Aufbauten für die Stahlbetonweise festgelegt. Wichtig war die Verwendung von ökologischen Dämmstoffen sowie die Einhaltung der erforderlichen U-Werte der einzelnen Bauteile. Der Aufbau erfolgt jeweils von außen nach innen bzw. von oben nach unten.

#### a) Außenwand

Außenputz	Kalkzementputz	1,0 cm
Wärmedämmung	Dämmkork	20,0 cm
tragende Schicht	Stahlbeton 2400 kg/m <sup>3</sup>	25,0 cm
Innenputz	Kalkzementputz	1,5 cm

Tab. 11: Aufbau Außenwand Stahlbeton

## b) Innenwand tragend

Innenputz	Kalkzementputz	1,5 cm
tragender Kern	Stahlbeton 2400 kg/m <sup>3</sup>	25,0 cm
Innenputz	Kalkzementputz	1,5 cm

Tab. 12: Aufbau Innenwand Stahlbeton

## c) Innenwand nicht tragend

Innenputz	Kalkzementputz	1,5 cm
Kern	Stahlbeton 2400 kg/m <sup>3</sup>	12,0 cm
Innenputz	Kalkzementputz	1,5 cm

Tab. 13: Aufbau Innenwand nicht tragend Stahlbeton

## d) Geschoßdecken

Fußbodenbelag	Fliesen	0,8 cm
Estrich	Zementestrich	6,0 cm
Trennlage	Polyethylen (PE)	0,02 cm
Trittschalldämmung	Mineralwolle	3,0 cm
Decke	Stahlbeton 2400 kg/m <sup>3</sup>	25,0 cm
Spachtelung	Gipsspachtel	0,3 cm

Tab. 14: Aufbau Decke Stahlbeton

## e) Bodenplatte

Fußbodenbelag	Massivparkett	1,0 cm
Estrich	Zementestrich	5,0 cm
Dampfbremse	Polyethylen (PE)	0,01 cm
Trittschalldämmung	Glaswolle 80 kg/m <sup>3</sup>	3,0 cm
Bodenplatte	Stahlbeton 2400 kg/m <sup>3</sup>	25,0 cm
Dampfbremse	Polyethylen (PE)	0,04 cm

## 5. Berechnungen

Abdichtung	Polymerbitumenbahn	0,78 cm
Wärmedämmung	XPS 32 kg/m <sup>3</sup>	20,0 cm

Tab. 15: Aufbau Bodenplatte Stahlbeton

### f) Flachdach:

Oberflächenschutz	Kies 1 700 kg/m <sup>3</sup>	5,0 cm
Trennvlies	Vlies PP	0,16 cm
Abdichtung	Bitumenabdichtung	0,16 cm
Wärmedämmung	Dämmkork 130 kg/m <sup>3</sup>	5,0 cm
Dampfsperre	Polyethylen (PE)	0,2 cm
Gefällebeton	Leichtbeton 400 kg/m	5,0 cm
Decke	Stahlbeton 2400 kg/m <sup>3</sup>	25,0 cm
Spachtelung	Gipsspachtel	0,3 cm

Tab. 16: Aufbau Flachdach Stahlbeton

### 5.3.2. Berechnungen

In den Abbildungen 7 und 8 werden die Berechnungsergebnisse der Stahlbetonbauweise in Anwendung auf den Musterwohnbau aufgezeigt. Der OI3 Index (Bilanzgrenze 3) ergibt sich zu 548 Punkten, was eine eher hohe Punktezah ist (Klasse E). Je höher die Punktezah ist, umso mehr wirkt sich das Gebäude mit dieser Bauweise auf die Umwelt aus. Der GWP-Speicherwert liegt im guten Mittelfeld auf der Skala, dieser Wert gibt das gespeicherte Treibhauspotential der Konstruktion an.



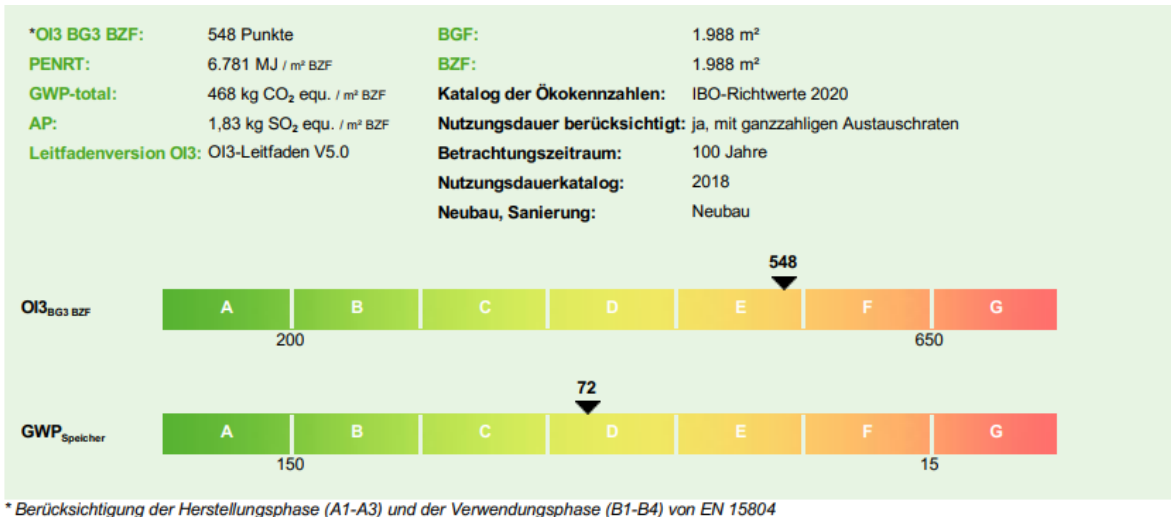


Abb. 7: Berechnung Stahlbeton

<b>PENRT:</b> 6.781 MJ / m <sup>2</sup> BZF	<b>GWPT:</b> 468 kg CO <sub>2</sub> equ. / m <sup>2</sup> BZF
<b>PENRE:</b> 6.457 MJ / m <sup>2</sup> BZF	<b>GWPF:</b> 540 kg CO <sub>2</sub> equ. / m <sup>2</sup> BZF
<b>PENRM:</b> 324 MJ / m <sup>2</sup> BZF	<b>GWPB:</b> -72,2 kg CO <sub>2</sub> equ. / m <sup>2</sup> BZF
<b>PERT:</b> 2.623 MJ / m <sup>2</sup> BZF	<b>AP:</b> 1,83 kg SO <sub>2</sub> equ. / m <sup>2</sup> BZF
<b>PERE:</b> 427 MJ / m <sup>2</sup> BZF	<b>EP:</b> 0,959 kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> / m <sup>2</sup> BZF
<b>PERM:</b> 2.196 MJ / m <sup>2</sup> BZF	<b>POCP:</b> 0,302 kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> / m <sup>2</sup> BZF
	<b>ODP:</b> 2,56·10 <sup>-5</sup> kg CFC-11 / m <sup>2</sup> BZF

Abb. 8: Berechnung Stahlbeton detailliert

## 5.4. Porenbetonmauerwerk

### 5.4.1. Aufbauten

Nachfolgend werden typische Aufbauten für die Porenbetonweise festgelegt. Wichtig war die Verwendung von ökologischen Dämmstoffen sowie die Einhaltung der erforderlichen U-Werte der einzelnen Bauteile. Der Aufbau erfolgt jeweils von außen nach innen bzw. von oben nach unten.

#### a) Außenwand

Außenputz	Kalkzementputz	1,0 cm
tragende Schicht	Porenbetonstein	37,0 cm
Innenputz	Kalkzementputz	1,5 cm

Tab. 17: Aufbau Außenwand Porenbeton

## 5. Berechnungen

### b) Innenwand tragend

Innenputz	Kalkzementputz	1,5 cm
tragender Kern	Porenbetonstein	25,0 cm
Innenputz	Kalkzementputz	1,5 cm

Tab. 18: Aufbau Innenwand Porenbeton

### c) Innenwand nicht tragend

Innenputz	Kalkzementputz	1,5 cm
Kern	Porenbetonstein	12,0 cm
Innenputz	Kalkzementputz	1,5 cm

Tab. 19: Aufbau Innenwand nicht tragend Porenbeton

### d) Geschoßdecken

Fußbodenbelag	Fliesen	0,8 cm
Estrich	Zementestrich	6,0 cm
Trennlage	Polyethylen (PE)	0,02 cm
Trittschalldämmung	Mineralwolle	3,0 cm
Decke	YTONG Deckenelement	24,0 cm
Innenputz	Kalkzementputz	1,5 cm

Tab. 20: Aufbau Decke Porenbeton

### e) Bodenplatte

Fußbodenbelag	Massivparkett	1,0 cm
Estrich	Zementestrich	5,0 cm
Dampfbremse	Polyethylen (PE)	0,01 cm
Trittschalldämmung	Glaswolle 80 kg/m <sup>3</sup>	3,0 cm
Bodenplatte	Stahlbeton 2400 kg/m <sup>3</sup>	25,0 cm
Dampfbremse	Polyethylen (PE)	0,04 cm

Abdichtung	Polymerbitumenbahn	0,78 cm
Wärmedämmung	XPS 32 kg/m <sup>3</sup>	20,0 cm

Tab. 21: Aufbau Bodenplatte Stahlbeton

## f) Flachdach:

Oberflächenschutz	Kies 1 700 kg/m <sup>3</sup>	5,0 cm
Trennvlies	Vlies PP	0,16 cm
Abdichtung	Bitumenabdichtung	0,16 cm
Wärmedämmung	Dämmkork 130 kg/m <sup>3</sup>	12,0 cm
Dampfsperre	Polyethylen (PE)	0,2 cm
Gefällebeton	Leichtbeton 400 kg/m	5,0 cm
Decke	YTONG Deckenelement	24,0 cm
Innenputz	Kalkzementputz	1,5 cm

Tab. 22: Aufbau Flachdach Porenbeton

**5.4.2. Berechnungen**

In den Abbildungen 9 und 10 werden die Berechnungsergebnisse der Porenbetonbauweise in Anwendung auf den Musterwohnbau aufgezeigt. Der OI3 Index (Bilanzgrenze 3) ergibt sich zu 287 Punkten, was eine sehr gute Punktezahl ist (Klasse B). Je niedriger die Punktezahl ist, umso weniger wirkt sich das Gebäude mit dieser Bauweise auf die Umwelt aus. Der GWP-Speicherwert liegt im schlechten Bereich der Skala, dieser Wert gibt das gespeicherte Treibhauspotential der Konstruktion an.

## 5. Berechnungen

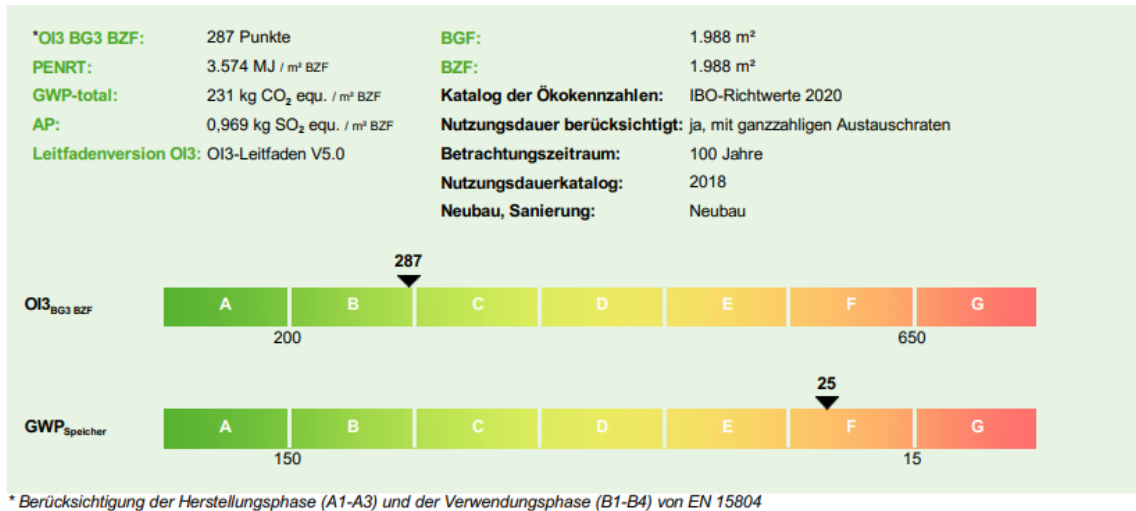


Abb. 9: Berechnung Porenbeton

<b>PENRT:</b> 3.574 MJ / m <sup>2</sup> BZF	<b>GWPT:</b> 231 kg CO <sub>2</sub> equ. / m <sup>2</sup> BZF
<b>PENRE:</b> 3.250 MJ / m <sup>2</sup> BZF	<b>GWPF:</b> 256 kg CO <sub>2</sub> equ. / m <sup>2</sup> BZF
<b>PENRM:</b> 324 MJ / m <sup>2</sup> BZF	<b>GWPB:</b> -24,6 kg CO <sub>2</sub> equ. / m <sup>2</sup> BZF
<b>PERT:</b> 1.038 MJ / m <sup>2</sup> BZF	<b>AP:</b> 0,969 kg SO <sub>2</sub> equ. / m <sup>2</sup> BZF
<b>PERE:</b> 349 MJ / m <sup>2</sup> BZF	<b>EP:</b> 0,399 kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> / m <sup>2</sup> BZF
<b>PERM:</b> 689 MJ / m <sup>2</sup> BZF	<b>POCP:</b> 0,121 kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> / m <sup>2</sup> BZF
	<b>ODP:</b> 1,63·10 <sup>-5</sup> kg CFC-11 / m <sup>2</sup> BZF

Abb. 10: Berechnung Porenbeton detailliert

## 5.5. Ziegelmauerwerk

### 5.5.1. Aufbauten

Nachfolgend werden typische Aufbauten für die Ziegelbauweise festgelegt. Wichtig war die Verwendung von ökologischen Dämmstoffen sowie die Einhaltung der erforderlichen U-Werte der einzelnen Bauteile. Der Aufbau erfolgt jeweils von außen nach innen bzw. von oben nach unten.

#### a) Außenwand

Außenputz	Kalkzementputz	1,0 cm
Wärmedämmung	Dämmkork 130 kg/m <sup>3</sup>	20,0 cm
tragende Schicht	Hochlochziegel + Normalmauermörtel	25,0 cm
Innenputz	Kalkzementputz	1,5 cm

Tab. 23: Aufbau Außenwand Ziegel

## b) Innenwand tragend

Innenputz	Kalkzementputz	1,5 cm
tragender Kern	Hochlochziegel + Normalmauermörtel	25,0 cm
Innenputz	Kalkzementputz	1,5 cm

Tab. 24: Aufbau Innenwand Ziegel

## c) Innenwand nicht tragend

Innenputz	Kalkzementputz	1,5 cm
Kern	HLZ+ Normalmauermörtel	12,0 cm
Innenputz	Kalkzementputz	1,5 cm

Tab. 25: Aufbau Innenwand nicht tragend Ziegel

## d) Geschoßdecken

Fußbodenbelag	Fliesen	0,8 cm
Estrich	Zementestrich	6,0 cm
Trennlage	Polyethylen (PE)	0,02 cm
Trittschalldämmung	Mineralwolle	3,0 cm
Ausgleichsschicht	Splittschüttung	4,0 cm
Decke	Ziegelhohlkörper ohne Aufbeton	21,0 cm
Innenputz	Kalkzementputz	1,5 cm

Tab. 26: Aufbau Decke Ziegel

## e) Bodenplatte

Fußbodenbelag	Massivparkett	1,0 cm
Estrich	Zementestrich	5,0 cm
Dampfbremse	Polyethylen (PE)	0,01 cm

## 5. Berechnungen

Trittschalldämmung	Glaswolle 80 kg/m <sup>3</sup>	3,0 cm
Bodenplatte	Stahlbeton 2400 kg/m <sup>3</sup>	25,0 cm
Dampfbremse	Polyethylen (PE)	0,04 cm
Abdichtung	Polymerbitumenbahn	0,78 cm
Wärmedämmung	XPS 32 kg/m <sup>3</sup>	20,0 cm

Tab. 27: Aufbau Bodenplatte Stahlbeton

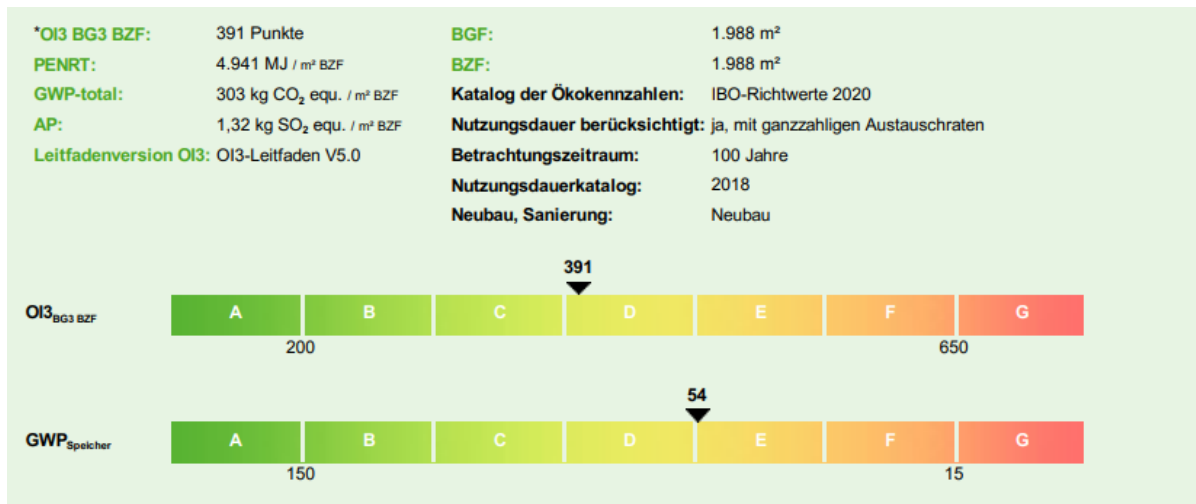
### f) Flachdach:

Oberflächenschutz	Kies 1700 kg/m <sup>3</sup>	5,0 cm
Trennvlies	Vlies PP	0,16 cm
Abdichtung	Bitumenabdichtung	0,16 cm
Wärmedämmung	Dämmkork 130 kg/m <sup>3</sup>	5,0 cm
Dampfsperre	Polyethylen (PE)	0,2 cm
Gefällebeton	Leichtbeton 400 kg/m	5,0 cm
Decke	Ziegelhohlkörper ohne Aufbeton	20,0 cm
Spachtelung	Gipsspachtel	0,3 cm

Tab. 28: Aufbau Flachdach Ziegel

### 5.5.2. Berechnungen

In den Abbildungen 11 und 12 werden die Berechnungsergebnisse der Ziegelbauweise in Anwendung auf den Musterwohnbau aufgezeigt. Der OI3 Index (Bilanzgrenze 3) ergibt sich zu 391 Punkten, was eine Punktezahl im guten Mittelfeld ist (Klasse D). Je niedriger die Punktezahl ist, umso weniger wirkt sich das Gebäude mit dieser Bauweise auf die Umwelt aus. Der GWP-Speicherwert liegt im schlechten Mittelfeld der Skala, dieser Wert gibt das gespeicherte Treibhauspotential der Konstruktion an.



\* Berücksichtigung der Herstellungsphase (A1-A3) und der Verwendungsphase (B1-B4) von EN 15804

Abb. 11: Berechnung Ziegel

<b>PENRT:</b> 4.941 MJ / m <sup>2</sup> BZF	<b>GWPT:</b> 303 kg CO <sub>2</sub> equ. / m <sup>2</sup> BZF
<b>PENRE:</b> 4.618 MJ / m <sup>2</sup> BZF	<b>GWPF:</b> 358 kg CO <sub>2</sub> equ. / m <sup>2</sup> BZF
<b>PENRM:</b> 324 MJ / m <sup>2</sup> BZF	<b>GWPB:</b> -54,4 kg CO <sub>2</sub> equ. / m <sup>2</sup> BZF
<b>PERT:</b> 2.208 MJ / m <sup>2</sup> BZF	<b>AP:</b> 1,32 kg SO <sub>2</sub> equ. / m <sup>2</sup> BZF
<b>PERE:</b> 577 MJ / m <sup>2</sup> BZF	<b>EP:</b> 0,504 kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> / m <sup>2</sup> BZF
<b>PERM:</b> 1.631 MJ / m <sup>2</sup> BZF	<b>POCP:</b> 0,159 kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> / m <sup>2</sup> BZF
	<b>ODP:</b> 2,57·10 <sup>-5</sup> kg CFC-11 / m <sup>2</sup> BZF

Abb. 12: Berechnung Ziegel detailliert

## 5.6. Lehmziegelbau

### 5.6.1. Aufbauten

Nachfolgend werden typische Aufbauten für die Lehmziegelbauweise festgelegt. Wichtig war die Verwendung von ökologischen Dämmstoffen sowie die Einhaltung der erforderlichen U-Werte der einzelnen Bauteile. Der Aufbau erfolgt jeweils von außen nach innen bzw. von oben nach unten.

#### a) Außenwand

Außenputz	Silikatputz	0,2 cm
Wärmedämmung	Dämmkork	20,0 cm
tragende Schicht	Lehmziegel 2000kg/m <sup>3</sup>	25,0 cm
Innenputz	Lehmputz	1,5 cm

Tab. 29: Aufbau Außenwand Lehmziegel

#### b) Innenwand tragend

Innenputz	Lehmputz	1,5 cm
tragender Kern	Lehmziegel 2000kg/m <sup>3</sup>	25,0 cm
Innenputz	Lehmputz	1,5 cm

Tab. 30: Aufbau Innenwand Lehmziegel

#### c) Innenwand nicht tragend

Innenputz	Lehmputz	1,5 cm
Kern	Lehmziegel 800 kg/m <sup>3</sup>	12,0 cm
Innenputz	Lehmputz	1,5 cm

Tab. 31: Aufbau Innenwand nicht tragend Lehmziegel

#### d) Geschoßdecken

Fußbodenbelag	Fliesen	0,8 cm
Estrich	Zementestrich	5,0 cm
Trennlage	Baupapier	0,09 cm



Trittschalldämmung	Glaswolle	3,0 cm
Ausgleichsschicht	Leichtlehmsteine	8,0 cm
Rieselschutz	Baupapier	0,1 cm
Schalung	Nutzholz (gehobelt, techn. getrocknet)	2,4 cm
Decke inhomogen	Schafwolledämmfilz (8 cm) und Luftschicht (14 cm) zw. Nutzholz (gehobelt, techn. getrocknet, 22 cm)	22,0 cm
Schalung	Nutzholz (gehobelt, techn. getrocknet)	2,4 cm
Beplankung	Lehmbauplatte	1,25 cm
Beplankung	Lehmbauplatte	1,25 cm

Tab. 32: Aufbau Decke Lehm

## e) Bodenplatte

Fußbodenbelag	Massivparkett	1,0 cm
Estrich	Zementestrich	5,0 cm
Dampfbremse	Polyethylen (PE)	0,01 cm
Trittschalldämmung	Glaswolle 80 kg/m <sup>3</sup>	3,0 cm
Bodenplatte	Stahlbeton 2400 kg/m <sup>3</sup>	25,0 cm
Dampfbremse	Polyethylen (PE)	0,04 cm
Abdichtung	Polymerbitumenbahn	0,78 cm
Wärmedämmung	XPS 32 kg/m <sup>3</sup>	20,0 cm

Tab. 33: Aufbau Bodenplatte Stahlbeton

## 5. Berechnungen

### f) Flachdach:

Oberflächenschutz	Kies 1 700 kg/m <sup>3</sup>	5,0 cm
Trennvlies	Vlies PP	0,16 cm
Abdichtung	Bitumenabdichtung	0,16 cm
Wärmedämmung	Dämmkork 130 kg/m <sup>3</sup>	5,0 cm
Dampfsperre	Polyethylen (PE)	0,2 cm
Ausgleichsschicht	Lehmsteine	8,0 cm
Rieselschutz	Baupapier	0,1 cm
Schalung	Nutzholz (gehobelt, techn. getrocknet)	2,4 cm
Decke inhomogen	Schafwolledämmfilz (8 cm) und Luftschicht (14 cm) zw. Nutzholz (gehobelt, 22 cm)	22,0 cm
Schalung	Nutzholz	2,4 cm
Beplankung	Lehmbauplatte	1,25 cm
Beplankung	Lehmbauplatte	1,25 cm

Tab. 34: Aufbau Flachdach Lehm

### 5.6.2. Berechnungen

In den Abbildungen 13 und 14 werden die Berechnungsergebnisse der Lehmziegelbauweise in Anwendung auf den Musterwohnbau aufgezeigt. Der OI3 Index (Bilanzgrenze 3) ergibt sich zu 327 Punkten, was eine Punktezahl im guten Mittelfeld ist (Klasse C). Je niedriger die Punktezahl ist, umso weniger wirkt sich das Gebäude mit dieser Bauweise auf die Umwelt aus. Der GWP-Speicherwert liegt im guten Bereich der Skala, dieser Wert gibt das gespeicherte Treibhauspotential der Konstruktion an.

<b>PENRT:</b> 4.458 MJ / m <sup>2</sup> BZF	<b>GWPT:</b> 125 kg CO <sub>2</sub> equ. / m <sup>2</sup> BZF
<b>PENRE:</b> 4.146 MJ / m <sup>2</sup> BZF	<b>GWPF:</b> 274 kg CO <sub>2</sub> equ. / m <sup>2</sup> BZF
<b>PENRM:</b> 312 MJ / m <sup>2</sup> BZF	<b>GWPB:</b> -150 kg CO <sub>2</sub> equ. / m <sup>2</sup> BZF
<b>PERT:</b> 4.660 MJ / m <sup>2</sup> BZF	<b>AP:</b> 1,18 kg SO <sub>2</sub> equ. / m <sup>2</sup> BZF
<b>PERE:</b> 2.030 MJ / m <sup>2</sup> BZF	<b>EP:</b> 0,536 kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> / m <sup>2</sup> BZF
<b>PERM:</b> 2.631 MJ / m <sup>2</sup> BZF	<b>POCP:</b> 0,164 kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> / m <sup>2</sup> BZF
	<b>ODP:</b> 2,50 · 10 <sup>-5</sup> kg CFC-11 / m <sup>2</sup> BZF

Abb. 13: Berechnung Lehmziegel detailliert

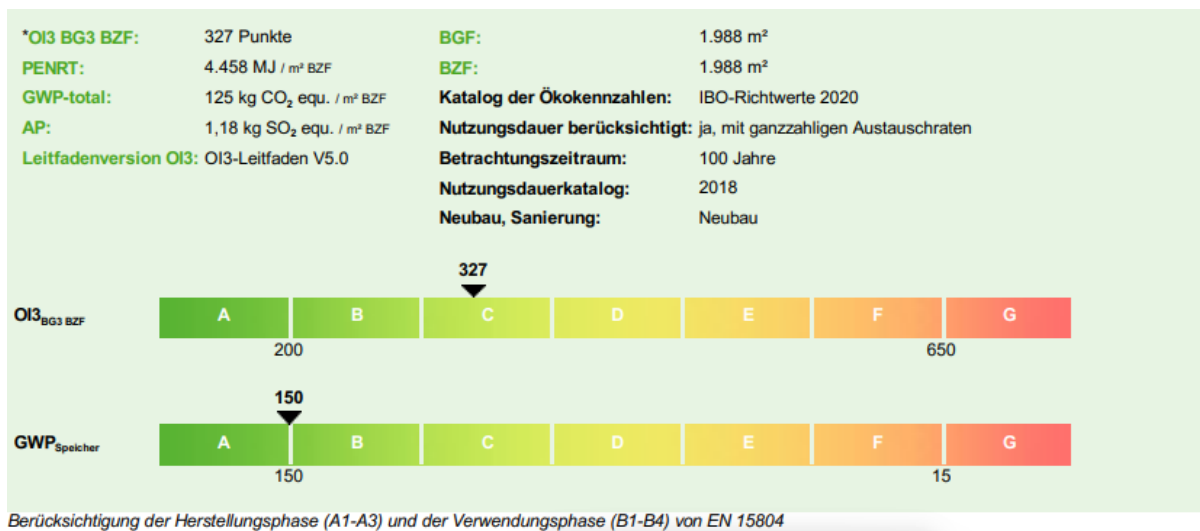


Abb. 14: Berechnung Lehmziege

## 5.7. Stampflehmbau

### 5.7.1. Aufbauten

Nachfolgend werden typische Aufbauten für die Stampflehmbauweise festgelegt. Wichtig war die Verwendung von ökologischen Dämmstoffen sowie die Einhaltung der erforderlichen U-Werte der einzelnen Bauteile. Der Aufbau erfolgt jeweils von außen nach innen bzw. von oben nach unten.

#### a) Außenwand

Außenputz	Silikatputz	0,2 cm
Wärmedämmung	Holzfaserdämmplatte	20,0 cm
tragende Schicht	Stampflehm	32,0 cm
Innenputz	Lehmputz	1,5 cm

Tab. 35: Aufbau Außenwand Stampflehm

## 5. Berechnungen

### b) Innenwand tragend

Innenputz	Lehmputz	1,5 cm
tragender Kern	Stampflehm	25,0 cm
Innenputz	Lehmputz	1,5 cm

Tab. 36: Aufbau Innenwand Stampflehm

### c) Innenwand nicht tragend

Innenputz	Lehmputz	1,5 cm
Kern	Stampflehm	12,0 cm
Innenputz	Lehmputz	1,5 cm

Tab. 37: Aufbau Innenwand nicht tragend Stampflehm

### d) Geschoßdecken

Fußbodenbelag	Massivparkett	1,0 cm
Estrich	Zementestrich	5,0 cm
Trennlage	Baupapier	0,09 cm
Trittschalldämmung	Glaswolle	3,0 cm
Ausgleichsschicht	Lehmsteine	8,0 cm
Rieselschutz	Baupapier	0,1 cm
Schalung	Nutzholz (gehobelt, techn. getrocknet)	2,4 cm
Decke inhomogen	Schafwolledämmfilz (8 cm) und Luftschicht (14 cm) zw. Nutzholz (gehobelt, techn. getrocknet, 22 cm)	22,0 cm
Schalung	Nutzholz (gehobelt, techn. getrocknet)	2,4 cm
Beplankung	Lehmbauplatte	1,25 cm

Beplankung	Lehmbauplatte	1,25 cm
------------	---------------	---------

Tab. 38: Aufbau Decke Stampflehm

## e) Bodenplatte

Fußbodenbelag	Massivparkett	1,0 cm
Estrich	Zementestrich	5,0 cm
Dampfbremse	Polyethylen (PE)	0,01 cm
Trittschalldämmung	Glaswolle 80 kg/m <sup>3</sup>	3,0 cm
Bodenplatte	Stahlbeton 2400 kg/m <sup>3</sup>	25,0 cm
Dampfbremse	Polyethylen (PE)	0,04 cm
Abdichtung	Polymerbitumenbahn	0,78 cm
Wärmedämmung	XPS 32 kg/m <sup>3</sup>	20,0 cm

Tab. 39: Aufbau Bodenplatte Stahlbeton

## f) Flachdach:

Oberflächenschutz	Kies 1 700 kg/m <sup>3</sup>	5,0 cm
Trennvlies	Vlies PP	0,16 cm
Abdichtung	Bitumenabdichtung	0,16 cm
Wärmedämmung	Dämmkork 130 kg/m <sup>3</sup>	5,0 cm
Dampfsperre	Polyethylen (PE)	0,2 cm
Ausgleichsschicht	Lehmsteine	8,0 cm
Rieselschutz	Baupapier	0,1 cm
Schalung	Nutzholz (gehobelt, techn. getrocknet)	2,4 cm
Decke inhomogen	Schafwolledämmfilz (8 cm) und Luftschicht (14 cm) zw. Nutzholz (gehobelt, techn. getrocknet, 22 cm)	22,0 cm

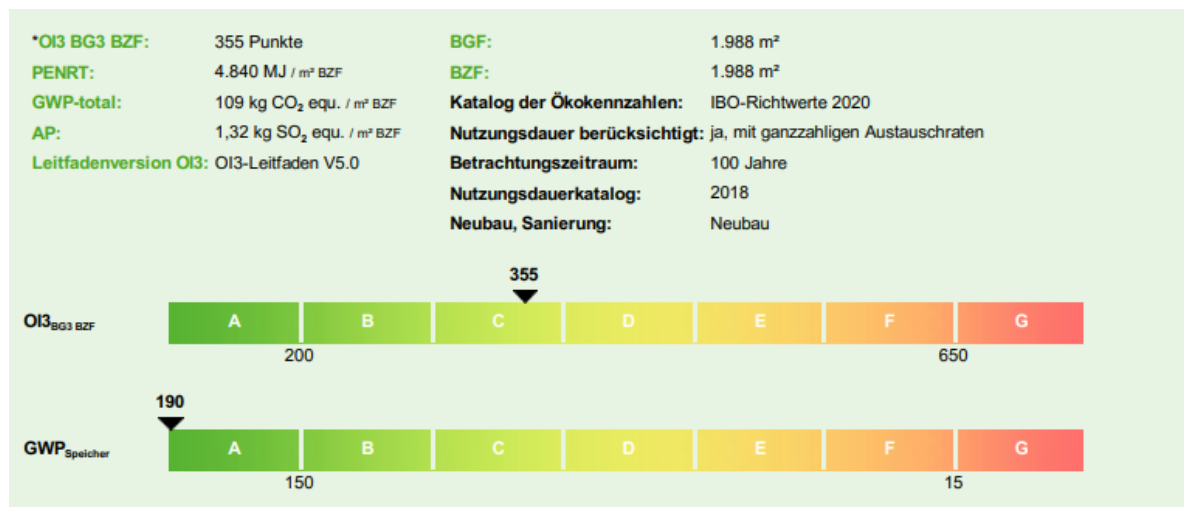
## 5. Berechnungen

Schalung	Nutzholz (gehobelt, techn. getrocknet)	2,4 cm
Beplankung	Lehmbauplatte	1,25 cm
Beplankung	Lehmbauplatte	1,25 cm

Tab. 40: Aufbau Flachdach Stampflehm

### 5.7.2. Berechnungen

In den Abbildungen 15 und 16 werden die Berechnungsergebnisse der Stampflehm-Bauweise in Anwendung auf den Musterwohnbau aufgezeigt. Der OI3 Index (Bilanzgrenze 3) ergibt sich zu 327 Punkten, was eine Punktezahl im guten Mittelfeld ist (Klasse C). Je niedriger die Punktezahl ist, umso weniger wirkt sich das Gebäude mit dieser Bauweise auf die Umwelt aus. Der GWP-Speicherwert liegt im guten Bereich der Skala, dieser Wert gibt das gespeicherte Treibhauspotential der Konstruktion an.



\* Berücksichtigung der Herstellungsphase (A1-A3) und der Verwendungsphase (B1-B4) von EN 15804

Abb. 15: Berechnung Stampflehm

<b>PENRT:</b> 4.840 MJ / m² BZF	<b>GWP-total:</b> 109 kg CO <sub>2</sub> equ. / m² BZF
<b>PENRE:</b> 4.431 MJ / m² BZF	<b>GWP-fossil:</b> 300 kg CO <sub>2</sub> equ. / m² BZF
<b>PENRM:</b> 409 MJ / m² BZF	<b>PERT:</b> -190 kg CO <sub>2</sub> equ. / m² BZF
<b>GWPT:</b> 4.191 MJ / m² BZF	<b>PERE:</b> 1,32 kg SO <sub>2</sub> equ. / m² BZF
<b>GWPF:</b> 1.626 MJ / m² BZF	<b>PERM:</b> 0,570 kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> / m² BZF
<b>GWPB:</b> 2.565 MJ / m² BZF	<b>POCP:</b> 0,186 kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> / m² BZF
	<b>ODP:</b> 2,60 · 10 <sup>-5</sup> kg CFC-11 / m² BZF

Abb. 16: Berechnung Stampflehm detailliert

## 5.8. Holzleichtbau

### 5.8.1. Aufbauten

Nachfolgend werden typische Aufbauten für die Holzleichtbauweise festgelegt. Wichtig war die Verwendung von ökologischen Dämmstoffen sowie die Einhaltung der erforderlichen U-Werte der einzelnen Bauteile. Der Aufbau erfolgt jeweils von außen nach innen bzw. von oben nach unten.

#### a) Außenwand

Außenputz	Silikatputz	0,6 cm
Wärmedämmung	Holzfaserdämmplatte	6,0 cm
tragende Ebene	Hanffaserdämmung zw. Nutzholz (gehobelt, techn. getrocknet)	12,0 cm
tragende Ebene	Hanffaserdämmung zw. Nutzholz (gehobelt, techn. getrocknet)	12,0 cm
Beplankung	OSB-Platte	1,8cm
Installationsebene	Schafwolledämmfilz zw. Nutzholz (gehobelt, getrocknet)	8,0 cm
Beplankung	Gipsfaserplatte	1,25 cm
Beplankung	Gipsfaserplatte	1,25 cm

Tab. 41: Aufbau Außenwand Holzleichtbau

#### b) Innenwand tragend

Beplankung	Gipsfaserplatte	1,5 cm
Installationsebene	Schafwolle zw. Schwingbügel	5,0 cm

## 5. Berechnungen

Beplankung	Gipsfaserplatte	1,0 cm
Beplankung	Gipsfaserplatte	1,0 cm
inhomogener Kern	Zelluloseeinblas- dämmung zw. Nutzholz (gehobelt, techn. getrocknet)	16,0 cm
Beplankung	Gipsfaserplatte	1,0 cm
Beplankung	Gipsfaserplatte	1,0 cm
Vorsatzschale	Schafwolle zw. Schwingbügel	5,0 cm
Beplankung	Gipsfaserplatte	1,5 cm

Tab. 42: Aufbau Innenwand Holzleichtbau

### c) Innenwand nicht tragend

Beplankung	Gipsfaserplatte	1,0 cm
Inhomogener Kern	Zelluloseeinblas- dämmung zw. Nutzholz (gehobelt, techn. getrocknet)	13,0 cm
Beplankung	Gipsfaserplatte	1,0 cm

Tab. 43: Aufbau Innenwand nicht tragend Holzleichtbau

### d) Geschoßdecken

Fußbodenbelag	Massivparkett	1,0 cm
Estrich	Zementestrich	5,0 cm
Trennlage	Baupapier	0,09 cm
Trittschalldämmung	Glaswolle	3,0 cm
Ausgleichsschicht	Splittschüttung	5,0 cm
Trennlage	Baupapier	0,09 cm



Schalung	Nutzholz (gehobelt, techn. getrocknet)	2,4 cm
Decke inhomogen	Schafwolledämmfilz (8 cm) und Luftschicht (14 cm) zw. Nutzholz (gehobelt, techn. getrocknet, 22 cm)	22,0 cm
Schalung	Nutzholz (gehobelt, techn. getrocknet)	2,4 cm
Bepankung	Gipsfaserplatte	1,25 cm
Bepankung	Gipsfaserplatte	1,25 cm

Tab. 44: Aufbau Decke Holzleichtbau

## e) Bodenplatte

Fußbodenbelag	Massivparkett	1,0 cm
Estrich	Zementestrich	5,0 cm
Dampfbremse	Polyethylen (PE)	0,01 cm
Trittschalldämmung	Glaswolle 80 kg/m <sup>3</sup>	3,0 cm
Bodenplatte	Stahlbeton 2400 kg/m <sup>3</sup>	25,0 cm
Dampfbremse	Polyethylen (PE)	0,04 cm
Abdichtung	Polymerbitumenbahn	0,78 cm
Wärmedämmung	XPS 32 kg/m <sup>3</sup>	20,0 cm

Tab. 45: Aufbau Bodenplatte Stahlbeton

## f) Flachdach

Oberflächenschutz	Kies 1 700 kg/m <sup>3</sup>	5,0 cm
Trennvlies	Vlies PP	0,16 cm
Wärmedämmung	XPS 32 kg/m <sup>3</sup>	8,0 cm
Abdichtung	PE-Dichtungsbahn	0,2 cm

## 5. Berechnungen

Trennvlies	Vlies PP	0,02 cm
Beplankung	OSB-Platten	1,8 cm
Wärmedämmung	Zellulosedämmung	4,0 cm
Decke	Zellulosedämmung zw. Sperrholz	22,0 cm
Wärmedämmung	Zellulosedämmung	4,0 cm
Beplankung	OSB-Platten	1,8 cm
Dampfsperre	Polyethylen (PE)	0,02 cm
Installationsebene	Schafwolldämmfilz zw. Nutzholz (rau)	5,0 cm
Beplankung	Gipsfaserplatte	1,25 cm
Beplankung	Gipsfaserplatte	1,25 cm

Tab. 46: Aufbau Flachdach Holzleichtbau

### 5.8.2. Berechnungen

In den Abbildungen 17 und 18 werden die Berechnungsergebnisse der Holzleichtbauweise in Anwendung auf den Musterwohnbau aufgezeigt. Der OI3 Index (Bilanzgrenze 3) ergibt sich zu 349 Punkten, was eine Punktezahl im guten Mittelfeld ist (Klasse C). Je niedriger die Punktezahl ist, umso weniger wirkt sich das Gebäude mit dieser Bauweise auf die Umwelt aus. Der GWP-Speicherwert liegt im sehr guten Bereich der Skala, dieser Wert gibt das gespeicherte Treibhauspotential der Konstruktion an.

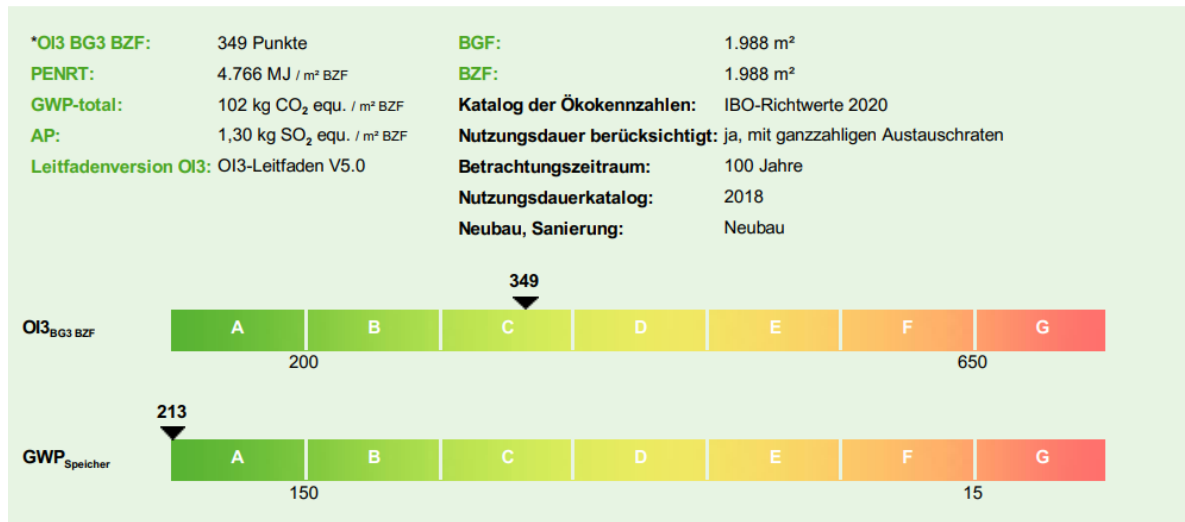


Abb. 17: Berechnung Holzleichtbau

<b>PENRT:</b> 4.766 MJ / m² BZF	<b>GWPT:</b> 102 kg CO <sub>2</sub> equ. / m² BZF
<b>PENRE:</b> 4.408 MJ / m² BZF	<b>GWPF:</b> 315 kg CO <sub>2</sub> equ. / m² BZF
<b>PENRM:</b> 358 MJ / m² BZF	<b>GWPB:</b> -213 kg CO <sub>2</sub> equ. / m² BZF
<b>PERT:</b> 4.879 MJ / m² BZF	<b>AP:</b> 1,30 kg SO <sub>2</sub> equ. / m² BZF
<b>PERE:</b> 1.602 MJ / m² BZF	<b>EP:</b> 0,530 kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> / m² BZF
<b>PERM:</b> 3.278 MJ / m² BZF	<b>POCP:</b> 0,199 kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> / m² BZF
	<b>ODP:</b> 2,48 · 10 <sup>-5</sup> kg CFC-11 / m² BZF

Abb. 18: Berechnung Holzleichtbau detailliert

## 5.9. Holzmassivbau

### 5.9.1. Aufbauten

Nachfolgend werden typische Aufbauten für die Holzmassivbauweise festgelegt. Wichtig war die Verwendung von ökologischen Dämmstoffen sowie die Einhaltung der erforderlichen U-Werte der einzelnen Bauteile. Der Aufbau erfolgt jeweils von außen nach innen bzw. von oben nach unten.

#### a) Außenwand

Beklankung	Nutzholz (gehobelt, techn. getrocknet)	2,5 cm
Hinterlüftung	Nutzholz (gehobelt, techn. getrocknet)	5,0 cm

## 5. Berechnungen

Schalung	Nutzholz	2,4 cm
Windsperre	PE- Folie	0,1 cm
Wärmedämmung	Zelluloseinblasdämmung zw. Nutzholz (gehobelt, techn. getrocknet)	4,0 cm
Wärmedämmung	Zelluloseinblasdämmung zw. Nutzholz (gehobelt, techn. getrocknet)	22,0 cm
Wärmedämmung	Zelluloseinblasdämmung zw. Nutzholz (gehobelt, techn. getrocknet)	4,0 cm
Dampfbremse	PE-Folie	0,02 cm
Brettstapelwand	Brettstapelholz verdübelt	12,0 cm

Tab. 47: Aufbau Außenwand Holzmassivbau

### b) Innenwand tragend

Beplankung	Gipsfaserplatte	1,25 cm
Beplankung	Gipsfaserplatte	1,25 cm
tragende Schicht	Brettstapelholz	8,0 cm
Dämmung	Holzfaserdämmstoff	6,0 cm
tragende Schicht	Brettstapelholz	8,0 cm
Beplankung	Gipsfaserplatte	1,25 cm
Beplankung	Gipsfaserplatte	1,25 cm

Tab. 48: Aufbau Innenwand Holzmassivbau

### c) Innenwand nicht tragend

Beplankung	Gipsfaserplatte	1,25 cm
Beplankung	Gipsfaserplatte	1,25 cm
Kern	Brettstapelholz	10,0 cm

Beplankung	Gipsfaserplatte	1,25 cm
Beplankung	Gipsfaserplatte	1,25 cm

Tab. 49: Aufbau Innenwand nicht tragend Holzmassivbau

## d) Geschoßdecken

Fußbodenbelag	Massivparkett	1,0 cm
Estrich	Zementestrich	5,0 cm
Trennlage	Baupapier	0,09 cm
Trittschalldämmung	Glaswolle	3,0 cm
Ausgleichsschicht	Splittschüttung	5,0 cm
Trennlage	Baupapier	0,75 cm
Decke	Brettstapelholz	16,0 cm
Installationsebene	Schafwolle zw. Schwingbügel	5,0 cm
Beplankung	Gipsfaserplatte	1,25 cm
Beplankung	Gipsfaserplatte	1,25 cm

Tab. 50: Aufbau Decke Holzmassivbau

## e) Bodenplatte

Fußbodenbelag	Massivparkett	1,0 cm
Estrich	Zementestrich	5,0 cm
Dampfbremse	Polyethylen (PE)	0,01 cm
Trittschalldämmung	Glaswolle 80 kg/m <sup>3</sup>	3,0 cm
Bodenplatte	Stahlbeton 2400 kg/m <sup>3</sup>	25,0 cm
Dampfbremse	Polyethylen (PE)	0,04 cm
Abdichtung	Polymerbitumenbahn	0,78 cm
Wärmedämmung	XPS 32 kg/m <sup>3</sup>	20,0 cm

Tab. 51: Aufbau Bodenplatte Stahlbeton

## 5. Berechnungen

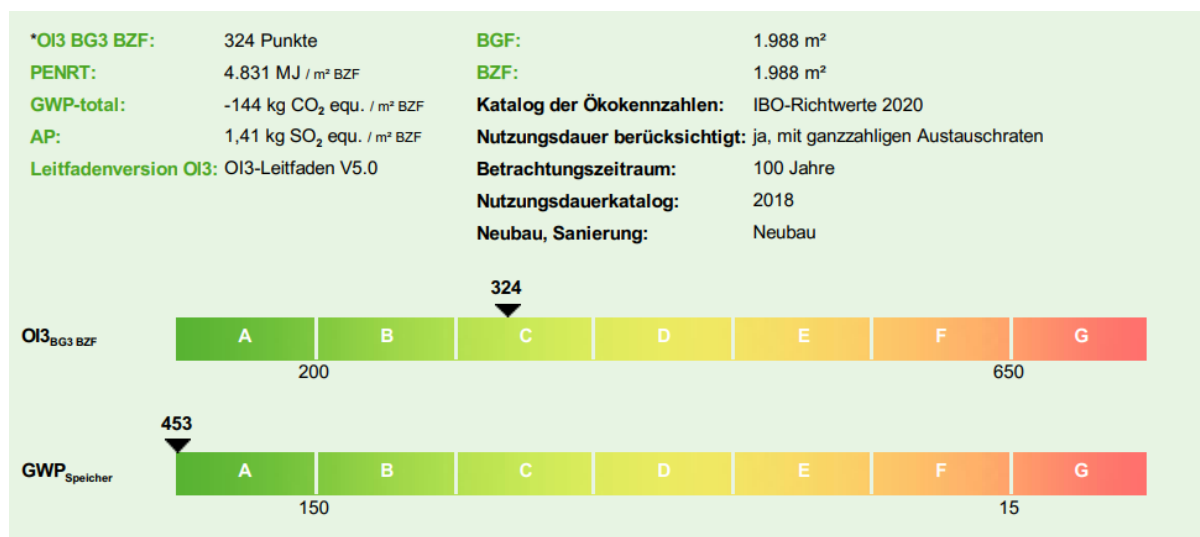
### f) Flachdach

Oberflächenschutz	Kies 1 700 kg/m <sup>3</sup>	6,0 cm
Abdichtung	Bitumenabdichtung	0,20 cm
Wärmedämmung	Dämmkork 130 kg/m <sup>3</sup>	38,0 cm
Dampfsperre	Polyethylen (PE)	0,02 cm
Decke	Brettstapelholz	20,0 cm
Beplankung	Gipsfaserplatte	1,25 cm
Beplankung	Gipsfaserplatte	1,25 cm

Tab. 52: Aufbau Flachdach Holzmassivbau

### 5.9.2. Berechnungen

In den Abbildungen 19 und 20 werden die Berechnungsergebnisse der Holzmassivbauweise in Anwendung auf den Musterwohnbau aufgezeigt. Der OI3 Index (Bilanzgrenze 3) ergibt sich zu 324 Punkten, was eine Punktezahl im guten Mittelfeld ist (Klasse C). Das Ergebnis ist sehr ähnlich zur Holzleichtbauweise. Der GWP-Speicherwert liegt im sehr guten Bereich der Skala, dieser Wert gibt das gespeicherte Treibhauspotential der Konstruktion an. Das gespeicherte Treibhauspotential ist bei Holz sehr hoch.



*Berücksichtigung der Herstellungsphase (A1-A3) und der Verwendungsphase (B1-B4) von EN 15804*

Abb. 19: Berechnung Holzmassivbau

<b>PENRT:</b> 4.831 MJ / m <sup>2</sup> BZF	<b>GWPT:</b> -144 kg CO <sub>2</sub> equ. / m <sup>2</sup> BZF
<b>PENRE:</b> 4.498 MJ / m <sup>2</sup> BZF	<b>GWPF:</b> 309 kg CO <sub>2</sub> equ. / m <sup>2</sup> BZF
<b>PENRM:</b> 334 MJ / m <sup>2</sup> BZF	<b>GWPB:</b> -453 kg CO <sub>2</sub> equ. / m <sup>2</sup> BZF
<b>PERT:</b> 7.729 MJ / m <sup>2</sup> BZF	<b>AP:</b> 1,41 kg SO <sub>2</sub> equ. / m <sup>2</sup> BZF
<b>PERE:</b> 1.834 MJ / m <sup>2</sup> BZF	<b>EP:</b> 0,580 kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> / m <sup>2</sup> BZF
<b>PERM:</b> 5.895 MJ / m <sup>2</sup> BZF	<b>POCP:</b> 0,272 kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> / m <sup>2</sup> BZF
	<b>ODP:</b> 2,46·10 <sup>-5</sup> kg CFC-11 / m <sup>2</sup> BZF

Abb. 20: Berechnung Holzmassivbau detailliert

## 6. Ergebnisse & Analyse

### 6.1. Ergebnisse

Der OI3-Index und der GWP-Speicher-Wert werden in den Klassen A-G klassifiziert, wobei A die beste und G die schlechteste Wertangabe widerspiegelt. Je niedriger der OI3-Index, desto besser ist die Bilanz; je niedriger der GWP-Speicher-Wert, desto schlechter ist die GWP-Speicher-Bilanz. Des Weiteren wird das Versauerungspotential AP angegeben, wobei ein niedriger AP-Wert die Gefahr von saurem Regen und Umweltschäden verringert. Auch das GWP-total sowie der Primärenergiegehalt aller nicht erneuerbaren Ressourcen (PENRT) beeinflussen die Bestimmung des ökologischsten Baustoffes.

### 6.2. Vergleich und Analyse

Einen Vergleich der Ökoindikatoren (Berechnungen siehe Kapitel 5) zeigen die Abbildungen 21-23. Anschließend (siehe Unterkapitel 6.2.1-6.2.4) folgt die Analyse der einzelnen dargestellten Werte.

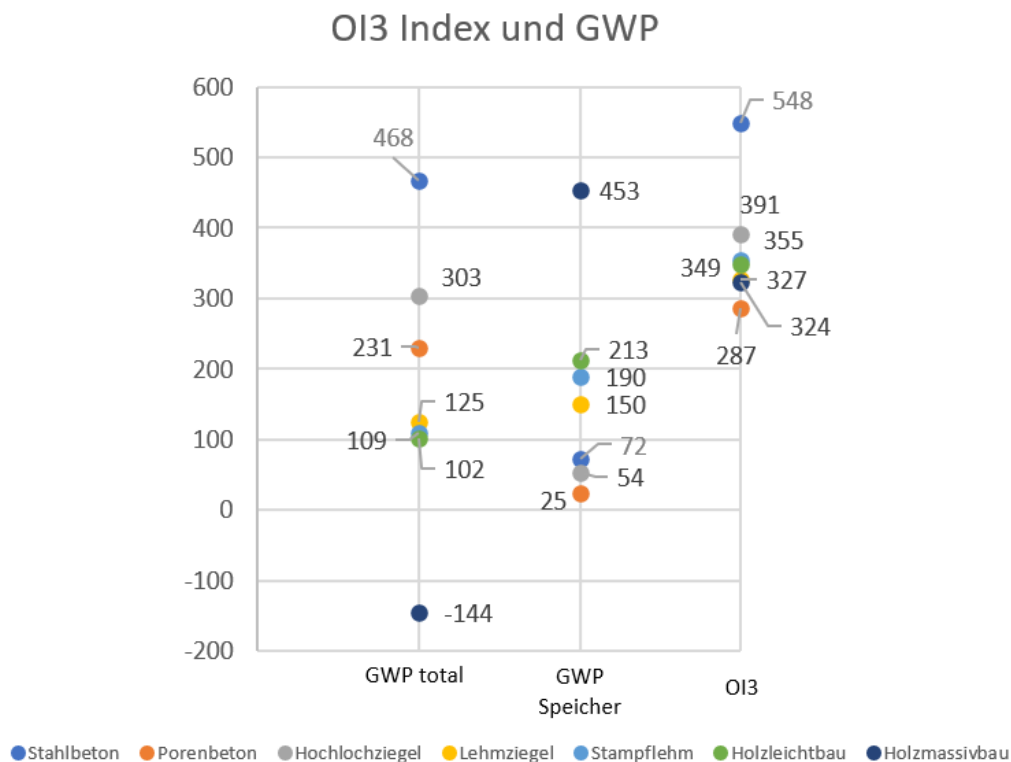


Abb. 21: Werteübersicht GWP-total, GWP-Speicher, OI3 Index



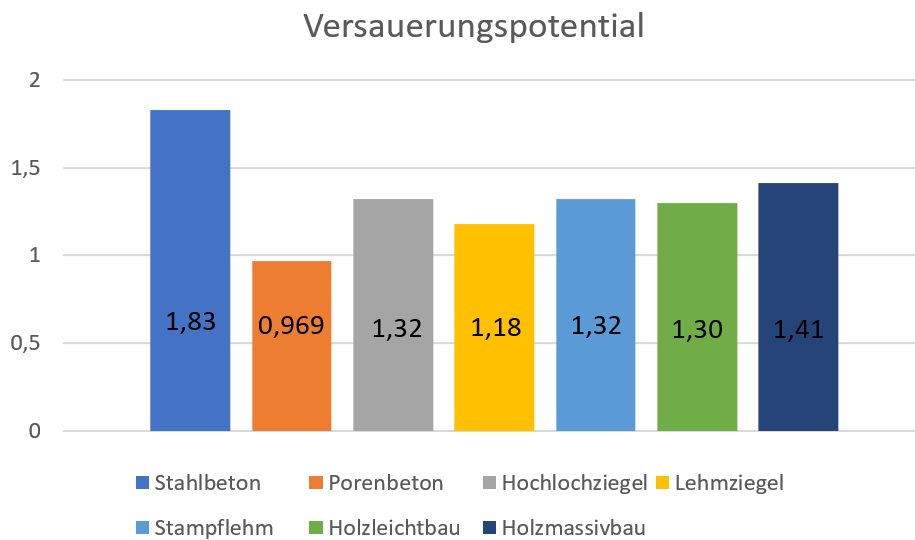


Abb. 22: Werteübersicht AP

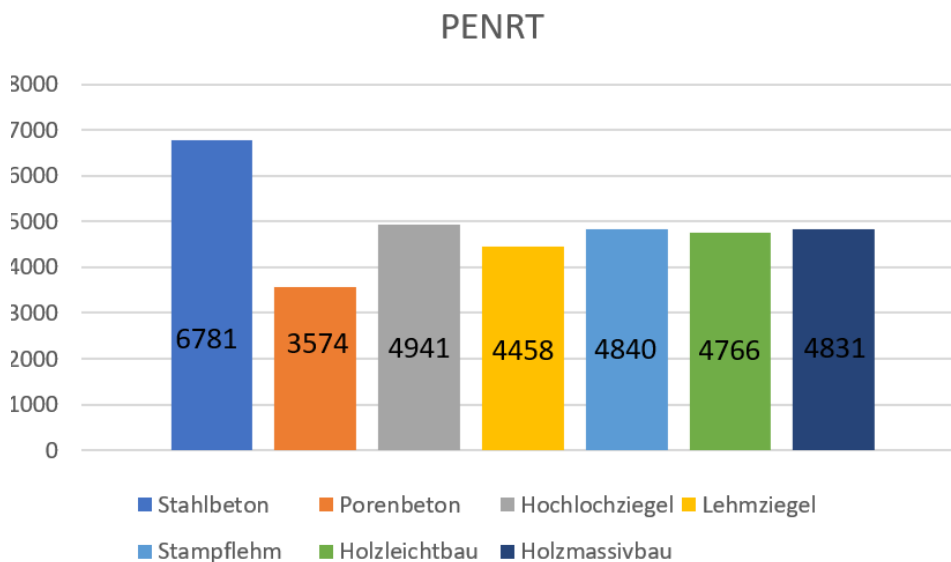


Abb. 23: Werteübersicht PENRT

### 6.2.1. OI3-Index

Viele Bauweisen weisen einen ähnlichen OI3-Index auf, wobei nur Stahlbeton mit einem vergleichsweise hohen OI3-Index (Klasse E) und Porenbeton mit einem niedrigeren Wert (Klasse B) hervorstechen. Alle anderen Bauweisen erreichen Werte zwischen 300 und 400 Punkten und liegen damit in den Klassen C-D. Jedoch weisen diese Bauweisen große Unterschiede bei den GWP-Werten auf. (siehe Abb. 21)

### 6.2.2. GWP

- a)  $GWP_{\text{Speicher}}$  (Gleichgewichtsspeicher): Hier fällt auf, dass die Porenbetonbauweise, welche zuvor noch den besten OI3-Index hatte, den schlechtesten  $GWP_{\text{Speicher}}$ -Wert mit 25 Punkten hat. Die Holzbauweise hat den höchsten und somit besten  $GWP_{\text{Speicher}}$ -Wert, gefolgt von den Lehmbauweisen. Die Stahlbetonbauweise hat einen  $GWP_{\text{Speicher}}$ -Wert der Klasse D, während die Ziegelbauweisen in Klasse E und F liegen (siehe Abb. 24)

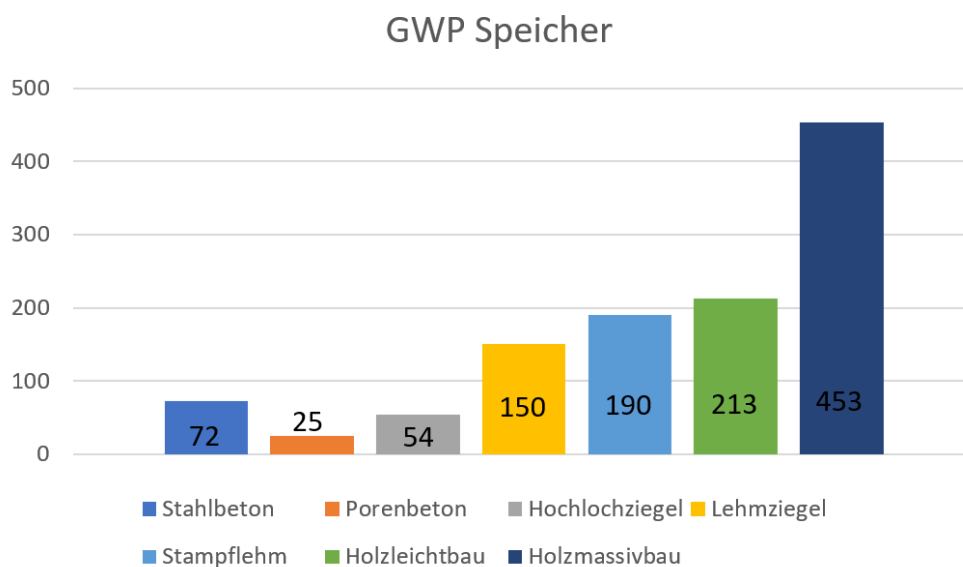


Abb. 24: Übersicht  $GWP$  Speicherwerte

- b)  $GWP_{\text{total}}$  (globales Äquivalentpotenzial): Beim  $GWP_{\text{total}}$ -Wert ist auffällig, dass die Holzmassivbauweise mit einem negativen Wert (- 144 kg CO<sub>2</sub> equ./m<sup>2</sup> BZF) aufwarten kann, was eine positive Auswirkung auf den Klimawandel hat. Dies ist möglich, da der  $GWP_{\text{PB}}$  (globales Erwärmungspotenzial biogen) größer als der  $GWP_{\text{PF}}$  (globales Erwärmungspotenzial fossil) ist. Folgende Bauweisen sind in Bezug auf den  $GWP_{\text{total}}$ -Wert gut: Holzleichtbau (ca. 100 kg CO<sub>2</sub> equ./m<sup>2</sup> BZF) und Lehmbauweise (ca. 100 kg CO<sub>2</sub> equ./m<sup>2</sup> BZF). Schlechtere Werte (bis zu 468 kg CO<sub>2</sub> equ./m<sup>2</sup> BZF) weisen die anderen drei Bauweisen (Stahlbetonbauweise, Fertigteilbauweise und Leichtbauweise) auf. (siehe Abb. 25)

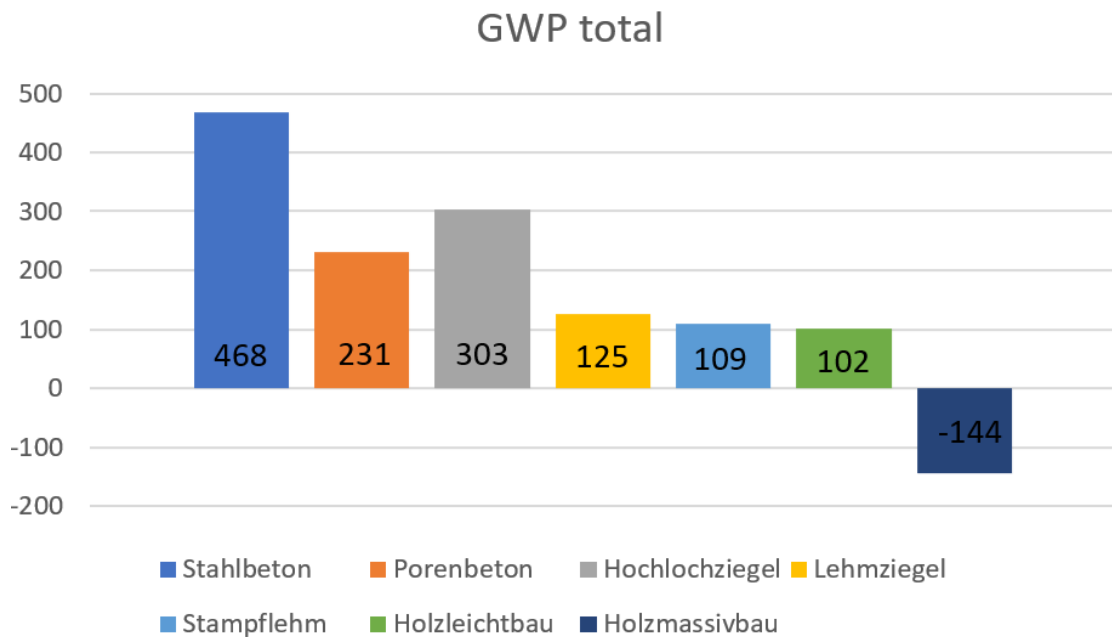


Abb. 25: Übersicht GWP total

### 6.2.3. AP

Beim Versauerungspotential erzielt die Porenbetonbauweise den niedrigsten und somit besten Wert von 0,969 kg SO<sub>2</sub> equ./m<sup>2</sup> BZF. Die anderen Bauweisen weisen einen AP zwischen 1 und 1,5 auf, wobei Stahlbeton den schlechtesten Wert mit 1,83 kg SO<sub>2</sub> equ./m<sup>2</sup> BZF erzielt. Dies lässt sich in Abbildung 22 gut erkennen. Um eine gute Umwelteinwirkung zu erreichen, sollten Werte unter 1 kg SO<sub>2</sub> equ./m<sup>2</sup> BZF bevorzugt werden. Da die Werte der meisten Baustoffe jedoch nicht weit über 1 liegen, ist das Versauerungspotential von sechs Bauweisen insgesamt zufriedenstellend.

### 6.2.4. PENRT

Der Porenbetonbau erzielt bei der Ökobilanz des PENRT das ökologischste Ergebnis. Die mit Abstand schlechtesten Werte liefert dabei der Stahlbetonbau, siehe Abbildung 23. Alle anderen Bauweisen liegen nah beieinander zwischen 4458 und 4941 MJ/m<sup>2</sup> BZF. Die Unterschiede hängen hier von der Wahl des Dämmstoffs sowie von mineralischen Materialien ab.

### 6.2.5. U-Wert

Bei der Bewertung der Ökobilanz-Werte ist es wichtig, auch den U-Wert der Bauteile zu berücksichtigen. Der U-Wert wird auch Wärmedurchgangskoeffizient genannt und ist ein Maß für den Wärmedurchgang durch eine Materialschicht, wenn auf den beiden Seiten unterschiedliche Temperaturen herrschen. Er ist somit die Energiemenge, die durch  $1 \text{ m}^2$  dieser Materialschicht bei  $1 \text{ K}$  Temperaturunterschied der beiden Seiten fließt.

Der U-Wert hat keinen Einfluss auf die Berechnung der ökologischen Kennzahlen, aber man muss auch auf die Einhaltung der baurechtlichen Vorgaben achten. Ein schlechterer U-Wert, wie bei der Stampflehmwand oder der Porenbetonwand mit dem oben genannten Aufbau, erhöht den Heizbedarf und kann somit je nach Heizungssystem den ökologischen Fußabdruck des Gebäudes negativ beeinflussen.

#### U-Werte der Außenwände im Vergleich:

- a) Stahlbeton:  $0,188 \text{ W/m}^2\text{K}$
- b) Porenbeton:  $0,244 \text{ W/m}^2\text{K}$
- c) Ziegel:  $0,187 \text{ W/m}^2\text{K}$
- d) Lehmziegel:  $0,205 \text{ W/m}^2\text{K}$
- e) Stampflehm:  $0,230 \text{ W/m}^2\text{K}$
- f) Holzriegel:  $0,125 \text{ W/m}^2\text{K}$
- g) Massivholz:  $0,119 \text{ W/m}^2\text{K}$

Holzbauweisen weisen die besten U-Werte auf, während Porenbeton den schlechtesten U-Wert hat. Dies kann durch die Verwendung einer dickeren Dämmschicht korrigiert werden, doch diese Änderung des Aufbaus beeinflusst auch die ökologischen Kennzahlen.

## 7. Fazit und Ausblick

Durch eine Reihung der 7 betrachteten Bauweisen in den verschiedenen Kategorien kann ein Ergebnis bekanntgegeben werden. Die Bepunktung der 7 Bauweisen erfolgte in 5 Kategorien. In Tabelle 53 wurden die Bauweisen von 1-7 je nach den Berechnungsergebnissen bepunktet (1 steht hier für den besten Wert und 7 für den schlechtesten). In Tabelle 54 wurden die Bauweisen mit einer Skala von 1-10 bepunktet, hier kann auf größere Sprünge zwischen Werten besser Rücksicht genommen werden. (1 steht wiederum für den besten Wert, 10 für den schlechtesten). Die Ergebnisse werden durch ein Ampelsystem veranschaulicht. Grüne Werte sind die besten Werte der jeweiligen Kategorie bzw. rote sind die schlechtesten Werte. Diese Bepunktung erfolgt jedoch ohne Berücksichtigung des U-Werts der einzelnen Bauteile. Durch die Bepunktungssysteme ist jene Bauweise die ökologischste, welche nach beiden Berechnungen den niedrigsten Wert erzielt.

1 bis 10	GWP total	GWP Speicher	PENRT	AP	OI3 Index	Ergebnis	Ranking
STB	10	8	10	10	10	48	7
PB	7	10	1	1	1	20	2
HLZ	8	9	6	6	7	36	6
LZ	5	6	3	3	4	21	3
SL	4	5	5	6	6	26	3
HL	4	4	4	5	5	22	5
HM	1	1	5	7	3	17	1

1 bis 7	GWP total	GWP Speicher	PENRT	AP	OI3 Index	Ergebnis	Ranking
STB	7	5	7	7	7	33	7
PB	5	7	1	1	1	15	1
HLZ	6	6	6	4	6	28	6
LZ	4	4	2	2	3	15	1
SL	3	3	5	4	5	20	4
HL	2	2	3	3	4	14	5
HM	1	1	4	6	2	14	1

Tab. 53: Ranking der Bauweisen mit zwei Bepunktungsschemen

## 7. Fazit und Ausblick

	Ergebnissumme	Gesamtranking
STB	81	7
PB	35	2
HLZ	64	6
LZ	36	3
SL	46	5
HL	36	3
HM	31	1

schlecht	
mittel	
gut	

Tab. 54: Gesamtranking

Die Holzmassivbauweise ist die ökologischste Bauweise, verglichen mit anderen Bauweisen wie Porenbeton, Lehmziegel, Stampflehm und Holzleichtbau. Abgeschlagen dahinter folgen auf den Plätzen 6 und 7 die Ziegel- und die Stahlbetonbauweise.

Die Ökologie hängt auch stark von den Aufbauten ab. Bei entsprechender Abänderung von Aufbauten kann die Ökobilanz verbessert werden. Dies führt aber zu Verschlechterungen beim U-Wert, was wiederum zu mehr Heiz- und Kühlbedarf führt. Eine zu starke Abminderung der Bauteilschichten kann zu Problemen bei der Tragfähigkeit von tragenden Bauteilen und zu Schwierigkeiten beim Schallschutz führen.

Insgesamt kann die Holzmassivbauweise als ökologischste Bauweise angesehen werden. Jedoch ist die richtige Wahl der besten Bauweise von den Gegebenheiten des Standorts und den Wünschen bzw. des Budgets des Bauherrn abhängig. Bei manchen Bauprojekten oder Baugrundstücken kann es sinnvoll sein, auf die Porenbetonbauweise oder eine Lehmbauweise zurückzugreifen, da beispielsweise die Feuchtigkeit berücksichtigt werden muss. Aufwände zur Abdichtung können die Gesamtökologie beeinflussen.

## Quellenverzeichnis

### Gedruckte Publikationen:

- Förster, Wolfgang: 2000 Jahre Wohnen in Wien. 1. Auflage. Berlin: JOVIS Verlag 2020. ISBN: 978-3-86859-661-8
- Hauff, Volker: Unsere gemeinsame Zukunft – Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung. 1. Auflage. Greven: Eggenkamp Verlag. 1987. ISBN: 3-923166-16-1
- Marotzke, Jochem: Klimamodelle und Globale Erwärmung - Zum fünften Bericht des Weltklimarats IPCC. In: Physik in unserer Zeit. Band 45. Ausgabe 3/2014.
- Mezera, Karl/ Riccabona, Christof: Baukonstruktionslehre 1. 9. Auflage. Wien: Verlag Manz 2010. ISBN: 978-3-7068-3908-2
- Mezera, Karl/ Riccabona, Christof: Baukonstruktion Band 5. Wien: Verlag Manz. Auflage 2018. ISBN: 978-3-7068-5487-0
- Potucek, Walter/ Kidéry, Gerhard/ Fritze, Richard: Stahlbetonbau – Teil 1: Grundlagen und Beispiele. 14. Auflage. Wien: Verlag Manz 2016. ISBN: 978-3-7068-5248-7
- Schröder, Horst: Lehm bau - Mit Lehm ökologisch planen und bauen. 3. Auflage. Weimar: Springer Verlag 2018. ISBN: 978-3-658-23120-0
- Wittig, Rüdiger/ Streit, Bruno: Ökologie. 1. Ausgabe. Frankfurt a. M.: UTB GmbH 2004. ISBN: 978-3825-22542-1

### Internetquellen:

- 1945 bis heute.  
In: [https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/1945\\_bis\\_heute#Stadtverwaltung\\_und\\_-\\_planung](https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/1945_bis_heute#Stadtverwaltung_und_-_planung) (letzter Zugriff: 26.05.2023)
- Bauökologie.  
In: <https://www.baunetzwissen.de/glossar/b/bauoekologie-1547119> (letzter Zugriff: 01.02.2023)

- Baustoffkennzahlen. In: Schneider, Patricia/ Pfoh, Sandro/ Grimm, Franziska: Projektplattform Energie, Leitfaden 01, ökologische Kenndaten Baustoffe und Bauteile. München: 2015. In: <https://docplayer.org/35857173-Leitfaden-01-oekologische-kenndaten-baustoffe-und-bauteile.html> (letzter Zugriff: 30.04.2023)
- Brettstapelbau.  
In: <https://www.holzbauwelt.de/holzbauweisen/massivholzbau.html> (letzter Zugriff: 25.02.2023)
- Die keltischen Hausmodelle.  
In: <http://www.celtovation.at/index.php/archaeologiepark/45-die-rekonstruierten-gebäude> (letzter Zugriff: 25.05.2023)
- Energieeffizienz.  
In: <https://www.fremdwort.de/suchen/bedeutung/energieeffizienz> (letzter Zugriff: 01.02.2023)
- Frühe Neuzeit.  
In: [https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/Fr%C3%BChe\\_Neuzeit](https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/Fr%C3%BChe_Neuzeit) (letzter Zugriff: 25.05.2023)
- Fußabdruckrechner für Österreich.  
In: [https://www.bmk.gv.at/themen/klima\\_umwelt/nachhaltigkeit/bildung/fussabdruck\\_rechner.html](https://www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/nachhaltigkeit/bildung/fussabdruck_rechner.html) (letzter Zugriff: 01.02.2023)
- Herstellung Holzleichtbau.  
In: <https://www.holzbauwelt.de/holzbauweisen/holzrahmenbau-holzstaenderbauweise.html> (letzter Zugriff: 25.02.2023)
- Holzblockbau.  
In: <https://www.holzbauwelt.de/holzbauweisen/blockbohlenbauweise.html> (letzter Zugriff 25.02.2023)
- Kelten.  
In: <https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/Kelten> (letzter Zugriff: 25.05.2023)



- Kommunalen Wohnbau.  
In: <https://dasrotewien.at/seite/kommunaler-wohnbau#:~:text=Heute%20lebt%20etwa%20jeder%20vierte,etwa%2010.000%20Gemeindewohnungen%20neu%20vergeben.> (letzter Zugriff: 26.05.2023)
- Langes 19. Jahrhundert.  
In: [https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/Langes\\_19.\\_Jahrhundert](https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/Langes_19._Jahrhundert) (letzter Zugriff: 25.05.2023)
- Mittelalter.  
In: <https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/Mittelalter> (letzter Zugriff: 25.05.2023)
- Nachhaltigkeit im Bauwesen.  
In: <https://baulexikon.beuth.de/NACHHALTIGKEIT.HTM> (letzter Zugriff: 01.02.2023)
- Treibhauspotential.  
In: [https://www.baubook.at/m/PHP/Fragezeichen.php?S\\_oekz\\_Typ=5&SW=2](https://www.baubook.at/m/PHP/Fragezeichen.php?S_oekz_Typ=5&SW=2) (letzter Zugriff: 13.04.2023)
- Umweltverträglichkeit.  
In: <https://www.fremdwort.de/suchen/bedeutung/umweltvertr%C3%A4glichkeit>, (letzter Zugriff: 01.02.2023)
- Verwendung von Stahlbeton.  
In: <https://www.bauprofessor.de/stahlbeton/> (letzter Zugriff: 07.02.2023)
- Vindobona.  
In: <https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/Vindobona> (letzter Zugriff: 25.05.2023)
- Zwischenkriegszeit.  
In: <https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/Zwischenkriegszeit> (letzter Zugriff: 26.05.2023)

Zusätzlich verwendete Hilfsmittel:

- ArchiCAD: CAD-Software von Graphisoft. Studentenversion
- Baubook „eco2soft“: online-Tool für ökologische Gebäudebewertung von IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH, [www.baubook.at/eco2soft](http://www.baubook.at/eco2soft). Studentenversion
- OI3-Berechnungsleitfaden von IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH.  
([https://www.ibo.at/fileadmin/ibo/materialoekologie/OI3\\_Berechnungsleitfaden\\_V4.0\\_20181025\\_01.pdf](https://www.ibo.at/fileadmin/ibo/materialoekologie/OI3_Berechnungsleitfaden_V4.0_20181025_01.pdf))

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Porenbetonstein, Fa. YTONG .....	11
Abb. 2: Ziegelherstellung.....	14
Abb. 3: Übersicht Eigenschaften unterschiedlicher Baustoffe .....	24
Abb. 4: Säulen der Nachhaltigkeit .....	26
Abb. 5: Globale Energiebilanz seit 1970 .....	30
Abb. 6: Zusammensetzung OI3-Indikator .....	30
Abb. 7: Berechnung Stahlbeton.....	37
Abb. 8: Berechnung Stahlbeton detailliert .....	37
Abb. 9: Berechnung Porenbeton detailliert.....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
Abb. 10: Berechnung Porenbeton .....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
Abb. 11: Berechnung Ziegel .....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
Abb. 12: Berechnung Ziegel detailliert.....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
Abb. 13: Berechnung Lehmziegel .....	47
Abb. 14: Berechnung Lehmziegel detailliert .....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
Abb. 15: Berechnung Stampflehm.....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
Abb. 16: Berechnung Stampflehm detailliert ....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
Abb. 17: Berechnung Holzleichtbau .....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
Abb. 18: Berechnung Holzleichtbau detailliert ..	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
Abb. 19: Berechnung Holzmassivbau .....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
Abb. 20: Berechnung Holzmassivbau detailliert	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>

## Tabellenverzeichnis

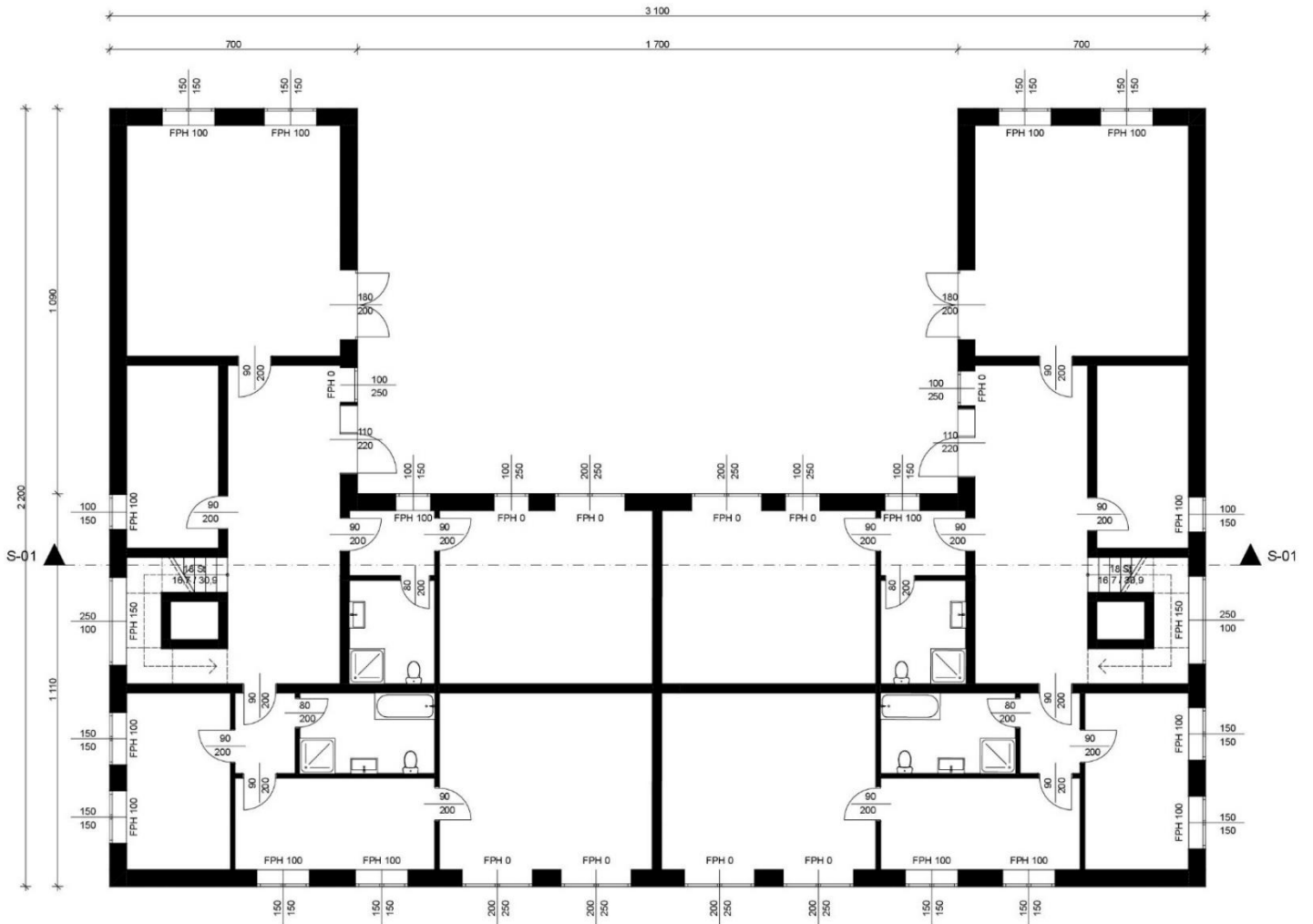
Tab. 1: Abfall der Betondruckfestigkeit mit steigendem W/B-Wert .....	8
Tab. 2: Kenndaten von Stahlbeton .....	9
Tab. 3: Kennzahlen Porenbeton .....	12
Tab. 4: Kennzahlen Mauerziegel .....	16
Tab. 5: Kennzahlen Lehmstein .....	19
Tab. 6: Kennzahlen Stampflehmwand .....	20
Tab. 7: Kennzahlen Holzleichtbau .....	22
Tab. 8: Kennzahlen Konstruktionsvollholz mit 15% Feuchte .....	23
Tab. 9: Gebäudedaten Musterwohnbau .....	32
Tab. 10: Fenster und Türen Musterwohnbau.....	34
Tab. 11: Aufbau Außenwand Stahlbeton .....	34
Tab. 12: Aufbau Innenwand Stahlbeton .....	35
Tab. 13: Aufbau Innenwand nicht tragend Stahlbeton .....	35
Tab. 14: Aufbau Decke Stahlbeton .....	35
Tab. 15: Aufbau Bodenplatte Stahlbeton .....	36
Tab. 16: Aufbau Außenwand Porenbeton .....	37
Tab. 17: Aufbau Innenwand Porenbeton .....	38
Tab. 18: Aufbau Innenwand nicht tragend Porenbeton .....	38
Tab. 19: Aufbau Decke Porenbeton .....	38
Tab. 20: Aufbau Bodenplatte Stahlbeton .....	39
Tab. 21: Aufbau Flachdach Porenbeton .....	39
Tab. 22: Aufbau Außenwand Ziegel .....	40
Tab. 23: Aufbau Innenwand Ziegel .....	41
Tab. 24: Aufbau Innenwand nicht tragend Ziegel .....	41
Tab. 25: Aufbau Decke Ziegel .....	41
Tab. 26: Aufbau Bodenplatte Stahlbeton .....	42
Tab. 27: Aufbau Flachdach Ziegel .....	42
Tab. 28: Aufbau Außenwand Lehmziegel.....	44
Tab. 29: Aufbau Innenwand Lehmziegel .....	44
Tab. 30: Aufbau Innenwand nicht tragend Lehmziegel.....	44
Tab. 31: Aufbau Decke Lehm .....	45
Tab. 32: Aufbau Bodenplatte Stahlbeton .....	45
Tab. 33: Aufbau Flachdach Lehm.....	46
Tab. 34: Aufbau Außenwand Stampflehm .....	47
Tab. 35: Aufbau Innenwand Stampflehm .....	48
Tab. 36: Aufbau Innenwand nicht tragend Stampflehm .....	48

Tab. 37: Aufbau Decke Stampflehm.....	49
Tab. 38: Aufbau Bodenplatte Stahlbeton.....	49
Tab. 39: Aufbau Flachdach Stampflehm .....	50
Tab. 40: Aufbau Außenwand Holzleichtbau .....	51
Tab. 41: Aufbau Innenwand Holzleichtbau .....	52
Tab. 42: Aufbau Innenwand nicht tragend Holzleichtbau .....	52
Tab. 43: Aufbau Decke Holzleichtbau .....	53
Tab. 44: Aufbau Bodenplatte Stahlbeton.....	53
Tab. 45: Aufbau Flachdach Holzleichtbau .....	54
Tab. 46: Aufbau Außenwand Holzmassivbau.....	56
Tab. 47: Aufbau Innenwand Holzmassivbau .....	56
Tab. 48: Aufbau Innenwand nicht tragend Holzmassivbau .....	57
Tab. 49: Aufbau Decke Holzmassivbau .....	57
Tab. 50: Aufbau Bodenplatte Stahlbeton.....	57
Tab. 51: Aufbau Flachdach Holzmassivbau .....	58
Tab. 52: Ranking der Bauweisen mit zwei Bepunktungsschemen .....	<b>Fehler!</b> <b>Textmarke nicht definiert.</b>
Tab. 53: Gesamtranking .....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>

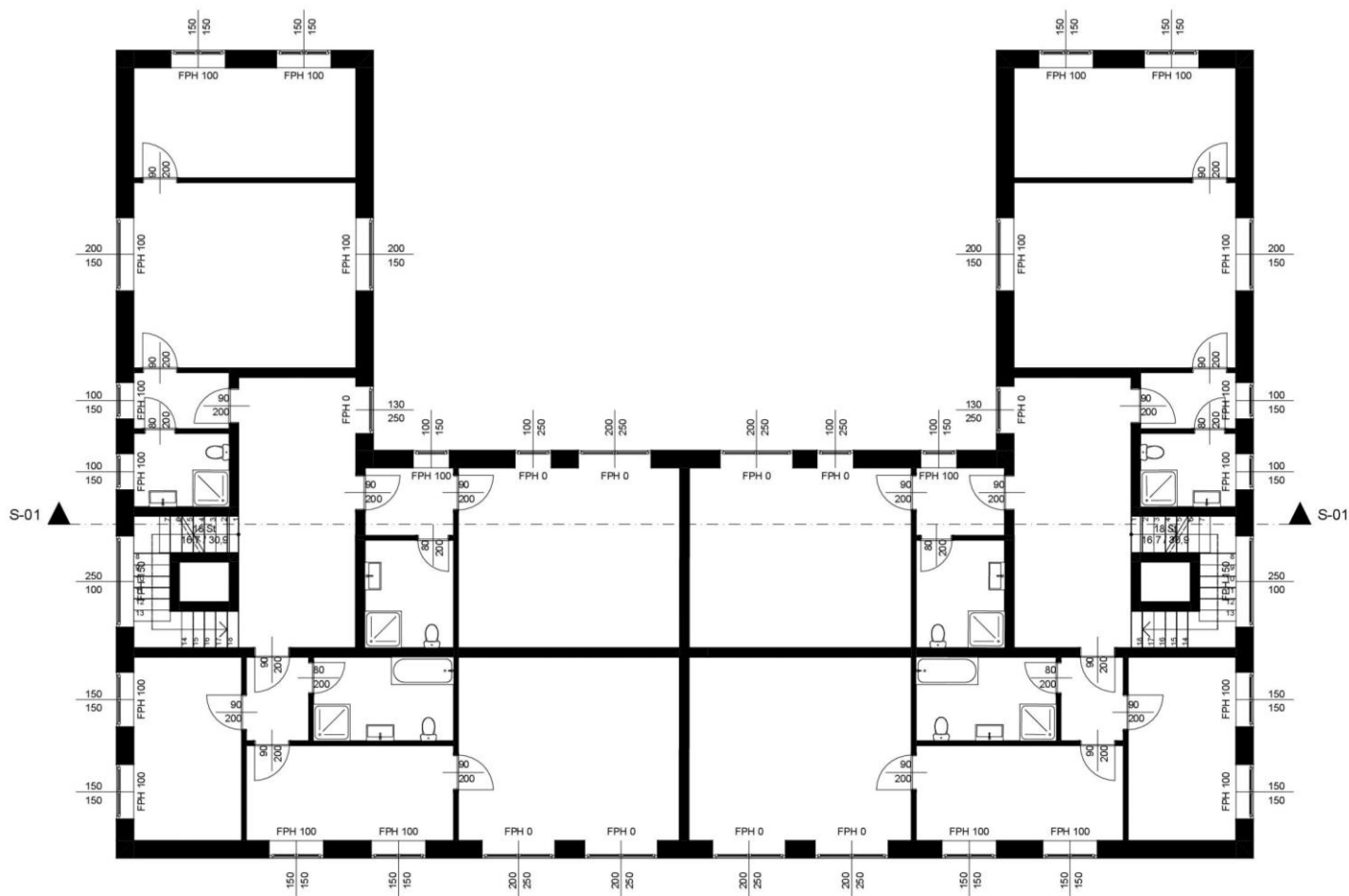
# Anhang

## Pläne Musterwohnbau:

### 1) Grundriss Erdgeschoß M=1:200



2) Grundriss Obergeschoße M=1:200



3) Schnitt M=1:200

