

## MOBASY-Teilbericht

# Unsicherheit der Energiebilanzierung und Vergleich mit Verbrauchsdaten für das PassivhausSozialPlus

## Verbrauchscontrolling auf der Grundlage von Energieprofil- Indikatoren im Vergleich zur Nutzung detaillierter Planungsdaten

Forschungsprojekt

### MOBASY

**Modellierung der Bandbreiten und systematischen  
Abhängigkeiten des Energieverbrauchs  
zur Anwendung im Verbrauchscontrolling  
von Wohngebäudebeständen**

(Verbundvorhaben Solares Bauen FKZ 03SBE0004A)

Darmstadt, 24.10.2023

Autoren: Tobias Loga  
Marc Großklos  
Guillaume Behem  
Britta Stein  
André Müller

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Die Verantwortung für den Inhalt dieser  
Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Zitiervorschlag: Loga, Tobias; Großklos, Marc; Behem, Guillaume; Stein, Britta; Müller, André (2023): Unsicherheit der Energiebilanzierung und Vergleich mit Verbrauchsdaten für das PassivhausSozialPlus (MOBASY-Teilbericht). Verbrauchscontrolling auf der Grundlage von Energieprofil-Indikatoren im Vergleich zur Nutzung detaillierter Planungsdaten; IWU – Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt 2023

in Kooperation mit: Neue Wohnraumhilfe Darmstadt  
*Wir bedanken uns sehr herzlich für die gute Zusammenarbeit!*

ISBN: 978-3-941140-77-6

Lizenz:



Lizenziert unter CC BY 4.0  
(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)

Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU)  
Rheinstraße 65  
64295 Darmstadt  
Germany

Telefon: +49 (0)6151 2904-0  
Fax: +49 (0)6151 2904-97  
[www.iwu.de](http://www.iwu.de)

## Inhalt

Zusammenfassung.....	5
English Summary .....	7
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>9</b>
<b>2 Methodik und Daten.....</b>	<b>11</b>
2.1 Methodik der MOBASY-Realbilanzierung.....	11
2.2 Gebäudedaten.....	12
2.3 Gemessener Energieverbrauch .....	18
2.4 Varianten für den Detaillierungsgrad der Eingangsdaten .....	19
<b>3 Ergebnisse.....</b>	<b>22</b>
3.1 MOBASY-Realbilanz / Schätzung des Energieverbrauch .....	22
3.2 Vergleich mit den Messwerten für Heizung und Warmwasser.....	25
3.3 Einordnung in die MOBASY-Gebäudestichprobe .....	27
3.4 Differenzierter Verbrauch-Bedarf-Vergleich .....	27
3.5 Schrittweise Einbeziehung von detaillierten Daten: Veranschaulichung des Einflusses der verschiedenen Größen .....	31
<b>4 Fazit und Ausblick .....</b>	<b>35</b>
<b>+++ ANHANG +++.....</b>	<b>38</b>
<b>Anhang A – Literatur-, Abbildungs- und Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>38</b>
A.1 Literaturverzeichnis.....	38
A.2 Abbildungsverzeichnis.....	40
A.3 Tabellenverzeichnis .....	41
<b>Anhang B – Detaillierte Betrachtung der Bilanzierung und der damit verbundenen Unsicherheiten .....</b>	<b>44</b>
B.1 Flächen .....	44
B.2 U-Werte.....	47
B.3 Bauteilanschlüsse / Wärmebrücken.....	50
B.4 Raumtemperaturen.....	52
B.5 Luftaustausch durch Infiltration, Fensteröffnung und mechanische Lüftung .....	54
B.6 Innere Wärmequellen .....	57
B.7 Passive Solarenergienutzung.....	60
B.8 Außentemperaturen .....	64
B.9 Nutzwärmebedarf Warmwasser .....	70
B.10 Wärmeversorgungssystem.....	73
B.11 Bedeutung der Einzelbeiträge für die Gesamtunsicherheit .....	76
B.12 Schrittweise Verbesserung der Genauigkeit .....	81
B.13 Diskussion von Methodik-Details .....	83

<b>Anhang C – Dokumentation der für die Bilanzierung verwendeten Pauschalwerte und detaillierten</b>	
<b>Eingangsdaten.....</b>	<b>86</b>
C.1 Wohnflächen, Netto-Raumflächen, Referenzflächen .....	86
C.2 Hüllfläche und U-Werte .....	86
C.3 Wärmebrücken.....	88
C.4 Überblick Nutzungsdaten .....	92
C.5 Raumtemperaturen.....	94
C.6 Luftaustausch durch Infiltration .....	97
C.7 Luftaustausch durch Fensteröffnung .....	99
C.8 Lüftungsanlagen .....	101
C.9 Innere Wärmequellen .....	104
C.10 Passive Solarenergienutzung.....	109
C.11 Wärmeversorgung.....	110
C.12 Klimadaten .....	113
C.13 Verbrauchsmessung .....	118
C.14 MOBASY-Unsicherheitsbewertung .....	120
<b>Anhang D – Dokumentation der Eingabeblätter im Berechnungswerkzeug „EnergyProfile.xlsm“ .....</b>	<b>125</b>
D.1 Energieprofil-Erfassung Gebäude und Anlagentechnik (Var. 1).....	126
D.2 Detaillierte Eingabedaten Gebäude und Anlagentechnik (Var. 2 + 3).....	132
D.3 Kategorisierung der Datenquellen .....	136
D.4 Klimadaten .....	139
D.5 Nutzungsdaten .....	140
D.6 Verbrauchsdaten .....	144
<b>Anhang E – Dokumentation der Berechnungsgänge im Berechnungswerkzeug „EnergyProfile.xlsm“ .....</b>	<b>150</b>
E.1 Gebäude AB – Var. 1 .....	151
E.2 Gebäude AB – Var. 2 (Auszug).....	159
E.3 Gebäude AB – Var. 3 (Auszug).....	163
E.4 Gebäude C – Var. 1.....	167
E.5 Gebäude C – Var. 2 (Auszug) .....	175
E.6 Gebäude C – Var. 3 (Auszug) .....	179

## Zusammenfassung

Im Alltag der Konzeption und Planung von energetischen Modernisierungen und energieeffizienten Neubauten werden bislang Energiebilanzmethoden eingesetzt, die vor allem auf einen Nachweis der Einhaltung von Anforderungen oder auf die Einstufung in Energieeffizienzklassen ausgerichtet sind. Werden die hochgenau berechneten und mit Nachkommastelle ausgegebenen Energiekennwerte für Heizung und Warmwasser später mit Verbrauchskennwerten verglichen, so werden häufig Abweichungen festgestellt, die überraschend groß sein können.

In der vorliegenden Untersuchung wird statt dieses rechnerischen Nachweises eine auf die Verbrauchsprognose ausgerichtete energetische Bilanzierung verwendet. Hierzu werden für alle Eingangsdaten möglichst realistische Werte angesetzt und die Unsicherheit dieser Zahlenwerte abgeschätzt. Mit Hilfe des physikalischen Modells und einer Unsicherheitsbetrachtung wird das Intervall geschätzt, in dem der Energieverbrauch wahrscheinlich liegen wird (Erwartungsbereich). Die bereits beim MOBASY-Verbrauchscontrolling auf Gebäudebestände angewendete Methode<sup>1</sup> wird hier nun auf Gebäude erweitert, für die sehr detaillierte Informationen vorliegen.

Gegenstand der Analyse sind zwei Mehrfamilienhäuser, ein Passivhaus-Neubau und ein mit Passivhaus-Komponenten modernisierter Altbau,<sup>2</sup> für die zum einen Daten zu den physischen Eigenschaften der Gebäudehülle und der Wärmeversorgung, zum anderen auch gemessene Daten für den Energieverbrauch, für den Betrieb der Anlagentechnik und für die Nutzung vorliegen.

Die Analysen wurden je Gebäude für drei unterschiedliche Niveaus der Verfügbarkeit von Daten vorgenommen, die unterschiedliche praktische Situationen widerspiegeln:

- Var. 1: „Energieprofil-Daten“: grobe Informationen zu den baulichen und anlagentechnischen Eigenschaften, ermittelt per Befragung des Gebäudeeigentümers und ergänzender Begehung;<sup>3</sup>
- Var. 2: „detaillierte Planungsdaten“: detaillierte und qualitätsgesicherte Planungsdaten;<sup>4</sup>
- Var. 3: „detaillierte Planungs- und Messdaten“: wie Var. (2), zusätzlich Messdaten zu Nutzung, Anlagenbetrieb und Klima aus dem wissenschaftlichen Begleitprogramm des Forschungsprojekts.<sup>5</sup>

Ergebnis sind Anhaltspunkte, welche Genauigkeit bei der Modellierung des Energieverbrauchs dieser äußerst energieeffizienten Mehrfamilienhäuser erreicht wird und wie die Genauigkeit vom Detaillierungsgrad der Eingangsdaten abhängt (siehe Bild 1): Die Unsicherheit des physikalischen Modells wird im Fall einer Verwendung von Energieprofil-Indikatoren (Var. 1) zu  $\pm 18 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , bei Verwendung detaillierter Planungsdaten (Var. 2) zu  $\pm 14 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  und bei der zusätzlichen Einbeziehung von Messdaten aus der Nutzungsphase des Gebäudes (Var. 3) zu  $\pm 9 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  abgeschätzt. Die relative Unsicherheit des berechneten Energiebedarfs wird also grob von etwa  $\pm 40 \%$  (Var. 1) auf  $\pm 30 \%$  (Var. 2) bzw. ca.  $\pm 20 \%$  (Var. 3) reduziert.<sup>6</sup> Den größten Anteil an der selbst bei Umsetzung eines wissenschaftlichen Messprogramms (Var. 3) verbleibenden Unsicherheit haben die Lüftungswärmeverluste durch Öffnen von Fenstern, da eine direkte Messung der Volumenströme und Temperaturdifferenzen praktisch nicht möglich ist.

<sup>1</sup> Übersicht in [Loga / Stein 2022]

<sup>2</sup> „PassivhausSozialPlus“-Gebäude in Darmstadt [Großklos et al. 2023]

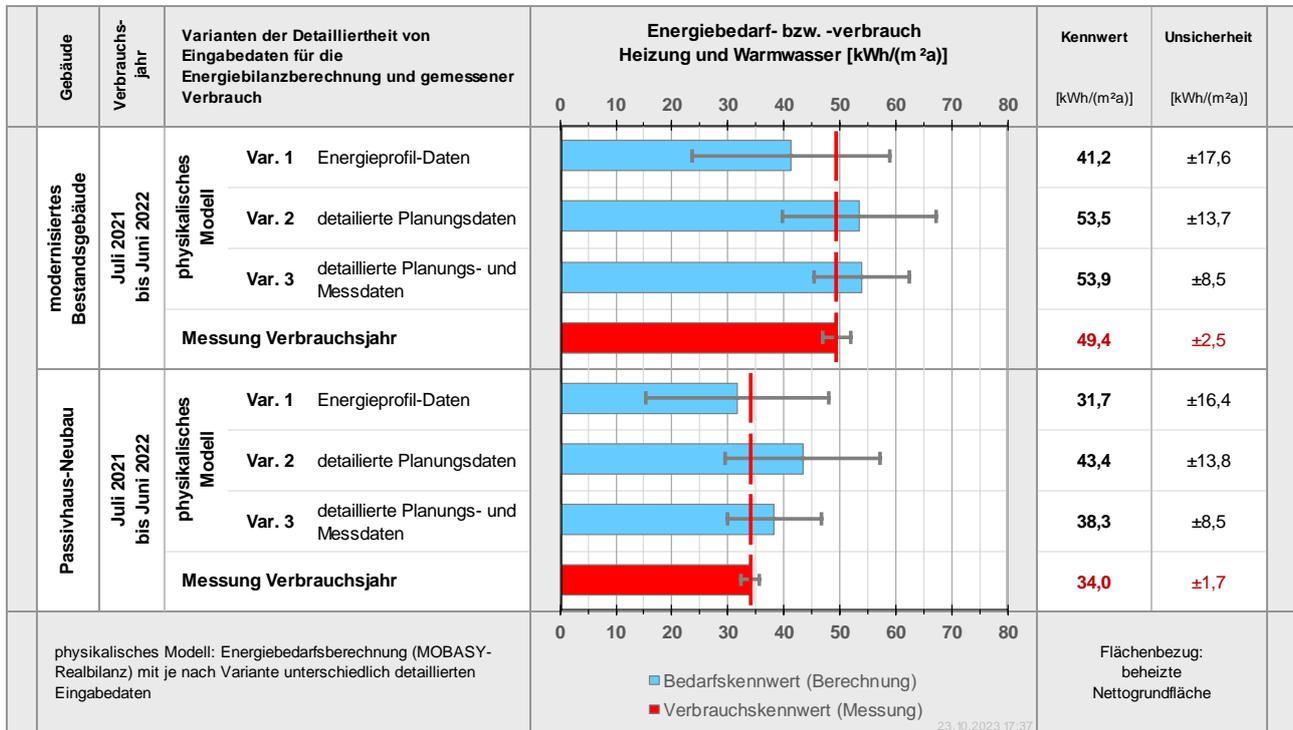
<sup>3</sup> Annahme: Es liegen nur grobe Angaben zu den energetischen Eigenschaften entsprechend den in [Loga et al. 2021] für das MOBASY-Verbrauchscontrolling und in [Loga et al. 2022a] für die Bildung von nach dem Dämmstandard differenzierten Verbrauchsbenchmarks verwendeten Energieprofil-Indikatoren vor.

<sup>4</sup> ermittelt mit dem Passivhaus-Projektierungspaket [PHPP 2017]

<sup>5</sup> siehe [Großklos et al. 2023]

<sup>6</sup> Prozentwerte bezogen jeweils auf den Energiebedarf der genauesten Berechnung (Var. 3)

**Bild 1:** Ergebnisse der Untersuchung für das Verbrauchsjahr 2021/2022 – Prognose in drei Varianten des Detaillierungsgrads von Eingangsdaten und Vergleich mit dem gemessenen Energieverbrauch



Der tatsächlich gemessene Wärmeverbrauch für Heizung und Warmwasser inklusive Speicher- und Verteilverluste lag im Fall des modernisierten Bestandsgebäudes bei 49 kWh/(m²a), im Fall des Passivhaus-Neubaus bei 34 kWh/(m²a) (Verbrauchsjahr 2021/2022). Bei beiden Gebäuden liegt dieser Verbrauch für alle drei Stufen der Datendetaillierung innerhalb des Erwartungsbereichs.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass die Verwendung möglichst realistischer Eingangsdaten und die Abschätzung der Unsicherheiten plausible Aussagen zum erwarteten Energieverbrauch auf verschiedenen Ebenen der Datendetaillierung ermöglicht. Für Passivhaus-Neubauten und -Modernisierungen liefert das Verfahren eine Erweiterung des Passivhaus-Projektierungspaketes um Aussagen zum erwarteten Energieverbrauch. Für das Verbrauchcontrolling in größeren Wohngebäudebeständen eröffnet dies die Möglichkeit, den Soll-Ist-Vergleich des bereits per Energieprofil-Indikatoren erfassten Zustands durch schrittweise Einbeziehung von genauen Planungsdaten aktueller Modernisierungen zu erweitern und den Energieverbrauch für diese Gebäude genauer vorherzusagen.

## English Summary

In the everyday conception and planning of energy refurbishments and energy-efficient new buildings, energy balance methods have been used so far, which are primarily aimed at proving compliance with requirements or classifying according to energy labels. When the energy demand values, precisely calculated and displayed with a decimal place, are later compared with consumption values, deviations are often found that can be surprisingly large.

In the present study the focus of the energy performance calculation is shifted from a calculative proof to a consumption forecast. For this purpose, values that are as realistic as possible are set for all input data and the uncertainty of these values is estimated. With the help of the physical model and an uncertainty analysis, the interval in which the energy consumption will probably lie (expectation range) is estimated. The method already applied to building stocks in the framework of the MOBASY energy controlling<sup>7</sup> is here extended to buildings with high energy efficiency, for which very detailed information is available.

The subject of the analysis are two apartment buildings, a new passive house and an old building refurbished by use of passive house components.<sup>8</sup> For both buildings data on the physical properties of building envelope and heat supply, as well as measured data for energy consumption, for operating the heat supply system and for utilisation are available.

The analyses were carried out for each building for three different levels of data availability, reflecting different practical situations:

Var. 1: “Energy profile data”: rough information on the structural and system characteristics, determined by interviewing the building owner and supplementary inspection;<sup>9</sup>

Var. 2: “detailed design data”: detailed and quality-assured planning data;<sup>10</sup>

Var. 3: “detailed design and measurement data”: as Var. (2), additional measurement data on usage, system operation and climate from the accompanying scientific program of the research project.<sup>11</sup>

The result is an indication of the level of accuracy achieved when modelling the energy consumption of these extremely energy-efficient apartment buildings and how the accuracy depends on the level of detail of the input data (see Figure / Bild 2): When using energy profile indicators (Var. 1), the estimated uncertainty of the physical model is  $\pm 18 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , when using detailed planning data (Var. 2)  $\pm 14 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , when additionally including measurement data from the usage phase of the building  $\pm 9 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . The relative uncertainty of the calculated energy demand is roughly reduced from approximately  $\pm 40\%$  (Var. 1) to about  $\pm 30\%$  (Var. 2) or at the best to about  $\pm 20\%$  (Var. 3).<sup>12</sup> The largest share of the uncertainty that remains even when implementing a scientific measurement program (Var. 3) is caused by ventilation heat losses due to opening windows, since direct measurement of the volume flows and temperature differences is practically not possible.

---

<sup>7</sup> Overview in [Loga et al. 2022b]

<sup>8</sup> „PassivhausSozialPlus“ buildings in Darmstadt [Großklos et al. 2023]

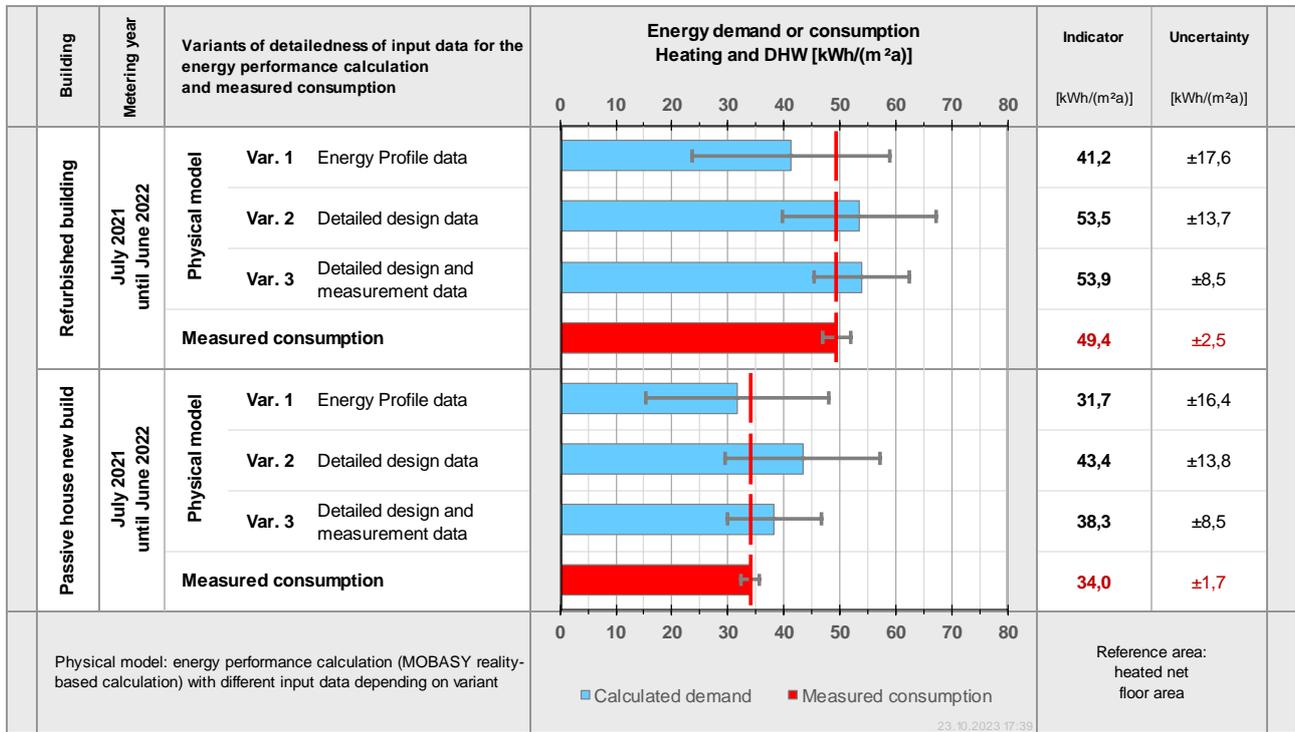
<sup>9</sup> For definition and application of “Energy Profile” indicators see [Loga et al. 2021] and [Loga et al. 2022b].

<sup>10</sup> determined by use of the „Passive House Planning Package” / “Passivhaus-Projektierungspaket” [PHPP 2017]

<sup>11</sup> see [Großklos et al. 2023]

<sup>12</sup> Percentages related to the energy demand calculated by use of the most accurate data (Var. 3).

**Bild 2: Results of the study for the consumption year 2021/2022 / Estimation in three variants of the level of detail of input data and comparison with the actually measured energy consumption**



The actually measured heat consumption for heating and hot water including storage and distribution losses was 49 kWh/(m<sup>2</sup>a) in the case of the refurbished existing building and 34 kWh/(m<sup>2</sup>a) in the case of the new passive house building (metering year 2021/2022). For both buildings, this consumption is within the expected range for all three levels of data detailing.

Overall, it can be stated that the use of input data that is as realistic as possible and the estimation of the uncertainties enables plausible statements about the expected energy consumption at various levels of data detail. For new passive house buildings and modernizations, the process provides an extension of the Passive House Planning Package (PHPP) to include statements on the expected energy consumption. For energy controlling in larger residential building portfolios by target/actual comparison, the method opens up the possibility of expanding the input data from the basic energy profile indicators by gradually incorporating precise planning data from current refurbishments, enabling a more accurate estimation of the energy consumption for these buildings.

# 1 Einleitung

## Ausgangsbasis

Im Projekt MOBASY<sup>13</sup> wurde ein Verfahren entwickelt, mit dem für eine größere Anzahl von Gebäuden der gemessene Heizenergieverbrauch mit einem Erwartungsbereich verglichen werden kann. Dieses MOBASY-Realbilanz-Verfahren baut auf Indikatoren auf, die die wichtigsten energierelevanten Eigenschaften wiedergeben und die im Rahmen des Energiemanagements in einem Wohnungsunternehmen leicht in einer Monitoring-Tabelle erhoben und gepflegt werden können („Energieprofil-Indikatoren“). Das Verfahren wurde bereits für eine Stichprobe von mehr als 100 Geschosswohnbauten angewendet, wobei einerseits Gebäude mit einem auffällig hohen und niedrigen Verbrauch identifiziert wurden, andererseits typische Verbrauchswerte („Benchmarks“) für unterschiedliche Dämmstandards ermittelt werden konnten (siehe Übersicht in [Loga / Stein 2022]).

Eine wichtige Frage für die praktische Anwendung dieses Verbrauchscontrolling-Verfahrens ist, inwieweit neben den vergleichsweise groben Energieprofil-Indikatoren bei Neubauten oder Modernisierungen auch detaillierte Daten aus der Planung beim Soll-Ist-Vergleich berücksichtigt werden können und um wieviel genauer dadurch die Prognose des Energieverbrauchs wird.

Als Untersuchungsgegenstand stehen die zwei in Darmstadt realisierte „PassivHausSozialPlus“-Mehrfamilienhäuser mit insgesamt 42 Wohneinheiten zur Verfügung, bei denen im Rahmen der Modernisierung bzw. Neubaus sehr anspruchsvolle energetische Maßnahmen umgesetzt wurden und für die im Rahmen einer wissenschaftlichen Begleitung eine sehr genaue Erfassung der physischen Daten sowie eine detaillierte, zeitliche hoch aufgelöste Messung des Energieverbrauchs und der Nutzung erfolgte [Großklos 2021] [Großklos / Hacke 2022].

## Zielsetzung

Für den Energieverbrauch der beiden PassivHausSozialPlus-Gebäude (PHSP) wird ein Soll-Ist-Vergleich analog zum MOBASY-Verbrauchscontrolling durchgeführt. Dabei soll die Frage beantwortet werden, inwiefern der gemessene Energieverbrauch den Erwartungen entspricht. Bei der Analyse sollen unterschiedliche Ebenen der Daten-Detaillierung betrachtet werden, was sich dann auch in unterschiedlichen Erwartungsspannen für den Energieverbrauch niederschlägt. Hierfür wird der Energiebedarf der Gebäude mit Eingangsdatensätzen von unterschiedlichem Umfang und Detaillierungsgrad errechnet und die Unsicherheiten der Eingangsdaten in der Verbrauchsschätzung berücksichtigt:

- (1) Auf der größten Ebene werden als Datenquelle Energieprofil-Indikatoren verwendet, also Informationen, die im Regelfall vom Gebäudeeigentümer zur Verfügung gestellt und ggf. durch ergänzende Begehungen ermittelt werden können (Var. 1 „Energieprofil-Daten“).
- (2) Auf der zweiten Ebene werden Daten aus der qualitätsgesicherten energetischen Planung der Gebäude mit Hilfe des Passivhaus-Projektierungspakets (PHPP)<sup>14</sup> genutzt (Var. 2 „detaillierte Planungsdaten“).
- (3) In einem weiteren Schritt fließen darüber hinaus Daten ein, die im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung aus den detaillierten Messungen in den beiden Gebäuden gewonnen wurden (Var. 3 „detaillierte Planungs- und Messdaten“).

---

<sup>13</sup> <https://www.iwu.de/forschung/energie/mobasy/>

<sup>14</sup> [PHPP 2017]

Die Analysen liefern Anschauungsbeispiele für das Verbrauchscontrolling auf unterschiedlichen Ebenen. Der Vergleich soll zeigen, wie die Unschärfe der Bilanz durch genauere Eingangsdaten reduziert werden kann und welche Faktoren eine begrenzende Rolle bei der Verbesserung der Genauigkeit spielen.

Weiterhin werden die Ansätze einzelner Pauschalwerte und der Unsicherheiten der MOBASY-Realbilanzierung auf Plausibilität überprüft und gegebenenfalls Empfehlungen für die Verbesserung abgeleitet.

## Vorgehen

Das Vorgehen umfasst die folgenden Arbeitsschritte:

- Definition der drei Hauptvarianten je Gebäude und Festlegung des Umfangs der jeweiligen Eingangsdaten und der Art der Datenquelle;
- Ermittlung der Energieprofil-Indikatoren für Var. 1.
- Übertragung der im Passivhaus-Projektierungspaket (PHPP) eingetragenen Planungsdaten in die entsprechenden Eingangsgrößen der MOBASY-Realbilanz zur Verwendung in Var. 2 und 3;
- Aufbereitung und Übertragung der Messergebnisse zur Nutzung und zum Betrieb in die entsprechenden Eingangsgrößen der MOBASY-Realbilanz (Var. 3);
- Aufbereitung des gemessenen Energieverbrauchs und Charakterisierung der Bilanzräume für den Verbrauch-Bedarf-Vergleich;
- Realbilanz-Berechnung zur Ermittlung des Energiebedarfs (Erwartungswert des Verbrauchs) für alle drei Varianten und Abschätzung der Unsicherheit der Berechnung, bedingt durch Unsicherheiten der Bilanz-eingangsdaten (erwartete Streuung des Verbrauchs);
- Vergleich des Verbrauchs für Heizung und Warmwasser sowie für Heizung mit den jeweiligen Schätzintervallen der drei Varianten;
- Definition und Bilanzierung von Zwischenschritten zur Veranschaulichung der Auswirkung detaillierterer Daten bei den jeweiligen Arten der Bilanz-eingangsgrößen;
- Darstellung welche Relevanz die verschiedenen Eingangsgrößen für die Unsicherheit des Energiebedarfs haben.

## 2 Methodik und Daten

### 2.1 Methodik der MOBASY-Realbilanzierung

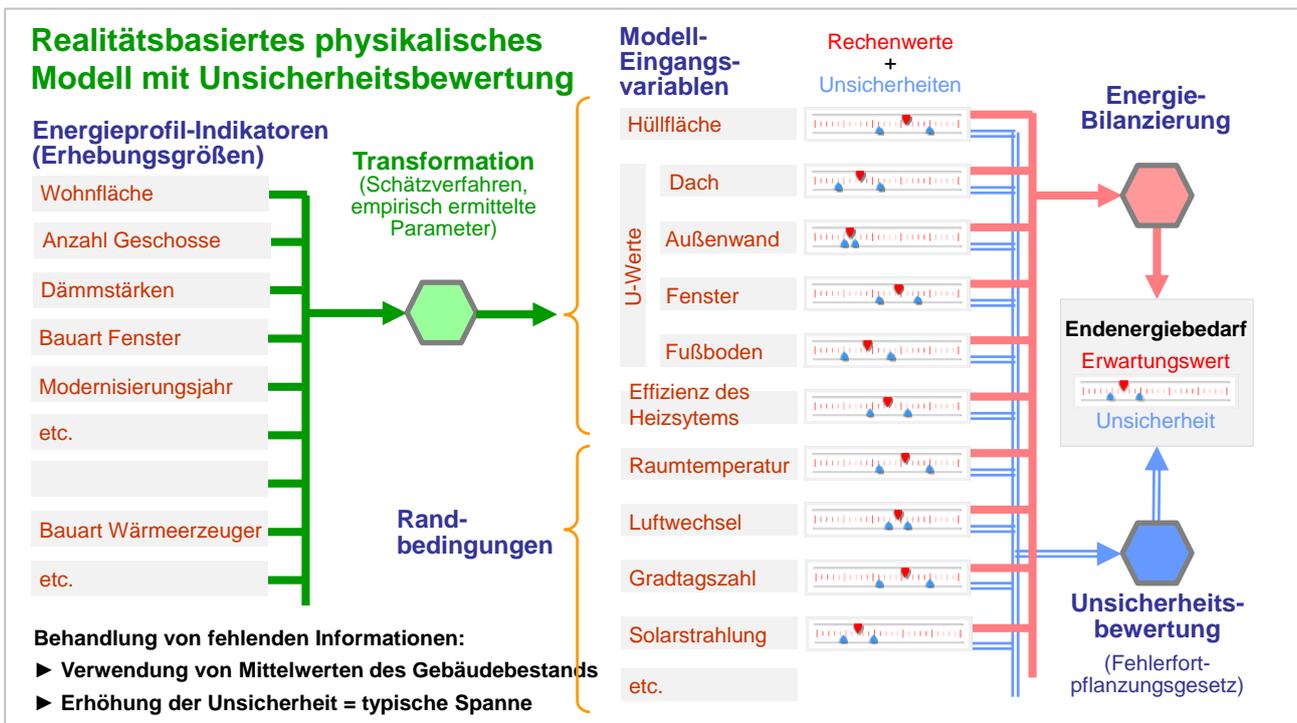
Im Folgenden wird ein genereller Überblick über die Methodik der MOBASY-Realbilanzierung gegeben.

Das Energieprofil-Schema umfasst Monitoring-Indikatoren, die auf Befragungen von Gebäudeeigentümern und Vor-Ort-Begehungen zugeschnitten sind. Es handelt sich um die physischen Merkmale eines Gebäudes, die einen deutlichen Einfluss auf den Energiebedarf haben. Die in Bild 5 dargestellten Formulare zeigen die im Projekt verwendeten Energieprofil-Indikatoren für die beiden Gebäude. Details zu den Energieprofil-Indikatoren und der Datenerfassung und Qualitätsüberprüfung finden sich in [Loga et al. 2021].

Die energetische Bilanzierung gemäß MOBASY-Realbilanz wird in drei Schritten durchgeführt (Bild 16):

- (1) Die Energieprofil-Indikatoren werden mit Hilfe von Schätzfunktionen in die Eingangsdaten des physikalischen Modells übersetzt. Für jede Variable wird ein Rechenwert und die Unsicherheit dieser Angabe spezifiziert.
- (2) Mit dem physikalischen Modell wird die Energiebilanz berechnet und der jährliche Energiebedarf ermittelt.
- (3) Ausgehend von den Unsicherheiten aller Eingangsvariablen wird die Unsicherheit des berechneten Energiebedarfs abgeschätzt.

**Bild 3: Schema der MOBASY-Realbilanzierung**



Die Höhe der Unsicherheit der Eingangsgrößen in Schritt (1) hängt zum einen vom Typ der Datenquelle ab: Liegen beispielsweise im Fall einer Modernisierung die Planungsdaten vor, so wird die Unsicherheit geringer angesetzt als bei Erhebungsdaten aus einer Eigentümerbefragung. Des Weiteren erhöht sich die Unsicherheit, wenn die Eingangsdaten nicht vollständig sind.

Im Fall fehlender Indikatoren verwendet das Verfahren Mittelwerte bzw. typische Werte aus dem Bestand als Ersatz-Eingabewerte. Diese wurden aus Datenerhebungen zum deutschen Wohngebäudebestand ([Diefenbach et al. 2010], [Cischinsky / Diefenbach 2018]) ermittelt. Für bestimmte Größen stehen jedoch keine ausgedehnten Erhebungen oder Messkampagnen zur Verfügung. In diesen Fällen mussten im Zuge der Verfahrensentwicklung der Berechnungswert und der Unsicherheitsbereich geschätzt werden. Die Verwendung von mittleren oder typischen Werten als Ersatz für fehlende Eingaben hat stets auch eine Erhöhung der Unsicherheit dieser Eingabedaten zur Folge, so dass auch die Unsicherheit des berechneten Energiebedarfs größer wird. Die Ersatzwerte für die Indikatoren und für die Modell-Eingangsvariablen werden strikt von den erhobenen Monitoring-Indikatoren getrennt und werden in der statistischen Auswertung des Gebäudezustands nicht verwendet.

Die Berechnungswerte dienen im Schritt (2) als Input für das physikalische Modell zur Ermittlung des Energiebedarfs. Für die energetische Bilanzierung und Berechnung des Endenergiebedarfs wird das TABULA-Bilanzverfahren verwendet [TABULA Calc Method 2013].

In einer separaten Berechnung (Schritt 3) wird die Unsicherheit des berechneten Energiebedarfs geschätzt, indem der Einfluss der Unsicherheiten aller Eingangsgrößen kombiniert wird (Bild 3). Hierzu wird das Gauß'sche Fehlerfortpflanzungsverfahren angewendet. Das Ergebnis des Gesamtverfahrens ist ein Erwartungswert und ein Erwartungsbereich des Energieeinsatzes für Heizung und Warmwasser.

Weitere Informationen zur Definition der Datenquellen und der Unsicherheitsklassen finden sich in Anhang C.14. Eine detaillierte Beschreibung und Herleitung der verschiedenen Bausteine der MOBASY-Realbilanz findet sich in [Loga et al. 2021].

## 2.2 Gebäudedaten

Gegenstand der Analyse sind die beiden „PassivHausSozialPlus“-Geschosswohnbauten (Bild 4 detaillierte Darstellung in [Großklos 2021] [Großklos / Hacke 2022]):

- Gebäude AB (Hauseingänge A und B): Es handelt sich um ein ca. 1955 gebautes Mehrfamilienhaus mit 22 Wohnungen. Im Zuge der Modernisierung wurden zwei Anbauten und eine Dachgeschossaufstockung realisiert. Die Wärmeverluste der Gebäudehülle wurden durch Einsatz von Passivhaus-Komponenten minimiert.
- Gebäude C (Hauseingang C): Hierbei handelt es sich um einen barrierefrei errichteten Ersatzneubau mit 20 Wohnungen. Der Wärmeschutz entspricht dem Passivhausstandard. Im Gegensatz zum Gebäude AB ist das Gebäude C nicht unterkellert.

Beide Gebäude sind an das im Quartier verlegte Nahwärmenetz angeschlossen. Die Wärmeverluste der Anlagenkomponenten wurden auf ein Minimum reduziert (Minimierung von Leitungslängen, Verdopplung der Dämmstärken gegenüber dem gesetzlichen Mindeststandard). In den Wohnungen wurden Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung installiert.

In den pauschal abgerechneten Nebenkosten ist der Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser enthalten (Warmmietpauschale). Diese Kosten enthalten außerdem für Trinkwasser und Haushaltsstrom ein pauschales, nach der Haushaltsgröße ermitteltes Verbrauchsbudget, das bei sparsamem Verhalten ausreichen sollte. Bei Überschreitung des Budgets ist eine Nachzahlung erforderlich. Für die Raumheizung ist kein Budget vorgesehen.

**Bild 4: Modernisierter Altbau (Gebäude AB, links) und Neubau (Gebäude C, rechts)**  
(Fotos: IWU)



Die nachfolgenden Bilder zeigen die Energieprofil-Erfassungsblätter, die einen guten Überblick über die energetischen Eigenschaften der beiden Gebäude geben.

Im oberen Bereich des Erfassungsblatts „Gebäude“ (Bild 5, Bild 8) finden sich Informationen zur Charakterisierung der Hüllfläche, darunter die für den Wärmeverlust der Gebäudehülle maßgeblichen Informationen. Die Dämmstärken liegen bei beiden Gebäuden bei 30 bis 40 cm, es sind jeweils Passivhaus-Fenster mit Dreifach-Scheiben-Wärmeschutzverglasung eingebaut.

Die Konfiguration der Anlagentechnik gibt das Erfassungsblatt „Wärmeversorgungssystem“ wieder. In jedem Gebäude befindet sich ein Pufferspeicher, im Gebäude AB im Keller außerhalb der thermischen Hülle, im Gebäude C im Erdgeschoss innerhalb der thermischen Hülle. Da die Pufferspeicher jeweils für Heizung und Warmwasser genutzt werden, finden sich Häkchen an beiden Feldern. Die Verteilleitungen für Heizung und Warmwasser sind im Gebäude AB teilweise außerhalb der thermischen Hülle, im Gebäude C vollständig innerhalb der thermischen Hülle angeordnet. Alle Komponenten sind entsprechend dem Passivhaus-Konzept mit extra-dicker Dämmung versehen. Weiterhin besitzen die Häuser Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung und Photovoltaik-Anlagen mit Batteriespeicher.

Die Erfassungsblätter belegen, dass beim Energieprofil-Ansatz nur die grobe Konfiguration von Hülle und Anlagentechnik erfasst wird. Wie in Abschnitt 2.1 beschrieben wird auf dieser Basis eine Schätzung der Eingangsdaten der Energiebilanzierung vorgenommen.

In Anhang D sind für beide Gebäude die Datenerfassung mit Energieprofil-Indikatoren, die aus dem Passivhaus-Projektierungspaket ermittelten genauen Daten, die Verbrauchswerte, die Randbedingungen und die Art der Datenquelle dokumentiert. Anhang E dokumentiert die Details der darauf aufbauenden Energiebilanzberechnung, die Abschätzung der Unsicherheiten und den Verbrauch-Bedarf-Vergleich.

**Bild 5: Energieprofil-Formulare Gebäude AB (modernisiertes Bestandsgebäude)**  
**(a) Gebäudehülle**

**Energieprofil-Indikatoren**
**Gebäudehülle**

Gebäude	DE.MOBASY.PHSP.AB.Var1	beheizte Wohnfläche	1622 m <sup>2</sup>
Spezifikation		Anzahl Blöcke	1
Postleitzahl	64285	Wohnungen	22
		Häuser	2
		(ohne Dach- und Kellergeschoss)	
		Vollgeschosse	4
		(Eintrag nur wenn < 2,30 m oder > 2,70 m)	
Baujahr	1955	lichte Raumhöhe	#NV m
Hier dargestellter Zustand:	ab Jahr 2019		
Jahr der Erfassung	2019		
	bis Jahr #NV		

**direkt angrenzende Nachbargebäude**

keins (freistehend)

auf einer Seite

auf zwei Seiten

keine Angabe / unbekannt

**Grundriss**

kompakt

normal

komplex / langgestreckt

keine Angabe / unbekannt

**Dach**

Flachdach oder flach geneigtes Dach

Dachgeschoss unbeheizt

Dachgeschoss teilweise beheizt

Dachgeschoss voll beheizt

keine Angabe / unbekannt

**Dachform**

einfach  Gauen / komplex  unbekannt oder

**Keller**

nicht unterkellert

Kellergeschoss unbeheizt

Kellergeschoss teilweise beheizt

Kellergeschoss voll beheizt

keine Angabe / unbekannt

Kellerboden und -wände gedämmt

**Thermische Hülle (nicht-transparente Elemente)**

	Konstruktionsart		Dämmung				Innendämmung der Wände	Dämmstärke	%	% der Fläche	
	massiv	Holz	keine	original	Modernisierung keine Angabe / unbekannt	Jahr der Modernisierung					cm
Dach	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	2019	34,7	cm	100	%
oberste Geschossd.	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	#NV	#NV	cm	#NV	%
Außenwände	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	2019	29	cm	100	%
Fußboden	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	2019	22,7	cm	100	%

bei ungedämmten Außenwänden: Dämmung von außen möglich?  ja  teilweise  nein  k.A. / unbekannt

**Fenster**

	% der Fensterfläche	Verglasung				Wärmeschutz-Vergl.	Rahmen					gedämmter Rahmen (bei 3-fach-WS-Vergl.)	Jahr des Festereinbaus (ca.):
		1 Scheibe	2 Scheiben	3 Scheiben	keine Angaben / unbekannt		Holzrahmen	Kunststoffrahmen	Alu- oder Stahlrahmen	andere	unbekannt		
Haupttyp Fenster		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2019				
weiterer Typ Fenster	0 %	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	#NV

(Rest = Haupttyp Fenster) (U ≤ 0.8W/(m²K))

2023-10-17 11:43

**(b) Wärmeversorgung**

Energieprofil-Indikatoren		Wärmeversorgungssystem		Jahr der Nutzung für Installation (grob / geschätzt)		
Gebäude	DE.MOBASY.PHSP.AB.Var1	Standort Wärmezeugung überwiegend		Heizung	Warmwasser	Gesamtes System
Spezifikation	Var. 1: "Energieprofil-Standard": Erfassung und Berechnung mit Energieprofil-Standard-Ansätzen (Annahme: genauere Informationen)	<input checked="" type="radio"/> Quartier/Stad <input type="radio"/> Wohnung <input type="radio"/> Block <input type="radio"/> Raum <input type="radio"/> Gebäude <input type="radio"/> k.A.				
<b>Wärmeerzeugung - Zentralheizung Gebäude oder Wohnung</b>						
Wärmeerzeuger, die über ein Wärmeverteilsystem mehrere Räume mit Wärme versorgen						
<input type="checkbox"/> <b>Kessel (Öl oder Gas)</b>	Brennstoff <input type="radio"/> Erdgas <input type="radio"/> Heizöl <input type="radio"/> Flüssiggas <input checked="" type="radio"/> k.A.	Kesseltyp <input type="radio"/> Konstanttemperatur <input type="radio"/> Niedertemperatur <input type="radio"/> Brennwert <input checked="" type="radio"/> k.A.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2019
<input type="checkbox"/> <b>Holzessel / Feststoffkessel</b>	Brennstoff <input type="radio"/> Scheitholz <input type="radio"/> Holzpellets <input type="radio"/> Holzhackeschnitzel <input type="radio"/> Kohle <input checked="" type="radio"/> andere <input checked="" type="radio"/> k.A.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	#NV
<input type="checkbox"/> <b>Wärmepumpe</b> <input type="checkbox"/> zusätzlich direkt elektrisch	Wärmequelle <input type="radio"/> Außenluft <input type="radio"/> Erdreich/Grundwasser <input type="radio"/> Abluft <input type="radio"/> Kellerluft <input checked="" type="radio"/> k.A.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	#NV
<input type="checkbox"/> <b>Direkt-elektrisch zentral (ein System für mehrere Räume)</b>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	#NV
<input type="checkbox"/> <b>thermische Solaranlage</b>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	#NV
<input type="checkbox"/> <b>Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)</b>	Brennstoff <input type="radio"/> Erdgas <input type="radio"/> Heizöl <input type="radio"/> Bio <input type="radio"/> andere <input checked="" type="radio"/> k.A.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	#NV
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Anteil</b>	Brennstoff <input checked="" type="checkbox"/> fossil <input checked="" type="checkbox"/> Biomasse	Wärmeerzeugung <input checked="" type="checkbox"/> Heizwerk (Kessel) <input checked="" type="checkbox"/> Heizkraftwerk / BHKW	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2019
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Pufferspeicher für Heizung</b>	<input type="checkbox"/> inklusive elektrischem Heizstab <input type="checkbox"/> Heizungspufferspeicher innerhalb der thermischen Hülle					2019
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Heizwärmeverteilung</b>	<input checked="" type="checkbox"/> teilweise außerhalb der thermischen Hülle (in unbeheiztem Keller oder Dachgeschoss) <input type="checkbox"/> Nur mäßige oder unvollständige Leitungsdämmung <input type="checkbox"/> Fußbodenheizung / niedrige Verteilnetztemperatur					2019
<input type="checkbox"/> <b>Dezentrale / raumweise Heizung</b>	<input type="checkbox"/> Einzelöfen <input type="radio"/> Holz <input checked="" type="radio"/> Gas <input type="radio"/> Heizöl <input type="radio"/> Kohle <input type="radio"/> k.A. <input type="checkbox"/> Elektro-Heizgeräte / Elektro-Öfen <input type="checkbox"/> elektrische Nachtspeicherheizung <input type="checkbox"/> elektrische Wärmepumpen (raumweise)					#NV
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Extra-dicke Dämmung von Komponenten</b>	Dämmstärke von Leitungen (doppelter Leitungsdurchmesser) und Speicher entsprechend Passivhaus-Empfehlungen					
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Warmwasserspeicher</b>	<input type="checkbox"/> inklusive elektrischem Heizstab <input type="checkbox"/> Warmwasserspeicher innerhalb der thermischen Hülle					2019
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Warmwasserverteilung</b>	<input checked="" type="checkbox"/> mit Zirkulationsleitung <input checked="" type="checkbox"/> teilweise außerhalb der thermischen Hülle (in unbeheiztem Keller oder Fußbodenheizung / niedrige Verteilnetztemperatur) <input type="checkbox"/> Nur mäßige oder unvollständige Leitungsdämmung					2019
<input type="checkbox"/> <b>Dezentrale Warmwasserbereitung</b>	<input type="checkbox"/> dezentrale elektrische Speicher <input type="checkbox"/> Elektro-Durchlauferhitzer <input type="checkbox"/> Gas-Durchlauferhitzer					#NV
<input type="checkbox"/> <b>Weitere Systeme</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung <input checked="" type="checkbox"/> Photovoltaik-Anlage (Solarstrom) mit Batterie-Speicher					2019

2023-10-17 11:43

**Bild 6: Energieprofil-Formulare Gebäude C (Neubau)**  
**(a) Gebäudehülle**

**Energieprofil-Indikatoren**
**Gebäudehülle**

Gebäude	DE.MOBASY.PHSP.C.Var1	beheizte Wohnfläche	1577 m <sup>2</sup>
Spezifikation		Anzahl Blöcke	1
Postleitzahl	64285	Wohnungen	20
		Häuser	1
		(ohne Dach- und Kellergeschoss)	
Baujahr	2019	lichte Raumhöhe	#NV m
Hier dargestellter Zustand: ab Jahr		(Eintrag nur wenn < 2,30 m oder > 2,70 m)	
Jahr der Erfassung	2020		
	bis Jahr	#NV	

**direkt angrenzende Nachbargebäude**

keins (freistehend)

auf einer Seite

auf zwei Seiten

keine Angabe / unbekannt

**Grundriss**

kompakt

normal

komplex / langgestreckt

keine Angabe / unbekannt

**Dach**

Flachdach oder flach geneigtes Dach

Dachgeschoss unbeheizt

Dachgeschoss teilweise beheizt

Dachgeschoss voll beheizt

keine Angabe / unbekannt

**Dachform**

einfach

Gauen / komplex

unbekannt oder

**Keller**

nicht unterkellert

Kellergeschoss unbeheizt

Kellergeschoss teilweise beheizt

Kellergeschoss voll beheizt

keine Angabe / unbekannt

Kellerboden und -wände gedämmt

**Thermische Hülle (nicht-transparente Elemente)**

	Konstruktionsart		Dämmung					Dämmstärke	%	% der Fläche		
	massiv	Holz	keine	original	Modernisierung keine Angabe / unbekannt	Jahr der Modernisierung	Innendämmung der Wände				cm	
Dach	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	#NV		40	cm	100	%
oberste Geschossd.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	#NV		#NV	cm	#NV	%
Außenwände	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	#NV	<input checked="" type="checkbox"/>	30	cm	100	%
Fußboden	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	#NV		30	cm	100	%

bei ungedämmten Außenwänden: Dämmung von außen möglich?  ja  teilweise  nein  k.A. / unbekannt

**Fenster**

	% der Fensterfläche	Verglasung					Rahmen					gedämmter Rahmen (bei 3-fach-WS-Vergl.)	Jahr des Festereinbaus (ca.):
		1 Scheibe	2 Scheiben	3 Scheiben	keine Angaben / unbekannt	Wärmeschutz-Vergl.	Holzrahmen	Kunststoffrahmen	Alu- oder Stahlrahmen	andere	unbekannt		
Haupttyp Fenster		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2019				
weiterer Typ Fenster	0 %	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	#NV

(Rest = Haupttyp Fenster) (U ≤ 0.8 W/(m<sup>2</sup>K))

2023-10-17 12:11

(b) Wärmeversorgung

Energieprofil-Indikatoren		Wärmeversorgungssystem			
Gebäude	DE.MOBASY.PHSP.C.Var1	Standort Wärmezeugung überwiegend		<b>Jahr der Nutzung für Installation</b> (grob / geschätzt)	
Spezifikation	"Energieprofil-Standard": Erfassung und Berechnung mit Energieprofil-Standard-Ansätzen (Annahme: genauere Informationen)	<input checked="" type="radio"/> Quartier/Stad	<input type="radio"/> Wohnung	Gesamtes System	
		<input type="radio"/> Block	<input type="radio"/> Raum	2019	
		<input type="radio"/> Gebäude	<input type="radio"/> k.A.	Jahr	
<b>Wärmeerzeugung - Zentralheizung Gebäude oder Wohnung</b>					
Wärmeerzeuger, die über ein Wärmeverteilsystem mehrere Räume mit Wärme versorgen					
<input type="checkbox"/> <b>Kessel (Öl oder Gas)</b>	Brennstoff <input type="radio"/> Erdgas <input type="radio"/> Heizöl <input type="radio"/> Flüssiggas <input checked="" type="radio"/> k.A.	Kesseltyp <input type="radio"/> Konstanttemperatur <input type="radio"/> Niedertemperatur <input type="radio"/> Brennwert <input checked="" type="radio"/> k.A.	Heizung	Warmwasser	#NV
<input type="checkbox"/> <b>Holzessel / Feststoffkessel</b>	Brennstoff <input type="radio"/> Scheitholz <input type="radio"/> Holzpellets	<input type="radio"/> Holzhackschnitzel <input type="radio"/> Kohle <input checked="" type="radio"/> k.A.			#NV
<input type="checkbox"/> <b>Wärmepumpe</b> <input type="checkbox"/> zusätzlich direkt elektrisch	Wärmequelle <input type="radio"/> Außenluft <input type="radio"/> Abluft <input type="radio"/> Erdreich/Grundwasser <input type="radio"/> Kellerluft <input checked="" type="radio"/> k.A.				#NV
<input type="checkbox"/> <b>Direkt-elektrisch zentral (ein System für mehrere Räume)</b>					#NV
<input type="checkbox"/> <b>thermische Solaranlage</b>					#NV
<input type="checkbox"/> <b>Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)</b>	Brennstoff <input type="radio"/> Erdgas <input type="radio"/> Heizöl <input type="radio"/> Bio <input type="radio"/> andere <input checked="" type="radio"/> k.A.				#NV
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Anteil</b>	Brennstoff <input checked="" type="checkbox"/> fossil <input checked="" type="checkbox"/> Biomasse	Wärmeerzeugung <input checked="" type="checkbox"/> Heizwerk (Kessel) <input checked="" type="checkbox"/> Heizkraftwerk / BHKW	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2019
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Pufferspeicher für Heizung</b>	<input type="checkbox"/> inklusive elektrischem Heizstab <input checked="" type="checkbox"/> Heizungspufferspeicher innerhalb der thermischen Hülle				2019
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Heizwärmeverteilung</b>	<input type="checkbox"/> teilweise außerhalb der thermischen Hülle (in unbeheiztem Keller oder Dachgeschoss) <input type="checkbox"/> Nur mäßige oder unvollständige Leitungsdämmung <input type="checkbox"/> Fußbodenheizung / niedrige Verteilnetztemperatur				2019
<input type="checkbox"/> <b>Dezentrale / raumweise Heizung</b>	<input type="checkbox"/> Einzelöfen <input type="radio"/> Holz <input checked="" type="radio"/> Gas <input type="radio"/> Heizöl <input type="radio"/> Kohle <input type="radio"/> k.A.				#NV
<input type="checkbox"/> <b>Elektro-Heizgeräte / Elektro-Öfen</b>					#NV
<input type="checkbox"/> <b>elektrische Nachtspeicherheizung</b>					#NV
<input type="checkbox"/> <b>elektrische Wärmepumpen (raumweise)</b>					#NV
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Extra-dicke Dämmung von Komponenten</b>	Dämmstärke von Leitungen (doppelter Leitungsdurchmesser) und Speicher entsprechend Passivhaus-Empfehlungen				
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Warmwasserspeicher</b>	<input type="checkbox"/> inklusive elektrischem Heizstab <input checked="" type="checkbox"/> Warmwasserspeicher innerhalb der thermischen Hülle				2019
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Warmwasserverteilung</b>	<input checked="" type="checkbox"/> mit Zirkulationsleitung <input type="checkbox"/> teilweise außerhalb der thermischen Hülle (in unbeheiztem Keller oder <input type="checkbox"/> Nur mäßige oder unvollständige Leitungsdämmung				2019
<input type="checkbox"/> <b>Dezentrale Warmwasserbereitung</b>	<input type="checkbox"/> <b>dezentrale elektrische Speicher</b> <input type="checkbox"/> <b>Elektro-Durchlauferhitzer</b> <input type="checkbox"/> <b>Gas-Durchlauferhitzer</b>				#NV
<b>Weitere Systeme</b>					
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Lüftungsanlage</b>	<input checked="" type="checkbox"/> mit Wärmerückgewinnung				2019
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Photovoltaik-Anlage (Solarstrom)</b>	<input checked="" type="checkbox"/> mit Batterie-Speicher				2019

2023-10-17 12:11

## 2.3 Gemessener Energieverbrauch

Das wissenschaftliche Messprogramm lieferte über mehr als zwei Jahre detaillierte Daten zum Verbrauch der beiden Gebäude [Großklos et al. 2023]. Die im folgenden analysierten Jahresverbrauchswerte beziehen sich auf die folgenden beiden Perioden:

- „VJ 20/21“: Verbrauchsjahr 2020 / 2021 von Juli 2020 bis Juni 2021
- „VJ 21/22“: Verbrauchsjahr 2021 / 2022 von Juli 2021 bis Juni 2022

Die folgende Tabelle zeigt die entsprechenden Zahlenwerte für den Wärmeverbrauch für Heizung und Warmwasser. Die Spalten „Gebäude AB / H+W“ und „Gebäude C / H+W“ stellen die Referenz für den Verbrauch-Bedarf-Vergleich dar. Die beiden Wärmemengenzähler befinden sich jeweils am Eingang des Pufferspeichers, die Messwerte enthalten also neben dem Nutzwärmebedarf auch die Speicher- und die Verteilverluste. Ein weiterer Wärmemengenzähler findet sich primärseitig an der Fernwärmeübergabestation, die für beide Gebäude genutzt wird. Die Differenz aus der Summe der beiden Einzelzähler und dem Wert des Gesamtzählers spiegelt den Wärmeverlust der Übergabestation und der kurzen Nahwärmeleitung zwischen Gebäude AB und C wieder.

Die Energiekennwerte werden in der Tabelle der Vollständigkeit halber bezogen auf die drei relevanten Referenzflächen dargestellt: beheizte Wohnfläche, TABULA-Referenzfläche (beheizte Nettogrundfläche, siehe [TABULA Calc Method 2013]) und Energiebezugsfläche des Passivhaus-Projektierungspakets [PHPP 2017]. Die in den im vorliegenden Bericht dargestellten Energiekennwerte beziehen sich immer auf die TABULA-Referenzfläche – sofern nicht anders angegeben.

Für den modernisierten Altbau (Gebäude AB) lag der Verbrauchskennwert für Heizung und Warmwasser in beiden Verbrauchsjahren bei etwa  $50 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , für den Neubau im ersten Jahr bei 39, im zweiten Jahr bei  $34 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  (bezogen auf die TABULA-Referenzfläche).

**Tab. 1:** Messwerte für den Wärmeverbrauch Heizung und Warmwasser („H+W“)  
 Verbrauchsjahre: „VJ 20/21“: Juli 2020 bis Juli 2021 / „VJ 21/22“: Juli 2021 bis Juli 2022  
 Verbrauchskennwerte bezogen auf Wohnfläche, TABULA-Referenzfläche und PHPP-Energiebezugsfläche (Erläuterung der Bezugsflächen in Anhang B.1)

	Verbrauchs- jahr	Einheit	Gebäude AB	Gebäude C	Verbin- dungsleitung	beide Ge- bäude
			H+W	H+W		
			WMZ Ladung Puffer- speicher Gebäude AB	WMZ Ladung Puffer- speicher Gebäude C	Differenz (Übergabe- station + Nahwärme- leitung zu Gebäude C)	WMZ Fern- wärmean- schluss
Verbrauch absolut	VJ 20/21	kWh/a	88489	67778	10107	166374
	VJ 21/22	kWh/a	88171	58960	9402	156533
<b>Flächenbezug: Wohnfläche</b>						
Wohnfläche		m <sup>2</sup>	1622	1577	3199	3199
Verbrauch pro m <sup>2</sup> Wohnfläche	VJ 20/21	kWh/(m <sup>2</sup> a)	54,5	43,0	3,2	52,0
	VJ 21/22	kWh/(m <sup>2</sup> a)	54,4	37,4	2,9	48,9
<b>Flächenbezug: TABULA-Referenzfläche</b>						
TABULA- Referenzfläche		m <sup>2</sup>	1784	1734	3519	3519
Verbrauch pro m <sup>2</sup> TABULA- Referenzfläche *	VJ 20/21	kWh/(m <sup>2</sup> a)	49,6	39,1	2,9	47,3
	VJ 21/22	kWh/(m <sup>2</sup> a)	49,4	34,0	2,7	44,5
<b>Flächenbezug: PHPP-Energiebezugsfläche</b>						
PHPP-Energie- bezugsfläche		m <sup>2</sup>	1662	1762	3423	3423
Verbrauch pro m <sup>2</sup> PHPP-Energie- bezugsfläche	VJ 20/21	kWh/(m <sup>2</sup> a)	53,2	38,5	3,0	48,6
	VJ 21/22	kWh/(m <sup>2</sup> a)	53,1	33,5	2,7	45,7

\*) entspricht der beheizten Nettogrundfläche

## 2.4 Varianten für den Detaillierungsgrad der Eingangsdaten

Entsprechend der in der Einleitung dargestellten Zielsetzung wurden für die Gebäude „AB“ und „C“ jeweils drei Varianten definiert. Die Details werden im Folgenden beschrieben:

### Var. 1: „Energieprofil-Daten“

Bei der ersten Variante werden Energieprofil-Indikatoren verwendet, um über Schätzverfahren die Eingangsdaten der TABULA-Energiebilanzierung zu ermitteln (siehe Erläuterungen zur Methodik oben, Abschnitt 2.1). Für die Einstufung der Unsicherheit der Daten wird angenommen, dass es sich um Angaben des Gebäudeeigentümers handelt, ergänzt um Informationen aus einer Begehung (siehe Erfassungsblätter in Bild 5 und Bild 6). Weiterhin wird davon ausgegangen, dass keine Informationen zur Nutzung des Gebäudes und zum Betrieb der Anlagentechnik vorliegen. Als Klimadaten werden die im MOBASY-Verbrauchscontrolling im Regelfall

eingesetzten Postleitzahl-abhängigen Klimadaten für das jeweilige Verbrauchsjahr verwendet [Loga et al. 2020]. Die Einstufung der Unsicherheiten je Bilanzbereich und die daraus resultierenden Zahlenwerte kann in der Dokumentation in Anhang B und in den Demo-Rechenblättern in Anhang E nachvollzogen werden (auch für die folgenden beiden Varianten).

### **Var. 2: „detaillierte Planungsdaten“**

In Var. 2 werden Daten aus der qualitätsgesicherten energetischen Planung der Gebäude mit Hilfe des Passivhaus-Projektierungspakets (PHPP) genutzt, die in die für detaillierte Daten vorgesehenen Eingabevariablen der TABULA-Bilanzierung transformiert werden.

Die detaillierte Planung umfasst unter anderem folgende Punkte: Ermittlung aller Teilflächen der thermischen Hülle auf der Basis der Abmessungen, detaillierte Berechnung der U-Werte opaker Bauteile und Fenster (je Einzelfenster unter Berücksichtigung der Abmessungen), Wärmebrückenberechnung für alle Bauteilanschlüsse, raumweise Erfassung der Auslegungsluftwechsel der Lüftungsanlage, detaillierte Bilanzierung der Anlagentechnik-Komponenten (siehe Anhang C). Die Unsicherheiten der anderen Daten zu Klima, Anlagenbetrieb und Gebäudenutzung ändern sich gegenüber Variante 1 nicht.

### **Var. 3: „detaillierte Planungs- und Messdaten“**

In einem weiteren Schritt fließen darüber hinaus Daten ein, die im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung aus den detaillierten Messungen in den beiden Gebäuden gewonnen wurden, dies sind insbesondere: Raumtemperaturen in den Wohnräumen und im Keller, Fensteröffnungszeiten bei einem Teil der Wohnungen, Temperaturen der Wärmeversorgung (siehe Anhang C) und die Außentemperaturen.

## Überblick über die drei Hauptvarianten

In Tab. 2 sind diese drei Grundvarianten noch einmal gegenübergestellt. Die jeweils berechneten Werte für den Energiebedarf und die zugehörigen Unsicherheiten werden je Bilanzbereich in Anhang B dargestellt und diskutiert. Die Ergebnisse des Verbrauch-Bedarf-Vergleichs finden sich im Abschnitt 3.4.

**Tab. 2: Definition der drei Varianten des Detaillierungsgrads von Eingangsdaten**

Variante	Var. 1	Var. 2	Var. 3
<b>Bezeichnung</b>	„Energieprofil-Daten“	„Planungsdaten“	„Planungs- und Messdaten“
<b>Datenquellen MOBASY-Verbrauchscontrolling</b>	Angaben Gebäudeeigentümer / Begehung	qualitätsgesicherte Planung	qualitätsgesicherte Planung mit wissenschaftlichem Messprojekt
<b>Basis-Variation</b>			
<b>energetische Konfiguration von Gebäude und Anlagentechnik</b> (Hüllfläche, Dämmstärken, Bauart Fenster, Art der Wärmeversorgung, Vorhandensein von technische Komponenten, ...)	„Energieprofil“: Energieprofil-Indikatoren nach Augenschein + Schätzfunktionen	„PHPP“: PHPP-Planungsdaten mit Qualitätssicherung	„PHPP“: PHPP-Planungsdaten mit Qualitätssicherung
<b>detaillierte Eigenschaften der Komponenten</b> (Wärmeleitfähigkeiten, Fenster-U-Werte, Wärmebrücken, Luftdichtheit, Leitungslängen, Erzeugeraufwandszahlen, ...)	Pauschalansätze	„PHPP“: PHPP-Planungsdaten mit Qualitätssicherung	„PHPP“: PHPP-Planungsdaten mit Qualitätssicherung
<b>Betriebsführung Anlagentechnik</b>	Pauschalansätze	Pauschalansätze	zusätzliche Messwerte*
<b>Bewohnerverhalten</b>	Pauschalansätze	Pauschalansätze	zusätzliche Messwerte*
<b>Klimadaten</b>	postleitzahlbezogen für das Verbrauchsjahr	postleitzahlbezogen für das Verbrauchsjahr	zusätzliche Messwerte*

\* ) zusätzliche Messwerte aus der Nutzungsphase, soweit vorhanden

## Schrittweise Variation / Zwischenschritte

Um zu ermitteln, welchen Einfluss die Verbesserung der Genauigkeit der Einzelgrößen auf die physikalisch modellierte Verbrauchsschätzung hat, werden zwischen den drei Hauptvarianten noch Zwischenschritte definiert. Die Einzelschritte und Ergebnisse sind in Abschnitt 3.5 dokumentiert.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 MOBASY-Realbilanz / Schätzung des Energieverbrauch

Entsprechend dem Schema für das MOBASY-Verbrauchscontrolling [Loga et al. 2021] wurde für beide Gebäude zunächst der Energiebedarf bei Ansatz des Langzeitklimas am Standort ermittelt (siehe Tab. 3 mit den einzelnen Bilanzbereichen). Bild 7 zeigt beispielhaft die Berechnung der Unsicherheit für die Var. 2 von Gebäude AB. Für den Endenergiebedarf Heizung und Warmwasser ergeben sich folgende Zahlenwerte:

- Gebäude AB (Modernisierung): Der Schätzwert für den Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser beträgt bei Verwendung von Energieprofil-Daten (Var. 1) 45 kWh/(m<sup>2</sup>a) mit einer Unsicherheit von ± 17 kWh/(m<sup>2</sup>a), bei Verwendung detaillierter Planungsdaten (Var. 2) 57 kWh/(m<sup>2</sup>a) mit einer Unsicherheit von ± 13 kWh/(m<sup>2</sup>a). Unter Einbeziehung von Messungen aus der Nutzungsphase des Gebäudes (Var. 3) liegt der Schätzwert bei ebenfalls 57 kWh/(m<sup>2</sup>a), die Unsicherheit wird auf ± 8 kWh/(m<sup>2</sup>a) reduziert.
- Gebäude C (Neubau): Bei Verwendung von Energieprofil-Daten (Var. 1) liegt hier der Schätzwert bei 35 kWh/(m<sup>2</sup>a) mit einer Unsicherheit von ± 16 kWh/(m<sup>2</sup>a), bei der Verwendung von detaillierten Planungsdaten (Var. 2) bei 47 kWh/(m<sup>2</sup>a) mit einer Unsicherheit von ± 13 kWh/(m<sup>2</sup>a). Unter Einbeziehung von Messungen aus der Nutzungsphase des Gebäudes (Var. 3) liegt der Schätzwert bei 41 kWh/(m<sup>2</sup>a) mit einer Unsicherheit von ± 8 kWh/(m<sup>2</sup>a).

Die relative Unsicherheit der Verbrauchsprognose wird dabei im Fall des Gebäudes AB von ± 31 % (Var. 1) auf ± 24 % (Var. 2) bzw. ca. ± 15 % (Var. 3) reduziert, im Fall des Gebäudes C von ± 40 % (Var. 1) auf ± 34 % (Var. 2) bzw. ca. ± 21 % (Var. 3).<sup>15</sup> Durch Verwendung detaillierter Planungsdaten lässt sich die Unsicherheit also grob um ein Fünftel, durch zusätzliche Einbeziehung von detaillierten Messdaten zur Nutzung um die Hälfte reduzieren. Die überraschend geringe Reduktion durch Planungsdaten lässt sich darauf zurückführen, dass für Gebäude dieser energetischen Qualität das bei der Planung noch unbekanntes Nutzerverhalten die Unsicherheit der Verbrauchsschätzung dominiert (siehe auch Anhang B.11).

Für den Verbrauch-Bedarf-Vergleich wurde die Berechnung auf die Witterung der Verbrauchsjahre angepasst: Hierzu werden die von den Außentemperaturen und von der solaren Einstrahlung abhängigen Teile der Energiebilanz mit den Gradtagzahlen und mit den Globalstrahlungsdaten für die beiden Verbrauchsjahre 2020/2021 und 2021/2022 im Verhältnis zum langjährigen Mittel angepasst. Aus diesen abgeglichenen Bilanzierungen wurden dann für beide Häuser jeweils die zur Wärmemengenzähler-Position passenden Bilanzwerte ausgegeben und als Vergleichswert für den Verbrauch-Bedarf-Bereich herangezogen. Diesen theoretischen Vergleichswerten wird dann noch eine Unsicherheit zugeordnet, die sich aus der Unsicherheit aller Eingabedaten ergibt. Die so bestimmten Vergleichswerte finden sich in Tab. 4 des folgenden Abschnitts.

---

<sup>15</sup> Prozentwerte bezogen jeweils auf den Energiebedarf der genauesten Berechnung (Var. 3)

**Tab. 3: Berechnung des Endenergiebedarfs gemäß MOBASY-Realbilanz für die drei Varianten der beiden Gebäude (Langzeitklima am Standort) und Unsicherheit der Berechnung**

	Gebäude AB (Altbau)			Gebäude C (Neubau)			
	Energieprofil	PHPP	PHPP	Energieprofil	PHPP	PHPP	
	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 1	Var. 2	Var. 3	
	Energieprofil + MOBASY-Pauschalwerte	detaillierte Gebäudedaten + MOBASY-Pauschalwerte	detaillierte Gebäudedaten + Messung + Nutzung	Energieprofil + MOBASY-Pauschalwerte	detaillierte Gebäudedaten + MOBASY-Pauschalwerte	detaillierte Gebäudedaten + Messung + Nutzung	
TABULA-Referenzfläche	1784,2	1784,2	1784,2	1734,5	1734,5	1734,5	m <sup>2</sup>
<b>Energiebilanz (langjähriges Klima am Standort)</b>							
<b>Gebäude</b>							
Transmissionswärmeverluste	23,9	23,9	21,7	19,5	20,2	18,5	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Lüftungswärmeverluste	17,5	17,0	22,5	17,8	17,0	22,4	kWh/(m <sup>2</sup> a)
innere Wärmequellen	8,7	5,7	4,6	8,7	6,3	4,9	kWh/(m <sup>2</sup> a)
solare Wärmequellen	15,0	5,6	9,4	15,0	5,6	10,1	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Ausnutzungsgrad Wärmequellen	0,99	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Heizwärmebedarf netto</b>	<b>17,8</b>	<b>29,6</b>	<b>30,4</b>	<b>13,8</b>	<b>25,3</b>	<b>25,9</b>	kWh/(m <sup>2</sup> a)
nutzbarer Beitrag Wärmerückgewinnung	16,0	18,6	17,6	15,7	26,8	25,5	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Lüftungswärmeverluste brutto (Bilanzgrenze Raum)	33,4	35,6	40,2	33,5	43,8	47,9	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Heizwärmebedarf brutto (ohne Wärmerückgewinnung)	33,8	48,2	48,0	29,5	52,1	51,4	kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Wärmeversorgungssystem</b>							
Nutzwärmebedarf Warmwasser	15,0	15,0	17,8	15,0	15,0	10,5	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Wärmeverluste Wärmeversorgung	12,4	12,8	8,9	6,6	6,5	4,4	kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Endenergiebedarf</b>							
Heizung "H"	21,3	32,8	30,7	11,6	22,2	23,2	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Warmwasser "W"	23,9	24,6	26,3	23,9	24,6	17,8	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Heizung und Warmwasser "H+W"	<b>45,2</b>	<b>57,4</b>	<b>57,0</b>	<b>35,4</b>	<b>46,8</b>	<b>40,9</b>	kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Unsicherheit des Endenergiebedarfs</b>							
Heizung "H"	±17,0	±13,1	±8,3	±15,6	±13,2	±8,4	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Warmwasser "W"	±4,9	±4,1	±1,9	±4,9	±4,1	±1,2	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Heizung und Warmwasser "H+W"	±17,6	±13,7	±8,5	±16,4	±13,8	±8,5	kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>relative Unsicherheit</b> (jeweils bezogen auf den Energiebedarf der Var. 3)							
Heizung "H"	±55%	±43%	±27%	±67%	±57%	±36%	
Warmwasser "W"	±19%	±16%	±7%	±28%	±23%	±7%	
Heizung und Warmwasser "H+W"	±31%	±24%	±15%	±40%	±34%	±21%	

Datenstand: 04-09-2023

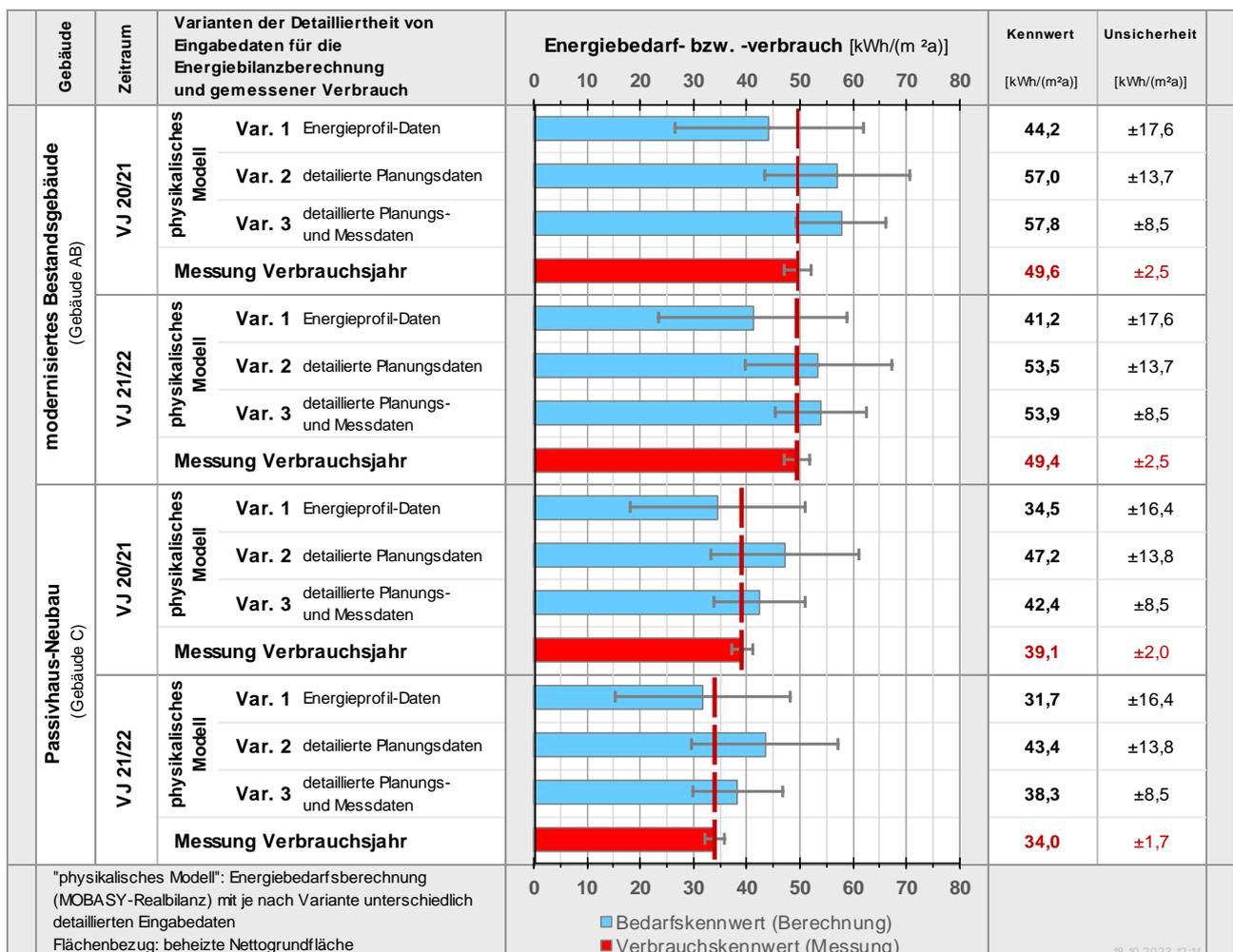
**Bild 7: Berechnungsblatt zur Ermittlung der Unsicherheit der Bilanzierung / Beispiel Gebäude AB Var. 2 (die Blätter für alle Gebäude-Varianten finden sich im Anhang E)**

Estimation of the Uncertainty											
building		DE.MOBASY.PHSP.AB.Var2				reference area		A <sub>C,ref</sub> 1784,2 m <sup>2</sup>			
<b>Simplified energy expenditure factors</b>											
Delivered energy			Sum delivered energy		generated heat		Simplified energy expenditure factor heat generation		net heat need		Simplified energy expenditure factor supply system
EC 1	EC 2	EC 3	kWh/(m <sup>2</sup> a)		kWh/(m <sup>2</sup> a)		kWh/(m <sup>2</sup> a)		kWh/(m <sup>2</sup> a)		kWh/(m <sup>2</sup> a)
DH	_NA	_NA	32,8		31,1		= 1,05		26,5		= 1,24
32,8	0,0	0,0	q <sub>del,h</sub>		q <sub>del,h</sub>		=		q <sub>del,h</sub>		=
DH	_NA	_NA	24,6		23,3		= 1,05		15,0		= 1,64
24,6	0,0	0,0	q <sub>del,w</sub>		q <sub>del,w</sub>		=		q <sub>del,w</sub>		=
<b>Uncertainty of respective quantity</b>											
Quantity	Value	Uncertainty Category		relative	absolute	Reduction factor multi-dwelling	Relevant heat or energy flow*	Sensitivity of heat flow to change of quantity	Energy expenditure factor	Uncertainty of delivered energy	Relevance for total uncertainty
<b>Building heat losses</b>											
Envelope area	A <sub>env,calc</sub>	2928	A	+/- 5%	+/- 146	1,0	23,9	0,0082	1,00	+/- 1,2	1,0%
Thermal transmittance	U <sub>eff,i</sub>	W/(m <sup>2</sup> K)	A	+/- 5%	+/- 0,00	1,0	2,2	24,6	1,00	+/- 0,1	0,0%
Roof 1	1,00	0,09	A	+/- 5%	+/- 0,00	1,0	2,2	24,6	1,00	+/- 0,1	0,0%
Roof 2			A			1,0			1,00		
Wall 1	1,00	0,11	A	+/- 5%	+/- 0,01	1,0	7,1	62,5	1,00	+/- 0,4	0,1%
Wall 2	0,50	0,27	A	+/- 5%	+/- 0,01	1,0	0,4	2,9	1,00	+/- 0,0	0,0%
Wall 3	0,50	0,11	A	+/- 5%	+/- 0,00	1,0	0,1	1,0	1,00	+/- 0,0	0,0%
Floor 1	0,50	0,12	A	+/- 5%	+/- 0,00	1,0	1,2	20,4	1,00	+/- 0,1	0,0%
Floor 2	0,50	0,22	A	+/- 5%	+/- 0,01	1,0	0,4	4,0	1,00	+/- 0,0	0,0%
Window 1	1,00	0,72	A	+/- 5%	+/- 0,04	1,0	9,6	13,3	1,00	+/- 0,5	0,2%
Window 2			A			1,0			1,00		
Door 1	1,00	1,50	A	+/- 5%	+/- 0,08	1,0	0,5	0,4	1,00	+/- 0,0	0,0%
Thermal bridging	ΔU <sub>eff, th bridge</sub>	W/(m <sup>2</sup> K)	A	+/- 5%	+/- 0,01	1,0	23,9	129,1	1,00	+/- 1,3	1,2%
Relative uncertainty related to		0,18 W/(m <sup>2</sup> K)						1,0 1/h			
Air exchange (heat not recovered)	n <sub>air, heat loss</sub>	1/h	C	+/- 30%	+/- 0,15	1,0	35,6	71,7	1,00	+/- 10,8	80,5%
Relative uncertainty related to		0,50 1/h						1 K			
Internal temperature	θ <sub>i</sub>	22,1	C	+/- 6%	+/- 1,0	1,0	59,4	3,5	1,00	+/- 3,5	8,6%
Relative uncertainty related to		16,9 K						1 kKh/a			
External temperatures	F <sub>HDD</sub>	82	B	+/- 5%	+/- 4,1	1,0	59,4	0,7	1,00	+/- 3,0	6,1%
<b>Building heat gains</b>											
Solar heat gains	A <sub>ap, equiv S</sub>	21	B	+/- 10%	+/- 2	1,0	5,7	0,27	1,00	+/- 0,6	0,2%
Effective equivalent South aperture											
Solar radiation	I <sub>sol,ho</sub>	476,8	B	+/- 10%	+/- 48	1,0	5,7	0,01	1,00	+/- 0,6	0,2%
Internal heat load	φ <sub>hl</sub>	1,15	C	+/- 30%	+/- 0,35	1,0	5,6	4,8	1,00	+/- 1,7	1,9%
<b>Total uncertainty energy need for heating</b>											
	q <sub>h,nd</sub>	48,1								+/- 12,0	(100%)
<b>Domestic hot water (DHW) - heat need</b>											
DHW heat need	q <sub>w,nd</sub>	15,0	C	+/- 25%	+/- 3,75	1,0	15,0	1,0	1,00	+/- 3,8	
<b>Total uncertainty DHW heat need</b>											
		15,0								+/- 3,8	
<b>Delivered energy (building + heat supply system)</b>											
Space heating	q <sub>h,nd</sub>	48								1,05	+/- 12,6
Heat need for heating											93,4%
Ventilation with heat recovery (considered as part of the heat supply system)											
Heat recovery	η <sub>ve,rec</sub>	0,71	B	+/- 15%	+/- 0,11	1,0	18,6	+26,1	1,05	+/- 2,9	5,0%
Heat supply system											
Energy expenditure factor	e <sub>sys,h</sub>	1,24	B	+/- 5%	+/- 0,06	1,0	32,8	26,5	1,00	+/- 1,6	1,6%
<b>Total uncertainty delivered energy for space heating (building + heat supply system)</b>											
										+/- 13,1	(100%)
<b>Domestic hot water (DHW)</b>											
DHW heat need	q <sub>w,nd</sub>	15,0								1,05	+/- 3,9
Energy expenditure factor	e <sub>sys,w</sub>	1,64	B	+/- 5%	+/- 0,08	1,0	24,6	+15,0	1,00	+/- 1,2	8,8%
<b>Total uncertainty delivered energy for DHW (heat need + heat supply system)</b>											
										+/- 4,1	(100%)
<b>Delivered energy for space heating and DHW</b>											
										57,4	
<b>Total uncertainty delivered energy for space heating and DHW</b>											
										+/- 13,7	(100%)
*) Simplified linear approach related to reference area (conditioned floor area)											

### 3.2 Vergleich mit den Messwerten für Heizung und Warmwasser

Der möglichst realistisch berechnete Endenergiebedarf und die Unsicherheit des errechneten Endenergiebedarfs stellen den Erwartungswert und den Erwartungsbereich des Verbrauchs dar. Damit kann nun der in den beiden Verbrauchsjahren gemessene Energieverbrauch verglichen werden. Sofern die Rechenwerte und Unsicherheiten des physikalischen Modells realitätsnah angesetzt wurden, liegt der Verbrauch mit einer großen Wahrscheinlichkeit innerhalb des Erwartungsbereichs. Sollte im Einzelfall festgestellt werden, dass die Verbrauchswerte außerhalb des Erwartungsbereichs liegen, so würde versucht werden zu klären, ob es Besonderheiten des Gebäudes, der Anlagentechnik, des Klimas oder der Nutzung gibt, die nicht über das Berechnungsmodell abgebildet werden konnten und für diese stärkere Abweichung verantwortlich sein können.

**Bild 8:** Ergebnisse der Untersuchung für die beiden Verbrauchsjahre VJ 20/21 und VJ 21/22 – Prognose des physikalischen Modells in drei Varianten des Detaillierungsgrads von Eingangsdaten und Vergleich mit dem gemessenen Energieverbrauch



In Bild 8 werden je Verbrauchsjahr den Berechnungsergebnissen der drei Varianten jeweils die gemessenen Verbrauchsdaten zugeordnet – verglichen werden die Kennwerte für Heizung und Warmwasser. Exemplarisch soll hier das zweite Verbrauchsjahr 2021/2022 („VJ 21/22“) diskutiert werden. Die Unsicherheit der Messwerte wird auf ± 5% geschätzt und ist ebenfalls eingetragen.

Für das modernisierte Gebäude (Gebäude AB) lag der Wärmeverbrauch für Heizung und Warmwasser inklusive Speicher- und Verteilverluste im Verbrauchsjahr 2021/2022 bei 49 kWh/(m<sup>2</sup>a). Für den Passivhaus-Neubau lag der Wärmeverbrauch für Heizung und Warmwasser inklusive Speicher- und Verteilverlusten im Verbrauchsjahr 2021/2022 bei 34 kWh/(m<sup>2</sup>a).

Der Vergleich der Messwerte mit den Prognosewerten des physikalischen Modells zeigt gute Übereinstimmung: Bei beiden Gebäuden liegt der Verbrauchswert bei allen drei Varianten der Datendetaillierung innerhalb des Erwartungsintervalls.

Die Zahlenwerte der für den Verbrauch-Bedarf-Vergleich relevanten korrigierten Bilanzierung sind in Tab. 4 dargestellt.

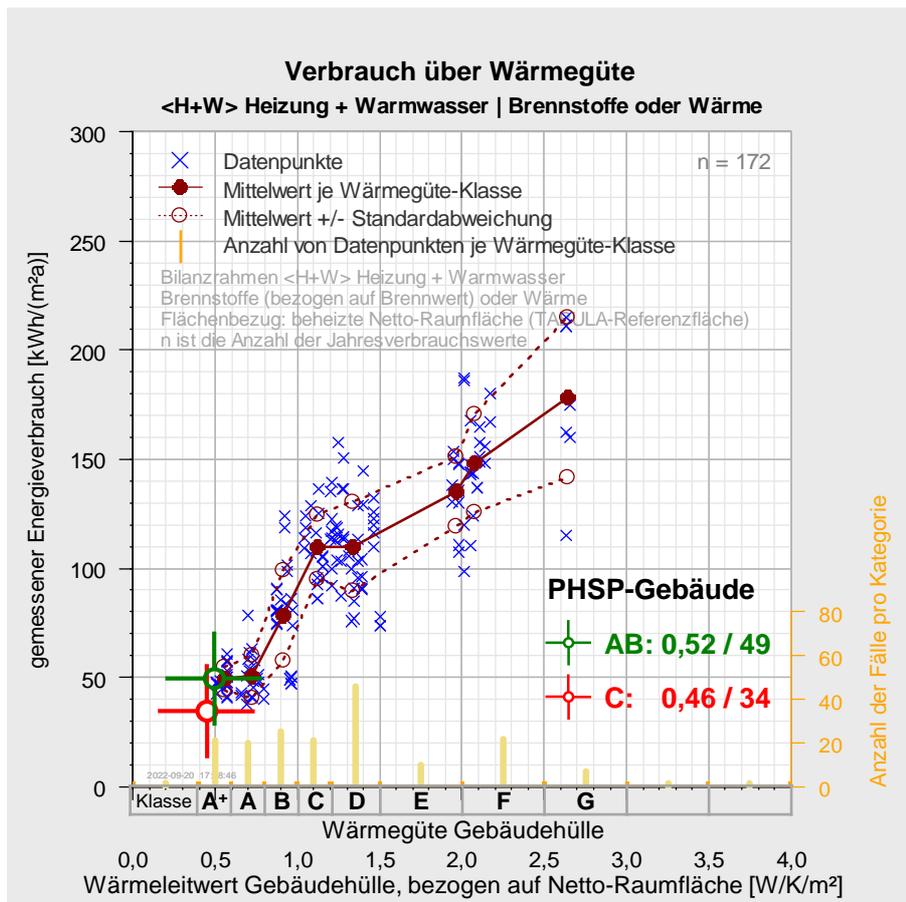
**Tab. 4:** Gegenüberstellung der Vergleichswerte des Energiebedarfs und des Energieverbrauchs für Heizung und Warmwasser für die drei Varianten der beiden Gebäude  
Energiebedarf gemäß MOBASY-Realbilanz mit Angabe der Unsicherheit der Berechnung

	Gebäude AB (Altbau)			Gebäude C (Neubau)			
	Energieprofil	PHPP	PHPP	Energieprofil	PHPP	PHPP	
	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 1	Var. 2	Var. 3	
	Energieprofil + MOBASY-Pauschalwerte	detaillierte Gebäudedaten + MOBASY-Pauschalwerte	detaillierte Gebäudedaten + Messung Nutzung	Energieprofil + MOBASY-Pauschalwerte	detaillierte Gebäudedaten + MOBASY-Pauschalwerte	detaillierte Gebäudedaten + Messung Nutzung	
TABULA-Referenzfläche	1784,2	1784,2	1784,2	1734,5	1734,5	1734,5	m <sup>2</sup>
<b>Wärmetransferkoeffizienten pro m<sup>2</sup> Referenzfläche</b> (Wärmegüte Gebäudehülle)							
Transmission	0,30	0,30	0,29	0,25	0,26	0,25	W/K/m <sup>2</sup>
Lüftung (effektiv)	0,21	0,23	0,27	0,21	0,28	0,32	W/K/m <sup>2</sup>
<b>Wärmeleitwert gesamt</b>	<b>0,52</b>	<b>0,53</b>	<b>0,56</b>	<b>0,46</b>	<b>0,53</b>	<b>0,57</b>	W/K/m <sup>2</sup>
<b>V-B-Vergleich VJ 20/21 Heizung &amp; Warmwasser "H+W"</b>							
Korrekturfaktor Gradtage	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	
Korrekturfaktor solare Einstrahlung	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	
<b>Endenergiebedarf VJ</b>	<b>44,2</b>	<b>57,0</b>	<b>57,8</b>	<b>34,5</b>	<b>47,2</b>	<b>42,4</b>	kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Endenergieverbrauch VJ</b>	<b>49,6</b>	<b>49,6</b>	<b>49,6</b>	<b>39,1</b>	<b>39,1</b>	<b>39,1</b>	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Differenz zwischen Verbrauch und Bedarf	+5,4	-7,4	-8,2	+4,6	-8,1	-3,3	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Unsicherheit Bedarf	±17,6	±13,7	±8,5	±16,4	±13,8	±8,5	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Abweichung innerhalb Unsicherheit?	ja	ja	ja	Ja	ja	ja	
<b>V-B-Vergleich VJ 21/22 Heizung &amp; Warmwasser "H+W"</b>							
Korrekturfaktor Gradtage	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	
Korrekturfaktor solare Einstrahlung	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	
<b>Endenergiebedarf VJ</b>	<b>41,2</b>	<b>53,5</b>	<b>53,9</b>	<b>31,7</b>	<b>43,4</b>	<b>38,3</b>	kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Endenergieverbrauch VJ</b>	<b>49,4</b>	<b>49,4</b>	<b>49,4</b>	<b>34,0</b>	<b>34,0</b>	<b>34,0</b>	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Differenz zwischen Verbrauch und Bedarf	+8,2	-4,1	-4,5	+2,3	-9,4	-4,3	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Unsicherheit Bedarf	±17,6	±13,7	±8,5	±16,4	±13,8	±8,5	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Abweichung innerhalb Unsicherheit?	ja	ja	ja	Ja	ja	ja	

Datenstand: 04-09-2023

### 3.3 Einordnung in die MOBASY-Gebädestichprobe

Bild 9 zeigt den Vergleich des Verbrauchs beider Gebäude mit den Ergebnissen der aus mehr als 100 Gebäudblöcken bestehenden MOBASY-Mehrfamilienhaus-Stichprobe [Loga et al. 2022]. Entsprechend ihrer Wärmeleitwerte (Wärmetransferkoeffizienten Transmission und Lüftung, bezogen auf TABULA-Referenzfläche, siehe Tab. 4) werden beide Gebäude in die Wärmegüteklasse A+ eingeordnet. Die mittleren Jahresverbrauchswerte ordnen sich stimmig in das Vergleichswerte-Schema ein.



**Bild 9:**

**Gemessener Verbrauch der PHSP-Gebäude AB und C für Heizung und Warmwasser <H+W>, aufgetragen über der Wärmegüte der Gebäudehülle bzw. über dem Wärmeleitwert (theoretischer Wärmeverlust je Kelvin Temperaturdifferenz) ermittelt jeweils für Var. 1**

Vergleich mit den in [Loga et al. 2022] für eine Stichprobe von 108 Gebäuden ermittelten Einzelwerten und den Mittelwerten mit Standardabweichung je Wärmegüte-Klasse

Bezugsfläche: beheizte Netto-Raumfläche (TABULA-Referenzfläche)

Diagramm aus [Loga et al. 2022] Bild 7 mit zusätzlichen Einträgen für die beiden PHSP-Gebäude

### 3.4 Differenzierter Verbrauch-Bedarf-Vergleich

Da auch Verbrauchswerte differenziert nach Heizung und Warmwasser vorliegen, kann zusätzlich ein differenzierter Verbrauch-Bedarf-Vergleich durchgeführt werden. Folgende Bilanzräume werden betrachtet<sup>16</sup>:

- „H+W“: Heizung und Warmwasser (Nutzwärme zuzüglich Wärmeverluste Speicher und Verteilung)
- „H“: Heizung (Nutzwärme, beim Gebäude AB zuzüglich Wärmeverluste Heizwärmeverteilung)
- „W“: Warmwasser Wärme (Nutzwärme, beim Gebäude AB zuzüglich Wärmeverluste Warmwasserverteilung)
- „VolW“: Warmwasser Volumen (Messwerte Zapfvolumen, umgerechnet auf gezapfte Wärmemenge)<sup>17</sup>

<sup>16</sup> Das Schema für die Codierung der Namen der Vergleichsvarianten kann an folgendem Beispiel erläutert werden:

„H+W.01.2021-07“: Heizung und Warmwasser / Zeitraum 1 Jahr / Startjahr 2021 / Startmonat Juli

<sup>17</sup> „VolW“ / aus dem Volumen ermittelte Wärmemenge: für Verbrauch und Bedarf werden jeweils immer die gleichen Temperaturdifferenzen angesetzt; die Information über die Temperaturdifferenz hängt vom Detaillierungsgrad der Eingangsdaten ab

Bei der differenzierten Betrachtung ist zu beachten, dass für die Aufteilung zwischen Heizung und Warmwasser bei beiden Gebäuden zwar im Grundsatz Wärmemengenzähler herangezogen werden, jedoch auf Grund von Besonderheiten zusätzliche Abschätzungen eingeflossen sind.<sup>18</sup> Die Unsicherheit der Messwerte der Bilanzräume „H“ und „W“ dürfte also deutlich größer sein als die oben angesetzten  $\pm 5\%$  bei der vollständigen Erfassung des Gesamtverbrauchs für Heizung und Warmwasser durch Wärmemengenzähler, sie wird auf etwa  $\pm 10\%$  geschätzt. Die Unsicherheit der Einzelverbrauchswerte wird hier vereinfachend nicht dargestellt, sollte jedoch bei der Bewertung immer im Blick bleiben.

Die differenzierten Ergebnisse zeigen Bild 10 für das Gebäude AB und Bild 11 für das Gebäude C. Im linken Teil der Diagramme sind jeweils die Energiekennwerte pro  $m^2$  Referenzfläche dargestellt (blauer Balken: berechnet; orangefarbener Balken: gemessen), der berechnete Bedarf hat zusätzlich einen Fehlerbalken, welcher die Unsicherheit des berechneten Energiekennwerts angibt. Rechts wird dann jeweils die relative Abweichung des Verbrauchs vom Bedarf dargestellt und diese in die relative Unsicherheit des Bedarfs eingeordnet.<sup>19</sup> Der Vergleichspunkt entspricht dabei immer dem jeweiligen Messpunkt (siehe [Loga et al. 2021]).

**Gebäude AB:** Bei der Bilanzierung mit Energieprofil-Daten (Var. 1) liegen auch bei der separaten Betrachtung von Heizung und Warmwasser die Werte für Verbrauch und Bedarf relativ nahe beieinander, die Abweichung ist viel kleiner als der Unsicherheitsbereich (Bild 10 (a)).<sup>20</sup> Nur für „VolW“ zeigen sich große Differenzen: Das gemessene Zapfvolumen ist etwa doppelt so hoch wie die Erwartung. Dies liegt daran, dass in Var. 1 keine Informationen über das Vorhandensein von Frischwasserstationen einfließt, wo im Gegensatz zu herkömmlichen Anlagen das Volumen auf Zapftemperatur gemessen wird.<sup>21</sup> Ohne diese Information wird also der Nutzwärmeverbrauch Warmwasser als viel größer eingeschätzt als er tatsächlich ist.

Bei Verwendung von qualitätsgesicherten Planungsdaten (Var. 2) und zusätzlichen Messdaten (Var. 3) kann die Unsicherheit der Modellierung für die separaten Bilanzräume „H“, „W“ und „VolW“ erheblich verringert werden. Die Messwerte liegen dort so wie bei „H+W“ alle innerhalb der jeweiligen Erwartungsbereiche.

**Gebäude C:** Die in Bild 11 (a) bis (c) wiedergegebenen Grafiken für den Verbrauch-Bedarf-Vergleich im Bilanzraum Heizung und Warmwasser sehen denen von Gebäude AB recht ähnlich – die Kennwerte liegen allgemein aber etwas niedriger. Bei allen drei Stufen der Daten-Detaillierung liegen die separaten Verbrauchswerte für Heizung „H“ und für Warmwasser „W“ so wie auch der Gesamtverbrauch „H+W“ innerhalb des Erwartungsbereichs. Eine Ausnahme stellt der Warmwasserverbrauch in Var. 2 dar, der deutlich geringer ist als erwartet, im ersten Jahr sogar außerhalb des Erwartungsbereichs. Ursache könnte eine niedrigere Personenbelegung, geringere Anwesenheit oder auch sparsameres Verhalten der Bewohner sein. In der Var. 3 verschwindet die Differenz, da hier ja Messungen zur Nutzung mit einfließen und folglich die Messwerte für das Warmwasservolumen (Mittelwert über beide Messjahre) als Ansatz für den Nutzwärmebedarf Warmwasser verwendet werden (die kleinen Abweichungen in den beiden Messjahren spiegeln die Differenz zum Mittelwert über beide Jahre wieder).

---

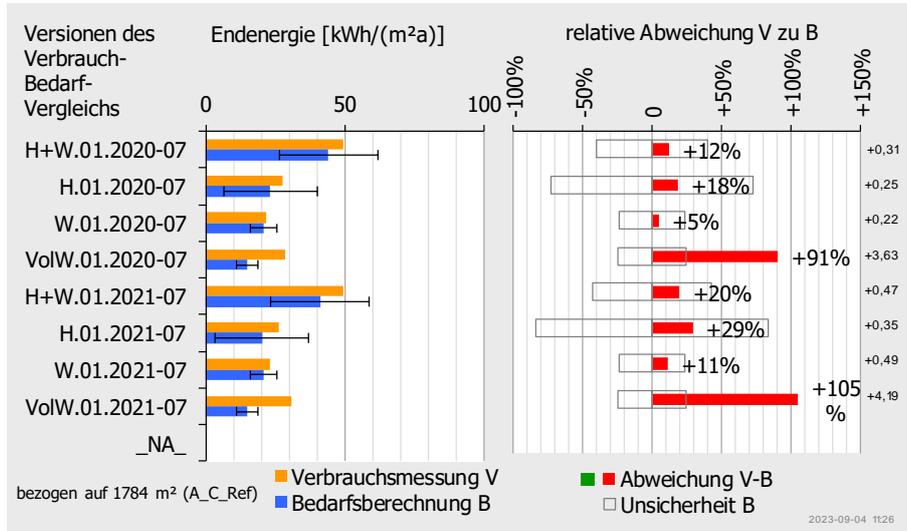
<sup>18</sup> Gebäude AB: an die Frischwasserstationen angeschlossenen Badheizkörper; Gebäude C: Teil der Wohnungen ohne WMZ (siehe Anhang C.13)

<sup>19</sup> Die relative Abweichung auf der rechten Seite der Diagramme ist eine Standarddarstellung aus dem MOBASY-Verbrauchscontrolling, die für unterschiedliche energetische Standards entwickelt wurde. Bei den Gebäuden mit extrem niedrigem Energiebedarf ist zum Vergleich unterschiedlicher Detailtiefen der Erhebung jedoch der Vergleich der absoluten Unsicherheiten und Differenzen in  $kWh/(m^2a)$  aussagekräftiger. Diese Darstellung findet sich im Kapitel 3.5.

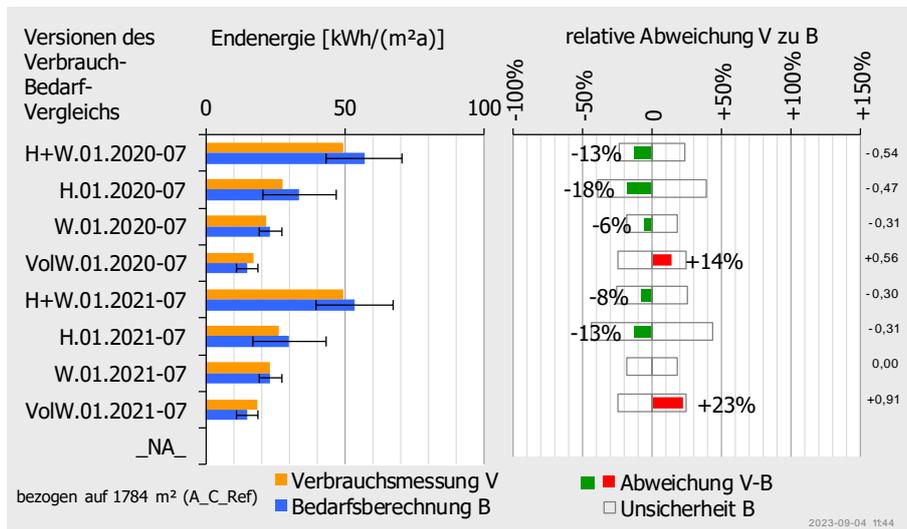
<sup>20</sup> Dass die Bilanzierung so nahe am tatsächlichen Verbrauch liegt, muss wohl Zufall sein. Dies veranschaulichen die schrittweisen Änderungen des Bedarfs bei Vorliegen genauerer Informationen im folgenden Abschnitt 3.5.

<sup>21</sup> also nur wenig Beimischung von kaltem Wasser stattfindet. Auf der einfachsten Ebene des MOBASY-Verbrauchscontrollings (Energieprofil-Erhebungsgrößen) wird von einer herkömmlichen Warmwasserversorgung mit zentralem Frischwasserspeicher ausgegangen. Entsprechend wird ein Standardwert für das Zapfvolumen verwendet, der von 50 K Temperaturdifferenz ausgeht (Volumenmessung hinter dem Warmwasserspeicher). Der tatsächliche Wert liegt jedoch bei 30 K, da die Messung in der Frischwasserstation erfolgt (siehe Anhang B.9).

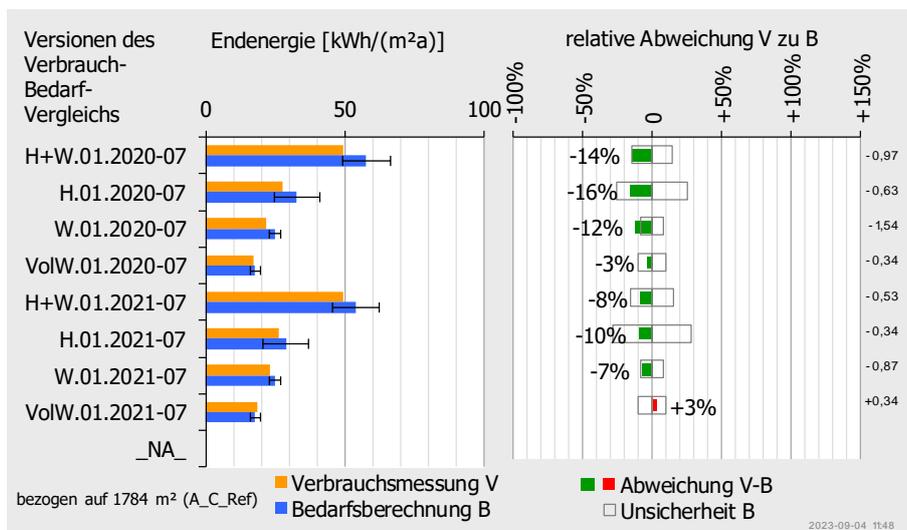
**Bild 10: Verbrauch-Bedarf-Vergleich für das Gebäude AB**  
Gegenüberstellung der drei Varianten der Daten-Detaillierung



**(a) Var. 1:**  
Energieprofil-Eingangsgrößen (Daten Gebäudeeigentümer / Begehung), Standard-Randbedingungen entsprechend MOBASY-Realbilanz

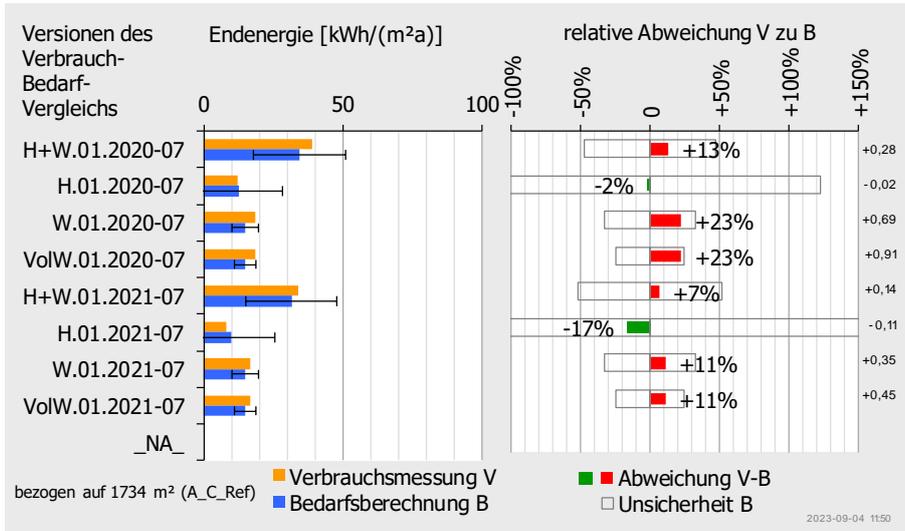


**(b) Var. 2:**  
qualitätsgesicherte Planungsdaten (PHPP-Berechnung), Standard-Randbedingungen entsprechend MOBASY-Realbilanz



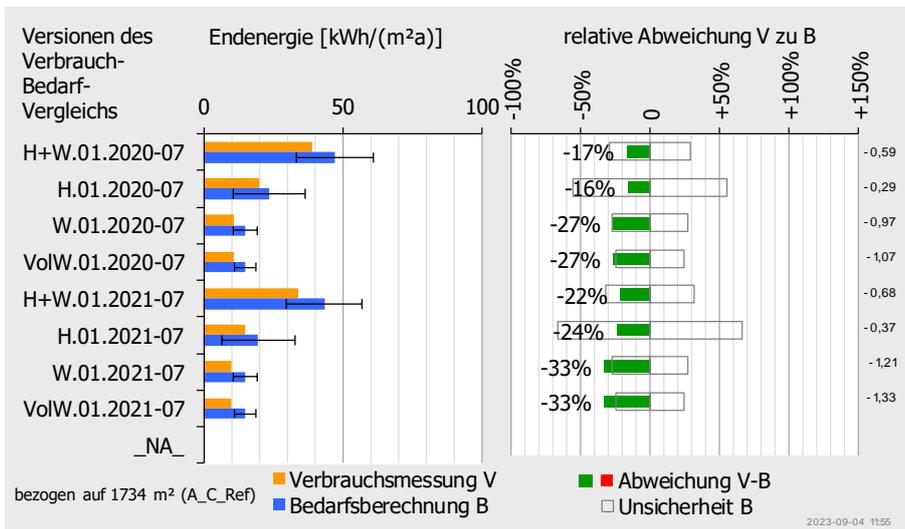
**(c) Var. 3:**  
qualitätsgesicherte Planungsdaten (PHPP-Berechnung), Informationen zur tatsächlichen Nutzung aus dem wissenschaftlichen Messprogramm

**Bild 11: Verbrauch-Bedarf-Vergleich für das Gebäude C**  
Gegenüberstellung der drei Varianten der Daten-Detaillierung



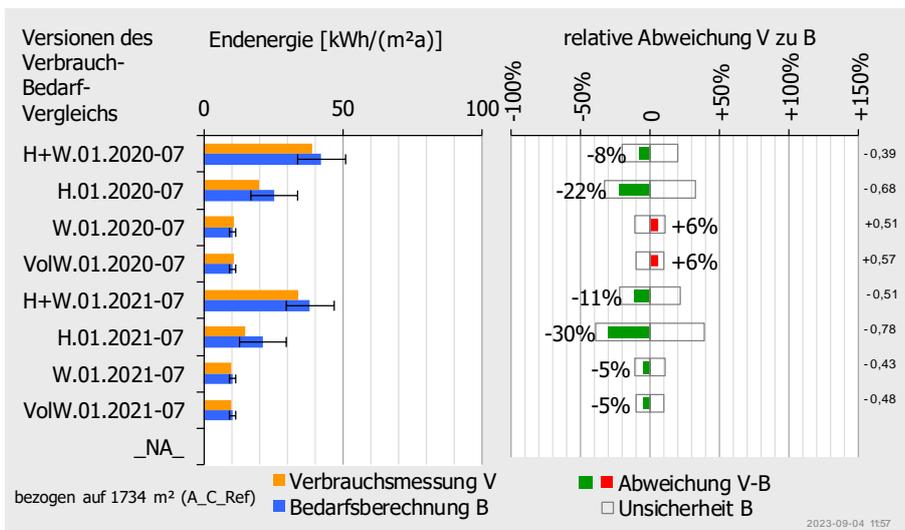
**(a) Var. 1**

Energieprofil-Eingangsgrößen (Daten Gebäudeeigentümer / Begehung), Standard-Randbedingungen entsprechend MOBASY-Realbilanz



**(b) Var. 2**

qualitätsgesicherte Planungsdaten (PHPP-Berechnung), Standard-Randbedingungen entsprechend MOBASY-Realbilanz



**(c) Var. 3**

qualitätsgesicherte Planungsdaten (PHPP-Berechnung), Informationen zur tatsächlichen Nutzung aus dem wissenschaftlichen Messprogramm

### 3.5 Schrittweise Einbeziehung von detaillierten Daten: Veranschaulichung des Einflusses der verschiedenen Größen

Im folgenden Abschnitt sollen die Einzeleinflüsse auf die Verbesserung der Genauigkeit des MOBASY-Verbrauchscontrollings anschaulich demonstriert werden. Dabei wird zunächst von der auf Energieprofil-Indikatoren und Schätzverfahren gestützten Berechnung ausgegangen (Var. 1) und die Datenermittlung schrittweise auf detaillierte Planungsdaten umgestellt bis Var. 3 erreicht ist (der letzte Schritt 1.6 ist identisch mit Var. 2. Weiterhin werden ausgehend von Var. 2 schrittweise Messdaten aus der Nutzungsphase einbezogen bis Var. 3 erreicht ist. Die bei den einzelnen Schritten einbezogenen detaillierteren Eingabedaten sind Tab. 5 dargestellt (Details zur Einstufung der Datenquellen und zur Klassifizierung der Unsicherheit finden sich in Anhang B.12).

Bild 12 zeigt die Ergebnisse für den sanierten Altbau (Gebäude AB), Bild 13 die Ergebnisse für den Neubau (Gebäude C), jeweils einmal für den Bilanzraum Heizung und Warmwasser („H+W“) und einmal für den Bilanzraum Heizung („H“).

**Gebäude AB:** Im Bilanzraum nur Heizung „H+W“ (Bild 12a) liegt die Unsicherheit der Berechnung zunächst bei  $\pm 18 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  und wird durch Einbeziehung genauerer Informationen je Schritt ein wenig reduziert (Schritt 1.1 bis 1.6), bis sie bei Var. 2 dann  $\pm 14 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  erreicht. Die detaillierteren Betrachtungen führen jeweils zu einer leichten Verringerung oder Erhöhung des berechneten Energiebedarfs, der größte Sprung wird mit  $+9 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  durch die Berücksichtigung von Planungsdaten bei den inneren Wärmequellen ausgelöst: Durch die besonders energieeffizienten Haushaltsgeräte, vorinstallierte Beleuchtung und Verzicht auf Trockner ist der kalkulierte Haushaltsstrombedarf sehr viel niedriger als der Pauschalwert und trägt sehr viel weniger zu den inneren Wärmequellen bei. Der gemessene Verbrauch liegt in allen Schritten innerhalb des jeweiligen Erwartungsintervalls. Die Berücksichtigung von Daten aus der Nutzungsphase in den Schritten 2.1 bis 2.7 führt ebenfalls zu Korrekturen in beiden Richtungen: Die Einbeziehung von Messergebnissen zum Warmwasservolumen, zur Raumtemperatur, zur Fensteröffnung und zur Rollladennutzung im Winter erhöht den Erwartungswert, die Berücksichtigung des Stromverbrauchs Allgemeinstrom und Messtechnik bei den inneren Wärmequellen und der Temperaturmessungen in der Außenluft, im Keller und bei der Anlagentechnik reduziert den Erwartungswert. Auffällig ist, dass die ersten drei Schritte zusammen den Erwartungsbereich so erhöhen, dass der Verbrauch deutlich außerhalb des Erwartungsbereichs liegt. Dies zeigt, wie stark der Soll-Ist-Vergleich von der Auswahl der Bereiche abhängt, die genauer betrachtet werden.<sup>22</sup>

Im Bilanzraum Heizung „H“ (Bild 12 b) liegen die absoluten Unsicherheiten wegen Wegfall der Warmwasserbereitung geringfügig niedriger, ansonsten sind die Effekte ähnlich wie im Bilanzraum „H+W“.

**Gebäude C:** Im Bilanzraum „H+W“ haben die Einzelschritte etwa die gleiche Wirkung wie beim Gebäude AB, allerdings liegen die Niveaus von Bedarf und Verbrauch ca.  $10$  bis  $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  niedriger. Bei Gebäude C ist der Bilanzraum „H“ nur zur Anschauung mit dargestellt, da der von „H+W“ abzuziehende Wärmeverbrauch für Warmwasser nicht direkt gemessen sondern nur abgeschätzt wird und damit bezüglich der Verbrauchsmessung eine erhebliche Unsicherheit vermutet werden kann, die eigentlich in die Betrachtung mit einbezogen werden müsste (siehe Anmerkung in Kapitel B.9).

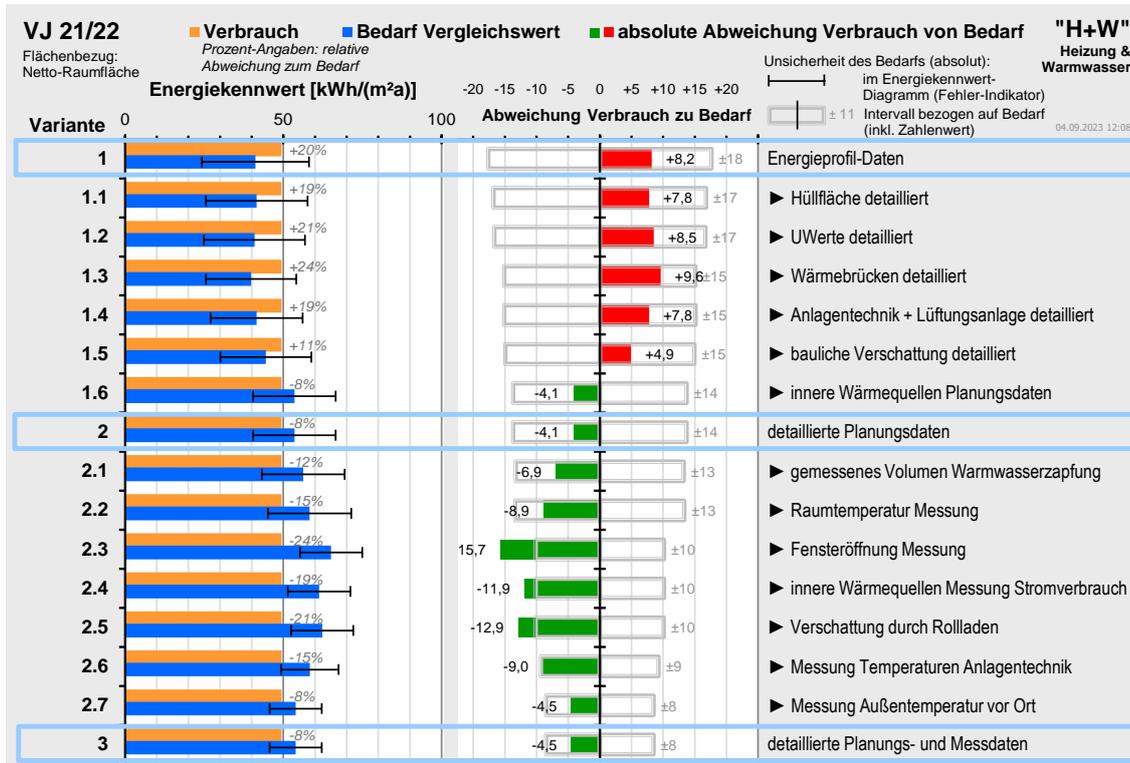
Bei beiden Gebäuden kann der Effekt beobachtet werden, dass die Verbrauchs- und Bedarfskennwerte im Ausgangsfall (Energieprofil) ausgesprochen nahe zusammenliegen, jedoch mit zunehmender Daten-Detailierung die Diskrepanz immer größer wird. Diese Beobachtung darf jedoch nicht verallgemeinert werden: Die vergleichsweise große Unsicherheit der Energieprofil-Bewertung zeigt, dass es sich bei der guten Übereinstimmung um einen Zufall handelt.

<sup>22</sup> Im Fall einer deutlichen Abweichung des Verbrauchs vom Bedarf wäre es also auch möglich nur die genaueren Daten tatsächlich zu berücksichtigen, die tendenziell zu einer Übereinstimmung führen. Ein solches Vorgehen könnte jedoch zu einer verzerrten Abbildung der Realität führen.

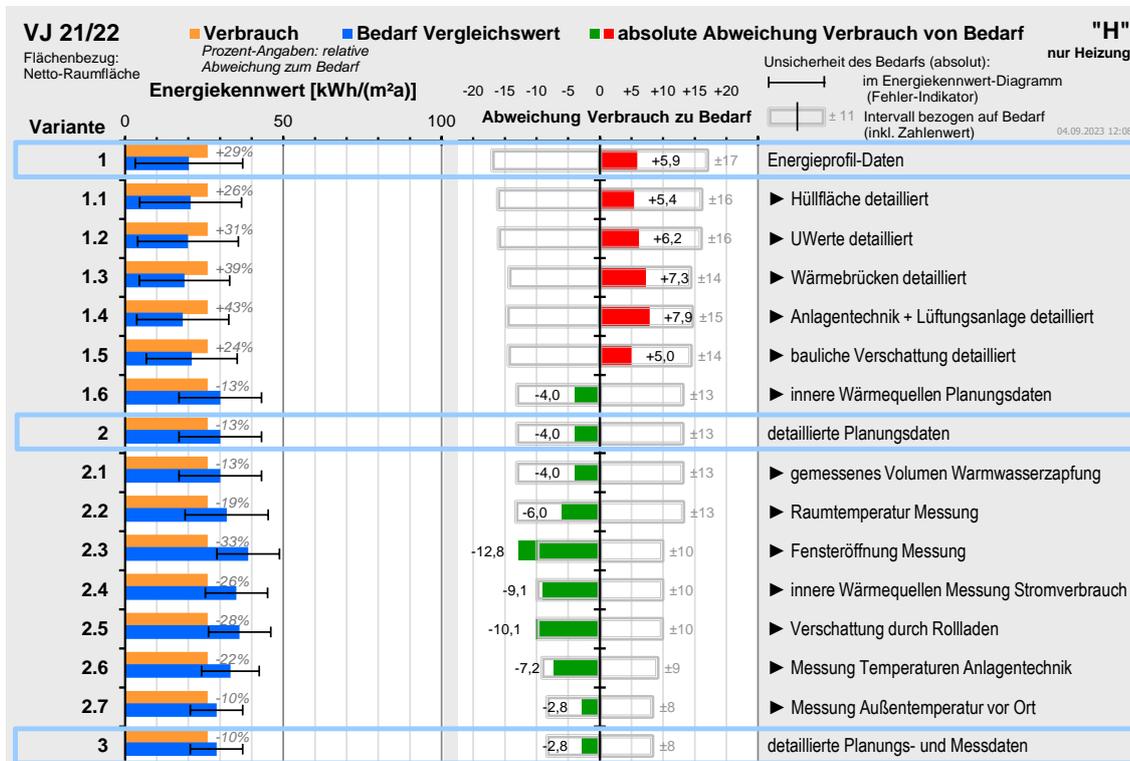
**Tab. 5: Erläuterung der Einzelschritte zur Berücksichtigung von genaueren Daten**

Var.	Hauptvariante und Variationsschritt	Änderung Eingabedaten	
		Vorher	geändert auf
<b>1</b>	<b>Energieprofil / Verbrauchscontrolling</b>		
1.1	▶ Hüllfläche detailliert	Energieprofil-Hüllflächenschätzung auf der Basis geometrischer Indikatoren und der Wohnfläche	detaillierte Flächenermittlung gemäß PHPP (für Wärmeverluste und für solare Gewinne)
1.2	▶ U-Werte detailliert	Schätzung U-Werte: opak: auf der Basis der mittleren Dämmstärken und Pauschalwerten für die Wärmeleitfähigkeit Fenster: Tabellenwert für Passivhaus-Fenster (3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung im gedämmten Rahmen)	differenzierte U-Wert-Berechnung je Fenster auf Grundlage der Abmessungen gemäß PHPP entsprechend den qualitätsgesicherten Planungsdaten
1.3	▶ Wärmebrücken detailliert	Einstufung durch Sichtprüfung: keine relevanten Durchdringungen der Hüllfläche mit Elementen deutlich höherer Wärmeleitfähigkeit / Best-Practice-Modernisierungen mit minimierten Wärmebrücken	zweidimensionale Berechnung von Wärmebrücken und Erfassung der Kantenlängen mit PHPP entsprechend den qualitätsgesicherten Planungsdaten
1.4	▶ Anlagentechnik + Lüftungsanlage detailliert	Konfiguration auf der Basis von Indikatoren; Zuordnung von TABULA-Pauschalwerten (flächenbezogene Wärmeverluste, Erzeuger-Aufwandzahlen, WRG-Effizienz)	detaillierte PHPP-Berechnung auf der Basis von Längen, Wärmeverlustkoeffizienten und Temperaturen sowie dem mechanischen Luftwechsel und der WRG-Effizienz entsprechend den Planungsdaten
1.5	▶ bauliche Verschattung detailliert	Pauschalwert für den Reduktionsfaktor (konstant)	detaillierte PHPP-Berechnung der baulichen Verschattung je Fenster
1.6	▶ innere Wärmequellen Planungsdaten	Pauschalwert Summe innere Wärmequellen	detaillierte PHPP-Berechnung der inneren Wärmequellen, ausgehend von Planungswerten für Personenbelegung und Geräteausrüstung
<b>2</b>	<b>detaillierte Planungsdaten</b>	identisch mit dem Variationsschritt 1.6	
2.1	▶ Warmwasser-Zapfung Messung	Pauschalwert Warmwasserbedarf	gemessenes Volumen Warmwasserzapfung
2.2	▶ Raumtemperatur Messung	Pauschalwert Raumtemperatur	gemessene Raumtemperatur an Heiztagen (verbrauchsgewichtet)
2.3	▶ Fensteröffnung Messung	Pauschalwert Luftaustausch	aus gemessenen Öffnungszeiten abgeleiteter Luftaustausch an Heiztagen
2.4	▶ innere Wärmequellen Messung Stromverbrauch	PHPP-Nachweis mit Planungswerten für Personenbelegung und Geräteausrüstung (s.o.)	PHPP-Bilanz korrigiert mit gemessenem Haushaltsstromverbrauch zuzüglich geschätzter Stromverbrauch Allgemeinstrom und Messtechnik
2.5	▶ Verschattung durch Rollläden	detaillierte PHPP-Berechnung der baulichen Verschattung (s.o.)	Berücksichtigung der Verschattung durch Nutzung von Rollläden in der Heizzeit (extrapoliert aus Stichprobe)
2.6	▶ Temperaturen Anlagentechnik Messung	Planungswerte PHPP	Messwerte oder Schätzung der mittleren Temperaturen im Betrieb
2.7	▶ Messung Außentemperatur vor Ort	DWD-Daten, Daten der nächsten 3 Wetterstationen, gewichtet mit dem reziproken Abstand	Anpassung auf vor Ort gemessene Außentemperaturen
<b>3</b>	<b>detaillierte Planungs- und Nutzungsdaten</b>	identisch mit dem Variationsschritt 2.7	

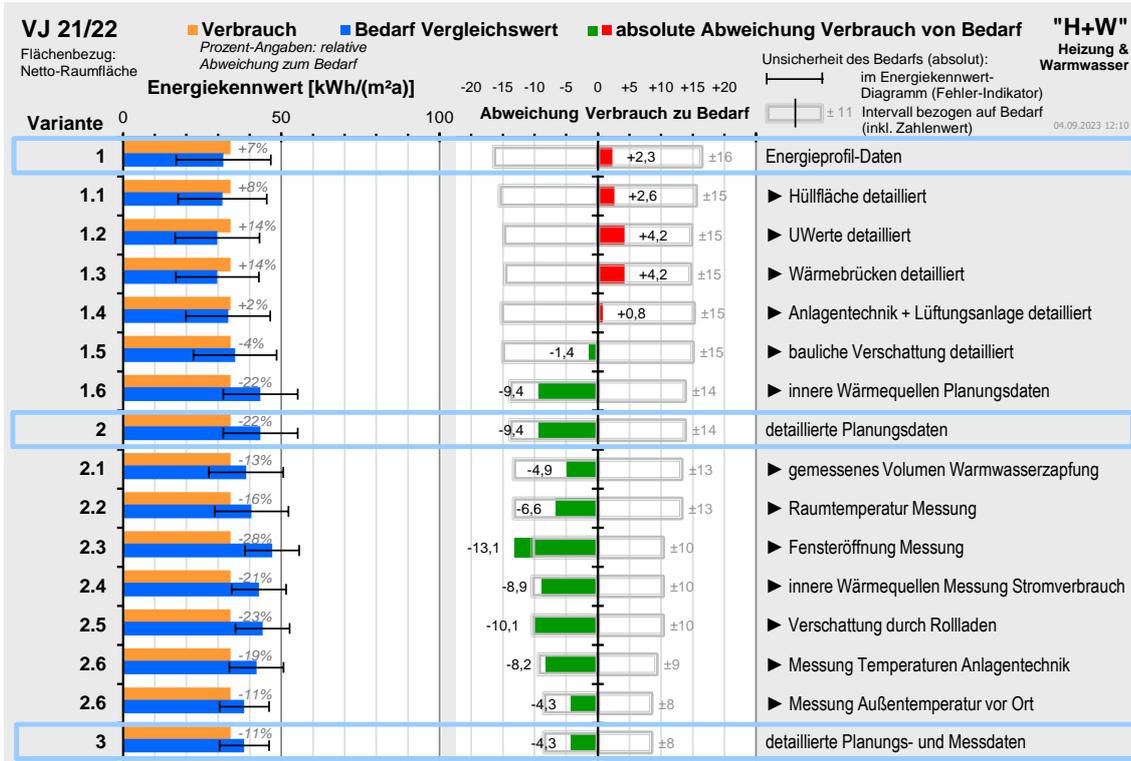
**Bild 12: Schrittweise Berücksichtigung von genaueren Daten – Ergebnisse für Gebäude AB**  
**(a) Heizung und Warmwasser („H+W“)**



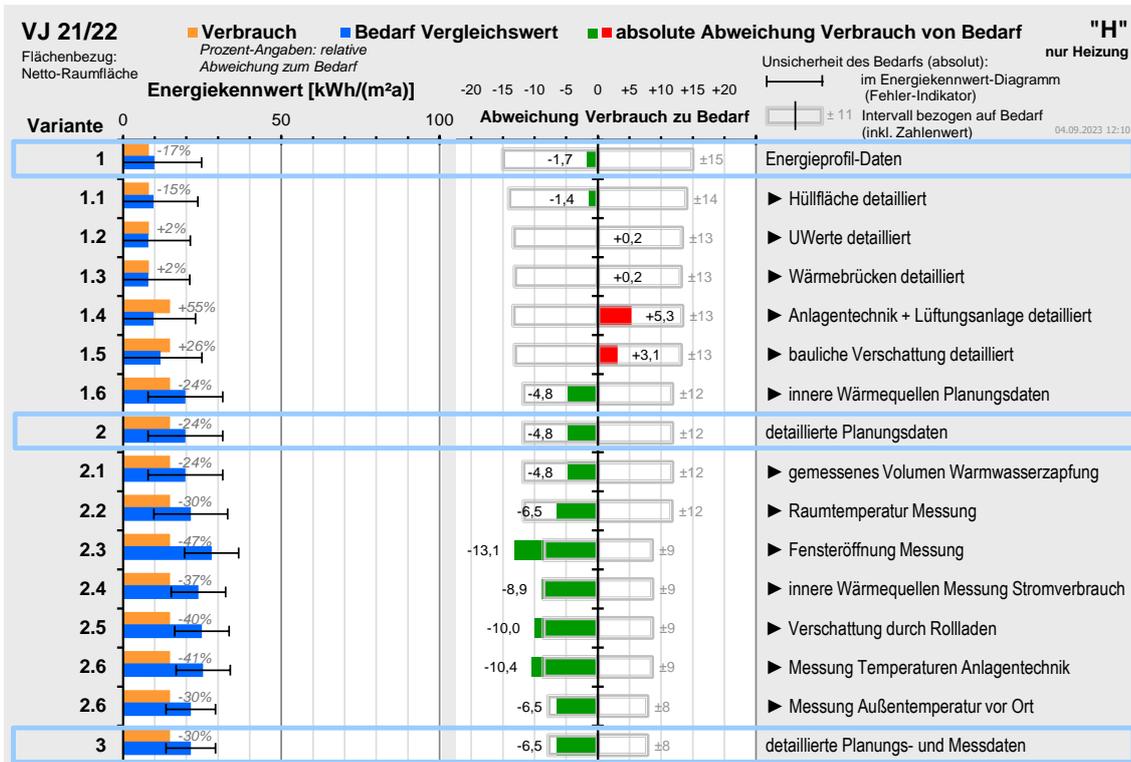
**(b) nur Heizung („H“)**



**Bild 13: Schrittweise Berücksichtigung von genaueren Daten – Ergebnisse für Gebäude C**  
**(a) Heizung und Warmwasser („H+W“)**



**(b) nur Heizung „H“ – nur zur Anschauung, da keine direkte Messung der Wärmemenge für Heizung oder für Warmwasser erfolgt (Wärmemenge Warmwasser aus dem Zapfvolumen geschätzt, Änderung des Ansatzes für die Temperaturdifferenz bei Var. 1.4)**



## 4 Fazit und Ausblick

Die MOBASY-Realbilanzierung basiert auf einem einfachen physikalischen Modell zur Abbildung der thermischen Vorgänge in Gebäuden, kombiniert mit einer Abschätzung der damit verbundenen Unsicherheiten. Sie ist ausgerichtet auf die realistische Einschätzung des Energieverbrauchs für Heizung und Warmwasser unter Verwendung der vorliegenden Informationen zum Baukörper, zur Anlagentechnik, zur Nutzung und zum Klima. Das resultierende Erwartungsintervall kann für eine realistische Verbrauchsprognose und für eine Einordnung des gemessenen Energieverbrauchs im Rahmen eines Soll-/Ist-Vergleichs verwendet werden.

In der Praxis gibt es Informationen mit sehr unterschiedlichem Umfang und mit sehr unterschiedlicher Tiefe. Daher ist das Verfahren so konzipiert, dass es bei unterschiedlichster Datenlage anwendbar ist – sowohl wenn Daten fehlen als auch wenn genaue Details für Teilbereiche oder für das ganze Gebäude bekannt sind.

Die MOBASY-Realbilanzierung wurde im Vorfeld schon auf Bestände von Wohnungsunternehmen angewendet, für die grobe energetische Daten aus den Angaben der Gebäudeeigentümer vorlagen. Unter Verwendung dieser Energieprofil-Indikatoren waren im Rahmen eines Verbrauchscontrollings Gebäude mit auffällig hohem oder niedrigem Verbrauch identifiziert [Loga et al 2021] und Vergleichswerte (Benchmarks) für unterschiedliche Dämmstandards ermittelt worden [Loga et al 2022]. Keine Erfahrungen lagen bisher aus der Anwendung des Verfahrens auf Gebäude vor, für die genaue technische Daten aus der Planung sowie Messdaten aus der Nutzung vorliegen.

Eine solche Anwendung wird mit der vorliegenden Studie präsentiert. Für die beiden untersuchten PassivhausSozialPlus-Geschosswohnbauten wurden die qualitätsgesicherten technischen Daten aus dem Passivhaus-Projektierungspaket in die Bilanz übertragen und entsprechend dem Schema der MOBASY-Realbilanz jeweils standardisiert Unsicherheiten zugeordnet. Ferner wurden Nutzungs- und Klimabedingungen möglichst realistisch angesetzt und auch hier die typische Variationsbreite und damit die Unsicherheit geschätzt.

Ergebnis ist, dass durch qualitätsgesicherte Planungsdaten die Unsicherheit der Verbrauchsprognose gegenüber der auf Energieprofil-Indikatoren basierenden Bilanzierung von  $\pm 17$  auf  $\pm 14$  kWh/(m<sup>2</sup>a) reduziert werden kann, also um ca. 20%. Diese überraschend geringe Verbesserung der Genauigkeit lässt sich darauf zurückführen, dass für Gebäude dieser energetischen Qualität das bei der Planung noch unbekanntes Nutzerverhalten die Unsicherheit der Verbrauchsschätzung dominiert, was die in [Loga et al. 2022b] aus einer Parameterstudie an einem fiktiven Gebäude abgeleiteten Aussagen bestätigt.

Die zusätzliche Einbeziehung von Messdaten zu Nutzung und Betrieb reduzierte die Unsicherheit auf  $\pm 9$  kWh/(m<sup>2</sup>a), führte also zu einer Halbierung des Prognose-Intervalls gegenüber der Energieprofil-Variante. Die verbleibende Unsicherheit wird zu 70 % durch die Lüftungswärmeverluste dominiert. Weder Luftströme noch Temperaturdifferenzen noch Luftdruckdifferenzen können für alle Fenster eines Mehrfamilienhauses über eine Heizperiode genau gemessen werden. Einflüsse wie offene oder geschlossene Zimmertüren, Minderungen durch geschlossene Vorhänge oder Rollläden vor Fenstern sind schwer erfassbar und modellierbar. Grundsätzlich bleibt damit festzuhalten, dass für die Genauigkeit der Energiebedarfsberechnung durchaus einzelne unbekanntes Bilanz-Eingabegrößen sehr entscheidend sein können, da die durch Einzelgrößen bedingte Unsicherheit gemäß Fehlerfortpflanzungsgesetz<sup>23</sup> quadratisch in die Gesamtunsicherheit eingehen. In der Folge kann der Energieverbrauch also bei diesen Mehrfamilienhäusern nicht genauer geschätzt werden als etwa  $\pm 8$  kWh/(m<sup>2</sup>a), das entspricht grob etwa 15 bis 20 % des Energiebedarfs für Heizung und Warmwasser und mehr als 30% bezogen auf den Energiebedarf nur für Heizung.

---

<sup>23</sup> Gauß'sches Fehlerfortpflanzungsgesetz in Worten ausgedrückt: Wurzel aus der Summe der Fehlerquadrate („Fehler“ meint hier: Unsicherheit des Energiebedarfs bedingt durch die Unsicherheit einer Einzelgröße, also z.B. die durch den in einem gewissen Intervall vermuteten Luftwechsel bedingte Unsicherheit des Energiebedarfs).

Bei der Weiterentwicklung des Verfahrens sollten besonders folgende Punkte beachtet werden (siehe auch Anhang B.13):

- Die Unsicherheit von einigen Bilanzengangsgrößen sollte noch einmal näher betrachtet und gegebenenfalls genauer modelliert werden: Hierzu gehören insbesondere Lüftungswärmeverluste, die durch Fensteröffnen und durch den Luftaustausch der Lüftungsanlage entstehen. Bei der Außentemperatur sollte überprüft werden, ob es Anhaltspunkte gibt, dass die Messstationen des Deutschen Wetterdienstes auf Grund ihrer Standorte Temperaturen messen, die systematisch niedriger liegen als in den Städten und Siedlungsgebieten (Heat-Island-Effekt). Gegebenenfalls müsste eine Korrekturfunktion entwickelt werden, um die Messdaten auf die typischen Gebäudestandorte zu kalibrieren.
- In den in diesem Bericht durchgeführten Analysen trat ein Fall auf, in denen die geschätzte Unsicherheit ein gelegentliches Vorkommen eines Heizenergiebedarfs von  $0 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  vermuten ließe (Bild 13b), was aus physikalischer Sicht selbst bei hochwärmegedämmten Gebäuden eher unwahrscheinlich wäre. In der Praxis sieht man, dass der gemessene Verbrauch bei einer großen Anzahl von Gebäuden tatsächlich nicht symmetrisch, sondern rechtsschief verteilt ist (siehe [Loga et al. 2019])<sup>24</sup>. Es wäre also hilfreich, wenn bei der Weiterentwicklung der Methodik eine Funktion zur Korrektur der resultierenden Unsicherheit des Energiebedarfs erarbeitet werden könnte, so dass die Dichteverteilung realistischer ist (Intervall oberhalb des Schätzwertes größer als das Intervall unterhalb).
- Weiterhin sollte bei der Weiterentwicklung auch eine Methodik zur Quantifizierung der Unsicherheit von Verbrauchsmessungen eingeschlossen werden. Dies ist insbesondere für Fälle sinnvoll, in denen im Rahmen der Verbrauchsabrechnung Zuordnungen vorgenommen werden, die nicht auf reinen Energie- oder Wärme-Messdaten beruhen – zum Beispiel Heizkostenverteiler für die Aufteilung der Heizwärme auf mehrere Blöcke oder Wasserzähler für die Abschätzung der Wärmemenge für Warmwasser.
- Eine Validierung an einer größeren Zahl von Gebäuden mit detaillierten Planungsdaten wäre sinnvoll. Dabei könnte für Gebäude mit gleichem Energiestandard die statistische Streuung des Verbrauchs mit der Unsicherheit der Realbilanzierung verglichen werden – so wie dies schon für die auf groben Energieprofil-Daten basierende Gebäudedatensammlung in [Loga et al. 2022] realisiert wurde. Hilfreich wäre hierfür die Entwicklung einer Schnittstelle zur Datenauskopplung aus den Excel-Mappen des Passivhaus-Projektierungspakets (PHPP) bzw. aus dem PHPP-Datenexport. Besondere Aufmerksamkeit muss dabei bei allen Gebäuden der Frage gewidmet werden, welche Bilanzanteile von den Wärme- oder Energiemengenzählern eigentlich erfasst sind und welche nicht.<sup>25</sup>

Insgesamt kann festgehalten werden, dass das einfache physikalische Modell mit möglichst realistisch ermittelten Eingangsdaten verbunden mit der Unsicherheitsbewertung ein konsistentes und realistisches summarisches Bild von den in der Heizperiode ablaufenden thermischen Vorgängen zeichnet. Es erlaubt plausible Aussagen zum erwarteten Energieverbrauch auf verschiedenen Ebenen der Datendetaillierung.

Für das Verbrauchscontrolling in größeren Wohngebäudebeständen eröffnet die Methodik die Möglichkeit, den Soll-Ist-Vergleich des bereits per Energieprofil-Indikatoren erfassten Zustands durch schrittweise Einbeziehung von genauen Planungsdaten aktueller Modernisierungen zu erweitern und den Energieverbrauch für diese Gebäude genauer vorherzusagen. Hierfür kann das im Rahmen des MOBASY-Projekts weiterent-

---

<sup>24</sup> Das in [Loga et al. 2019] abgeleitete Modell verwendet für die Spanne oberhalb des Schätzwertes den Faktor 1,5, für die Spanne unterhalb des Schätzwertes den reziproken Wert 0,67

<sup>25</sup> Bei einem der beiden hier analysierten Gebäude waren ja im PHPP enthaltene Wärmeverluste von Verteilungen identifiziert und herausgerechnet worden, die vom Wärmemengenzähler des Gebäudes nicht gemessen werden (Versorgungsleitung vom anderen Gebäude), obwohl wegen der Position vor dem Pufferspeicher zunächst von der Inklusion aller im PHPP-Nachweis ermittelten Wärmeverteilverluste in den Messungen ausgegangen worden war.

wickelte Excel-Werkzeug „EnergyProfile.xlsm“ verwendet werden<sup>26</sup>. Als Alternative steht ein Skript in der Programmiersprache R zur Verfügung.

Für Passivhaus-Neubauten und -Modernisierungen könnte die Methodik des Passivhaus-Projektierungspaket (PHPP) um Aussagen zum erwarteten Energieverbrauch erweitern. Ein möglicher Weg wäre die Umsetzung innerhalb des PHPP, indem die realistische Berechnung<sup>27</sup> als Variante neben dem Nachweis etabliert wird und eine zusätzliche Unsicherheitsbetrachtung ähnlich dem im Bild 16 in Anhang B.11 dargestellten Rechengang umgesetzt wird. Ein anderer pragmatischer Weg wäre die Verwendung des Excel-Werkzeugs „EnergyProfile.xlsm“ parallel zum PHPP. Hier könnte es sogar reichen, nur die Energieprofil-Daten zu übertragen, da der Genauigkeitsgewinn durch Übertragung aller Planungsdaten auf Grund der verbleibenden Unsicherheiten der Nutzung nicht so hoch ist.<sup>28</sup> Ein weiterer Vorteil der parallelen Nutzung wäre die Plausibilitätskontrolle der detaillierten Planungsdaten und die Möglichkeit Basisdaten von geplanten bzw. umgesetzten Passivhaus-Projekten in einer einzelnen Tabelle zu sammeln.

---

<sup>26</sup> Download unter: <https://www.iwu.de/forschung/energie/mobasy/>

<sup>27</sup> dies betrifft vor allem die Nutzungsdaten (z.B. die Raumtemperatur)

<sup>28</sup> Verringerung der Unsicherheit der Verbrauchsschätzung durch Verwendung von Planungsdaten: ca. 20% (siehe oben)

## +++ ANHANG +++

### Anhang A – Literatur-, Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

#### A.1 Literaturverzeichnis

- [Cischinsky / Diefenbach 2018] Cischinsky, Holger; Diefenbach, Nikolaus: Datenerhebung Wohngebäudebestand 2016; IWU, Darmstadt 2018.  
[www.iwu.de/fileadmin/user\\_upload/dateien/energie/Endbericht\\_Datenerhebung\\_Wohngeb%C3%A4udebestand\\_2016.pdf](http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/Endbericht_Datenerhebung_Wohngeb%C3%A4udebestand_2016.pdf)
- [Diefenbach et al. 2010] Diefenbach, Nikolaus (IWU); Cischinsky, Holger (IWU); Rodenfels, Markus (IWU); Clausnitzer, Klaus-Dieter (Bremer Energie Institut): Datenbasis Gebäudebestand. Datenerhebung zur energetischen Qualität und zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand; IWU – Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt 2010  
[www.iwu.de/forschung/gebäudebestand/sanierungsrate/](http://www.iwu.de/forschung/gebäudebestand/sanierungsrate/)
- [Großklos 2021] Großklos, Marc: Betriebserfahrungen zweier Passivhäuser im sozialen Wohnungsbau; in: Tagungsband der 25. Passivhaustagung 2021 vom 10.09.-15.09.2021, Online-Tagung und in Wuppertal; S. 97-102; Passivhaus Institut, Darmstadt 2021  
[https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/energie/neh\\_ph/2021\\_PHI\\_Grossklos\\_Betriebserfahrungen-zweier-Passivhaeuser-im-sozialen-Wohnungsbau.pdf](https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/energie/neh_ph/2021_PHI_Grossklos_Betriebserfahrungen-zweier-Passivhaeuser-im-sozialen-Wohnungsbau.pdf)
- [Großklos / Hacke 2022] Großklos, Marc; Hacke, Ulrike: Nebenkostenpauschalen und Budgets im Sozialen Wohnungsbau – Praxiserfahrungen; Konferenzband der 14. EffizienzTagung Bauen+Modernisieren 11./12.11.2022; Energie- und Umweltzentrum am Deister e.u.[z.], Hannover 2022  
[https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/energie/mobasy/2022\\_EffizienzTagung\\_Grossklos-Hacke\\_PassivhausSozialplus.pdf](https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/energie/mobasy/2022_EffizienzTagung_Grossklos-Hacke_PassivhausSozialplus.pdf)
- [Großklos et al. 2023] Großklos, Marc; Müller, André; Behem, Guillaume; Stein, Britta; Loga, Tobias; Swiderek, Stefan (2023): PassivhausSozialPlus – Gesamtbericht. Modellprojekt zum klimaneutralen Bauen und zur Minimierung der Nebenkosten im sozialen Wohnungsbau. IWU – Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, 2023
- [IWU-GTZ 2023] "Gradtagzahlen-Deutschland.xlsx" – Klimadaten deutscher Stationen; Excel-Tool; IWU - Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt 2023  
<https://www.iwu.de/publikationen/fachinformationen/energiebilanzen/>
- [Loga 2003] Loga, Tobias: Heizgrenztemperaturen für Gebäude unterschiedlicher energetischer Standards; in: Bauphysik 25 (2003) Heft 1 <http://dx.doi.org/10.1002/bapi.200300020>
- [Loga et al. 2005] Loga, Tobias; Diefenbach, Nikolaus; Knissel, Jens; Born, Rolf: Entwicklung eines vereinfachten, statistisch abgesicherten Verfahrens zur Erhebung von Gebäudedaten für die Erstellung des Energieprofils von Gebäuden („Kurzverfahren Energieprofil“); Untersuchung gefördert durch das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung; IWU – Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt 2005  
[www.iwu.de/forschung/energie/kurzverfahren-energieprofil/](http://www.iwu.de/forschung/energie/kurzverfahren-energieprofil/)
- [Loga et al. 2019] Loga, Tobias; Stein, Britta; Hacke, Ulrike; Müller, André; Großklos, Marc; Born, Rolf; Renz, Ina; Cischinsky, Holger; Hörner, Michael; Weber, Ines: Berücksichtigung des Nutzerverhaltens bei energetischen Verbesserungen; Hrsg.: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung

- (BBR); BBSR-Online-Publikation 04/2019; Bonn, März 2019 / ISSN 1868-0097 / [www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BBSROnline/2019/bbsr-online-04-2019-dl.pdf](http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BBSROnline/2019/bbsr-online-04-2019-dl.pdf)
- [Loga et al. 2020] Loga, Tobias; Großklos, Marc; Landgraf, Katrin: Klimadaten für die Realbilanzierung (MOBASY Teilbericht). Grundlagen des Tools „Gradtagzahlen-Deutschland.xls“; 73 S.; IWU- Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt 2020; ISBN 978-3-941140-66-0  
<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.25695.28324>  
[https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/energie/mobasy/2020\\_IWU\\_LogaGrossklosLandgraf\\_MOBASYTeilberichtKlimadatenRealbilanzierung.pdf](https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/energie/mobasy/2020_IWU_LogaGrossklosLandgraf_MOBASYTeilberichtKlimadatenRealbilanzierung.pdf)
- [Loga et al. 2021] Loga, Tobias; Großklos, Marc; Müller, André; Swiderek, Stefan; Behem, Guillaume: Realbilanzierung für den Verbrauch-Bedarf-Vergleich (MOBASY-Teilbericht). Realistische Bilanzierung und Quantifizierung von Unsicherheiten als Grundlage für den Soll-Ist-Vergleich beim Energieverbrauchscontrolling; IWU – Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt 2021; ISBN 978-3-941140-67-7;  
<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.22472.24328>  
[https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/energie/mobasy/2021\\_IWU\\_LogaEtAl\\_MOBASY-Realbilanzierung-Verbrauch-Bedarf-Vergleich.pdf](https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/energie/mobasy/2021_IWU_LogaEtAl_MOBASY-Realbilanzierung-Verbrauch-Bedarf-Vergleich.pdf)
- [Loga et al. 2022a] Loga, Tobias; Behem, Guillaume; Swiderek, Stefan; Stein, Britta: Verbrauchsbenchmarks für unterschiedliche Dämmstandards bei vermieteten Mehrfamilienhäusern (MOBASY-Teilbericht). Statistische Auswertung der MOBASY-Mehrfamilienhaus-Stichprobe; IWU – Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt 2022; ISBN 978-3-941140-73-8;  
<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.19851.98087>  
[https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/energie/mobasy/2022\\_IWU\\_Loga-EtAl\\_Verbrauchsbenchmarks-Daemmstandards\\_MOBASY.pdf](https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/energie/mobasy/2022_IWU_Loga-EtAl_Verbrauchsbenchmarks-Daemmstandards_MOBASY.pdf)
- [Loga et al. 2022b] Loga, Tobias; Stein, Britta; Behem, Guillaume: Use of Energy Profile Indicators to Determine the Expected Range of Heating Energy Consumption; Proceedings of the Conference "Central Europe towards Sustainable Building" 2022 (CESB22), 4 to 6 July 2022; Acta Polytechnica CTU Proceedings 38:470–477, 2022  
<https://ojs.cvut.cz/ojs/index.php/APP/article/view/8299/6839>
- [Loga / Stein 2022] Loga, Tobias; Stein, Britta: Zusammenhang Energieverbrauch und Dämmstandard bei Mehrfamilienhäusern; Konferenzband der 14. EffizienzTagung Bauen+Modernisieren 11./12.11.2022; Energie- und Umweltzentrum am Deister e.u.[z.], Hannover 2022  
[https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/energie/mobasy/2022\\_EffizienzTagung\\_Loga-Stein\\_Zusammenhang-Energieverbrauch-und-Daemmstandard-bei-MFH.pdf](https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/energie/mobasy/2022_EffizienzTagung_Loga-Stein_Zusammenhang-Energieverbrauch-und-Daemmstandard-bei-MFH.pdf)
- [PHPP 2017] Passivhaus Institut: Passivhaus-Projektierungspaket. Version 9.7. Passivhaus Institut, Darmstadt, 2017
- [Stein et al. 2023] Stein et al.: PassivhausSozialPlus – Messergebnisse der Fensteröffnungszeiten aus zwei Messjahren; Entwurf vom 19.04.2023 / Veröffentlichung in Vorbereitung
- [TABULA Calc Method 2013] Loga, Tobias; Diefenbach, Nikolaus: TABULA Calculation Method – Energy Use for Heating and Domestic Hot Water. Reference Calculation and Adaptation to the Typical Level of Measured Consumption; TABULA documentation; IWU – Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt / Germany – January 2013; ISBN 978-3-941140-31-8  
[www.episcopes.eu/fileadmin/tabula/public/docs/report/TABULA\\_CommonCalculationMethod.pdf](http://www.episcopes.eu/fileadmin/tabula/public/docs/report/TABULA_CommonCalculationMethod.pdf)

## A.2 Abbildungsverzeichnis

Bild 1:	Ergebnisse der Untersuchung für das Verbrauchsjahr 2021/2022 – Prognose in drei Varianten des Detaillierungsgrads von Eingangsdaten und Vergleich mit dem gemessenen Energieverbrauch .....	6
Bild 2:	Results of the study for the consumption year 2021/2022 / Estimation in three variants of the level of detail of input data and comparison with the actually measured energy consumption.....	8
Bild 3:	Schema der MOBASY-Realbilanzierung.....	11
Bild 4:	Modernisierter Altbau (Gebäude AB, links) und Neubau (Gebäude C, rechts) (Fotos: IWU).....	13
Bild 5:	Energieprofil-Formulare Gebäude AB (modernisiertes Bestandsgebäude) .....	14
Bild 6:	Energieprofil-Formulare Gebäude C (Neubau).....	16
Bild 7:	Berechnungsblatt zur Ermittlung der Unsicherheit der Bilanzierung / Beispiel Gebäude AB Var. 2 (die Blätter für alle Gebäude-Varianten finden sich im Anhang E) .....	24
Bild 8:	Ergebnisse der Untersuchung für die beiden Verbrauchsjahre VJ 20/21 und VJ 21/22 – Prognose des physikalischen Modells in drei Varianten des Detaillierungsgrads von Eingangsdaten und Vergleich mit dem gemessenen Energieverbrauch .....	25
Bild 9:	27	
Bild 10:	Verbrauch-Bedarf-Vergleich für das Gebäude AB Gegenüberstellung der drei Varianten der Daten-Detaillierung .....	29
Bild 11:	Verbrauch-Bedarf-Vergleich für das Gebäude C Gegenüberstellung der drei Varianten der Daten-Detaillierung .....	30
Bild 12:	Schrittweise Berücksichtigung von genaueren Daten – Ergebnisse für Gebäude AB.....	33
Bild 13:	Schrittweise Berücksichtigung von genaueren Daten – Ergebnisse für Gebäude C.....	34
Bild 14:	Beispiel für die Ermittlung der Unsicherheit des geschätzten U-Wertes beim Energieprofil (Außenwand des Gebäudes AB, Var. 1).....	49
Bild 15:	Kalkulationsblatt für die Ermittlung der Unsicherheit der Bilanzierung / Beispiel-Berechnung: Gebäude AB / Var. 1 .....	79
Bild 16:	Kalkulationsblatt für die Ermittlung der Unsicherheit der Bilanzierung / Beispiel-Berechnung: Gebäude AB / Var. 3 .....	80
Bild 17:	vereinfachtes lineares MOBASY-Modell für die Raumtemperatur: Abhängigkeit der „Heiztemperatur“ (Raumtemperatur tagsüber, direkt beheizte Räume) und der mittleren Raumtemperatur in der Heizzeit vom Gebäudestandard .....	94
Bild 18:	Messungen der Fensteröffnungszeit im PassivhausSozialPlus / Zusammenhang der mittleren täglichen Fensteröffnungsdauer mit der Außentemperatur (aus: [Stein et al. 2023], Entwurf vom 19.04.2023).....	101
Bild 19:	PHPP-Rechenblatt innere Wärmequellen für das Gebäude AB (Kennwerte bezogen auf Energiebezugsfläche nach PHPP).....	107
Bild 20:	PHPP-Rechenblatt innere Wärmequellen für das Gebäude C (Kennwerte bezogen auf Energiebezugsfläche nach PHPP).....	107
Bild 21:	Foto-Stichprobe Schließen von Rollläden (ein Wochentag im Februar 2021) .....	110
Bild 22:	Für die Bilanzierung des Verbrauchsjahrs VJ 20/21 verwendete Temperaturdaten (Quelle: Gradtagzahlen-Deutschland.xlsx [IWU-GTZ 2023]) .....	114
Bild 23:	Für die Bilanzierung des Verbrauchsjahrs VJ 20/21 verwendete Globalstrahlung an Heiztagen (Quelle: Gradtagzahlen-Deutschland.xlsx [IWU-GTZ 2023]) .....	115
Bild 24:	Für die Bilanzierung des Verbrauchsjahrs VJ 21/22 verwendete Temperaturdaten (Quelle: Gradtagzahlen-Deutschland.xlsx [IWU-GTZ 2023]) .....	116
Bild 25:	Für die Bilanzierung des Verbrauchsjahrs VJ 21/22 verwendete Globalstrahlung an Heiztagen (Quelle: Gradtagzahlen-Deutschland.xlsx [IWU-GTZ 2023]) .....	117

Bild 26:	Gebäude AB / Energieprofil-Indikatoren Gebäudehülle / Var. 1.....	126
Bild 27:	Gebäude AB / Energieprofil-Indikatoren Anlagentechnik / Var. 1 .....	127
Bild 28:	Gebäude AB / zusätzliche Angaben durch Experten / Var. 1 .....	128
Bild 29:	Gebäude C / Energieprofil-Indikatoren Gebäudehülle / Var. 1 .....	129
Bild 30:	Gebäude C / Energieprofil-Indikatoren Anlagentechnik / Var. 1.....	130
Bild 31:	Gebäude C / zusätzliche Angaben durch Experten / Var. 1.....	131
Bild 32:	Gebäude AB / detaillierte Daten Gebäudehülle / Var. 2 + 3 aus PHPP übersetzt in die detaillierten Eingaben des „EnergyProfile“-Tools .....	132
Bild 33:	Gebäude AB / detaillierte Daten Anlagentechnik / Var. 2 + 3 aus PHPP übersetzt in die detaillierten Eingaben des „EnergyProfile“-Tools .....	133
Bild 34:	Gebäude C / detaillierte Daten Anlagentechnik / Var. 2 + 3 aus PHPP übersetzt in die detaillierten Eingaben des „EnergyProfile“-Tools .....	135
Bild 35:	Kategorisierung der Datenquellen für Var. 1 (Gebäude AB und C) .....	136
Bild 36:	Kategorisierung der Datenquellen für Var. 2 (Gebäude AB und C) .....	137
Bild 37:	Kategorisierung der Datenquellen für Var. 3 (Gebäude AB und C) .....	138
Bild 38:	Definition der Klimadaten für beide Gebäude / alle Varianten.....	139
Bild 39:	Daten der Standard-Nutzung des MOBASY-Verbrauchscontrollings (Gebäude AB und C) / Var. 1 .....	140
Bild 40:	Daten der Standard-Nutzung des MOBASY-Verbrauchscontrollings / modifiziert bei den Randbedingungen Warmwasserbereitung (Gebäude AB und C) / Var. 2.....	141
Bild 41:	Datensatz für die Nutzung unter Einbeziehung der Informationen zur realen Nutzung / Gebäude AB / Var. 3 .....	142
Bild 42:	Datensatz für die Nutzung unter Einbeziehung der Informationen zur realen Nutzung / Gebäude C / Var. 3.....	143
Bild 43:	Verbrauchsdaten der beiden betrachteten Verbrauchsjahre Gebäude AB / Var. 1.....	144
Bild 44:	Verbrauchsdaten als Monatswerte / Gebäude AB / Var. 2 und 3 .....	145
Bild 45:	Einstellungen der Versionen für den Verbrauch-Bedarf-Vergleich / Gebäude AB / alle Varianten .....	146
Bild 46:	Verbrauchsdaten als Monatswerte / Gebäude C / Var. 2 und 3 (inhaltlich identisch mit Input Jahreswerte).....	148
Bild 47:	Einstellungen der Kanäle für den Verbrauch-Bedarf-Vergleich / Gebäude C / alle Varianten .....	149

### A.3 Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Messwerte für den Wärmeverbrauch Heizung und Warmwasser („H+W“) Verbrauchsjahre: „VJ 20/21“: Juli 2020 bis Juli 2021 / „VJ 21/22“: Juli 2021 bis Juli 2022 Verbrauchskennwerte bezogen auf Wohnfläche, TABULA-Referenzfläche und PHPP-Energiebezugsfläche (Erläuterung der Bezugsflächen in Anhang B.1) .....	19
Tab. 2:	Definition der drei Varianten des Detaillierungsgrads von Eingangsdaten .....	21
Tab. 3:	Berechnung des Endenergiebedarfs gemäß MOBASY-Realbilanz für die drei Varianten der beiden Gebäude (Langzeitklima am Standort) und Unsicherheit der Berechnung .....	23
Tab. 4:	Gegenüberstellung der Vergleichswerte des Energiebedarfs und des Energieverbrauchs für Heizung und Warmwasser für die drei Varianten der beiden Gebäude Energiebedarf gemäß MOBASY-Realbilanz mit Angabe der Unsicherheit der Berechnung .....	26

Tab. 5:	Erläuterung der Einzelschritte zur Berücksichtigung von genaueren Daten .....	32
Tab. 6:	Gebäudehüllfläche und Bewertung der Unsicherheit für die verschiedenen Varianten .....	46
Tab. 7:	U-Werte und Bewertung der Unsicherheit für die verschiedenen Varianten .....	48
Tab. 8:	Wärmebrückenzuschläge und Bewertung der Unsicherheit für die verschiedenen Varianten .....	51
Tab. 9:	Rechenwerte für die Raumtemperatur und Bewertung der Unsicherheit für die verschiedenen Varianten.....	53
Tab. 10:	Rechenwerte für den Luftaustausch durch Undichtigkeiten, durch Fensteröffnung sowie durch Betrieb der Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und Bewertung der Unsicherheit für die verschiedenen Varianten.....	55
Tab. 11:	Rechenwerte für die inneren Wärmequellen und Bewertung der Unsicherheit für die verschiedenen Varianten.....	58
Tab. 12:	Rechenwerte für die Fensterflächen und Reduktionsfaktoren solare Einstrahlung sowie Bewertung der Unsicherheit für die verschiedenen Varianten .....	61
Tab. 13:	zur Verfügung stehende Daten für die Außentemperatur .....	64
Tab. 14:	Vergleich der Gradtagzahlen GTZ 20/12 und Heiztage HT 12 (Heizgrenztemperatur 12°C) .....	66
Tab. 15:	Rechenwerte für Außentemperatur und Länge der Heizzeit sowie Bewertung der Unsicherheit für die verschiedenen Varianten.....	68
Tab. 16:	Rechenwerte für die Warmwasserzapfmengen sowie Bewertung der Unsicherheit für die verschiedenen Varianten.....	71
Tab. 17:	Randbedingungen für die Bilanzierung der Anlagentechnik bei den detaillierten Berechnungen von Var. und Var. 3.....	74
Tab. 18:	Rechenwerte für die Wärmeverluste des Wärmeversorgungssystems und Bewertung der Unsicherheit für die verschiedenen Varianten.....	75
Tab. 19:	Auswirkung der einzelnen Eingangsgrößen bzw. Bilanzbereiche auf die Unsicherheit des berechneten Energiebedarfs für die drei Varianten der beiden Gebäude .....	77
Tab. 20:	Erläuterung der Einzelschritte zur Berücksichtigung von genaueren Daten .....	81
Tab. 21:	Flächen .....	86
Tab. 22:	Thermische Hülle des modernisierten Altbaus (Gebäude AB), zusammengeführt aus der PHPP-Berechnung.....	87
Tab. 23:	Thermische Hülle des Neubaus (Gebäude C), zusammengeführt aus der PHPP-Berechnung .....	87
Tab. 24:	Pauschalwerte für die Wärmebrückenzuschläge gemäß TABULA-Verfahren .....	88
Tab. 25:	Längen der Bauteilanschlüsse und längenbezogene Wärmeverlustkoeffizienten des modernisierten Altbaus (Gebäude AB), zusammengeführt aus der PHPP-Berechnung .....	89
Tab. 26:	Längen der Bauteilanschlüsse und längenbezogene Wärmeverlustkoeffizienten des Neubaus (Gebäude C), zusammengeführt aus der PHPP-Berechnung.....	91
Tab. 27:	Nutzungsdaten Gebäude AB und C / Var. 1, 2 und 3.....	92
Tab. 28:	Parameter für das in MOBASY verwendete vereinfachte lineare Modell für die Raumtemperatur in der Heizzeit (Stützpunkte A und B); $\theta_{i,j}$ = Heiztemperatur (Raumtemperatur tagsüber direkt beheizte Räume); $F_{red}$ = Reduktionsfaktor; „SUH“ (single unit housing) = Ein- und Zweifamilienhäuser; „MUH“ (multi-unit housing) = Mehrfamilienhäuser (Datensätze im Blatt „Tab.Boundary.Cond“ in „tabula-values.xlsx“) .....	95
Tab. 29:	Monatsmittelwerte der in den Wohnungen gemessenen Raumtemperatur und Ableitung der mittleren Raumtemperatur im Heizbetrieb .....	96
Tab. 30:	Pauschalwerte für den Infiltrationsluftwechsel gemäß TABULA-Verfahren .....	97
Tab. 31:	Ermittlung des Infiltrationsluftwechsel gemäß PHPP für Gebäude AB (Altbau) .....	98
Tab. 32:	Ermittlung des Infiltrationsluftwechsel gemäß PHPP für Gebäude C (Neubau).....	98
Tab. 33:	Ergebnis der PHPP-Berechnung umgerechnet auf das TABULA-Referenzvolumen für beide Gebäude (Verwendung in Var. 2 und 3) .....	98

Tab. 34:	Pauschalwerte für den in MOBASY verwendeten Luftwechsel durch Fensteröffnung; „SUH“ (single unit housing) = Ein- und Zweifamilienhäuser; „MUH“ (multi-unit housing) = Mehrfamilienhäuser (Datensätze im Blatt „Tab.Boundary.Cond“ in „tabula-values.xlsx“) .....	99
Tab. 35:	Typische Eingangsgrößen und Spannen für die Nutzung differenziert nach Gebäudeart für zwei extrem auseinanderliegende energetische Standards (Tabelle aus [Loga et al. 2019]) .....	100
Tab. 36:	MOBASY-Pauschalwerte für Lüftungsanlagen (Tabelle „Tab.System.Vent“ in „tabula-values.xlsx“) .....	102
Tab. 37:	Aus der Anlagenplanung für die TABULA-Berechnung abgeleitete Anlagenluftwechsel für beide Gebäude (Verwendung in Var. 2 und 3) .....	103
Tab. 38:	Berechnung der inneren Wärmequellen nach PHPP für das Gebäude AB / Var. 2 und Korrektur der Berechnung mit dem real gemessenen Haushaltsstromverbrauch bei Var. 3 (Kennwerte bezogen auf TABULA-Referenzfläche) .....	105
Tab. 39:	Berechnung der inneren Wärmequellen nach PHPP für das Gebäude C / Var. 2 und Korrektur der Berechnung mit dem real gemessenen Haushaltsstromverbrauch bei Var. 3 (Kennwerte bezogen auf TABULA-Referenzfläche) .....	106
Tab. 40:	Gebäude AB / gegenüber Var. 2 korrigierte Ansätze für die inneren Wärmequellen bei Var. 3 .....	108
Tab. 41:	Gebäude C / gegenüber Var. 2 korrigierte Ansätze für die inneren Wärmequellen bei Var. 3 .....	108
Tab. 42:	Reduktionsfaktoren passive Solarenergienutzung .....	109
Tab. 43:	Eingabedaten für die Bilanzierung von Wärmeverteilung und Speicher im Gebäude AB / Var. 2 aus der PHPP-Berechnung (eigene Darstellung) .....	111
Tab. 44:	Eingabedaten für die Bilanzierung von Wärmeverteilung und Speicher im Gebäude C / Var. 2 aus der PHPP-Berechnung (eigene Darstellung) .....	111
Tab. 45:	Eingabedaten für die Bilanzierung von Wärmeverteilung und Speicher im Gebäude AB / Var. 3 aus der PHPP-Berechnung (eigene Darstellung) .....	112
Tab. 46:	Eingabedaten für die Bilanzierung von Wärmeverteilung und Speicher im Gebäude C / Var. 3 aus der PHPP-Berechnung (eigene Darstellung) .....	112
Tab. 47:	Zuordnung der Verbrauchsmessungen zu den Bilanzräumen für den Verbrauch-Bedarf-Vergleich (Auszug aus Tab. 48) .....	118
Tab. 48:	Schema der Verbrauchsmessung und der Übertragung in das MOBASY-Schema .....	119
Tab. 49:	Größen bzw. Bilanzbereiche für die eine Kategorisierung der Datenquellen vorgenommen wird .....	120
Tab. 50:	Kategorien für die Datenquellen für unterschiedlichen Größen bzw. Bilanzbereiche .....	121
Tab. 51:	Quantifizierung der Unsicherheit nach Klasse (erster Teil der Tabelle „Tab.Uncertainty.Levels“ aus „tabula-values.xlsx“) .....	121
Tab. 52:	Beschreibung der Kriterien für die Einstufung in die Unsicherheitsklassen (zweiter Teil der Tabelle „Tab.Uncertainty.Levels“ aus „tabula-values.xlsx“, textliche Beschreibung der im Tool verwendeten Algorithmen, diente als Grundlage für die Programmierung) .....	122

## Anhang B – Detaillierte Betrachtung der Bilanzierung und der damit verbundenen Unsicherheiten

### B.1 Flächen

#### Referenzflächen

In der vorliegenden Untersuchung wird in allen Ergebnistabellen und Diagrammen als Bezugsfläche die TABULA-Referenzfläche verwendet. Diese ist definiert als die beheizte Netto-Grundfläche bzw. Netto-Raumfläche (Brutto-Grundfläche minus Konstruktionsflächen) [TABULA Calc Method 2013]. Damit ist die Darstellung der Ergebnisse kompatibel zu den flächenbezogenen Kennwerten, die innerhalb des Bilanzverfahrens verwendet werden und in der Excel-Rechenmappe „EnergyProfile.xlsm“ als Zwischenergebnisse angezeigt werden (siehe Rechenblätter im Anhang E).

Da im MOBASY-Verbrauchscontrolling als Information seitens der Wohnungsunternehmen allein die beheizte Wohnfläche zur Verfügung steht, wird die Netto-Raumfläche bzw. TABULA-Referenzfläche in diesem Zusammenhang aus der Wohnfläche geschätzt, indem ein pauschaler Faktor von 1,1 angewendet wird.<sup>29</sup>

Für die beiden untersuchten Gebäude wurde jedoch im Zuge der Planung die Netto-Raumfläche (NRF) nach DIN 277 ermittelt, so dass die geschätzte NRF mit dem realen Wert verglichen werden kann: Beim Gebäude AB ist sie 1% größer, beim Gebäude C 11% kleiner (siehe Tab. 6). Das Verhältnis NRF zu Wohnfläche liegt für das Gebäude AB bei 1,09 und für das Gebäude C bei 1,23 (Tab. 6). Eine Ursache für den deutlich größeren Wert von Gebäude C (Neubau) ist die behindertengerechte Erschließung inklusive Fahrstuhl.

Grundsätzlich kann in der MOBASY-Realbilanzierung (bzw. in der Excel-Mappe „EnergyProfile.xlsm“) auch die reale NRF als Bezugsfläche verwendet werden. Da der Fokus der vorliegenden Parameterstudie jedoch eher auf energetischen Fragestellungen liegt, wurde darauf verzichtet bei der detaillierten Berechnung (Var. 2 und 3) die Referenzfläche zu ändern. Ansonsten wären die physikalischen Effekte im Vergleich der Varianten nur noch schwierig nachzuvollziehen gewesen.

---

<sup>29</sup> Anschaulich bedeutet das, dass zur Berücksichtigung der Grundfläche von nicht zur Wohnung gehörenden, aber innerhalb der thermischen Hülle liegenden Treppenhäusern und anderen Nebenflächen ein Pauschalanteil von 10% der Wohnfläche aufgeschlagen wird.

## Hüllflächen

Tab. 6 gibt einen Überblick über die Hüllflächen und deren Unsicherheiten. Die Hüllfläche wird bei Var. 1 entsprechend der Energieprofil-Methodik auf der Basis der folgenden geometrischen Grunddaten geschätzt: Wohnfläche, Anzahl Vollgeschosse, Anzahl angrenzende Nachbargebäude, Grundrisstyp, Beheizungssituation in Keller- und Dachgeschoss, Vorhandensein von Gauben etc. Wie oben beschrieben wurde angenommen, dass Energieprofil-Indikatoren auf Angaben des Gebäudeeigentümers bzw. einer Begehung beruhen. Da die Informationen zu den geometrischen Daten vollständig sind, erfolgt eine Einordnung in die Unsicherheitsstufe C mit einer relativen Unsicherheit<sup>30</sup> von  $\pm 15\%$ . Bei Var. 2 und 3 wurden die auf der Basis der Gebäudepläne (im Fall des Altbaus basierend auf einem Aufmaß) mit dem PHPP ermittelten Hüllflächen für die Energiebilanzierung verwendet. Da es sich bei beiden Gebäuden um qualitätsgesicherte Planungsdaten handelt, erfolgt eine Einstufung in Unsicherheitsklasse A mit einer relativen Unsicherheit von  $\pm 5\%$ .<sup>31</sup> Die mit dem PHPP detailliert ermittelten Teilflächen der thermischen Hülle finden sich im Anhang C.2.

Die detailliert ermittelte Hüllfläche ist beim Gebäude AB in Summe 7 % größer als der geschätzte Wert, beim Gebäude C ist sie 8 % größer (Tab. 6). Damit liegt sie in beiden Fällen innerhalb des Unsicherheitsbereichs<sup>32</sup> der Hüllflächenschätzung von  $\pm 15\%$  - die Schätzung ist somit konsistent mit den realen Daten.

Die Unsicherheit bei der Ermittlung der Hüllfläche hat eine Unsicherheit des Heizwärmebedarfs von ca.  $\pm 3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  beim Flächenschätzverfahren (Var. 1) und von ca.  $\pm 1 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  bei der detaillierten Ermittlung zur Folge. Der Heizwärmebedarf liegt infolge der Schätzung beim Gebäude AB um  $1,7 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  und beim Gebäude C um  $1,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  niedriger als der auf Basis detaillierter Hüllflächendaten ermittelte Wert.

---

<sup>30</sup> Die Kriterien für die Einordnung in Unsicherheitsstufen sowie die zugehörigen Zahlenwerte für die Unsicherheit sind im Anhang C.14 in Tab. 51 für alle relevanten Variablen dokumentiert.

<sup>31</sup> Die Unsicherheit spiegelt nicht nur die Messgenauigkeit beim Aufmaß bzw. bei der Umsetzung der Planung wider, sondern auch die Frage der Position der thermischen Hülle als Bilanzgrenze und mögliche Fehler bei Maßen oder bei der Berücksichtigung von Teilflächen.

<sup>32</sup> In diesem Unsicherheitsbereich werden bei Annahme einer Normalverteilung 68 % der Fälle erwartet.

**Tab. 6: Gebäudehüllfläche und Bewertung der Unsicherheit für die verschiedenen Varianten**

	Gebäude AB (Altbau)		Gebäude C (Neubau)		
	Energieprofil	PHPP	Energieprofil	PHPP	
	Var. 1	Var. 2 + 3	Var. 1	Var. 2 + 3	
<b>Grundfläche / Referenzfläche</b>					
Wohnfläche (WF)	1622	1622	1577	1577	m <sup>2</sup>
Netto-Raumfläche (NRF)		1764		1944	m <sup>2</sup>
TABULA-Referenzfläche	1784	1784	1735	1735	m <sup>2</sup>
PHPP Energiebezugsfläche		1662		1762	m <sup>2</sup>
TABULA-RF / NRF		1,01		0,89	
NRF / WF		1,09		1,23	
TABULA-RF / WF	1,10	1,10	1,10	1,10	
TABULA-RF / PHPP-AEB		1,07		0,98	
<b>Hüllfläche</b>					
	Hüllflächen-schätzung	detaillierte Ermittlung	Hüllflächen-schätzung	detaillierte Ermittlung	
<b>Bauteile</b>					
Dach	481	558	525	585	m <sup>2</sup>
oberste Geschossdecke	0	0	0	0	m <sup>2</sup>
Wand gegen außen	1349	1418	1102	1172	m <sup>2</sup>
Wand gegen Keller	98	65	0	0	m <sup>2</sup>
Wand gegen Erdreich	0	22	0	24	m <sup>2</sup>
Boden gegen Keller	481	464	0	0	m <sup>2</sup>
Boden gegen Erdreich	0	90	525	582	m <sup>2</sup>
Fenster 1	302	302	293	307	m <sup>2</sup>
Fenster 2	0	0	0	0	m <sup>2</sup>
Außentür	19	8	19	2	m <sup>2</sup>
<b>Summe</b>	<b>2730</b>	<b>2928</b>	<b>2465</b>	<b>2671</b>	m <sup>2</sup>
<b>Unsicherheit der Hüllflächenermittlung</b>					
<b>Unsicherheit der Hüllfläche</b>					
Unsicherheitsklasse	C	A	C	A	
relative Unsicherheit	±15%	±5%	±15%	±5%	
absolute Unsicherheit	±410	±146	±370	±134	m <sup>2</sup>
<b>Differenzen Var. 2 / 3 zu Var. 1</b>					
<i>relative Abweichung</i>		+7%		+8%	
<i>absolute Abweichung</i>		+198		+206	m <sup>2</sup>
<i>Differenz innerhalb des Unsicherheitsbereichs von Var. 1?</i>		ja		ja	
<b>Auswirkung der Unsicherheit auf die Energiebilanz</b>					
resultierende Unsicherheit des Heizwärmebedarfs	±3,6	±1,1	±2,9	±0,9	kWh/(m <sup>2</sup> a)

Kennwerte bezogen auf TABULA-Referenzfläche

## B.2 U-Werte

Tab. 7 zeigt die mit dem Energieprofil-Verfahren geschätzten U-Werte (Var. 1) und die mit PHPP detailliert berechneten U-Werte (Var. 2 und 3). Die Schätzung der U-Werte opaker Bauteile (Dach, Wand, Fußboden) erfolgt im Prinzip auf der Basis der Energieprofil-Indikatoren Baualter Gebäude, Art der Konstruktion (massiv, Holz), Dämmstärke und Flächenanteil der Dämmung (siehe [Loga et al. 2021] Anhang D.1). Für die Dämmstärke wurde aus den Planungsdaten ein Mittelwert je Bauteiltyp gebildet. Die mittleren nominalen Dämmstärken sind (siehe Bild 5 und Bild 6):

- Gebäude AB: Dach 34,7 cm, Außenwand 29,0 cm, Kellerdecke: 22,7 cm
- Gebäude C: Dach 40,0 cm, Außenwand 30,0 cm, Kellerdecke: 30,0 cm

Die Wärmeleitfähigkeiten der Dämmung sind zwar aus der Planung bekannt, jedoch wurden sie im Energieprofil nicht angesetzt, damit Var. 1 den Standardfall des MOBASY-Verbrauchscontrollings (Daten vom Gebäudeeigentümer bzw. Begehung) abbildet. Die im Energieprofil verwendeten Pauschalwerte sind nach Zeiträumen der Umsetzung der Dämmung differenziert. Für die hier betrachteten Dämmmaßnahmen werden pauschale Wärmeleitfähigkeiten von 0,030 W/(m·K) für das Flachdach und von 0,035 W/(m·K) für Außenwand, Kellerdecke und Fußboden angesetzt.

Die mit dem PHPP im Zuge der Planung detailliert für alle unterschiedlichen Teilflächen ermittelten U-Werte finden sich in aggregierter Form in Tab. 7 Spalten „PHPP“ (detaillierte Datentabelle in Anhang C.2).

Für die Fenster und Außentüren wird im Energieprofil-Verfahren entsprechend der Charakterisierung (3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung, gedämmter Rahmen) ein pauschaler U-Wert von 0,8 W/(m<sup>2</sup>K) angesetzt.<sup>33</sup> Demgegenüber liegen die per PHPP je Fenster entsprechend seiner Größe und seines Rahmenanteils detailliert ermittelten U-Werte im Mittel bei etwa 0,73 – bei den Außentüren bei 1,5 (AB) bzw. 1,2 (C) W/(m<sup>2</sup>K).

Die Einstufung der Unsicherheit der U-Wert-Schätzung für die opaken Bauteile erfolgt separat nach Eingangsgröße (Ausgangs-U-Wert; Flächenanteil; Dämmstärke; Wärmeleitfähigkeit) – Bild 14 zeigt als Beispiel den Fall der Außenwand (Gebäude AB) bei Var. 1, welche in Tab. 7 mit der Unsicherheitseinstufung DCCD dargestellt ist.<sup>34</sup> Die daraus resultierende Unsicherheit des mittlere U-Wertes liegt für beide Gebäude bei ca. ± 10 % (Tab. 7). Die detailliert ermittelten Werte liegen jeweils innerhalb der Unsicherheitsspannen der Schätzung. Die Unsicherheit der detaillierten U-Wert-Berechnung mit PHPP wird in Klasse A eingestuft (Planung + Qualitätssicherung, vollständige Daten) und damit auf ± 3 % geschätzt.

Die durch die U-Wert-Schätzung verursachte Unsicherheit des Heizwärmebedarfs wird zu ca. ± 2 kWh/(m<sup>2</sup>a) ermittelt (Var. 1), bei der detaillierten Berechnung von U-Werten (Var. 2 / 3) liegt der Wert bei ± 0,6 kWh/(m<sup>2</sup>a).

<sup>33</sup> siehe [Loga et al. 2021] Abschnitt C.6

<sup>34</sup> Die Einstufung in Klassen und die Zuordnung von Unsicherheitswerten erfolgt auf Basis der Angaben in Tab. 51 in Anhang C.14. Weitere Erläuterungen zur U-Wert-Schätzung und deren Unsicherheit finden sich in [Loga et al. 2021] – opake Bauteile in Abschnitt 3.2.2, Fenster in Abschnitt 3.3.3.

**Tab. 7: U-Werte und Bewertung der Unsicherheit für die verschiedenen Varianten**

	Gebäude AB (Altbau)		Gebäude C (Neubau)		
	Energieprofil	PHPP	Energieprofil	PHPP	
	Var. 1	Var. 2 + 3	Var. 1	Var. 2 + 3	
<b>Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte)</b>					
	<b>U-Wert-Schätzung</b>	<b>detaillierte Ermittlung</b>	<b>U-Wert-Schätzung</b>	<b>detaillierte Ermittlung</b>	
<b>Bauteile</b>					
Dach	0,081	0,090	0,070	0,085	W/(m <sup>2</sup> K)
oberste Geschossdecke	-	-	-	-	W/(m <sup>2</sup> K)
Wand gegen außen	0,110	0,113	0,104	0,112	W/(m <sup>2</sup> K)
Wand gegen Keller	0,110	0,269	-	-	W/(m <sup>2</sup> K)
Wand gegen Erdreich	-	0,113	-	0,112	W/(m <sup>2</sup> K)
Boden gegen Keller	0,131	0,121	-	-	W/(m <sup>2</sup> K)
Boden gegen Erdreich	-	0,222	0,104	0,101	W/(m <sup>2</sup> K)
Fenster 1	0,800	0,720	0,800	0,734	W/(m <sup>2</sup> K)
Fenster 2	-	-	-	-	W/(m <sup>2</sup> K)
Außentür	0,800	1,500	0,800	1,202	W/(m <sup>2</sup> K)
<b>Bedeutung für die Energiebilanz</b>					
<b>Wärmeleitwert</b>	481	489	428	439	W/K
<i>pro m<sup>2</sup> Hüllfläche (= mittlerer U-Wert)</i>	0,176	0,167	0,174	0,164	W/(m <sup>2</sup> K)
<i>pro m<sup>2</sup> TABULA-Referenzfläche</i>	0,270	0,274	0,247	0,253	W/(m <sup>2</sup> K)
<b>jährliche Wärmeverluste Transmission</b>	38312	34828	33840	31741	kWh/a
<i>pro m<sup>2</sup> TABULA-Referenzfläche</i>	21,5	19,5	19,5	18,3	kWh/(m <sup>2</sup> a)
<i>wie oben, bei Ansatz der gleichen Hüllfläche (von Var. 2/3)</i>	23,0	19,5	21,1	18,3	kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Unsicherheit der U-Wert-Ermittlung</b>					
<b>Unsicherheitsklassen *</b>					
Dach	DCCD	A	BCCC	A	
Außenwand	DCCD	A	BCCC	A	
Fußboden	DCCD	A	BCCC	A	
Fenster	C	A	C	A	
<b>resultierende relative Unsicherheiten</b>					
Dach	±20%	±5%	±12%	±5%	
Außenwand	±20%	±5%	±13%	±5%	
Fußboden	±19%	±5%	±13%	±5%	
Fenster	±15%	±5%	±15%	±5%	

	Gebäude AB (Altbau)		Gebäude C (Neubau)		
	Energieprofil	PHPP	Energieprofil	PHPP	
	Var. 1	Var. 2 + 3	Var. 1	Var. 2 + 3	
<b>Unsicherheit des mittleren U-Wertes</b>					
relative Unsicherheit	±10%	±3%	±10%	±3%	
absolute Unsicherheit	±0,017	±0,005	±0,018	±0,005	W/(m²K)
<i>Differenz Rechenwert Var. 2 / 3 zu Var. 1</i>		-0,009		-0,009	W/(m²K)
<i>Differenz innerhalb des Unsicherheitsbereichs von Var. 1?</i>		ja		ja	
<b>Auswirkung der Unsicherheit auf die Energiebilanz</b>					
resultierende Unsicherheit des Heizwärmebedarfs	±2,1	±0,6	±2,0	±0,6	kWh/(m²a)

Kennwerte bezogen auf TABULA-Referenzfläche

\*) Unsicherheitsklassen Var. 1 (Energieprofil) bestehen aus vier Teilen: (1) Ausgangs-U-Wert; (2) Flächenanteil; (3) Dämmstärke; (4) Wärmeleitfähigkeit

**Bild 14:** Beispiel für die Ermittlung der Unsicherheit des geschätzten U-Wertes beim Energieprofil (Außenwand des Gebäudes AB, Var. 1)

Uncertainty of U-values (opaque constructions)	Quantity	Unit	Value	Uncertainty		Sensitivity of U-value to change of quantity	Resulting uncertainty of effective U-value		Relevance of quantity for total uncertainty	
				Category			absolute	relative		
				absolute	relative					
<b>Wall 1</b>	Surface area									
	1349	m²								
U-value original construction	U <sub>0,r</sub>	W/(m²K)	1,30	D	+/- 0,39	+/- 30%	0,007	+/- 0,003	+/- 3%	2%
Area fraction with insulation	f <sub>Ins</sub>	-	1,00	C			-1,190	+/- 0,000	+/- 0%	0%
Insulation thickness	d <sub>Ins</sub>	m	0,29	C	+/- 0,02	+/- 7%	-0,348	+/- 0,007	+/- 6%	10%
Thermal conductivity of insulation	λ <sub>Ins</sub>	W/(m·K)	0,035	D	+/- 0,007	+/- 20%	2,887	+/- 0,020	+/- 18%	88%
			<b>Effective U-Value</b>					<b>Uncertainty</b>		
<b>Resulting U-value</b>	0,11	Insulated part	W/(m²K)	<b>0,11</b>				<b>+/- 0,02</b>	<b>+/- 20%</b>	(100%)

### B.3 Bauteilanschlüsse / Wärmebrücken

Tab. 8 gibt einen Überblick über die quantitative Einordnung der gegenüber ungestörten Bauteilen durch geometrische oder konstruktive Effekte zusätzlich entstehenden Wärmeströme und deren Unsicherheiten.

**Var. 1:** Bei der sich nur auf die Energieprofil-Angaben stützenden Variante 1 werden die in Anhang C.3 in Tab. 24 dargestellten Wärmebrückenzuschläge bezogen auf die thermische Hüllfläche verwendet. Im Regelfall erfolgt eine (automatische) pauschale Einordnung auf der Grundlage der Eingaben im Basis-Fragebogen zu Modernisierungsmaßnahmen an der Hülle. Bei Bedarf kann eine Einstufung der Bauteilanschlüsse bzw. Wärmebrücken(situation) auch manuell durch einen Experten auf der Grundlage der Informationen des Gebäudeeigentümers und einer Begehung sowie unter Berücksichtigung der im Anhang C.3 Tab. 24 genannten Kriterien erfolgen. Eine solche visuelle Einstufung auf der Basis einer Begehung wurde bei den vorliegenden Gebäuden angenommen. Die Wärmebrückenwirkung wird entsprechend den genannten Kriterien beim modernisierten Altbau (Gebäude AB) in die Kategorie „VeryLow“<sup>35</sup> eingeordnet und mit einem Zuschlagswert von  $0,02 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  versehen. Beim Neubau wird sie in die Kategorie „Minimal“<sup>36</sup> eingestuft, was einem Zuschlag von  $0,00 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  entspricht.

Die Unsicherheit der Pauschalwerte von Var. 1 wird entsprechend den MOBASY-Ansätzen geschätzt (siehe Tab. 51 des Anhangs C.14). Für das modernisierte Bestandsgebäude (Gebäude AB) wird die Unsicherheit in Klasse C eingestuft, da eine Begehung des Altbaus vorgenommen wurde (Unsicherheit des Rechenwertes  $\pm 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ). Die Unsicherheit der Wärmebrücken-Pauschalbewertung des Gebäude C wird in Klasse B eingestuft (Unsicherheit  $\pm 0,02 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ), da es sich um einen Neubau handelt, an den entsprechend den gesetzlichen Vorgaben Anforderungen an die Vermeidung von Wärmebrücken gelten.

**Var. 2 + 3:** Im Zuge der PHPP-Projektierung wurden zweidimensionale Wärmebrückenberechnungen für alle Bauteilanschlüsse durchgeführt und die zugehörigen Längen erfasst (Einzelwerte in Tab. 25 und Tab. 26 im Anhang C.3). Der daraus ermittelte auf die gesamte Hüllfläche bezogene Zuschlagswert beträgt  $0,018 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  für den Altbau (Gebäude AB) und  $0,002 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  für den Neubau (Gebäude C). Die Zahlenwerte werden entsprechend der Einstufung in Klasse A (Planung mit Qualitätssicherung) mit einer Unsicherheit von  $\pm 0,010 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  bewertet.

Durch die Pauschalwerte der Energieprofil-Berechnung (Var. 1) werden die tatsächlichen Werte (Var. 2 bzw. 4) sehr gut getroffen. Allerdings lässt die den Pauschalwerten zugeordnete Unsicherheit vermuten, dass dies ein Zufall ist.

Die Unsicherheit der pauschalierten Wärmebrückenbewertung (Var. 1) wirkt sich auf die Unsicherheit des Heizwärmebedarfs wie folgt aus: Für den Altbau (Gebäude AB) beträgt diese  $\pm 6,0 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , für den Neubau (Gebäude C) ist sie mit  $\pm 2,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  deutlich geringer. Die detaillierte Wärmebrückenberechnung (für Var. 2 und 3) reduziert die Unsicherheit des Heizwärmebedarfs auf jeweils  $\pm 1,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  (beide Gebäude).

---

<sup>35</sup> Kriterium für die Einstufung in „VeryLow“ gemäß Tab. 24: keine relevanten Durchdringungen der Hüllfläche mit Elementen deutlich höherer Wärmeleitfähigkeit; z.B.: (1) unsanierte Altbauten mit nur wenig Stahl- oder Beton-Elementen; (2) Best-Practice-Modernisierungen mit minimierten Wärmebrücken

<sup>36</sup> Kriterium für die Einstufung in „Minimal“ gemäß Tab. 24: keine Durchdringungen der Hüllfläche mit Elementen deutlich höherer Wärmeleitfähigkeit; z.B.: (1) unsanierte Altbauten ohne Stahl- oder Beton-Elemente; (2) Best-Practice-Neubauten mit minimierten Wärmebrücken

**Tab. 8: Wärmebrückenzuschläge und Bewertung der Unsicherheit für die verschiedenen Varianten**

	Gebäude AB (Altbau)		Gebäude C (Neubau)		
	Energieprofil	PHPP	Energieprofil	PHPP	
	Var. 1	Var. 2 + 3	Var. 1	Var. 2 + 3	
<b>Wärmebrückenzuschläge</b>					
	<b>Pauschalwerte</b>	<b>detaillierte Ermittlung</b>	<b>Pauschalwerte</b>	<b>detaillierte Ermittlung</b>	
<b>Wärmebrückenzuschlag</b>					
Zuschlag auf den mittleren U-Wert der Gebäudehülle	0,020	0,018	0,000	0,002	W/(m <sup>2</sup> K)
Ermittlung des Zuschlags	Pauschalwert aus Einstufung „VeryLow“	2D-WB-Berechnung + Längen	Pauschalwert aus Einstufung „Minimal“	2D-WB-Berechnung + Längen	
<b>Bedeutung für die Energiebilanz</b>					
<b>Kennwerte bezogen auf TABULA-Referenzfläche</b>					
Wärmeleitwert Transmission gesamt	0,30	0,29	0,25	0,25	W/K/m <sup>2</sup>
davon zugeordnet zu Bauteilanschlüssen / Wärmebrücken	0,03	0,03	0,00	0,00	W/K/m <sup>2</sup>
relativer Anteil	10%	10%	0%	1%	
jährliche gegenüber ungestörten Bauteilen zusätzliche Transmissionswärmeverluste	2,41	2,21	0,00	0,23	kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Unsicherheitsbewertung der Wärmebrückenzuschläge</b>					
<b>Unsicherheit der Wärmebrückenzuschläge</b>					
Unsicherheitsklasse	C	A	B	A	
zugehöriger Unsicherheitsbereich	±0,050	±0,010	±0,020	±0,010	W/(m <sup>2</sup> K)
<b>Differenzen Var. 2 / 3 zu Var. 1</b>					
<i>Differenz der Wärmebrücken-Zuschläge</i>		-0,002		+0,002	W/(m <sup>2</sup> K)
<i>Differenz innerhalb des Unsicherheitsbereichs von Var. 1?</i>		ja		ja	
<b>Auswirkung der Unsicherheit auf die Energiebilanz</b>					
resultierende Unsicherheit des Heizwärmebedarfs	±6,0	±1,2	±2,2	±1,2	kWh/(m <sup>2</sup> a)

Kennwerte bezogen auf TABULA-Referenzfläche

## B.4 Raumtemperaturen

Die bei den verschiedenen Varianten angesetzten Raumtemperaturen und deren Unsicherheiten zeigt Tab. 9. Als Pauschalwert wird bei Var. 1 und 2 entsprechend dem MOBASY-Nutzungsprofil (siehe Anhang C.5) ein Wert von 22,1 °C als Raumtemperatur tagsüber in den Wohnungen angesetzt. Der pauschale Reduktionsfaktor für Nachtabsenkung und räumliche Teilbeheizung liegt bei diesem Gebäudestandard bei 0,96. Daraus ergibt sich bei beiden Gebäuden für Var. 1 und 2 jeweils eine mittlere Innentemperatur in der Heizzeit von etwa 21,5 °C mit einer Unsicherheit von  $\pm 1,0$  K (Unsicherheitsklasse C, gültig für Mehrfamilienhäuser bei Kenntnis des energetischen Gebäudestandards). Die Unsicherheit hat einen Einfluss von  $\pm 6$  % auf die Berechnung der Wärmeverluste.

Bei Var. 3 fließen entsprechend dem in Abschnitt 2.1 dargestellten Schema bei den Nutzungsbedingungen die Messdaten mit ein. Die flächen- und verbrauchsgewichtete mittlere Temperatur in den Wohnungen während des Heizbetriebs wurde zu 22,4 °C ermittelt (siehe Anhang C.5). Hierzu wurden die Monatsmittelwerte aller Temperaturfühler bestimmt und anschließend entsprechend der Fläche der jeweiligen Räume gewichtet. Um die für den Heizwärmeverbrauch maßgebliche Innentemperatur zu bestimmen, wurden die mittleren Monatswerte der Wohnungstemperaturen mit dem Heizenergieverbrauch gewichtet (siehe Tab. 29 im Anhang C.5). Da die Temperatur in den (innerhalb der thermischen Hülle liegenden) Treppenhäusern nicht gemessen wurde, wird zusätzlich ein Korrekturfaktor für die räumliche Teilbeheizung angesetzt, der auf 0,99 geschätzt wird.<sup>37</sup> Die für die Bilanzierung relevante mittlere Innentemperatur in der Heizzeit ermittelt sich so bei beiden Gebäuden zu 22,1 °C. Bezüglich der Unterschiede der mittleren Außentemperatur in der Heizzeit siehe Anhang B.8)

Die Unsicherheit der Temperaturmessung in den beiden Gebäuden wird auf  $\pm 0,1$  K geschätzt (Unsicherheitsklasse A). Die Messfühler selbst haben entsprechend Herstellerangaben eine Unsicherheit von  $\pm 0,5$  K. 68% der Messfühler messen also einen Temperaturwert, der um maximal 0,5 K vom wahren Wert abweicht. Unter der Annahme, dass die Abweichung je Fühler zufällig auftritt, kann damit die Unsicherheit bestimmt werden: Für eine Anzahl von 25 Fühlern würde sich nach Fehlerfortpflanzungsgesetz ein Wert von  $\pm 0,1$  K ergeben, also der für Klasse A angesetzte pauschale Wert.<sup>38</sup>

Hinzu kommt die Frage, wie repräsentativ die im Mittel gemessene Temperatur für die für die Wärmeverluste (entsprechend dem verwendeten physikalischen Modell) verantwortliche mittlere Temperatur ist. Dies ist nur sehr schwer abzuschätzen und wurde hier daher nicht berücksichtigt

Gegenüber diesem auf Messungen basierenden Wert liegt der Pauschalwert entsprechend dem MOBASY-Nutzungsprofil um 0,6°C niedriger – die Abweichung des gemessenen Wertes vom Pauschalwert liegt damit innerhalb des Ansatzes für die Unsicherheit der Pauschalwerte von  $\pm 1,0$  K.

---

<sup>37</sup> Abschätzung des Reduktionsfaktors, der die nicht direkt beheizten Flächen des in der thermischen Hülle befindlichen Treppenhauses berücksichtigt: Der Wärmedurchgangswiderstand von den Wohnungen in das Treppenhaus ist etwa 10-mal kleiner als der von den Wohnungen über das Treppenhaus nach außen. Entsprechend fällt etwa ein Zehntel der Temperaturdifferenz zwischen Wohnungen und Treppenhaus ab, was einer relativen Minderungswirkung von 10% für das Treppenhaus entspricht (und etwa 1,5 °C niedrigere Temperaturen im Treppenhaus). Da die Treppenhausflächen etwa 10 % der Nettogrundfläche der Gebäude umfasst, ergibt sich für das gesamte Gebäude eine relative Minderung von  $0,1 * 0,1 = 0,01$ .

<sup>38</sup> Selbst bei einer größeren Anzahl von Fühlern wird die Genauigkeit kaum kleiner sein, da der für die Kalibrierung der im Projekt eingesetzten Messfühler herstellenseits verwendete Temperaturfühler ebenfalls eine Unsicherheit hat.

**Tab. 9: Rechenwerte für die Raumtemperatur und Bewertung der Unsicherheit für die verschiedenen Varianten**

	Gebäude AB (Altbau)		Gebäude C (Neubau)		
	Energieprofil	PHPP	Energieprofil	PHPP	
	Var. 1	Var. 3	Var. 1	Var. 3	
<b>Ansätze für die Raumtemperatur in der Heizzeit</b>					
	<b>Pauschalwerte</b>	<b>Messdaten</b>	<b>Pauschalwerte</b>	<b>Messdaten</b>	
	(Var. 1 + 2)		(Var. 1 + 2)		
<b>Raumtemperatur tagsüber im beheizten Bereich</b>	<b>22,1</b>	<b>22,4</b>	<b>22,1</b>	<b>22,4</b>	<b>°C</b>
Art der Raumtemperatur	tagsüber in den direkt beheizten Räumen	gesamte Heizzeit (tags und nachts) in den direkt beheizten Räumen	tagsüber in den direkt beheizten Räumen	gesamte Heizzeit (tags und nachts) in den direkt beheizten Räumen	
Reduktionsfaktor	0,960	0,905	0,960	0,905	
Art des Reduktionsfaktors	Nachtabsenkung + räumliche Teilbeheizung	räumliche Teilbeheizung (Treppenhäuser)	Nachtabsenkung + räumliche Teilbeheizung	räumliche Teilbeheizung (Treppenhäuser)	
<b>effektive Raumtemperatur</b>	<b>21,4</b>	<b>22,1</b>	<b>21,5</b>	<b>22,1</b>	<b>°C</b>
<b>Unsicherheit Raumtemperatur</b>					
Unsicherheitsklasse	C	A	C	A	
zugehörige Unsicherheit der Raumtemperatur	±1,0	±0,1	±1,0	±0,1	K
<b>Differenzen Var. 3 zu Var. 1</b>					
effektive Raumtemperatur	21,4	22,1	21,5	22,1	°C
<i>Differenz</i>		+0,7		+0,6	K
<i>Differenz innerhalb des Unsicherheitsbereichs von Var. 1?</i>		ja		ja	
<b>Bedeutung für die Energiebilanz</b>					
Ermittlung Außentemperatur	DWD-Wetterstationen	Messstation Gebäude	DWD-Wetterstationen	Messstation Gebäude	
Außentemperatur in der Heizzeit	5,1	6,6	5,1	6,6	°C
Temperaturdifferenz zur Berechnung der Wärmeverluste	16,3	15,5	16,3	15,5	K
<b>relative Unsicherheit der Temperaturdifferenz, bedingt durch die Unsicherheit der Raumtemperatur</b>	<b>±6%</b>	<b>±1%</b>	<b>±6%</b>	<b>±1%</b>	

## B.5 Luftaustausch durch Infiltration, Fensteröffnung und mechanische Lüftung

Tab. 10 gibt einen Überblick über die Ansätze der Berechnung der Lüftungswärmeverluste, differenziert nach den Beiträgen durch Undichtigkeiten, durch Fensteröffnung und durch den Betrieb der Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung. Es sind hier zur Vereinfachung nur Var. 1 und Var. 3 dargestellt. Var. 2 ist bezüglich der Fensteröffnung identisch zu Var. 1, bezüglich Infiltration und Anlagenluftwechsel identisch mit Var. 3.

Bei der Infiltration wird im Energieprofilverfahren ähnlich wie bei den Wärmebrücken im Regelfall eine automatische Einordnung entsprechend den im Basis-Fragebogen gemachten Angaben vorgenommen. Auch hier gibt es die Alternative der manuellen Einordnung durch Experten auf Basis der Angaben des Gebäudeeigentümers und einer Begehung, die hier bei Var. 1 angewendet wird. Die Infiltration wird gemäß den in Anhang C.6 Tab. 30 dargestellten Kriterien in der Var. 1 für beide Gebäude in die Gruppe „Minimal“<sup>39</sup> eingestuft. Bei 3 werden die PHPP-Werte für den Infiltrationsluftwechsel in der Heizperiode verwendet, die im PHPP aus den Blower-Door-Messergebnissen abgeleitet werden. (Da dies ein bereits vor Beginn der Gebäudenutzung bekannter Wert ist, wurde sie auch für Var. 2 angesetzt.)

Der Luftwechsel durch Fensteröffnung wird in Var. 1 und 2 gemäß Standardnutzungsprofil des MOBASY-Verbrauchscontrollings angesetzt. Bei Vorhandensein einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG) liegt der Pauschalwert bei 0,1 1/h (siehe Anhang C.7). Um die Nutzungszeit in Var. 3 abzubilden, wird ausgehend von den Messdatenauswertungen des Teils der Wohnungen, die mit Fensterkontakten ausgestattet sind [Stein et al. 2023], ein effektiver Wert für die Heizperiode von 0,2 1/h geschätzt.<sup>40</sup>

Für den Anlagenluftwechsel wird bei Var. 1 das Standardnutzungsprofil für Mehrfamilienhäuser angesetzt: der Pauschalwert liegt bei 0,35 1/h (siehe Anhang C.8). Aus der Anlagenplanung ergibt sich gemäß PHPP-Berechnung ein Jahresmittelwert des geförderten Luftvolumens von 1.768 m<sup>3</sup>/h für Gebäude AB und 2.310 m<sup>3</sup>/h für Gebäude C, was einem Luftwechsel von etwa 0,40 1/h bzw. 0,53 1/h entspricht (Ansatz für Var. 2). In der PHPP-Berechnung wurde der Auslegungsluftvolumenstrom mit einem Reduktionsfaktor von 0,73 multipliziert, um den Mittelwert über die Heizzeit abzubilden. Der Anlagenluftwechsel war zwar nicht Gegenstand des Messprogramms, aber die erfassten Einstellungen der Lüftungsregler in den Wohnungen deuten auf eine Reduktion des Auslegungsluftvolumenstroms um 15% bis 30% hin [Großklos et al. 2023]. Da die Messwerte also nicht im Widerspruch zum Rechenansatz stehen, wird der Anlagenluftwechsel von Var. 3 (Betrieb) gleich dem Wert von Var. 2 (Planung) gesetzt.

Die Unsicherheit des Wärmeverlust-äquivalenten Luftwechsels wird ohne Informationen zum tatsächlichen Verhalten bei MFH pauschal in Klasse C eingestuft, der ein Unsicherheitsbereich von  $\pm 0,15$  1/h zugeordnet ist (Var. 1 + 2). Da aus Messungen in einem Teil der Wohnungen Anhaltspunkte für die Fensteröffnung vorliegen, erfolgt in Var. 3 die Einstufung in Klasse B mit einem Unsicherheitsbereich von  $\pm 0,10$  1/h.

Neben der Fensteröffnung hat bei Lüftungsanlagen mit Wärmetauschern auch die Effizienz der Wärmerückgewinnung einen großen Einfluss auf den Energiebedarf. Im Energieprofil wird hier nur das Vorhandensein abgefragt und dann mit einem Pauschalwert des Wärmebereitstellungsgrades von 70 % gerechnet. Die Unsicherheit wird in Klasse C eingeordnet und damit ein relativer Unsicherheitsbereich von  $\pm 20$  % (bezogen auf den Nutzungsgrad) bewertet. Für Var. 3 werden die jeweiligen Planungswerte aus PHPP verwendet, die relative Unsicherheit der rückgewonnenen Wärme auf  $\pm 10$  % geschätzt.

Die Unsicherheiten dieser einzelnen für die Lüftungswärmeverluste bestimmenden Größen bewirken eine Gesamtunsicherheit des Heizwärmebedarfs von ca.  $\pm 11$  kWh/(m<sup>2</sup>a) im Fall von Var. 1 und von ca.  $\pm 7$  kWh/(m<sup>2</sup>a) im Fall von Var. 3.

<sup>39</sup> Kriterium für die Einstufung gemäß Tab. 30: Massivbauten mit massiven Decken und sehr dichten Fenstern

<sup>40</sup> Hierbei wird von dem in [Loga et al. 2019] dargestellten Zusammenhang zwischen Fensteröffnungszeit und Luftwechsel ausgegangen. Dabei wird noch ein Reduktionsfaktor auf den Luftwechsel angewendet, der auf 0,4 geschätzt wird, um verschiedene abmildernde Effekte einzubeziehen: zusätzliche Betätigung von Rollläden tags und nachts, geringer Öffnungsquerschnitt der Passivhausfenster im gekippten Zustand, sehr dichtes Haus und dichte Wohnungstüren, mögliche Fehler bei der Ermittlung der gedrehten Fensterstellung aus der Griff-Stellung (nicht ganz nach unten bewegt), siehe [Stein et al. 2023].

**Tab. 10: Rechenwerte für den Luftaustausch durch Undichtigkeiten, durch Fensteröffnung sowie durch Betrieb der Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und Bewertung der Unsicherheit für die verschiedenen Varianten**

	Gebäude AB (Altbau)		Gebäude C (Neubau)		
	Energieprofil	PHPP	Energieprofil	PHPP	
	Var. 1	Var. 3	Var. 1	Var. 3	
<b>Luftwechsel</b>					
	<b>Pauschalwerte</b>	<b>detaillierte Ermittlung</b>	<b>Pauschalwerte</b>	<b>detaillierte Ermittlung</b>	
Referenzluftvolumen (TABULA), Bezugsgröße für diese Tabelle	4461	4461	4336	4336	m <sup>3</sup>
zum Vergleich: PHPP-Referenzluftvolumen		4155		4404	m <sup>3</sup>
<b>Luftwechsel in der Heizperiode (bezogen auf TABULA Referenzvolumen)</b>					
Infiltration	0,050	0,036	0,050	0,020	1/h
Werte basieren auf	Pauschalwert Einstufung „Minimal“	Ergebnis Blower-Door-Test	Pauschalwert Einstufung „Minimal“	Ergebnis Blower-Door-Test	
Fensteröffnung	0,100	0,200	0,100	0,200	1/h
Werte basieren auf	Standard-nutzungsprofil	Abschätzung aus Messungen Fensteröffnung	Standard-nutzungsprofil	Abschätzung aus Messungen Fensteröffnung	
Lüftungsanlage	0,350	0,396	0,350	0,533	1/h
Werte basieren auf	Standard-nutzungsprofil	PHPP: mittlerer Volumenstrom 1768 m <sup>3</sup> /h	Standard-nutzungsprofil	PHPP: mittlerer Volumenstrom 2310 m <sup>3</sup> /h	
<b>Summe Heizperiode (Luftaustausch)</b>	<b>0,500</b>	<b>0,632</b>	<b>0,500</b>	<b>0,753</b>	1/h
Nutzungsgrad Wärmerückgewinnung Lüftungsanlage	0,70	0,71	0,70	0,79	
<b>Wärmeverlust-äquivalenter Luftwechsel Heizperiode</b>	<b>0,255</b>	<b>0,351</b>	<b>0,255</b>	<b>0,332</b>	1/h
<b>Bedeutung für die Energiebilanz</b>					
<b>Wärmeleitwerte bezogen auf TABULA-Referenzfläche</b>					
Infiltration	0,043	0,031	0,043	0,017	W/K/m <sup>2</sup>
Fensteröffnung	0,085	0,170	0,085	0,170	W/K/m <sup>2</sup>
Lüftungsanlage unter Berücksichtigung WRG	0,089	0,098	0,089	0,095	W/K/m <sup>2</sup>
<b>Wärmeleitwert Lüftung gesamt (netto)</b>	<b>0,217</b>	<b>0,298</b>	<b>0,217</b>	<b>0,282</b>	<b>W/K/m<sup>2</sup></b>
<b>jährliche Lüftungswärmeverluste (netto)</b>	17,5	22,6	17,8	22,4	kWh/(m <sup>2</sup> a)

	Gebäude AB (Altbau)		Gebäude C (Neubau)		
	Energieprofil	PHPP	Energieprofil	PHPP	
	Var. 1	Var. 3	Var. 1	Var. 3	
<b>Unsicherheit der Lüftungswärmeverluste</b>					
<b>Unsicherheit Luftaustausch</b>	(Var. 1 + 2)		(Var. 1 + 2)		
Unsicherheitsklasse	C	B	C	B	
zugehöriger Unsicherheitsbereich Luftwechsel	±0,150	±0,100	±0,150	±0,100	1/h
resultierende Unsicherheit Wärmeleitwert	±0,128	±0,085	±0,128	±0,085	W/K/m <sup>2</sup>
<b>Unsicherheit Nutzungsgrad Wärmerückgewinnung</b>		(Var. 2 + 3)		(Var. 2 + 3)	
Unsicherheitsklasse	C	A	C	A	
zugehörige relative Unsicherheit Nutzungsgrad	±20%	±10%	±20%	±10%	
resultierende Unsicherheit Wärmeleitwert	±0,042	±0,024	±0,042	±0,036	W/K/m <sup>2</sup>
<b>resultierende Unsicherheit</b>					
Unsicherheit Wärmeleitwert Lüftung (netto)	±0,134	±0,088	±0,134	±0,092	W/K/m <sup>2</sup>
<b>Differenzen Var. 3 zu Var. 1</b>					
Wärmeleitwert Lüftung netto (siehe oben)	0,217	0,298	0,217	0,282	W/K/m <sup>2</sup>
<i>Differenz der Wärmeleitwerte</i>		+0,081		+0,065	W/(m <sup>2</sup> K)
<i>Differenz innerhalb des Unsicherheitsbereichs von Var. 1?</i>		ja		ja	
<b>Auswirkung der Unsicherheit auf die Energiebilanz</b>					
resultierende Unsicherheit des Heizwärmebedarfs	±11,4	±6,9	±11,5	±7,0	kWh/(m <sup>2</sup> a)

Kennwerte bezogen auf TABULA-Referenzfläche

## B.6 Innere Wärmequellen

Die Ansätze für die inneren Wärmequellen zeigt Tab. 11. Bei Var. 1 wird der im MOBASY-Nutzungsprofil enthaltene Pauschalwert von  $3,1 \text{ W/m}^2$  verwendet.<sup>41</sup> Bei den anderen beiden Varianten werden jeweils detaillierte Betrachtungen vorgenommen worden: In Var. 2 entspricht der Ansatz dem zum Zeitpunkt der Planung bekannten und im PHPP abgebildeten Stand für die Personenbelegung, für die Ausstattung mit Geräten und für die Verlegung von Leitungen innerhalb der thermischen Hülle. Für die Modellierung der Nutzungsphase in Var. 3 wurden zusätzlich Messwerte für den Haushaltsstromverbrauch berücksichtigt und die entsprechenden Terme der PHPP-Berechnung korrigiert.

Bei der Planung beider Gebäude wurde mit Angaben zur Bewohnerzahl und zur Geräteausstattung die Wärmeabgabeleistung der inneren Wärmequellen ermittelt. Die Ergebnisse dieser PHPP-Berechnungen zeigen Bild 19 und Bild 20 sowie Tab. 38 und Tab. 39 im Anhang C.9. Da im TABULA-Rechenverfahren die bei der Warmwasserspeicherung und -verteilung entstehenden Wärmeverluste bei der Berechnung des Wärmeversorgungssystems und nicht bei der Gebäudebilanz als Gutschrift berücksichtigt werden, werden diese Beiträge herausgerechnet (jeweils Variante 2 + 3 in Tab. 11). Damit beträgt der detailliert berechnete Heizwärmebeitrag der inneren Wärmequellen für Var. 2 und 3. beim Gebäude AB  $1,15 \text{ W/m}^2$  und beim Gebäude C  $1,11 \text{ W/m}^2$ . Der Haushaltsstromverbrauch liegt auch als Messwert vor, so dass die während der Projektierung gemachten Ansätze nun für Var. 3 durch die tatsächlichen Werte ersetzt werden können. Der gemessene Haushaltsstromverbrauch liegt um 13 % beim Gebäude AB und um 39 % beim Gebäude C höher, als im PHPP angenommen. Dieser Teil der inneren Wärmequellen wird bei der Ermittlung der Rechenwerte für die Energiebilanzierung deshalb mit  $1,34 \text{ W/m}^2$  und  $1,67 \text{ W/m}^2$  angesetzt. Berücksichtigt man zudem den zusätzlichen Stromverbrauch (Allgemeinstrom, Messtechnik, ...), so ergibt sich ein Wert von  $1,94 \text{ W/m}^2$  (Gebäude AB) bzw.  $2,09 \text{ W/m}^2$  (Gebäude C) als Ansatz für die inneren Wärmequellen bei Var. 3.

Fußnote: Da die Antriebe der Ventilatoren im Wärmebereitstellungsgrad der Lüftungsanlagen berücksichtigt sind, können sie hier nicht als Beitrag zu den inneren Wärmequellen angerechnet werden. Die im Gebäude C eingesetzten elektrischen Frostschutz-Register liefern zwar einen zusätzlichen Wärmebeitrag, dieser ist jedoch sehr klein (kleiner als  $0,1 \text{ W/m}^2$ , siehe [Großklos et al. 2023]) und wird hier vernachlässigt.

Die genaue Ermittlung unter Einbeziehung von Messdaten für den Haushaltsstromverbrauch und die Messtechnik liefert damit Werte, die um etwa 35 % niedriger sind als der vereinfachte Ansatz von  $3,1 \text{ W/m}^2$  aus der MOBASY-Bilanzierung. Sie liegen jedoch innerhalb des Unsicherheitsbereichs der Pauschalwerte. Der Heizwärmebedarf wird durch Ansatz der MOBASY-Pauschalwerte (Var. 1) um 5,6 bzw. 4,9 kWh/(m<sup>2</sup>a) niedriger berechnet als mit den unter Einbeziehung der Messdaten detailliert ermittelten Ansätzen (Var. 3).

Dass die für diese Gebäude detailliert ermittelten Werte selbst unter Einbeziehung des Stromverbrauchs der Messtechnik für die wissenschaftliche Begleitung niedriger sind als die Pauschalwerte, ist plausibel, da ja besondere Anstrengungen zur Reduktion des Haushaltsstromverbrauchs unternommen wurden (siehe [Großklos / Hacke 2022]). Da die Verbrauchswerte für den Haushaltsstrom auch nicht exotisch niedrig sind, ist auch die Lage innerhalb der Bandbreite der möglichen Werte plausibel.

---

<sup>41</sup> Werte aus [Loga et al. 2019] umgerechnet vom Wohnflächen-Bezug auf TABULA-Referenzfläche

**Tab. 11: Rechenwerte für die inneren Wärmequellen und Bewertung der Unsicherheit für die verschiedenen Varianten**

	Gebäude AB (Altbau)		Gebäude C (Neubau)		
	Energieprofil	PHPP	Energieprofil	PHPP	
	Var. 1	Var. 3	Var. 1	Var. 3	
<b>Ansätze für die inneren Wärmequellen in der Heizzeit</b>					
	<b>Pauschalwerte</b>	<b>detaillierte Ermittlung + Messdaten</b>	<b>Pauschalwerte</b>	<b>detaillierte Ermittlung + Messdaten</b>	
<b>Innere Wärmequellen nach PHPP (mittlere Wärmeabgabe in der Heizzeit)</b>		(Var. 2 + 3)		(Var. 2 + 3)	
elektrische Geräte		1,53		1,42	W/m <sup>2</sup>
Warmwassersystem		0,62		0,92	W/m <sup>2</sup>
Abwärme Personen		1,82		1,47	W/m <sup>2</sup>
Kaltwasser		-0,66		-0,53	W/m <sup>2</sup>
Verdunstung		-1,54		-1,24	W/m <sup>2</sup>
<b>Gesamt</b>		<b>1,77</b>		<b>2,03</b>	<b>W/m<sup>2</sup></b>
<b>Gesamt ohne Warmwasser (Rechenwert Var. 2)</b>		<b>1,15</b>		<b>1,11</b>	<b>W/m<sup>2</sup></b>
<b>Korrektur des Haushaltsstromverbrauchs</b>		(Var. 3)		(Var. 3)	
Bedarf nach PHPP		19,89		16,49	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Verbrauch VJ 20/21		21,82		23,60	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Verbrauch VJ 21/22		23,01		22,35	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Mittelwert Verbrauch		22,41		22,97	kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Verhältnis Verbrauch zu Bedarf</b>		<b>112,7%</b>		<b>139,3%</b>	
korrigierter Wert Wärmeabgabe elektr. Geräte		1,72		1,98	W/m <sup>2</sup>
<b>Innere Wärmequellen (ohne WW) korrigiert mit gemessenem Haushaltsstromverbrauch</b>		<b>1,34</b>		<b>1,67</b>	<b>W/m<sup>2</sup></b>
Wärmeabgabe aus zusätzlichem Stromverbrauch (Allgemeinstrom, Messtechnik, ...)		+0,60		+0,42	W/m <sup>2</sup>
<b>Ansatz für die Energiebilanzierung (Var. 1 bzw. 3)</b>	<b>3,10</b>	<b>1,94</b>	<b>3,10</b>	<b>2,09</b>	<b>W/m<sup>2</sup></b>

	Gebäude AB (Altbau)		Gebäude C (Neubau)		
	Energieprofil	PHPP	Energieprofil	PHPP	
	Var. 1	Var. 3	Var. 1	Var. 3	
<b>Unsicherheit innere Wärmequellen</b>					
Unsicherheitsklasse	D	B	D	B	
zugehörige Unsicherheit der Wärmeleistung	±40%	±20%	±40%	±20%	
<b>Differenz Var. 3 zu Var. 1</b>					
innere Wärmequellen	3,1	1,9	3,1	2,1	W/m <sup>2</sup>
relative Differenz		-37%		-33%	W/m <sup>2</sup>
Differenz innerhalb des Unsicherheitsbereichs von Var. 1?		ja		ja	
<b>Bedeutung für die Energiebilanz</b>					
Wärmebeitrag innere Wärmequellen in der Heizzeit	15,0	9,4	15,0	10,1	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Unsicherheit des Heizwärmebedarfs, bedingt durch die Unsicherheit der inneren Wärmequellen	±6,0	±1,9	±6,0	±2,0	kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Differenz Var. 3 zu Var. 1</b>					
Differenz Heizwärmebedarf		+5,6		+4,9	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Differenz innerhalb des Unsicherheitsbereichs von Var. 1?		ja		ja	

Kennwerte bezogen auf TABULA-Referenzfläche

## B.7 Passive Solarenergienutzung

Die in die Bilanzierung der passiven Solarenergienutzung eingehenden Rechenwerte zeigt Tab. 12. In Var. 1 werden die Fensterflächen als Teil der Hüllfläche gemäß Energieprofil-Flächenschätzverfahren geschätzt ( $0,18 \cdot \text{TABULA-Referenzfläche}$ ) und, nach Abzug eines Pauschalwertes für (als nichttransparent angenommene Türen) je hälftig der Orientierung Ost und der Orientierung West zugeordnet (es gibt keine Abfrage der Fenster-Größen und der Fenster-Orientierung). Weitere konstante Faktoren wirken sich reduzierend auf die in der Heizperiode einfallende Solarstrahlung aus: Verschattung 0,6; Verglasungsanteil 0,7; g-Wert 0,5; nicht-senkrechte Einstrahlung 0,9. Der alle genannte Punkte einbeziehende Reduktionsfaktor liegt damit bei 0,189.

Bei der Projektierung der beiden Gebäude wurden im PHPP die Fensterflächen, die Glasanteile der Fenster sowie die Verschattung je Fenster detailliert erfasst (Var. 2 und 3). Der Glasanteil der Fenster beträgt etwa 70 %, die bauliche Verschattung der Fenster führt zusammen mit einem pauschalen Verschmutzungsfaktor zu einem Reduktionsfaktor von ca. 0,4 (Var. 2). Zusätzlich wird bei Var. 3 berücksichtigt, dass die Bewohner teilweise auch im Winter ihre Rollläden tagsüber herunterlassen. Es konnten stichprobenartig aufgenommene Fotos für die Analyse herangezogen werden (siehe Anhang C.10), mit der ein Reduktionsfaktor von 0,78 abgeschätzt wurde. Berücksichtigt man den nach PHPP detailliert ermittelten g-Wert und einen pauschalen Abminderungsfaktor für nicht-senkrechte Einstrahlung, ergibt sich ein auf die gesamte Fensterfläche bezogener Reduktionsfaktor von etwa 0,12 (Var. 2) und 0,10 (Var. 3). Diese Werte sind deutlich kleiner als die über die pauschalen Ansätze des MOBASY-Verbrauchscontrollings ermittelten Werte von ca. 0,19 (Var. 1).

Als Maß für die Einordnung des solaren Wärmeeintrags kann die effektive Süd-äquivalente Solarapertur pro  $\text{m}^2$  Referenzfläche verwendet werden, die sich durch Multiplikation des Gesamtreduktionsfaktors mit der äquivalenten Süd-Fensterfläche<sup>42</sup> pro  $\text{m}^2$  Referenzfläche ergibt<sup>43</sup>. Der Wert beträgt  $0,032 \text{ m}^2$  pro  $\text{m}^2$  Referenzfläche bei Var. 1 und  $0,016$  bzw.  $0,018 \text{ m}^2$  pro  $\text{m}^2$  Referenzfläche bei Var. 3. Das solare Wärmeangebot in der Heizzeit liegt bei Var. 1 bei  $8,7 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  und bei Var. 3 bei  $4,6$  bzw.  $4,9 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Der genau ermittelte Wert von Var. 3 liegt (knapp) innerhalb des Unsicherheitsbereichs von Var. 1.

Der untere Teil von Tab. 12 berücksichtigt nun noch den Einfluss der Art der Daten der solaren Einstrahlung. Die Unsicherheit des passiv-solaren Beitrags zur Beheizung hängt auch davon ab, ob eine Ex-Post-Bewertung vorgenommen wird, bei der Messwerte der solaren Einstrahlung herangezogen werden können oder ob eine Prognose für ein Jahr in der Zukunft gemacht wird. Die Ex-Post-Bewertung geht davon aus, dass aus Satelliten-Daten ermittelte Globalstrahlungsdaten des DWD zur Verfügung stehen.<sup>44</sup>

Werden statt der jahresbezogenen Werte für die Globalstrahlung langjährige Mittel verwendet, so erhöht sich die durch die Unsicherheit der solaren Apertur und solaren Einstrahlung verursachte Unschärfe des Heizwärmebedarfs von  $\pm 5,3$  auf  $\pm 5,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  bei Var. 1 und von etwa  $\pm 0,5$  auf  $\pm 1,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  bei Var. 3.

<sup>42</sup> Die äquivalente Süd-Fensterfläche ist die Fensterfläche, die im Winter die gleichen passiv-solaren Einträge erzielt wie die reale, auf mehrere Orientierungen verteilte Fensterfläche.

<sup>43</sup> Die relative Solarapertur liegt typischerweise zwischen 0,02 bis 0,08. Die in [Loga 2003] dokumentierte Parameterstudie zeigt, dass die Abweichung der Heizperiodenbilanz von der Monatsbilanz in diesem Bereich bei unter 2% liegt.

<sup>44</sup> Globalstrahlungsdaten aus dem Tool „Gradtagzahlen-Deutschland.xlsx“, ermittelt aus DWD-Satellitendaten für die monatliche horizontale kurzweilige Einstrahlung, unter Verwendung von Schätzfunktionen für vertikale Flächen und für die Globalstrahlung an Heiztagen; Details siehe [Loga et al. 2020].

**Tab. 12: Rechenwerte für die Fensterflächen und Reduktionsfaktoren solare Einstrahlung sowie Bewertung der Unsicherheit für die verschiedenen Varianten**

	Gebäude AB (Altbau)		Gebäude C (Neubau)		
	Energieprofil	PHPP	Energieprofil	PHPP	
	Var. 1	Var. 3	Var. 1	Var. 3	
<b>Ansätze für die passive Solarenergienutzung</b>					
	<b>Pauschalwerte</b>	<b>detaillierte Ermittlung + Messdaten</b>	<b>Pauschalwerte</b>	<b>detaillierte Ermittlung + Messdaten</b>	
TABULA-Referenzfläche	1784,2	1784,2	1734,5	1734,5	
<b>Fensterflächen nach Orientierung</b>		(Var. 2 + 3)		(Var. 2 + 3)	
Ost	150,9	143,8	146,7	117,2	m <sup>2</sup>
Süd	-	0,0	-	39,8	m <sup>2</sup>
West	150,9	158,5	146,7	137,0	m <sup>2</sup>
Nord	-	0,0	-	13,0	m <sup>2</sup>
Summe	301,8	302,3	293,4	307,0	
Ermittlung des der Fensterflächen	Schätzfaktor (0,18 * Referenzfläche)	detaillierte Erfassung jedes Fensters (PHPP)	Schätzfaktor (0,18 * Referenzfläche)	detaillierte Erfassung jedes Fensters (PHPP)	
Fensterfläche (ohne Türen) pro m <sup>2</sup> Referenzfläche	0,169	0,169	0,169	0,177	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
<b>Reduktionsfaktoren Verschattung und Verschmutzung</b>					
bauliche Verschattung		0,397		0,431	
Ermittlung des Werts		detailliert (PHPP)		detailliert (PHPP)	
Rolladennutzung		0,784		0,784	
Ermittlung des Werts		Stichprobe (Fotos tagsüber im Winter)		Stichprobe (Fotos tagsüber im Winter)	
Verschmutzung		0,950		0,950	
Ermittlung des Werts		Pauschalwert		Pauschalwert	
<b>Verschattung gesamt</b>	<b>0,600</b>	<b>0,296</b>	<b>0,600</b>	<b>0,322</b>	
Ermittlung des Werts	Pauschalwert	(siehe oben)	Pauschalwert	(siehe oben)	
<i>Sonderfall Var. 2</i>		0,377		0,410	
<b>Verglasungsanteil am Fenster</b>	<b>0,700</b>	<b>0,722</b>	<b>0,700</b>	<b>0,704</b>	
Ermittlung des Werts	Pauschalwert	detailliert (PHPP)	Pauschalwert	detailliert (PHPP)	
<b>g-Wert (senkrecht)</b>	<b>0,500</b>	<b>0,537</b>	<b>0,500</b>	<b>0,493</b>	
Ermittlung des Werts	Pauschalwert	detailliert (PHPP)	Pauschalwert	detailliert (PHPP)	
<b>nicht-senkrechte Einstrahlung</b>	<b>0,900</b>	<b>0,850</b>	<b>0,900</b>	<b>0,850</b>	
Ermittlung des Werts	Pauschalwert	Pauschalwert	Pauschalwert	Pauschalwert	
<b>Reduktionsfaktor gesamt (Var. 1 bzw. 3)</b>	0,189	0,097	0,189	0,095	
<i>Sonderfall Var. 2</i>		0,124		0,121	

	Gebäude AB (Altbau)		Gebäude C (Neubau)		
	Energieprofil	PHPP	Energieprofil	PHPP	
	Var. 1	Var. 3	Var. 1	Var. 3	
<b>Effektive Solarapertur</b>					
äquivalente Süd-Fensterfläche	172,5	172,6	167,7	189,6	m <sup>2</sup>
effektive Süd-äquivalente Solarapertur	32,6	16,8	31,7	18,0	m <sup>2</sup>
effektive Süd-äquivalente Solarapertur pro m <sup>2</sup> Referenzfläche	0,032	0,016	0,032	0,018	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
<b>Unsicherheit passive Solarenergienutzung (ohne Unsicherheit der solaren Einstrahlung)</b>					
Unsicherheitsklasse	E	A	E	A	
zugehörige Unsicherheit der solaren Apertur	±60%	±5%	±60%	±5%	
<b>Differenzen Var. 3 zu Var. 1</b>					
Solarapertur pro m <sup>2</sup> Referenzfläche	0,0320	0,0165	0,0320	0,0181	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
<i>relative Differenz</i>		-48%		-43%	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>
<i>Differenz innerhalb des Unsicherheitsbereichs von Var. 1?</i>		<i>ja</i>		<i>ja</i>	
<b>Bedeutung für die Energiebilanz</b>					
Wärmebeitrag solare Einstrahlung in der Heizzeit	8,7	4,6	8,7	4,9	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Unsicherheit des Heizwärmebedarfs, bedingt durch die Unsicherheit der solaren Apertur	±5,2	±0,2	±5,2	±0,3	kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Differenzen Var. 3 zu Var. 1</b>					
<i>Differenz Heizwärmebedarf</i>		-4,2		-3,8	kWh/(m <sup>2</sup> a)
<i>Differenz innerhalb des Unsicherheitsbereichs von Var. 1?</i>		<i>ja</i>		<i>ja</i>	

	Gebäude AB (Altbau)		Gebäude C (Neubau)		
	Energieprofil	PHPP	Energieprofil	PHPP	
	Var. 1	Var. 3	Var. 1	Var. 3	
<b>zusätzliche Unsicherheit der solaren Einstrahlung bei Verwendung von DWD-Daten eines konkreten Jahres</b>					
Unsicherheitsklasse	B	B	B	B	
zugehörige Unsicherheit der solaren Einstrahlung	±10%	±10%	±10%	±10%	
<b>Bedeutung für die Energiebilanz</b>					
relative Unsicherheit des passiv-solaren Wärmebeitrags	±61%	±11%	±61%	±11%	
Unsicherheit des Heizwärmebedarfs, bedingt durch die Unsicherheit der solaren Apertur und der Einstrahlung	±5,3	±0,5	±5,3	±0,6	kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>zusätzliche Unsicherheit der solaren Einstrahlung bei der Prognose</b>					
Unsicherheitsklasse	D	D	D	D	
zugehörige Unsicherheit der solaren Einstrahlung	±30%	±30%	±30%	±30%	
<b>Bedeutung für die Energiebilanz</b>					
relative Unsicherheit des passiv-solaren Wärmebeitrags	±67%	±30%	±67%	±30%	
Unsicherheit des Heizwärmebedarfs, bedingt durch die Unsicherheit der solaren Apertur und der Einstrahlung	±5,8	±1,4	±5,8	±1,5	kWh/(m <sup>2</sup> a)

Kennwerte bezogen auf TABULA-Referenzfläche

## B.8 Außentemperaturen

### Daten des DWD und Daten aus dem PHSP-Messprogramm

Für die Außentemperatur stehen die in Tab. 13 dargestellten Quellen zur Verfügung. Beim MOBASY-Verbrauchscontrolling generell verwendet werden Gradtagzahlen aus dem IWU-Tool „Gradtagzahlen-Deutschland.xlsx“ [IWU-GTZ 2023], das im Rahmen des MOBASY-Projekts weiterentwickelt worden ist. Generell werden beim MOBASY-Verbrauchscontrolling ausgehend von der Postleitzahl die Daten der nächsten drei DWD-Temperaturmessstationen verwendet (gewichtet mit der reziproken Entfernung, siehe [Loga et al. 2020]). Aus dem wissenschaftlichen Messprogramm stehen bei den hier untersuchten Gebäuden aber auch vor Ort gemessene Daten zu Verfügung. Diese stammen von einer auf dem Dach des Bestandsgebäudes installierten Wetterstation: Der Mast ist am Dachausstieg zum Flachdach befestigt, die Sensoren sind in ca. 14 m Höhe über Grund angebracht und ragen ca. 1,50 m über das Dach des Treppenhauses hinaus [Großklos et al. 2023].

**Tab. 13:** zur Verfügung stehende Daten für die Außentemperatur

Bezeichnung	Art der Daten	Langzeitmittel	Verbrauchs-jahre	Quelle
<b>Standardklima Deutschland</b>	Langzeitmittelwert Potsdam	Testreferenz-jahr	-	DIN V 18599
<b>DWD-1S</b>	<b>DWD-Wetterdaten / nächste Station</b> 0917 Darmstadt	Mittel der letzten 20 Jahre (2003 ... 2022)	VJ 20/21 VJ 21/22	[IWU-GTZ 2023]
<b>DWD-3S</b>	<b>DWD-Wetterdaten / drei nächste Stationen</b> gewichtetes Mittel der drei DWD-Stationen: 0917 Darmstadt (77%), 1420 Frankfurt am Main (12 %), 4411 Schaafheim/Schlierbach (11%)	Mittel der letzten 20 Jahre (2003 ... 2022)	VJ 20/21 VJ 21/22	[IWU-GTZ 2023]
<b>PHSP-Messung</b>	<b>Messstation beim PassivHausSozial-Plus</b> 1,50 m über dem Dach	-	VJ 20/21	[Großklos et al. 2023]

Für die Wärmeverluste in der Energiebilanz ist die Gradtagzahl relevant: Für alle Tage des Jahres, an denen das Tagesmittel der Außenlufttemperatur unter die Heizgrenztemperatur sinkt („Heiztage“), wird die Temperaturdifferenz zwischen den Tagesmitteln der Raumtemperatur und der Außenlufttemperatur aufsummiert. Eine äquivalente Berechnung ist die Ermittlung der mittleren Außentemperatur über alle Heiztage und die Multiplikation der Differenz zur mittleren Raumtemperatur mit der Anzahl der Heiztage (entspricht den Eingangsdaten der TABULA-Energiebilanzierung). Tab. 14 zeigt für die oben genannten Quellen die entsprechenden Gradtagzahlen (20°C Raumtemperatur), die Anzahl der Heiztage sowie die mittlere Außentemperatur an Heiztagen, jeweils für eine Heizgrenze von 12°C.

Aus dem Messprogramm stehen nur Daten bis Januar 2022 zur Verfügung, daher kann ein Vergleich der Gradtagzahlen mit den DWD-Daten nur für diesen Zeitraum vorgenommen werden. Tab. 14 zeigt die jeweiligen Gradtagzahl-Summen und ihr Verhältnis. Ergebnis ist, dass die vor Ort gemessenen Gradtagzahlen um 9 % niedriger liegen – die Länge der Heizzeit war um 7% kürzer, die Außentemperatur in der Heizzeit war um 0,4 °C höher. Als Gründe sind die jeweilige Lage und der Messort zu vermuten. Die maßgebliche DWD-Station 917 Darmstadt liegt ca. 3 km nordöstlich in einer Schrebergartensiedlung am Rande der Stadt. Dort wird die Temperatur 2 m über einer Wiese gemessen. Demgegenüber liegt das PassivhausSozialPlus in einem (locker) bebauten Siedlungsgebiet in der Nähe von Wald, die Messstation befindet sich wie oben beschrieben über dem Dach des Altbaus in 14 m Höhe über Grund.

Es schwer zu beurteilen, wie repräsentativ die über dem Gebäude gewonnenen Messwerte für die Situation an der gesamten Hülle des Gebäudes ist. Andererseits ist auch bekannt, dass die Außenlufttemperaturen in siedlungsfernen Gebieten niedriger liegen. Aus diesem Grund ist es naheliegend, die direkt über dem Gebäude gewonnenen Daten für die detaillierte Berechnung in Var. 3 zu verwenden. Da wegen Messausfällen das zweite Verbrauchsjahr nicht komplett abgedeckt wird, werden die Messdaten nicht direkt verwendet. Stattdessen werden die DWD-3S-Daten mit dem oben genannten Faktor 0,905 kalibriert.<sup>45</sup>

---

<sup>45</sup> Da in der Bilanzierungsmappe „EnergyProfile.xlsm“ keine Möglichkeit vorgesehen ist, eine Kalibrierung der aus dem Tool „Gradtagzahlen-Deutschland.xlsx“ gewonnenen DWD-Klimadaten vorzunehmen, wird diese Korrektur ersatzweise bei einer anderen Eingangsgröße vorgenommen: Der Reduktionsfaktor zur Berücksichtigung zeitlicher und räumlicher Teilbeheizung 0,99 (siehe Anhang B.4) wird mit dem Korrekturterm multipliziert. Gegenüber dem bei Var. 1 und 2 verwendeten Wert von 0,990 ergibt sich also für Var. 3 ein Wert von  $0,99 * 0,905 = 0,896$ .

**Tab. 14: Vergleich der Gradtagzahlen GTZ 20/12 und Heiztage HT 12 (Heizgrenztemperatur 12°C)**

Zeitraum			PHSP-Messung	DWD-Stationen Messzeitraum		DWD Stationen Langzeitmittelwert	
				DWD-3S	DWD-1S	DWD-3S-LTA	DWD-1S-LTA
				<b>Gradtagszahl GTZ 20/12</b>			
Verbrauchsjahr VJ 20/21	2020.07 ... 2021.06	Kd/a	2869	3125	3158	2994	3030
Verbrauchsjahr VJ 21/22	2021.07 ... 2022.06	Kd/a	-*	2903	2939	2994	3030
Summe Messzeitraum PHSP-Messstation Außenlufttemperatur	Sep 19 ... Jan 22 (29 Monate)	Kd	6832	7549	7652	7759	7852
<b>Verhältnis zu DWD-3S</b>			<b>90,5%</b>	100,0%	101,4%	102,8%	104,0%
<b>Verhältnis zu DWD-3S-LTA</b>			<b>88,0%</b>	97,3%	98,6%	100,0%	101,2%
				<b>Heiztage HT 12</b>			
Verbrauchsjahr VJ 20/21	2020.07 ... 2021.06	d/a	203,0	212,2	214,0	201,5	203,3
Verbrauchsjahr VJ 21/22	2021.07 ... 2022.06	d/a	-*	201,8	203,0	201,5	203,3
	Sep 19 ... Jan 22 (29 Monate)	d	483	520	535	519	523
<b>Verhältnis zu DWD-3S</b>			<b>93,0%</b>	100,0%	103,0%	99,8%	100,7%
<b>Verhältnis zu DWD-3S-LTA</b>			<b>93,1%</b>	100,2%	103,2%	100,0%	100,9%
				<b>mittlere Außentemperatur an Heiztagen</b>			
Verbrauchsjahr VJ 20/21	2020.07 ... 2021.06	°C	5,87	5,27	5,24	5,14	5,10
Verbrauchsjahr VJ 21/22	2021.07 ... 2022.06	°C	-*	5,61	5,52	5,14	5,10

\*) Die PHSP-Messungen liegen nur bis Januar 2022 vor.

## Auswirkung der Art der verwendeten Außentemperaturdaten auf die Unsicherheit der Bilanzierung

Die Auswirkung der Unsicherheit der Außenlufttemperatur auf die Unsicherheit der Energiebilanzierung der beiden Gebäude zeigt Tab. 15. Unterschieden wird dabei zwischen den folgenden Fällen:

- Ex-Post-Evaluation für ein vergangenes Jahr auf Basis von lokalen Klimadaten (z.B. im Zuge des Verbrauchscontrollings);
- Prognose für ein einzelnes Jahr auf Basis von lokalen Klimadaten (langjährige Mittel);
- Prognose für ein einzelnes Jahr auf Basis eines durchschnittlichen Klimas für Deutschland.

Die lokalen Temperaturdaten bzw. Gradtagzahlen werden wie oben dargestellt auf Grundlage von Messwerten von Temperaturmessstationen des Deutschen Wetterdienstes gebildet.<sup>46</sup> Die Variation der Klimadaten erfolgt unabhängig von der Detailliertheit von Gebäudedaten und Nutzungsdaten, es wird also abweichend von der Betrachtung im vorangegangenen Abschnitt für die Var. 1, 2 und 3 jeweils die Verwendung der gleichen Temperaturdaten angesetzt. Die Unsicherheiten unterscheiden sich also nur bezüglich der Daten zu Gebäude und Anlagentechnikdaten sowie zu Nutzung und Betrieb.

Die Ex-Post-Evaluation für ein vergangenes Jahr auf Basis von lokalen Klimadaten führt zur Einstufung in Unsicherheitsklasse B, der Gradtagzahl wird eine Unsicherheit von  $\pm 5\%$  zugeordnet.<sup>47</sup> Daraus ergibt sich eine Unsicherheit der Wärmeverluste bei Gebäude AB bzw. C von  $\pm 1,9$  bzw.  $2,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Bei Verwendung langjähriger Mittel am lokalen Standort (Klasse C,  $\pm 10\%$ ) erhöht sich die Unsicherheit der Wärmeverluste auf  $\pm 3,8$  bzw.  $4,4 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , bei Verwendung eines Durchschnittsklimas Deutschland (Klasse D,  $\pm 20\%$ ) auf  $\pm 7,7$  bzw.  $8,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ .

Die Auswirkung auf die Gesamtunsicherheit der energetischen Bilanzierung ergibt sich daraus wie folgt (je drei untereinander liegende Abschnitte in Tab. 15):

Bei der Bilanzierung auf der Basis von Energieprofil-Indikatoren (Var. 1) liegt die Unsicherheit der Verbrauchsprognose bei Verwendung eines Durchschnittsklimas für Deutschland bei ca.  $\pm 16 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Sie kann durch Verwendung eines Durchschnittsklima am Standort auf ca.  $\pm 14 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , durch Verwendung des Standort-Klimas im Verbrauchsjahr auf ca.  $\pm 13 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  gesenkt werden.

Bei der Bilanzierung auf der Basis der im Zuge der Planung ermittelten PHPP-Daten (Var. 2) liegt die Unsicherheit der Verbrauchsprognose bei Verwendung eines Durchschnittsklimas für Deutschland bei ca.  $\pm 14 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Sie kann durch Verwendung eines Durchschnittsklima am Standort auf  $\pm 12,4 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , durch Verwendung des Standort-Klimas im Verbrauchsjahr auf  $\pm 11,9 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  gesenkt werden.

Werden zusätzlich genauere Informationen zur Nutzung und zum Betrieb einbezogen liegt die Unsicherheit der Verbrauchsprognose also bei Verwendung eines Durchschnittsklimas für Deutschland bei ca.  $\pm 11 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Durch Verwendung des Durchschnittsklima am Standort auf  $\pm 8 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ , durch Verwendung des Standort-Klimas im Verbrauchsjahr auf  $\pm 7 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  gesenkt werden.

---

<sup>46</sup>

<sup>47</sup> Die Unsicherheit der Gradtagzahl bezieht sich hier nur auf die Unsicherheit der Außentemperatur und der Länge der Heizzeit. Die Unsicherheit der Raumtemperatur ist hier nicht mit enthalten, da diese gesondert in die Unsicherheitsbewertung einfließt, siehe Kapitel B.4.

**Tab. 15: Rechenwerte für Außentemperatur und Länge der Heizzeit sowie Bewertung der Unsicherheit für die verschiedenen Varianten**

	Gebäude AB (Altbau)		Gebäude C (Neubau)		
	Energieprofil	PHPP	Energieprofil	PHPP	
<b>Gebäudedaten</b>	Pauschalwerte	detaillierte Ermittlung	Pauschalwerte	detaillierte Ermittlung	
<b>Nutzungsbedingungen</b>	Pauschalwerte	detaillierte Ermittlung + Messdaten	Pauschalwerte	detaillierte Ermittlung + Messdaten	
	(beides entspr. Var. 1)	(beides entspr. Var. 3)	(beides entspr. Var. 1)	(beides entspr. Var. 3)	
<b>Klimadaten</b>	<b>DWD-3-S</b>	<b>DWD-3-S</b>	<b>DWD-3-S</b>	<b>DWD-3-S</b>	
TABULA-Referenzfläche	1784,2	1784,2	1734,5	1734,5	
<b>Wärmeverluste</b>					
<b>jährliche Wärmeverluste</b>					
MOBASY-Bilanzierung	38,8	38,3	35,2	44,0	kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Wert für die Vergleichsbetrachtung unten</b>	<b>38,3</b>	<b>38,3</b>	<b>44,0</b>	<b>44,0</b>	<b>kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>
<b>Unsicherheitsbetrachtung bei Verwendung von Klimadaten am Standort für ein konkretes Jahr (ex post)</b>					
Unsicherheitsklasse Außentemperatur und Heizzeit	B	B	B	B	
zugehörige Unsicherheit der Gradtagzahl	±5%	±5%	±5%	±5%	
<b>Bedeutung für die Energiebilanz</b>					
<b>Unsicherheit der Wärmeverluste</b>					
bedingt durch Unsicherheit der Gebäudedaten	±7,3	±1,7	±4,2	±1,6	kWh/(m <sup>2</sup> a)
bedingt durch Unsicherheit der Nutzung	±11,6	±6,7	±11,6	±6,5	kWh/(m <sup>2</sup> a)
bedingt durch Unsicherheit der Außentemperatur	±1,9	±1,9	±2,2	±2,2	kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Gesamt (Var. 1 bzw. 3)</b>	<b>±13,9</b>	<b>±7,2</b>	<b>±12,5</b>	<b>±7,1</b>	<b>kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>
Var. 2		±11,9		±11,9	kWh/(m <sup>2</sup> a)

	Gebäude AB (Altbau)		Gebäude C (Neubau)		
	Energieprofil	PHPP	Energieprofil	PHPP	
<b>Unsicherheitsbetrachtung bei Verwendung von langjährigen Klimadaten am Standort (Prognose)</b>					
Unsicherheitsklasse Außentemperatur und Heizzeit	C	C	C	C	
zugehörige Unsicherheit der Gradtagzahl	±10%	±10%	±10%	±10%	
<b>Bedeutung für die Energiebilanz</b>					
<b>Unsicherheit der Wärmeverluste</b>					
bedingt durch Unsicherheit der Gebäudedaten	±7,3	±1,7	±4,2	±1,6	kWh/(m²a)
bedingt durch Unsicherheit der Nutzung	±11,6	±6,7	±11,6	±6,5	kWh/(m²a)
bedingt durch Unsicherheit der Außentemperatur	±3,8	±3,8	±4,4	±4,4	kWh/(m²a)
<b>Gesamt (Var. 1 bzw. 3)</b>	<b>±14,3</b>	<b>±7,9</b>	<b>±13,1</b>	<b>±8,0</b>	kWh/(m²a)
<i>Var. 2</i>		<i>±12,4</i>		<i>±12,5</i>	<i>kWh/(m²a)</i>
<b>Unsicherheitsbetrachtung bei Verwendung von langjährigen Klimadaten für einen mittleren Standort Deutschland (Prognose)</b>					
Unsicherheitsklasse Außentemperatur und Heizzeit	D	D	D	D	
zugehörige Unsicherheit der Gradtagzahl	±20%	±20%	±20%	±20%	
<b>Bedeutung für die Energiebilanz</b>					
<b>Unsicherheit der Wärmeverluste</b>					
bedingt durch Unsicherheit der Gebäudedaten	±7,3	±1,7	±4,2	±1,6	kWh/(m²a)
bedingt durch Unsicherheit der Nutzung	±11,6	±6,7	±11,6	±6,5	kWh/(m²a)
bedingt durch Unsicherheit der Außentemperatur	±7,7	±7,7	±8,8	±8,8	kWh/(m²a)
<b>Gesamt (Var. 1 bzw. 3)</b>	<b>±15,7</b>	<b>±10,4</b>	<b>±15,2</b>	<b>±11,1</b>	kWh/(m²a)
<i>Var. 2</i>		<i>±14,0</i>		<i>±14,6</i>	<i>kWh/(m²a)</i>

Kennwerte bezogen auf TABULA-Referenzfläche

## B.9 Nutzwärmebedarf Warmwasser

Tab. 16 zeigt die Vergleichswerte für den Warmwasserbedarf bzw. -verbrauch und die Unsicherheitsbewertung.

Bei Var. 1 gibt es einen festen Pauschalwert für den jährlichen Nutzwärmebedarf Warmwasser von 15 kWh pro m<sup>2</sup> Referenzfläche (Ansatz für MFH). Dieser ergibt sich durch Multiplikation eines Pauschalwerts für das jährlich gezapfte Warmwasservolumen von jährlich 259 Liter pro m<sup>2</sup> und einem Pauschalwerte für die mittleren Temperaturdifferenz der Erwärmung des gemessenen Volumens von 50 K. Bei Var. 2 bleibt der Pauschalwert für die Wärmemenge unverändert, es werden jedoch detailliertere Informationen aus der Planung berücksichtigt: Da in den Wohnungen Frischwasserstationen eingebaut wurden, ist von einer deutlich kleineren Temperaturdifferenz von ca. 30 K auszugehen, entsprechend erhöht sich die Erwartung für das gemessene Volumen auf jährlich 432 Liter pro m<sup>2</sup>. Bei Var. 3 werden entsprechend dem hier verwendeten Ansatz Messwerte aus der Nutzung verwendet. Die Bedarfswerte sind entsprechend identisch zum ebenfalls in der Tabelle dargestellten gemessenen Verbrauch.

Die Unsicherheitsbetrachtung wird für beide Größen durchgeführt: für die gezapften Volumina und für die Nutzwärmemengen. Bei Vorliegen von Messwerten für das gezapfte Warmwasservolumen wird die Unsicherheit des Nutzwärmebedarfs Warmwasser in Klasse B ( $\pm 10\%$ ) eingestuft. Bei den MOBASY-Pauschalwerten (Var. 1) findet im Fall von Mehrfamilienhäusern eine Einstufung in Klasse C mit einem Wert für die Unsicherheit von  $\pm 25\%$ . Das tatsächlich gezapfte Warmwasservolumen ist im Fall des Gebäudes AB etwa doppelt so groß wie der Pauschalwert, damit liegt er sehr weit oberhalb des Schätzbereichs. Demgegenüber liegt der gemessene Nutzwärmeverbrauch für Warmwasser innerhalb des Schätzbereichs. Der Grund für die starke Abweichung beim Volumen ist die dem MOBASY-Pauschalwert zu Grunde liegende Temperaturspreizung von 50 K, der bei gleicher Nutzwärmemenge zu einem sehr viel niedrigeren (erwarteten) Zapfvolumen führt als für die reale Temperaturspreizung im PHSP von 30 K.

Während also bei Gebäude AB die verbrauchte Nutzwärmemenge mit den Erwartungen des MOBASY-Verfahrens übereinstimmt, liegt sie bei Gebäude C etwas unterhalb des Schätzbereichs. Da beim Gebäude C keine besonders ungewöhnlichen Nutzungsbedingungen vorliegen, wäre in Zukunft zu prüfen, ob die Unsicherheit des Warmwasserverbrauchs von Mehrfamilienhäusern mit  $\pm 25\%$  eventuell zu gering angesetzt ist.

**Tab. 16: Rechenwerte für die Warmwasserzapfmengen sowie Bewertung der Unsicherheit für die verschiedenen Varianten**

	Gebäude AB (Altbau)			Gebäude C (Neubau)			
	Energieprofil	PHPP	PHPP + Betrieb	Energieprofil	PHPP	PHPP + Betrieb	
	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 1	Var. 2	Var. 3	
<b>Wärmemengen Warmwasser</b>							
	<b>Pauschalwerte</b>	<b>detaillierte Ermittlung</b>	<b>detaillierte Ermittlung + Messdaten</b>	<b>Pauschalwerte</b>	<b>detaillierte Ermittlung</b>	<b>detaillierte Ermittlung + Messdaten</b>	
TABULA-Referenzfläche	1784,2	1784,2	1784,2	1734,5	1734,5	1734,5	
<b>Warmwasserbedarf</b>							
Zapf-Volumen	259,0	431,7	511,0	259,0	431,7	303,0	Liter/(m²a)
Temperaturdifferenz	50,0	30,0	30,0	50,0	30,0	30,0	K
<b>Wärmemenge Rechenansatz</b>	<b>15,0</b>	15,0	17,8	<b>15,0</b>	15,0	10,5	kWh/(m²a)
Ermittlung der Werte	Pauschalwerte	Pauschalwert Wärmemenge, Temperaturdifferenz aus der Planung	Messung der Wärmemenge und des Volumens	Pauschalwerte	Pauschalwert Wärmemenge, Temperaturdifferenz aus der Planung	Messung der Wärmemenge und des Volumens	
<b>Warmwasserverbrauch</b>							
VJ 20/21 WW-Volumen (2020-07 ... 2021-06)			880			551	m³/a
VJ 21/22 WW-Volumen (2021-07 ... 2022-06)			944			500	m³/a
<b>Mittelwert WW-Volumen</b>			912			526	m³/a
Ermittlung des Werts			Volumenzähler			Volumenzähler	
<b>pro m² Referenzfläche</b>			<b>511,0</b>			<b>303,0</b>	<b>Liter/(m²a)</b>
Temperaturdifferenz			30,0			30,0	K
Ermittlung des Werts			Einstellung Betriebsführung			Einstellung Betriebsführung	
<b>Wärmemenge gemessen</b>			<b>17,8</b>			<b>10,5</b>	<b>kWh/(m²a)</b>
<b>Unsicherheitsbewertung Zapfvolumen</b>							
Zapfvolumen verwendet	259	432	511	259	432	303	Liter/(m²a)
Ermittlung des Werts	Pauschalwert	Pauschalwert	Messung	Pauschalwert	Pauschalwert	Messung	
<b>Unsicherheit</b>							
Unsicherheitsklasse	C	C	B	C	C	B	
zugehörige relative Unsicherheit	±25%	±25%	±10%	±25%	±25%	±10%	
absolute Unsicherheit	±65	±108	±51	±65	±108	±30	Liter/(m²a)
<b>Differenz zu Var. 1</b>							
Differenz zu Var. 1		+173	+252		+173	+44	Liter/(m²a)
Differenz innerhalb des Unsicherheitsbereichs von Var. 1?		nein	nein		nein	ja	
<b>Differenz zu Var. 2</b>							
Differenz zu Var. 2			+79			-129	Liter/(m²a)
Differenz innerhalb des Unsicherheitsbereichs von Var. 2?			ja			nein	

	Gebäude AB (Altbau)			Gebäude C (Neubau)			
	Energieprofil	PHPP	PHPP + Betrieb	Energieprofil	PHPP	PHPP + Betrieb	
	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 1	Var. 2	Var. 3	
<b>Unsicherheitsbewertung Nutzwärme</b>							
Wärmemenge verwendet	15,0	15,0	17,8	15,0	15,0	10,5	kWh/(m²a)
Ermittlung des Werts	Pauschalwert	Pauschalwert	Messung	Pauschalwert	Messung	Messung	
<b>Unsicherheit</b>							
Unsicherheitsklasse	C	C	B	C	C	B	
zugehörige relative Unsicherheit	±25%	±25%	±10%	±25%	±25%	±10%	
absolute Unsicherheit	±3,8	±3,8	±1,8	±3,8	±3,8	±1,1	kWh/(m²a)
<b>Differenz zu Var. 1</b>							
Differenz zu Var. 1		0,0	+2,8		0,0	-4,5	kWh/(m²a)
Differenz innerhalb des Unsicherheitsbereichs von Var. 1?		ja	ja		ja	nein	
<b>Differenz zu Var. 2</b>							
Differenz zu Var. 2			+2,8			-4,5	kWh/(m²a)
Differenz innerhalb des Unsicherheitsbereichs von Var. 2?			ja			nein	

Kennwerte bezogen auf TABULA-Referenzfläche

## B.10 Wärmeversorgungssystem

Beim Wärmeversorgungssystem werden im Fall von Var. 1 ausgehend von der über die Energieprofil-Indikatoren beschriebene Anlagenkonfiguration Pauschalwerte für die flächenbezogenen Jahreswärmeverluste und für die Erzeugeraufwandszahlen zugeordnet. Bei der detaillierteren Betrachtung in Var. 2 und 3 werden die Wärmeverluste für die einzelnen Wärmeverteilsträge und die Speicher jeweils separat ermittelt. Die Eingabegrößen der einzelnen Komponenten sind die Länge des Zeitraums, die mittleren Temperaturen innen und außen während dieser Zeit, der Wärmeverlustkoeffizient pro m Leitung bzw. pro Speicher und die Länge bzw. die Anzahl der Speicher. Während bei Var. 2 für Temperaturen und Zeiten die Standardwerte aus dem PHPP verwendet werden, geht Var. 3 von den Temperaturen aus, die während des Betriebs tatsächlich festgestellt wurden – teilweise basieren diese auf Messdaten, teilweise auf Einzelmessungen und Schätzungen. Die Ansätze für die Temperaturen der detaillierten Berechnung (Var.2 / Var. 3) zeigt Tab. 17, Tabellen mit der Aufstellung aller Eingangswerte finden sich im Anhang C.9. Die Wärmeübergabestationen sind hier nicht mit in die Betrachtung einbezogen, da ihre Wärmeverluste von den Wärmemengenzählern nicht erfasst werden (siehe Kapitel 2.3).

Tab. 18 gibt einen Überblick über die energetische Bilanzierung der Wärmeversorgung für die verschiedenen Varianten sowie die zugehörige Unsicherheitsbetrachtung. Die Wärmeverluste des Wärmeversorgungssystems werden beim modernisierten Altbau (Gebäude AB) bei Var. 1 zu 12,4, bei Var. 2 zu 12,8 und bei Var. 3 zu 8,9 kWh/(m<sup>2</sup>a) ermittelt. Beim Neubau (Gebäude C) liegen sie auf Grund in der thermischen Hülle liegenden Leitungen deutlich niedriger: für Var. 1 ergeben sich 6,6, für Var. 2 6,5 und für Var. 3 4,4 kWh/(m<sup>2</sup>a). Die Unsicherheit dieser Berechnungswerte wird für Var. 1 auf etwa  $\pm 3$  kWh/(m<sup>2</sup>a), für Var. 2 auf etwa  $\pm 2$  kWh/(m<sup>2</sup>a), für Var. 3 auf etwa  $\pm 1$  kWh/(m<sup>2</sup>a) geschätzt.<sup>48</sup>

Die detaillierte und realistische Ermittlung von Var. 3 liegt also insgesamt um ca. 2 bis 4 kWh/(m<sup>2</sup>a) unter den gröberen Schätzungen von Var. 1 und 2. Beim Bestandsgebäude liegen sie damit außerhalb des Erwartungsintervalls von Var. 1 und außerhalb des Erwartungsintervalls von Var. 2. Beim Neubau liegen sie innerhalb des Erwartungsintervalls von Var. 1 und außerhalb des Erwartungsintervalls von Var. 2.

Gegebenenfalls könnte dieses Ergebnis zum Anlass genommen werden, die in Var. 1 verwendeten MOBASY-Pauschalwerte und die in Var.2 verwendeten PHPP-Standardrandbedingungen bezüglich Realitätsnähe zu überprüfen.

---

<sup>48</sup> Die Berechnungen von Wärmeverlusten und Unsicherheiten umfassen nur die ungestörten Leitungen, also ohne zusätzliche Wärmeverluste an Befestigungen und Armaturen. Bei der baupraktischen Umsetzung wurden die Wärmeverluste in diesen Bereichen allerdings soweit wie möglich reduziert.

**Tab. 17: Randbedingungen für die Bilanzierung der Anlagentechnik bei den detaillierten Berechnungen von Var. und Var. 3**

		Gebäude AB		Gebäude C	
		Var. 2	Var. 3	Var. 2	Var. 3
		PHPP Planungswerte	Betrieb	PHPP Planungswerte	Betrieb
		Randbedingungen für die Bilanzierung der Anlagentechnik			
Temperatur Wohnraum Jahr	°C	20,0	23,4	20,0	23,4
Temperatur Wohnraum Heizzeit	°C	20,0	22,4	20,0	22,3
Temperatur Heizraum Jahr	°C	15,0	28,0	20,0	30,0
Temperatur Keller Jahr	°C	15,0	20,0	-	-
Temperatur Keller Heizzeit	°C	15,0	18,0	-	-
Temperatur Pufferspeicher Jahr	°C	50,0	50,0	55,0	55,0
Temperatur Warmwasserleitung	°C	48,1	48,1	52,8	51,0
Temperatur Heizleitung Heizzeit	°C	44,0	34,0	50,0	36,0

Aus den in Tab. 17 dargestellten realistischen Temperaturen folgt auch eine Anpassung der Gebäude-Energiebilanz: Für die Bestimmung der Transmissionswärmeverluste der Wohnräume gegen Keller wird entsprechend dem TABULA-Ansatz ein Reduktionsfaktor von 0,5 verwendet. Bei Raumtemperaturen von 22 °C und einer mittleren Außentemperatur von 5 °C in der Heizzeit ergibt sich daraus implizit eine Kellertemperatur von 13,5 °C. Da die tatsächliche Kellertemperatur 18°C beträgt, wird der Reduktionsfaktor gegen Keller von 0,5 auf 0,26 heruntersetzt.

**Tab. 18: Rechenwerte für die Wärmeverluste des Wärmeversorgungssystems und Bewertung der Unsicherheit für die verschiedenen Varianten**

	Gebäude AB (Altbau)			Gebäude C (Neubau)			
	Energieprofil	PHPP	PHPP + Betrieb	Energieprofil	PHPP	PHPP + Betrieb	
	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 1	Var. 2	Var. 3	
	Pauschalwerte	detaillierte Ermittlung	detaillierte Ermittlung + Messdaten + Schätzung	Pauschalwerte	detaillierte Ermittlung	detaillierte Ermittlung + Messdaten + Schätzung	
<b>Effizienz der Wärmeversorgung</b>							
TABULA-Referenzfläche	1784,2	1784,2	1784,2	1734,5	1734,5	1734,5	
<b>Warmwasserbereitung</b>							
Wärmeverluste Verteilung	5,1	7,7	6,8	5,1	7,0	5,8	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Wärmeverluste Speicherung	0,8	0,7	0,4	0,8	1,3	0,5	kWh/(m <sup>2</sup> a)
nutzbar für Heizung	-2,3	-3,2	-2,9	-3,5	-4,7	-3,7	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Erzeugeraufwandszahl entspricht Wärmeverlusten	1,14	1,05	1,05	1,14	1,05	1,05	
	2,9	1,2	1,3	2,9	1,2	0,9	kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Heizung</b>							
Wärmeverluste Verteilung	4,6	4,0	2,1	0,9	0,2	0,1	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Wärmeverluste Speicherung	0,8	0,7	0,4	0,0	0,0	0,2	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Erzeugeraufwandszahl entspricht Wärmeverlusten	1,02	1,05	1,02	1,02	1,05	1,02	
	0,4	1,7	0,6	0,2	1,1	0,5	kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Gesamtsystem</b>							
Wärmeverluste	12,4	12,8	8,9	6,6	6,5	4,4	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Anlagenaufwandszahl	1,38	1,29	1,18	1,23	1,16	1,12	
<b>Unsicherheit der Anlagenbilanzierung</b>							
<b>Einstufung</b>							
Unsicherheitsklasse	C	B	A	C	B	A	
zugehörige relative Unsicherheit Anlagenaufwandszahl	±10%	±5%	±2%	±10%	±5%	±2%	
<b>resultierende Unsicherheit der Wärmeverluste</b>							
System Warmwasser	±2,4	±1,2	±0,5	±2,4	±1,2	±0,4	kWh/(m <sup>2</sup> a)
System Heizung	±2,1	±1,6	±0,6	±1,2	±1,1	±0,5	kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Gesamt</b>	<b>±3,2</b>	<b>±2,1</b>	<b>±0,8</b>	<b>±2,6</b>	<b>±1,7</b>	<b>±0,6</b>	<b>kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>
<b>Einordnung in die Erwartung des größeren Modells</b>							
Wärmeverluste Anlagentechnik Heizung + Warmwasser	12,4	12,8	8,9	6,6	6,5	4,4	kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Vergleich mit Var. 1</b>							
Differenz zu Var. 1		+0,4	-3,5		-0,1	-2,2	kWh/(m <sup>2</sup> a)
innerhalb des Schätzintervalls von Var. 1?		ja	nein		ja	ja	
<b>Vergleich mit Var. 2</b>							
Differenz zu Var. 2			-3,9			-2,0	kWh/(m <sup>2</sup> a)
innerhalb des Schätzintervalls von Var. 2?			nein			nein	

## B.11 Bedeutung der Einzelbeiträge für die Gesamtunsicherheit

Die für den Soll-/Ist-Vergleich relevanten Gesamtunsicherheiten der Energiebilanzierung sollen im Folgenden noch einmal näher betrachtet werden. Tab. 19 zeigt im oberen Bereich die jeweiligen Unsicherheiten des Energiebedarfs in kWh/(m<sup>2</sup>a), die sich aus den Unsicherheiten der jeweiligen Eingabegrößen ergeben. Die Gesamtunsicherheit wird bei der vereinfachten MOBASY-Betrachtung aus diesen Einzelbeiträgen mit Hilfe des Gauß'schen Fehlerfortpflanzungsgesetz gebildet [Loga et al. 2021].<sup>49</sup> Beispielhaft kann der Rechengang in den in Bild 15 und Bild 16 dargestellten Blättern nachvollzogen werden (Var. 1 und Var. 3 des Gebäudes AB; die Kalkulationsblätter der anderen Varianten finden sich im Anhang E).

Im unteren Teil der Tabelle finden sich Zahlen, die die relative Bedeutung der jeweiligen Eingabegrößen bzw. Bilanzteilerbereiche für die Gesamtunsicherheit hervorheben. Diese Prozentwerte geben das Verhältnis des Quadrats der jeweiligen Einzelunsicherheit zur Summe der Quadrate aller Einzelunsicherheiten wieder.

Die Eingaben für Hüllfläche und U-Werte haben bei den beiden Gebäuden nur einen sehr geringen Anteil an der Gesamtunsicherheit. Selbst bei der Energieprofil-Schätzung der Hüllfläche und der U-Werte (Var. 1) liegt der Einfluss der beiden Größen nur bei 5 %. Einen viel größeren Einfluss hat dagegen mit 12 % die vereinfachte Zuordnung von Wärmebrückenverlusten, zumindest im Fall des modernisierten Altbaus. Ähnlich große Einflüsse wie die baulichen Parameter haben bei Var. 1 auch die inneren und solaren Wärmequellen sowie die Anlagentechnik.

Den größten Einfluss auf die Gesamtunsicherheit des Energiebedarfs hat bei Var. 1 jedoch mit 41 % (Gebäude AB) bzw. 48 % (Gebäude C) der Luftaustausch. Bei den Varianten 2 und 3 ist die relative Bedeutung sogar noch größer, da in allen anderen Bereichen erhebliche Verringerungen der Unsicherheit erreicht werden konnten. Die Überführung der Messdaten zur Fensteröffnung in Modelleingangswerte zum Luftwechsel ist jedoch insgesamt noch mit hohen Unsicherheiten behaftet.

Im unteren Teil der Tabelle sind die relativen Einflüsse noch einmal für vier Kategorien zusammengefasst:

- Gebäude (physische Merkmale)
- Anlagentechnik (physische Merkmale + Betriebsführung)
- äußere Randbedingungen
- Verhalten der Bewohner.

In allen Varianten wird die Gesamtunsicherheit der Energiebedarfsberechnung und damit die Unschärfe der Verbrauchsprognose überwiegend durch die Unsicherheiten bezüglich des tatsächlichen Verhaltens der Bewohner dominiert.

---

<sup>49</sup> Die Gesamtunsicherheit ist die Wurzel aus der Summe der Quadrate der Einzelunsicherheiten. Die dieser vereinfachten MOBASY-Betrachtung zu Grunde liegenden Annahmen sind, dass die Unsicherheiten der Eingabegrößen jeweils normalverteilt sind und dass es einen linearen Zusammenhang zwischen den jeweiligen Eingabegrößen und dem Energiebedarf gibt (siehe [Loga et al. 2021]).

**Tab. 19: Auswirkung der einzelnen Eingangsgrößen bzw. Bilanzbereiche auf die Unsicherheit des berechneten Energiebedarfs für die drei Varianten der beiden Gebäude**

	Gebäude AB (Altbau)			Gebäude C (Neubau)			
	Energieprofil	PHPP	PHPP	Energieprofil	PHPP	PHPP	
	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 1	Var. 2	Var. 3	
	Energieprofil + MOBASY-Pauschalwerte	detaillierte Gebäudedaten + MOBASY-Pauschalwerte	detaillierte Gebäudedaten + Messung Nutzung	Energieprofil + MOBASY-Pauschalwerte	detaillierte Gebäudedaten + MOBASY-Pauschalwerte	detaillierte Gebäudedaten + Messung Nutzung	
TABULA-Referenzfläche	1784,2	1784,2	1784,2	1734,5	1734,5	1734,5	m²
<b>Absolutwerte der Unsicherheit</b>							
<b>Unsicherheit Endenergiebedarf</b>							
Hüllfläche	±3,7	±1,2	±1,1	±3,0	±1,1	±0,9	kWh/(m²a)
U-Werte	±2,1	±0,6	±0,6	±2,0	±0,6	±0,6	kWh/(m²a)
Wärmebrücken	±6,1	±1,4	±1,3	±2,3	±1,3	±1,2	kWh/(m²a)
Luftaustausch	±11,4	±11,3	±6,9	±11,4	±10,9	±6,7	kWh/(m²a)
Innentemperatur	±3,4	±3,7	±0,4	±3,2	±4,0	±0,4	kWh/(m²a)
Außentemperatur	±2,9	±3,1	±3,2	±2,7	±3,4	±3,4	kWh/(m²a)
Verschattung / Solarapertur	±5,3	±0,6	±0,2	±5,3	±0,7	±0,3	kWh/(m²a)
solare Einstrahlung	±0,9	±0,6	±0,5	±0,9	±0,7	±0,5	kWh/(m²a)
interne Wärmequellen	±6,1	±1,8	±1,9	±6,1	±1,8	±2,1	kWh/(m²a)
Wärmerückgewinnung	±3,3	±3,1	±1,8	±3,3	±4,4	±2,7	kWh/(m²a)
Wärmeversorgungssystem Heizung	±2,1	±1,6	±0,6	±1,2	±1,1	±0,5	kWh/(m²a)
Nutzwärme Warmwasser	±4,3	±3,9	±1,9	±4,3	±3,9	±1,1	kWh/(m²a)
Wärmeversorgungssystem Warmwasser	±2,4	±1,2	±0,5	±2,4	±1,2	±0,4	kWh/(m²a)
Gesamtunsicherheit Endenergiebedarf Heizung + Warmwasser	±17,6	±13,7	±8,5	±16,4	±13,8	±8,5	kWh/(m²a)
<b>Differenzierung Heizung und Warmwasser</b>							
Unsicherheit Endenergiebedarf Heizung	±17,0	±13,1	±8,3	±15,6	±13,2	±8,4	kWh/(m²a)
Unsicherheit Endenergiebedarf Warmwasser	±4,9	±4,1	±1,9	±4,9	±4,1	±1,2	kWh/(m²a)

	Gebäude AB (Altbau)			Gebäude C (Neubau)			
	Energieprofil	PHPP	PHPP	Energieprofil	PHPP	PHPP	
	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 1	Var. 2	Var. 3	
	Energieprofil + MOBASY-Pauschalwerte	detaillierte Gebäudedaten + MOBASY-Pauschalwerte	detaillierte Gebäudedaten + Messung Nutzung	Energieprofil + MOBASY-Pauschalwerte	detaillierte Gebäudedaten + MOBASY-Pauschalwerte	detaillierte Gebäudedaten + Messung Nutzung	
<b>Relative Bedeutung der Unsicherheiten</b>							
<b>Anteil an der Unsicherheit des Endenergiebedarfs</b>							
Hüllfläche	4%	1%	2%	3%	1%	1%	
U-Werte	1%	0%	0%	2%	0%	0%	
Wärmebrücken	12%	1%	2%	2%	1%	2%	
Luftaustausch	41%	68%	66%	48%	62%	62%	
Innentemperatur	4%	7%	0%	4%	8%	0%	
Außentemperatur	3%	5%	14%	3%	6%	16%	
Verschattung / Solarapertur	9%	0%	0%	11%	0%	0%	
solare Einstrahlung	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
interne Wärmequellen	12%	2%	5%	14%	2%	6%	
Wärmerückgewinnung	4%	5%	5%	4%	10%	10%	
Wärmeversorgungssystem Heizung	1%	1%	1%	1%	1%	0%	
Nutzwärme Warmwasser	6%	8%	5%	7%	8%	2%	
Wärmeversorgungssystem Warmwasser	2%	1%	0%	2%	1%	0%	
Summe	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
<b>Aufteilung nach Kategorien</b>							
Gebäude (physische Merkmale)	18%	2%	4%	7%	2%	4%	
Anlagentechnik (physische Merkmale + Betriebsführung)	7%	7%	6%	7%	12%	10%	
äußere Randbedingungen	12%	6%	14%	14%	6%	16%	
Nutzerverhalten	63%	85%	76%	73%	80%	70%	
Summe	100%	100%	100%	100%	100%	100%	

**Bild 15: Kalkulationsblatt für die Ermittlung der Unsicherheit der Bilanzierung / Beispiel-Berechnung: Gebäude AB / Var. 1**

Estimation of the Uncertainty																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
building		DE.MOBASY.PHSP.AB.Var1				reference area		Ac_ref		1784,2 m²																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
<b>Simplified energy expenditure factors</b> Delivered energy      Sum delivered energy      generated heat      Simplified energy expenditure factor heat generation      net heat need      Simplified energy expenditure factor supply system																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Space heating	EC 1	EC 2	EC 3	Q <sub>del,h</sub> kWh/(m²a)	Q <sub>del,h</sub> kWh/(m²a)	=	1,02	Q <sub>del,h</sub> kWh/(m²a)	=	1,37																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	21,3	0,0	0,0	21,3	20,9			15,6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
DHW	EC 1	EC 2	EC 3	Q <sub>del,w</sub> kWh/(m²a)	Q <sub>del,w</sub> kWh/(m²a)	=	1,14	Q <sub>del,w</sub> kWh/(m²a)	=	1,59																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	23,8	0,0	0,0	23,8	20,9			15,0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Quantity</th> <th rowspan="2">Value</th> <th colspan="2">Uncertainty of respective quantity</th> <th rowspan="2">Reduction factor multi-dwelling</th> <th rowspan="2">Relevant heat or energy flow*</th> <th colspan="2">Uncertainty of delivered energy</th> <th rowspan="2">Energy expenditure factor</th> <th rowspan="2">Uncertainty of relevant heat or energy flow*</th> <th rowspan="2">Relevance for total uncertainty</th> </tr> <tr> <th>Category</th> <th>relative</th> <th>absolute</th> <th>kWh/(m²a) by change of 1m²</th> <th>kWh/(m²a)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="12"><b>Building heat losses</b></td> </tr> <tr> <td>Envelope area</td> <td>A<sub>env,calc</sub> m²</td> <td>2730</td> <td>C +/- 15%</td> <td>+/- 410</td> <td>1,0</td> <td>23,9</td> <td>0,0087</td> <td>1,00</td> <td>+/- 3,6</td> <td>4,9%</td> </tr> <tr> <td>Thermal transmittance</td> <td>U<sub>eff,i</sub> W/(m²K)</td> <td>0,08</td> <td>+/- 20%</td> <td>+/- 0,02</td> <td>1,0</td> <td>1,7</td> <td>21,2</td> <td>1,00</td> <td>+/- 0,3</td> <td>0,0%</td> </tr> <tr> <td>Roof 1</td> <td>U<sub>eff,i</sub> W/(m²K)</td> <td>0,08</td> <td>+/- 20%</td> <td>+/- 0,02</td> <td>1,0</td> <td>1,7</td> <td>21,2</td> <td>1,00</td> <td>+/- 0,3</td> <td>0,0%</td> </tr> <tr> <td>Roof 2</td> <td>U<sub>eff,i</sub> W/(m²K)</td> <td>0,08</td> <td>+/- 20%</td> <td>+/- 0,02</td> <td>1,0</td> <td>1,7</td> <td>21,2</td> <td>1,00</td> <td>+/- 0,3</td> <td>0,0%</td> </tr> <tr> <td>Wall 1</td> <td>U<sub>eff,i</sub> W/(m²K)</td> <td>0,11</td> <td>+/- 20%</td> <td>+/- 0,02</td> <td>1,0</td> <td>6,6</td> <td>59,5</td> <td>1,00</td> <td>+/- 1,3</td> <td>0,6%</td> </tr> <tr> <td>Wall 2</td> <td>U<sub>eff,i</sub> W/(m²K)</td> <td>0,11</td> <td>+/- 20%</td> <td>+/- 0,02</td> <td>1,0</td> <td>0,5</td> <td>4,3</td> <td>1,00</td> <td>+/- 0,1</td> <td>0,0%</td> </tr> <tr> <td>Wall 3</td> <td>U<sub>eff,i</sub> W/(m²K)</td> <td>0,11</td> <td>+/- 20%</td> <td>+/- 0,02</td> <td>1,0</td> <td>0,5</td> <td>4,3</td> <td>1,00</td> <td>+/- 0,1</td> <td>0,0%</td> </tr> <tr> <td>Floor 1</td> <td>U<sub>eff,i</sub> W/(m²K)</td> <td>0,07</td> <td>+/- 20%</td> <td>+/- 0,01</td> <td>1,0</td> <td>1,4</td> <td>21,2</td> <td>1,00</td> <td>+/- 0,3</td> <td>0,0%</td> </tr> <tr> <td>Floor 2</td> <td>U<sub>eff,i</sub> W/(m²K)</td> <td>0,07</td> <td>+/- 20%</td> <td>+/- 0,01</td> <td>1,0</td> <td>1,4</td> <td>21,2</td> <td>1,00</td> <td>+/- 0,3</td> <td>0,0%</td> </tr> <tr> <td>Window 1</td> <td>U<sub>eff,i</sub> W/(m²K)</td> <td>0,80</td> <td>+/- 15%</td> <td>+/- 0,12</td> <td>1,0</td> <td>10,6</td> <td>13,3</td> <td>1,00</td> <td>+/- 1,6</td> <td>1,0%</td> </tr> <tr> <td>Window 2</td> <td>U<sub>eff,i</sub> W/(m²K)</td> <td>0,80</td> <td>+/- 15%</td> <td>+/- 0,12</td> <td>1,0</td> <td>10,6</td> <td>13,3</td> <td>1,00</td> <td>+/- 1,6</td> <td>1,0%</td> </tr> <tr> <td>Door 1</td> <td>U<sub>eff,i</sub> W/(m²K)</td> <td>0,80</td> <td>+/- 15%</td> <td>+/- 0,12</td> <td>1,0</td> <td>0,7</td> <td>0,9</td> <td>1,00</td> <td>+/- 0,1</td> <td>0,0%</td> </tr> <tr> <td>Thermal bridging</td> <td>ΔU<sub>eff,th bridge</sub> W/(m²K)</td> <td>0,02</td> <td>C +/- 25%</td> <td>+/- 0,05</td> <td>1,0</td> <td>23,9</td> <td>120,4</td> <td>1,00</td> <td>+/- 6,0</td> <td>13,9%</td> </tr> <tr> <td>Relative uncertainty related to</td> <td>1/h</td> <td>0,20</td> <td></td> <td>W/(m²K)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Air exchange (heat not recovered)</td> <td>n<sub>air,heat loss</sub> 1/h</td> <td>0,26</td> <td>C +/- 33%</td> <td>+/- 0,15</td> <td>1,0</td> <td>33,4</td> <td>74,3</td> <td>1,00</td> <td>+/- 11,1</td> <td>47,5%</td> </tr> <tr> <td>Relative uncertainty related to</td> <td>°C</td> <td>0,45</td> <td></td> <td>1/h</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Internal temperature</td> <td>θ<sub>i</sub> °C</td> <td>22,1</td> <td>C +/- 6%</td> <td>+/- 1,0</td> <td>1,0</td> <td>57,3</td> <td>3,4</td> <td>1,00</td> <td>+/- 3,4</td> <td>4,4%</td> </tr> <tr> <td>Relative uncertainty related to</td> <td>K</td> <td>16,9</td> <td></td> <td>K</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>External temperatures</td> <td>F<sub>HDD</sub> kWh/a</td> <td>82</td> <td>B +/- 5%</td> <td>+/- 4,1</td> <td>1,0</td> <td>57,3</td> <td>0,7</td> <td>1,00</td> <td>+/- 2,9</td> <td>3,1%</td> </tr> <tr> <td>Relative uncertainty related to</td> <td>1 kWh/a</td> <td></td> <td></td> <td>1 kWh/a</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="12"><b>Building heat gains</b></td> </tr> <tr> <td>Solar heat gains</td> <td>A<sub>app,equiv al S</sub> m²</td> <td>33</td> <td>E +/- 60%</td> <td>+/- 20</td> <td>1,0</td> <td>8,7</td> <td>0,27</td> <td>1,00</td> <td>+/- 5,2</td> <td>10,5%</td> </tr> <tr> <td>Effective equivalent South aperture</td> <td>I<sub>sol,ho</sub> kWh/(m²a)</td> <td>476,8</td> <td>B +/- 10%</td> <td>+/- 48</td> <td>1,0</td> <td>8,7</td> <td>0,02</td> <td>1,00</td> <td>+/- 0,9</td> <td>0,3%</td> </tr> <tr> <td>Solar radiation</td> <td>I<sub>sol,ho</sub> W/m²</td> <td>476,8</td> <td>B +/- 10%</td> <td>+/- 48</td> <td>1,0</td> <td>8,7</td> <td>0,02</td> <td>1,00</td> <td>+/- 0,9</td> <td>0,3%</td> </tr> <tr> <td>Internal heat load</td> <td>q<sub>int</sub> kWh/(m²a)</td> <td>3,10</td> <td>D +/- 40%</td> <td>+/- 1,24</td> <td>1,0</td> <td>15,0</td> <td>4,8</td> <td>1,00</td> <td>+/- 6,0</td> <td>13,8%</td> </tr> <tr> <td>Relative uncertainty related to</td> <td>1 kWh/(m²a)</td> <td></td> <td></td> <td>1 kWh/(m²a)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="12"><b>Total uncertainty energy need for heating</b>      Q<sub>h,nd</sub>      <b>33,8</b>      <b>+/- 16,2</b> (100%)</td> </tr> <tr> <td colspan="12"><b>Domestic hot water (DHW) - heat need</b></td> </tr> <tr> <td>DHW heat need</td> <td>Q<sub>w,nd</sub> kWh/(m²a)</td> <td>15,0</td> <td>C +/- 25%</td> <td>+/- 3,75</td> <td>1,0</td> <td>15,0</td> <td>1,0</td> <td>1,00</td> <td>+/- 3,8</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Relative uncertainty related to</td> <td>1 kWh/(m²a)</td> <td></td> <td></td> <td>1 kWh/(m²a)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="12"><b>Total uncertainty DHW heat need</b>      <b>15,0</b>      <b>+/- 3,8</b></td> </tr> <tr> <td colspan="12"><b>Delivered energy (building + heat supply system)</b></td> </tr> <tr> <td>Space heating</td> <td>Q<sub>h,nd</sub> kWh/(m²a)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>34</td> <td></td> <td>1,02</td> <td>+/- 16,5</td> <td>94,7%</td> </tr> <tr> <td>Heat need for heating</td> <td>Q<sub>h,nd</sub> kWh/(m²a)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>34</td> <td></td> <td>1,02</td> <td>+/- 16,5</td> <td>94,7%</td> </tr> <tr> <td>Ventilation with heat recovery (considered as part of the heat supply system)</td> <td>Q<sub>ve,rec</sub> kWh/(m²a)</td> <td>0,70</td> <td>C +/- 20%</td> <td>+/- 0,14</td> <td>1,0</td> <td>16,0</td> <td>+22,8</td> <td>1,02</td> <td>+/- 3,3</td> <td>3,7%</td> </tr> <tr> <td>Heat recovery</td> <td>Q<sub>ve,rec</sub> kWh/(m²a)</td> <td>0,70</td> <td>C +/- 20%</td> <td>+/- 0,14</td> <td>1,0</td> <td>16,0</td> <td>+22,8</td> <td>1,02</td> <td>+/- 3,3</td> <td>3,7%</td> </tr> <tr> <td>Heat supply system</td> <td>E<sub>sys,h</sub> kWh/(m²a)</td> <td>1,37</td> <td>C +/- 10%</td> <td>+/- 0,14</td> <td>1,0</td> <td>21,3</td> <td>15,6</td> <td>1,00</td> <td>+/- 2,1</td> <td>1,6%</td> </tr> <tr> <td>Energy expenditure factor</td> <td>E<sub>sys,h</sub> kWh/(m²a)</td> <td>1,37</td> <td>C +/- 10%</td> <td>+/- 0,14</td> <td>1,0</td> <td>21,3</td> <td>15,6</td> <td>1,00</td> <td>+/- 2,1</td> <td>1,6%</td> </tr> <tr> <td colspan="12"><b>Total uncertainty delivered energy for space heating (building + heat supply system)</b>      <b>+/- 16,9</b> (100%)</td> </tr> <tr> <td colspan="12"><b>Domestic hot water (DHW)</b></td> </tr> <tr> <td>DHW heat need</td> <td>Q<sub>w,nd</sub> kWh/(m²a)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1,14</td> <td>+/- 4,3</td> <td>76,3%</td> </tr> <tr> <td>Energy expenditure factor</td> <td>E<sub>sys,w</sub> kWh/(m²a)</td> <td>1,59</td> <td>C +/- 10%</td> <td>+/- 0,16</td> <td>1,0</td> <td>23,8</td> <td>+15,0</td> <td>1,00</td> <td>+/- 2,4</td> <td>23,7%</td> </tr> <tr> <td colspan="12"><b>Total uncertainty delivered energy for DHW (heat need + heat supply system)</b>      <b>+/- 4,9</b> (100%)</td> </tr> <tr> <td colspan="12"><b>Delivered energy for space heating and DHW</b>      <b>45,2</b>      kWh/(m²a)</td> </tr> <tr> <td colspan="12"><b>Total uncertainty delivered energy for space heating and DHW</b>      <b>+/- 17,6</b> (100%)</td> </tr> <tr> <td colspan="12">*) Simplified linear approach      Simplified uncertainty estimation for delivered energy related to reference area (conditioned floor area)</td> </tr> </tbody> </table>												Quantity	Value	Uncertainty of respective quantity		Reduction factor multi-dwelling	Relevant heat or energy flow*	Uncertainty of delivered energy		Energy expenditure factor	Uncertainty of relevant heat or energy flow*	Relevance for total uncertainty	Category	relative	absolute	kWh/(m²a) by change of 1m²	kWh/(m²a)	<b>Building heat losses</b>												Envelope area	A <sub>env,calc</sub> m²	2730	C +/- 15%	+/- 410	1,0	23,9	0,0087	1,00	+/- 3,6	4,9%	Thermal transmittance	U <sub>eff,i</sub> W/(m²K)	0,08	+/- 20%	+/- 0,02	1,0	1,7	21,2	1,00	+/- 0,3	0,0%	Roof 1	U <sub>eff,i</sub> W/(m²K)	0,08	+/- 20%	+/- 0,02	1,0	1,7	21,2	1,00	+/- 0,3	0,0%	Roof 2	U <sub>eff,i</sub> W/(m²K)	0,08	+/- 20%	+/- 0,02	1,0	1,7	21,2	1,00	+/- 0,3	0,0%	Wall 1	U <sub>eff,i</sub> W/(m²K)	0,11	+/- 20%	+/- 0,02	1,0	6,6	59,5	1,00	+/- 1,3	0,6%	Wall 2	U <sub>eff,i</sub> W/(m²K)	0,11	+/- 20%	+/- 0,02	1,0	0,5	4,3	1,00	+/- 0,1	0,0%	Wall 3	U <sub>eff,i</sub> W/(m²K)	0,11	+/- 20%	+/- 0,02	1,0	0,5	4,3	1,00	+/- 0,1	0,0%	Floor 1	U <sub>eff,i</sub> W/(m²K)	0,07	+/- 20%	+/- 0,01	1,0	1,4	21,2	1,00	+/- 0,3	0,0%	Floor 2	U <sub>eff,i</sub> W/(m²K)	0,07	+/- 20%	+/- 0,01	1,0	1,4	21,2	1,00	+/- 0,3	0,0%	Window 1	U <sub>eff,i</sub> W/(m²K)	0,80	+/- 15%	+/- 0,12	1,0	10,6	13,3	1,00	+/- 1,6	1,0%	Window 2	U <sub>eff,i</sub> W/(m²K)	0,80	+/- 15%	+/- 0,12	1,0	10,6	13,3	1,00	+/- 1,6	1,0%	Door 1	U <sub>eff,i</sub> W/(m²K)	0,80	+/- 15%	+/- 0,12	1,0	0,7	0,9	1,00	+/- 0,1	0,0%	Thermal bridging	ΔU <sub>eff,th bridge</sub> W/(m²K)	0,02	C +/- 25%	+/- 0,05	1,0	23,9	120,4	1,00	+/- 6,0	13,9%	Relative uncertainty related to	1/h	0,20		W/(m²K)							Air exchange (heat not recovered)	n <sub>air,heat loss</sub> 1/h	0,26	C +/- 33%	+/- 0,15	1,0	33,4	74,3	1,00	+/- 11,1	47,5%	Relative uncertainty related to	°C	0,45		1/h							Internal temperature	θ <sub>i</sub> °C	22,1	C +/- 6%	+/- 1,0	1,0	57,3	3,4	1,00	+/- 3,4	4,4%	Relative uncertainty related to	K	16,9		K							External temperatures	F <sub>HDD</sub> kWh/a	82	B +/- 5%	+/- 4,1	1,0	57,3	0,7	1,00	+/- 2,9	3,1%	Relative uncertainty related to	1 kWh/a			1 kWh/a							<b>Building heat gains</b>												Solar heat gains	A <sub>app,equiv al S</sub> m²	33	E +/- 60%	+/- 20	1,0	8,7	0,27	1,00	+/- 5,2	10,5%	Effective equivalent South aperture	I <sub>sol,ho</sub> kWh/(m²a)	476,8	B +/- 10%	+/- 48	1,0	8,7	0,02	1,00	+/- 0,9	0,3%	Solar radiation	I <sub>sol,ho</sub> W/m²	476,8	B +/- 10%	+/- 48	1,0	8,7	0,02	1,00	+/- 0,9	0,3%	Internal heat load	q <sub>int</sub> kWh/(m²a)	3,10	D +/- 40%	+/- 1,24	1,0	15,0	4,8	1,00	+/- 6,0	13,8%	Relative uncertainty related to	1 kWh/(m²a)			1 kWh/(m²a)							<b>Total uncertainty energy need for heating</b> Q <sub>h,nd</sub> <b>33,8</b> <b>+/- 16,2</b> (100%)												<b>Domestic hot water (DHW) - heat need</b>												DHW heat need	Q <sub>w,nd</sub> kWh/(m²a)	15,0	C +/- 25%	+/- 3,75	1,0	15,0	1,0	1,00	+/- 3,8		Relative uncertainty related to	1 kWh/(m²a)			1 kWh/(m²a)							<b>Total uncertainty DHW heat need</b> <b>15,0</b> <b>+/- 3,8</b>												<b>Delivered energy (building + heat supply system)</b>												Space heating	Q <sub>h,nd</sub> kWh/(m²a)					34		1,02	+/- 16,5	94,7%	Heat need for heating	Q <sub>h,nd</sub> kWh/(m²a)					34		1,02	+/- 16,5	94,7%	Ventilation with heat recovery (considered as part of the heat supply system)	Q <sub>ve,rec</sub> kWh/(m²a)	0,70	C +/- 20%	+/- 0,14	1,0	16,0	+22,8	1,02	+/- 3,3	3,7%	Heat recovery	Q <sub>ve,rec</sub> kWh/(m²a)	0,70	C +/- 20%	+/- 0,14	1,0	16,0	+22,8	1,02	+/- 3,3	3,7%	Heat supply system	E <sub>sys,h</sub> kWh/(m²a)	1,37	C +/- 10%	+/- 0,14	1,0	21,3	15,6	1,00	+/- 2,1	1,6%	Energy expenditure factor	E <sub>sys,h</sub> kWh/(m²a)	1,37	C +/- 10%	+/- 0,14	1,0	21,3	15,6	1,00	+/- 2,1	1,6%	<b>Total uncertainty delivered energy for space heating (building + heat supply system)</b> <b>+/- 16,9</b> (100%)												<b>Domestic hot water (DHW)</b>												DHW heat need	Q <sub>w,nd</sub> kWh/(m²a)							1,14	+/- 4,3	76,3%	Energy expenditure factor	E <sub>sys,w</sub> kWh/(m²a)	1,59	C +/- 10%	+/- 0,16	1,0	23,8	+15,0	1,00	+/- 2,4	23,7%	<b>Total uncertainty delivered energy for DHW (heat need + heat supply system)</b> <b>+/- 4,9</b> (100%)												<b>Delivered energy for space heating and DHW</b> <b>45,2</b> kWh/(m²a)												<b>Total uncertainty delivered energy for space heating and DHW</b> <b>+/- 17,6</b> (100%)												*) Simplified linear approach      Simplified uncertainty estimation for delivered energy related to reference area (conditioned floor area)											
Quantity	Value	Uncertainty of respective quantity		Reduction factor multi-dwelling	Relevant heat or energy flow*	Uncertainty of delivered energy		Energy expenditure factor	Uncertainty of relevant heat or energy flow*	Relevance for total uncertainty																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
		Category	relative			absolute	kWh/(m²a) by change of 1m²				kWh/(m²a)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
<b>Building heat losses</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Envelope area	A <sub>env,calc</sub> m²	2730	C +/- 15%	+/- 410	1,0	23,9	0,0087	1,00	+/- 3,6	4,9%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Thermal transmittance	U <sub>eff,i</sub> W/(m²K)	0,08	+/- 20%	+/- 0,02	1,0	1,7	21,2	1,00	+/- 0,3	0,0%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Roof 1	U <sub>eff,i</sub> W/(m²K)	0,08	+/- 20%	+/- 0,02	1,0	1,7	21,2	1,00	+/- 0,3	0,0%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Roof 2	U <sub>eff,i</sub> W/(m²K)	0,08	+/- 20%	+/- 0,02	1,0	1,7	21,2	1,00	+/- 0,3	0,0%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Wall 1	U <sub>eff,i</sub> W/(m²K)	0,11	+/- 20%	+/- 0,02	1,0	6,6	59,5	1,00	+/- 1,3	0,6%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Wall 2	U <sub>eff,i</sub> W/(m²K)	0,11	+/- 20%	+/- 0,02	1,0	0,5	4,3	1,00	+/- 0,1	0,0%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Wall 3	U <sub>eff,i</sub> W/(m²K)	0,11	+/- 20%	+/- 0,02	1,0	0,5	4,3	1,00	+/- 0,1	0,0%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Floor 1	U <sub>eff,i</sub> W/(m²K)	0,07	+/- 20%	+/- 0,01	1,0	1,4	21,2	1,00	+/- 0,3	0,0%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Floor 2	U <sub>eff,i</sub> W/(m²K)	0,07	+/- 20%	+/- 0,01	1,0	1,4	21,2	1,00	+/- 0,3	0,0%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Window 1	U <sub>eff,i</sub> W/(m²K)	0,80	+/- 15%	+/- 0,12	1,0	10,6	13,3	1,00	+/- 1,6	1,0%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Window 2	U <sub>eff,i</sub> W/(m²K)	0,80	+/- 15%	+/- 0,12	1,0	10,6	13,3	1,00	+/- 1,6	1,0%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Door 1	U <sub>eff,i</sub> W/(m²K)	0,80	+/- 15%	+/- 0,12	1,0	0,7	0,9	1,00	+/- 0,1	0,0%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Thermal bridging	ΔU <sub>eff,th bridge</sub> W/(m²K)	0,02	C +/- 25%	+/- 0,05	1,0	23,9	120,4	1,00	+/- 6,0	13,9%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Relative uncertainty related to	1/h	0,20		W/(m²K)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Air exchange (heat not recovered)	n <sub>air,heat loss</sub> 1/h	0,26	C +/- 33%	+/- 0,15	1,0	33,4	74,3	1,00	+/- 11,1	47,5%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Relative uncertainty related to	°C	0,45		1/h																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Internal temperature	θ <sub>i</sub> °C	22,1	C +/- 6%	+/- 1,0	1,0	57,3	3,4	1,00	+/- 3,4	4,4%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Relative uncertainty related to	K	16,9		K																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
External temperatures	F <sub>HDD</sub> kWh/a	82	B +/- 5%	+/- 4,1	1,0	57,3	0,7	1,00	+/- 2,9	3,1%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Relative uncertainty related to	1 kWh/a			1 kWh/a																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
<b>Building heat gains</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Solar heat gains	A <sub>app,equiv al S</sub> m²	33	E +/- 60%	+/- 20	1,0	8,7	0,27	1,00	+/- 5,2	10,5%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Effective equivalent South aperture	I <sub>sol,ho</sub> kWh/(m²a)	476,8	B +/- 10%	+/- 48	1,0	8,7	0,02	1,00	+/- 0,9	0,3%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Solar radiation	I <sub>sol,ho</sub> W/m²	476,8	B +/- 10%	+/- 48	1,0	8,7	0,02	1,00	+/- 0,9	0,3%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Internal heat load	q <sub>int</sub> kWh/(m²a)	3,10	D +/- 40%	+/- 1,24	1,0	15,0	4,8	1,00	+/- 6,0	13,8%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Relative uncertainty related to	1 kWh/(m²a)			1 kWh/(m²a)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
<b>Total uncertainty energy need for heating</b> Q <sub>h,nd</sub> <b>33,8</b> <b>+/- 16,2</b> (100%)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
<b>Domestic hot water (DHW) - heat need</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
DHW heat need	Q <sub>w,nd</sub> kWh/(m²a)	15,0	C +/- 25%	+/- 3,75	1,0	15,0	1,0	1,00	+/- 3,8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Relative uncertainty related to	1 kWh/(m²a)			1 kWh/(m²a)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
<b>Total uncertainty DHW heat need</b> <b>15,0</b> <b>+/- 3,8</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
<b>Delivered energy (building + heat supply system)</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Space heating	Q <sub>h,nd</sub> kWh/(m²a)					34		1,02	+/- 16,5	94,7%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Heat need for heating	Q <sub>h,nd</sub> kWh/(m²a)					34		1,02	+/- 16,5	94,7%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Ventilation with heat recovery (considered as part of the heat supply system)	Q <sub>ve,rec</sub> kWh/(m²a)	0,70	C +/- 20%	+/- 0,14	1,0	16,0	+22,8	1,02	+/- 3,3	3,7%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Heat recovery	Q <sub>ve,rec</sub> kWh/(m²a)	0,70	C +/- 20%	+/- 0,14	1,0	16,0	+22,8	1,02	+/- 3,3	3,7%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Heat supply system	E <sub>sys,h</sub> kWh/(m²a)	1,37	C +/- 10%	+/- 0,14	1,0	21,3	15,6	1,00	+/- 2,1	1,6%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Energy expenditure factor	E <sub>sys,h</sub> kWh/(m²a)	1,37	C +/- 10%	+/- 0,14	1,0	21,3	15,6	1,00	+/- 2,1	1,6%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
<b>Total uncertainty delivered energy for space heating (building + heat supply system)</b> <b>+/- 16,9</b> (100%)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
<b>Domestic hot water (DHW)</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
DHW heat need	Q <sub>w,nd</sub> kWh/(m²a)							1,14	+/- 4,3	76,3%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Energy expenditure factor	E <sub>sys,w</sub> kWh/(m²a)	1,59	C +/- 10%	+/- 0,16	1,0	23,8	+15,0	1,00	+/- 2,4	23,7%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
<b>Total uncertainty delivered energy for DHW (heat need + heat supply system)</b> <b>+/- 4,9</b> (100%)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
<b>Delivered energy for space heating and DHW</b> <b>45,2</b> kWh/(m²a)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
<b>Total uncertainty delivered energy for space heating and DHW</b> <b>+/- 17,6</b> (100%)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
*) Simplified linear approach      Simplified uncertainty estimation for delivered energy related to reference area (conditioned floor area)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												

**Bild 16: Kalkulationsblatt für die Ermittlung der Unsicherheit der Bilanzierung / Beispiel-Berechnung: Gebäude AB / Var. 3**

Estimation of the Uncertainty									
building	DE.MOBASY.PHSP.AB.Var3				reference area	A <sub>c,ref</sub>		1784,2 m <sup>2</sup>	
<b>Simplified energy expenditure factors</b>			Sum delivered energy	generated heat	Simplified energy expenditure factor heat generation	net heat need	Simplified energy expenditure factor supply system		
Space heating	EC 1	EC 2	EC 3	kWh/(m <sup>2</sup> a)	kWh/(m <sup>2</sup> a)	kWh/(m <sup>2</sup> a)	kWh/(m <sup>2</sup> a)		
	DH	_NA_	_NA_					Q <sub>del,h</sub>	Q <sub>del,h</sub>
	30,7	0,0	0,0	30,7	30,1	1,02	27,5	1,11	
DHW	EC 1	EC 2	EC 3	kWh/(m <sup>2</sup> a)	kWh/(m <sup>2</sup> a)	kWh/(m <sup>2</sup> a)	kWh/(m <sup>2</sup> a)		
	DH	_NA_	_NA_					Q <sub>del,w</sub>	Q <sub>del,w</sub>
	26,3	0,0	0,0	26,3	25,0	1,05	17,8	1,48	

Quantity	Value	Uncertainty of respective quantity		Reduction factor multi-dwelling	Relevant heat or energy flow*	Uncertainty of delivered energy			Relevance for total uncertainty	
		Category	relative			absolute	Sensitivity of heat flow to change of quantity	Energy expenditure factor		Uncertainty of relevant heat or energy flow*
<b>Building heat losses</b>										
Envelope area	A <sub>env,calc</sub>	2928	A +/- 5%	+/- 146	1,0	21,7	0,0074	1,00	+/- 1,1	1,9%
Thermal transmittance	U <sub>eff,i</sub>	W/(m <sup>2</sup> K)		W/(m <sup>2</sup> K)			1 m <sup>2</sup>			
Roof 1	1,00	0,09	A +/- 5%	+/- 0,00	1,0	2,1	23,4	1,00	+/- 0,1	0,0%
Roof 2			A		1,0			1,00		
Wall 1	1,00	0,11	A +/- 5%	+/- 0,01	1,0	6,7	59,4	1,00	+/- 0,3	0,2%
Wall 2	0,26	0,07	A +/- 5%	+/- 0,00	1,0	0,2	2,7	1,00	+/- 0,0	0,0%
Wall 3	0,26	0,03	A +/- 5%	+/- 0,00	1,0	0,0	0,9	1,00	+/- 0,0	0,0%
Floor 1	0,26	0,03	A +/- 5%	+/- 0,00	1,0	0,6	19,4	1,00	+/- 0,0	0,0%
Floor 2	0,26	0,06	A +/- 5%	+/- 0,00	1,0	0,2	3,8	1,00	+/- 0,0	0,0%
Window 1	1,00	0,72	A +/- 5%	+/- 0,04	1,0	9,1	12,7	1,00	+/- 0,5	0,3%
Window 2			A		1,0			1,00		
Door 1	1,00	1,50	A +/- 5%	+/- 0,08	1,0	0,5	0,3	1,00	+/- 0,0	0,0%
Thermal bridging	ΔU <sub>eff, th bridge</sub>	W/(m <sup>2</sup> K)	A +/- 6%	+/- 0,01	1,0	21,7	122,7	1,00	+/- 1,2	2,4%
Relative uncertainty related to				0,18 W/(m <sup>2</sup> K)						
Air exchange (heat not recovered)	n <sub>air, heat loss</sub>	1/h	B +/- 17%	+/- 0,10	1,0	40,2	67,4	1,00	+/- 6,7	73,3%
Relative uncertainty related to				0,60 1/h						
Internal temperature	θ <sub>i</sub>	°C	A +/- 1%	+/- 0,1	1,0	61,9	3,6	1,00	+/- 0,4	0,2%
Relative uncertainty related to				17,3 K						
External temperatures	F <sub>HDD</sub>	kKh/a	B +/- 5%	+/- 4,2	1,0	61,9	0,7	1,00	+/- 3,1	15,5%
Relative uncertainty related to				1 kKh/a						
<b>Building heat gains</b>										
Solar heat gains	A <sub>ap, equiv al S</sub>	17	A +/- 5%	+/- 1	1,0	4,6	0,27	1,00	+/- 0,2	0,1%
Effective equivalent South aperture		kWh/(m <sup>2</sup> a)		kWh/(m <sup>2</sup> a)			kWh/(m <sup>2</sup> a)			
Solar radiation	I <sub>sol,ho</sub>	476,8	B +/- 10%	+/- 48	1,0	4,6	0,01	1,00	+/- 0,5	0,3%
Relative uncertainty related to				W/m <sup>2</sup>			kWh/(m <sup>2</sup> a)/(W/m <sup>2</sup> )			
Internal heat load	q <sub>int</sub>	1,94	B +/- 20%	+/- 0,39	1,0	9,4	4,8	1,00	+/- 1,9	5,7%
Relative uncertainty related to				W/m <sup>2</sup>			kWh/(m <sup>2</sup> a)			
<b>Total uncertainty energy need for heating</b>						48,0			+/- 7,9	(100%)
<b>Domestic hot water (DHW) - heat need</b>										
DHW heat need	Q <sub>nd</sub>	17,8	B +/- 10%	+/- 1,78	1,0	17,8	1,0	1,00	+/- 1,8	
Relative uncertainty related to				kWh/(m <sup>2</sup> a)			kWh/(m <sup>2</sup> a)			
<b>Total uncertainty DHW heat need</b>						17,8			+/- 1,8	
<b>Delivered energy (building + heat supply system)</b>										
Space heating	Q <sub>h,nd</sub>					48		1,02	+/- 8,0	94,7%
Heat need for heating										
Ventilation with heat recovery (considered as part of the heat supply system)	η <sub>ve,rec</sub>	0,71	A +/- 10%	+/- 0,07	1,0	17,6	+24,8	1,02	+/- 1,8	4,7%
Heat recovery										
Heat supply system	E <sub>sys,h</sub>	1,11	A +/- 2%	+/- 0,02	1,0	30,7	27,5	1,00	+/- 0,6	0,6%
Energy expenditure factor										
<b>Total uncertainty delivered energy for space heating (building + heat supply system)</b>									+/- 8,2	(100%)
Relative uncertainty related to										94,7%
Domestic hot water (DHW)	Q <sub>nd</sub>							1,05	+/- 1,9	92,7%
DHW heat need										
Energy expenditure factor	E <sub>sys,w</sub>	1,48	A +/- 2%	+/- 0,03	1,0	26,3	+17,8	1,00	+/- 0,5	7,3%
Relative uncertainty related to										
<b>Total uncertainty delivered energy for DHW (heat need + heat supply system)</b>									+/- 1,9	(100%)
Relative uncertainty related to										5,3%
<b>Total uncertainty delivered energy for space heating and DHW</b>						57,0			+/- 8,5	(100%)

\*) Simplified linear approach  
related to reference area (conditioned floor area)

## B.12 Schrittweise Verbesserung der Genauigkeit

Die folgende Tabelle zeigt die Details der in Abschnitt 3.5 in Tab. 5 kursorisch beschriebene schrittweise Einbeziehung genauerer Daten. Dargestellt wird je Schritt die Änderung der Eingabedaten und die Änderung der Datenquelle sowie die Konsequenz für die Unsicherheitseinstufung entsprechend dem MOBASY-Konzept.

**Tab. 20: Erläuterung der Einzelschritte zur Berücksichtigung von genaueren Daten**

	Hauptvariante und Variations-schritt	Änderung Eingabedaten		Änderung Datenquelle Klasse und Wert für die Unsicherheit	
		vorher	geändert auf	vorher	geändert auf
<b>1</b>	<b>Energieprofil / Verbrauchscontrolling</b>				
1.1	▶ Hüllfläche detailliert	Energieprofil-Hüllflächenschätzung auf der Basis geometrischer Indikatoren und der Wohnfläche	detaillierte Flächenermittlung gemäß PHPP (für Wärmeverluste und für solare Gewinne)	„InspectionOnsite“ Angaben Gebäudeeigentümer und Vor-Ort-Erhebung Klasse C ( $\pm 15\%$ )	„DesignDataPlusQA“ Planungsdaten plus Qualitätssicherung Klasse A ( $\pm 5\%$ )
1.2	▶ U-Werte detailliert	Schätzung U-Werte: opak: auf der Basis der mittleren Dämmstärken und Pauschalwerten für die Wärmeleitfähigkeit Fenster: Tabellenwert für Passivhaus-Fenster (3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung im gedämmten Rahmen)	differenzierte U-Wert-Berechnung je Fenster auf Grundlage der Abmessungen gemäß PHPP entsprechend den qualitätsgesicherten Planungsdaten	„InspectionOnsite“ Angaben Gebäudeeigentümer und Vor-Ort-Erhebung opake Bauteile: $U_{Or}$ D ( $\pm 30\%$ ) $d_{Ins}$ C ( $\pm 2\text{ cm}$ ) $\lambda_{Ins}$ D ( $\pm 20\%$ ) Fenster: $U_{Win}$ C ( $\pm 15\%$ )	„DesignDataPlusQA“ Planungsdaten plus Qualitätssicherung U-Wert opak: Klasse A ( $\pm 5\%$ ) U-Wert Fenster: Klasse A ( $\pm 5\%$ )
1.3	▶ Wärmebrücken detailliert	Einstufung durch Sichtprüfung: keine relevanten Durchdringungen der Hüllfläche mit Elementen deutlich höherer Wärmeleitfähigkeit / Best-Practice-Modernisierungen mit minimierten Wärmebrücken	zweidimensionale Berechnung von Wärmebrücken und Erfassung der Kantenlängen mit PHPP entsprechend den qualitätsgesicherten Planungsdaten	„InspectionOnsite“ Angaben Gebäudeeigentümer und Vor-Ort-Erhebung Zuschlagswert: Klasse C ( $\pm 0,05\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ )	„DesignDataPlusQA“ Planungsdaten plus Qualitätssicherung Zuschlagswert: Klasse A ( $\pm 0,01\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ )
1.4	▶ Anlagentechnik + Lüftungsanlage detailliert	Konfiguration auf der Basis von Indikatoren; Zuordnung von TABULA-Pauschalwerten (flächenbezogene Wärmeverluste, Erzeuger-Aufwandszahlen, WRG-Effizienz)	detaillierte PHPP-Berechnung auf der Basis von Längen, Wärmeverlustkoeffizienten und Temperaturen sowie dem mechanischen Luftwechsel und der WRG-Effizienz entsprechend den Planungsdaten	„InspectionOnsite“ Angaben Gebäudeeigentümer und Vor-Ort-Erhebung System-Aufwandszahlen H+W: Klasse C ( $\pm 10\%$ ) relative Unsicherheit WRG: $\pm 20\%$	„DesignData“ (Planungsdaten) System-Aufwandszahlen H: Klasse B ( $\pm 5\%$ ) W: Klasse B ( $\pm 5\%$ ) relative Unsicherheit WRG: $\pm 10\%$
1.5	▶ bauliche Verschattung detailliert	Pauschalwert für den Reduktionsfaktor (konstant)	detaillierte PHPP-Berechnung der baulichen Verschattung je Fenster	„NoDataSource“ keine Datenquelle für die Verschattung passiv-solare Apertur (beinhaltet auch die Fensterflächen nach Orientierung) Klasse E ( $\pm 60\%$ )	„DesignData“ Planungsdaten, zusätzlich möglicher Nutzereinfluss durch Betätigung von Verschattungseinrichtungen passiv-solare Apertur: Klasse B ( $\pm 10\%$ )
1.6	▶ innere Wärmequellen Planungsdaten	Pauschalwert Summe innere Wärmequellen	detaillierte PHPP-Berechnung der inneren Wärmequellen, ausgehend von Planungsdaten für Personenbelegung und Geräteausstattung	„NoDataSource“ keine Datenquelle verwendet Klasse D ( $\pm 40\%$ )	„ElevationClassification“ Erhebung / Klassifizierung Klasse C ( $\pm 30\%$ )

	Hauptvariante und Variations-schritt	Änderung Eingabedaten		Änderung Datenquelle Klasse und Wert für die Unsicherheit	
		vorher	geändert auf	vorher	geändert auf
2	detaillierte Planungsdaten	identisch mit dem Variationsschritt 1.6			
2.1	▶ Warmwasser-Zapfung Messung	Pauschalwert Warmwasserbedarf	gemessenes Volumen Warmwasserzapfung	„NoDataSource“ Klasse C (± 25 %)	„MeasurementOnSite“ Klasse B (± 10 %)
2.2	▶ Raumtemperatur Messung	Pauschalwert Raumtemperatur	gemessene Raumtemperatur an Heiztagen (verbrauchsgewichtet)	„NoDataSource“ Klasse C (± 1,0 K)	„MeasurementOnSiteQA“ Klasse A (± 0,1 K)
2.3	▶ Fensteröffnung Messung	Pauschalwert Luftaustausch	aus gemessenen Öffnungszeiten abgeleiteter Luftaustausch an Heiztagen	„NoDataSource“ Mehrfamilienhaus effektiver Luftwechsel in der Heizzeit: Klasse C (± 0,15 1/h)	„ElevationClassification“ Messung der Fensteröffnung für eine Stichprobe effektiver Luftwechsel in der Heizzeit: Klasse B (± 0,10 1/h)
2.4	▶ innere Wärmequellen Messung Stromverbrauch	PHPP-Nachweis mit Planungswerten für Personenbelegung und Geräteausstattung (s.o.)	PHPP-Bilanz korrigiert mit gemessenem Haushaltsstromverbrauch zuzüglich geschätzter Stromverbrauch Allgemeinstrom und Messtechnik	„Elevation-Classification“ Klasse C (± 30 %)	„MeasurementOnSite“ Klasse B (± 20 %)
2.5	▶ Verschattung durch Rolläden	detaillierte PHPP-Berechnung der baulichen Verschattung (s.o.)	Berücksichtigung der Verschattung durch Nutzung von Rolläden in der Heizzeit (extrapoliert aus Stichprobe)	„Measurement-OnSite“ passiv-solare Apertur: Klasse B (± 10 %)	„Measurement-OnSiteQA“ passiv-solare Apertur: Klasse A (± 5 %)
2.6	▶ Temperaturen Anlagentechnik Messung	Planungswerte PHPP	Messwerte oder Schätzung der mittleren Temperaturen im Betrieb	„DesignData“ (Planungsdaten)	„DesignDataPlusQA“ (Planungsdaten plus Qualitätssicherung) System-Aufwandszahlen H: Klasse B (± 5 %) W: Klasse B (± 5 %)
2.7	▶ Messung Außentemperatur vor Ort	DWD-Daten, Daten der nächsten 3 Wetterstationen, gewichtet mit dem reziproken Abstand	Messdaten vor Ort	„_NA_“ (automatisch) Klasse B* (± 10 %)	„_NA_“ (automatisch) Klasse B* (± 10 %)
3	detaillierte Planungs- und Nutzungsdaten	identisch mit dem Variationsschritt 2.7			

#### Erläuterungen

$U_{Or}$  = U-Wert ohne Dämmung;  $d_{Ins}$  = Dicke der Dämmung;  $\lambda_{Ins}$  = Wärmeleitfähigkeit der Dämmung;  $U_{Win}$  = Fenster-U-Wert

\*) Unsicherheit Var. 2.7: Da nicht klar ist, wie repräsentativ die Messdaten der Wetterstation oberhalb des Gebäudes für die Situation an der Hüllfläche ist, wurde die Unsicherheitsklasse nicht verbessert.

## B.13 Diskussion von Methodik-Details

Bei der Analyse der Gebäude sind einige Punkte aufgefallen, die hier noch einmal näher betrachtet werden sollen. Einiges davon könnte in zukünftigen Forschungsprojekten aufgegriffen werden.

- **Unsicherheit der Hüllflächenschätzung**

Im Anhang B.1 wird formal nur die Auswirkung der Unsicherheit der Summe aller Hüllflächen betrachtet. Nicht direkt berücksichtigt wird dagegen bisher die Unsicherheit der Anteile der unterschiedlichen Teilflächen der thermischen Hülle, die insbesondere dann relevant sein kann, wenn unterschiedliche U-Werte vorliegen. Im Fall der betrachteten Gebäude betrafe dies die Fensterfläche im Verhältnis zur opaken, gedämmten Hüllfläche (Faktor 7 zwischen den U-Werten). Zwar wird dies hier nicht explizit ermittelt, allerdings ist der Effekt indirekt berücksichtigt: Die in der MOBASY-Realbilanz angesetzten Zahlenwerte für die relative Unsicherheit des Flächenschätzverfahrens spiegeln nämlich nicht die relative Streuung der Hüllflächensumme der Stichprobe, sondern die Streuung der Transmissionswärmeverluste gegenüber der Berechnung mit exakt bestimmten Flächen wider (siehe [Loga et al. 2005] Abschnitt 5.3 Tabelle 12). Die Unsicherheit, die sich aus der Schätzung der Anteile der Teilflächen bei unterschiedlichen U-Werten ergibt, ist also in dem nominal auf die Gesamtfläche bezogenen Tabellenwert der Unsicherheit enthalten. Allerdings muss darüber hinaus beachtet werden, dass bei gut gedämmten Gebäuden mit Passivhaus-Fenstern der Heizwärmebedarf trotz deutlich unterschiedlicher U-Werte zwischen Fenstern und opaken Bauteilen bei Vergrößerung der Fenster (auf Kosten der Außenwand) kaum oder gar nicht zunimmt, da sich gleichzeitig der passiv-solare Wärmeeintrag erhöht. Dies gilt allerdings weder für stark verschattete noch für nach Norden ausgerichtete Fassaden. Der Effekt ist also tendenziell geringer als es die Betrachtung der Transmissionswärmeverluste erwarten lassen würde und außerdem gekoppelt mit der Unsicherheit der passiv-solaren Apertur (siehe Kapitel B.7). Die Entwicklung eines solchen komplexen Modells zur Bestimmung der durch geschätzte Fensterflächen bedingten Unsicherheit ist noch Aufgabe für die Zukunft.

- **Unsicherheit der Lüftungswärmeverluste infolge Fensteröffnung**

Die Definition von Var. 3 verfolgt das Ziel, über die im Zuge der Planung gesammelten detaillierten Daten hinaus auch Informationen aus der Nutzung der Gebäude zu berücksichtigen. Ein wichtiger Punkt sind hier die Lüftungswärmeverluste infolge Fensteröffnung. Informationen zur Fensteröffnung liegen aus dem Messprogramm [Großklos et al. 2023] [Stein et al. 2023].<sup>50</sup> Allerdings sind die Analysen zum Zeitpunkt der Erstellung des vorliegenden Berichts noch nicht abgeschlossen, so dass die aus den ersten Messergebnissen abgeleiteten Zahlenwerte eher provisorischen Charakter haben. Die Erfassung der Informationen zur Fensteröffnungszeit, vor allem aber die Überführung in einen Wärmeverlust-äquivalenten Luftwechsel für die Heizperiodenbilanz (siehe Kapitel B.5 und Anhang C.7) birgt dabei noch eine Reihe von teils recht großen Unsicherheiten. Die Entwicklung passender Modelle und die detaillierte Erfassung der für die Modellierung entscheidenden Parameter könnte in zukünftigen Forschungsprojekten angegangen werden.

Wie in Abschnitt B.11 dargestellt, sind also die Lüftungswärmeverluste der Bilanzbereich, der die größte Unsicherheit für die realistische Bilanzierung des Energiebedarfs mit sich bringt. Dies gilt allerdings nur, wenn wie bei den beiden untersuchten Gebäuden davon ausgegangen werden muss, dass das Öffnen von Fenstern in der Heizperiode stattfindet. Sollten für ein konkretes Gebäude Erkenntnisse vorliegen, dass die Fenster im Winter tatsächlich nie geöffnet werden, könnten bei einem qualitätsgesicherten Passivhaus-Dämmstandard sehr viel genauere Verbrauchsprognosen gemacht werden.

---

<sup>50</sup> Es wurden auch Bewohnerbefragungen zum Fensteröffnungsverhalten durchgeführt - die Ergebnisse liegen aber noch nicht vor.

- **Abschätzung des Wärmeverbrauchs Warmwasser aus dem gemessenen Volumen**

Werden die für die Warmwasserbereitung eingesetzten Wärmemengen nicht mittels Wärmemengenzähler gemessen, so muss die Nutzwärme Warmwasser aus den mittels Volumenmessgerät erfassten Mengen Warmwasser geschätzt werden. Hierfür wird bei den MOBASY-Nutzungsdaten ein Pauschalwert von 50 K für die mittlere Temperaturerhöhung bei der Bereitung des Warmwassers angesetzt. Bei der Analyse hat sich gezeigt, dass dieser Ansatz für die beiden mit Frischwasserstationen ausgestatteten Gebäude viel zu hoch ist. Bei der detaillierten Betrachtung der Planungsdaten wurde der Wert folglich auf 30 K reduziert. Entsprechend ist in Var. 1 der aus dem Zapfvolumen abgeleitete Nutzwärmeverbrauch unrealistisch hoch.

Da Frischwasserstationen immer häufiger eingebaut werden, sollte der Pauschalwert für die Temperaturdifferenz auf einen Wert reduziert werden, der in einem mittleren Bereich der möglichen Spanne liegt und eine entsprechende zusätzliche Unsicherheit angesetzt werden. Langfristig könnte die Aufnahme eines Indikators „Frischwasserstation“ in die Energieprofil-Erfassung und eine Abhängigkeit des Pauschalwerts der Temperaturdifferenz von diesem Indikator zu einer deutlichen Verbesserung der Prognose führen.

- **Genauigkeit / Unsicherheit der Klimadaten DWD und Messstation über dem Gebäude**

Wie in Anhang B.8 dargestellt, lag die per Temperaturmessstation über dem Gebäude ermittelte Gradtagzahl um 9 % niedriger als die aus den nächstliegenden Wetterstationen des DWD ermittelten Werte.

Die für die Zukunft bestehende Aufgabe besteht darin, einfache Modelle zu finden bzw. zu entwickeln, mit denen die Messdaten einer Temperaturstation so kalibriert werden können, dass sich für die Wärmeverluste des Gebäudes repräsentative Außentemperaturen ergeben. Dies gilt zum einen für innerhalb eines wissenschaftlichen Messprogramms vor Ort gemessene Temperaturdaten, zum anderen für die gemessenen Temperaturdaten der DWD-Wetterstationen. Eine weitere zu klärende Frage ist, ob es auf Grund der tendenziell siedlungsfernen Standorte der DWD-Messstationen zu einer systematischen Überschätzung der im Mittel im deutschen Gebäudebestand herrschenden und für die Wärmeverluste verantwortlichen Gradtagzahlen kommt. Darüber hinaus wäre zu überprüfen, ob lokal herrschende winterliche Außentemperaturen eine so große Varianz haben, dass die bisher für diesen Bilanzbereich verwendeten Pauschalwerte für die Unsicherheiten vergrößert werden müssten.

- **Verwendung von Klimadaten aus dem Verbrauchsjahr beim Verbrauchscontrolling**

Die Ermittlung von am Standort im Verbrauchsjahr vorliegenden Außentemperaturen und Globalstrahlungswerten in der Heizzeit und deren Verwendung zur Kalibrierung der rechnerischen Vergleichswerte ist eine sehr aufwändige Prozedur (und benötigt auch einen Großteil der Rechenzeit im Excel- und im R-Tool). Demgegenüber steht entsprechend den in Anhang B.7 und B.8 dargestellten Analysen ein nicht allzu großer Genauigkeitsgewinn: Im Fall der Gradtagzahl wird die Unsicherheit der Energiebedarfsberechnung gegenüber dem Langzeitklima am Standort bei den beiden Gebäuden um ca. 1 kWh/(m<sup>2</sup>a) verringert, gegenüber dem Langzeitklima für einen durchschnittlichen Standort Deutschland um ca. 3 kWh/(m<sup>2</sup>a) (siehe Anhang B.8). im Fall der Solarstrahlung liegt die Verringerung der Unsicherheit unter 0,5 kWh/(m<sup>2</sup>a). Für ein praxisnahes, einfaches Verbrauchscontrolling könnten also ggf. auf die genauen, Verbrauchsjahr-bezogenen Klimadaten verzichtet werden, ohne dass die Qualität der Aussagen stark gemindert wird. Allerdings würden damit im Verbrauchscontrolling keine Möglichkeit mehr bestehen, Verbrauchsunterschiede zwischen einzelnen Jahren durch Heranziehung von Klimadaten zu erklären.

- **Weitere Fragen zur Abschätzung von Unsicherheiten**

Neben der oben schon erwähnten Unsicherheit der Flächenberechnung gibt es noch weitere Punkte, bei denen die hier eingeführte einfache Methodik der Unsicherheitsbetrachtung überprüft und gegebenenfalls verbessert werden könnte. Dies betrifft Punkte, bei denen es ein komplexes Zusammenspiel

mehrerer Variablen gibt (z.B.: bei Lüftungsanlagen die Unsicherheiten des Fördervolumens und des Wärmebereitstellungsgrads mit ggf. bestehendem Zusammenhang mit der Fensteröffnung; bei Kellerabgängen die Unsicherheit der vereinfachten Bilanzierung der real komplexen Wärmeströme, etc.). Hinzu kommt die in Anhang B.4 und B.8 aufgeworfene Frage, wie repräsentativ die im Mittel innen und außen gemessenen Temperaturen für die für die Wärmeverluste (entsprechend dem verwendeten physikalischen Modell) verantwortlichen mittleren Temperaturen ist.

- **Methodik der Unsicherheitsbetrachtung**

Auch der methodische Ansatz zur Ermittlung der Gesamtunsicherheit sollte überprüft und gegebenenfalls verbessert werden: Eine Voraussetzung des hier verwendeten einfachen Modells ist ja die Annahme normalverteilter, symmetrischer Dichteverteilungen für alle unsicheren Eingangsgrößen und die Annahme eines linearen Zusammenhangs mit dem Heizenergiebedarf. Entsprechend ist auch die resultierende Dichteverteilung des berechneten Heizenergiebedarfs normalverteilt. Demgegenüber kann bei einigen Modelleingangsvariablen vermutet werden, dass die Dichteverteilungen nicht symmetrisch sind, wie z.B. bei Leitungslängen oder bei Fensteröffnungszeiten. Dazu passt die Beobachtung, dass Häufigkeitsverteilungen von Verbrauchswerten tendenziell rechtsschief, also nicht symmetrisch sind (siehe z.B. [Loga et al. 2019]). Es wäre also sinnvoll, die Auswirkung dieser teilweise asymmetrischen Dichteverteilungen auf die Dichteverteilung des Heizenergiebedarfs mit Hilfe einer Monte-Carlo-Simulation abzuschätzen und ggf. eine Korrektur der vereinfacht ermittelten Gesamtunsicherheit (bzw. des Schätzintervalls für den Verbrauch) vorzunehmen.

- **Unsicherheit der Erfassung der Verbrauchswerte**

Bisher wurden Unsicherheiten und mögliche systematische Fehler der Messdatenerfassung beim Verbrauch-Bedarf-Vergleich nicht explizit berücksichtigt. Diese können jedoch in bestimmten Fällen sehr relevant sein, z.B. bei der oben schon diskutierten Schätzung von Warmwasser-Wärmemengen aus den Messdaten von Volumenzählern oder wenn gemessene Energiemengen über Heizkostenverteiler mehreren separat bilanzierten Gebäuden zugeordnet werden. Daher könnte es hilfreich sein, wenn im Zuge der methodischen Weiterentwicklung eine Zuordnung von Unsicherheiten zu Messverfahren erfolgen würde.

- **Deskriptiver oder normativer Soll-Ist-Vergleich**

Die Bilanzierung im MOBASY-Verbrauchscontrolling folgt einem rein deskriptiven, statistischen Ansatz, bei dem versucht wird, die Spanne des praktischen Vorkommens bei den Eingangsdaten abzubilden. Für das Verbrauchscontrolling könnte es jedoch mit Blick auf Wärmebrücken, Leitungslängen, Raumtemperaturen, Lüftungsverhalten usw. auch sinnvoll sein neben dem „typischen“ oder „mittleren Fall“ auch eine Bilanzierungsvariante als Referenz bzw. Zielmarke zu definieren, die technisch optimiert ist und bei der sich die Bewohner sehr sparsam verhalten (z.B. 20°C Raumtemperatur, Fenster geschlossen, ...).

Dies müsste nicht unbedingt durch eine weitere Energiebilanzberechnung umgesetzt werden. Eventuell reichen pragmatische Ansätze, z.B. indem nur die untere Hälfte des Erwartungsbereichs für den Soll-Ist-Vergleich herangezogen wird, Verbrauchswerte über dem Erwartungswert also schon Anlass geben, nach Verbesserungsmöglichkeiten zu suchen.

## Anhang C – Dokumentation der für die Bilanzierung verwendeten Pauschalwerte und detaillierten Eingangsdaten

Im Folgenden werden die für die Bilanzierung nach der MOBASY-Realbilanz in Var. 1 verwendeten Pauschalwerte sowie die in Var. 2 und 3 verwendeten detaillierten Daten dokumentiert. Die Pauschalwerte und Projektdaten sind auch im Excel-Paket „EnergyProfile-xlsm.zip“ enthalten, mit dem alle hier dokumentierten Berechnungen durchgeführt wurden.<sup>51</sup> Zur besseren Orientierung sind in den folgenden Tabellen teilweise die im Excel-Paket verwendeten Variablennamen mit aufgeführt.

### C.1 Wohnflächen, Netto-Raumflächen, Referenzflächen

Tab. 21: Flächen

	Variablenname	Einheit	Gebäude AB	Gebäude C
<b>Wohnfläche</b>	A_C_Living	m <sup>2</sup>	1622,2	1576,8
<b>TABULA-Referenzfläche (geschätzt)</b>	A_C_Ref	m <sup>2</sup>	1784,4	1734,4
<b>PHPP-Referenzfläche</b>	A_EB	m <sup>2</sup>	1661,9	1761,6
<b>Netto-Raumfläche NRF nach DIN 277</b>	A_NRF	m <sup>2</sup>	1763,6	1943,6
<i>Verhältnis NRF zu Wohnfläche</i>			1,09	1,23
<i>Verhältnis TABULA zu NRF</i>			1,01	0,89
<i>Verhältnis TABULA zu PHPP</i>			1,07	0,98

### C.2 Hüllfläche und U-Werte

#### Schätzung der Hüllfläche und der U-Werte im TABULA-Verfahren / Var. 1

Die Werte für die geschätzte Hüllfläche finden sich im Kapitel 0 in Tab. 6 im Vergleich mit den aggregierten Werten der detaillierten Ermittlung, die geschätzten U-Werte finden sich in Kapitel B.2 Tab. 7. Der Rechengang der für Var. 1 angewendeten Schätzverfahren für Hüllfläche und U-Werte kann in Anhang E.1 nachvollzogen werden.

#### Detaillierte Ermittlung / PHPP-Berechnung / Var. 2 und 3

Die folgenden zwei Tabellen geben die innerhalb der PHPP-Rechenmappe detailliert ermittelten Flächen und U-Werte für die Teilflächen der Hülle beider Gebäude wieder.

<sup>51</sup> Download von der Projekt-Website: <https://www.iwu.de/forschung/energie/mobasy/>

**Tab. 22: Thermische Hülle des modernisierten Altbaus (Gebäude AB), zusammengeführt aus der PHPP-Berechnung**

Bauteile	Fläche [m²]	U [W/(m²K)]	Dämm- dicke [cm]	Dämmtyp	Wärme- leitfähig- keit Dämm- ung [W/(mK)]	g- Wert Fenster
Boden gegen Erdreich Anbau	38,9	0,105	30		0,035	
Kellerdecke Altbau	434,7	0,125	24		0,035	
Kellerdecke Anbau	28,8	0,14	20		0,035	
AW Altbau	709,5	0,111	30		0,035	
AW Treppenhaus	86,1	0,128	26		0,035	
AW Anbau gegen Erdreich	22,1	0,113	30		0,035	
AW Anbau	323,8	0,112	30		0,035	
AW Dachaufstockung	298,6	0,112	30		0,035	
Dach Altbau	471,4	0,087	36		0,032	
Boden gegen Erdreich Altbau	25,5	0,268	10		0,035	
Boden gegen Erdreich unterer Abschluss Treppenhaus	25,8	0,354	6		0,025	
Wand gegen Kellerraum 1	13,5	0,324	6		0,025	
Wand gegen Kellerraum 2 (alte AW KG)	9,4	0,162	20		0,035	
Wand gegen Kellerraum 3 ("Außendämmung")	12,4	0,313	10		0,035	
Wand gegen Kellerraum 4 (IW gegen Flur)	20,2	0,28	10		0,032	
Dach über TRH	24,3	0,102	22	Puren	0,023	
Wand gegen Kellerraum 5 (neue Trennwand KG)	9,7	0,355	6	PU Hartschaum	0,025	
Dach Anbauten	62,4	0,104	30		0,032	
Außentüren	8,3	1,5				
Fenster West	158,5	0,71				0,54
Fenster Ost	143,8	0,73				0,54
	2928,0					

**Tab. 23: Thermische Hülle des Neubaus (Gebäude C), zusammengeführt aus der PHPP-Berechnung**

Bauteile	Fläche [m²]	U [W/(m²K)]	Dämm- dicke [cm]	Dämmtyp	Wärme- leitfähig- keit Dämm- ung [W/(mK)]	g-Wert Fenster
Wände gegen Erdreich (Aufzugsschacht)	23,5	0,112	30		0,035	
Außenwand West	319,4	0,112	30		0,035	
Außenwand Ost	338,7	0,112	30		0,035	
Außenwand Nord	244,9	0,112	30		0,035	
Außenwand Süd	218,2	0,112	30		0,035	
TRH über Dach West	20,5	0,112	30		0,035	
TRH über Dach Ost	6,2	0,112	30		0,035	
TRH über Dach Nord	11,8	0,112	30		0,035	
TRH über Dach Süd	11,8	0,112	30		0,035	
Dach	535,7	0,085	40		0,035	
Dach TRH steil	49,3	0,085	40			
Außentür THR über Dach	2,0	1,202				
Bodenplatte	571,7	0,101	30		0,035	
Bodenplatte Aufzugsschacht	10,5	0,101	30		0,035	
Fenster Nord	13,0	0,733				0,54
Fenster Ost	117,2	0,745				0,47
Fenster Süd	39,8	0,697				0,54
Fenster West	137,0	0,736				0,49
	2671,2					

### C.3 Wärmebrücken

#### MOBASY-Pauschalwerte (TABULA) / Var. 1

Tab. 24 zeigt die Einstufung und die Pauschalwerte des TABULA-Verfahrens für die Wärmebrücken [TABULA Calc Method 2013], die bei der MOBASY-Realbilanz verwendet werden.

**Tab. 24: Pauschalwerte für die Wärmebrückenzuschläge gemäß TABULA-Verfahren**

TABULA Code	Bezeichnung	Pauschalwert	Zuordnung, wenn detaillierte Wärmebrückenberechnung vorliegt	Anwendungsfälle
Code_ThermalBridging		delta_U_ThermalBridging		
		W/(m²K)	W/(m²K)	
<b>Minimal</b>	minimal	<b>0</b>	≤ 0,01	keine Durchdringungen der Hüllfläche mit Elementen deutlich höherer Wärmeleitfähigkeit; z.B.: (1) unsanierte Altbauten ohne Stahl- oder Beton-Elemente; (2) Best-Practice-Neubauten mit minimierten Wärmebrücken
<b>VeryLow</b>	sehr gering	<b>0,02</b>	> 0,01 & ≤ 0,03	keine relevanten Durchdringungen der Hüllfläche mit Elementen deutlich höherer Wärmeleitfähigkeit; z.B.: (1) unsanierte Altbauten mit nur wenig Stahl- oder Beton-Elementen; (2) Best-Practice-Modernisierungen mit minimierten Wärmebrücken
<b>Low</b>	gering	<b>0,05</b>	> 0,03 & ≤ 0,07	nur geringfügige Durchdringungen von Dämmschichten
<b>Medium</b>	mittel	<b>0,1</b>	> 0,07 & ≤ 0,12	relevante konstruktive Wärmebrücken; z.B. Innendämmung in Gebäuden mit Holzbalkendecken
<b>High</b>	hoch	<b>0,15</b>	> 0,12	sehr relevante konstruktive Wärmebrücken; z.B. Beton durchdringt Dämmebene
<b>_NA_</b>	k. A.	<b>#N/A</b>		keine Angaben / unbekannt *

\*) im Fall „\_NA\_“: Verwendung eines Algorithmus zur Einordnung in eine für das gegebene Gebäude plausible Klasse und Verwendung dieses Wertes in der Energiebilanzierung (führt zur Erhöhung der Unsicherheit)

## Detaillierte Ermittlung / PHPP-Berechnung / Var. 2 und 3

Die folgenden zwei Tabellen geben die innerhalb der PHPP-Rechenmappe detailliert ermittelten Längen und längenbezogenen Wärmeverlustkoeffizienten für die Bauteilanschlüsse beider Gebäude wieder.

**Tab. 25: Längen der Bauteilanschlüsse und längenbezogene Wärmeverlustkoeffizienten des modernisierten Altbaus (Gebäude AB), zusammengeführt aus der PHPP-Berechnung**

Wärmebrücke	Anzahl	Länge [m]	$\psi$ [W/(mK)]	$\chi$ [W/K]	Wärmeverluste [W/K]
<b>Bodenplatte</b>					
Anschluss Bodenplatte an Außenwand - Anbauten A Nordseite		4,15	0,15		0,623
Anschluss Bodenplatte an Außenwand - Anbauten A Südseite		4,15	0,06		0,249
Anschluss Bodenplatte an Außenwand - Anbauten A Ostseite		5,935	0,06		0,356
Anschluss Bodenplatte an Innenwand Gemeinschaftsraum gegen unbeheizt		17,57	0,22		3,865
Anschluss Bodenplatte an Innenwand Gemeinschaftsraum		6	0,015		0,090
<b>Kellerdecke</b>					
Deckenaufleger. oberhalb unbeheizte Grauwasseranlage. Nord- und Südseite		8,3	0,067		0,556
Deckenaufleger. Keller unbeheizt Südseite		9,93	0,067		0,665
Deckenaufleger. Keller unbeheizt Westseite		34,48	0,067		2,310
Deckenaufleger. Keller unbeheizt Nord- und Ostseite		34,845	0,052		1,812
<b>Deckenaufleger im Kellerfenster</b>					
Deckenaufleger in Kellerfenster. Westseite		1,8	0,146		0,263
Deckenaufleger in zugemauerte Kellerfenster		20,7	0,107		2,215
<b>Kellerdecken Anschluss Innenwand</b>					
KG Innenwand Altbau 38cm (ungeheizt)		44,55	0,225		10,024
Nichttragende Kellerinnenwand 11.5cm		40,55	0,16		6,488
Nichttragende Kellerinnenwand 17.5cm		36,2	0,16		5,792
Nichttragende Kellerinnenwand 22cm		7,14	0,16		1,142
Nichttragende Kellerinnenwand Doppelwand 2*25cm		5,41	0,16		0,866
Kellerinnenwände geheizt/ungeheizt		17,57	0,05		0,879
<b>Außenwände</b>					
Außenecke SW 3.OG + Außenecke NW 3. OG		7,8	-0,051		-0,398
Außenecke SO 3.OG + Außenecke NO 3.OG		7,4	-0,051		-0,377
Außenecke von EG bis inkl. 2.OG		34,6	-0,051		-1,765
<b>Balkonplatte</b>					
Anschluss Balkonüberdachung 3.OG West	8			0,058	0,464
Anschluss Balkonplatte West	32			0,058	1,856
Anschluss Balkonplatte Ost 1. bis 3. OG		27,225	0,1		2,723
Anschluss Balkonplatte Ost oberhalb Gemeinschaftsraum		4,845	0,1		0,485
Anschluss Balkonplatte Ost oberhalb ungeheizte Grauwasseranlage		3,79	0,05		0,190
<b>Dach</b>					
Dachanschluss an Außenwand		114,645	-0,046		-5,274
Dachanschluss Treppenhaus		3,9	0,05		0,195
Pultdach		3,9	-0,08		-0,312
Anschluss Dach an Treppenhausausgang		2,9	0,022		0,064
Anschluss Hauptdach an Anbau (A und B)		16,43	0,05		0,822
Balkonüberdachung Anbau A und B		16,43	0		0,000
Anschluss Treppenhausdach an AW Treppenhausausgang		14,2	-0,05		-0,710
Anschluss Hauptdach an AW Treppenhausausgang		13,1	0,022		0,288
Außenecke Treppenhausausgang		6,4	-0,051		-0,326
<b>Treppenhaus</b>					
Treppenhauswand an Kellerdecke		3,95	-0,055		-0,217
Treppenhauspodest und Treppe an Treppenhauswand unten		3,95	0,253		0,999
Kellertür an Treppenhauswand zum kalten Keller		1,02	0,208		0,212
Kellertür an Treppenhauswand zur EG Wohnung		1,17	0,256		0,300
Treppenpodest an Kellerabgang		1,28	0,584		0,748
Seitenwand Treppenabgang		2,15	0,213		0,458
Anschluss Kellertür an seitliche Wand des Kellerabgangs		2,2	-0,02		-0,044
Seitenwand Treppenabgang an Treppe zum OG		2,92	-0,095		-0,277
Treppe zum OG an Bereich über Kellertür		1,28	-0,176		-0,225
Kellerdecke im Bereich des Kellerabgangs (Wohnung gegen Keller)		1,9	0,226		0,429
Treppenhauswand		1,02	0,034		0,035
Treppenpodest an Außenwand (Eingang)		1,26	0,24		0,302

Wärmebrücke	Anzahl	Länge [m]	$\psi$ [W/(mK)]	$\chi$ [W/K]	Wärmeverluste [W/K]
<b>Fenster</b>					
Fensterbrüstungen		113,3	0,019		2,152
Fenster links/rechts		234,0	0,011		2,574
Fenstersturz ohne Rollladenkasten		3,5	0,004		0,014
Fenstersturz mit Rollladenkasten		109,8	0,035		3,844
<b>Türen</b>					
Eingangstür					
Laibung		12,84	0,013		0,167
Brüstung		3,6	-0,06		-0,216
Sturz		3,6	0,013		0,047
Balkontür ohne Rollladen					
Laibung		99,88	0,011		1,099
Brüstung		23,92	0,047		1,124
Sturz		23,92	0,011		0,263
Balkontür mit Rollladen					
Laibung		33,835	0,011		0,372
Brüstung		22,655	0,047		1,065
Sturz		22,655	0,035		0,793
Fenstertür an Bodenplatte					
Laibung		4,54	0,011		0,050
Brüstung		2,255	0,03		0,068
Sturz		2,255	0,011		0,025
Tür Ausgang Dach					
Laibung		4,28	0,013		0,056
Brüstung		1,2	0,047		0,056
Sturz		1,2	0,013		0,016
<b>Gesamtsumme Wärmeverluste durch Wärmebrücken [W/K]</b>					<b>52,40</b>
<b>Gesamte Hüllfläche nach PHPP [m<sup>2</sup>]</b>					<b>2931</b>
<b>Wärmebrückenzuschlag [W/(m<sup>2</sup>·K)]</b>					<b>0,018</b>

**Tab. 26: Längen der Bauteilanschlüsse und längenbezogene Wärmeverlustkoeffizienten des Neubaus (Gebäude C), zusammengeführt aus der PHPP-Berechnung**

Wärmebrücke	Anzahl Punkt-WB	Länge [m]	$\psi$ [W/(mK)]	$\chi$ [W/K]	Wärmeverluste [W/K]
<b>Bodenplatte</b>					
Anschluss Bodenplatte an Außenwand		73,5	0,013		0,955
<b>Außenwände</b>					
Außenecke		162,1	-0,051		-8,267
Innenecke		103,2	0,02		2,064
<b>Balkonplatte</b>					
Anschluss Balkonplatte an Außenwand	48			0,058	2,784
<b>Dach</b>					
Anschluss Dach an Außenwand		120,6	-0,046		-5,548
Dachfirst spitzer Winkel		7,5	-0,08		-0,600
Dachfirst stumpfer Winkel		7,5	-0,001		-0,008
Anschluss Dach an Dachausgang		26,39	0,022		0,581
<b>Fenster - Bodentief</b>					
Fensterbrüstungen		77,6	0,019		1,474
Fenster links/rechts		216,0	0,012		2,592
Fenstersturz ohne Rollladenkasten		5,1	0,012		0,061
Fenstersturz mit Rollladenkasten		72,5	0,035		2,538
<b>Fenster - nicht Bodentief</b>					
Fensterbrüstungen		16,295	0,031		0,505
Fenster links/rechts		35,32	0,012		0,424
Fenstersturz ohne Rollladenkasten		16,295	0,012		0,196
<b>Türen</b>					
Eingangstür					
Laibung		13,02	0,013		0,169
Brüstung		3,375	0,04		0,135
Sturz		3,375	0,013		0,044
Balkontür ohne Rollladen					
Laibung		85,5	0,012		1,026
Brüstung		43,475	0,047		2,043
Sturz ohne Rollladen		5,6	0,012		0,067
Sturz mit Rollladen		37,875	0,035		1,326
Fenstertür an Bodenplatte					
Laibung		23,2	0,012		0,278
Brüstung		8,94	-0,012		-0,107
Sturz		8,94	0,012		0,107
Tür Ausgang Dach					
Laibung		3,8	0,013		0,049
Brüstung		1,01	0,04		0,040
Sturz		1,01	0,013		0,013
<b>Gesamtsumme Wärmeverluste durch Wärmebrücken [W/K]</b>					<b>4,94</b>
<b>Gesamte Hüllfläche nach PHPP [m<sup>2</sup>]</b>					<b>2671</b>
<b>Wärmebrückenzuschlag [W/(m<sup>2</sup>.K)]</b>					<b>0,002</b>

## C.4 Überblick Nutzungsdaten

Die folgende Tabelle zeigt die in den drei Varianten verwendeten Nutzungsparameter. Die Var. 1 entspricht dem Standard-Nutzungsprofil im MOBASY-Verbrauchscontrolling, bei den Var. 2 und 3 gibt es bei einigen Größen individuelle Eingaben (siehe Beschreibungen in den betreffenden Kapiteln).

**Tab. 27: Nutzungsdaten Gebäude AB und C / Var. 1, 2 und 3**

Variable	Bezeichnung	Erläuterung	Gebäude AB (Altbau)			Gebäude C (Neubau)			
			Energieprofil Var. 1	PHPP Var. 2	PHPP Var. 3	Energieprofil Var. 1	PHPP Var. 2	PHPP Var. 3	
theta_i_Input	Raumtemperatur während der Heizzeit in direkt beheizten Bereichen, Mittelwert während des täglichen Heizbetriebs (ohne Nachtabsenkung)		#NV	#NV	22,4	#NV	#NV	22,4	°C
h_tr_A_Input	Wärmetransferkoeffizient Transmission, bezogen auf A_C_Ref; Referenzpunkt A des linearen Modells für theta_i_htr und F_Red_htr	Werte für theta_i_htr und F_Red_htr werden zwischen h_tr_A und h_tr_B interpoliert; wenn keine Eingaben verfügbar sind, werden die Werte 1.0 and 4.0 für die Definition der Referenzpunkte A and B verwendet	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	W/(m²K)
h_tr_B_Input	Wärmetransferkoeffizient Transmission, bezogen auf A_C_Ref; Referenzpunkt B des linearen Modells für theta_i_htr und F_Red_htr	Werte für theta_i_htr und F_Red_htr werden zwischen h_tr_A und h_tr_B interpoliert; wenn keine Eingaben verfügbar sind, werden die Werte 1.0 and 4.0 für die Definition der Referenzpunkte A and B verwendet	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	W/(m²K)
theta_i_htrA_Input	Raumtemperatur während der Heizzeit in direkt beheizten Bereichen, Mittelwert während des täglichen Heizbetriebs (ohne Nachtabsenkung); Wert bei h_tr_A	Das A/B Konzept wird nur verwendet, wenn keine Eingaben für theta_i vorhanden sind (Wert gleich 0, #NV oder ""); der Berechnungswert für theta_i_htr wird durch Interpolation und Extrapolation auf der Basis der beiden Referenzpunkte A und B ermittelt	22,0	22,0	#NV	22,0	22,0	#NV	°C
theta_i_htrB_Input	Raumtemperatur während der Heizzeit in direkt beheizten Bereichen, Mittelwert während des täglichen Heizbetriebs (ohne Nachtabsenkung); Wert bei h_tr_B	Das A/B Konzept wird nur verwendet, wenn keine Eingaben für theta_i vorhanden sind (Wert gleich 0, #NV oder ""); der Berechnungswert für theta_i_htr wird durch Interpolation und Extrapolation auf der Basis der beiden Referenzpunkte A und B ermittelt	20,0	20,0	#NV	20,0	20,0	#NV	°C
F_red_htrA_Input	Reduktionsfaktor zur Berücksichtigung der räumlichen und zeitlichen Teilbeheizung, Wert bei h_tr_A	Das A/B Konzept wird nur verwendet, wenn keine Eingaben für die Parameter F_red_htr1 / F_red_htr2 vorhanden sind (Werte gleich 0, #NV oder ""); der Berechnungswert für F_red_htr wird durch Interpolation zwischen A und B ermittelt	0,96	0,96	0,99	0,96	0,96	0,99	
F_red_htrB_Input	Reduktionsfaktor zur Berücksichtigung der räumlichen und zeitlichen Teilbeheizung, Wert bei h_tr_B	Das A/B Konzept wird nur verwendet, wenn keine Eingaben für die Parameter F_red_htr1 / F_red_htr2 vorhanden sind (Werte gleich 0, #NV oder ""); der Berechnungswert für F_red_htr wird durch Interpolation zwischen A und B ermittelt	0,91	0,91	0,99	0,91	0,91	0,99	
n_Air_Window_NoVentSys_Input	durchschnittl. Luftwechsel in der Heizzeit, bedingt durch Öffnen von Fenstern und Türen	Gebäude ohne Lüftungsanlage	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	1/h
n_Air_Mech_Exhaust_Input	mittlerer Anlagenluftwechsel in der Heizperiode	Gebäude mit Abluftanlage	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	1/h
n_Air_Window_VentSys_Exhaust_Input	zusätzlicher Luftwechsel in der Heizzeit, bedingt durch Öffnen von Fenstern und Türen	Gebäude mit Abluftanlage	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	1/h
n_Air_Mech_Balanced_Input	mittlerer Anlagenluftwechsel in der Heizperiode	Gebäude mit WRG-Lüftungsanlage (balancierte Zu- und Abluft)	0,35	0,40	0,40	0,35	0,53	0,53	1/h
n_Air_Window_VentSys_Balanced_Input	zusätzlicher Luftwechsel in der Heizzeit, bedingt durch Öffnen von Fenstern und Türen	Gebäude mit WRG-Lüftungsanlage (balancierte Zu- und Abluft)	0,10	0,10	0,20	0,10	0,10	0,20	1/h
h_Ref_AirExchangeRate_Input	Referenz-Raumhöhe für den Luftwechsel (Standardwert 2.5 m)		2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	m
phi_int_Input	mittlere Wärmeleistung der internen Wärmequellen pro m² Referenzfläche		3,10	1,15	2,23	3,10	1,15	2,55	W/m²
F_sh_hor_Input	Reduktionsfaktor externe Verschattung,		0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	

Variable	Bezeichnung	Erläuterung	Gebäude AB (Altbau)			Gebäude C (Neubau)			
			Energieprofil Var. 1	PHPP Var. 2	PHPP Var. 3	Energieprofil Var. 1	PHPP Var. 2	PHPP Var. 3	
	horizontale Orientierung								
F_sh_vert_Input	Reduktionsfaktor externe Verschattung, vertikale Orientierungen		0,60	0,38	0,30	0,60	0,41	0,32	
F_f_Input	Rahmenanteil Fenster		0,30	0,28	0,28	0,30	0,30	0,30	
F_w_Input	Reduktionsfaktor nicht-senkrechte Einstrahlung		0,90	0,85	0,85	0,90	0,85	0,85	
c_m_Input	Interne Wärmespeicherfähigkeit pro m <sup>2</sup> Referenzfläche		90	90	90	90	90	90	Wh/(m <sup>2</sup> K)
q_w_nd_Input	Nutzwärme Warmwasser		15,0	15,0	#NV	15,0	15,0	#NV	kWh/(m <sup>2</sup> a)
vol_w_nd_Input	Alternative: gezapftes Warmwasservolumen (pro m <sup>2</sup> Referenzfläche)		259	432	511	259	432	303	Liter/(m <sup>2</sup> a)
DeltaT_w_nd_Input	Temperaturdifferenz Erwärmung Warmwasser für das gezapfte Volumen		50	30	30	50	30	30	kWh/(m <sup>2</sup> a)

Anmerkung: Der Eintrag „#NV“ steht für „nicht vorhanden“. Die Variable „theta\_i“ wird als Eingangsgröße nur dann verwendet, wenn zeitlich und räumlich gemittelte Messwerte vorliegen.

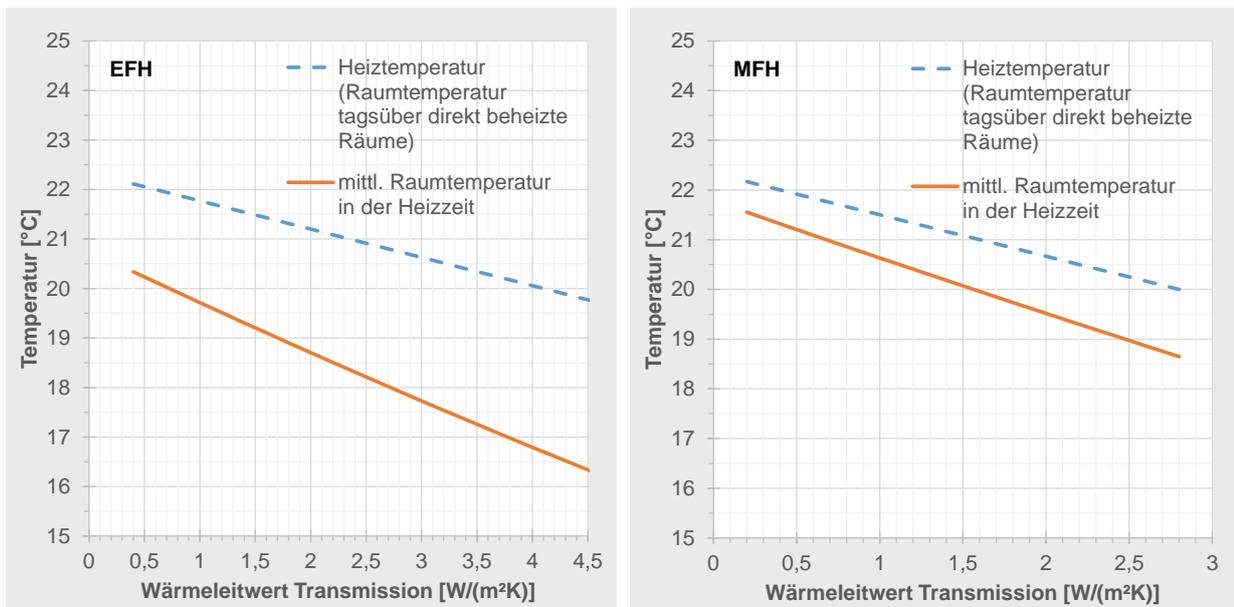
### C.5 Raumtemperaturen

Entsprechend dem für die energetische Bilanzierung eingesetzten TABULA-Verfahren wird ein einfaches Raumtemperaturmodell mit zwei Stützpunkten verwendet. In Bild 18 wird der Ansatz für die tagsüber im Mittel auftretende Raumtemperatur in den direkt beheizten Räumen („Heiztemperatur“) und die mittlere Raumtemperatur wiedergegeben (jeweils in der Heizzeit). Der Unterschied entsteht durch einen Faktor für zeitliche und räumliche Teilbeheizung, der im Modell für Einfamilienhäuser („EFH“) und Mehrfamilienhäuser (MFH) unterschiedlich definiert ist.

Tab. 28 zeigt die Zahlenwerte des linearen Modells, die aus den in [Loga et al. 2019] dokumentierten Ansätzen für die Realbilanzierung abgeleitet wurden. Zum Vergleich mit den Mehrfamilienhaus-Werten („MUH“) sind auch die Pauschalansätze für Einfamilienhäuser („SFH“) enthalten.

#### Pauschalwerte MOBASY / Var. 1 und 2

**Bild 17** vereinfachtes lineares MOBASY-Modell für die Raumtemperatur: Abhängigkeit der „Heiztemperatur“ (Raumtemperatur tagsüber, direkt beheizte Räume) und der mittleren Raumtemperatur in der Heizzeit vom Gebäudestandard



**Tab. 28: Parameter für das in MOBASY verwendete vereinfachte lineare Modell für die Raumtemperatur in der Heizzeit (Stützpunkte A und B); theta\_i = Heiztemperatur (Raumtemperatur tagsüber direkt beheizte Räume); F\_red = Reduktionsfaktor; „SUH“ (single unit housing) = Ein- und Zweifamilienhäuser; „MUH“ (multi-unit housing) = Mehrfamilienhäuser (Datensätze im Blatt „Tab.Boundary.Cond“ in „tabula-values.xlsx“)**

Code_BoundaryCond	theta_i	h_tr_A	h_tr_B	theta_i_htr A	theta_i_htr B	F_red_htrA	F_red_htrB
dataset identification	Internal temperature during heating season in directly heated spaces, average during heating hours (time without night setback)	Heat transfer coefficient by transmission, divided by A_C_Ref; reference point A of the linear model for theta_i_htr and F_Red_htr	Heat transfer coefficient by transmission, divided by A_C_Ref; reference point B of the linear model for theta_i_htr and F_Red_htr	Internal temperature during heating season in directly heated spaces, average during heating hours (time without night setback); value at h_tr_A	Internal temperature during heating season in directly heated spaces, average during heating hours (time without night setback); value at h_tr_B	Reduction factor, considering the effect of night setback and unheated space, value at h_tr_A	Reduction factor, considering the effect of night setback and unheated space, value at h_tr_B
	Standard value; simple model without dependency on h_tr; if value is entered it will have priority in the calculation	Values for theta_i_htr and F_Red_htr are interpolated between h_tr_A and h_tr_B; if no input is available the values 1.0 and 4.0 will be used for the reference points A and B	Values for theta_i_htr and F_Red_htr are interpolated between h_tr_A and h_tr_B; if no input is available the values 1.0 and 4.0 will be used for the reference points A and B	The A/B concept is only used if there is no entry for the theta_i (meaning it is equal to 0, #N/A or ""); the actual value for theta_i_htr is derived by interpolation and extrapolation using the reference points A and B	The A/B concept is only used if there is no entry for the theta_i (meaning it is equal to 0, #N/A or ""); the actual value for theta_i_htr is derived by interpolation and extrapolation using the reference points A and B	The A/B concept is only used if there is no entry for the parameters F_red_htr1 / F_red_htr2 (meaning they are equal to 0, #N/A or ""); the actual value for F_red_htr is derived by interpolation between A and B	The A/B concept is only used if there is no entry for the parameters F_red_htr1 / F_red_htr2 (meaning they are equal to 0, #N/A or ""); the actual value for F_red_htr is derived by interpolation between A and B
	°C	W/(m²K)	W/(m²K)	°C	°C		
<b>DE.MOBASY. Development.SUH</b>	#NV	0,6	4,1	22	20	0,89	0,78
<b>DE.MOBASY. Development.MUH</b>	#NV	0,4	2,8	22	20	0,96	0,91

Anmerkung: Der Eintrag „#NV“ steht für „nicht vorhanden“. Die Variable „theta\_i“ wird als Eingangsgröße nur dann verwendet, wenn zeitlich und räumlich gemittelte Messwerte vorliegen.

### Betriebsphase / Messwerte / Var. 3

Im Folgenden sind die für Var. 3 verwendeten monatlichen Messwerte der Raumtemperatur in den Wohnungen dargestellt. Dass in beiden Gebäuden die über zwei Heizperioden gemessene mittlere Raumtemperatur identisch ist (22,4 °C) ist Zufall – in den beiden Einzeljahren sind sie unterschiedlich.

Anmerkungen zur Berücksichtigung von Treppenhaus-Temperaturen finden sich in Anhang B.4. Die Kellertemperaturen werden im Anhang B.10 im Zusammenhang mit der Wärmeversorgung diskutiert.

**Tab. 29: Monatsmittelwerte der in den Wohnungen gemessenen Raumtemperatur und Ableitung der mittleren Raumtemperatur im Heizbetrieb**

Gebäudeteil	AB		C		AB		C	
Verbrauchsjahr	VJ 20/21	VJ 21/22	VJ 20/21	VJ 21/22	VJ 20/21	VJ 21/22	VJ 20/21	VJ 21/22
Zeitraum	2020-07 ... 2021-06	2021-07 ... 2022-06	2020-07 ... 2021-06	2021-07 ... 2022-06	2020-07 ... 2021-06	2021-07 ... 2022-06	2020-07 ... 2021-06	2021-07 ... 2022-06
Referenzfläche für Verbrauchskennwerte (TABULA)					1784 m <sup>2</sup>		1734 m <sup>2</sup>	
	in den Wohnungen gemessene Raumtemperatur [°C] flächengewichtetes Mittel je Gebäudeteil				gemessene Monatswerte des Wärme- verbrauchs Heizung [kWh/(m <sup>2</sup> a)]			
Jul	25,6	25,2	25,3	24,6	0,2	0,1	0,1	0,0
Aug	27,0	24,8	26,5	24,2	0,0	0,1	0,0	0,1
Sep	24,2	24,2	24,5	24,0	0,1	0,2	0,0	0,1
Okt	22,1	22,5	22,4	22,1	1,6	2,0	0,7	0,3
Nov	22,5	22,1	22,7	21,4	3,4	4,1	2,7	1,6
Dez	22,5	22,2	22,4	22,0	4,3	4,6	3,7	3,1
Jan	22,4	22,1	22,2	22,1	4,7	4,9	3,9	2,9
Feb	22,4	22,1	22,6	22,4	3,9	3,6	2,9	2,3
Mrz	22,6	21,9	22,8	22,8	3,4	2,8	2,9	2,5
Apr	22,9	22,0	22,6	23,0	2,6	1,4	1,1	1,3
Mai	22,9	23,9	22,6	24,0	1,0	0,1	0,3	0,0
Jun	26,0	25,6	25,1	25,3	0,0	0,0	0,0	0,0
	Raumtemperatur bei Heizbetrieb [°C] Messwerte gewichtet mit dem monatlichen Heizwärmeverbrauch				gemessene Jahreswerte des Wärme- verbrauchs Heizung [kWh/(m <sup>2</sup> a)]			
je Verbrauchsjahr	22,54	22,18	22,57	22,30	25,2	24,1	18,5	14,1
Mittel über beide Verbrauchsjahre	22,36		22,43		24,7		16,3	

## C.6 Luftaustausch durch Infiltration

### MOBASY-Pauschalwerte (TABULA) / Var. 1

Tab. 30 zeigt die Einstufung und die Pauschalwerte des TABULA-Verfahrens für den Luftaustausch durch Infiltration [TABULA Calc Method 2013], die bei der MOBASY-Realbilanz verwendet werden.

**Tab. 30: Pauschalwerte für den Infiltrationsluftwechsel gemäß TABULA-Verfahren**

TABULA Code	Bezeichnung	Pauschalwert	Zuordnung, wenn gemessener $n_{50}$ -Wert vorliegt	Anwendungsfälle
Code_ Infiltration		$n_{air\_infiltration}$		
		W/(m <sup>2</sup> K)	W/(m <sup>2</sup> K)	
<b>Minimal</b>	minimal	0,05	$n_{50} \leq 0,6$ 1/h	sehr luftdicht; z.B. Massivbauten mit massiven Decken und sehr dichten Fenstern / Holzbauten mit Dichtheitskonzept und messtechnischer Überprüfung (Blower-Door-Messung)
<b>Low</b>	gering	0,1	$n_{50} > 0,6$ 1/h & $\leq 1,0$ 1/h	luftdicht; z.B. Massivbauten mit massiven Decken und dichten Fenstern / Holzbauten mit Dichtheitskonzept und messtechnischer Überprüfung (Blower-Door-Messung)
<b>Medium</b>	mittel	0,2	$n_{50} > 1,0$ 1/h & $\leq 3,0$ 1/h	Massivbauten ohne besondere Maßnahmen bzw. Bestand
<b>High</b>	hoch	0,4	$n_{50} > 3,0$ 1/h	offensichtliche Undichtigkeiten (z.B. bei Fenstern ohne funktions-tüchtige Lippendichtungen, bei beheizten Dachgeschossen mit Dachflächen ohne luftdichte Ebene)
<b>_NA_</b>	k. A.	k. A.	<b>#N/A</b>	keine Angaben / unbekannt *

\*) im Fall „\_NA\_“: Verwendung eines Algorithmus zur Einordnung in eine für das gegebene Gebäude plausible Klasse und Verwendung dieses Wertes in der Energiebilanzierung (führt zur Erhöhung der Unsicherheit)

### Detaillierte Ermittlung / PHPP-Berechnung / Verwendet in Var. 2 und 3

Die folgenden zwei Tabellen geben die Berechnung des Infiltrationsluftwechsels gemäß PHPP für die beiden Gebäude wieder.<sup>52</sup>

<sup>52</sup> Die in Kapitel B.5 angegebenen Werte für den Luftwechsel sind auf das Referenzvolumen des TABULA-Verfahrens (TABULA-Referenzfläche \* 2,5 m) umgerechnet.

**Tab. 31: Ermittlung des Infiltrationsluftwechsel gemäß PHPP für Gebäude AB (Altbau)**

Windschutz-Koeffizienten e und f			
Koeffizient e für Abschirmungsklasse	mehrere Einwirkungs-seiten	eine Einwirkungs-seite	
keine Abschirmung	0,10	0,03	
mäßige Abschirmung	0,07	0,02	
starke Abschirmung	0,04	0,01	
Koeffizient f	15	20	

Windschutzkoeffizient e		für Jahresbedarf:	0,07	für Heizlastfall:	0,18		
Windschutzkoeffizient f			15		15	Netto Luftvolumen für Drucktest $V_{n50}$	
Luftwechsel bei Drucktest $n_{50}$	1/h		0,51	0,51		4533 $m^3$	Luftdurchlässigkeit $q_{50}$
							0,78 $m^3/(hm^2)$
Abluftüberschuss	1/h	für Jahresbedarf:	0,00	für Heizlastfall:	0,00		
Infiltrationsluftwechsel $n_{L,Rest}$	1/h		0,039	0,097			

**Tab. 32: Ermittlung des Infiltrationsluftwechsel gemäß PHPP für Gebäude C (Neubau)**

Windschutz-Koeffizienten e und f			
Koeffizient e für Abschirmungsklasse	mehrere Einwirkungs-seiten	eine Einwirkungs-seite	
keine Abschirmung	0,10	0,03	
mäßige Abschirmung	0,07	0,02	
starke Abschirmung	0,04	0,01	
Koeffizient f	15	20	

Windschutzkoeffizient e		für Jahresbedarf:	0,07	für Heizlastfall:	0,18		
Windschutzkoeffizient f			15		15	Netto Luftvolumen für Drucktest $V_{n50}$	
Luftwechsel bei Drucktest $n_{50}$	1/h		0,24	0,24		5151 $m^3$	Luftdurchlässigkeit $q_{50}$
							0,46 $m^3/(hm^2)$
Abluftüberschuss	1/h	für Jahresbedarf:	0,00	für Heizlastfall:	0,00		
Infiltrationsluftwechsel $n_{L,Rest}$	1/h		0,020	0,049			

**Tab. 33: Ergebnis der PHPP-Berechnung umgerechnet auf das TABULA-Referenzvolumen für beide Gebäude (Verwendung in Var. 2 und 3)**

	Altbau / Gebäude AB	Neubau / Gebäude C	
Luftvolumen nach PHPP	4155	4404	$m^3$
Luftwechsel durch Infiltration nach PHPP	0,039	0,020	1/h
TABULA-Referenzluftvolumen	4461,1	4336,1	$m^3$
<b>Luftwechsel durch Infiltration, bezogen auf TABULA-Referenzvolumen</b>	<b>0,036</b>	<b>0,020</b>	<b>1/h</b>

## C.7 Luftaustausch durch Fensteröffnung

### MOBASY-Pauschalwerte / Var. 1 und 2

Der MOBASY-Pauschalwert für den Luftwechsel durch Fensteröffnung bei Vorhandensein einer Lüftungsanlage ist 0,10 1/h (siehe Tab. 34), wobei sich das Bezugsvolumen aus der TABULA-Referenzfläche multipliziert mit der Konstanten 2,5 m bestimmt. Grundlage für diesen Ansatz ist die Untersuchung [Loga et al. 2019], bei der für die Dauer der Fensteröffnung bei sehr gut gedämmten Wohnhäusern mit WRG-Lüftungsanlage folgende Zahlenwerte aus Messungen in Modellprojekten abgeleitet werden. Zum Vergleich mit den Mehrfamilienhaus-Werten („MUH“) sind auch die Pauschalansätze für Einfamilienhäuser („SFH“) enthalten.

**Tab. 34:** Pauschalwerte für den in MOBASY verwendeten Luftwechsel durch Fensteröffnung; „SUH“ (single unit housing) = Ein- und Zweifamilienhäuser; „MUH“ (multi-unit housing) = Mehrfamilienhäuser (Datensätze im Blatt „Tab.Boundary.Cond“ in „tabula-values.xlsx“)

Code_BoundaryCond	n_Air_Window_NoVentSys	n_Air_Window_Vent-Sys_Exhaust	n_Air_Window_Vent-Sys_Balanced
dataset identification	Effective air change rate caused by opening of windows and doors in the heating period	Effective air change rate caused by opening of windows and doors in the heating period	Effective air change rate caused by opening of windows and doors in the heating period
	Values for buildings without mechanical ventilation system	Values for buildings with exhaust air ventilation system	Values for buildings with balanced air ventilation system (usually combined with heat recovery)
	1/h	1/h	1/h
<b>DE.MOBASY.Development.SUH</b>	0,30	0,15	0,10
<b>DE.MOBASY.Development.MUH</b>	0,40	0,15	0,10

**Tab. 35: Typische Eingangsgrößen und Spannen für die Nutzung differenziert nach Gebäudeart für zwei extrem auseinanderliegende energetische Standards (Tabelle aus [Loga et al. 2019])**

Einflussgröße	Einheit	Gebäudegröße	Gebäudestandard	Wert			Mittelwert	Standardabweichung
				typisch	niedrig	hoch		
Fensteröffnung im Winter	h/(d·Fenster)	EFH	Altbau unsaniert	1	0,5	5	2,2	2,5
			Passivhaus	0,5	0,07	3,85	1,5	2,1
		MFH	Altbau unsaniert	1	0,5	5	2,2	2,5
			Passivhaus	0,5	0,07	3,85	1,5	2,1
Nutzungsbedingter Luftwechsel	1/h	EFH	Altbau unsaniert	0,1	0,05	0,5	0,22	0,25
			Passivhaus Anlagen-LW	0,35	0,2	0,5	0,35	0,15
			Passivhaus Fenster-LW	0,05	0,01	0,39	0,15	0,21
		MFH	Altbau unsaniert	0,1	0,05	0,5	0,22	0,25
			Passivhaus Anlagen-LW	0,35	0,2	0,5	0,35	0,15
			Passivhaus Fenster-LW	0,05	0,01	0,39	0,15	0,21

### Betriebsphase / Messwerte / Var. 3

Eine Analyse der in einer Stichprobe von PHSP-Wohnungen durchgeführten Messung von Fensteröffnungszeiten wurde in [Stein et al. 2023] vorgenommen. Bild 18 zeigt als beispielhaftes Ergebnis den Zusammenhang der Fensteröffnungszeit mit der Außentemperatur. Im Mittel über die zwei betrachteten Kernheizperioden (jeweils von November bis März) ergeben sich Öffnungszeiten von etwa 5 h/Raum/d. Über den in [Loga et al. 2019] für die oben dargestellte Tabelle verwendeten Pauschalfaktor 0,1 als Verhältnis zwischen Fensteröffnungszeit und Luftwechsel würde sich daraus ein Luftwechsel von 0,5 1/h ergeben.

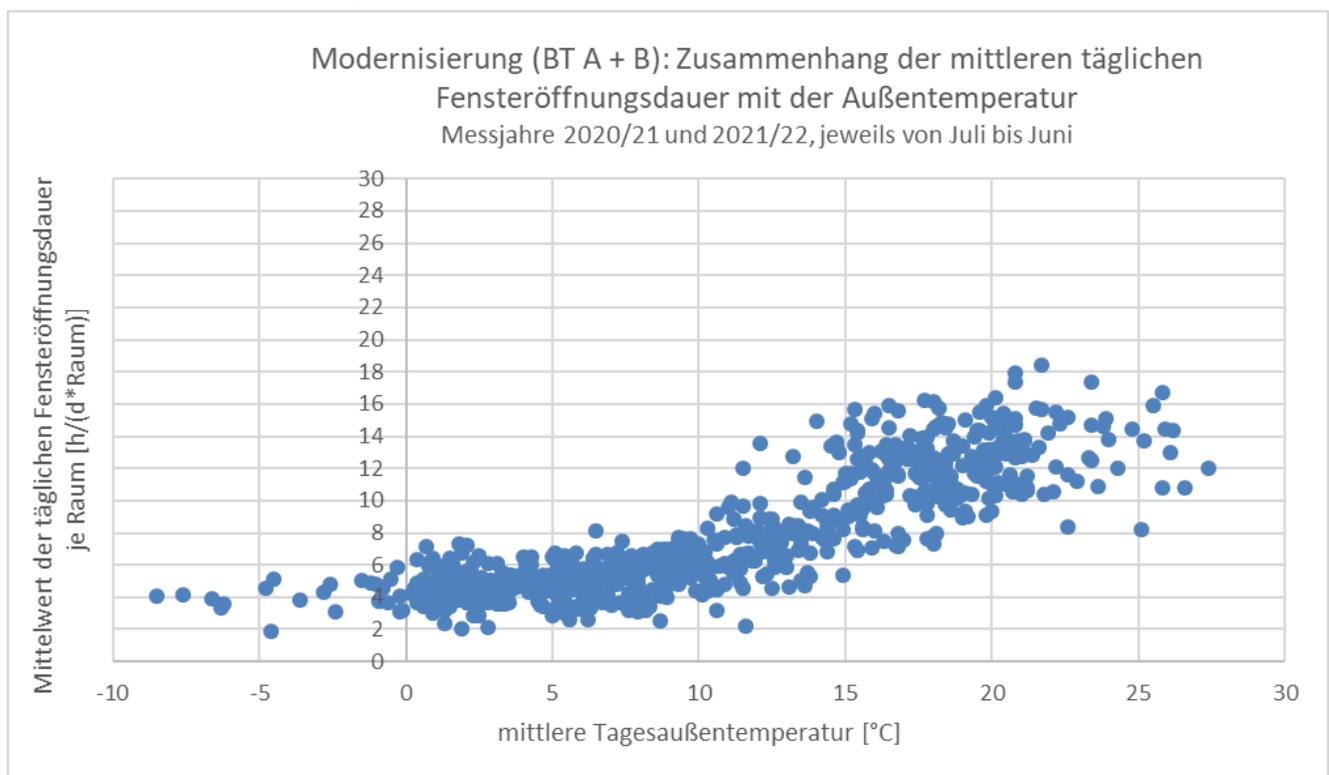
Allerdings sprechen mehrere Punkte dafür, dass der tatsächliche Luftaustausch geringer ist:

- Betätigung der Rollläden (nachts und tagsüber, siehe auch Anhang C.10);
- kleiner Querschnitt bei gekippten Fenstern;
- dichte Wohnungen; bei nur einem offenen Fenster keine Querströmung und kein Auftrieb als treibende Kraft;
- ggf. in Einzelfällen Übermittlung nicht zutreffender Messwerte bei nicht eindeutiger Position des Fenstergriffs oder aufgrund anderer Messunsicherheiten.

Anhaltspunkte für den Umfang der genannten Phänomene und ihre Auswirkung auf den Luftwechsel liegen nicht vor. Die kombinierte Minderungswirkung wird auf 60 % geschätzt. Daraus ergibt sich ein wärmeverlusträquivalenter Luftwechsel von 0,2 1/h.

Da bei der Ableitung dieser Werte recht große Unsicherheiten herrschen, wird die Unsicherheit des effektiven Luftwechsels (Infiltration + Anlagenluftwechsel (Anteil ohne Rückgewinnung) + Fensteröffnung) auf einem Wert von 0,15 1/h (wie bei Var. 1) belassen, was der Kategorie C entspricht (die relative Unsicherheit ist auf Grund des höheren Rechenwertes etwas kleiner als bei Var. 1).

**Bild 18:** Messungen der Fensteröffnungszeit im PassivhausSozialPlus / Zusammenhang der mittleren täglichen Fensteröffnungsdauer mit der Außentemperatur (aus: [Stein et al. 2023], Entwurf vom 19.04.2023)



## C.8 Lüftungsanlagen

### MOBASY-Pauschalwerte / verwendet in Var. 2 und 3

Die folgende Tabelle zeigt die MOBASY-Pauschalwerte für Lüftungsanlagen. Wird bei den Energieprofil-Indikatoren das Vorhandensein einer mechanischen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung angezeigt, so wird bei Mehrfamilienhäusern der Parametersatz „DE.Bal\_Rec.MUH.15“ verwendet mit einem mechanischen Luftwechsel von 0,35 1/h, einem Wärmebereitstellungsgrad von 70 % und einem Hilfsstrombedarf von 2,6 kWh/(m<sup>2</sup>a).

Zum Vergleich mit den Mehrfamilienhaus-Werten („MUH“) sind auch die Pauschalansätze für Einfamilienhäuser („SFH“) enthalten.

**Tab. 36: MOBASY-Pauschalwerte für Lüftungsanlagen**  
(Tabelle „Tab.System.Vent“ in „tabula-values.xlsx“)

Code_SysVent	Description_SysVent	Description_National_SysVent	n_air_mech	eta_ve_rec	q_del_ve_aux
	description of system type	national description	average air change rate during heating season, induced by the mechanical ventilation system	fraction of ventilation heat losses recovered	annual electricity demand per m <sup>2</sup> reference area
			1/h		kWh/(m <sup>2</sup> a)
DE.-Gen.11	no ventilation system	keine Lüftungsanlage	0	0	0
DE.Exh.SUH.11	exhaust air ventilation system – single-unit housing	Abluftanlage – Einfamilienhaus	0,2	0	1,1
DE.Bal_Rec.SUH.11	ventilation system with 60% heat recovery – single-unit housing	Lüftungsanlage mit 60% Wärmerückgewinnung – Einfamilienhaus	0,25	0,6	1,7
DE.Bal_Rec.SUH.12	ventilation system with 80% heat recovery – single-unit housing	Lüftungsanlage mit 80% Wärmerückgewinnung – Einfamilienhaus	0,25	0,8	2,6
DE.Bal_Rec.SUH.13	ventilation system with heat recovery, working on 70% of the conditioned area – single-unit housing	Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, auf 70% der konditionierten Fläche – Einfamilienhaus	0,25	0,5	1,5
DE.Bal_Rec.SUH.14	ventilation system with heat recovery, working on 40% of the conditioned area – single-unit housing	Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, auf 40% der konditionierten Fläche – Einfamilienhaus	0,25	0,3	0,8
DE.Bal_Rec.SUH.15	ventilation system with heat recovery of unknown efficiency – single-unit housing	Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung unbekannter Effizienz – Einfamilienhaus	0,25	0,7	2,6
DE.Bal_GroundRec.SUH.11	ventilation system with ground air exchanger and 80% heat recovery – single-unit housing	Lüftungsanlage mit Erdreichwärmetauscher und 80% Wärmerückgewinnung – Einfamilienhaus	0,25	0,9	2,6
DE.Bal_Ground.SUH.11	ventilation system with ground air exchanger for pre-heating – single-unit housing	Lüftungsanlage mit Erdreichwärmetauscher zur Vorerwärmung – Einfamilienhaus	0,25	0,3	2,6
DE.Exh.MUH.11	exhaust air ventilation system – multi-unit housing	Abluftanlage – Mehrfamilienhaus	0,25	0	1,1
DE.Bal_Rec.MUH.11	ventilation system with 60% heat recovery – multi-unit housing	Lüftungsanlage mit 60% Wärmerückgewinnung – Mehrfamilienhaus	0,35	0,6	1,7
DE.Bal_Rec.MUH.12	ventilation system with 80% heat recovery – multi-unit housing	Lüftungsanlage mit 80% Wärmerückgewinnung – Mehrfamilienhaus	0,35	0,8	2,6
DE.Bal_Rec.MUH.13	ventilation system with heat recovery, working on 70% of the conditioned area – multi-unit housing	Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, auf 70% der konditionierten Fläche – Mehrfamilienhaus	0,35	0,5	1,5
DE.Bal_Rec.MUH.14	ventilation system with heat recovery, working on 40% of the conditioned area – multi-unit housing	Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung, auf 40% der konditionierten Fläche – Mehrfamilienhaus	0,35	0,3	0,8
DE.Bal_Rec.MUH.15	ventilation system with heat recovery of unknown efficiency – multi-unit housing	Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung unbekannter Effizienz – Mehrfamilienhaus	0,35	0,7	2,6
DE.Bal_GroundRec.MUH.11	ventilation system with ground air exchanger	Lüftungsanlage mit Erdreichwärmetauscher und	0,35	0,9	2,6

Code_SysVent	Description_SysVent	Description_National_SysVent	n_air_mech	eta_ve_rec	q_del_ve_aux
	description of system type	national description	average air change rate during heating season, induced by the mechanical ventilation system	fraction of ventilation heat losses recovered	annual electricity demand per m <sup>2</sup> reference area
			1/h		kWh/(m <sup>2</sup> a)
	and 80% heat recovery – multi-unit housing	80% Wärmerückgewinnung – Mehrfamilienhaus			
DE.Bal_Ground.MUH.11	ventilation system with ground air exchanger for pre-heating – multi-unit housing	Lüftungsanlage mit Erdreichwärmetauscher zur Vorerwärmung – Mehrfamilienhaus	0,35	0,3	2,6

### Detaillierte Ermittlung / PHPP-Berechnung / verwendet in Var. 2 und 3

Das Lüftungskonzept und die in den Wohnungen eingesetzten Lüftungsanlagen sind in [Großklos et al. 2023] ausführlich dokumentiert. Die folgende Tabelle zeigt die aus den Planungsdaten erstellte Zusammenfassung des im Normalbetrieb zu fördernden Luftvolumens.<sup>53</sup>

**Tab. 37: Aus der Anlagenplanung für die TABULA-Berechnung abgeleitete Anlagenluftwechsel für beide Gebäude (Verwendung in Var. 2 und 3)**

	Altbau / Gebäude AB	Neubau / Gebäude C	
<b>Jahresmittelwert des geförderten Luftvolumens</b>	<b>1768</b>	<b>2310</b>	m <sup>3</sup> /h
Luftvolumen nach PHPP	4155	4404	m <sup>3</sup>
mechanischer Luftwechsel PHPP-Referenzvolumen	0,426	0,525	1/h
TABULA-Referenzfläche	1784,4	1734,4	m <sup>2</sup>
TABULA-Referenzluftvolumen	4461,1	4336,1	m <sup>3</sup>
<b>mittlerer Luftwechsel TABULA-Fläche aus Wohnfläche geschätzt (in der Bilanzierung verwendet)</b>	<b>0,396</b>	<b>0,533</b>	<b>1/h</b>
Netto-Raumfläche nach DIN 277	1763,6	1943,6	m <sup>2</sup>
TABULA-Referenzluftvolumen auf der Basis der tatsächlichen NRF	4409,0	4859,1	m <sup>3</sup>
mittlerer Luftwechsel TABULA-Fläche = NRF	0,401	0,475	1/h

<sup>53</sup> Die zu Grunde liegende wohnungsbezogene Tabelle ist zu groß für die Darstellung in dem vorliegenden Bericht.

## C.9 Innere Wärmequellen

### MOBASY-Pauschalwerte / Var. 1

Der MOBASY-Pauschalwert für die Wärmeleistung innerer Wärmequellen bei Mehrfamilienhäusern beträgt  $3,1 \text{ W/m}^2$  (siehe Tab. 27 in Anhang C.4).

### Detaillierte Ermittlung / PHPP-Berechnung / Var. 2

Für Var. 2 wird die im Passivhaus-Projektierungspaket auf der Basis der geplanten Wohnungsausstattung durchgeführte Berechnung von inneren Wärmequellen verwendet. Daraus ergibt sich eine Wärmeleistung von  $1,15 \text{ W/m}^2$  (Gebäude AB) bzw.  $1,11 \text{ W/m}^2$  (Gebäude C). Die folgenden beiden Tabellen zeigen die Ergebnisse dieser Berechnung für Gebäude AB und für Gebäude C (die in den letzten beiden Spalten durchgeführte Korrektur wird in Var. 3 verwendet).

**Tab. 38: Berechnung der inneren Wärmequellen nach PHPP für das Gebäude AB / Var. 2 und Korrektur der Berechnung mit dem real gemessenen Haushaltsstromverbrauch bei Var. 3**  
(Kennwerte bezogen auf TABULA-Referenzfläche)

	Gebäude AB					
	Wärmeleistung gesamt (nach PHPP)	mittlere Wärmeleistung pro Haushalt	mittlere Wärmeleistung pro m <sup>2</sup> TABULA-Referenzfläche	Teil des Haushaltsstromverbrauchs (1=ja)	Korrektur durch tatsächlichen Stromverbrauch	Wärmemenge pro m <sup>2</sup> TABULA-Referenzfläche
Korrekturfaktor tatsächlicher Stromverbrauch					1,13	
<b>Einzelbeiträge Wärmequellen</b>	W	W	W/m <sup>2</sup>		W/m <sup>2</sup>	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Geschirrspülen	181	8,2	0,102	1	0,114	0,59
Waschen	159	7,2	0,089	1	0,100	0,52
Trocknen mit: Wäscheleine	-904	-41,1	-0,507		-0,507	-2,61
Kühlen	715	32,5	0,401	1	0,452	2,33
Gefrieren	0	0,0	0,000	1	0,000	0,00
oder Kombination	0	0,0	0,000	1	0,000	0,00
Kochen	528	24,0	0,296	1	0,333	1,72
Beleuchtung	353	16,0	0,198	1	0,223	1,15
Elektronik	372	16,9	0,208	1	0,235	1,21
Kleingeräte/sonstiges	422	19,2	0,237	1	0,267	1,38
Hilfsgeräte	0	0,0	0,000	1	0,000	0,00
Sonstige Einrichtungen	0	0,0	0,000	1	0,000	0,00
Personen	3256	148,0	1,825		1,825	9,42
Kaltwasser	-1183	-53,8	-0,663		-0,663	-3,42
Warmwasser-Zirkulation	897	40,8	0,503		0,503	2,59
Warmwasser-Einzelleitungen	205	9,3	0,115		0,115	0,59
Warmwasser-Speicher Heizfall	0	0,0	0,000		0,000	0,00
Warmwasser-Speicher Kühlfall	0	0,0	0,000		0,000	0,00
Verdunstung	-1850	-84,1	-1,037		-1,037	-5,35
<b>Summe</b>	<b>3150</b>	<b>143,2</b>	<b>1,77</b>		<b>1,96</b>	<b>10,11</b>
abzüglich Wärmeeintrag Warmwasserbereitung	-1101	-50,1	-0,62		-0,62	-3,18
<b>Summe ohne Warmwasserbereitung</b>	<b>2049</b>	<b>93,1</b>	<b>1,15</b>		<b>1,34</b>	<b>6,93</b>

**Tab. 39: Berechnung der inneren Wärmequellen nach PHPP für das Gebäude C / Var. 2 und Korrektur der Berechnung mit dem real gemessenen Haushaltsstromverbrauch bei Var. 3**  
(Kennwerte bezogen auf TABULA-Referenzfläche)

	Gebäude C					
	Wärmeleistung gesamt (nach PHPP)	mittlere Wärmeleistung pro Haushalt	mittlere Wärmeleistung pro m <sup>2</sup> TABULA-Referenzfläche	Teil des Haushaltsstromverbrauchs (1=ja)	Korrektur durch tatsächlichen Stromverbrauch	Wärmemenge pro m <sup>2</sup> TABULA-Referenzfläche
Korrekturfaktor tatsächlicher Stromverbrauch					1,39	
<b>Einzelbeiträge Wärmequellen</b>	W	W	W/m <sup>2</sup>		W/m <sup>2</sup>	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Geschirrspülen	142	7,1	0,1	1	0,114	0,59
Waschen	125	6,2	0,1	1	0,100	0,52
Trocknen mit: Wäscheleine	-709	-35,4	-0,4		-0,409	-2,11
Kühlen	650	32,5	0,4	1	0,522	2,69
Gefrieren	0	0,0	0,0	1	0,000	0,00
oder Kombination	0	0,0	0,0	1	0,000	0,00
Kochen	414	20,7	0,2	1	0,332	1,72
Beleuchtung	276	13,8	0,2	1	0,222	1,15
Elektronik	291	14,6	0,2	1	0,234	1,21
Kleingeräte/sonstiges	331	16,6	0,2	1	0,266	1,37
Hilfsgeräte	234	11,7	0,1	1	0,188	0,97
Sonstige Einrichtungen	0	0,0	0,0	1	0,000	0,00
Personen	2552	127,6	1,5		1,471	7,59
Kaltwasser	-926	-46,3	-0,5		-0,534	-2,76
Warmwasser-Zirkulation	1075	53,7	0,6		0,620	3,20
Warmwasser-Einzelleitungen	255	12,7	0,1		0,147	0,76
Warmwasser-Speicher Heizfall	266	13,3	0,2		0,153	0,79
Warmwasser-Speicher Kühlfall	0	0,0	0,0		0,000	0,00
Verdunstung	-1450	-72,5	-0,8		-0,836	-4,31
<b>Summe</b>	<b>3526</b>	<b>176,3</b>	<b>2,03</b>		<b>2,59</b>	<b>13,37</b>
abzüglich Wärmeeintrag Warmwasserbereitung	-1595	-79,8	-0,92		-0,92	-4,75
<b>Summe ohne Warmwasserbereitung</b>	<b>1930</b>	<b>96,5</b>	<b>1,11</b>		<b>1,67</b>	<b>8,62</b>

**Bild 19: PHPP-Rechenblatt innere Wärmequellen für das Gebäude AB**  
(Kennwerte bezogen auf Energiebezugsfläche nach PHPP)

Anwendung	vorhanden [1/0] bzw. Anzahl Personen	in der thermischen Hülle [1/0]	Personen		Normverbrauch	Nutzungsfaktor	Häufigkeit	Nutzenergie [kWh/a]	Bei Elektrobilanz mitgerechnet?	Verfügbarkeit	genutzt in Zeitraum [kh/a]	interne Wärmequelle [W]
			74,0	P								
			Wohnfläche	1662 m²				Heizzeit	215 d/a			
Geschirrspülen	1	1	1,1	kWh/Anw.	1,00	65	/(P*a)	5291	0,30	/	8,76	= 181
Waschen	1	1	1,1	kWh/Anw.	1,00	57	/(P*a)	4640	0,30	/	8,76	= 159
Trocknen mit: 1-Wäscheleine	1	1	3,5	kWh/Anw.	0,88	57	/(P*a)	0	1,00	/	8,76	= 0
Energieverbr. durch Verdunstung	1	1	0,0					0	0,80			
Kühlen	1	1	-3,1	kWh/Anw.	0,60	57	/(P*a)	-7921	1,00	/	8,76	= -904
Gefrieren	0	1	0,8	kWh/d	1,00	365	d/a	6263	1,00	/	8,76	= 715
oder Kombination	0	1	0,9	kWh/d	1,00	365	d/a	0	1,00	/	8,76	= 0
Kochen	1	1	0,4	kWh/d	1,00	365	d/a	0	1,00	/	8,76	= 0
Beleuchtung	1	1	0,3	kWh/Anw.	1,00	500	/(P*a)	9250	0,50	/	8,76	= 528
Elektronik	1	1	14,4	W	1,00	2,9	kh/(P*a)	3090	1,00	/	8,76	= 353
Kleingeräte/sonstiges	1	1	80,0	W	1,00	0,55	kh/(P*a)	3256	1,00	/	8,76	= 372
Hilfsgeräte (s. Blatt Hilfsstrom)	1	1	50,0	kWh	1,00	1,0	/(P*a)	3700	1,00	/	8,76	= 422
Sonstige Einrichtungen (s. Bl. Strom)	0	0,0						0		/	8,76	= 0
Personen	74	1	80,0	W/P	1,00	8,76	kh/a	51859	0,55	/	8,76	= 3256
Kaltwasser	74	1	-16,0	W/P	1,00	8,76	kh/a			/	8,76	= -1183
Warmwasser-Zirkulation	1	1	896,8	W	1,00	8,76	kh/a	7856	1,00	/	8,76	= 897
Warmwasser-Einzelleitungen	1	1	204,6	W	1,00	8,76	kh/a	1792	1,00	/	8,76	= 205
Warmwasser-Speicher Heizfall	1	0	0,0	W	1,00	8,76	kh/a	0	1,00	/	8,76	= 0
Warmwasser-Speicher Kühlfall	1	0	0,0	W	1,00	8,76	kh/a	0	1,00	/	8,76	= 0
Verdunstung	74	1	-25,0	W/P	1,00	8,76	kh/a	-16206	1,00	/	8,76	= -1850
<b>Summe IWQ</b>											W	<b>3150</b>
<b>Kennwert IWQ</b>											W/m²	<b>1,90</b>
<b>Wärmeangebot aus internen Wärmequellen</b>									215 d/a		kWh/(m²a)	<b>9,8</b>

**Bild 20: PHPP-Rechenblatt innere Wärmequellen für das Gebäude C**  
(Kennwerte bezogen auf Energiebezugsfläche nach PHPP)

Anwendung	vorhanden [1/0] bzw. Anzahl Personen	in der thermischen Hülle [1/0]	Personen		Normverbrauch	Nutzungsfaktor	Häufigkeit	Nutzenergie [kWh/a]	Bei Elektrobilanz mitgerechnet?	Verfügbarkeit	genutzt in Zeitraum [kh/a]	interne Wärmequelle [W]
			58,0	P								
			Wohnfläche	1762 m²				Heizzeit	215 d/a			
Geschirrspülen	1	1	1,1	kWh/Anw.	1,00	65	/(P*a)	4147	0,30	/	8,76	= 142
Waschen	1	1	1,1	kWh/Anw.	1,00	57	/(P*a)	3637	0,30	/	8,76	= 125
Trocknen mit: 1-Wäscheleine	1	1	3,5	kWh/Anw.	0,88	57	/(P*a)	0	1,00	/	8,76	= 0
Energieverbr. durch Verdunstung	1	1	0,0					0	0,80			
Kühlen	1	1	-3,1	kWh/Anw.	0,60	57	/(P*a)	-6209	1,00	/	8,76	= -709
Gefrieren	0	1	0,8	kWh/d	1,00	365	d/a	5694	1,00	/	8,76	= 650
oder Kombination	0	1	0,9	kWh/d	1,00	365	d/a	0	1,00	/	8,76	= 0
Kochen	0	1	0,4	kWh/d	1,00	365	d/a	0	1,00	/	8,76	= 0
Beleuchtung	1	1	0,3	kWh/Anw.	1,00	500	/(P*a)	7250	0,50	/	8,76	= 414
Elektronik	1	1	14,4	W	1,00	2,9	kh/(P*a)	2422	1,00	/	8,76	= 276
Kleingeräte/sonstiges	1	1	80,0	W	1,00	0,55	kh/(P*a)	2552	1,00	/	8,76	= 291
Hilfsgeräte (s. Blatt Hilfsstrom)	1	1	50,0	kWh	1,00	1,0	/(P*a)	2900	1,00	/	8,76	= 331
Sonstige Einrichtungen (s. Bl. Strom)	0	0,0						0		/	8,76	= 234
Personen	58	1	80,0	W/P	1,00	8,76	kh/a	40646	0,55	/	8,76	= 2552
Kaltwasser	58	1	-16,0	W/P	1,00	8,76	kh/a			/	8,76	= -926
Warmwasser-Zirkulation	1	1	1074,5	W	1,00	8,76	kh/a	9413	1,00	/	8,76	= 1075
Warmwasser-Einzelleitungen	1	1	254,5	W	1,00	8,76	kh/a	2230	1,00	/	8,76	= 255
Warmwasser-Speicher Heizfall	1	1	266,0	W	1,00	8,76	kh/a	2330	1,00	/	8,76	= 266
Warmwasser-Speicher Kühlfall	1	0	0,0	W	1,00	8,76	kh/a	0	1,00	/	8,76	= 0
Verdunstung	58	1	-25,0	W/P	1,00	8,76	kh/a	-12702	1,00	/	8,76	= -1450
<b>Summe IWQ</b>											W	<b>3526</b>
<b>Kennwert IWQ</b>											W/m²	<b>2,00</b>
<b>Wärmeangebot aus internen Wärmequellen</b>									215 d/a		kWh/(m²a)	<b>10,3</b>

### Detaillierte Ermittlung / PHPP-Berechnung + Messdaten / Var. 3

Für Var. 3 wird der in der PHPP-Berechnung enthaltene theoretische Haushaltsstromverbrauch durch den über die beiden Verbrauchsjahre gemessenen Wert ersetzt (letzte Spalte in Tab. 38 und in Tab. 39) Außerdem wird noch der gemessene Verbrauch für Allgemeinstrom und Messtechnik hinzuaddiert. Die resultierenden Werte zeigen Tab. 40 und Tab. 41.

**Tab. 40: Gebäude AB / gegenüber Var. 2 korrigierte Ansätze für die inneren Wärmequellen bei Var. 3**

	mittlere Wärmeleistung pro m <sup>2</sup> TABULA-Referenzfläche	Wärmemenge in der Heizzeit pro m <sup>2</sup> TABULA-Referenzfläche
	W/m <sup>2</sup>	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Haushaltsstrom	1,343	6,93
Heizungstechnik, Messtechnik, Allgemeinstrom	0,601	3,10
<b>Summe</b>	<b>1,94</b>	<b>10,03</b>

**Tab. 41: Gebäude C / gegenüber Var. 2 korrigierte Ansätze für die inneren Wärmequellen bei Var. 3**

	mittlere Wärmeleistung pro m <sup>2</sup> TABULA-Referenzfläche	Wärmemenge in der Heizzeit pro m <sup>2</sup> TABULA-Referenzfläche
	W/m <sup>2</sup>	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Haushaltsstrom	1,671	8,62
Heizungstechnik, Messtechnik, Allgemeinstrom	0,415	2,14
<b>Summe</b>	<b>2,09</b>	<b>10,77</b>

## C.10 Passive Solarenergienutzung

### MOBASY-Pauschalwerte / Var. 1

Der MOBASY-Pauschalwert für den Reduktionsfaktor bauliche Verschattung beträgt 0,6 (siehe Tab. 27 in Anhang C.4).

### Detaillierte Ermittlung / PHPP-Berechnung / Nutzungsphase / Var. 2 und 3

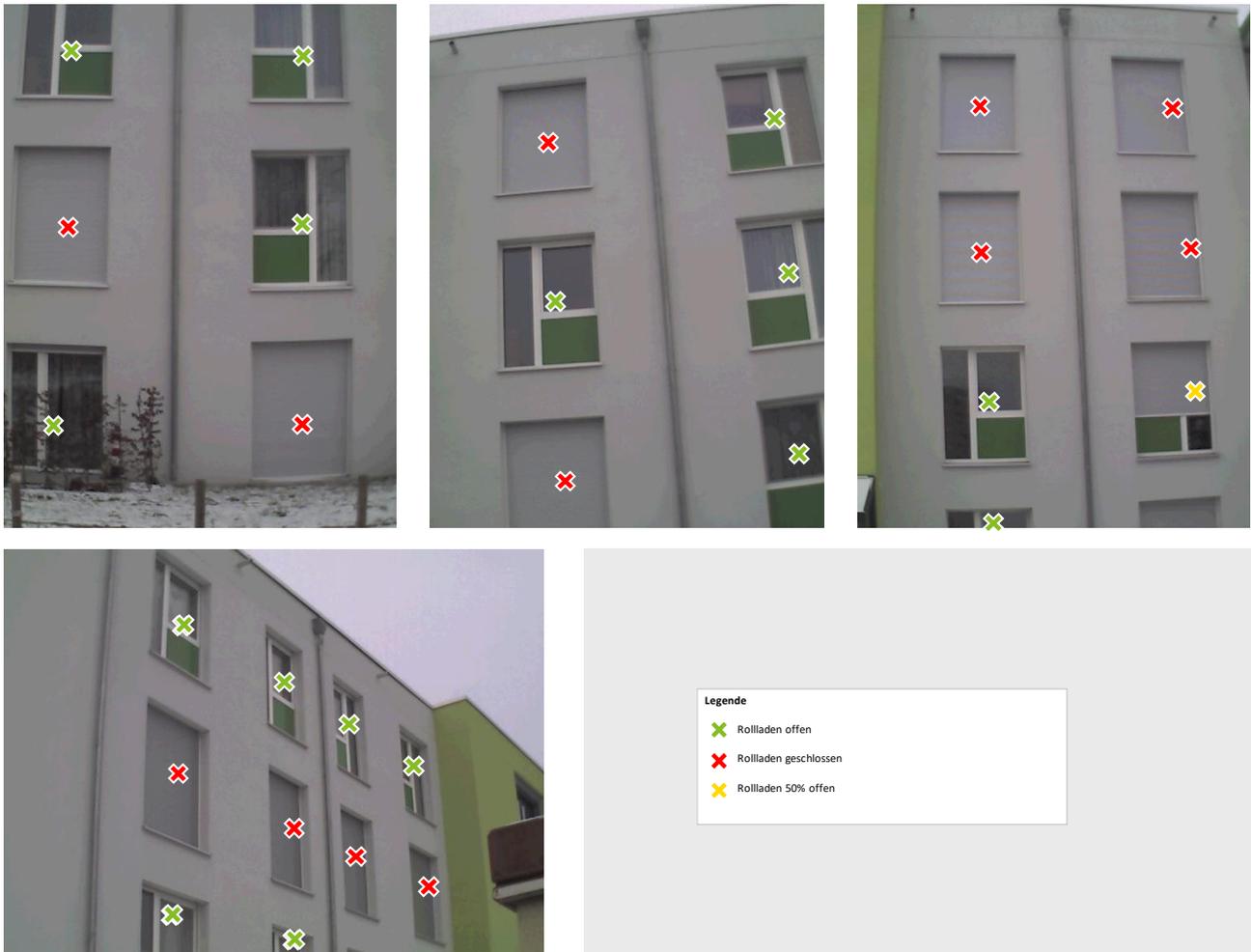
Aus dem PHPP-Nachweis liegt eine detaillierte Berechnung der externen Verschattung vor. Weiterhin wurde der Rahmenanteil der Fenster auf der Basis aller Fensterabmessungen und den Informationen zum Rahmen detailliert ermittelt (Tab. 42).

Bei der Variante 3 wurde zusätzlich berücksichtigt, dass die Rollläden auch im Winter tagsüber in einigen Wohnungen geschlossen sind. Aus einer fotografischen Stichprobe wurde ermittelt, dass bei 12 von 29 Fenstern Rollläden heruntergelassen waren (Bild 21). Unter Annahme, dass dies nur an der Hälfte der Tage passiert (z.B. nicht an Wochenenden) wurde daraus ein zusätzlicher Reduktionsfaktor von 0,784 abgeschätzt.

**Tab. 42: Reduktionsfaktoren passive Solarenergienutzung**

	Gebäude AB		Gebäude C	
	Var. 2	Var. 3	Var. 2	Var. 3
	Reduktionsfaktoren			
externe bauliche Verschattung	0,377	0,377	0,410	0,410
Betätigung Rollläden	1,000	0,784	1,000	0,784
Glasanteil Fenster	0,722	0,722	0,704	0,704
Reduktionsfaktor nicht-senkrechte Einstrahlung	0,850	0,850	0,850	0,850
g-Wert senkrechter Einfallswinkel	0,537	0,537	0,493	0,493
<b>Gesamt</b>	<b>0,124</b>	<b>0,097</b>	<b>0,121</b>	<b>0,095</b>
davon Verschattung + Rollladenbetätigung	0,377	0,296	0,410	0,322

**Bild 21: Foto-Stichprobe Schließen von Rollläden (ein Wochentag im Februar 2021)**



## C.11 Wärmeversorgung

### MOBASY-Pauschalwerte / Var. 1

Die pauschalen Wärmeverlustkennwerte und Erzeugeraufwandszahlen für die Bilanzierung der Wärmeversorgung sind in Tab. 18 in Kapitel B.10 dargestellt.

### Detaillierte Ermittlung / PHPP-Berechnung / Var. 2

Das Wärmeversorgungssystem mit Übergabestation, Pufferspeicher, Wärmeverteilsystemen und Heizwärmeübergabe in den Wohnungen ist in [Großklos et al. 2023] ausführlich beschrieben. Die im PHPP-Nachweis modellierten Komponenten der Wärmeversorgung wurden in das entsprechende detaillierte Eingabeschema von „EnergyProfile.xlsm“ überführt. Die beiden folgenden Tabellen zeigen die Werte für das Gebäude AB und für das Gebäude C (jeweils Var. 2 ).

Der Faktor „Nutzbarkeit für Heizung“ ergibt sich aus dem Verhältnis der Heiztage zu den Betriebstagen, sofern sich die Komponente innerhalb der thermischen Hülle befindet.

**Tab. 43: Eingabedaten für die Bilanzierung von Wärmeverteilung und Speicher im Gebäude AB / Var. 2 aus der PHPP-Berechnung (eigene Darstellung)**

Gebäude AB	Wärmeverteilung						Speicher		
Beschreibung	Heizleitungen außerhalb thermischer Hülle	Heizleitungen innerhalb thermischer Hülle, gedämmt	Heizleitungen innerhalb thermischer Hülle, ungedämmt	WW außerhalb thermischer Hülle	WW innerhalb thermischer Hülle	WW Wärmeverluste Zapfleitungen	Pufferspeicher 1 (H+W), Wärmeverluste nur W zu geordnet	Pufferspeicher 2 (H+W), Wärmeverluste nur W zu geordnet	
Anzahl Einheiten: Leitungslänge bzw. Anzahl Speicher	289	112	336	117	279	167	1	1	m bzw. Stück
Wärmeverlustkoeffizient pro Einheit (pro Meter bzw. pro Speicher)	0,117	0,187	0,931	0,121	0,114	0,041	3,821	3,821	W/K/m bzw. W/K/Stück
mittlere Temperaturdifferenz	29,0	24,0	24,0	33,1	28,1	30,0	35,0	35,0	K
Betriebsstunden pro Tag	24	24	24	24	24	24	24	24	h/d
Betriebstage pro Jahr	215	215	215	365	365	365	365	365	d/a
Anteil innerhalb der thermischen Hülle	0%	100%	100%	0%	100%	100%	0%	0%	
Nutzbarkeit für Heizung	0%	95%	95%	59%	59%	59%	0%	0%	
Anteil zugeordnet zur Warmwasserbereitung	0%	0%	0%	100%	100%	100%	50%	50%	

**Tab. 44: Eingabedaten für die Bilanzierung von Wärmeverteilung und Speicher im Gebäude C / Var. 2 aus der PHPP-Berechnung (eigene Darstellung)**

Gebäude C	Wärmeverteilung						Speicher		
Beschreibung	Heizleitungen außerhalb thermischer Hülle	Heizleitungen innerhalb thermischer Hülle, gedämmt	Heizleitungen innerhalb thermischer Hülle, ungedämmt	WW außerhalb thermischer Hülle	WW innerhalb thermischer Hülle	WW Wärmeverluste Zapfleitungen	Pufferspeicher 1 (H+W), Wärmeverluste nur W zu geordnet	Pufferspeicher 2 (H+W), Wärmeverluste nur W zu geordnet	
Anzahl Einheiten: Leitungslänge bzw. Anzahl Speicher	0	200	0	0	220	200	1	1	m bzw. Stück
Wärmeverlustkoeffizient pro Einheit (pro Meter bzw. pro Speicher)	0,000	0,124	0,000	0,134	0,149	0,042	3,800	3,800	W/K/m bzw. W/K/Stück
mittlere Temperaturdifferenz	0,0	30,0	0,0	37,8	32,8	30,0	35,0	35,0	K
Betriebsstunden pro Tag	0	24	0	24	24	24	24	24	h/d
Betriebstage pro Jahr	0	215	0	365	365	365	365	365	d/a
Anteil innerhalb der thermischen Hülle	0%	100%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	
Nutzbarkeit für Heizung	0%	90%	0%	59%	59%	59%	59%	59%	
Anteil zugeordnet zur Warmwasserbereitung	0%	0%	0%	100%	100%	100%	50%	50%	

## Detaillierte Ermittlung / PHPP-Berechnung / Var. 3

Bei Var. 3 wurden – wie in Anhang B.10 beschrieben – Informationen zu den tatsächlichen Temperaturen aufgenommen. Daraus ergeben sich die folgenden detaillierten Eingabedaten für die Wärmeversorgung:

**Tab. 45: Eingabedaten für die Bilanzierung von Wärmeverteilung und Speicher im Gebäude AB / Var. 3 aus der PHPP-Berechnung (eigene Darstellung)**

Gebäude AB	Wärmeverteilung						Speicher		
	Heizleitungen außerhalb thermischer Hülle	Heizleitungen innerhalb thermischer Hülle, gedämmt	Heizleitungen innerhalb thermischer Hülle, ungedämmt	WW außerhalb thermischer Hülle	WW innerhalb thermischer Hülle	WW Wärmeverluste Zapfleitungen	Pufferspeicher 1 (H+W), Wärmeverluste nur W zu geordnet	Pufferspeicher 2 (H+W), Wärmeverluste nur W zu geordnet	
Anzahl Einheiten: Leitungslänge bzw. Anzahl Speicher	289	112	336	117	279	167	1	1	m bzw. Stück
Wärmeverlustkoeffizient pro Einheit (pro Meter bzw. pro Speicher)	0,117	0,187	0,931	0,121	0,114	0,041	3,821	3,821	W/K/m bzw. W/K/Stück
mittlere Temperaturdifferenz	16,0	11,6	11,6	28,1	24,7	30,0	22,0	22,0	K
Betriebsstunden pro Tag	24	24	24	24	24	24	24	24	h/d
Betriebstage pro Jahr	215	215	215	365	365	365	365	365	d/a
Anteil innerhalb der thermischen Hülle	0%	100%	100%	0%	100%	100%	0%	0%	
Nutzbarkeit für Heizung	0%	95%	95%	59%	59%	59%	0%	0%	
Anteil zugeordnet zur Warmwasserbereitung	0%	0%	0%	100%	100%	100%	50%	50%	

**Tab. 46: Eingabedaten für die Bilanzierung von Wärmeverteilung und Speicher im Gebäude C / Var. 3 aus der PHPP-Berechnung (eigene Darstellung)**

Gebäude C	Wärmeverteilung						Speicher		
	Heizleitungen außerhalb thermischer Hülle	Heizleitungen innerhalb thermischer Hülle, gedämmt	Heizleitungen innerhalb thermischer Hülle, ungedämmt	WW außerhalb thermischer Hülle	WW innerhalb thermischer Hülle	WW Wärmeverluste Zapfleitungen	Pufferspeicher 1 (H+W), Wärmeverluste nur W zu geordnet	Pufferspeicher 2 (H+W), Wärmeverluste nur W zu geordnet	
Anzahl Einheiten: Leitungslänge bzw. Anzahl Speicher	0	200	0	0	220	200	1	1	m bzw. Stück
Wärmeverlustkoeffizient pro Einheit (pro Meter bzw. pro Speicher)	0,000	0,124	0,000	0,134	0,149	0,042	3,800	3,800	W/K/m bzw. W/K/Stück
mittlere Temperaturdifferenz	0,0	13,7	0,0	51,0	27,6	30,0	25,0	25,0	K
Betriebsstunden pro Tag	0	24	0	24	24	24	24	24	h/d
Betriebstage pro Jahr	0	215	0	365	365	365	365	365	d/a
Anteil innerhalb der thermischen Hülle	0%	100%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	
Nutzbarkeit für Heizung	0%	90%	0%	59%	59%	59%	59%	59%	
Anteil zugeordnet zur Warmwasserbereitung	0%	0%	0%	100%	100%	100%	50%	50%	

## C.12 Klimadaten

Im Bilanzierungstool „EnergyProfile.xlsm“ wird die Arbeitsmappe „Gradtagzahlen-Deutschland.xlsx“ [IWU GTZ 2023] als Datenquelle für die Klimadaten verwendet. Die folgenden Bilder zeigen die in der Berechnung für die Verbrauchsjahre verwendete Anzahl von Heiztagen, die Außentemperatur an Heiztagen sowie die Globalstrahlung auf vertikale Flächen an Heiztagen. Ein Vergleich mit den im Messprojekt ermittelten Gradtagzahlen wird im Anhang B.8 vorgenommen.

**Bild 22: Für die Bilanzierung des Verbrauchsjahrs VJ 20/21 verwendete Temperaturdaten**  
(Quelle: Gradtagzahlen-Deutschland.xlsx [IWU-GTZ 2023])

iwu.xl.tool
IWU climate data tool version: 23.01.2023

### Klimadaten deutscher Stationen

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

**Standort**

**Postleitzahl des Standortes** PLZ  (Darmstadt)

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

**Klimastation**

917 - Darmstadt (Hessen) - 1995-08-01 bis 2023-01-03 - Lon=0,09°/Lat=0,50°

Stationsnummer:  (alternative Eingabe)

917 - Darmstadt (Hessen) - 1995-08-01 bis 2023-01-03 - Lon=0,09°/Lat=0,50°

**Pauschale Höhenkorrektur**

Höhe ü. NN

Höhe Messung Klima  m  
 Höhe Gebäudestandort  m  
 Differenz  m

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

▶ Temperaturdifferenz  K

Gewichtung	ID	Wetterstation	Bundesland	Lat (N)	Lon (O)	Höhe über NN	Vollständig- keit der Temperatur- messdaten
77%	917	Darmstadt	Hessen	49,88	8,68	162 m	
12%	1420	Frankfurt/Main	Hessen	50,03	8,52	100 m	
11%	4411	Schaafheim-Schlierbach	Hessen	49,92	8,97	155 m	
gewichtetes Mittel Klimastationen						154 m	100%

**Zeitraum und Ausgabegrößen**

Art der Konditionierung:

Ausgabegröße:

Innentemperatur:  °C nur für Gradtagzahl

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

Start: Monat  Jahr

**Temperaturdaten**

\*Außentemperatur\*  
= Tagesmittel der Außenlufttemperatur

Monat	Tage [d]	2020 / 2021				langjähriges Mittel (20 Jahre)*			
		Gradtagzahl		Außen-temperatur	Außentemp. an Heiztagen	Gradtagzahl		Außen-temperatur	Außentemp. an Heiztagen
		GTZ 20/12 [Kd]	Heiztage [d]	[°C]	[°C]	GTZ 20/12 [Kd]	Heiztage [d]	[°C]	[°C]
Jul 2020	31	0	0	19,5		0	0	19,9	
Aug 2020	31	0	0	21,1		0	0	19,1	
Sep 2020	30	45	5	15,9	10,5	55	6	15,0	10,5
Okt 2020	31	190	17	11,0	9,0	234	20	10,4	8,3
Nov 2020	30	399	27	6,2	5,2	407	28	6,1	5,7
Dez 2020	31	493	31	4,0	3,9	522	31	3,1	3,0
Jan 2021	31	561	31	1,9	1,9	553	31	2,2	2,1
Feb 2021	28	478	28	2,9	2,9	486	28	2,7	2,7
Mrz 2021	31	410	28	6,1	5,3	418	29	6,1	5,7
Apr 2021	30	379	29	7,2	6,9	225	19	10,6	8,2
Mai 2021	31	169	17	11,7	9,8	88	9	14,3	9,9
Jun 2021	30	0	0	20,0		6	1	18,3	11,2
<b>Jahr gesamt</b>	<b>365</b>	<b>3125</b>	<b>212</b>	<b>10,6</b>	<b>5,3</b>	<b>2994</b>	<b>202</b>	<b>10,6</b>	<b>5,1</b>

\*) Mittelwerte von 2003 bis 2022

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

Verhältnis der Heiztage HT 12 für 2020 / 2021 zum 20-Jahres-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):  1,15

Potsdam RefKI\*\* GTZ (20/15) = 3667 Kd/a  
Würzburg RefKI\*\* GTZ (20/15) = 3883 Kd/a

\*\*) Referenzklima nach EnEV bzw. GEG

**Bild 23:** Für die Bilanzierung des Verbrauchsjahrs VJ 20/21 verwendete Globalstrahlung an Heiztagen (Quelle: Gradtagzahlen-Deutschland.xlsx [IWU-GTZ 2023])

Solarstrahlungsdaten		Lat	+49,90 ° N		Lon	+8,69 ° O													
<b>Globalstrahlung auf vertikale und horizontale Flächen</b>		<b>2020 / 2021</b>							<b>langjähriges Mittel *</b>										
		Hor		vertikale Flächen mit Orientierung							Hor		vertikale Flächen mit Orientierung						
		O	SO	S	SW	W	NW	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	N	NO		
<b>Monat</b>		kWh/m <sup>2</sup>																	
Jul 2020		182	132	128	110	122	121	93	72	96	175	127	123	105	117	117	89	70	92
Aug 2020		141	102	108	101	104	96	72	58	74	149	108	116	107	110	101	76	61	78
Sep 2020		118	86	109	113	104	81	61	50	62	108	79	98	102	94	75	55	47	57
Okt 2020		48	35	49	56	49	35	25	23	25	62	46	67	76	65	45	32	29	33
Nov 2020		36	27	45	55	45	27	19	18	19	30	22	37	45	37	23	16	16	16
Dez 2020		19	14	26	34	27	14	10	10	10	21	15	30	39	30	16	11	11	11
Jan 2021		20	15	29	37	29	15	10	11	10	25	19	37	48	38	19	13	14	13
Feb 2021		55	40	73	90	71	40	28	26	29	45	33	59	72	58	33	24	22	24
Mrz 2021		97	71	110	126	105	67	50	42	51	91	66	102	117	98	63	47	40	48
Apr 2021		137	99	129	134	122	93	70	57	72	138	100	130	135	123	94	70	57	72
Mai 2021		145	105	112	104	107	98	74	60	76	162	118	128	118	121	109	83	66	86
Jun 2021		178	129	125	107	119	119	91	71	94	176	128	124	106	118	118	90	71	93
<b>Summe Jahr</b>		<b>1174</b>	<b>854</b>	<b>1044</b>	<b>1066</b>	<b>1004</b>	<b>806</b>	<b>602</b>	<b>500</b>	<b>618</b>	<b>1183</b>	<b>861</b>	<b>1050</b>	<b>1071</b>	<b>1010</b>	<b>812</b>	<b>607</b>	<b>504</b>	<b>622</b>
<b>nur an Heiztagen **</b>		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jul 2020		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aug 2020		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sep 2020		16	11	15	15	14	11	8	7	8	18	13	16	17	16	12	9	8	9
Okt 2020		24	18	25	29	25	18	13	12	13	37	27	40	46	39	27	19	18	20
Nov 2020		32	23	40	49	40	23	16	16	17	28	21	34	42	35	21	15	15	15
Dez 2020		18	14	26	33	26	14	10	10	9	21	15	29	38	30	16	11	11	11
Jan 2021		20	15	29	37	29	15	10	11	10	25	19	37	48	37	19	13	13	13
Feb 2021		55	40	73	90	71	40	28	26	29	45	33	58	72	58	33	23	22	24
Mrz 2021		86	63	98	112	93	60	44	38	45	85	62	95	109	91	59	43	37	44
Apr 2021		131	95	123	128	117	89	67	54	69	82	59	77	80	73	56	42	34	43
Mai 2021		71	52	55	51	53	48	36	29	38	39	28	31	29	29	26	20	16	21
Jun 2021		0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	2	2	2	2	2	1	2
<b>Summe an Heiztagen**</b>		<b>453</b>	<b>331</b>	<b>482</b>	<b>544</b>	<b>468</b>	<b>318</b>	<b>233</b>	<b>204</b>	<b>238</b>	<b>383</b>	<b>280</b>	<b>421</b>	<b>482</b>	<b>410</b>	<b>271</b>	<b>197</b>	<b>175</b>	<b>201</b>
**) Heizgrenztemp. 12°C		*) von 2003 bis 2022																	
<b>Verhältnis zu langjährigem Mittel</b>																			
Summe Jahr		0,99																	
Summe an Heiztagen**		1,18																	
**) Heizgrenztemp. 12°C																			

**Bild 24:** Für die Bilanzierung des Verbrauchsjahrs VJ 21/22 verwendete Temperaturdaten (Quelle: Gradtagzahlen-Deutschland.xlsx [IWU-GTZ 2023])

iwu.xl.tool
IWU climate data tool version: 23.01.2023

### Klimadaten deutscher Stationen

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

**Standort**

**Postleitzahl des Standortes** PLZ  (Darmstadt)

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

**Klimastation**

917 - Darmstadt (Hessen) - 1995-08-01 bis 2023-01-03 - Lon=0,09°/Lat=0,50°

Stationsnummer:  (alternative Eingabe)

917 - Darmstadt (Hessen) - 1995-08-01 bis 2023-01-03 - Lon=0,09°/Lat=0,50°

**Pauschale Höhenkorrektur**

Höhe ü. NN

Höhe Messung Klima  m

Höhe Gebäudestandort  m

Differenz  m

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

► Temperaturdifferenz  K

Gewichtung	ID	Wetterstation	Bundesland	Lat (N)	Lon (O)	Höhe über NN	Vollständig- keit der Temperatur- messdaten
77%	917	Darmstadt	Hessen	49,88	8,68	162 m	
12%	1420	Frankfurt/Main	Hessen	50,03	8,52	100 m	
11%	4411	Schaafheim-Schlierbach	Hessen	49,92	8,97	155 m	
gewichtetes Mittel Klimastationen						154 m	100%

**Zeitraum und Ausgabegrößen**

Art der Konditionierung:  Start: Monat  Jahr

Ausgabegröße:

Innentemperatur:  °C nur für Gradtagzahl

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

Temperaturdaten	Tage	2021 / 2022				langjähriges Mittel (20 Jahre)*			
		Gradtagzahl		Außen-temperatur	Außentemp. an Heiztagen	Gradtagzahl		Außen-temperatur	Außentemp. an Heiztagen
		GTZ 20/12	Heiztage	[°C]	[°C]	GTZ 20/12	Heiztage	[°C]	[°C]
<b>Monat</b>	[d]	[Kd]	[d]	[°C]	[°C]	[Kd]	[d]	[°C]	[°C]
Jul 2021	31	0	0	18,8		0	0	19,9	
Aug 2021	31	0	0	17,4		0	0	19,1	
Sep 2021	30	17	2	16,0	10,8	55	6	15,0	10,5
Okt 2021	31	290	25	9,5	8,2	234	20	10,4	8,3
Nov 2021	30	453	30	4,9	4,9	407	28	6,1	5,7
Dez 2021	31	486	30	4,1	3,7	522	31	3,1	3,0
Jan 2022	31	520	31	3,2	3,2	553	31	2,2	2,1
Feb 2022	28	408	28	5,4	5,4	486	28	2,7	2,7
Mrz 2022	31	423	31	6,3	6,2	418	29	6,1	5,7
Apr 2022	30	282	23	9,0	7,7	225	19	10,6	8,2
Mai 2022	31	24	3	16,2	11,2	88	9	14,3	9,9
Jun 2022	30	0	0	19,7		6	1	18,3	11,2
<b>Jahr gesamt</b>	<b>365</b>	<b>2903</b>	<b>202</b>	<b>10,9</b>	<b>5,6</b>	<b>2994</b>	<b>202</b>	<b>10,6</b>	<b>5,1</b>

\*) Mittelwerte von 2003 bis 2022

Verhältnis der Gradtagzahl GTZ 20/12 für 2021 / 2022 zum 20-Jahres-Mittel am gleichen Standort:

Verhältnis der Heiztage HT 12 für 2021 / 2022 zum 20-Jahres-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 RefKI\*\* GTZ (20/15) = 3667 Kd/a  
Würzburg RefKI\*\* GTZ (20/15) = 3883 Kd/a

\*\*) Referenzklima nach EnEV bzw. GEG

**Bild 25: Für die Bilanzierung des Verbrauchsjahrs VJ 21/22 verwendete Globalstrahlung an Heiztagen**  
(Quelle: Gradtagzahlen-Deutschland.xlsx [IWU-GTZ 2023])

Solarstrahlungsdaten		Lat	<b>+49,90</b>	° N		Lon	<b>+8,69</b>	° O	
----------------------	--	-----	---------------	-----	--	-----	--------------	-----	--

Globalstrahlung auf vertikale und horizontale Flächen	Monat	2021 / 2022								langjähriges Mittel *									
		Hor	vertikale Flächen mit Orientierung								Hor	vertikale Flächen mit Orientierung							
			O	SO	S	SW	W	NW	N	NO		O	SO	S	SW	W	NW	N	NO
kWh/m <sup>2</sup>																			
	Jul 2021	163	118	113	97	108	110	83	66	86	175	127	123	105	117	117	89	70	92
	Aug 2021	134	97	102	95	98	91	69	56	71	149	108	116	107	110	101	76	61	78
	Sep 2021	119	86	110	114	105	82	61	50	63	108	79	98	102	94	75	55	47	57
	Okt 2021	60	44	63	72	62	43	31	28	31	62	46	67	76	65	45	32	29	33
	Nov 2021	25	19	30	37	30	19	13	14	13	30	22	37	45	37	23	16	16	16
	Dez 2021	22	16	31	40	32	16	11	12	11	21	15	30	39	30	16	11	11	11
	Jan 2022	22	17	32	42	33	17	12	12	12	25	19	37	48	38	19	13	14	13
	Feb 2022	46	34	59	73	58	33	24	22	24	45	33	59	72	58	33	24	22	24
	Mrz 2022	118	86	138	158	130	81	60	50	62	91	66	102	117	98	63	47	40	48
	Apr 2022	128	93	120	124	114	88	66	54	67	138	100	130	135	123	94	70	57	72
	Mai 2022	191	138	154	143	145	128	98	76	101	162	118	128	118	121	109	83	66	86
	Jun 2022	196	142	140	120	132	130	100	77	104	176	128	124	106	118	118	90	71	93
	<b>Summe Jahr</b>	<b>1223</b>	<b>889</b>	<b>1092</b>	<b>1114</b>	<b>1047</b>	<b>837</b>	<b>627</b>	<b>517</b>	<b>644</b>	<b>1183</b>	<b>861</b>	<b>1050</b>	<b>1071</b>	<b>1010</b>	<b>812</b>	<b>607</b>	<b>504</b>	<b>622</b>
nur an Heiztagen **	Jul 2021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Aug 2021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sep 2021	6	4	6	6	5	4	3	3	3	18	13	16	17	16	12	9	8	9
	Okt 2021	45	33	48	55	47	33	23	21	24	37	27	40	46	39	27	19	18	20
	Nov 2021	25	19	30	37	30	19	13	14	13	28	21	34	42	35	21	15	15	15
	Dez 2021	21	15	30	38	30	16	11	11	11	21	15	29	38	30	16	11	11	11
	Jan 2022	22	17	32	42	33	17	12	12	12	25	19	37	48	37	19	13	13	13
	Feb 2022	46	34	59	73	58	33	24	22	24	45	33	58	72	58	33	23	22	24
	<b>Summe an Heiztagen**</b>	<b>389</b>	<b>285</b>	<b>439</b>	<b>508</b>	<b>427</b>	<b>275</b>	<b>201</b>	<b>178</b>	<b>204</b>	<b>383</b>	<b>280</b>	<b>421</b>	<b>482</b>	<b>410</b>	<b>271</b>	<b>197</b>	<b>175</b>	<b>201</b>

\*\* ) Heizgrenztemp. 12°C

\*) von 2003 bis 2022

Verhältnis zu langjährigem Mittel	
Summe Jahr	1,03
Summe an Heiztagen**	1,02
**) Heizgrenztemp. 12°C	

### C.13 Verbrauchsmessung

Die folgende Tabelle zeigt die Zuordnung der Messeinrichtungen zu den Eingaben im MOBASY-Verbrauchscontrolling. Die Verbrauchsdaten beider Gebäude finden sich in den Eingabebölgern in Anhang D.

Es werden folgende Messungen beim Verbrauch-Bedarf-Vergleich berücksichtigt:

#### Verbrauchsmessung Gebäude AB

- M1 Wärmemenge / Einspeisung in den Pufferspeicher von Gebäude AB / Bilanzraum umfasst Speicherung und Verteilung für Heizung und Warmwasser
- M2 Wärmemenge / Warmwasser Nutzwärme (Zapfung) und Verteilung
- M3 Summe Volumen Warmwasser Zapfung

#### Verbrauchsmessung Gebäude C

- M1 Wärmemenge / Einspeisung in den Pufferspeicher von Gebäude C / Bilanzraum umfasst Speicherung und Verteilung für Heizung und Warmwasser
- M2 Summe Wärmemenge Übergabestationen in den Wohnungen
- M3 Summe Volumen Warmwasser Zapfung

Daraus werden die folgenden Zuordnungen für die Bilanzräume beim Verbrauch-Bedarf-Vergleich abgeleitet:

**Tab. 47: Zuordnung der Verbrauchsmessungen zu den Bilanzräumen für den Verbrauch-Bedarf-Vergleich (Auszug aus Tab. 48)**

MOBASY Bilanzräume für den Verbrauch-/Bedarf-Vergleich		Gebäude AB					Gebäude C				
		Bilanzraum		Messwerte			Bilanzraum		Messwerte		
		H	W	M1	M2	M3	H	W	M1	M2	M3
Heizung & Warmwasser	HW	UDS-H	UDS-H	+					+		
Heizung	H	UD-H		+	-		U-H			+	-
Warmwasser	W		UD-H		+			U-H			+
Volumen Warmwasser	Wvol		U-V			+		U-V			+

Erläuterung: "U" = use; "D" = distribution; "S" = storage; "-H" = heat metering; "-V" = volume metering

Tab. 48: Schema der Verbrauchsmessung und der Übertragung in das MOBASY-Schema

Bezeichnung in der Messdaten-Tabelle	Gebäude AB				Gebäude C				Notizen	Gebäudeteil AB			Gebäudeteil C			Kommentar		
	In den Messwerten enthalten		In den Messwerten enthalten		In den Messwerten enthalten		In den Messwerten enthalten			Verwendung im EnergyProfile			Verwendung im EnergyProfile					
	Bilanzraum	Heizung	WW	Heizung	WW	Bilanzraum	Heizung	WW		Bilanzraum	Messwerte	Bilanzraum	Messwerte	Bilanzraum	Messwerte			
Bezug Fernwärme																		
Ladung Puffer AB																		
Abnahme Puffer AB																		
Abnahme Wohnungen AB																		
Heizung AB																		
Wärmewasser AB																		
Verteilerverluste Wärme AB																		
Ladung Puffer C																		
Abnahme Haus C																		
Abnahme Wohnungen C																		
Heizung C																		
Warmwasser C																		
Verteilerverlust gesamt																		
TW warm / Verbrauch Wohnungen AB																		
TW warm / Verbrauch Wohnungen C																		
MOBASY-Bilanzräume																		
HW																		
H																		
W																		
Wvol																		

## C.14 MOBASY-Unsicherheitsbewertung

In Tab. 49 sind die in MOBASY definierten Bereiche dargestellt, für die eine Kategorisierung der Datenherkunft erfolgt. In Tab. 50 findet sich eine Auflistung der verwendeten Kategorien. Zusätzlich sind zur Orientierung die im Excel- und im R-Tool verwendeten Variablennamen mit aufgeführt.

**Tab. 49: Größen bzw. Bilanzbereiche für die eine Kategorisierung der Datenquellen vorgenommen wird**

Variablenname	Größe / Bilanzbereich	
<b>Gebäude + Anlagentechnik (physische Daten)</b>		
Code_TypeDataSources_EnvelopeGlobal	Flächen + Wärmedurchlässigkeit	Gebäudehülle gesamt
Code_TypeDataSources_SurfaceEnvelope	Flächen	Fläche der Hülle
Code_TypeDataSources_ThermalTransmittance_Roof	Wärmedurchlässigkeit	Dach / ob. Geschossdecke
Code_TypeDataSources_ThermalTransmittance_Walls	Wärmedurchlässigkeit	Außenwand
Code_TypeDataSources_ThermalTransmittance_Windows	Wärmedurchlässigkeit	Fenster
Code_TypeDataSources_ThermalTransmittance_Floor	Wärmedurchlässigkeit	Fußboden / Kellerdecke
Code_TypeDataSources_ThermalBridging	Wärmedurchlässigkeit	Wärmebrücken
Code_TypeDataSources_SysH	Längen / Flächen / Anzahl + Wärmedurchlässigkeit	System Heizung
Code_TypeDataSources_SysW	Längen / Flächen / Anzahl + Wärmedurchlässigkeit	System Warmwasser
<b>Randbedingungen</b>		
Code_TypeDataSources_Utilisation	Gebäudenutzung / übergeordnete Auswahl *	
Code_TypeDataSources_InternalTemperature	Raumtemperatur	
Code_TypeDataSources_AirExchange	Luftwechsel	
Code_TypeDataSources_PassiveSolarAperture	effektive passiv-solare Apertur **	
Code_TypeDataSources_InternalHeatSources	Interne Wärmequellen	
Code_TypeDataSources_SysW_HeatNeed	Warmwasserzapfung (Eingangsdaten Energiebilanz)	
Code_TypeDataSources_Operation	Betriebsführung ***	
Code_TypeDataSources_Climate	Klimadaten	
<b>Erläuterungen</b>		
*) Auswahl bei den Details nur wirksam, wenn hier "nicht definiert" gewählt ist		
**) Fenstergröße und -orientierung, Verglasungsanteil, Verschattung, ...		
***) nur zur Information, Berechnung noch nicht umgesetzt		

**Tab. 50: Kategorien für die Datenquellen für unterschiedlichen Größen bzw. Bilanzbereiche**

Codes	Kurzbeschreibung
<b>Gebäude + Anlagentechnik (physische Daten)</b>	
"DesignDataPlusQA"	Planungsdaten + Qualitätssicherung
"DesignData"	Planungsdaten (z.B. Energieausweis)
"InspectionOnSite"	Vor-Ort-Erhebung (Begehung) oder Foto-Dokumentation
"RecordsStatementOwner"	Akten / Angaben Gebäudeeigentümer
"NoDataSource"	keine Datenquelle
"_NA_"	keine Information über die Datenquelle
<b>Randbedingungen</b>	
"MeasurementOnSiteQA"	objektbezogene Messdaten + Qualitätssicherung (z.B. wissenschaftliches Monitoring)
"MeasurementOnSite"	objektbezogene Messdaten
"ElevationClassification"	Erhebung / Klassifizierung
"NoDataSource"	keine Datenquelle
"_NA_"	keine Angabe / keine Information über die Datenquelle

Die im Anhang B dargestellten Unsicherheitskategorien A bis E mit den jeweiligen Pauschalwerten sind in den folgenden beiden Tabellen dokumentiert und erläutert: Tab. 51 zeigt je Variablentyp die für jede der fünf Klassen verwendeten relativen und absoluten Zahlenwerte für die Unsicherheit, Tab. 52 die Definition der Variablentypen und die textliche Beschreibung der Bedingungen für die Verwendung der Unsicherheitsklassen (die im Berechnungstool „EnergyProfile.xlsm“ in Form von Algorithmen umgesetzt wurden).

**Tab. 51: Quantifizierung der Unsicherheit nach Klasse**  
(erster Teil der Tabelle „Tab.Uncertainty.Levels“ aus „tabula-values.xlsx“)

Code_InputQuantity	RelativeUncertainty_Level_A	RelativeUncertainty_Level_B	RelativeUncertainty_Level_C	RelativeUncertainty_Level_D	RelativeUncertainty_Level_E	Unit_AbsoluteUncertainty	AbsoluteUncertainty_Level_A	AbsoluteUncertainty_Level_B	AbsoluteUncertainty_Level_C	AbsoluteUncertainty_Level_D	AbsoluteUncertainty_Level_E
Code of the energy balance input quantity	Relative uncertainty of the quantity (modelled by symmetrical distribution)	Relative uncertainty of the quantity (modelled by symmetrical distribution)	Relative uncertainty of the quantity (modelled by symmetrical distribution)	Relative uncertainty of the quantity (modelled by symmetrical distribution)	Relative uncertainty of the quantity (modelled by symmetrical distribution)	Unit of the absolute uncertainty	Absolute uncertainty of the quantity (modelled by symmetrical distribution)	Absolute uncertainty of the quantity (modelled by symmetrical distribution)	Absolute uncertainty of the quantity (modelled by symmetrical distribution)	Absolute uncertainty of the quantity (modelled by symmetrical distribution)	Absolute uncertainty of the quantity (modelled by symmetrical distribution)
	Uncertainty level A	Uncertainty level B	Uncertainty level C	Uncertainty level D	Uncertainty level E		Uncertainty level A	Uncertainty level B	Uncertainty level C	Uncertainty level D	Uncertainty level E
A_Envelope	0,05	0,10	0,15	0,20	0,40						
U_PreCalc	0,05	0,10	0,20	0,30	0,50						
U_Original	0,10	0,20	0,25	0,30	0,50						
f_Insulation							0,05	0,1	0,2	0,3	0,5
d_Insulation	0,05	0,10	0,25	0,40	0,50	cm	0,5	1	2	5	8
Lambda_Insulation	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30						
U_Window	0,05	0,10	0,15	0,30	0,50						
DeltaU_ThermalBridging						W/(m²K)	0,01	0,02	0,05	0,07	0,1
n_Air_HeatLosses						1/h	0,05	0,10	0,15	0,25	0,40
theta_i						K	0,1	0,3	1	2	3
HDD_Climate	0,03	0,05	0,1	0,2	0,3						
I_Sol	0,05	0,1	0,2	0,3	0,5						
A_Aperture_PassiveSolar_EquivalentSouth	0,05	0,1	0,25	0,4	0,6						
phi_int	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5						
eta_ve_rec	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3						
q_w_nd	0,05	0,1	0,25	0,5	0,8						
e_SysH	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3						
e_SysW	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3						

**Tab. 52: Beschreibung der Kriterien für die Einstufung in die Unsicherheitsklassen**  
 (zweiter Teil der Tabelle „Tab.Uncertainty.Levels“ aus „tabula-values.xlsx“, textliche Beschreibung der im Tool verwendeten Algorithmen, diente als Grundlage für die Programmierung)

Code_InputQuantity	Description_1	Description_2	Explanation_Uncertainty_Level_A	Explanation_Uncertainty_Level_B	Explanation_Uncertainty_Level_C	Explanation_Uncertainty_Level_D	Explanation_Uncertainty_Level_E
A_Envelope	Thermal envelope surface area of the building	Expert estimation	Calculation of thermal envelope area, based on design data, quality assured	Calculation of thermal envelope area, based on design data	Inspection onsite / record or statement of owner / buildings with 3 or more storeys if input is available about number of storeys AND number of directly attached neighbour buildings	Inspection onsite / record or statement of owner / all buildings not included in "C" if at least input is available about number of storeys OR number of directly attached neighbour buildings	No or insufficient information about thermal envelope area or geometrical features (cases not included in A to D)
U_Pre-Calc	Pre-calculated U-value; alternative manual input	Determined in the framework of the MOBASY project 2020/2021: Expert estimation	Pre-calculated U-value, taking into account the different layers of actually used materials; thickness, thermal conductivity and area fraction of layers from design data; quality assured	Pre-calculated U-value, taking into account the different layers of actually used materials; thickness, thermal conductivity and area fraction of layers from design data	Pre-calculated U-value, taking into account the installed insulation materials; thickness, area fraction and material type of insulation layers determined by inspection onsite / record or statement of owner	U-value assigned by construction period (building or construction typology)	No information about construction
U_Original	Standard estimate of U-value assigned differentiated by construction period and other criteria (not refurbished)	Determined in the framework of the MOBASY project 2020/2021: Derived from analyses of exemplary constructions or buildings (typology data)	U-value calculation available based on information about layers of actual construction	Use of default values; building constructed from 1995	Use of default values; building constructed between 1983 and 1994	Use of default values; building constructed until 1983	Construction year of the building unknown
f_Insulation	Standard estimate of insulated fraction, differentiated by construction period of the building; additional functional condition: minimum of tabled value, f_Insulation and (1-f_Insulation)	Determined in the framework of the MOBASY project 2020/2021: Values for cases, "D" and "E" derived from the results of a survey (residential buildings Germany 2016); expert estimation for "A", "B" and "C"	Insulation fraction from design data, quality assured	Insulation fraction from design data	Insulation fraction determined by inspection onsite / record or statement of owner	Insulation has been applied, but no information about insulation fraction (default fraction value is the average insulation fraction for all insulated buildings)	Unknown if insulation has been applied (default fraction value is the average insulation fraction for all buildings)
d_Insulation	Standard estimate of insulation thickness, differentiated by year of implementation; relevant is the minimum derived from the respective relative and absolute uncertainty	Determined in the framework of the MOBASY project 2020/2021: Values for cases "C", "D" and "E" derived from the results of a survey (residential buildings Germany 2016); expert estimation for "A" and "B"	Insulation thickness from design data, quality assured	Insulation thickness from design data	Insulation thickness determined by inspection onsite / record or statement of owner	Insulation available; insulation thickness unknown	Insulation available; insulation thickness and year of implementation unknown
Lambda_Insulation	Standard estimate of thermal conductivity of insulation, differentiated by construction period of the building	Determined in the framework of the MOBASY project 2020/2021: Expert estimation	Thermal conductivity of insulation from design data, quality assured	Thermal conductivity of insulation from design data	Thermal conductivity of insulation determined by inspection onsite / record or statement of owner	Insulation available; no information about material	Insulation available; no information about material and year of implementation
U_Window	U-value of windows (surface area weighted average)	Determined in the framework of the MOBASY project 2020/2021: Values for cases "C", "D" and "E" derived from statistical data from German window industry and from the 2016 survey (residential buildings Germany 2016); expert estimation for "A" and "B"	Design data, U-value calculation for each single new window, certified by producer, quality assured	Design data, U-value calculation for standard window size	Inspection onsite / record or statement of owner (with exception of the two special cases mentioned at level "D")	Inspection onsite / record or statement of owner -> two special cases: (a) windows with 2 panes installed during period 1969 ... 1978 without information about frame; (b) windows installed during period 1995 ... 2001 without information about low-e-coating	No information about energy quality of the windows / old building (building constructed until 1978)
DeltaU_ThermalBridging	Supplement to the heat transfer coefficient by transmission, considering the effect of thermal bridging	Expert estimation	Heat flow calculations of constructive and geometrical thermal bridges are part of the design data; results are used in the energy performance calculation; implementation is quality assured	Heat flow calculations of constructive and geometrical thermal bridges are part of the design data OR new buildings constructed as of 2002 with classification of thermal bridging	Classification of thermal bridging on the basis of onsite inspection OR new buildings constructed as of 2002 without information about thermal bridging	Classification of thermal bridging on the basis of record / statement of building owner is available	No information about situation of thermal bridging
n_Air_HeatLosses	Effective Air exchange rate, responsible for heat losses, caused by opening of windows and doors, by infiltration and by	Expert estimation	Object-related measurements of window and door opening in heating period (systematically determined e.g. as part of	Object-related measurements of lower quality (e.g. for periods without taking heating days into account) and (in	Multi-family houses (and no further information) OR Information from residents about window opening and (if	No information on window opening or air exchange rate	No information on window opening or air exchange rate + no information about availability of mechanical ventilation

Code_InputQuantity	Description_1	Description_2	Explanation_Uncertainty_Level_A	Explanation_Uncertainty_Level_B	Explanation_Uncertainty_Level_C	Explanation_Uncertainty_Level_D	Explanation_Uncertainty_Level_E
	the not recovered fraction of mechanical ventilation		scientific monitoring) and (in case of a ventilation system) of the air flow (or settings and operation modes) of the mechanical ventilation	case of a ventilation system) of the settings and operation modes of the mechanical ventilation	available) about operation modes of the mechanical ventilation		
theta_i	Internal temperature	Determined in the framework of the MOBASY project 2020/2021: Values for cases "C", "D" and "E" derived from documentation of research projects; expert estimation for "A" and "B"	Object-related measured room temperatures in heating period (systematically determined e.g. as part of scientific monitoring, with a sufficiently large number of temperature sensors)	Object-related measured room temperatures of lower quality (e.g. for periods without taking heating days into account)	Multi-family houses with central heating system (and no further information) OR information from residents on heating behaviour (thermometer readings, thermostat settings, night set-back, ...)	No information on room temperatures or heating behaviour	No information about use and no information about energy quality of the building
HDD_Climate	Heating degree days, representing external temperatures	Derived from parameter study: Loga, Tobias; Großklos, Marc; Landgraf, Katrin: Klimadaten für die Realbilanzierung. Grundlagen des Tools „Gradtagzahlen-Deutschland.xlsx“. MOBASY-Teilbericht; IWU, Darmstadt 2020	On-site measurements of external temperatures (averaging interval $\leq 1$ day) + deduction of average temperatures and number of heating days for the respective year (systematically determined e.g. as part of scientific monitoring)	Data measured by local weather station in the respective year (assignment of datasets e.g. by post-code or geographical coordinates); average air temperature during heating period and length of heating period determined on the basis of average daily temperatures	(1) Data measured by local weather station in several years (long-term average, assignment of datasets e.g. by post-code or geographical coordinates); (2) national or regional climate data of the respective year	Regional or national standard climate (long-term average), height difference between climate station and location of building is typically below 500 m	Regional or national standard climate (long-term average), height difference between climate station and location of building is likely to exceed 500 m
I_Sol	Solar global radiation	Derived from parameter study: Loga, Tobias; Großklos, Marc; Landgraf, Katrin: Klimadaten für die Realbilanzierung. Grundlagen des Tools „Gradtagzahlen-Deutschland.xlsx“. MOBASY-Teilbericht; IWU, Darmstadt 2020	On-site measurements of global radiation in combination with temperature measurements (averaging interval $\leq 1$ day) + deduction of global radiation during heating season (systematically determined e.g. as part of scientific monitoring)	Data measured by local weather station or high resolution satellite data in the respective year (assignment of datasets e.g. by geographical coordinates or post-code); average global radiation during heating season determined on the basis of average daily global radiation and average daily temperatures	(1) Data measured by local weather station in several years (long-term average, assignment of datasets e.g. by post-code or geographical coordinates); (2) national or regional climate data of the respective year	Regional or national standard climate (long-term average), height difference between climate station and location of building is typically below 500 m	Regional or national standard climate (long-term average), height difference between climate station and location of building is likely to exceed 500 m
A_Aperture-PassiveSolar-Equivalent-South	Equivalent South aperture area of windows, fictive South oriented area receiving the same amount of solar radiation as is actually coming through the windows in the heating season (solar heat load during heating season divided by solar irradiation on 1 m <sup>2</sup> vertical South oriented area during heating season); considering reduction of solar transmission by window frame, reflexion, absorption, non-optimal orientation (deviation from vertical South) and shading	Expert estimation	Calculation of thermal envelope area, based on design data or detailed on-site investigation; in addition: Detailed assessment on shading differentiated by window OR on-site measurements of solar radiation on the facades (representing typical shading for all windows) OR facades with windows completely unshaded during heating season	Calculation of thermal envelope area, based on design data or detailed on-site investigation; a rough assessment of the shading situation is made (differentiation between "rather shaded / city location" and "rather unshaded / treeless rural location")	Calculation of thermal envelope area, based on design data or detailed on-site investigation; no assessment of shading	The windows area and orientation is unknown, the solar gains are calculated by assuming average windows areas and east / west orientation (standard method of envelope estimation in the energy profile procedure); a rough assessment of the shading situation is made (differentiation between "rather shaded / city location" and "rather unshaded / treeless rural location")	The windows area and orientation is unknown, the solar gains are calculated by assuming average windows areas and east / west orientation (standard method of envelope estimation in the energy profile procedure); no assessment of shading
phi_int	Internal heat load by electrical appliances	Expert estimation	Very detailed investigation, all three conditions are fulfilled (1) Measurement of household electricity consumption; (2) Calculation of heat losses of heat distribution pipes and heat storages in the thermal envelope; (3) Knowledge about the number of inhabitants and presence time	Detailed investigation, only two of the three conditions are fulfilled (1) Measurement of household electricity consumption; (2) Calculation of heat losses of heat distribution pipes and heat storages in the thermal envelope; (3) Knowledge about the number of inhabitants and presence time	Classification on the basis of a questionnaire OR rough calculation, only one of the three conditions are fulfilled (1) Measurement of household electricity consumption; (2) Calculation of heat losses of heat distribution pipes and heat storages in the thermal envelope; (3) knowledge about the number of inhabitants	Multi-family houses: No information available	Single-family houses: No information available
eta_ve_rec	Heat recovered by heat exchanger of ventilation system	Expert estimation	Calculation values from design data, quality assured	Calculation values from design data	Classification on the basis of onsite inspection	Classification on the basis of records or statements from the owner OR information from more reliable sources but not complete	No information available

Code_InputQuantity	Description_1	Description_2	Explanation_Uncertainty_Level_A	Explanation_Uncertainty_Level_B	Explanation_Uncertainty_Level_C	Explanation_Uncertainty_Level_D	Explanation_Uncertainty_Level_E
q_w_nd	DHW heat need	Expert estimation	Heat meter values of tapped heat available (code of the data source type = "MeasurementOnsiteQA").	Volume meter values of tapped heat available (code of the data source type = "MeasurementOnsite").	(1) Number of inhabitants is known (code of the data source type = "ElevationClassification"). (2) If number of inhabitants is unknown (code of the data source type = "NoDataSource") only for multi-family houses (3 dwellings or more)	Single-family house (1 or 2 dwellings), number of inhabitants unknown	No information available
e_SysH	Energy expenditure factor heating system	Expert estimation	Calculation values from design data, quality assured	Calculation values from design data	Classification on the basis of onsite inspection	Classification on the basis of records or statements from the owner OR information from more reliable sources but not complete	No information available
e_SysW	Energy expenditure factor DHW system	Expert estimation	Calculation values from design data, quality assured	Calculation values from design data	Classification on the basis of onsite inspection	Classification on the basis of records or statements from the owner OR information from more reliable sources but not complete	No information available

## **Anhang D – Dokumentation der Eingabeblätter im Berechnungswerkzeug „EnergyProfile.xlsm“**

## D.1 Energieprofil-Erfassung Gebäude und Anlagentechnik (Var. 1)

Bild 26: Gebäude AB / Energieprofil-Indikatoren Gebäudehülle / Var. 1

**Energieprofil-Indikatoren**
**Gebäudehülle**

Gebäude:

Spezifikation:

Postleitzahl:

Baujahr:

Hier dargestellter Zustand: ab Jahr

Jahr der Erfassung:  bis Jahr

beheizte Wohnfläche:  m<sup>2</sup>

Anzahl Blöcke:  Wohnungen:

Häuser:  Vollgeschosse:

(ohne Dach- und Kellergeschoss)

lichte Raumhöhe:  m

(Eintrag nur wenn < 2,30 m oder > 2,70 m)

direkt angrenzende Nachbargebäude

keins (freistehend)

auf einer Seite

auf zwei Seiten

keine Angabe / unbekannt

Grundriss

kompakt

normal

komplex / langgestreckt

keine Angabe / unbekannt

Dach

Flachdach oder flach geneigtes Dach

Dachgeschoss unbeheizt

Dachgeschoss teilweise beheizt

Dachgeschoss voll beheizt

keine Angabe / unbekannt

Dachform:  einfach  Gauen / komplex  unbekannt oder

Keller

nicht unterkellert

Kellergeschoss unbeheizt

Kellergeschoss teilweise beheizt

Kellergeschoss voll beheizt

keine Angabe / unbekannt

Kellerboden und -wände gedämmt

Thermische Hülle (nicht-transparente Elemente)

	Konstruktionsart		Dämmung					Innendämmung der Wände	Dämmstärke	cm	% der Fläche	%
	massiv	Holz	keine	original	Modernisierung keine Angabe / unbekannt	Jahr der Modernisierung	Wände					
Dach	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2019	<input type="checkbox"/>	34,7	cm	100	%
oberste Geschossd.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	#NV	<input type="checkbox"/>	#NV	cm	#NV	%
Außenwände	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2019	<input type="checkbox"/>	29	cm	100	%
Fußboden	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2019	<input type="checkbox"/>	22,7	cm	100	%

bei ungedämmten Außenwänden: Dämmung von außen möglich?  ja  teilweise  nein  k.A. / unbekannt

Fenster

	% der Fensterfläche	Verglasung				Wärmeschutz-Vergl.	Rahmen					gedämmter Rahmen (bei 3-fach-WS-Vergl.)	Jahr des Festereinbaus (ca.):
		1 Scheibe	2 Scheiben	3 Scheiben	keine Angaben / unbekannt		Holzrahmen	Kunststoffrahmen	Alu- oder Stahlrahmen	andere	unbekannt		
Haupttyp Fenster		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2019
weiterer Typ Fenster	<input type="text" value="0"/> %	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	#NV	

(Rest = Haupttyp Fenster) (U≤0.8W/(m²K))

2023-10-17 11:43

**Bild 27: Gebäude AB / Energieprofil-Indikatoren Anlagentechnik / Var. 1**

Energieprofil-Indikatoren		Wärmeversorgungssystem		Jahr der Nutzung für Installation (grob / geschätzt)		
Gebäude	DE.MOBASY.PHSP.AB.Var1	Standort Wärmeerzeugung überwiegend		Heizung	Warmwasser	Gesamtes System
Spezifikation	Var. 1: "Energieprofil-Standard": Erfassung und Berechnung mit Energieprofil-Standard-Ansätzen (Annahme: genauere Informationen)	<input checked="" type="radio"/> Quartier/Stad <input type="radio"/> Wohnung <input type="radio"/> Block <input type="radio"/> Raum <input type="radio"/> Gebäude <input type="radio"/> k.A.				
<b>Wärmeerzeugung - Zentralheizung Gebäude oder Wohnung</b>						
Wärmeerzeuger, die über ein Wärmeverteilsystem mehrere Räume mit Wärme versorgen						
<input type="checkbox"/> <b>Kessel (Öl oder Gas)</b>	Brennstoff	Kesseltyp				2019
	<input type="radio"/> Erdgas <input type="radio"/> Heizöl <input type="radio"/> Flüssiggas <input checked="" type="radio"/> k.A.	<input type="radio"/> Konstanttemperatur <input type="radio"/> Niedertemperatur <input type="radio"/> Brennwert <input checked="" type="radio"/> k.A.				Jahr
<input type="checkbox"/> <b>Holzessel / Feststoffkessel</b>	Brennstoff					#NV
	<input type="radio"/> Scheitholz <input type="radio"/> Holzpellets <input type="radio"/> Holzhacksnitzel <input checked="" type="radio"/> Kohle <input type="radio"/> andere <input type="radio"/> k.A.					Jahr
<input type="checkbox"/> <b>Wärmepumpe</b>	Wärmequelle					#NV
<input type="checkbox"/> zusätzlich direkt elektrisch	<input type="radio"/> Außenluft <input type="radio"/> Abluft <input type="radio"/> Erdreich/Grundwasser <input type="radio"/> Kellerluft <input checked="" type="radio"/> k.A.					Jahr
<input type="checkbox"/> <b>Direkt-elektrisch zentral (ein System für mehrere Räume)</b>						#NV
<input type="checkbox"/> <b>thermische Solaranlage</b>						#NV
<input type="checkbox"/> <b>Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)</b>	Brennstoff					#NV
	<input type="radio"/> Erdgas <input type="radio"/> Heizöl <input type="radio"/> Bio <input type="radio"/> andere <input checked="" type="radio"/> k.A.					Jahr
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Anteil</b>	Brennstoff	Wärmeerzeugung		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2019
	<input checked="" type="checkbox"/> fossil <input checked="" type="checkbox"/> Biomasse	<input checked="" type="checkbox"/> Heizwerk (Kessel) <input checked="" type="checkbox"/> Heizkraftwerk / BHKW				Jahr
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Pufferspeicher für Heizung</b>						2019
	<input type="checkbox"/> inklusive elektrischem Heizstab <input type="checkbox"/> Heizungspufferspeicher innerhalb der thermischen Hülle					Jahr
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Heizwärmeverteilung</b>						2019
	<input checked="" type="checkbox"/> teilweise außerhalb der thermischen Hülle (in unbeheiztem Keller oder Dachgeschoss) <input type="checkbox"/> Nur mäßige oder unvollständige Leitungsdämmung <input type="checkbox"/> Fußbodenheizung / niedrige Verteilnetztemperatur					Jahr
<input type="checkbox"/> <b>Dezentrale / raumweise Heizung</b>						Jahr
<input type="checkbox"/> <b>Einzelöfen</b>	<input type="radio"/> Holz <input checked="" type="radio"/> Gas <input type="radio"/> Heizöl <input type="radio"/> Kohle <input type="radio"/> k.A.					#NV
<input type="checkbox"/> <b>Elektro-Heizgeräte / Elektro-Öfen</b>						#NV
<input type="checkbox"/> <b>elektrische Nachtspeicherheizung</b>						#NV
<input type="checkbox"/> <b>elektrische Wärmepumpen (raumweise)</b>						#NV
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Extra-dicke Dämmung von Komponenten</b>	Dämmstärke von Leitungen (doppelter Leitungsdurchmesser) und Speicher entsprechend Passivhaus-Empfehlungen					
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Warmwasserspeicher</b>						2019
	<input type="checkbox"/> inklusive elektrischem Heizstab <input type="checkbox"/> Warmwasserspeicher innerhalb der thermischen Hülle					Jahr
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Warmwasserverteilung</b>						2019
	<input checked="" type="checkbox"/> mit Zirkulationsleitung <input checked="" type="checkbox"/> teilweise außerhalb der thermischen Hülle (in unbeheiztem Keller oder Fußbodenheizung / niedrige Verteilnetztemperatur) <input type="checkbox"/> Nur mäßige oder unvollständige Leitungsdämmung					Jahr
<input type="checkbox"/> <b>Dezentrale Warmwasserbereitung</b>						Jahr
<input type="checkbox"/> <b>dezentrale elektrische Speicher</b>						#NV
<input type="checkbox"/> <b>Elektro-Durchlauferhitzer</b>						#NV
<input type="checkbox"/> <b>Gas-Durchlauferhitzer</b>						#NV
<b>Weitere Systeme</b>						Jahr
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Lüftungsanlage</b>						2019
	<input checked="" type="checkbox"/> mit Wärmerückgewinnung <input checked="" type="checkbox"/> Photovoltaik-Anlage (Solarstrom) <input checked="" type="checkbox"/> mit Batterie-Speicher					Jahr

2023-10-17 11:43

Bild 28: Gebäude AB / zusätzliche Angaben durch Experten / Var. 1

**Energieprofil Gebäudehülle - zusätzliche Eingaben für Experten**

Gebäude  beheizte Wohnfläche  m<sup>2</sup>

**Experten-Eingaben für den Energieprofil-Fragebogen**

**Wärmebrücken und Dichtheit der Hülle**

**Wärmebrücken**

Anhaltspunkte für Einordnung: zusätzliche Transmissionswärmeverluste, wenn bekannt  
 Werte in [W/m<sup>2</sup>K], bezogen auf Hüllfläche, Werte basieren auf Außenmaß

minimal ≤ 0,01 keine Durchdringungen der Hüllfläche mit Elementen deutlich höherer Wärmeleitfähigkeit; z.B.: (1) unsanierte Altbauten ohne Stahl- oder Beton-Elemente; (2) Best-Practice-Neubauten mit minimierten Wärmebrücken  
 sehr gerin > 0,01 & ≤ 0,03 keine relevanten Durchdringungen der Hüllfläche mit Elementen deutlich höherer Wärmeleitfähigkeit; z.B.: (1) unsanierte Altbauten mit nur wenig Stahl- oder Beton-Elementen; (2) Best-Practice-Modernisierungen mit minimierten Wärmebrücken  
 gering > 0,03 & ≤ 0,07 nur geringfügige Durchdringungen von Dämmschichten  
 mittel > 0,07 & ≤ 0,12 relevante konstruktive Wärmebrücken; z.B. Innendämmung in Gebäuden mit Holzbalkendecken  
 hoch > 0,12 sehr relevante konstruktive Wärmebrücken; z.B. Beton durchdringt Dämmebene  
 k.A. keine Angaben / unbekannt

VeryLow = verwendet in der Berechnung

**Effect of air infiltration**  
 Indication: blower door result n\_50  
 [1/h]

Minimal ≤ 0,6 sehr luftdicht; z.B. Massivbauten mit massiven Decken und sehr dichten Fenstern / Holzbauten mit Dichtheitskonzept und messtechnischer Überprüfung (Blower-Door-Messung)  
 Low > 0,6 & ≤ 1,0 luftdicht; z.B. Massivbauten mit massiven Decken und dichten Fenstern / Holzbauten mit Dichtheitskonzept und messtechnischer Überprüfung (Blower-Door-Messung)  
 Medium > 1,0 & ≤ 3,0 Massivbauten ohne besondere Maßnahmen bzw. Bestand  
 High > 3,0 offensichtliche Undichtigkeiten (z.B. bei Fenstern ohne funktionstüchtige Lippendichtungen, bei beheizten Dachgeschossen mit Dachflächen ohne luftdichte Ebene)  
 k.A. keine Angaben / unbekannt

Minimal = verwendet in der Berechnung

**Details der Wärmedämmung**

	zusätzliche Dämmung	vorhandene Konstruktion	ausgetauscht vorhandene Dämmung	ausgetauscht k.A.	effektive Wärmeleitfähigkeit
					Lambda W/(m·K)
Dach	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	#NV
oberste Geschossd.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	#NV
Außenwände	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	#NV
Fußboden	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	#NV

**Fenster – Hersteller-Angaben**

U-Wert Gesamt-Fenster (Verglasung + Rahmen) - Angaben des Herstellers / Eingabe alternativ zur Auswahl der Art von Verglasung und Rahmen

	W/(m <sup>2</sup> K)
Haupttyp Fenster	#NV
weiterer Typ Fenster	0

Wenn hier ein Wert eingegeben wird, wird die Eingabe von Fenstertypen im Energieprofil-Fragebogen inaktiv.

**Bild 29: Gebäude C / Energieprofil-Indikatoren Gebäudehülle / Var. 1**

### Energieprofil-Indikatoren

### Gebäudehülle

Gebäude:

Spezifikation:

Postleitzahl:

Baujahr:

Hier dargestellter Zustand: ab Jahr

Jahr der Erfassung:  bis Jahr

beheizte Wohnfläche:  m<sup>2</sup>

Anzahl Blöcke:  Wohnungen:

Häuser:  Vollgeschosse:

(ohne Dach- und Kellergeschoss)

lichte Raumhöhe:  m

(Eintrag nur wenn < 2,30 m oder > 2,70 m)

**direkt angrenzende Nachbargebäude**

keins (freistehend)

auf einer Seite

auf zwei Seiten

keine Angabe / unbekannt

**Grundriss**

kompakt

normal

komplex / langgestreckt

keine Angabe / unbekannt

**Dach**

Flachdach oder flach geneigtes Dach

Dachgeschoss unbeheizt

Dachgeschoss teilweise beheizt

Dachgeschoss voll beheizt

keine Angabe / unbekannt

**Dachform**

einfach  Gauen / komplex  unbekannt oder

**Keller**

nicht unterkellert

Kellergeschoss unbeheizt

Kellergeschoss teilweise beheizt

Kellergeschoss voll beheizt

keine Angabe / unbekannt

Kellerboden und -wände gedämmt

**Thermische Hülle (nicht-transparente Elemente)**

	Konstruktionsart		Dämmung					Innendämmung der Wände	Dämmstärke	cm	% der Fläche	%
	massiv	Holz	keine	original	Modernisierung keine Angabe / unbekannt	Jahr der Modernisierung	Wände					
Dach	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	#NV	<input checked="" type="checkbox"/>	40	cm	100	%
oberste Geschossd.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	#NV	<input checked="" type="checkbox"/>	#NV	cm	#NV	%
Außenwände	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	#NV	<input checked="" type="checkbox"/>	30	cm	100	%
Fußboden	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	#NV	<input checked="" type="checkbox"/>	30	cm	100	%

bei ungedämmten Außenwänden: Dämmung von außen möglich?  ja  teilweise  nein  k.A. / unbekannt

**Fenster**

	% der Fensterfläche	Verglasung				Wärmeschutz-Vergl.	Rahmen					gedämmter Rahmen (bei 3-fach-WS-Vergl.)	Jahr des Fenstereinbaus (ca.):
		1 Scheibe	2 Scheiben	3 Scheiben	keine Angaben / unbekannt		Holzrahmen	Kunststoffrahmen	Alu- oder Stahlrahmen	andere	unbekannt		
Haupttyp Fenster		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2019				
weiterer Typ Fenster	<input type="text" value="0"/> %	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	#NV

(Rest = Haupttyp Fenster) (U ≤ 0.8W/(m²K))

2023-10-17 12:11

Bild 30: Gebäude C / Energieprofil-Indikatoren Anlagentechnik / Var. 1

Energieprofil-Indikatoren		Wärmeversorgungssystem		Nutzung für Installation		Jahr der Installation (grob / geschätzt)
Gebäude	DE.MOBASY.PHSP.C.Var1	Standort Wärmeerzeugung überwiegend		Heizung	Warmwasser	Gesamtes System
Spezifikation	"Energieprofil-Standard": Erfassung und Berechnung mit Energieprofil-Standard-Ansätzen (Annahme: genauere Informationen)	<input checked="" type="radio"/> Quartier/Stad <input type="radio"/> Wohnung <input type="radio"/> Block <input type="radio"/> Raum <input type="radio"/> Gebäude <input type="radio"/> k.A.				
<b>Wärmeerzeugung - Zentralheizung Gebäude oder Wohnung</b>						
Wärmeerzeuger, die über ein Wärmeverteilsystem mehrere Räume mit Wärme versorgen						
<input type="checkbox"/> Kessel (Öl oder Gas)	Brennstoff <input type="radio"/> Erdgas <input type="radio"/> Heizöl <input type="radio"/> Flüssiggas <input checked="" type="radio"/> k.A.	Kesseltyp <input type="radio"/> Konstanttemperatur <input type="radio"/> Niedertemperatur <input type="radio"/> Brennwert <input checked="" type="radio"/> k.A.				#NV
<input type="checkbox"/> Holzkessel / Feststoffkessel	Brennstoff <input type="radio"/> Scheitholz <input type="radio"/> Holzpellets <input type="radio"/> Holzhackeschnitzel <input type="radio"/> Kohle <input checked="" type="radio"/> andere <input checked="" type="radio"/> k.A.					#NV
<input type="checkbox"/> Wärmepumpe <input type="checkbox"/> zusätzlich direkt elektrisch	Wärmequelle <input type="radio"/> Außenluft <input type="radio"/> Abluft <input type="radio"/> Erdreich/Grundwasser <input type="radio"/> Kellerluft <input checked="" type="radio"/> k.A.					#NV
<input type="checkbox"/> Direkt-elektrisch zentral (ein System für mehrere Räume)						#NV
<input type="checkbox"/> thermische Solaranlage						#NV
<input type="checkbox"/> Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)	Brennstoff <input type="radio"/> Erdgas <input type="radio"/> Heizöl <input type="radio"/> Bio <input type="radio"/> andere <input checked="" type="radio"/> k.A.					#NV
<input checked="" type="checkbox"/> Anteil	Brennstoff <input checked="" type="checkbox"/> fossil <input checked="" type="checkbox"/> Biomasse	Wärmeerzeugung <input checked="" type="checkbox"/> Heizwerk (Kessel) <input checked="" type="checkbox"/> Heizkraftwerk / BHKW	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		2019
<input checked="" type="checkbox"/> Pufferspeicher für Heizung	<input type="checkbox"/> inklusive elektrischem Heizstab <input checked="" type="checkbox"/> Heizungspufferspeicher innerhalb der thermischen Hülle					2019
<input checked="" type="checkbox"/> Heizwärmeverteilung	<input type="checkbox"/> teilweise außerhalb der thermischen Hülle (in unbeheiztem Keller oder Dachgeschoss) <input type="checkbox"/> Nur mäßige oder unvollständige Leitungsdämmung <input type="checkbox"/> Fußbodenheizung / niedrige Verteilnetztemperatur					2019
<input type="checkbox"/> Dezentrale / raumweise Heizung	<input type="checkbox"/> Einzelöfen <input type="radio"/> Holz <input checked="" type="radio"/> Gas <input type="radio"/> Heizöl <input type="radio"/> Kohle <input type="radio"/> k.A. <input type="checkbox"/> Elektro-Heizgeräte / Elektro-Öfen <input type="checkbox"/> elektrische Nachtspeicherheizung <input type="checkbox"/> elektrische Wärmepumpen (raumweise)					#NV
<input checked="" type="checkbox"/> Extra-dicke Dämmung von Komponenten	Dämmstärke von Leitungen (doppelter Leitungsdurchmesser) und Speicher entsprechend Passivhaus-Empfehlungen					
<input checked="" type="checkbox"/> Warmwasserspeicher	<input type="checkbox"/> inklusive elektrischem Heizstab <input checked="" type="checkbox"/> Warmwasserspeicher innerhalb der thermischen Hülle					2019
<input checked="" type="checkbox"/> Warmwasserverteilung	<input checked="" type="checkbox"/> mit Zirkulationsleitung <input type="checkbox"/> teilweise außerhalb der thermischen Hülle (in unbeheiztem Keller oder <input type="checkbox"/> Nur mäßige oder unvollständige Leitungsdämmung					2019
<input type="checkbox"/> Dezentrale Warmwasserbereitung	<input type="checkbox"/> dezentrale elektrische Speicher <input type="checkbox"/> Elektro-Durchlauferhitzer <input type="checkbox"/> Gas-Durchlauferhitzer					#NV
<b>Weitere Systeme</b>						
<input checked="" type="checkbox"/> Lüftungsanlage	<input checked="" type="checkbox"/> mit Wärmerückgewinnung					2019
<input checked="" type="checkbox"/> Photovoltaik-Anlage (Solarstrom)	<input checked="" type="checkbox"/> mit Batterie-Speicher					2019

2023-10-17 12:11

**Bild 31: Gebäude C / zusätzliche Angaben durch Experten / Var. 1**

**Energieprofil Gebäudehülle - zusätzliche Eingaben für Experten**

Gebäude:  beheizte Wohnfläche:  m<sup>2</sup>

---

**Experten-Eingaben für den Energieprofil-Fragebogen**

**Wärmebrücken und Dichtheit der Hülle**

**Wärmebrücken**

Anhaltspunkte für Einordnung: zusätzliche Transmissionswärmeverluste, wenn bekannt  
 Werte in [W/m<sup>2</sup>K], bezogen auf Hüllfläche, Werte basieren auf Außenmaß

**minimal** ≤ 0,01 keine Durchdringungen der Hüllfläche mit Elementen deutlich höherer Wärmeleitfähigkeit; z.B.: (1) unsanierte Altbauten ohne Stahl- oder Beton-Elemente; (2) Best-Practice-Neubauten mit minimierten Wärmebrücken

**sehr gerin** > 0,01 & ≤ 0,03 keine relevanten Durchdringungen der Hüllfläche mit Elementen deutlich höherer Wärmeleitfähigkeit; z.B.: (1) unsanierte Altbauten mit nur wenig Stahl- oder Beton-Elementen; (2) Best-Practice-Modernisierungen mit minimierten Wärmebrücken

**gering** > 0,03 & ≤ 0,07 nur geringfügige Durchdringungen von Dämmschichten

**mittel** > 0,07 & ≤ 0,12 relevante konstruktive Wärmebrücken; z.B. Innendämmung in Gebäuden mit Holzbalkendecken

**hoch** > 0,12 sehr relevante konstruktive Wärmebrücken; z.B. Beton durchdringt Dämmebene

**k.A.** keine Angaben / unbekannt

= verwendet in der Berechnung

**Effect of air infiltration**  
 Indication: blower door result n\_50  
 [1/h]

**Minimal** ≤ 0,6 sehr luftdicht; z.B. Massivbauten mit massiven Decken und sehr dichten Fenstern / Holzbauten mit Dichtheitskonzept und messtechnischer Überprüfung (Blower-Door-Messung)

**Low** > 0,6 & ≤ 1,0 luftdicht; z.B. Massivbauten mit massiven Decken und dichten Fenstern / Holzbauten mit Dichtheitskonzept und messtechnischer Überprüfung (Blower-Door-Messung)

**Medium** > 1,0 & ≤ 3,0 Massivbauten ohne besondere Maßnahmen bzw. Bestand

**High** > 3,0 offensichtliche Undichtigkeiten (z.B. bei Fenstern ohne funktionstüchtige Lippendichtungen, bei beheizten Dachgeschossen mit Dachflächen ohne luftdichte Ebene)

**k.A.** keine Angaben / unbekannt

= verwendet in der Berechnung

**Details der Wärmedämmung**

	zusätzliche Dämmung	vorhandene Konstruktion	ausgetauscht vorhandene Dämmung	ausgetauscht k.A.	effektive Wärmeleitfähigkeit
					Lambda W/(m·K)
Dach	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	#NV
oberste Geschossd.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	#NV
Außenwände	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	#NV
Fußboden	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	#NV

**Fenster – Hersteller-Angaben**

U-Wert Gesamt-Fenster (Verglasung + Rahmen) - Angaben des Herstellers / Eingabe alternativ zur Auswahl der Art von Verglasung und Rahmen

	W/(m <sup>2</sup> K)
Haupttyp Fenster	#NV
weiterer Typ Fenster	0

Wenn hier ein Wert eingegeben wird, wird die Eingabe von Fenstertypen im Energieprofil-Fragebogen inaktiv.

## D.2 Detaillierte Eingabedaten Gebäude und Anlagentechnik (Var. 2 + 3)

**Bild 32:** Gebäude AB / detaillierte Daten Gebäudehülle / Var. 2 + 3  
aus PHPP übersetzt in die detaillierten Eingaben des „EnergyProfile“-Tools

**Energieprofil Gebäudehülle - alternative manuelle Eingabe**

Gebäude:  beheizte Wohnfläche:  m<sup>2</sup>

Direkte Eingabe von Energiebilanz-Eingangsdaten

**Auswahl des Eingabedatentyps für die Berechnung**

Eingabe der Hüllfläche	<input type="text" value="manuell"/>	direkte manuelle Eingabe
thermische Eigenschaften der Gebäudehülle	<input type="text" value="manuell"/>	direkte manuelle U-Wert-Eingabe
Fensterflächen nach Orientierung	<input type="text" value="immer manuell"/>	direkte manuelle m <sup>2</sup> -Eingabe (Eingabe wird auf Gesamtfensterfläche normiert)
nutzbare (Dach-)Flächen für aktiv-solare Systeme	<input type="text" value="manuell"/>	direkte manuelle m <sup>2</sup> -Eingabe

**Eingabe von Energiebilanz-Eingangsdaten (alternativ zu den Energieprofil-Indikatoren)**

Beschreibung	Fläche der thermischen Hülle (Außenmaß des Gebäudes)	U-Wert	g-Wert	zusätzlicher Wärmedurchlassgrad für Einstrahlung senkrecht zur Scheibe	Reduktionsfaktor
	m <sup>2</sup>	W/(m <sup>2</sup> K)		Brücksichtigung angrenzender unbeheizter Räume	Erdreich
<b>Thermische Hülle</b>					
Dach 1	Dach	558,1	0,09		1,00
Dach 2	oberste Geschossdecke	#NV	#NV		1,00
Außenwand 1	Außenwand gegen Außenluft	1418,0	0,11		1,00
Außenwand 2	Wand gegen Kellerraum	65,3	0,29		0,50
Außenwand 3	Wand gegen Erdreich	22,1	0,11		0,50
Fußboden 1	Kellerdecke	463,6	0,13		0,50
Fußboden 2	Boden gegen Erdreich	90,3	0,22		0,50
Fenster Typ 1	Fenster Typ 1	302,3	0,72	0,54	
Fenster Typ 2	Fenster Typ 2	#NV	#NV	#NV	
Außentür	Außentür	8,3	1,50		

Fensterflächen nach Orientierung		Standardwerte:	
(für die Ermittlung der passiv-solaren Wärmegewinne)			
	m <sup>2</sup>		
Horizontal	0,0	Außenluft	0,0
Ost	143,8	unbeheizter Bereich	0,3
Süd	0,0	unbeheizter Keller	0,3
West	158,5	Erdreich	0,0
Nord	0,0		

Hinweis: Falls die Summe der Teilflächen nicht gleich der Summe der für die Transmissionswärmeverluste angesetzten Fensterflächen ist, wird in der Berechnung eine Anpassung entsprechend der Flächenanteile der hier eingegebenen Zahlen vorgenommen.

**Weitere Angaben zur Hülle**

Wärmebrücken: Aufschlag auf alle U-Werte (zu beachten: externe Dimensionen dienen als Referenz für die Definition der Hüllfläche)	0,018	W/(m <sup>2</sup> K)
Luftwechsel durch Undichtigkeiten in der Gebäudehülle (effektiver Wert in der Heizzeit)	0,036	1/h

**nutzbare (Dach-)Flächen für aktiv-solare Systeme**

Orientierung	Neigungswinkel	nutzbare Fläche
überwiegend Orientierung der nutzbaren Flächen	überwiegende Neigung; Werte zwischen 0° (horizontal) und 90° (vertikal)	Bruttofläche mit der gegebenen Orientierung und Neigung
	°	m <sup>2</sup>
Teilfläche 1	15	235,7
Teilfläche 2	15	235,7

2023-10-17 12:23

132

**Bild 33: Gebäude AB / detaillierte Daten Anlagentechnik / Var. 2 + 3**  
aus PHPP übersetzt in die detaillierten Eingaben des „EnergyProfile“-Tools

**Energieprofil**
**Wärmesorgungssystem - alternative manuelle Eingaben**

Gebäude  TABULA Referenzfläche  m<sup>2</sup>  
 Spezifikation

**Auswahl der Art der Eingangsdaten**

Wärmeverteilung und -speicherung   
 Wärmeerzeugung   
 Photovoltaik-Anlage (PV)

**Direkte Eingabe von Energiebilanz-Eingabedaten**

**Heizung / Warmwasser Wärmeverteilung und -speicherung**

Beschreibung	Anzahl Einheiten	Wärmeverl. stoffkoeffizient	mittlere Temperatur differenz	Betriebsstunden pro Tag	Betriebsstunde pro Jahr	Anteil innerhalb der thermischen Hülle	Nutzbarkeit für Heizung	Anteil der Verluste innerhalb der Hülle, die für Heizung nutzbar sind	Anteil zugeordnet zur Wärmebereitung	
										W/m/K
<b>Details der Wärmeverteilung</b>										
	Länge pro Meter									
	m	W/m/K	K	h/d	d/a					
1	Heizleitungen außerhalb	289	0,117	29,0	24	215	0	0	0	0
2	Heizleitungen innerhalb	112	0,187	24,0	24	215	100	95	0	0
3	Heizleitungen innerhalb	336	0,931	24,0	24	215	100	95	0	0
4	WW außerhalb	117	0,121	33,1	24	365	0	0	100	0
5	WW innerhalb thermischer	279	0,114	28,1	24	365	100	59	100	0
6	WW Wärmeverluste	167	0,041	30,0	24	365	100	59	100	0

Beschreibung	Anzahl Speicher	Wärmeverl. W/K	K	h/d	d/a	Anteil innerhalb der thermischen Hülle	Nutzbarkeit für Heizung	Anteil der Verluste innerhalb der Hülle, die für Heizung nutzbar sind	Anteil zugeordnet zur Wärmebereitung	
										W/K
<b>Details der Wärmespeicherung</b>										
1	Pufferspeicher 1 (H+W)	1	3,821	35	24	365	0	0	50	0
2	Pufferspeicher 2 (H+W)	1	3,821	35	24	365	0	0	50	0

**Direkte Eingabe von Kennwerten (bezogen auf TABULA-Referenzfläche)**

Die eingegebenen Werte werden zu den detailliert berechneten Wärmeverlusten hinzuzaddiert.	Wärmeverluste			Hilfsstrom		
	Heizung	Warmwasser		Heizsystem	Lüftungsanlage	Warmwassersystem
	effektive Wärmeverluste	nominale Wärmeverluste	davon verfügbar für	m	anlage	system
	KWh/(mPa)	KWh/(mPa)	KWh/(mPa)	KWh/(mPa)	KWh/(mPa)	KWh/(mPa)
Wärmeverteilung	0	0	0	0,5	2,6	0,8
Heizsystem	0	0	0			

**Wärmeerzeuger - manuelle Eingabe der Aufwandzahlen und des Deckungsanteils**

Beschreibung	Energieträger	Anteil an der produzierten Wärme	Aufwandszahl* Wärmeerzeugung	Aufwandszahl* Stromerzeugung
<b>Wärmeerzeuger Heizung</b>				
1	FW-Übergabestation	Wärmemenge	1,053	0,000
2	#NV	nicht belegt	0	0,000
3	#NV	nicht belegt	0	0,000
<b>Wärmeerzeuger Warmwasser</b>				
1	FW-Übergabestation	Wärmemenge	1,053	0,000
2	#NV	nicht belegt	0	0,000
3	#NV	nicht belegt	0	0,000

Energieträger "andere": Bezeichnung  \*) Aufwandszahl: Verhältnis aus Endenergieeinsatz zu erzeugter Wärme bzw. erzeugtem Strom

**PV-Anlage - manuelle Eingabe von Performance-Werten**

Peak power Koeffizient	abhängig von der Art des PV-Moduls	0,186	kW/m <sup>2</sup>
genutzter Teil der verfügbaren Fläche	Verhältnis der Netto-Modüllfläche (Solarzellen) zur Gesamfläche der PV-Anlage inklusive Rahmen	100	%
genutzter Teil der verfügbaren Fläche	tatsächlich genutzter Anteil der potenziell für Solaranlagen nutzbaren Fläche	Teilfläche 1	47 %
		Teilfläche 2	47 %
Verhältnis Stromerzeugung zu PV-Leistung	abhängig von Orientierung und Neigung; entspricht äquivalenten jährlichen Verlustkoeffizienten	784	(kWh/a)/kW (= h/a)
Elektrischer Speicher (falls vorhanden)	Größe des elektrischen Speichers / effektive Ladekapazität	#NV	kWh

### Gebäude C / detaillierte Daten Gebäudehülle / Var. 2 + 3 aus PHPP übersetzt in die detaillierten Eingaben des „EnergyProfile“-Tools

**Energieprofil**
**Gebäudehülle - alternative manuelle Eingabe**

Gebäude:  beheizte Wohnfläche:  m<sup>2</sup>

**Direkte Eingabe von Energiebilanz-Eingangsdaten**

**Auswahl des Eingabedatentyps für die Berechnung**

Eingabe der Hüllfläche	<input type="text" value="manuell"/>	direkte manuelle Eingabe
thermische Eigenschaften der Gebäudehülle	<input type="text" value="manuell"/>	direkte manuelle U-Wert-Eingabe
Fensterflächen nach Orientierung	<input type="text" value="immer manuell"/>	direkte manuelle m <sup>2</sup> -Eingabe (Eingabe wird auf Gesamtfensterfläche normiert)
nutzbare (Dach-)Flächen für aktiv-solare Systeme	<input type="text" value="nicht definiert"/>	keine Angabe / nicht definiert

**Eingabe von Energiebilanz-Eingangsdaten (alternativ zu den Energieprofil-Indikatoren)**

Beschreibung	Fläche der thermischen Hülle (Außenmaß des Gebäudes)	U-Wert	g-Wert	zusätzlicher Wärmedurchlasswiderstand	Reduktionsfaktor Erdreich
<b>Thermische Hülle</b>					
Dach 1	Dach	585,0	0,09	#NV	1,00
Dach 2	oberste Geschossdecke	#NV	#NV	#NV	1,00
Außenwand 1	Außenwand gegen Außenluft	1171,5	0,11	0,00	1,00
Außenwand 2	Wand gegen Kellerraum	#NV	#NV	#NV	0,50
Außenwand 3	Wand gegen Erdreich	23,5	0,11	0,00	0,50
Fußboden 1	Kellerdecke	#NV	#NV	#NV	0,50
Fußboden 2	Boden gegen Erdreich	582,2	0,10	0,00	0,50
Fenster Typ 1	Fenster Typ 1	306,9	0,73	0,49	#NV
Fenster Typ 2	Fenster Typ 2	#NV	#NV	#NV	#NV
Außentür	Außentür	2,0	1,20	#NV	#NV
<b>Fensterflächen nach Orientierung</b>					
(für die Ermittlung der passiv-solaren Wärmegewinne)					
		m <sup>2</sup>		Standardwerte:	
Horizontal		0,0		Außenluft	0,0 1,0
Ost		117,2		unbeheizter Bereich	0,3 1,0
Süd		39,8		unbeheizter Keller	0,3 0,5
West		137,0		Erdreich	0,0 0,5
Nord		13,0			
<small>Hinweis: Falls die Summe der Teilflächen nicht gleich der Summe der für die Transmissionswärmeverluste angesetzten Fensterflächen ist, wird in der Berechnung eine Anpassung entsprechend der Flächenanteile der hier eingegebenen Zahlen vorgenommen.</small>					
<b>Weitere Angaben zur Hülle</b>					
Wärmebrücken: Aufschlag auf alle U-Werte		<input type="text" value="0,0019"/>	W/(m <sup>2</sup> K)		
<small>(zu beachten: externe Dimensionen dienen als Referenz für die Definition der Hüllfläche)</small>					
Luftwechsel durch Undichtigkeiten in der Gebäudehülle		<input type="text" value="0,02"/>	1/h		
<small>(effektiver Wert in der Heizzeit)</small>					
<b>nutzbare (Dach-)Flächen für aktiv-solare Systeme</b>					
	Orientierung	Neigungswinkel	nutzbare Fläche		
	<small>überwiegend Orientierung der nutzbaren Flächen</small>	<small>überwiegende Neigung; Werte zwischen 0° (horizontal) und 90° (vertikal)</small>	<small>Bruttofläche mit der gegebenen Orientierung und Neigung</small>		
	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	m <sup>2</sup>		
Teilfläche 1	<input type="text" value="- nicht bekannt -"/>	<input type="text" value="#NV"/>	<input type="text" value="#NV"/>		
Teilfläche 2	<input type="text" value="- nicht bekannt -"/>	<input type="text" value="#NV"/>	<input type="text" value="#NV"/>		

2023-10-17 12:29

**Bild 34: Gebäude C / detaillierte Daten Anlagentechnik / Var. 2 + 3**  
aus PHPP übersetzt in die detaillierten Eingaben des „EnergyProfile“-Tools

**Energieprofil**
**Wärmesorgungssystem - alternative manuelle Eingaben**

Gebäude  TABULA Referenzfläche  m<sup>2</sup>  
 Spezifikation

**Auswahl der Art der Eingangsdaten**

Wärmeverteilung und -speicherung

Wärmeerzeugung

Photovoltaik-Anlage (PV)

**Direkte Eingabe von Energiebilanz-Eingabedaten**

**Heizung / Warmwasser Wärmeverteilung und -speicherung**

Beschreibung	Anzahl Einheiten	Wärmeverl. Koeffizient	mittlere Temperaturdifferenz	Betriebsstunden pro Tag	Betriebsstage pro Jahr	Anteil innerhalb der thermischen Hülle	Nutzbarkeit für Heizung	Anteil der Verluste innerhalb der Hülle, die für Heizung nutzbar sind	Anteil zugeordnet zur Wärmebereitung	
										Länge m
<b>Details der Wärmeverteilung</b>										
1	0	0,000	0,0	0	0	0	0	0	0	
2	200	0,124	30,0	24	215	100	90	0	0	
3	0	0,000	0,0	0	0	0	0	0	0	
4	80	0,134	37,8	4	365	0	59	100	0	
5	220	0,149	32,8	24	365	100	59	100	0	
6	200	0,042	30,0	24	365	100	59	100	0	

Beschreibung	Anzahl Speicher	pro Speicher W/K	K	h/d	d/a	Anteil innerhalb der thermischen Hülle	Nutzbarkeit für Heizung	Anteil der Verluste innerhalb der Hülle, die für Heizung nutzbar sind	Anteil zugeordnet zur Wärmebereitung	
										pro Speicher W/K
<b>Details der Wärmespeicherung</b>										
1	1	3,800	35	24	365	100	59	100	0	
2	1	3,800	35	24	365	100	59	100	0	

**Direkte Eingabe von Kennwerten (bezogen auf TABULA-Referenzfläche)**

Die eingegebenen Werte werden zu den detailliert berechneten Wärmeverlusten hinzuzusaddiert.	Wärmeverluste			Hilfsstrom		
	Heizung	Warmwasser		Heizsysteme	Lüftungsanlagen	Warmwassersystem
	effektive Wärmeverluste	nominale Wärmeverluste	davon verfügbar für	m	kWh/(m <sup>2</sup> a)	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Wärmeverteilung	0	0	0	0,5	2,6	0,8
Heizsystem	0	0	0			

**Wärmeerzeuger - manuelle Eingabe der Aufwandzahlen und des Deckungsanteils**

Beschreibung	Energieträger	Anteil an der produzierten Wärme	Aufwandszahl* Wärmeerzeugung	Aufwandszahl* Stromerzeugung
<b>Wärmeerzeuger Heizung</b>				
1	FW-Übergabestation	Wärmemenge	1,053	0,000
2	#NV	nicht belegt	0	0,000
3	#NV	nicht belegt	0	0,000
<b>Wärmeerzeuger Warmwasser</b>				
1	FW-Übergabestation	Wärmemenge	1,053	0,000
2	#NV	nicht belegt	0	0,000
3	#NV	nicht belegt	0	0,000

Energieträger "andere": Bezeichnung  \*) Aufwandszahl: Verhältnis aus Endenergieeinsatz zu erzeugter Wärme bzw. erzeugtem Strom

**PV-Anlage - manuelle Eingabe von Performance-Werten**

Peak power Koeffizient  kW/m<sup>2</sup> (abhängig von der Art des PV-Moduls)

genutzter Teil der verfügbaren Fläche  % (Verhältnis der Netto-Modulfläche (Solarzellen) zur Gesamfläche der PV-Anlage inklusive Rahmen)

genutzter Teil der verfügbaren Fläche	Teilfläche	
	1	2
tatsächlich genutzter Anteil der potenziell für Solaranlagen nutzbaren Fläche	<input type="text" value="100"/> %	<input type="text" value="0"/> %

Verhältnis Stromerzeugung zu PV-Leistung  (abhängig von Orientierung und Neigung; entspricht äquivalenten jährlichen Verlustkoeffizienten) (kWh/a)/kW (= h/a)

Elektrischer Speicher (falls vorhanden)  kWh (Größe des elektrischen Speichers / effektive Ladekapazität)

2022-11-16 10:49

### D.3 Kategorisierung der Datenquellen

Bild 35: Kategorisierung der Datenquellen für Var. 1 (Gebäude AB und C)

Energieprofil		Erfassung Datenquellen					
Gebäude Variante	DE.MOBASY.PHSP.AB.Var1 Var. 1: "Energieprofil-Standard": Erfas	Diese Angaben haben Auswirkungen auf die Abschätzung der Unsicherheit der Energiebilanzberechnung.					
<b>Gebäudehülle</b>		Planungsdaten + Qualitätssicherung	Planungsdaten (z.B. Energieausweis)	Vor-Ort-Erhebung (Begehung) oder Foto-Dokumentation	Akten / Angaben Gebäude-eigentümer	keine Datenquelle	keine Information über die Datenquelle
<b>alternativ: gesamt oder einzeln</b>							
<input type="radio"/>	<b>Gebäudehülle gesamt</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input checked="" type="radio"/>	<b>Einzelangaben Gebäudehülle</b>						
	<b>Fläche der Hülle</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	<b>Wärmedurchlässigkeit Gebäudehülle</b>						
	Dach / ob. Geschossdecke	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Außenwand	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Fenster	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Fußboden / Kellerdecke	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Wärmebrücken	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	<b>Wärmeversorgung</b>						
	<b>System Heizung</b> ggf. inklusive Lüftungsanlage	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	<b>System Warmwasser</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	<b>Randbedingungen</b>						
	<b>Nutzung und Betrieb des Gebäudes</b>	objektbezogene Messdaten + Qualitätssicherung (z.B. wissenschaftliches Monitoring)	objektbezogene Messdaten	Erhebung / Klassifizierung Angaben Nutzer (Fragebogen)	keine Datenquelle	keine Angabe / keine Information über die Datenquelle	
	<b>Gebäudenutzung / übergeordnete Auswahl *</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
	Raumtemperatur	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	Luftwechsel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	effektive passiv-solare Apertur **	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	Interne Wärmequellen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	Warmwasserzapfung (Eingangsdaten Energiebilanz)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	*) Auswahl bei den Details nur wirksam wenn hier "nicht definiert" gewählt ist		Datenaufnahme vor Ort (Regelungseinstellungen, aktuelle Temperaturen)				
	**) Fenstergröße und -orientierung, Verglasungsanteil, Verschattung, ...						
	<b>Betriebsführung ***</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
	***) nur zur Information, Berechnung noch nicht umgesetzt		Zuordnung von Daten lokaler Wetterstationen	Zuordnung von Daten regionaler Wetterstationen (Klimazonen)		keine Angabe / Datenquelle wird über Einstellungen beim Klima festgelegt	
	<b>Klimadaten</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
	<b>Energieverbrauch</b>	detaillierte Messdaten Gebäude	Daten aus der Abrechnung	Angaben Nutzer (Fragebogen)	keine Datenquelle zum Verbrauch	keine Information über die Herkunft der Angaben	
	Gemessener Energieverbrauch für Heizung (und ggf. Warmwasser)						
	<b>Angaben zum Verbrauch</b>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	***) nur zur Information, Berechnung noch nicht umgesetzt		Zähler direkt im Gebäude (oder Brennstoff-Lieferung nur für das Gebäude)	Zähler für mehrere Gebäude (z.B. in Heizzentrale) und grobe Zuordnung zum Gebäude			
	<b>Wärme- / Energiemessung Heizung</b>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	****) z.B. Zuordnung eines Anteils des gesamten Energieverbrauchs der Heizzentrale über Heizkostenverteiler						

**Bild 36: Kategorisierung der Datenquellen für Var. 2 (Gebäude AB und C)**

Energieprofil		Erfassung Datenquellen					
Gebäude	DE.MOBASY.PHSP.AB.Var2	Diese Angaben haben Auswirkungen auf die Abschätzung der Unsicherheit der Energiebilanzberechnung.					
Variante	Var. 2 "Planung mit QS": Erfassung ur						
Gebäudehülle		Planungsdaten + Qualitätssicherung	Planungsdaten (z.B. Energieausweis)	Vor-Ort-Erhebung (Begehung) oder Foto-Dokumentation	Akten / Angaben Gebäude-eigentümer	keine Datenquelle	keine Information über die Datenquelle
<b>alternativ: gesamt oder einzeln</b>							
<input checked="" type="radio"/>	Gebäudehülle gesamt	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/>	<b>Einzelangaben Gebäudehülle</b>						
	<b>Fläche der Hülle</b>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	<b>Wärmedurchlässigkeit Gebäudehülle</b>						
	Dach / ob. Geschossdecke	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Außenwand	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Fenster	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Fußboden / Kellerdecke	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Wärmebrücken	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wärmeversorgung							
	<b>System Heizung</b>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	ggf. inklusive Lüftungsanlage						
	<b>System Warmwasser</b>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Randbedingungen		objektbezogene Messdaten + wissenschaftliches Monitoring	objektbezogene Messdaten	Erhebung / Klassifizierung Angaben Nutzer (Fragebogen)	keine Datenquelle	keine Angabe / keine Information über die Datenquelle	
<b>Nutzung und Betrieb des Gebäudes</b>							
	<b>Gebäudenutzung / übergeordnete Auswahl *</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
	Raumtemperatur	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	Luftwechsel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	effektive passiv-solare Apertur **	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	Interne Wärmequellen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	Warmwasserzapfung (Eingangsdaten Energiebilanz)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
*) Auswahl bei den Details nur wirksam wenn hier "nicht definiert" gewählt ist			Datenaufnahme vor Ort (Regelungseinstellungen, aktuelle Temperaturen)				
**) Fenstergröße und -orientierung, Verglasungsanteil, Verschattung, ...							
	<b>Betriebsführung ***</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
***) nur zur Information, Berechnung noch nicht umgesetzt			Zuordnung von Daten lokaler Wetterstationen	Zuordnung von Daten regionaler Wetterstationen (Klimazonen)		keine Angabe / Datenquelle wird über Einstellungen beim Klima festgelegt	
	<b>Klimadaten</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
Energieverbrauch		detaillierte Messdaten Gebäude	Daten aus der Abrechnung	Angaben Nutzer (Fragebogen)	keine Datenquelle zum Verbrauch	keine Information über die Herkunft der Angaben	
Gemessener Energieverbrauch für Heizung (und ggf. Warmwasser)							
	<b>Angaben zum Verbrauch</b>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
***) nur zur Information, Berechnung noch nicht umgesetzt			Zähler direkt im Gebäude (oder Brennstoff-Lieferung nur für das Gebäude)	Zähler für mehrere Gebäude (z.B. in Heizzentrale) und grobe Zuordnung zum Gebäude			
	<b>Wärme-/Energiesmessung Heizung</b>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
****) z.B. Zuordnung eines Anteils des gesamten Energieverbrauchs der Heizzentrale über Heizkostenverteiler				****)			

**Bild 37: Kategorisierung der Datenquellen für Var. 3 (Gebäude AB und C)**

Energieprofil		Erfassung Datenquellen					
Gebäude	DE.MOBASY.PHSP.AB.Var3	Diese Angaben haben Auswirkungen auf die Abschätzung der Unsicherheit der Energiebilanzberechnung.					
Variante	Var. 3 "Forschungsprojekt": Erfassung						
Gebäudehülle		Planungsdaten + Qualitätssicherung	Planungsdaten (z.B. Energieausweis)	Vor-Ort-Erhebung (Begehung) oder Foto-Dokumentation	Akten / Angaben Gebäude-eigentümer	keine Datenquelle	keine Information über die Datenquelle
<b>alternativ: gesamt oder einzeln</b>							
<input type="radio"/> Gebäudehülle gesamt		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input checked="" type="radio"/> Einzelangaben Gebäudehülle							
<b>Fläche der Hülle</b>		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Wärmedurchlässigkeit Gebäudehülle</b>							
Dach / ob. Geschossdecke		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Außenwand		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fenster		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fußboden / Kellerdecke		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wärmebrücken		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wärmeversorgung							
<b>System Heizung</b>		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ggf. inklusive Lüftungsanlage							
<b>System Warmwasser</b>		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Randbedingungen		objektbezogene Messdaten + Qualitätssicherung (z.B. wissenschaftliches Monitoring)	objektbezogene Messdaten	Erhebung / Klassifizierung Angaben Nutzer (Fragebogen)	keine Datenquelle	keine Angabe / keine Information über die Datenquelle	
<b>Nutzung und Betrieb des Gebäudes</b>							
<b>Gebäudenutzung / übergeordnete Auswahl *</b>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
Raumtemperatur		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Luftwechsel		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
effektive passiv-solare Apertur **		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Interne Wärmequellen		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Warmwasserzapfung (Eingangsdaten Energiebilanz)		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
*) Auswahl bei den Details nur wirksam wenn hier "nicht definiert" gewählt ist							
**) Fenstergröße und -orientierung, Verglasungsanteil, Verschattung, ...		Datenaufnahme vor Ort (Regelungseinstellungen, aktuelle Temperaturen)					
<b>Betriebsführung ***</b>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
***) nur zur Information, Berechnung noch nicht umgesetzt		Zuordnung von Daten lokaler Wetterstationen		Zuordnung von Daten regionaler Wetterstationen (Klimazonen)	keine Angabe / Datenquelle wird über Einstellungen beim Klima festgelegt		
<b>Klimadaten</b>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
Energieverbrauch		detaillierte Messdaten Gebäude	Daten aus der Abrechnung	Angaben Nutzer (Fragebogen)	keine Datenquelle zum Verbrauch	keine Information über die Herkunft der Angaben	
Gemessener Energieverbrauch für Heizung (und ggf. Warmwasser)							
<b>Angaben zum Verbrauch</b>		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
***) nur zur Information, Berechnung noch nicht umgesetzt		Zähler direkt im Gebäude (oder Brennstoff-Lieferung nur für das Gebäude)		Zähler für mehrere Gebäude (z.B. in Heizzentrale) und grobe Zuordnung zum Gebäude			
<b>Wärme- / Energiemessung Heizung</b>		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
****) z.B. Zuordnung eines Anteils des gesamten Energieverbrauchs der Heizzentrale über Heizkostenverteiler							

## D.4 Klimadaten

**Bild 38:** Definition der Klimadaten für beide Gebäude / alle Varianten

**Energieprofil**
**Einstellungen für die Berechnung**

Gebäude   
 Variante

Referenzierung von Daten in der Typologie-Bibliothek

Typologie-Bibliothek  Arbeitsmappe mit energetischen Eigenschaften von typischen Gebäude- und Anlagentechnik-Komponenten (Datenbibliothek)  
 Code des Landes  ISO 3166-1-alpha-2 Code, siehe Tabelle "Tab.Const.Country" in der Typologie-Bibliothek

Klassifizierung U-Werte  Version der nationalen Typisierung (hauptsächlich entsprechend Baualterklasse); Eingabe für Standard/generisch = "Gen"  
 Klassifizierung  Teil der Datensatz-ID in der Tabelle "Tab.U.Class.Constr" der Typologie-Bibliothek  
 Wärmeversorgung  Version der nationalen Typisierung; erste der beiden Ziffern des Indexes der verschiedenen Komponenten  
Teil der Datensatz-ID in der Tabelle "Tab.System.\*" der Typologie-Bibliothek

Art der Datenerfassung

Fläche für die Skalierung der Gebäudegröße

beheizte Fläche  
 gesamtes Gebäude  
 Erdgeschoss

Flächentyp  
 beheizte Bruttogrundfläche  
 beheizte Nettogrundfläche  
 beheizte Nutzfläche  
 beheizte Wohnfläche  
 TABULA Referenzfläche

Datenerfassung Wärmeversorgung

Deckungsanteile Wärmeerzeuger  
 Manuelle Eingabe der Anteile

Die manuelle Eingabe ist nicht Teil der Basis-Monitoring-Indikatoren von "Energy Profile" und sollte nur in besonderen Fällen verwendet werden (z.B. Parameterstudien).

Klima für die Energiebilanz-Berechnung

Modus für die Berücksichtigung des realen Klimas

Berücksichtigung des lokalen bzw. realen Klimas im Vergleich zwischen Verbrauch und Bedarf	Kurzbezeichnung	Energiebilanzbereich	Korrektur des Ergebnisses der Energiebilanz-Berechnung	Korrektur des gemessenen Verbrauchs
<input type="radio"/> 1 "Standard"	Standardklima (national / regional)	keine	keine	Nein
<input type="radio"/> 2 "LocalLTA"	lokal, Langzeit-Mittelwert	keine	keine	Nein
<input type="radio"/> 3 "LocalPeriod"	lokal, aktuelle Periode	keine	keine	Nein
<input type="radio"/> 4 "Standard_LocalLTA"	Standardklima (national / regional)	lokal, Langzeit-Mittelwert	keine	Nein
<input type="radio"/> 5 "Standard_LocalPeriod"	Standardklima (national / regional)	lokal, aktuelle Periode	keine	Nein
<input checked="" type="radio"/> 6 "LocalLTA_LocalPeriod"	lokal, Langzeit-Mittelwert	lokal, aktuelle Periode	keine	Nein

Heizgrenztemperatur für die Klimadaten

Heizgrenztemperatur  °C 10, 12 oder 15°C (empfohlen: 12°C)

Optionale manuelle Auswahl von Klimadaten

Standard-Klima in der Typologie-Bibliothek (Arbeitsmappe "tabula-values.xlsx")  
 Funktionale Auswahl auf der Basis des Ländercodes  
 Manuelle Eingabe

Art der Klimabereinigung der Energiebilanz-Berechnung

Methode für die Korrektur  
 nur Berücksichtigung von Temperaturdaten  
 Berücksichtigung von Temperatur- und Solarstrahlungsdaten

Lokales Klima (Realklima am Standort)  
 Datensatz in lokaler Klimadatenbank (reales Klima) (Arbeitsmappe "Gradtagzahlen-Deutschland.xlsx")  
 Funktionale Auswahl auf der Basis der Postleitzahl  
 Manuelle Eingabe Standort-ID  
 Datensatz

Manuelle Eingabe Klima-ID

	Datensatz	Gewichtung
Temperaturdaten	1 0	0%
	2 0	0%
	3 0	0%
Solarstrahlungsdaten	0	

Lokales Klima: Zeitraum  
 Art der Auswahl des Realklima-Zeitraums  
 Funktionale Auswahl auf der Basis des Verbrauchszeitraums  
 Manuelle Eingabe des Zeitraumes  
 erster Monat   
 Anzahl der Jahre

1900-01-00 00:00

## D.5 Nutzungsdaten

**Bild 39: Daten der Standard-Nutzung des MOBASY-Verbrauchscontrollings (Gebäude AB und C) / Var. 1**

**Energieprofil**
**Einstellungen: Gebäudenutzung**

Gebäude:   
 Variante:

**Übergeordnete Einstellungen**

**Art der Dateneingabe**

Fragebogen (Erhebungsvariablen), siehe oben

Energiebilanz-EingangsvARIABLEN, vordefiniert (siehe unten)

Energiebilanz-EingangsvARIABLEN, individuelle Eingabe (siehe unten)

je nach Vorhandensein: Fragebogen, Energiebilanz-EingangsvARIABLEN individuell oder Bibliothek

nicht definiert

**Energiebilanz-EingangsvARIABLEN**

	Datensatz in der Typologie-Bibliothek vordefiniert	individuelle Eingabe	
	Aktiv: X		
Datensatz-Identifikation (kein Eintrag: automatisch "EU.SUH" oder "EU.MUH")	DE.MOBASY.Development.*		
Anmerkung	Dataset supplemented for the project MOBASY (target/actual comparison)		#NV
Raumtemperatur (muss bei alternativer Eingabe leer sein)	#NV	#NV	°C
zwei energetische Standards (Wärmetransferkoeffizient Transmission) als Referenzpunkte A und B für die Interpolation der nachfolgenden Größen	h_tr_A	0,40	W/(m²K)
	h_tr_B	2,80	W/(m²K)
Alternative Eingabe: Raumtemperatur bei zwei energetischen Standards	Wert bei h_tr_A	22,0	°C
	Wert bei h_tr_B	20,0	°C
Reduktionsfaktor Nachtabsenkung und räumliche Teilbeheizung	Wert bei h_tr_A	0,96	
	Wert bei h_tr_B	0,91	
Gebäude ohne Lüftungsanlage: durchschnittlicher Luftwechsel in der Heizzeit	0,40	0,40	1/h
Luftwechsel bedingt durch Nutzung (Öffnen von Fenstern und Türen)			
Gebäude mit Abluftanlage: durchschnittlicher Luftwechsel in der Heizzeit	0,35	0,35	1/h
Anlagenluftwechsel			
zusätzlicher Luftwechsel bedingt durch Öffnen von Fenstern und Türen	0,15	0,15	1/h
Gesamt-Luftwechsel bedingt durch Nutzung (Lüftungsanlage + Öffnen von Fenstern und Türen)	0,50	0,50	1/h
Gebäude mit WRG-Lüftungsanlage (balancierte Zu- und Abluft): durchschnittlicher Luftwechsel in der Heizzeit	0,35	0,35	1/h
Anlagenluftwechsel			
zusätzlicher Luftwechsel bedingt durch Öffnen von Fenstern und Türen	0,10	0,10	1/h
Gesamt-Luftwechsel bedingt durch Nutzung (Lüftungsanlage + Öffnen von Fenstern und Türen)	0,45	0,45	1/h
Referenz-Raumhöhe für den Luftwechsel (Standardwert 2.5 m) **	2,50	2,50	m
mittlere Wärmeleistung der internen Wärmequellen pro m² Referenzfläche	3,10	3,10	W/m²
Reduktionsfaktor externe Verschattung, horiz. Orientierung (effekt. Wert in der Heizzeit)	0,80	0,80	
Reduktionsfaktor externe Verschattung, vertik. Orientierungen (effekt. Wert in der Heizzeit)	0,60	0,60	
Rahmenanteil Fenster	0,30	0,30	
Reduktionsfaktor nicht-senkrechte Einstrahlung	0,90	0,90	
Interne Wärmespeicherfähigkeit pro m² Referenzfläche	90	90	Wh/(m²K)
Nutzwärme Warmwasser	15	15	kWh/(m²a)
Temperaturdifferenz Erwärmung Warmwasser für das gezapfte Volumen	50	50	K
Alternative: gezapftes Warmwasservolumen (pro m² Referenzfläche)	259	259	Liter/(m²a)

\*) h\_tr = Wärmetransferkoeffizient Transmission, bezogen auf Referenzfläche; Werte zwischen h\_tr = 1 und h\_tr = 4 werden interpoliert

\*\*) Referenz-Raumhöhe, verwendet zur Bestimmung des Referenzluftvolumens gemäß Definition des Luftwechsels

1900-01-05 00:00

**Bild 40: Daten der Standard-Nutzung des MOBASY-Verbrauchscontrollings / modifiziert bei den Randbedingungen Warmwasserbereitung (Gebäude AB und C) / Var. 2**

**Energieprofil**
**Einstellungen: Gebäudenutzung**

Gebäude:   
 Variante:

**Übergeordnete Einstellungen**

**Art der Dateneingabe**

Fragebogen (Erhebungsvariablen), siehe oben

Energiebilanz-EingangsvARIABLEN, vordefiniert (siehe unten)

Energiebilanz-EingangsvARIABLEN, individuelle Eingabe (siehe unten)

je nach Vorhandensein: Fragebogen, Energiebilanz-EingangsvARIABLEN individuell oder Bibliothek

nicht definiert

**Energiebilanz-EingangsvARIABLEN**

	Datensatz in der Typologie-Bibliothek vordefiniert		individuelle Eingabe									
	Aktiv:		x									
Datensatz-Identifikation (kein Eintrag: automatisch "EU.SUH" oder "EU.MUH")	DE.MOBASY.Development.*											
Anmerkung	Dataset supplemented for the project MOBASY (target/actual comparison)		#NV									
Raumtemperatur (muss bei alternativer Eingabe leer sein)		#NV	#NV	°C								
zwei energetische Standards (Wärmetransferkoeffizient Transmission) als Referenzpunkte A und B für die Interpolation der nachfolgenden Größen	<table style="border: none;"> <tr> <td style="border: none;">h_tr_A</td> <td style="border: none; text-align: center;">0,40</td> <td style="border: none; text-align: center;">0,40</td> <td style="border: none;">W/(m²K)</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">h_tr_B</td> <td style="border: none; text-align: center;">2,80</td> <td style="border: none; text-align: center;">2,80</td> <td style="border: none;">W/(m²K)</td> </tr> </table>	h_tr_A	0,40	0,40	W/(m²K)	h_tr_B	2,80	2,80	W/(m²K)			
h_tr_A	0,40	0,40	W/(m²K)									
h_tr_B	2,80	2,80	W/(m²K)									
Alternative Eingabe: Raumtemperatur bei zwei energetischen Standards	<table style="border: none;"> <tr> <td style="border: none;">Wert bei h_tr_A</td> <td style="border: none; text-align: center;">22,0</td> <td style="border: none; text-align: center;">22,0</td> <td style="border: none;">°C</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Wert bei h_tr_B</td> <td style="border: none; text-align: center;">20,0</td> <td style="border: none; text-align: center;">20,0</td> <td style="border: none;">°C</td> </tr> </table>	Wert bei h_tr_A	22,0	22,0	°C	Wert bei h_tr_B	20,0	20,0	°C			
Wert bei h_tr_A	22,0	22,0	°C									
Wert bei h_tr_B	20,0	20,0	°C									
Reduktionsfaktor Nachtabsenkung und räumliche Teilbeheizung	<table style="border: none;"> <tr> <td style="border: none;">Wert bei h_tr_A</td> <td style="border: none; text-align: center;">0,96</td> <td style="border: none; text-align: center;">0,96</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Wert bei h_tr_B</td> <td style="border: none; text-align: center;">0,91</td> <td style="border: none; text-align: center;">0,91</td> <td></td> </tr> </table>	Wert bei h_tr_A	0,96	0,96		Wert bei h_tr_B	0,91	0,91				
Wert bei h_tr_A	0,96	0,96										
Wert bei h_tr_B	0,91	0,91										
Gebäude ohne Lüftungsanlage: durchschnittlicher Luftwechsel in der Heizzeit		0,40	0,40	1/h								
Luftwechsel bedingt durch Nutzung (Öffnen von Fenstern und Türen)												
Gebäude mit Abluftanlage: durchschnittlicher Luftwechsel in der Heizzeit		0,35	0,35	1/h								
Anlagenluftwechsel												
zusätzlicher Luftwechsel bedingt durch Öffnen von Fenstern und Türen		0,15	0,15	1/h								
Gesamt-Luftwechsel bedingt durch Nutzung (Lüftungsanlage + Öffnen von Fenstern und Türen)		0,50	0,50	1/h								
Gebäude mit WRG-Lüftungsanlage (balancierte Zu- und Abluft): durchschnittlicher Luftwechsel in der Heizzeit		0,35	0,40	1/h								
Anlagenluftwechsel												
zusätzlicher Luftwechsel bedingt durch Öffnen von Fenstern und Türen		0,10	0,10	1/h								
Gesamt-Luftwechsel bedingt durch Nutzung (Lüftungsanlage + Öffnen von Fenstern und Türen)		0,45	0,50	1/h								
Referenz-Raumhöhe für den Luftwechsel (Standardwert 2.5 m) **		2,50	2,50	m								
mittlere Wärmeleistung der internen Wärmequellen pro m² Referenzfläche		3,10	1,15	W/m²								
Reduktionsfaktor externe Verschattung, horiz. Orientierung (effekt. Wert in der Heizzeit)		0,80	0,80									
Reduktionsfaktor externe Verschattung, vertik. Orientierungen (effekt. Wert in der Heizzeit)		0,60	0,38									
Rahmenanteil Fenster		0,30	0,28									
Reduktionsfaktor nicht-senkrechte Einstrahlung		0,90	0,85									
Interne Wärmespeicherfähigkeit pro m² Referenzfläche		90	90	Wh/(m²K)								
Nutzwärme Warmwasser		15	15	kWh/(m²a)								
Temperaturdifferenz Erwärmung Warmwasser für das gezapfte Volumen		50	30	K								
Alternative: gezapftes Warmwasservolumen (pro m² Referenzfläche)		259	431,6	Liter/(m²a)								

\*) h\_tr = Wärmetransferkoeffizient Transmission, bezogen auf Referenzfläche; Werte zwischen h\_tr = 1 und h\_tr = 4 werden interpoliert  
 \*\*) Referenz-Raumhöhe, verwendet zur Bestimmung des Referenzluftvolumens gemäß Definition des Luftwechsels

1900-01-05 00:00

**Bild 41: Datensatz für die Nutzung unter Einbeziehung der Informationen zur realen Nutzung / Gebäude AB / Var. 3**

**Energieprofil**
**Einstellungen: Gebäudenutzung**

Gebäude:

Variante:

**Übergeordnete Einstellungen**

**Art der Dateneingabe**

Fragebogen (Erhebungsvariablen), siehe oben

Energiebilanz-EingangsvARIABLEN, vordefiniert (siehe unten)

Energiebilanz-EingangsvARIABLEN, individuelle Eingabe (siehe unten)

je nach Vorhandensein: Fragebogen, Energiebilanz-EingangsvARIABLEN individuell oder Bibliothek

nicht definiert

**Energiebilanz-EingangsvARIABLEN**

	Datensatz in der Typologie-Bibliothek vordefiniert	individuelle Eingabe									
	Aktiv: <input type="checkbox"/>	x									
Datensatz-Identifikation (kein Eintrag: automatisch "EU.SUH" oder "EU.MUH")	DE.MOBASY.Development.*										
Anmerkung	Dataset supplemented for the project MOBASY (target/actual comparison)		Meas								
Raumtemperatur (muss bei alternativer Eingabe leer sein)	#NV	22,4	°C								
zwei energetische Standards (Wärmetransferkoeffizient Transmission) als Referenzpunkte A und B für die Interpolation der nachfolgenden Größen	<table style="font-size: small; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px;">h_tr_A</td> <td style="padding: 2px;">0,40</td> <td style="padding: 2px;">0,40</td> <td style="padding: 2px;">W/(m²K)</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px;">h_tr_B</td> <td style="padding: 2px;">2,80</td> <td style="padding: 2px;">2,80</td> <td style="padding: 2px;">W/(m²K)</td> </tr> </table>	h_tr_A	0,40	0,40	W/(m²K)	h_tr_B	2,80	2,80	W/(m²K)		
h_tr_A	0,40	0,40	W/(m²K)								
h_tr_B	2,80	2,80	W/(m²K)								
Alternative Eingabe: Raumtemperatur bei zwei energetischen Standards	<table style="font-size: small; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px;">Wert bei h_tr_A</td> <td style="padding: 2px;">22,0</td> <td style="padding: 2px;">#NV</td> <td style="padding: 2px;">°C</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px;">Wert bei h_tr_B</td> <td style="padding: 2px;">20,0</td> <td style="padding: 2px;">#NV</td> <td style="padding: 2px;">°C</td> </tr> </table>	Wert bei h_tr_A	22,0	#NV	°C	Wert bei h_tr_B	20,0	#NV	°C		
Wert bei h_tr_A	22,0	#NV	°C								
Wert bei h_tr_B	20,0	#NV	°C								
Reduktionsfaktor Nachtabsenkung und räumliche Teilbeheizung	<table style="font-size: small; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px;">Wert bei h_tr_A</td> <td style="padding: 2px;">0,96</td> <td style="padding: 2px;">0,90</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 2px;">Wert bei h_tr_B</td> <td style="padding: 2px;">0,91</td> <td style="padding: 2px;">0,90</td> <td></td> </tr> </table>	Wert bei h_tr_A	0,96	0,90		Wert bei h_tr_B	0,91	0,90			
Wert bei h_tr_A	0,96	0,90									
Wert bei h_tr_B	0,91	0,90									
Gebäude ohne Lüftungsanlage: durchschnittlicher Luftwechsel in der Heizzeit		0,40	0,40								
Luftwechsel bedingt durch Nutzung (Öffnen von Fenstern und Türen)			1/h								
Gebäude mit Abluftanlage: durchschnittlicher Luftwechsel in der Heizzeit		0,35	0,35								
Anlagenluftwechsel			1/h								
zusätzlicher Luftwechsel bedingt durch Öffnen von Fenstern und Türen		0,15	0,15								
Gesamt-Luftwechsel bedingt durch Nutzung (Lüftungsanlage + Öffnen von Fenstern und Türen)		0,50	0,50								
Gebäude mit WRG-Lüftungsanlage (balancierte Zu- und Abluft): durchschnittlicher Luftwechsel in der Heizzeit											
Anlagenluftwechsel		0,35	0,40								
zusätzlicher Luftwechsel bedingt durch Öffnen von Fenstern und Türen		0,10	0,20								
Gesamt-Luftwechsel bedingt durch Nutzung (Lüftungsanlage + Öffnen von Fenstern und Türen)		0,45	0,60								
Referenz-Raumhöhe für den Luftwechsel (Standardwert 2.5 m) **		2,50	2,50								
mittlere Wärmeleistung der internen Wärmequellen pro m² Referenzfläche		3,10	1,94								
			W/m²								
Reduktionsfaktor externe Verschattung, horiz. Orientierung (effekt. Wert in der Heizzeit)		0,80	0,80								
Reduktionsfaktor externe Verschattung, vertik. Orientierungen (effekt. Wert in der Heizzeit)		0,60	0,30								
Rahmenanteil Fenster		0,30	0,28								
Reduktionsfaktor nicht-senkrechte Einstrahlung		0,90	0,85								
Interne Wärmespeicherfähigkeit pro m² Referenzfläche		90	90								
			Wh/(m²K)								
Nutzwärme Warmwasser		15	#NV								
			kWh/(m²a)								
Temperaturdifferenz Erwärmung Warmwasser für das gezapfte Volumen		50	30								
			K								
Alternative: gezapftes Warmwasservolumen (pro m² Referenzfläche)		259	511								
			Liter/(m²a)								

\*) h\_tr = Wärmetransferkoeffizient Transmission, bezogen auf Referenzfläche; Werte zwischen h\_tr = 1 und h\_tr = 4 werden interpoliert

\*\*) Referenz-Raumhöhe, verwendet zur Bestimmung des Referenzluftvolumens gemäß Definition des Luftwechsels

1900-01-05 00:00

**Bild 42: Datensatz für die Nutzung unter Einbeziehung der Informationen zur realen Nutzung / Gebäude C / Var. 3**

**Energieprofil**
**Einstellungen: Gebäudenutzung**

Gebäude:   
 Variante:

**Übergeordnete Einstellungen**

**Art der Dateneingabe**

Fragebogen (Erhebungsvariablen), siehe oben

Energiebilanz-EingangsvARIABLEN, vordefiniert (siehe unten)

Energiebilanz-EingangsvARIABLEN, individuelle Eingabe (siehe unten)

je nach Vorhandensein: Fragebogen, Energiebilanz-EingangsvARIABLEN individuell oder Bibliothek

nicht definiert

**Energiebilanz-EingangsvARIABLEN**

	Datensatz in der Typologie-Bibliothek vordefiniert	individuelle Eingabe	
	Aktiv:	x	
Datensatz-Identifikation (kein Eintrag: automatisch "EU.SUH" oder "EU.MUH")	DE.MOBASY.Development.*		
Anmerkung	Dataset supplemented for the project MOBASY (target/actual comparison)		Meas
Raumtemperatur (muss bei alternativer Eingabe leer sein)	#NV	22,4	°C
zwei energetische Standards (Wärmetransferkoeffizient Transmission) als Referenzpunkte A und B für die Interpolation der nachfolgenden Größen	h_tr_A h_tr_B	0,40 2,80	0,40 2,80
Alternative Eingabe: Raumtemperatur bei zwei energetischen Standards	Wert bei h_tr_A Wert bei h_tr_B	22,0 20,0	#NV #NV
Reduktionsfaktor Nachtabsenkung und räumliche Teilbeheizung	Wert bei h_tr_A Wert bei h_tr_B	0,96 0,91	0,90 0,90
Gebäude ohne Lüftungsanlage: durchschnittlicher Luftwechsel in der Heizzeit		0,40	0,40
Luftwechsel bedingt durch Nutzung (Öffnen von Fenstern und Türen)			1/h
Gebäude mit Abluftanlage: durchschnittlicher Luftwechsel in der Heizzeit		0,35	0,35
Anlagenluftwechsel			1/h
zusätzlicher Luftwechsel bedingt durch Öffnen von Fenstern und Türen		0,15	0,15
Gesamt-Luftwechsel bedingt durch Nutzung (Lüftungsanlage + Öffnen von Fenstern und Tü		0,50	0,50
Gebäude mit WRG-Lüftungsanlage (balancierte Zu- und Abluft): durchschnittlicher Luftwechsel in der Heizzeit		0,35	0,53
Anlagenluftwechsel			1/h
zusätzlicher Luftwechsel bedingt durch Öffnen von Fenstern und Türen		0,10	0,20
Gesamt-Luftwechsel bedingt durch Nutzung (Lüftungsanlage + Öffnen von Fenstern und Tü		0,45	0,73
Referenz-Raumhöhe für den Luftwechsel (Standardwert 2.5 m) **		2,50	2,50
mittlere Wärmeleistung der internen Wärmequellen pro m <sup>2</sup> Referenzfläche		3,10	2,09
Reduktionsfaktor externe Verschattung, horiz. Orientierung (effekt. Wert in der Heizzeit)		0,80	0,80
Reduktionsfaktor externe Verschattung, vertik. Orientierungen (effekt. Wert in der Heizzeit)		0,60	0,32
Rahmenanteil Fenster		0,30	0,30
Reduktionsfaktor nicht-senkrechte Einstrahlung		0,90	0,85
Interne Wärmespeicherfähigkeit pro m <sup>2</sup> Referenzfläche		90	90
Nutzwärme Warmwasser		15	#NV
Temperaturdifferenz Erwärmung Warmwasser für das gezapfte Volumen		50	30
Alternative: gezapftes Warmwasservolumen (pro m <sup>2</sup> Referenzfläche)		259	303

\*) h\_tr = Wärmetransferkoeffizient Transmission, bezogen auf Referenzfläche; Werte zwischen h\_tr = 1 und h\_tr = 4 werden interpoliert  
 \*\*) Referenz- Raumhöhe, verwendet zur Bestimmung des Referenzluftvolumens gemäß Definition des Luftwechsels

1900-01-05 00:00

## D.6 Verbrauchsdaten

Bild 43: Verbrauchsdaten der beiden betrachteten Verbrauchsjahre Gebäude AB / Var. 1

Energieprofil					Erfassung Messwerte Verbrauch			
Gebäude		DE.MOBASY.PHSP.AB.Var1			beheizte Wohnfläche			1622 m <sup>2</sup>
Verbrauchsangaben für Fläche		Messstelle			Gemessene Größe		Messstelle	
		M1	M2	M3	M1	M2	M3	
		#NV	#NV	#NV				
von	bis	M1	M2	M3				
1	01.07.2020	30.06.2021	88489	39332	879,6			
2	01.07.2021	30.06.2022	88171	41553	943,5			
3	01.07.2022	#NV	0	0	0			
4	#NV	0	0	0				
5	#NV	0	0	0				
6	#NV	0	0	0				
7	#NV	0	0	0				
8	#NV	0	0	0				
9	#NV	0	0	0				
10	#NV	0	0	0				
11	#NV	0	0	0				
12	#NV	0	0	0				
13	#NV	0	0	0				
14	#NV	0	0	0				
15	#NV	0	0	0				
16	#NV	0	0	0				
17	#NV	0	0	0				
18	#NV	0	0	0				
19	#NV	0	0	0				
20	#NV	0	0	0				
21	#NV	0	0	0				
22	#NV	0	0	0				
23	#NV	0	0	0				
24	#NV	0	0	0				
25	#NV	0	0	0				
26	#NV	0	0	0				
27	#NV	0	0	0				
28	#NV	0	0	0				
29	#NV	0	0	0				
30	#NV	0	0	0				
31	#NV	0	0	0				
32	#NV	0	0	0				
33	#NV	0	0	0				
34	#NV	0	0	0				
35	#NV	0	0	0				
36	#NV	0	0	0				
37	#NV	0	0	0				
38	#NV	0	0	0				
39	#NV	0	0	0				
40	#NV	0	0	0				

Gemessene Größe	M1	M2	M3
Heizöl	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Erdgas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Flüssiggas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Holzpellets	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Scheitholz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kohle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Strom	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Strom-Sondertarif	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wärmemenge	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Warmwasser-Volumen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
andere:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
nicht belegt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Angaben in:	M1	M2	M3
kWh*	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MWh*	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Liter (Abk. "l")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
m <sup>3</sup> , cbm (Kubikmeter)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
kg	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tonnen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Raummeter, Ster [1]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Schüttkubikmeter [2]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Festmeter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
andere:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

\*) Bei Angaben in kWh oder MWh (nur Brennstoffe):  
 Bezug auf  
 oberer Heizwert [3]  
 unterer Heizwert  
 unbekannt  
 nicht anwendbar

Verwendung für:	M1	M2	M3
Heizung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Warmwasser	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Kühlung / Klimatisierung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lüftungsanlage (Strom)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pumpen, Regelung, etc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Haushaltsstrom	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kochen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
andere	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Angaben zu Teilmessungen	M1	M2	M3
In M1 ist enthalten:	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
In M2 ist enthalten:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Angaben zur Vollständigkeit	ja	nein	unbekannt	k.A.
Der Energiebezug für die Gebäudebeheizung ist damit vollständig.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Energiebezug für die Warmwasserbereitung - sofern in den Verbrauchsangaben enthalten - ist vollständig. Die Messwerte gelten für die genannte Fläche. Andere Flächen werden nicht versorgt.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Besonderheiten	M1	M2	M3
Messung in den Wohnungen (ohne Verteilverluste im ganzen Haus, bei MFH)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Messung in separater Heizzentrale (inkl. Verteilverluste Erdreich)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Erläuterungen**  
 [1] Raummeter, Ster: Stapelvolumen in m<sup>3</sup>  
 [2] Schüttkubikmeter: Schüttvolumen in m<sup>3</sup>  
 [3] oberer Heizwert = Brennwert

**Bild 44: Verbrauchsdaten als Monatswerte / Gebäude AB / Var. 2 und 3**

**Energieprofil**
**Erfassung Messwerte Verbrauch**

Gebäude:  beheizte Wohnfläche:  m<sup>2</sup>

		Messstelle			
Verbrauchsangaben für Fläche		M1	M2	M3	
		#NV	#NV	#NV	m <sup>2</sup>
von	bis	M1	M2	M3	
1	01.01.2020	31.01.2020	11624	4004	67,6
2	01.02.2020	29.02.2020	10063	3895	66,5
3	01.03.2020	31.03.2020	9663	4183	72,8
4	01.04.2020	30.04.2020	5608	3823	77
5	01.05.2020	31.05.2020	4678	3651	75
6	01.06.2020	30.06.2020	3895	3342	67,5
7	01.07.2020	31.07.2020	3660	2878	66,6
8	01.08.2020	31.08.2020	2897	2541	60,9
9	01.09.2020	30.09.2020	3233	2686	68,3
10	01.10.2020	31.10.2020	6324	3186	71,5
11	01.11.2020	30.11.2020	9622	3278	71,8
12	01.12.2020	31.12.2020	11750	3655	77,9
13	01.01.2021	31.01.2021	12574	3807	77,1
14	01.02.2021	28.02.2021	10786	3484	73,5
15	01.03.2021	31.03.2021	10297	3816	80,6
16	01.04.2021	30.04.2021	8543	3589	81
17	01.05.2021	31.05.2021	5613	3537	81,8
18	01.06.2021	30.06.2021	3190	2875	68,6
19	01.07.2021	31.07.2021	3060	2622	65,1
20	01.08.2021	31.08.2021	3175	3082	66,8
21	01.09.2021	30.09.2021	3445	3154	70,1
22	01.10.2021	31.10.2021	7488	3583	79,1
23	01.11.2021	30.11.2021	11316	3678	78,8
24	01.12.2021	31.12.2021	12741	4121	90,5
25	01.01.2022	31.01.2022	13272	4221	91,7
26	01.02.2022	28.02.2022	10368	3416	73,8
27	01.03.2022	31.03.2022	9382	3958	86,8
28	01.04.2022	30.04.2022	6868	3848	92,5
29	01.05.2022	31.05.2022	3799	3100	76,8
30	01.06.2022	30.06.2022	3257	2770	71,5
31	01.07.2022	31.07.2022	2927	2369	63,1
32	01.08.2022	#NV	0	0	0
33		#NV	0	0	0
34		#NV	0	0	0
35		#NV	0	0	0
36		#NV	0	0	0
37		#NV	0	0	0
38		#NV	0	0	0
39		#NV	0	0	0
40		#NV	0	0	0

Gemessene Größe	M1	M2	M3
Heizöl	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Erdgas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Flüssiggas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Holzpellets	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Scheitholz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kohle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Strom	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Strom-Sondertarif	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wärmemenge	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Warmwasser-Volumen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
andere:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
nicht belegt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Angaben in:	M1	M2	M3
kWh*	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MWh*	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Liter (Abk. "l")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
m <sup>3</sup> , cbm (Kubikmeter)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
kg	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tonnen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Raummeter, Ster [1]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Schüttkubikmeter [2]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Festmeter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
andere:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

\*) Bei Angaben in kWh oder MWh (nur Brennstoffe):  
Bezug auf

Bezug auf	M1	M2	M3
oberer Heizwert [3]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
unterer Heizwert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
unbekannt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
nicht anwendbar	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Verwendung für:	M1	M2	M3
Heizung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Warmwasser	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Kühlung / Klimatisierung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lüftungsanlage (Strom)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pumpen, Regelung, etc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Haushaltsstrom	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kochen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
andere	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Angaben zu Teilmessungen	M1	M2	M3
In M1 ist enthalten:	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
In M2 ist enthalten:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Besonderheiten	M1	M2	M3
Messung in den Wohnungen (ohne Verteilverluste im ganzen Haus, bei MFH)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Messung in separater Heizzentrale (inkl. Verteilverluste Erdreich)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Erläuterungen**

[1] Raummeter, Ster: Stapelvolumen in m<sup>3</sup>  
 [2] Schüttkubikmeter: Schüttvolumen in m<sup>3</sup>  
 [3] oberer Heizwert = Brennwert

**Angaben zur Vollständigkeit**

Der Energiebezug für die Gebäudebeheizung ist damit vollständig.  ja  nein  unbekannt  k.A.

Der Energiebezug für die Warmwasserbereitung - sofern in den Verbrauchsangaben enthalten - ist vollständig. Die Messwerte gelten für die genannte Fläche. Andere Flächen werden nicht versorgt.  ja  nein  unbekannt  k.A.

2023-10-17 12:23

**Bild 45: Einstellungen der Versionen für den Verbrauch-Bedarf-Vergleich / Gebäude AB / alle Varianten**

### Einstellungen für den Verbrauch-Bedarf-Vergleich

**Vergleich Berechnung mit Messung (Einstellungen zugeordnet zur gewählten Variante)**

Vergleichszeitraum	Versionen des Verbrauch-Bedarf-Vergleichs								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Startjahr	2020	2020	2020	2020	2021	2021	2021	2021	0
Startmonat	7	7	7	7	7	7	7	7	0
Anzahl Jahre	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Startdatum	01.07.2020	01.07.2020	01.07.2020	01.07.2020	01.07.2021	01.07.2021	01.07.2021	01.07.2021	#NV
Enddatum	30.06.2021	30.06.2021	30.06.2021	30.06.2021	30.06.2022	30.06.2022	30.06.2022	30.06.2022	#NV
Check: Messwerte vorhanden	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	#NV

**Art des Vergleichs** informativ, keine Auswirkung auf Messstellen-Auswahl, dient nur der Kategorisierung und Plausibilisierung

Heizung	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Heizung + Warmwasser	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Warmwasser (Wärmemenge)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Warmwasser-Volumen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
anderer Vergleich	<input type="radio"/>								
nicht definiert	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>							
	H+W	H	W	VoW	H+W	H	W	VoW	_NA_

**Berücksichtigung der Messstellen im Vergleich**

Messstelle	M1	+	+	0	0	+	+	0	0	0
Messstelle	M2	0	-	+	0	0	-	+	0	0
Messstelle	M3	0	0	0	+	0	0	0	+	0

Plausibilitätsprüfung der Messstellenauswahl bezogen auf die üblichen Vergleichstypen

Berücksichtigen	H	+	+			+	+			
Berücksichtigen	W	+	+ -	+	+	+	+ -	+	+	
Typ bezogen auf H und W	H+W	H+W	H	W	W	H+W	H	W	W	
Prüfergebnis		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	.

### Verbrauchsdaten der beiden betrachteten Verbrauchsjahre Gebäude C / Var. 1

**Energieprofil**
**Erfassung Messwerte Verbrauch**

Gebäude:  beheizte Wohnfläche:  m<sup>2</sup>

		Messstelle			m <sup>2</sup>
Verbrauchsangabe n für Fläche		M1	M2	M3	
von	bis	M1	M2	M3	
1	01.07.2020	30.06.2021	67778	53539	551,2
2	01.07.2021	30.06.2022	58960	43188	500,3
3	01.07.2022	#NV	0	0	0
4	#NV	0	0	0	
5	#NV	0	0	0	
6	#NV	0	0	0	
7	#NV	0	0	0	
8	#NV	0	0	0	
9	#NV	0	0	0	
10	#NV	0	0	0	
11	#NV	0	0	0	
12	#NV	0	0	0	
13	#NV	0	0	0	
14	#NV	0	0	0	
15	#NV	0	0	0	
16	#NV	0	0	0	
17	#NV	0	0	0	
18	#NV	0	0	0	
19	#NV	0	0	0	
20	#NV	0	0	0	
21	#NV	0	0	0	
22	#NV	0	0	0	
23	#NV	0	0	0	
24	#NV	0	0	0	
25	#NV	0	0	0	
26	#NV	0	0	0	
27	#NV	0	0	0	
28	#NV	0	0	0	
29	#NV	0	0	0	
30	#NV	0	0	0	
31	#NV	0	0	0	
32	#NV	0	0	0	
33	#NV	0	0	0	
34	#NV	0	0	0	
35	#NV	0	0	0	
36	#NV	0	0	0	
37	#NV	0	0	0	
38	#NV	0	0	0	
39	#NV	0	0	0	
40	#NV	0	0	0	

Gemessene Größe	M1	M2	M3
Heizöl	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Erdgas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Flüssiggas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Holzpellets	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Scheitholz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kohle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Strom	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Strom-Sondertarif	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wärmemenge	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Warmwasser-Volumen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
andere:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
nicht belegt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Angaben in:	M1	M2	M3
kWh*	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MWh*	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Liter (Abk. "l")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
m <sup>3</sup> , cbm (Kubikmeter)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
kg	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tonnen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Raummeter, Ster [1]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Schüttkubikmeter [2]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Festmeter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
andere:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

\*) Bei Angaben in kWh oder MWh (nur Brennstoffe):  
Bezug auf

	M1	M2	M3
oberer Heizwert [3]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
unterer Heizwert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
unbekannt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
nicht anwendbar	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Verwendung für:	M1	M2	M3
Heizung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Warmwasser	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Kühlung / Klimatisierung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lüftungsanlage (Strom)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pumpen, Regelung, etc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Haushaltsstrom	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kochen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
andere	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Angaben zu Teilmessungen	M1	M2	M3
In M1 ist enthalten:	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
In M2 ist enthalten:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Angaben zur Vollständigkeit	ja	nein	unbekannt	k.A.
Der Energiebezug für die Gebäudebeheizung ist damit vollständig.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Energiebezug für die Warmwasserbereitung - sofern in den Verbrauchsangaben enthalten - ist vollständig. Die Messwerte gelten für die genannte Fläche. Andere Flächen werden nicht versorgt.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Besonderheiten	M1	M2	M3
Messung in den Wohnungen (ohne Verteilverluste im ganzen Haus, bei MFH)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Messung in separater Heizzentrale (inkl. Verteilverluste Erdreich)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Erläuterungen**

[1] Raummeter, Ster: Stapelvolumen in m<sup>3</sup>  
 [2] Schüttkubikmeter: Schüttvolumen in m<sup>3</sup>  
 [3] oberer Heizwert = Brennwert

2023-10-17 12:11

**Bild 46: Verbrauchsdaten als Monatswerte / Gebäude C / Var. 2 und 3**  
(inhaltlich identisch mit Input Jahreswerte)

Energieprofil						Erfassung Messwerte Verbrauch			
Gebäude		DE.MOBASY.PHSP.C.Var2				beheizte Wohnfläche		1577 m <sup>2</sup>	
Verbrauchsangabe n für Fläche		Messstelle			m <sup>2</sup>	Messstelle			
		M1	M2	M3		M1	M2	M3	
		#NV	#NV	#NV					
	von	bis	M1	M2	M3				
1	01.01.2020	31.01.2020	11176	10459	26,1				
2	01.02.2020	29.02.2020	8712	9119	31,1				
3	01.03.2020	31.03.2020	8143	6680	46,8				
4	01.04.2020	30.04.2020	5345	3996	50,3				
5	01.05.2020	31.05.2020	5002	3791	55,1				
6	01.06.2020	30.06.2020	4055	2926	51,2				
7	01.07.2020	31.07.2020	2625	1540	43,9				
8	01.08.2020	31.08.2020	2243	1282	40,4				
9	01.09.2020	30.09.2020	2173	1262	41,1				
10	01.10.2020	31.10.2020	4144	2982	44,8				
11	01.11.2020	30.11.2020	7787	6606	41,6				
12	01.12.2020	31.12.2020	9924	8692	47,8				
13	01.01.2021	31.01.2021	10532	9221	51,2				
14	01.02.2021	28.02.2021	8426	7107	44,8				
15	01.03.2021	31.03.2021	8763	7327	50,6				
16	01.04.2021	30.04.2021	5148	3791	49,8				
17	01.05.2021	31.05.2021	3636	2339	50				
18	01.06.2021	30.06.2021	2377	1390	45,2				
19	01.07.2021	31.07.2021	2239	1209	41,4				
20	01.08.2021	31.08.2021	2423	1351	44,4				
21	01.09.2021	30.09.2021	2387	1304	39,3				
22	01.10.2021	31.10.2021	3280	1919	39,9				
23	01.11.2021	30.11.2021	6039	4595	43,9				
24	01.12.2021	31.12.2021	8894	7466	44,5				
25	01.01.2022	31.01.2022	9003	7197	45,7				
26	01.02.2022	28.02.2022	7075	5746	37,8				
27	01.03.2022	31.03.2022	7716	6066	40,2				
28	01.04.2022	30.04.2022	5269	3840	42,3				
29	01.05.2022	31.05.2022	2491	1370	41,8				
30	01.06.2022	30.06.2022	2144	1125	39,1				
31	01.07.2022	31.07.2022	2053	1075	39,9				
32	01.08.2022	#NV	0	0	0				
33		#NV	0	0	0				
34		#NV	0	0	0				
35		#NV	0	0	0				
36		#NV	0	0	0				
37		#NV	0	0	0				
38		#NV	0	0	0				
39		#NV	0	0	0				
40		#NV	0	0	0				

Gemessene Größe	M1	M2	M3
Heizöl	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Erdgas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Flüssiggas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Holzpellets	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Scheitholz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kohle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Strom	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Strom-Sondertarif	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wärmemenge	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Warmwasser-Volumen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
andere:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
nicht belegt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Angaben in:	M1	M2	M3
kWh*	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MWh*	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Liter (Abk. "l")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
m <sup>3</sup> , cbm (Kubikmeter)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
kg	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Tonnen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Raummeter, Ster [1]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Schüttkubikmeter [2]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Festmeter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
andere:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

\*) Bei Angaben in kWh oder MWh (nur Brennstoffe):  
Bezug auf

	M1	M2	M3
oberer Heizwert [3]	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
unterer Heizwert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
unbekannt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
nicht anwendbar	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Verwendung für:	M1	M2	M3
Heizung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Warmwasser	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Kühlung / Klimatisierung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lüftungsanlage (Strom)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pumpen, Regelung, etc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Haushaltsstrom	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kochen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
andere	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Angaben zu Teilmessungen	M1	M2	M3
In M1 ist enthalten:	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
In M2 ist enthalten:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Angaben zur Vollständigkeit	ja	nein	unbekannt	k.A.
Der Energiebezug für die Gebäudebeheizung ist damit vollständig.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Energiebezug für die Warmwasserbereitung - sofern in den Verbrauchsangaben enthalten - ist vollständig. Die Messwerte gelten für die genannte Fläche. Andere Flächen werden nicht versorgt.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Besonderheiten	M1	M2	M3
Messung in den Wohnungen (ohne Verteilverluste im ganzen Haus, bei MFH)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Messung in separater Heizzentrale (inkl. Verteilverluste Erdreich)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Erläuterungen**

[1] Raummeter, Ster: Stapelvolumen in m<sup>3</sup>  
 [2] Schüttkubikmeter: Schüttvolumen in m<sup>3</sup>  
 [3] oberer Heizwert = Brennwert

2023-10-17 12:29

**Bild 47: Einstellungen der Kanäle für den Verbrauch-Bedarf-Vergleich / Gebäude C / alle Varianten**

Einstellungen für den Verbrauch-Bedarf-Vergleich

**Vergleich Berechnung mit Messung (Einstellungen zugeordnet zur gewählten Variante)**

Vergleichszeitraum	Versionen des Verbrauch-Bedarf-Vergleichs								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Startjahr	2020	2020	2020	2020	2021	2021	2021	2021	0
Startmonat	7	7	7	7	7	7	7	7	0
Anzahl Jahre	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Startdatum	01.07.2020	01.07.2020	01.07.2020	01.07.2020	01.07.2021	01.07.2021	01.07.2021	01.07.2021	#NV
Enddatum	30.06.2021	30.06.2021	30.06.2021	30.06.2021	30.06.2022	30.06.2022	30.06.2022	30.06.2022	#NV
Check: Messwerte vorhanden	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	WAHR	#NV

**Art des Vergleichs** informativ, keine Auswirkung auf Messstellen-Auswahl, dient nur der Kategorisierung und Plausibilisierung

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Heizung	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Heizung + Warmwasser	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Warmwasser (Wärmemenge)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Warmwasser-Volumen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
anderer Vergleich	<input type="radio"/>								
nicht definiert	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>							
	H+W	H	W	VoW	H+W	H	W	VoW	_NA_

**Berücksichtigung der Messstellen im Vergleich**

Messstelle	M1	+	0	0	0	+	0	0	0	0
Messstelle	M2	0	+	0	0	0	+	0	0	0
Messstelle	M3	0	-	+	+	0	-	+	+	0

Plausibilitätsprüfung der Messstellenauswahl bezogen auf die üblichen Vergleichstypen

Berücksichtigen	H	+	+			+	+			
Berücksichtigen	W	+	+-	+	+	+	+-	+	+	
Typ bezogen auf H und W	H+W	H+W	H	W	W	H+W	H	W	W	
Prüfergebnis		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	.

## **Anhang E – Dokumentation der Berechnungsgänge im Berechnungswerkzeug „EnergyProfile.xlsm“**

## E.1 Gebäude AB – Var. 1

### Thermal Envelope Area Estimation

Thermal envelope area estimation according to TABULA / Energy Profile method

### Parameters

---

Building

Reference area  $A_{C,Ref}$   m<sup>2</sup>

Area estimation parameter set

---

Input Data

		Current value or selected TABULA code			
Reference area (conditioned floor area)	$A_{C,Ref}$	1784,2	m <sup>2</sup>		
Number of building blocks	$n_{Block}$	1			
Number of full storeys (not incl. cellar and attic)	$n_{Storey}$	4			
Neighbour situation	$C_{Neighbour}$	N0		Fraction of attic / cellar space included in reference area	Fraction of attic / cellar space enclosed by thermal envelope
Reference area and envelope situation in attic spaces	$C_{Attic,Cond,Env}$	-	=>	$f_{Attic,Cond}$ 0,0	$f_{Attic,Env}$ 0,0
Reference area and envelope situation in basement spaces	$C_{Cellar,Cond,Env}$	P	=>	$f_{Cellar,Cond}$ 0,5	$f_{Cellar,Env}$ 0,5
Complexity of roof shape*	$C_{Cx,Roof}$	Standard			
Complexity of footprint*	$C_{Cx,Footprint}$	Complex			
Clear ceiling height (averaged over full storeys)**	$h_{Ceiling}$				

\*) Optional input quantity, if not available standard values are used  
 \*\*) Input only necessary if actual value is < 2.3m or > 2.7m, Otherwise the standard value 2.5m is used for calculation.

Ceiling height correction factor

$h_{Ceiling}^{**}$	2,50	m	=	1,00	m
		2,5 m			

---

Conditioned Reference Area per Storey

Effective number of storeys conditioned by the heating system (relevant is the conditioned reference area)

$f_{Cellar,Cond}$	0,5	+	$n_{Storey}$	4,0	+	$0.7 \cdot f_{Attic,Cond}$	0,0	=	4,5	$n_{Storey,Eff,Cond}$
-------------------	-----	---	--------------	-----	---	----------------------------	-----	---	-----	-----------------------

Conditioned reference area per storey (estimation)

$A_{C,ref}$	1784,2	/	$n_{Storey,Eff,Cond}$	4,5	=	396,5	$A_{C,Storey}$
-------------	--------	---	-----------------------	-----	---	-------	----------------

---

Effective number of thermally enveloped storeys

$f_{Cellar,Env}$	0,5	+	$n_{Storey}$	4,0	+	$0.7 \cdot f_{Attic,Env}$	0,0	=	4,5	$n_{Storey,EE,Env}$
------------------	-----	---	--------------	-----	---	---------------------------	-----	---	-----	---------------------

---

Parameters

Basic Parameters

Envelope area section	Depending on variable	Category (TABULA Code)	Specification	Roof			Upper ceiling	
				$f_{Attic,Cond}$	p m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	q m <sup>2</sup>	p m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	q m <sup>2</sup>
<b>Roof / upper ceiling</b>	$A_{C,Storey}$	-	Flat roof (no attic)	0	1,2	5		
		N	Attic not conditioned	0			1,2	5
		P	Attic partly conditioned	0,5	0,8	7	0,6	3
		C	Attic completely conditioned	1	1,6	15		
		NI	Attic not cond., insulated*	0	1,6	15		
		PI	Attic partly cond., insulated*	0,5	1,6	15		
	$C_{Attic,Cond,Env} =$	-	Current value	0	1,2	5	0,0	0

\*) Attic not or only partly conditioned, thermal envelope in the plain of the roof area

Envelope area section	Depending on variable	Category (TABULA Code)	Specification	p m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	q m <sup>2</sup>
<b>Windows</b>	$A_{C,Ref}$			0,18	
<b>Doors</b>	$A_{C,Ref}$			0,01	1,5
<b>Gross façade (walls + windows + doors)</b>	$A_{C,Ref}$	N0	Detached building (0 Neighbour)		50
		N1	Semi-detached building (1 neighbour)	0,70	25
		N2	Terraced building (2 neighbours)		5
	$C_{Neighbour} =$	<b>N0</b>	Current value	0,70	50
<b>Ground floor</b>	$A_{C,Storey}$			1,20	5

---

Consideration of Complexity

Envelope area section	Category (TABULA Code)	Specification	Correction factor
<b>Roof</b>	Simple	Simple roof shape (not applicable in case of "flat roofs")	0,9
	Standard	Usual roof shape (or: information not available)	1,0
	Complex	Roof with several dormers or other complex shape	1,3
	$C_{Cx,Roof} =$	<b>Standard</b>	$f_{Cx,Roof} = 1,0$
<b>Gross façade (walls + windows + doors)</b>	Simple	Simple square-type footprint shape	0,9
	Standard	Usual footprint shape (or: information not available)	1,0
	Complex	Building footprint is very complex or significantly stretched	1,2
	$C_{Cx,Footprint} =$	<b>Complex</b>	$f_{Cx,Footprint} = 1,2$

Version: 2023-07-20

TABULA

## Thermal Envelope Area Estimation

Thermal envelope area estimation according to TABULA / Energy Profile method

## Calculation

---

Building

Reference area  $A_{C,Ref}$   m<sup>2</sup>

Area estimation parameter set

---

### Estimation of Thermal Envelope Areas

**Roof area**

$$1,0 \cdot \left( 396,5 \cdot 1,20 + 1 \cdot 5,0 \right) = 480,8 \text{ m}^2$$

**Upper ceiling area**

$$396,5 \cdot 0,00 + 1 \cdot 0,0 = 0,0 \text{ m}^2$$

**Gross façade area per storey**

$$1,0 \cdot 1,2 \cdot \left( 396 \cdot 0,70 + 1 \cdot 50,0 \right) = 393,1 \text{ m}^2$$

**Door area**

$$1.784,2 \cdot 0,01 + 1 \cdot 1,5 = 19,3 \text{ m}^2$$

**Window area**

$$1.784,2 \cdot 0,18 - 19,3 = 301,8 \text{ m}^2$$

**Wall area adjacent to cellar or soil**

$$0,50 \cdot 0,5 \cdot 393,1 = 98,3 \text{ m}^2$$

**Wall area (adjacent to external air)**

$$4,5 \cdot 393,1 - 98,3 - 301,8 - 19,3 = 1.349,3 \text{ m}^2$$

**Ground floor / basement area**

$$396,5 \cdot 1,20 + 1 \cdot 5,0 = 480,8 \text{ m}^2$$

**Conditioned gross building volume**

$$3,50 \cdot 1,00 \cdot 1.784 = 6.245 \text{ m}^3$$

---

### Plausibility Check of Envelope Area Input Values

	Roof 1	Roof 2	Wall 1	Wall 2	Wall 3	Window 1	Window 2	Door 1	Floor 1	Floor 2	Total
Input values $A_{env,i}$	558	0	1418	65	22	302	0	8	464	90	2928
Estimated values $A_{estim,env,i}$	481	0	1349	98	0	302	0	19	481	0	2730
Ratio input to estimated values	116%		104%			97%		115%			
Gross façade area						103%					
Total envelope						107%					

Used for further calculation	Roof 1	Roof 2	Wall 1	Wall 2	Wall 3	Window 1	Window 2	Door 1	Floor 1	Floor 2
Estimated values	481	0	1349	98	0	302	0	19	481	0

Distribution of window areas	Horiz.	East	South	West	North
	0	151	0	151	0

	Ratio input to estimated	Lower plausibility limit		Upper plausibility limit		Result of envelope area plausibility check
		Criterion	Compliance	Criterion	Compliance	
Total envelope area	107%	≥ 80%	WAHR	≤ 125%	WAHR	WAHR
Roof to be applied*	116%	≥ 90%	WAHR *	≤ 130%	WAHR *	
Floor to be applied*	115%	≥ 90%	WAHR *	≤ 130%	WAHR *	
Window and door	97%	≥ 67%	WAHR	≤ 150%	WAHR	

\*) Only in case of simple geometries (no conditioned attic or cellar)

Version: 2023-07-20

TABULA
Thermal Insulation Measures
U-values

building variant	code	EnergyProfile.Query.Current	construction year	1955	
description					

	Roof 1	Roof 2	Wall 1	Wall 2	Wall 3	Floor 1	Floor 2	Window 1	Window 2	Door 1	
envelope area	$A_{env,i}$										$m^2$
	481	0	1349	98	0	481	0	302	0	19	

### Construction Types

	DE.MOB ASY.04.1949-1957.10	DE.MOB ASY.04.1949-1957.10	DE.MOB ASY.04.1949-1957.10	DE.MOB ASY.04.1949-1957.10	DE.MOB ASY.04.1949-1957.10	DE.MOB ASY.Ge n.3.Low E.-.-.Insulation	DE.MOB ASY.Ge n.3.Low E.-.-.Insulation	
code								
U-value original state	$U_{original,i}$							$W/(m^2K)$
	1,20	1,30	1,30	1,20	0,80	0,80		
included insulation thickness	$d_{ins, included,i}$							$mm$
	0	0	0	0				
border type								
additional thermal resistance of unheated spaces	$R_{add,i}$							$m^2K/W$
	0,00	0,00	0,00	0,30				
effective U-value original state	$U_{original, effective,i}$							$W/(m^2K)$
	1,20	1,30	1,30	0,88	0,80	0,80		

### Refurbishment Measures

	0,33	0,29	0,29	0,29	0,00	0,00	DE.MOB ASY.Ge n.-.NoCoating.-.-.	
code								
thermal resistance predefined measure	$R_{measure, predef,i}$							$m^2K/W$
	0,33	0,29	0,29	0,29	0,00	0,00		
insulation thickness predefined measure	$d_{insulation, predef,i}$							$mm$
	10	10	10	10				
actual insulation thickness	$d_{insulation,i}$							$mm$
	347	290	290	227				
thermal resistance of actual measure	$R_{measure,i}$							$m^2K/W$
	11,57	8,29	8,29	6,49	0,00	0,00		
effective thermal conductivity (indicative)	$\lambda_{insulation, effective,i}$							$W/m \cdot K$
	0,030	0,035	0,035	0,035				

### Resulting U-values

	Add	Add	Add	Add	Replace	Replace	
type of refurbishment							
thermal resistance before measure	$R_{before,i}$						$m^2K/W$
	0,83	0,77	0,77	1,13	1,25	1,25	
after measure	$R_{measure, result,i}$						$m^2K/W$
	12,40	9,05	9,05	7,62	0,00	0,00	
U-value of refurbished area	$U_{measure, result,i}$						$W/(m^2K)$
	0,08	0,11	0,11	0,13	-999999	-999999	
area fraction of measure	$f_{measure,i}$						
	100%	100%	100%	100%	0%	0%	
resulting U-value of construction element	$U_{actual,i}$						$W/(m^2K)$
	0,081	0,110	0,110	0,131	0,800	0,800	

Version: 2023-07-20



## Energy Balance Calculation

## Building Performance

Standard Reference Calculation - based on: EN ISO 13790 / seasonal method

building	EnergyProfile.Query.Current (1955 ... 1955)	reference area	$A_{C,ref}$ 1784,2 m <sup>2</sup>
climate	<DE.PC.01.64285>.<BT12>.<LTA> (-)	(conditioned floor area)	

construction element	original U-value <small>(not considering effect of adjacent unheated spaces)</small> $U_{original,i}$ W/(m <sup>2</sup> K)	measure type	nominal insulation thickness $d_{insulation,j}$ mm	effective thermal conductivity $\lambda_{insulation,j}$ W/(m·K)	area fraction $f_{measure,j}$ %	actual U-value $U_{actual,i}$ W/(m <sup>2</sup> K)	area (basis: external dimensions) $A_{env,i}$ m <sup>2</sup>	adjustment factor soil $b_{tr,i}$	$H_{tr,i}$ W/K	annual heat flow related to $A_{C,ref}$ kWh/(m <sup>2</sup> a)
Roof 1	1,20	Add	347	0,030	100%	0,08	480,8	1,00	38,8	1,7
Roof 2										
Wall 1	1,30	Add	290	0,035	100%	0,11	1349,3	1,00	149,0	6,6
Wall 2	1,30	Add	290	0,035	100%	0,11	98,3	1,00	10,9	0,5
Wall 3										
Floor 1	1,20	Add	227	0,035	100%	0,13	480,8	0,50	31,6	1,4
Floor 2										
Window 1	0,80	Replace				0,80	301,8	1,00	241,5	10,6
Window 2										
Door 1	0,80	Replace				0,80	19,3	1,00	15,5	0,7
thermal bridging: surcharge on the U-values						$\Delta U_{tb}$ 0,02	$\sum A_{env,i}$ 2730,3	1,00	$H_{tr,tb}$ 54,6	2,4
						related to: envelope area 0,20	reference area 0,30	sum	542	23,9

### Heat transfer coefficient by transmission $H_{tr}$

Heat transfer coefficient by ventilation $H_{ve}$	volume-specific heat capacity air $C_{p,air}$ Wh/(m <sup>3</sup> K)	air change rate by use $n_{air,use}$ 1/h	air change rate by infiltration $n_{air,infiltration}$ 1/h	reference area $A_{C,ref}$ m <sup>2</sup>	room height (standard value) $h_{room}$ m	W/K	33,4
	0,34	0,45	0,05	1784,2	2,50		

### Heat transfer coefficient by ventilation $H_{ve}$

Total heat transfer $Q_{ht}$	internal temp. $\vartheta_i$ °C	external temp. $\vartheta_e$ °C	heating days $d_{hs}$ d/a	Kd/a	KWh/a
	22,1	5,1	202		
57,3	$H_{tr}$ W/K	$H_{ve}$ W/K	temperature reduction factor $F_{red}$ ( $n_{tr} = W/(m^2K)$ )	$\times 0,024$ kWh/a	102244
	542	758	0,96	81,9	

### Total heat transfer $Q_{ht}$

window orientation	reduction factors			solar energy transmittance $g_{gl,n}$	window area $A_{window,i}$ m <sup>2</sup>	solar global radiation $I_{sol,i}$ kWh/(m <sup>2</sup> a)	kWh/a		
	external shading $F_{sh}$	frame area fraction $F_F$	non-perpendicular $F_W$						
1. Horizontal	0,80	$(1 - 0,30)$	0,90	0,50		379	0,0		
2. East	0,60	$(1 - 0,30)$	0,90	0,50	150,9	277	4,4		
3. South	0,60	$(1 - 0,30)$	0,90	0,50		477	0,0		
4. West	0,60	$(1 - 0,30)$	0,90	0,50	150,9	268	4,3		
5. North	0,60	$(1 - 0,30)$	0,90	0,50		174	0,0		
Solar heat load during heating season $Q_{sol}$							sum	15542	8,7

### Solar heat load during heating season $Q_{sol}$

Internal heat sources $Q_{int}$	internal heat sources kh/d	heating days $d_{hs}$ d/a	reference area $A_{C,ref}$ m <sup>2</sup>	kWh/a
	0,024	202	1784,2	
15,0				

### Internal heat sources $Q_{int}$

internal heat capacity per m <sup>2</sup> $A_{C,ref}$ $C_m$	90 Wh/(m <sup>2</sup> K)	heat balance ratio for the heating mode $\gamma_{h,gn} = \frac{Q_{sol} + Q_{int}}{Q_{ht}} = 0,414$
time constant of the building $\tau = \frac{C_m \cdot A_{C,ref}}{H_{tr} + H_{ve}}$	124 h	
parameter $a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}}$	4,92	gain utilisation factor for heating $\eta_{h,gn} = \frac{1 - \gamma_{h,gn}^{a_H}}{1 - \gamma_{h,gn}} = 0,99$

### Energy need for heating $Q_{H,nd}$

$Q_{ht} - \eta_{h,gn} \times (Q_{sol} + Q_{int})$	60277	33,8
---	-------	------

**TABULA**
**Energy Balance Calculation**
**System Performance**

Standard Reference Calculation - based on: EN ISO 15316 / level B (tabled values)

building	code EnergyProfile.Query.Current	conditioned floor area	$A_{C,ref}$ 1784,2 m <sup>2</sup>
system			

### Domestic Hot Water System

system	code		
--------	------	--	--

energy need hot water		$q_{nd,w}$	15,0	
+ losses distrib.	DE.C_Circ_Ext.MUH.14	$q_{d,w}$	5,1	→ $q_{d,w,h}$ 2,3
+ losses storage	DE.S_C_Ext.MUH.12	$q_{s,w}$	0,8	→ $q_{s,w,h}$ 0,0
		$q_{g,w,out} = q_{nd,w} + q_{d,w} + q_{s,w}$	20,9	$q_{w,h} = q_{d,w,h} + q_{s,w,h}$ 2,3
		kWh/(m <sup>2</sup> a)		kWh/(m <sup>2</sup> a)

thereof recoverable for space heating:

**energyware for domestic hot water**

code	code	$\alpha_{nd,w,i}$	$q_{g,w,out}$	$e_{g,w,i}$	$q_{del,w,i}$
1	DH_Bio_CHP33	DE.TS.Gen.11	100%	x 20,9	x 1,14 = 23,8
2	-	-	0%	x 20,9	x 0,00 = 0,0
3	-	-	0%	x 20,9	x 0,00 = 0,0

kWh/(m<sup>2</sup>a) related to gross calorific value

**combined heat and power**

expenditure factor	electricity generation	electricity production
0,00	0,00	0,0
0,00	0,00	0,0
0,00	0,00	0,0

**auxiliary energy**

aux	EI	DE.C_Circ.MUH.11	$q_{del,w,aux}$	0,8
			kWh/(m <sup>2</sup> a)	

### Heating System

system	code		
--------	------	--	--

energy need space heating		$q_{nd,h}$	33,8	
- usable contribution of hot water system		$\eta_{h,gn} \cdot q_{w,h}$	2,3	← $\eta_{h,gn} = \frac{1 - \gamma_{air,h}}{1 - \gamma_{air,h} + 1} = 0,97$
- usable contrib. of vent. heat recovery		$\eta_{h,gn} \cdot q_{ve,h,rec}$	16,0	← $q_{ve,h,rec} = 70\% \times 70\% \times 33,4$
+ losses distribution and heat emission	DE.C_Ext.MUH.14	$q_{d,h}$	4,6	
+ losses storage	DE.BS.MUH.12	$q_{s,h}$	0,8	
		$q_{g,h,out} = q_{nd,h} - q_{w,h} - q_{ve,h,rec} + q_{d,h} + q_{s,h}$	20,9	
		kWh/(m <sup>2</sup> a)		

gain utilisation factor (heating contributions from DHW and vent. system)

**energyware for space heating**

code	code	$\alpha_{nd,h,i}$	$q_{g,h,out}$	$e_{g,h,i}$	$q_{del,h,i}$
1	DH_Bio_CHP33	DE.TS.Gen.11	100%	x 20,9	x 1,02 = 21,3
2	-	-	0%	x 20,9	x 0,00 = 0,0
3	-	-	0%	x 20,9	x 0,00 = 0,0

kWh/(m<sup>2</sup>a) related to gross calorific value

**combined heat and power**

expenditure factor	electricity generation	electricity production
0,00	0,00	0,0
0,00	0,00	0,0
0,00	0,00	0,0

**auxiliary energy**

aux	EI	DE.C.MUH.11	$q_{del,h,aux}$	0,5
			kWh/(m <sup>2</sup> a)	
aux	EI	DE.Bal_Rec.MUH.15	$q_{del,ve,aux}$	2,6
			kWh/(m <sup>2</sup> a)	

for information: net energy need for heating  
 $q_{nd,h,net} = q_{nd,h} - \eta_{h,gn} \cdot q_{ve,h,rec}$  17,8 kWh/(m<sup>2</sup>a)

**Total electricity production**

$q_{prod,el} = \sum_i q_{prod,el,w,i} + \sum_i q_{prod,el,h,i} + q_{prod,el,pv}$  17,8 kWh/(m<sup>2</sup>a)

**TABULA**
**Metered Consumption**
**Comparison to Calculation**

---

code

Building

conditioned floor area  $A_{C,ref}$

m<sup>2</sup>

---

**Comparison Scope**

from  to

Number of years

**H+W**

---

**Relevant Metering**

Code of the metering	Metered quantity	Conditioned floor area	Utilisation	Metered energy		Consideration factor
				all balance years	average year	
		m <sup>2</sup>		kWh	kWh/a	
M1 <EnergyProfile.Query.Current>.<M 1>	Heat	1622,0	-H-W-	88171	88171	100%
M2 <EnergyProfile.Query.Current>.<M2>	Heat	1622,0	-W-	41553	41553	
M3 <EnergyProfile.Query.Current>.<M 3>	Water_DHW	1622,0	-W-	54723	54723	

**Annual metered consumption to be considered (comparison value)**

<b>88171</b>	<b>49,4</b>
kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)

---

**Comparison with Energy Balance Calculation**

$A_{C,ref}$   m<sup>2</sup>

**DHW**

	kWh/(m <sup>2</sup> a)	Consideration factor
Net energy need	15,0	100%
Effective net energy need (considering heat recoveries)		
Heat losses storage	0,8	100%
Heat losses distribution	5,1	100%
Gross heat demand	20,9	

Energy Carrier	DH_Be_CHP33	-	-	El.Prod	El.Aux
Fraction of produced heat	100%	0%	0%		
Produced heat	20,9	0,0	0,0		
Consideration factor					
Delivered energy	23,8	0,0	0,0	0,0	0,8
Consideration factor					

**Space heating**

Calculation	Climate adjusted	Consideration factor
33,8	33,1	
15,6	14,9	100%
0,8	0,8	100%
4,6	4,6	100%
20,9	20,2	

Energy Carrier	DH_Be_CHP33	-	-	El.Prod	El.Aux
Fraction of produced heat	100%	0%	0%		
Produced heat	20,2	0,0	0,0		
Consideration factor					
Delivered energy	20,6	0,0	0,0	0,0	0,5
Consideration factor					

**Annual calculated demand to be considered (comparison value)**

<b>73439</b>	<b>41,2</b>
kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)

**Comparison**

[kWh/(m<sup>2</sup>a)]

0 10 20 30 40 50 60

metered

calculated

Ratio metered to calculated

**1,20**

Comment / Explanation

Version: 2023-07-20

156

<b>Estimation of the Uncertainty</b>		<b>U-value Constructions</b>								
Thermal envelope area estimation according to TABULA method										
Building <input type="text" value="DE.MOBASY.PHSP.AB.Var1"/>		Reference area $A_{C,ref}$ <input type="text" value="1784,2"/> m <sup>2</sup>								
<b>Uncertainty of U-values (opaque constructions)</b>	Quantity	Unit	Value	Uncertainty		Sensitivity of U-value to change of quantity	Resulting uncertainty of effective U-value		Relevance of quantity for total uncertainty	
				Category			absolute	relative		
				absolute	relative					
<b>Roof 1</b> <span style="float:right">Surface area <input type="text" value="481"/> m<sup>2</sup></span>										
U-value original construction	$U_{Or}$	W/(m <sup>2</sup> K)	1,20	D	+/- 0,48	+/- 40%	0,005	+/- 0,002	+/- 3%	2%
Area fraction with insulation	$f_{Ins}$	-	1,00	C			-1,119	+/- 0,000	+/- 0%	0%
Insulation thickness	$d_{Ins}$	m	0,35	C	+/- 0,02	+/- 6%	-0,217	+/- 0,004	+/- 5%	8%
Thermal conductivity of insulation	$\lambda_{Ins}$	W/(m·K)	0,030	D	+/- 0,006	+/- 20%	2,508	+/- 0,015	+/- 19%	91%
			<b>Effective U-Value</b>				<b>Uncertainty</b>			
<b>Resulting U-value</b>			W/(m <sup>2</sup> K)	<b>0,08</b>				<b>+/- 0,02</b>	+/- 20%	(100%)
<b>Roof 2</b> <span style="float:right">Surface area <input type="text" value="0"/> m<sup>2</sup></span>										
U-value original construction	$U_{Or}$	W/(m <sup>2</sup> K)		D						
Area fraction with insulation	$f_{Ins}$	-		E						
Insulation thickness	$d_{Ins}$	m		E						
Thermal conductivity of insulation	$\lambda_{Ins}$	W/(m·K)		E						
			<b>Effective U-Value</b>				<b>Uncertainty</b>			
<b>Resulting U-value</b>			W/(m <sup>2</sup> K)							
<b>Wall 1</b> <span style="float:right">Surface area <input type="text" value="1349"/> m<sup>2</sup></span>										
U-value original construction	$U_{Or}$	W/(m <sup>2</sup> K)	1,30	D	+/- 0,52	+/- 40%	0,007	+/- 0,004	+/- 3%	3%
Area fraction with insulation	$f_{Ins}$	-	1,00	C			-1,190	+/- 0,000	+/- 0%	0%
Insulation thickness	$d_{Ins}$	m	0,29	C	+/- 0,02	+/- 7%	-0,348	+/- 0,007	+/- 6%	10%
Thermal conductivity of insulation	$\lambda_{Ins}$	W/(m·K)	0,035	D	+/- 0,007	+/- 20%	2,887	+/- 0,020	+/- 18%	87%
			<b>Effective U-Value</b>				<b>Uncertainty</b>			
<b>Resulting U-value</b>			W/(m <sup>2</sup> K)	<b>0,11</b>				<b>+/- 0,02</b>	+/- 20%	(100%)
<b>Wall 2</b> <span style="float:right">Surface area <input type="text" value="98"/> m<sup>2</sup></span>										
U-value original construction	$U_{Or}$	W/(m <sup>2</sup> K)	1,30	D	+/- 0,52	+/- 40%	0,007	+/- 0,004	+/- 3%	3%
Area fraction with insulation	$f_{Ins}$	-	1,00	C			-1,190	+/- 0,000	+/- 0%	0%
Insulation thickness	$d_{Ins}$	m	0,29	C	+/- 0,02	+/- 7%	-0,348	+/- 0,007	+/- 6%	10%
Thermal conductivity of insulation	$\lambda_{Ins}$	W/(m·K)	0,035	D	+/- 0,007	+/- 20%	2,887	+/- 0,020	+/- 18%	87%
			<b>Effective U-Value</b>				<b>Uncertainty</b>			
<b>Resulting U-value</b>			W/(m <sup>2</sup> K)	<b>0,11</b>				<b>+/- 0,02</b>	+/- 20%	(100%)
<b>Wall 3</b> <span style="float:right">Surface area <input type="text" value="0"/> m<sup>2</sup></span>										
U-value original construction	$U_{Or}$	W/(m <sup>2</sup> K)		D						
Area fraction with insulation	$f_{Ins}$	-		C						
Insulation thickness	$d_{Ins}$	m		C						
Thermal conductivity of insulation	$\lambda_{Ins}$	W/(m·K)		D						
			<b>Effective U-Value</b>				<b>Uncertainty</b>			
<b>Resulting U-value</b>			W/(m <sup>2</sup> K)							
<b>Floor 1</b> <span style="float:right">Surface area <input type="text" value="481"/> m<sup>2</sup></span>										
U-value original construction	$U_{Or}$	W/(m <sup>2</sup> K)	0,88	D	+/- 0,35	+/- 40%	0,022	+/- 0,008	+/- 6%	9%
Area fraction with insulation	$f_{Ins}$	-	1,00	C			-0,751	+/- 0,000	+/- 0%	0%
Insulation thickness	$d_{Ins}$	m	0,23	C	+/- 0,02	+/- 9%	-0,492	+/- 0,010	+/- 8%	15%
Thermal conductivity of insulation	$\lambda_{Ins}$	W/(m·K)	0,035	D	+/- 0,007	+/- 20%	3,192	+/- 0,022	+/- 17%	76%
			<b>Effective U-Value</b>				<b>Uncertainty</b>			
<b>Resulting U-value</b>			W/(m <sup>2</sup> K)	<b>0,13</b>				<b>+/- 0,03</b>	+/- 20%	(100%)
<b>Floor 2</b> <span style="float:right">Surface area <input type="text" value="0"/> m<sup>2</sup></span>										
U-value original construction	$U_{Or}$	W/(m <sup>2</sup> K)		D						
Area fraction with insulation	$f_{Ins}$	-		C						
Insulation thickness	$d_{Ins}$	m		C						
Thermal conductivity of insulation	$\lambda_{Ins}$	W/(m·K)		D						
			<b>Effective U-Value</b>				<b>Uncertainty</b>			
<b>Resulting U-value</b>			W/(m <sup>2</sup> K)							

## Estimation of the Uncertainty



building DE.MOBASY.PHSP.AB.Var1 reference area  $A_{C,ref}$  1784,2 m<sup>2</sup>

	Simplified energy expenditure factors			Sum delivered energy	generated heat	Simplified energy expenditure factor	net heat need	Simplified energy expenditure factor supply system
	Delivered energy EC 1	EC 2	EC 3					
<b>Space heating</b>	DHL_Bio_CHFP33	-	-	kWh/(m <sup>2</sup> a)	q <sub>del,h</sub> : 20,9	= 1,02	kWh/(m <sup>2</sup> a)	q <sub>del,h</sub> : 15,6 = 1,37
	21,3	0,0	0,0	q <sub>del,h</sub> 21,3				
<b>DHW</b>	DHL_Bio_CHFP33	-	-	kWh/(m <sup>2</sup> a)	q <sub>del,w</sub> : 20,9	= 1,14	kWh/(m <sup>2</sup> a)	q <sub>del,w</sub> : 15,0 = 1,59
	23,8	0,0	0,0	q <sub>del,w</sub> 23,8				

Quantity	Uncertainty of respective quantity				Uncertainty of delivered energy						
	Value	Category	relative	absolute	Reduction factor multi-dwelling	Relevant heat or energy flow*	Sensitivity of heat flow to change of quantity	Energy expenditure factor	Uncertainty of relevant heat or energy flow*	Relevance for total uncertainty	
<b>Building heat losses</b>											
Envelope area	$A_{env,calc}$ m <sup>2</sup>	2730	C	+/- 15%	+/- 410	1,0	23,9	0,0087	1,00	+/- 3,6	4,9%
Thermal transmittance	$b_{tr,i} \cdot U_{eff,i}$ W/(m <sup>2</sup> K)										
Roof 1	1,00 0,08	0,08		+/- 20%	+/- 0,02	1,0	1,7	21,2	1,00	+/- 0,3	0,0%
Roof 2						1,0			1,00		
Wall 1	1,00 0,11	0,11		+/- 20%	+/- 0,02	1,0	6,6	59,5	1,00	+/- 1,3	0,6%
Wall 2	1,00 0,11	0,11		+/- 20%	+/- 0,02	1,0	0,5	4,3	1,00	+/- 0,1	0,0%
Wall 3						1,0			1,00		
Floor 1	0,50 0,13	0,07		+/- 20%	+/- 0,01	1,0	1,4	21,2	1,00	+/- 0,3	0,0%
Floor 2						1,0			1,00		
Window 1	1,00 0,80	0,80		+/- 15%	+/- 0,12	1,0	10,6	13,3	1,00	+/- 1,6	1,0%
Window 2						1,0			1,00		
Door 1	1,00 0,80	0,80		+/- 15%	+/- 0,12	1,0	0,7	0,9	1,00	+/- 0,1	0,0%
Thermal bridging	$\Delta U_{eff, th bridge}$ W/(m <sup>2</sup> K)	0,02	C	+/- 25%	+/- 0,05	1,0	23,9	120,4	1,00	+/- 6,0	13,9%
Relative uncertainty related to				0,20 W/(m <sup>2</sup> K)							
Air exchange (heat not recovered)	$\rho_{air, heat loss}$ 1/h	0,26	C	+/- 33%	+/- 0,15	1,0	33,4	74,3	1,00	+/- 11,1	47,5%
Relative uncertainty related to				0,45 1/h							
Internal temperature	$\vartheta_i$ °C	22,1	C	+/- 6%	+/- 1,0	1,0	57,3	3,4	1,00	+/- 3,4	4,4%
Relative uncertainty related to				16,9 K							
External temperatures	$F_{HDD}$ kKh/a	82	B	+/- 5%	+/- 4,1	1,0	57,3	0,7	1,00	+/- 2,9	3,1%
Relative uncertainty related to								1 kKh/a			
<b>Building heat gains</b>											
Solar heat gains											
Effective equivalent South aperture	$A_{ap, equiv al S}$ m <sup>2</sup>	33	E	+/- 60%	+/- 20	1,0	8,7	0,27	1,00	+/- 5,2	10,5%
Solar radiation	$I_{sol, hp}$ kWh/(m <sup>2</sup> a)	476,8	B	+/- 10%	+/- 48	1,0	8,7	0,02	1,00	+/- 0,9	0,3%
Internal heat load	$\phi_{el}$ W/m <sup>2</sup>	3,10	D	+/- 40%	+/- 1,24	1,0	15,0	4,8	1,00	+/- 6,0	13,8%
Relative uncertainty related to								kWh/(m <sup>2</sup> a)			

**Total uncertainty energy need for heating**  $q_{h,nd}$  **33,8** **+/- 16,2** (100%)

### Domestic hot water (DHW) - heat need

DHW heat need	$q_{w,nd}$ kWh/(m <sup>2</sup> a)	15,0	C	+/- 25%	+/- 3,75	1,0	15,0	1,0	1,00	+/- 3,8
---------------	-----------------------------------	------	---	---------	----------	-----	------	-----	------	---------

**Total uncertainty DHW heat need** **15,0** **+/- 3,8**

### Delivered energy (building + heat supply system)

Space heating											
Heat need for heating	$q_{h,nd}$						34		1,02	+/- 16,5	94,7%
Ventilation with heat recovery (considered as part of the heat supply system)								kWh/(m <sup>2</sup> a)			
Heat recovery	$\eta_{ve,rec}$	0,70	C	+/- 20%	+/- 0,14	1,0	16,0	+22,8	1,02	+/- 3,3	3,7%
Heat supply system								kWh/(m <sup>2</sup> a)			
Energy expenditure factor	$e_{sys,h}$	1,37	C	+/- 10%	+/- 0,14	1,0	21,3	15,6	1,00	+/- 2,1	1,6%
<b>Total uncertainty delivered energy for space heating (building + heat supply system)</b>										<b>+/- 16,9</b>	(100%)
										<b>92,3%</b>	

Domestic hot water (DHW)								kWh/(m <sup>2</sup> a)			
DHW heat need	$q_{w,nd}$								1,14	+/- 4,3	76,3%
Energy expenditure factor	$e_{sys,w}$	1,59	C	+/- 10%	+/- 0,16	1,0	23,8	+15,0	1,00	+/- 2,4	23,7%
<b>Total uncertainty delivered energy for DHW (heat need + heat supply system)</b>										<b>+/- 4,9</b>	(100%)
										<b>7,7%</b>	

Delivered energy for space heating and DHW **45,2** kWh/(m<sup>2</sup>a)  
**Total uncertainty delivered energy for space heating and DHW** **+/- 17,6** (100%)

\*) Simplified linear approach Simplified uncertainty estimation for delivered energy related to reference area (conditioned floor area)

## E.2 Gebäude AB – Var. 2 (Auszug)

**TABULA**
**Energy Balance Calculation**
**Building Performance**

Standard Reference Calculation - based on: EN ISO 13790 / seasonal method

building: EnergyProfile.Query.Current (1955 ... 1955)

climate: <DE.PC.01.64285>. <BT12>. <LTA> (-)

reference area  $A_{C,ref}$ : 1784,2 m<sup>2</sup>

(conditioned floor area)

construction element	original U-value <small>(not considering effect of adjacent unheated spaces)</small>	measure type	nominal insulation thickness	effective thermal fraction	area	actual U-value	area (basis: external dimensions)	adjustment factor	soil	annual heat flow related to $A_{C,ref}$	
	$U_{original,i}$ W/(m <sup>2</sup> K)		$d_{insulation,i}$ mm	$f_{measure,i}$ W/(m <sup>2</sup> K)		$U_{actual,i}$ W/(m <sup>2</sup> K)	$A_{env,i}$ m <sup>2</sup>	$b_{tr,i}$	$H_{tr,i}$ W/K	$kWh/(m^2a)$	
Roof 1	0,09					0,09	558,1	1,00	=	50,2	2,2
Roof 2									=		
Wall 1	0,11					0,11	1418,0	1,00	=	160,2	7,1
Wall 2	0,29					0,27	65,3	0,50	=	8,8	0,4
Wall 3	0,11					0,11	22,1	0,50	=	1,2	0,1
Floor 1	0,13					0,12	463,6	0,50	=	28,1	1,2
Floor 2	0,22					0,22	90,3	0,50	=	10,0	0,4
Window 1	0,72	Replace				0,72	302,3	1,00	=	217,7	9,6
Window 2									=		
Door 1	1,50	Replace				1,50	8,3	1,00	=	12,5	0,5

thermal bridging: surcharge on the U-values

$\Delta U_{tb}$ : 0,02 ×  $\Sigma A_{env,i}$ : 2928,0 × adjustment factor: 1,00 =  $H_{tr,tb}$ : 52,7

related to: envelope area: 0,18 reference area: 0,30

**Heat transfer coefficient by transmission  $H_{tr}$**

sum: 541 23,9

volume-specific heat capacity air: 0,34 Wh/(m<sup>3</sup>K)

air change rate by use: 0,50 1/h

air change rate by infiltration: 0,04 1/h

room height (standard value): 2,50 m

**Heat transfer coefficient by ventilation  $H_{ve}$** : 807 35,6

internal temp. external temp. heating days

accumulated differences between internal and external temperature:  $(22,1 - 5,1) \times 202 = 3414$

temperature reduction factor: 0,96

**Total heat transfer  $Q_{int}$** : 106042 59,4

window orientation	reduction factors			solar energy transmittance $g_{gl,n}$	window area $A_{window,i}$	solar global radiation $I_{sol,i}$	solar kWh/a
	external shading $F_{sh}$	frame area fraction $F_F$	non-perpendicular $F_W$				
1. Horizontal	0,80	0,28	0,85	0,54		379	0,0
2. East	0,38	0,28	0,85	0,54	143,8	277	4951
3. South	0,38	0,28	0,85	0,54		477	0,0
4. West	0,38	0,28	0,85	0,54	158,5	268	5274
5. North	0,38	0,28	0,85	0,54		174	0,0

**Solar heat load during heating season  $Q_{sol}$**  sum: 10225 5,7

internal heat sources: 0,024 kh/d

heating days: 202

reference area: 1784,2 m<sup>2</sup>

**Internal heat sources  $Q_{int}$** : 9923 5,6

internal heat capacity per m<sup>2</sup>  $A_{C,ref}$ : 90 Wh/(m<sup>2</sup>K)

time constant of the building:  $\tau = \frac{C_m \cdot A_{C,ref}}{H_{tr} + H_{ve}} = 119$  h

parameter:  $a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}} = 4,77$

heat balance ratio for the heating mode:  $\gamma_{h,gn} = \frac{Q_{sol} + Q_{int}}{Q_{int}} = 0,190$

gain utilisation factor for heating:  $\eta_{h,gn} = \frac{1 - \gamma_{h,gn}^{a_H}}{1 - \gamma_{h,gn}} = 1,00$

**Energy need for heating  $Q_{H,nd}$**

$Q_{int} - \eta_{h,gn} \times (Q_{sol} + Q_{int}) = 85901$  48,1

Version: 2023-07-20

# Energy Balance Calculation System Performance

Standard Reference Calculation - based on: EN ISO 15316 / level B (tabled values)

building	code	conditioned floor area	$A_{C,ref}$
system	EnergyProfile.Query.Current	1784,2	m <sup>2</sup>

## Domestic Hot Water System

system code

energy need hot water	$q_{nd,w}$	15,0	thereof recoverable for space heating:
+ losses distrib.	Manual input	$q_{d,w}$ 7,7	$q_{d,w,h}$ 3,2
+ losses storage	Manual input	$q_{s,w}$ 0,7	$q_{s,w,h}$ 0,0
$q_{g,w,out} = q_{nd,w} + q_{d,w} + q_{s,w}$		23,3	$q_{w,h} = q_{d,w,h} + q_{s,w,h}$ 3,2

unit: kWh/(m<sup>2</sup>a)

code	heat generator	$\alpha_{nd,w,i}$	$q_{g,w,out}$	$e_{g,w,i}$	$q_{del,w,i}$	combined heat and power expenditure factor	combined heat and power electricity production
1	DH FW-Übergabestation	100%	23,3	1,05	24,6	0,00	0,0
2	_NA_	0%	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0
3	_NA_	0%	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0

unit: kWh/(m<sup>2</sup>a) related to gross calorific value

auxiliary energy: EI Manual input  $q_{del,w,aux}$  0,8 kWh/(m<sup>2</sup>a)

## Heating System

system code

energy need space heating	$q_{nd,h}$	48,1	gain utilisation factor $\eta_{h,gn} = \frac{1 - \gamma_{air,h}}{1 - \gamma_{air,h} + 1}$
- usable contribution of hot water system	$\eta_{h,gn} \cdot q_{w,h}$	3,1	0,99
- usable contrib. of vent. heat recovery	$\eta_{h,gn} \cdot q_{ve,h,rec}$	18,6	
+ losses distribution and heat emission	Manual input	$q_{d,h}$ 4,0	
+ losses storage	Manual input	$q_{s,h}$ 0,7	
$q_{g,h,out} = q_{nd,h} - q_{w,h} - q_{ve,h,rec} + q_{d,h} + q_{s,h}$		31,1	

unit: kWh/(m<sup>2</sup>a)

building parameter  $a_h$  4,77

gain/loss ratio  $\gamma_{h,gn} = \frac{q_{w,h} + q_{ve,h,rec}}{q_{nd,h}}$  0,46

ventilation heat recovery  $f_{air,mech} \cdot \eta_{ve,rec} \cdot q_{ht,ve}$  35,6 kWh/(m<sup>2</sup>a)

mechanical fraction of air change rate  $f_{air,mech} = \frac{\min(\eta_{air,mech}, \eta_{air,use})}{\eta_{air,mech} + \eta_{air,use}}$

code	heat generator	$\alpha_{nd,h,i}$	$q_{g,h,out}$	$e_{g,h,i}$	$q_{del,h,i}$	combined heat and power expenditure factor	combined heat and power electricity production
1	DH FW-Übergabestation	100%	31,1	1,05	32,8	0,00	0,0
2	_NA_	0%	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0
3	_NA_	0%	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0

unit: kWh/(m<sup>2</sup>a) related to gross calorific value

auxiliary energy: EI Manual input  $q_{del,h,aux}$  0,5 kWh/(m<sup>2</sup>a)

ventilation system: EI DE.Bal\_Rec.MUH.12  $q_{del,ve,aux}$  2,6 kWh/(m<sup>2</sup>a)

for information: net energy need for heating  $q_{nd,h,net} = q_{nd,h} - \eta_{h,gn} \cdot q_{ve,h,rec}$  29,6 kWh/(m<sup>2</sup>a)

## Electricity Production

Photovoltaic unit calculation according to EN 15316-4-6 "Photovoltaic Systems"

code	$A_{pv,system}$	$K_{pv,p}$	$P_{pv,p}$	ratio of annual electricity output to rated PV capacity	rated PV capacity	annual electricity produced by PV panels	electricity prod. PV system per m <sup>2</sup> ref.
<DE.PC.0164285>-<BT12>-<LTA>-<DE.Gen.01>	110,8	0,19	20,6	784	20,6	16150	9,1
<DE.PC.0164285>-<BT12>-<LTA>-<DE.Gen.01>	110,8	0,19	20,6	784	20,6	16154	9,1
Sum	221,6		41,2			32304	18,1

unit: m<sup>2</sup>, kW/m<sup>2</sup>, kW, kWh/a, kWh/(m<sup>2</sup>a)

## Total electricity production

$q_{prod,el} = \sum_i q_{prod,el,w,i} + \sum_i q_{prod,el,h,i} + q_{prod,el,pv}$  18,1 kWh/(m<sup>2</sup>a)

TABULA

## Metered Consumption

## Comparison to Calculation

---

code  
Building

$A_{C,ref}$   
conditioned floor area  m<sup>2</sup>

---

### Comparison Scope

H+W.01.2021-07

from  to

Number of years

### H+W

---

### Relevant Metering

Code of the metering	Metered quantity	Conditioned floor area m <sup>2</sup>	Utilisation	Metered energy		Consideration factor
				all balance years kWh	average year kWh/a	
M1	Heat	1622,0	-H-W-	88171	88171	100%
M2	Heat	1622,0	-W-	41553	41553	
M3	Water_DHW	1622,0	-W-	32786	32786	

**Annual metered consumption to be considered (comparison value)**

<b>88171</b>	<b>49,4</b>
--------------	-------------

kWh/a    kWh/(m<sup>2</sup>a)

---

### Comparison with Energy Balance Calculation

$A_{C,ref}$   
 m<sup>2</sup>

#### DHW

	kWh/(m <sup>2</sup> a)	Consideration factor
Net energy need	15,0	100%
Effective net energy need (considering heat recoveries)		
Heat losses storage	0,7	100%
Heat losses distribution	7,7	100%
Gross heat demand	23,3	

#### Space heating

Calculation	Climate adjusted	Consideration factor
48,1	47,1	
26,5	25,4	100%
0,7	0,7	100%
4,0	4,0	100%
31,1	30,1	

Climate adjustment factors

Heating degree days	0,93
Solar radiation	0,90

Effect of climate adjustment

97%
-----

Energy Carrier	DH	_NA_	_NA_	El.Prod	El.Aux
Fraction of produced heat	100%	0%	0%		
Produced heat	23,3	0,0	0,0		
Consideration factor					
Delivered energy	24,6	0,0	0,0	0,0	0,8
Consideration factor					

Energy Carrier	DH	_NA_	_NA_	El.Prod	El.Aux
Fraction of produced heat	100%	0%	0%		
Produced heat	30,1	0,0	0,0		
Consideration factor					
Delivered energy	31,7	0,0	0,0	0,0	0,5
Consideration factor					

**Annual calculated demand to be considered (comparison value)**

	Applicable for DHW	Applicable for Space heating	Comparison value
Heat demand	23,3 kWh/(m <sup>2</sup> a)	30,1 kWh/(m <sup>2</sup> a)	Sum of applicable values kWh/a    kWh/(m <sup>2</sup> a) <b>95397</b> <b>53,5</b>
Heat generation	0,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)	0,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Energy carrier	0,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)	0,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)	

**Comparison**

[kWh/(m<sup>2</sup>a)]

Ratio metered to calculated

**0,92**

Comment / Explanation



### Estimation of the Uncertainty

building  reference area  $A_{C,ref}$   m<sup>2</sup>

	Simplified energy expenditure factors			Sum delivered energy	generated heat	Simplified energy expenditure factor heat generation	net heat need	Simplified energy expenditure factor supply system
	Delivered energy EC 1	EC 2	EC 3					
<b>Space heating</b>	DH	NA	NA	kWh/(m <sup>2</sup> a)	kWh/(m <sup>2</sup> a)		kWh/(m <sup>2</sup> a)	
	32,8	0,0	0,0	$q_{del,h}$ 32,8	$q_{del,h}$ : 31,1 = 1,05		$q_{del,h}$ : 26,5 = 1,24	
<b>DHW</b>	DH	NA	NA	kWh/(m <sup>2</sup> a)	kWh/(m <sup>2</sup> a)		kWh/(m <sup>2</sup> a)	
	24,6	0,0	0,0	$q_{del,w}$ 24,6	$q_{del,w}$ : 23,3 = 1,05		$q_{del,w}$ : 15,0 = 1,64	

Quantity	Uncertainty of respective quantity				Uncertainty of delivered energy					
	Value	Uncertainty Category		Reduction factor multi-dwelling	Relevant heat or energy flow*	Sensitivity of heat flow to change of quantity	Energy expenditure factor	Uncertainty of relevant heat or energy flow*	Relevance for total uncertainty	
		relative	absolute							
<b>Building heat losses</b>										
Envelope area	$A_{env,calc}$	2928	A +/- 5%	+/- 146	1,0	23,9	0,0082	1,00	+/- 1,2	1,0%
Thermal transmittance	$b_{tr,i} \cdot U_{eff,i}$	W/(m <sup>2</sup> K)		W/(m <sup>2</sup> K)			kWh/(m <sup>2</sup> a) by change of 1m <sup>2</sup>		kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Roof 1	1,00 0,09	0,09	A +/- 5%	+/- 0,00	1,0	2,2	24,6	1,00	+/- 0,1	0,0%
Roof 2			A		1,0			1,00		
Wall 1	1,00 0,11	0,11	A +/- 5%	+/- 0,01	1,0	7,1	62,5	1,00	+/- 0,4	0,1%
Wall 2	0,50 0,27	0,13	A +/- 5%	+/- 0,01	1,0	0,4	2,9	1,00	+/- 0,0	0,0%
Wall 3	0,50 0,11	0,06	A +/- 5%	+/- 0,00	1,0	0,1	1,0	1,00	+/- 0,0	0,0%
Floor 1	0,50 0,12	0,06	A +/- 5%	+/- 0,00	1,0	1,2	20,4	1,00	+/- 0,1	0,0%
Floor 2	0,50 0,22	0,11	A +/- 5%	+/- 0,01	1,0	0,4	4,0	1,00	+/- 0,0	0,0%
Window 1	1,00 0,72	0,72	A +/- 5%	+/- 0,04	1,0	9,6	13,3	1,00	+/- 0,5	0,2%
Window 2			A		1,0			1,00		
Door 1	1,00 1,50	1,50	A +/- 5%	+/- 0,08	1,0	0,5	0,4	1,00	+/- 0,0	0,0%
Thermal bridging	$\Delta U_{eff, th bridge}$	W/(m <sup>2</sup> K)	A +/- 5%	+/- 0,01	1,0	23,9	129,1	1,00	+/- 1,3	1,2%
Relative uncertainty related to				0,18 W/(m <sup>2</sup> K)						
Air exchange (heat not recovered)	$n_{air, heat loss}$	1/h	C +/- 30%	+/- 0,15	1,0	35,6	71,7	1,00	+/- 10,8	80,5%
Relative uncertainty related to				0,50 1/h			1,0 1/h		kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Internal temperature	$\vartheta_i$	22,1	C +/- 6%	+/- 1,0	1,0	59,4	3,5	1,00	+/- 3,5	8,6%
Relative uncertainty related to				16,9 K			1 K		kWh/(m <sup>2</sup> a)	
External temperatures	$F_{HDD}$	kkh/a	B +/- 5%	+/- 4,1	1,0	59,4	0,7	1,00	+/- 3,0	6,1%
Relative uncertainty related to				kkh/a			1 kkh/a		kWh/(m <sup>2</sup> a)	
<b>Building heat gains</b>										
Solar heat gains										
Effective equivalent South aperture	$A_{ap, equiv S}$	m <sup>2</sup>	B +/- 10%	+/- 2	1,0	5,7	0,27	1,00	+/- 0,6	0,2%
Solar radiation	$I_{sol, hp}$	kWh/(m <sup>2</sup> a)	B +/- 10%	+/- 48	1,0	5,7	0,01	1,00	+/- 0,6	0,2%
Internal heat load	$\dot{q}_{el}$	W/m <sup>2</sup>	C +/- 30%	+/- 0,35	1,0	5,6	4,8	1,00	+/- 1,7	1,9%
Relative uncertainty related to				W/m <sup>2</sup>			kWh/(m <sup>2</sup> a)/(W/m <sup>2</sup> )		kWh/(m <sup>2</sup> a)	

**Total uncertainty energy need for heating**  $q_{h,nd}$  **48,1** **+/- 12,0** (100%)

**Domestic hot water (DHW) - heat need**

DHW heat need	$q_{w,nd}$	15,0	C +/- 25%	+/- 3,75	1,0	15,0	1,0	1,00	+/- 3,8	
---------------	------------	------	-----------	----------	-----	------	-----	------	---------	--

**Total uncertainty DHW heat need** **15,0** **+/- 3,8**

**Delivered energy (building + heat supply system)**

Space heating										
Heat need for heating	$q_{h,nd}$					48		1,05	+/- 12,6	93,4%
Ventilation with heat recovery (considered as part of the heat supply system)							kWh/(m <sup>2</sup> a)			
Heat recovery	$\eta_{ve,rec}$	0,71	B +/- 15%	+/- 0,11	1,0	18,6	+26,1	1,05	+/- 2,9	5,0%
Heat supply system							kWh/(m <sup>2</sup> a)			
Energy expenditure factor	$e_{sy,s,h}$	1,24	B +/- 5%	+/- 0,06	1,0	32,8	26,5	1,00	+/- 1,6	1,6%
<b>Total uncertainty delivered energy for space heating (building + heat supply system)</b>									<b>+/- 13,1</b>	(100%)
										90,9%
Domestic hot water (DHW)							kWh/(m <sup>2</sup> a)		kWh/(m <sup>2</sup> a)	
DHW heat need	$q_{w,nd}$							1,05	+/- 3,9	91,2%
Energy expenditure factor	$e_{sy,s,w}$	1,64	B +/- 5%	+/- 0,08	1,0	24,6	+15,0	1,00	+/- 1,2	8,8%
<b>Total uncertainty delivered energy for DHW (heat need + heat supply system)</b>									<b>+/- 4,1</b>	(100%)
										9,1%
Delivered energy for space heating and DHW						57,4			kWh/(m <sup>2</sup> a)	
<b>Total uncertainty delivered energy for space heating and DHW</b>									<b>+/- 13,7</b>	(100%)

\*) Simplified linear approach Simplified uncertainty estimation for delivered energy related to reference area (conditioned floor area)

### E.3 Gebäude AB – Var. 3 (Auszug)

**TABULA**
**Energy Balance Calculation**
**Building Performance**

Standard Reference Calculation - based on: EN ISO 13790 / seasonal method

building: EnergyProfile.Query.Current (1955 ... 1955)

climate: <DE.PC.01.64285>. <BT12>. <LTA> (-)

reference area  $A_{C,ref}$ : 1784,2 m<sup>2</sup>

(conditioned floor area)

construction element	original U-value <small>(not considering effect of adjacent unheated spaces)</small>	measure type	nominal insulation thickness	effective thermal fraction	area	actual U-value	area (basis: external dimensions)	adjustment factor soil	$H_{tr,i}$	annual heat flow related to $A_{C,ref}$
	$U_{original,i}$ W/(m <sup>2</sup> K)		$d_{insulation}$ mm	$\lambda_{insulation}$ W/(m·K)	$f_{measure,i}$	$U_{actual,i}$ W/(m <sup>2</sup> K)	$A_{env,i}$ m <sup>2</sup>	$b_{tr,i}$	$H_{tr,i}$ W/K	$kWh/(m^2a)$
Roof 1	0,09					0,09	558,1	1,00	50,2	2,1
Roof 2										
Wall 1	0,11					0,11	1418,0	1,00	160,2	6,7
Wall 2	0,29					0,27	65,3	0,26	4,6	0,2
Wall 3	0,11					0,11	22,1	0,26	0,6	0,0
Floor 1	0,13					0,12	463,6	0,26	14,6	0,6
Floor 2	0,22					0,22	90,3	0,26	5,2	0,2
Window 1	0,72	Replace				0,72	302,3	1,00	217,7	9,1
Window 2										
Door 1	1,50	Replace				1,50	8,3	1,00	12,5	0,5

thermal bridging: surcharge on the U-values

$\Delta U_{tb}$ : 0,02 ×  $\Sigma A_{env,i}$ : 2928,0 × adjustment factor: 1,00 =  $H_{tr,tb}$ : 52,7

related to: envelope area: 0,18 reference area: 0,29

**Heat transfer coefficient by transmission  $H_{tr}$**

sum: 518

related to: envelope area: 0,18 reference area: 0,29

volume-specific heat capacity air: 0,34

air change rate by use: 0,60

air change rate by infiltration: 0,04

room height (standard value): 2,50

**Heat transfer coefficient by ventilation  $H_{ve}$** : 958

internal temp.: 22,4 °C

external temp.: 5,1 °C

heating days: 202 d/a

accumulated differences between internal and external temperature: 3478 Kd/a

temperature reduction factor: 0,90

**Total heat transfer  $Q_{ht}$** : 110446 kWh/a

window orientation	reduction factors			solar energy transmittance $g_{gl,n}$	window area $A_{window,i}$	solar global radiation $I_{sol,i}$	solar energy $Q_{sol,i}$
	external shading $F_{sh}$	frame area fraction $F_F$	non-perpendicular $F_W$				
1. Horizontal	0,80	0,28	0,85	0,54		379	
2. East	0,30	0,28	0,85	0,54	143,8	277	3940
3. South	0,30	0,28	0,85	0,54		477	
4. West	0,30	0,28	0,85	0,54	158,5	268	4197
5. North	0,30	0,28	0,85	0,54		174	

**Solar heat load during heating season  $Q_{sol}$** : 8136 kWh/a

internal heat sources: 0,024 kh/d

heating days: 202 d/a

reference area: 1784,2 m<sup>2</sup>

**Internal heat sources  $Q_{int}$** : 16740 kWh/a

internal heat capacity per m<sup>2</sup>  $A_{C,ref}$ : 90 Wh/(m<sup>2</sup>K)

time constant of the building: 109 h

parameter: 4,42

heat balance ratio for the heating mode: 0,225

gain utilisation factor for heating: 1,00

**Energy need for heating  $Q_{H,nd}$** : 85596 kWh/a

Version: 2023-07-20

163

# Energy Balance Calculation System Performance



Standard Reference Calculation - based on: EN ISO 15316 / level B (tabled values)

building	code	conditioned floor area	$A_{C,ref}$
system	EnergyProfile.Query.Current	1784,2	m <sup>2</sup>

## Domestic Hot Water System

system code

energy need hot water	$q_{nd,w}$	17,8	thereof recoverable for space heating:
+ losses distrib. Manual input	$q_{d,w}$	6,8	$q_{d,w,h}$ 2,9
+ losses storage Manual input	$q_{s,w}$	0,4	$q_{s,w,h}$ 0,0
$q_{g,w,out} = q_{nd,w} + q_{d,w} + q_{s,w}$		25,0	$q_{w,h} = q_{d,w,h} + q_{s,w,h}$ 2,9
		kWh/(m <sup>2</sup> a)	kWh/(m <sup>2</sup> a)

energyware for domestic hot water	heat generator	heat generator output	expenditure factor	delivered energy	combined heat and power expenditure factor	electricity generation	electricity production
code	code	$\alpha_{nd,w,i}$	$q_{g,w,out}$	$e_{g,w,i}$	$q_{del,w,i}$	$e_{g,el,w,i}$	$q_{prod,el,w,i}$
1 DH	FW-Übergabestation	100%	25,0	1,05	26,3	0,00	0,0
2 _NA_		0%	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0
3 _NA_		0%	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0
			kWh/(m <sup>2</sup> a)	related to gross calorific value	kWh/(m <sup>2</sup> a)		kWh/(m <sup>2</sup> a)

auxiliary energy

aux EI	Manual input	$q_{del,w,aux}$	0,8	kWh/(m <sup>2</sup> a)
--------	--------------	-----------------	-----	------------------------

## Heating System

system code

energy need space heating	$q_{nd,h}$	48,0	kWh/(m <sup>2</sup> a)
- usable contribution of hot water system	$\eta_{h,gn} \cdot q_{w,h}$	2,8	kWh/(m <sup>2</sup> a)
- usable contrib. of vent. heat recovery	$\eta_{h,gn} \cdot q_{ve,h,rec}$	17,6	kWh/(m <sup>2</sup> a)
+ losses distribution and heat emission	$q_{d,h}$	2,1	kWh/(m <sup>2</sup> a)
+ losses storage	$q_{s,h}$	0,4	kWh/(m <sup>2</sup> a)
$q_{g,h,out} = q_{nd,h} - q_{w,h} - q_{ve,h,rec} + q_{d,h} + q_{s,h}$		30,1	kWh/(m <sup>2</sup> a)

gain utilisation factor (heating contributions from DHW and vent. system)

$$\eta_{h,gn} = \frac{1 - \gamma_{air,h}}{1 - \gamma_{air,h} + 1}$$

building parameter  $a_h$  4,42

gain/loss ratio  $\gamma_{h,gn} = \frac{q_{w,h} + q_{ve,h,rec}}{q_{nd,h}}$  0,43

ventilation heat recovery  $q_{ve,h,rec} = f_{air,mech} \cdot \eta_{ve,rec} \cdot q_{ht,ve}$

mechanical fraction of air change rate  $f_{air,mech} = \frac{\min(\eta_{air,mech}, \eta_{air,use})}{\eta_{air,mech} + \eta_{air,use}}$

air infiltration  $n_{air,infiltration}$  0,04 1/h

air use  $n_{air,use}$  0,60 1/h

air mech  $n_{air,mech}$  0,40 1/h

energyware for space heating	heat generator	heat generator output	expenditure factor	delivered energy	combined heat and power expenditure factor	electricity generation	electricity production
code	code	$\alpha_{nd,h,i}$	$q_{g,h,out}$	$e_{g,h,i}$	$q_{del,h,i}$	$e_{g,el,h,i}$	$q_{prod,el,h,i}$
1 DH	FW-Übergabestation	100%	30,1	1,02	30,7	0,00	0,0
2 _NA_		0%	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0
3 _NA_		0%	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0
			kWh/(m <sup>2</sup> a)	related to gross calorific value	kWh/(m <sup>2</sup> a)		kWh/(m <sup>2</sup> a)

auxiliary energy

aux EI	Manual input	$q_{del,h,aux}$	0,5	kWh/(m <sup>2</sup> a)
aux EI	DE.Bal_Rec.MUH.12	$q_{del,ve,aux}$	2,6	kWh/(m <sup>2</sup> a)

for information: net energy need for heating  $q_{nd,h,net} = q_{nd,h} - \eta_{h,gn} \cdot q_{ve,h,rec}$  30,4 kWh/(m<sup>2</sup>a)

## Electricity Production

PV module area peak power rated PV capacity (without frame) coefficient ("peak power")

ratio of annual electricity output to rated ("peak power") PV capacity

code	$A_{pv,system}$	$K_{pv,p}$	$P_{pv,p}$	$q_{prod,el,pv,kWp}$	$P_{pv,p}$	$q_{el,pv}$	$q_{el,pv}$
<DE.PC.0164285>-<BT12>-<LTA>-<DE>	110,8	0,19	20,6	784	20,6	16150	9,1
Gen.01>.East.15.Gen.01							
<DE.PC.0164285>-<BT12>-<LTA>-<DE>	110,8	0,19	20,6	784	20,6	16154	9,1
Gen.01>.West.15.Gen.01							
Sum	221,6		41,2			32304	18,1
	m <sup>2</sup>	kW/m <sup>2</sup>	kW	kWh/a/kW <sub>p</sub>	kW	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)

### Total electricity production

$$q_{prod,el} = \sum_i q_{prod,el,w,i} + \sum_i q_{prod,el,h,i} + q_{prod,el,pv} \quad 18,1 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$$

TABULA

## Metered Consumption

## Comparison to Calculation

---

Building

conditioned floor area  m<sup>2</sup>

---

### Comparison Scope

H+W.01.2021-07

from 01.07.2021 to 30.06.2022

Number of years 1

H+W

---

### Relevant Metering

Code of the metering	Metered quantity	Conditioned floor area m <sup>2</sup>	Utilisation	Metered energy		Consideration factor
				all balance years kWh	average year kWh/a	
M1	<EnergyProfile.Query.Current>.<M1>	1622,0	-H-W-	88171	88171	100%
M2	<EnergyProfile.Query.Current>.<M2>	1622,0	-W-	41553	41553	
M3	<EnergyProfile.Query.Current>.<M3>	1622,0	-W-	32834	32834	

**Annual metered consumption to be considered (comparison value)**

kWh/a	88171
kWh/(m <sup>2</sup> a)	49,4

---

### Comparison with Energy Balance Calculation

Ac,ref  m<sup>2</sup>

#### DHW

	kWh/(m <sup>2</sup> a)	Consideration factor
Net energy need	17,8	100%
Effective net energy need (considering heat recovers)		
Heat losses storage	0,4	100%
Heat losses distribution	6,8	100%
Gross heat demand	25,0	

#### Space heating

Calculation	Climate adjusted	Consideration factor
48,0	46,8	
27,5	26,4	100%
0,4	0,4	100%
2,1	2,1	100%
30,1	28,9	

#### Climate adjustment factors

Heating degree days	0,93
Solar radiation	0,90

Effect of climate adjustment: 96%

Energy Carrier	DH	_NA_	_NA_	El.Prod	El.Aux
Fraction of produced heat	100%	0%	0%		
Produced heat	25,0	0,0	0,0		
Consideration factor					
Delivered energy	26,3	0,0	0,0	0,0	0,8
Consideration factor					

Energy Carrier	DH	_NA_	_NA_	El.Prod	El.Aux
Fraction of produced heat	100%	0%	0%		
Produced heat	28,9	0,0	0,0		
Consideration factor					
Delivered energy	29,5	0,0	0,0	0,0	0,5
Consideration factor					

**Annual calculated demand to be considered (comparison value)**

	Applicable for DHW	Applicable for Space heating	Comparison value
Heat demand	25,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)	28,9 kWh/(m <sup>2</sup> a)	Sum of applicable values
Heat generation	0,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)	0,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Energy carrier	0,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)	0,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)	

kWh/a	96214
kWh/(m <sup>2</sup> a)	53,9

#### Comparison

[kWh/(m<sup>2</sup>a)]

Ratio metered to calculated

0,92

Comment / Explanation

Version: 2023-07-20



## Estimation of the Uncertainty

building DE.MOBASY.PHSP.AB.Var3 reference area  $A_{C,ref}$  1784,2 m<sup>2</sup>

	Delivered energy			Sum delivered energy	generated heat	Simplified energy expenditure factor heat generation	net heat need	Simplified energy expenditure factor supply system
	EC 1	EC 2	EC 3					
<b>Space heating</b>	DH	NA	NA	kWh/(m <sup>2</sup> a)	kWh/(m <sup>2</sup> a)		kWh/(m <sup>2</sup> a)	
	30,7	0,0	0,0	$q_{del,h}$ 30,7	$q_{del,h}$ : 30,1 = 1,02		$q_{del,h}$ : 27,5 = 1,11	
<b>DHW</b>	DH	NA	NA	kWh/(m <sup>2</sup> a)	kWh/(m <sup>2</sup> a)		kWh/(m <sup>2</sup> a)	
	26,3	0,0	0,0	$q_{del,w}$ 26,3	$q_{del,w}$ : 25,0 = 1,05		$q_{del,w}$ : 17,8 = 1,48	

Quantity	Uncertainty of respective quantity				Uncertainty of delivered energy						
	Value	Uncertainty Category		Reduction factor multi-dwelling	Relevant heat or energy flow*	Sensitivity of heat flow to change of quantity	Energy expenditure factor	Uncertainty of relevant heat or energy flow*	Relevance for total uncertainty		
		relative	absolute								
<b>Building heat losses</b>											
Envelope area	$A_{env,calc}$	2928	A +/- 5%	+/- 146	1,0	21,7	0,0074	1,00	+/- 1,1	1,9%	
Thermal transmittance	$b_{tr,i} \cdot U_{eff,i}$	W/(m <sup>2</sup> K)		W/(m <sup>2</sup> K)			kWh/(m <sup>2</sup> a) by change of 1m <sup>2</sup>		kWh/(m <sup>2</sup> a)		
Roof 1	1,00 0,09	0,09	A +/- 5%	+/- 0,00	1,0	2,1	23,4	1,00	+/- 0,1	0,0%	
Roof 2			A		1,0			1,00			
Wall 1	1,00 0,11	0,11	A +/- 5%	+/- 0,01	1,0	6,7	59,4	1,00	+/- 0,3	0,2%	
Wall 2	0,26 0,27	0,07	A +/- 5%	+/- 0,00	1,0	0,2	2,7	1,00	+/- 0,0	0,0%	
Wall 3	0,26 0,11	0,03	A +/- 5%	+/- 0,00	1,0	0,0	0,9	1,00	+/- 0,0	0,0%	
Floor 1	0,26 0,12	0,03	A +/- 5%	+/- 0,00	1,0	0,6	19,4	1,00	+/- 0,0	0,0%	
Floor 2	0,26 0,22	0,06	A +/- 5%	+/- 0,00	1,0	0,2	3,8	1,00	+/- 0,0	0,0%	
Window 1	1,00 0,72	0,72	A +/- 5%	+/- 0,04	1,0	9,1	12,7	1,00	+/- 0,5	0,3%	
Window 2			A		1,0			1,00			
Door 1	1,00 1,50	1,50	A +/- 5%	+/- 0,08	1,0	0,5	0,3	1,00	+/- 0,0	0,0%	
Thermal bridging	$\Delta U_{eff, th bridge}$	W/(m <sup>2</sup> K)	A +/- 6%	+/- 0,01	1,0	21,7	122,7	1,00	+/- 1,2	2,4%	
Relative uncertainty related to				0,18 W/(m <sup>2</sup> K)							
Air exchange (heat not recovered)	$n_{air, heat loss}$	1/h	B +/- 17%	+/- 0,10	1,0	40,2	67,4	1,00	+/- 6,7	73,3%	
Relative uncertainty related to				0,60 1/h			1,0 1/h		kWh/(m <sup>2</sup> a)		
Internal temperature	$\vartheta_i$	°C	A +/- 1%	+/- 0,1	1,0	61,9	3,6	1,00	+/- 0,4	0,2%	
Relative uncertainty related to				17,3 K			1 K		kWh/(m <sup>2</sup> a)		
External temperatures	$F_{HDD}$	kkh/a	B +/- 5%	+/- 4,2	1,0	61,9	0,7	1,00	+/- 3,1	15,5%	
Relative uncertainty related to				kkh/a			1 kKh/a		kWh/(m <sup>2</sup> a)		
<b>Building heat gains</b>											
Solar heat gains											
Effective equivalent South aperture	$A_{ad, equiv S}$	m <sup>2</sup>	A +/- 5%	+/- 1	1,0	4,6	0,27	1,00	+/- 0,2	0,1%	
Solar radiation	$I_{sol, hp}$	kWh/(m <sup>2</sup> a)	B +/- 10%	+/- 48	1,0	4,6	0,01	1,00	+/- 0,5	0,3%	
Internal heat load	$\dot{q}_{el}$	W/m <sup>2</sup>	B +/- 20%	+/- 0,39	1,0	9,4	4,8	1,00	+/- 1,9	5,7%	
Relative uncertainty related to				W/m <sup>2</sup>			kWh/(m <sup>2</sup> a)/(W/m <sup>2</sup> )		kWh/(m <sup>2</sup> a)		

**Total uncertainty energy need for heating**  $q_{h,nd}$  **48,0** **+ / - 7,9** (100%)

### Domestic hot water (DHW) - heat need

DHW heat need	$q_{w,nd}$	17,8	B +/- 10%	+/- 1,78	1,0	17,8	1,0	1,00	+/- 1,8
---------------	------------	------	-----------	----------	-----	------	-----	------	---------

**Total uncertainty DHW heat need** **17,8** **+ / - 1,8**

### Delivered energy (building + heat supply system)

Space heating										
Heat need for heating	$q_{h,nd}$					48		1,02	+/- 8,0	94,7%
Ventilation with heat recovery (considered as part of the heat supply system)							kWh/(m <sup>2</sup> a)			
Heat recovery	$\eta_{ve,rec}$	0,71	A +/- 10%	+/- 0,07	1,0	17,6	+24,8	1,02	+/- 1,8	4,7%
Heat supply system							kWh/(m <sup>2</sup> a)			
Energy expenditure factor	$e_{sy,s,h}$	1,11	A +/- 2%	+/- 0,02	1,0	30,7	27,5	1,00	+/- 0,6	0,6%
<b>Total uncertainty delivered energy for space heating (building + heat supply system)</b>									<b>+ / - 8,2</b>	(100%)
										94,7%
Domestic hot water (DHW)							kWh/(m <sup>2</sup> a)			
DHW heat need	$q_{w,nd}$							1,05	+/- 1,9	92,7%
Energy expenditure factor	$e_{sy,s,w}$	1,48	A +/- 2%	+/- 0,03	1,0	26,3	+17,8	1,00	+/- 0,5	7,3%
<b>Total uncertainty delivered energy for DHW (heat need + heat supply system)</b>									<b>+ / - 1,9</b>	(100%)
										5,3%
Delivered energy for space heating and DHW						57,0				
<b>Total uncertainty delivered energy for space heating and DHW</b>									<b>+ / - 8,5</b>	(100%)

\*) Simplified linear approach Simplified uncertainty estimation for delivered energy related to reference area (conditioned floor area)

### E.4 Gebäude C – Var. 1

## Thermal Envelope Area Estimation

Thermal envelope area estimation according to TABULA / Energy Profile method

## Parameters

Building:  Reference area  $A_{C,Ref}$ :  m<sup>2</sup>

Area estimation parameter set:

**Input Data**

		Current value or selected TABULA code		
Reference area (conditioned floor area)	$A_{C,Ref}$	1734,5	m <sup>2</sup>	
Number of building blocks	$n_{Block}$	1		
Number of full storeys (not incl. cellar and attic)	$n_{Storey}$	4		
Neighbour situation	$C_{Neighbour}$	N0		
Reference area and envelope situation in attic spaces	$C_{Attic,Cond,Env}$	-	=>	$f_{Attic,Cond}$ <input type="text" value="0,0"/>
Reference area and envelope situation in basement spaces	$C_{Cellar,Cond,Env}$	-	=>	$f_{Cellar,Cond}$ <input type="text" value="0,0"/>
Complexity of roof shape*	$C_{Cx,Roof}$	Standard		$f_{Attic,Env}$ <input type="text" value="0,0"/>
Complexity of footprint*	$C_{Cx,Footprint}$	Standard		$f_{Cellar,Env}$ <input type="text" value="0,0"/>
Clear ceiling height (averaged over full storeys)**	$h_{Ceiling}$			

\*) Optional input quantity, if not available standard values are used  
 \*\*) Input only necessary if actual value is < 2.3m or > 2.7m, otherwise the standard value 2.5m is used for calculation.

Ceiling height correction factor:  $h_{Ceiling}^{**}$   m =  $f_{Corr,ClgHeight}$

2,5 m

**Conditioned Reference Area per Storey**

$$f_{Cellar,Cond} \cdot n_{Storey} + f_{Attic,Cond} \cdot n_{Storey,Eff,Cond} = 0,0 \cdot 4,0 + 0,7 \cdot 0,0 = 4,0$$

Effective number of storeys conditioned by the heating system (relevant is the conditioned reference area)

$$A_{C,ref} / n_{Storey,Eff,Cond} = 1734,5 / 4,0 = 433,6$$

Conditioned reference area per storey (estimation)

**Effective number of thermally enveloped storeys**

$$f_{Cellar,Env} \cdot n_{Storey} + f_{Attic,Env} \cdot n_{Storey,Env} = 0,0 \cdot 4,0 + 0,7 \cdot 0,0 = 4,0$$

**Parameters**

**Basic Parameters**

Envelope area section	Depending on variable	Category (TABULA Code)	Specification	$f_{Attic,Cond}$	Roof		Upper ceiling	
					p m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	q m <sup>2</sup>	p m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	q m <sup>2</sup>
<b>Roof / upper ceiling</b>	$A_{C,Storey}$	-	Flat roof (no attic)	0	1,2	5		
		N	Attic not conditioned	0			1,2	5
		P	Attic partly conditioned	0,5	0,8	7	0,6	3
		C	Attic completely conditioned	1	1,6	15		
		NI	Attic not cond., insulated*	0	1,6	15		
		PI	Attic partly cond., insulated*	0,5	1,6	15		
	$C_{Attic,Cond,Env} =$	-	<b>Current value</b>	<b>0</b>	<b>1,2</b>	<b>5</b>	<b>0,0</b>	<b>0</b>

\*) Attic not or only partly conditioned, thermal envelope in the plain of the roof area

Envelope area section	Depending on variable	Category (TABULA Code)	Specification	p m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	q m <sup>2</sup>
<b>Windows</b>	$A_{C,Ref}$			<b>0,18</b>	
<b>Doors</b>	$A_{C,Ref}$			<b>0,01</b>	<b>1,5</b>
<b>Gross façade</b> (walls + windows + doors)	$A_{C,Ref}$	N0	Detached building (0 Neighbour)		50
		N1	Semi-detached building (1 neighbour)	0,70	25
		N2	Terraced building (2 neighbours)		5
	$C_{Neighbour} =$	N0	<b>Current value</b>	<b>0,70</b>	<b>50</b>
<b>Ground floor</b>	$A_{C,Storey}$			<b>1,20</b>	<b>5</b>

**Consideration of Complexity**

Envelope area section	Category (TABULA Code)	Specification	Correction factor
<b>Roof</b>	Simple	Simple roof shape (not applicable in case of "flat roofs")	0,9
	Standard	Usual roof shape (or: information not available)	1,0
	Complex	Roof with several dormers or other complex shape	1,3
	$C_{Cx,Roof} =$	Standard	$f_{Cx,Roof} =$ <b>1,0</b>
<b>Gross façade</b> (walls + windows + doors)	Simple	Simple square-type footprint shape	0,9
	Standard	Usual footprint shape (or: information not available)	1,0
	Complex	Building footprint is very complex or significantly stretched	1,2
	$C_{Cx,Footprint} =$	Standard	$f_{Cx,Footprint} =$ <b>1,0</b>

Version: 2023-07-20

TABULA

## Thermal Envelope Area Estimation

Thermal envelope area estimation according to TABULA / Energy Profile method

## Calculation

---

Building

Reference area  $A_{C,Ref}$   m<sup>2</sup>

Area estimation parameter set

---

### Estimation of Thermal Envelope Areas

<b>Roof area</b>		$f_{Cx,Roof}$	$A_{C,Storey}$	$P_{Roof}$	$n_{Block}$	$Q_{Roof}$	$A_{Estim,Roof}$
		m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
		<input style="width: 50%;" type="text" value="1,0"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="433,6"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="1,20"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="1"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="5,0"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="525,3"/>
$\cdot ( \cdot + \cdot ) =$							

<b>Upper ceiling area</b>		$A_{C,Storey}$	$P_{Ceiling}$	$n_{Block}$	$Q_{Ceiling}$	$A_{Estim,Ceiling}$
		m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
		<input style="width: 50%;" type="text" value="433,6"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="0,00"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="1"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="0,0"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="0,0"/>
$\cdot + \cdot =$						

<b>Gross façade area per storey</b>		$f_{Corr,ClgHeight}$	$f_{Cx,Footprint}$	$A_{C,Storey}$	$P_{Facade}$	$n_{Block}$	$Q_{Facade}$	$A_{Estim,Facade,Storey}$
				m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
		<input style="width: 50%;" type="text" value="1,0"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="1,0"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="434"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="0,70"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="1"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="50,0"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="353,5"/>
$\cdot ( \cdot + \cdot ) =$								

<b>Door area</b>		$A_{C,Ref}$	$P_{Door}$	$n_{Block}$	$Q_{Door}$	$A_{Estim,Door}$
		m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
		<input style="width: 50%;" type="text" value="1.734,5"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="0,01"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="1"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="1,5"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="18,8"/>
$\cdot + \cdot =$						

<b>Window area</b>		$A_{C,Ref}$	$P_{Window}$	$A_{Estim,door}$	$A_{Estim,Window}$
		m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
		<input style="width: 50%;" type="text" value="1.734,5"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="0,18"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="18,8"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="293,4"/>
$\cdot - \cdot =$					

<b>Wall area adjacent to cellar or soil</b>		$f_{Wall,Soil}$	$f_{Cellar,Env}$	$A_{Estim,Facade,Storey}$	$A_{Estim,Wall,Soil}$
				m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
		<input style="width: 50%;" type="text" value="0,50"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="0,0"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="353,5"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="0,0"/>
$\cdot \cdot =$					

<b>Wall area (adjacent to external air)</b>		$n_{Storey,ExtEnv}$	$A_{Estim,Facade,Storey}$	$A_{Estim,Wall,Soil}$	$A_{Estim,Window}$	$A_{Estim,Door}$	$A_{Estim,Wall}$
			m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
		<input style="width: 50%;" type="text" value="4,0"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="353,5"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="0,0"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="293,4"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="18,8"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="1.101,9"/>
$\cdot - \cdot - \cdot - \cdot =$							

<b>Ground floor / basement area</b>		$A_{C,Storey}$	$P_{Floor}$	$n_{Block}$	$Q_{Floor}$	$A_{Estim,Floor}$
		m <sup>2</sup>				m <sup>2</sup>
		<input style="width: 50%;" type="text" value="433,6"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="1,20"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="1"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="5,0"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="525,3"/>
$\cdot + \cdot =$						

<b>Conditioned gross building volume</b>		$f_{Corr,ClgHeight}$	$A_{C,Ref}$	$V_{c,gross}$
		m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
		<input style="width: 50%;" type="text" value="3,50"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="1,00"/>	<input style="width: 50%;" type="text" value="1.734"/>
$\cdot \cdot =$				
		<input style="width: 50%;" type="text" value="6,071"/>		

---

### Plausibility Check of Envelope Area Input Values

	Roof 1	Roof 2	Wall 1	Wall 2	Wall 3	Window 1	Window 2	Door 1	Floor 1	Floor 2	Total	
Input values $A_{env,i}$	585	0	1172	0	24	307	0	2	0	582	2671	
Estimated values $A_{estim,env,i}$	525	0	1102	0	0	293	0	19	525	0	2465	
Ratio input to estimated values	111%		108%			99%		111%				
Gross facade area						106%						
Total envelope						108%						

Used for further calculation	Roof 1	Roof 2	Wall 1	Wall 2	Wall 3	Window 1	Window 2	Door 1	Floor 1	Floor 2
Estimated values	525	0	1102	0	0	293	0	19	525	0

Distribution of window areas	Horiz.	East	South	West	North
	0	147	0	147	0

	Ratio input to estimated	Lower plausibility limit		Upper plausibility limit		Result of envelope area plausibility check
		Criterion	Compliance	Criterion	Compliance	
Total envelope area	<input 4"="" style="text-align: center; vertical-align: middle; font-size: large; border: 1px solid black; padding: 10px;" type="text" value="108%&lt;/input&gt;&lt;/td&gt; &lt;td&gt;≥ 80%&lt;/td&gt; &lt;td&gt;WAHR&lt;/td&gt; &lt;td&gt;≤ 125%&lt;/td&gt; &lt;td&gt;WAHR&lt;/td&gt; &lt;td rowspan="/> <b>WAHR</b>					
Roof to be applied*	<input style="width: 50%;" type="text" value="111%"/>	≥ 90%	WAHR *	≤ 130%	WAHR *	
Floor to be applied*	<input style="width: 50%;" type="text" value="111%"/>	≥ 90%	WAHR *	≤ 130%	WAHR *	
Window and door	<input style="width: 50%;" type="text" value="99%"/>	≥ 67%	WAHR	≤ 150%	WAHR	

\*) Only in case of simple geometries (no conditioned attic or cellar)

Version: 2023-07-20

168

TABULA
Thermal Insulation Measures
U-values

---

building variant	code	EnergyProfile.Query.Current	construction year	2019
description				

---

	Roof 1	Roof 2	Wall 1	Wall 2	Wall 3	Floor 1	Floor 2	Window 1	Window 2	Door 1		
envelope area	$A_{env,i}$	525	0	1102	0	0	0	525	293	0	19	m <sup>2</sup>

**Construction Types**

code	DE.MOB ASY.12.2016-9999.10	DE.MOB ASY.12.2016-9999.10				DE.MOB ASY.12.2016-9999.10	DE.MOB ASY.Gen.3.Low E.-.-.Insulation	DE.MOB ASY.Gen.3.Low E.-.-.Insulation		
U-value original state	$U_{original,i}$	0,15	0,18			0,18	0,80		0,80	W/(m <sup>2</sup> K)
included insulation thickness	$d_{ins, included,i}$	227	182			182				mm
border type										
additional thermal resistance of unheated spaces	$R_{add,i}$	0,00	0,00			0,00				m <sup>2</sup> K/W
effective U-value original state	$U_{original, effective,i}$	0,15	0,18			0,18	0,80		0,80	W/(m <sup>2</sup> K)

**Refurbishment Measures**

code							DE.MOB ASY.Gen.-.NoCoating.-.-.			
thermal resistance predefined measure	$R_{measure, predef,i}$	0,33	0,29			0,29				m <sup>2</sup> K/W
insulation thickness predefined measure	$d_{insulation, predef,i}$	10	10			10				mm
actual insulation thickness	$d_{insulation,i}$	400	300			300				mm
thermal resistance of actual measure	$R_{measure,i}$	13,33	8,57			8,57	0,00		0,00	m <sup>2</sup> K/W
effective thermal conductivity (indicative)	$\lambda_{insulation, effective,i}$	0,030	0,035			0,035				W/m·K

**Resulting U-values**

type of refurbishment	ReplaceInsulation	ReplaceInsulation			ReplaceInsulation	Replace	Replace		
thermal resistance before measure	$R_{before,i}$	1,00	1,00			1,00	1,25	1,25	m <sup>2</sup> K/W
after measure	$R_{measure, result,i}$	14,33	9,57			9,57	0,00	0,00	m <sup>2</sup> K/W
U-value of refurbished area	$U_{measure, result,i}$	0,07	0,10			0,10	-999999,	-999999,	W/(m <sup>2</sup> K)
area fraction of measure	$f_{measure,i}$	100%	100%			100%	0%	0%	
resulting U-value of construction element	$U_{actual,i}$	0,070	0,104			0,104	0,800	0,800	W/(m <sup>2</sup> K)

Version: 2023-07-20



## Energy Balance Calculation

## Building Performance

Standard Reference Calculation - based on: EN ISO 13790 / seasonal method

building	EnergyProfile.Query.Current (2019 ... 2019)	reference area	$A_{C,ref}$ 1734,5 m <sup>2</sup>
climate	<DE.PC.01.64285>.<BT12>.<LTA> (-)	(conditioned floor area)	

construction element	original U-value <small>(not considering effect of adjacent unheated spaces)</small>	measure type	nominal insulation thickness	effective thermal conductivity	area fraction	actual U-value	area <small>(basis: external dimensions)</small>	adjustment factor soil	annual heat flow related to $A_{C,ref}$	
	$U_{original,i}$ W/(m <sup>2</sup> K)		$d_{insulation,i}$ mm	$\lambda_{insulation,i}$ W/(m·K)	$f_{measure,i}$	$U_{actual,i}$ W/(m <sup>2</sup> K)	$A_{env,i}$ m <sup>2</sup>	$b_{tr,i}$	$H_{tr,i}$ W/K	$kWh/(m^2a)$
Roof 1	0,15	Replacement insulation	400	0,030	100%	0,07	525,3	1,00	36,7	1,7
Roof 2										
Wall 1	0,18	Replacement insulation	300	0,035	100%	0,10	1101,9	1,00	115,1	5,2
Wall 2										
Wall 3										
Floor 1										
Floor 2	0,18	Replacement insulation	300	0,035	100%	0,10	525,3	0,50	27,4	1,2
Window 1	0,80	Replace				0,80	293,4	1,00	234,7	10,7
Window 2										
Door 1	0,80	Replace				0,80	18,8	1,00	15,1	0,7

thermal bridging: surcharge on the U-values

$$\Delta U_{tb} \times \sum A_{env,i} \times b_{tr,env} = H_{tr,tb}$$

related to: envelope area reference area

**Heat transfer coefficient by transmission  $H_{tr}$**  sum **429** **19,5**

**Heat transfer coefficient by ventilation  $H_{ve}$**

volume-specific heat capacity air  $C_{p,air}$  by use  $n_{air,use}$  air change rate by infiltration  $n_{air,infiltration}$  room height (standard value)  $h_{room}$

$$C_{p,air} \times (n_{air,use} + n_{air,infiltration}) \times A_{C,ref} \times h_{room} = H_{ve}$$

**33,5**

accumulated differences between internal and external temperature

internal temp.  $\vartheta_i$  external temp.  $\vartheta_e$  heating days  $d_{hs}$

$$(\vartheta_i - \vartheta_e) \times d_{hs} = Kd/a$$

temperature reduction factor  $F_{red}$   $(\eta_{tr} = W/(m^2K))$

**Total heat transfer  $Q_{ht}$**  **91969** **53,0**

window orientation	reduction factors			solar energy transmittance $g_{gl,n}$	window area $A_{window,i}$ m <sup>2</sup>	solar global radiation $I_{sol,i}$ kWh/(m <sup>2</sup> a)	kWh/a
	external shading $F_{sh}$	frame area fraction $F_F$	non-perpendicular $F_W$				
1. Horizontal	0,80	$(1 - 0,30)$	0,90	0,50		379	0,0
2. East	0,60	$(1 - 0,30)$	0,90	0,50	146,7	277	7681
3. South	0,60	$(1 - 0,30)$	0,90	0,50		477	0,0
4. West	0,60	$(1 - 0,30)$	0,90	0,50	146,7	268	7425
5. North	0,60	$(1 - 0,30)$	0,90	0,50		174	0,0

**Solar heat load during heating season  $Q_{sol}$**  sum **15106** **8,7**

**Internal heat sources  $Q_{int}$**

internal heat sources  $q_{in}$  heating days  $d_{hs}$

$$q_{in} \times d_{hs} \times A_{C,ref} = Q_{int}$$

**26004** **15,0**

internal heat capacity per m<sup>2</sup>  $A_{C,ref}$   $C_m$  **90** Wh/(m<sup>2</sup>K)

time constant of the building  $\tau = \frac{C_m \cdot A_{C,ref}}{H_{tr} + H_{ve}}$  **134** h

parameter  $a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}}$  **5,26**

heat balance ratio for the heating mode  $\gamma_{h,gn} = \frac{Q_{sol} + Q_{int}}{Q_{ht}} = \mathbf{0,447}$

gain utilisation factor for heating  $\eta_{h,gn} = \frac{1 - \gamma_{h,gn}}{1 - \gamma_{h,gn} + 1} = \mathbf{0,99}$

**Energy need for heating  $Q_{H,nd}$**   $Q_{ht} - \eta_{h,gn} \times (Q_{sol} + Q_{int}) = \mathbf{51190}$  **29,5**

## Energy Balance Calculation

Standard Reference Calculation - based on: EN ISO 15316 / level B (tabled values)

## System Performance

building	code EnergyProfile.Query.Current	conditioned floor area	$A_{C,ref}$ 1734,5 m <sup>2</sup>
system			

### Domestic Hot Water System

system	code	
energy need hot water	$q_{nd,w}$	15,0
+ losses distrib.	DE.C_Circ_Int.MUH.14	$q_{d,w}$ 5,1
+ losses storage	DE.S_C_Int.MUH.12	$q_{s,w}$ 0,8
$q_{g,w,out} = q_{nd,w} + q_{d,w} + q_{s,w}$		20,9 kWh/(m <sup>2</sup> a)

thereof recoverable for space heating:

$q_{d,w,h}$	3,0
$q_{s,w,h}$	0,5
$q_{w,h} = q_{d,w,h} + q_{s,w,h}$	3,5 kWh/(m <sup>2</sup> a)

#### energyware for domestic hot water

code	code	$\alpha_{nd,w,i}$	$q_{g,w,out}$	$q_{g,w,i}$	$e_{g,w,i}$	$q_{del,w,i}$
1	DH_Bio_CHP33	DE.TS.Gen.11	100%	20,9	1,14	23,8
2	-	-	0%	0,0	0,00	0,0
3	-	-	0%	0,0	0,00	0,0

*related to gross calorific value*

#### combined heat and power

expenditure factor	electricity generation	electricity production
$e_{g,el,w,i}$	0,00	0,0
$q_{prod,el,w,i}$	0,00	0,0
$q_{prod,el,w,i}$	0,00	0,0

#### auxiliary energy

aux	EI	DE.C_Circ.MUH.11	$q_{del,w,aux}$	0,8 kWh/(m <sup>2</sup> a)
-----	----	------------------	-----------------	----------------------------

### Heating System

system	code	
energy need space heating	$q_{nd,h}$	29,5 kWh/(m <sup>2</sup> a)
- usable contribution of hot water system	$\eta_{h,gn} \cdot q_{w,h}$	3,4 kWh/(m <sup>2</sup> a)
- usable contrib. of vent. heat recovery	$\eta_{h,gn} \cdot q_{ve,h,rec}$	15,7 kWh/(m <sup>2</sup> a)
+ losses distribution and heat emission	DE.C_Int.MUH.14	$q_{d,h}$ 0,9 kWh/(m <sup>2</sup> a)
+ losses storage	DE.BS.Gen.11	$q_{s,h}$ 0,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)
$q_{g,h,out} = q_{nd,h} - q_{w,h} - q_{ve,h,rec} + q_{d,h} + q_{s,h}$		11,3 kWh/(m <sup>2</sup> a)

gain utilisation factor (heating contributions from DHW and vent. system)

$$\eta_{h,gn} = \frac{1 - \gamma_{air,h}}{1 - \gamma_{air,h} + 1}$$

building parameter  $a_h$  5,26

gain/loss ratio  $\gamma_{h,gn} = \frac{q_{w,h} + q_{ve,h,rec}}{q_{nd,h}}$  0,68

ventilation heat recovery  $q_{ve,h,rec} = f_{air,mech} \cdot \eta_{ve,rec} \cdot q_{ht,ve}$

$f_{air,mech} = \frac{\min(\eta_{air,mech}, \eta_{air,use})}{\eta_{air,mech} + \eta_{air,use}}$

$\eta_{air,mech}$  0,35 1/h

$\eta_{air,use}$  0,45 1/h

$\eta_{air,infiltration}$  0,05 1/h

#### energyware for space heating

code	code	$\alpha_{nd,h,i}$	$q_{g,h,out}$	$q_{g,h,i}$	$e_{g,h,i}$	$q_{del,h,i}$
1	DH_Bio_CHP33	DE.TS.Gen.11	100%	11,3	1,02	11,6
2	-	-	0%	0,0	0,00	0,0
3	-	-	0%	0,0	0,00	0,0

*related to gross calorific value*

#### combined heat and power

expenditure factor	electricity generation	electricity production
$e_{g,el,h,i}$	0,00	0,0
$q_{prod,el,h,i}$	0,00	0,0
$q_{prod,el,h,i}$	0,00	0,0

#### auxiliary energy

aux	EI	DE.C.MUH.11	$q_{del,h,aux}$	0,5 kWh/(m <sup>2</sup> a)
aux	EI	DE.Bal_Rec.MUH.15	$q_{del,ve,aux}$	2,6 kWh/(m <sup>2</sup> a)

for information: net energy need for heating  $q_{nd,h,net} = q_{nd,h} - \eta_{h,gn} \cdot q_{ve,h,rec}$  13,8 kWh/(m<sup>2</sup>a)

### Electricity Production

Photovoltaic unit calculation according to EN 15316-4-6 "Photovoltaic Systems"

code	$A_{pv,system}$	$K_{pv,p}$	$P_{pv,p}$
<DE.PC.0164285>-<BT12>-<LTA>-<DE.Gen.01>-<South.45.Gen.01	292,5	0,15	43,9
	0,0	0,15	0,0
Sum	292,5		43,9

m<sup>2</sup>      kW/m<sup>2</sup>      kW

ratio of annual electricity output to rated PV capacity

$q_{prod,el,pv,kWp}$	$P_{pv,p}$	annual electricity produced by PV panels	electricity prod. PV system per m <sup>2</sup> ref.
792	43,9	34734	20,0
0	0,0	0	0,0
		34734	20,0

kWh/a/kW<sub>p</sub>      kW      kWh/a      kWh/(m<sup>2</sup>a)

#### Total electricity production

$q_{prod,el} = \sum_i q_{prod,el,w,i} + \sum_i q_{prod,el,h,i} + q_{prod,el,pv}$  20,0 kWh/(m<sup>2</sup>a)

Version: 2023-07-20



## Metered Consumption

## Comparison to Calculation

Building code:       conditioned floor area:  m<sup>2</sup> A<sub>c,ref</sub>

---

### Comparison Scope

from:       to:  to       Number of years:

### H+W

---

### Relevant Metering

Code of the metering	Metered quantity	Conditioned floor area m <sup>2</sup>	Utilisation	Metered energy		Consideration factor
				all balance years kWh	average year kWh/a	
M1	<EnergyProfile.Query.Current>.<M1>	1576,8	-H-W-	58960	58960	100%
M2	<EnergyProfile.Query.Current>.<M2>	1576,8	-H-W-	43188	43188	
M3	<EnergyProfile.Query.Current>.<M3>	1576,8	-W-	29017	29017	

<b>Annual metered consumption to be considered (comparison value)</b>	58960	34,0
---	-------	------

---

### Comparison with Energy Balance Calculation

A<sub>c,ref</sub>  m<sup>2</sup>

### Climate adjustment factors

Heating degree days	0,93
Solar radiation	0,90

	DHW			Space heating			Effect of climate adjustment
	Calculation kWh/(m <sup>2</sup> a)	Climate adjusted kWh/(m <sup>2</sup> a)	Consideration factor	Calculation kWh/(m <sup>2</sup> a)	Climate adjusted kWh/(m <sup>2</sup> a)	Consideration factor	
Net energy need	15,0	100%		29,5	29,0		
Effective net energy need (considering heat recovers)	0,8	100%		10,5	9,9	100%	
Heat losses storage	0,8	100%		0,0	0,0	100%	
Heat losses distribution	5,1	100%		0,9	0,9	100%	
Gross heat demand	20,9			11,3	10,8		95%

Energy Carrier	DHW			Space heating		
	El.Prod	El.Aux		El.Prod	El.Aux	
Fraction of produced heat	100%	0%	0%	100%	0%	0%
Produced heat	20,9	0,0	0,0	10,8	0,0	0,0
Consideration factor						
Delivered energy	23,8	0,0	0,0	11,0	0,0	0,5
Consideration factor						

**Annual calculated demand to be considered (comparison value)**

	Applicable for DHW	Applicable for Space heating	Comparison value
Heat demand	20,9 kWh/(m <sup>2</sup> a)	10,8 kWh/(m <sup>2</sup> a)	Sum of applicable values 55003 kWh/a    31,7 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Heat generation	0,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)	0,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Energy carrier	0,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)	0,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)	

**Comparison**

[kWh/(m<sup>2</sup>a)] 0    5    10    15    20    25    30    35    40

metered (red bar)      calculated (blue bar)

Ratio metered to calculated

1,07

Comment / Explanation

Version: 2023-07-20

<b>Estimation of the Uncertainty</b>		<b>U-value Constructions</b>									
Thermal envelope area estimation according to TABULA method											
Building	DE.MOBASY.PHSP.C.Var1	Reference area	$A_{C,ref}$	1734,5		m <sup>2</sup>					
<b>Roof 1</b>	Surface area	525	m <sup>2</sup>								
	U-value original construction	$U_{Or}$	W/(m <sup>2</sup> K)	0,15	B	+/- 0,03	+/- 20%	0,111	+/- 0,003	+/- 7%	10%
	Area fraction with insulation	$f_{Ins}$	-	1,00	C			-0,100	+/- 0,000	+/- 0%	0%
	Insulation thickness	$d_{Ins}$	m	0,40	C	+/- 0,02	+/- 5%	-0,083	+/- 0,002	+/- 3%	2%
	Thermal conductivity of insulation	$\lambda_{Ins}$	W/(m·K)	0,030	E	+/- 0,009	+/- 30%	1,111	+/- 0,010	+/- 20%	88%
	<b>Effective U-Value</b>								<b>Uncertainty</b>		
	<b>Resulting U-value</b>	0,05	W/(m <sup>2</sup> K)	<b>0,05</b>					<b>+/- 0,01</b>	+/- 21%	(100%)
<b>Roof 2</b>	Surface area	0	m <sup>2</sup>								
	U-value original construction	$U_{Or}$	W/(m <sup>2</sup> K)		B						
	Area fraction with insulation	$f_{Ins}$	-		E						
	Insulation thickness	$d_{Ins}$	m		E						
	Thermal conductivity of insulation	$\lambda_{Ins}$	W/(m·K)		E						
	<b>Effective U-Value</b>								<b>Uncertainty</b>		
	<b>Resulting U-value</b>		W/(m <sup>2</sup> K)								
<b>Wall 1</b>	Surface area	1102	m <sup>2</sup>								
	U-value original construction	$U_{Or}$	W/(m <sup>2</sup> K)	0,18	B	+/- 0,04	+/- 20%	0,155	+/- 0,006	+/- 8%	15%
	Area fraction with insulation	$f_{Ins}$	-	1,00	C			-0,109	+/- 0,000	+/- 0%	0%
	Insulation thickness	$d_{Ins}$	m	0,30	C	+/- 0,02	+/- 7%	-0,143	+/- 0,003	+/- 4%	4%
	Thermal conductivity of insulation	$\lambda_{Ins}$	W/(m·K)	0,035	E	+/- 0,011	+/- 30%	1,227	+/- 0,013	+/- 18%	81%
	<b>Effective U-Value</b>								<b>Uncertainty</b>		
	<b>Resulting U-value</b>	0,07	W/(m <sup>2</sup> K)	<b>0,07</b>					<b>+/- 0,01</b>	+/- 20%	(100%)
<b>Wall 2</b>	Surface area	0	m <sup>2</sup>								
	U-value original construction	$U_{Or}$	W/(m <sup>2</sup> K)		B						
	Area fraction with insulation	$f_{Ins}$	-		C						
	Insulation thickness	$d_{Ins}$	m		C						
	Thermal conductivity of insulation	$\lambda_{Ins}$	W/(m·K)		E						
	<b>Effective U-Value</b>								<b>Uncertainty</b>		
	<b>Resulting U-value</b>		W/(m <sup>2</sup> K)								
<b>Wall 3</b>	Surface area	0	m <sup>2</sup>								
	U-value original construction	$U_{Or}$	W/(m <sup>2</sup> K)		B						
	Area fraction with insulation	$f_{Ins}$	-		C						
	Insulation thickness	$d_{Ins}$	m		C						
	Thermal conductivity of insulation	$\lambda_{Ins}$	W/(m·K)		E						
	<b>Effective U-Value</b>								<b>Uncertainty</b>		
	<b>Resulting U-value</b>		W/(m <sup>2</sup> K)								
<b>Floor 1</b>	Surface area	0	m <sup>2</sup>								
	U-value original construction	$U_{Or}$	W/(m <sup>2</sup> K)		B						
	Area fraction with insulation	$f_{Ins}$	-		C						
	Insulation thickness	$d_{Ins}$	m		C						
	Thermal conductivity of insulation	$\lambda_{Ins}$	W/(m·K)		E						
	<b>Effective U-Value</b>								<b>Uncertainty</b>		
	<b>Resulting U-value</b>		W/(m <sup>2</sup> K)								
<b>Floor 2</b>	Surface area	525	m <sup>2</sup>								
	U-value original construction	$U_{Or}$	W/(m <sup>2</sup> K)	0,18	B	+/- 0,04	+/- 20%	0,155	+/- 0,006	+/- 8%	15%
	Area fraction with insulation	$f_{Ins}$	-	1,00	C			-0,109	+/- 0,000	+/- 0%	0%
	Insulation thickness	$d_{Ins}$	m	0,30	C	+/- 0,02	+/- 7%	-0,143	+/- 0,003	+/- 4%	4%
	Thermal conductivity of insulation	$\lambda_{Ins}$	W/(m·K)	0,035	E	+/- 0,011	+/- 30%	1,227	+/- 0,013	+/- 18%	81%
	<b>Effective U-Value</b>								<b>Uncertainty</b>		
	<b>Resulting U-value</b>	0,07	W/(m <sup>2</sup> K)	<b>0,07</b>					<b>+/- 0,01</b>	+/- 20%	(100%)



## Estimation of the Uncertainty

building DE.MOBASY.PHSP.C.Var1 reference area  $A_{C,ref}$  1734,5 m<sup>2</sup>

Space heating	Simplified energy expenditure factors			Sum delivered energy kWh/(m <sup>2</sup> a)	generated heat kWh/(m <sup>2</sup> a)	Simplified energy expenditure factor heat generation	net heat need kWh/(m <sup>2</sup> a)	Simplified energy expenditure factor supply system
	EC 1	EC 2	EC 3					
DHL_Bio_CHFP33	-	-	-	11,6	11,3	1,02	10,5	1,11
DHL_Bio_CHFP33	11,6	0,0	0,0	11,6	11,3	1,02	10,5	1,11
DHL_Bio_CHFP33	-	-	-	23,8	20,9	1,14	15,0	1,59
DHL_Bio_CHFP33	23,8	0,0	0,0	23,8	20,9	1,14	15,0	1,59

Quantity	Uncertainty of respective quantity				Uncertainty of delivered energy					Relevance for total uncertainty	
	Value	Category	relative	absolute	Reduction factor multi-dwelling	Relevant heat or energy flow*	Sensitivity of heat flow to change of quantity	Energy expenditure factor	Uncertainty of relevant heat or energy flow*		
<b>Building heat losses</b>											
Envelope area	$A_{env,calc}$ m <sup>2</sup>	2465	C	+/- 15%	+/- 370	1,0	19,5	0,0079	1,00	+/- 2,9	3,8%
Thermal transmittance	$b_{tr,i} \cdot U_{eff,i}$ W/(m <sup>2</sup> K)										
Roof 1	1,40 0,05	0,07		+/- 21%	+/- 0,01	1,0	1,7	23,9	1,00	+/- 0,4	0,1%
Roof 2						1,0			1,00		
Wall 1	1,48 0,07	0,10		+/- 20%	+/- 0,02	1,0	5,2	50,1	1,00	+/- 1,1	0,5%
Wall 2						1,0			1,00		
Wall 3						1,0			1,00		
Floor 1						1,0			1,00		
Floor 2	0,74 0,07	0,05		+/- 20%	+/- 0,01	1,0	1,2	23,9	1,00	+/- 0,3	0,0%
Window 1	1,00 0,80	0,80		+/- 15%	+/- 0,12	1,0	10,7	13,3	1,00	+/- 1,6	1,1%
Window 2						1,0			1,00		
Door 1	1,00 0,80	0,80		+/- 15%	+/- 0,12	1,0	0,7	0,9	1,00	+/- 0,1	0,0%
Thermal bridging	$\Delta U_{eff,th bridge}$ W/(m <sup>2</sup> K)	0,00	B	+/- 11%	+/- 0,02	1,0	19,5	112,1	1,00	+/- 2,2	2,3%
Relative uncertainty related to											
Air exchange (heat not recovered)	$n_{air, heat loss}$ 1/h	0,26	C	+/- 33%	+/- 0,15	1,0	33,5	74,5	1,00	+/- 11,2	56,0%
Relative uncertainty related to											
Internal temperature	$\vartheta_i$ °C	22,1	C	+/- 6%	+/- 1,0	1,0	53,0	3,1	1,00	+/- 3,1	4,4%
Relative uncertainty related to											
External temperatures	$F_{HDD}$ kWh/a	82	B	+/- 5%	+/- 4,1	1,0	53,0	0,6	1,00	+/- 2,7	3,2%
<b>Building heat gains</b>											
Solar heat gains											
Effective equivalent South aperture	$A_{ap, equivalent S}$ m <sup>2</sup>	32	E	+/- 60%	+/- 19	1,0	8,7	0,27	1,00	+/- 5,2	12,2%
Solar radiation	$I_{sol, hp}$ kWh/(m <sup>2</sup> a)	476,8	B	+/- 10%	+/- 48	1,0	8,7	0,02	1,00	+/- 0,9	0,3%
Internal heat load	$\dot{q}_{el}$ W/m <sup>2</sup>	3,10	D	+/- 40%	+/- 1,24	1,0	15,0	4,8	1,00	+/- 6,0	16,1%
<b>Total uncertainty energy need for heating</b>							$q_{h,nd}$ 29,5			+/- 14,9	(100%)

Domestic hot water (DHW) - heat need											
DHW heat need	$q_{w,nd}$ kWh/(m <sup>2</sup> a)	15,0	C	+/- 25%	+/- 3,75	1,0	15,0	1,0	1,00	+/- 3,8	
<b>Total uncertainty DHW heat need</b>							15,0			+/- 3,8	

Delivered energy (building + heat supply system)											
Space heating											
Heat need for heating	$q_{h,nd}$ kWh/(m <sup>2</sup> a)						30		1,02	+/- 15,2	95,2%
Ventilation with heat recovery (considered as part of the heat supply system)											
Heat recovery	$\eta_{ve,rec}$ kWh/(m <sup>2</sup> a)	0,70	C	+/- 20%	+/- 0,14	1,0	15,7	+22,4	1,02	+/- 3,2	4,2%
Heat supply system											
Energy expenditure factor	$e_{sys,h}$ kWh/(m <sup>2</sup> a)	1,11	C	+/- 10%	+/- 0,11	1,0	11,6	10,5	1,00	+/- 1,2	0,5%
<b>Total uncertainty delivered energy for space heating (building + heat supply system)</b>										+/- 15,6	(100%)
Domestic hot water (DHW)											
DHW heat need	$q_{w,nd}$ kWh/(m <sup>2</sup> a)								1,14	+/- 4,3	76,3%
Energy expenditure factor	$e_{sys,w}$ kWh/(m <sup>2</sup> a)	1,59	C	+/- 10%	+/- 0,16	1,0	23,8	+15,0	1,00	+/- 2,4	23,7%
<b>Total uncertainty delivered energy for DHW (heat need + heat supply system)</b>										+/- 4,9	(100%)
<b>Total uncertainty delivered energy for space heating and DHW</b>							35,4			+/- 16,4	(100%)

\*) Simplified linear approach Simplified uncertainty estimation for delivered energy related to reference area (conditioned floor area)

### E.5 Gebäude C – Var. 2 (Auszug)

#### Energy Balance Calculation

#### Building Performance

Standard Reference Calculation - based on: EN ISO 13790 / seasonal method

building EnergyProfile.Query.Current (2019 ... 2019)

climate <DE.PC.01.64285>.<BT12>.<LTA> (-)

reference area  $A_{C,ref}$  1734,5 m<sup>2</sup>

(conditioned floor area)

construction element	original U-value <small>(not considering effect of adjacent unheated spaces)</small> $U_{original,i}$ W/(m <sup>2</sup> K)	measure type	nominal insulation thickness $d_{insulation}$ mm	effective thermal fraction $f_{measure,j}$	area $A_{env,i}$ m <sup>2</sup>	actual U-value $U_{actual,i}$ W/(m <sup>2</sup> K)	adjustment factor soil $b_{tr,i}$	$H_{tr,i}$ W/K	annual heat flow related to $A_{C,ref}$ kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Roof 1	0,09				585,0	0,09	1,00	49,7	2,3	
Roof 2										
Wall 1	0,11				1171,5	0,11	1,00	131,2	6,0	
Wall 2										
Wall 3	0,11				23,5	0,11	0,50	1,3	0,1	
Floor 1										
Floor 2	0,10				582,2	0,10	0,50	29,4	1,3	
Window 1	0,73	Replace			306,9	0,73	1,00	225,3	10,2	
Window 2										
Door 1	1,20	Replace			2,0	1,20	1,00	2,4	0,1	
thermal bridging: surcharge on the U-values						$\Delta U_{tb}$	$\Sigma A_{env,i}$	$H_{tr,tb}$		
						0,00	2671,1	5,1	0,2	
						related to: envelope area reference area				
						0,17	0,26	sum	<b>444</b>	<b>20,2</b>

**Heat transfer coefficient by transmission  $H_{tr}$**

volume-specific heat capacity air $c_{p,air}$ Wh/(m <sup>3</sup> K)	air change rate by use $n_{air,use}$ 1/h	air change rate by infiltration $n_{air,infiltration}$ 1/h	reference area $A_{C,ref}$ m <sup>2</sup>	room height (standard value) $h_{room}$ m	$H_{ve}$ W/K	annual heat flow related to $A_{C,ref}$ kWh/(m <sup>2</sup> a)
0,34	0,63	0,02	1734,5	2,50	963	43,8

**Heat transfer coefficient by ventilation  $H_{ve}$**

internal temp. external temp. $\vartheta_i$ °C $\vartheta_e$ °C	heating days $d_{hs}$ d/a	accumulated differences between internal and external temperature $(\vartheta_i - \vartheta_e) \times d_{hs}$ Kd/a	temperature reduction factor $F_{red}$ ( $t_{h,i} = W/(m^2K)$ ) kWh/a	$H_{tr}$ W/K	$H_{ve}$ W/K	$Q_{ht}$ kWh/a
22,1 - 5,1	202	3422	0,024	444	963	110926

**Total heat transfer  $Q_{ht}$**

reduction factors	solar energy transmittance $g_{gl,n}$	window area $A_{window,i}$ m <sup>2</sup>	solar global radiation $I_{sol,i}$ kWh/(m <sup>2</sup> a)	annual heat flow related to $A_{C,ref}$ kWh/a
external shading $F_{sh}$ × (1 - frame area fraction $F_F$ ) × non-perpendicular $F_W$	0,85	0,49	379	0,0
1. Horizontal	0,80 × (1 - 0,30) × 0,85	0,49	379	0,0
2. East	0,41 × (1 - 0,30) × 0,85	0,49	277	2,3
3. South	0,41 × (1 - 0,30) × 0,85	0,49	477	1,3
4. West	0,41 × (1 - 0,30) × 0,85	0,49	268	2,6
5. North	0,41 × (1 - 0,30) × 0,85	0,49	174	0,2
sum				<b>10931</b>

**Solar heat load during heating season  $Q_{sol}$**

internal heat sources $q_{int}$ kWh/d	heating days $d_{hs}$ d/a	reference area $A_{C,ref}$ m <sup>2</sup>	$Q_{int}$ kWh/a
0,024	1,15	1734,5	9647

**Internal heat sources  $Q_{int}$**

internal heat capacity per m <sup>2</sup> $A_{C,ref}$ $C_m$	time constant of the building $\tau = \frac{C_m \cdot A_{C,ref}}{H_{tr} + H_{ve}}$	parameter $a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}}$	heat balance ratio for the heating mode $\gamma_{h,gn} = \frac{Q_{sol} + Q_{int}}{Q_{ht}}$	gain utilisation factor for heating $\eta_{h,gn} = \frac{1 - \gamma_{h,gn}^{a_H}}{1 - \gamma_{h,gn}^{a_H + 1}}$
90	111 h	4,50	0,186	1,00

**Energy need for heating  $Q_{H,nd}$**

$Q_{ht} - \eta_{h,gn} \times (Q_{sol} + Q_{int}) = \mathbf{90357}$  kWh/a

**Energy Balance Calculation** **System Performance**



Standard Reference Calculation - based on: EN ISO 15316 / level B (tabled values)

building	code	EnergyProfile.Query.Current	conditioned floor area	$A_{C,ref}$ 1734,5 m <sup>2</sup>
system				

**Domestic Hot Water System**

system code

energy need hot water	$Q_{nd,w}$	15,0	thereof recoverable for space heating:
+ losses distrib.	Manual input	$Q_{d,w}$ 7,0	$Q_{d,w,h}$ 3,9
+ losses storage	Manual input	$Q_{s,w}$ 1,3	$Q_{s,w,h}$ 0,8
$Q_{g,w,out} = Q_{nd,w} + Q_{d,w} + Q_{s,w}$		23,4 kWh/(m <sup>2</sup> a)	$Q_{w,h} = Q_{d,w,h} + Q_{s,w,h}$ 4,7 kWh/(m <sup>2</sup> a)

code	heat generator	$\alpha_{nd,w,i}$	$Q_{g,w,out}$	$E_{g,w,i}$	$Q_{del,w,i}$	combined heat and power expenditure factor	electricity production
1	DH FW-Übergabestation	100%	23,4	24,6	24,6	0,00	0,0
2	_NA_	0%	0	0	0	0,00	0,0
3	_NA_	0%	0	0	0	0,00	0,0

auxiliary energy: EI Manual input  $Q_{del,w,aux}$  0,8 kWh/(m<sup>2</sup>a)

**Heating System**

system code

energy need space heating	$Q_{nd,h}$	52,1 kWh/(m <sup>2</sup> a)	gain utilisation factor $\eta_{h,gn} = \frac{1 - \gamma_{air,h}}{1 - \gamma_{air,h} + 1}$ 0,95
- usable contribution of hot water system	$\eta_{h,gn} \cdot Q_{w,h}$	4,5 kWh/(m <sup>2</sup> a)	building parameter $a_h$ 4,50
- usable contrib. of vent. heat recovery	$\eta_{h,gn} \cdot Q_{ve,h,rec}$	26,8 kWh/(m <sup>2</sup> a)	gain/loss ratio $\gamma_{h,gn} = \frac{Q_{w,h} + Q_{ve,h,rec}}{Q_{nd,h}}$ 0,63
+ losses distribution and heat emission	Manual input	$Q_{d,h}$ 0,2 kWh/(m <sup>2</sup> a)	ventilation heat recovery $f_{air,mech} \cdot \eta_{ve,rec} \cdot Q_{ht,ve}$ 43,8 kWh/(m <sup>2</sup> a)
+ losses storage	Manual input	$Q_{s,h}$ 0,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)	mechanical fraction of air change rate $f_{air,mech} = \min(\eta_{air,mech}, \eta_{air,use})$
$Q_{g,h,out} = Q_{nd,h} - Q_{w,h} - Q_{ve,h,rec} + Q_{d,h} + Q_{s,h}$		21,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)	

code	heat generator	$\alpha_{nd,h,i}$	$Q_{g,h,out}$	$E_{g,h,i}$	$Q_{del,h,i}$	combined heat and power expenditure factor	electricity production
1	DH FW-Übergabestation	100%	21,0	22,2	22,2	0,00	0,0
2	_NA_	0%	0	0	0	0,00	0,0
3	_NA_	0%	0	0	0	0,00	0,0

auxiliary energy: EI Manual input  $Q_{del,h,aux}$  0,5 kWh/(m<sup>2</sup>a)

ventilation system: EI DE.Bal\_Rec.MUH.12  $Q_{del,ve,aux}$  2,6 kWh/(m<sup>2</sup>a)

for information: net energy need for heating  $Q_{nd,h,net} = Q_{nd,h} - \eta_{h,gn} \cdot Q_{ve,h,rec}$  25,3 kWh/(m<sup>2</sup>a)

**Electricity Production**

Photovoltaic unit calculation according to EN 15316-4-6 "Photovoltaic Systems"

code	$A_{pv,system}$	$K_{pv,p}$	$P_{pv,p}$	ratio of annual electricity output to rated PV capacity	rated PV capacity	annual electricity produced by PV panels	electricity prod. PV system per m <sup>2</sup> ref.
<DE.PC.0164285>-<BT12>-<LTA>-<DE.Gen.01>-<South.45.Gen.01	292,5	0,15	43,9	$\frac{Q_{prod,el,pv,kWp}}{P_{pv,p}}$	784	34386	19,8
	0,0	0,15	0,0		0	0	0,0
Sum	292,5		43,9			34386	19,8

**Total electricity production**

$Q_{prod,el} = \sum_i Q_{prod,el,w,i} + \sum_i Q_{prod,el,h,i} + Q_{prod,el,pv}$  19,8 kWh/(m<sup>2</sup>a)

TABULA

## Metered Consumption

## Comparison to Calculation

---

Building

conditioned floor area  m<sup>2</sup>

---

### Comparison Scope

H+W.01.2021-07

from 01.07.2021 to 30.06.2022

Number of years 1

H+W

---

### Relevant Metering

Code of the metering	Metered quantity	Conditioned floor area m <sup>2</sup>	Utilisation	Metered energy		Consideration factor
				all balance years kWh	average year kWh/a	
M1	<EnergyProfile.Query.Current>.<M1>	1576,8	-H-W-	58960	58960	100%
M2	<EnergyProfile.Query.Current>.<M2>	1576,8	-H-W-	43188	43188	100%
M3	<EnergyProfile.Query.Current>.<M3>	1576,8	-W-	17385	17385	100%

Annual metered consumption to be considered (comparison value)	
kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)
58960	34,0

---

### Comparison with Energy Balance Calculation

Ac,ref  m<sup>2</sup>

#### DHW

	kWh/(m <sup>2</sup> a)	Consideration factor
Net energy need	15,0	100%
Effective net energy need (considering heat recovers)		
Heat losses storage	1,3	100%
Heat losses distribution	7,0	100%
Gross heat demand	23,4	

#### Space heating

Calculation	Climate adjusted	Consideration factor
52,1	51,0	
20,8	19,7	100%
0,0	0,0	100%
0,2	0,2	100%
21,0	20,0	

#### Climate adjustment factors

Heating degree days	0,93
Solar radiation	0,90

Effect of climate adjustment

95%
-----

---

Energy Carrier	DH	_NA_	_NA_	El.Prod	El.Aux
Fraction of produced heat	100%	0%	0%		
Produced heat	23,4	0,0	0,0		
Consideration factor					
Delivered energy	24,6	0,0	0,0	0,0	0,8
Consideration factor					

Energy Carrier	DH	_NA_	_NA_	El.Prod	El.Aux
Fraction of produced heat	100%	0%	0%		
Produced heat	20,0	0,0	0,0		
Consideration factor					
Delivered energy	21,0	0,0	0,0	0,0	0,5
Consideration factor					

---

#### Annual calculated demand to be considered (comparison value)

	Applicable for DHW kWh/(m <sup>2</sup> a)	Applicable for Space heating kWh/(m <sup>2</sup> a)	Comparison value
Heat demand	23,4	20,0	Sum of applicable values
Heat generation	0,0	0,0	
Energy carrier	0,0	0,0	

kWh/a		kWh/(m <sup>2</sup> a)	
75206	43,4		

---

#### Comparison

[kWh/(m<sup>2</sup>a)] 0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50

metered

calculated

Comment / Explanation

Ratio metered to calculated

0,78

---

Version: 2023-07-20



### Estimation of the Uncertainty

building DE.MOBASY.PHSP.C.Var2 reference area  $A_{C,ref}$  1734,5 m<sup>2</sup>

Space heating	Simplified energy expenditure factors			Sum delivered energy	generated heat	Simplified energy expenditure factor heat generation	net heat need	Simplified energy expenditure factor supply system
	Delivered energy EC 1	EC 2	EC 3					
DH	NA	NA		kWh/(m <sup>2</sup> a)	kWh/(m <sup>2</sup> a)		kWh/(m <sup>2</sup> a)	
	22,2	0,0	0,0	$q_{del,h}$ 22,2	$q_{del,h}$ : 21,0 = 1,05		$q_{del,h}$ : 20,8 = 1,06	
DHW	DH	NA	NA	kWh/(m <sup>2</sup> a)	kWh/(m <sup>2</sup> a)		kWh/(m <sup>2</sup> a)	
	24,6	0,0	0,0	$q_{del,w}$ 24,6	$q_{del,w}$ : 23,4 = 1,05		$q_{del,w}$ : 15,0 = 1,64	

Quantity	Uncertainty of respective quantity				Uncertainty of delivered energy						
	Value	Category	relative	absolute	Reduction factor multi-dwelling	Relevant heat or energy flow*	Sensitivity of heat flow to change of quantity	Energy expenditure factor	Uncertainty of relevant heat or energy flow*	Relevance for total uncertainty	
<b>Building heat losses</b>											
Envelope area	$A_{env,calc}$ m <sup>2</sup>	2671	A	+/- 5%	+/- 134	1,0	20,2	0,0076 kWh/(m <sup>2</sup> a) by change of 1m <sup>2</sup>	1,00	+/- 1,0	0,7%
Thermal transmittance	$b_{tr,i} \cdot U_{eff,i}$ W/(m <sup>2</sup> K)							kWh/(m <sup>2</sup> a) by change of 1W/(m <sup>2</sup> K)			
Roof 1	1,00 0,09	0,09	A	+/- 5%	+/- 0,00	1,0	2,3	26,6	1,00	+/- 0,1	0,0%
Roof 2			A			1,0			1,00		
Wall 1	1,00 0,11	0,11	A	+/- 5%	+/- 0,01	1,0	6,0	53,2	1,00	+/- 0,3	0,1%
Wall 2			A			1,0			1,00		
Wall 3	0,50 0,11	0,06	A	+/- 5%	+/- 0,00	1,0	0,1	1,1	1,00	+/- 0,0	0,0%
Floor 1			A			1,0			1,00		
Floor 2	0,50 0,10	0,05	A	+/- 5%	+/- 0,00	1,0	1,3	26,5	1,00	+/- 0,1	0,0%
Window 1	1,00 0,73	0,73	A	+/- 5%	+/- 0,04	1,0	10,2	13,9	1,00	+/- 0,5	0,2%
Window 2			A			1,0			1,00		
Door 1	1,00 1,20	1,20	A	+/- 5%	+/- 0,06	1,0	0,1	0,1	1,00	+/- 0,0	0,0%
Thermal bridging	$\Delta U_{eff,th bridge}$ W/(m <sup>2</sup> K)	0,00	A	+/- 6%	+/- 0,01	1,0	20,2	121,4	1,00	+/- 1,2	1,1%
Relative uncertainty related to								1 W/(m <sup>2</sup> K)			
Air exchange (heat not recovered)	$n_{air, heat loss}$ 1/h	0,23	C	+/- 24%	+/- 0,15	1,0	43,8	69,1	1,00	+/- 10,4	77,7%
Relative uncertainty related to								1,0 1/h			
Internal temperature	$\vartheta_i$ °C	22,1	C	+/- 6%	+/- 1,0	1,0	64,0	3,8	1,00	+/- 3,8	10,3%
Relative uncertainty related to								1 K			
External temperatures	$F_{HDD}$ kWh/a	82	B	+/- 5%	+/- 4,1	1,0	64,0	0,8	1,00	+/- 3,2	7,4%
Relative uncertainty related to								1 kWh/a			
<b>Building heat gains</b>											
Solar heat gains											
Effective equivalent South aperture	$A_{ap, equivalent S}$ m <sup>2</sup>	23	B	+/- 10%	+/- 2	1,0	6,3	0,27 kWh/(m <sup>2</sup> a)/m <sup>2</sup>	1,00	+/- 0,6	0,3%
Solar radiation	$I_{sol,hp}$ kWh/(m <sup>2</sup> a)	476,8	B	+/- 10%	+/- 48	1,0	6,3	0,01 kWh/(m <sup>2</sup> a)	1,00	+/- 0,6	0,3%
Internal heat load	$\dot{q}_{el}$ W/m <sup>2</sup>	1,15	C	+/- 30%	+/- 0,35	1,0	5,6	4,8 kWh/(m <sup>2</sup> a)/(W/m <sup>2</sup> )	1,00	+/- 1,7	2,0%
Total uncertainty energy need for heating							$q_{h,nd}$ 52,1			+/- 11,8	(100%)

Domestic hot water (DHW) - heat need											
DHW heat need	$q_{w,nd}$ kWh/(m <sup>2</sup> a)	15,0	C	+/- 25%	+/- 3,75	1,0	15,0	1,0	1,00	+/- 3,8	
Total uncertainty DHW heat need							15,0			+/- 3,8	

Delivered energy (building + heat supply system)											
Space heating											
Heat need for heating	$q_{h,nd}$						52			+/- 12,4	88,9%
Ventilation with heat recovery (considered as part of the heat supply system)								kWh/(m <sup>2</sup> a)			
Heat recovery	$\eta_{ve,rec}$	0,79	B	+/- 15%	+/- 0,12	1,0	26,8	+33,9	1,05	+/- 4,2	10,4%
Heat supply system								kWh/(m <sup>2</sup> a)			
Energy expenditure factor	$e_{sy,s,h}$	1,06	B	+/- 5%	+/- 0,05	1,0	22,2	20,8	1,00	+/- 1,1	0,7%
Total uncertainty delivered energy for space heating (building + heat supply system)										+/- 13,1	(100%)
Domestic hot water (DHW)								kWh/(m <sup>2</sup> a)			
DHW heat need	$q_{w,nd}$								1,05	+/- 3,9	91,1%
Energy expenditure factor	$e_{sy,s,w}$	1,64	B	+/- 5%	+/- 0,08	1,0	24,6	+15,0	1,00	+/- 1,2	8,9%
Total uncertainty delivered energy for DHW (heat need + heat supply system)										+/- 4,1	(100%)
Delivered energy for space heating and DHW							46,8				9,0%
Total uncertainty delivered energy for space heating and DHW										+/- 13,8	(100%)

\*) Simplified linear approach Simplified uncertainty estimation for delivered energy related to reference area (conditioned floor area)

## E.6 Gebäude C – Var. 3 (Auszug)

**TABULA**
**Energy Balance Calculation**
**Building Performance**

Standard Reference Calculation - based on: EN ISO 13790 / seasonal method

building

climate

reference area  $A_{C,ref}$   m<sup>2</sup>

(conditioned floor area)

construction element	original U-value <small>(not considering effect of adjacent unheated spaces)</small>	measure type	nominal insulation thickness	effective thermal fraction	area	actual U-value	area (basis: external dimensions)	adjustment factor soil	$H_{tr,i}$	annual heat flow related to $A_{C,ref}$
	$U_{original,i}$ W/(m <sup>2</sup> K)		$d_{insulation}$ mm	$f_{measure,i}$ W/(m <sup>2</sup> K)		$U_{actual,i}$ W/(m <sup>2</sup> K)	$A_{env,i}$ m <sup>2</sup>	$b_{tr,i}$	$H_{tr,i}$ W/K	$kWh/(m^2a)$
Roof 1	0,09					0,09	585,0	1,00	49,7	2,1
Roof 2										
Wall 1	0,11					0,11	1171,5	1,00	131,2	5,7
Wall 2										
Wall 3	0,11					0,11	23,5	0,26	0,7	0,0
Floor 1										
Floor 2	0,10					0,10	582,2	0,26	15,3	0,7
Window 1	0,73	Replace				0,73	306,9	1,00	225,3	9,7
Window 2										
Door 1	1,20	Replace				1,20	2,0	1,00	2,4	0,1

thermal bridging: surcharge on the U-values

$\Delta U_{tb}$   ×  $\Sigma A_{env,i}$   × 1,00 =  $H_{tr,tb}$   W/K

related to: envelope area  reference area

**Heat transfer coefficient by transmission  $H_{tr}$**

sum

**Heat transfer coefficient by ventilation  $H_{ve}$**

volume-specific heat capacity air  $c_{p,air}$   Wh/(m<sup>3</sup>K)

air change rate by use  $\rho_{air,use}$   1/h

air change rate by infiltration  $\rho_{air,infiltration}$   1/h

room height (standard value)  $h_{room}$   m

$H_{ve}$   W/K

accumulated differences between internal and external temperature

internal temp. external temp. heating days

$\theta_i$  °C  -  $\theta_e$  °C  ×  $d_{hs}$  d/a  =  $Kd/a$

temperature reduction factor  $F_{red}$   (for  $\theta_{i,e} = W/(m^2K)$ ) × 0,024  $kWh/a$

**Total heat transfer  $Q_{ht}$**   +  ×  ×  =

window orientation	reduction factors			solar energy transmittance $g_{gl,n}$	window area $A_{window,i}$	solar global radiation $I_{sol,i}$	solar global radiation $I_{sol,i}$	kWh/a
	external shading $F_{sh}$	frame area fraction $F_F$	non-perpendicular $F_W$					
1. Horizontal	0,80	0,30	0,85	0,49		379		0,0
2. East	0,32	0,30	0,85	0,49	117,2	277	3065	1,8
3. South	0,32	0,30	0,85	0,49	39,8	477	1791	1,0
4. West	0,32	0,30	0,85	0,49	137,0	268	3463	2,0
5. North	0,32	0,30	0,85	0,49	13,0	174	213	0,1

**Solar heat load during heating season  $Q_{sol}$**  sum

internal heat sources heating days

internal heat sources  $q_{in}$   kWh/d

heating days  $d_{hs}$   d/a

reference area  $A_{C,ref}$   m<sup>2</sup>

**Internal heat sources  $Q_{int}$**   ×  ×  ×  =

internal heat capacity per m<sup>2</sup>  $A_{C,ref}$   $C_m$   Wh/(m<sup>2</sup>K)

time constant of the building  $\tau = \frac{C_m \cdot A_{C,ref}}{H_{tr} + H_{ve}}$   h

parameter  $a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}}$

heat balance ratio for the heating mode  $\gamma_{h,gn} = \frac{Q_{sol} + Q_{int}}{Q_{ht}}$

gain utilisation factor for heating  $\eta_{h,gn} = \frac{1 - \gamma_{h,gn}^{a_H}}{1 - \gamma_{h,gn}}$

**Energy need for heating  $Q_{H,nd}$**   $Q_{ht} - \eta_{h,gn} \times (Q_{sol} + Q_{int}) =$

Version: 2023-07-20

**Energy Balance Calculation** **System Performance**



Standard Reference Calculation - based on: EN ISO 15316 / level B (tabled values)

building	code	conditioned floor area	$A_{C,ref}$
system	EnergyProfile.Query.Current	1734,5	m <sup>2</sup>

**Domestic Hot Water System**

system code

energy need hot water	$Q_{nd,w}$	10,5	thereof recoverable for space heating:
+ losses distrib.	Manual input	$Q_{d,w}$ 5,8	$Q_{d,w,h}$ 3,4
+ losses storage	Manual input	$Q_{s,w}$ 0,5	$Q_{s,w,h}$ 0,3
$Q_{g,w,out} = Q_{nd,w} + Q_{d,w} + Q_{s,w}$		16,9	$Q_{w,h} = Q_{d,w,h} + Q_{s,w,h}$ 3,7
		kWh/(m <sup>2</sup> a)	kWh/(m <sup>2</sup> a)

code	heat generator	$\alpha_{nd,w,i}$	$Q_{g,w,out}$	$E_{g,w,i}$	$Q_{del,w,i}$	combined heat and power expenditure factor	electricity production
1	DH FW-Übergabestation	100%	16,9	1,05	17,8	0,00	0,0
2	_NA_	0%	16,9	0,00	0,0	0,00	0,0
3	_NA_	0%	16,9	0,00	0,0	0,00	0,0

related to gross calorific value

auxiliary energy: EI Manual input  $Q_{del,w,aux}$  0,8 kWh/(m<sup>2</sup>a)

**Heating System**

system code

energy need space heating	$Q_{nd,h}$	51,4	gain utilisation factor $\eta_{h,gn} = \frac{1 - \gamma_{air,h}}{1 - \gamma_{air,h} + 1}$ 0,95
- usable contribution of hot water system	$\eta_{h,gn} \cdot Q_{w,h}$	3,5	building parameter $a_h$ 4,18
- usable contrib. of vent. heat recovery	$\eta_{h,gn} \cdot Q_{ve,h,rec}$	25,5	
+ losses distribution and heat emission	Manual input	$Q_{d,h}$ 0,1	gain/loss ratio $\gamma_{h,gn} = \frac{Q_{w,h} + Q_{ve,h,rec}}{Q_{nd,h}}$ 0,59
+ losses storage	Manual input	$Q_{s,h}$ 0,2	ventilation heat recovery $Q_{ve,h,rec} = f_{air,mech} \cdot \eta_{ve,rec} \cdot Q_{ht,ve}$ 47,9
$Q_{g,h,out} = Q_{nd,h} - Q_{w,h} - Q_{ve,h,rec} + Q_{d,h} + Q_{s,h}$		22,7	mechanical fraction of air change rate $f_{air,mech} = \frac{\min(\eta_{air,mech}, \eta_{air,use})}{\eta_{air,mech} + \eta_{air,use}}$
		kWh/(m <sup>2</sup> a)	

code	heat generator	$\alpha_{nd,h,i}$	$Q_{g,h,out}$	$E_{g,h,i}$	$Q_{del,h,i}$	combined heat and power expenditure factor	electricity production
1	DH FW-Übergabestation	100%	22,7	1,02	23,2	0,00	0,0
2	_NA_	0%	22,7	0,00	0,0	0,00	0,0
3	_NA_	0%	22,7	0,00	0,0	0,00	0,0

related to gross calorific value

auxiliary energy: EI Manual input  $Q_{del,h,aux}$  0,5 kWh/(m<sup>2</sup>a)

ventilation system: EI DE.Bal\_Rec.MUH.12  $Q_{del,ve,aux}$  2,6 kWh/(m<sup>2</sup>a)

for information: net energy need for heating  $Q_{nd,h,net} = Q_{nd,h} - \eta_{h,gn} \cdot Q_{ve,h,rec}$  25,9 kWh/(m<sup>2</sup>a)

**Electricity Production**

**Photovoltaic unit**

calculation according to EN 15316-4-6 "Photovoltaic Systems"

code	$A_{pv,system}$	$K_{pv,p}$	$P_{pv,p}$
<DE.PC.0164285>-<BT12>-<LTA>-<DE.Gen.01>-<South.45.Gen.01	292,5	0,15	43,9
	0,0	0,15	0,0
Sum	292,5		43,9
	m <sup>2</sup>	kW/m <sup>2</sup>	kW

ratio of annual electricity output to rated PV capacity	rated PV capacity	annual electricity produced by PV panels	electricity prod. PV system per m <sup>2</sup> ref.
$Q_{prod,el,pv,kWp}$	$P_{pv,p}$	$Q_{el,pv}$	$Q_{el,pv}$
784	43,9	34386	19,8
0	0,0	0	0,0
	kWh/a/kW <sub>p</sub>	kW	kWh/a
			kWh/(m <sup>2</sup> a)

**Total electricity production**

$Q_{prod,el} = \sum_i Q_{prod,el,w,i} + \sum_i Q_{prod,el,h,i} + Q_{prod,el,pv}$  19,8 kWh/(m<sup>2</sup>a)

TABULA

Metered Consumption

Comparison to Calculation

---

Building

conditioned floor area  m<sup>2</sup>

---

Comparison Scope

from  to  Number of years

H+W

---

Relevant Metering

Code of the metering	Metered quantity	Conditioned floor area m <sup>2</sup>	Utilisation	Metered energy		Consideration factor
				all balance years kWh	average year kWh/a	
M1	<EnergyProfile.Query.Current>.<M1>	1576,8	-H-W-	58960	58960	100%
M2	<EnergyProfile.Query.Current>.<M2>	1576,8	-H-W-	43188	43188	100%
M3	<EnergyProfile.Query.Current>.<M3>	1576,8	-W-	17410	17410	100%

Annual metered consumption to be considered (comparison value)		58960	34,0
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)	

---

Comparison with Energy Balance Calculation

*A<sub>c,ref</sub>*  m<sup>2</sup>

Climate adjustment factors

Heating degree days	0,93
Solar radiation	0,90

DHW

	kWh/(m <sup>2</sup> a)	Consideration factor
Net energy need	10,5	100%
Effective net energy need (considering heat recovers)	0,5	100%
Heat losses storage	0,5	100%
Heat losses distribution	5,8	100%
Gross heat demand	16,9	

Energy Carrier	DH	_NA_	_NA_	El.Prod	El.Aux
Fraction of produced heat	100%	0%	0%		
Produced heat	16,9	0,0	0,0		
Consideration factor					
Delivered energy	17,8	0,0	0,0	0,0	0,8
Consideration factor					

Space heating

Calculation	kWh/(m <sup>2</sup> a)	Climate adjusted	kWh/(m <sup>2</sup> a)	Consideration factor
	51,4		50,1	
	22,4		21,2	100%
	0,2		0,2	100%
	0,1		0,1	100%
	22,7		21,5	

Energy Carrier	DH	_NA_	_NA_	El.Prod	El.Aux
Fraction of produced heat	100%	0%	0%		
Produced heat	21,5	0,0	0,0		
Consideration factor					
Delivered energy	21,9	0,0	0,0	0,0	0,5
Consideration factor					

**Annual calculated demand to be considered (comparison value)**

	Applicable for DHW	Applicable for Space heating	Comparison value
Heat demand	16,9 kWh/(m <sup>2</sup> a)	21,5 kWh/(m <sup>2</sup> a)	66473
Heat generation	0,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)	0,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Energy carrier	0,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)	0,0 kWh/(m <sup>2</sup> a)	

Sum of applicable values		38,3
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)

**Comparison**

<p>[kWh/(m<sup>2</sup>a)] 0 5 10 15 20 25 30 35 40 45</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: left; font-size: small;"> <p>metered <span style="color: red;">█</span></p> <p>calculated <span style="color: blue;">█</span></p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; font-weight: bold; color: white; margin-left: 20px;">0,89</div> </div>	<p>Ratio metered to calculated</p>
--	------------------------------------

Comment / Explanation

Version: 2023-07-20



### Estimation of the Uncertainty

building DE.MOBASY.PHSP.C.Var3 reference area  $A_{C,ref}$  1734,5 m<sup>2</sup>

Space heating	Simplified energy expenditure factors			Sum delivered energy	generated heat	Simplified energy expenditure factor	net heat need	Simplified energy expenditure factor supply system
	EC 1	EC 2	EC 3					
DH	NA	NA		kWh/(m <sup>2</sup> a)	kWh/(m <sup>2</sup> a)	= 1,02	kWh/(m <sup>2</sup> a)	= 1,03
23,2	0,0	0,0	$q_{del,h}$	23,2				
DHW	DH	NA	NA	kWh/(m <sup>2</sup> a)	kWh/(m <sup>2</sup> a)	= 1,05	kWh/(m <sup>2</sup> a)	= 1,68
17,8	0,0	0,0	$q_{del,w}$	17,8				

Quantity	Uncertainty of respective quantity				Uncertainty of delivered energy						
	Value	Category	relative	absolute	Reduction factor multi-dwelling	Relevant heat or energy flow*	Sensitivity of heat flow to change of quantity	Energy expenditure factor	Uncertainty of relevant heat or energy flow*	Relevance for total uncertainty	
<b>Building heat losses</b>											
Envelope area	$A_{env,calc}$	2671	A	+/- 5%	+/- 134	1,0	18,5	0,0069	1,00	+/- 0,9	1,4%
Thermal transmittance	$b_{tr,i} \cdot U_{eff,i}$	W/(m <sup>2</sup> K)		W/(m <sup>2</sup> K)				kWh/(m <sup>2</sup> a) by change of 1m <sup>2</sup>		kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Roof 1	1,00	0,09	A	+/- 5%	+/- 0,00	1,0	2,1	25,2	1,00	+/- 0,1	0,0%
Roof 2			A			1,0			1,00		
Wall 1	1,00	0,11	A	+/- 5%	+/- 0,01	1,0	5,7	50,5	1,00	+/- 0,3	0,1%
Wall 2			A			1,0			1,00		
Wall 3	0,26	0,11	A	+/- 5%	+/- 0,00	1,0	0,0	1,0	1,00	+/- 0,0	0,0%
Floor 1			A			1,0			1,00		
Floor 2	0,26	0,10	A	+/- 5%	+/- 0,00	1,0	0,7	25,1	1,00	+/- 0,0	0,0%
Window 1	1,00	0,73	A	+/- 5%	+/- 0,04	1,0	9,7	13,2	1,00	+/- 0,5	0,4%
Window 2			A			1,0			1,00		
Door 1	1,00	1,20	A	+/- 5%	+/- 0,06	1,0	0,1	0,1	1,00	+/- 0,0	0,0%
Thermal bridging	$\Delta U_{eff,th bridge}$	W/(m <sup>2</sup> K)	A	+/- 6%	+/- 0,01	1,0	18,5	115,2	1,00	+/- 1,2	2,2%
Relative uncertainty related to				0,16 W/(m <sup>2</sup> K)							
Air exchange (heat not recovered)	$n_{air, heat loss}$	1/h	B	+/- 14%	+/- 0,10	1,0	47,9	65,3	1,00	+/- 6,5	70,2%
Relative uncertainty related to				0,73 1/h							
Internal temperature	$\vartheta_i$	°C	A	+/- 1%	+/- 0,1	1,0	66,4	3,8	1,00	+/- 0,4	0,2%
Relative uncertainty related to				17,3 K							
External temperatures	$F_{HDD}$	kkh/a	B	+/- 5%	+/- 4,2	1,0	66,4	0,8	1,00	+/- 3,3	18,2%
<b>Building heat gains</b>											
Solar heat gains											
Effective equivalent South aperture	$A_{ap,equiv S}$	m <sup>2</sup>	A	+/- 5%	+/- 1	1,0	4,9	0,27	1,00	+/- 0,2	0,1%
Solar radiation	$I_{sol,hp}$	kWh/(m <sup>2</sup> a)	B	+/- 10%	+/- 48	1,0	4,9	0,01	1,00	+/- 0,5	0,4%
Internal heat load	$\dot{q}_{el}$	W/m <sup>2</sup>	B	+/- 20%	+/- 0,42	1,0	10,1	4,8	1,00	+/- 2,0	6,7%

**Total uncertainty energy need for heating**  $q_{h,nd}$  **51,4** **+/- 7,8** (100%)

#### Domestic hot water (DHW) - heat need

DHW heat need	$q_{w,nd}$	10,5	B	+/- 10%	+/- 1,05	1,0	10,5	1,0	1,00	+/- 1,1
---------------	------------	------	---	---------	----------	-----	------	-----	------	---------

**Total uncertainty DHW heat need** **10,5** **+/- 1,1**

#### Delivered energy (building + heat supply system)

Space heating											
Heat need for heating	$q_{h,nd}$					51			1,02	+/- 7,9	90,1%
Ventilation with heat recovery (considered as part of the heat supply system)								kWh/(m <sup>2</sup> a)			
Heat recovery	$\eta_{ve,rec}$	0,79	A	+/- 10%	+/- 0,08	1,0	25,5	+32,2	1,02	+/- 2,6	9,6%
Heat supply system											
Energy expenditure factor	$e_{sy,s,h}$	1,03	A	+/- 2%	+/- 0,02	1,0	23,2	22,4	1,00	+/- 0,5	0,3%
<b>Total uncertainty delivered energy for space heating (building + heat supply system)</b>										<b>+/- 8,4</b>	(100%)
Domestic hot water (DHW)											
DHW heat need	$q_{w,nd}$								1,05	+/- 1,1	90,7%
Energy expenditure factor	$e_{sy,s,w}$	1,68	A	+/- 2%	+/- 0,03	1,0	17,8	+10,5	1,00	+/- 0,4	9,3%
<b>Total uncertainty delivered energy for DHW (heat need + heat supply system)</b>										<b>+/- 1,2</b>	(100%)
<b>Delivered energy for space heating and DHW</b>						<b>40,9</b>					<b>1,9%</b>
<b>Total uncertainty delivered energy for space heating and DHW</b>										<b>+/- 8,5</b>	(100%)

\*) Simplified linear approach Simplified uncertainty estimation for delivered energy related to reference area (conditioned floor area)