



**DIPLOMARBEIT**

Planung eines energieautarken Gebäudes

**Vorgelegt am:** 07.09.2021

**Von:** Friedl Philipp  
Kaltenbergstraße 6  
94160 Ringelai

**Studiengang:** 2018

**Studienrichtung:** Versorgungs- und Umwelttechnik

**Seminargruppe:** VU 18-2

**Matrikelnummer:** 4003396

**Praxispartner:** Weigerstorfer Haustechnik GmbH  
Ahornöder Str. 9-13  
94078 Freyung

**Betrieblicher Betreuer:** Herr Dipl.-Ing. Kloiber Werner

**Akademischer Betreuer:** Herr Prof. Dipl.-Ing. Timo Leukefeld

# Themenblatt Diplomarbeit

Studiengang Versorgungs- und Umwelttechnik

Student: **Philipp Friedl**  
Matrikelnummer: **4003396**  
Seminargruppe: **4VU18-2**

## Thema der Diplomarbeit

**Planung eines energieautarken Gebäudes**

Gutachter/ Betreuer: Dipl.-Ing. Werner Kloiber  
Gutachter (Studienakademie): Prof. Timo Leukefeld

Ausgabe des Themas: **25.05.2021**  
Abgabe der Arbeit an den SG am: **17.08.2021, bis 14:00:00**



Prof. Ingolf Fiator  
Vorsitzender des Prüfungsausschusses  
Technik

**Einwilligungserklärung in die Archivierung und Veröffentlichung der  
Bachelor-Thesis/Diplomarbeit an der Berufsakademie Sachsen  
- Staatliche Studienakademie Glauchau -**

Um den von dem Verfasser/ der Verfasserin in Form seiner/ ihrer Bachelor-Thesis/Diplomarbeit geleisteten Beitrag zur wissenschaftlichen Gemeinschaft leicht auffindbar zu machen sowie für einen chronologischen Nachweis zu den geschriebenen Themen, veröffentlicht die jeweilige Staatliche Studienakademie jedes Jahr die Titel, Verfasser/Verfasserin und teilweise die Volltexte dieser Arbeiten. Dafür benötigen wir die Einwilligung des Verfassers/ der Verfasserin.

Angabe des Verfassers/ der Verfasserin:

- Vorname, Nachname: Philipp, Friedl
- Seminargruppe: VU 18 - 2
- Matrikel-Nr.: 4003396
- E-Mail:\*

\*Diese Angabe ist optional und dient dem Zweck der Kontaktaufnahme durch die zuständigen Bibliotheksmitarbeiter\_innen bei Unregelmäßigkeiten der Verarbeitung. Die E-Mail wird nicht veröffentlicht.

Hinweis:

„Metadaten“ (s. u.) umfassen: Vorname, Nachname; Titel; Dokumenttyp; Abstract; Jahr; Schlagwörter

Zu nachfolgenden Zwecken erklärt sich der Verfasser/ die Verfasserin der Bachelor-Thesis/Diplomarbeit  
(Bitte zutreffendes ankreuzen)

- a) Archivierung der Printform sowie der elektronischen Form der Bachelor-Thesis/Diplomarbeit im Archiv der Standortbibliothek der Berufsakademie Sachsen, Staatliche Studienakademie Glauchau über einen Zeitraum von 10 Jahren (kein Zugang und Zugriff durch Dritte).  ja  nein
  
- b) Weltweite Veröffentlichung der o. g. Metadaten auf dem Dokumentenserver „opus.ba-glauchau.de“ sowie Übermittlung der o. g. Metadaten an andere Bibliotheken, Archive, Portale, Kataloge insbesondere an die Deutsche Nationalbibliothek und DFG-Sondersammelgebietsbibliotheken (weltweite Sichtbarkeit ohne Volltext). **Wenn ja, bitte nur die unter <https://opus.ba-glauchau.de/publish> abgefragten Daten, ohne PDF eingeben.**  ja  nein
  
- c) Weltweite Veröffentlichung (Open-Access) des Volltextes in elektronischer Form der Bachelor-Thesis/Diplomarbeit auf dem Dokumentenserver „opus.ba-glauchau.de“ (über Suchmaschinen recherchierbar) sowie Übermittlung des Volltextes und der o. g. Metadaten an andere Bibliotheken, Archive und Open-Access-Portale, insbesondere an die Deutsche Nationalbibliothek und DFG-Sondersammelgebietsbibliotheken (weltweiter Zugang und Zugriff). **Wenn ja, bitte die unter <https://opus.ba-glauchau.de/publish> abgefragten Daten mit PDF eingeben. Die endgültige Freischaltung erfolgt durch die Bibliothek.**  ja  nein

ohne jegliche zeitliche, räumliche und inhaltliche Einschränkung gem. Art. 6 Abs. 1 lt. a DSGVO einverstanden.

Die Erteilung der Einwilligung ist **freiwillig**.

Eine erteilte Einwilligung kann jederzeit – ganz oder teilweise – mit Wirkung für die Zukunft schriftlich widerrufen

werden. Aus der Verweigerung der Einwilligung oder einem Widerruf entstehen keine Nachteile.

Der Verfasser/ die Verfasserin bestätigt, dass er/ sie die weiteren „Hinweise zur Einwilligungserklärung“ gelesen und verstanden hat.

Freyung, 01.09.2021

Ort, Datum



Unterschrift des Verfassers/ der Verfasserin

### **Hinweise zur Einwilligungserklärung:**

Mit der vorliegenden Einwilligungserklärung erklären Sie sich mit der Archivierung und/ oder Veröffentlichung der von Ihnen verfassten Bachelor-Thesis/Diplomarbeit und/ oder Metadaten zu o. g. Zwecken einverstanden. Die Einwilligung gilt nur für die in der Einwilligung genannten Zwecke. Eine darüberhinausgehende Verarbeitung der Bachelor-Thesis/Diplomarbeit oder Metadaten bedarf einer gesonderten Einwilligung.

Die Einwilligung erfolgt freiwillig und ist jederzeit ohne Angabe von Gründen widerrufbar. Nachteile entstehen Ihnen bei einer Verweigerung der Einwilligung oder einem nachträglichen Widerruf nicht. Alle Widerrufe sind schriftlich zu richten an: [bibliothek.glauchau@ba-sachsen.de](mailto:bibliothek.glauchau@ba-sachsen.de). Ein Widerruf bewirkt, dass die Bachelor-Thesis/Diplomarbeit und/ oder Metadaten zu den o. g. Zwecken entfernt werden.

Bei einer Einwilligung in die Veröffentlichung der Bachelor-Thesis/Diplomarbeit und/ oder Metadaten im Internet (Open-Access) wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass auf diese Informationen und Daten weltweit von jeglicher Person zugegriffen werden kann. Es ist möglich, dass Dritte die veröffentlichten Daten verarbeiten und für nicht bekannte Zwecke – ggf. auch in Verbindung mit weiteren verfügbaren Informationen – auch nach einem Widerruf dieser Einwilligung nutzen. Über die Archivfunktion von Suchmaschinen besteht die Möglichkeit, dass Daten auch dann noch abrufbar sind, wenn die Angaben aus dem Dokumentenserver bereits entfernt oder geändert wurden.

Für datenschutzrechtliche Fragen und zur Wahrnehmung Ihrer Rechte gem. Kap. 3 DSGVO können Sie sich jederzeit an den Datenschutzbeauftragten der Berufsakademie Sachsen (Dresdner Institut für Datenschutz, [datenschutz@ba-sachsen.de](mailto:datenschutz@ba-sachsen.de)) wenden. Darüber hinaus steht Ihnen jederzeit ein Beschwerderecht bei der Aufsichtsbehörde zu.

Die Rechteeinräumung zur Archivierung und/ oder Veröffentlichung der Bachelor-Thesis/Diplomarbeit erfolgt ohne Vergütung und umfasst unter c) ein technisches Migrationsrecht soweit diese Veränderungen den Inhalt nicht berührt.

Mit der vorliegenden Einwilligungserklärung übertragen Sie der Berufsakademie Sachsen das einfache Nutzungsrecht zu o. g. Zwecken.

Ihre sonstigen Urheberrechte werden nicht eingeschränkt. Sie können die von Ihnen verfasste Bachelor-Thesis/Diplomarbeit jederzeit zusätzlich ganz oder teilweise veröffentlichen.

Sie versichern, dass mit der Veröffentlichung der von Ihnen verfassten Bachelor-Thesis/Diplomarbeit,

insbesondere der ggf. im vorliegenden Werk enthaltenen Abbildungen, keine Rechte Dritter verletzt werden. Sie stellen die Berufsakademie Sachsen von etwaigen Ansprüchen Dritter frei. Die Berufsakademie Sachsen ist berechtigt, den Zugriff auf die von Ihnen verfasste Bachelor-Thesis/Diplomarbeit zu sperren, soweit konkrete Anhaltspunkte für eine Verletzung von Rechten Dritter oder Straftaten bestehen. Die Berufsakademie Sachsen wird Sie in einem solchen Fall über die Sperrung informieren.

**Empfehlung des/der vom Praxispartner benannten  
Gutachters/Gutachterin zur Archivierung und Veröffentlichung der  
Bachelor-Thesis/Diplomarbeit an der Berufsakademie Sachsen**

- Die Bachelor-Thesis/Diplomarbeit soll entsprechend den vom Verfasser / von der Verfasserin erklärten Zwecken an der Berufsakademie Sachsen archiviert und veröffentlicht werden.
- Die Bachelor-Thesis/Diplomarbeit soll **nicht** entsprechend den vom Verfasser / von der Verfasserin erklärten Zwecken an der Berufsakademie Sachsen archiviert und veröffentlicht werden:

Begründung:

Die Bachelor-Thesis/Diplomarbeit kann ab 01.01.2024 entsprechend den vom Verfasser / von der Verfasserin erklärten Zwecken an der Berufsakademie Sachsen archiviert und veröffentlicht werden.

**WEIGERSTORFER GMBH**  
- Haustechnik -  
Ahornöder Str. 9-13 / Tel. 0 95 51 75 89 - 0  
*[Handwritten Signature]*  
**94078 FREYUNG**

Freyung, 01.09.2021

Ort, Datum und Unterschrift des/der vom Praxispartner benannten Gutachters/Gutachterin

## Inhaltsverzeichnis

<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>IX</b>
<b>VERWENDETE SOFTWARE.....</b>	<b>IX</b>
<b>1. ANFORDERUNGEN AN NEUBAUTEN.....</b>	<b>1</b>
1.1 PROBLEMSTELLUNG BEI SONNENABHÄNGIGEN TECHNIKEN .....	3
1.2 ZIELSTELLUNG / MOTIVATION.....	4
1.3 VORGEHENSWEISE .....	5
<b>2. GRUNDLAGEN.....</b>	<b>5</b>
2.1 BEGRIFFE / DEFINITIONEN.....	6
2.1.1 (SPEZIFISCHER) PRIMÄRENERGIEBEDARF $Q_P$ .....	6
2.1.2 TRANSMISSIONSWÄRMEVERLUST $HT / HT'$ .....	8
2.1.3 AUTARKIEGRAD .....	9
2.1.4 SOLARER DECKUNGSGRAD .....	10
<b>2.2 GEBÄUDEKONZEPTE .....</b>	<b>12</b>
2.2.1 NIEDRIGSTENERGIEHAUS .....	12
2.2.2 PASSIVHAUS .....	14
2.2.3 NULL-ENERGIE-HAUS / PLUS-ENERGIE-HAUS .....	15
2.2.4 SONNENHAUS .....	17
<b>2.3 TECHNISCHE UMSETZUNGSMÖGLICHKEITEN .....</b>	<b>20</b>
2.3.1 WÄRMEGEWINNUNG .....	20
2.3.2 STROM / ELEKTRIZITÄT .....	26
2.3.3 SPEICHERUNGSSYSTEME.....	30
<b>3. GEBÄUDEKONZEPT .....</b>	<b>35</b>
<b>3.2 GEBÄUDEHÜLLE.....</b>	<b>36</b>
3.2.1 GEBÄUDEFORM .....	37
3.2.2 AUßENWANDAUFBAU / AUßENFENSTER .....	38
3.2.3 FLACHDACH BEGRÜNT .....	40

3.2.4 GLASWINTERGARTEN IM SÜDEN .....	41
3.2.5 GARAGENANBAU FÜR E-MOBILITÄT .....	43
3.2.6 AUSWERTUNG DATEN / BERECHNUNG DER GEBÄUDEHÜLLE.....	43
<b>3.3 WÄRMEERZEUGUNG ÜBER SOLARTHERMIE UNS BIOMASSEANLAGE .....</b>	<b>47</b>
3.3.1 SONNENKOLLEKTOREN .....	48
3.3.2 THERMISCHER LANGZEITSPEICHER .....	49
3.3.3 BIOMASSEHEIZUNG.....	50
3.3.4 SOLARER DECKUNGSANTEIL / ERGEBNISSE DER SIMULATION .....	50
<b>3.4 STROMERZEUGUNG DURCH PV-ANLAGE .....</b>	<b>52</b>
3.4.1 SOLARMODULDATEN / ANLAGENGRÖßE.....	53
3.4.2 SPEICHERUNG DURCH BATTERIEN UND WECHSELRICHTER .....	54
3.4.3 AUSWERTUNG DER PV-SIMULATION .....	56
<b><u>4. SCHLUSS .....</u></b>	<b><u>58</u></b>
<b>4.1 ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE .....</b>	<b>58</b>
<b>4.2 FAZIT / ZUKUNFTSAUSBLICK .....</b>	<b>59</b>
<b><u>QUELLENVERZEICHNIS .....</u></b>	<b><u>61</u></b>
<b>BILDQUELLEN.....</b>	<b>61</b>
<b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>62</b>
<b><u>ANHANGSVERZEICHNIS .....</u></b>	<b><u>66</u></b>
<b>ANHANG 1: T*SOL-SIMULATIONSERGEBNISSE.....</b>	<b>66</b>
<b>ANHANG 2: PV*SOL-SIMULATIONSERGEBNISSE .....</b>	<b>76</b>
<b>ANHANG 3: MH-SOFTWARE HEIZLASTBERECHNUNG .....</b>	<b>89</b>
<b>ANHANG 4: IWU TOOL ZUR GRADTAGSZAHLBESTIMMUNG.....</b>	<b>115</b>

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1 – Entwicklung Treibhausgas-Emissionen in Deutschland .....</b>	<b>2</b>
<b>Abbildung 2 – Primärenergiefaktoren GEG 2020 .....</b>	<b>7</b>
<b>Abbildung 3 – Vergleich Strompreis und Vergütung .....</b>	<b>9</b>
<b>Abbildung 4 – Vergleich Kollektorfläche zu solaren Deckungsgrad .....</b>	<b>11</b>
<b>Abbildung 5 – Primärenergiebedarf verschiedener Gebäudeklassen .....</b>	<b>19</b>
<b>Abbildung 6 – Aufbau eines Flachkollektors.....</b>	<b>21</b>
<b>Abbildung 7 - Funktionsprinzip eines Holzvergasers .....</b>	<b>25</b>
<b>Abbildung 8 - Funktionsweise Solarzelle.....</b>	<b>27</b>
<b>Abbildung 9 - Stromspeicher für PV-Anlagen .....</b>	<b>32</b>
<b>Abbildung 10 – Funktionsweise Brennstoffzelle .....</b>	<b>33</b>
<b>Abbildung 11 - Gebäudeposition auf Karte markiert .....</b>	<b>35</b>
<b>Abbildung 12 - Modellzeichnung des geplanten Gebäudes .....</b>	<b>37</b>
<b>Abbildung 13 - Aufbau Außenwand Holzrahmenbauweise.....</b>	<b>39</b>
<b>Abbildung 14 - Aufbau Flachdach begrünt.....</b>	<b>41</b>
<b>Abbildung 15 - geplante Position für die Solarthermieanlage.....</b>	<b>48</b>
<b>Abbildung 16 - gewählter Aufbau der Solaranlage .....</b>	<b>51</b>
<b>Abbildung 17 - geplante Aufstellung auf dem Flachdach .....</b>	<b>53</b>
<b>Abbildung 18 - Deckung des Gesamtverbrauchs .....</b>	<b>57</b>

## Abkürzungsverzeichnis

EnEV	Energieeinsparverordnung
GEG	Gebäudeenergiegesetz
EPBD	Energy Performance of Buildings Directive
PV	Photovoltaik
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
IWU	Institut Wohnen und Umwelt
DWD	Deutscher Wetterdienst

## Verwendete Software

MS-Excel-Anwendung	Tool zur Gradtagszahlenbestimmung
mh-Software	Berechnung der Heizlast und Wärmeverluste
T*SOL	Simulation solare Deckung für Heizung und Warmwasser
PV*SOL	Simulation für Ertrag einer PV-Anlage

## 1. Anforderungen an Neubauten

Im Übereinkommen von Paris wurde 2015 von 195 Staaten ein Klimaschutzziel für das Jahr 2050 vorgegeben. Dabei soll der Ausstoß von Treibhausgasen wie CO<sup>2</sup> bis zum Jahr 2050 schrittweise reduziert werden, um eine Erhöhung der globalen Durchschnittstemperatur von 1,5 Grad zu vermeiden. Zuvor war das angestrebte Ziel eine Erhöhung von 2 Grad zu vermeiden, jedoch wurde dieses Ziel verschärft da man schon heute in einigen Regionen der Welt die Folgen der globalen Erwärmung nachweisen kann. Deutschland hat seine Vorgaben nun nochmals verschärft und will sogar bereits im Jahr 2045 klimaneutral sein.<sup>1</sup>

Um den Fortschritt des Abkommens zu verifizieren, gibt es auch Klimaziele, die alle paar Jahre überprüft werden. So gab es die Forderung, den Treibhausgasausstoß bis 2020 um 40% gegenüber dem Wert von 1990 zu senken. Dieses Klimaziel hat Deutschland tatsächlich erreicht, jedoch nicht nur aufgrund der enormen Aufwendungen in den einzelnen betroffenen Bereichen, sondern auch aufgrund der Corona-Pandemie und einhergehender Einschränkungen im Bereich der Mobilität und dem Stoppen einiger Produktionsprozesse.

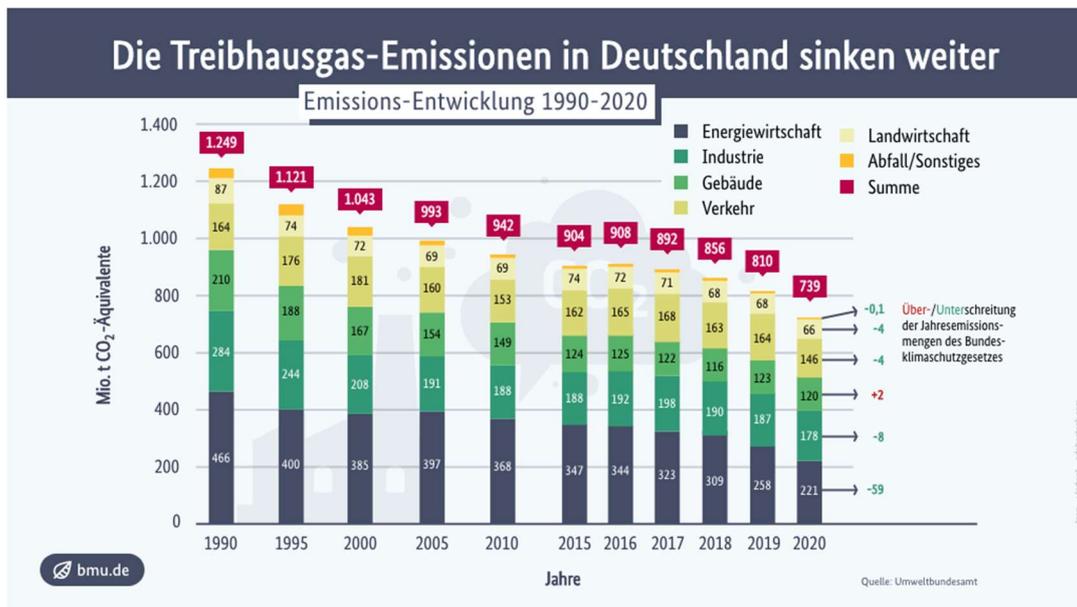
Vor allem im Bereich der Energieerzeugung konnte man die größten Fortschritte erkennen, wobei man anstelle der angestrebten 280 Millionen Tonnen CO<sup>2</sup> einen Ausstoß von äquivalent 221 Millionen Tonnen CO<sup>2</sup> verzeichnen konnte. Auch in anderen Bereichen konnte man eine positive Bilanz feststellen, außer im Gebäudesektor. Dieser hat sein Ziel verfehlt.<sup>2</sup>

Nun gibt es für den Bau von Gebäuden gewisse Vorschriften, die im GEG festgelegt werden. Diese Vorschriften umfassen zum einen Anforderungen an die Gebäudehülle sowie an den gesamten jährlichen Energieverbrauch eines Gebäudes. Auch für den Einsatz von erneuerbaren Energien im Neubau gibt es Vorschriften, welche einzuhalten sind.

---

<sup>1</sup> Quelle: [https://www.deutschlandfunk.de/auf-dem-weg-zur-klimaneutralitaet-die-neuen-klimaziele-fuer.2897.de.html?dram:article\\_id=496894](https://www.deutschlandfunk.de/auf-dem-weg-zur-klimaneutralitaet-die-neuen-klimaziele-fuer.2897.de.html?dram:article_id=496894)

<sup>2</sup> Quelle: <https://www.tagesschau.de/inland/klimaziel-2020-101.html>



**Abbildung 1** – Entwicklung Treibhausgas-Emissionen in Deutschland  
(<https://www.bmu.de/pressemitteilung/treibhausgasemissionen-sinken-2020-um-87-prozent/>)

Zum einen ist der Einsatz von erneuerbaren Energien heutzutage gefordert. Als erneuerbare Energie versteht man eine Energiequelle, welche (scheinbar) ohne jemals zu Neige zu gehen, immer wieder in Wärme, Strom oder andere Energieformen umgewandelt werden kann. So lässt sich die Sonne als „unendliche“ Energiequelle nutzen, Biomasse aus nachwachsenden Rohstoffen, Windenergie und noch viele weitere. Falls man sich nun für eine gewisse Energiequelle entschieden hat, welche beim Betrieb des Gebäudes eingesetzt werden soll, so muss man einen Deckungsanteil einhalten, welcher von Anlagenart zu Anlagenart variiert. So muss bei der Nutzung einer Biomasseanlage zur Wärmeerzeugung ein Deckungsanteil von 50% erreicht werden, wobei es hier Unterschiede gibt zwischen fester, flüssiger oder gasförmiger<sup>3</sup> Biomasse.

Auch für die Nutzung von Sonnenenergie in Form von Solarthermie gibt es einen geforderten Deckungsanteil. Dieser beträgt jedoch nur 15%, weshalb diese oft als einfache und kostengünstige Alternative zur Einhaltung der geforderten Nutzung von erneuerbaren Energien gesehen wird. Dabei lässt sich durch gezielte und sinnvolle

<sup>3</sup> Anmerkung: mindestens 50% bei gasförmiger Biomasse in Brennwertkessel, mindestens 30% in KWK-Anlage

Nutzung von Solarenergie ein größerer Anteil decken, welcher dann auch einen Großteil des jährlichen Bedarfs an Wärme und auch Strom sichern kann.<sup>4</sup>

Ein Gebäudekonzept, welches auf die hauptsächliche Versorgung durch Solarenergie setzt, soll im Rahmen dieser Arbeit geplant werden. Dabei soll es sich um ein Gebäude handeln, das sich selbst mit Energie versorgen kann, um es somit als energieautark bezeichnen zu können.

### 1.1 Problemstellung bei sonnenabhängigen Techniken

Nun ist der Grundgedanke, sich ausschließlich von der Energie der Sonne selbst zu versorgen, erstmal ein erstrebenswertes Ziel, um auch einen Teil zur neutralen Klimabilanz beizutragen. Jedoch ist die technische Umsetzung solcher Gebäude mit vielen Problemen und Herausforderungen belastet, welche man sich im Vorhinein bewusst machen muss.

Eine Erschwernis dabei ist die zeitliche Verschiebung von solarem Ertrag und Energiebedarf. In der Regel wird die meiste Energie in Form von Wärme und Strom morgens und abends benötigt, jedoch hat man den besten Ertrag immer zu den Mittagsstunden, da die Sonne dort im höchsten Punkt steht und somit den steilsten Einfallswinkel für die Sonnenstrahlen bietet. Deshalb sind solartechnische Anlagen im Idealfall immer nach Süden ausgerichtet.

Um diese Angelegenheit zu umgehen, muss bei einem Gebäude, welches größtenteils durch solartechnische Anlagen versorgt wird, auf intelligente Möglichkeiten zur Speicherung von Energie gesetzt werden.

Es gibt noch ein anderes zeitliches Problem, das zu beachten ist, und zwar den unterschiedlichen solaren Ertrag in den verschiedenen Jahreszeiten. Auch hier ist die Ausgangslage so, dass man zu der Jahreszeit, in der man den besten solaren Ertrag hat, nämlich den Sommer, am wenigsten Energie benötigt. Im Winter braucht man im

---

<sup>4</sup> Quelle: <https://www.gesetze-im-internet.de/geg/BJNR172810020.html#BJNR172810020BJNG000800000>

Gegensatz dazu am meisten Energie, da vor allem der Wärmebedarf für die Heizung mit abgedeckt werden muss.

Damit ergibt sich auch hier die Thematik, dass eine Speicherung von Energie notwendig ist, um die solaren Gewinne möglichst effizient und über einen langen Zeitraum ohne starke Sonneneinstrahlung auch nutzbar zu machen. Dafür ist vor allem eine Langzeitspeicherung notwendig.

Wie man aus dieser Problematik schon erkennen kann, ist vor allem eine effiziente Speicherung von Energie eine grundlegende Herausforderung für diese Sonnenhäuser. So ergibt es sich, dass eine hundertprozentige Eigenversorgung in der Regel ungünstig ist, da man ab einem gewissen Punkt für die Speicherung mehr investieren muss, als man am Ende dann einsparen würde.<sup>5</sup>

## 1.2 Zielstellung / Motivation

Ziel dieser Arbeit soll es sein, ein Konzeptgebäude unter gegebenen Parametern zu erstellen und den solaren Deckungsanteil / Autarkiegrad zu ermitteln. Es sollen dabei andere Gebäudekonzepte vorgestellt werden und mögliche verwendbare Technologien präsentiert werden.

Zudem soll die Zukunftsfähigkeit solcher Systeme unter verschiedenen Gesichtspunkten analysiert und bewertet werden. Dabei soll festgestellt werden, ob ein Gebäude unter den gegebenen Bedingungen an diesem Standort sinnvoll ist oder ob ein konventioneller Gebäudebau geeigneter wäre.

In der Zeit des Klimawandels muss auch im Gebäudebau ein Umdenken bezüglich der eingesetzten Energieträger stattfinden. Um dieses Umdenken zu erreichen ist das Erstellen solcher Konzeptgebäude ein wesentlicher Bestandteil zur Ermittlung zukunftsorientierter Bauweisen. Somit kann gezeigt werden, dass der Einsatz von regenerativen Energien sich über die Standzeit eines Gebäudes als sinnvoll erweisen kann.

---

<sup>5</sup> Quelle: <https://www.sonnenhaus-institut.de/solarheizung/solaranlage-heizkonzept.html>

### 1.3 Vorgehensweise

In dieser Arbeit soll in den folgenden Abschnitten an ein energieautarkes Konzeptgebäude herangeführt werden und dieses am Ende vorgestellt und bewertet werden. Es soll dabei an den Baustandard „Sonnenhaus Autark“<sup>6</sup> angelehnt sein und auch dessen Kriterien erfüllen.

Wichtige Begriffe, die für das Verständnis dieser Arbeit notwendig sind, werden an gegebener Stelle erklärt oder im Abschnitt 2: Grundlagen ausformuliert. Damit soll die Lesbarkeit des Dokuments gesteigert werden.

Auf das Thema soll mithilfe von anderen Baustandards hingewiesen werden und diese sollen als Vergleich zu den vom Autor vorgestellten Konzeptgebäude erwähnt werden. Dabei soll vor allem auf die Unterschiede zwischen Passivhaus und Sonnenhaus aufmerksam gemacht werden.

Als nächstes sollen technische Umsetzungsmöglichkeiten zur Realisierung von energieautarken Systemen vorgestellt werden. Im Vordergrund steht dabei die Ausnutzung von solarer Strahlung für die Erzeugung von Wärme und Strom und die damit einhergehenden Speicherungsmöglichkeiten.

Bei der Vorstellung des Konzeptgebäudes sollen die notwendigen Daten zusammengetragen und ausgewertet werden. Die Ergebnisse werden fachlich ausgewertet und ein Fazit soll gezogen werden.

## 2. Grundlagen

Bevor nun ein Gebäudekonzept vorgestellt wird, müssen einige grundlegende Begriffe, Definitionen und Grundlagen geklärt werden. Diese sollen im folgenden Abschnitt erläutert werden.

---

<sup>6</sup> vgl. Sonnenhaus-Institut Kriterien 2014; <https://www.sonnenhaus-institut.de/wp-content/uploads/1-Sonnenhauskriterien-2014.pdf>

## 2.1 Begriffe / Definitionen

Als erstes werden einige Begriffe, die im Folgenden immer wieder Verwendung finden, erläutert werden. Diese sind für das bessere Verständnis für den Leser auszuarbeiten und zu erklären.

### 2.1.1 (spezifischer) Primärenergiebedarf $Q_P$

Mit dem Primärenergiebedarf lässt sich die Größe beschreiben, die an Energie „erzeugt“<sup>7</sup> werden muss, um bei einem Endverbraucher den sogenannten Endenergiebedarf zu decken.

Der Endenergiebedarf beschreibt die Menge an Energie, die in einem Gebäude wirklich benötigt wird. Somit werden jedoch sämtliche Prozesse, wie die Umwandlung von Energie, der Transport oder der Abbau von Ressourcen, die vor dem eigentlichen Endverbraucher stattfinden, nicht betrachtet. Der Primärenergiebedarf im Gegensatz dazu schließt alle diese Prozesse mit ein und gibt so einen realistischeren Wert für die notwendige Energiemenge vor.<sup>8</sup>

Um den Primärenergiebedarf zu berechnen, muss zunächst der Endenergiebedarf eines Gebäudes berechnet werden. Dieser setzt sich zusammen aus den üblichen im Gebäude eingesetzten Energieformen zusammen, nämlich Strom und Wärme. Sobald der Endenergiebedarf berechnet worden ist, wird dieser mit einem Primärenergiefaktor multipliziert, welcher von der jeweilig eingesetzten Energiequelle abhängig ist. Diese Faktoren werden in Anlage 4 zum ersten Absatz §22 des GEG definiert.

---

<sup>7</sup> Anmerkung: Energie kann nicht erzeugt, sondern nur umgewandelt werden; wird im weiteren Verlauf für den Lesefluss trotzdem so bezeichnet

<sup>8</sup> Quelle: <https://baugorilla.com/energieausweis-nutzenergie-endenergie-primaeerenergie>

			Primärenergiefaktoren nicht erneuerbarer Anteil	
Nummer	Kategorie	Energieträger	DIN V 18599	GEG
1	Fossile Brennstoffe	Heizöl	1,1	1,1
2		Erdgas	1,1	1,1
3		Flüssiggas	1,1	1,1
4		Steinkohle	1,1	1,1
5		Braunkohle	1,2	1,2
6	Biogene Brennstoffe	Biogas*	1,1/0,5	1,1**/0,3
7		Bioöl*	1,1/0,5	1,1/0,3
8		Holz	0,2	0,2
9	Strom	netzbezogen	1,8	1,8
10		gebäudenah erzeugt (aus PV oder Windkraft)	0,0	0,0
11		Verdrängungsstrommix für KWK	2,8	2,8
12	Wärme, Kälte	Erdwärme, Geothermie, Solarthermie, Umgebungswärme	0,0	0,0
13		Erdkälte, Umgebungskälte	0,0	0,0
14		Abwärme	0,0	0,0
15		Wärme aus KWK, gebäudeintegriert oder gebäudenah	0,7 / 0,0	gemäß DIN V 18599
16	Siedlungsabfälle			0,0

**Abbildung 2** – Primärenergiefaktoren GEG 2020  
(<https://egs-plan.de/magazin/geg-das-neue-gebäudeenergiegesetz>)

Wie sich hier erkennen lässt, werden regenerative Energieformen / -träger in dieser Rechnung mit sehr niedrigen Faktoren versehen, so wird die Erzeugung von Wärme aus Solarthermie mit einem Faktor 0,0 angegeben. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die effektive Nutzung von regenerativen Energien in Gebäuden den Primärenergiebedarf des Gebäudes wesentlich senken kann.

Es gibt dabei noch eine Unterscheidung zwischen dem Primärenergiebedarf und dem spezifischen Primärenergiebedarf. Der Primärenergiebedarf bezieht sich dabei auf den Energiebedarf eines Gebäudes über die Zeitdauer eines Jahres  $[\frac{kWh}{a}]$ , während der spezifische Wert den Energiebedarf pro Flächeneinheit beschreibt, in der Regel auf Quadratmeter  $[\frac{kWh}{am^2}]$ . Der spezifische Wert ist somit nochmal eine realistischere Größe, da man die Größe der Nutzfläche mit einbezieht anstelle der Betrachtung der Absolutwerte.

### 2.1.2 Transmissionswärmeverlust $H_T$ / $H_T'$

Als nächstes muss der Transmissionswärmeverlust  $H_T$  definiert werden. Dieser Wert gibt an, wieviel Wärme ein Gebäude je nach Temperaturdifferenz zwischen Innenbereich des Gebäudes und umgebender Temperatur der Umwelt  $[\frac{W}{K}]$ . In diesen Wert fließen die Verluste von Wärme an die Umwelt durch sämtliche Oberflächen ein sowie die ein Zuschlag für die anfallenden Wärmebrücken in einem Gebäude. Dieser Wert gibt auch eine Auskunft über die Effizienz der Gebäudehülle und kann durch eine gute Dämmung der Fassade entsprechend beeinflusst werden.

Auch hierzu gibt es eine spezifische Größe, die sich diesmal auf die Fläche der gesamten umgebende Gebäudehülle bezieht. Dieser Wert wird als  $H_T'$  bezeichnet und gibt den mittleren U-Wert der Gebäudehülle, inklusive Wärmebrücken, an  $[\frac{W}{Km^2}]$ . Der U-Wert ist dabei der Wärmedurchgangskoeffizient eines Bauteils.<sup>9</sup>

In der EnEV wurde für den Transmissionswärmeverlust bisweilen ein Wert je nach Gebäudeklasse gefordert, um die Effizienz einer Gebäudehülle nachzuweisen. Dieser Nachweis soll nun im GEG nicht mehr als notwendige Größe betrachtet werden. Lediglich der Wert für ein Referenzgebäude soll nachgewiesen werden.

Da jedoch der Primärenergiebedarf auch von den Transmissionswärmeverlusten abhängig ist, fließt diese Größe auch indirekt wieder in die energetische Beurteilung von Gebäuden mit ein. Auch wenn diese Größe nicht mehr gesetzlich vorgeschrieben nachgewiesen werden muss, so gibt es dennoch Gebäudekonzepte / Bauweisen, die vor allem auf die Reduzierung dieser Transmissionswärmeverluste setzen, um den Primärenergiebedarf so weit wie möglich zu senken.<sup>10</sup>

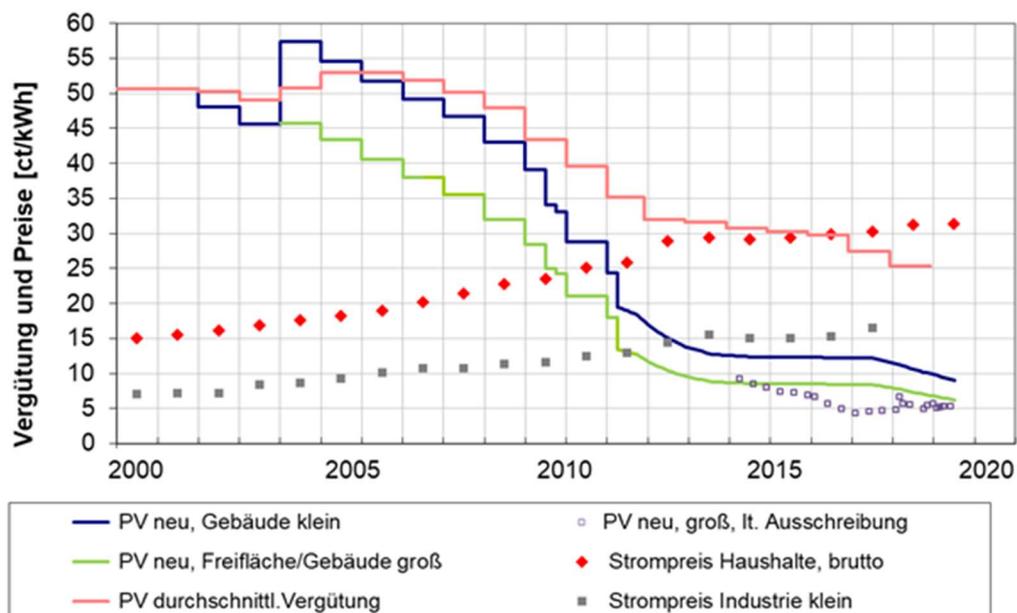
<sup>9</sup> Quelle: <https://www.energie-experten.org/bauen-und-sanieren/daemmung/waermedaemmung/transmissionswaermeverlust>

<sup>10</sup> Quelle: <https://www.l-ib.de/news/das-geg-ist-am-1-november-in-kraft-getreten-das-muessen-bauherren-wissen-80.html>

### 2.1.3 Autarkiegrad

Der Autarkiegrad ist ein Wert zur Beschreibung des Verhältnisses zwischen Eigenverbrauch von selbst erzeugtem Strom zu Gesamtverbrauch von Strom. Somit kann die Unabhängigkeit vom Stromnetz berechnet werden.<sup>11</sup>

Bei der Eigenerzeugung von Strom bieten sich dem Betreiber einer Anlage die Möglichkeit, den Strom entweder ins öffentliche Stromnetz einzuspeisen oder den Strom im Haushalt zu nutzen. Die letzte der beiden Möglichkeiten gerät dabei immer mehr in den Fokus, da man bei der Einspeisung in das Netz aktuell entsprechend geringe Vergütungen erhält. Diese Vergütungen wurden im EEG definiert und sind abhängig davon, wann die Anlage installiert wurde, um welchen Anlagentyp es sich dabei handelt und welche Größe die Anlage besitzt, bzw. welche Leistung die Anlage erbringen kann.<sup>12</sup>



**Abbildung 3** – Vergleich Strompreis und Vergütung  
([https://www.dankeanke.de/energie-umwelt/pv-anlagen/#EEG-Umlage\\_auf\\_dem\\_Pruefstand](https://www.dankeanke.de/energie-umwelt/pv-anlagen/#EEG-Umlage_auf_dem_Pruefstand))

<sup>11</sup> Quelle: <https://www.shine.eco/2017/08/10/unterschied-eigenverbrauch-autarkie/>

<sup>12</sup> Quelle: <https://www.energie-lexikon.info/einspeiseverguetung.html#befreiung>

Dabei lässt sich vor allem bei Eigenheimen, welche zur Stromerzeugung vorrangig PV-Anlagen installiert haben, das Phänomen beobachten, dass die Einspeisung von selbst erzeugtem Solarstrom in den Anfangszeiten der Photovoltaikanlagen um ein wesentliches höher war, als das jetzt der Fall ist. Auch der Strompreis selbst hat sich in den letzten 20 Jahren mehr als verdoppelt. Wenn man diese zwei Preisänderungen vergleicht, so lässt sich feststellen, dass die Vergütung für eingespeisten Solarstrom bis zum Jahr 2011<sup>13</sup> über dem damaligen Strompreis war und man somit bilanziell mehr Geld für eine kWh bekommen hat als man bezahlt hat.

Nun kann man behaupten, dass sich eine Installation einer neuen PV-Anlage für ein Eigenheim nicht mehr lohnen würde, da man für die Einspeisung von Strom ins Netz ca. nur noch ein Viertel von dem erzielt, was man für die Entnahme von Strom bezahlt. Deshalb kann man hier wieder auf die Eigennutzung des Solarstroms zurückkommen. Je effizienter man diesen im eigenen Haus verwenden und speichern kann, desto weniger Strom muss man aus dem Netz beziehen und spart somit über einen langen Zeitraum mit stetig steigenden Strompreisen Geld ein. Je mehr der Eigenverbrauch gedeckt werden kann, desto schneller amortisiert sich eine solche Anlage.

Zudem gibt es für Anlagen bis 30 kW<sub>P</sub> seit 2021 eine Befreiung von der sogenannten EEG-Umlage<sup>14</sup> bei Eigenverbrauch von Solarstrom. Davor war eine Befreiung von der Umlage nur für Anlagen bis 10 kW<sub>P</sub> möglich, ansonsten konnte man die Umlage nur anteilig reduzieren lassen durch Eigenverbrauch.<sup>15</sup>

#### 2.1.4 Solarer Deckungsgrad

Der solare Deckungsgrad beschreibt den Anteil an Energie, welcher durch solare Gewinne mithilfe einer solarthermischen Anlage in Wärme umgewandelt werden kann und somit für die Heizung und die Erzeugung von Warmwasser nutzbar gemacht werden kann. In der Regel kann eine solarthermische Anlage Deckungsgrade von 52%

---

<sup>13</sup> Anmerkung: Für Kleinanlagen, bei Großanlagen bereits 2009/2010

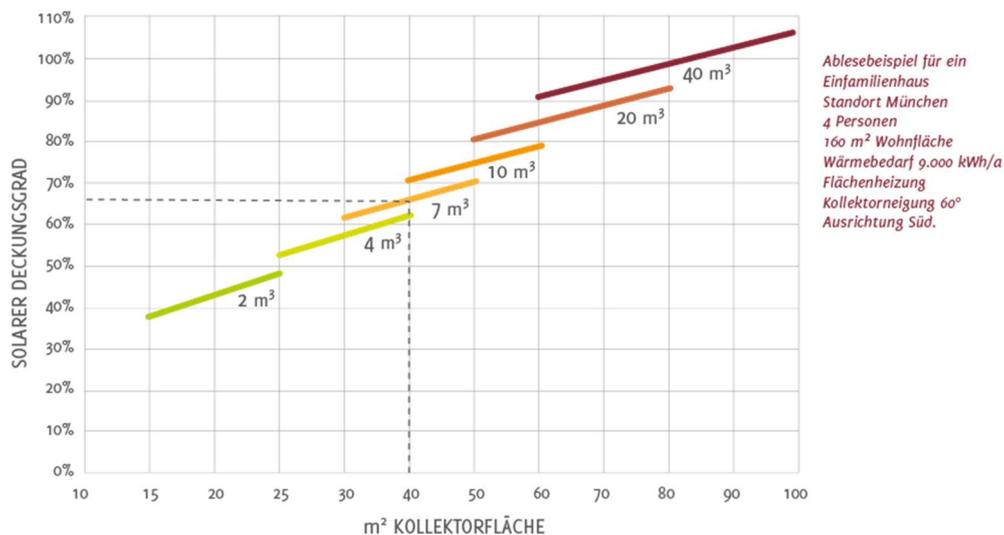
<sup>14</sup> Anmerkung: EEG-Umlage soll Ausbau von erneuerbaren Energien finanzieren, wird auf alle Stromverbraucher verteilt

<sup>15</sup> Quelle: <https://www.energie-experten.org/erneuerbare-energien/photovoltaik/eigenverbrauch/eeg-umlage-pflichten>

bis 80% für die Warmwasserbereitung erreichen, bei der Kombination mit Heizungsunterstützung jedoch nur 16% bis 37%.<sup>16</sup>

Warum diese Deckungsanteile nicht 100% erreichen, liegt wieder an der ungleichmäßigen zeitlichen Verteilung von solaren Gewinnen und Wärmebedarf. Im Sommer ist der Ertrag am besten, jedoch der Bedarf am geringsten. Grundsätzlich wird nur für die Warmwassererzeugung Wärme benötigt. Im Winter im Gegenteil dazu wird jedoch viel Wärme für Heizung und Warmwasser benötigt, jedoch ist der Ertrag am geringsten.

Trotzdem könnte man theoretisch eine solarthermische Anlage konstruieren, welche für ein herkömmliches Gebäude einen Deckungsgrad von 100% erreicht. Das wird in der Praxis jedoch vermieden, da man die Größe der Anlage um ein wesentliches steigern müsste, um dann den restlichen Bedarf an Wärme zu decken.



**Abbildung 4** – Vergleich Kollektorfläche zu solarem Deckungsgrad  
 (<https://www.solarserver.de/wissen/basiswissen/das-sonnenhaus/>)

Um nun ein Gebäude auch heizungstechnisch mit einem solaren Deckungsgrad von über 50% zu versorgen hat man nun mehrere Möglichkeiten. Eine davon ist zum Beispiel die effiziente Bauweise des Gebäudes mit guter Dämmung, um so den

<sup>16</sup> Quelle: <https://www.heizungsfinder.de/solarthermie/kennzahlen/solare-deckungsrate>

Heizwärmebedarf zu senken. So muss die Solaranlage im Verhältnis zur erforderlichen Energiemenge weniger leisten. Auch die Speicherung von Energie muss betrachtet werden. Je länger man die Wärme speichern kann, desto weniger Wärme muss durch andere Wärmeerzeuger hinzugeführt werden da man auf solare Erträge von anderen Tagen zurückgreifen kann. Somit sind höhere Deckungsgrade auch ohne Vergrößerung der Anlage machbar.

## 2.2 Gebäudekonzepte

In diesem Abschnitt sollen verschiedene Gebäudekonzepte vorgestellt werden und deren Anforderungen miteinander verglichen werden. Es soll dabei vor allem um den Vergleich des Beitrags zur Nachhaltigkeit gehen und verschiedene Kennwerte präsentiert werden.

### 2.2.1 Niedrigstenergiehaus

Das Niedrigstenergiehaus ist weniger ein Gebäudekonzept als ein Gebäudestandard, welcher jedoch aufgrund seiner zukünftigen Rolle für den Gebäudebau wichtig ist. Es handelt sich dabei um den Standard, den Gebäude, die ab 2021 in den Staaten der EU neu gebaut werden, erreichen müssen. Jedoch geht die Definition darüber, was ein Niedrigstenergiehaus genau sein soll, auch in den einzelnen Ländern auseinander. So gibt es in benachbarten Ländern wie Österreich und Deutschland eine unterschiedliche Definition.<sup>17</sup>

Definiert wird das Niedrigstenergiegebäude in der Europäischen Gebäuderichtlinie EPBD, wo es als ein Gebäude mit sehr hoher Gesamtenergieeffizienz definiert wird. Zudem soll der Energiebedarf im Wesentlichen aus erneuerbaren Energien gewonnen werden. Als Gesamtenergie wird hier die Energie beschrieben, die notwendig ist, den Bedarf der Endverbraucher zu decken, also der Primärenergiebedarf.

---

<sup>17</sup> Quelle: <https://www.baustoffwissen.de/baustoffe/baustoffknowhow/energetisches-bauen/niedrigstenergiegebäude-der-neubau-standard-ab-2021/>

In Deutschland wird nun ein Niedrigstenergiegebäude als Gebäude mit einem Jahresprimärenergiebedarf von  $q_P=40\frac{kWh}{m^2a}$  definiert. Außerdem darf der Transmissionswärmeverlust des Gebäudes nicht den Wert von  $H_T'=0,28\frac{W}{m^2K}$  überschreiten.

Wie bereits erwähnt ist diese Definition für jeden Staat in der EU unterschiedlich. Das muss auch so sein, da in verschiedenen Ländern andere klimatische Bedingungen vorliegen. So wird in den südeuropäischen Ländern vor allem für die Kühlung von Gebäuden mehr Energie benötigt als für die heizungstechnischen Anlagen. Im Gegensatz dazu wird in Nordeuropa das Gegenteil der Fall sein.

Auch wenn die Vorschrift, den Primärenergiebedarf auf einen gewissen Wert zu reduzieren und den Einsatz von erneuerbaren Energien zu fördern, ist dieser Gebäudestandard noch keine vollständige Lösung für das Erreichen einer klimaneutralen Zukunft. Zum einen ist der Einsatz von fossilen Brennstoffen auch in dieser Gebäudeklasse möglich. Zum anderen kann man davon ausgehen, dass die Forderung nach einem geringen Primärenergiebedarf dazu führen wird, erneuerbare Energiequellen in einem größeren Ausmaß zu verwenden, zum anderen kann man dies trotzdem mit dem Einsatz von Heizgas erreichen.

Ein anderes Problem, auch wenn durch die verschiedenen klimatischen Bedingungen notwendig, ist die eher lose Beschreibung des Niedrigstenergiegebäudes. Da jeder Staat eine eigene Definition für dieses Gebäude erstellen kann, gibt es hier auch in klimatisch ähnlichen Regionen Unterschiede. Wie bereits erwähnt ist in Österreich zum Beispiel die Definition für das Niedrigstenergiegebäude anders als in Deutschland. Dort wird für diesen Gebäudestandard ein Jahresprimärenergiebedarf von  $q_P=25\frac{kWh}{am^2}$  gefordert. In anderen Ländern im Gegensatz dazu wird der empfohlene Wert für den dortigen Jahresprimärenergiebedarf überschritten, was weniger zur Klimaneutralität beiträgt.<sup>18</sup>

<sup>18</sup> Quelle: <https://www.vaillant.de/21-grad/technik-und-trends/neubau-standard-niedrigstenergiehaus/>

### 2.2.2 Passivhaus

Das Passivhaus ist ein Gebäudekonzept, bei dem die Wärmeverluste so geringgehalten werden, dass man für das Gebäude kein separates Heizungssystem benötigt. Erreicht wird dieses Konzept durch den Einbau einer sehr guten Dämmung und durch eine luftdichte Bauweise der Gebäudehülle.

Da kein eigenes Heizungssystem vorhanden ist, muss der notwendige Wärmebedarf anderweitig gedeckt werden. Dazu werden vor Allem intern Gewinne, durch Personen und technische Geräte, solare Einstrahlung durch Fensterflächen und durch Wärmerückgewinnung einer Lüftungsanlage genutzt. Somit kann die Energie, die notwendig ist, um das Gebäude zu heizen, auf einen sehr kleinen Wert reduziert werden. Die restliche benötigte Energie kann durch die Nutzung einer Solarthermieanlage oder den Einsatz einer Wärmepumpe gewonnen werden.<sup>19</sup>

Mit dieser streng regulierten Anpassung des Gebäudeklimas kann zwar ein konstantes behagliches Innenklima erzeugt werden, jedoch ist dieses schlecht individuell zu regeln. Für den Fall, dass man trotzdem ein „heimeliges“ Gefühl vermittelt bekommen will, so kann man einen speziell für Passivhäuser geeigneten Kaminofen installieren lassen. Dieser muss aber gewissen Anforderungen gerecht werden, da ein normaler Kamin durch seine Verbindung zur Außenluft eine Wärmebrücke darstellt und weil die erforderliche Verbrennungsluft nicht aus dem Gebäudeinneren stammen kann, was an der luftdichten Bauweise liegt.

Bei einem Passivhaus gibt es auch wieder vorgegebene Werte, die das Gebäude zu erfüllen hat. Zum einen darf eine Obergrenze von  $q_H = 15 \frac{kWh}{am^2}$  für den Heizwärmebedarf nicht überschritten werden. Die Bauteile haben eine Obergrenze für den zulässigen U-Wert, bei Wänden und anderen lichtundurchlässigen Bauteilen muss ein U-Wert von  $0,15 \frac{W}{m^2K}$  eingehalten werden und bei transparenten Flächen muss dieser Wert unter  $0,8 \frac{W}{m^2K}$  liegen. Zudem soll eine wärmebrückenfreie Konstruktion zusätzliche Wärmeverluste verhindern. Die Luftdichtheit der Gebäudehülle muss einen Wert von

<sup>19</sup> Quelle: [https://passipedia.de/grundlagen/was\\_ist\\_ein\\_passivhaus](https://passipedia.de/grundlagen/was_ist_ein_passivhaus)

$n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$  erreichen<sup>20</sup>. Mit diesen Maßnahmen wird der Heizwärmebedarf auf ein Minimum reduziert.

Für die Erzeugung der restlichen notwendigen Energiemenge wird in der Regel eine Wärmepumpe oder Solarthermie benötigt. Um im Sommer die Temperatur auch konstant zu halten, wird in der Regel für Verschattung durch Jalousien gesorgt und die von der Lüftungsanlage angesaugte Außenluft über einen Wärmeübertrager im Erdreich heruntergekühlt. Damit kann auch im Sommer die Temperatur konstant gehalten werden.

Zu beachten ist, dass bei dieser Bauweise die Investitionskosten zwar höher sind, jedoch sinken durch den geringen Heizwärmebedarf jährlich die Betriebskosten im Vergleich zu herkömmlichen Heizungssystemen. Dies kann jedoch nur durch richtiges Verhalten der Bewohner im Passivhaus gewährleistet werden.

Das Wohnen in einem Passivhaus ist für die meisten Menschen ungewöhnlich, weil herkömmliche Heizungssysteme fehlen und man oftmals, vor allem zu winterlichen Monaten, die fehlende Strahlungswärme als unangenehm / Mangel betrachtet. Trotzdem ist das Passivhaus im Gegensatz zum geforderten Standard für Neubauten eine Steigerung im Thema Klimaschutz. Zu beachten ist dabei jedoch der Einsatz von klimafreundlichen / umweltschonenden Dämmstoffen sofern möglich und für die Deckung des Restwärmebedarfs sollte auf regenerative Energieträger zurückgegriffen werden.<sup>21</sup>

### 2.2.3 Null-Energie-Haus / Plus-Energie-Haus

Das Null-Energie-Haus ist eine Weiterentwicklung des Passivhauses, jedoch steht dabei die Gewinnung eigener Energie zur Selbstversorgung im Vordergrund, sodass der Energiebedarf bilanziell im Jahr gesehen genauso hoch ist wie die im Gebäude erzeugte Energie. Nun lassen sich hier zwei grundsätzliche Möglichkeiten realisieren, um dieses Ziel zu erreichen.

---

<sup>20</sup> Anmerkung:  $n_{50}$ -Wert gibt den stündlichen Luftaustausch bei einem Über- / Unterdruck von 50 Pascal an

<sup>21</sup> Quelle: <https://www.herold.at/blog/passivhaus-was-bringt-es-vorteile/>

Zum einen kann ein Nullenergiehaus als autarkes Gebäude gebaut werden. Dazu muss das Gebäude in der Lage sein, den Jahresenergiebedarf von Strom und Wärme, zu erzeugen und auch für den Bedarfsfall zu speichern. Das ist jedoch mit sehr hohem technischem Aufwand verbunden, da eine komplett autarke Versorgung technisch sehr schwierig umsetzbar ist.

Diese Art des Null-Energie-Hauses ist mit einem hohen reglungstechnischen Aufwand verbunden, weshalb in der Praxis ein anders Konzept aufgestellt worden ist. Dabei handelt es sich um netzbasierte Nullenergiegebäude.

Diese erzeugen bilanziell über das ganze Jahr so viel Energie her, wie auch verbraucht wird. Dazu wird aus dem Stromnetz nur dann Strom entnommen, wenn dieser auch benötigt wird. Falls man selbst mehr Strom erzeugt als man benötigt, so kann dieser ins Netz eingespeist und entsprechend vergütet werden. Um eine netzbasiertes Nullenergiehaus richtig anzulegen, muss eine Bilanzierung stattfinden.

Für die Bilanzierung müssen verschiedene Faktoren berücksichtigt werden. Zum einen muss auf die Primärenergiebilanz geachtet werden. Diese setzt sich aus Primärenergiebedarf und -einspeisung zusammen. So wird nicht nur ermittelt, wie viel das Gebäude verbraucht und erzeugt, sondern auch wie viel Energie für Erzeugung, Rohstoffe und Transport notwendig waren. Somit kann sichergestellt werden, dass die entnommene und eingespeiste Energiemenge den gleichen Betrag erreichen.

Wichtig ist auch der Bilanzierungszeitraum. Im Normalfall wird dafür der Zeitraum eines Jahres genommen. Man kann jedoch auch als Zeitraum die Lebensdauer des Gebäudes heranziehen, um somit die gesamte Lebenszeit eines Hauses zu berücksichtigen. In diese Lebenszyklusbetrachtung fließt somit auch die Energiemenge, welche für den Bau des Gebäudes notwendig war, ein. Falls man die gesamte Lebensdauer des Gebäudes als Null-Energie-Gebäude bewertet, so muss das Gebäude in der jährlichen Betrachtungsweise als Plus-Energie-Gebäude geplant werden.<sup>22</sup>

Beim Plusenergiegebäude handelt es sich eigentlich um ein Nullenergiegebäude, jedoch erzeugt das Gebäude mehr Energie, als es selbst benötigt und weist somit eine

---

<sup>22</sup> Quelle: <https://www.energieinstitut.at/unternehmen/bauen-und-sanieren-fuer-profis/gebäude-energiekonzepte/das-nullenergiehaus-2/was-ist-ein-nullenergiehaus/>

positive jährliche Bilanz auf. Über die gesamte Standdauer des Gebäudes kann man die überschüssig produzierte Energie der zum Bau benötigten Energie entgegenrechnen, womit es sich als energetisch amortisiert bezeichnen kann, sofern es über die Lebensdauer eine Null-Energie-Bilanz besitzt.

Das Problem bei dieser bilanziellen Betrachtung ist, dass die Deckung des Eigenbedarfs zwar auch mit einbezogen wird, jedoch nicht das Hauptziel dieses Gebäudekonzeptes ist. Für die Einspeisung von Strom in öffentliche Netze fällt die Vergütung für selbst produzierten Strom gering aus. Es gibt zwar Modelle, welche eine Stromcloud als Lösung anbieten, diese sind jedoch für den Erzeuger nicht zwangsläufig von Vorteil. Deshalb sollte die eigene Nutzung von selbst erzeugtem Strom im Vordergrund stehen.<sup>23</sup>

#### 2.2.4 Sonnenhaus

Beim Sonnenhaus handelt es sich grundlegend um ein Gebäude, welches seinen Wärmebedarf für Heizung und Warmwasser mit solaren Gewinnen zum Großteil deckt. Im Sonnenhaus soll dabei mindestens eine Deckungsrate von 50% im Verlauf eines Jahres vorgesehen werden. Um das zu erreichen, muss ein entsprechend großer Warmwasserspeicher oder anderer thermischer Speicher genutzt werden, um den Wärmebedarf über einen längeren Zeitraum auch zu decken.

Das Sonnenhaus versucht auch, ähnlich wie das Passivhaus, passiv solare Gewinne im Haus so gut wie möglich zu nutzen und durch eine entsprechende Dämmung geringe Verluste zu haben. Jedoch steht bei einem Sonnenhaus nicht die direkte Reduzierung des Heizwärmebedarfs im Vordergrund, sondern die Reduzierung des Primärenergiebedarfs.

Durch Sonnenstrahlung gewonnene Energie wird bei der Betrachtung des Primärenergiebedarfs mit einem Faktor von 0,0 angerechnet, das bedeutet, dass man zur Erzeugung / Gewinnung von solarer Energie für Eigenbedarf keine Energie

---

<sup>23</sup> Quelle: <https://www.planradar.com/de/passivhaus-nullenergiehaus-plusenergiehaus/>

zusätzlich aufwenden muss und die Energie, welche gewonnen wird, vollständig regenerativ ist.<sup>24</sup>

Beim Sonnenhaus steht vor allem der Eigenverbrauch im Vordergrund, dazu ist vor allem die Speicherung ein wichtiges Thema. In den meisten Fällen wird dies durch einen Wasserspeicher realisiert, welcher gut gedämmt im Gebäudekern verankert wird. Es gibt auch die Möglichkeit, über spezielle Erdspeicher oder Wandkonstruktionen, die Wärme optimal zu speichern.

Das Sonnenhaus ist ein Konzept, welches vom Sonnenhaus-Institut entwickelt wurde und bietet dabei verschiedene Ausführungsoptionen. Eine Ausführungsmöglichkeit ist zum Beispiel das Sonnenhaus autark, welches neben der Wärmeerzeugung durch Solarthermie außerdem eine PV-Anlage zur Stromerzeugung vorsieht. Diese muss, genau wie die Solarthermieanlage, mindestens 50% des Eigenbedarfs decken. Das lässt sich durch eine Speicherung mithilfe von Batterien umsetzen. Ein weiterer Aspekt dabei ist der Einsatz des selbst produzierten Stroms zum Aufladen eines E-Fahrzeuges. Da E-Mobilität in den nächsten Jahren eine immer größere Rolle spielen wird ist eine eigene Stromversorgung durchaus in Betracht zu ziehen.

Ein Sonnenhaus hat gewisse Werte, die eingehalten werden müssen, um sich als solches bezeichnen zu können. Neben der Deckung von 50% darf der spezifische Primärenergiebedarf  $q_p$  den Wert von  $15 \frac{kWh}{m^2a}$  nicht überschreiten. Eine andere Voraussetzung ist beim Dämmstandard vorgegeben. Diese Anforderung schreibt vor, dass das Gebäude den spezifischen Transmissionswärmeverlust  $HT'$  eines EnEV-Referenzgebäudes um mindestens 15% unterschreiten muss. Diese Anforderungen sind die allgemein geforderten Werte für neugebaute Sonnenhäuser, jedoch nicht für umgebaute Bestandsgebäude oder Gebäude mit fossiler Nachheizung.

Da der Primärenergiebedarf gering sein soll, und man in den meisten Fällen nicht genug Wärme oder Strom durch Sonneneinstrahlung gewinnen oder speichern kann über den gesamten Jahresverlauf, muss auf andere Wärmeerzeuger und Stromquellen zurückgegriffen werden. Oftmals kommt für den Restwärmebedarf dafür

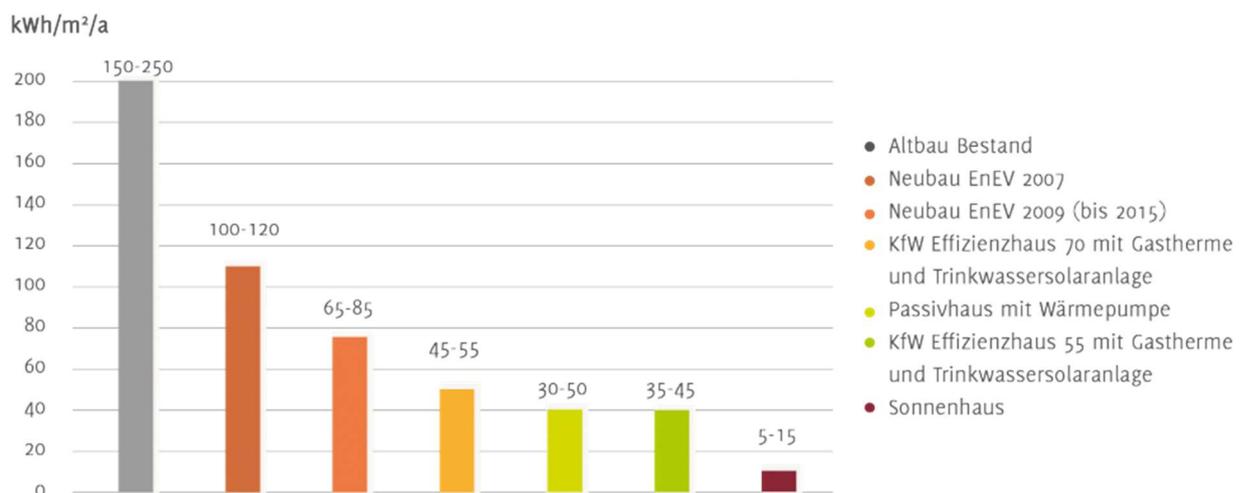
---

<sup>24</sup> Anmerkung: Dabei handelt es sich um eine jährliche Betrachtung, Herstellung der Anlagenbauteile wird nicht betrachtet

ein Scheitholz-/ oder Pelletkessel in Frage, da der Brennstoff auch relativ gering in den Primärenergiebedarf eingerechnet wird.

In ökonomischer Sicht lässt sich hier über die Standzeit eines Gebäudes feststellen, dass die anfänglichen Investitionskosten zwar höher, jedoch die Betriebskosten für das Gebäude geringer sind, da man einen Großteil der notwendigen Energie von der Sonne „geschenkt“ bekommt. Bei steigenden Energiepreisen und Rohstoffkosten für Heizmittel kann dieses Konzept in der Zukunft immer wirtschaftlicher realisiert werden. Auch im ‚Bereich der PV-Anlagen wird die Wirtschaftlichkeit immer besser, da die Anlagen immer leistungsfähiger werden und die Installationskosten pro kW<sub>P</sub> stetig fallen. Somit ist dieses Konzept auch wirtschaftlich sehr zukunftsorientiert.

Wie hier unschwer zu erkennen ist, gibt es verschiedene Konzepte, wie das Gebäude von morgen aussehen könnte. Es gibt zwar von den einzelnen Staaten gewisse Vorgaben, die ein Gebäude zu erfüllen hat, jedoch sind vieler dieser Konzepte diesen geforderten Standardwerten weit voraus und sind für zukünftige Standardgebäude die „Prototypen“. Das Sonnenhaus sticht dabei besonders heraus, da man durch den geringen Primärenergiebedarf am wenigsten Energie aufwenden muss, um das gewünschte Resultat zu erzielen.<sup>25</sup>



**Abbildung 5** – Primärenergiebedarf verschiedener Gebäudeklassen  
(<https://www.sonnenhaus-institut.de/das-sonnenhaus/solarmodul-komponenten.html>)

<sup>25</sup> Quelle: <https://www.sonnenhaus-institut.de/das-sonnenhaus/solarmodul-komponenten.html>

## 2.3 Technische Umsetzungsmöglichkeiten

Bei einem energieautarken Gebäude muss untersucht werden, welche anlagentechnischen Möglichkeiten es gibt, das Ziel einer unabhängigen Energieversorgung in Form von Wärme und Strom zu erreichen. Zudem müssen mögliche Speichertechnologien für die Energie genauer untersucht werden. Diese technischen Möglichkeiten sollen in diesem Kapitel erläutert und vorgestellt werden.

### 2.3.1 Wärmegewinnung

Der erste wichtige Aspekt für jedes Gebäude ist die Frage nach der entsprechenden Energiequelle zur Erzeugung von Wärme. Die für ein energieautarkes Gebäude relevanten Wärmequellen sollen nun in diesem Abschnitt vorgestellt werden.

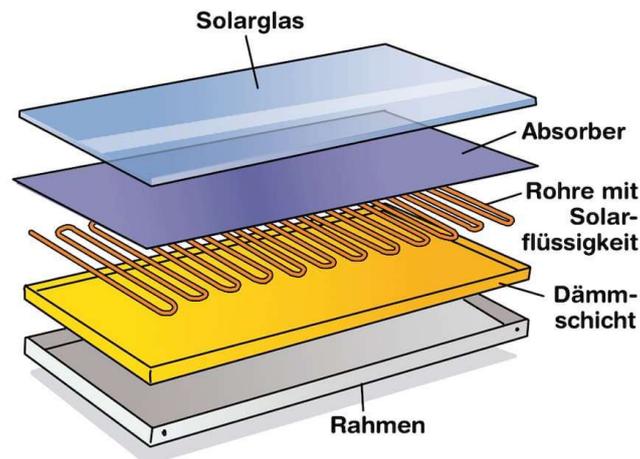
#### 2.3.1.1 Solarthermie / Sonnenkollektoren

Mit der Solarthermie macht man sich die Strahlung der Sonne zu nutzen und wandelt diese durch Absorption in Wärme um. Um diese Umwandlung durchzuführen, benötigt man Solarkollektoren. Dabei gibt es verschiedene Bauweisen, welche grundlegend nach dem gleichen Prinzip arbeiten, jedoch unterscheiden Sie sich in Effizienz und Preis.

Grundlegend wird in einem Kollektor die Sonnenenergie „aufgefangen“, indem man ein Wärmeträgermedium, welches normalerweise Wasser mit einem Frostschutzmittel ist, durch den Kollektor fließen lässt. Die auftreffenden Sonnenstrahlen werden dann von den im Kollektor verlaufenden Rohrleitungen absorbiert und in thermische Energie umgewandelt. Diese Wärme wird dann über die Rohrwand an das Wärmeträgermedium übertragen. Um diese Wärmeenergie nun auch für den Eigenbedarf nutzbar zu machen, muss diese mithilfe eines Wärmeübertragers an die Heizung / Warmwassererzeugung weitergegeben werden. Um die Wärme auch zu

Zeiten zugänglich zu machen, in denen die keine solare Strahlung eintrifft, wird eine Solarthermieanlage in der Regel mit einem Pufferspeicher gekoppelt.

## Der Aufbau eines Flachkollektors



**Abbildung 6** – Aufbau eines Flachkollektors

(<https://www.solaranlage-ratgeber.de/solarthermie/solarthermie-technik/solarthermie-kollektoren-im-vergleich>)

Wie bereits erwähnt gibt es bei den Kollektoren verschiedene Bauarten, welche sich beim Wirkungsgrad unterscheiden. Die am weitesten verbreitete Kollektorbauart ist dabei der Flachkollektor. Dieser zeichnet sich vor Allem dadurch aus, dass die Montage auf Dächern aller Art relativ einfach ist und dabei auch relativ preiswert sind. Der Nachteil dabei ist der erhöhte Platzbedarf zu anderen Bauweisen und der geringere Ertrag. Bei einem Gebäude, welches sich mit Wärme ausschließlich aus Sonnenenergie versorgen soll, sind solche Flachkollektoren möglich. Jedoch sollte man, um die notwendige Fläche gering zu halten, auf andere Bauarten zurückgreifen. Ansonsten ist eine größere Fläche aufgrund einer höheren Kollektoranzahl notwendig.

Eine andere Möglichkeit ist der Einsatz von Röhrenkollektoren, welche am zweithäufigsten in Deutschland vertreten sind. Diese Bauweise zeichnet sich durch einen höheren Wirkungsgrad bei der Umwandlung von Sonnenstrahlen zu Wärme aus. Auch diffuses Licht kann durch Röhrenkollektoren umgewandelt werden. Diese erhöhte Effizienz erreicht der Röhrenkollektor vor allem durch die Vakuumröhren,

welche einen Verlust von Wärme an die Umwelt reduzieren. Diese Kollektoren erreichen zudem eine höhere Betriebstemperatur und können somit mehr Energie an die Warmwassererzeugung oder die Heizung liefern. Jedoch ist diese Technologie im Vergleich zu Flachkollektoren viel empfindlicher, weshalb man hier sehr sorgsam damit umgehen muss.

Eine weitere Kollektorbauweise sind die Luftkollektoren, welche nicht mit Sole durchflossen werden, sondern Luft als Wärmeträgermedium benutzen. Diese lassen sich gut auf Dächern und Fassaden integrieren und sind dabei relativ kostengünstig und leicht zu warten. Jedoch lassen sich diese Kollektoren schwierig in Verbindung bringen mit herkömmlichen auf Wasser basierenden Heizungssystemen. Deshalb sind diese nicht ideal als alleiniges Heizungssystem, können aber gut als Heizungsunterstützung eingesetzt werden und zusätzlich für ein wohligeres Raumklima sorgen.

Schließlich gibt es auch noch Kollektorbauweisen, welche sich jedoch im privaten Sektor nicht durchsetzen konnten oder nicht ausgereift sind. Zum einen gibt es hier die Parabolrinnenkollektoren, welche zwar sehr hohe Temperaturen erreichen können, weshalb diese nicht mit Wasser, sondern mit Ölen durchflossen werden, jedoch sind diese oftmals schwer auf Dächer integrierbar und benötigen im Vergleich zu anderen Kollektorbauweisen mehr Platz und haben dabei einen geringeren Wirkungsgrad. Diese Bauweise ist hauptsächlich für industrielle Anwendungen lohnend.<sup>26</sup>

Wie man hier sehen kann, ist die Auswahl des richtigen Kollektors für die richtige Anwendung sehr wichtig. Für kleinere Anlagen nur für den Warmwasserbedarf sind Flachkollektoren ausreichend, während man bei größeren Anlagen, welche außer Warmwasser auch die Heizung decken sollen, man besser auf effizientere Systeme wie den Röhrenkollektor setzen sollte.

---

<sup>26</sup> Quelle: Frey, H. (2018). „Energieautarke Gebäude“ (1.Aufl.). Springer Vieweg

### 2.3.1.2 Wärmepumpentechnologie

Eine andere Möglichkeit Wärme für den Eigenbedarf zu gewinnen ist der Einsatz einer Wärmepumpe. Dabei wird Energie aus der Umwelt entnommen, um einen Kältekreislauf so zu betreiben, dass Wärme an das Gebäude übergeben werden kann. Grundsätzlich gibt es dabei für den Kreislauf vier Hauptkomponenten. Zum einen benötigt man bei der Wärmepumpe mindestens zwei Wärmeübertrager, nämlich den Verflüssiger und den Verdampfer. Diese Wärmeübertrager sind für die Umwandlung des Kältemittels in flüssige und gasförmige Form zuständig. Am Verdampfer nimmt das flüssige Kältemittel Energie aus der Umwelt auf und kann so in eine gasförmige Form umgewandelt werden. Beim Verflüssiger gibt das gasförmige Kältemittel nun seine Wärme an das Gebäude ab und wird wieder flüssig.

Davor wird das gasförmige Kältemittel jedoch noch in einem Verdichter auf eine höhere Druckstufe gebracht und somit zusätzlich erhitzt. Dadurch gibt das gasförmige Kältemittel am Verflüssiger eine höhere Energiemenge ab, da es sich danach auf einem viel höheren Temperaturniveau befindet.

Um den Kreislauf nun wieder zu schließen, muss das wieder flüssig gewordene Kältemittel entspannt werden, um wieder auf die Ausgangsdruckstufe zu gelangen, was durch ein Expansions- oder Drosselventil umgesetzt wird. Dadurch wird auch der Rest des Kältemittels, welcher im Verflüssiger nicht vollständig umgewandelt wurde, wieder flüssig gemacht.

Nun gibt es verschiedene Möglichkeiten, aus der Umwelt Energie zu entziehen. Zum einen kann man aus der Umgebungsluft Wärme zur Umwandlung des Kältemittels gewinnen, jedoch ist diese Wärmequelle wie die Sonneneinstrahlung über den Jahresverlauf nicht konstant. Die Lufttemperatur schwankt im Jahresverlauf stark und ist im Winter am niedrigsten, weshalb man dann auch am wenigsten Energie aus der Luft entziehen kann.

Eine andere Möglichkeit ist die Entnahme der Wärme aus dem Erdreich. Die Temperatur des Bodens bleibt über den Jahresverlauf konstant und ermöglicht somit eine bessere Leistungsanpassung als die Luftwärmepumpe. Man kann dabei auf eine Tiefenbohrung setzen, welche dann Wärme aus dem tieferen Erdreich gewinnen kann.

Eine andere Möglichkeit ist der Einsatz von oberflächennahen Erdkollektoren, welche jedoch dann eine entsprechende Grundstücksgröße erfordern.

Schließlich gibt es dann noch die Möglichkeit, Wärme aus dem Grundwasser zu gewinnen. Diese Möglichkeit ist, wie bei der Erdwärmepumpe, sehr anpassungsfähig, da man das ganze Jahr über konstante Temperaturen im Grundwasser hat. Jedoch braucht man für die Nutzung des Grundwassers eine Brunnenanlage, welche aus einem Saug- und einem Schluckbrunnen besteht. Solche Brunnenanlagen können nicht überall installiert werden und sind zudem genehmigungspflichtig. Auch die Kosten einer solchen Anlage sind im Vergleich zur Luftwärmepumpe teurer.<sup>27</sup>

Die große Problematik bei einer Wärmepumpe ist dabei der Einsatz von Strom zur Erzeugung von Wärme. Sofern der Strom nicht aus einer eigenen PV-Anlage gewonnen werden kann, ist der Primärenergiefaktor einer solchen Anlage im Vergleich zur Solarthermie höher.

### 2.3.1.3 Biomasseanlagen

Eine andere Möglichkeit, Wärme zu gewinnen, ist die Verbrennung von Biomasse aus nachwachsenden Rohstoffen, wie zum Beispiel Holz. Bei der Verbrennung von Holz entsteht, wie bei Erdgas und Erdöl, zwar CO<sub>2</sub>, jedoch hat das Holz über seine Lebensdauer dieses CO<sub>2</sub> selbst aus der Luft aufgenommen und somit abgebaut. Damit ist die Bilanz des Ausstoßes auf einem neutralen Niveau und somit klimaneutral. Die einzige Belastung für die Umwelt entsteht dabei bei den Energiekosten für den Abbau der Biomasse und bei den vorliegenden Transportwegen. Deshalb wird für Holz auch nicht der Primärenergiefaktor von 0,0 angesetzt, sondern von 0,2.<sup>28</sup>

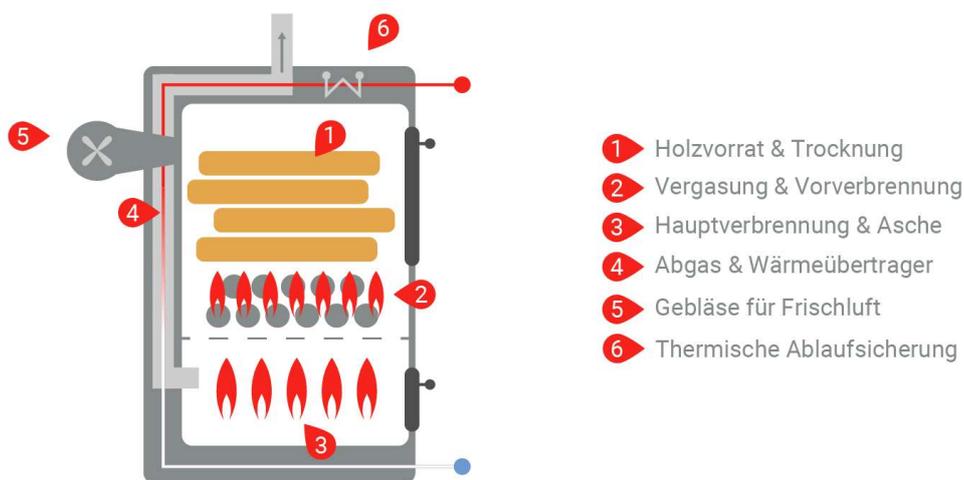
Bei Biomasseanlagen gibt es wie bereits erwähnt verschiedene Systeme die möglich sind. Zum einen lässt sich Holz selbst ohne weitere Verarbeitung als Scheitholz nutzen. Dies hat den Vorteil, dass die erforderliche Biomasse für die Beheizung des Gebäudes nicht noch zusätzlich bearbeitet werden muss, nachdem diese zerkleinert

---

<sup>28</sup> Quelle: <https://www.heizsparer.de/heizung/heiztechnik/haus-energiebedarf-berechnen>

wurde. Der Nachteil einer solchen Anlage besteht jedoch in der Notwendigkeit einer manuellen Bestückung. Das bedeutet, dass man selbstständig dafür sorgen muss, dass das notwendige Holz dann verbrannt wird, falls das auch notwendig ist. Damit verliert dieses Heizsystem etwas an Komfort.

## Aufbau und Funktion einer Holzvergaserheizung



heizung.de

**Abbildung 7** - Funktionsprinzip eines Holzvergasers

(<https://heizung.de/holzheizung/holzvergaserkessel/>)

Eine Steigerung des Scheitholzkessels ist der Holzvergaserkessel, welcher nicht nur das Holz an sich verwerten kann, sondern auch mit einer zweiten Brennkammer die Abgase verwertet. Durch die Trocknung des Holzes in der ersten Kammer entsteht das sogenannte Holzgas, welches dann in der anderen Kammer verbrannt werden kann. Dadurch steigt der Wirkungsgrad einer solchen Anlage im Vergleich zu normalen Scheitholzkesseln und die Emissionen sinken dadurch zusätzlich.<sup>29</sup>

Statt Scheitholz zu verwenden, gibt es auch noch andere Möglichkeiten. Eine davon ist die Pelletheizung. Pellets sind kleine in Form gepresste Holzreste. Bei der Verbrennung von Pellets entsteht im Gegensatz zur Verbrennung von Scheitholz keinerlei Ruß oder auch andere Verschmutzung. Man kann Pelletöfen, wie auch die

<sup>29</sup> Quelle: <https://www.effizienzhaus-online.de/holzheizung/#artenholzheizung>

Scheitholzkessel, selbst mit Hand befeuern, jedoch kann man diese auch mit einem Saugförderungssystem verbinden, was den Komfort zwar steigert, jedoch mit höheren Energieaufwendungen verbunden ist. Man kann einen Pelletofen auch mit einer Wassertasche ausstatten, was dann die komplette Heizungsanlage unterstützen kann und nicht nur als Heizung eines einzelnen Raumes verwenden. Jedoch muss beachtet werden, dass für den Herstellungsprozess von Holzpellets zusätzliche Energie aufgewendet werden muss. Damit sind diese nicht zwangsläufig so klimafreundlich wie die Nutzung von einfachem Scheitholz.<sup>30</sup>

Wenn man nun auf den Faktor der Autarkie eingeht, so muss man feststellen, dass es sich bei Biomasseanlagen, sofern die Produktion des Brennstoffes nicht selbst erfolgt, nicht um ein autarkes System handelt. Da jedoch eine Autarkie von 100% meist kaum erreichbar oder auch nicht wirtschaftlich ist, kommen Biomasseanlagen oftmals als Zusatzheizung ins Spiel, da diese eine gute ökologische Bilanz aufweisen.

### 2.3.2 Strom / Elektrizität

Neben der Erzeugung von Wärme müssen auch die Möglichkeiten zur Erzeugung von Strom diskutiert werden. Dabei sind vor allem für Einfamilienhäuser die Möglichkeiten sehr begrenzt. Dennoch gibt es ein paar Systeme, welche dies ermöglichen. Diese sollen im Folgenden vorgestellt werden.

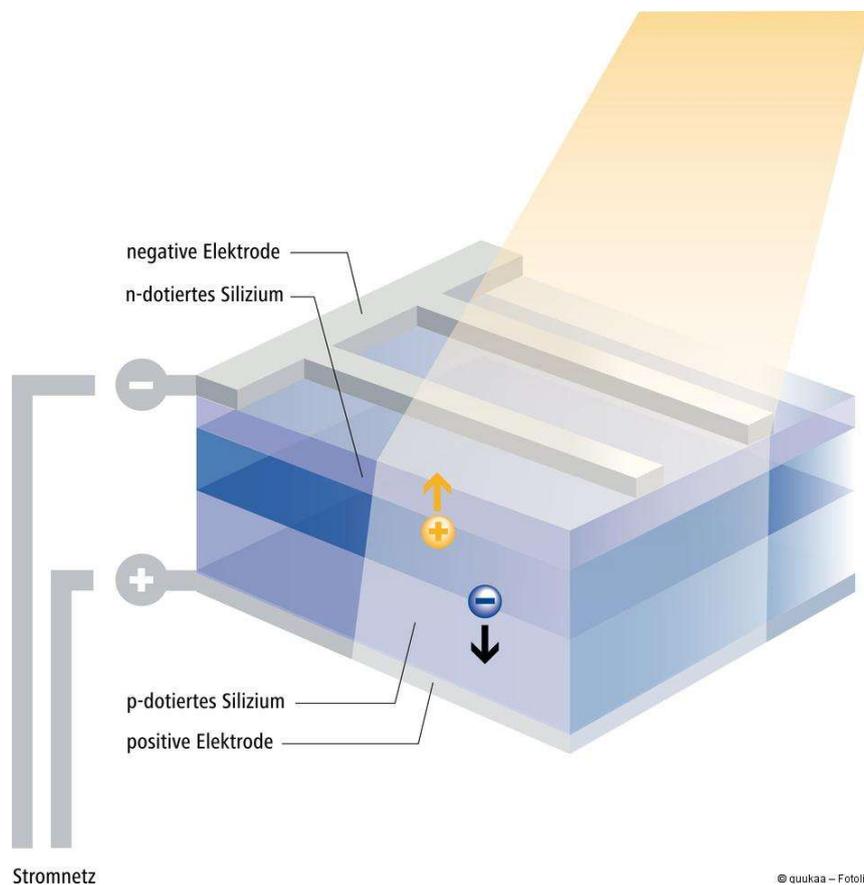
#### 2.3.2.1 Photovoltaikanlage

Als erstes soll die Möglichkeit diskutiert werden, Strom durch solare Einträge zu erzeugen. Die Umwandlung von solarer Strahlung in nutzbaren Strom erfolgt über die Nutzung einer PV-Anlage. Diese soll im Folgenden genauer beschrieben und die Funktionsweise erläutert werden.

---

<sup>30</sup> <https://www.effizienzhaus-online.de/pelletofen/>

Die Erzeugung von Strom basiert bei der PV-Anlage auf dem photoelektrischen Effekt. Aufgebaut ist eine solche Anlage aus sogenannten Solarzellen, welche aus einem Halbleitermaterial, in den meisten Fällen Silizium, hergestellt werden. Eine Solarzelle besteht dabei aus zwei Schichten, der sogenannten p-Schicht und der n-Schicht. In der n-Schicht werden einige der Siliziumatome durch Phosphoratome ersetzt, wodurch ein Überschuss an Elektronen entsteht, da Phosphor 5 Elektronen in der Außenschale besitzt. In der p-Schicht wird im Gegensatz dazu einige Siliziumatome durch Bor ersetzt, welches mit 3 Elektronen in der Außenschale zu einem Elektronenmangel führt. Man spricht dabei auch von einem Elektronenloch. Der Austausch dieser Elemente nennt sich auch Dotierung.



**Abbildung 8** - Funktionsweise Solarzelle

(<https://www.solaranlage.eu/photovoltaik/technik-komponenten/funktionsweise-der-photovoltaikanlage>)

Beim Zusammenbringen dieser beiden Schichten bildet sich eine Grenzschicht, auch als pn-Übergang bezeichnet. In diesem Bereich treffen einige der freien Elektronen der n-Schicht auf einige Elektronenlöcher der p-Schicht. In diesem Bereich entstehen nun in der n-Schicht positiv geladenen Ionen während in der p-Schicht negativ geladene Ionen entstehen. Aufgrund dieser Ladungsunterschiede entsteht ein elektrisches Feld.<sup>31</sup>

Wenn nun durch solare Einstrahlung Photonen auf diese Grenzschicht treffen, so werden Elektronen aus bestehenden Elektronenpaarbindungen herausgeschlagen und wandern durch das entstandene elektrische Feld in Richtung n-Schicht. Im Gegensatz dazu wandern die entstandenen Elektronenlöcher wieder in Richtung p-Schicht. So entsteht an der n-Schicht ein Elektronenüberschuss, welcher die n-Schicht negativ auflädt, während an der p-Schicht ein Elektronenmangel entsteht, welcher die p-Schicht positiv auflädt.

Aufgrund dieses Ladungsunterschieds kann nun beim Anschließen eines Stromkreises ein Elektronenfluss entstehen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass eine PV-Anlage Gleichstrom produziert. Dieser muss, um für handelsübliche Geräte zugänglich zu sein, noch durch einen Wechselrichter in Wechselstrom umgewandelt werden.<sup>32</sup>

Die PV-Anlage ist einer der wichtigsten Bestandteile beim Planen von energieautarken Gebäuden. Es ist die einfachste und zuverlässigste Variante, ohne externe Zufuhr von Energieträgern, Strom zu erzeugen. Daraus ergibt sich aber auch die Möglichkeit, eine PV-Anlage als alleinigen Energieerzeuger zu nutzen. Dazu muss man statt einer herkömmlichen Heizungsanlage die Möglichkeit in Betracht ziehen, den Strom auch zum Heizen und Erzeugen von Warmwasser zu nutzen. Möglich wird die elektrische Heizung durch eine Infrartheizung, welche Elektrizität in Wärme umwandeln kann. Somit wäre der Einsatz einer PV-Anlage als alleiniger Energieproduzent möglich. Jedoch muss dazu ausreichend Fläche vorhanden sein, die einen günstigen solaren Ertrag ermöglicht.

---

<sup>31</sup> Quelle: <https://www.solaranlagen-abc.de/funktion-photovoltaik/>

<sup>32</sup> Quelle: <https://www.rechnerphotovoltaik.de/photovoltaik/technik/funktionsweise>

Es gibt im privaten Sektor noch eine weitere Möglichkeit, Strom selbst zu erzeugen, jedoch ist diese eher weniger stark verbreitet. Dennoch soll diese im nächsten Kapitel angesprochen werden, da diese Option auch standortbedingt funktionieren kann.

#### 2.3.2.1 Windkraftanlage

Eine weitere Möglichkeit Strom für den eigenen Bedarf zu erzeugen ist dabei in der Windenergie zu finden. Dabei lässt sich eine Kleinwindkraftanlage für den privaten Gebrauch planen.

Bei einer Windkraftanlage wird zunächst die kinetische Energie des Windes genutzt, um an den Rotorblättern ein Drehmoment zu erzeugen. Über ein Getriebe kann nun diese Drehbewegung an einen Generator weitergegeben werden, welcher dann durch elektromagnetische Induktion in der Lage ist, Strom zu erzeugen. Dieser lässt sich dann wieder für den Eigenbedarf nutzen.

Bei der Benutzung einer Windkraftanlage für den eigenen Bedarf muss jedoch vieles beachtet werden. Zum einen ist je nach Größe der Anlage, in Abhängigkeit der Bauordnung eines Bundeslandes, eine Baugenehmigung für eine solche Anlage erforderlich. In manchen Bundesländern ist jedoch für Anlagen unter 10 Metern keinerlei Genehmigung erforderlich.

Jedoch muss hier auch der eigentliche Ertrag der Windanlage ermittelt werden. Dieser Ertrag muss durch eine Überprüfung des vorherrschenden Windpotenzials berechnet werden. Dazu ist eine Windmessung oder ein Gutachten notwendig.<sup>33</sup>

Somit entfällt diese Alternative für einige Grundstücke, da die Größe der Anlage in Abhängigkeit des Windpotenzial und gemessen am Eigenbedarf des Gebäudes größer dimensioniert werden muss und sich diese somit nicht mehr rechnet. In windstarken Regionen, zum Beispiel in Küstenbereichen lässt sich über diese Möglichkeit jedoch als Alternative zur PV-Anlage weiterhin diskutieren.

---

<sup>33</sup> Quelle: [thermischehttps://www.klein-windkraftanlagen.com/kauf/](https://www.klein-windkraftanlagen.com/kauf/)

### 2.3.3 Speicherungssysteme

Zusammenfassend lässt sich somit sagen, dass bei der Planung eines energieautarken Gebäudes vor allem auf solare Energie gesetzt werden sollte. Zwar lassen sich die anderen Möglichkeiten theoretisch auch umsetzen, jedoch sind diese oftmals zu aufwendig, kostenintensiv oder bieten keinen effizienten Lösungsansatz zur Planung eines energieautarken Gebäudes.

Jedoch muss außer den möglichen Energiequellen auch noch die Frage nach der Speicherung von Energie gestellt werden. Ein Gebäude hat zu den verschiedenen Jahreszeiten auch entsprechend andere Anforderungen und zugleich Erträge. So ist im Winter, wenn der Bedarf an Wärme und Strom am größten ist, der solare Gewinn am geringsten. Im Gegensatz dazu gibt es im Sommer den größten solaren Eintrag, jedoch wird weniger Wärme und Strom benötigt. Um dieses Defizit zu lösen, gibt es verschiedene Ansätze zur Speicherung von Energie um längere Perioden auch ohne solare Einträge zu überbrücken. Diese Ansätze sollen in diesem Kapitel genauer erläutert werden.

#### 2.3.3.1 Thermische Langzeitspeicher

Die erste Möglichkeit über eine längere Periode Energie zu speichern ist die Installation eines großen Wärmespeichers im Kern des Gebäudes. Dieser thermische Langzeitspeicher muss dabei gut gedämmt sein und eine enorme Größe aufweisen, sodass ein möglichst großer Energieinhalt für einen langen Zeitraum gespeichert werden kann. Durch die zentrale Positionierung im Gebäudekern gibt dieser Speicher zudem seine Wärmeverluste in das Gebäude ab, sodass kaum Wärme durch Transmission verloren geht. Somit ist der Wärmebedarf für mehrere Wochen oder teilweise auch Monate gewährleistet.

Jedoch kann ein solcher Speicher nicht zwangsläufig ausreichend sein, um genug Wärme zu speichern. Falls es zu einer langen Kälteperiode kommt, so kann auch bei guter Dämmung oder großem Speicher der Wärmeinhalt zuneige gehen. In diesem

Fall muss ein anderer Wärmeerzeuger zusätzlich installiert werden, um für solche Fälle für ausreichend Wärme zu sorgen.

So wird in diesem Zusammenhang oftmals für genau diese sonnenarmen Perioden zusätzlich ein Stückholz- oder Pelletofen mit eingeplant, sodass auch im Winter diese Gebäude mit Wärme versorgt werden können. Jedoch handelt es sich dabei dann nicht um ein Gebäude mit hundertprozentigem Autarkiegrad, da man zusätzlich einen anderen Energieträger in Form von Biomasse erwerben muss. Andere Möglichkeiten wären auch noch der Anschluss an ein Fernwärmenetz oder der Einsatz einer kleinen Wärmepumpe zur Heizungsunterstützung / Warmwassererzeugungsunterstützung. Jedoch sollen diese sekundären Wärmeerzeuger nur dann zum Einsatz kommen, sobald der Wärmespeicher nicht mehr in der Lage ist, das Haus ausreichend mit der nötigen Wärme und Warmwasser zu versorgen.<sup>34</sup>

#### 2.3.3.2 Batteriespeicher

Nicht nur bei der Speicherung von Wärme muss eine Lösung gefunden werden, die Speicherung des selbst erzeugten Stromes ist ein entscheidender Faktor für die Energieautarkie. Dazu lässt sich im Gebäude ein sogenannter Solarstromspeicher installieren, welcher nicht genutzte Energie für eine längere Zeit speichern kann.

Für die Speicherung werden Lithium-Ionen-Batterien aufgeladen, solange kein Eigenbedarf an Strom im Gebäude vorliegt. Sobald wieder Strom benötigt wird, kann dieser bei solarem Eintrag von der PV-Anlage an den Verbraucher im Haus geschickt werden. Falls jedoch keine solaren Gewinne vorliegen, so kann der Strom aus dem Speicher entnommen werden, solange dieser nicht komplett entleert worden ist.

---

<sup>34</sup> Quelle: <https://www.baunetzwissen.de/solar/fachwissen/solarspeicher/solare-langzeitspeicher-2343255>



**Abbildung 9** - Stromspeicher für PV-Anlagen

(<https://www.enerix.de/produkte/stromspeicher/>)

Auch hier ist zu beachten, dass die Speichergröße richtig zu wählen ist. Falls eine hundertprozentige Autarkie gewünscht ist, so muss der Speicher in der Lage sein, genug Energie für eine längere Periode zu speichern. Jedoch muss nicht nur die Speichergröße, sondern auch der Ertrag der PV-Anlage groß genug sein, um die erforderliche Energiemenge zum Auffüllen des Speichers zu erzeugen. Somit ist oftmals auch die beste Lösung, keine hundertprozentige Autarkie zu erzielen, sondern bei Energieüberschuss den nicht mehr speicherbaren Strom ins Netz abzugeben und bei Strombedarf und leeren Speicher wieder Strom aus dem Netz zu beziehen. Somit kann eine hundertprozentige Versorgung auch im Bedarfsfall gewährleistet werden.<sup>35</sup>

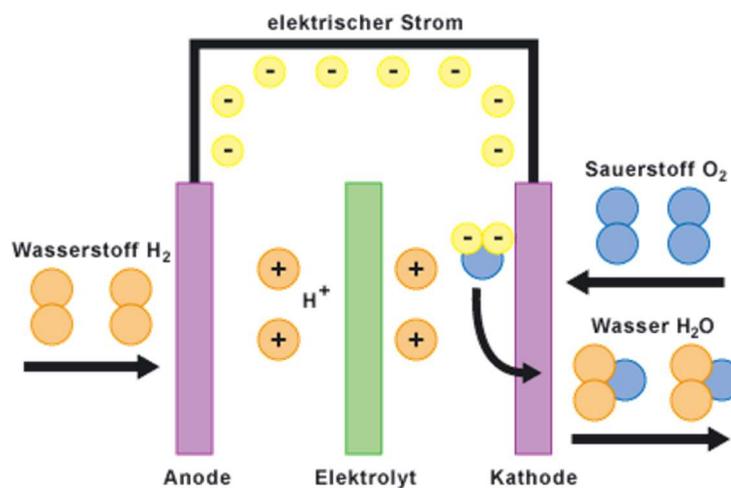
### 2.3.3.2 Brennstoffzellen / Wasserstoff

Eine weitere Lösung zur Speicherung von elektrischer Energie besteht darin, die überschüssige Energie nicht mithilfe eines Akkus zu speichern, sondern mit einem sogenannten Elektrolyseur eine chemische Reaktion durchzuführen, welche in der Lage ist, aus Wasser die Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff zu erstellen. Dieser Vorgang wird oft auch als „Power-to-Gas“ bezeichnet und beschreibt im grundlegenden die Umwandlung von elektrischer Energie in ein Brenngas. Der

<sup>35</sup> Quelle: <https://www.solarwatt.de/ratgeber/stromspeicher>

Sauerstoff ist dabei mehr oder minder das Abfallprodukt, jedoch lässt sich der Wasserstoff in einem Speichersystem aufbewahren. Dieser Wasserstoff dient dann im Bedarfsfall als Strom- und zugleich als Wärmequelle.

Dies funktioniert mit Hilfe einer Wasserstoffbrennstoffzelle. Diese ist in der Lage, chemische Energie in Elektrische umzuwandeln. Dabei wird zunächst der Wasserstoff in seine Einzelteile an einer Anode aufgeteilt. Aus dem  $H_2$ -Molekül entstehen 2 positiv geladenen Wasserstoffionen, welche sich dann durch einen Elektrolyten, zur anderen Seite der Brennstoffzelle bewegen.



**Abbildung 10** – Funktionsweise Brennstoffzelle

(<https://www.elektronik-kompodium.de/sites/bau/1308051.htm>)

Auf der anderen Seite der Brennstoffzelle befindet sich die Kathode, welche über einen elektrischen Leiter mit der Anode verbunden ist. Die vom Wasserstoff abgegebenen Elektronen wandern dann über diesen Leiter zur Kathode. Diese Elektronenbewegung ist der erzeugte Strom, welcher sich dann im Gebäude nutzen lässt.

An der Kathode wird dann Sauerstoff hinzugegeben, welcher die Elektronen des Wasserstoffs, die zur Kathode gewandert sind, aufnimmt. Die Sauerstoffmoleküle werden dort in zwei jeweils doppelt negativ geladene Sauerstoffionen umgewandelt. Da sich auch die positiv geladenen Wasserstoffionen bei der Kathode befinden, verbinden sich die negativ geladenen Sauerstoffionen mit diesen. Es entsteht dabei

Wasser als Endprodukt. Bei diesem Prozess entsteht zusätzlich Wärme, welche dann zum zusätzlichen Beheizen von Räumen genutzt werden kann.

Die Nutzung von Wasserstoff als alternative Energiequelle ist grundsätzlich eine zukunftsweisende Idee, da bei der Reaktion Wasser als Endprodukt entsteht und nicht wie bei anderen Verbrennungen von fossilen Brennstoffen CO<sub>2</sub>. Jedoch ist die dazu bestehende Technologie noch nicht komplett ausgereift.

Zum einen ist die Lagerung von Wasserstoff durch die geringere Molekülgröße aufwendiger und es kann zu Verlusten kommen. Zudem ist Wasserstoff ein reaktives Element, welches eine hohe Explosivität aufweist und bei Kontakt viele Oberflächen angreift und beschädigt. Deshalb ist die Lagerung von Wasserstoff aufwendiger als die Lagerung anderer Brenngase.

Die Elektrolyse ist außerdem ein sehr energieaufwendiger Prozess. In der Regel lässt sich dieser Prozess nur dann rechtfertigen, wenn ein Überschuss von Energie vorhanden ist und somit die Erzeugung von Wasserstoff nur zur Speicherung von Energie genutzt wird. Da das aber genau das Ziel bei einem energieautarken Gebäude ist, lässt sich diese Alternative in Betracht ziehen.<sup>36</sup>

Die Speicherung von Energie ist eines der größten Probleme bei der Realisierung eines energieautarken Gebäudes und führt oftmals dazu, dass ein Autarkiegrad von 100% nicht erreicht werden kann. Gespeicherte Wärme in einem Warmwasserspeicher zur Heizung ist oftmals nicht ausreichend, längere Kälteperioden zu überbrücken, für einen Stromspeicher gilt das oftmals auch und der Einsatz von Power-to-Gas mit einer Wasserstoffbrennstoffzelle ist noch nicht ausgereift. Deshalb ist ein Autarkiegrad von 100% meistens nicht realistisch und eine externe Versorgung für Wärme oder Strom muss zusätzlich etabliert werden.

---

<sup>36</sup> Quelle: <https://heizung.de/brennstoffzellenheizung/funktionsweise/>

### 3. Gebäudekonzept

Da nun die Grundlagen geklärt sind, muss auf das eigentliche Objekt eingegangen werden. Dazu müssen Standortdaten, Gebäudehülle und technische Umsetzung zur Erzeugung von Strom und Wärme des Gebäudes aufgezeigt und ausgewertet werden. Dies soll in den folgenden Kapiteln umgesetzt werden.

#### 3.1 Standortdaten



**Abbildung 11** - Gebäudeposition auf Karte markiert

Über den Standort des Gebäudes werden nun im Folgenden einige Daten bekannt gegeben. Zunächst ist zu ermitteln, wo sich das Gebäude befindet.

Das geplante Gebäude soll sich dabei in Ringelai im Landkreis Freyung-Grafenau befinden. Dabei soll das Gebäude auf einem Grundstück der Bergstraße platziert werden. Dadurch hat das Gebäude eine etwas erhöhte Position im Vergleich zum im Tal liegenden Ortsteil. Damit ist eine Ausrichtung des Gebäudes in Richtung Süden für die Nutzung von solaren Einträgen gut positioniert. Der einzige Nachteil ist, wie bereits durch die Tallage beschrieben, dass man an diesem Hang zwar eine gute

Südausrichtung hat, jedoch man in den Morgenstunden weniger Ertrag hat wie üblich, da man auf dieser Anhöhe ist.

Ein anderer wichtiger Faktor für die Auswahl dieses Standortes ist die höhere Normaußentemperatur im Vergleich zu umliegenden Orten. Mit seiner etwas tiefer liegenden Lage, nämlich 425m ü. NHN, ist dieser Ort im Vergleich zu umliegenden Gebieten mildes Klima gewöhnt. Das spiegelt sich auch in der Normaußentemperatur wider. Während umliegende Städte und Dörfer mit Normaußentemperaturen von -14 bis -15°C zu rechnen ist, so ist hier für Ringelai eine Normaußentemperatur von -12,2°C anzusetzen, was zu einer Reduzierung der Heizlast und des Energiebedarfs führt.<sup>37</sup>

Ein anderer Pluspunkt für diesen Standort ist das hohe Angebot an lokalen Firmen, welche die Installation und Planung von solartechnischen Anlagen anbieten. Zudem gibt es auch die Möglichkeit, sich an das lokale Stromnetz zu schließen, um einen grauen Strommix aus den öffentlichen Netzen zu vermeiden. Ringelai hat eine eigene Holzversorgung durch die umliegenden Forst- / Holzverarbeitungsbetriebe. Zudem gibt es einige landwirtschaftliche Betriebe, sodass eine große Menge an Biomasse in der Region erzeugt wird. Diese Biomasse wird dann in einer Biogasanlage in Strom umgewandelt. Zudem gibt es in Ringelai bereits eine hohe Anzahl an PV-Anlagen und ein kleines Wasserkraftwerk, wodurch die Gemeinde den Stromverbrauch im privaten Sektor zu 100% decken kann. Dadurch lässt sich der restliche erforderliche Strom als Ökostrom beziehen.<sup>38</sup>

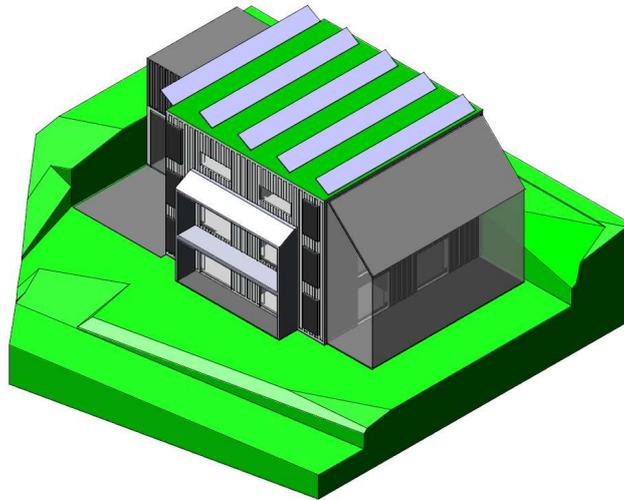
### 3.2 Gebäudehülle

Als nächstes soll die geplante Gebäudehülle beschrieben werden. Dazu sollen die Maße und die Eigenschaften der Außenbauteile beschrieben werden. Dazu werden die einzelnen Aspekte der geplanten Maßnahmen geschildert und der Gedankengang hinter diesen Maßnahmen aufgezeigt.

---

<sup>37</sup> Quelle: <https://www.waermepumpe.de/normen-technik/klimakarte/>

<sup>38</sup> Quelle: <http://www.energymap.info/energieregionen/DE/105/111/165/393/23137.html>



**Abbildung 12** - Modellzeichnung des geplanten Gebäudes  
(eigene Anfertigung)

### 3.2.1 Gebäudeform

Zunächst soll die Dimension des Gebäudes beschrieben werden. Dabei handelt es sich um ein Gebäude, welches einen annähernd quadratischen / würfelförmigen Aufbau aufweisen soll. Dieser Aufbau ermöglicht ein gutes  $A/V$ -Verhältnis, also gibt es eine kleinere wärmeabgebende Fläche bezogen auf das beheizte Volumen. Idealerweise wäre dabei jedoch die Kugelform, welche im Gebäudebau jedoch nicht angewendet werden kann. Dann könnte man noch auf eine Bauweise einer Halbkugel zurückgreifen, ähnlich der Iglu-Bauweise, jedoch ist das in der Regel auch unpraktisch und nicht gewollt. Daraus folgert sich das der Quadratische Aufbau sich am besten anbietet.<sup>39</sup>

In diesem geplanten Fall soll es sich um ein Gebäude mit den Maßen 10,65m Länge, 10,65m Breite und einer Höhe von 8,45m. Dadurch ergibt sich eine gesamte Hüllfläche von 577,05m<sup>2</sup> und ein beheiztes Gebäudevolumen von 958,42m<sup>3</sup>. Es errechnet sich ein Verhältnis von  $A/V$  von 0,60. Damit ergibt sich im Vergleich zur herkömmlichen

<sup>39</sup> Quelle: <https://www.baustoffwissen.de/baustoffe/baustoffknowhow/bauphysik/waermeverluste-was-sagt-das-av-verhaeltnis-von-gebaeuden-aus/>

Bauweise mit Schrägdach, gleichem Volumen, aber größerer Außenfläche, eine geringere Wärmeabgabe.

### 3.2.2 Außenwandaufbau / Außenfenster

Als nächstes soll der Aufbau der Außenwand betrachtet werden. Diese soll in einer Holzrahmenbauweise ausgeführt werden. Die Holzrahmenbauweise ermöglicht zum einen einen guten Schutz vor Wärmeverlusten durch Transmission aufgrund des guten Wärmedurchgangskoeffizienten. Dieser kann in der Regel unter  $0,2 \frac{W}{m^2K}$  betragen und bei größerer Wandstärke noch besser werden. So ist bei diesem Bauprojekt eine Außenwand mit einer Stärke von 40cm geplant. Dadurch ergibt sich ein Wärmedurchgangskoeffizient von circa  $0,15 \frac{W}{m^2K}$ .

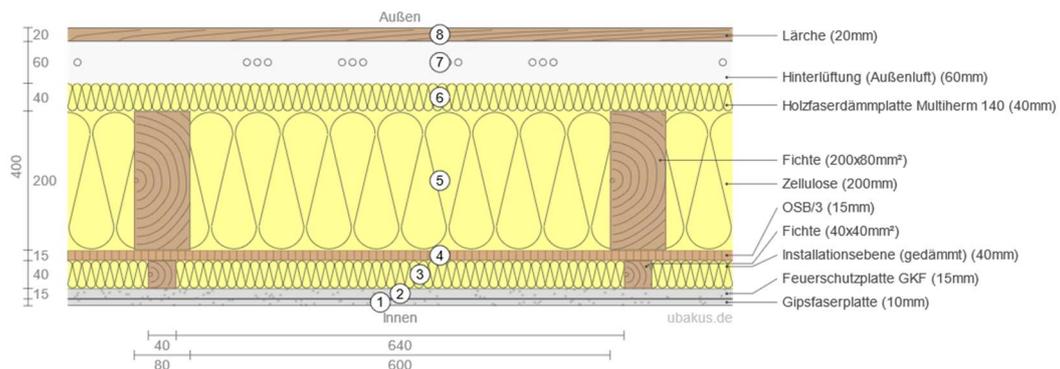
Diese Bauweise bietet jedoch noch weitere Vorteile. Zum einen kann man bei der Auswahl des Dämmstoffes hier auf Naturdämmstoffe zurückgreifen, welche nicht nur aus ökologischer Sicht besser sind als herkömmliche Dämmstoffe, da sie aus nachwachsenden Rohstoffen bestehen, sondern auch in der Lage sind, Wärme besser zu speichern. In Kombination mit einem massiven Innenausbau aus Lehm oder Massivholz lässt sich somit eine gute Wärmespeicherung realisieren.<sup>40</sup>

Die Holzrahmenbauweise bietet neben den bereits genannten Vorteilen zusätzlich auch noch einen guten Schutz vor sommerlicher Hitze. Die Kombination aus Holz und einem Naturdämmstoff sorgt wegen ihrer Speicherfähigkeit zu verzögerter Abgabe der Außenwärme an das Gebäude. Somit erreicht die gespeicherte Wärme erst in den Abend- oder Nachtstunden den Innenbereich, wobei dann bereits die Außentemperatur wieder gefallen ist. Somit kann das Gebäude kaum überhitzen. Falls das nicht ausreicht, kann für zusätzliche Verschattung durch technische oder konstruktive Varianten gesorgt werden.<sup>41</sup>

---

<sup>40</sup> Quelle: <http://www.hausplan.de/ausbau.html>

<sup>41</sup> Quelle: <https://www.holzbau-lindmeier.de/zimmerer/dachsanieung/34-zimmerei/dachloesungen/33-sommerlicher-hitzeschutz.html>



**Abbildung 13** - Aufbau Außenwand Holzrahmenbauweise

(<https://www.ubakus.de/u-wert-rechner/index.php>, eigene Konstruktion)

Neben der Auswahl der Außenwand muss auch für die Außenfenster die richtige Auswahl getroffen werden. Dabei ist es wichtig, Fenster mit einem sehr guten U-Wert zu wählen. Die Fenster sind in der Regel eine der Schwachstellen in der Gebäudehülle, da diese in der Regel immer einen geringeren U-Wert als die Wand selbst aufweisen. So ist bei Fenstern, die nur einen Bruchteil der Gebäudehülle ausmachen, oftmals der größte Verlust aufzufinden.

Jetzt sind Fenster jedoch nicht nur die Schwachstellen in der Außenwand, sondern geben diese auch bei solarer Einstrahlung Wärme ins Gebäude ab. Dadurch kann auch in Wintermonaten an sonnenreichen Tagen mehr Energie über den Tag an das Gebäude übergeben werden durch die solaren Gewinne der Fenster. Im Sommer kann das jedoch wieder zu unangenehmen Innentemperaturen führen, da sich das Gebäude unnötig aufheizen kann. Deshalb sollten die Fenster auch die Möglichkeit bieten, eine Verschattung zu realisieren, standardmäßig in durch Jalousien oder Rollläden. Für den Wärmeschutz bieten sich dabei vor Allem die Jalousien an, Die Rollläden sind in der Regel besser für den winterlichen Wärmeschutz geeignet.<sup>42</sup>

Bei der Auswahl der Fenster soll hier mit einer Dreifachverglasung gerechnet werden. Diese Fenster können in der Regel U-Werte von 0,8 bis sogar  $0,5 \frac{W}{m^2K}$  erreichen. In der Regel sind solche Fenster folgendermaßen aufgebaut. Normalerweise besteht das Fenster aus 3 Glasscheiben, welche jeweils durch eine Gasfüllung voneinander getrennt sind. Diese Gasfüllung besteht in der Regel aus einem Edelgas wie Argon

<sup>42</sup> Quelle: <https://www.mr-gruppe.de/blog/rollladen-jalousien/>

oder Krypton. Je nach Stärke der Fensterscheiben und Stärke der Gasfüllung können Dreifachverglaste Fenster eine Stärke von 28 bis zu 48mm erreichen. Je nach verbauter Stärke kann so der Transmissionswärmeverlust reduziert werden.<sup>43</sup>

Wie man hier sehen kann, ist die richtige Auswahl der Außenbauteile von großer Bedeutung, da man dadurch den Transmissionswärmeverlust des Gebäudes einschränken und somit die erforderliche notwendige Energiemenge reduzieren kann. Dadurch kann auch die Dimensionierung für die Wärmerzeuger geringer ausfallen als das bei Bauteilen mit geringeren U-Werten der Fall wäre. Zu diesen Bauteilen gehört auch die Auswahl eines geeigneten Dachs. Dies soll im nächsten Abschnitt diskutiert werden.

### 3.2.3 Flachdach begrünt

Da für dieses Gebäude eine kubische Form gewählt wurde, ist in diesem Fall kein übliches Schrägdach vorgesehen, sondern ein Flachdach. Dabei gibt es die Möglichkeit, eine begrünte Dachfläche zu planen. Dies bietet einige Vorteile.

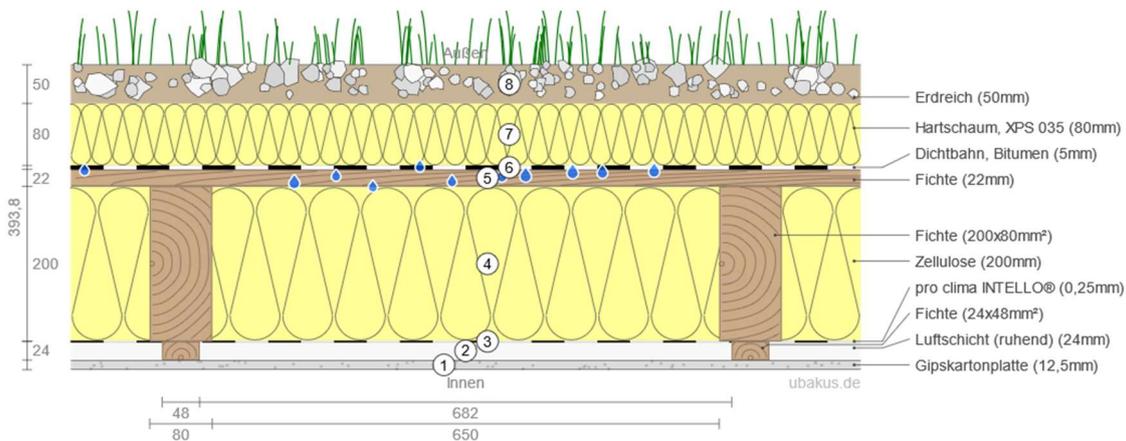
Zum einen kann ein begrüntes Dach nicht nur einen ästhetischen Zweck erfüllen, sondern ist zudem auch noch sehr für den sommerlichen Wärmeschutz förderlich. Das im Erdreich gespeicherte Regenwasser kann durch die Verdunstungskälte im Sommer die Temperatur in den darunter liegenden Räumen niedrig halten.

Diese Verdunstungskälte hat aber auch auf die auf dem Flachdach geplanten PV-Module eine positive Auswirkung. Dadurch können diese im Sommer etwas gekühlt werden und überhitzen nicht so stark. Dadurch steigt die Effizienz einer solchen Anlage zusätzlich an, da stark aufgeheizte PV-Module eine geringere Ausbeute erbringen.<sup>44</sup>

---

<sup>43</sup> Quelle: <https://www.fluegelup.de/info/alte-holzfenster-neu-verglasen.htm>

<sup>44</sup> Quelle: <https://www.zinco.de/dachbegr%C3%BCnung-und-solarenergie>



**Abbildung 14** - Aufbau Flachdach begrünt

(<https://www.ubakus.com/de-ch/u-wert-rechner/index.php>)

Außerdem bietet ein begrüntes Flachdach auch im Winter eine sehr gute Wärmedämmung je nachdem wie hoch der Aufbau ist. Dadurch kann der Heizwärmebedarf auch gesenkt werden. Bei dem geplanten Gebäude erreicht das Flachdach hierbei einen U-Wert von  $0,13 \frac{W}{m^2K}$ . Damit ist das Dach sogar noch besser gedämmt als die Außenwand.

Begrünte Flachdächer bieten jedoch noch weitere Vorteile, jedoch nicht für die Energiebilanz des Gebäudes, sondern unter anderen Aspekten wie zum Beispiel der Entlastung von Entwässerungskanälen oder je nach Begrünungsgrad auch als Verbesserung des umliegenden Klimas.

Dabei ist jedoch zu beachten, dass ein begrüntes Dach wesentlich kostenintensiver und auch pflegeintensiver als andere Dachaufbauten ist. Jedoch ist dies auch davon abhängig, in welchem Umfang die Dachbegrünung stattfinden soll.<sup>45</sup>

### 3.2.4 Glaswintergarten im Süden

Eine weitere Option, den Energiebedarf des Gebäudes zu senken, ist der Anbau eines Glaswintergartens im Süden. Dieser ist durch seine südliche Ausrichtung eine weitere

<sup>45</sup> Quelle: <https://wohnglueck.de/artikel/dachbegrueung-vorteile-nachteile-28176>

Möglichkeit, Sonnenenergie effizient zu nutzen. Durch die Verglasung entsteht ein eigener Treibhauseffekt, welcher bei starker Sonneneinstrahlung den Wintergarten zusätzlich aufheizt. So kann je nach Verglasungsart und je nach Aufbau des Wintergartens einiges an Wärmebedarf eingespart werden.<sup>46</sup>

Eine genaue Bilanzierung ist dabei bei Glasvorbauten sehr komplex und muss unter verschiedenen Aspekten untersucht werden. Darunter fallen zum Beispiel die Verglasung, die Speicherfähigkeit des Bodens und die Wärme, die durch Transmission aus dem Gebäude in den Wintergarten gerät, sowie umgekehrt. Um die solaren Gewinne zu bestimmen, gibt die DIN V 18599 – 2 ein Verfahren vor, welches nach dem Monatsbilanzverfahren die solaren Gewinne exakt bestimmen kann. Jedoch bietet die Norm in diesem Fall auch ein vereinfachtes Verfahren an, welches in diesem Fall auch benutzt werden soll. Dabei kann die Temperatur zur Berechnung des Heizwärmebedarf, bzw. zur Berechnung der Heizlast angepasst werden.<sup>47</sup>

Dabei ist zu beachten, dass je nach Verglasung ein anderer Temperaturkorrekturfaktor zu verwenden ist. In diesem Fall soll eine Wärmeschutzverglasung gewählt werden, welche den Korrekturfaktor von  $F_u=0,5$  aufweist. Damit kann die angrenzende Temperatur der Südseite mit der Formel berechnet werden.

$$\theta_u = \theta_i - F_u(\theta_i - \theta_e)$$

Dabei ist  $\theta_u$  die ermittelte angrenzende Temperatur,  $\theta_i$  die Innentemperatur und  $\theta_e$  die Normaußentemperatur. Daraus ergibt sich für dieses Gebäude mit dem Standort in Ringelai eine resultierende angrenzende Temperatur für die Südseite des Gebäudes von  $\theta_u = 3,9^\circ\text{C}$ . Damit kann der Heizwärmebedarf und somit die notwendige Kollektorfläche zusätzlich reduziert werden.<sup>48</sup>

<sup>46</sup> Quelle: <https://www.fenster-schmidinger.at/wintergaerten-vor-und-nachteile/>

<sup>47</sup> Quelle: <https://www.zub-systems.de/de/support/faqs/zub-helena/verfahren-zur-bilanzierung-eines-wintergarten-nach-din-v-18599>

<sup>48</sup> Quelle: Vgl. DIN e.V. (Hrsg.) DIN V 18599 – 2:2018-09, Kapitel 6.1.4.2

### 3.2.5 Garagenanbau für E-Mobilität

Schließlich soll nun auch noch der Anbau im Norden des Gebäudes kurz erwähnt werden. Dieser dient zwei Gründen. Als erstes fungiert der Anbau als Garage für die zusätzlich geplante E-Mobilität, bedeutet, dass dort ein Fahrzeug durch die PV-Anlage aufgeladen werden kann.

Des Weiteren ist über der Garage eine kleine Technikzentrale, in welcher die Batteriespeicher für die PV-Anlage installiert werden können. Somit ist für die Technik im Gebäude selbst im Erdgeschoss mehr Platz verfügbar. Außerdem kann die Wand der Nordseite, welche nun nicht mehr direkt an die Außenluft grenzt, mit einem geringeren Wärmeverlust berechnet werden. Dadurch kann als Nebeneffekt auch der Heizwärmebedarf etwas reduziert werden.

### 3.2.6 Auswertung Daten / Berechnung der Gebäudehülle

Da nun die Gebäudehülle umfassend beschrieben worden ist, können nun Berechnung zur Ermittlung der Transmissionswärmeverluste, der Lüftungswärmeverluste und der generellen Heizlast stattfinden. Aus diesen Berechnungen lässt sich anschließend auch der gesamte Heizwärmebedarf berechnen.

Die Berechnung wurde dabei mit dem Programm „mh-software“ erstellt und bezieht sich bei seinen Berechnungen auf die DIN EN 12831 zur Berechnung der Normheizlast. Die ausführliche Berechnung befindet sich dabei im Anhang 3 (siehe S.89).

Für die Ermittlung der Daten sollen einige Werte angenommen werden. Zum einen sollen die Wohnräume des Gebäudes mit einer Innentemperatur von  $\theta_i = 20^\circ\text{C}$  angenommen werden. Für einen Technikraum im Erdgeschoss soll mit einer Innentemperatur von  $\theta_i = 15^\circ\text{C}$  angenommen werden und für ein Badezimmer im 1.Obergeschoss soll mit einer Innentemperatur von  $\theta_i = 24^\circ\text{C}$  gerechnet werden. Damit ergibt sich auf die 12 geplanten Zimmer im Gebäude eine Aufteilung von 10

Räumen für den Wohnbedarf, 1 Raum als Technikzentrale und 1 Raum als Badezimmer. Die Luftdichtheit der Gebäudehülle soll durch einen Blower-Door-Test geprüft werden und auch als bestanden gelten, sodass eine hohe Anforderung an die Luftdichtheit des Gebäudes gewährleistet werden kann. Somit sollen die Lüftungswärmeverluste auf ein Minimum reduziert werden. Als Wärmebrückenzuschlag soll in diesem Fall mit der vereinfachten Methode gerechnet werden und ein pauschaler Zuschlag von  $0,05 \frac{W}{m^2K}$  angenommen werden. Durch genauere Berechnungen und exakte Bauweise könnte dieser Zuschlag reduziert werden, jedoch soll hier darauf verzichtet werden. Für die Bodenplatte im Erdgeschoss soll eine gut gedämmte und massive Platte mit einem U-Wert von  $0,1 \frac{W}{m^2K}$  ausgewählt werden.

Mit all diesen Vorgaben lässt sich nun ein Ergebnis zu der Normheizlast und des Transmissionswärmeverlustes berechnen. Dabei können folgende Werte abgelesen werden:

Transmissionswärmeverluste:  $\sum \phi_T = 4777W$

Lüftungswärmeverluste:  $\sum \phi_V = 1616W$

Normheizlast:  $\phi_{HL} = 6394W$

Wärmeverlustkoeffizienten:  $\sum H_T = 148W/K$

$$\sum H_V = 99W/K$$

$$\sum H = 248W/K$$

Aus diesen Werten lässt sich nun auch der spezifische Wärmeverlust, bzw. der spezifische Transmissionswärmeverlust berechnen. Dabei ergibt sich aus dem Wärmeverlustkoeffizienten  $H_T / H$  und der Umhüllungsfläche  $A$  der folgende Wert:

$$H_T' = \frac{\sum H_T}{A} = \frac{148W}{577m^2K} = 0,256 \frac{W}{m^2K}$$

$$H' = \frac{\sum H}{A} = \frac{248W}{577m^2K} = 0,430 \frac{W}{m^2K}$$

Damit unterschreitet das Gebäude den von der EnEV geforderten Mindestwärmeschutz um circa 36%, was auch von dem Sonnenhausinstitut gefordert wurde. Zwar ist die EnEV nicht mehr die aktuelle Vorgabe zur Planung von Gebäuden, jedoch ist Berechnung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes für den Sonnenhausstatus als Nachweis zu erbringen, weshalb das hier auch gemacht wurde.<sup>49</sup>

Diese Daten sind insofern auch wichtig, da sie zur Auslegung der Solarthermieanlage notwendig sind. Zudem muss der Heizwärmebedarf des Gebäudes mit den Wärmeverlusten auf einen Zeitraum von einem Jahr berechnet werden. Dieser Heizwärmebedarf soll mit der DIN 4108 – 6 berechnet werden. Dafür müssen auch einige Annahmen getroffen werden.

Zum einen muss dafür ein Gradtagsfaktor  $F_{GT}$  ermittelt / angenommen werden. Dieser sagt aus, an wie vielen Tagen die Heizungsanlage beim Unterschreiten der Heizgrenztemperatur in Betrieb genommen werden soll. Dafür soll ein Berechnungstool der IWU unter Verwendung der Wetterdaten des DWD verwendet werden.<sup>50</sup> Mit einer Heizgrenztemperatur von 12°C und der Eingabe der Ortsdaten lässt sich somit eine Gradtagszahl bestimmen, welche im Anhang 4 zur genaueren Untersuchung ist (siehe S.115).

Bei dieser Auslegung ist für die Gradtagszahl ein Ergebnis von 3706 Kd über eine Anzahl von 232 Tage an denen geheizt werden soll. Über einen Umrechnungsfaktor von 0,024 und dem Korrekturfaktor für die Nachtabenkung von 0,95 kann dann der Heizwärmebedarf mit Gegenrechnung der solaren und internen Wärmegewinne ermittelt werden. Der Nutzungsgrad der internen Gewinne soll dabei bei 0,95 liegen. Für die internen Gewinne soll pauschal der Wert von 5W/m<sup>2</sup> angenommen werden.

<sup>49</sup> Quelle: <https://www.sonnenhaus-institut.de/allgemein/sonnenhaus-kriterien.html>

<sup>50</sup> Quelle: <https://www.tga-fachplaner.de/meldungen/arbeitshilfe-excel-tool-gradtagzahlen-fuer-deutschland-daten-fuer-2020>

Diese internen Gewinne werden dann auf die Nutzfläche des Gebäudes bezogen, welche sich durch die Formel berechnen lässt:<sup>51</sup>

$$A_N = 0,32V_e$$

$V_e$  ist dabei das gesamte beheizte Gebäudevolumen, in diesem Fall also die gesamte Gebäudehülle. Damit ergibt sich für die Nutzungsfläche  $A_N$  ein Wert von 306,7m<sup>2</sup>. Aus diesem Wert und der Anzahl der Tage, an denen geheizt werden muss, kann dann der innere Wärmegewinn berechnet werden.

Für die solaren Gewinne soll die folgende Formel benutzt werden:<sup>52</sup>

$$Q_s = \sum 0,567I_s g_i A_i$$

Der Faktor 0,567 kommt dabei durch die Abminderung durch einen Rahmenanteil, den nicht senkrechten Strahlungsanteil und einer Abminderung für den Sonnenschutz zustande. Der Faktor  $g_i$  beschreibt den Gesamtdurchlassgrad des Fensters und  $A_i$  die Fläche des Fensters. Für  $I_s$  werden pauschal die Werte 270 kWh/a (südliche Ausrichtung), 155 kWh/a (östliche und westliche Ausrichtung) und 100 kWh/a (nördliche Ausrichtung) angenommen. Der Durchlassgrad ist bei einer Dreifachverglasung im Bereich von 0,55, und die Fensterflächen sind der Heizlastberechnung zu entnehmen. Daraus kann man nun die solaren Gewinne berechnen.

Mit all diesen Daten lässt sich nun der gesamte Heizwärmebedarf berechnen mit der Formel:

$$Q_H = F_{GT}(H_T + H_V) - 0,95(Q_s + Q_i)$$

<sup>51</sup> Quelle: <https://heizung.de/heizung/wissen/waermebedarfsberechnung-nach-din-4108-6/>

<sup>52</sup> Quelle: <http://www.thermopor.com/html/Monatsbilanz.html>

Mit den vorher bestimmten Werten ergibt sich daraus dann der folgende Jahresheizwärmebedarf:

$$Q_H = 84,5 \frac{kWh}{a} \left( 248 \frac{W}{K} \right) - 0,95 \left( 3373,0 \frac{kWh}{a} + 8538,4 \frac{kWh}{a} \right) = 9640,17 \frac{kWh}{a}$$

Zu diesem Heizwärmebedarf muss nun noch der Warmwasserbedarf hinzugerechnet werden, um dann den gesamten Jahreswärmebedarf auszulegen. Für den Warmwasserbedarf soll ein flächenspezifischer Wärmebedarf angenommen werden von  $12,5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ . Damit kann mit der vorherigen berechneten Nutzfläche  $A_N$  ein vereinfachtes Verfahren zum jährlichen Warmwasserbedarf vollzogen werden. Damit ergibt sich für den jährlichen Bedarf an Warmwasser folgender Wert:

$$Q_W = 12,5 \frac{kWh}{m^2a} * 306,7m^2 = 3833,7 \frac{kWh}{a}$$

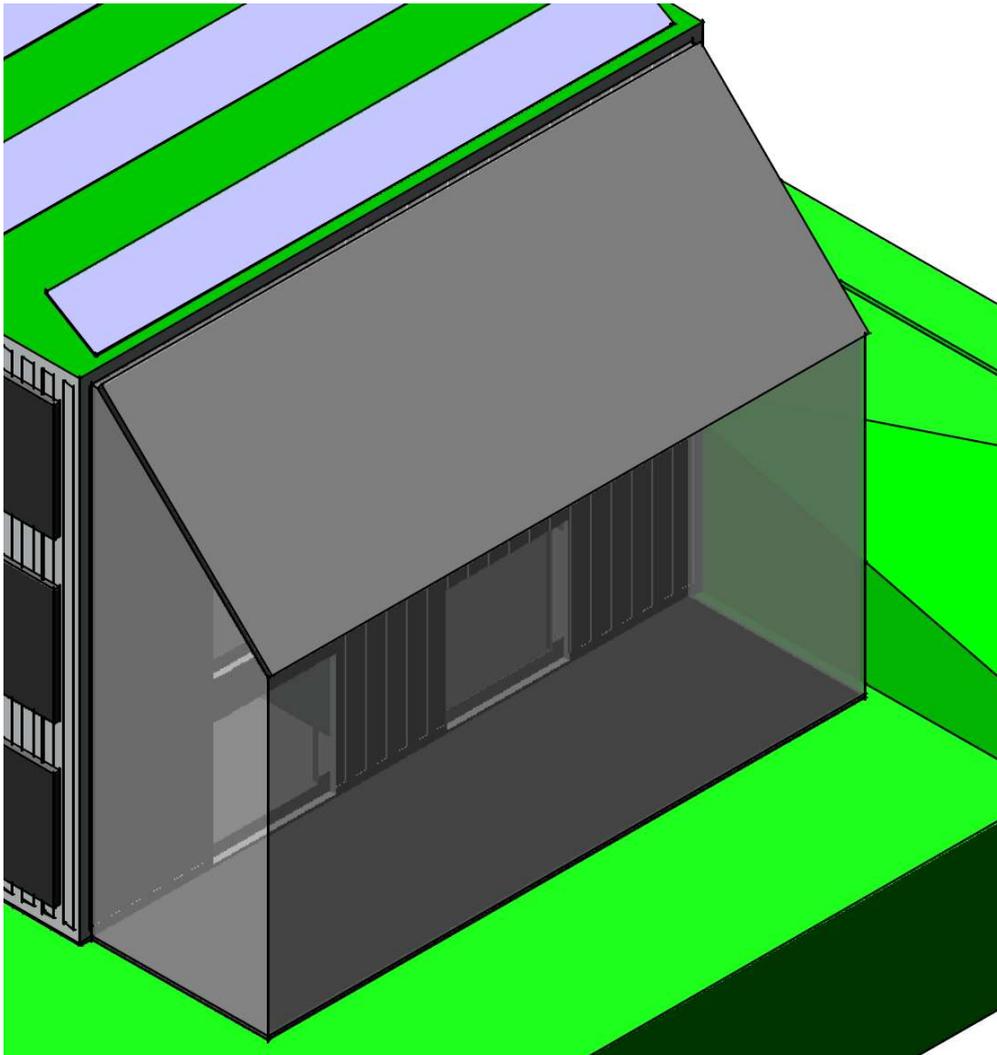
Diese Wärmemenge lässt sich dann in eine Wassermenge umrechnen, welche ca. 230 Liter pro Tag entspricht. Mit den nun berechneten Werten lässt sich als nächstes eine Solarthermieanlage auslegen mit Bestimmung der Anlagengröße und des Deckungsgrades. Zudem lässt sich der Primärenergiebedarf nach der Simulation berechnen.

### 3.3 Wärmeerzeugung über Solarthermie und Biomasseanlage

Als nächstes soll nun die Auslegung der Solarthermieanlage erfolgen. Diese soll in der Lage sein, mindestens 50% des gesamten Wärmebedarfs zu decken. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen die Komponenten richtig ausgewählt werden und eine Möglichkeit zur Speicherung der Wärme etabliert werden. Deshalb werden im

Folgenden die einzelnen Komponenten vorgestellt und am Ende die ermittelten Daten ausgewertet.

### 3.3.1 Sonnenkollektoren



**Abbildung 15** - geplante Position für die Solarthermieanlage  
(eigene Zeichnung)

Bei der Auswahl der Kollektoren sollte hier beachtet werden, wieviel Fläche das Gebäude für die Solarthermie zur Verfügung stellt, um so ermitteln zu können, ob der Einsatz von Flachkollektoren oder eher von Röhrenkollektoren erforderlich ist. Hierbei kann man aus den Plänen die folgenden Möglichkeiten erschließen:

Zum einen befindet sich oberhalb des Glasvorbaus eine Freifläche, welche mit einer Fläche von ca. 40 m<sup>2</sup> vorrangig für die Solarthermieanlage geplant wurde. Mit einer Fläche von 40 m<sup>2</sup> lässt sich für eine kleinere Gebäudekategorie eine Solarthermieanlage mit einem Deckungsgrad von mehr als 50% realisieren. Da man hier jedoch ein etwas größere Gebäude hat, ist die Fläche eventuell zu klein. Deshalb soll bei der Auslegung der Anlage kein Flachkollektor, sondern ein Röhrenkollektor eingesetzt werden.

Falls die Fläche trotzdem nicht ausreichen sollte, so besteht zusätzlich die Möglichkeit, an der Westfassade noch Kollektoren zu etablieren. Dort gibt es zum einen noch einen Balkonvorsprung mit schräger Überdachung, um dort zusätzliche Module zu installieren. Alternativ können an der Fassade noch andere Kollektoren, zum Beispiel Luftkollektoren angebracht werden, um so die Heizungsanlage zu unterstützen.

Die geplante Position der Solarthermieanlage hat dabei eine südliche Ausrichtung und einen Neigungswinkel von 45°. Die Daten zu den ausgewählten Kollektoren sind dabei den Berechnungen zu entnehmen.

### 3.3.2 thermischer Langzeitspeicher

Für die Speicherung der Wärme soll ein Langzeitspeicher eingesetzt werden, welcher sich im Gebäudekern befindet. Durch die zentrale Position gibt dieser Wärme an die umliegenden Räume teilweise ab, sodass diese nicht an die Umwelt verloren geht. Trotzdem muss dieser Speicher eine sehr gute Dämmung besitzen, da man das Gebäude nicht unnötig mit Wärme versorgen will. Vor allem in den Sommermonaten soll das Gebäude innen nicht zusätzliche Wärmelasten beziehen.

Um möglichst lange Wärme zu speichern, muss das Volumen des Speichers relativ groß sein. In diesem Fall bietet der vorgesehene Gebäudekern eine Höhe von 7m und einen Durchmesser von 2m an. Unter Berücksichtigung der Dämmstärke, welche mindestens 20cm betragen sollte, lässt sich ein maximal verfügbares Volumen für den Speicher ermitteln. So lässt sich in diesem Gebäudekern, unter Berücksichtigung der Dämmstärke und der Materialstärke für den Speicher, ein Speicher mit ca. 11500 Liter einbauen.

Der Speicher soll dabei zwei interne Wärmeübertrager besitzen, um einen zweiten Wärmeerzeuger zu integrieren. Dabei soll die Solarthermieanlage als Priorität gelten und der zweite Wärmeerzeuger nur dann eingeschaltet werden, sofern die Solarthermieanlage den Speicher nicht alleinig aufheizen kann.

### 3.3.3 Biomasseheizung

Als Zusatzheizung soll zusätzlich in dem Gebäude eine Biomasseanlage in Form eines Scheitholzkessels oder einer Pelletheizung integriert werden. Man könnte auch ein anderes Heizungssystem etablieren, jedoch bietet die Nutzung von Biomasse den Vorteil, dass der Primärenergiefaktor niedrig ist. Da eines der Ziele des Sonnenhauses ist, den Primärenergiebedarf gering zu halten und somit einen großen Nachhaltigkeitsaspekt zu erreichen.

Eine andere Möglichkeit wäre noch der Einbau einer Wärmepumpe, um die Restwärme zu erzeugen. Dazu müsste jedoch die Stromquelle nachweislich aus regenerativen Energien produziert werden, was oftmals nicht möglich ist. Auch mit der Nutzung einer eigenen PV-Anlage könnte man einen Teil des Strombedarfs für die Wärmepumpe decken, jedoch müsste diese dann größer dimensioniert werden.

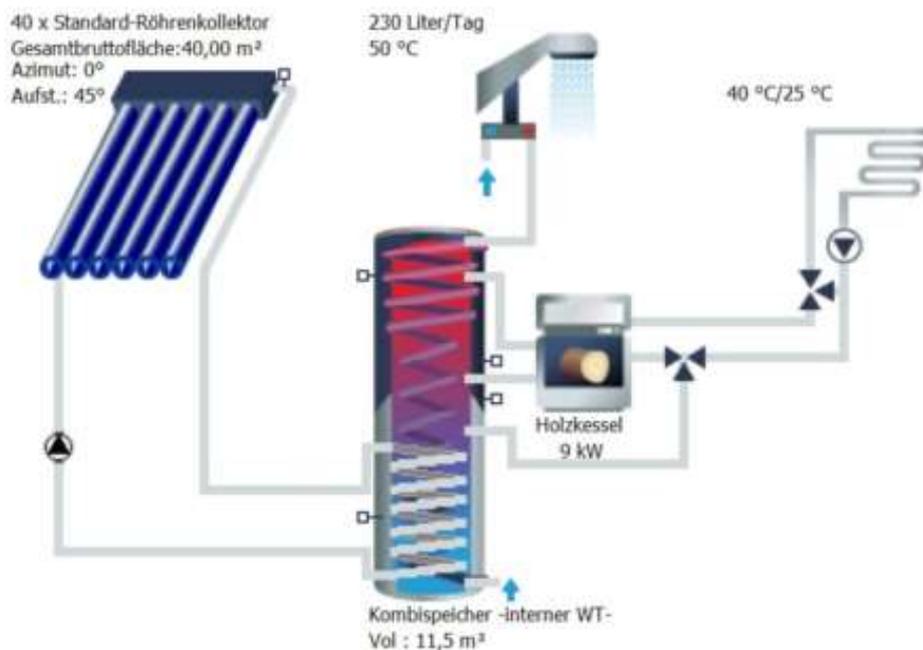
Für diese Gebäude soll nun eine Biomasseanlage ausgewählt werden, um den Restbedarf des Gebäudes zu decken.

Da nun die entsprechenden Daten zur Eingabe für die Simulation der solaren Einträge bekannt sind, sollten diese nun getestet werden und die entsprechenden Anpassungen ausgeführt werden. Die Ergebnisse der Simulation sollen im nächsten Abschnitt präsentiert werden.

### 3.3.4 solarer Deckungsanteil / Ergebnisse der Simulation

Mit den eingegebenen Werten lässt sich nun das Ergebnis auswerten. Dabei kann man sehen, dass der solare Deckungsanteil für den Warmwasserbedarf bei 87,5% liegen

und die Heizwärme mit bis zu 47,3% gedeckt werden kann. Damit hat das Gebäude einen Deckungsanteil von 64,3% erfüllt, was über den notwendigen 50% liegt.



**Abbildung 16** - gewählter Aufbau der Solaranlage

(eigene Auslegung / T\*SOL-Software)

Die Zusatzheizung ist dabei als Holzessel realisiert worden und muss zur jährlichen Deckung des Restbedarfs mindestens eine Anlagenleistung von 6kW erbringen. Um sicherzugehen, dass die Anlage auch in längeren Kälteperioden standhalten kann, sollte trotzdem mindesten ein Kessel mit einer Nennleistung von ca. 9 kW eingebaut werden.

Das Heizungssystem soll dabei vollständig auf einer Flächenheizung basieren, welche an einem Niedrigtemperaturkreis mit angeschlossen ist. Dieser soll mit einem Vorlauf von  $t_v=40^\circ\text{C}$  operieren und eine Rücklaufftemperatur von  $t_R=25^\circ\text{C}$  besitzen.

Da nun der Deckungsanteil der Solaranlage simuliert und berechnet wurde, lässt sich der Primärenergiebedarf des Gebäudes jetzt auch berechnen. Dazu muss der Bedarf,

welcher nicht durch die Solarthermieanlage gedeckt werden kann, mit dem entsprechenden Primärenergiefaktor berechnet werden. Es muss jedoch noch die Anlagenaufwandszahl für einen Holzkessel festgelegt werden. Dieser Wert ergibt sich aus dem Kehrwert des Systemnutzungsgrades, für einen Holzkessel liegt dieser Wert bei ca. 0,65 bis 0,7. Für diese Anlage soll mit einem Wert von 0,65 gerechnet werden. So ergibt sich für den Jahresprimärenergiebedarf folgender Wert:<sup>53</sup>

$$Q_P = \frac{1}{0,65} * 0,2 * (0,527 * 9640,17 \frac{kWh}{a} + 0,133 * 3833,7 \frac{kWh}{a}) = 1720,08 \frac{kWh}{a}$$

Damit kann auch das Kriterium erfüllt werden, den Jahresprimärenergiebedarf unter  $2500 \frac{kWh}{a}$  zu halten und der spezifische Primärenergiebedarf kann auch sehr geringgehalten werden, nämlich auf  $5,61 \frac{kWh}{m^2 a}$ . Damit ist das geplante Ziel auch erreicht worden.

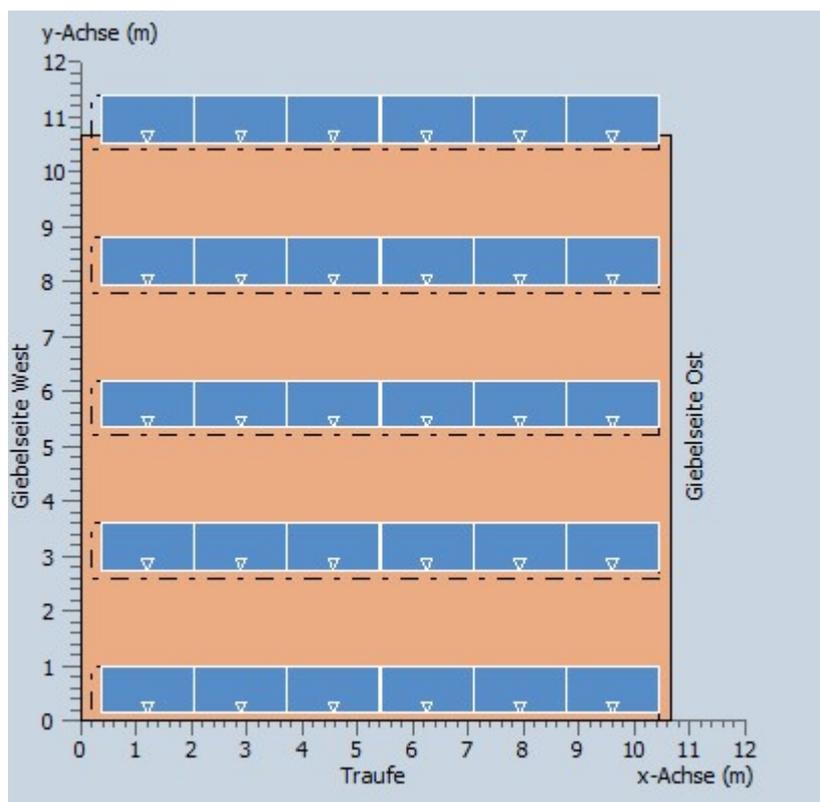
### 3.4 Stromerzeugung durch PV-Anlage

Als nächstes muss untersucht werden, welche Anlagengröße notwendig ist, um dieses Gebäude mit Strom zu versorgen. Auch hier gibt es verschiedene Möglichkeiten, dieses Ziel zu erreichen. Für diesen Fall soll eine PV-Anlage geplant werden mit zusätzlichen Stromspeichern. Die einzelnen Anlagenkomponenten sollen im Folgenden beschrieben werden und die Ergebnisse der PV-Simulation vorgestellt werden.

<sup>53</sup> Quelle: <https://www.kesselheld.de/anlagenaufwandszahl/>

### 3.4.1 Solarmoduldaten / Anlagengröße

Als erstes muss festgelegt werden, welche Module für diese Anlage gewählt werden sollen und welche Fläche zur Installation dieser vorhanden ist. Dazu soll bei diesem Gebäude die PV-Anlage auf dem Flachdach installiert werden. Je nach Modulgröße muss ein gewisser Abstand zwischen den Modulen geplant werden, um die Verschattung anderer Module zu verhindern. Hierzu muss bei einem Einfallswinkel von  $16^\circ$ , was dem niedrigsten Einfallswinkel des Sonnenlichts zur Mittagszeit der Wintersonnenwende entspricht, der Abstand der Module zueinander berechnet werden.



**Abbildung 17** - geplante Aufstellung auf dem Flachdach  
(eigene Auslegung, PV\*SOL Software)

In diesem Fall wurde dafür die Modulhöhe von einem Meter gewählt, wodurch sich der Abstand der Module, bei einem Aufstellwinkel von  $30^\circ$ , voneinander auf 2,61 Meter einschränkt. Mit diesem Abstand lässt sich nun die maximale Menge an Solarmodulreihen mit der Länge der Flachdachseite berechnen. Dabei kommt man auf eine maximale Anzahl von 5 Reihen für die geplante Anlage.

Nun lässt sich die Anzahl der Module pro Reihe mit der gewählten Modulgröße bestimmen. In diesem Fall haben die Module eine Länge von 1,675 Meter wodurch sich insgesamt 6 Module nebeneinander aufstellen lassen. Dadurch ergibt sich eine absolute Anzahl an Modulen von 30.

Wie aus der Graphik erkennbar ist müssen die Module der hintersten Reihe zusätzlich durch eine weitere Halterung an der Außenwand befestigt werden, da eine einfache Aufständering auf dem Dach nicht möglich ist.

Da nun die Aufstellung auf dem Dach und die Modulgröße bekannt ist, muss als nächstes die Modulbauweise bestimmt werden und der Wirkungsgrad der Solarzellen ausgewertet werden. In diesem Fall soll eine Si-monokristalline Solarzelle ausgewählt werden. Diese haben einen Wirkungsgrad von 18,1% und erreichen damit eine Modulleistung von  $300W_P$ . Damit erreicht die Anlage eine gesamte Generatorleistung von insgesamt  $9kW_P$ .

### 3.4.2 Speicherung durch Batterien und Wechselrichter

Als nächstes muss das System zur Speicherung der Energie betrachtet werden. Dazu gibt es verschiedene Batteriesysteme, welche man dafür benutzen kann. Für diese soll ein Blei-Säure-Batterie-System mit einer Nennleistung von 2kW und einer Kapazität von 14,4kWh ausgewählt werden. Dieses System soll auch für den Fall von höherem Strombedarf oder auch bei größerem Angebot an Solarstrom in der Lage sein, auf das Stromnetz zurückzugreifen.

Die Anzahl der Batteriesysteme soll im Lauf der Simulation auf einen ausgewogenen Autarkiegrad angepasst werden, sodass bei der Installation eines weiteren Batteriesystems der Autarkiegrad unwesentlich erhöht wird.

Für den Wechselrichter wurde ein Fabrikat mit 2 einzelnen MPP-Trackern und einer Gesamtleistung von 8 kW ausgewählt. Damit gibt es für die Modulfläche die Möglichkeit der Verschaltung von jeweils 15 Modulen in einer Reihe, somit ist jeweils eine Gebäudehälfte an einen MPP-Tracker geschaltet.

Der Wechselrichter hat dabei pro Eingang eine Mindesteingangsspannung von 160 V und eine maximale Eingangsspannung von 960 V. Bei einer Verschaltung von 15 Modulen in einer Reihe lässt sich nun anhand der vom Modulhersteller vorgegebenen Spannungen und dem Temperaturkoeffizienten der Spannungsbereich der Module berechnen und der Wechselrichter überprüfen. Dafür müssen die Werte für die Leerlaufspannung  $U_L$ , die Spannung am MPP  $U_{MPP}$  und der Spannungskoeffizient  $U_{OC}$  aus den Moduldaten abgelesen werden. Dabei können folgende Werte festgestellt werden:

Leerlaufspannung:  $U_L = 40V$

MPP-Spannung:  $U_{MPP} = 32,6V$

Spannungskoeffizient:  $U_{OC} = -0,116 \frac{V}{K}$  oder  $-0,29 \frac{\%}{K}$

Mit diesen Daten lässt sich nun die maximale Spannung, welche bei der niedrigsten Moduloberflächentemperatur auftritt, und die minimale Spannung bei der höchsten Temperatur berechnen.

Als niedrigste Temperatur an der Moduloberfläche soll dabei von  $-15^\circ\text{C}$  ausgegangen werden und die höchste Temperatur soll bei  $70^\circ\text{C}$  liegen. Somit ist die höchste Spannung pro Modul wie folgt:

$$U_{max} = U_L - (U_{OC} * \Delta T) = 40V - \left(-0,116 \frac{V}{K} * 40K\right) = 44,64V$$

Damit ergibt sich für die 15 in Reihe geschalteten Module eine maximale Spannung von  $U_{\max, \text{ges}} = 670\text{V}$ . Damit ist die obere Grenze des Wechselrichters nicht überschritten. Für die untere Grenze des Wechselrichters wird nun die gleiche Berechnung durchgeführt, jedoch mit der MPP-Spannung als Ausgangswert, da diese den geringeren Betrag hat.

$$U_{\max} = U_{MPP} - (U_{OC} * \Delta T) = 32,6\text{V} - \left(-0,116 \frac{\text{V}}{\text{K}} * (-45\text{K})\right) = 27,38\text{V}$$

Damit ergibt sich für die 15 in Reihe geschalteten Module eine minimale Spannung von  $U_{\min, \text{ges}} = 410,7\text{V}$ . Auch hier lässt sich feststellen, dass die untere Grenze des Wechselrichters nicht unterschritten worden ist. Damit ist die Auswahl möglich.

### 3.4.3 Auswertung der PV-Simulation

Mit den nun bekannten Daten kann die Deckung des Strombedarfs durch die PV-Anlage bestimmt werden und eine PV-Simulation durchgeführt werden. Dazu muss noch der Verbrauch des Gebäudes mit berechnet werden. Dafür wurde ein Profil für den Bedarf eines Haushalts gewählt, welcher mit dem Standardlastprofil zu vergleichen ist. Diese gibt einen Bedarf von  $5010 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$  an. Zusätzlich wurde für diese Simulation der Bedarf für ein E-Fahrzeug mit eingeplant, dessen Verbrauch mit  $15 \frac{\text{kWh}}{100\text{km}}$  angegeben wird. Für die jährliche Fahrtstrecke werden pauschal 20000km angenommen. Mit den Ladeverlusten ergibt sich somit ein Bedarf von  $3616 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$ . Damit liegt der gesamte Verbrauch für das geplante Gebäude bei  $8626 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}$ .

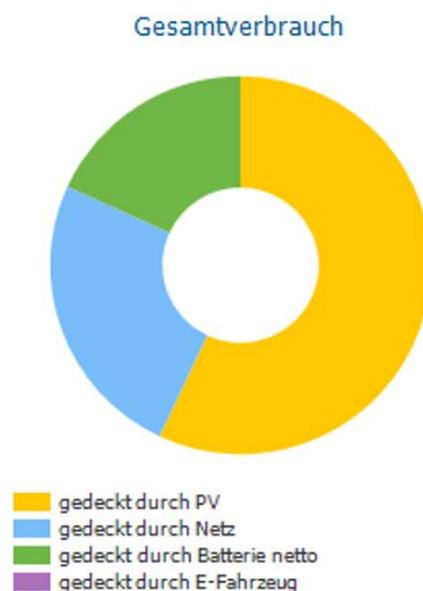
Mit diesem Verbrauch, den ausgewählten Wechselrichter und der Größe der PV-Anlage muss nun die Anzahl der Batteriesysteme für eine möglichst hohe Autarkie ausgewählt werden. Dabei wurde die Anzahl der Batterien auf 2 festgelegt. Aus der Simulation lässt sich erkennen, dass bei einer Steigerung der Anzahl der Autarkiegrad

nicht wesentlich verbessert wurde. In manchen Fällen ist der Grad der Autarkie sogar gefallen, da die Batterien mehr aus dem Netz bezogen haben.

Für die Deckung des gesamten Strombedarfs über ein Jahr kann die PV-Anlage allein  $4918 \frac{kWh}{a}$  des Bedarfs decken. Mit dem Batteriespeichersystemen kann zusätzlich  $1567 \frac{kWh}{a}$  gedeckt werden. Der Rest kann dann aus dem lokalen Biostromnetz bezogen werden. Damit ergibt sich für diese Anlage der folgende Autarkiegrad:

$$\text{Autarkiegrad} = \frac{\text{Eigenverbrauch}}{\text{Gesamtbedarf}} = \frac{4918 \frac{kWh}{a} + 1567 \frac{kWh}{a}}{8626 \frac{kWh}{a}} = 0,752 = 75,2\%$$

Damit ist das Ziel, einen Autarkiegrad von 50% zu überschreiten ebenfalls gelungen. Die PV-Anlage erzeugt genug Strom, um den Jahresbedarf des Gebäudes mit 75% zu decken.



**Abbildung 18** - Deckung des Gesamtverbrauchs  
(eigene Auslegung, PV\*SOL Software)

Jedoch wird auch ein Großteil der erzeugten Energie in das Netz eingespeist. Insgesamt  $3188 \frac{kWh}{a}$  werden nicht selbstständig genutzt und müssen dann gegen eine Vergütung ins Netz eingespeist werden. Daraus folgert sich, dass der Eigenverbrauchsanteil bei 69,3% liegt. Um den Eigenverbrauch zu steigern, könnte über andere Speicherungsmöglichkeiten nachgedacht werden, welche eine längerfristige Speicherung ermöglichen, so wie die Erzeugung von Wasserstoff für eine Brennstoffzelle. Eine andere Möglichkeit ist, die Anzahl der Photovoltaikmodule zu reduzieren, jedoch kann das auch den Autarkiegrad dementsprechend beeinflussen.

## 4. Schluss

Zum Abschluss der Arbeit sollen noch einmal kurz die wichtigsten Ergebnisse zusammengefasst werden und überprüft werden, ob das angestrebte Ziel erfüllt worden ist. Zusätzlich soll ein Fazit zu der Aussage der Arbeit und ein möglicher Ausblick in die Zukunft präsentiert werden.

### 4.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Um die Ergebnisse zusammenzufassen muss zunächst nochmal die Zielstellung der Arbeit in diesem Rahmen erläutert werden. Diese Arbeit hatte das Ziel, ein energieautarkes Gebäude unter den Aspekten eines Sonnenhauses zu realisieren. Dabei wird von einem autarken Sonnenhaus gesprochen, sofern dieses sich selbst mit mindestens 50% solare Deckung mit Wärme versorgen kann und seinen Strombedarf zu mindestens 50% selbst erzeugen und nutzen kann. Ein weiteres Kriterium ist die Ermittlung des spezifischen Primärenergiebedarfs, welcher dabei einen Wert von  $15 \frac{kWh}{m^2 a}$  nicht überschreiten darf. Des Weiteren wird gefordert, dass der spezifische Transmissionswärmeverlust  $H_{tr}$  mindestens 15% unter dem Wert des geforderten Referenzgebäudes liegt.

Damit lassen sich die geforderten Werte nochmal mit den Ergebnissen der Simulation und der Berechnung vergleichen. Der solare Deckungsanteil bei der Wärmeversorgung liegt dabei bei 64,3%, also wurde dieses Kriterium erfüllt. Der Autarkiegrad durch die PV-Anlage wurde simuliert und kann unter Einbeziehung eines E-Fahrzeuges einen Wert von 75,2% erreichen. Der spezifische Primärenergiebedarf liegt bei diesem Gebäude bei  $q_P = 5,61 \frac{kWh}{m^2a}$  und erreicht somit auch den geforderten Wert. Der spezifische Transmissionswärmeverlust  $H_{T'}$  ist mit einem Wert von  $0,256 \frac{W}{m^2K}$  besser als der damals von der EnEV geforderte Mindestdämmstandard von  $0,40 \frac{W}{m^2K}$ . Für diesen Vergleich wurde hier kein Referenzgebäude erstellt, da jedoch der Wert im Vergleich zum geforderten Wert im Verhältnis dazu um 36% kleiner ist, kann davon ausgegangen werden, dass dieser den Wert des Referenzgebäudes auch um 15% unterschreitet. Anders wäre es, wenn man hier eine Unterschreitung von 15% für das nun geforderte Niedrigstenergiegebäude ( $H_{T'} = 0,28 \frac{W}{m^2K}$ ) planen sollte, müsste die Konstruktion neu geplant werden um diesen Wert entsprechend zu unterschreiten. Dazu kann zum Beispiel eine komplett wärmebrückenfreie Konstruktion geplant und nachgewiesen werden oder Bauteile mit besserer Dämmung verwendet werden.

Zusammenfassend lässt sich damit sagen, dass das Ziel zur Erstellung eines energieautarken Gebäudes nach den Forderungen des Sonnenhausinstituts erreicht wurde. Für ein Gebäude, das wirklich zu 100% energieautark ist, müssten die Anlagenkomponenten um einiges vergrößert werden, wodurch die Investitionskosten kaum mehr tragbar wären.

#### 4.2 Fazit / Zukunftsausblick

Die Planung von energieautarken Gebäuden wird in der Zukunft wohl eine immer größere Rolle spielen, vor allem da die Investitionskosten für Anlagen, welche regenerative Energieträger nutzen, immer geringer werden. So lässt sich vor allem bei PV-Anlagen der Trend feststellen, dass der Preis pro  $kW_P$  in den letzten Jahren dauerhaft gefallen ist. Während man im Jahr 2006 noch mit noch mit ca. 4000-5000€ zu rechnen hatte, so liegt der Preis für ein  $kW_P$  heute bei ca. 1200-1500€. Das liegt

vor Allem an der Verbesserung der Technologie und der Verbesserung des Herstellungsprozesses. Auch der immer stärker werdende Konkurrenzkampf und die steigende Herstelleranzahl hat den Preis deutlich nach unten gedrückt.<sup>54</sup>

Nicht nur der sinkende Preis für die Anlagen spielt dabei eine Rolle, sondern auch der steigende Preis für Strom und fossile Brennstoffe begünstigen die Abstreben, ein Gebäude so gut wie möglich autark zu planen. Für PV-Anlagen ist das auch wieder nennenswert, da die Einspeisung in das Stromnetz weniger rentabel ist als der Eigenverbrauch.

Wenn man nun überprüft, wie der aktuelle Stand bei den Sonnenhäusern in Deutschland ist, so wird man feststellen, dass insgesamt ungefähr 2000 solcher Häuser bereits gebaut worden sind. Diese Anzahl wird sich in der Zukunft definitiv erhöhen, vor allem wegen der immer attraktiver werdenden Einsparungen gegenüber herkömmlichen Heizungssystemen.<sup>55</sup>

Der Rückgang der fossilen Brennstoffe führt zudem unweigerlich zur Nutzung von regenerativen Energiequellen. Und dabei ist die Sonne für uns Menschen die unerschöpfliche Quelle an Energie. Auch andere Energiequellen, zum Beispiel Wind, basieren auf der Einstrahlung der Sonne. Es trifft durch solare Strahlung so viel Energie auf die Erde, dass der Energiebedarf der Menschheit um ein Vielfaches gedeckt werden könnte. Deshalb sind die Nutzung und die Erforschung von Technologien zur Nutzung der solaren Einstrahlung auch so wichtig, da diese nachhaltig für eine unbegrenzte Zeit zur Verfügung stehen wird.

---

<sup>54</sup> Quelle: <https://www.net4energy.com/de-de/energie/photovoltaik-preisentwicklung>

<sup>55</sup> Quelle: <https://www.solarthermie-jahrbuch.de/sonnenhaus-oder-solarhaus-solararchitektur-fuer-minimalen-co2-ausstoss/>

## Quellenverzeichnis

### Bildquellen

**Abbildung 1 – Entwicklung Treibhausgas-Emissionen in Deutschland**

<https://www.bmu.de/pressemitteilung/treibhausgasemissionen-sinken-2020-um-87-prozent/>

**Abbildung 2 – Primärenergiefaktoren GEG 2020**

<https://egs-plan.de/magazin/geg-das-neue-gebaudeenergiegesetz>

**Abbildung 3 – Vergleich Strompreis und Vergütung**

[https://www.dankeanke.de/energie-umwelt/pv-anlagen/#EEG-Umlage\\_auf\\_dem\\_Pruefstand](https://www.dankeanke.de/energie-umwelt/pv-anlagen/#EEG-Umlage_auf_dem_Pruefstand)

**Abbildung 4 – Vergleich Kollektorfläche zu solaren Deckungsgrad**

<https://www.solarserver.de/wissen/basiswissen/das-sonnenhaus/>

**Abbildung 19 – Primärenergiebedarf verschiedener Gebäudeklassen**

<https://www.sonnenhaus-institut.de/das-sonnenhaus/solarmodul-komponenten.html>

**Abbildung 6 – Aufbau eines Flachkollektors**

<https://www.solaranlage-ratgeber.de/solarthermie/solarthermie-technik/solarthermie-kollektoren-im-vergleich>

**Abbildung 7 - Funktionsprinzip eines Holzvergasers**

<https://heizung.de/holzheizung/holzvergaserkessel/>

**Abbildung 8 - Funktionsweise Solarzelle**

<https://www.solaranlage.eu/photovoltaik/technik-komponenten/funktionsweise-der-photovoltaikanlage>

**Abbildung 20 - Stromspeicher für PV-Anlagen**

<https://www.enerix.de/produkte/stromspeicher>

**Abbildung 10 – Funktionsweise Brennstoffzelle**

<https://www.elektronik-kompodium.de/sites/bau/1308051.htm>

**Abbildung 11 - Gebäudeposition auf Karte markiert**

**Abbildung 12 - Modellzeichnung des geplanten Gebäudes**

eigene Anfertigung

**Abbildung 13 - Aufbau Außenwand Holzrahmenbauweise**

<https://www.ubakus.de/u-wert-rechner/index.php>, eigene Konstruktion

**Abbildung 14 - Aufbau Flachdach begrünt**

<https://www.ubakus.com/de-ch/u-wert-rechner/index.php>

**Abbildung 15 - geplante Position für die Solarthermieanlage**

eigene Zeichnung

**Abbildung 16 - gewählter Aufbau der Solaranlage**

eigene Auslegung / T\*SOL-Software

**Abbildung 17 - geplante Aufstellung auf dem Flachdach**

eigene Auslegung, PV\*SOL Software

**Abbildung 18 - Deckung des Gesamtverbrauchs**

eigene Auslegung, PV\*SOL Software

## Literaturverzeichnis

341, W. H. A. (2014, 19. August). *Sonnenhaus Kriterien*. Sonnenhaus Institut e.V.

<https://www.sonnenhaus-institut.de/allgemein/sonnenhaus-kriterien.html>

*Alte Fenster neu verglasen – Flügelup.* (o. D.). fluegelup.de. Abgerufen am 1. September 2021, von

<https://www.fluegelup.de/info/alte-holzfenster-neu-verglasen.htm>

*Anlagenaufwandszahl: Berechnung, Beispiele & Vergleich.* (2019, 24. Januar). Kesselheld.

<https://www.kesselheld.de/anlagenaufwandszahl/>

*Auf dem Weg zur Klimaneutralität - Die neuen Klimaziele für Deutschland.* (2021, 24. Juni).

Deutschlandfunk. [https://www.deutschlandfunk.de/auf-dem-weg-zur-klimaneutralitaet-die-neuen-klimaziele-fuer.2897.de.html?dram:article\\_id=496894](https://www.deutschlandfunk.de/auf-dem-weg-zur-klimaneutralitaet-die-neuen-klimaziele-fuer.2897.de.html?dram:article_id=496894)

- B. (2021a, März 22). *Nutzenergie, Endenergie, Primärenergie*. Baugorilla.  
<https://baugorilla.com/energieausweis-nutzenergie-endenergie-primaeerenergie>
- Butzner, J. (2019, 16. Januar). *Der Unterschied zwischen Eigenverbrauch und Autarkiegrad*. shine.  
<https://www.shine.eco/2017/08/10/unterschied-eigenverbrauch-autarkie/>
- D. (2019a, März 18). *Photovoltaik Funktionsweise - PV Anlage, Solarmodule, Solarzellen*.  
rechnerphotovoltaik.de. <https://www.rechnerphotovoltaik.de/photovoltaik/technik/funktionsweise>
- E. (2020, 21. Dezember). *EEG-Umlage auf Eigenverbrauch seit 2021*. energie-experten.  
<https://www.energie-experten.org/erneuerbare-energien/photovoltaik/eigenverbrauch/eeg-umlage-pflichten>
- E. (2021b, Februar 28). *Ratgeber: Wärmeverluste durch „Transmission“ verstehen & berechnen*.  
energie-experten. <https://www.energie-experten.org/bauen-und-sanieren/daemmung/waermedaemmung/transmissionswaermeverlust>
- Effizienzhaus online. (2020a, Dezember 1). *Holzheizung: Arten, Preise und Vor- und Nachteile*.  
<https://www.effizienzhaus-online.de/holzheizung/#artenholzheizung>
- Effizienzhaus online. (2020b, Dezember 2). *Pelletofen – so funktioniert der Holzofen*.  
<https://www.effizienzhaus-online.de/pelletofen/>
- Energiebedarf berechnen: So viel Heizenergie braucht mein Haus*. (2021, 2. August). Heizsparer.  
<https://www.heizsparer.de/heizung/heiztechnik/haus-energiebedarf-berechnen>
- Engel, T. (2015, 24. August). *EnergyMap - Ringelai*. Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V. (DGS).  
<http://www.energymap.info/energieregionen/DE/105/111/165/393/23137.html>
- Excel-Tool: Gradtagzahlen für Deutschland, Daten für 2020*. (2021, 25. Juli). TGA Fachplaner.  
<https://www.tga-fachplaner.de/meldungen/arbeitshilfe-excel-tool-gradtagzahlen-fuer-deutschland-daten-fuer-2020>
- Frey, H. (2018). *Energieautarke Gebäude: Auf dem Weg zu Smart Energy Systems* (1. Aufl. 2019 Aufl.). Springer Vieweg.
- Fuchs, G. (o. D.). *Die Preisentwicklung von Photovoltaik*. net4energy.com. Abgerufen am 1. September 2021, von <https://www.net4energy.com/de-de/energie/photovoltaik-preisentwicklung>
- Funktionweise der Brennstoffzelle erklärt* | heizung.de. (2020, 20. Mai). Heizung.de.  
<https://heizung.de/brennstoffzellenheizung/funktionsweise/>
- GEG - Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden\**. (2020, 1. November). <https://www.gesetze-im-internet.de>.  
<https://www.gesetze-im-internet.de/geg/BJNR172810020.html#BJNR172810020BJNG000800000>

*Das GEG ist am 1. November in Kraft getreten – das müssen Bauherren wissen.* (2020, 1. Dezember). L-Immobilien und Beratung GmbH. <https://www.l-ib.de/news/das-geg-ist-am-1-november-in-kraft-getreten-das-muessen-bauherren-wissen-80.html>

*Das genutzte Flachdach: Dachbegrünung und Solarenergie – Synergie pur | ZinCo.* (o. D.). zinco.de. Abgerufen am 1. September 2021, von <https://www.zinco.de/dachbegr%C3%BCnung-und-solarenergie>

Grimm, R. (2019, 20. Mai). *Niedrigstenergiegebäude - der Neubau-Standard ab 2021.* baustoffwissen. <https://www.baustoffwissen.de/baustoffe/baustoffknowhow/energetisches-bauen/niedrigstenergiegebäude-der-neubau-standard-ab-2021/>

Heinrich, J. (2020, 9. Juni). *Leitfaden: Passivhaus, Nullenergiehaus, Plusenergiehaus.* PlanRadar. <https://www.planradar.com/de/passivhaus-nullenergiehaus-plusenergiehaus/>

Hermes, S. (2021, 22. April). *Dachbegrünung: Vorteile und Nachteile von Gründächern.* Bausparkasse Schwäbisch Hall AG. <https://wohnglueck.de/artikel/dachbegruenung-vorteile-nachteile-28176>

Heyder, L. (2016, 2. Februar). *Wärmeverluste: Was sagt das A/V-Verhältnis von Gebäuden aus?* baustoffwissen.

<https://www.baustoffwissen.de/baustoffe/baustoffknowhow/bauphysik/waermeverluste-was-sagt-das-av-verhaeltnis-von-gebaeuden-aus/>

*Kleinwindkraftanlage kaufen in 2021: Technik & Kosten-Vergleich.* (2021, 26. Januar). Kleine Windkraftanlagen | klein-windkraftanlagen.com. <https://www.klein-windkraftanlagen.com/kauf/>

*Klimakarte | Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V.* (2020, 1. April). waermepumpe.de. <https://www.waermepumpe.de/normen-technik/klimakarte/>

Kröger, F. (o. D.). *Baubiologisch ausgebaut | Hausplan.de.* hausplan.de. Abgerufen am 1. September 2021, von <http://www.hausplan.de/ausbau.html>

Märtel, C. (2021, 8. Januar). *Solare Deckung zeigt Einsparpotenzial an Heizenergie.* <https://www.heizungsfinder.de>. <https://www.heizungsfinder.de/solarthermie/kennzahlen/solare-deckungsrate>

*Monatsbilanz-Verfahren.* (o. D.). thermopor.com. Abgerufen am 1. September 2021, von <http://www.thermopor.com/html/Monatsbilanz.html>

Paschotta, R. (2020, 14. August). *Einspeisevergütung.* 2021 RP Photonics Consulting GmbH. <https://www.energie-lexikon.info/einspeiseverguetung.html>

*Passivhaus | Vorteile, Nachteile und Preise - HEROLD.* (2021, 3. August). HEROLD BLOG. <https://www.herold.at/blog/passivhaus-was-bringt-es-vorteile/>

*Rolläden oder Jalousien: Wo liegt der Unterschied?* (2021, 16. Juni). mr-gruppe.de. <https://www.mr-gruppe.de/blog/rollladen-jalousien/>

Röpcke, I. (2020, 30. Juli). *Sonnenhaus oder Solarhaus: Solararchitektur für minimalen CO<sub>2</sub>-Ausstoß*. Solare Wärme | Das Solarthermie-Jahrbuch. <https://www.solarthermie-jahrbuch.de/sonnenhaus-oder-solarhaus-solararchitektur-fuer-minimalen-co2-ausstoss/>

S. (2021c, März 3). *Wie funktioniert eine Solaranlage?* solaranlagen-abc.de. <https://www.solaranlagen-abc.de/funktion-photovoltaik/>

S. (2021d, Juli 16). *Wintergärten Vor- und Nachteile*. Fenster Schmidinger. <https://www.fenster-schmidinger.at/wintergaerten-vor-und-nachteile/>

*Solare Langzeitspeicher*. (2017, 16. April). baunetzwissen.de. <https://www.baunetzwissen.de/solar/fachwissen/solarspeicher/solare-langzeitspeicher-2343255>

*sommerlicher Hitzeschutz - Lindmeier Holzbau GmbH in Neuburg am Inn*. (o. D.). holzbau-lindmeier.de. Abgerufen am 1. September 2021, von <https://www.holzbau-lindmeier.de/zimmerer/dachsanieierung/34-zimmerei/dachloesungen/33-sommerlicher-hitzeschutz.html>

Sonnenhaus Institut e.V. (2015, 21. Januar). *Sonnenheizung*. <https://www.sonnenhaus-institut.de/solarheizung/solaranlage-heizkonzept.html>

Sonnenhaus Institut e.V. (2016, 18. Mai). *Energiestandards und Kriterien*. <https://www.sonnenhaus-institut.de/das-sonnenhaus/solarmodul-komponenten.html>

*Stromspeicher für Solarstrom aus Ihrer Photovoltaikanlage*. (2021, 28. Juni). Solarwatt | Photovoltaikanbieter aus Deutschland. <https://www.solarwatt.de/ratgeber/stromspeicher>

T. (2019b, Februar 12). *Das Niedrigstenergiehaus: ein Ausblick*. 21 grad. <https://www.vaillant.de/21-grad/technik-und-trends/neubau-standard-niedrigstenergiehaus/>

T. (2021e, April 29). *Wegen Corona-Pandemie: Deutschland hält Klimaziele 2020 ein*. tagesschau.de. <https://www.tagesschau.de/inland/klimaziel-2020-101.html>

*Verfahren zur Bilanzierung eines Wintergarten nach DIN V 18599 | FAQ | ZUB-Systems*. (o. D.). zub-systems.de. Abgerufen am 1. September 2021, von <https://www.zub-systems.de/de/support/faqs/zub-helena/verfahren-zur-bilanzierung-eines-wintergarten-nach-din-v-18599>

*Wärmebedarfsberechnung nach DIN 4108-6 | heizung.de*. (2020, 19. März). Heizung.de. <https://heizung.de/heizung/wissen/waermebedarfsberechnung-nach-din-4108-6>

*Was ist ein Nullenergiehaus | Energieinstitut Vorarlberg*. (2020, 5. August). <https://www.energieinstitut.at/>. <https://www.energieinstitut.at/unternehmen/bauen-und-sanieren-fuer-profis/gebäude-energiekonzepte/das-nullenergiehaus-2/was-ist-ein-nullenergiehaus>

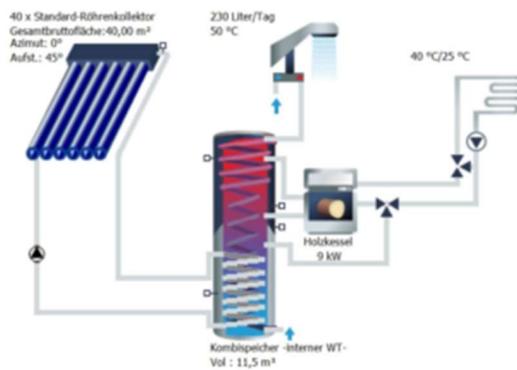
*Was ist ein Passivhaus? [ ]*. (2019, 28. Februar). <https://passipedia.de/>. [https://passipedia.de/grundlagen/was\\_ist\\_ein\\_passivhaus](https://passipedia.de/grundlagen/was_ist_ein_passivhaus)

## Anhangsverzeichnis

### Anhang 1: T\*SOL-Simulationsergebnisse

-  
-

Diplomarbeit



#### Ergebnisse der Jahressimulation

Installierte Kollektorleistung:		26,090 kW
Installierte Kollektorfläche (Brutto):		40 m <sup>2</sup>
Einstrahlung Kollektorfläche (Bezug):	50.680,14 kWh	1.267,00 kWh/m <sup>2</sup>
Abgegebene Energie Kollektoren:	13.745,29 kWh	343,63 kWh/m <sup>2</sup>
Abgegebene Energie Kollektorkreis:	12.775,08 kWh	319,38 kWh/m <sup>2</sup>
Energielieferung Trinkwassererwärmung:		3.869,46 kWh
Energielieferung Heizwärme:		9.486,28 kWh
Energie Solarsystem an Warmwasser:		6.065,50 kWh
Energie Solarsystem an Heizung:		4.484,65 kWh
Zugeführte Energie Zusatzheizung:		5.870,1 kWh
<b>Einsparung Holz-Hackgut trocken:</b>		<b>2.532,0 kg</b>
<b>Deckungsanteil Warmwasser:</b>		<b>87,5 %</b>
<b>Deckungsanteil Heizung:</b>		<b>47,3 %</b>
<b>Deckungsanteil gesamt:</b>		<b>64,3 %</b>
<b>Relative Zusatzenergie-Einsparung (DIN EN 12977):</b>		<b>57,9 %</b>
<b>Systemnutzungsgrad:</b>		<b>20,8 %</b>

-  
-

Diplomarbeit

---

**Vorgaben**

---

**Klimadaten**

Standort:	Ringelai
Klimadatensatz:	Ringelai
Jahressumme Globalstrahlung:	1133,045 kWh/m <sup>2</sup>
Breitengrad:	48,81 °
Längengrad:	-13,47 °

**Trinkwarmwasser**

Durchschnittlicher Tagesverbrauch:	0,23 m <sup>3</sup>
Solltemperatur:	50 °C
Lastgangprofil:	Einfamilienhaus (Morgenspitze)
Kaltwassertemperatur:	Februar: 10 °C August: 10 °C
Zirkulation:	nein

**Heizung**

Normgebäudewärmestrombedarf:	6,65 kW
Normaußentemperatur:	-12,2 °C
Auslegungstemperaturen :	40 °C/25 °C

-

-

Diplomarbeit

---

## Anlage

---

### Kollektorkreis

Hersteller:	Standard
Typ:	Standard-Röhrenkollektor
Anzahl:	40,00
Gesamtbruttofläche:	40 m <sup>2</sup>
Gesamtbezugsfläche:	40 m <sup>2</sup>
Aufstellwinkel:	45 °
Ausrichtung:	180 °
Azimut:	0 °

### Kombispeicher -interner WT-

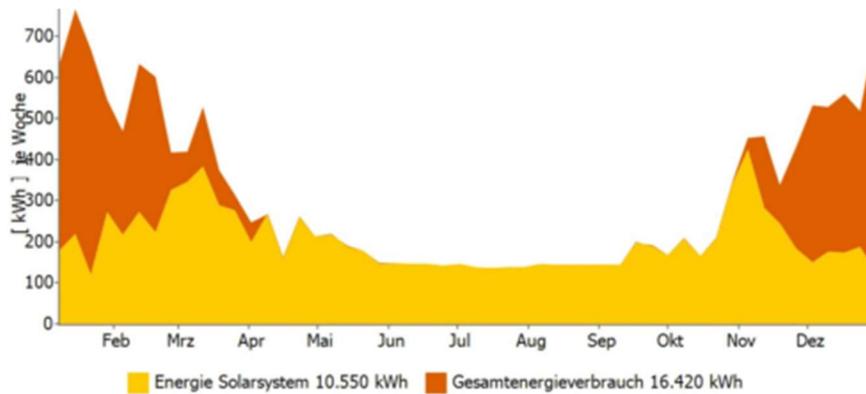
Hersteller:	Standard
Typ:	Kombispeicher -interner WT-
Volumen:	11,5 m <sup>3</sup>

### Zusatzheizung

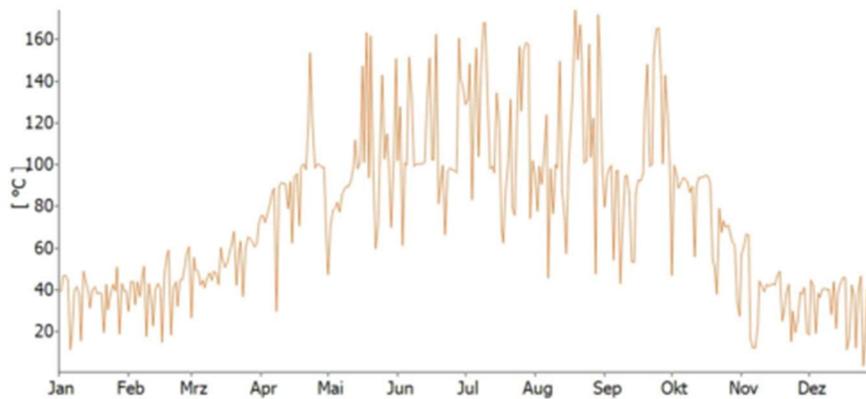
Hersteller:	Standard
Typ:	Holzessel
Nennleistung:	9 kW

Diplomarbeit

### Anteil der Solarenergie am Energieverbrauch



### Tägliche Maximaltemperaturen im Kollektor



Die Berechnungen wurden mit dem Simulationsprogramm für thermische Solaranlagen T\*SOL 2021 (R3) durchgeführt. Die Ergebnisse sind durch eine mathematische Modellrechnung mit einer variablen Zeitschrittweite von max. 6 Minuten ermittelt worden. Die tatsächlichen Erträge können aufgrund von Schwankungen des Wetters, des Verbrauchs und anderen Faktoren davon abweichen. Das obige Anlagenschema ersetzt keine fachtechnische Planung der Solaranlage.

-  
-

Diplomarbeit

**Berechnungen nach dem Gebäudeenergiegesetz (GEG)****Randbedingungen**

Verwendete Norm:	DIN V 18599 (GEG)
Standort:	Referenzstandort Potsdam
Gebäudetyp:	Einfamilienhaus
Heizgrenztemperatur:	12 °C
Nettogrundfläche:	240 m <sup>2</sup>
Anzahl Wohneinheiten:	1
Innerer Fremdwärmeanfall:	45 Wh/(m <sup>2</sup> d)
Rauminnentemperatur:	20 °C
Zapftemperatur Warmwasser:	55,0 °C
Trinkwarmwasserbedarf:	8,5 kWh/(m <sup>2</sup> a)

**Bedarfe**

Jahr	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
Q <sub>h_outg</sub>												
<b>9538</b>	2177	1552	1112	425	135	0	0	10	161	571	1358	2037
Q <sub>tw_outg</sub>												
<b>1298</b>	110	100	110	107	110	107	110	110	107	110	107	110
Q <sub>h</sub>												
<b>9538</b>	2177	1552	1112	425	135	0	0	10	161	571	1358	2037
Q <sub>h_ce</sub>												
<b>0</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q <sub>h_d</sub>												
<b>0</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q <sub>h_s</sub>												
<b>0</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q <sub>tw</sub>												
<b>1298</b>	110	100	110	107	110	107	110	110	107	110	107	110
Q <sub>tw_d</sub>												
<b>0</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q <sub>tw_s</sub>												
<b>0</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Alle Werte in Kilowattstunden (kWh).

-  
-

Diplomarbeit

**Solaranlage**

Kollektor

Hersteller:

Standard

Typ:

Standard-Röhrenkollektor

**Ergebnisse**

Deckung gesamt 42,5 %

Deckung Warmwasser 81,6 %

Deckung Heizung 37,1 %

Abgegebene Energie Kollektoren: 13.745,29 kWh 343,63 kWh/m<sup>2</sup>Abgegebene Energie Kollektorkreis: 12.775,08 kWh 319,38 kWh/m<sup>2</sup>

<b>Jahr</b>	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez
<b>Solarertrag</b>												
<b>4899</b>	684	187	941	608	275	145	143	146	241	680	652	196
<b>Solarertrag Warmwasser</b>												
<b>1118</b>	40	12	83	119	128	145	143	144	122	121	50	11
<b>Solarertrag Heizung</b>												
<b>3781</b>	645	175	858	489	148	0	0	2	119	559	602	185
<b>Hilfsenergie der Solaranlage (Warmwasser)</b>												
<b>35</b>	0	0	1	1	4	7	7	7	4	1	1	0
<b>Hilfsenergie der Solaranlage (Heizung)</b>												
<b>53</b>	7	6	7	6	4	0	0	0	4	6	7	7

Alle Werte in Kilowattstunden (kWh).

Die Ergebnisse dieser Simulationsberechnung können als Nachweis für die ertragsabhängige Förderung in der BEG EM verwendet werden. T\*SOL 2021 (R3) hat die im Rahmen des Forschungsprojektes "Solarsimu-EnEV" (Kennzeichen SWD - 10.08.18.7-12.34 Forschungsinitiative "Zukunft Bau") definierten Benchmarktests bestanden. Weitere Informationen unter <http://www.valentin-software.com>.

T\*SOL 2021 (R3)

01.09.2021

Valentin Software GmbH

Seite 6 von 10

-  
-

Diplomarbeit

**Wirtschaftlichkeitsberechnung****Anlage**

Bezugsfläche:	40 m <sup>2</sup>
Ertrag des Systems:	10.550,15 kWh
Jährl. Brennstoffeinsparung:	2.532,0 kg Holz-Hackgut trocken

**Wirtschaftlichkeitsparameter**

Lebensdauer:	20 Jahre
Kapitalzins:	2,5 %
Wiederanlagezins:	2,5 %
Preissteigerungsrate Energiebezug:	2,0 %
Preissteigerungsrate Betriebskosten:	1,0 %

**Finanzierung**

Gesamtinvestition:	16.000 €
Zuschüsse:	0 €
Fremdkapital:	0 €
Restinvestition:	16.000 €

Betriebskosten im ersten Jahr:	22 €
Einsparungen im ersten Jahr:	253 €

**Wirtschaftlichkeit**

Solare Gestehungskosten:	0,100 €/kWh
Kapitalrückflusszeit:	---
Amortisationszeit:	---

**Rentabilität**

Gesamtkapitalrendite:	35,5 %
Eigenkapitalrendite:	35,5 %
Interner Zinsfuß, IRR:	---
Kapitalwert:	-11.650 €

**Wiederanlageprämisse**

Gewinn:	-8.872 €
Modifizierter interner Zinsfuß, MIRR:	---

T\*SOL 2021 (R3)

01.09.2021

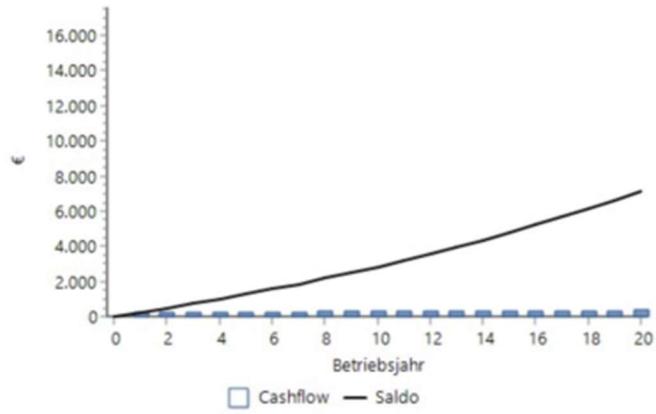
Valentin Software GmbH

Seite 7 von 10

-  
-

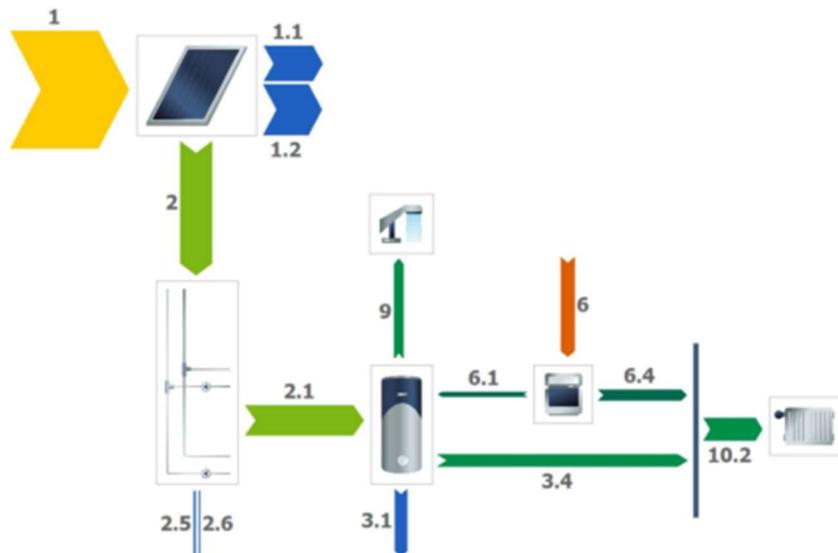
Diplomarbeit

---



-  
-

Diplomarbeit

**Energiebilanzschema****Legende**

1	Einstrahlung Kollektorfläche (Bezug)	50.680 kWh
1.1	Optische Kollektorverluste	15.120 kWh
1.2	Thermische Kollektorverluste	21.816 kWh
2	Energie vom Kollektorfeld	13.745 kWh
2.1	Solarenergie an Speicher	12.775 kWh
2.5	Rohrverluste innen	555 kWh
2.6	Rohrverluste außen	415 kWh
3.1	Speicherverluste	5.285 kWh
3.4	Speicher an Heizung	5.254 kWh
6	Endenergie	5.870 kWh
6.1	Zusatzenergie an Speicher	1.638 kWh
6.4	Zusatzenergie an Heizung	4.232 kWh
9	VW-Energie aus dem Speicher	3.869 kWh
10.2	Wärme an NT-Heizung.	9.486 kWh

-  
-

Diplomarbeit

---

### Glossar

- 1 **Einstrahlung Kollektorfläche (Bezug)**  
Die auf die geneigte Kollektorfläche (Bezugsfläche) eingestrahlte Energie
- 1.1 **Optische Kollektorverluste**  
Verluste u.a. durch Reflektion
- 1.2 **Thermische Kollektorverluste**  
Verluste u.a. durch Wärmeleitung
- 2 **Energie vom Kollektorfeld**  
Die abgegebene Energie am Austritt des Kollektorfeldes (d.h. vor der Verrohrung)
- 2.1 **Solarenergie an Speicher**  
Energie vom Kollektorkreis an den Speicher (abzüglich Rohrverluste)
- 2.5 **Rohrverluste innen**  
Verluste der innen verlegten Rohre
- 2.6 **Rohrverluste außen**  
Verluste der außen verlegten Rohre
- 3.1 **Speicherverluste**  
Wärmeverluste über die Oberfläche
- 3.4 **Speicher an Heizung**  
Wärme vom Speicher an HT/NT-Heizung. Bei Speichern mit Zirkulation gibt es einen solaren Anteil und einen aus der Speicherdurchmischung bedingten Anteil.
- 6 **Endenergie**  
Endenergiestrom in die Anlage. Diese kann als Erdgas, Oel oder Strom (ohne Solarenergie) unter Berücksichtigung der Nutzungsgrade einfließen.
- 6.1 **Zusatzenergie an Speicher**  
Zusatzenergie (z.B. Kessel) an Speicher
- 6.4 **Zusatzenergie an Heizung**  
Zusatzenergie (z.B. Kessel) an HT/NT-Heizung
- 9 **WW-Energie aus dem Speicher**  
Wärme für WW-Verbraucher aus dem Speicher (ohne Zirkulation)
- 10.2 **Wärme an NT-Heizung.**  
Wärme an Niedertemperatur-Heizung

## Anhang 2: PV\*Sol-Simulationsergebnisse

### PV-Anlage

PV-Generatorleistung	9 kWp
Spez. Jahresertrag	1.153,10 kWh/kWp
Anlagennutzungsgrad (PR)	88,7 %
PV-Generatorenergie (AC-Netz)	10.380 kWh/Jahr
Eigenverbrauch	4.918 kWh/Jahr
Batterieladung	2.273 kWh/Jahr
Abregelung am Einspeisepunkt	0 kWh/Jahr
Netzeinspeisung	3.188 kWh/Jahr
Eigenverbrauchsanteil	69,3 %
Vermiedene CO <sub>2</sub> -Emissionen	4.532 kg/Jahr

PV-Generatorenergie (AC-Netz)

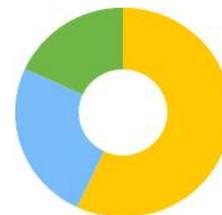


■ Eigenverbrauch  
■ Batterieladung  
■ Abregelung am Einspeisepunkt  
■ Netzeinspeisung

### Verbraucher

Verbraucher	5.010 kWh/Jahr
Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	2 kWh/Jahr
Ladung des E-Fahrzeugs	3.616 kWh/Jahr
Gesamtverbrauch	8.628 kWh/Jahr
gedeckt durch PV	4.918 kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	2.142 kWh/Jahr
gedeckt durch Batterie netto	1.567 kWh/Jahr
gedeckt durch E-Fahrzeug	0 kWh/Jahr
Solarer Deckungsanteil	75,2 %

Gesamtverbrauch

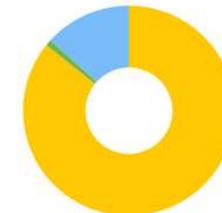


■ gedeckt durch PV  
■ gedeckt durch Netz  
■ gedeckt durch Batterie netto  
■ gedeckt durch E-Fahrzeug

### Elektrofahrzeug

Ladung am Anfang	75 kWh
Ladung des E-Fahrzeugs (Gesamt)	3.616 kWh/Jahr
gedeckt durch PV	3.100 kWh/Jahr
gedeckt durch Batterie	35 kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	481 kWh/Jahr
Entladen des E-Fahrzeugs zur Verbrauchsdeckung	0 kWh/Jahr
Verluste durch Laden/Entladen	272 kWh/Jahr
Verluste in Batterie	415 kWh/Jahr
Verbrauch durch gefahrene Kilometer	3003 kWh/Jahr
Fahrleistung pro Jahr	20023 km/Jahr
davon solar	17358 km/Jahr

Ladung des E-Fahrzeugs (Gesamt)

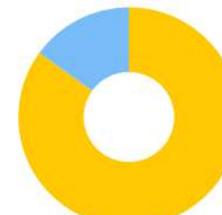


■ gedeckt durch PV  
■ gedeckt durch Batterie  
■ gedeckt durch Netz

### Batteriesystem

Ladung am Anfang	29 kWh
Batterieladung (Gesamt)	2.677 kWh/Jahr
gedeckt durch PV	2.273 kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	403 kWh/Jahr
Batterieenergie zur Verbrauchsdeckung	1.971 kWh/Jahr
Ladung des E-Fahrzeugs	35 kWh/Jahr
Verbrauch	1.936 kWh/Jahr
Verluste durch Laden/Entladen	423 kWh/Jahr
Verluste in Batterie	311 kWh/Jahr
Zyklusbelastung	3,2 %
Lebensdauer	>12 Jahre

Batterieladung (Gesamt)



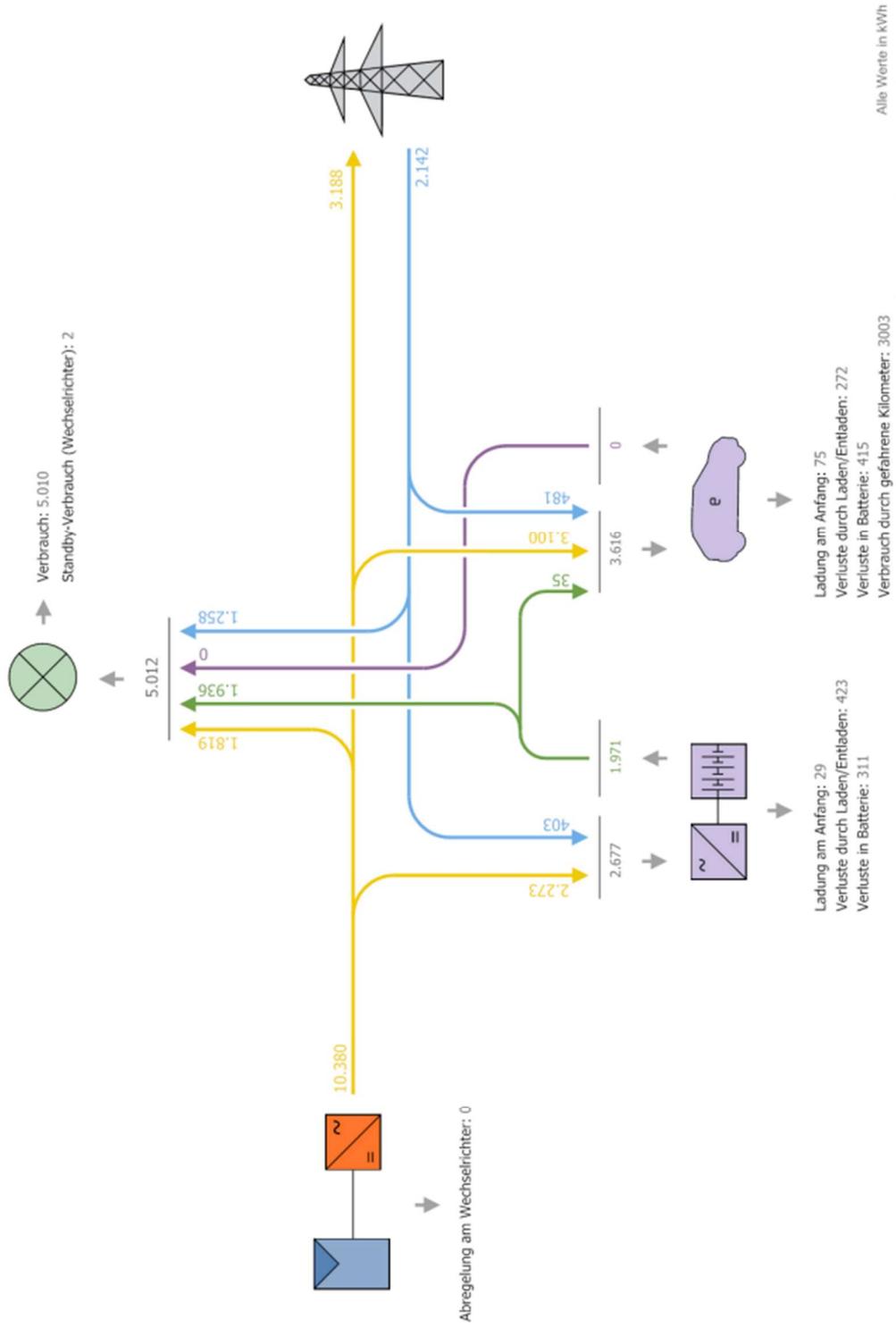
■ gedeckt durch PV  
■ gedeckt durch Netz

### Autarkiegrad

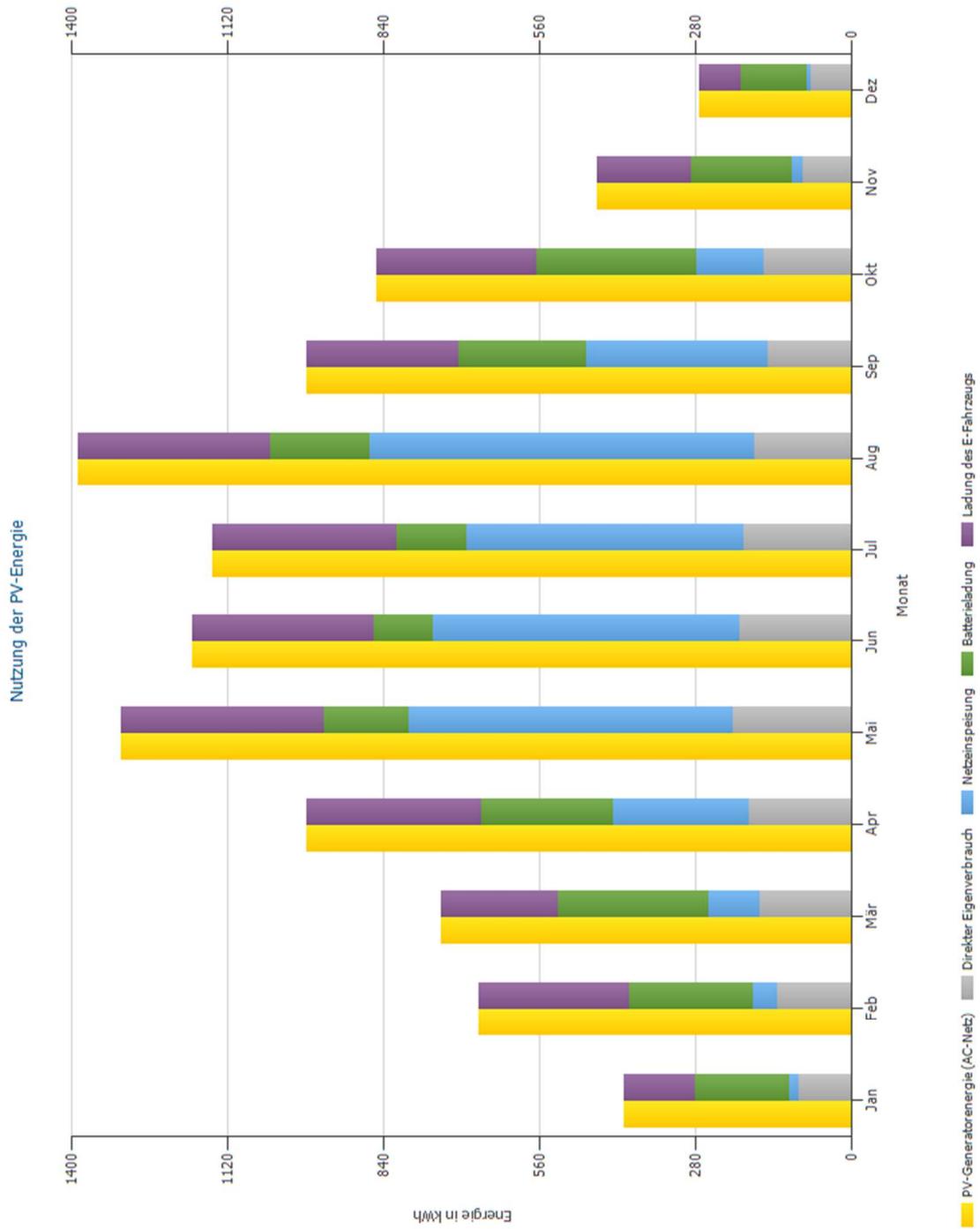
Gesamtverbrauch	8.628 kWh/Jahr
gedeckt durch Netz	2.142 kWh/Jahr
Autarkiegrad	75,2 %

# Energiefluss-Grafik

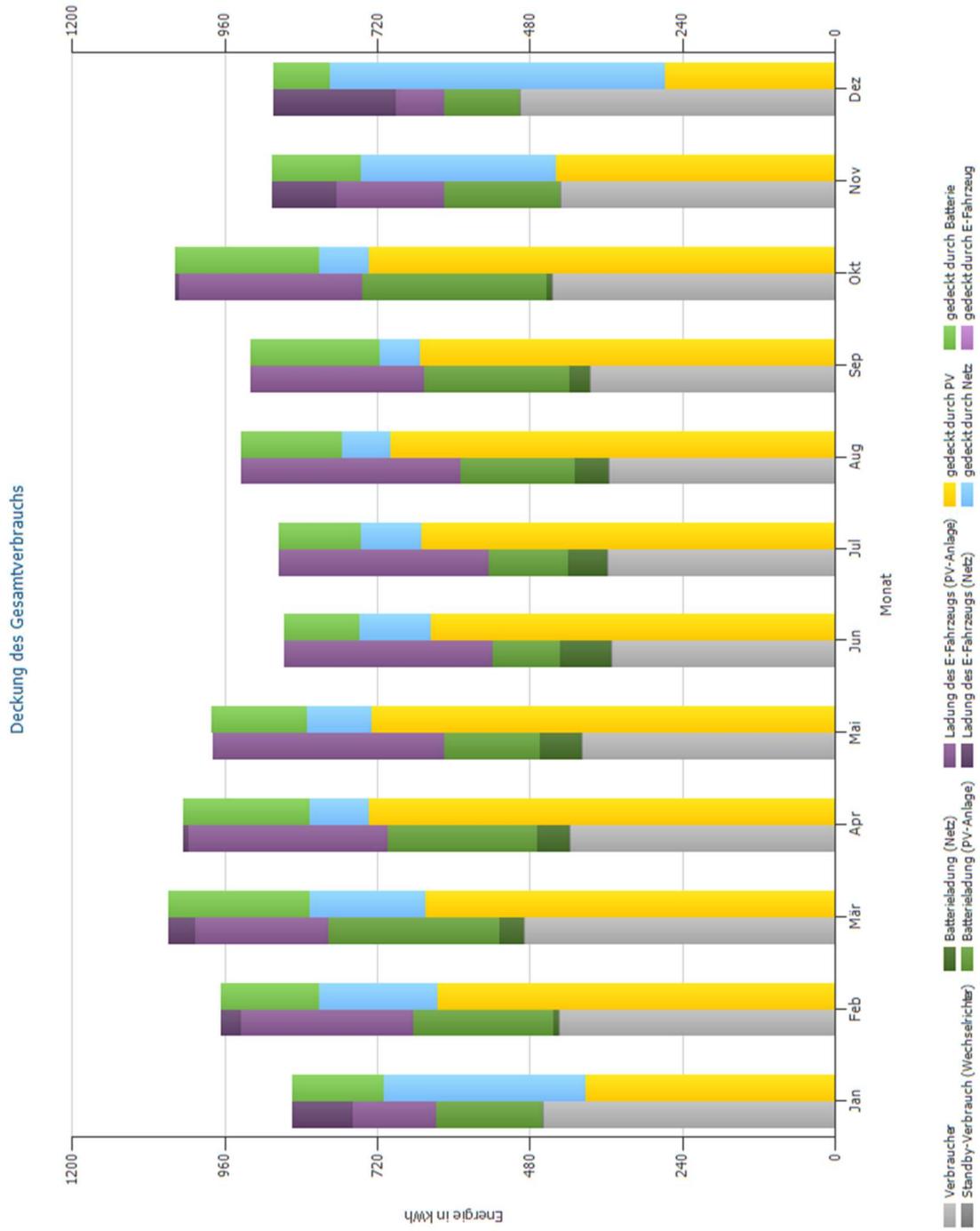
Projekt: diplom

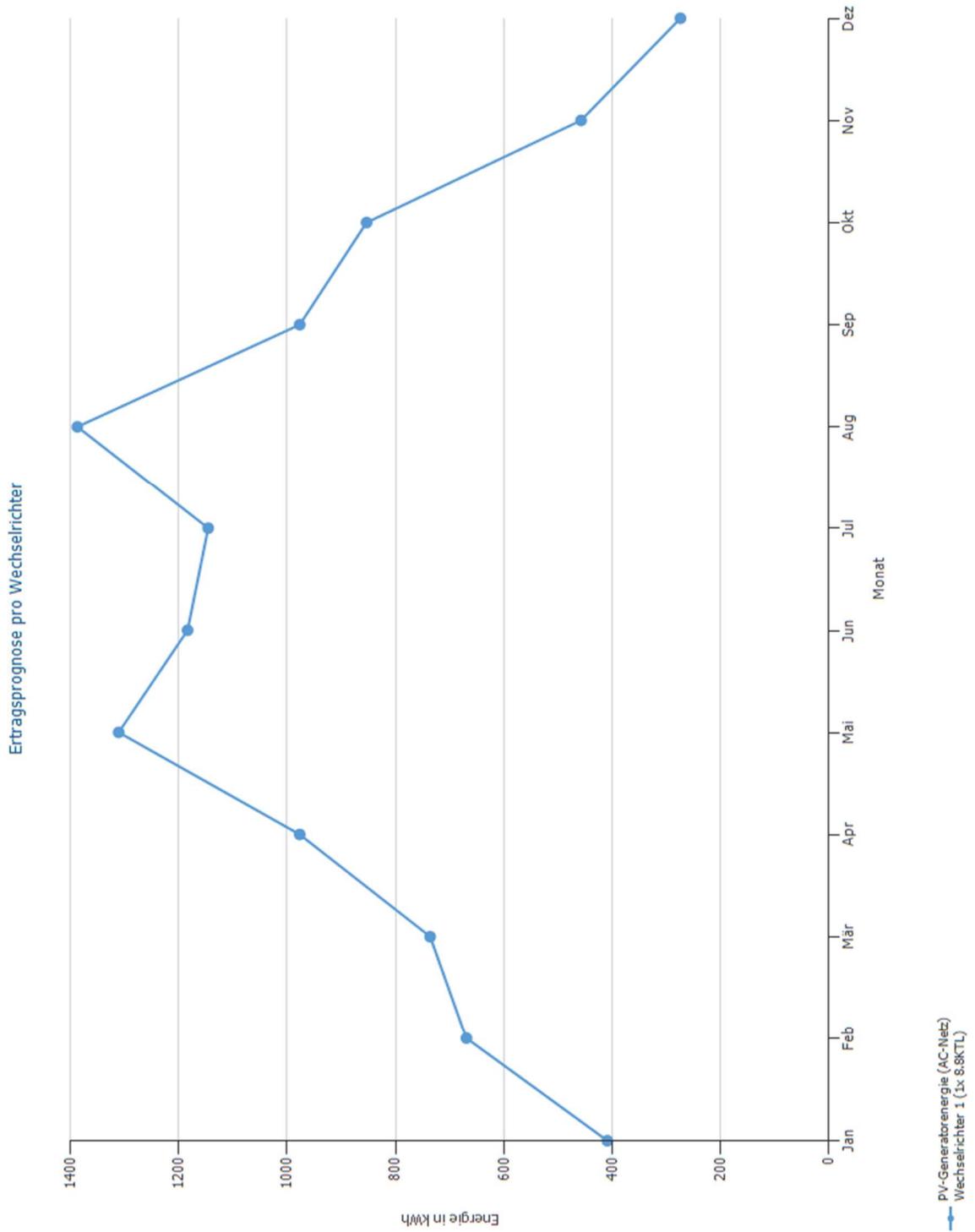


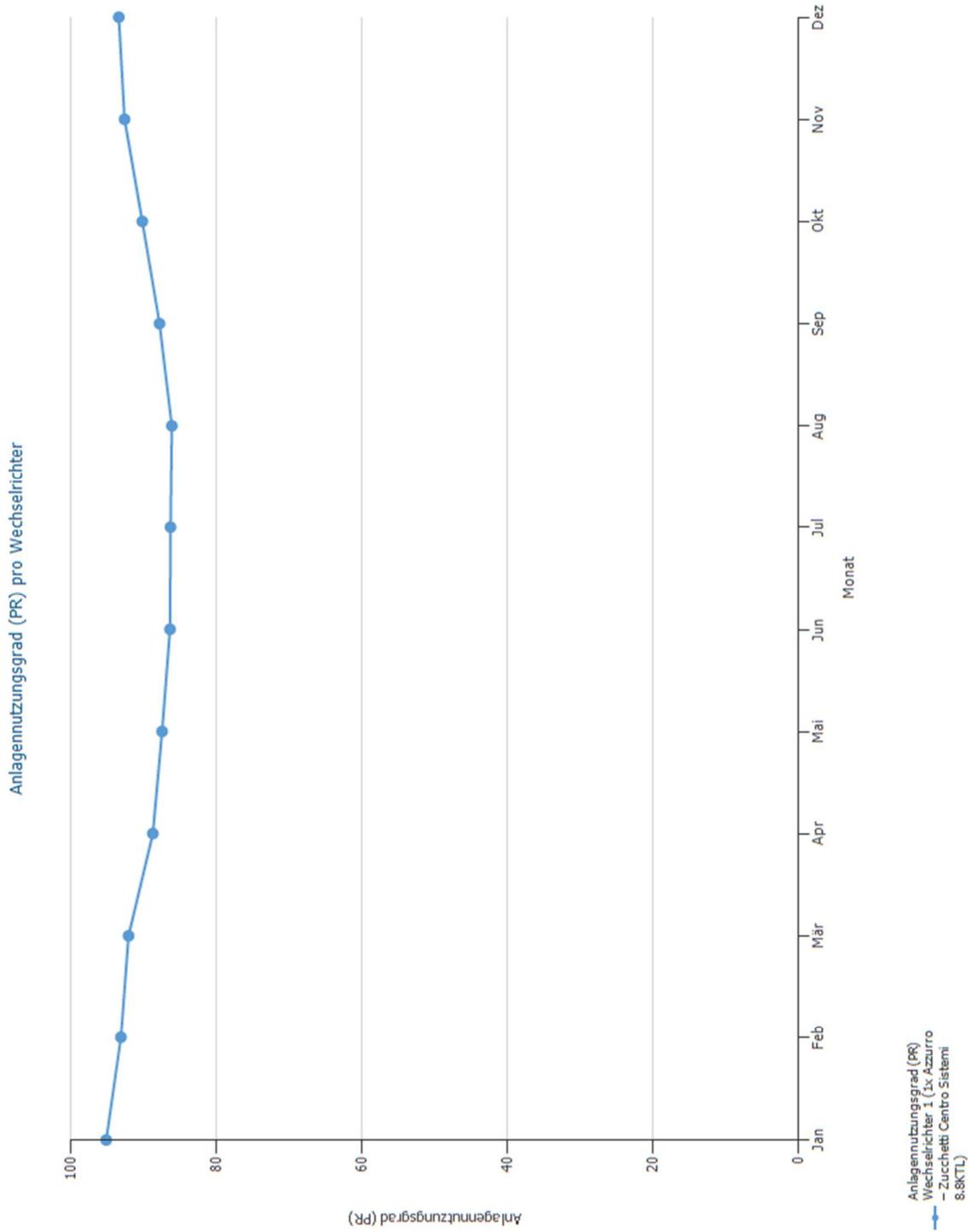


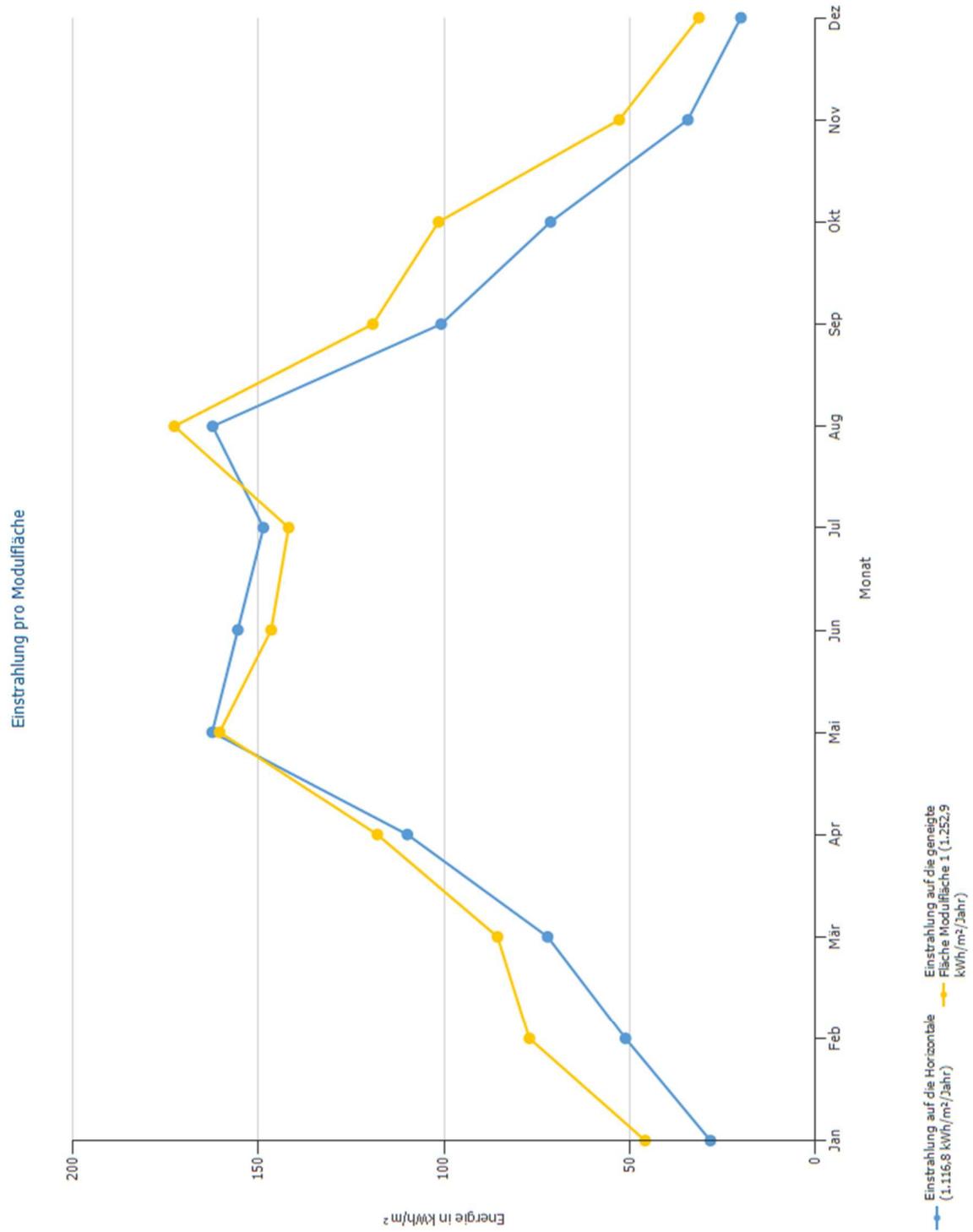












<b>Globalstrahlung horizontal</b>	<b>1.116,80 kWh/m<sup>2</sup></b>	
Abweichung vom Standardspektrum	-11,17 kWh/m <sup>2</sup>	-1,00 %
Bodenreflexion (Albedo)	14,81 kWh/m <sup>2</sup>	1,34 %
Ausrichtung und Neigung der Modulebene	164,64 kWh/m <sup>2</sup>	14,69 %
Abschattung	0,00 kWh/m <sup>2</sup>	0,00 %
Reflexion an Moduloberfläche	-32,23 kWh/m <sup>2</sup>	-2,51 %
<b>Globalstrahlung auf Modul</b>	<b>1.252,86 kWh/m<sup>2</sup></b>	
	1.252,86 kWh/m <sup>2</sup>	
	x 50,3 m <sup>2</sup>	
	= 63.018,96 kWh	
<b>PV Globalstrahlung</b>	<b>63.018,96 kWh</b>	
Verschmutzung	0,00 kWh	0,00 %
STC Konversion (Modul-Nennwirkungsgrad 18,1 %)	-51.611,48 kWh	-81,90 %
<b>PV Nennenergie</b>	<b>11.407,48 kWh</b>	
Schwachlichtverhalten	-113,12 kWh	-0,99 %
Abweichung von der Nenn-Modultemperatur	-206,35 kWh	-1,83 %
Dioden	-55,44 kWh	-0,50 %
Mismatch (Herstellerangaben)	-220,65 kWh	-2,00 %
Mismatch (Verschaltung/Abschattung)	0,00 kWh	0,00 %
<b>PV-Energie (DC) ohne Wechselrichter-Abregelung</b>	<b>10.811,91 kWh</b>	
Unterschreitung der DC-Startleistung	0,00 kWh	0,00 %
Abregelung wegen MPP-Spannungsbereich	0,00 kWh	0,00 %
Abregelung wegen max. DC-Strom	0,00 kWh	0,00 %
Abregelung wegen max. DC-Leistung	0,00 kWh	0,00 %
Abregelung wegen max. AC-Leistung/cos phi	-59,46 kWh	-0,55 %
MPP Anpassung	-10,75 kWh	-0,10 %
<b>PV-Energie (DC)</b>	<b>10.741,70 kWh</b>	
<b>Energie am WR-Eingang</b>	<b>10.741,70 kWh</b>	
Abweichung der Eingangs- von der Nennspannung	-69,56 kWh	-0,65 %
DC/AC-Wandlung	-292,06 kWh	-2,74 %
Standby-Verbrauch (Wechselrichter)	-2,20 kWh	-0,02 %
Kabelverluste Gesamt	0,00 kWh	0,00 %
<b>PV-Energie (AC) abzgl. Standby-Verbrauch</b>	<b>10.377,88 kWh</b>	
<b>PV-Generatorenergie (AC-Netz)</b>	<b>10.380,07 kWh</b>	

	Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4	Jahr 5
Investitionen	-13.500,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Einspeisevergütung	268,18 €	303,43 €	298,07 €	293,25 €	288,86 €
Einsparungen Strombezug	1.364,73 €	1.415,17 €	1.417,80 €	1.422,64 €	1.429,29 €
<b>Jährlicher Cashflow</b>	<b>-11.867,08 €</b>	<b>1.718,60 €</b>	<b>1.715,86 €</b>	<b>1.715,88 €</b>	<b>1.718,15 €</b>
Kumulierter Cashflow	-11.867,08 €	-10.148,49 €	-8.432,62 €	-6.716,74 €	-4.998,59 €

	Jahr 6	Jahr 7	Jahr 8	Jahr 9	Jahr 10
Investitionen	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Einspeisevergütung	284,83 €	281,08 €	277,56 €	274,23 €	271,06 €
Einsparungen Strombezug	1.437,44 €	1.446,82 €	1.457,22 €	1.468,49 €	1.480,47 €
<b>Jährlicher Cashflow</b>	<b>1.722,27 €</b>	<b>1.727,90 €</b>	<b>1.734,79 €</b>	<b>1.742,72 €</b>	<b>1.751,53 €</b>
Kumulierter Cashflow	-3.276,32 €	-1.548,42 €	186,37 €	1.929,09 €	3.680,62 €

	Jahr 11	Jahr 12	Jahr 13	Jahr 14	Jahr 15
Investitionen	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Einspeisevergütung	268,01 €	265,07 €	262,21 €	259,43 €	256,72 €
Einsparungen Strombezug	1.493,06 €	1.506,17 €	1.519,74 €	1.533,69 €	1.548,00 €
<b>Jährlicher Cashflow</b>	<b>1.761,07 €</b>	<b>1.771,24 €</b>	<b>1.781,95 €</b>	<b>1.793,13 €</b>	<b>1.804,72 €</b>
Kumulierter Cashflow	5.441,68 €	7.212,92 €	8.994,87 €	10.787,99 €	12.592,71 €

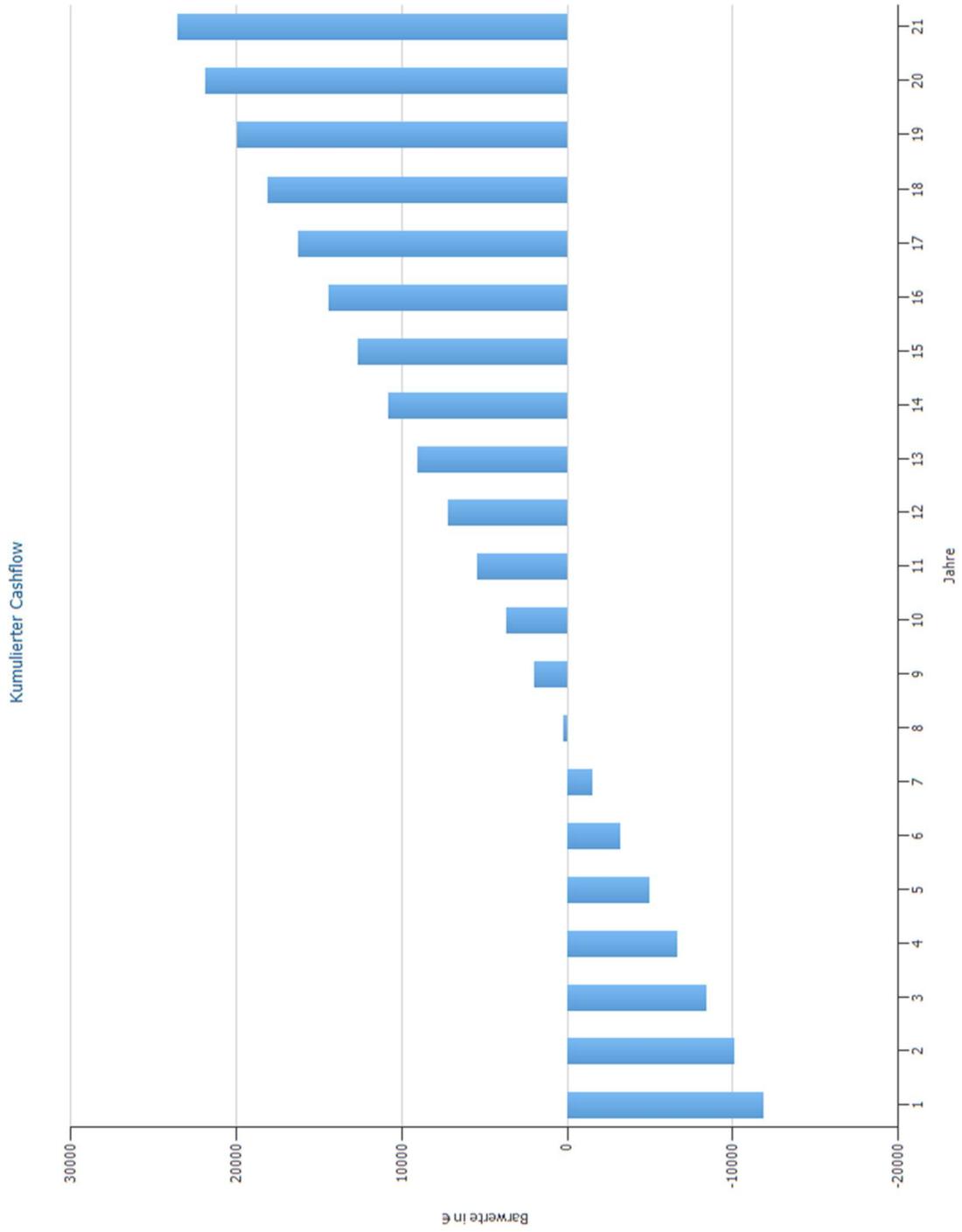
  

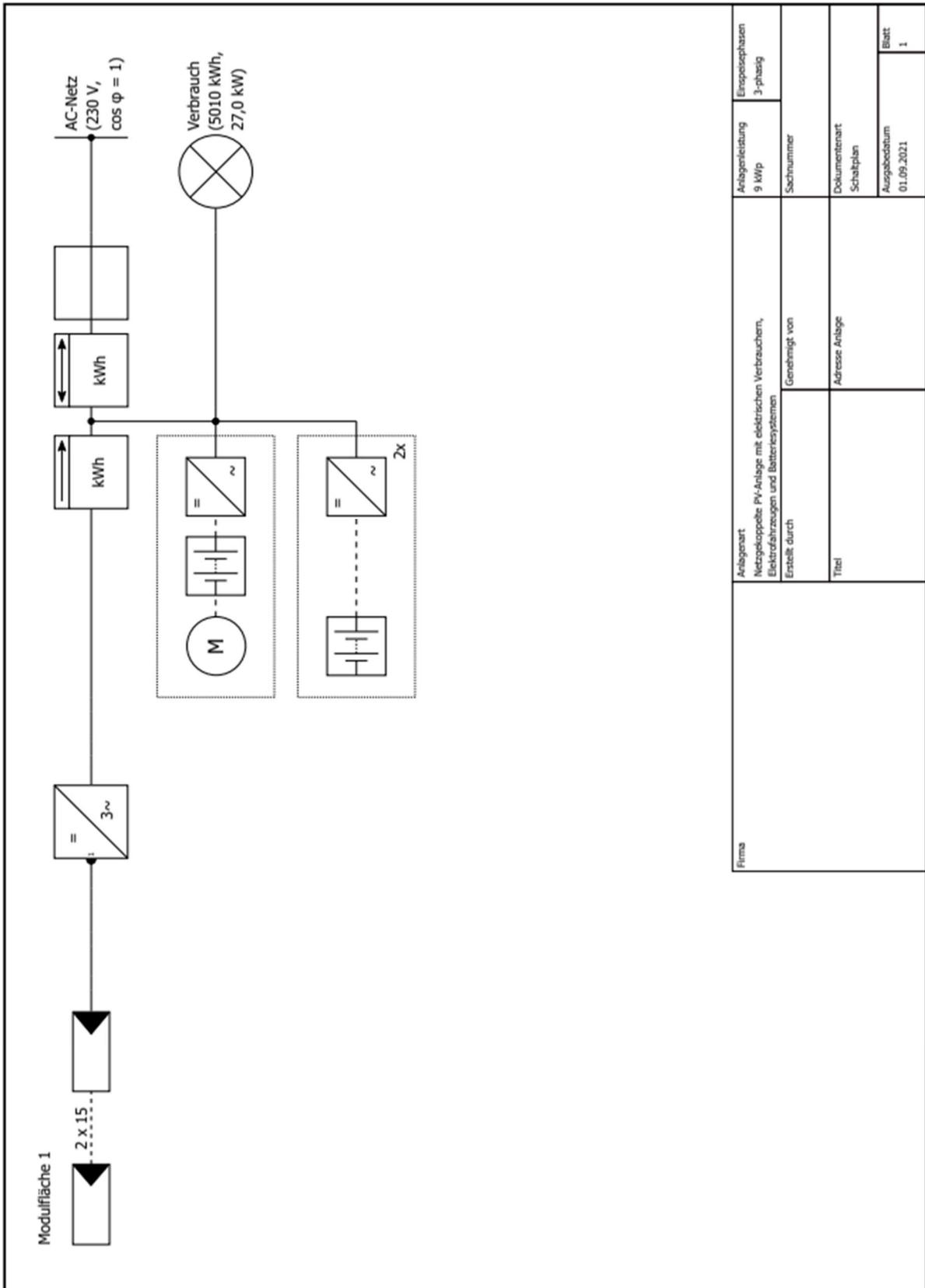
	Jahr 16	Jahr 17	Jahr 18	Jahr 19	Jahr 20
Investitionen	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Einspeisevergütung	254,07 €	251,46 €	248,90 €	246,38 €	243,89 €
Einsparungen Strombezug	1.562,61 €	1.577,51 €	1.592,66 €	1.608,06 €	1.623,68 €
<b>Jährlicher Cashflow</b>	<b>1.816,68 €</b>	<b>1.828,97 €</b>	<b>1.841,56 €</b>	<b>1.854,43 €</b>	<b>1.867,57 €</b>
Kumulierter Cashflow	14.409,39 €	16.238,36 €	18.079,92 €	19.934,35 €	21.801,92 €

	Jahr 21
Investitionen	0,00 €
Einspeisevergütung	88,06 €
Einsparungen Strombezug	1.639,51 €
<b>Jährlicher Cashflow</b>	<b>1.727,57 €</b>
Kumulierter Cashflow	23.529,49 €

Degradation- und Preissteigerungsraten werden monatlich über den gesamten Betrachtungszeitraum angewendet. Dies erfolgt bereits im ersten Jahr.





Firma	Anlagenart	Netzkoppelte PV-Anlage mit elektrischen Verbrauchern, Elektrofahrzeugen und Batteriesystemen	Anlagenleistung	9 MWp	Einphasenphasen	3-phasig
	Erstellt durch		Genehmigt von	Sachnummer		
	Titel		Adresse Anlage	Dokumentenart	Schalplan	
				Ausgabedatum	01.09.2021	Blatt
						1

<b>ALLGEMEINE GEBÄUDEDATEN</b>					
Gebäude(-teil)    AUT    Konzept					
<b>Geometrie</b>					
Länge	$l_{\text{build}}$	10,65 m	Anzahl Geschosse	3	
Breite	$b_{\text{build}}$	10,65 m			
Höhe	$h_{\text{build}}$	8,45 m			
Grundfläche	$A_{\text{build}}$	113,42 m <sup>2</sup>	Hüllfläche	$A_{\text{env,build}}$	467,44 m <sup>2</sup>
<b>Wärmebrückenzuschlag</b>					
Kategorie    Individuelle Ermittlung nach anerkanntem Verfahren					
<b>Lüftung</b>					
Luftdichtheitsprüfung:	geprüft		Anforderungen an Luftdichtheit:	hoch	
Luftwechselrate	$n_{50}$	1 h <sup>-1</sup>			
Kennwert Durchlässigkeit	$q_{\text{env},50}$	2 m <sup>3</sup> (m <sup>2</sup> h)			
Abschirmung	Starke Abschirmung				
<b>Außentemperaturen</b>					
PLZ / Referenzort	94160 / Ringelai		Außentemperatur Referenzort	$\theta_{\text{e,ref}}$	-12,2 °C
Referenzhöhe				$h_{\text{ref}}$	454 m
Standorthöhe				$h_{\text{build}}$	454 m
Temperaturanpassung Höhendifferenz				$\Delta\theta_{\text{h}}$	0 K
Auslegungsaußentemperatur am Gebäudestandort (Außenlufttemperatur)				$\theta_{\text{e},0}$	-12,2 °C
Temperaturanpassung Zeitkonstante				$\Delta\theta_{\text{e},\tau}$	0 K
Auslegungsaußentemperatur				$\theta_{\text{e}}$	-12,2 °C
Jahresmittel Außentemperatur				$\theta_{\text{e,m}}$	8,5 °C
<b>Erdreich</b>					
Tiefe der Bodenplatte <sup>1</sup>	$z$	0,00 m	Grundwassertiefe	0,00 m	
Erdreichberührter Umfang <sup>1</sup>	$P$	42,60 m	Faktor Grundwasser	$f_{\text{GW}}$	1,15 -
Charakteristisches Bodenplattenmaß <sup>1,2</sup>	$B'$	5,33 m	Faktor per. Schwankung	$f_{\theta,\text{ann}}$	1,45 -
<p><sup>1</sup> Die Parameter z, P und B' können alternativ raumweise ermittelt werden.</p> <p><sup>2</sup> Für Räume mit Außenwänden und <math>U_{\text{Boden}} &gt; 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}</math> muss B' raumweise berechnet werden</p>					
<b>Einstellungen</b>					
Transmissionswärmeverlust zu Nachbareinheiten betrachten als...			Zonenverwaltung:	Zone(n) in Nutzungseinheiten	
<input checked="" type="checkbox"/> unbeheizt (aBE), gemäß DIN 12831 <input type="checkbox"/> beheizt (a), bei sichergestellter Belegung					

<b>RAUMHEIZLAST</b>																		
Raumnummer		AUT	2.OG	1	1	Nutzungseinheit					1							
Raumbezeichnung		Wohnen					Zone					Z-1						
Auslegungsinnentemperatur		$\theta_{int,i,stand}$		20 °C		$+\Delta\theta_{comf}$		0 K		$\theta_{int,ausleg,i}$		20 °C						
<b>Abmessungen</b>				<b>Mindestaußenluftwechsel</b>				$n_{min,i}$				0,5 h <sup>-1</sup>						
Raumbreite		$b_i$		0,00 m		<b>Mindestaußenluftvolumenstrom</b>				$q_{v,min,i}$				26,3 m <sup>3</sup> /h				
Raumlänge		$l_i$		0,00 m		<b>Mechanische Belüftung</b>												
Raumfläche		$A_{NGF,i}$		21,44 m <sup>2</sup>		Zuluftvolumenstrom				$q_{v,sup,i}$				0,0 m <sup>3</sup> /h				
Geschosshöhe		$h_{G,i}$		2,90 m		Zulufttemperatur (ohne Vorerwärmung)				$\theta_{rec,z}$				-12,2 °C				
Raumhöhe		$h_i$		2,45 m		Abluftvolumenstrom				$q_{v,exh,i}$				0,0 m <sup>3</sup> /h				
Raumvolumen		$V_i$		52,54 m <sup>3</sup>		<b>Auslegungsluftvolumenstrom ALD</b>				$q_{v,ATD,des,i}$				0,0 m <sup>3</sup> /h				
Raumhüllfläche		$A_{env,i}$		58,29 m <sup>2</sup>		<b>Überströmung aus Nachbarraum</b>												
<b>Erdreich</b>				Volumenstrom				$q_{v,transfer,ij}$				0,0 m <sup>3</sup> /h						
Tiefe Bodenplatte		$z_i$		0,00 m		Temperatur				$\theta_{transfair,ij}$				0 °C				
Bodenfläche		$A_{g,i}$		21,44 m <sup>2</sup>		<b>Verbrennungs-/techn. Volumenstrom</b>				$q_{v,comb,i}$				0,0 m <sup>3</sup> /h				
exponierter Umfang		$P_i$		0,00 m		<b>Technischer Luftvolumenstrom</b>				$q_{v,techn,i}$				0,0 m <sup>3</sup> /h				
B'-Wert <input checked="" type="checkbox"/> raumweise		$B'_i$		0,00 m		<b>Außenluft durch große Öffnungen</b>				$q_{v,open,i}$				0,0 m <sup>3</sup> /h				
				<b>Infiltration, ALD oder Mindestwert</b>				$q_{v,env/min,i}$				26,3 m <sup>3</sup> /h						

Nr	Orientierung	Bauteil	BT Referenz	Anzahl	Breite	Länge / Höhe	Bruttofläche	Fläche abziehen?	Abzugsfläche	Nettofläche	grenzt an	Kurzbezeichnung Nachbarraum	angrenzende Temp.		Temperaturanpassung	U-Wert	Wärmebrücken-zuschlag		korrigierter U-Wert	Transmissionswärmeverlust eingeschränkt	Transmissionswärmeverlust						
													$\theta_{x,k}$	$\theta_{x,ing,k}$			$f_{ix,k}$	$U_k$				$\Delta U_{TB,k}$	$U_{clequiv,k}$	$\Phi_{T,ing,k}$	$\Phi_{T,k}$		
					$b_k$	$l/h_k$	A Brutto,k		$A_{Abzug,k}$	$A_k$	°C			W/m <sup>2</sup> K		W											
					m		m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>							W											
1	W	IW	I300	1	4,22	2,90	12,24			12,24	a		20	20		1,25		1,25	0	0							
2	N	AW	AW40	1	5,32	2,90	15,44			15,44	e		-12	-12		0,15	0,10	0,25	124	124							
3	O	AW	AW40	1	5,33	2,90	15,45		1,68	13,77	e		-12	-12		0,15	0,10	0,25	111	111							
4	O	AF	AF36	1	2,10	0,80	1,68	-		1,68	e		-12	-12		0,80	0,10	0,90	49	49							
5	S	IW	I600	1	4,22	2,90	12,23			12,23	a		20	20		0,78		0,78	0	0							
6	HO	FB	BP10	1			27,40			27,40	a		24	20		0,35		0,35	0	-38							
7	HO	DA	DA40	1			27,40			27,40	e		-12	-12		0,13	0,10	0,23	205	205							
<b>Σ Standard-Transmissionswärmeverluste</b>																	$\Phi_{T,stand,i}$		<b>451 W</b>								
<b>Lüftungswärmeverluste durch</b>																											
- Außenluftvolumenstrom (Infiltration, ALD oder Mindestwert)																	$\Phi_{V,env/min,i}$		288W								
- Zuluftvolumenstrom																	$\Phi_{V,sup,i}$		0W								
- Volumenstrom Überströmung																	$\Phi_{V,transfer,ij}$		0W								
<b>Σ Standard-Lüftungswärmeverluste</b>																	$\Phi_{V,stand,i}$		<b>288 W</b>								
<b>Standardheizlast</b>																	$\Phi_{stand,i}$		738 W								
Zuschlag erhöhte Auslegungsinnentemperatur																	$\Delta\Phi_{i,comf}$		0 W								
Zuschlag Aufheizleistung																	0 W/m <sup>2</sup>		$\Phi_{hu,i}$		0 W		$\max(\Delta\Phi_{i,comf}; \Phi_{hu,i})$		0 W		
<b>NORMHEIZLAST</b>																	34 W/m <sup>2</sup>		14W/m <sup>3</sup>		$\Phi_{HL,i}$		<b>738 W</b>				

<b>RAUMHEIZLAST</b>																		
Raumnummer	AUT	2.OG	1	2	Nutzungseinheit		1											
Raumbezeichnung	Wohnen				Zone		Z-1											
Auslegungsinnentemperatur		$\theta_{int,i,stand}$	20 °C		$+\Delta\theta_{comf}$	0 K	$\theta_{int,ausleg,i}$	20 °C										
<b>Abmessungen</b>				<b>Mindestaußenluftwechsel</b>				$n_{min,i}$	0,5 h <sup>-1</sup>									
Raubbreite	$b_i$	0,00 m		<b>Mindestaußenluftvolumenstrom</b>				$q_{v,min,i}$	26,3 m <sup>3</sup> /h									
Raumlänge	$l_i$	0,00 m		<b>Mechanische Belüftung</b>														
Raumfläche	$A_{NGF,i}$	21,44 m <sup>2</sup>		Zuluftvolumenstrom				$q_{v,sup,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h									
Geschosshöhe	$h_{G,i}$	2,90 m		Zulufttemperatur (ohne Vorerwärmung)				$\theta_{rec,z}$	-12,2 °C									
Raumhöhe	$h_i$	2,45 m		Abluftvolumenstrom				$q_{v,exh,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h									
Raumvolumen	$V_i$	52,53 m <sup>3</sup>		<b>Auslegungsluftvolumenstrom ALD</b>				$q_{v,ATD,des,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h									
Raumhüllfläche	$A_{env,i}$	58,28 m <sup>2</sup>		<b>Überströmung aus Nachbarraum</b>														
<b>Erdreich</b>				Volumenstrom				$q_{v,transfer,ij}$	0,0 m <sup>3</sup> /h									
Tiefe Bodenplatte	$z_i$	0,00 m		Temperatur				$\theta_{transfair,ij}$	0 °C									
Bodenfläche	$A_{g,i}$	21,44 m <sup>2</sup>		<b>Verbrennungs-/techn. Volumenstrom</b>				$q_{v,comb,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h									
exponierter Umfang	$P_i$	0,00 m		<b>Technischer Luftvolumenstrom</b>				$q_{v,techn,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h									
B'-Wert <input type="checkbox"/> raumweise	$B'_i$	0,00 m		<b>Außenluft durch große Öffnungen</b>				$q_{v,open,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h									
				<b>Infiltration, ALD oder Mindestwert</b>				$q_{v,env/min,i}$	26,3 m <sup>3</sup> /h									

Nr	Orientierung	Bauteil	BT Referenz	Anzahl	Breite	Länge / Höhe	Bruttofläche	Fläche abziehen?	Abzugsfläche	Nettofläche	grenzt an	Kurzbezeichnung Nachbarraum	angrenzende Temp.	angrenz. Temp. eing.	Temperaturanpassung	U-Wert	Wärmebrücken-zuschlag	korrigierter U-Wert	Transmissionswärmeverlust eingeschränkt	Transmissionswärmeverlust
					m		m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>				°C		W/m <sup>2</sup> K			W		
1	W	IW	I300	1	4,23	2,90	12,28			12,28	a		20	20		1,25		1,25	0	0
2	N	IW	I600	1	4,22	2,90	12,23			12,23	a		20	20		0,78		0,78	0	0
3	O	AW	AW40	1	5,32	2,90	15,44		1,68	13,76	e		-12	-12		0,15	0,10	0,25	111	111
4	O	AF	AF36	1	2,10	0,80	1,68	-		1,68	e		-12	-12		0,80	0,10	0,90	49	49
5	S	AW	AW40	1	5,32	2,90	15,44		1,68	13,76	e		-12	-12		0,15	0,10	0,25	111	111
6	S	AF	AF36	1	2,10	0,80	1,68	-		1,68	e		-12	-12		0,80	0,10	0,90	49	49
7	HO	FB	GD12	1			27,40			27,40	aBE		5	5		0,20		0,20	83	83
8	HO	DA	DA40	1			27,40			27,40	e		-12	-12		0,13	0,10	0,23	205	205
<b>Σ Standard-Transmissionswärmeverluste</b>																		$\Phi_{T,stand,i}$	<b>607 W</b>	
<b>Lüftungswärmeverluste durch</b>																				
- Außenluftvolumenstrom (Infiltration, ALD oder Mindestwert)																		$\Phi_{V,env/min,i}$	288W	
- Zuluftvolumenstrom																		$\Phi_{V,sup,i}$	0W	
- Volumenstrom Überströmung																		$\Phi_{V,transfer,ij}$	0W	
<b>Σ Standard-Lüftungswärmeverluste</b>																		$\Phi_{V,stand,i}$	<b>288 W</b>	
<b>Standardheizlast</b>																		$\Phi_{stand,i}$	894 W	
Zuschlag erhöhte Auslegungsinnentemperatur																		$\Delta\Phi_{i,comf}$	0 W	
Zuschlag Aufheizleistung																		$\Phi_{hu,i}$	0 W	
<b>NORMHEIZLAST</b>																		$\Phi_{HL,i}$	<b>894 W</b>	

<b>RAUMHEIZLAST</b>																	
Raumnummer		AUT		2.OG		1		3		Nutzungseinheit		1		Zone		Z-1	
Raumbezeichnung		Wohnen															
Auslegungsinnentemperatur		$\theta_{int,i,stand}$		20 °C		+ $\Delta\theta_{comf}$		0 K		$\theta_{int,ausleg,i}$		20 °C					
<b>Abmessungen</b>				<b>Mindestaußenluftwechsel</b>				$n_{min,i}$				0,5 h <sup>-1</sup>					
Raubbreite	$b_i$	0,00 m		<b>Mindestaußenluftvolumenstrom</b>				$q_{v,min,i}$				26,3 m <sup>3</sup> /h					
Raumlänge	$l_i$	0,00 m		<b>Mechanische Belüftung</b>													
Raumfläche	$A_{NGF,i}$	21,45 m <sup>2</sup>		Zuluftvolumenstrom				$q_{v,sup,i}$				0,0 m <sup>3</sup> /h					
Geschosshöhe	$h_{G,i}$	2,90 m		Zulufttemperatur (ohne Vorerwärmung)				$\theta_{rec,z}$				-12,2 °C					
Raumhöhe	$h_i$	2,45 m		Abluftvolumenstrom				$q_{v,exh,i}$				0,0 m <sup>3</sup> /h					
Raumvolumen	$V_i$	52,56 m <sup>3</sup>		<b>Auslegungsluftvolumenstrom ALD</b>				$q_{v,ATD,des,i}$				0,0 m <sup>3</sup> /h					
Raumhüllfläche	$A_{env,i}$	58,30 m <sup>2</sup>		<b>Überströmung aus Nachbarraum</b>													
<b>Erdreich</b>				Volumenstrom				$q_{v,transfer,ij}$				0,0 m <sup>3</sup> /h					
Tiefe Bodenplatte	$z_i$	0,00 m		Temperatur				$\theta_{transfair,ij}$				0 °C					
Bodenfläche	$A_{g,i}$	21,45 m <sup>2</sup>		<b>Verbrennungs-/techn. Volumenstrom</b>				$q_{v,comb,i}$				0,0 m <sup>3</sup> /h					
exponierter Umfang	$P_i$	0,00 m		<b>Technischer Luftvolumenstrom</b>				$q_{v,techn,i}$				0,0 m <sup>3</sup> /h					
B'-Wert <input type="checkbox"/> raumweise	$B'_i$	0,00 m		<b>Außenluft durch große Öffnungen</b>				$q_{v,open,i}$				0,0 m <sup>3</sup> /h					
				<b>Infiltration, ALD oder Mindestwert</b>				$q_{v,env/min,i}$				26,3 m <sup>3</sup> /h					

Nr	Orientierung	Bauteil	BT Referenz	Anzahl	Breite	Länge / Höhe	Bruttofläche	Fläche abziehen?	Abzugsfläche	Nettofläche	grenzt an	Kurzbezeichnung Nachbarraum	angrenzende Temp.		Temperaturanpassung	U-Wert	Wärmebrücken-zuschlag	korrigierter U-Wert	Transmissionswärmeverlust eingeschränkt	Transmissionswärmeverlust	
													$\theta_{x,k}$	$\theta_{x,ing,k}$							$f_{ix,k}$
					$b_k$	$l/h_k$	A Brutto		$A_{Abzug,k}$	$A_k$	°C			W/m <sup>2</sup> K				W			
					m		m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>												
1	W	AW	AW40	1	5,32	2,90	15,44		1,68	13,76	e		-12	-12		0,15	0,10	0,25	111	111	
2	W	AF	AF36	1	2,10	0,80	1,68	-		1,68	e		-12	-12		0,80	0,10	0,90	49	49	
3	N	IW	I600	1	4,22	2,90	12,25			12,25	a		20	20		0,78		0,78	0	0	
4	O	IW	I300	1	4,23	2,90	12,28			12,28	a		20	20		1,25		1,25	0	0	
5	S	AW	AW40	1	5,32	2,90	15,44		1,68	13,76	e		-12	-12		0,15	0,10	0,25	111	111	
6	S	AF	AF36	1	2,10	0,80	1,68	-		1,68	e		-12	-12		0,80	0,10	0,90	49	49	
7	HO	FB	GD12	1			27,41			27,41	aBE		5	5		0,20		0,20	83	83	
8	HO	DA	DA40	1			27,41			27,41	e		-12	-12		0,13	0,10	0,23	205	205	
<b>Σ Standard-Transmissionswärmeverluste</b>																		$\Phi_{T,stand,i}$		<b>607 W</b>	
<b>Lüftungswärmeverluste durch</b>																					
- Außenluftvolumenstrom (Infiltration, ALD oder Mindestwert)																		$\Phi_{V,env/min,i}$		288W	
- Zuluftvolumenstrom																		$\Phi_{V,sup,i}$		0W	
- Volumenstrom Überströmung																		$\Phi_{V,transfer,ij}$		0W	
<b>Σ Standard-Lüftungswärmeverluste</b>																		$\Phi_{V,stand,i}$		<b>288 W</b>	
<b>Standardheizlast</b>																		$\Phi_{stand,i}$		895 W	
Zuschlag erhöhte Auslegungsinnentemperatur										$\Delta\Phi_{i,comf}$		0 W									
Zuschlag Aufheizleistung							0 W/m <sup>2</sup>		$\Phi_{hu,i}$		0 W		$\max(\Delta\Phi_{i,comf}; \Phi_{hu,i})$		0 W						
<b>NORMHEIZLAST</b>																		$\Phi_{HL,i}$		<b>895 W</b>	

RAUMHEIZLAST																	
Raumnummer	AUT	2.OG	1	4	Nutzungseinheit		1										
Raumbezeichnung	Wohnen				Zone		Z-1										
Auslegungsinnentemperatur		$\theta_{int,i,stand}$	20 °C		$+\Delta\theta_{comf}$	0 K	$\theta_{int,ausleg,i}$	20 °C									
<b>Abmessungen</b>				<b>Mindestaußenluftwechsel</b>				$n_{min,i}$	0,5 h <sup>-1</sup>								
Raubbreite	$b_i$	0,00 m		<b>Mindestaußenluftvolumenstrom</b>				$q_{v,min,i}$	26,3 m <sup>3</sup> /h								
Raumlänge	$l_i$	0,00 m		<b>Mechanische Belüftung</b>													
Raumfläche	$A_{NGF,i}$	21,46 m <sup>2</sup>		Zuluftvolumenstrom				$q_{v,sup,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h								
Geschosshöhe	$h_{G,i}$	2,90 m		Zulufttemperatur (ohne Vorerwärmung)				$\theta_{rec,z}$	-12,2 °C								
Raumhöhe	$h_i$	2,45 m		Abluftvolumenstrom				$q_{v,exh,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h								
Raumvolumen	$V_i$	52,58 m <sup>3</sup>		<b>Auslegungsluftvolumenstrom ALD</b>				$q_{v,ATD,des,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h								
Raumhüllfläche	$A_{env,i}$	58,29 m <sup>2</sup>		<b>Überströmung aus Nachbarraum</b>													
<b>Erdreich</b>				Volumenstrom				$q_{v,transfer,ij}$	0,0 m <sup>3</sup> /h								
Tiefe Bodenplatte	$z_i$	0,00 m		Temperatur				$\theta_{transfair,ij}$	0 °C								
Bodenfläche	$A_{g,i}$	21,46 m <sup>2</sup>		<b>Verbrennungs-/techn. Volumenstrom</b>				$q_{v,comb,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h								
exponierter Umfang	$P_i$	0,00 m		<b>Technischer Luftvolumenstrom</b>				$q_{v,techn,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h								
B'-Wert <input type="checkbox"/> raumweise	$B'_i$	0,00 m		<b>Außenluft durch große Öffnungen</b>				$q_{v,open,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h								
				<b>Infiltration, ALD oder Mindestwert</b>				$q_{v,env/min,i}$	26,3 m <sup>3</sup> /h								

Nr	Orientierung	Bauteil	BT Referenz	Anzahl	Breite	Länge / Höhe	Bruttofläche	Fläche abziehen?	Abzugsfläche	Nettofläche	grenzt an	Kurzbezeichnung Nachbarraum	angrenzende Temp.	angrenz. Temp. eing.	Temperaturanpassung	U-Wert	Wärmebrücken-zuschlag	korrigierter U-Wert	Transmissionswärmeverlust eingeschränkt	Transmissionswärmeverlust
					m		m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>		°C		W/m <sup>2</sup> K			W				
1	S	IW	I600	1	4,22	2,90	12,25			12,25	a		20	20		0,78		0,78	0	0
2	W	AW	AW40	1	5,32	2,90	15,44		1,68	13,76	e		-12	-12		0,15	0,10	0,25	111	111
3	W	AF	AF36	1	2,10	0,80	1,68	-		1,68	e		-12	-12		0,80	0,10	0,90	49	49
4	N	AW	AW40	1	5,32	2,90	15,44			15,44	e		-12	-12		0,15	0,10	0,25	124	124
5	O	IW	I300	1	4,22	2,90	12,24			12,24	a		20	20		1,25		1,25	0	0
6	HO	FB	GD12	1			27,40			27,40	aBE		5	5		0,20		0,20	83	83
7	HO	DA	DA40	1			27,40			27,40	e		-12	-12		0,13	0,10	0,23	205	205
<b>Σ Standard-Transmissionswärmeverluste</b>																	$\Phi_{T,stand,i}$	<b>572 W</b>		
<b>Lüftungswärmeverluste durch</b>																				
- Außenluftvolumenstrom (Infiltration, ALD oder Mindestwert)																	$\Phi_{V,env/min,i}$	288W		
- Zuluftvolumenstrom																	$\Phi_{V,sup,i}$	0W		
- Volumenstrom Überströmung																	$\Phi_{V,transfer,ij}$	0W		
<b>Σ Standard-Lüftungswärmeverluste</b>																	$\Phi_{V,stand,i}$	<b>288 W</b>		
<b>Standardheizlast</b>																	$\Phi_{stand,i}$	860 W		
Zuschlag erhöhte Auslegungsinnentemperatur																	$\Delta\Phi_{i,comf}$	0 W		
Zuschlag Aufheizleistung																	$\Phi_{hu,i}$	0 W		
<b>NORMHEIZLAST</b>																	$\Phi_{HL,i}$	<b>860 W</b>		

<b>RAUMHEIZLAST</b>																
Raumnummer	AUT	1.OG	1	2	Nutzungseinheit		1									
Raumbezeichnung	Badezimmer				Zone		Z-1									
Auslegungsinnentemperatur		$\theta_{int,i,stand}$	24 °C		$+\Delta\theta_{comf}$	0 K	$\theta_{int,ausleg,i}$	24 °C								
<b>Abmessungen</b>			<b>Mindestaußenluftwechsel</b>			$n_{min,i}$	0,5 h <sup>-1</sup>									
Raubbreite	$b_i$	0,00 m		<b>Mindestaußenluftvolumenstrom</b>			$q_{v,min,i}$	26,3 m <sup>3</sup> /h								
Raumlänge	$l_i$	0,00 m		<b>Mechanische Belüftung</b>												
Raumfläche	$A_{NGF,i}$	21,44 m <sup>2</sup>		Zuluftvolumenstrom			$q_{v,sup,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h								
Geschosshöhe	$h_{G,i}$	2,75 m		Zulufttemperatur (ohne Vorerwärmung)			$\theta_{rec,z}$	-12,2 °C								
Raumhöhe	$h_i$	2,45 m		Abluftvolumenstrom			$q_{v,exh,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h								
Raumvolumen	$V_i$	52,54 m <sup>3</sup>		<b>Auslegungsluftvolumenstrom ALD</b>			$q_{v,ATD,des,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h								
Raumhüllfläche	$A_{env,i}$	29,29 m <sup>2</sup>		<b>Überströmung aus Nachbarraum</b>												
<b>Erdreich</b>			Volumenstrom			$q_{v,transfer,ij}$	0,0 m <sup>3</sup> /h									
Tiefe Bodenplatte	$z_i$	0,00 m		Temperatur			$\theta_{transfair,ij}$	0 °C								
Bodenfläche	$A_{g,i}$	21,44 m <sup>2</sup>		<b>Verbrennungs-/techn. Volumenstrom</b>			$q_{v,comb,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h								
exponierter Umfang	$P_i$	0,00 m		<b>Technischer Luftvolumenstrom</b>			$q_{v,techn,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h								
B'-Wert <input type="checkbox"/> raumweise	$B'_i$	0,00 m		<b>Außenluft durch große Öffnungen</b>			$q_{v,open,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h								
			<b>Infiltration, ALD oder Mindestwert</b>			$q_{v,env/min,i}$	26,3 m <sup>3</sup> /h									

Nr	Orientierung	Bauteil	BT Referenz	Anzahl	Breite	Länge / Höhe	Bruttofläche	Fläche abziehen?	Abzugsfläche	Nettofläche	grenzt an	Kurzbezeichnung Nachbarraum	angrenzende Temp.	angrenz. Temp. eing.	Temperaturanpassung	U-Wert	Wärmebrücken-zuschlag	korrigierter U-Wert	Transmissionswärmeverlust eingeschränkt	Transmissionswärmeverlust
					$b_k$	$l/h_k$	A Brutto,k		$A_{Abzug,k}$	$A_k$										
					m		m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>				°C		W/m <sup>2</sup> K			W			
1	W	IW	I300	1	4,22	2,75	11,60			11,60	a		20	20		1,25		1,25	58	58
2	N	AW	AW40	1	5,32	2,75	14,64			14,64	e		-12	-12		0,15	0,05	0,20	106	106
3	O	AW	AW40	1	5,33	2,75	14,65		4,41	10,24	e		-12	-12		0,15	0,05	0,20	74	74
4	O	AF	AF36	1	2,10	2,10	4,41	-		4,41	e		-12	-12		0,80	0,05	0,85	136	136
5	S	IW	I600	1	4,22	2,75	11,60			11,60	a		20	20		0,78		0,78	36	36
6	HO	FB	GD12	1			27,40			27,40	aBE		4	4		0,20		0,20	108	108
7	HO	DE	BP10	1			27,40			27,40	aBE		0	0		0,35		0,35	230	230

<b>Σ Standard-Transmissionswärmeverluste</b>																	$\Phi_{T,stand,i}$	<b>749 W</b>
<b>Lüftungswärmeverluste durch</b>																		
- Außenluftvolumenstrom (Infiltration, ALD oder Mindestwert)																	$\Phi_{V,env/min,i}$	323W
- Zuluftvolumenstrom																	$\Phi_{V,sup,i}$	0W
- Volumenstrom Überströmung																	$\Phi_{V,transfer,ij}$	0W
<b>Σ Standard-Lüftungswärmeverluste</b>																	$\Phi_{V,stand,i}$	<b>323 W</b>
<b>Standardheizlast</b>																	$\Phi_{stand,i}$	1072 W
Zuschlag erhöhte Auslegungsinnentemperatur																	$\Delta\Phi_{i,comf}$	0 W
Zuschlag Aufheizleistung																	$\Phi_{hu,i}$	0 W
																	$\max(\Delta\Phi_{i,comf}; \Phi_{hu,i})$	0 W
<b>NORMHEIZLAST</b>																	$\Phi_{HL,i}$	<b>1072 W</b>

RAUMHEIZLAST																
Raumnummer	AUT	1.OG	1	3	Nutzungseinheit	1										
Raumbezeichnung	Wohnen				Zone	Z-1										
Auslegungsinnentemperatur	$\theta_{int,i,stand}$	20 °C			$+\Delta\theta_{comf}$	0 K	$\theta_{int,ausleg,i}$	20 °C								
<b>Abmessungen</b>					<b>Mindestaußenluftwechsel</b>	$n_{min,i}$	0,5 h <sup>-1</sup>									
Raubbreite	$b_i$	0,00 m			<b>Mindestaußenluftvolumenstrom</b>	$q_{v,min,i}$	26,3 m <sup>3</sup> /h									
Raumlänge	$l_i$	0,00 m			<b>Mechanische Belüftung</b>											
Raumfläche	$A_{NGF,i}$	21,44 m <sup>2</sup>			Zuluftvolumenstrom	$q_{v,sup,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h									
Geschosshöhe	$h_{G,i}$	2,75 m			Zulufttemperatur (ohne Vorerwärmung)	$\theta_{rec,z}$	-12,2 °C									
Raumhöhe	$h_i$	2,45 m			Abluftvolumenstrom	$q_{v,exh,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h									
Raumvolumen	$V_i$	52,53 m <sup>3</sup>			<b>Auslegungsluftvolumenstrom ALD</b>	$q_{v,ATD,des,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h									
Raumhüllfläche	$A_{env,i}$	29,28 m <sup>2</sup>			<b>Überströmung aus Nachbarraum</b>											
<b>Erdreich</b>					Volumenstrom	$q_{v,transfer,ij}$	0,0 m <sup>3</sup> /h									
Tiefe Bodenplatte	$z_i$	0,00 m			Temperatur	$\theta_{transfair,ij}$	0 °C									
Bodenfläche	$A_{g,i}$	21,44 m <sup>2</sup>			<b>Verbrennungs-/techn. Volumenstrom</b>	$q_{v,comb,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h									
exponierter Umfang	$P_i$	0,00 m			<b>Technischer Luftvolumenstrom</b>	$q_{v,techn,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h									
B'-Wert <input type="checkbox"/> raumweise	$B'_i$	0,00 m			<b>Außenluft durch große Öffnungen</b>	$q_{v,open,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h									
					<b>Infiltration, ALD oder Mindestwert</b>	$q_{v,env/min,i}$	26,3 m <sup>3</sup> /h									

Nr	Orientierung	Bauteil	BT Referenz	Anzahl	Breite	Länge / Höhe	Bruttofläche	Fläche abziehen?	Abzugsfläche	Nettofläche	grenzt an	Kurzbezeichnung Nachbarraum	angrenzende Temp.		Temperaturanpassung	U-Wert	Wärmebrücken-zuschlag	korrigierter U-Wert	Transmissionswärmeverlust eingeschränkt	Transmissionswärmeverlust
													$\theta_{x,k}$	$\theta_{x,ing,k}$						
					$b_k$	$l/h_k$	A Brutto		$A_{Abzug,k}$	$A_k$	°C			W/m <sup>2</sup> K				W		
					m		m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>											
1	W	IW	I300	1	4,23	2,75	11,64			11,64	a		20	20	1,25		1,25	0	0	
2	N	IW	I600	1	4,22	2,75	11,60			11,60	a		24	20	0,78		0,78	0	-36	
3	O	AW	AW40	1	5,32	2,75	14,64		4,41	10,23	e		-12	-12	0,15	0,05	0,20	66	66	
4	O	AF	AF36	1	2,10	2,10	4,41	-		4,41	e		-12	-12	0,80	0,05	0,85	121	121	
5	S	AW	AW40	1	5,32	2,75	14,64		4,41	10,23	e		-12	-12	0,15	0,05	0,20	66	66	
6	S	AF	AF36	1	2,10	2,10	4,41	-		4,41	e		-12	-12	0,80	0,05	0,85	121	121	
7	HO	FB	GD12	1			27,40			27,40	aBE		4	4	0,20		0,20	86	86	
8	HO	DE	GD12	1			27,40			27,40	aBE		0	0	0,20		0,20	110	110	
<b>Σ Standard-Transmissionswärmeverluste</b>																	$\Phi_{T,stand,i}$	<b>533 W</b>		
<b>Lüftungswärmeverluste durch</b>																				
- Außenluftvolumenstrom (Infiltration, ALD oder Mindestwert)																	$\Phi_{V,env/min,i}$	288W		
- Zuluftvolumenstrom																	$\Phi_{V,sup,i}$	0W		
- Volumenstrom Überströmung																	$\Phi_{V,transfer,ij}$	0W		
<b>Σ Standard-Lüftungswärmeverluste</b>																	$\Phi_{V,stand,i}$	<b>288 W</b>		
<b>Standardheizlast</b>																	$\Phi_{stand,i}$	820 W		
Zuschlag erhöhte Auslegungsinnentemperatur																	$\Delta\Phi_{i,comf}$	0 W		
Zuschlag Aufheizleistung																	$\Phi_{hu,i}$	0 W		
<b>NORMHEIZLAST</b>																	$\Phi_{HL,i}$	<b>820 W</b>		
<b>38 W/m<sup>2</sup></b>																	<b>16W/m<sup>3</sup></b>	<b>820 W</b>		

<b>RAUMHEIZLAST</b>																	
Raumnummer		AUT		1.OG		1		4		Nutzungseinheit		1		Zone		Z-1	
Raumbezeichnung		Wohnen															
Auslegungsinnentemperatur		$\theta_{int,i,stand}$		20 °C		+ $\Delta\theta_{comf}$		0 K		$\theta_{int,ausleg,i}$		20 °C					
<b>Abmessungen</b>				<b>Mindestaußenluftwechsel</b>				$n_{min,i}$				0,5 h <sup>-1</sup>					
Raumbreite		$b_i$		0,00 m		<b>Mindestaußenluftvolumenstrom</b>				$q_{v,min,i}$				26,3 m <sup>3</sup> /h			
Raumlänge		$l_i$		0,00 m		<b>Mechanische Belüftung</b>											
Raumfläche		$A_{NGF,i}$		21,45 m <sup>2</sup>		Zuluftvolumenstrom				$q_{v,sup,i}$				0,0 m <sup>3</sup> /h			
Geschosshöhe		$h_{G,i}$		2,75 m		Zulufttemperatur (ohne Vorerwärmung)				$\theta_{rec,z}$				-12,2 °C			
Raumhöhe		$h_i$		2,45 m		Abluftvolumenstrom				$q_{v,exh,i}$				0,0 m <sup>3</sup> /h			
Raumvolumen		$V_i$		52,56 m <sup>3</sup>		<b>Auslegungsluftvolumenstrom ALD</b>				$q_{v,ATD,des,i}$				0,0 m <sup>3</sup> /h			
Raumhüllfläche		$A_{env,i}$		29,29 m <sup>2</sup>		<b>Überströmung aus Nachbarraum</b>											
<b>Erdreich</b>				Volumenstrom				$q_{v,transfer,ij}$				0,0 m <sup>3</sup> /h					
Tiefe Bodenplatte		$z_i$		0,00 m		Temperatur				$\theta_{transfair,ij}$				0 °C			
Bodenfläche		$A_{g,i}$		21,45 m <sup>2</sup>		<b>Verbrennungs-/techn. Volumenstrom</b>				$q_{v,comb,i}$				0,0 m <sup>3</sup> /h			
exponierter Umfang		$P_i$		0,00 m		<b>Technischer Luftvolumenstrom</b>				$q_{v,techn,i}$				0,0 m <sup>3</sup> /h			
B'-Wert <input type="checkbox"/> raumweise		$B'_i$		0,00 m		<b>Außenluft durch große Öffnungen</b>				$q_{v,open,i}$				0,0 m <sup>3</sup> /h			
				<b>Infiltration, ALD oder Mindestwert</b>				$q_{v,env/min,i}$				26,3 m <sup>3</sup> /h					

Nr	Orientierung	Bauteil	BT Referenz	Anzahl	Breite	Länge / Höhe	Bruttofläche	Fläche abziehen?	Abzugsfläche	Nettofläche	grenzt an	Kurzbezeichnung Nachbarraum	angrenzende Temp.	angrenz. Temp. eing.	Temperaturanpassung	U-Wert	Wärmebrücken-zuschlag	korrigierter U-Wert	Transmissionswärmeverlust eingeschränkt	Transmissionswärmeverlust	
																					$b_k$
					m		m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>		°C		W/m <sup>2</sup> K		W						
1	W	AW	AW40	1	5,32	2,75	14,64		4,41	10,23	e		-12	-12		0,15	0,05	0,20	66	66	
2	W	AF	AF36	1	2,10	2,10	4,41	-		4,41	e		-12	-12		0,80	0,05	0,85	121	121	
3	N	IW	I600	1	4,22	2,75	11,61			11,61	a		20	20		0,78		0,78	0	0	
4	O	IW	I300	1	4,23	2,75	11,64			11,64	a		20	20		1,25		1,25	0	0	
5	S	AW	AW40	1	5,32	2,75	14,64		4,41	10,23	e		-12	-12		0,15	0,05	0,20	66	66	
6	S	AF	AF36	1	2,10	2,10	4,41	-		4,41	e		-12	-12		0,80	0,05	0,85	121	121	
7	HO	FB	GD12	1			27,41			27,41	aBE		4	4		0,20		0,20	86	86	
8	HO	DE	GD12	1			27,41			27,41	aBE		0	0		0,20		0,20	110	110	
<b>Σ Standard-Transmissionswärmeverluste</b>																		$\Phi_{T,stand,i}$		<b>569 W</b>	
<b>Lüftungswärmeverluste durch</b>																					
- Außenluftvolumenstrom (Infiltration, ALD oder Mindestwert)																		$\Phi_{V,env/min,i}$		288W	
- Zuluftvolumenstrom																		$\Phi_{V,sup,i}$		0W	
- Volumenstrom Überströmung																		$\Phi_{V,transfer,ij}$		0W	
<b>Σ Standard-Lüftungswärmeverluste</b>																		$\Phi_{V,stand,i}$		<b>288 W</b>	
<b>Standardheizlast</b>																		$\Phi_{stand,i}$		857 W	
Zuschlag erhöhte Auslegungsinnentemperatur										$\Delta\Phi_{i,comf}$		0 W									
Zuschlag Aufheizleistung										0 W/m <sup>2</sup>		$\Phi_{hu,i}$		0 W		$\max(\Delta\Phi_{i,comf}; \Phi_{hu,i})$		0 W			
<b>NORMHEIZLAST</b>				<b>40 W/m<sup>2</sup></b>				<b>16W/m<sup>3</sup></b>				$\Phi_{HL,i}$				<b>857 W</b>					

<b>RAUMHEIZLAST</b>																		
Raumnummer		AUT	1.OG	1	5	Nutzungseinheit			1									
Raumbezeichnung		Wohnen			Zone			Z-1										
Auslegungsinnentemperatur		$\theta_{int,i,stand}$	20 °C			$+\Delta\theta_{comf}$			0 K	$\theta_{int,ausleg,i}$			20 °C					
<b>Abmessungen</b>				<b>Mindestaußenluftwechsel</b>				$n_{min,i}$				0,5 h <sup>-1</sup>						
Raumbreite		$b_i$	0,00 m		<b>Mindestaußenluftvolumenstrom</b>				$q_{v,min,i}$				26,3 m <sup>3</sup> /h					
Raumlänge		$l_i$	0,00 m		<b>Mechanische Belüftung</b>													
Raumfläche		$A_{NGF,i}$	21,46 m <sup>2</sup>		Zuluftvolumenstrom				$q_{v,sup,i}$				0,0 m <sup>3</sup> /h					
Geschosshöhe		$h_{G,i}$	2,75 m		Zulufttemperatur (ohne Vorerwärmung)				$\theta_{rec,z}$				-12,2 °C					
Raumhöhe		$h_i$	2,45 m		Abluftvolumenstrom				$q_{v,exh,i}$				0,0 m <sup>3</sup> /h					
Raumvolumen		$V_i$	52,58 m <sup>3</sup>		<b>Auslegungsluftvolumenstrom ALD</b>				$q_{v,ATD,des,i}$				0,0 m <sup>3</sup> /h					
Raumhüllfläche		$A_{env,i}$	29,29 m <sup>2</sup>		<b>Überströmung aus Nachbarraum</b>				$q_{v,transfer,ij}$				0,0 m <sup>3</sup> /h					
<b>Erdreich</b>				Volumenstrom				$\theta_{transfair,ij}$				0 °C						
Tiefe Bodenplatte		$z_i$	0,00 m		<b>Verbrennungs-/techn. Volumenstrom</b>				$q_{v,comb,i}$				0,0 m <sup>3</sup> /h					
Bodenfläche		$A_{g,i}$	21,46 m <sup>2</sup>		<b>Technischer Luftvolumenstrom</b>				$q_{v,techn,i}$				0,0 m <sup>3</sup> /h					
exponierter Umfang		$P_i$	0,00 m		<b>Außenluft durch große Öffnungen</b>				$q_{v,open,i}$				0,0 m <sup>3</sup> /h					
B'-Wert <input type="checkbox"/> raumweise		$B'_i$	0,00 m		<b>Infiltration, ALD oder Mindestwert</b>				$q_{v,env/min,i}$				26,3 m <sup>3</sup> /h					

Nr	Orientierung	Bauteil	BT Referenz	Anzahl	Breite	Länge / Höhe	Bruttofläche	Fläche abziehen?	Abzugsfläche	Nettofläche	grenzt an	Kurzbezeichnung Nachbarraum	angrenzende Temp.	angrenz. Temp. eing.	Temperaturanpassung	U-Wert	Wärmebrücken-zuschlag	korrigierter U-Wert	Transmissionswärmeverlust eingeschränkt	Transmissionswärmeverlust							
																					$b_k$	$l/h_k$	A Brutto,k	A Abzug,k	A k	$\theta_{x,k}$	$\theta_{x\,eing,k}$
					m		m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>		°C		W/m <sup>2</sup> K			W											
1	W	AW	AW40	1	5,32	2,75	14,64		4,41	10,23	e		-12	-12		0,15	0,05	0,20	66	66							
2	W	AF	AF36	1	2,10	2,10	4,41	-		4,41	e		-12	-12		0,80	0,05	0,85	121	121							
3	N	AW	AW40	1	5,32	2,75	14,64			14,64	e		-12	-12		0,15	0,05	0,20	94	94							
4	O	IW	I300	1	4,22	2,75	11,60			11,60	a		24	20		1,25		1,25	0	-58							
5	S	IW	I600	1	4,22	2,75	11,61			11,61	a		20	20		0,78		0,78	0	0							
6	HO	FB	GD12	1			27,40			27,40	aBE		4	4		0,20		0,20	86	86							
7	HO	DE	GD12	1			27,40			27,40	aBE		0	0		0,20		0,20	110	110							
<b>Σ Standard-Transmissionswärmeverluste</b>																		$\Phi_{T,stand,i}$		<b>419 W</b>							
<b>Lüftungswärmeverluste durch</b>																											
- Außenluftvolumenstrom (Infiltration, ALD oder Mindestwert)																		$\Phi_{V,env/min,i}$		288W							
- Zuluftvolumenstrom																		$\Phi_{V,sup,i}$		0W							
- Volumenstrom Überströmung																		$\Phi_{V,transfer,ij}$		0W							
<b>Σ Standard-Lüftungswärmeverluste</b>																		$\Phi_{V,stand,i}$		<b>288 W</b>							
<b>Standardheizlast</b>																		$\Phi_{stand,i}$		707 W							
Zuschlag erhöhte Auslegungsinnentemperatur																		$\Delta\phi_{i,comf}$		0 W							
Zuschlag Aufheizleistung																		0 W/m <sup>2</sup>		$\phi_{hu,i}$		0 W		$\max(\Delta\phi_{i,comf}; \phi_{hu,i})$		0 W	
<b>NORMHEIZLAST</b>																		33 W/m <sup>2</sup>		13W/m <sup>3</sup>		$\Phi_{HL,i}$		<b>707 W</b>			

RAUMHEIZLAST									
Raumnummer	AUT	EG	1	1	Nutzungseinheit	1			
Raumbezeichnung	Technikzentrale				Zone	Z-1			
Auslegungsinnentemperatur	$\theta_{int,i,stand}$	15 °C	$+\Delta\theta_{comf}$	0 K	$\theta_{int,ausleg,i}$	15 °C			
<b>Abmessungen</b>					<b>Mindestaußenluftwechsel</b>	$n_{min,i}$	0,0 h <sup>-1</sup>		
Raubbreite	$b_i$	0,00 m			<b>Mindestaußenluftvolumenstrom</b>	$q_{v,min,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h		
Raumlänge	$l_i$	0,00 m			<b>Mechanische Belüftung</b>				
Raumfläche	$A_{NGF,i}$	21,44 m <sup>2</sup>			Zuluftvolumenstrom	$q_{v,sup,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h		
Geschosshöhe	$h_{G,i}$	2,75 m			Zulufttemperatur (ohne Vorerwärmung)	$\theta_{rec,z}$	-12,2 °C		
Raumhöhe	$h_i$	2,45 m			Abluftvolumenstrom	$q_{v,exh,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h		
Raumvolumen	$V_i$	52,53 m <sup>3</sup>			<b>Auslegungsluftvolumenstrom ALD</b>	$q_{v,ATD,des,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h		
Raumhüllfläche	$A_{env,i}$	29,28 m <sup>2</sup>			<b>Überströmung aus Nachbarraum</b>				
<b>Erdreich</b>					Volumenstrom	$q_{v,transfer,ij}$	0,0 m <sup>3</sup> /h		
Tiefe Bodenplatte	$z_i$	0,00 m			Temperatur	$\theta_{transfair,ij}$	0 °C		
Bodenfläche	$A_{g,i}$	27,40 m <sup>2</sup>			<b>Verbrennungs-/techn. Volumenstrom</b>	$q_{v,comb,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h		
exponierter Umfang	$P_i$	42,60 m			<b>Technischer Luftvolumenstrom</b>	$q_{v,techn,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h		
B'-Wert <input type="checkbox"/> raumweise	$B'_i$	5,33 m			<b>Außenluft durch große Öffnungen</b>	$q_{v,open,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h		
					<b>Infiltration, ALD oder Mindestwert</b>	$q_{v,env/min,i}$	3,5 m <sup>3</sup> /h		

Nr	Orientierung	Bauteil	BT Referenz	Anzahl	Breite	Länge / Höhe	Bruttofläche	Fläche abziehen?	Abzugsfläche	Nettofläche	grenzt an	Kurzbezeichnung Nachbarraum	angrenzende Temp.	angrenz. Temp. eing.	Temperaturanpassung	U-Wert	Wärmebrücken-zuschlag	korrigierter U-Wert	Transmissionswärmeverlust eingeschränkt	Transmissionswärmeverlust		
																					$b_k$	$l/h_k$
					m		m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>		°C		W/m <sup>2</sup> K			W						
1	W	IW	I300	1	4,22	2,75	11,60			11,60	a		20	20		1,25		1,25	-73	-73		
2	N	AW	AW40	1	5,32	2,75	14,64			14,64	e		-12	-12		0,15	0,05	0,20	80	80		
3	O	AW	AW40	1	5,32	2,75	14,64			14,64	e		-12	-12		0,15	0,05	0,20	80	80		
4	S	IW	I600	1	4,22	2,75	11,60			11,60	a		20	20		0,78		0,78	-45	-45		
5	ERD	FB	BP40	1			27,40			27,40	g		8	8		0,10	0,10	0,17	50	50		
6	HO	DE	GD12	1			27,40			27,40	aBE		5	5		0,20		0,20	55	55		
<b>Σ Standard-Transmissionswärmeverluste</b>																		$\Phi_{T,stand,i}$	<b>146 W</b>			
<b>Lüftungswärmeverluste durch</b>																						
- Außenluftvolumenstrom (Infiltration, ALD oder Mindestwert)																		$\Phi_{V,env/min,i}$	32W			
- Zuluftvolumenstrom																		$\Phi_{V,sup,i}$	0W			
- Volumenstrom Überströmung																		$\Phi_{V,transfer,ij}$	0W			
<b>Σ Standard-Lüftungswärmeverluste</b>																		$\Phi_{V,stand,i}$	<b>32 W</b>			
<b>Standardheizlast</b>																		$\Phi_{stand,i}$	179 W			
Zuschlag erhöhte Auslegungsinnentemperatur																		$\Delta\Phi_{i,comf}$	0 W			
Zuschlag Aufheizleistung																		0 W/m <sup>2</sup>	$\Phi_{hu,i}$	0 W	$\max(\Delta\Phi_{i,comf}; \Phi_{hu,i})$	0 W
<b>NORMHEIZLAST</b>																		$\Phi_{HL,i}$	<b>179 W</b>			

RAUMHEIZLAST																
Raumnummer	AUT	EG	1	2	Nutzungseinheit		1									
Raumbezeichnung	Wohnen				Zone		Z-1									
Auslegungsinnentemperatur		$\theta_{int,i,stand}$	20 °C		$+\Delta\theta_{comf}$	0 K		$\theta_{int,ausleg,i}$	20 °C							
<b>Abmessungen</b>			<b>Mindestaußenluftwechsel</b>			$n_{min,i}$	0,5 h <sup>-1</sup>									
Raubbreite	$b_i$	0,00 m		<b>Mindestaußenluftvolumenstrom</b>			$q_{v,min,i}$	26,3 m <sup>3</sup> /h								
Raumlänge	$l_i$	0,00 m		<b>Mechanische Belüftung</b>												
Raumfläche	$A_{NGF,i}$	21,44 m <sup>2</sup>		Zuluftvolumenstrom			$q_{v,sup,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h								
Geschosshöhe	$h_{G,i}$	2,75 m		Zulufttemperatur (ohne Vorerwärmung)			$\theta_{rec,z}$	-12,2 °C								
Raumhöhe	$h_i$	2,45 m		Abluftvolumenstrom			$q_{v,exh,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h								
Raumvolumen	$V_i$	52,54 m <sup>3</sup>		<b>Auslegungsluftvolumenstrom ALD</b>			$q_{v,ATD,des,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h								
Raumhüllfläche	$A_{env,i}$	29,29 m <sup>2</sup>		<b>Überströmung aus Nachbarraum</b>												
<b>Erdreich</b>			Volumenstrom			$q_{v,transfer,ij}$	0,0 m <sup>3</sup> /h									
Tiefe Bodenplatte	$z_i$	0,00 m		Temperatur			$\theta_{transfair,ij}$	0 °C								
Bodenfläche	$A_{g,i}$	21,44 m <sup>2</sup>		<b>Verbrennungs-/techn. Volumenstrom</b>			$q_{v,comb,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h								
exponierter Umfang	$P_i$	42,60 m		<b>Technischer Luftvolumenstrom</b>			$q_{v,techn,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h								
B'-Wert <input type="checkbox"/> raumweise	$B'_i$	5,33 m		<b>Außenluft durch große Öffnungen</b>			$q_{v,open,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h								
			<b>Infiltration, ALD oder Mindestwert</b>			$q_{v,env/min,i}$	26,3 m <sup>3</sup> /h									

Nr	Orientierung	Bauteil	BT Referenz	Anzahl	Breite	Länge / Höhe	Bruttofläche	Fläche abziehen?	Abzugsfläche	Nettofläche	grenzt an	Kurzbezeichnung Nachbarraum	angrenzende Temp.	angrenz. Temp. eing.	Temperaturanpassung	U-Wert	Wärmebrücken-zuschlag	korrigierter U-Wert	Transmissionswärmeverlust eingeschränkt	Transmissionswärmeverlust
					$b_k$	$l/h_k$														
					m		m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>		°C				W/m <sup>2</sup> K		W			
1	W	IW	I300	1	4,23	2,75	11,64			11,64	a		20	20		1,25		1,25	0	0
2	N	IW	I600	1	4,22	2,75	11,60			11,60	a		15	12		0,78		0,78	73	45
3	O	AW	AW40	1	5,33	2,75	14,65			14,65	e		-12	-12		0,15	0,05	0,20	94	94
4	S	AW	AW40	1	5,32	2,75	14,64		4,41	10,23	e		-12	-12		0,15	0,05	0,20	66	66
5	S	AF	AF36	1	2,10	2,10	4,41	-		4,41	e		-12	-12		0,80	0,05	0,85	121	121
6	ERD	FB	BP40	1			27,40			27,40	g		8	8		0,10	0,10	0,17	88	88
7	HO	DE	GD12	1			27,40			27,40	aBE		5	5		0,20		0,20	83	83
<b>Σ Standard-Transmissionswärmeverluste</b>																	$\Phi_{T,stand,i}$	<b>497 W</b>		
<b>Lüftungswärmeverluste durch</b>																				
- Außenluftvolumenstrom (Infiltration, ALD oder Mindestwert)																	$\Phi_{V,env/min,i}$	288W		
- Zuluftvolumenstrom																	$\Phi_{V,sup,i}$	0W		
- Volumenstrom Überströmung																	$\Phi_{V,transfer,ij}$	0W		
<b>Σ Standard-Lüftungswärmeverluste</b>																	$\Phi_{V,stand,i}$	<b>288 W</b>		
<b>Standardheizlast</b>																	$\Phi_{stand,i}$	<b>784 W</b>		
Zuschlag erhöhte Auslegungsinnentemperatur																	$\Delta\Phi_{i,comf}$	0 W		
Zuschlag Aufheizleistung																	$\Phi_{hu,i}$	0 W		
<b>NORMHEIZLAST</b>																	$\Phi_{HL,i}$	<b>784 W</b>		

RAUMHEIZLAST																	
Raumnummer	AUT	EG	1	3	Nutzungseinheit		1										
Raumbezeichnung	Wohnen				Zone		Z-1										
Auslegungsinnentemperatur		$\theta_{int,i,stand}$		20 °C		$+\Delta\theta_{comf}$		0 K		$\theta_{int,ausleg,i}$		20 °C					
<b>Abmessungen</b>				<b>Mindestaußenluftwechsel</b>				$n_{min,i}$		0,5 h <sup>-1</sup>							
Raubbreite	$b_i$	0,00 m		<b>Mindestaußenluftvolumenstrom</b>				$q_{v,min,i}$		26,3 m <sup>3</sup> /h							
Raumlänge	$l_i$	0,00 m		<b>Mechanische Belüftung</b>													
Raumfläche	$A_{NGF,i}$	21,45 m <sup>2</sup>		Zuluftvolumenstrom				$q_{v,sup,i}$		0,0 m <sup>3</sup> /h							
Geschosshöhe	$h_{G,i}$	2,75 m		Zulufttemperatur (ohne Vorerwärmung)				$\theta_{rec,z}$		-12,2 °C							
Raumhöhe	$h_i$	2,45 m		Abluftvolumenstrom				$q_{v,exh,i}$		0,0 m <sup>3</sup> /h							
Raumvolumen	$V_i$	52,56 m <sup>3</sup>		<b>Auslegungsluftvolumenstrom ALD</b>				$q_{v,ATD,des,i}$		0,0 m <sup>3</sup> /h							
Raumhüllfläche	$A_{env,i}$	29,29 m <sup>2</sup>		<b>Überströmung aus Nachbarraum</b>													
<b>Erdreich</b>				Volumenstrom				$q_{v,transfer,ij}$		0,0 m <sup>3</sup> /h							
Tiefe Bodenplatte	$z_i$	0,00 m		Temperatur				$\theta_{transfair,ij}$		0 °C							
Bodenfläche	$A_{g,i}$	21,45 m <sup>2</sup>		<b>Verbrennungs-/techn. Volumenstrom</b>				$q_{v,comb,i}$		0,0 m <sup>3</sup> /h							
exponierter Umfang	$P_i$	42,60 m		<b>Technischer Luftvolumenstrom</b>				$q_{v,techn,i}$		0,0 m <sup>3</sup> /h							
B'-Wert <input type="checkbox"/> raumweise	$B'_i$	5,33 m		<b>Außenluft durch große Öffnungen</b>				$q_{v,open,i}$		0,0 m <sup>3</sup> /h							
				<b>Infiltration, ALD oder Mindestwert</b>				$q_{v,env/min,i}$		26,3 m <sup>3</sup> /h							

Nr	Orientierung	Bauteil	BT Referenz	Anzahl	Breite	Länge / Höhe	Bruttofläche	Fläche abziehen?	Abzugsfläche	Nettofläche	grenzt an	Kurzbezeichnung Nachbarraum	angrenzende Temp.	angrenz. Temp. eing.	Temperaturanpassung	U-Wert	Wärmebrücken-zuschlag	korrigierter U-Wert	Transmissionswärmeverlust eingeschränkt	Transmissionswärmeverlust							
																					$b_k$	$l/h_k$	A Brutto,k	A Abzug,k	A k	$\theta_{x,k}$	$\theta_{x\ ing,k}$
					m		m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>		°C		W/m <sup>2</sup> K		W												
1	W	AW	AW40	1	5,32	2,75	14,64		4,41	10,23	e		-12	-12		0,15	0,05	0,20	66	66							
2	W	AF	AF36	1	2,10	2,10	4,41	-		4,41	e		-12	-12		0,80	0,05	0,85	121	121							
3	N	IW	I600	1	4,22	2,75	11,61			11,61	a		20	20		0,78		0,78	0	0							
4	O	IW	I300	1	4,23	2,75	11,64			11,64	a		20	20		1,25		1,25	0	0							
5	S	AW	AW40	1	5,32	2,75	14,64		4,41	10,23	e		-12	-12		0,15	0,05	0,20	66	66							
6	S	AF	AF36	1	2,10	2,10	4,41	-		4,41	e		-12	-12		0,80	0,05	0,85	121	121							
7	ERD	FB	BP40	1			27,41			27,41	g		8	8		0,10	0,10	0,17	88	88							
8	HO	DE	GD12	1			27,41			27,41	aBE		5	5		0,20		0,20	83	83							
<b>Σ Standard-Transmissionswärmeverluste</b>																		$\Phi_{T,stand,i}$		<b>544 W</b>							
<b>Lüftungswärmeverluste durch</b>																											
- Außenluftvolumenstrom (Infiltration, ALD oder Mindestwert)																		$\Phi_{V,env/min,i}$		288W							
- Zuluftvolumenstrom																		$\Phi_{V,sup,i}$		0W							
- Volumenstrom Überströmung																		$\Phi_{V,transfer,ij}$		0W							
<b>Σ Standard-Lüftungswärmeverluste</b>																		$\Phi_{V,stand,i}$		<b>288 W</b>							
<b>Standardheizlast</b>																		$\Phi_{stand,i}$		831 W							
Zuschlag erhöhte Auslegungsinnentemperatur																		$\Delta\Phi_{i,comf}$		0 W							
Zuschlag Aufheizleistung																		0 W/m <sup>2</sup>		$\Phi_{hu,i}$		0 W		$\max(\Delta\Phi_{i,comf}; \Phi_{hu,i})$		0 W	
<b>NORMHEIZLAST</b>																		39 W/m <sup>2</sup>		16W/m <sup>3</sup>		$\Phi_{HL,i}$		<b>831 W</b>			

<b>RAUMHEIZLAST</b>																
Raumnummer	AUT	EG	1	4	Nutzungseinheit		1									
Raumbezeichnung	Wohnen				Zone		Z-1									
Auslegungsinnentemperatur		$\theta_{int,i,stand}$	20 °C		$+\Delta\theta_{comf}$	0 K		$\theta_{int,ausleg,i}$	20 °C							
<b>Abmessungen</b>			<b>Mindestaußenluftwechsel</b>			$n_{min,i}$	0,5 h <sup>-1</sup>									
Raubbreite	$b_i$	0,00 m		<b>Mindestaußenluftvolumenstrom</b>			$q_{v,min,i}$	26,3 m <sup>3</sup> /h								
Raumlänge	$l_i$	0,00 m		<b>Mechanische Belüftung</b>												
Raumfläche	$A_{NGF,i}$	21,46 m <sup>2</sup>		Zuluftvolumenstrom			$q_{v,sup,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h								
Geschosshöhe	$h_{G,i}$	2,75 m		Zulufttemperatur (ohne Vorerwärmung)			$\theta_{rec,z}$	-12,2 °C								
Raumhöhe	$h_i$	2,45 m		Abluftvolumenstrom			$q_{v,exh,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h								
Raumvolumen	$V_i$	52,58 m <sup>3</sup>		<b>Auslegungsluftvolumenstrom ALD</b>			$q_{v,ATD,des,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h								
Raumhüllfläche	$A_{env,i}$	29,29 m <sup>2</sup>		<b>Überströmung aus Nachbarraum</b>												
<b>Erdreich</b>			Volumenstrom			$q_{v,transfer,ij}$	0,0 m <sup>3</sup> /h									
Tiefe Bodenplatte	$z_i$	0,00 m		Temperatur			$\theta_{transfair,ij}$	0 °C								
Bodenfläche	$A_{g,i}$	21,46 m <sup>2</sup>		<b>Verbrennungs-/techn. Volumenstrom</b>			$q_{v,comb,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h								
exponierter Umfang	$P_i$	42,60 m		<b>Technischer Luftvolumenstrom</b>			$q_{v,techn,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h								
B'-Wert <input type="checkbox"/> raumweise	$B'_i$	5,33 m		<b>Außenluft durch große Öffnungen</b>			$q_{v,open,i}$	0,0 m <sup>3</sup> /h								
			<b>Infiltration, ALD oder Mindestwert</b>			$q_{v,env/min,i}$	26,3 m <sup>3</sup> /h									

Nr	Orientierung	Bauteil	BT Referenz	Anzahl	Breite	Länge / Höhe	Bruttofläche	Fläche abziehen?	Abzugsfläche	Nettofläche	grenzt an	Kurzbezeichnung Nachbarraum	angrenzende Temp.	angrenz. Temp. eing.	Temperaturanpassung	U-Wert	Wärmebrücken-zuschlag	korrigierter U-Wert	Transmissionswärmeverlust eingeschränkt	Transmissionswärmeverlust		
																					$b_k$	$l/h_k$
					m		m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>		°C		W/m <sup>2</sup> K			W						
1	S	IW	I600	1	4,22	2,75	11,61			11,61	a		20	20		0,78		0,78	0	0		
2	W	AW	AW40	1	5,32	2,75	14,64		4,41	10,23	e		-12	-12		0,15	0,05	0,20	66	66		
3	W	AF	AF36	1	2,10	2,10	4,41	-		4,41	e		-12	-12		0,80	0,05	0,85	121	121		
4	N	AW	AW40	1	5,32	2,75	14,64			14,64	e		-12	-12		0,15	0,05	0,20	94	94		
5	O	IW	I300	1	4,22	2,75	11,60			11,60	a		15	12		1,25		1,25	116	73		
6	ERD	FB	BP40	1			27,40			27,40	g		8	8		0,10	0,10	0,17	88	88		
7	HO	DE	GD12	1			27,40			27,40	aBE		5	5		0,20		0,20	83	83		
<b>Σ Standard-Transmissionswärmeverluste</b>																	$\Phi_{T,stand,i}$	<b>524 W</b>				
<b>Lüftungswärmeverluste durch</b>																						
- Außenluftvolumenstrom (Infiltration, ALD oder Mindestwert)																	$\Phi_{V,env/min,i}$	288W				
- Zuluftvolumenstrom																	$\Phi_{V,sup,i}$	0W				
- Volumenstrom Überströmung																	$\Phi_{V,transfer,ij}$	0W				
<b>Σ Standard-Lüftungswärmeverluste</b>																	$\Phi_{V,stand,i}$	<b>288 W</b>				
<b>Standardheizlast</b>																	$\Phi_{stand,i}$	812 W				
Zuschlag erhöhte Auslegungsinnentemperatur																	$\Delta\Phi_{i,comf}$	0 W				
Zuschlag Aufheizleistung																	$\Phi_{hu,i}$	0 W		$\max(\Delta\Phi_{i,comf}; \Phi_{hu,i})$	0 W	
<b>NORMHEIZLAST</b>																	$\Phi_{HL,i}$	<b>812 W</b>				

ZONENDATEN																		
Zone Z-1				Nutzungseinheit AUT 2.OG 1 Erdgeschoss														
Geometrie und Luftdichtheit																		
Höhe Erdreich bis Unterkante Zone	$h_z$	6 m	Luftdichtheitsprüfung	wird nach Fertigstellung durchgeführt														
Zonenhöhe	$\Delta h_z$	2 m	Anforderungen an Luftdichtheit	hoch														
Mittlere Höhe der Zone über Erdreich	$h_{g,z}$	7 m	Anzahl der Fassaden	2	$f_{fac,z}$	8-												
Volumen	$V_z$	210 m <sup>3</sup>	Hüllflächenbezogene Durchlässigkeit	$q_{env,50,z}$		2 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h												
Hüllfläche	$A_{env,z}$	233 m <sup>2</sup>	Volumenstromfaktor	$f_{qv,z}$		0-												
Volumenströme																		
Zuluftvolumenstrom	$q_{v,sup,z}$	0 m <sup>3</sup> /h	Auslegungsvolumenstrom ALD	$q_{v,ATD,design,z}$		0 m <sup>3</sup> /h												
Wirkungsgrad WRG <sup>1</sup>	$\eta_{rec,z}$	0 %	Auslegungsdruckdifferenz ALD	$\Delta p_{ATD,design,z}$		0 Pa												
Zulufttemperatur	$\theta_{rec,z}$	-12 °C	Druckexponent Leckagen	$v'_{leak,z}$		1-												
Abluftvolumenstrom	$q_{v,exh,z}$	0 m <sup>3</sup> /h	Verbrennungs- o. ä. techn. Volumenstrom	$q_{v,comb,z}$		0 m <sup>3</sup> /h												
Raumverwaltung																		
Gebäude	Stockwerk	Nutzungseinheit	Raum	Bezeichnung	Innentemperatur		Mindestluftwechsel	Geometrie		Volumenströme					Temp. Überströmung	Aufheizzuschlag (Berechnung oder Eingabe $\varphi_{hu}$ ) <sup>2</sup>		
					$\theta_{int,i,stand}$	$\theta_{int,i,comf}$	$n_{min,i}$	$A_{env,i}$	$V_i$	$q_{v,sup,i}$	$q_{v,exh,i}$	$q_{v,ATD,design,i}$	$q_{v,comb,i}$	$q_{v,transfer,ij}$	$\theta_{trans,ij}$	$t_{hu}$	$n_{sb}$	$\varphi_{hu}$
					°C	h <sup>-1</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /h					°C	h	h <sup>-1</sup>	W/m <sup>2</sup>	
AUT	2.OG	1	1	Wohnen	20	20	0,50	58	53	0	0	0	0	0	0,0	4	0,5	0
AUT	2.OG	1	2	Wohnen	20	20	0,50	58	53	0	0	0	0	0	0,0	4	0,5	0
AUT	2.OG	1	3	Wohnen	20	20	0,50	58	53	0	0	0	0	0	0,0	4	0,5	0
AUT	2.OG	1	4	Wohnen	20	20	0,50	58	53	0	0	0	0	0	0,0	4	0,5	0

1 Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnung bei Auslegungsaußentemperatur; im Falle eines Bypasses bei tiefen Außentemperaturen gilt für die Heizlastberechnung  $\eta_{WRG} = 0$ .

2 Nur auszufüllen, wenn Aufheizzuschlag vereinbart ist; siehe auch Formblatt V (Bild A.2).

ZONENDATEN																		
Zone Z-1				Nutzungseinheit AUT 1.OG 1 Erdgeschoss														
Geometrie und Luftdichtheit																		
Höhe Erdreich bis Unterkante Zone	$h_z$	3 m	Luftdichtheitsprüfung	wird nach Fertigstellung durchgeführt														
Zonenhöhe	$\Delta h_z$	2 m	Anforderungen an Luftdichtheit	hoch														
Mittlere Höhe der Zone über Erdreich	$h_{g,z}$	4 m	Anzahl der Fassaden	2	$f_{fac,z}$	8-												
Volumen	$V_z$	210 m <sup>3</sup>	Hüllflächenbezogene Durchlässigkeit	$q_{env,50,z}$		2 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h												
Hüllfläche	$A_{env,z}$	117 m <sup>2</sup>	Volumenstromfaktor	$f_{qv,z}$		0-												
Volumenströme																		
Zuluftvolumenstrom	$q_{v,sup,z}$	0 m <sup>3</sup> /h	Auslegungsvolumenstrom ALD	$q_{v,ATD,design,z}$		0 m <sup>3</sup> /h												
Wirkungsgrad WRG <sup>1</sup>	$\eta_{rec,z}$	0 %	Auslegungsdruckdifferenz ALD	$\Delta p_{ATD,design,z}$		0 Pa												
Zulufttemperatur	$\theta_{rec,z}$	-12 °C	Druckexponent Leckagen	$v'_{leak,z}$		1-												
Abluftvolumenstrom	$q_{v,exh,z}$	0 m <sup>3</sup> /h	Verbrennungs- o. ä. techn. Volumenstrom	$q_{v,comb,z}$		0 m <sup>3</sup> /h												
Raumverwaltung																		
Gebäude	Stockwerk	Nutzungseinheit	Raum	Bezeichnung	Innentemperatur		Mindestluftwechsel	Geometrie		Volumenströme					Temp. Überströmung	Aufheizzuschlag (Berechnung oder Eingabe $\varphi_{hu}$ ) <sup>2</sup>		
					$\theta_{int,i,stand}$	$\theta_{int,i,comf}$	$n_{min,i}$	$A_{env,i}$	$V_i$	$q_{v,sup,i}$	$q_{v,exh,i}$	$q_{v,ATD,design,i}$	$q_{v,comb,i}$	$q_{v,transfer,ij}$	$\theta_{trans,ij}$	$t_{hu}$	$n_{sb}$	$\varphi_{hu}$
					°C	°C	h <sup>-1</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /h					°C	h	h <sup>-1</sup>	W/m <sup>2</sup>
AUT	1.OG	1	2	Badezimmer	24	24	0,50	29	53	0	0	0	0	0	0,0	4	0,5	0
AUT	1.OG	1	3	Wohnen	20	20	0,50	29	53	0	0	0	0	0	0,0	4	0,5	0
AUT	1.OG	1	4	Wohnen	20	20	0,50	29	53	0	0	0	0	0	0,0	4	0,5	0
AUT	1.OG	1	5	Wohnen	20	20	0,50	29	53	0	0	0	0	0	0,0	4	0,5	0

1 Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnung bei Auslegungsaußentemperatur; im Falle eines Bypasses bei tiefen Außentemperaturen gilt für die Heizlastberechnung  $\eta_{WRG} = 0$ .

2 Nur auszufüllen, wenn Aufheizzuschlag vereinbart ist; siehe auch Formblatt V (Bild A.2).

ZONENDATEN																		
Zone Z-1																		
Nutzungseinheit AUT EG 1 Erdgeschoss																		
Geometrie und Luftdichtheit																		
Höhe Erdreich bis Unterkante Zone	$h_z$	0 m	Luftdichtheitsprüfung	wird nach Fertigstellung durchgeführt														
Zonenhöhe	$\Delta h_z$	2 m	Anforderungen an Luftdichtheit	hoch														
Mittlere Höhe der Zone über Erdreich	$h_{g,z}$	1 m	Anzahl der Fassaden	2	$f_{fac,z}$	8-												
Volumen	$V_z$	210 m <sup>3</sup>	Hüllflächenbezogene Durchlässigkeit	$q_{env,50,z}$ 2 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h														
Hüllfläche	$A_{env,z}$	117 m <sup>2</sup>	Volumenstromfaktor	$f_{qv,z}$ 0-														
Volumenströme																		
Zuluftvolumenstrom	$q_{v,sup,z}$	0 m <sup>3</sup> /h	Auslegungsvolumenstrom ALD	$q_{v,ATD,design,z}$ 0 m <sup>3</sup> /h														
Wirkungsgrad WRG <sup>1</sup>	$\eta_{rec,z}$	0 %	Auslegungsdruckdifferenz ALD	$\Delta p_{ATD,design,z}$ 0 Pa														
Zulufttemperatur	$\theta_{rec,z}$	-12 °C	Druckexponent Leckagen	$v'_{leak,z}$ 1-														
Abluftvolumenstrom	$q_{v,exh,z}$	0 m <sup>3</sup> /h	Verbrennungs- o. ä. techn. Volumenstrom	$q_{v,comb,z}$ 0 m <sup>3</sup> /h														
Raumverwaltung																		
Gebäude	Stockwerk	Nutzungseinheit	Raum	Bezeichnung	Innentemperatur		Mindestluftwechsel	Geometrie		Volumenströme					Temp. Überströmung	Aufheizzuschlag (Berechnung oder Eingabe $\varphi_{hu}$ ) <sup>2</sup>		
					$\theta_{int,i,stand}$	$\theta_{int,i,comf}$	$n_{min,i}$	$A_{env,i}$	$V_i$	$q_{v,sup,i}$	$q_{v,exh,i}$	$q_{v,ATD,design,i}$	$q_{v,comb,i}$	$q_{v,transfer,ij}$	$\theta_{trans,ij}$	$t_{hu}$	$n_{sb}$	$\varphi_{hu}$
					°C	°C	h <sup>-1</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /h					°C	h	h <sup>-1</sup>	W/m <sup>2</sup>
AUT	EG	1	1	Technikzentrale	15	15	0,00	29	53	0	0	0	0	0	0,0	4	0,5	0
AUT	EG	1	2	Wohnen	20	20	0,50	29	53	0	0	0	0	0	0,0	4	0,5	0
AUT	EG	1	3	Wohnen	20	20	0,50	29	53	0	0	0	0	0	0,0	4	0,5	0
AUT	EG	1	4	Wohnen	20	20	0,50	29	53	0	0	0	0	0	0,0	4	0,5	0

1 Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnung bei Auslegungsaußentemperatur; im Falle eines Bypasses bei tiefen Außentemperaturen gilt für die Heizlastberechnung  $\eta_{WRG} = 0$ .

2 Nur auszufüllen, wenn Aufheizzuschlag vereinbart ist; siehe auch Formblatt V (Bild A.2).

**ZONENÜBERSICHT HEIZLAST**

Zone Z-1

Nutzungseinheit AUT 2.OG 1 Erdgeschoss

Gebäude	Stockwerk	Nutzungseinheit	Raum	Bezeichnung	Transmissionswärmeverluste direkt/indirekt nach außen <sup>1</sup>	Σ Standard-Transmissionswärmeverluste	Standard-Lüftungswärmeverluste der Zone										Standardheizlast <sup>2</sup>	Zuschlag für erhöhte Innentemperatur	Aufheizzuschlag	Normheizlast <sup>3</sup>
							durch Gebäudehülle	durch Undichtigkeiten	durch große Öffnungen	durch Mindestaußenluftwechsel	durch technischen Volumenstrom	Gesamtverlust Leckage, ALD und Nutzung, bezogen auf		durch Zuluft	durch Überströmung	Σ Lüftungswärmeverluste				
												Raum	Zone $f_{i-z} = 0$							
					$\Phi_{T,ie/ae/ig}$	$\Phi_{T,i,stand}$	$\Phi_{V,env,i}$	$\Phi_{V,leak+ATD,i}$	$\Phi_{V,open,i}$	$\Phi_{V,min,i}$	$\Phi_{V,techn,i}$	$\Phi_{V,env/min,i}$	$\Phi_{V,leak/min,i}$	$\Phi_{V,sup,i}$	$\Phi_{V,transfer,ij}$	$\Phi_{V,i,stand}$	$\Phi_{i,stand}$	$\Delta\Phi_{i,comf}$	$\Phi_{hu,i}$	$\Phi_{HL,i}$
					W															
AUT	2.OG	1	1	Wohnen	489	451	77	38	0	288	0	288	144	0	0	288	738	0	0	738
AUT	2.OG	1	2	Wohnen	524	607	77	38	0	288	0	288	144	0	0	288	894	0	0	894
AUT	2.OG	1	3	Wohnen	524	607	77	38	0	288	0	288	144	0	0	288	895	0	0	895
AUT	2.OG	1	4	Wohnen	489	572	77	38	0	288	0	288	144	0	0	288	860	0	0	860
Summe Zone					575								575	0	0					

<sup>1</sup> Summe aller Transmissionswärmeverluste direkt oder indirekt nach außen, welche bei der Berechnung der Gebäudeheizlast zu berücksichtigen sind.

<sup>2</sup> Heizlast des Raumes unter Standardbedingungen und ohne Zuschläge.

<sup>3</sup> Normheizlast des Raumes ggf. mit Zuschlägen, sofern vereinbart, z. B. zur Auslegung von Heizflächen.

**ZONENÜBERSICHT HEIZLAST**

Zone Z-1

Nutzungseinheit AUT 1.OG 1 Erdgeschoss

Gebäude	Stockwerk	Nutzungseinheit	Raum	Bezeichnung	Transmissionswärmeverluste direkt/indirekt nach außen <sup>1</sup>	Σ Standard-Transmissionswärmeverluste	Standard-Lüftungswärmeverluste der Zone								Standardheizlast <sup>2</sup>	Zuschlag für erhöhte Innentemperatur	Aufheizzuschlag	Normheizlast <sup>3</sup>		
							durch Gebäudehülle	durch Undichtigkeiten	durch große Öffnungen	durch Mindest- außenluftwechsel	durch technischen Volumenstrom	Gesamtverlust Leckage, ALD und Nutzung, bezogen auf		durch Zuluft					durch Überströmung	Σ Lüftungswärmeverluste
												Raum	Zone $f_{i-z} = 0$							
					$\Phi_{T,i,eff,fig}$	$\Phi_{T,i,stand}$	$\Phi_{V,env,i}$	$\Phi_{V,leak+ATD,i}$	$\Phi_{V,open,i}$	$\Phi_{V,min,i}$	$\Phi_{V,techn,i}$	$\Phi_{V,env/min,i}$	$\Phi_{V,leak/min,i}$	$\Phi_{V,sup,i}$	$\Phi_{V,transfer,ij}$	$\Phi_{V,i,stand}$	$\Phi_{i,stand}$	$\Delta\Phi_{i,comf}$	$\Phi_{hu,i}$	$\Phi_{HL,i}$
					W															
AUT	1.OG	1	2	Badezimmer	316	749	43	22	0	323	0	323	162	0	0	323	1072	0	0	1072
AUT	1.OG	1	3	Wohnen	373	533	38	19	0	288	0	288	144	0	0	288	820	0	0	820
AUT	1.OG	1	4	Wohnen	373	569	38	19	0	288	0	288	144	0	0	288	857	0	0	857
AUT	1.OG	1	5	Wohnen	281	419	38	19	0	288	0	288	144	0	0	288	707	0	0	707
Summe Zone					593								593	0	0					

<sup>1</sup> Summe aller Transmissionswärmeverluste direkt oder indirekt nach außen, welche bei der Berechnung der Gebäudeheizlast zu berücksichtigen sind.

<sup>2</sup> Heizlast des Raumes unter Standardbedingungen und ohne Zuschläge.

<sup>3</sup> Normheizlast des Raumes ggf. mit Zuschlägen, sofern vereinbart, z. B. zur Auslegung von Heizflächen.

**ZONENÜBERSICHT HEIZLAST**

Zone Z-1

Nutzungseinheit AUT EG 1 Erdgeschoss

Gebäude	Stockwerk	Nutzungseinheit	Raum	Bezeichnung	Transmissionswärmeverluste direkt/indirekt nach außen <sup>1</sup>	Σ Standard-Transmissionswärmeverluste	Standard-Lüftungswärmeverluste der Zone										Standardheizlast <sup>2</sup>	Zuschlag für erhöhte Innentemperatur	Aufheizzuschlag	Normheizlast <sup>3</sup>					
							durch Gebäudehülle		durch Undichtigkeiten		durch große Öffnungen		durch Mindestaußenluftwechsel		durch technischen Volumenstrom						Gesamtverlust Leckage, ALD und Nutzung, bezogen auf		durch Zuluft	durch Überströmung	Σ Lüftungswärmeverluste
							$\Phi_{T,ie/ae,fig}$	$\Phi_{T,i,stand}$	$\Phi_{V,env,i}$	$\Phi_{V,leak+ATD,i}$	$\Phi_{V,open,i}$	$\Phi_{V,min,i}$	$\Phi_{V,techn,i}$	Raum	Zone	$f_{i-z} = 0$					durch Zuluft	durch Überströmung	Σ Lüftungswärmeverluste	$\Phi_{i,stand}$	$\Delta \Phi_{i,comf}$
					<b>W</b>																				
AUT	EG	1	1	Technikzentrale	209	146	32	16	0	0	0	32	16	0	0	32	179	0	0	179					
AUT	EG	1	2	Wohnen	369	497	38	19	0	288	0	288	144	0	0	288	784	0	0	784					
AUT	EG	1	3	Wohnen	461	544	38	19	0	288	0	288	144	0	0	288	831	0	0	831					
AUT	EG	1	4	Wohnen	369	524	38	19	0	288	0	288	144	0	0	288	812	0	0	812					
<b>Summe Zone</b>					<b>448</b>								<b>448</b>	<b>0</b>	<b>0</b>										

<sup>1</sup> Summe aller Transmissionswärmeverluste direkt oder indirekt nach außen, welche bei der Berechnung der Gebäudeheizlast zu berücksichtigen sind.

<sup>2</sup> Heizlast des Raumes unter Standardbedingungen und ohne Zuschläge.

<sup>3</sup> Normheizlast des Raumes ggf. mit Zuschlägen, sofern vereinbart, z. B. zur Auslegung von Heizflächen.

**ZONENÜBERSICHT LUFTVOLUMENSTRÖME**

Zone Z-1 Nutzungseinheit AUT 2.OG 1 Erdgeschoss

Gebäude	Stockwerk	Nutzungseinheit	Raum	Bezeichnung	Mindestaußenluft-	Zuluft	Abluft	durch Außenluft-	Überströmung aus	Nachbarraum	Verbrennungs-/	techn. bedingter	technischer	durch große	durch Gebäudehülle	durch Undichtig-	Gesamtluft-	
					volumenstrom			durchlässe	Nachbarraum	techn. bedingter	Volumenstrom	Öffnungen	durch Gebäudehülle	keiten und Außen-	Leckagen, ALD			
					$q_{v,min,i}$	$q_{v,sup,i}$	$q_{v,exh,i}$	$q_{v,ATD,design,i}$	$q_{v,trans-fer,ij}$	$q_{v,comb,i}$	$q_{v,techn,i}$	$q_{v,open,i}$	$q_{v,env,i}$	$q_{v,leak+ATD,i}$	$q_{v,env/min,i}$	$q_{v,leak/min,i}$	Raum	Zone
					m <sup>3</sup> /h												$f_{i-z} = 0,50$	
AUT	2.OG	1	1	Wohnen	26,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	3,5	26,3	13,1	
AUT	2.OG	1	2	Wohnen	26,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	3,5	26,3	13,1	
AUT	2.OG	1	3	Wohnen	26,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	3,5	26,3	13,1	
AUT	2.OG	1	4	Wohnen	26,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	3,5	26,3	13,1	
Summe Zone						0,0	0,0	0,0		0,0							52,6	

**ZONENÜBERSICHT LUFTVOLUMENSTRÖME**

Zone Z-1 Nutzungseinheit AUT 1.OG 1 Erdgeschoss

Gebäude	Stockwerk	Nutzungseinheit	Raum	Bezeichnung	Mindestaußenluft-	Zuluft	Abluft	durch Außenluft-	Überströmung aus	Nachbarraum	Verbrennungs-/	techn. bedingter	technischer	durch große	durch Gebäudehülle	durch Undichtig-	Gesamtluft-	
					volumenstrom			durchlässe	Nachbarraum	techn. bedingter	Volumenstrom	Öffnungen	durch Undichtig-	Leckagen, ALD				
					$q_{v,min,i}$	$q_{v,sup,i}$	$q_{v,exh,i}$	$q_{v,ATD,design,i}$	$q_{v,trans-fer,ij}$	$q_{v,comb,i}$	$q_{v,techn,i}$	$q_{v,open,i}$	$q_{v,env,i}$	$q_{v,leak+ATD,i}$	$q_{v,env/min,i}$	$q_{v,leak/min,i}$	Raum	Zone
					m³/h												$f_{i-z} = 0,50$	
AUT	1.OG	1	2	Badezimmer	26,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	1,8	26,3	13,1	
AUT	1.OG	1	3	Wohnen	26,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	1,8	26,3	13,1	
AUT	1.OG	1	4	Wohnen	26,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	1,8	26,3	13,1	
AUT	1.OG	1	5	Wohnen	26,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	1,8	26,3	13,1	
Summe Zone						0,0	0,0	0,0		0,0							52,6	

**ZONENÜBERSICHT LUFTVOLUMENSTRÖME**

Zone Z-1 Nutzungseinheit AUT EG 1 Erdgeschoss

Gebäude	Stockwerk	Nutzungseinheit	Raum	Bezeichnung	Mindestaußenluft-	Zuluft	Abluft	durch Außenluft-	Überströmung aus	Nachbarraum	Verbrennungs-/	techn. bedingter	technischer	durch große	durch Gebäudehülle	durch Undichtig-	Gesamtluft-	
					volumenstrom			durchlässe	Nachbarraum	techn. bedingter	Volumenstrom	Öffnungen	durch Undichtig-	Leckagen, ALD				
					$q_{v,min,i}$	$q_{v,sup,i}$	$q_{v,exh,i}$	$q_{v,ATD,design,i}$	$q_{v,trans-fer,ij}$	$q_{v,comb,i}$	$q_{v,techn,i}$	$q_{v,open,i}$	$q_{v,env,i}$	$q_{v,leak+ATD,i}$	$q_{v,env/min,i}$	$q_{v,leak/min,i}$	Raum	Zone
					m³/h													$f_{i-z} = 0,50$
AUT	EG	1	1	Technikzentrale	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	1,8	3,5	1,8	
AUT	EG	1	2	Wohnen	26,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	1,8	26,3	13,1	
AUT	EG	1	3	Wohnen	26,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	1,8	26,3	13,1	
AUT	EG	1	4	Wohnen	26,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	1,8	26,3	13,1	
Summe Zone						0,0	0,0	0,0		0,0							41,2	

ERGEBNISZUSAMMENSTELLUNG NUTZUNGSEINHEITEN																		
Nutzungseinheit			Standard-Transmissionswärmeverluste					Standard-Lüftungswärmeverluste					Summe Nutzungseinheit					
Gebäude	Stockwerk	Nutzungseinheit	an				Summe Transmissionswärmeverluste	Zone	durch			Summe Lüftungswärmeverluste	Standardheizlast	Zuschlag erhöhte Innentemperatur oder Aufheizzuschlag	Sonstige Zuschläge	Normheizlast		
			Außenluft	Erdreich	unbeheizte Bereiche und Nachbargebäude	andere Nutzungseinheiten			Leckagen und ALD sowie nutzungsbedingt	Zuluft	Überströmung aus Nachbarräumen							
Bezeichnung			$\sum \Phi_{T,ie}$	$\sum \Phi_{T,ig}$	$\sum \Phi_{T,iae}$	$\sum \Phi_{T,iaBE}$	$\Phi_{T,BE,stand}$	Bezeichnung			$\sum \Phi_{V,leak/min,i}$	$\sum \Phi_{V,sup,i}$	$\sum \Phi_{V,trans,ij}$	$\Phi_{V,z,stand}$	$\Phi_{BE,stand}$	$\sum(\max(\Delta\Phi_{comf,i}; \Phi_{hu,i}))$	$\Phi_{i,sonst}$	$\Phi_{HL,BE}$
			W					W										
AUT	2.OG	12. Obergeschoss	2027	0	0	248	2275	Z-1	593	0	0	593	2850	0	0	2850		
Summe Nutzungseinheit									575	0	0	575						
AUT	1.OG	11. Obergeschoss	1343	0	0	926	2269	Z-1	448	0	0	448	2863	0	0	2863		
Summe Nutzungseinheit									593	0	0	593						
AUT	EG	1 Erdgeschoss	1095	312	0	303	1710	Z-1	448	0	0	448	2158	0	0	2158		
Summe Nutzungseinheit									448	0	0	448						

HEIZLAST Berechnung gemäß DIN/TS 12831-1, Deutsch 2020 Anlage: Diplomarbeit

**RAUMLISTE**

Typ	= Raum-Typ	$\Phi_{HL,i,stand}$	= Standardheizlast	A	= Fußbodenfläche
$\theta_{int,i,stand}$	= Norm-Innentemperatur	$max(\Delta\Phi_{comf,i}, \Phi_{hu,i})$	= Anzurechnender Zuschlag	V	= Raumvolumen
$\Phi_{T,i,stand}$	= Standard-Transmissionswärmeverlust	$\Phi_{HL,i}$	= Normheizlast	$\phi_{HL,i}$	= Spezifische Normheizlast
$\Phi_{V,i,stand}$	= Standard-Lüftungswärmeverlust	$\Phi_{HL,i,eing}$	= Normheizlast eingeschränkt		
$\Phi_{HL,i,sonst}$	= Sonstiger Zuschlag	$\Phi_{HL,i,ber}$	= Normheizlast bereinigt		

Raum-Nummer				Raumbezeichnung	Typ	$\theta_{int,i,stand}$	$\Phi_{T,i,stand}$	$\Phi_{V,i,stand}$	$\Phi_{HL,i,sonst}$	$\Phi_{HL,i,stand}$	$max(\Delta\Phi_{comf,i}, \Phi_{hu,i})$	$\Phi_{HL,i}$	$\Phi_{HL,i,eing}$	$\Phi_{HL,i,ber}$	A	V	$\phi_{HL,i}$	$\phi_{HL,i}$	
Geb	Stock	Nutz	Raum			[°C]	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[W]	[m²]	[m³]	[W/m²]	[W/m³]	
AUT	2.OG	1	1	Wohnen	woh	20	451	288	0	738	0	738	777	777	21,4	52,5	34,44	14,06	
AUT	2.OG	1	2	Wohnen	woh	20	607	288	0	894	0	894	894	894	21,4	52,5	41,72	17,03	
AUT	2.OG	1	3	Wohnen	woh	20	607	288	0	895	0	895	895	895	21,5	52,6	41,71	17,03	
AUT	2.OG	1	4	Wohnen	woh	20	572	288	0	860	0	860	860	860	21,5	52,6	40,05	16,35	
<b>AUT</b>	<b>2.OG</b>	<b>1</b>		<b>Summe Nutzungseinheit</b>			<b>2237</b>	<b>1151</b>	<b>0</b>	<b>3387</b>		<b>3387</b>	<b>3426</b>	<b>3426</b>	<b>85,8</b>	<b>210,2</b>	<b>39,48</b>	<b>16,11</b>	
<b>AUT</b>	<b>2.OG</b>			<b>Summe Stockwerk</b>			<b>2237</b>	<b>1151</b>	<b>0</b>	<b>3387</b>		<b>3387</b>	<b>3426</b>	<b>3426</b>	<b>85,8</b>	<b>210,2</b>	<b>39,48</b>	<b>16,11</b>	
AUT	1.OG	1	2	Badezimmer	bad	24	749	323	0	1072	0	1072	1072	1072	21,4	52,5	49,99	20,40	
AUT	1.OG	1	3	Wohnen	woh	20	533	288	0	820	0	820	857	857	21,4	52,5	38,26	15,62	
AUT	1.OG	1	4	Wohnen	woh	20	569	288	0	857	0	857	857	857	21,5	52,6	39,95	16,30	
AUT	1.OG	1	5	Wohnen	woh	20	419	288	0	707	0	707	765	765	21,5	52,6	32,92	13,44	
<b>AUT</b>	<b>1.OG</b>	<b>1</b>		<b>Summe Nutzungseinheit</b>			<b>2269</b>	<b>1186</b>	<b>0</b>	<b>3456</b>		<b>3456</b>	<b>3550</b>	<b>3550</b>	<b>85,8</b>	<b>210,2</b>	<b>40,28</b>	<b>16,44</b>	
<b>AUT</b>	<b>1.OG</b>			<b>Summe Stockwerk</b>			<b>2269</b>	<b>1186</b>	<b>0</b>	<b>3456</b>		<b>3456</b>	<b>3550</b>	<b>3550</b>	<b>85,8</b>	<b>210,2</b>	<b>40,28</b>	<b>16,44</b>	
AUT	EG	1	1	Technikzentrale	T10	15	146	32	0	179	0	179	179	179	21,4	52,5	8,33	3,40	
AUT	EG	1	2	Wohnen	woh	20	497	288	0	784	0	784	812	812	21,4	52,5	36,57	14,93	
AUT	EG	1	3	Wohnen	woh	20	544	288	0	831	0	831	831	831	21,5	52,6	38,75	15,82	
AUT	EG	1	4	Wohnen	woh	20	524	288	0	812	0	812	855	855	21,5	52,6	37,81	15,43	
<b>AUT</b>	<b>EG</b>	<b>1</b>		<b>Summe Nutzungseinheit</b>			<b>1710</b>	<b>896</b>	<b>0</b>	<b>2606</b>		<b>2606</b>	<b>2676</b>	<b>2676</b>	<b>85,8</b>	<b>210,2</b>	<b>30,37</b>	<b>12,40</b>	
<b>AUT</b>	<b>EG</b>			<b>Summe Stockwerk</b>			<b>1710</b>	<b>896</b>	<b>0</b>	<b>2606</b>		<b>2606</b>	<b>2676</b>	<b>2676</b>	<b>85,8</b>	<b>210,2</b>	<b>30,37</b>	<b>12,40</b>	
<b>AUT</b>				<b>Summe Gebäudeteil</b>			<b>6216</b>	<b>3233</b>	<b>0</b>	<b>9449</b>		<b>9449</b>	<b>9653</b>	<b>9653</b>	<b>257,4</b>	<b>630,6</b>	<b>36,71</b>	<b>14,98</b>	
<b>Summe Raumlasten</b>								<b>6216</b>	<b>3233</b>	<b>0</b>	<b>9449</b>		<b>9449</b>	<b>9653</b>	<b>9653</b>	<b>257,4</b>	<b>630,6</b>	<b>36,71</b>	<b>14,98</b>

Hinweis: Die Summe der Raum-Heizlasten unterscheidet sich üblicherweise von der Gebäudeheizlast!

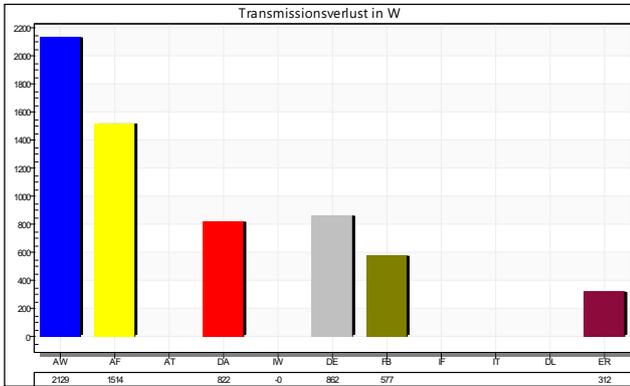
ERGEBNISZUSAMMENSTELLUNG GEBÄUDE		
Gebäude(-teil) AUT Konzept		
GEBÄUDEDATEN		
Nettogrundfläche	$A_{NGF}$	257 m <sup>2</sup>
Nettovolumen (Luftvolumen)	$V_{int}$	631 m <sup>3</sup>
Hüllfläche	$A_{env}$	467 m <sup>2</sup>
WÄRMEVERLUSTE		
<b>Transmission</b>		
an Außenluft	$\Sigma \Phi_{T,ie}$	4465 W
an unbeheizte Bereiche oder Nachbargebäude	$\Sigma \Phi_{T,iae}$	0 W
an andere Nutzungseinheiten	$\Sigma \Phi_{T,iaBE}$	0 W
an Erdreich	$\Sigma \Phi_{T,ig}$	312 W
<b>Summe</b>	$\Sigma \Phi_T$	<b>4777 W</b>
<b>Lüftung</b>		
durch Leckagen, ALD und Nutzung oder Mindestwert	$\Sigma \Phi_{V,leak/min,i}$	1616 W
Zuluftvolumenstrom	$\Sigma \Phi_{V,sup,i}$	0 W
Überström-Luftvolumenstrom	$\Sigma \Phi_{V,transfer,ij}$	0 W
<b>Summe</b>	$\Sigma \Phi_V$	<b>1616 W</b>
HEIZLAST		
<b>Standard-Heizlast</b>	$\Phi_{stand}$	<b>6394 W</b>
Zuschlag erhöhte Innentemperatur oder Aufheizzuschlag <sup>1</sup>	$\Sigma \{ \max\{ \Delta \Phi_{comf,i} ; \Phi_{hu,i} \} \}$	0 W
Zuschläge	$\Phi_{sonst} + \Sigma \{ \max\{ \Delta \Phi_{comf,i} ; \Phi_{hu,i} \} \}$	0 W
<b>Norm-Heizlast</b>	$\Phi_{HL}$	<b>6394 W</b>
spez. Werte	$\varphi_{HL/m^2}$	25 W/m <sup>2</sup>
	$\varphi_{HL/m^3}$	10 W/m <sup>3</sup>
WÄRMEVERLUSTKOEFFIZIENTEN		
Transmission	$\Sigma H_T$	148 W/K
Lüftung	$\Sigma H_V$	99 W/K
<b>Summe</b>	$\Sigma H$	<b>248 W/K</b>

<sup>1</sup> Zuschläge für gesamtes Gebäude, z. B. zur Dimensionierung Wärmeerzeuger, sofern vereinbart

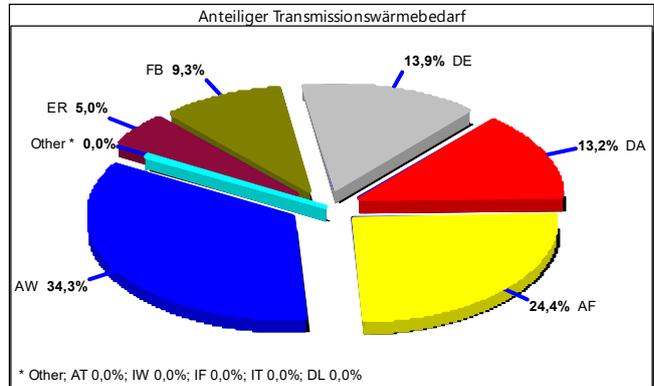
**Grafik**

**Transmission**

**Absolut**

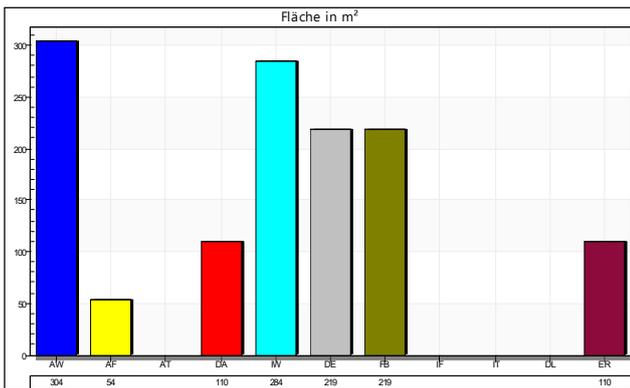


**Prozentual**

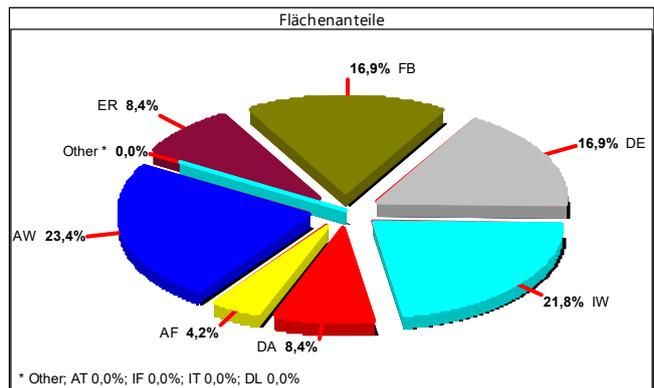


**Flächen**

**Absolut**

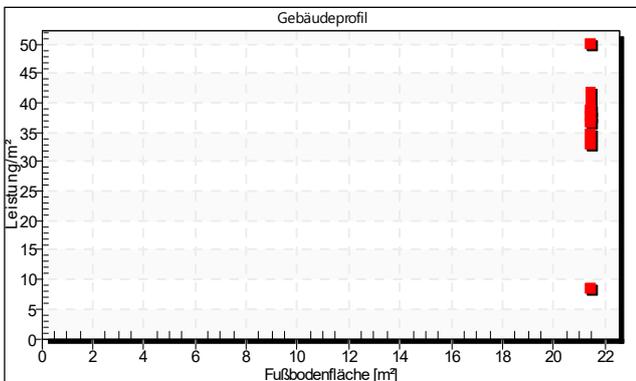


**Prozentual**

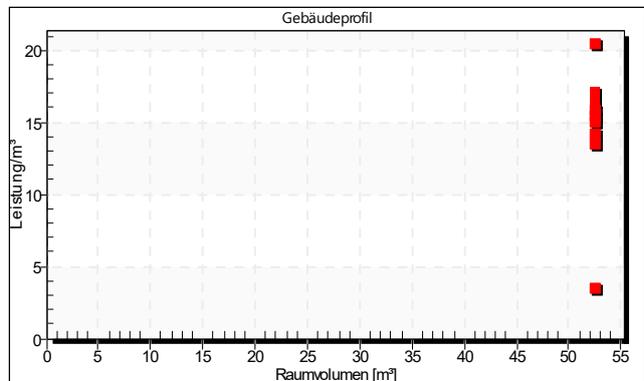


**Gebäudeprofil**

**Fläche**



**Volumen**



## Anhang 4: IWU Tool zur Gradtagszahlenbestimmung

iwu.xl.tool
IWU climate data tool version: 17.06.2021

### Klimadaten deutscher Stationen

Datenquelle: Deutscher Wetterdienst, Offenbach - www.dwd.de / www.cmsaf.eu

---

**Standort**

**Postleitzahl des Standortes** PLZ  (Ringelai)

Zuordnung der nächstgelegenen Klimastation  
 Zuordnung der drei nächstgelegenen Klimastationen (mit Wichtung nach Entfernung)

**Klimastation**

Stationsnummer:  (alternative Eingabe)  
 4354 - Saldenburg-Entschenreuth (Bayern) - 1985-09-01 bis 2021-06-12 - Lon=13,31°/Lat=48,78°

**Pauschale Höhenkorrektur**

Höhe ü. NN 549 m

Höhe Gebäudestandort 425 m

Differenz -124 m

Änderungskoeffizient  
(Vorschlagswert - 0,5 K / 100 m; kann bei Bedarf geändert werden) -0,50 K / 100m

► Temperaturdifferenz +0,62 K

Gewichtung	ID	Wetterstation	Bundesland	Lat (N)	Lon (O)	Höhe über NN
45%	4354	Saldenburg-Entschenreuth	Bayern	48,78	13,31	457 m
38%	1735	Grainet-Rehberg	Bayern	48,79	13,63	628 m
17%	5800	Zwiesel	Bayern	49,03	13,24	615 m
gewichtetes Mittel Klimastationen						549 m

**Zeitraum und Ausgabegrößen**

Art der Konditionierung:  Start: Monat  Jahr

Ausgabegröße:

Innentemperatur:  °C nur für Gradtagzahl

Heizgrenztemperatur:  °C für Gradtagzahl und Heiz- bzw. Kühlgradtage

**Temperaturdaten**  
"Außentemperatur"  
 = Tagesmittel der Außenlufttemperatur

Monat	Tage [d]	2020 / 2021				langjähriges Mittel *			
		Gradtagzahl		Außen-temperatur	Außentemp.	Gradtagzahl		Außen-temperatur	Außentemp.
		GTZ 20/12 [Kd]	Heiztage [d]	[°C]	an Heiztagen [°C]	GTZ 20/12 [Kd]	Heiztage [d]	[°C]	an Heiztagen [°C]
Jun 2020	30	17	2	16,2	12,0	36	4	17,1	10,9
Jul 2020	31	0	0	17,9		10	1	18,6	11,8
Aug 2020	31	0	0	19,2		11	1	18,1	11,5
Sep 2020	30	71	7	14,8	9,4	115	12	13,6	10,3
Okt 2020	31	333	29	8,9	8,5	313	26	9,0	8,0
Nov 2020	30	481	29	3,7	3,4	478	30	4,0	3,8
Dez 2020	31	577	31	1,4	1,4	616	31	0,1	0,1
Jan 2021	31	657	31	-1,2	-1,2	654	31	-1,1	-1,1
Feb 2021	28	514	28	1,6	1,6	560	28	0,1	0,1
Mrz 2021	31	503	30	3,6	3,3	495	31	4,0	4,0
Apr 2021	30	406	29	6,2	5,9	283	23	9,4	7,7
Mai 2021	31	293	28	10,4	9,4	137	14	13,5	9,9
<b>Jahr gesamt</b>	<b>365</b>	<b>3852</b>	<b>243</b>	<b>8,6</b>	<b>4,2</b>	<b>3706</b>	<b>232</b>	<b>8,9</b>	<b>4,0</b>

\*) langjähriges Mittel (LTA) von 2001 bis 2020

Verhältnis der Gradtagzahl GTZ 20/12 für 2020 / 2021 zum langjährigen Mittel am gleichen Standort:

Verhältnis der Heiztage HT 12 für 2020 / 2021 zum langjährigen Mittel am gleichen Standort:

Faktor zur Normierung von Energieverbrauchskennwerten auf das Standardklima (Heizfall)  
(ermittelt aus dem Verhältnis der GTZ des Standardklimas zur GTZ des 12-Monatszeitraums am gewählten Standort):   
Potsdam (LTA) GTZ (20/15) = 3667 Kd/a  
 Würzburg (LTA) GTZ (20/15) = 3883 Kd/a

## **Eigenständigkeitserklärung**

"Ich erkläre hiermit ehrenwörtlich",

1. dass ich meine Studienarbeit mit dem Thema „Energieautarkie im Baugewerbe“ ohne fremde Hilfe angefertigt habe,
2. dass ich die Übernahme wörtlicher Zitate aus der Literatur sowie die Verwendung der Gedanken anderer Autoren an den entsprechenden Stellen innerhalb der Arbeit gekennzeichnet habe und
3. dass ich meine Studienarbeit bei keiner anderen Prüfung vorgelegt habe. Ich bin mir bewusst, dass eine falsche Erklärung rechtliche Folgen haben wird.

---

Ort, Datum

---

Unterschrift