

MOBASY-Teilbericht

Verbrauchsbenchmarks für unterschiedliche Dämmstandards bei vermieteten Mehrfamilienhäusern

Statistische Auswertung der MOBASY-Mehrfamilienhaus-Stichprobe

Forschungsprojekt

MOBASY

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

(Verbundvorhaben Solares Bauen FKZ 03SBE0004A)

Darmstadt, 28.09.2022

Autoren: Tobias Loga
Guillaume Behem
Stefan Swiderek
Britta Stein

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Titel: Verbrauchsbenchmarks für unterschiedliche Dämmstandards
bei vermieteten Mehrfamilienhäusern (MOBASY-Teilbericht).
Statistische Auswertung der MOBASY-Mehrfamilienhaus-Stichprobe

Autoren: Tobias Loga
Guillaume Behem
Stefan Swiderek
Britta Stein

in Kooperation mit: Nassauische Heimstätte | Wohnstadt, Frankfurt am Main
Wohnbau Gießen GmbH
bauverein AG, Darmstadt

Wir bedanken uns sehr herzlich für die gute Zusammenarbeit!

Darmstadt, 28. September 2022

ISBN 978-3-941140-73-8

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

Telefon +49 (0)6151 2904-0
Fax +49 (0)6151 2904-97
Internet www.iwu.de

Inhalt

Zusammenfassung	4
English Summary	6
1 Einleitung	8
2 Datengrundlage	9
2.1 Gebäudestichprobe.....	9
2.2 Erfasste Gebäudedaten / Energieprofil-Indikatoren.....	9
3 Methodik der Verbrauchsbenchmarks und detaillierte Ergebnisse	12
3.1 „Wärmegüte“ als Kriterium zur Beurteilung der Gebäudehülle	13
3.2 Unkorrigierte Verbrauchswerte für Heizung und Warmwasser <HW> und Heizung <H> aus der Heizkostenabrechnung	16
3.3 Messwert-Korrektur: Endenergie (Gebäude) + lokales mittleres Klima <H+W C1> und <H C1>	19
3.4 Zusätzliche Messwert-Korrektur: Herausrechnung von Warmwasser und Zusammenführung zu Verbrauchskennwerten Heizung <H C2>	21
3.5 Statistische Auswertung des Zustands	22
3.6 Gesamtergebnis der Analyse.....	26
4 Vergleich des gemessenen Verbrauchs mit den Ergebnissen des physikalischen Modells (MOBASY-Realbilanz)	29
4.1 Zusammenhang der Messwerte mit der Realbilanz-Berechnung	29
4.2 Unsicherheit der Berechnung und Vergleich mit der Streuung	32
4.3 Vergleich Messwert mit Realbilanz je Wärmegüte-Klasse	35
4.4 Übersicht über die Ergebnisse der statistischen Analysen je Wärmegüte-Klasse	40
5 Gesamtergebnis: Wohnflächenbezogene Benchmarks	43
+++ A N H A N G +++	47
Anhang A – Literatur-, Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	47
A.1 Literaturverzeichnis.....	47
A.2 Abbildungsverzeichnis.....	48
A.3 Tabellenverzeichnis	51
Anhang B – Gebäudedaten und Analysedetails	52
B.1 In der Analyse enthaltene Gebäude.....	52
B.2 Details zu den Auswertungen je Wärmegüte-Klasse	54
Anhang C – Überblick Benchmark-Diagramme und Tabellen	56
C.1 Version for international comparison / reference area: total heated floor area (TABULA reference area).....	56
C.2 Version für die Kommunikation mit Akteuren in Deutschland / Flächenbezug: Wohnfläche	60
Anhang D – Methodik der MOBASY-Realbilanz – Kurzbeschreibung	63
Anhang E – Illustration an einem Beispielgebäude	65
E.1 Übersicht und Ergebnisse.....	65
E.2 Energieprofil-Monitoring-Indikatoren (Angaben Gebäudeeigentümer).....	68
E.3 Vor-Ort-Begehung im Rahmen der Datenqualitätssicherung	72
E.4 Einstellungen für die Bilanzierung und Bewertung der Unsicherheit	76
E.5 Demo-Rechenblätter Real-Bilanz (TABULA-Verfahren).....	79
E.6 Energiebilanz-Diagramme	88
E.7 Zwei weitere baugleiche und in gleicher Weise modernisierte Gebäude.....	89

Zusammenfassung

Für 108 Geschosswohnbauten mit insgesamt 2.405 Wohnungen wurde der gemessene Heizenergieverbrauch ausgewertet. Dabei wurde für unterschiedliche Klassen des baulichen Wärmeschutzes, im Folgenden als „Wärmegüte-Klassen“ bezeichnet, der Durchschnittsverbrauch ermittelt. Weiterhin wurden die Dämmstärken, die Fensterqualität und die Art der Lüftung statistisch ausgewertet. Ergebnis ist, dass der mittlere Heizenergieverbrauch eine starke Abhängigkeit von der Wärmegüte und damit von den Eigenschaften der thermischen Hülle zeigt (Bild 1). Altbau-Mehrfamilienhäuser ohne nachträgliche Dämmung haben einen mittleren Heizenergieverbrauch von knapp 140 kWh pro m² Wohnfläche und Jahr (Mittelwert der Wärmegüte-Klassen¹ E und F).² Bei Gebäuden mit einem Dämmniveau von im Mittel 16 cm Dämmstärke und Zweifachwärmeschutzverglasung liegt der Wert bei ca. 70 kWh/(m²a) (Mittelwert der Wärmegüte-Klassen B und C). Bei Gebäuden mit ambitionierten Dämmstärken um 30 cm, Passivhausfenstern mit Dreifachwärmeschutzverglasung und Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung wurde ein Heizenergieverbrauch von ca. 35 kWh/(m²a) gemessen (Mittelwert der Wärmegüte-Klassen A und A+).³ Gegenüber unsanierten Altbauten haben die Gebäude mit herkömmlichen Modernisierungsmaßnahmen also einen etwa 50 % niedrigeren Heizenergieverbrauch, die Gebäude mit dem ambitionierten Wärmeschutzniveau und Wärmerückgewinnungsanlagen einen um etwa 75 % niedrigeren Heizenergieverbrauch.

Bei Verwendung eines realitätsnahen physikalischen Modells lässt sich der bei den 108 Gebäuden gemessene Energieverbrauch recht gut abbilden.⁴ In dem Modell werden für alle Eingangsgrößen (Hüllflächen, U-Werte, Anlageneffizienz, Nutzungs- und Klimadaten) jeweils möglichst realistische Werte angesetzt und zusätzlich die Unsicherheit bzw. Variationsbreite der Werte abgeschätzt. Eine Prognose des Energieverbrauchs für ein einzelnes Gebäude ist auf Grund dieser Unsicherheiten mit einer gewissen Unschärfe verbunden, die von dem Bilanzverfahren quantifiziert und als Ergebnis mit ausgegeben wird. Die für die Mehrfamilienhaus-Stichprobe je Wärmegüte-Klasse ermittelten Durchschnittswerte des Verbrauchs stimmen insgesamt recht gut mit den jeweiligen Schätzwerten des physikalischen Modells überein, die Streuung des Verbrauchs entspricht grob der Unsicherheit des Modells, bezogen auf ein Einzelgebäude. Die Wirkung der Wärmeschutzmaßnahmen entspricht damit insgesamt also den theoretischen Erwartungen.

¹ Die Buchstaben-Label der in diesem Bericht definierten Wärmegüte-Klassen stehen in keiner unmittelbaren Beziehung zu den im Energieausweis nach Gebäudeenergiegesetz verwendeten Label für die Energieeffizienzklassen.

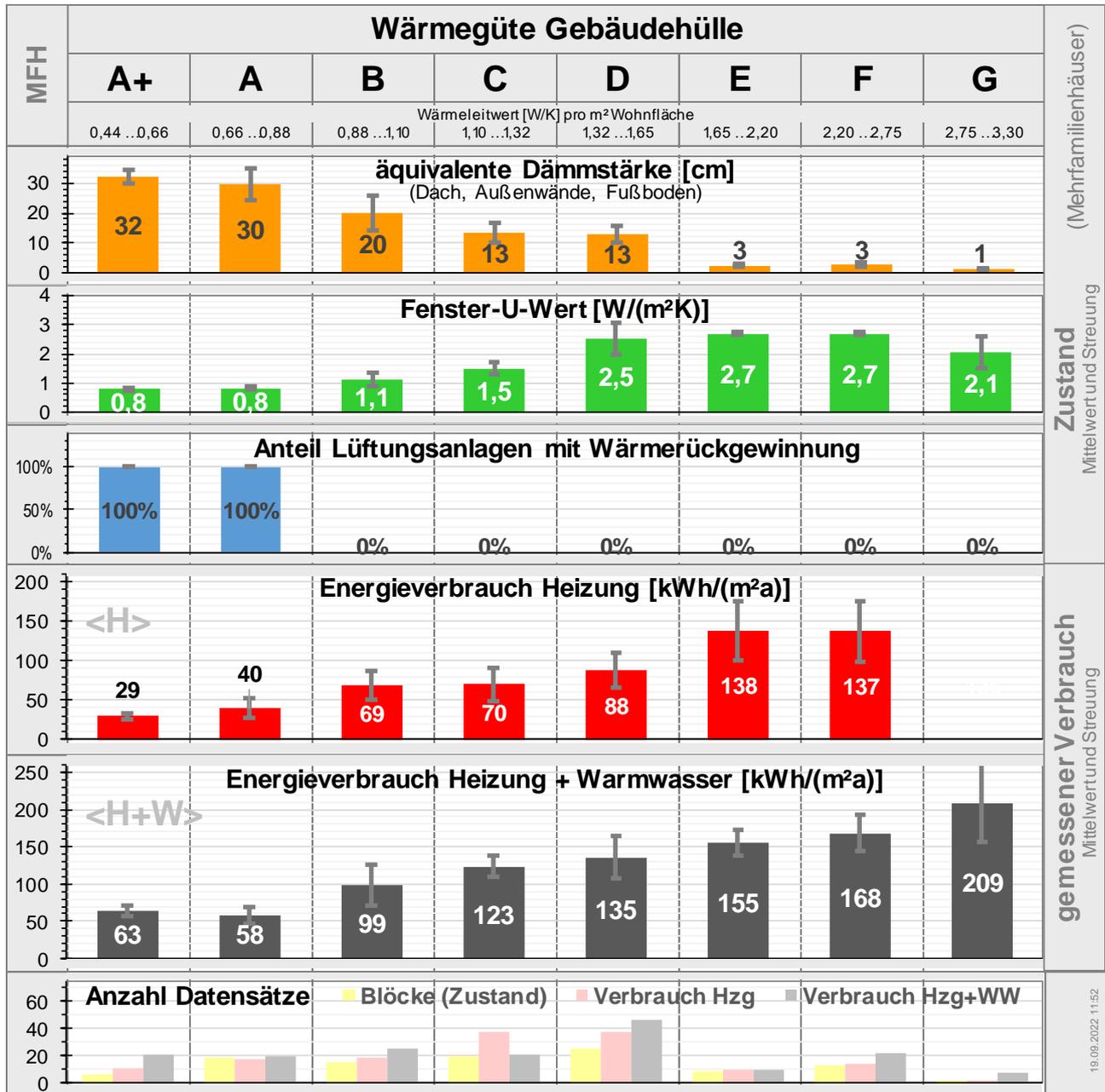
² Die gemessenen Verbrauchswerte inklusive Warmwasserbereitung liegen für alle Klassen um etwa 30 bis 50 kWh/(m²a) höher.

³ Die hier genannten Werte beziehen sich auf die Wohnfläche. In der Dokumentation der Analyse ab Kapitel 3, im Anhang und in der englischen Zusammenfassung (English Summary) sind alle Kennwerte auf die Nettoraumfläche bezogen und damit nominal um 10 % niedriger: Heizenergieverbrauch der Klassen E/F: ca. 125 kWh/(m²a), der Klassen B/C ca. 65 kWh/(m²a) und der Klassen A+/A ca. 30 kWh/(m²a) – siehe auch Zusammenfassung der Analysen in Bild 18. Der Grund für die Verwendung der Netto-Raumfläche in den Analysen ist, dass dies die Referenzfläche des hier eingesetzten TABULA-Bilanzierungsverfahren ist. Diese ist rein geometrisch definiert und erleichtert damit den internationalen Vergleich.

⁴ siehe Bild 38 im Abschnitt 5 „Gesamtergebnis“

Bild 1: Benchmark-Diagramm

Statistische Auswertung der Zustands- und Verbrauchsdaten von Mehrfamilienhäusern, differenziert nach der Warmegüte der Gebäudehülle (Klassifizierung der theoretischen Wärmeverluste)
 108 Gebäude (2.405 Wohnungen) / konventionelle Wärmeversorgung (fossile Brennstoffe, Fernwärme)
 Flächenbezug: Wohnfläche



MOBASY-Mehrfamilienhaus-Stichprobe; Mittelwert und Standardabweichung je Indikator und Klasse; Kennwerte bezogen auf beheizte Wohnfläche; Wärmeleitwert Gebäude [W/K] = Wärmetransferkoeffizient Transmission + Lüftung (rechnerische Wärmeverluste je Grad Temperaturdifferenz zwischen innen und außen); äquivalente Dämmstärke ermittelt aus dem mittleren U-Wert der opaken Bauteile, bei Annahme einer Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W/(m·K) und einem Ausgangs-U-Wert von 1,5 W/(m²K), für Fußboden/Kellerdecke wird der U-Wert mit einem Faktor 0,5 gewichtet; gemessener Verbrauch: Endenergie Brennstoffe (bezogen auf Brennwert) oder Fernwärme

English Summary

The measured heating energy consumption was evaluated for 108 multi-storey residential buildings with a total of 2405 apartments. The average consumption was determined for different classes of thermal insulation, referred to as "thermal quality classes". Furthermore, the insulation thicknesses, the windows quality and the type of ventilation were statistically evaluated. The result is that the average heating energy consumption shows a strong dependency on the thermal quality of the thermal envelope (figure / Bild 2). Old apartment buildings without later applied insulation have an average heating energy consumption of about 125 kWh per m² reference area (average of the thermal quality classes E and F). For buildings with an average insulation thickness of 16 cm and with windows with double glazing and low-e coating, the value is around 65 kWh/(m²a) (average of classes B and C). A heating energy consumption of about 30 kWh/(m²a) was measured in buildings with ambitious insulation thicknesses of around 30 cm, passive house windows with triple thermal insulation glazing and ventilation systems with heat recovery (average of classes A and A+). Compared to old buildings that have not been refurbished, the buildings with usual modernisation measures have a heating energy consumption that is about 50 % lower, the buildings with the ambitious level of thermal insulation and heat recovery systems have a heating energy consumption that is 75 % lower.

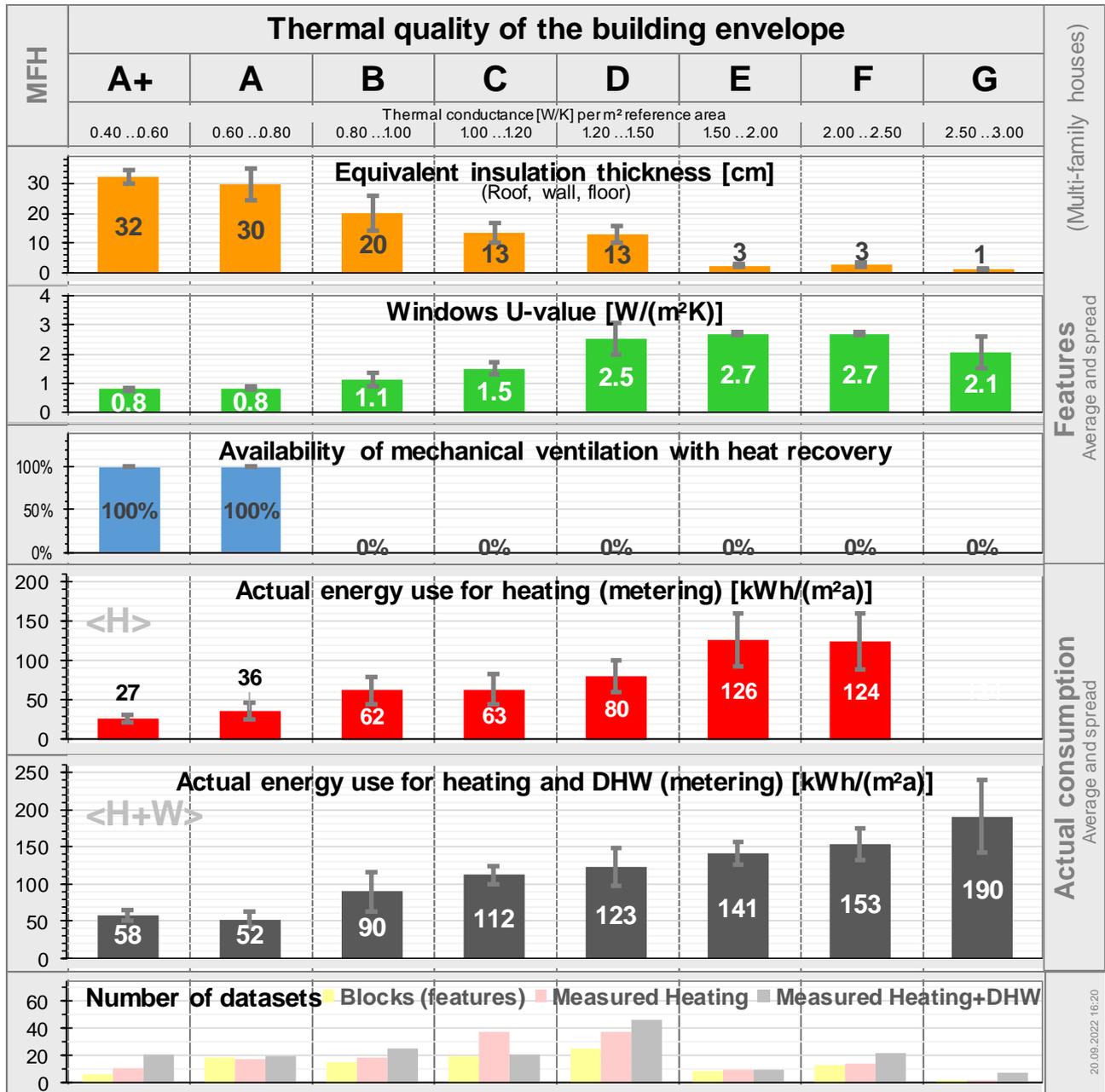
By use of a realistic physics-based model, the measured energy consumption can be reproduced quite well. In the model, the most true-to-life values are used for all input variables (envelope areas, U-values, system efficiency, usage and climate data) and the uncertainty or variation range of the values is also estimated. Due to these uncertainties, a forecast of the energy consumption for an individual building is associated with a certain degree of imprecision, which is quantified by the model and given as a result. The average values of consumption determined for the different thermal quality classes of the building sample are mostly very close to the respective estimated values of the physical model, the scattering of the consumption roughly corresponds to the uncertainty of the model when applied to an individual building. In summary, the overall effect of the insulation measures therefore corresponds to the theoretical expectations.

Bild 2: Benchmark Chart

Statistical evaluation of the physical state and of the consumption of apartment buildings, differentiated by the thermal quality of the building envelope

108 housing blocks (2405 apartments) / conventional heat supply (fossil fuels, district heating)

Reference area: net floor area (TABULA reference area)



MOBASY MFH sample; averages and standard deviations per indicator and class; energy indicators related to TABULA reference area; "thermal conductance" = heat transfer coefficient by transmission and ventilation, related to the reference floor area of the building (theoretical heat losses by degree temperature difference between inside and outside); equivalent insulation thickness determined from the average U-value of the opaque components, assuming a thermal conductivity of 0.035 W/(m K) and an initial U-value of 1.5 W/(m²K), for floors / cellar ceilings the U-Value is weighted by a factor of 0.5; measured consumption: fuels (values based on gross calorific value) or district heating

1 Einleitung

Ausgangsbasis

Aus Klimaschutzgründen ist eine drastische Senkung des fossilen Energieverbrauchs unserer Gebäude erforderlich. Dies kann nur gelingen, indem zum einen der Wärmebedarf für die Bereitstellung von akzeptablen Raumtemperaturen und von warmem Wasser durch Effizienzmaßnahmen soweit wie möglich reduziert wird, zum anderen der verbleibende Bedarf an Wärme durch erneuerbare Energiequellen gedeckt wird. Gegenüber den derzeit laufenden Prozessen zur energetischen Modernisierung sind erhöhte Anstrengungen nötig, was den Einsatz von Technik, finanziellen Mitteln, Personal und Material angeht. Umso wichtiger ist, dass dieser Aufwand zielgerichtet, wirksam und effizient ist.

Ein Tracking der tatsächlich umgesetzten Maßnahmen und des daraus resultierenden Energieverbrauchs ist hierfür unabdingbar – auf nationaler und regionaler Ebene, aber auch auf der Ebene von Gebäudeportfolios von Wohnungsunternehmen. Es sollte transparent werden, welche Verbrauchsniveaus durch unterschiedliche Maßnahmenpakete im Mittel erreicht werden. Um Prognosemodelle und damit auch Steuerungsmechanismen zu verbessern, muss der gemessene Energieverbrauch mit auf realistischen Annahmen basierenden Modellen und daraus abgeleiteten Erwartungen verglichen werden. Im Fall von größeren Diskrepanzen sollten die Gründe ermittelt und eine Verbesserung erreicht werden. Die Erkenntnisse müssen so aufbereitet werden, dass sie bei Entscheidungen über Modernisierungsmaßnahmen und -strategien leicht berücksichtigt werden können.

Zielsetzung

Im Rahmen des Projekts MOBASY werden diese Aufgaben in Kooperation mit drei Wohnungsunternehmen konkret angegangen. Aus dem Bestand der Unternehmen gibt es eine Stichprobe von Mehrfamilienhäusern mit einer großen Bandbreite des energetischen Zustands (überwiegend Altbauten + einzelne neuere Gebäude). Da in den Gebäuden nur konventionelle Wärmeversorgungssysteme installiert sind (Brennstoffe, Fernwärme), liegt der Fokus hier auf der Wirkung von Wärmeschutzmaßnahmen an der Gebäudehülle.

Konkret soll die Frage beantwortet werden, welcher Energieverbrauch mit unterschiedlichen Dämmniveaus erreicht wird und inwieweit dieser den theoretischen Erwartungen entspricht.

Vorgehen

Die Gebäuestichprobe wird entsprechend dem theoretischen Wärmeverlust der Gebäudehülle in Klassen eingeteilt. Für diese „Wärmegüte-Klassen“ werden Mittelwerte des Energieverbrauchs gebildet, wobei zwischen Verbrauchsmessungen ohne und mit Warmwasser unterschieden wird. Darüber hinaus wird der theoretische Wärmeverlust anschaulich gemacht, indem für jede Wärmegüte-Klasse Mittelwerte für Dämmstärke und Fenster-U-Wert gebildet werden und die Häufigkeit von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung ausgewertet wird.

Die empirisch ermittelten Verbrauchswerte werden darüber hinaus mit den für unterschiedliche Dämmstandards rechnerisch abgeleiteten Erwartungswerten verglichen. Hierfür wird ein physikalisches Modell herangezogen, das bereits im MOBASY-Verbrauchscontrolling für die Identifikation von Gebäuden mit auffälligem Verbrauch dient [Loga et al. 2021]. Die Eingangsgrößen für Gebäude, Anlagentechnik, Nutzung und Klima sind bei dieser Methode so gewählt, dass sie möglichst nahe an der Realität liegen. Jeder Eingangsgröße wird weiterhin eine Unsicherheit zugeordnet, die den Bereich beschreibt, in dem der tatsächliche Wert vermutet werden kann. Damit lässt sich neben dem Energiebedarf (Erwartungswert für den Energieverbrauch) auch dessen Unsicherheit für ein Einzelgebäude angeben. Für jede Wärmegüte-Klasse kann also neben dem mittleren gemessenen Verbrauch und dessen Streuung nun auch zum Vergleich der auf Basis der Zustandsdaten mit dem physikalischen Modell geschätzte Verbrauch und die Unsicherheit der Schätzung angegeben werden.

2 Datengrundlage

2.1 Gebäudestichprobe

Bei den analysierten Daten handelt es sich um eine Stichprobe von 108 Geschosswohnbauten von drei Wohnungsunternehmen, in der Regel jeweils bestehend aus einem Gebäudeblock⁵, in wenigen Fällen auch aus mehreren Blöcken (Tab. 1). Insgesamt sind darin 211 Häuser enthalten, die jeweils eine eigene Adresse, einen Hauseingang und ein eigenes Treppenhaus aufweisen. Etwa 160.000 m² Wohnfläche verteilen sich auf etwa 2.400 Wohnungen.

Tab. 1: Übersicht über die Gebäudestichprobe⁵

Datensätze für Gebäude	108	
Gebäudeblöcke	113	
Häuser (Adressen / Hauseingänge)	211	
Wohnungen	2.405	
Wohnfläche	157.967	m ²
beheizte Netto-Raumfläche (Referenzfläche der Energiebilanzierung) ⁶	173.762	m ²

Die Gebäudestichprobe ist im Bericht zur MOBASY-Realbilanzierung [Loga et al. 2021] ausführlich dokumentiert. Gegenüber den dort dargestellten Daten haben sich kleine Änderungen und Ergänzungen ergeben (siehe Hinweise in Anhang B).

2.2 Erfasste Gebäudedaten / Energieprofil-Indikatoren

Die Gebäudedaten wurden entsprechend dem Energieprofil-Schema [Loga et al. 2021] von Mitarbeitern der drei Wohnungsunternehmen tabellarisch erfasst und vom IWU in die MOBASY-Gebäude-Datentabelle übertragen. Die Daten wurden einer Qualitätsüberprüfung unterzogen, die auch die Begehung von Gebäuden mit einem im Vergleich zur Erwartung auffälligen Verbrauch einschloss.

⁵ Als „Haus“ oder „Hauseingang“ wird bei den bei den beteiligten Wohnungsunternehmen eine Gebäudeeinheit bezeichnet, die jeweils eine eigene Adresse, einen Hauseingang und ein eigenes Treppenhaus aufweist. Als „Gebäudeblock“ oder „Block“ wird in der Regel eine Gruppe von aneinandergrenzenden Häusern bezeichnet, die baukonstruktiv und architektonisch eine Einheit bilden. Für viele Gebäudeeinheiten ist diese Zuordnung intuitiv recht einfach, für manche jedoch etwas schwieriger, zumal es keinen festen Kriterienkatalog gibt. Die von den Wohnungsunternehmen vorgenommene pragmatische Zuordnung wurde bei den vorliegenden Analysen übernommen. Die einzelnen Datensätze (Zeilen in der Datentabelle) repräsentieren in der Regel Gebäudeblöcke, in einzelnen Fällen auch mehrere ähnliche Blöcke. Zur sprachlichen Vereinfachung wird im Folgenden für einen Datensatz aus der Datentabelle auch der Begriff „Gebäude“ verwendet.

⁶ mit einem pauschalen Faktor 1,1 aus der Wohnfläche geschätzt; Erläuterungen zur Referenzfläche der Energiebilanzierung finden sich in Infobox 1 auf Seite 16.

Bild 3: Energieprofil-Formular für die Datenerfassung Gebäude

Energieprofil	Fragebogen Gebäude																																																																
<p>Gebäude-Einheit <input style="width: 100%;" type="text"/></p> <p>Spezifikation <input style="width: 100%;" type="text"/></p> <p>Postleitzahl <input style="width: 100%;" type="text"/></p> <p style="text-align: right;">Baujahr <input style="width: 100%;" type="text"/></p> <p>Hier dargestellter Zustand: ab Jahr <input style="width: 100%;" type="text"/></p> <p>Jahr der Erfassung <input style="width: 100%;" type="text"/> bis Jahr <input style="width: 100%;" type="text"/></p>	<p>beheizte Wohnfläche <input style="width: 100%;" type="text"/> m²</p> <p>Anzahl Blöcke <input style="width: 100%;" type="text"/> Wohnungen <input style="width: 100%;" type="text"/></p> <p>Häuser <input style="width: 100%;" type="text"/> Vollgeschosse <input style="width: 100%;" type="text"/> <small>(ohne Dach- und Kellergeschoss)</small></p> <p>lichte Raumhöhe <input style="width: 100%;" type="text"/> m <small>(Eintrag nur wenn < 2,30 m oder > 2,70 m)</small></p>																																																																
<p>direkt angrenzende Nachbargebäude</p> <p><input type="radio"/> keins (freistehend) </p> <p><input type="radio"/> auf einer Seite </p> <p><input type="radio"/> auf zwei Seiten </p> <p><input type="radio"/> keine Angabe / unbekannt </p>	<p>Grundriss</p> <p><input type="radio"/> kompakt </p> <p><input type="radio"/> normal </p> <p><input type="radio"/> komplex / langgestreckt </p> <p><input type="radio"/> keine Angabe / unbekannt </p>																																																																
<p>Dach</p> <p><input type="radio"/> Flachdach oder flach geneigtes Dach </p> <p><input type="radio"/> Dachgeschoss unbeheizt </p> <p><input type="radio"/> Dachgeschoss teilweise beheizt </p> <p><input type="radio"/> Dachgeschoss voll beheizt </p> <p><input type="radio"/> keine Angabe / unbekannt </p> <p>Dachform <input type="radio"/> einfach <input type="radio"/> Gauen / komplex <input type="radio"/> unbekannt</p>	<p>Keller</p> <p><input type="radio"/> nicht unterkellert </p> <p><input type="radio"/> Kellergeschoss unbeheizt </p> <p><input type="radio"/> Kellergeschoss teilweise beheizt </p> <p><input type="radio"/> Kellergeschoss voll beheizt </p> <p><input type="radio"/> keine Angabe / unbekannt </p> <p><input type="checkbox"/> Kellerboden und -wände gedämmt</p>																																																																
<p>Thermische Hülle (nicht-transparente Elemente)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">Konstruktionsart</th> <th colspan="7">Dämmung</th> </tr> <tr> <th>massiv</th> <th>Holz</th> <th>keine</th> <th>original</th> <th>Modernisierung</th> <th>keine Angabe / unbekannt</th> <th>Jahr der Modernisierung</th> <th>Innendämmung der Wände</th> <th>Dämmstärke</th> <th>% der Fläche</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dach</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input style="width: 100%;" type="text"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input style="width: 100%;" type="text"/> cm</td> <td><input style="width: 100%;" type="text"/> %</td> </tr> <tr> <td>oberste Geschossd.</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input style="width: 100%;" type="text"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input style="width: 100%;" type="text"/> cm</td> <td><input style="width: 100%;" type="text"/> %</td> </tr> <tr> <td>Außenwände</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input style="width: 100%;" type="text"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input style="width: 100%;" type="text"/> cm</td> <td><input style="width: 100%;" type="text"/> %</td> </tr> <tr> <td>Fußboden</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input style="width: 100%;" type="text"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input style="width: 100%;" type="text"/> cm</td> <td><input style="width: 100%;" type="text"/> %</td> </tr> </tbody> </table> <p>bei ungedämmten Außenwänden: Dämmung von außen möglich? <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> teilweise <input type="radio"/> nein <input type="radio"/> k.A. / unbekannt</p>			Konstruktionsart		Dämmung							massiv	Holz	keine	original	Modernisierung	keine Angabe / unbekannt	Jahr der Modernisierung	Innendämmung der Wände	Dämmstärke	% der Fläche	Dach	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/> cm	<input style="width: 100%;" type="text"/> %	oberste Geschossd.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/> cm	<input style="width: 100%;" type="text"/> %	Außenwände	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/> cm	<input style="width: 100%;" type="text"/> %	Fußboden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/> cm	<input style="width: 100%;" type="text"/> %
	Konstruktionsart		Dämmung																																																														
	massiv	Holz	keine	original	Modernisierung	keine Angabe / unbekannt	Jahr der Modernisierung	Innendämmung der Wände	Dämmstärke	% der Fläche																																																							
Dach	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/> cm	<input style="width: 100%;" type="text"/> %																																																							
oberste Geschossd.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/> cm	<input style="width: 100%;" type="text"/> %																																																							
Außenwände	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/> cm	<input style="width: 100%;" type="text"/> %																																																							
Fußboden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<input type="checkbox"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/> cm	<input style="width: 100%;" type="text"/> %																																																							
<p>Fenster</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th rowspan="2">% der Fensterfläche</th> <th colspan="5">Verglasung</th> <th colspan="5">Rahmen</th> <th rowspan="2">gedämmter Rahmen (bei 3-fach-WS-Vergl.)</th> <th rowspan="2">Jahr des Fenstereinbaus (ca.):</th> </tr> <tr> <th>1 Scheibe</th> <th>2 Scheiben</th> <th>3 Scheiben</th> <th>keine Angaben / unbekannt</th> <th>Wärmeschutzvergl.</th> <th>Holzrahmen</th> <th>Kunststoffrahmen</th> <th>Alu- oder Stahlrahmen</th> <th>andere</th> <th>unbekannt</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Haupttyp Fenster</td> <td><input style="width: 100%;" type="text"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input style="width: 100%;" type="text"/></td> </tr> <tr> <td>weiterer Typ Fenster</td> <td><input style="width: 100%;" type="text"/> %</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input style="width: 100%;" type="text"/></td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">(Rest = Haupttyp Fenster) (U ≤ 0.8W/(m²K))</p>			% der Fensterfläche	Verglasung					Rahmen					gedämmter Rahmen (bei 3-fach-WS-Vergl.)	Jahr des Fenstereinbaus (ca.):	1 Scheibe	2 Scheiben	3 Scheiben	keine Angaben / unbekannt	Wärmeschutzvergl.	Holzrahmen	Kunststoffrahmen	Alu- oder Stahlrahmen	andere	unbekannt	Haupttyp Fenster	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<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"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>	weiterer Typ Fenster	<input style="width: 100%;" type="text"/> %	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>																
	% der Fensterfläche			Verglasung					Rahmen							gedämmter Rahmen (bei 3-fach-WS-Vergl.)	Jahr des Fenstereinbaus (ca.):																																																
		1 Scheibe	2 Scheiben	3 Scheiben	keine Angaben / unbekannt	Wärmeschutzvergl.	Holzrahmen	Kunststoffrahmen	Alu- oder Stahlrahmen	andere	unbekannt																																																						
Haupttyp Fenster	<input style="width: 100%;" type="text"/>	<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"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>																																																				
weiterer Typ Fenster	<input style="width: 100%;" type="text"/> %	<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"/>	<input style="width: 100%;" type="text"/>																																																				

Bild 4: Energieprofil-Formular für die Datenerfassung Anlagentechnik

Energieprofil		Fragebogen Wärmeversorgung				
Gebäude Spezifikation	<input type="text"/>	Standort Wärmeherzeugung überwiegend		Jahr der Installation (grob / geschätzt)		
		<input 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.			
Wärmeerzeugung - Zentralheizung Gebäude oder Wohnung		Heizung	Warmwasser	Gesamtes System		
Wärmeerzeuger, die über ein Wärmeverteilungssystem mehrere Räume mit Wärme versorgen					Jahr	
<input type="checkbox"/> Kessel (Öl oder Gas)	Brennstoff: <input type="radio"/> Erdgas, <input type="radio"/> Heizöl, <input type="radio"/> Flüssiggas, <input type="radio"/> k.A. Kesseltyp: <input type="radio"/> Konstanttemperatur, <input type="radio"/> Niedertemperatur, <input type="radio"/> Brennwert, <input type="radio"/> k.A.			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Jahr
<input type="checkbox"/> Holzessel / Feststoffkessel	Brennstoff: <input type="radio"/> Scheitholz, <input type="radio"/> Holzpellets, <input type="radio"/> Holzhackschnitzel, <input type="radio"/> Kohle, <input type="radio"/> andere, <input type="radio"/> k.A.			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Jahr
<input type="checkbox"/> Wärmepumpe	Wärmequelle: <input type="radio"/> Außenluft, <input type="radio"/> Erdreich/Grundwasser, <input type="radio"/> Abluft, <input type="radio"/> Kellerluft, <input type="radio"/> k.A. <input type="checkbox"/> zusätzlich direkt elektrisch			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Jahr
<input type="checkbox"/> Direkt-elektrisch zentral (ein System für mehrere Räume)				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Jahr
<input type="checkbox"/> thermische Solaranlage				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Jahr
<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 type="radio"/> k.A.			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Jahr
<input type="checkbox"/> Fern-/Nahwärme	Brennstoff: <input type="checkbox"/> fossil, <input type="checkbox"/> Biomasse Wärmeherzeugung: <input type="checkbox"/> Heizwerk (Kessel), <input type="checkbox"/> Heizkraftwerk / BHKW			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Jahr
<input type="checkbox"/> Pufferspeicher für Heizung	<input type="checkbox"/> inklusive elektrischem Heizstab <input type="checkbox"/> Heizungspufferspeicher innerhalb der thermischen Hülle					Jahr der Installation
<input 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 Verteilernetztemperatur			Jahr		
<input type="checkbox"/> Dezentrale / raumweise Heizung	<input type="checkbox"/> Einzelöfen: <input type="radio"/> Holz, <input 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)			Jahr		
<input type="checkbox"/> Extra-dicke Dämmung von Komponenten	Dämmstärke von Leitungen (doppelter Leitungsdurchmesser) und Speicher entsprechend Passivhaus-Empfehlungen					
<input type="checkbox"/> Warmwasserspeicher	<input type="checkbox"/> inklusive elektrischem Heizstab <input type="checkbox"/> Warmwasserspeicher innerhalb der thermischen Hülle			Jahr der Installation		
<input type="checkbox"/> Warmwasserverteilung	<input type="checkbox"/> mit Zirkulationsleitung <input type="checkbox"/> teilweise außerhalb der thermischen Hülle (in unbeheiztem Keller oder Dachgeschoss) <input type="checkbox"/> Nur mäßige oder unvollständige Leitungsdämmung			Jahr		
<input type="checkbox"/> Dezentrale Warmwasserbereitung	<input type="checkbox"/> dezentrale elektrische Speicher <input type="checkbox"/> Elektro-Durchlauferhitzer <input type="checkbox"/> Gas-Durchlauferhitzer			Jahr		
Weitere Systeme				Jahr		
<input type="checkbox"/> Lüftungsanlage	<input type="checkbox"/> mit Wärmerückgewinnung					
<input type="checkbox"/> Photovoltaik-Anlage (Solarstrom)	<input type="checkbox"/> mit Batterie-Speicher					

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 Formulare in Bild 3 und Bild 4 geben einen Überblick über die im Projekt verwendeten Energieprofil-Indikatoren.⁷

Details zu den Energieprofil-Indikatoren und der Datenerfassung und Qualitätsüberprüfung finden sich in [Loga et al. 2021].

Zur Illustration wird in Anhang E die Energieprofil-Erfassung, die Energiebilanzberechnung, die Abschätzung der Unsicherheiten und der Verbrauch-Bedarf-Vergleich an einem Beispielgebäude aus der Stichprobe demonstriert.

3 Methodik der Verbrauchsbenchmarks und detaillierte Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden die für die Gebäudestichprobe durchgeführten Analysen zur Ermittlung von Verbrauchsbenchmarks dargestellt. Primäre Zielsetzung der Analysen ist die Beantwortung der Frage, welcher Zusammenhang zwischen dem gemessenen Heizenergieverbrauch und der Dämmwirkung der Gebäudehülle besteht. Ergebnis sollen Vergleichswerte sein, die in der Praxis für die Einordnung des gemessenen Verbrauchs eines gegebenen Gebäudes oder für die Abschätzung der Wirkung von Wärmeschutzmaßnahmen unterschiedlicher Niveaus herangezogen werden können.

Als Maß für die thermische Qualität der Gebäudehülle dient die "Wärmegüte", die im Abschnitt 0 genauer erläutert wird. Die Gebäude werden zunächst entsprechend ihrer Wärmegüte in Klassen eingeteilt. Für jede Klasse werden dann Mittelwerte für den Energieverbrauch gebildet und die Standardabweichung bestimmt. Um zu veranschaulichen, wie die einzelnen Wärmegüte-Klassen erreicht werden, werden je Klasse die Dämmstärken, die Fenster-U-Werte und der Lüftungstyp ausgewertet und entsprechende Zahlenwerte mit angegeben.

Die Ergebnisse dieser Analysen finden sich in tabellarischer Form in Anhang B.2. Zur Illustration der Analyse-schritte zeigen die folgenden Abschnitte jeweils Diagramme mit Datenpunkten für die Einzelgebäude sowie die je Klasse bestimmten Mittelwerte und Streuungen. Es werden folgende Analysen dargestellt:

- gemessener Verbrauch (unkorrigiert) separat für Heizung & Warmwasser <H+W> und für Heizung <H>
- Korrektur C1: Korrektur der Verbrauchswerte auf das langjährige Mittel der Klimadaten am Standort und Korrektur der im Einzelfall unterschiedlichen Messebene auf einheitlich Endenergie: Heizung & Warmwasser <H+W|C1> und Heizung <H|C1>
- ergänzende Korrektur C2: Herausrechnung des Warmwasseranteils aus den Verbrauchswerten „Heizung und Warmwasser“ <H+W> und Zusammenführung mit den Verbrauchswerten „nur Heizung“ <H> zu Verbrauchswerten Heizung <H|C2>
- energetischer Zustand der Gebäude: äquivalente Dämmstärke, Fenster-U-Wert, Vorhandensein von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung

⁷ PDF-Version des Energieprofil-Fragebogens mit aktiven Formularfeldern zur Datenerfassung:
https://www.iwu.de/fileadmin/tools/energyprofile/EnergieProfil_FormularGebaeudeAnlagentechnik_Erfassung.pdf

Infobox 1: Hinweise zum Flächenbezug

Die in diesem und den folgenden Kapiteln dargestellten Kennwerte beziehen sich auf die **TABULA-Referenzfläche**, die im Prinzip der Netto-Grundfläche der beheizten Räume entspricht (Brutto-Grundfläche der beheizten Gebäudeteile minus Konstruktionsgrundfläche der Wände). Diese ist im hier verwendeten TABULA-Bilanzierungsverfahren als einheitliche Bezugsfläche länderübergreifend festgelegt. Da die Fläche geometrisch definiert ist (Bruttogeschossfläche abzüglich Grundflächen von Konstruktionen) erleichtert sie den internationalen Vergleich. Dabei wird nicht nur der Vergleich von Energiekennwerten vereinfacht, sondern auch die Einordnung von wichtigen flächenbezogenen Analysegrößen, wie der Hüllfläche pro m² Referenzfläche oder des Wärmetransferkoeffizienten pro m² Referenzfläche. Weitere Erläuterungen zu dem verwendeten TABULA-Bilanzierungsverfahren finden sich in [TABULA Calc Method 2013]. Die TABULA-Referenzfläche entspricht etwa der deutschen **Netto-Raumfläche**. Die Bezeichnung "Netto-Raumfläche" wird daher im vorliegenden Bericht als Synonym für die TABULA-Referenzfläche verwendet.

Im Gegensatz zu diesen in der Bilanzierung und wissenschaftlichen Analyse verwendeten Kennwerten stehen die für die Allgemeinheit (Politik, Wohnungsunternehmen, Verbraucher) bestimmten Kennwerte und Benchmarks. Ein Bezug auf eine Fläche, die üblicherweise bekannt ist, ist hier vorteilhaft. Daher sind die Zahlenwerte in der Zusammenfassung am Beginn der Studie auf die Wohnfläche bezogen. In Anhang C sind die im Text an unterschiedlichen Stellen dargestellten Benchmark-Diagramme und -Tabellen jeweils für beide Bezugsgrößen zu finden.

Als Pauschalwert für die **Konversion** der bei den Gebäuden der Stichprobe **bekanntem Wohnfläche zur TABULA-Referenzfläche** wurde entsprechend [TABULA Calc Method 2013] der **Faktor 1,1** verwendet. Auf die **TABULA-Referenzfläche** (Netto-Raumfläche) bezogene Kennwerte der folgenden Abschnitte müssen also mit dem Faktor 1,1 multipliziert werden, um wohnflächenbezogene Kennwerte zu erhalten.

3.1 „Wärmegüte“ als Kriterium zur Beurteilung der Gebäudehülle

Wärmeleitwert und „Wärmegüte“

Als Kriterium für die Differenzierung der Qualität des Gebäudes mit Blick auf die Minimierung von Wärmeverlusten dient der „Wärmeleitwert“.

Bei dem Wärmeleitwert handelt es sich um die rechnerischen Wärmeverluste durch die Hüllflächenbauteile (Wärmedurchgang und Luftaustausch) in Watt pro Grad Temperaturdifferenz zwischen innen und außen. Anschaulich beschreibt der Wärmeleitwert also, welchen Wärmeentzug ein Quadratmeter der Referenzfläche (Netto-Raum- oder Wohnfläche) je Grad Temperaturdifferenz zwischen innen und außen erfährt. Der Wärmeleitwert wird aus den vorliegenden Informationen zum Gebäude (Energieprofil-Indikatoren, siehe Abschnitt 2.2) ermittelt. Da der Wärmeleitwert pro m² Referenzfläche für den Laien eher schwer greifbar ist, wird er in „Wärmegüte-Klassen“ übersetzt, die – ähnlich wie die weitreichend bekannten Energieeffizienzklassen – mit Buchstaben von A+ bis G gekennzeichnet sind: Je geringer der Wärmeleitwert der Gebäudehülle ist, desto besser wird die Einstufung in die Wärmegüte-Klassen.⁸

⁸ Im Prinzip könnte eine physikalische Größe „Wärmegüte“ als reziproker Wärmeleitwert definiert und berechnet werden (ein geringer Wärmeleitwert entspricht also einer hohen Wärmegüte). Allerdings sind Zahlenwerte der Wärmegüte in m²K/W sehr viel unanschaulicher als Zahlenwerte in W/K/m², daher wird zur Unterteilung und Einordnung der Wärmegüte-Klassen die reziproke Wärmegüte, also der Wärmeleitwert in W/K/m² verwendet. Als Begriff für die Buchstaben-Klassen ist „Wärmeleitwert“ jedoch aus sprachlichen Gründen nicht geeignet, da ja durch Maßnahmen eigentlich eher eine gute Dämmwirkung anvisiert wird (nicht ein guter Wärmeleitwert). Die Begriffe „Dämmwirkung“ und „Wärmequalität“ der Hülle sind andererseits auch nicht so passend, da man hier eher eine Bewertung pro m² Hüllfläche (als pro m² Wohnfläche) assoziiert. Daher scheint die Bezeichnung

Der Wärmeleitwert wird in den Normen zur energetischen Bilanzierung als Wärmetransferkoeffizient bezeichnet und setzt sich aus den beiden Teilen Transmission und Lüftung zusammen, wie im Folgenden beschrieben wird.⁹

Wärmetransferkoeffizient Transmission

Der Wärmetransferkoeffizient Transmission wird in der vorliegenden Analyse durch Summation des Produkts aus Hüllfläche und U-Wert je Bauteil ermittelt, wobei Bauteile gegen Erdreich oder Keller mit einem pauschalen Faktor 0,5 gewichtet werden und noch ein pauschaler Zuschlag für Wärmebrücken berücksichtigt wird. Die Hüllfläche und die U-Werte werden auf der Grundlage der in Abschnitt 2.2 vorgestellten Monitoring-Indikatoren wie folgt geschätzt (Details siehe [Loga et al. 2021]):

- **Schätzung thermische Hülle:**
geometrisches Modell mit empirisch ermittelten Koeffizienten [KV Energieprofil 2005] [TABULA Data Eval 2015]
Indikatoren / Eingangsvariablen: Wohnfläche, Anzahl Vollgeschosse, Anzahl Nachbargebäude, Beheizungssituation in Dach- und Kellergeschoss, Komplexität des Grundrisses
Koeffizienten des Schätzverfahrens: ermittelt / verifiziert durch die Analyse zweier Gebäuestichproben
- **Schätzung U-Werte:**
physikalisches Modell mit teils empirisch abgeleiteten Daten für den Fall unbekannter Eingangsvariablen [Loga et al. 2021]
Indikatoren / Eingangsvariablen:
 - Ausgangs-U-Wert: Baujahr Gebäude, Bauteilart, Beheizungssituation in Dach- und Kellergeschoss (zusätzlicher pauschaler Wärmedurchgangswiderstand bei angrenzenden unbeheizten Dach- und Kellerräumen);
 - zusätzlicher Wärmedurchgangswiderstand bei nachträglicher Dämmung: Dämmstärke, Flächenanteil, Jahr der Ausführung (und effektive Wärmeleitfähigkeit der Dämmung, falls bekannt);
 - bei Fenstern: Anzahl Scheiben, Typ Verglasung, Einbaujahr, Rahmentyp.

Wärmetransferkoeffizient Lüftung

In der wie oben definierten Wärmegüte wird auch der Wärmestrom berücksichtigt, der mit dem Austausch von Luft verbunden ist, wobei von der Bereitstellung einer ausreichenden Raumluftqualität ausgegangen wird. Es wird im Regelfall davon ausgegangen, dass der Luftaustausch durch Öffnen von Fenstern und zusätzliche Undichtigkeiten erfolgt, bei Vorhandensein von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung werden die damit verbundenen Wärmeverluste entsprechend reduziert. Die Wärmegüte Gebäudehülle enthält bei diesem Ansatz also einem konstanten Zuschlag, der sich nur bei Gebäuden mit Lüftungsanlagen reduziert.¹⁰

„Wärmegüte-Klasse“ am geeignetsten. Einem Laien wird intuitiv klar sein, dass sich zum einen die Wärmegüte durch eine energetische Modernisierung verbessert, dass aber zum anderen ein Reihenhaus bei gleichen Dämmstärken eine bessere Wärmegüte erreicht als ein freistehendes Einfamilienhaus.

⁹ Die Klassifizierung der thermischen Hülle in Form einer Wärmegüte wäre auch ohne Einbeziehung der Lüftungswärmeverluste nur über den Wärmetransferkoeffizienten Transmission denkbar. Bei der Ermittlung von Verbrauchsbenchmarks müsste dann aber jeweils zwischen Fällen mit und ohne Lüftungswärmerückgewinnung unterschieden werden – sowohl in den xy-Diagrammen als auch in den Benchmark-Tabellen. Die Einbeziehung der Lüftungswärmeverluste in die unabhängige Variable vereinfacht also die Auswertung und erleichtert das Verständnis des Ergebnisses.

¹⁰ Die effektive Verbesserung der Wärmegüte durch Vorhandensein von Wärmerückgewinnung beträgt bei dem hier gewählten Modellansatz 0,15 W/(m²K). Die Werte werden bei der vorliegenden Analyse direkt der Realbilanzierung entnommen. In Zukunft

Einteilung in Klassen der Wärmegüte

Die folgende Tabelle zeigt die Klassen für die Wärmegüte der Gebäudehülle, die in der vorliegenden Untersuchung zur Differenzierung der thermischen Qualität der Gebäudehülle verwendet werden. Da sich diese Größe auf eine je nach Anwendungsfall unterschiedliche Referenzfläche bezieht, sind sowohl auf die Netto-Raumfläche (TABULA-Referenzfläche) als auch auf die (deutsche) Wohnfläche bezogene Klassengrenzen angegeben. Unabhängig von der Art der Bezugsfläche werden die Gebäude so bei beiden Verfahren derselben Klasse zugeordnet. Zur besseren Einordnung ist die entsprechende Heizlast bei 30 K Temperaturdifferenz zwischen innen und außen zusätzlich angegeben.

Tab. 2: Definition der Wärmegüte-Klassen (Bezug Netto-Raumfläche und Wohnfläche)

(a) bei Bezug auf die Netto-Raumfläche (TABULA-Referenzfläche):

Wärmegüte-Klasse		A+	A	B	C	D	E	F	G
Wärmeleitwert (Bezug: Netto-Raumfläche = TABULA-Referenzfläche)	$\frac{W}{K}$ m^2	0,40 ...	0,60 ...	0,80 ...	1,00 ...	1,20 ...	1,50 ...	2,00 ...	2,50 ...
		0,60	0,80	1,00	1,20	1,50	2,00	2,50	3,00
entspricht Heizlast (Temperatur außen -10°C / innen 20 °C)	$\frac{W}{m^2}$	12 ... 18	18 ... 24	24 ... 30	30 ... 36	36 ... 45	45 ... 60	60 ... 75	75 ... 90

(b) bei Bezug auf die Wohnfläche:

Wärmegüte-Klasse		A+	A	B	C	D	E	F	G
Wärmeleitwert (Bezug: Wohnfläche)	$\frac{W}{K}$ m^2	0,44 ...	0,66 ...	0,88 ...	1,10 ...	1,32 ...	1,65 ...	2,20 ...	2,75 ...
		0,66	0,88	1,10	1,32	1,65	2,20	2,75	3,30
entspricht Heizlast (Temperatur außen -10°C / innen 20 °C)	$\frac{W}{m^2}$	13 ... 20	20 ... 26	26 ... 33	33 ... 40	40 ... 50	50 ... 66	66 ... 83	83 ... 99

Zu beachten ist, dass für die Wärmegüte-Einstufung die Wärmeverluste pro m^2 Bezugsfläche relevant sind, die sowohl vom Dämmstandard als auch von der Gebäudeoberfläche pro m^2 Bezugsfläche abhängen. Damit können die sehr guten Klassen also nur schwer oder gar nicht von weniger kompakten Gebäuden (z.B. freistehende Einfamilienhäuser) erreicht werden.¹¹

wäre auch eine noch einfachere Lösung denkbar, z.B. durch Ansatz eines festen Zuschlags $0,4 \text{ W/K/m}^2$ (entspricht einem Luftwechsel von $0,5 \text{ 1/h}$), der bei Gebäuden mit Lüftungsanlage inklusive Wärmerückgewinnung halbiert wird.

¹¹ Mit diesem Ansatz wird eine Kenngröße für die Wärmequalität der Hülle verwendet, die auf die Ermittlung und Darstellung von Verbrauchsbenchmarks zugeschnitten ist. Es ist zu erwarten, dass bei den Verbrauchsbenchmark-Tabellen und -Diagrammen auch bei späterer Ausweitung der Stichprobe auf Einfamilienhäuser keine weitere Differenzierung zwischen den Gebäudegrößen und -kubaturen nötig ist. Gleichzeitig reflektiert die Wärmegüte den inhärent vorhandenen Vorteil von Mehrfamilienhäusern gegenüber Einfamilienhäusern in Bezug auf die Wärmeverluste. Allerdings muss beachtet werden, dass bei der in Abschnitt 3.5 dargestellten statistischen Auswertung von Dämmstärken, Fenster-U-Werten und Lüftungstypen bei Erweiterung der Stichprobe auf andere Gebäudegrößen eine Differenzierung zwischen Gebäuden unterschiedlicher Kompaktheit notwendig ist (z.B. Differenzierung Einfamilienhäuser, Reihenhäuser, kleine und große Mehrfamilienhäuser).

Bei Ausweitung des Ansatzes auf Einfamilien- und Reihenhäusern wäre natürlich auch die Verwendung einer darauf zugeschnittenen Einteilung von Wärmegüte-Klassen denkbar, sodass auch hier die Klassen A und A+ erreichbar sind.

3.2 Unkorrigierte Verbrauchswerte für Heizung und Warmwasser <HW> und Heizung <H> aus der Heizkostenabrechnung

Bei der Verbrauchsanalyse im Rahmen eines Energiecontrollings steht das Ziel im Vordergrund, die gemessenen Verbrauchswerte einzuordnen und zu bewerten. Dabei geht es vor allem darum, durch Modernisierung angestrebte Ziele zu erreichen – für das einzelne Gebäude, aber auch für die Gesamtheit aller modernisierten Gebäude. Die Verbrauchswerte sollen möglichst nicht bereinigt oder korrigiert werden, weil hierfür oft Annahmen verwendet werden, die gerade in besonderen Situationen zu Verzerrungen und damit zu Fehlinterpretationen führen können.¹² In einem ersten Schritt werden hier deshalb die nicht korrigierten Verbrauchswerte gezeigt.¹³ Im Abschnitt 3.2 werden dann die unter verschiedenen Annahmen auf ein mittleres Klima normierten und auf einheitliche Endenergie-Ebene korrigierten Verbrauchswerte dargestellt, die die Grundlage der im Abschnitt 3.6 gebildeten Verbrauchsbenchmarks sind. Im Abschnitt 3.3 findet eine zusätzliche Transformation aller Messwerte auf den Bilanzraum „nur Heizung“ statt, um die empirische Basis für die Analyse der relativen Verbrauchsunterschiede zwischen den Klassen zu erhöhen.

Die folgenden Diagramme zeigen die unkorrigierten Verbrauchswerte für Heizung und Warmwasser (Bild 5) sowie nur für Heizung (Bild 6), aufgetragen über die Wärmegüte-Klasse bzw. den Wärmeleitwert. Die Verbrauchswerte wurden direkt aus der Nebenkostenabrechnung bzw. den Energierechnungen entnommen (Zeitraum 2015 bis 2021, teilweise mehrere Verbrauchsjahre je Gebäude). Bei den Energiemengen handelt es sich teilweise um Brennstoffe, teilweise um Wärme oder Fernwärme. Bei Brennstoffen sind die kWh-Angaben auf den Brennwert (oberer Heizwert) bezogen. Für den Heizenergieverbrauch ohne Warmwasser wurden nur solche Werte verwendet, die tatsächlich gemessen wurden. Ist der in der Abrechnung enthaltene Heizenergieverbrauch nur durch Abschätzung der Wärmemenge Warmwasser aus dem gezapften Volumen ermittelt worden, so wurden die Werte Gesamtverbrauch Heizung + Warmwasser minus Warmwasserverbrauch hier nicht als Heizenergieverbrauch berücksichtigt. Sind mehrere Gebäude an einer Heizzentrale angeschlossen und keine Wärmemengenzähler für Heizung je Gebäude vorhanden, so erfolgt die Zuordnung des gemessenen Verbrauchs zur Einzelwohnung in der Heizkostenabrechnung normalerweise auf der Grundlage der Heizkostenverteiler. Die Verbrauchswerte je Gebäude wurden in diesem Fall durch Summation des (entsprechend Heizkostenabrechnung geschätzten) Verbrauchsanteils aller Wohnungen des Gebäudes ermittelt.¹⁴

In Bild 7 und in Bild 8 sind auf der x-Achse zusätzlich zum Wärmeleitwert die Wärmegüte-Klassen dargestellt. Für jede Wärmegüte-Klasse wurden der Mittelwert des Verbrauchs und die Standardabweichung als Maß für die Streuung ermittelt. Es zeigt sich, dass die Höhe des Verbrauchs im Mittel stark von der Wärmegüte abhängt. Die Mittelwerte des Verbrauchs für Heizung und Warmwasser <H+W> bewegen sich zwischen etwa 180 bei der schlechtesten Güteklasse bis hin zu 50 kWh pro m² Netto-Raumfläche und Jahr bei der besten Güteklasse (Bild 7). Die nur für Heizung gemessenen Mittelwerte des Verbrauchs liegen zwischen 130 und 25 kWh/(m²a) (Bild 8).¹⁵ Die absolute Streuung der Verbrauchswerte hängt ebenfalls von der Wärmegüte der Gebäudehülle ab, bei der schlechtesten Wärmegüte-Klasse liegt die Standardabweichung etwa bei 50 kWh/(m²a).

Zu beachten ist, dass bei der hier durchgeführten Verbrauchsauswertung alle verfügbaren Verbrauchswerte als Einzelwerte verwendet werden. Die mit „n“ angegebene Anzahl der Datenpunkte ist also größer als die Zahl der hier analysierten Gebäude (was jeweils mit „n =“ gemeint ist, steht in der Legende der Diagramme).

¹² Für die Interpretation hilfreich sind trotzdem natürlich Zusatzangaben wie Gradtagzahlen des Verbrauchsjahrs, Leerstand im Verbrauchsjahr, Informationen zur Position der Zähler usw.

¹³ Die unkorrigierten Verbrauchswerte sind dann auch Grundlage für den Vergleich mit den Bedarfswerten der MOBASY-Realbilanzierung im Abschnitt 4.1.

¹⁴ Eine detaillierte Darstellung der Prüfung und Kategorisierung von Verbrauchswerten aus der Heizkostenabrechnung für die Verwendung im Verbrauchscontrolling findet sich in [Loga et al. 2020].

¹⁵ Alle Energiekennwerte hier und in den folgenden Analyse-Abschnitten beziehen sich auf die Netto-Raumfläche der beheizten Geschosse (TABULA-Referenzfläche, siehe Infobox 1 in Kapitel 3).

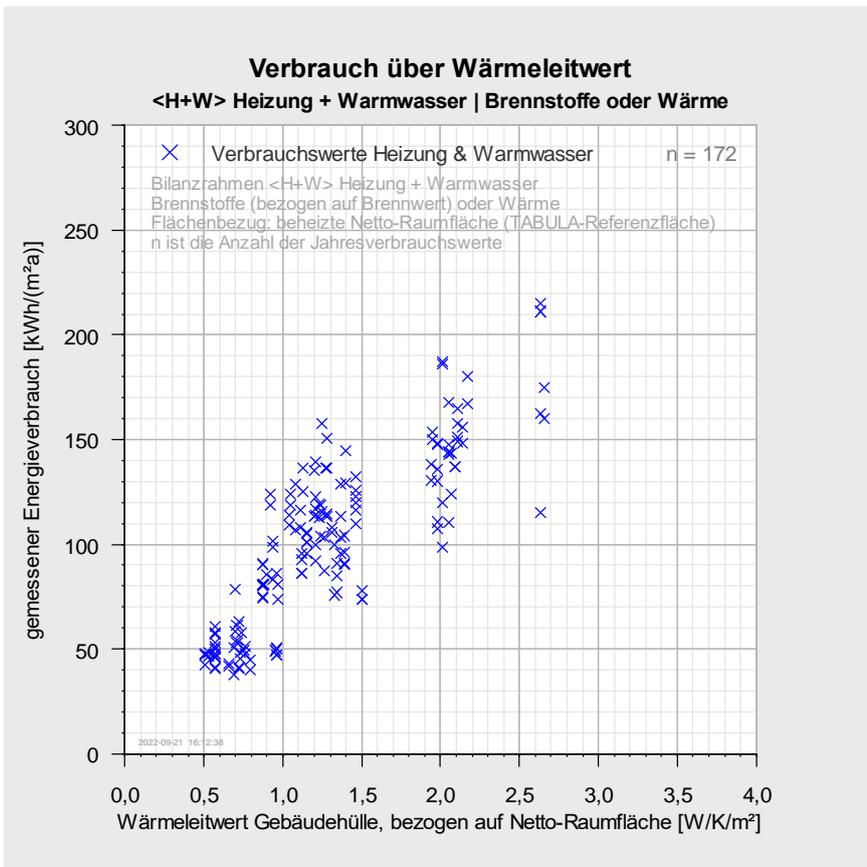


Bild 5:
 Jahreswerte des gemessenen Energieverbrauchs für Heizung und Warmwasser <H+W>, aufgetragen über dem Wärmeleitwert (theoretischer Wärmeverlust je Kelvin Temperaturdifferenz) Bezugsfläche: beheizte Netto-Raumfläche (TABULA-Referenzfläche)

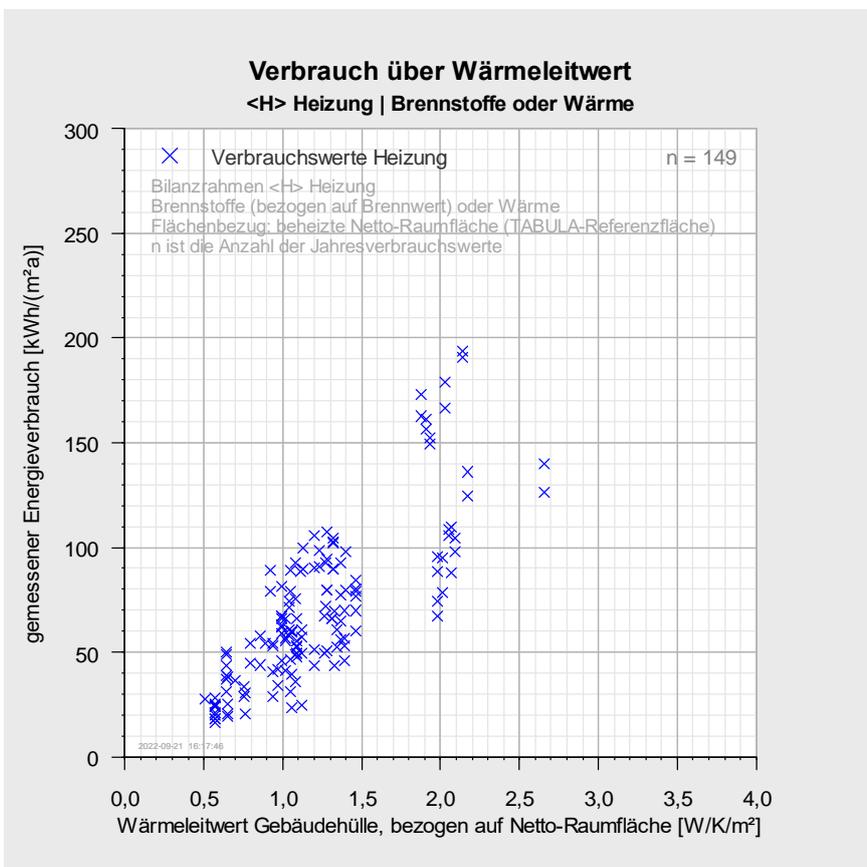


Bild 6:
 Jahreswerte des gemessenen Energieverbrauchs nur für Heizung <H>, aufgetragen über dem Wärmeleitwert (theoretischer Wärmeverlust je Kelvin Temperaturdifferenz) Bezugsfläche: beheizte Netto-Raumfläche (TABULA-Referenzfläche)

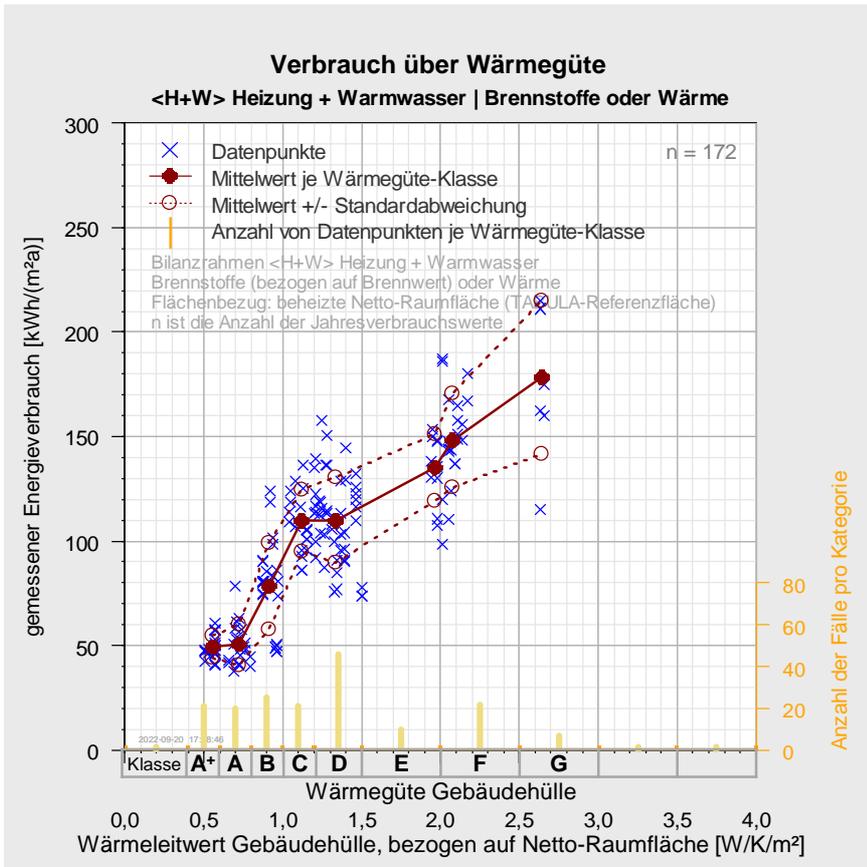


Bild 7:
 Gemessener Verbrauch für Heizung und Warmwasser <H+W>, aufgetragen über der Wärmegüte der Gebäudehülle bzw. über dem Wärmeleitwert (theoretischer Wärmeverlust je Kelvin Temperaturdifferenz)
 Bildung des Mittelwertes und der Standardabweichung je Wärmegüte-Klasse
 Bezugsfläche: beheizte Netto-Raumfläche (TABULA-Referenzfläche)

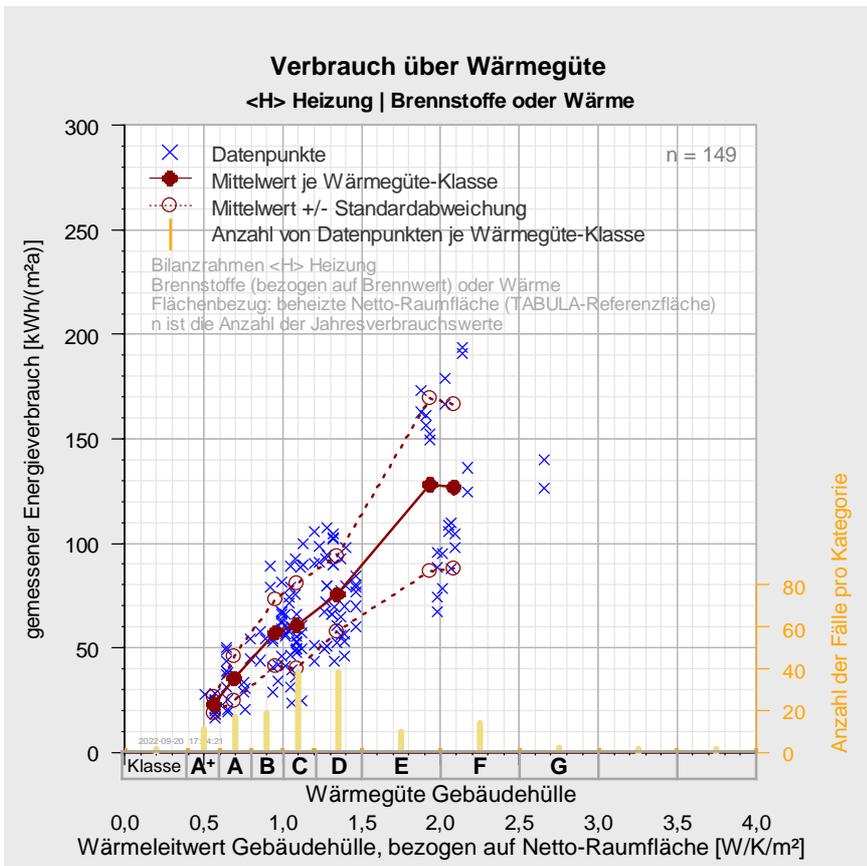


Bild 8:
 Gemessener Verbrauch nur für Heizung <H>, aufgetragen über der Wärmegüte der Gebäudehülle bzw. über dem Wärmeleitwert (theoretischer Wärmeverlust je Kelvin Temperaturdifferenz)
 Bildung des Mittelwertes und der Standardabweichung je Wärmegüte-Klasse
 Bezugsfläche: beheizte Netto-Raumfläche (TABULA-Referenzfläche)

3.3 Messwert-Korrektur: Endenergie (Gebäude) + lokales mittleres Klima <H+W|C1> und <H|C1>

Die Verbrauchswerte im vorangegangenen Abschnitt stammen teilweise aus unterschiedlichen Messjahren, teilweise liegen auch unterschiedliche Zählerpositionen vor. Um Vergleichbarkeit herzustellen, wurden nun folgende Korrekturen der Verbrauchswerte vorgenommen:

- Korrektur auf ein mittleres Klima am Standort des Gebäudes;¹⁶
- Korrektur auf die Bilanzebene Endenergie am Gebäude (Brennstoffe oder Fernwärme), bei Zentralheizungen also immer inklusive Verluste der Wärmeverteilung, -speicherung und -erzeugung, aber ohne Wärmeverluste der Leitungen von einer separaten Heizzentrale.

Da die Ermittlung von Verbrauchsbenchmarks für regional operierende Wohnungsunternehmen im Vordergrund steht, findet die Normierung auf das mittlere Klima am Standort des jeweiligen Gebäudes statt. Eine weitergehende Normierung auf das mittlere Klima in Deutschland ist auf der Grundlage der vorliegenden Daten jedoch natürlich auch möglich.

Um das Verfahren nicht zu komplex werden zu lassen, wird keine Differenzierung zwischen Brennstoffen und Fernwärme vorgenommen. Es ist deshalb davon auszugehen, dass die zwischen Kesseln und Übergabestationen möglicherweise bestehenden Unterschiede in der Effizienz der Wärmebereitstellung in den vorliegenden Auswertungen eine (geringe) zusätzliche Streuung verursachen.

Beide Korrekturen werden in einem Rechenschritt vorgenommen. Die entsprechenden Korrekturfaktoren werden aus der theoretischen Bilanzierung abgeleitet [Loga et al. 2022]. Die Faktoren bestimmen sich aus dem Verhältnis der Bedarfswerte Endenergie für das mittlere lokale Klima (Verwendung in der TABULA-Energiebilanzierung) zu dem Vergleichswert Bedarf¹⁷ für das Messjahr (mit der tatsächlichen Gradtagzahl und der tatsächlichen Solarstrahlung im Messjahr kalibrierter Bilanzwert, abgegriffen an einer Bilanzebene, die der Position der Messstelle entspricht).

Bild 9 und Bild 10 zeigen, dass die Korrekturen sich in nur geringem Maße auf die mittleren Verbrauchswerte auswirken. Ursache für die geringe Auswirkung auf den Mittelwert ist, dass sich kältere und wärmere Jahre ausgleichen und sich auch die Korrektur der Bilanz gemäß Zählerposition in beide Richtungen auswirkt. Lediglich bei der Wärmegüte-Klasse D zeigt sich für <H+W|C2> eine Änderung von etwas mehr als 10 %.

Die korrigierten Mittelwerte und Standardabweichungen des Verbrauchs <H+W|C1> und <H|C1> werden in Abschnitt 3.6 in der Benchmark-Tabelle aufgenommen.

¹⁶ Alle Gebäude befinden sich im Bundesland Hessen.

¹⁷ siehe Verbrauch-Bedarf-Vergleich im Kap. 4

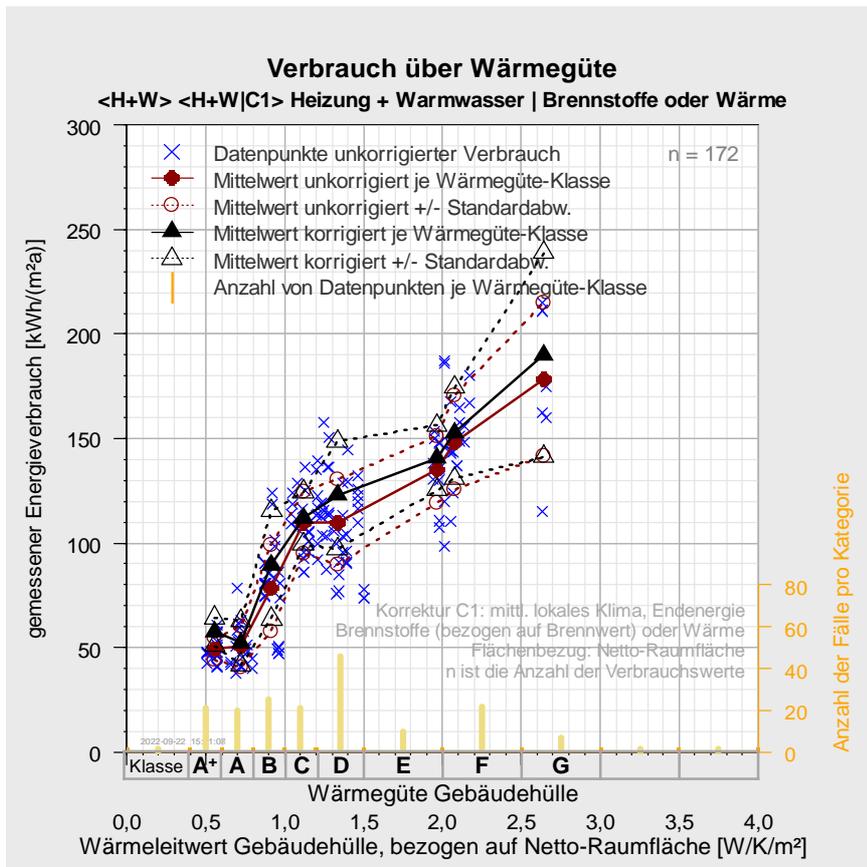


Bild 9:
 Auswertung des gemessenen Verbrauchs für Heizung und Warmwasser <H+W> sowie der auf das durchschnittliche Klima und einheitlich auf Endenergie (Gebäude) korrigierten Werte <H+W|C1>

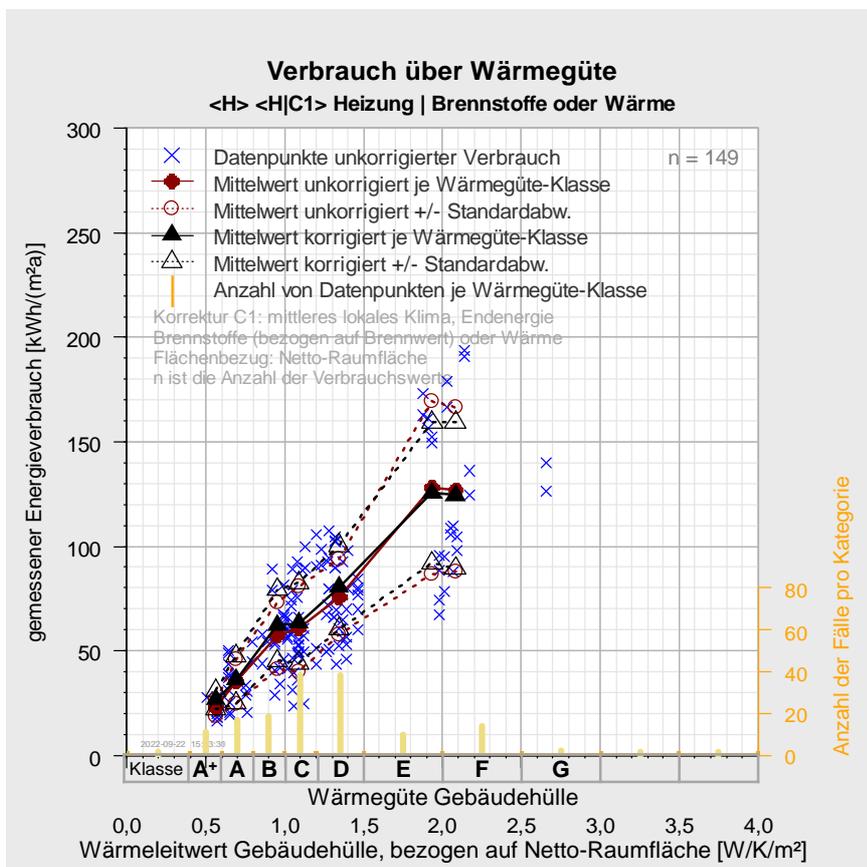


Bild 10:
 Auswertung des gemessenen Verbrauchs für Heizung <H> sowie der auf das durchschnittliche Klima und einheitlich auf Endenergie (Gebäude) korrigierten Werte <H|C1>

3.4 Zusätzliche Messwert-Korrektur: Herausrechnung von Warmwasser und Zusammenführung zu Verbrauchskennwerten Heizung <H|C2>

Im Folgenden wurden die Messdaten für Heizung und Warmwasser <H+W> und für Heizung <H> zusammengeführt. Hierzu wurde bei den Verbrauchswerten <H+W> der relative Anteil des Warmwassers am Verbrauch aus der Realbilanzierung abgeschätzt und von dem Gesamtwert des Verbrauchs abgezogen.¹⁸

Bild 11 zeigt die Einzelwerte aufgetragen über der Wärmegüte. In Bild 12 ist die Auswertung von Mittelwert und Standardabweichung je Güteklasse zu sehen. Durch die zusätzlichen Datenpunkte ergibt sich gegenüber den Diagrammen im vorangegangenen Abschnitt ein etwas stärker geglätteter Verlauf der Mittelwerte. Dabei bleibt die Streuung etwa gleich. Es scheint sich also um ein recht konsistentes Modell zu handeln.

Im Abschnitt 4.3 wird das Korrektur-Modell <H|C2> verwendet, um den Zusammenhang zwischen dem Heizenergieverbrauch und dem Heizenergiebedarf nach Realbilanzierung darzustellen.

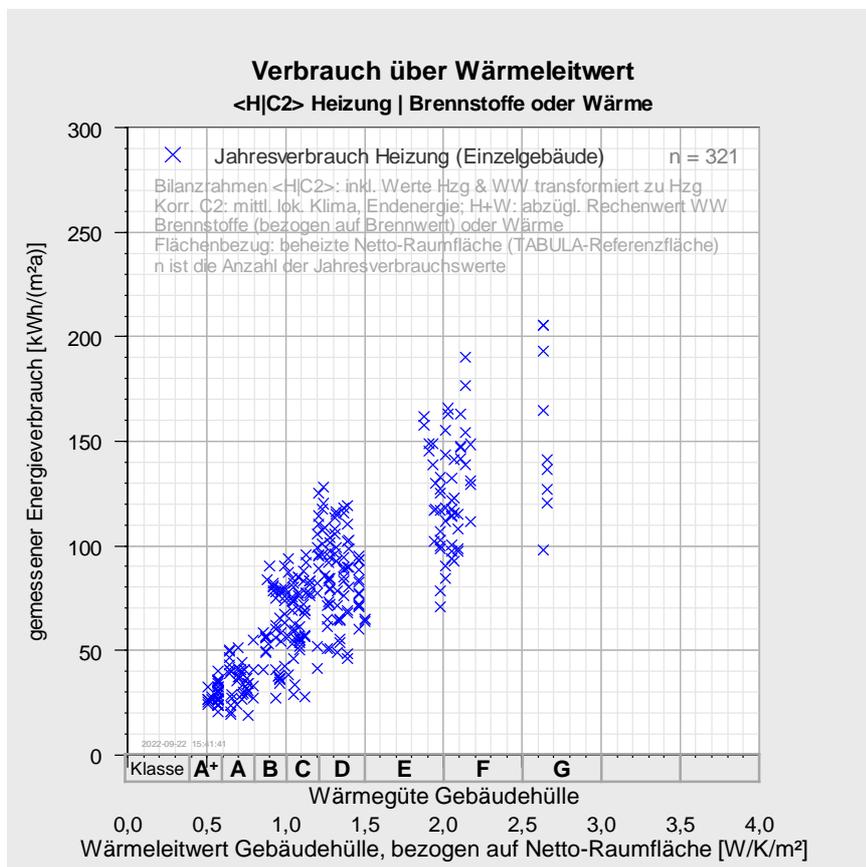


Bild 11:

Datenpunkte Verbrauchskennwert Heizung <H|C2> über der Wärmegüte der Gebäudehülle (gemeinsame Betrachtung der Messwerte <H> und <H+W>)

¹⁸ Die für diese Transformation verwendete Annahme ist, dass der in der Realbilanzierung ermittelte Anteil der Warmwasserbereitung an dem Endenergiebedarf Heizung und Warmwasser im Bilanzmodell den realen Anteil Warmwasser ausreichend genau widerspiegelt. Für die Herausrechnung Warmwasser könnte im Prinzip auch das reale Warmwasser-Zapfvolumen mit verwendet werden, sofern in den Abrechnungsdaten vorhanden. Um eine weitere Komplexitätszunahme zu vermeiden, wurde bei der vorliegenden Analyse jedoch auf diese Möglichkeit verzichtet.

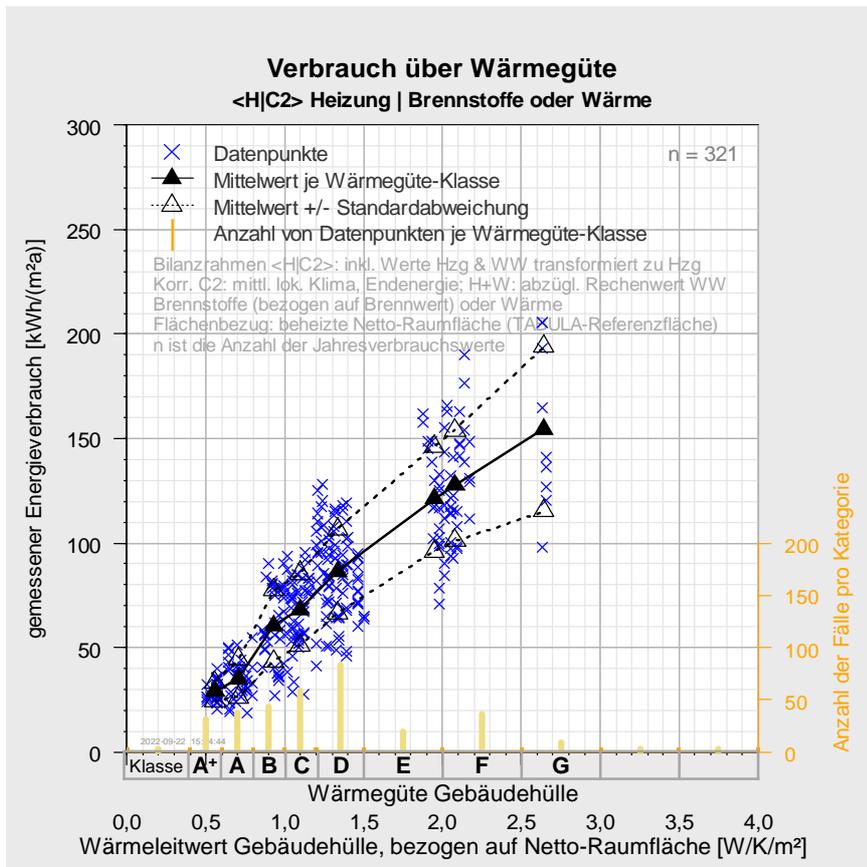


Bild 12:
 Mittelwerte und Standardabweichungen je Wärmegüte-Klasse für die Verbrauchskennwerte Heizung <H|C2>

3.5 Statistische Auswertung des Zustands

Im Abschnitt 3.3 wurden Verbrauchsbenchmarks für unterschiedliche Klassen der Wärmegüte der Gebäudehülle ermittelt. Für die Praxis werden darüber hinaus Informationen benötigt, mit welchen baulichen Maßnahmen die jeweiligen Güteklassen erreicht werden. Daher werden im Folgenden je Klasse folgende statistische Auswertungen vorgenommen:

- opake Bauteile: U-Wert und mittlere äquivalente Dämmstärke
- Fenster: U-Wert
- Häufigkeit von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung (WRG)

Opake Bauteile

Bild 13 zeigt als Datenpunkte die mittleren U-Werte opaker Bauteile je Gebäude, aufgetragen über dem Wärmeleitwert bzw. der Wärmegüte. Bei der Bildung des mittleren U-Werts je Gebäude werden über alle opaken Bauteile die Produkte aus U-Wert und Fläche aufsummiert und durch die Fläche aller opaken Bauteile geteilt. Dabei wird ein pauschaler Reduktionsfaktor 0,5 für Bauteile gegen Keller und gegen Erdreich angewendet. Weiterhin sind je Wärmegüte-Klasse der Mittelwert und die Standardabweichung dargestellt. Für die schlechtesten Güteklassen E und F liegen die mittleren U-Werte etwa bei 0,7, für die Klassen C und D etwa bei 0,25 W/(m²K). Für die besten Klassen A und A+ liegen die U-Werte opaker Bauteile etwa bei 0,12 W/(m²K).

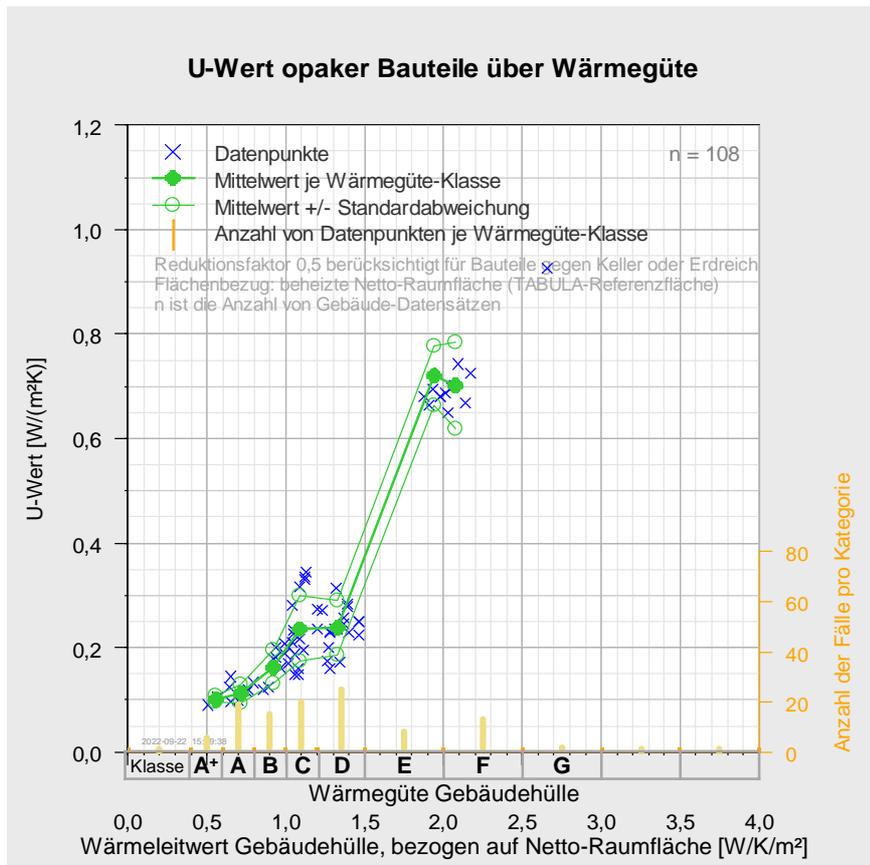


Bild 13:
Statistische Auswertung
der U-Werte opaker Elemente
je Wärmegüte-Klasse

Datenpunkte: mittlerer U-Wert der opaken Bauteile je Gebäude

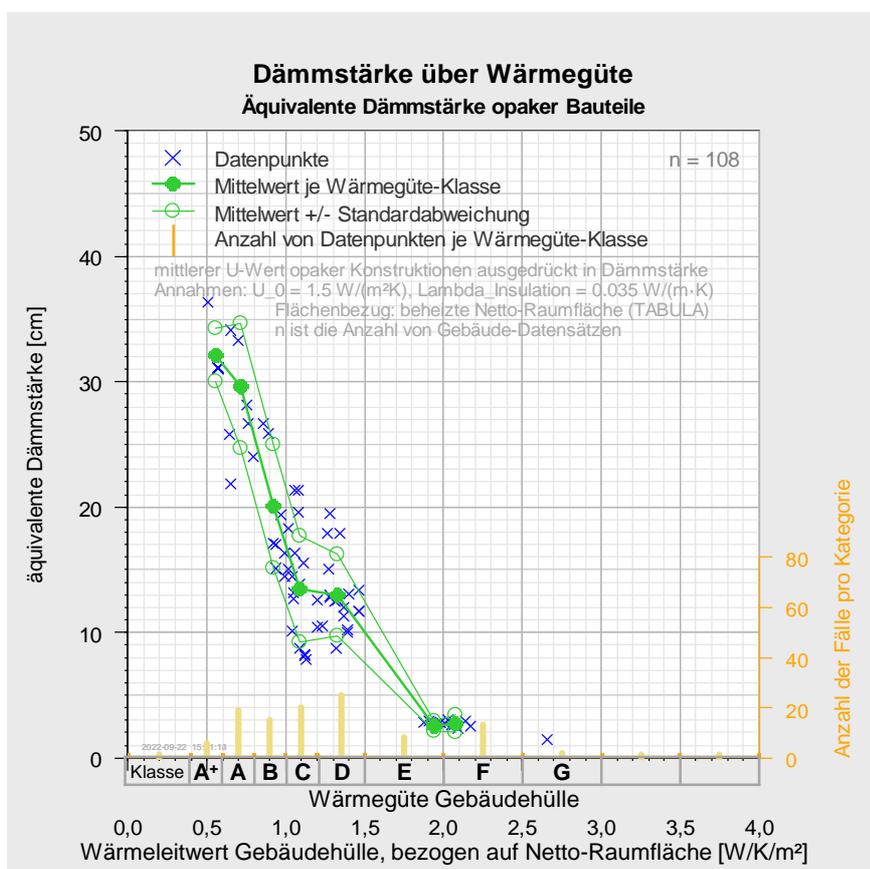


Bild 14:
Statistische Auswertung der
äquivalenten Dämmstärken
opaker Elemente je Wärme-
güte-Klasse

Datenpunkte: äquivalente Dämmstärke je Gebäude, berechnet aus dem mittleren U-Wert der opaken Bauteile je Gebäude

„äquivalente Dämmstärke“ = Maß für den Wärmedurchgangswiderstand der Bauteile; Dicke einer Dämmung mit gleicher Wirkung, bei Ansatz einer einheitlichen Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W/(m·K)

Da U-Werte opaker Bauteile für Laien als Zahlenwerte schwer greifbar sind, wurden die U-Werte in „äquivalente Dämmstärken“ übersetzt. Die äquivalente Dämmstärke entspricht der Dämmstärke, die benötigt wird, um bei Einsatz einer Wärmedämmung mit praxistypischen Eigenschaften (Wärmeleitfähigkeit 0,035 W/(m·K)) den entsprechenden mittleren U-Wert der opaken Bauteile des Gebäudes zu erreichen. Bild 14 zeigt die Datenpunkte und die statistische Auswertung je Wärmegüte-Klasse. Die äquivalente Dämmstärke liegt in den Wärmegüte-Klassen C und D bei etwa 12 cm, in der Klasse B bei 20 cm und in den Klassen A und A+ bei etwa 30 cm.

Fenster

Bild 15 zeigt die Auswertung der Fenster-U-Werte. Die Werte liegen für die Wärmegüte-Klassen D, E und F etwa im Bereich von 2,7 W/(m²K), was der Wärmeschutzwirkung alter Fenster mit Zweischeiben-Verglasungen ohne Beschichtung und Gasfüllung entspricht. In der Klasse C liegt der mittlere U-Wert bei 1,5 W/(m²K), was mit der Wärmeschutzwirkung von vor 2010 eingebauter Zwei-Scheiben-Wärmeschutzverglasung übereinstimmt.¹⁹ In Klasse B gibt es eine Mischung aus Fenstern mit Zwei-Scheiben- und Drei-Scheiben-Verglasung, so dass der mittlere U-Wert bei etwa 1,1 W/(m²K) liegt.²⁰ Bei den Klassen A und A+ liegen die Werte bei 0,8 W/(m²K), was durch Drei-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen im gedämmten Rahmen erreicht wird (Passivhaus-Fenster).

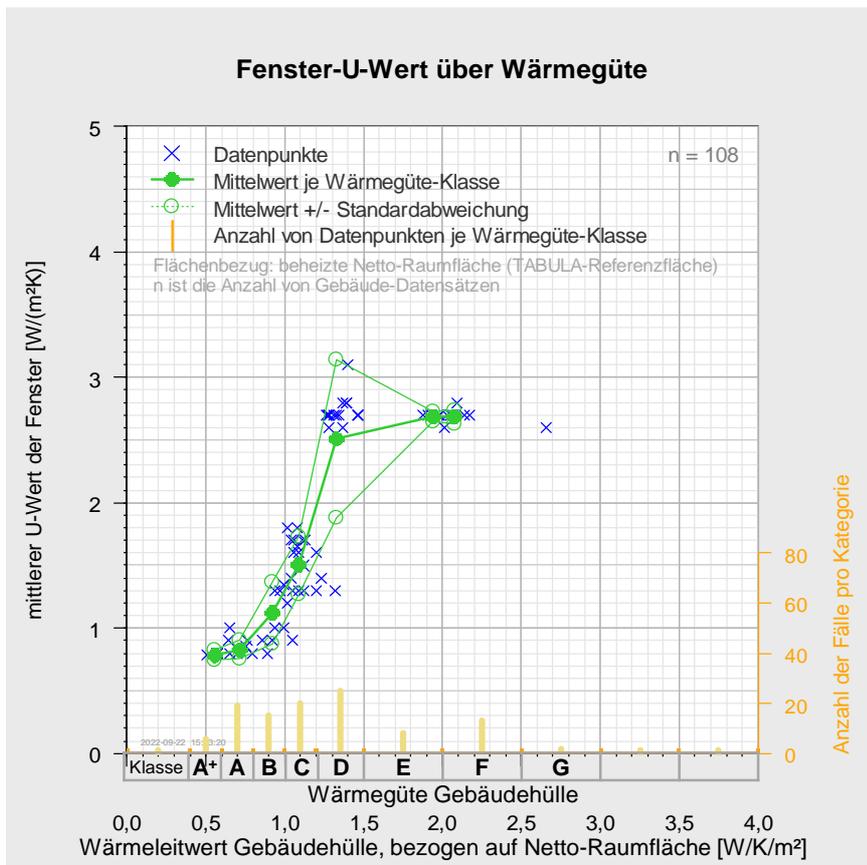


Bild 15:
Statistische Auswertung der Fenster-U-Werte je Wärmegüte-Klasse
Datenpunkte: mittlerer U-Werte der Fenster je Gebäude

¹⁹ Diese Zuordnung entspricht der in [Loga et al. 2021] vorgenommenen Auswertung von Produktionsdaten aus der deutschen Fensterindustrie (Tabelle 46 in Anhang C.6.6).

²⁰ Der in Klasse B erreichte Wert 1,1 W/(m²K) entspricht etwa dem Mittelwert aller 2016 in Deutschland eingebauten Fenster (siehe [Loga et al. 2021].Anhang C.6)

Lüftungsanlagen

Bild 16 zeigt die Auswertung der Verfügbarkeit von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung (WRG). Diese Anlagen sind bei allen Gebäuden der Wärmegüte-Klassen A und A+ vorhanden, bei den anderen Klassen treten sie nicht auf.

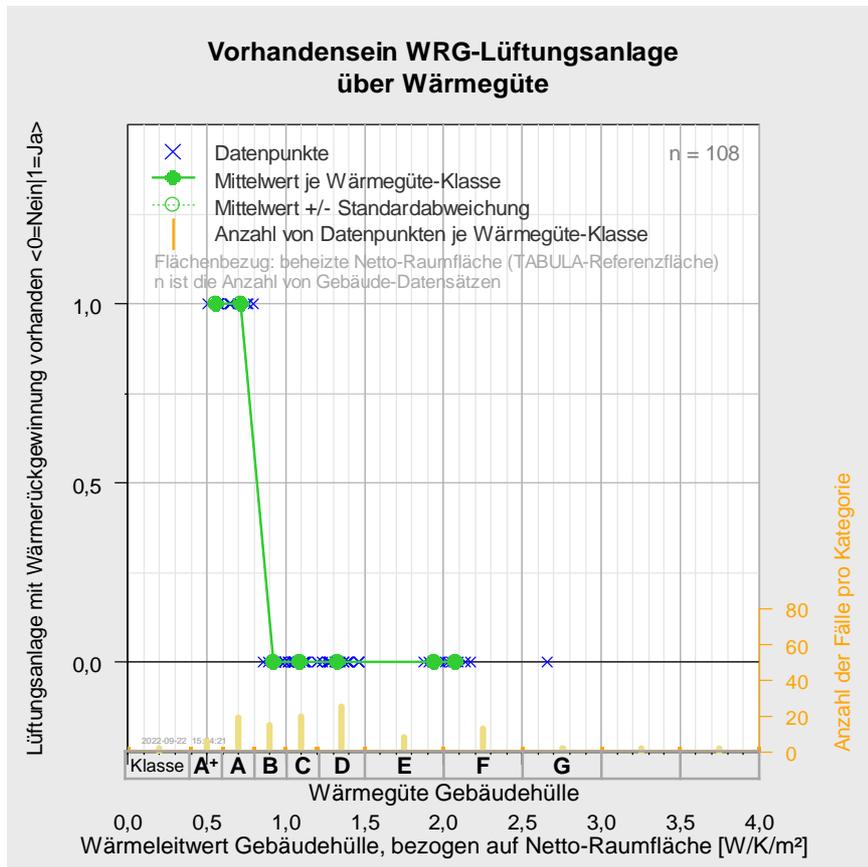


Bild 16:
Statistische Auswertung des Vorhandenseins von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung (WRG)
 Datenpunkte je Gebäude:
 1 = WRG vorhanden
 0 = WRG nicht vorhanden

3.6 Gesamtergebnis der Analyse

Zusammenhang des Heizenergieverbrauchs mit dem Dämmniveau

Auf der Grundlage der statistischen Auswertung des Zustands (vorangegangener Abschnitt) und der im Abschnitt 3.4 dargestellten Verbrauchsanalyse können grobe Aussagen zum Heizenergieverbrauch für herkömmliche und ambitionierte Dämmniveaus im Vergleich zum unsanierten Bestand gemacht werden (Bild 17):

- **Altbau unsaniert (Wärmegüte-Klassen E und F):**
Der Heizenergieverbrauch (bezogen auf die Netto-Raumfläche) liegt bei etwa 125 kWh/(m²a)
- **Wärmedämmniveau „herkömmlich“ (Wärmegüte-Klassen B und C):**
Die Dämmstärken liegen hier im Mittel bei 16 cm, es sind überwiegend Zwei-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen eingebaut. Der Heizenergieverbrauch liegt etwa bei 65 kWh/(m²a) und damit um etwa 50 % niedriger als bei den unsanierten Altbauten.
- **Wärmedämmniveau „ambitioniert“ (Wärmegüte-Klassen A+ und A):**
Die Dämmstärken liegen im Bereich 30 cm, es sind Drei-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen im gedämmten Rahmen eingebaut. Der Heizenergieverbrauch liegt etwa bei 30 kWh/(m²a) und damit grob 75 % niedriger als bei den unsanierten Altbauten.

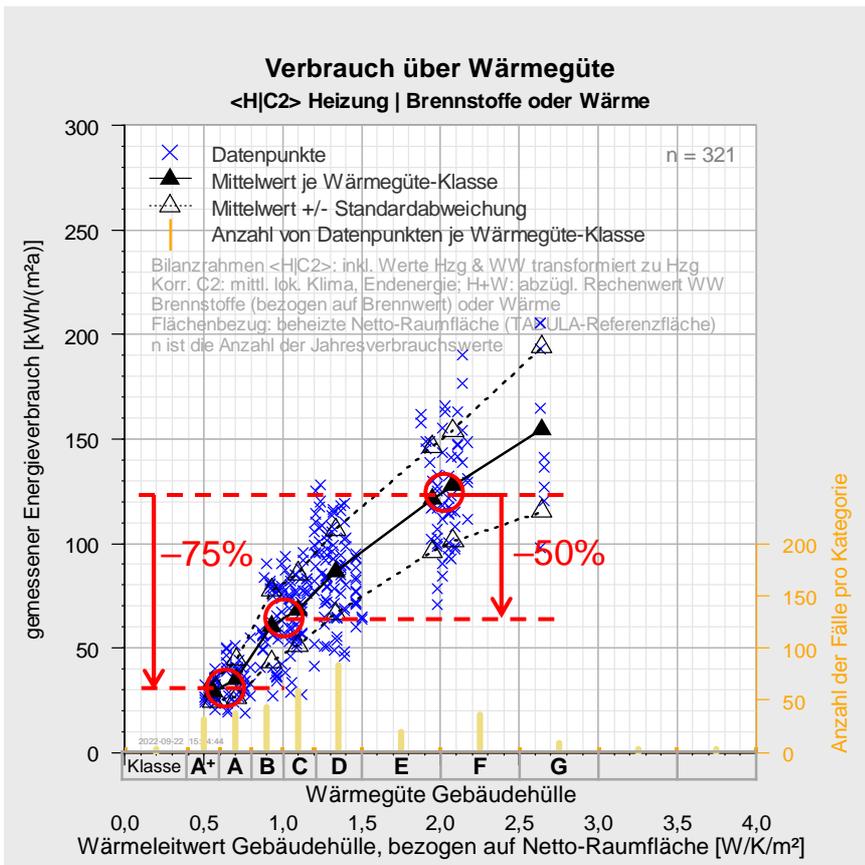


Bild 17:
 grobe Abschätzung der Verbrauchsunterschiede zwischen verschiedenen Niveaus der Wärmegüte (Gruppierung von Güteklassen, Ausgangsbasis ist Bild 12)

Niveaus der Wärmegüte

E/F Altbau unsaniert

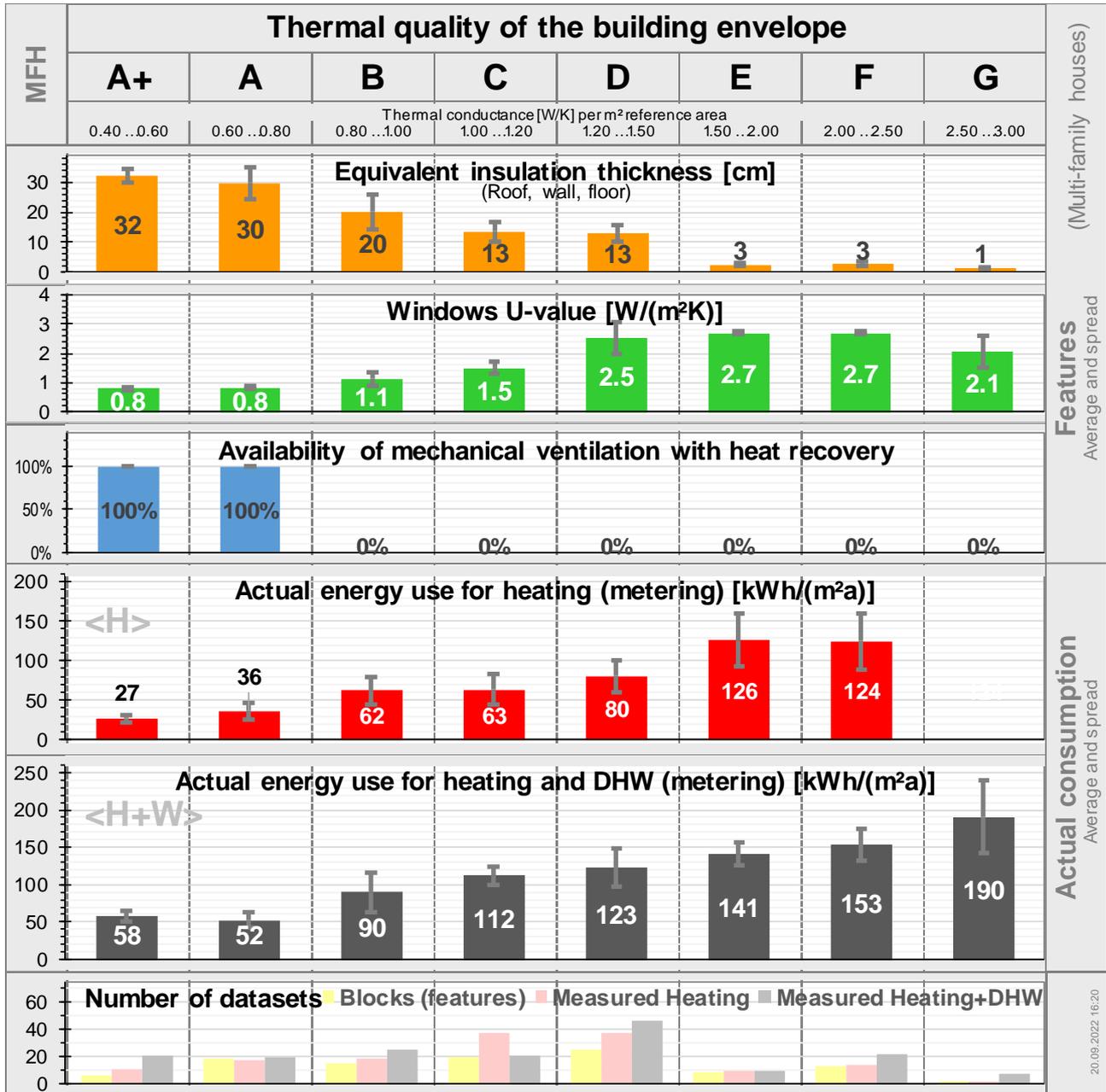
B/C Wärmedämmniveau „herkömmlich“

A+/A Wärmedämmniveau „ambitioniert“

Verbrauchsbenchmark-Diagramm

Die in den Abschnitten 3.3 und 3.5 dokumentierten statistischen Auswertungen werden nun in einem Benchmark-Diagramm zusammengefasst, das für unterschiedliche Kategorien der Wärmegüte empirisch ermittelte Verbrauchswerte und Zustandsinformationen als Vergleichswerte darstellt (Bild 18). Diese aus den vorangegangenen Analysen zusammengeführten Kennwerte sind auf die Netto-Raumfläche (TABULA-Referenzfläche) bezogen. In der Dokumentation der Gesamtergebnisse in Abschnitt 5 gibt es eine auf die Wohnfläche bezogene Version des Benchmark-Diagramms. Da die auf die Netto-Raumfläche bezogene Tabellenversion eher im internationalen Vergleich verwendet werden soll, sind die Tabellenbeschriftungen in Englisch gehalten – damit soll auch eine Verwechslung mit der auf Wohnflächenbezug umgerechneten Version vermieden werden.

Bild 18: Verbrauchsbenchmark-Diagramm (Analyse-Ergebnis / Version in Englisch)
 Statistische Auswertung der Zustands- und Verbrauchsdaten der MOBASY-Gebäudestichprobe, differenziert nach der Wärmegüte Gebäudehülle („thermal quality of building envelope“) Mehrfamilienhäuser mit konventioneller Wärmeversorgung (fossile Brennstoffe, Fernwärme) | Flächenbezug: beheizte Netto-Raumfläche (wie in den Detailauswertungen und -analysen)



MOBASY MFH sample; averages and standard deviations per indicator and class; energy indicators related to TABULA reference area; “thermal conductance” = heat transfer coefficient by transmission and ventilation, related to the reference floor area of the building (theoretical heat losses by degree temperature difference between inside and outside); equivalent insulation thickness determined from the average U-value of the opaque components, assuming a thermal conductivity of 0.035 W/(m K) and an initial U-value of 1.5 W/(m²K), for floors / cellar ceilings the U -value is weighted by a factor of 0.5; measured consumption: fuels (values based on gross calorific value) or district heating

4 Vergleich des gemessenen Verbrauchs mit den Ergebnissen des physikalischen Modells (MOBASY-Realbilanz)

Die in Abschnitt 2.2 vorgestellten Energieprofil-Indikatoren werden im Folgenden als Grundlage für die energetische Bilanzierung und Berechnung des Energiebedarfs mit einem physikalischen Modell verwendet. Diese „MOBASY-Realbilanz“ soll das Verständnis für die physikalischen Vorgänge verbessern, die zu einem bestimmten Heizenergieverbrauch führen, und realistische Prognosen zur Energieeinsparung bei Modernisierungen erlauben. Die Eingangsdaten der energetischen Bilanzierung werden über geometrische bzw. physikalische Modelle und teilweise empirisch ermittelte Zusammenhänge geschätzt. Für den Teilbereich der Gebäudehülle ist dieses Vorgehen bereits in Abschnitt 0 beschrieben (Schätzverfahren Hüllfläche und U-Werte). Analog werden auf Basis der anderen Indikatoren Schätzungen der übrigen Eingangsgrößen vorgenommen (Wärmeverlustkennwerte und Aufwandszahlen Anlagentechnik, Daten für Nutzerverhalten und Klima, ...). Zusätzlich wird für alle Eingangsdaten der Energiebilanz die jeweilige Unsicherheit abgeschätzt, also der Bereich, in dem der wahre Wert mit großer Wahrscheinlichkeit liegt.²¹ Aus der Unsicherheit aller Eingangsdaten des physikalischen Modells kann dann die Unsicherheit des damit berechneten Energiebedarfs ermittelt werden (siehe Erläuterungen in Anhang D).²²

Im Folgenden wird ein Vergleich der im vorangegangenen Abschnitt dargestellten gemessenen Verbrauchswerte mit der Prognose des theoretischen Modells durchgeführt. Ziel ist die Aussage, inwieweit die Reduktion des Heizenergieverbrauchs bei unterschiedlichen Dämmstandards mit den sich aus dem Rechenmodell ergebenden theoretischen Erwartungen übereinstimmt.

4.1 Zusammenhang der Messwerte mit der Realbilanz-Berechnung

Bild 19 und Bild 20 zeigen die unkorrigierten Verbrauchswerte $\langle H+W \rangle$ und $\langle H \rangle$ aufgetragen über den Vergleichswerten aus der Realbilanz. In Bild 21 und Bild 22 sind weiterhin die für Intervalle des Energiebedarfs von 25 kWh/(m²a) jeweils bestimmten Mittelwerte und Standardabweichungen des gemessenen Energieverbrauchs bestimmt. Es zeigt sich bei beiden Diagrammen eine recht gute Übereinstimmung, die Mittelwerte liegen relativ nahe an der jeweiligen Winkelhalbierenden (Koordinaten mit exakter Übereinstimmung von Verbrauch und Bedarf). Lediglich für $\langle H \rangle$ im Intervall 150 bis 175 kWh/(m²a) liegen die mittleren Verbrauchswerte um ca. 20 % unter den Bedarfswerten, allerdings liegen diesem Mittelwert nur 8 Verbrauchswerte zu Grunde.

²¹ Da die Rechenwerte sich immer etwa in der Mitte des Unsicherheitsbereichs befinden, werden die beim Normnachweis (GEG) eher üblichen konservativen Abschätzungen („auf der sicheren Seite“) vermieden – und damit auch die daraus resultierenden systematischen Abweichungen des berechneten Energiebedarfs.

²² Eine detaillierte Darstellung der Methodik findet sich in [Loga et al. 2021]. In [Loga et al. 2022] wird die Auswirkung der Art der Datenquellen auf die Berechnungsergebnisse dargestellt.

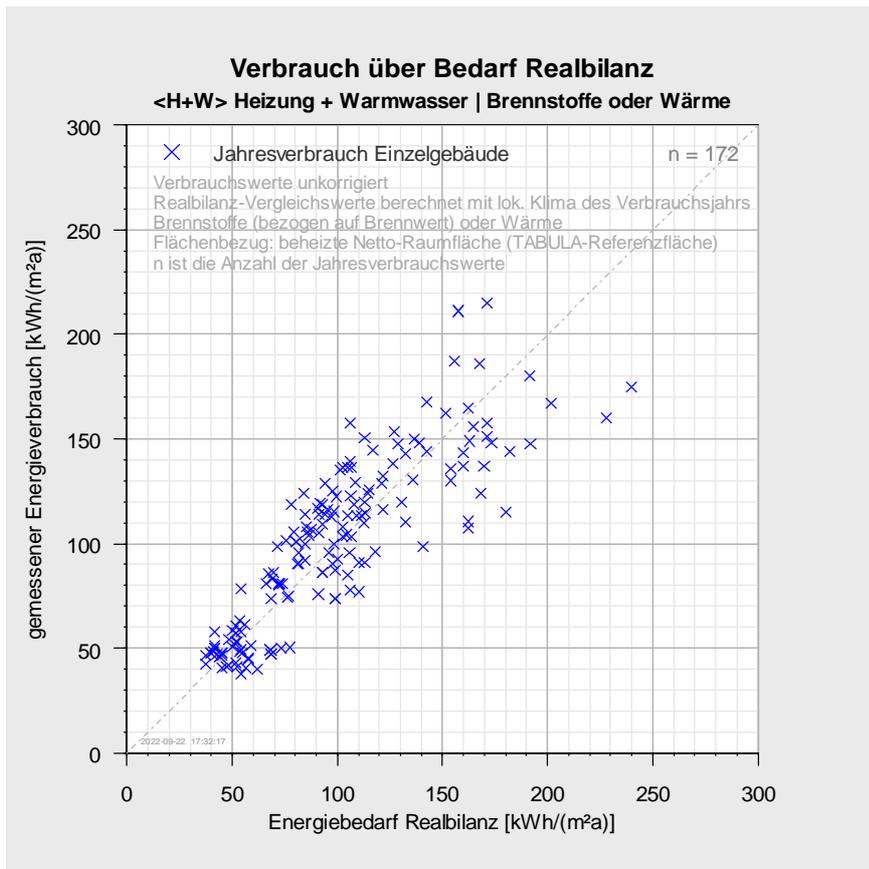


Bild 19:
 Einzelwerte des Energieverbrauchs für Heizung und Warmwasser <H+W> (unkorrigiert), aufgetragen über dem Energiebedarf Heizung und Warmwasser (Realbilanz Vergleichswert, berechnet mit Klimadaten im Verbrauchsjahr, Bilanzebene entspricht Position Zähler)

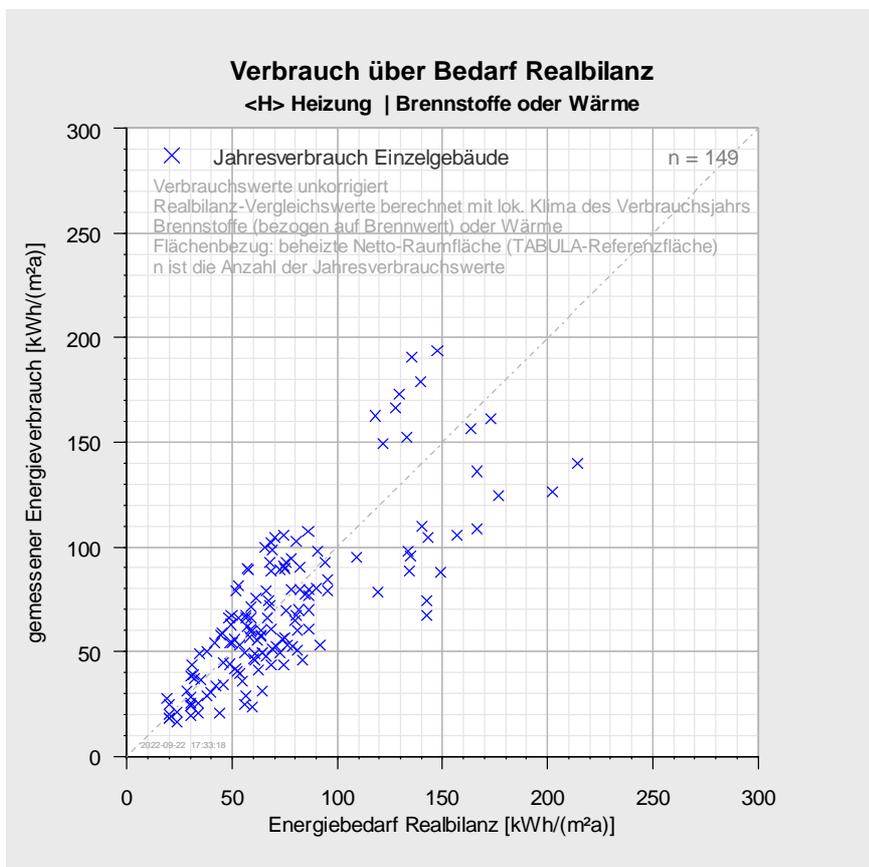


Bild 20:
 Einzelwerte des Energieverbrauchs für Heizung <H> (unkorrigiert), aufgetragen über dem Energiebedarf Heizung (Realbilanz Vergleichswert, berechnet mit Klimadaten im Verbrauchsjahr, Bilanzebene entspricht Position Zähler)

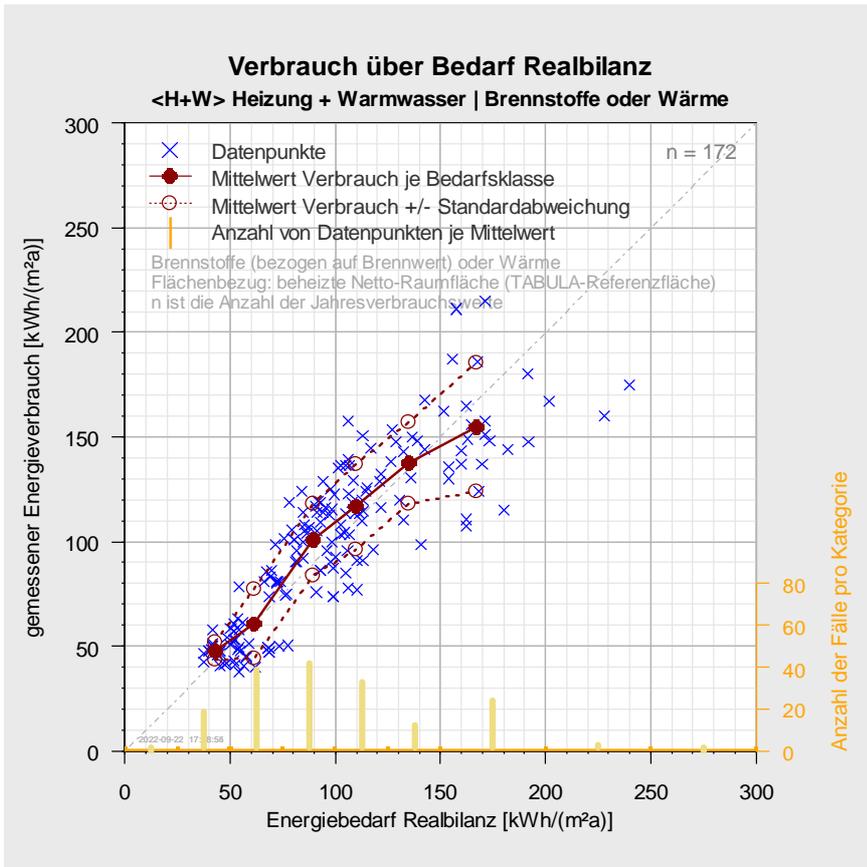


Bild 21:
 Datenpunkte <H+W> wie Bild 19, zusätzlich Mittelwert und Standardabweichung je Intervall des Energiebedarfs (Intervallbreite 25 kWh/(m²a))

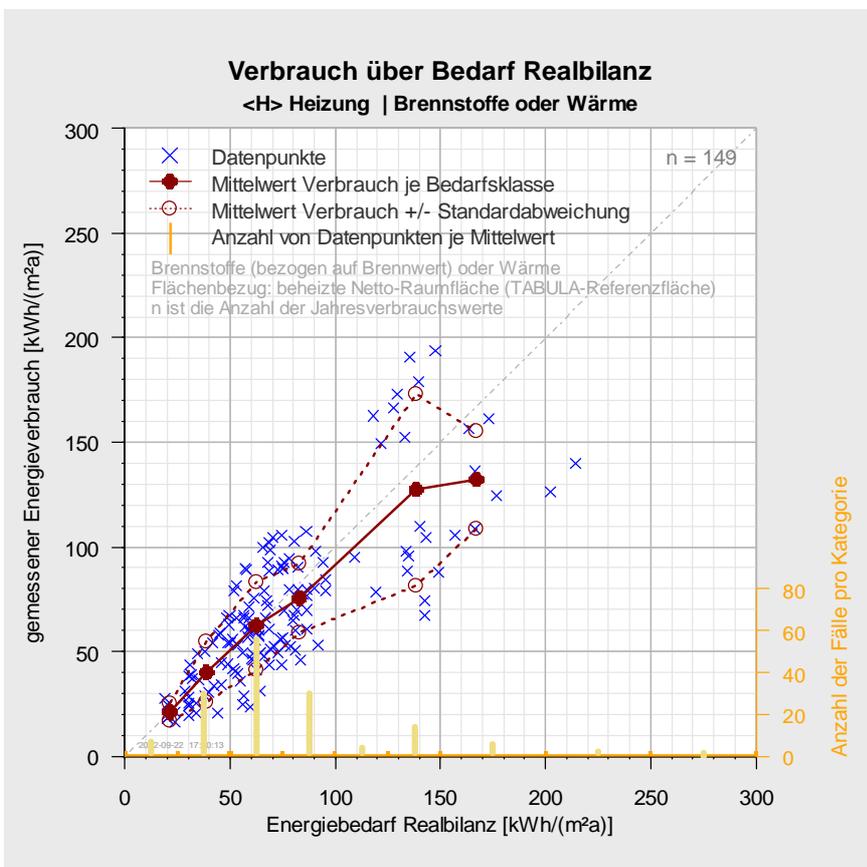


Bild 22:
 Datenpunkte <H> wie Bild 20, zusätzlich Mittelwert und Standardabweichung je Intervall des Energiebedarfs (Intervallbreite 25 kWh/(m²a))

4.2 Unsicherheit der Berechnung und Vergleich mit der Streuung

Wie in der Einleitung zum Kapitel 4 dargestellt wird durch die MOBASY-Realbilanz nicht nur der Energiebedarf bestimmt, sondern auch die Unsicherheit des berechneten Wertes abgeschätzt, die sich aus den Unsicherheiten der Eingangsdaten der Bilanzierung ergibt (siehe auch Anhang D). Bild 23 und Bild 24 zeigen für jeden Datenpunkt (Wertepaare Bedarf|Verbrauch für die Bilanzräume <H+W> und <H>) zusätzlich auch die jeweilige Unsicherheit des berechneten Bedarfs. Im Bereich hoher Bedarfswerte liegt die absolute Unsicherheit bei ca. 50 kWh/(m²a) während sie bei niedrigen Bedarfswerten in der Größenordnung von 20 kWh/(m²a) liegt.²³

In Bild 25 und Bild 26 sind (analog zum vorangegangenen Kapitel) je Bedarfsintervall wieder der Mittelwert und die Standardabweichung des Verbrauchs eingetragen. Zusätzlich zeigt das Diagramm jetzt aber auch die Mittelwerte der Unsicherheiten des Bedarfs je Intervall (horizontale grüne Linien). Es fällt auf, dass die mittlere Unsicherheit des Bedarfs recht gut zur Streuung des Energieverbrauchs passt: Die Enden der horizontalen grünen Linien erreichen grob die dunkelrote gestrichelte Linie (Verbindungsline zwischen Verbrauch plus und Verbrauch minus Standardabweichung Verbrauch). Aus theoretischer Sicht ist diese Übereinstimmung sehr plausibel: Betrachtet man eine große Zahl von Gebäuden, die zufällig den gleichen Energiebedarf haben, so kann eine Streuung des Verbrauchs erwartet werden, der physikalisch durch verschiedene Ausprägungen der Nutzung, der Betriebsführung und des lokalen Klimas, aber auch durch unterschiedliche Materialkennwerte (trotz gleicher Ansätze für die Berechnung) erklärt werden kann. Die vermuteten Ursachen der Streuung des Verbrauchs sind also identisch mit den Einflüssen auf die Unsicherheit der Eingangsgrößen des physikalischen Modells.

Als wichtiges Ergebnis kann also festgehalten werden, dass das Modell die beobachtete Streuung des Verbrauchs sehr gut erklären kann.

²³ Die Unsicherheit bei unsanierten Mehrfamilienhaus-Altbauten wird vor allem durch unsichere materielle Eigenschaften von Bestandskonstruktionen bestimmt, während bei hochwertig modernisierten Gebäuden das Nutzerverhalten und Klimabedingen den größten relativen Einfluss haben [Loga et al. 2022].

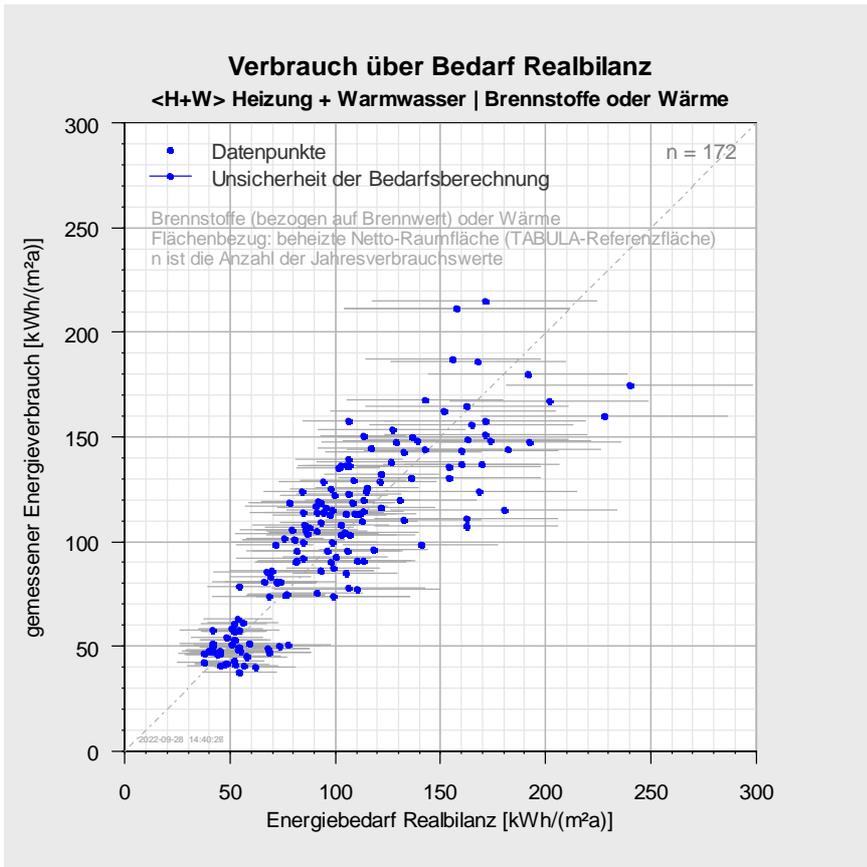


Bild 23: Einzelwerte des Energieverbrauchs für Heizung & Warmwasser <H+W> (unkorrigiert) aufgetragen über dem Energiebedarf Heizung und Warmwasser (wie Bild 19); zusätzlich je Datenpunkt: Unsicherheit des berechneten Energiebedarfs

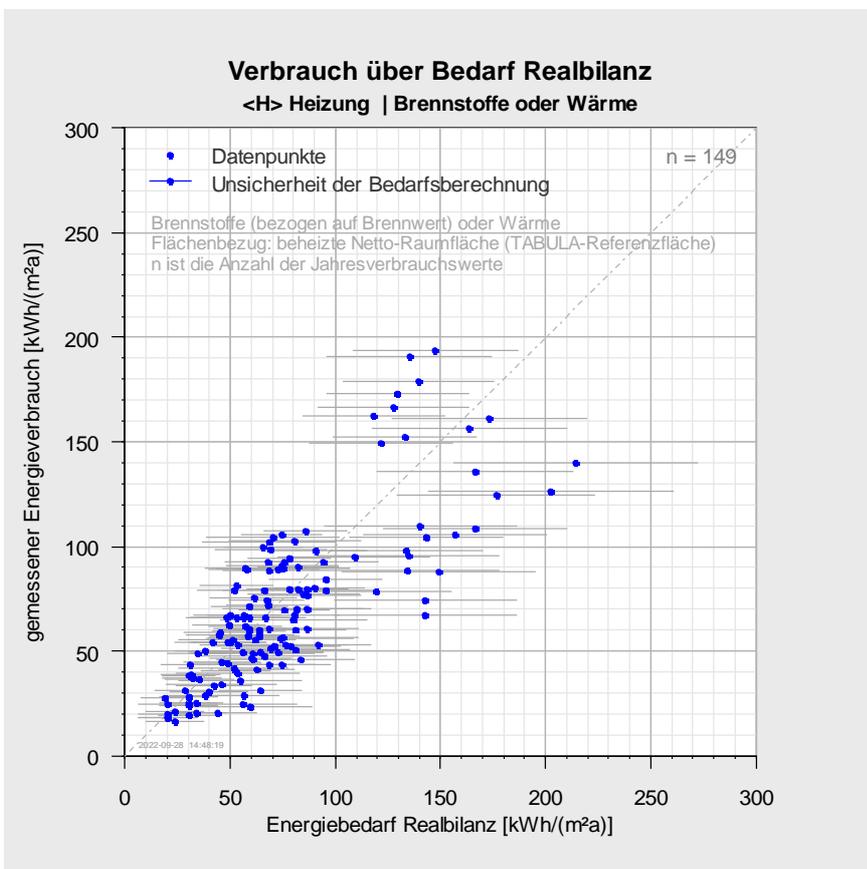


Bild 24: Einzelwerte des Energieverbrauchs für Heizung <H> (unkorrigiert) aufgetragen über dem Energiebedarf Heizung und Warmwasser (wie Bild 20); zusätzlich je Datenpunkt: Unsicherheit des berechneten Energiebedarfs

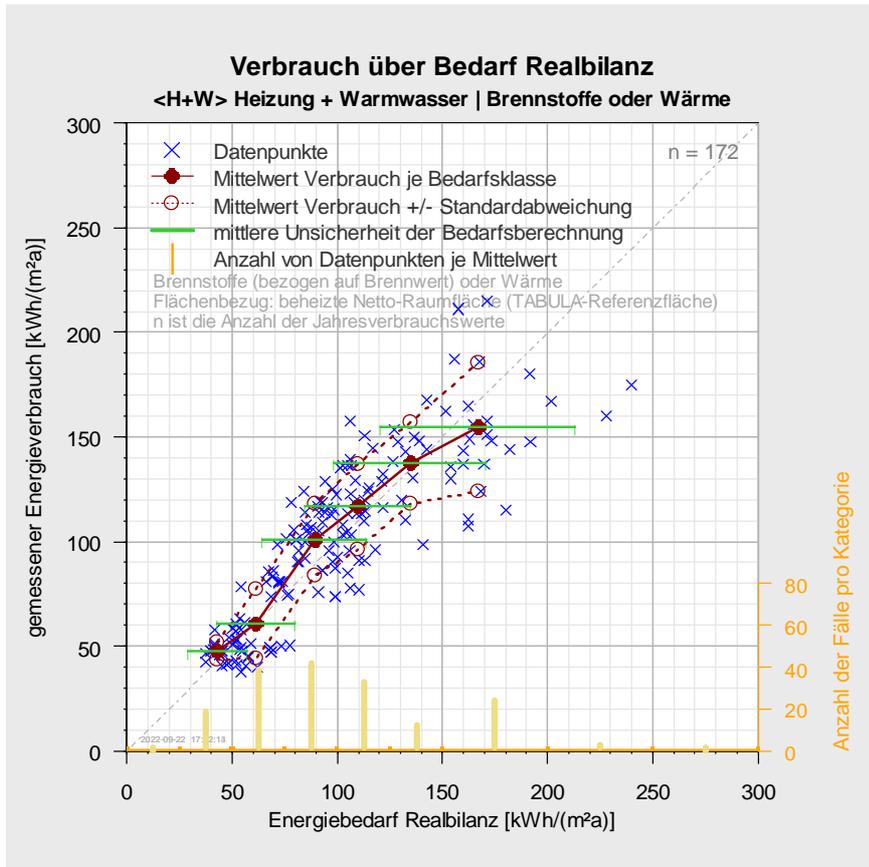


Bild 25:
 Datenpunkte, Mittelwerte und Standardabweichungen Verbrauch wie Bild 21 <H+W>; zusätzlich Mittelwert der Unsicherheit des Bedarfs je Intervall (horizontale grüne Linie)

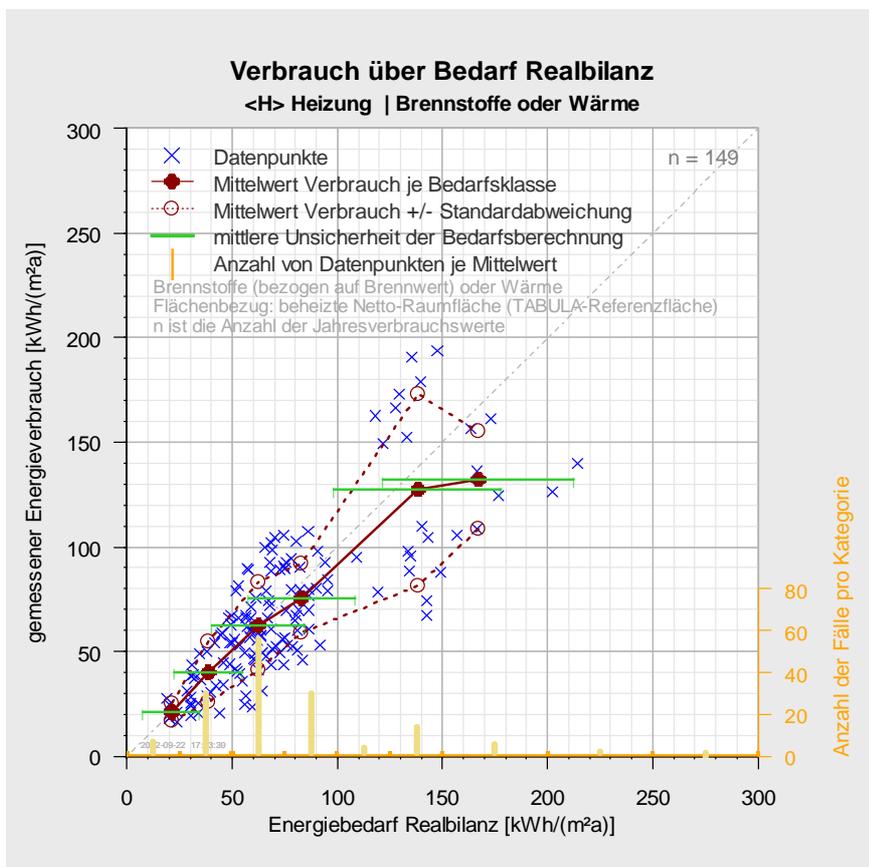


Bild 26:
 Datenpunkte, Mittelwerte und Standardabweichungen Verbrauch wie Bild 22 <H>; zusätzlich Mittelwert der Unsicherheit des Bedarfs je Intervall (horizontale grüne Linie)

4.3 Vergleich Messwert mit Realbilanz je Wärmegüte-Klasse

Unkorrigierte Verbrauchswerte $\langle H+W \rangle$ und $\langle H \rangle$ und Vergleichswerte Realbilanz

In den folgenden beiden Abbildungen finden sich wieder die unkorrigierten Verbrauchswerte aufgetragen über der Wärmegüte entsprechend Abschnitt 3.2. Die Diagramme enthalten hier zusätzlich die mit der MOBASY-Realbilanzierung ermittelten Vergleichswerte, ausgewertet je Wärmegüte-Klasse. Die Berechnungen spiegeln dabei also die lokalen Klimadaten in den jeweiligen Verbrauchsjahren sowie die Bilanzierungsebene analog zur Position der bei der Abrechnung verwendeten Zähler wider. Die Mittelwerte Bedarf je Wärmegüte-Klasse stimmen generell recht gut mit den Mittelwerten Verbrauch überein. Abweichungen gibt es sowohl nach oben als auch nach unten, sie sind meist kleiner als 10 % - mit Ausnahme von Klasse C bei $\langle H+W \rangle$, wo der Verbrauch etwa 15 % höher liegt als der Bedarf. Die stärkeren Abweichungen treten vor allem in Klassen auf, bei denen 20 oder weniger Verbrauchswerte vorliegen. Es ist also denkbar, dass bei Erhöhung der Zahl der Gebäude bzw. Verbrauchswerte diese Abweichungen zurückgehen.

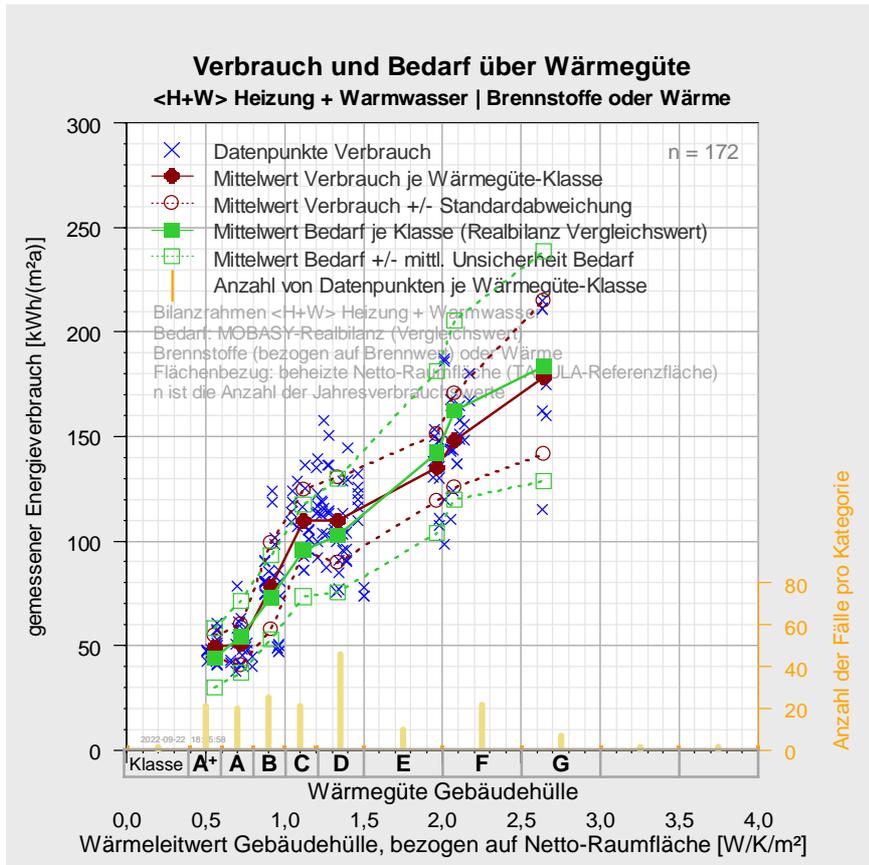


Bild 27: Verbrauchswerte Heizung & Warmwasser <H+W> (unkorrigiert) und zugehörige Bedarfs-werte (Vergleichswerte der MOBASY-Realbilanz / physika-lisches Modell), aufgetragen über dem Wärmeleitwert und den Wärmegüte-Klassen; Mit-telwert und Standardabwei-chung je Wärmegüte-Klasse

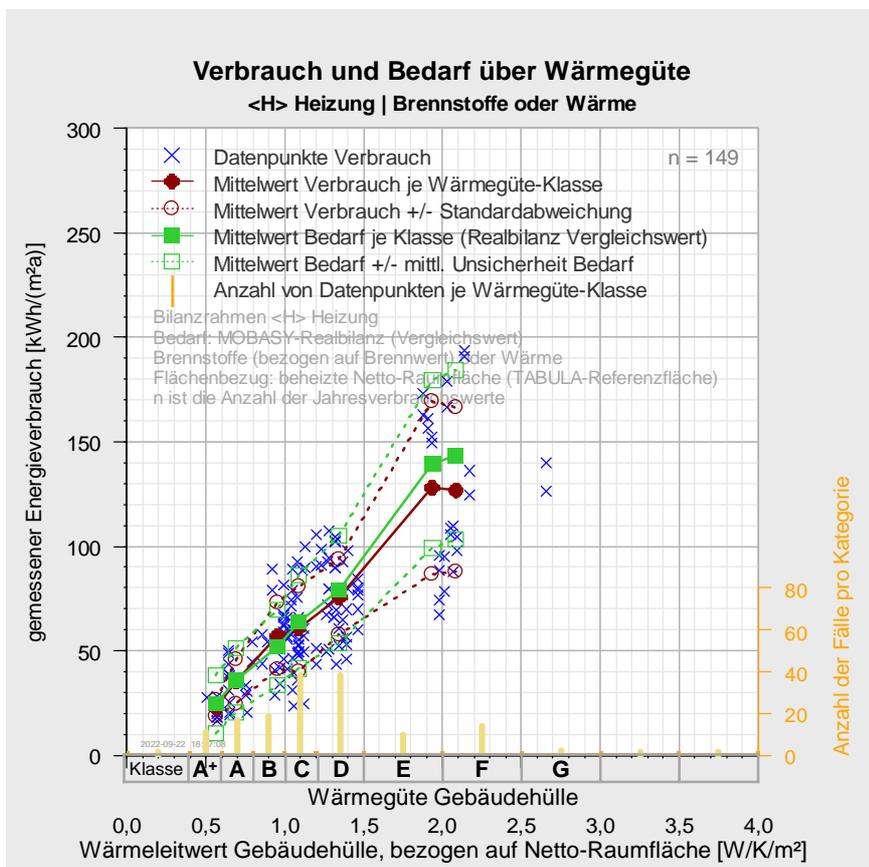


Bild 28: Verbrauchswerte Heizung <H> (unkorrigiert) und zugehörige Bedarfswerte (Vergleichswerte der MOBASY-Realbilanz / phy-sikalisches Modell), aufgetra-gen über dem Wärmeleitwert und den Wärmegüte-Klassen; Mittelwert und Standardab-weichung je Wärmegüte-Klasse

Zusammengeführte Verbrauchswerte $\langle H|C2 \rangle$ und Vergleich mit Endenergiebedarf Heizung

Wie in Abschnitt 3.4 beschrieben kann durch Herausrechnen des Warmwasseranteils aus den Verbrauchswerten für Heizung und Warmwasser und Zusammenführung mit den Verbrauchswerten für Heizung die Anzahl der Fälle je Wärmegüte-Klasse erhöht werden. In Bild 29 sind die so bestimmten, auf mittleres Klima und Endenergie korrigierten Verbrauchswerte $\langle H|C2 \rangle$ aufgetragen über dem Wärmeleitwert und den Wärmegüte-Klassen. Weiterhin finden sich darin die je Wärmegüte-Klasse bestimmten Mittelwerte und Standardabweichungen sowie die Mittelwerte für den Endenergiebedarf Heizung (Realbilanz Standardberechnung).

Wie im Abschnitt 3.4 diskutiert, wird der Verlauf der Mittelwerte des Verbrauchs je Wärmegüte-Klasse durch die Zusammenführung deutlich glatter.

Die mittleren Bedarfswerte weichen nun im Vergleich zur getrennten Betrachtung im vorangegangenen Abschnitt deutlich weniger vom Verbrauch ab – wobei eine leichte systematische Abhängigkeit von der Wärmegüte festzustellen ist: Bei den Klassen A+ bis D findet sich nur eine geringe Abweichung, bei den Klassen E und höher berechnet das Modell systematisch etwa 10 % höhere Verbrauchswerte (siehe Bild 30, in dem das Verhältnis Verbrauch zu Bedarf aufgetragen ist). Da es bisher keine Anhaltspunkte für die Ursache dieser systematischen Abweichung gibt, wäre eine entsprechende Kalibrierung des physikalischen Modells denkbar.²⁴

In Bild 31 sind zur besseren Erkennbarkeit die Datenpunkte der Einzelverbrauchswerte weggelassen. Hier ist jetzt gut sichtbar, dass je Wärmegüte-Klasse die mittlere Unsicherheit der Bedarfsberechnung etwa der Streuung der Verbrauchswerte entspricht, wie bereits in Abschnitt 4.2 beschrieben. Anschaulich lässt sich dies wie folgt erklären: Bei gleicher Einstufung in eine bestimmte Wärmegüte-Klasse entsprechen die bei einer großen Zahl von Gebäuden vermuteten Ursachen für die Streuung des Verbrauchs den Unsicherheiten der Eingangsdaten des physikalischen Modells. Die gegenüber der Erwartung etwas geringere Streuung des Verbrauchs bei den unsanierten Gebäuden könnte eventuell an der noch nicht allzu großen Anzahl von Fällen für diese Klassen liegen.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass das Realbilanzmodell im Hinblick auf die Quantifizierung der Unsicherheit recht konsistent mit der vorgefundenen Streuung der Verbrauchsdaten ist.

²⁴ Tatsächlich gibt es viele mögliche Ursachen, z.B. bei dem Ansatz für die Raumtemperatur, der im Fall der Bestandsgebäude auf Expertenschätzung beruht oder bei den Ansätzen für die U-Werte in Bestandsgebäuden. Solange die Ursache für die Diskrepanz jedoch nicht bekannt ist, scheint eine Kalibrierung der Bilanzierungsergebnisse angemessener als eine (willkürliche) Korrektur von Eingangswerten (die Expertenschätzungen für Rechenwert und Unsicherheit der Eingangsdaten der Bilanzierung sollten nach Möglichkeit „ohne Blick auf die Auswirkungen“, also die Abweichung beim Bedarf-Verbrauch-Vergleich erfolgen).

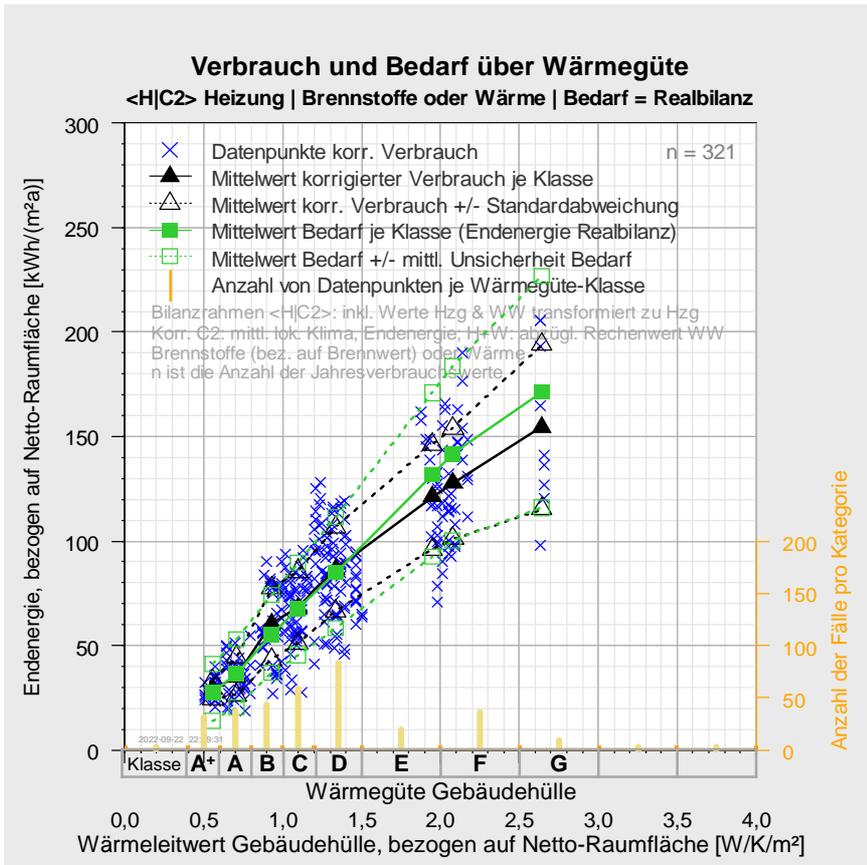


Bild 29:
 Auf mittleres Klima und
 Endenergie korrigierte
 Verbrauchswerte Heizung
 <H|C2>
 und Vergleich mit dem
 Endenergiebedarf Heizung
 (Realbilanz Standardberechnung)

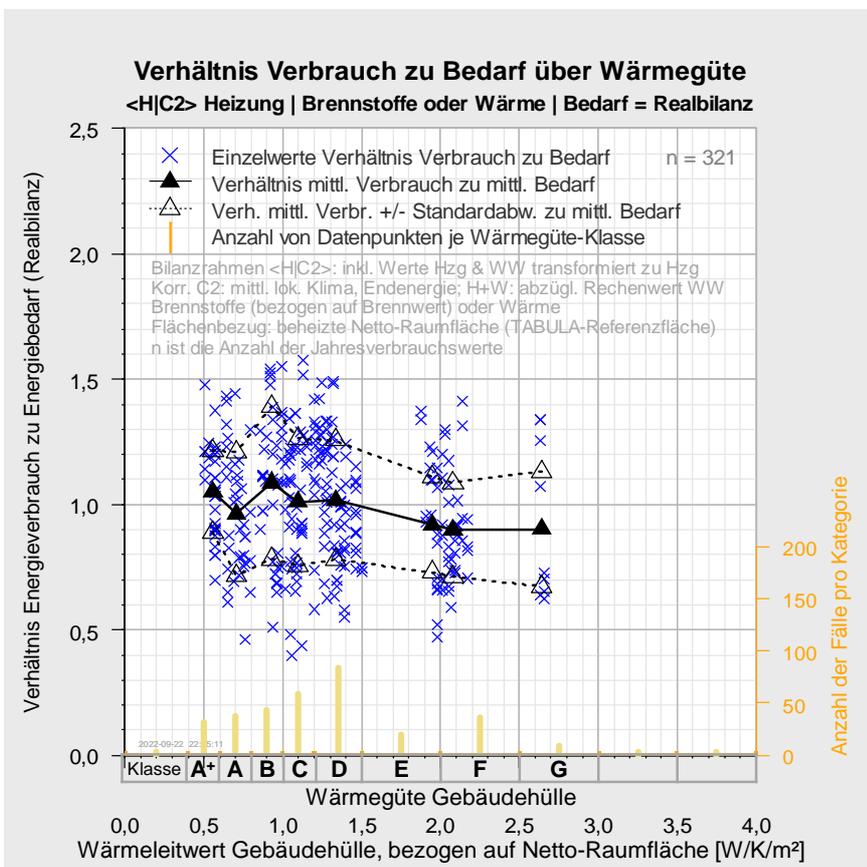


Bild 30:
 Verhältnis der Verbrauchs-
 werte zu den Bedarfswerten-
 entsprechend Bild 29

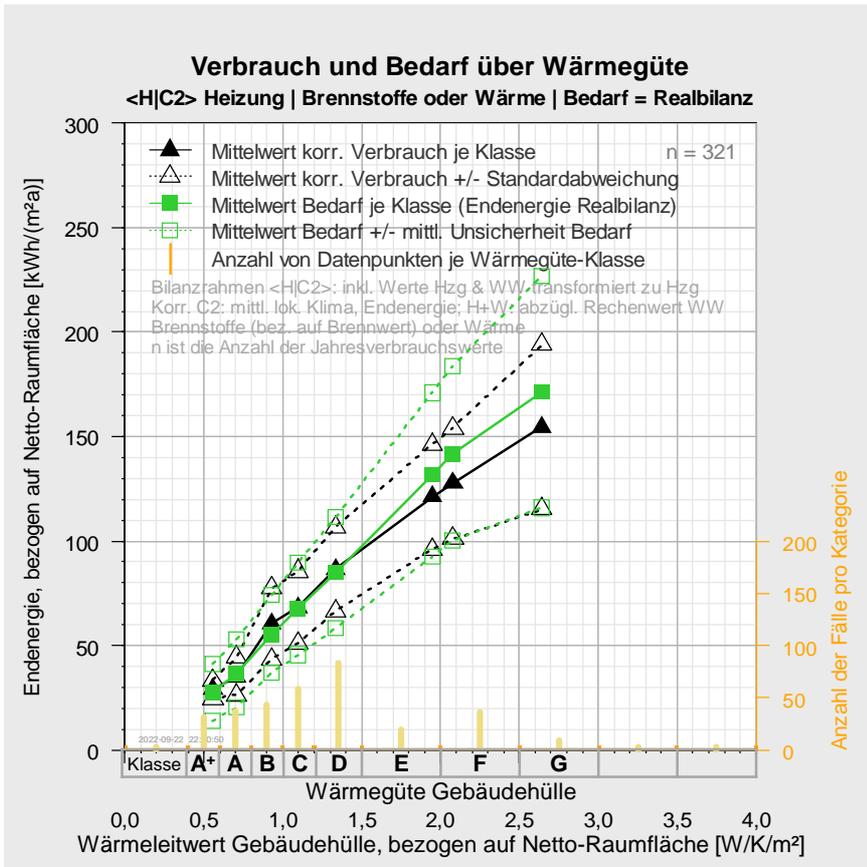


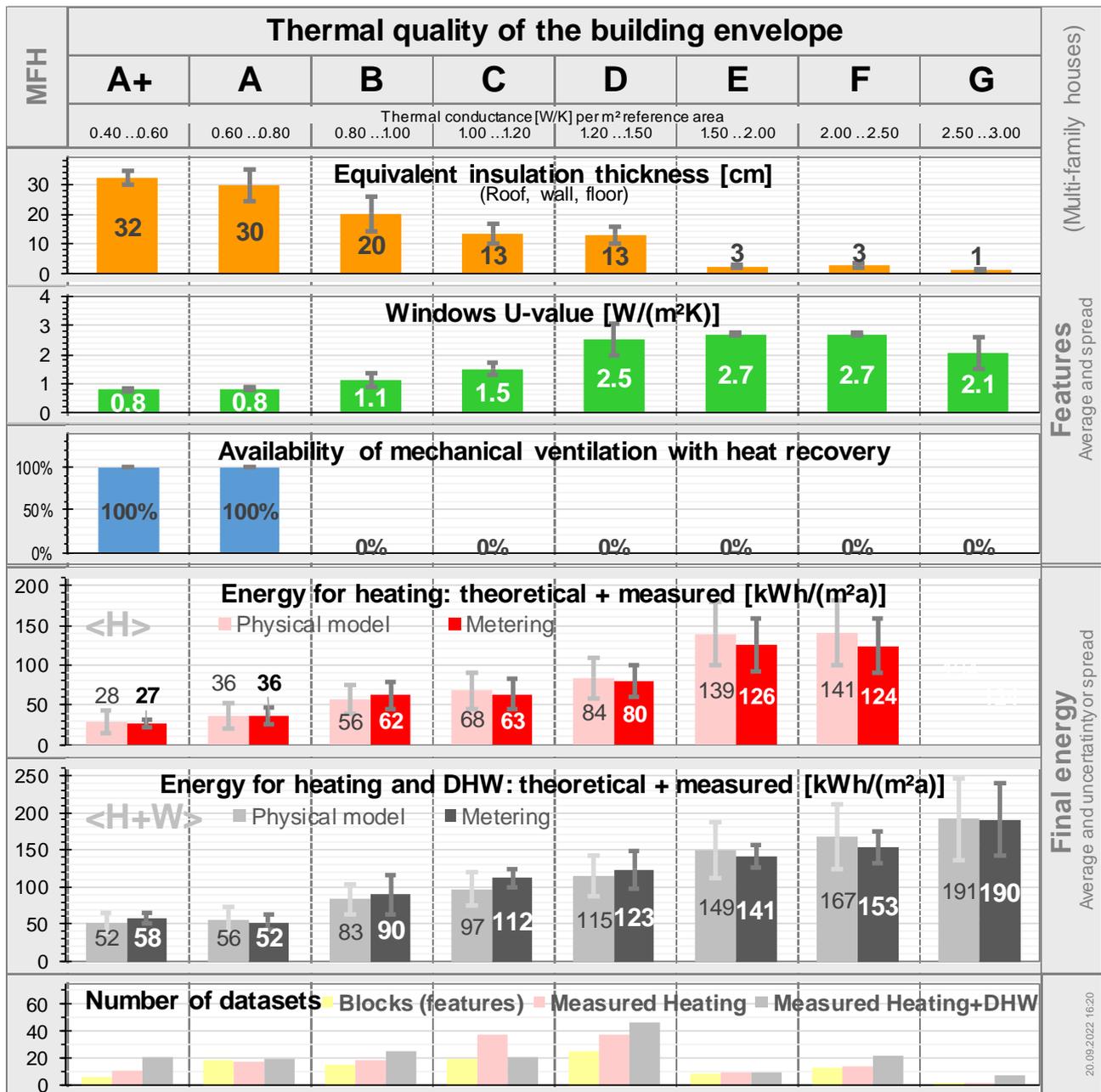
Bild 31:
wie Bild 29, jedoch ohne Datenpunkte

4.4 Übersicht über die Ergebnisse der statistischen Analysen je Wärmegüte-Klasse

Das Verbrauchsbenchmark-Diagramm in Bild 32 zeigt eine Zusammenfassung der in Kapitel 3 und 4 durchgeführten statistischen Analysen, die Zahlenwerte können Tab. 3 entnommen werden. Entsprechend dem theoretischen Wärmeverlust der Gebäudehülle pro m² Referenzfläche sind die Gebäude jeweils einer Wärmegüte-Klasse mit Buchstaben-Label zugeordnet. Für diese Klassen sind die äquivalente Dämmstärke, der mittlere Fenster-U-Wert, das Vorhandensein von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung, der theoretische Energiebedarf nach MOBASY-Realbilanz sowie der gemessene Energieverbrauch dargestellt. Bei den Verbrauch- und Bedarfswerten wird zwischen den Bilanzräumen Heizung & Warmwasser <H+W> und nur Heizung <H> unterschieden. Bedarfs- und Verbrauchswerte sind auf Endenergie und auf das mittlere Klima am Standort korrigiert worden. Im Diagramm sind nur Bedarfswerte ausgewertet worden, bei denen auch ein entsprechender Verbrauchswert vorlag.

Als Referenzfläche wird hier – so wie in allen Analyse-Diagrammen der Kapitel 3 und 4 – die Netto-Raumfläche verwendet. Im folgenden zusammenfassenden Kapitel 5 werden die Ergebniszahlen dagegen bezogen auf die in der deutschen Wohnungswirtschaft gebräuchliche Wohnfläche umgerechnet. Dort werden auch die ermittelten Zahlenwerte diskutiert.

Bild 32: Verbrauchsbenchmark-Diagramm mit zusätzlicher Angabe der mit dem physikalischen Modell ermittelten Bedarfswerte (Analyse-Ergebnis / Version in English)
 Statistische Auswertung der Zustandsdaten, der Verbrauchsdaten und der Bedarfsdaten (Realbilanzierung) der MOBASY-Gebäudestichprobe, differenziert nach Wärmegüte der Gebäudehülle („thermal quality of the building envelope“)
 Mehrfamilienhäuser mit konventioneller Wärmeversorgung (fossile Brennstoffe, Fernwärme)
Flächenbezug: Netto-Raumfläche (TABULA-Referenzfläche)



MOBASY MFH sample; averages and standard deviations per indicator and class; energy indicators related to TABULA reference area; “thermal conductance” = heat transfer coefficient by transmission and ventilation, related to the reference floor area of the building (theoretical heat losses by degree temperature difference between inside and outside); equivalent insulation thickness determined from the average U-value of the opaque components, assuming a thermal conductivity of 0.035 W/(m K) and an initial U-value of 1.5 W/(m²K), for floors / cellar ceilings the U-Value is weighted by a factor of 0.5; final energy: fuels (values based on gross calorific value) or district heating; measured consumption: average and standard deviation per class, weather-corrected to average climate at the building location; physical model: average and uncertainty of calculated demand (realistic energy performance calculation, average climate at the building location); energy indicators related to TABULA reference area

Tab. 3: Überblick über die Zahlenwerte der Analysen
Flächenbezug: Netto-Raumfläche (TABULA-Referenzfläche)

Wärmegüte Gebäudehülle		Klasse	A+	A	B	C	D	E	F	G	
Wärmeleitwert Gebäudehülle	Bereich	W/(m ² K)	0,40 ...	0,60 ...	0,80 ...	1,00 ...	1,20 ...	1,50 ...	2,00 ...	2,50 ...	
			0,60	0,80	1,00	1,20	1,50	2,00	2,50	3,00	
Anzahl Datensätze	(zumeist Gebäudeblöcke)		6	6	19	15	20	25	8	13	
thermische Hüllfläche pro m ² Referenzfläche	Mittelwert	m ² /m ²	1,29	1,44	1,43	1,41	1,48	1,51	1,72	1,93	
	Std.-Abw.	m ² /m ²	± 0,10	± 0,19	± 0,15	± 0,20	± 0,17	± 0,09	± 0,15	± 0,07	
U-Wert opaker Elemente	Mittelwert	W/(m ² K)	0,10	0,11	0,16	0,24	0,24	0,72	0,70	1,00	
	Std.-Abw.	W/(m ² K)	± 0,01	± 0,02	± 0,03	± 0,06	± 0,05	± 0,06	± 0,08	± 0,10	
Äquivalente Dämmstärke opaker Elemente	Mittelwert	cm	32,1	29,7	20,1	13,5	13,0	2,6	2,7	1,2	
	Std.-Abw.	cm	± 2,1	± 5,0	± 4,9	± 4,3	± 3,2	± 0,4	± 0,7	± 0,4	
U-Wert Fenster	Mittelwert	W/(m ² K)	0,78	0,83	1,12	1,50	2,51	2,69	2,68	2,05	
	Std.-Abw.	W/(m ² K)	± 0,04	± 0,07	± 0,25	± 0,23	± 0,63	± 0,04	± 0,06	± 0,78	
Lüftungsanlagen mit WRG	Mittelwert	installiert	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Std.-Abw.	installiert	± 0,00	± 0,00	± 0,00	± 0,00	± 0,00	± 0,00	± 0,00	± 0,00	
Heizung + WW	Realbilanzierung: Endenergiebedarf für Heizung und Warmwasser	Mittelwert	51,6	56,0	83,4	97,5	114,7	149,3	167,5	191,3	210,4
		Std.-Abw.	± 5,2	± 2,5	± 10,8	± 11,0	± 15,9	± 22,9	± 20,3	± 19,8	± 21,7
		mittl. Unsicherh.	± 14,2	± 17,0	± 20,0	± 22,1	± 27,3	± 38,5	± 42,8	± 54,9	± 60,4
	Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser	Mittelwert	57,6	52,4	89,6	112,1	123,0	140,8	152,8	190,1	209,1
		Std.-Abw.	± 6,7	± 10,5	± 25,8	± 12,6	± 25,8	± 15,5	± 21,7	± 48,8	± 53,7
	Verhältnis Verbrauch zu Bedarf			1,12	0,94	1,07	1,15	1,07	0,94	0,91	0,99
Anzahl Datensätze	Jahresverbrauchswerte		21	20	25	21	46	10	22	7	
Heizung	Realbilanzierung: Endenergiebedarf für Heizung	Mittelwert	28,5	36,2	56,3	67,8	84,2	139,0	141,2	193,8	213,2
		Std.-Abw.	± 2,2	± 3,7	± 7,0	± 8,6	± 12,5	± 17,0	± 12,8	± 0,0	± 0,0
		mittl. Unsicherh.	± 13,7	± 15,5	± 18,1	± 22,4	± 25,9	± 40,1	± 40,5	± 58,0	± 63,8
	Energieverbrauch für Heizung	Mittelwert	26,6	36,2	62,3	63,4	80,4	125,6	124,4	123,7	136,1
		Std.-Abw.	± 4,3	± 11,3	± 17,0	± 19,1	± 20,0	± 33,8	± 35,0	± 4,3	± 4,7
	Verhältnis Verbrauch zu Bedarf			0,94	1,00	1,11	0,93	0,96	0,90	0,88	0,64
Anzahl Datensätze	Jahresverbrauchswerte		11	17	19	38	38	10	14	2	

Erläuterungen: „Std.-Abw.“ = Standardabweichung; „mittl. Unsicherh.“ = mittlere rechnerische Unsicherheit der Energiebilanzberechnung für ein Gebäude

5 Gesamtergebnis: Wohnflächenbezogene Benchmarks

Verbrauchsbenchmarks differenziert nach Zustand der Gebäudehülle

Wie in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben, wurde eine Datenanalyse für alle Gebäude der MOBASY-Mehrfamilienhaus-Stichprobe vorgenommen, für die Jahresverbrauchswerte für Heizung mit oder ohne Warmwasser für ein Jahr oder mehrere Jahre (Zeitraum 2015 bis 2021) vorlagen. Insgesamt handelt es sich um 108 vermietete Geschosswohnbauten mit 2405 Wohnungen, die im Besitz von drei Wohnungsunternehmen sind. Es standen 172 Werte des Jahresverbrauchs Heizung und Warmwasser und 149 Werte des Jahresverbrauchs Heizung zur Verfügung.

Die Gebäude wurden entsprechend der Wärmegüte²⁵ der Gebäudehülle in Klassen A+ bis G eingeteilt. Für alle Gebäude einer Klasse wurde der Mittelwert des gemessenen Energieverbrauchs und die Standardabweichung als Maß für die Streuung bestimmt. Eine analoge Auswertung erfolgte für die relevanten Zustandsdaten äquivalente Dämmstärke²⁶, Fenster-U-Wert und Vorhandensein einer Lüftungwärmerückgewinnung. Die resultierenden auf die Wohnfläche bezogenen Kennwerte zeigt das Benchmark-Diagramm in Bild 33:²⁷

- Unsanierte Bestandsgebäude finden sich in den Klassen E bis G, davon die Mehrzahl in den Klassen E und F (21 Gebäude). Nennenswerte nachträgliche Dämmungen liegen nicht vor, der mittlere Fenster-U-Wert liegt bei $2,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, was Fenstern mit der bis Mitte der 1990er Jahre üblichen Zweischeibenverglasung (ohne Beschichtung und Gasfüllung) entspricht. Der mittlere Endenergieverbrauch für Heizung liegt für die Klassen E und F bei knapp 140 kWh pro m^2 Wohnfläche. Der mittlere Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser liegt bei etwa $160 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.
- In der nächstbesseren Klasse D unterscheiden sich die Fenster der Gebäude im Mittel nicht von den Gebäuden mit schlechterer Wärmegüte. Allerdings wurden Dämmmaßnahmen mit einer mittleren Stärke von 13 cm durchgeführt. Die Verbrauchswerte dieser 25 Gebäude liegen im Mittel bei $88 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ohne Warmwasser und bei $135 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ mit Warmwasser.
- Die 20 Gebäude der Klasse C entsprechen bezüglich Wärmedämmung denen der Klasse D, jedoch liegt der mittlere Fenster-U-Wert bei $1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, was Fenstern mit Zwei-Scheiben-Wärmeschutzverglasung entspricht. Der gemessene Energieverbrauch liegt bei ca. $70 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ohne Warmwasser und bei ca. $120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ mit Warmwasser.
- Die 15 Gebäude der Klasse B weisen mittlere Dämmstärken von 20 cm und einen mittleren Fenster-U-Wert von $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ auf, was einer Mischung von Fenstern mit Zwei- und Drei-Scheiben-Wärmeschutzverglasung entspricht. Der Verbrauch dieser Gebäude liegt bei ca. $70 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ohne Warmwasser und bei ca. $100 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ mit Warmwasser.
- In den Klassen A und A+ finden sich insgesamt 25 Gebäude, davon 19 in der Klasse A. Die äquivalenten Dämmstärken liegen im Mittel bei ca. 30 cm , die Fenster-U-Werte haben Werte von im Mittel ca. $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, was dem Dämmwert einer Drei-Scheiben-Wärmeschutzverglasung im gedämmten Passivhaus-Rahmen entspricht. In allen Gebäuden sind Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung eingebaut. Der Energieverbrauch der 25 Gebäude liegt im Mittel bei ca. $35 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ für Heizung und bei ca. $60 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ für Heizung und Warmwasser.

²⁵ Die „Wärmegüte Gebäudehülle“ wird abgeleitet aus dem Wärmetransferkoeffizienten Transmission + Lüftung („Wärmeleitwert“, siehe Abschnitt 3.1) und ist hier bezogen auf die Wohnfläche.

²⁶ Die äquivalente Dämmstärke ist ein Maß für den Wärmedurchgangswiderstand der opaken Bauteile. Anschaulich handelt es sich um die Dicke einer Dämmung mit gleicher Wirkung auf den Wärmeverlust wie die tatsächlich umgesetzten Wärmeschutzmaßnahmen (nur ungestörte Bauteile, ohne Wärmebrückenwirkung), bei Ansatz einer einheitlichen Wärmeleitfähigkeit von $0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, siehe Kapitel 3.5.

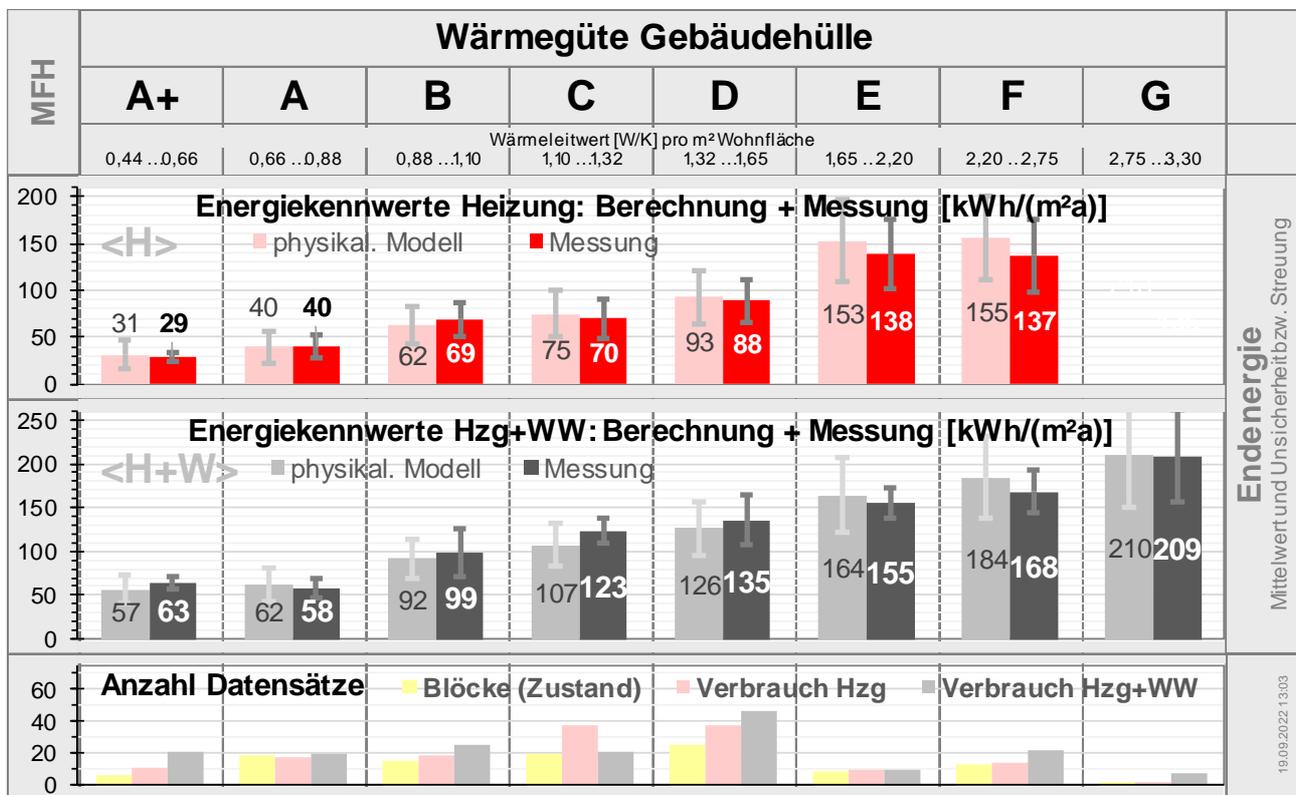
²⁷ Die im Bild dargestellten und hier genannten Zahlenwerte beziehen sich auf die Wohnfläche (im Gegensatz zur Darstellung in den Analyse-Kapiteln). Detaillierte Tabellen mit Zahlenwerten zum Zustand und Verbrauch finden sich im Anhang B, zusammenfassende Tabellen differenziert nach Art der Bezugsfläche in Anhang C.

Physikalisches Modell für die Prognose

Die Unterschiede im Verbrauch der verschiedenen Dämmstandards können plausibel durch ein physikalisches Modell erklärt werden, das realistische Ansätze für die Energiebilanzierung verwendet (MOBASY-Realbilanz, siehe Kapitel 4, detailliertere Beschreibung des Modells in Anhang D). Bild 38 zeigt ergänzend zum Benchmark-Diagramm Bild 33 den mit dem Modell für die gleichen Gebäude je Klasse bestimmten Erwartungswert (Mittelwert des berechneten Endenergiebedarfs) und den zugehörigen Erwartungsbereich (mittlere Unsicherheit der Bedarfsschätzung). Der für die einzelnen Wärmegüte-Klassen gemittelte Verbrauch stimmt insgesamt recht gut mit dem jeweiligen Erwartungswert des physikalischen Modells überein, die Streuung des Verbrauchs entspricht grob dem Erwartungsbereich. Im Mittel entspricht die Wirkung der Wärmeschutzmaßnahmen also den theoretischen Erwartungen.

Für einzelne Gebäude können Abweichungen des Verbrauchs vom Erwartungswert entstehen, die durch die Variationsbreite der verschiedenen den Verbrauch bestimmenden Faktoren erklärt werden können. Bei unsanierten Mehrfamilienhäusern bestimmt neben dem Nutzerverhalten und dem Klima vor allem die Unwissenheit bezüglich der verbauten Materialien und bezüglich ihrer thermischen Eigenschaften die Streubreite des Verbrauchs bei Gebäuden mit ähnlicher energetischer Qualität. Mit zunehmender Verbesserung des Dämmniveaus wird das Nutzerverhalten der die Streuung des Verbrauchs dominierende Faktor. Entsprechend enthält das Verbrauchsbenchmark-Diagramm je Klasse eine Spanne, in der der Verbrauch eines einzelnen Gebäudes zu erwarten ist.

Bild 34: Verbrauchsbenchmarks aus Bild 33, ergänzt um Prognosewerte des physikalischen Modells aus der MOBASY-Realbilanz (Erwartungswert und Erwartungsbereich)
 Flächenbezug: Wohnfläche



MOBASY-Mehrfamilienhaus-Stichprobe; Endenergie: Brennstoffe (bezogen auf Brennwert) oder Fernwärme; gemessener Verbrauch: Mittelwert und Standardabweichung je Klasse, witterungsbereinigt auf Durchschnittsklima am Standort; physikalisches Modell: Mittelwert und mittlere Unsicherheit des berechneten Bedarfs (Realbilanz, Durchschnittsklima am Standort); Energiekennwerte bezogen auf beheizte Wohnfläche; Wärmeleitwert Gebäude [W/K] = Wärmetransferkoeffizient Transmission + Lüftung (rechnerische Wärmeverluste je Grad Temperaturdifferenz zwischen innen und außen)

Fazit und Ausblick

Die im vorliegenden Bericht angewendete Methodik zur Ermittlung von nach dem Dämmstandard differenzierten Verbrauchsbenchmarks hat sich im Grundsatz bewährt. Es ist gelungen ein konsistentes Bild der Wirkung des baulichen Wärmeschutzes auf den Energieverbrauch bei den betrachteten Mehrfamilienhäusern aufzuzeigen. Eine nicht zu unterschätzende Voraussetzung für dieses Resultat ist die Qualitätssicherung für die Daten. Durch die Zusammenarbeit mit den drei Wohnungsunternehmen konnte ein mehrstufiges Überprüfungsverfahren für fehlende Daten oder unplausible Ergebnisse realisiert werden: Zunächst konnten zu den Angaben der Gebäudeeigentümer direkt gebäudebezogene Rückfragen gestellt werden. Bei Nichtklärung konnten zusätzliche Unterlagen (Modernisierungsdokumentation, Energiebedarfsausweis, Liegenschaftsabrechnung, Rechnung Brennstofflieferung, ...) angefordert werden. Im Fall noch bestehender Unklarheiten wurde eine Vor-Ort-Überprüfung der Gebäude durchgeführt.²⁸

Aufbauend auf den methodischen Grundlagen und den gewonnenen Erfahrungen sollte in Zukunft der Fokus vor allem auf der Ausdehnung der Datenbasis für die Verbrauchsbenchmarks liegen:

- Bei den Mehrfamilienhäusern würde eine Erhöhung der Fallzahlen eine weitere Absicherung der Ergebnisse und die Möglichkeit der weiteren Ausdifferenzierung mit sich bringen. Erster Anknüpfungspunkt wäre die Erweiterung der Stichprobe auf einen größeren Teil der Bestände der drei beteiligten Wohnungsunternehmen. Als nächster Schritt wäre die Ausdehnung der Kooperation auf weitere Wohnungsunternehmen sinnvoll.
- Bei der Ausdehnung wären auch gezielt andere Wärmeversorgungstypen anzuvisieren, insbesondere Systeme mit thermischen Solaranlagen sowie Elektro-Wärmepumpen mit und ohne PV-Anlagen. Für jede dieser drei Gruppen würde sich eine zusätzliche Version der nach der Wärmegüte differenzierten Verbrauchsbenchmark-Tabelle ergeben.
- Eine Übertragung des Konzepts auf den Bereich von Einfamilienhäusern wäre ein weiterer sinnvoller Schritt, da auch in diesem Feld verlässliche Verbrauchsstatistiken mit nach dem Dämmstandard differenzierten Vergleichswerten fehlen. Im Rahmen eines entsprechenden Projekts wäre insbesondere die Frage der Datenerhebung und Qualitätssicherung zu klären. Aus der Erfahrung mit den Mehrfamilienhaus-Beständen scheint es unabdingbar, dass nach Erhebung der Daten zum Zustand und zum Verbrauch ein Nachfragen bei den Gebäudeeigentümern und im Bedarfsfall auch eine Vor-Ort-Begehung möglich ist. Eine solche Erhebung ließe sich beispielsweise in Quartieren umsetzen - oder auch für die Kunden von regionalen Energieversorgern. Eine andere Möglichkeit wäre die Zusammenarbeit mit Energieberatern, die Daten aus ihrem Beratungsalltag in die Datensammlung einspeisen würden und etwaige Überprüfungen im Auftrag der Studierersteller durchführen könnten.

Bei weiteren Bestrebungen zur Umsetzung des Verbrauchsbenchmark-Konzepts sollte in Zukunft auch die Verbreitung und Nutzung der Ergebnisse mit Blick auf verschiedene Zielgruppen einbezogen werden. Mögliche Anwendungsbereiche sind:

- Vergleichswerte für den Energieverbrauch in der Heizkostenabrechnung von Mietern, in der Abrechnung durch Energieversorger für Gebäudeeigentümer usw.;
- Vergleichswerte für die Einordnung des im Energieverbrauchsausweis angegebenen Verbrauchswertes.

Für die Umsetzung wäre es hilfreich, wenn Eigentümern für die Ermittlung des Wärmeleitwerts und die Zuordnung ihres Gebäudes zu einer Wärmegüte-Klasse eine einfache z.B. webbasierte Software zur Verfügung stehen würde.

²⁸ Die Stufen der Datenqualitätssicherung sind in [Loga et al. 2021] beschrieben.

+++ A N H A N G +++

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
- [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/
- [KV Energieprofil 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/
- [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
- [Loga et al. 2020] Loga, Tobias; Swiderek, Stefan; Grafe, Michael: Modellprojekt Energieverbrauchsbenchmarks. Soll-/Ist-Vergleich des Energieverbrauchs zur Evaluierung und Steigerung der Effizienz von Energiesparmaßnahmen im Praxisalltag eines Wohnungsunternehmens; IWU – Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt 2020; ISBN: 978-3-941140-65-3
www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/gebäudebestand/pri/2019_IWU_LogaswiderekGrafe_ModellprojektEnergieverbrauchsbenchmarks_NHW.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
- [Loga et al. 2022] Loga, Tobias; Stein, Britta; Behem, Guillaume: Use of Energy Profile Indicators to Determine the Expected Range of Heating Energy Consumption; Proceedings of the CESB22 Conference (Central Europe towards Sustainable Building – Prague – 4 to 6 July 2022); to be published

- [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.episcopo.eu/fileadmin/tabula/public/docs/report/TABULA_CommonCalculationMethod.pdf
- [TABULA Data Eval 2015] Loga, Tobias; Müller, Kornelia; Reifschläger, Kerstin; Stein, Britta: Evaluation of the TABULA Database – Comparison of Typical Buildings and Heat Supply Systems from 20 European Countries; IWU – Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt / Germany 2015
www.episcopo.eu/fileadmin/tabula/public/docs/report/TABULA_WorkReport_EvaluationDatabase.pdf

A.2 Abbildungsverzeichnis

Bild 1:	Benchmark-Diagramm.....	5
Bild 2:	Benchmark Chart.....	7
Bild 3:	Energieprofil-Formular für die Datenerfassung Gebäude.....	10
Bild 4:	Energieprofil-Formular für die Datenerfassung Anlagentechnik.....	11
Bild 5:	Jahreswerte des gemessenen Energieverbrauchs für Heizung und Warmwasser <H+W>, aufgetragen über dem Wärmeleitwert (theoretischer Wärmeverlust je Kelvin Temperaturdifferenz) Bezugsfläche: beheizte Netto-Raumfläche (TABULA-Referenzfläche).....	17
Bild 6:	Jahreswerte des gemessenen Energieverbrauchs nur für Heizung <H>, aufgetragen über dem Wärmeleitwert (theoretischer Wärmeverlust je Kelvin Temperaturdifferenz) Bezugsfläche: beheizte Netto-Raumfläche (TABULA-Referenzfläche).....	17
Bild 7:	Gemessener Verbrauch für Heizung und Warmwasser <H+W>, aufgetragen über der Wärmegüte der Gebäudehülle bzw. über dem Wärmeleitwert (theoretischer Wärmeverlust je Kelvin Temperaturdifferenz).....	18
Bild 8:	Gemessener Verbrauch nur für Heizung <H>, aufgetragen über der Wärmegüte der Gebäudehülle bzw. über dem Wärmeleitwert (theoretischer Wärmeverlust je Kelvin Temperaturdifferenz).....	18
Bild 9:	Auswertung des gemessenen Verbrauchs für Heizung und Warmwasser <H+W> sowie der auf das durchschnittliche Klima und einheitlich auf Endenergie (Gebäude) korrigierten Werte <H+W C1>.....	20
Bild 10:	Auswertung des gemessenen Verbrauchs für Heizung <H> sowie der auf das durchschnittliche Klima und einheitlich auf Endenergie (Gebäude) korrigierten Werte <H C1>.....	20
Bild 11:	Datenpunkte Verbrauchskennwert Heizung <H C2> über der Wärmegüte der Gebäudehülle (gemeinsame Betrachtung der Messwerte <H> und <H+W>).....	21
Bild 12:	Mittelwerte und Standardabweichungen je Wärmegüte-Klasse für die Verbrauchskennwerte Heizung <H C2>.....	22
Bild 13:	Statistische Auswertung der U-Werte opaker Elemente je Wärmegüte-Klasse.....	23
Bild 14:	Statistische Auswertung der äquivalenten Dämmstärken opaker Elemente je Wärmegüte-Klasse Datenpunkte: äquivalente Dämmstärke je Gebäude, berechnet aus dem mittleren U-Wert der opaken Bauteile je Gebäude.....	23
Bild 15:	Statistische Auswertung der Fenster-U-Werte je Wärmegüte-Klasse.....	24
Bild 16:	Statistische Auswertung des Vorhandenseins von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung (WRG) Datenpunkte je Gebäude: 1 = WRG vorhanden 0 = WRG nicht vorhanden.....	25
Bild 17:	grobe Abschätzung der Verbrauchsunterschiede zwischen verschiedenen Niveaus der Wärmegüte (Gruppierung von Güteklassen, Ausgangsbasis ist Bild 12).....	26

Bild 18:	Verbrauchsbenchmark-Diagramm (Analyse-Ergebnis / Version in Englisch) Statistische Auswertung der Zustands- und Verbrauchsdaten der MOBASY-Gebäudestichprobe, differenziert nach der Wärmegüte Gebäudehülle („thermal quality of building envelope“) Mehrfamilienhäuser mit konventioneller Wärmeversorgung (fossile Brennstoffe, Fernwärme) Flächenbezug: beheizte Netto-Raumfläche (wie in den Detailauswertungen und -analysen)	28
Bild 19:	Einzelwerte des Energieverbrauchs für Heizung und Warmwasser <H+W> (unkorrigiert), aufgetragen über dem Energiebedarf Heizung und Warmwasser (Realbilanz Vergleichswert, berechnet mit Klimadaten im Verbrauchsjahr, Bilanzebene entspricht Position Zähler)	30
Bild 20:	Einzelwerte des Energieverbrauchs für Heizung <H> (unkorrigiert), aufgetragen über dem Energiebedarf Heizung (Realbilanz Vergleichswert, berechnet mit Klimadaten im Verbrauchsjahr, Bilanzebene entspricht Position Zähler)	30
Bild 21:	Datenpunkte <H+W> wie Bild 19, zusätzlich Mittelwert und Standardabweichung je Intervall des Energiebedarfs (Intervallbreite 25 kWh/(m ² a))	31
Bild 22:	Datenpunkte <H> wie Bild 20, zusätzlich Mittelwert und Standardabweichung je Intervall des Energiebedarfs (Intervallbreite 25 kWh/(m ² a))	31
Bild 23:	Einzelwerte des Energieverbrauchs für Heizung & Warmwasser <H+W> (unkorrigiert) aufgetragen über dem Energiebedarf Heizung und Warmwasser (wie Bild 19); zusätzlich je Datenpunkt: Unsicherheit des berechneten Energiebedarfs	33
Bild 24:	Einzelwerte des Energieverbrauchs für Heizung <H> (unkorrigiert) aufgetragen über dem Energiebedarf Heizung und Warmwasser (wie Bild 20); zusätzlich je Datenpunkt: Unsicherheit des berechneten Energiebedarfs	33
Bild 25:	Datenpunkte, Mittelwerte und Standardabweichungen Verbrauch wie Bild 21 <H+W>; zusätzlich Mittelwert der Unsicherheit des Bedarfs je Intervall (horizontale grüne Linie)	34
Bild 26:	Datenpunkte, Mittelwerte und Standardabweichungen Verbrauch wie Bild 22 <H>; zusätzlich Mittelwert der Unsicherheit des Bedarfs je Intervall (horizontale grüne Linie)	34
Bild 27:	Verbrauchswerte Heizung & Warmwasser <H+W> (unkorrigiert) und zugehörige Bedarfswerte (Vergleichswerte der MOBASY-Realbilanz / physikalisches Modell), aufgetragen über dem Wärmeleitwert und den Wärmegüte-Klassen; Mittelwert und Standardabweichung je Wärmegüte-Klasse	36
Bild 28:	Verbrauchswerte Heizung <H> (unkorrigiert) und zugehörige Bedarfswerte (Vergleichswerte der MOBASY-Realbilanz / physikalisches Modell), aufgetragen über dem Wärmeleitwert und den Wärmegüte-Klassen; Mittelwert und Standardabweichung je Wärmegüte-Klasse	36
Bild 29:	Auf mittleres Klima und Endenergie korrigierte Verbrauchswerte Heizung <H C2> und Vergleich mit dem Endenergiebedarf Heizung (Realbilanz Standardberechnung)	38
Bild 30:	Verhältnis der Verbrauchswerte zu den Bedarfswertenentsprechend Bild 29	38
Bild 31:	wie Bild 29, jedoch ohne Datenpunkte.....	39
Bild 32:	Verbrauchsbenchmark-Diagramm mit zusätzlicher Angabe der mit dem physikalischen Modell ermittelten Bedarfswerte (Analyse-Ergebnis / Version in Englisch) Statistische Auswertung der Zustandsdaten, der Verbrauchsdaten und der Bedarfsdaten (Realbilanzierung) der MOBASY-Gebäudestichprobe, differenziert nach Wärmegüte der Gebäudehülle („thermal quality of the building envelope“) Mehrfamilienhäuser mit konventioneller Wärmeversorgung (fossile Brennstoffe, Fernwärme) Flächenbezug: Netto-Raumfläche (TABULA-Referenzfläche)	41
Bild 33:	Benchmark-Diagramm Statistische Auswertung der Zustands- und Verbrauchsdaten der MOBASY-Gebäudestichprobe, differenziert nach der Wärmegüte der Gebäudehülle Mehrfamilienhäuser mit konventioneller Wärmeversorgung (fossile Brennstoffe, Fernwärme) Flächenbezug: Wohnfläche	44
Bild 34:	Verbrauchsbenchmarks aus Bild 33, ergänzt um Prognosewerte des physikalischen Modells aus der MOBASY-Realbilanz (Erwartungswert und Erwartungsbereich) Flächenbezug: Wohnfläche	45

Bild 35:	Verbrauchsbenchmark-Diagramm (Analyse-Ergebnis / Version in Englisch) Statistische Auswertung der Zustands- und Verbrauchsdaten der MOBASY-Gebäudestichprobe, differenziert nach Wärmegüte der Gebäudehülle / Mehrfamilienhäuser mit konventioneller Wärmeversorgung (fossile Brennstoffe, Fernwärme); Flächenbezug: beheizte Netto-Raumfläche (TABULA-Referenzfläche)	57
Bild 36:	Verbrauchsbenchmark-Diagramm mit zusätzlicher Angabe der mit dem physikalischen Modell ermittelten Bedarfswerte (Analyse-Ergebnis / Version in Englisch) Diagramm entsprechend Bild 35; zusätzlich Auswertung berechneter Energiebedarf („Physical model“, MOBASY-Realbilanz) $\langle H+W C1 \rangle$ und $\langle H C1 \rangle$ Flächenbezug: beheizte Netto-Raumfläche (TABULA-Referenzfläche)	58
Bild 37:	Verbrauchsbenchmark-Diagramm (Version zur Informationsvermittlung in Deutschland; Zielgruppe: Laien sowie Experten mit wohnungswirtschaftlichem Hintergrund) Statistische Auswertung der Zustands- und Verbrauchsdaten der MOBASY-Gebäudestichprobe, differenziert nach Wärmegüte der Gebäudehülle Mehrfamilienhäuser mit konventioneller Wärmeversorgung (Fernwärme, fossile Brennstoffe) Flächenbezug: Wohnfläche.....	60
Bild 38:	Diagramm entsprechend Bild 37 zusätzlich Auswertung berechneter Energiebedarf („Schätzung“, MOBASY-Realbilanz) $\langle H+W C1 \rangle$ und $\langle H C1 \rangle$ (Version zur Informationsvermittlung in Deutschland; Zielgruppe: Gebäude-/Energie-Experten) Flächenbezug: Wohnfläche	61
Bild 39:	Schema der MOBASY-Realbilanzierung.....	63
Bild 40:	12-geschossiges Hochhaus der Wohnbau Gießen; Baujahr 1965; 2016 energetisch modernisiert	65
Bild 41:	Kopie von Bild 7 mit Markierung des Verbrauchswerts $\langle H+W \rangle$ 2021 des Beispielgebäudes Gemessener Verbrauch für Heizung und Warmwasser $\langle H+W \rangle$, aufgetragen über der Wärmegüte der Gebäudehülle bzw. über dem Wärmeleitwert (theoretischer Wärmeverlust je Kelvin Temperaturdifferenz) Bezugsfläche: beheizte Netto-Raumfläche (TABULA-Referenzfläche).....	67
Bild 42:	Kopie von Bild 8 mit Markierung des Verbrauchswerts $\langle H \rangle$ 2021 des Beispielgebäudes Gemessener Verbrauch für Heizung und Warmwasser $\langle H+W \rangle$, aufgetragen über der Wärmegüte der Gebäudehülle bzw. über dem Wärmeleitwert (theoretischer Wärmeverlust je Kelvin Temperaturdifferenz) Bezugsfläche: beheizte Netto-Raumfläche (TABULA-Referenzfläche).....	67
Bild 43:	Erfassungsbogen Gebäude (Energieprofil-Zustandsindikatoren).....	68
Bild 44:	Erfassungsbogen Anlagentechnik (Energieprofil-Zustandsindikatoren).....	69
Bild 45:	Verbrauchsdaten Wärmemengenzähler für das Beispielgebäude 2018 bis 2021 gemessen im Keller des Gebäudes (siehe Foto in Bild 47); Daten zur Verfügung gestellt durch die Wohnbau Gießen	70
Bild 46:	Erfassungsbogen Energieverbrauch	71
Bild 47:	Bilder von der Vor-Ort-Begehung (Fotos: IWU).....	72
Bild 48:	verwendete Standardwerte für die Nutzungsbedingungen	76
Bild 49:	weitere Einstellungen für die Bilanzierung.....	77
Bild 50:	Angabe der Datenquellen (relevant für Unsicherheitsbewertung).....	78
Bild 51:	Schätzung Gebäudehüllfläche (Teil1)	79
Bild 52:	Schätzung Gebäudehüllfläche (Teil 2)	80
Bild 53:	Energiebilanz Gebäude (Kennwerte bezogen auf die TABULA-Referenzfläche)	81
Bild 54:	Energiebilanz Wärmeversorgung (Kennwerte bezogen auf die TABULA-Referenzfläche).....	82
Bild 55:	Verbrauch-Bedarf-Vergleich „H+W“ 2019 (Kennwerte bezogen auf die TABULA-Referenzfläche).....	83
Bild 56:	Verbrauch-Bedarf-Vergleich „H“ 2020 (Kennwerte bezogen auf die TABULA-Referenzfläche).....	84
Bild 57:	Ermittlung der Unsicherheit der U-Werte opaker Konstruktionen	85

Bild 58:	Ermittlung der Unsicherheit des Endenergiebedarfs (Kennwerte bezogen auf die TABULA-Referenzfläche).....	86
Bild 59:	Überblick über die Ein- und Ausgabedaten der Bilanzierung und des V-B-Vergleichs.....	87
Bild 60:	Energiebilanz Heizwärme und Endenergie (Kennwerte bezogen auf die Netto-Raumfläche = TABULA-Referenzfläche).....	88
Bild 61:	Verbrauchswerte und Vergleichswerte Bedarf (Kennwerte bezogen auf die Netto-Raumfläche = TABULA-Referenzfläche).....	89
Bild 62:	Energetisch modernisierte baugleiche Hochhäuser in Gießen (Foto: IWU).....	89
Bild 63:	Erfassungsbogen Energieverbrauch Haus-Nr. 106	90
Bild 64:	Erfassungsbogen Energieverbrauch Haus-Nr. 108	91
Bild 65:	Verbrauch-Bedarf-Vergleich <H+W> für die drei baugleichen, mit identischen Maßnahmen energetisch modernisierten Hochhäuser (Kennwerte bezogen auf die Netto-Raumfläche = TABULA-Referenzfläche).....	92

A.3 Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Übersicht über die Gebäuestichprobe ⁵	9
Tab. 2:	Definition der Wärmegüte-Klassen (Bezug Netto-Raumfläche und Wohnfläche)	15
Tab. 3:	Überblick über die Zahlenwerte der Analysen Flächenbezug: Netto-Raumfläche (TABULA-Referenzfläche).....	42
Tab. 4:	Basisdaten der analysierten Gebäude / Auszug aus der MOBASY-Gebäudedaten-Tabelle Datenfelder: n_Block = Anzahl Blöcke; n_House = Anzahl Häuser / Hauseingänge / Adressen; A_C_Ref = TABULA-Referenzfläche (entspricht Netto-Raumfläche) [m ²]; A_C_Living = Wohnfläche [m ²]; n_Dwelling = Anzahl Wohnungen; n_Storey = Anzahl Vollgeschosse; Year_Building = Baujahr des Gebäudes.....	52
Tab. 5:	Analyse der Mehrfamilienhaus-Stichprobe differenziert nach Wärmegüte-Klassen Flächenbezug: Netto-Raumfläche der beheizten Geschosse (TABULA-Referenzfläche, pauschal ermittelt aus der Wohnfläche durch Anwendung des Faktors 1,1) Erläuterung der Abkürzungen: „StdAbw“ = Standardabweichung; „UnsichMittelw“ = Unsicherheit des Mittelwertes	54
Tab. 6:	Überblick über die Zahlenwerte der Analysen Flächenbezug: Netto-Raumfläche (TABULA-Referenzfläche).....	59
Tab. 7:	Überblick über die Zahlenwerte der Analysen Flächenbezug: Wohnfläche	62
Tab. 8:	Wichtigste Kenngrößen der Analyse für das Beispielgebäude; Energiekennwerte bezogen auf die Netto-Raumfläche (TABULA-Referenzfläche)	66
Tab. 9:	Bei der Begehung am 16.09.2021 durch das IWU erfasste Informationen	74

Anhang B – Gebäudedaten und Analysedetails

Die Gebäudestichprobe ist im Bericht zur MOBASY-Realbilanzierung [Loga et al. 2021] ausführlich dokumentiert. Gegenüber den dort dargestellten Daten haben sich kleine Änderungen ergeben: Die im Bericht bereits identifizierten Gebäude mit auffälligen Verbrauchswerten wurden in der Zwischenzeit analysiert. In einigen Fällen wurden hierfür weitere Daten, teilweise auch Verbrauchsdaten der Folgejahre bereitgestellt. Die nach Überprüfung der Werte und nach Durchführung einer Begehung bei manchen Datensätzen identifizierten Lücken oder Fehler wurden bereinigt. Ergänzend wurden zu einem bereits enthaltenen Gebäude zwei baugleiche in gleicher Weise modernisierte Gebäude aufgenommen, für die auch Verbrauchsdaten vorlagen (siehe Anhang E).

Die folgenden beiden Tabellen geben einen Überblick über die Gebäude und über die Details der Analysen.

B.1 In der Analyse enthaltene Gebäude

Tab. 4: Basisdaten der analysierten Gebäude / Auszug aus der MOBASY-Gebäudedaten-Tabelle
 Datenfelder: n_Block = Anzahl Blöcke; n_House = Anzahl Häuser / Hauseingänge / Adressen; A_C_Ref = TABULA-Referenzfläche (entspricht Netto-Raumfläche) [m²]; A_C_Living = Wohnfläche [m²]; n_Dwelling = Anzahl Wohnungen; n_Storey = Anzahl Vollgeschosse; Year_Building = Baujahr des Gebäudes

ID_MOBASY	Adresse	n_Block	n_House	A_C_Ref	A_C_Living	n_Dwelling	n_Storey	Year_Building
BV.0001.01	Darmstadt --- Ettesterstraße 39, 41, 43	2	3	1828,3	1662,1	24	3	2003
BV.0002.01	Darmstadt --- Beyerweg 1, 3, 5	2	3	1428,7	1298,8	24	3	2003
BV.0006.01	Darmstadt --- Anne-Frank-Straße 70, 72, 74, 76, 78, 80	3	6	4098	3725,5	48	3	
BV.0007.01	Darmstadt --- Braunshardter Weg 2-10	1	5	3974,2	3612,9	68	4	
BV.0009.01	Darmstadt --- Büdinger Straße 27, 29, 31	1	3	2515,9	2287,1	29	4	
BV.0010.04	Darmstadt --- Fritz-Dächert-Weg 61, 63, 65, 67, 69, 71	2	6	3032	2756,4	42	3,3	2007
BV.0015.01	Darmstadt --- Holzhofallee 22, 22a, 22b	1	3	1755,3	1595,7	27	4	
BV.0017.01	Darmstadt --- Elisabeth-Selbert-Straße 6, 8	1	2	4005,3	3641,2	49	3	2010
BV.0028.01	Darmstadt --- Bismarckstraße 17a	1	1	401,2	364,7	6	3	
BV.0029.04	Darmstadt --- Brüder-Knauß-Straße 4 + Sandbergstraße 16, 18, 20	1	4	2878,2	2616,6	35	3,7	1975
BV.0042.01	Darmstadt --- Wenckstraße 2, 2a	1	2	1005,1	913,8	16	3	
BV.0043.04	Darmstadt --- Frankfurter Straße 37 + Emilstraße 7	1	2	773,3	703	24	3	1925
BV.0045.01	Darmstadt --- Kurt-Schumacher-Straße 5	1	1	3487,4	3170,4	48	8	
BV.0052.01	Darmstadt --- Holzhofallee 24, 24a, 24c	1	3	2475,6	2250,5	27	4	1953
BV.0053.01	Darmstadt --- Büdinger Straße 33, 35, 37	1	3	2519,5	2290,5	27	4	
NH.0001.01	Dreieich --- Hegelstraße 116-124	1	5	3192,6	2902,4	40	4	1965
NH.0002.01	Dreieich --- Berliner Ring 50-54	1	3	1736,8	1578,9	24	4	1966
NH.0004.01	Dreieich --- Sudetenring 8, 10	1	2	1450,6	1318,8	24	4	1958
NH.0004.04	Dreieich --- Sudetenring 8, 10	1	2	1450,6	1318,8	24	4	1958
NH.0005.01	Dreieich --- Sudetenring 12, 14	1	3	1455,7	1323,4	24	4	1959
NH.0006.01	Dreieich --- Sudetenring 6	1	1	721,1	655,6	12	4	1959
NH.0007.04	Dreieich --- Sudetenring 16	1	1	721,5	655,9	12	4	1959
NH.0008.01	Dreieich --- Sudetenring 22, 24	1	2	1495,9	1359,9	24	4	1959
NH.0009.01	Dreieich --- Oisterwijker Straße 37, 39	1	2	1282,3	1165,7	16	4	1962
NH.0010.01	Dreieich --- Oisterwijker Straße 41	1	1	383,3	348,5	6	3	1962
NH.0011.01	Dreieich --- Oisterwijker Straße 30	1	1	579,7	527	9	3	1962
NH.0012.01	Dreieich --- Oisterwijker Straße 34	1	1	579,7	527	9	3	1962
NH.0013.01	Dreieich --- Oisterwijker Straße 32	1	1	579,7	527	9	3	1962
NH.0014.01	Dreieich --- Gravenbruchstraße 13	1	1	974,4	885,8	12	6	1976
NH.0015.01	Dreieich --- Gravenbruchstraße 15	1	1	1689,3	1535,7	22	7	1976
NH.0016.01	Dreieich --- Gravenbruchstraße 11	1	1	639,1	581	12	4	1976
NH.0017.01	Egelsbach --- Schillerstraße 78, 78A	1	2	732,5	665,9	9	3	1963
NH.0018.01	Egelsbach --- Ernst-Ludwig-Straße 55-59a	1	2	1754	1594,6	19	3	1972
NH.0020.01	Langen --- Am Belzborn 11, 13	1	2	1651,1	1501	24	4	1961
NH.0021.01	Langen --- Am Belzborn 15, 17	1	2	1640,2	1491,1	24	4	1961
NH.0027.01	Offenbach --- Steinheimer Straße 40	1	1	686,8	624,4	12	4	1965
NH.0028.01	Offenbach --- Von-Gluck-Straße 8, 10, 12, 14	1	4	3160,1	2872,9	40	5	1964
NH.0029.01	Offenbach --- Großer Biergrund 39, 41	1	2	1771,3	1610,3	30	4	1958
NH.0030.01	Offenbach --- Schöne Aussicht 3, 5, 7	1	3	2313,9	2103,5	35	4	1958
NH.0032.01	Hanau --- Langstraße 77	1	1	386,1	351	6	3	1959
NH.0033.01	Hanau --- Königsberger Straße 4A, 4B	1	2	3964,6	3604,2	48	8	1974
NH.0034.01	Hanau --- Kopernikusstraße 41A, 41B	1	2	1062,1	965,6	16	4	1978

ID_MOBASY	Adresse	n_Block	n_House	A_C_Ref	A_C_Living	n_Dwelling	n_Storey	Year_Building
NH.0035.01	Hanau --- Kopernikusstraße 43A, 43B	1	2	1076,8	978,9	16	4	1979
NH.0036.04	Hanau --- Akademiestraße 22, 24, 26	1	3	2300,8	2091,7	48	4	1955
NH.0037.01	Hanau --- Fahrstraße 11, 13	1	2	1656,4	1505,9	17	3	1957
NH.0038.01	Hanau --- Am Freiheitsplatz 5-13	1	5	2699,2	2453,8	31	3	1957
NH.0039.01	Hanau --- Am Freiheitsplatz 15	1	1	638,2	580,2	8	4	1958
NH.0040.04	Hanau --- Idastraße 1A, 1B	1	2	1076,8	978,9	16	4	1978
NH.0043.01	Dreieich --- Zeppelinstraße 26, 28, 30	1	3	2078,2	1889,3	24	4	1963
NH.0044.01	Dreieich --- Zeppelinstraße 22, 24	1	2	1606,2	1460,2	24	4	1963
NH.0045.01	Dreieich --- Zeppelinstraße 18, 20	1	2	1606,2	1460,2	24	4	1963
NH.0046.01	Dreieich --- Zeppelinstraße 10, 12	1	2	1118,6	1016,9	16	4	1963
NH.0047.01	Dreieich --- Zeppelinstraße 14, 16	1	2	1118,6	1016,9	16	4	1963
NH.0048.01	Dreieich --- Schlagfeldstraße 41, 43, 45	1	3	1742,1	1583,8	24	4	1964
NH.0049.01	Dreieich --- Schlagfeldstraße 32, 34	1	2	906,7	824,3	12	3	1964
NH.0050.01	Dreieich --- Gravenbruchstraße 21	1	1	730,9	664,4	8	4	1973
NH.0051.01	Dreieich --- Gravenbruchstraße 23	1	1	440	400	6	3	1973
NH.0052.01	Dreieich --- Gravenbruchstraße 25, 27	1	2	1441,2	1310,2	16	4	1973
NH.0053.01	Dreieich --- Gravenbruchstraße 29, 31	1	2	880	800	12	3	1973
NH.0054.01	Dreieich --- Gravenbruchstraße 37	1	1	226,5	206	3	2	1992
NH.0055.01	Neu-Isenburg --- Bahnhofstraße 216	1	1	3931,7	3574,3	55	11	1974
NH.0056.01	Neu-Isenburg --- Bahnhofstraße 214	1	1	2749,3	2499,4	39	8	1975
NH.0057.01	Oberursel --- Bischof-Brand-Straße 6	1	1	344,7	313,3	6	3	1955
NH.0058.01	Oberursel --- Breslauer Straße 2	1	1	621,6	565,1	9	3	1961
NH.0059.01	Oberursel --- Breslauer Straße 4	1	1	627,9	570,8	9	3	1961
NH.0060.01	Oberursel --- Breslauer Straße 6	1	1	621,9	565,3	9	3	1961
NH.0061.01	Oberursel --- An der Bleiche 5, 7	1	2	797,3	724,8	12	3	1963
NH.0062.01	Oberursel --- An der Bleiche 9, 11	1	2	1246,8	1133,5	18	3	1963
NH.0063.01	Oberursel --- Breslauer Straße 1, 3	1	2	1236,8	1124,3	18	3	1963
NH.0064.01	Oberursel --- An der Bleiche 13, 15	1	2	864,6	786	12	3	1966
NH.0066.01	Oberursel --- Bischof-Brand-Straße 10	1	1	556,8	506,2	9	3	1967
NH.0067.01	Oberursel --- Bischof-Brand-Straße 8	1	1	817,7	743,3	11	4	1973
Speicher-Test-1	Gießen --- Eichgärtenallee 110	1	1	3670,7	3337	48	12	1965
WBG.0001.01	Gießen --- Dürerstraße 22, 22a, 22b	1	3	1315,1	1195,6	18	9	1961
WBG.0003.01	Gießen --- Dürerstraße 26	1	1	529,3	481,2	9	3	1958
WBG.0004.01	Gießen --- Ederstraße 33, 35	1	2	1484,8	1349,8	18	8	1955
WBG.0005.01	Gießen --- Ederstraße 37, 39	1	2	1451,6	1319,7	18	8	1955
WBG.0006.01	Gießen --- Eichendorffring 93	1	1	1324,7	1204,2	18	5	2011
WBG.0007.01	Gießen --- Eichendorffring 95	1	1	1159,6	1054,2	16	4	2009
WBG.0008.04	Gießen --- Eichgärtenallee 110	1	1	3670,7	3337	48	12	1965
WBG.0009.01	Gießen --- Gartenstraße 30	1	1	1059,7	963,3	13	5	1953
WBG.0010.01	Gießen --- Hardtallee 6	1	1	2767,9	2516,3	36	9	1971
WBG.0011.04	Gießen --- Heinrich Will Straße 7 11	1	3	1860,3	1691,2	24	4	1964
WBG.0012.01	Gießen --- Heinrich Will Straße 13	1	1	3236,4	2942,2	45	9	1965
WBG.0013.01	Gießen --- Heinrich Will Straße 15, 17, 19	1	3	1681,4	1528,5	24	12	1964
WBG.0014.01	Gießen --- Heinrich Will Straße 21, 23, 25	1	3	1878,9	1708,1	24	12	1964
WBG.0015.01	Gießen --- Herderweg 12, 14	1	2	3037,6	2761,4	61	11	1974
WBG.0016.01	Gießen --- Krofdorfer Straße 112	1	1	1850,9	1682,7	22	5	1974
WBG.0017.01	Gießen --- Kropbacher Weg 14, 16	1	2	1116,1	1014,6	16	8	1972
WBG.0018.04	Gießen --- Ludwigsplatz 12	1	1	1185	1077,2	21	9	1960
WBG.0019.01	Gießen --- Marburger Straße 1	1	1	730,7	664,2	8	4	1954
WBG.0020.01	Gießen --- Menzelstraße 1	1	1	948,2	862	12	5	1969
WBG.0021.01	Gießen --- Nordanlage 15	1	1	667,7	607	12	4	1954
WBG.0022.01	Gießen --- Nordanlage 55, 57, 59	1	3	1968,1	1789,2	30	15	1954
WBG.0023.01	Gießen --- Spenerweg 10	1	1	388,1	352,8	6	3	1956
WBG.0024.01	Gießen --- Spitzwegring 1, 3	1	2	1115,8	1014,3	15	6	1959
WBG.0025.01	Gießen --- Spitzwegring 5	1	1	690,2	627,4	8	4	1962
WBG.0026.01	Gießen --- Spitzwegring 7, 9, 11	1	3	1853	1684,5	28	12	1962
WBG.0028.01	Gießen --- Stephanstraße 38	1	1	549,7	499,7	8	4	1951
WBG.0029.01	Gießen --- Thielmannweg 7, 9, 11	1	3	2189,5	1990,5	30	15	1964
WBG.0030.01	Gießen --- Trieb 1	1	1	2231,9	2029	27	9	1964
WBG.0031.01	Gießen --- Trieb 3	1	1	2236,9	2033,6	27	9	1964
WBG.0032.01	Gießen --- Trieb 10, 12	1	2	726,6	660,6	12	6	1956
WBG.0033.01	Gießen --- Waldbrunnenweg 1, 3	1	2	1080,8	982,6	16	8	1959
WBG.0034.01	Gießen --- Wiesecker Weg 90	1	1	1039,4	944,9	15	5	1959
WBG.0035.01	Gießen --- Wilhelmstraße 76, 78, 80	1	3	1492,3	1356,6	12	4	1925
WBG.0036.01	Gießen --- Eichgärtenallee 106	1	1	3790,6	3446	48	12	1965
WBG.0037.01	Gießen --- Eichgärtenallee 108	1	1	3790,6	3446	48	12	1965

B.2 Details zu den Auswertungen je Wärmegüte-Klasse

Tab. 5: Analyse der Mehrfamilienhaus-Stichprobe differenziert nach Wärmegüte-Klassen
 Flächenbezug: Netto-Raumfläche der beheizten Geschosse (TABULA-Referenzfläche, pauschal ermittelt aus der Wohnfläche durch Anwendung des Faktors 1,1)
 Erläuterung der Abkürzungen: „StdAbw“ = Standardabweichung; „UnsichMittelw“ = Unsicherheit des Mittelwertes

Wärmegüte Gebäudehülle (Wärmeleitwert pro m ² Referenzfläche)	Klasse		A+	A	B	C	D	E	F	G
	Intervall von	W/(m ² K)	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,50	2,00	2,50
	Intervall bis	W/(m ² K)	0,60	0,80	1,00	1,20	1,50	2,00	2,50	3,00
entspricht Heizlast (Temp. außen -10°C / innen 20 °C)	Intervall von	W/m ²	12	18	24	30	36	45	60	75
	Intervall bis	W/m ²	18	24	30	36	45	60	75	90
Gebäudeeigenschaften										
Datensätze für Gebäude	Anzahl		6	19	15	20	25	8	13	2
Gebäudeblöcke	Anzahl		6	19	18	22	25	8	13	2
Häuser (Adressen / Hauseingänge)	Anzahl		7	34	43	40	49	15	20	3
Wohnungen	Anzahl		259	386	393	559	501	143	134	30
	Mittelwert	(pro Datensatz)	43	20	26	28	20	18	10	15
	Mittelwert	pro Block	43	20	22	25	20	18	10	15
	Mittelwert	pro Haus	37	11	9	14	10	10	7	10
Referenzfläche	Summe	m ²	20252	26895	28581	40784	35855	10764	9513	1118
	Mittelwert	m ² /Datensatz	6073	13004	9093	25872	22665	3526	3314	606
	StdAbw	m ² /Datensatz	2479	2983	2348	5785	4533	1247	919	429
Wohnfläche	Summe	m ² /Datensatz	18412	24449	25983	37076	32598	9786	8648	1016
	Mittelwert	m ² /Datensatz	5521	11822	8266	23520	20604	3206	3012	551
	StdAbw	m ² /Datensatz	2254	2712	2134	5259	4121	1133	836	390
	Mittelwert	m ² /Wohnung	71	63	66	66	65	68	65	34
Anzahl Vollgeschosse	Mittelwert		9,3	7,8	5,0	5,5	3,9	3,8	3,1	3,0
	StdAbw		4,2	3,8	2,5	2,4	1,3	0,5	0,5	0,0
Hüllfläche pro m ² Referenzfläche	Mittelwert	m ² /m ²	1,29	1,44	1,43	1,41	1,48	1,51	1,72	1,93
	StdAbw	m ² /m ²	0,10	0,19	0,15	0,20	0,17	0,09	0,15	0,07
Baujahr	Mittelwert	wenn bekannt	1980	1961	1970	1969	1963	1967	1967	1940
	StdAbw	wenn bekannt	23	15	19	8	6	5	9	21
	Anzahl	wenn bekannt	6	19	14	16	22	8	13	2
Jahr der Modernisierung Dachfläche	Mittelwert	wenn bekannt	2017	2014	2011	2008	2012	0	2011	0
	StdAbw	wenn bekannt	1	2	3	2	2	0	0	0
	Anzahl	wenn bekannt	4	14	7	14	4	0	1	0
Jahr der Modernisierung oberste Geschossdecke	Mittelwert	wenn bekannt	0	2012	2015	2011	2012	0	0	0
	StdAbw	wenn bekannt	0	1	1	5	2	0	0	0
	Anzahl	wenn bekannt	0	3	3	7	19	0	0	0
Jahr der Modernisierung Außenwand	Mittelwert	wenn bekannt	2017	2014	2012	2009	2012	0	0	0
	StdAbw	wenn bekannt	1	2	3	3	2	0	0	0
	Anzahl	wenn bekannt	4	17	10	18	25	0	0	0
Jahr der Modernisierung Fußboden / Kellerdecke	Mittelwert	wenn bekannt	2017	2014	2012	2010	2013	0	0	0
	StdAbw	wenn bekannt	1	2	3	3	2	0	0	0
	Anzahl	wenn bekannt	4	17	10	16	11	0	0	0
Jahr der Fensterinstallation	Mittelwert	wenn bekannt	2016	2013	2009	2005	1993	1991	1990	1990
	StdAbw	wenn bekannt	3	2	4	5	10	2	3	18
	Anzahl	wenn bekannt	5	19	12	16	15	8	13	2
U-Wert opaker Elemente	Mittelwert	W/(m ² K)	0,102	0,112	0,163	0,237	0,239	0,720	0,702	1,000
	StdAbw	W/(m ² K)	0,006	0,018	0,032	0,062	0,053	0,057	0,084	0,104
	UnsichMittelw	W/(m ² K)	0,002	0,004	0,008	0,014	0,011	0,020	0,023	0,074
Äquivalente Dämmstärke opaker Elemente	Mittelwert	cm	32,1	29,7	20,1	13,5	13,0	2,6	2,7	1,2
	StdAbw	cm	2,1	5,0	4,9	4,3	3,2	0,4	0,7	0,4
	UnsichMittelw	cm	0,9	1,1	1,3	1,0	0,6	0,1	0,2	0,3
Fenster-U-Wert	Mittelwert	W/(m ² K)	0,78	0,83	1,12	1,50	2,51	2,69	2,68	2,05
	StdAbw	W/(m ² K)	0,04	0,07	0,25	0,23	0,63	0,04	0,06	0,78
	UnsichMittelw	W/(m ² K)	0,02	0,02	0,06	0,05	0,13	0,01	0,02	0,55
Vorhandensein von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung	Mittelwert	Anteil installiert	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	StdAbw	Anteil installiert	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	UnsichMittelw	Anteil installiert	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Wärmegüte Gebäudehülle (Wärmeleitwert pro m ² Referenzfläche)	Klasse		A+	A	B	C	D	E	F	G
	Intervall von	W/(m ² K)	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,50	2,00	2,50
entspricht Heizlast (Temp. außen -10°C / innen 20 °C)	Intervall von	W/m ²	12	18	24	30	36	45	60	75
	Intervall bis	W/m ²	18	24	30	36	45	60	75	90
Gemessener Energieverbrauch und berechneter Energiebedarf										
<H+W> Heizung und Warmwasser										
gemessener Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser	Mittelwert	kWh/(m ² a)	57,6	52,4	89,6	112,1	123,0	140,8	152,8	190,1
	StdAbw	kWh/(m ² a)	6,7	10,5	25,8	12,6	25,8	15,5	21,7	48,8
Realbilanzierung: Endenergiebedarf für Heizung und Warmwasser	Mittelwert	kWh/(m ² a)	51,6	56,0	83,4	97,5	114,7	149,3	167,5	191,3
	StdAbw	kWh/(m ² a)	5,2	2,5	10,8	11,0	15,9	22,9	20,3	19,8
Verhältnis Verbrauch zu Bedarf	mittlere Unsicherheit	kWh/(m ² a)	14,2	17,0	20,0	22,1	27,3	38,5	42,8	54,9
	Verhältnis der Mittelwerte		1,12	0,94	1,07	1,15	1,07	0,94	0,91	0,99
Wertepaare Verbrauch und Bedarf	Anzahl		21	20	25	21	46	10	22	7
<H> Heating										
gemessener Energieverbrauch für Heizung	Mittelwert	kWh/(m ² a)	26,6	36,2	62,3	63,4	80,4	125,6	124,4	123,7
	StdAbw	kWh/(m ² a)	4,3	11,3	17,0	19,1	20,0	33,8	35,0	4,3
Realbilanzierung: Endenergiebedarf für Heizung	Mittelwert	kWh/(m ² a)	28,5	36,2	56,3	67,8	84,2	139,0	141,2	193,8
	StdAbw	kWh/(m ² a)	2,2	3,7	7,0	8,6	12,5	17,0	12,8	0,0
Verhältnis Verbrauch zu Bedarf	mittlere Unsicherheit	kWh/(m ² a)	13,7	15,5	18,1	22,4	25,9	40,1	40,5	58,0
	Verhältnis der Mittelwerte		0,94	1,00	1,11	0,93	0,96	0,90	0,88	0,64
Wertepaare Verbrauch und Bedarf	Anzahl		11	17	19	38	38	10	14	2
Rechenwerte für die Realbilanzierung										
effektive Raumtemperatur in der Heizperiode (zeitlich und räumlich gemittelt)	Mittelwert	°C	20,9	20,8	20,7	20,5	20,3	19,6	19,4	18,8
	StdAbw	°C	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
effektive Gradtagzahl (effektive Raumtemperatur, Heizgrenze 12°C)	Mittelwert	Kd/a	3608	3497	3323	3285	3128	3231	3281	3338
	StdAbw	Kd/a	101	24	151	166	93	362	349	283
Wärmebrückenzuschlag	Mittelwert	W/(m ² K)	0,01	0,09	0,07	0,07	0,09	0,05	0,05	0,05
	StdAbw	W/(m ² K)	0,01	0,02	0,04	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00
Luftwechselrate, verursacht durch Infiltration	Mittelwert	1/h	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,10
	StdAbw	1/h	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
Luftwechselrate, verursacht durch eine Lüftungsanlage	Mittelwert	1/h	0,35	0,35	0,15	0,06	0,08	0,00	0,02	0,00
	StdAbw	1/h	0,00	0,00	0,13	0,11	0,12	0,00	0,07	0,00
Luftwechselrate, verursacht durch Fensteröffnung	Mittelwert	1/h	0,10	0,10	0,25	0,34	0,32	0,40	0,38	0,40
	StdAbw	1/h	0,03	0,00	0,13	0,11	0,12	0,00	0,08	0,00
gesamte Luftwechselrate	Mittelwert	1/h	0,54	0,55	0,50	0,50	0,50	0,50	0,51	0,50
	StdAbw	1/h	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00
Wärmerückgewinnung durch Lüftungsanlage	Mittelwert	1/h	0,60	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	StdAbw	1/h	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wärmeverlust-äquivalente Luftwechselrate	Mittelwert	1/h	0,33	0,34	0,50	0,50	0,50	0,50	0,51	0,50

Flächenbezug: Netto-Raumfläche der beheizten Geschosse (TABULA-Referenzfläche)

Anhang C – Überblick Benchmark-Diagramme und Tabellen

Im Folgenden werden die an unterschiedlichen Stellen im Text der Studie dargestellten Benchmark-Diagramme und -Tabellen noch einmal dargestellt, wobei zwei Versionen unterschieden werden (vgl. Infobox 1):

Im Abschnitt C.1 sind alle Kennwerte auf die TABULA-Referenzfläche bezogen. Diese eignet sich gut für den internationalen Vergleich, da sie rein geometrisch definiert ist und sich in der Mitte der Spanne der gebräuchlichen Bezugsflächen bewegt [TABULA Calc Method 2013]. Die TABULA-Referenzfläche entspricht etwa der deutschen Netto-Raumfläche. Die Bezeichnung "Netto-Raumfläche" wird daher im vorliegenden Bericht als Synonym für die TABULA-Referenzfläche verwendet.

Im Abschnitt C.2 sind alle Kennwerte dann mit dem Faktor 1,1 auf den Flächenbezug Wohnfläche umgerechnet.

C.1 Version for international comparison / reference area: total heated floor area (TABULA reference area)

In the following, two benchmark charts and a table is presented that include the main results of the study. The indicators are related to the TABULA reference area, which represents the conditioned floor area calculated on the basis of internal dimensions (measured from edges at the inside surface of external walls). This reference area has been selected in the TABULA method as standard to facilitate international comparison, as it is defined purely geometrically and is in the middle of the range of commonly used reference areas [TABULA Calc Method 2013]. The TABULA reference area essentially corresponds to the German net room area ("Netto-Raumfläche").

Bild 35: Verbrauchsbenchmark-Diagramm (Analyse-Ergebnis / Version in Englisch)

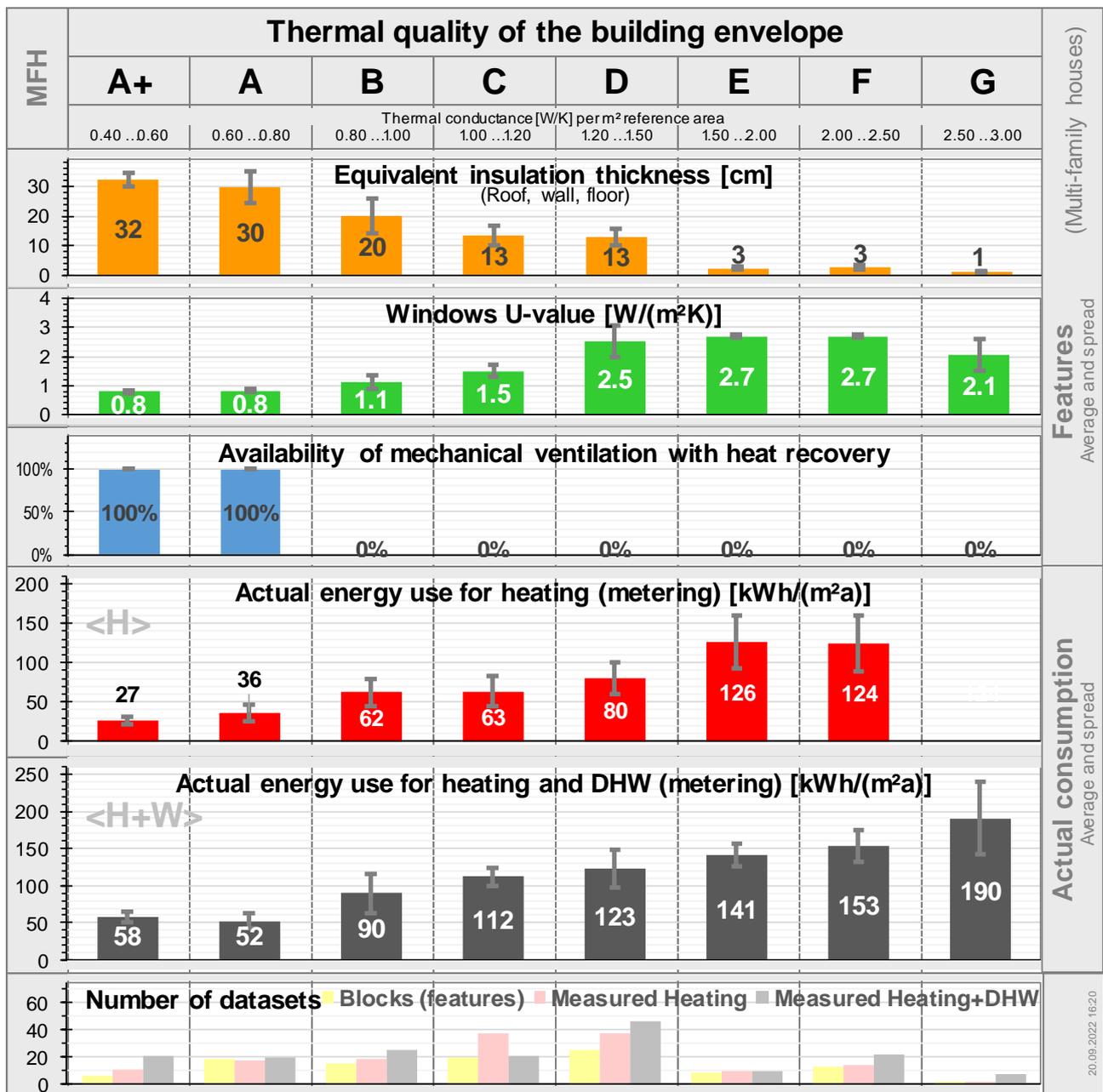
Statistische Auswertung der Zustands- und Verbrauchsdaten der MOBASY-Gebäudestichprobe, differenziert nach Wärmegüte der Gebäudehülle / Mehrfamilienhäuser mit konventioneller Wärmeversorgung (fossile Brennstoffe, Fernwärme);

Flächenbezug: beheizte Netto-Raumfläche (TABULA-Referenzfläche)

Consumption benchmark chart (analysis result)

Statistical evaluation of the energy state and consumption data of the MOBASY building sample, differentiated according to the thermal quality of the building envelope / apartment buildings with conventional heat supply (fossil fuels, district heating);

Area reference: heated net room area (TABULA reference area)



MOBASY MFH sample; averages and standard deviations per indicator and class; energy indicators related to TABULA reference area; “thermal conductance” = heat transfer coefficient by transmission and ventilation, related to the reference floor area of the building (theoretical heat losses by degree temperature difference between inside and outside); equivalent insulation thickness determined from the average U-value of the opaque components, assuming a thermal conductivity of 0.035 W/(m K) and an initial U-value of 1.5 W/(m²K), for floors / cellar ceilings the U -Value is weighted by a factor of 0.5; measured consumption: fuels (values based on gross calorific value) or district heating

Bild 36: Verbrauchsbenchmark-Diagramm mit zusätzlicher Angabe der mit dem physikalischen Modell ermittelten Bedarfswerte (Analyse-Ergebnis / Version in English)

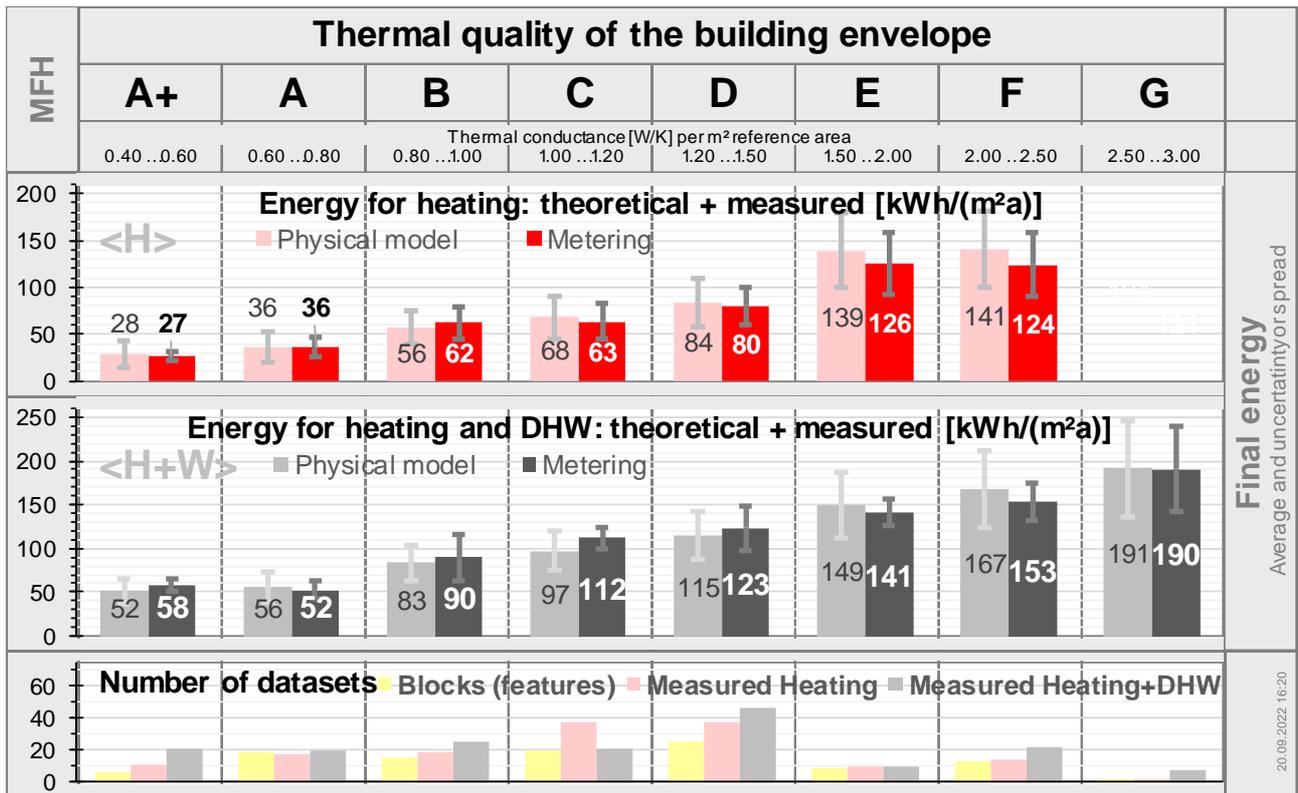
Diagramm entsprechend Bild 35; zusätzlich Auswertung berechneter Energiebedarf („Physical model“, MOBASY-Realbilanz) <H+W|C1> und <H|C1>

Flächenbezug: beheizte Netto-Raumfläche (TABULA-Referenzfläche)

Consumption benchmark diagram with additional information on the required values determined with the physical model (analysis result / version in English)

Diagram according to Figure of Bild 33; additional evaluation of calculated energy demand (“Physical model”, MOBASY real balance) <H+W|C1> and <H|C1>

Area reference: heated net room area (TABULA reference area)



MOBASY MFH sample; final energy: fuels (values based on gross calorific value) or district heating; measured consumption: average and standard deviation per class, weather-corrected to average climate at the building location; physical model: average and uncertainty of calculated demand (realistic energy performance calculation, average climate at the building location); energy indicators related to TABULA reference area; “thermal conductance” = heat transfer coefficient by transmission and ventilation, related to the reference floor area of the building (theoretical heat losses by degree temperature difference between inside and outside)

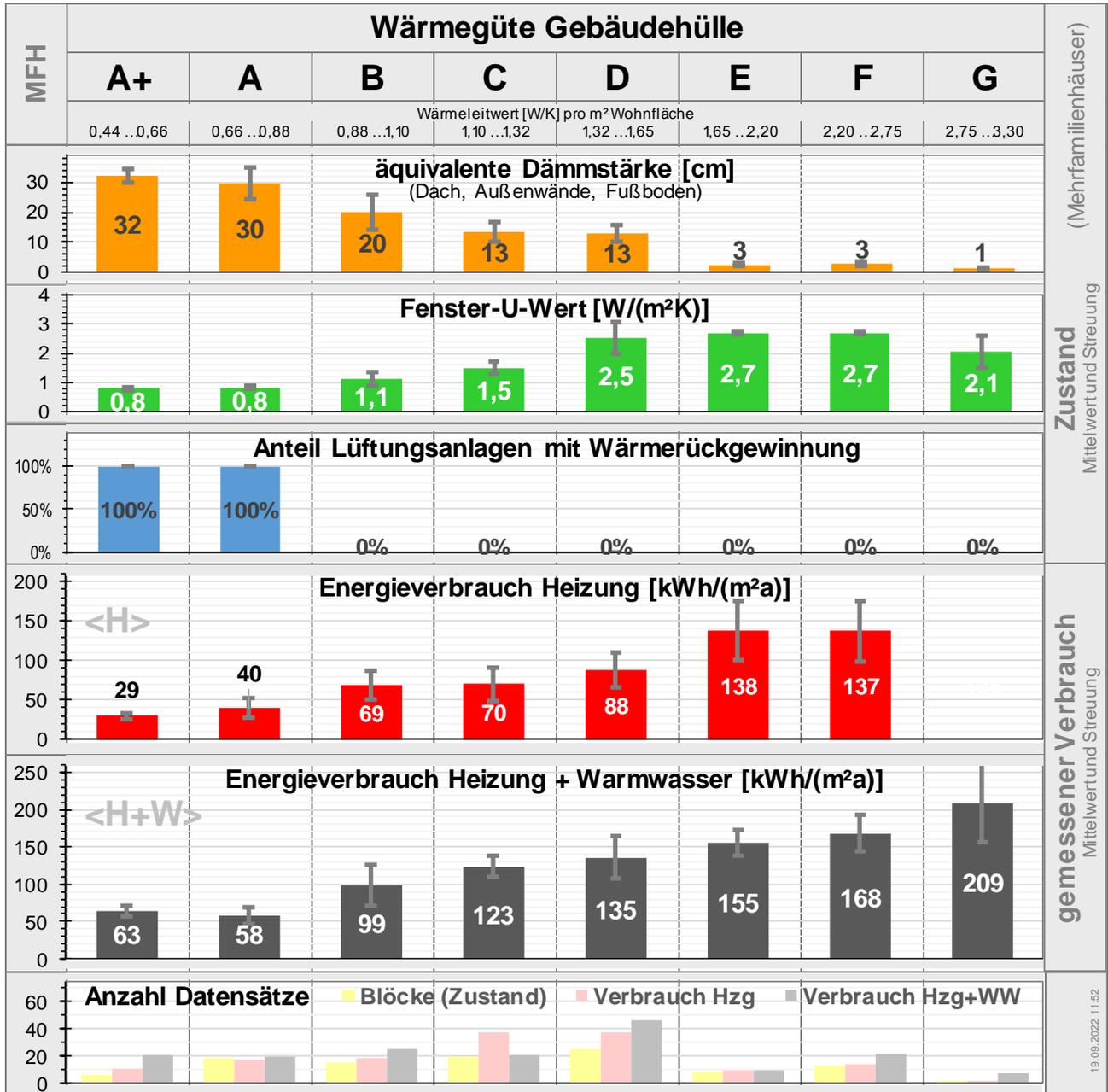
Tab. 6: Überblick über die Zahlenwerte der Analysen
Flächenbezug: Netto-Raumfläche (TABULA-Referenzfläche)
Overview of the numbers resulting from the analyses
Area reference: heated net room area (TABULA reference area)

Thermal quality building envelope	Class		A+	A	B	C	D	E	F	G	
Thermal conductance building envelope	Range	W/(m ² K)	0.40 ... 0.60	0.60 ... 0.80	0.80 ... 1.00	1.00 ... 1.20	1.20 ... 1.50	1.50 ... 2.00	2.00 ... 2.50	2.50 ... 3.00	
Number of datasets	(mostly building blocks)		6	19	15	20	25	8	13	2	
Envelope surface area per sqm reference area	Average	m ² /m ²	1.29	1.44	1.43	1.41	1.48	1.51	1.72	1.93	
	StdDev	m ² /m ²	± 0.10	± 0.19	± 0.15	± 0.20	± 0.17	± 0.09	± 0.15	± 0.07	
U-value of opaque elements	Average	W/(m ² K)	0.10	0.11	0.16	0.24	0.24	0.72	0.70	1.00	
	StdDev	W/(m ² K)	± 0.01	± 0.02	± 0.03	± 0.06	± 0.05	± 0.06	± 0.08	± 0.10	
Equivalent insulation thickness of opaque elements	Average	cm	32.1	29.7	20.1	13.5	13.0	2.6	2.7	1.2	
	StdDev	cm	± 2.1	± 5.0	± 4.9	± 4.3	± 3.2	± 0.4	± 0.7	± 0.4	
U-value of windows	Average	W/(m ² K)	0.78	0.83	1.12	1.50	2.51	2.69	2.68	2.05	
	StdDev	W/(m ² K)	± 0.04	± 0.07	± 0.25	± 0.23	± 0.63	± 0.04	± 0.06	± 0.78	
Availability of mechanical ventilation with heat recovery	Average	Installed	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	StdDev	Installed	± 0.00	± 0.00	± 0.00	± 0.00	± 0.00	± 0.00	± 0.00	± 0.00	
Heating + DHW	Real balance method: Theoretical energy use for heating and DHW	Average	kWh/(m ² a)	51.6	56.0	83.4	97.5	114.7	149.3	167.5	191,3
		Std. dev.	kWh/(m ² a)	± 5.2	± 2.5	± 10.8	± 11.0	± 15.9	± 22.9	± 20.3	± 19,8
		Av. uncert.	kWh/(m ² a)	± 14.2	± 17.0	± 20.0	± 22.1	± 27.3	± 38.5	± 42.8	± 54,9
	Actual energy use for heating and DHW (metering)	Average	kWh/(m ² a)	57.6	52.4	89.6	112.1	123.0	140.8	152.8	190,1
		Std. dev.	kWh/(m ² a)	± 6.7	± 10.5	± 25.8	± 12.6	± 25.8	± 15.5	± 21.7	± 48,8
	Ratio actual / theoretical energy use			1.12	0.94	1.07	1.15	1.07	0.94	0.91	0.99
Number of datasets	Consumption values		21	20	25	21	46	10	22	7	
Heating	Real balance method: Theoretical energy use for heating	Average	kWh/(m ² a)	28.5	36.2	56.3	67.8	84.2	139.0	141.2	193,8
		Std. dev.	kWh/(m ² a)	± 2.2	± 3.7	± 7.0	± 8.6	± 12.5	± 17.0	± 12.8	± 0,0
		Av. uncert.	kWh/(m ² a)	± 13.7	± 15.5	± 18.1	± 22.4	± 25.9	± 40.1	± 40.5	± 58,0
	Actual energy use for heating (metering)	Average	kWh/(m ² a)	26.6	36.2	62.3	63.4	80.4	125.6	124.4	123,7
		Std. dev.	kWh/(m ² a)	± 4.3	± 11.3	± 17.0	± 19.1	± 20.0	± 33.8	± 35.0	± 4,3
	Ratio actual / theoretical energy use			0.94	1.00	1.11	0.93	0.96	0.90	0.88	0.64
Number of datasets	Consumption values		11	17	19	38	38	10	14	2	

Explanations: "Std. dev." = standard deviation; "Av. uncertainty" = average theoretical uncertainty of the energy performance calculation, related to a single building

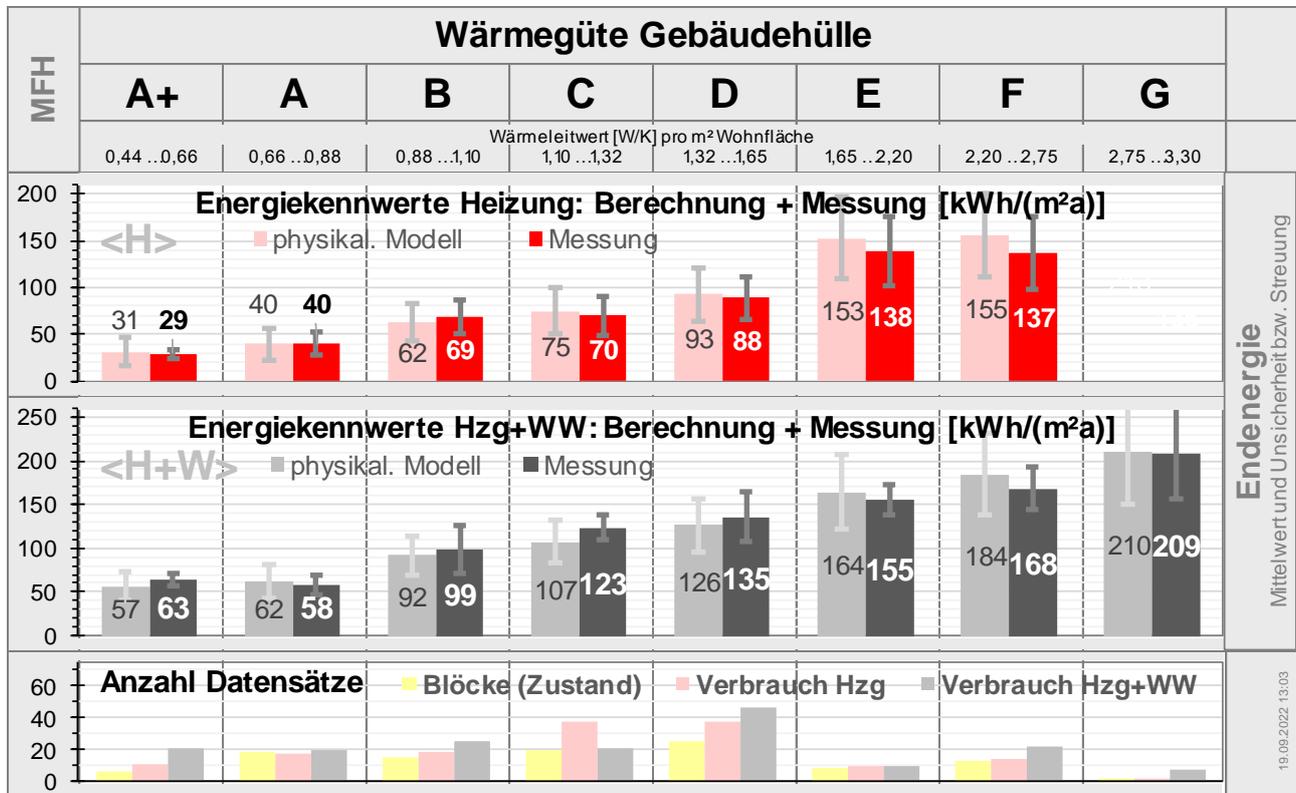
C.2 Version für die Kommunikation mit Akteuren in Deutschland / Flächenbezug: Wohnfläche

Bild 37: Verbrauchsbenchmark-Diagramm (Version zur Informationsvermittlung in Deutschland; Zielgruppe: Laien sowie Experten mit wohnungswirtschaftlichem Hintergrund)
 Statistische Auswertung der Zustands- und Verbrauchsdaten der MOBASY-Gebäudestichprobe, differenziert nach Wärmegüte der Gebäudehülle
 Mehrfamilienhäuser mit konventioneller Wärmeversorgung (Fernwärme, fossile Brennstoffe)
 Flächenbezug: Wohnfläche



MOBASY-Mehrfamilienhaus-Stichprobe; Mittelwert und Standardabweichung je Indikator und Klasse; Kennwerte bezogen auf beheizte Wohnfläche; Wärmeleitwert Gebäude [W/K] = Wärmetransferkoeffizient Transmission + Lüftung (rechnerische Wärmeverluste je Grad Temperaturdifferenz zwischen innen und außen); äquivalente Dämmstärke ermittelt aus dem mittleren U-Wert der opaken Bauteile, bei Annahme einer Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W/(m·K) und einem Ausgangs-U-Wert von 1,5 W/(m²K), für Fußboden/Kellerdecke wird der U-Wert mit einem Faktor 0,5 gewichtet; gemessener Verbrauch: Endenergie Brennstoffe (bezogen auf Brennwert) oder Fernwärme

Bild 38: Diagramm entsprechend Bild 37 zusätzlich Auswertung berechneter Energiebedarf („Schätzung“, MOBASY-Realbilanz) <H+W|C1> und <H|C1> (Version zur Informationsvermittlung in Deutschland; Zielgruppe: Gebäude-/Energie-Experten)
 Flächenbezug: Wohnfläche



MOBASY-Mehrfamilienhaus-Stichprobe; Endenergie: Brennstoffe (bezogen auf Brennwert) oder Fernwärme; gemessener Verbrauch: Mittelwert und Standardabweichung je Klasse, witterungsbereinigt auf Durchschnittsklima am Standort; physikalisches Modell: Mittelwert und Unsicherheit des berechneten Bedarfs (Realbilanz, Durchschnittsklima am Standort); Energiekennwerte bezogen auf beheizte Wohnfläche; Wärmeleitwert Gebäude [W/K] = Wärmetransferkoeffizient Transmission + Lüftung (rechnerische Wärmeverluste je Grad Temperaturdifferenz zwischen innen und außen)

Tab. 7: Überblick über die Zahlenwerte der Analysen
Flächenbezug: Wohnfläche

Wärmegüte Gebäudehülle		Klasse	A+	A	B	C	D	E	F	G	
Wärmeleitwert Gebäudehülle	Bereich	W/(m ² K)	0,44 ...	0,66 ...	0,88 ...	1,10 ...	1,32 ...	1,65 ...	2,20 ...	2,75 ...	
			0,66	0,88	1,10	1,32	1,65	2,20	2,75	3,30	
Anzahl Datensätze	(zumeist Gebäudeblöcke)		6	19	15	20	25	8	13	2	
thermische Hüllfläche pro m ² Referenzfläche	Mittelwert	m ² /m ²	1,41	1,59	1,57	1,55	1,63	1,66	1,90	2,13	
	Std.-Abw.	m ² /m ²	± 0,11	± 0,21	± 0,17	± 0,22	± 0,19	± 0,10	± 0,16	± 0,07	
U-Wert opaker Elemente	Mittelwert	W/(m ² K)	0,10	0,11	0,16	0,24	0,24	0,72	0,70	1,00	
	Std.-Abw.	W/(m ² K)	± 0,01	± 0,02	± 0,03	± 0,06	± 0,05	± 0,06	± 0,08	± 0,10	
Äquivalente Dämmstärke opaker Elemente	Mittelwert	cm	32,1	29,7	20,1	13,5	13,0	2,6	2,7	1,2	
	Std.-Abw.	cm	± 2,1	± 5,0	± 4,9	± 4,3	± 3,2	± 0,4	± 0,7	± 0,4	
U-Wert Fenster	Mittelwert	W/(m ² K)	0,78	0,83	1,12	1,50	2,51	2,69	2,68	2,05	
	Std.-Abw.	W/(m ² K)	± 0,04	± 0,07	± 0,25	± 0,23	± 0,63	± 0,04	± 0,06	± 0,78	
Lüftungsanlagen mit WRG	Mittelwert	installiert	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Std.-Abw.	installiert	± 0,00	± 0,00	± 0,00	± 0,00	± 0,00	± 0,00	± 0,00	± 0,00	
Heizung + WW	Realbilanzierung: Endenergiebedarf für Heizung und Warmwasser	Mittelwert	kWh/(m ² a)	56,8	61,6	91,7	107,2	126,2	164,2	184,2	210,4
		Std.-Abw.	kWh/(m ² a)	± 5,7	± 2,8	± 11,9	± 12,1	± 17,5	± 25,2	± 22,4	± 21,7
		mittl. Unsicherh.	kWh/(m ² a)	± 15,6	± 18,7	± 22,0	± 24,3	± 30,0	± 42,4	± 47,1	± 60,4
	Energieverbrauch für Heizung und Warmwasser	Mittelwert	kWh/(m ² a)	63,4	57,6	98,6	123,3	135,3	154,9	168,1	209,1
		Std.-Abw.	kWh/(m ² a)	± 7,4	± 11,5	± 28,4	± 13,9	± 28,4	± 17,0	± 23,9	± 53,7
	Verhältnis Verbrauch zu Bedarf			1,12	0,94	1,07	1,15	1,07	0,94	0,91	0,99
Anzahl Datensätze	Jahresverbrauchswerte		21	20	25	21	46	10	22	7	
Heizung	Realbilanzierung: Endenergiebedarf für Heizung	Mittelwert	kWh/(m ² a)	31,3	39,8	62,0	74,6	92,6	152,9	155,3	213,2
		Std.-Abw.	kWh/(m ² a)	± 2,4	± 4,1	± 7,7	± 9,5	± 13,8	± 18,7	± 14,1	± 0,0
		mittl. Unsicherh.	kWh/(m ² a)	± 15,1	± 17,0	± 19,9	± 24,6	± 28,4	± 44,1	± 44,6	± 63,8
	Energieverbrauch für Heizung	Mittelwert	kWh/(m ² a)	29,3	39,8	68,6	69,7	88,5	138,1	136,9	136,1
		Std.-Abw.	kWh/(m ² a)	± 4,7	± 12,4	± 18,7	± 21,0	± 22,0	± 37,1	± 38,4	± 4,7
	Verhältnis Verbrauch zu Bedarf			0,94	1,00	1,11	0,93	0,96	0,90	0,88	0,64
Anzahl Datensätze	Jahresverbrauchswerte		11	17	19	38	38	10	14	2	

Erläuterungen: „Std.-Abw.“ = Standardabweichung; „mittl. Unsicherh.“ = mittlere rechnerische Unsicherheit der Energiebilanzberechnung für ein Gebäude

Anhang D – Methodik der MOBASY-Realbilanz – Kurzbeschreibung

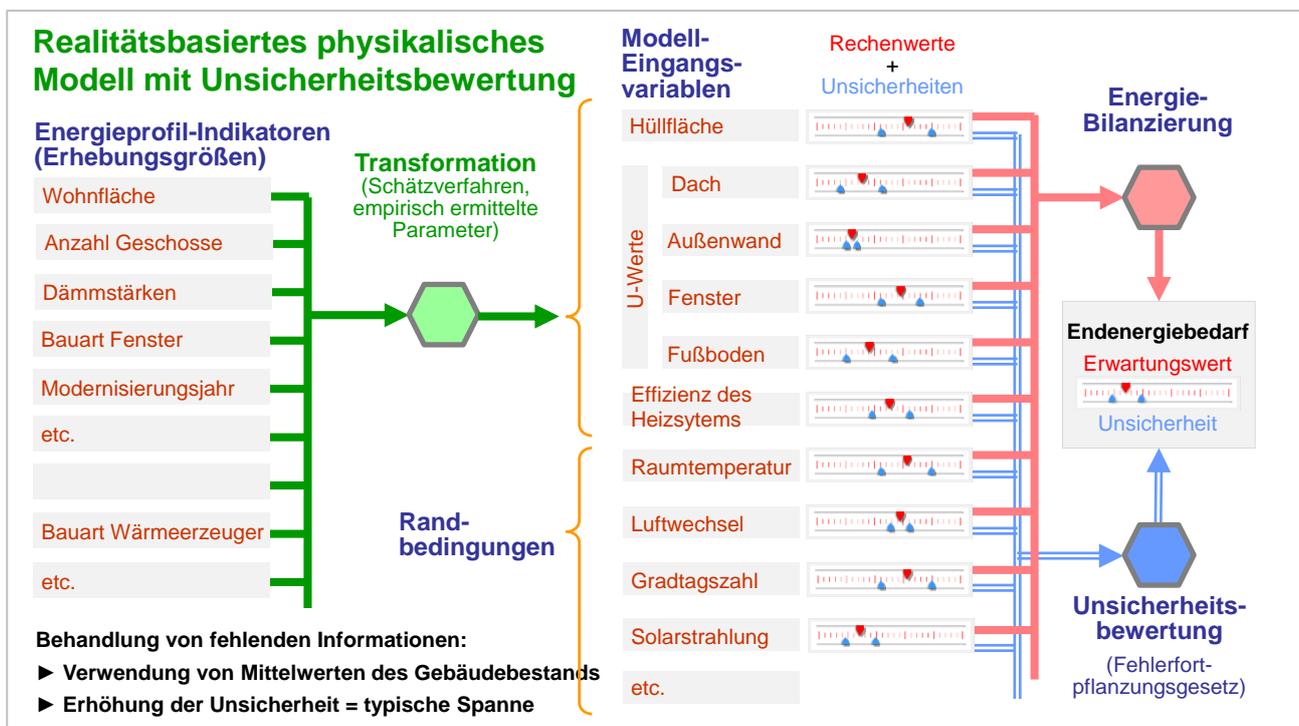
Die im Abschnitt 2.2 vorgestellten Energieprofil-Indikatoren dienen der systematischen Erfassung und Pflege von Informationen zu den energierelevanten Merkmalen von Gebäuden. Statistische Auswertungen ermöglichen es, ein Gesamtbild über den energetischen Zustand eines Gebäudebestands zu erlangen. Beispielsweise können der Umsetzungsgrad der Wärmeschutz-Modernisierung oder die jährliche Wärmeschutz-Modernisierungsrate oder auch der Anteil der Gebäude mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung, mit Elektro-Wärmepumpen oder mit Solaranlagen am Gesamtbestand ermittelt werden.

Bei der hier vorliegenden Analyse steht jedoch nicht der Zustand des Gesamtbestands im Fokus. Vielmehr dienen die Energieprofil-Indikatoren zum einen der Einordnung der einzelnen Gebäude entsprechend ihrer Wärmegüte (siehe Kapitel 0), zum anderen der Prognose des Energieverbrauchs, also der Ermittlung von Vergleichszahlen für die Bewertung des gemessenen Verbrauchs mit Hilfe der MOBASY-Realbilanz. Die Ermittlung der Wärmegüte der Gebäudehülle stellt dabei einen von mehreren Bausteinen der energetischen Bilanzierung dar.

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

- (1) Die Energieprofil-Indikatoren werden 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 39: 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 39). Hierzu wird das Gauß'sche Fehlerfortpflanzungsverfahren angewendet. Das Ergebnis des Gesamtverfahrens ist ein Erwartungswert und ein Erwartungsbereich des Energieeinsatzes für Heizung und Warmwasser.

Eine detaillierte Beschreibung und Herleitung der verschiedenen Bausteine der MOBASY-Realbilanz findet sich in [Loga et al. 2021].

Anhang E – Illustration an einem Beispielgebäude



Bild 40:
12-geschossiges Hochhaus
der Wohnbau Gießen;
Baujahr 1965;
2016 energetisch modernisiert

E.1 Übersicht und Ergebnisse

Im Folgenden wird die Datenermittlung mit den Energieprofil-Indikatoren, die Datenüberprüfung, die Transformation der Indikatoren in die Eingangsdaten der MOBASY-Realbilanz, die Bilanzberechnung mit Unsicherheitsabschätzung und der Verbrauch-Bedarf-Vergleich an einem beispielhaften Mehrfamilienhaus aus dem Bestand des Kooperationspartners Wohnbau Gießen dargestellt (Bild 40). Es handelt sich um eines von zwölf Gebäuden der Stichprobe, für die im Zuge der Datenqualitätssicherung eine Begehung vor Ort stattgefunden hat.²⁹

Tab. 8 präsentiert die wichtigsten Kenngrößen und Ergebnisse der Verbrauch-Bedarf-Analyse für das Gebäude. Bild 41 und Bild 42 zeigen die Positionierung der unkorrigierten Verbrauchswerte im Diagramm Verbrauch über Wärmeleitwert bzw. Wärmegüte-Klasse.

Im folgenden Abschnitt E.2 sind die Formulare für die Energieprofil-Indikatoren und für die Verbrauchserfassung mit den für das Gebäude abgefragten Daten dargestellt.

Abschnitt E.3 zeigt bei der Begehung gemachte Fotos sowie das Begehungsformular mit Informationen zum Gebäude und zur Anlagentechnik.

Abschnitt E.4 zeigt die Ansätze für die Bilanzierung und die Unsicherheitsbewertung.

In Abschnitt E.5 werden die Demo-Rechenblätter wiedergegeben, mit denen die energetische Bilanzierung und Unsicherheitsbewertung nachvollzogen werden können. Eine Kurzbeschreibung der MOBASY-Realbilanz findet sich in Anhang D.

Abschnitt E.6 zeigt Diagramme für die Energiebilanz und den Verbrauch-Bedarf-Vergleich

In Abschnitt E.7 wird der Verbrauch und der Verbrauch-Bedarf-Vergleich für zwei benachbarte baugleiche, mit identischen Maßnahmen modernisierte Hochhäuser dargestellt.

²⁹ Das Gebäude und die von der Wohnbau Gießen umgesetzten Maßnahmen sind im Rahmen der Berliner Energietage 2022 im Detail vorgestellt worden: https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/energie/mobasy/2022-05-03_Energietage2022-3_Wer-ner_Slides_Praxisbeispiel-hochwaermegeaedemter-Altbau.pdf

Tab. 8: Wichtigste Kenngrößen der Analyse für das Beispielgebäude; Energiekennwerte bezogen auf die Netto-Raumfläche (TABULA-Referenzfläche)

Referenzfläche für die Analyse (Netto-Raumfläche, TABULA-Referenzfläche)	m²	3671	
Wohnfläche	m ²	3337	
Hüllfläche pro m ² Referenzfläche	m ² /m ²	1,24	
mittlerer U-Wert opaker Bauteile	W/(m ² K)	0,10	
mittlere äquivalente Dämmstärke opaker Bauteile	cm	31,1	
mittlerer U-Wert Fenster	W/(m ² K)	0,80	
Vorhandensein Lüftungsanl. mit Wärmerückgewinnung (WRG)	{0 1}	1	
Wärmetransferkoeffizient Transmission	W/K/m ²	0,28	
Wärmetransferkoeffizient Lüftung ohne Anrechnung WRG	W/K/m ²	0,47	
Wärmetransferkoeffizient Lüftung mit Anrechnung WRG	W/K/m ²	0,29	
Wärmeleitwert Hülle pro m² Referenzfläche	W/K/m²	0,57	
Brutto-Heizwärmebedarf (lokales mittleres Klima)	kWh/(m ² a)	35,6	
Netto-Heizwärmebedarf (lokales mittleres Klima)	kWh/(m ² a)	21,7	
Bilanzraum		<H+W>	<H>
Verbrauchsjahr		2021	2021
Messeinrichtung		Wärmemengenzähler	Wärmemengenzähler
Lokalisierung		Keller	Keller
Details des Bilanzraums der Messung		Fernwärmeübergabe Nutzwärme + Wärmeverteilung <H+W> Gebäude	Fernwärmeübergabe Nutzwärme + Wärmeverteilung <H> Gebäude
gemessener Verbrauch	kWh/(m²a)	57,3	24,2
berechneter Bedarf (Vergleichswert, Klima Verbrauchsjahr)	kWh/(m²a)	51,3	29,9
gemessener Verbrauch mit Korrektur C1	kWh/(m ² a)	55,2	20,2
Endenergiebedarf (lokales mittleres Klima)	kWh/(m ² a)	49,4	25,0

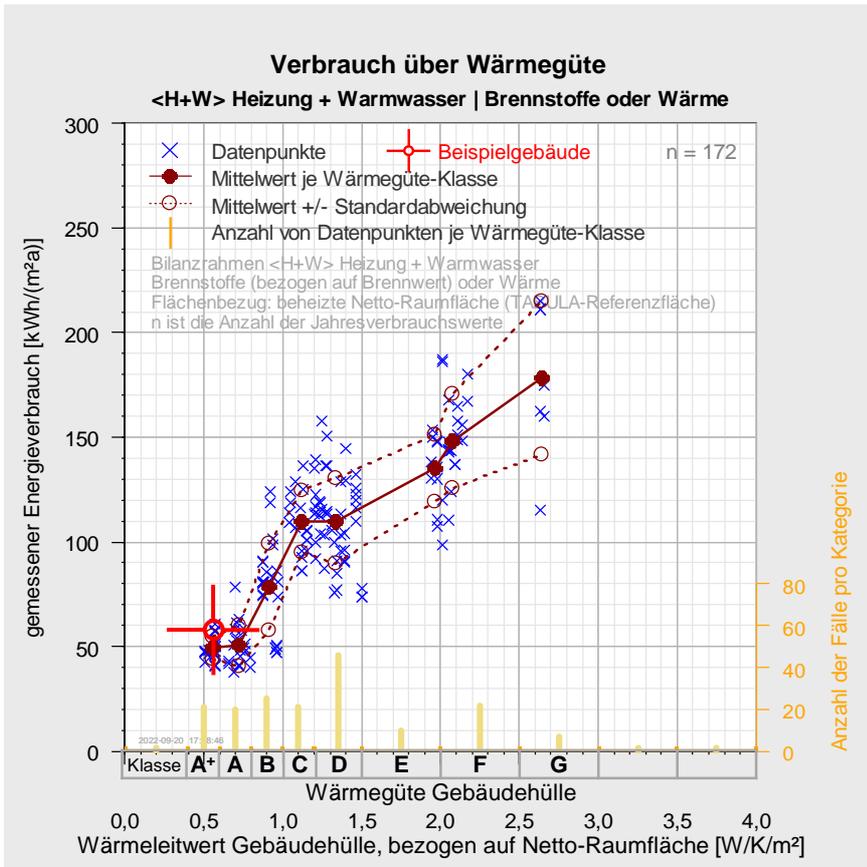


Bild 41:
Kopie von Bild 7
mit Markierung des Verbrauchswerts <H+W> 2021
des Beispielgebäudes

Gemessener Verbrauch für Heizung und Warmwasser <H+W>, aufgetragen über der Wärmegüte der Gebäudehülle bzw. über dem Wärmeleitwert (theoretischer Wärmeverlust je Kelvin Temperaturdifferenz) Bezugsfläche: beheizte Netto-Raumfläche (TABULA-Referenzfläche)

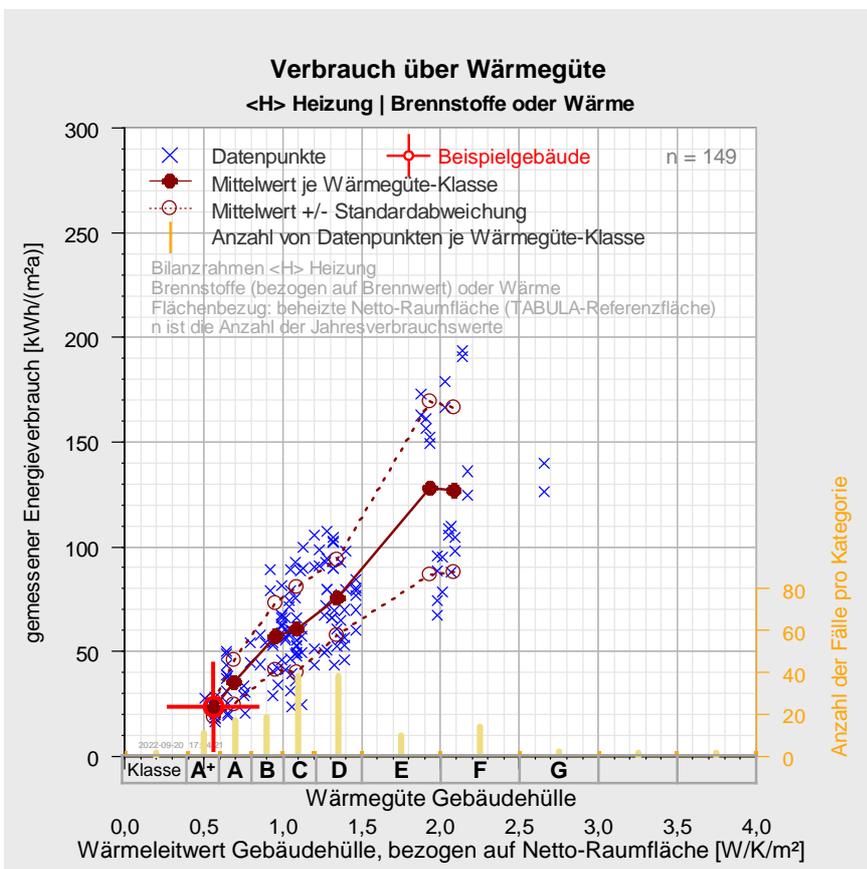


Bild 42:
Kopie von Bild 8
mit Markierung des Verbrauchswerts <H> 2021
des Beispielgebäudes

Gemessener Verbrauch für Heizung und Warmwasser <H+W>, aufgetragen über der Wärmegüte der Gebäudehülle bzw. über dem Wärmeleitwert (theoretischer Wärmeverlust je Kelvin Temperaturdifferenz) Bezugsfläche: beheizte Netto-Raumfläche (TABULA-Referenzfläche)

E.2 Energieprofil-Monitoring-Indikatoren (Angaben Gebäudeeigentümer)

Bild 43: Erfassungsbogen Gebäude (Energieprofil-Zustandsindikatoren)

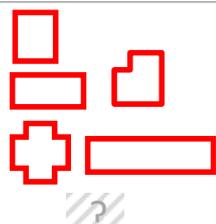
Energieprofil		Fragebogen Gebäude																																																												
Gebäude	DE.MOBASY.WBG.0008.04	beheizte Wohnfläche	3337 m ²																																																											
Spezifikation	Result of on-site inspection (step 2 of energy controlling for "notable buildings")	Anzahl Blöcke	1																																																											
Postleitzahl	35394	Wohnungen	48																																																											
		Häuser	1																																																											
		(ohne Dach- und Kellergeschoss)																																																												
		lichte Raumhöhe	#NV m																																																											
		(Eintrag nur wenn < 2,30 m oder > 2,70 m)																																																												
	Baujahr	1965																																																												
	Hier dargestellter Zustand: ab Jahr	2017																																																												
	Jahr der Erfassung	2021																																																												
	bis Jahr	#NV																																																												
direkt angrenzende Nachbargebäude <input checked="" type="radio"/> keins (freistehend)  <input type="radio"/> auf einer Seite <input type="radio"/> auf zwei Seiten <input type="radio"/> keine Angabe / unbekannt		Grundriss <input type="radio"/> kompakt <input type="radio"/> normal <input checked="" type="radio"/> komplex / langgestreckt  <input type="radio"/> keine Angabe / unbekannt																																																												
Dach <input checked="" type="radio"/> Flachdach oder flach geneigtes Dach  <input type="radio"/> Dachgeschoss unbeheizt  <input type="radio"/> Dachgeschoss teilweise beheizt  <input type="radio"/> Dachgeschoss voll beheizt  <input type="radio"/> keine Angabe / unbekannt		Keller <input type="radio"/> nicht unterkellert  <input checked="" type="radio"/> Kellergeschoss unbeheizt  <input type="radio"/> Kellergeschoss teilweise beheizt  <input type="radio"/> Kellergeschoss voll beheizt  <input type="radio"/> keine Angabe / unbekannt <input type="checkbox"/> Kellerboden und -wände gedämmt																																																												
Dachform <input checked="" type="radio"/> einfach <input type="radio"/> Gauben / komplex <input type="radio"/> unbekannt																																																														
Thermische Hülle (nicht-transparente Elemente)																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">Konstruktionsart</th> <th colspan="7">Dämmung</th> </tr> <tr> <th>massiv</th> <th>Holz</th> <th>keine</th> <th>original</th> <th>Modernisierung keine Angabe / unbekannt</th> <th>Jahr der Modernisierung</th> <th>Innendämmung der Wände</th> <th>Dämmstärke</th> <th>% der Fläche</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dach</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>2016</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>30 cm</td> <td>100 %</td> </tr> <tr> <td>oberste Geschossd.</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>#NV</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>#NV cm</td> <td>100 %</td> </tr> <tr> <td>Außenwände</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>2016</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>30 cm</td> <td>100 %</td> </tr> <tr> <td>Fußboden</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>2016</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>12 cm</td> <td>100 %</td> </tr> </tbody> </table>					Konstruktionsart		Dämmung							massiv	Holz	keine	original	Modernisierung keine Angabe / unbekannt	Jahr der Modernisierung	Innendämmung der Wände	Dämmstärke	% der Fläche	Dach	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2016	<input type="checkbox"/>	30 cm	100 %	oberste Geschossd.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	#NV	<input type="checkbox"/>	#NV cm	100 %	Außenwände	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2016	<input type="checkbox"/>	30 cm	100 %	Fußboden	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2016	<input type="checkbox"/>	12 cm	100 %
	Konstruktionsart		Dämmung																																																											
	massiv	Holz	keine	original	Modernisierung keine Angabe / unbekannt	Jahr der Modernisierung	Innendämmung der Wände	Dämmstärke	% der Fläche																																																					
Dach	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2016	<input type="checkbox"/>	30 cm	100 %																																																					
oberste Geschossd.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	#NV	<input type="checkbox"/>	#NV cm	100 %																																																					
Außenwände	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2016	<input type="checkbox"/>	30 cm	100 %																																																					
Fußboden	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2016	<input type="checkbox"/>	12 cm	100 %																																																					
bei ungedämmten Außenwänden: Dämmung von außen möglich? <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> teilweise <input type="radio"/> nein <input checked="" type="radio"/> k.A. / unbekannt																																																														
Fenster																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th rowspan="2">% der Fensterfläche</th> <th colspan="4">Verglasung</th> <th colspan="5">Rahmen</th> <th rowspan="2">gedämmter Rahmen (bei 3-fach-WS-Vergl.)</th> <th rowspan="2">Jahr des Festereinbaus (ca.):</th> </tr> <tr> <th>1 Scheibe</th> <th>2 Scheiben</th> <th>3 Scheiben</th> <th>keine Angaben / unbekannt</th> <th>Wärmeschutz-Vergl.</th> <th>Holzrahmen</th> <th>Kunststoffrahmen</th> <th>Alu- oder Stahlrahmen</th> <th>andere</th> <th>unbekannt</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Haupttyp Fenster</td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>2016</td> </tr> <tr> <td>weiterer Typ Fenster</td> <td>0 %</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>#NV</td> </tr> </tbody> </table> (Rest = Haupttyp Fenster) (U≤0.8W/(m²K))					% 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 checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2016	weiterer Typ Fenster	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"/>	#NV										
	% 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 checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2016																																																						
weiterer Typ Fenster	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"/>	#NV																																																		

Bild 44: Erfassungsbogen Anlagentechnik (Energieprofil-Zustandsindikatoren)

Energieprofil		Fragebogen Wärmeversorgung		Nutzung für Installation		Jahr der Installation
Gebäude Spezifikation	DE.MOBASY.WBG.0008.04 <small>Result of on-site inspection (step 2 of energy controlling for "noticeable buildings")</small>	Standort Wärmeerzeugung überwiegend <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.				Gesamtes System
Wärmeerzeugung - Zentralheizung Gebäude oder Wohnung						2016
Wärmeerzeuger, die über ein Wärmeverteilsystem mehrere Räume mit Wärme versorgen						Jahr
<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.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	#NV	Jahr
<input type="checkbox"/> Holzessel / Feststoffkessel	Brennstoff <input type="radio"/> Scheitholz <input type="radio"/> Holzpellets <input type="radio"/> Holzhackschnitzel <input type="radio"/> Kohle <input checked="" type="radio"/> k.A.	<input type="radio"/> andere <input checked="" type="radio"/> k.A.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	#NV	Jahr
<input type="checkbox"/> Wärmepumpe <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"/>	#NV	Jahr
<input type="checkbox"/> Direkt-elektrisch zentral (ein System für mehrere Räume)			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	#NV	Jahr
<input type="checkbox"/> thermische Solaranlage			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	#NV	Jahr
<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.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	#NV	Jahr
<input checked="" type="checkbox"/> Fern-/Nahwärme	Brennstoff <input type="checkbox"/> fossil <input type="checkbox"/> Biomasse	Wärmeerzeugung <input type="checkbox"/> Heizwerk (Kessel) <input type="checkbox"/> Heizkraftwerk / BHKW	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	#NV	Jahr
Pufferspeicher für Heizung		Warmwasserspeicher		Jahr der Installation		Jahr der Installation
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> inklusive elektrischem Heizstab <input type="checkbox"/> Heizungspufferspeicher innerhalb der thermischen Hülle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> inklusive elektrischem Heizstab <input type="checkbox"/> Warmwasserspeicher innerhalb der thermischen Hülle	#NV		Jahr
<input checked="" type="checkbox"/> Heizwärmeverteilung	<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	<input checked="" type="checkbox"/> Warmwasserverteilung	<input checked="" type="checkbox"/> mit Zirkulationsleitung <input checked="" type="checkbox"/> teilweise außerhalb der thermischen Hülle (in unbeheiztem Keller oder Dachgeschoss) <input type="checkbox"/> Nur mäßige oder unvollständige Leitungsdämmung	#NV		Jahr
<input type="checkbox"/> Dezentrale / raumweise Heizung	<input type="checkbox"/> Einzelöfen <input type="radio"/> Holz <input type="radio"/> Gas <input type="radio"/> Heizöl <input type="radio"/> Kohle <input checked="" type="radio"/> k.A. <input type="checkbox"/> Elektro-Heizgeräte / Elektro-Öfen <input type="checkbox"/> elektrische Nachtspeicherheizung <input type="checkbox"/> elektrische Wärmepumpen (raumweise)	<input type="checkbox"/> Dezentrale Warmwasserbereitung	<input type="checkbox"/> dezentrale elektrische Speicher <input type="checkbox"/> Elektro-Durchlauferhitzer <input type="checkbox"/> Gas-Durchlauferhitzer	#NV		Jahr
<input type="checkbox"/> Extra-dicke Dämmung von Komponenten	Dämmstärke von Leitungen (doppelter Leitungsdurchmesser) und Speicher entsprechend Passivhaus-Empfehlungen	<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Systeme	<input checked="" type="checkbox"/> Lüftungsanlage <input checked="" type="checkbox"/> mit Wärmerückgewinnung <input type="checkbox"/> Photovoltaik-Anlage (Solarstrom) <input type="checkbox"/> mit Batterie-Speicher	#NV		Jahr

Bild 45 Verbrauchsmessung 2018 bis 2021
 gemessen im Keller des Gebäudes (siehe Foto in Bild 47);
 Daten zur Verfügung gestellt durch die Wohnbau Gießen

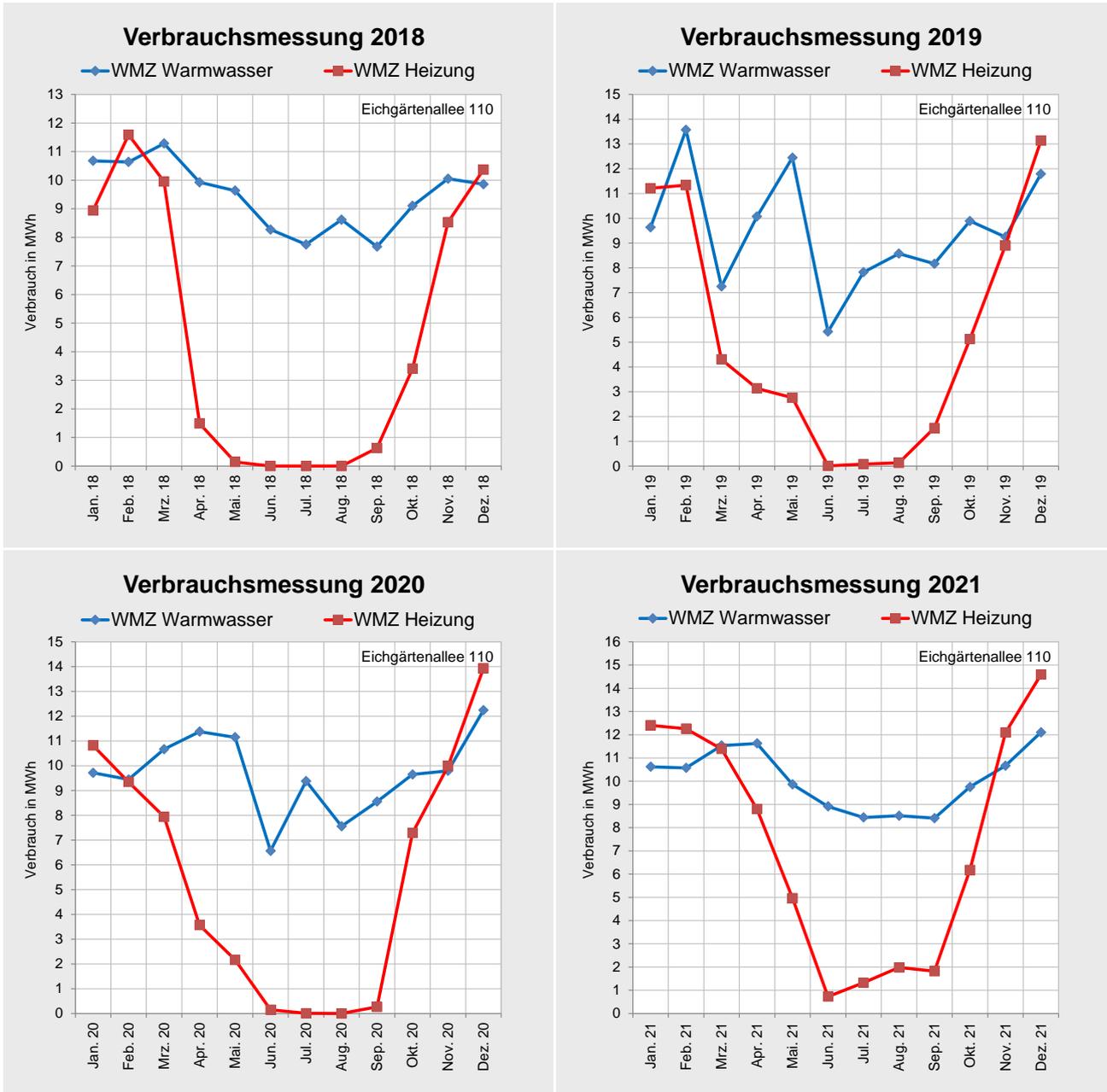


Bild 46: Erfassungsbogen Energieverbrauch

Energieprofil						Fragebogen Messwerte Verbrauch			
Gebäude		DE.MOBASY.WBG.0008.04				beheizte Wohnfläche		3337 m ²	
Verbrauchsangaben für Fläche		Messstelle							
		M1	M2	M3					
		3337	3337	0					
	von	bis	M1	M2	M3				
1	01.01.2015	31.12.2015	403860	0	0				
2	01.01.2016	31.12.2016	252723	0	0				
3	01.01.2017	31.12.2017	47743	104448	0				
4	01.01.2018	31.12.2018	57307	112426	0				
5	01.01.2019	31.12.2019	61243	113951	0				
6	01.01.2020	31.12.2020	67045	117004	0				
7	01.01.2021	31.12.2021	88967	121402	0				
8	01.01.2022	#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	Messstelle		
	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 type="checkbox"/>
andere:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
nicht belegt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" 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 ³ , cbm (Kubikmeter)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input 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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Warmwasser	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input 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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
In M2 ist enthalten:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input 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 type="checkbox"/>
Messung in separater Heizzentrale (inkl. Verteilverluste Erdreich)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Erläuterungen

[1] Raummeter, Ster: Stapelvolumen in m³
 [2] Schüttkubikmeter: Schüttvolumen in m³
 [3] oberer Heizwert = Brennwert

E.3 Vor-Ort-Begehung im Rahmen der Datenqualitätssicherung

Bild 47: Bilder von der Vor-Ort-Begehung (Fotos: IWU)



Das hier begangene Gebäude von 1965, 2016 energetisch modernisiert. Je Geschoss sind die zwischen zwei Fensterstürzen angeordneten Zu- und Abluftöffnungen der Lüftungsanlage mit WRG zu erkennen



Wärmedämmverbundsystem, im Erdgeschoss vorgesetzte Rolläden. geschlossene Veranden an Stelle der früheren Balkone



Zu- und Abluftöffnungen in der Fassade



Optische Feuerzeugprobe bei der Dreifach-Verglasung im Treppenhaus: Die Reflexe der Ebenen 2 und 5 (von 6) sind rötlich, was jeweils auf eine Beschichtung hindeutet (Wärmeschutzverglasung)



Eine der wenigen Lücken in der Kellerdeckendämmung dient zur Überprüfung der Dämmstärke



Flankendämmung von 60 cm Höhe umlaufend an den Kelleraußenwänden zur Reduzierung der Wärmebrückenwirkung



Alukaschierte Dämmung
im Bereich der Mieterkeller



Teile der originalen Wärmeverteilung
(Mineralwollgedämmung mit Gipsbinden umhüllt)



Anschluss der aus einem Schacht kommenden
Fernwärmeleitungen an die Übergabestation



Fernwärmeübergabestation



Je ein Plattenwärmetauscher
für Heizung und für Warmwasser



Messstrecke für einen
der beiden Wärmemengenzähler

Tab. 9: Bei der Begehung am 16.09.2021 durch das IWU erfasste Informationen

Grunddaten	Anzahl > Vollgeschosse: 12 > angrenzende Geb.: 0 > Wohnungen: nicht überprüft	Beheizungssituation / thermische Hülle > Dach: Flachdach > Keller: unbeheizt	Besonderheiten (z.B. Grundriss, Durchfahrt, ...)
Balkone / Loggien	Vorgestellte, verglaste Balkone, mit Betonplatten an den Seiten (Wärmebrücken)		
Außenwand	Dämmstärke + Material: ca. 30 cm Außenwanddämmung, ca. 24 cm im Eingangsbereich Flächenanteil: ca. 100 % Ausführung im Bereich von Loggien / Balkonen: thermische Trennung vermutet, da selbsttragend vorgestellt Besonderheiten:		
Lüftungs- öffnungen	Art und Anzahl: Wohnungsweise Lüftungsanlagen mit WRG (Angabe Unternehmen) Frischluft / Fortluft-Kanäle: Ein-/Auslässe in der Fassade je Wohnung sichtbar		
Verschattung	Rollläden / Jalousien: außenliegende Rollläden		
Solarnutzung	PV: nicht vorhanden Solarthermie: nicht vorhanden		
Dachfläche	Dämmstärke + Material: nicht prüfbar Flächenanteil: nicht prüfbar Besonderheiten:		
Fenster Treppenhaus	Anzahl Scheiben: 3-fach Verglasung Einprägung Randverbund: keine Feuerzeug-Test: Reflexe Nr. 2 und 5 (von 6) sind rötlich → zweimal Beschichtung vorhanden optisch identisch mit Fenstern Wohnungen? ja		
Kellerdecke	Dämmstärke + Material: ca. 12 cm KD-Dämmung (Mineralwolle), Flankendämmung (10 cm dick, 60 cm unter KD), KD-Dämmung in Elektro-Raum teilweise nicht vorhanden (sehr kleine Fläche) Flächenanteil: ca. 100 % Ausführung im Treppenhaus-Bereich: 12 cm Wanddämmung Leitungen / Lüftungskanäle: Besonderheiten:		

Anlagentechnik Heizzentrale	Standort: Mitversorgung von: Verteilleitungen Heizung: originale Leitungen, teilweise noch mit Original-Dämmung (Gips-Binden-Ummantelung) Verteilleitungen Warmwasser: originale Leitungen, nachträglich gedämmt Warmwasserspeicher: nicht vorhanden Pufferspeicher: nicht vorhanden Wärmeerzeuger: Fernwärme Übergabestation, getrennt für Heizung und Warmwasser mit jeweils eigenem Plattenwärmetauscher und sekundärseitigen Pumpen Einstellung Regelung: Steilheit Heizkurve: 1,3 Maximale Temperatur Vorlauf: 70°C Rücklauftemperatur: 57°C Gewichtete Temperatur: 50°C Keine Temperaturregelung für die Heizung Zähler Energie-Input: Sekundärseite Übergabestation Zähler Energie-Output: Einspeisung jeweils in Heiz- und WW-Verteilung Besonderheiten: keine Wärmespeicher vorhanden
weitere Anlagentechnik	Lüftungsanlage(n): wohnungszentrale Lüftungsanlage mit WRG (Angabe Unternehmen), konsistent mit von außen in der Fassade sichtbaren Lüftungsventilen
Sonstiges	Feuerlöschanlage im Keller vorhanden

E.4 Einstellungen für die Bilanzierung und Bewertung der Unsicherheit

Bild 48: verwendete Standardwerte für die Nutzungsbedingungen

Energieprofil		Einstellungen: Gebäudenutzung	
Gebäude	DE.MOBASY.WBG.0008.04		
Variante	Result of on-site inspection (step 2 of		
Übergeordnete Einstellungen			
<p>Art der Dateneingabe</p> <p><input type="radio"/> Fragebogen (Erhebungsvariablen), siehe oben</p> <p><input checked="" type="radio"/> Energiebilanz-EingangsvARIABLEN, vordefiniert (siehe unten)</p> <p><input type="radio"/> Energiebilanz-EingangsvARIABLEN, individuelle Eingabe (siehe unten)</p> <p><input type="radio"/> je nach Vorhandensein: Fragebogen, Energiebilanz-EingangsvARIABLEN individuell oder Bibliothek</p> <p><input type="radio"/> nicht definiert</p>			
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	0,40 W/(m²K)
	h_tr_B	2,80	2,80 W/(m²K)
Alternative Eingabe: Raumtemperatur bei zwei energetischen Standards	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	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		0,15	0,15 1/h
zusätzlicher Luftwechsel bedingt durch Öffnen von Fenstern und Türen		0,50	0,50 1/h
Gesamt-Luftwechsel bedingt durch Nutzung (Lüftungsanlage + Öffnen von Fenstern und Türen)			
Gebäude mit WRG-Lüftungsanlage (balancierte Zu- und Abluft): durchschnittlicher Luftwechsel in der Heizzeit		0,35	0,35 1/h
Anlagenluftwechsel		0,10	0,10 1/h
zusätzlicher Luftwechsel bedingt durch Öffnen von Fenstern und Türen		0,45	0,45 1/h
Gesamt-Luftwechsel bedingt durch Nutzung (Lüftungsanlage + Öffnen von Fenstern und Türen)			
Referenz-Raumhöhe für den Luftwechsel (Standardwert 2.5 m) **		2,50	2,50 m
mittlere Wärmeleistung der internen Wärmequellen pro m² Referenzfläche		3,1	3,1 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

Bild 49: weitere Einstellungen für die Bilanzierung

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"
 Teil der Datensatz-ID in der Tabelle "Tab.U.Class.Constr" der Typologie-Bibliothek
 Klassifizierung: Version der nationalen Typisierung; erste der beiden Ziffern des Indexes der verschiedenen Komponenten
 Wärmerversorgung: 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 Wärmerversorgung

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	Energiebilanzbereich	Korrektur des Ergebnisses der Energiebilanz-Berechnung	Korrektur des gemessenen Verbrauchs
<input type="radio"/> 1 "Standard"	Standardklima (national / regional)	keine	Nein
<input type="radio"/> 2 "LocalLTA"	lokal, Langzeit-Mittelwert	keine	Nein
<input type="radio"/> 3 "LocalPeriod"	lokal, aktuelle Periode	keine	Nein
<input type="radio"/> 4 "Standard_LocalLTA"	Standardklima (national / regional)	lokal, Langzeit-Mittelwert	Nein
<input type="radio"/> 5 "Standard_LocalPeriod"	Standardklima (national / regional)	lokal, aktuelle Periode	Nein
<input checked="" type="radio"/> 6 "LocalLTA_LocalPeriod"	lokal, Langzeit-Mittelwert	lokal, aktuelle Periode	Nein

Heizgrenztemperatur für die Klimadaten

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

Optionale manuelle Auswahl von Klimadaten

Datensatz 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

Standort Realklima

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
	2	0
	3	0
Solardaten	0	0

Realklima-Zeitraum

Art der Auswahl des Realklima-Zeitraums

Funktionale Auswahl auf der Basis des Verbrauchszeitraums

Manuelle Eingabe des Zeitraumsterstes Jahr

erster Monat	<input type="text" value="1"/>
Anzahl der Jahre	<input type="text" value="2"/>

Bild 50: Angabe der Datenquellen (relevant für Unsicherheitsbewertung)

Energieprofil		Fragebogen Datenquellen				
Gebäude Variante	DE.MOBASY.WBG.0008.04 Result of on-site inspection (step 2 of	Diese Angaben haben Auswirkungen auf die Abschätzung der Unsicherheit der Energiebilanzberechnung.				
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
alternativ: gesamt oder einzeln						
<input checked="" type="radio"/> Gebäudehülle gesamt						
Einzelangaben Gebäudehülle						
<input type="radio"/> Fläche der Hülle						
Wärmedurchlässigkeit Gebäudehülle						
<input type="radio"/> Dach / ob. Geschossdecke						
<input type="radio"/> Außenwand						
<input type="radio"/> Fenster						
<input type="radio"/> Fußboden / Kellerdecke						
<input type="radio"/> Wärmebrücken						
Wärmeversorgung						
<input type="radio"/> System Heizung ggf. inklusive Lüftungsanlage						
<input type="radio"/> System Warmwasser						
Randbedingungen						
Nutzung und Betrieb des Gebäudes	objektbezogene Messdaten + Qualitätssicherung (z.B. wissenschaftliches Monitoring)	objektbezogene Messdaten	Erhebung / Klassifizierung Angaben Nutzer (Fragebogen)	keine Datenquelle	keine Angabe / keine Information über die Datenquelle	
<input checked="" type="radio"/> Gebäudenutzung / übergeordnete Auswahl *						
<input type="radio"/> Raumtemperatur						
<input type="radio"/> Luftwechsel						
<input type="radio"/> effektive passiv-solare Apertur **						
<input type="radio"/> Interne Wärmequellen						
<input type="radio"/> Warmwasserzapfung (Eingangsdaten Energiebilanz)						
*) Auswahl bei den Details nur wirksam wenn hier "nicht definiert" gewählt ist **) Fenstergröße und -orientierung, Verglasungsanteil, Verschattung, ...						
<input type="radio"/> Betriebsführung						
<input type="radio"/> Klimadaten						
Energieverbrauch						
Gemessener Energieverbrauch für Heizung (und ggf. Warmwasser)	detaillierte Messdaten Gebäude	Daten aus der Abrechnung	Angaben Nutzer (Fragebogen)	keine Datenquelle zum Verbrauch	keine Information über die Herkunft der Angaben	
<input type="radio"/> Angaben zum Verbrauch						
<input type="radio"/> Wärme- / Energiemessung Heizung						
*) z.B. Zuordnung eines Anteils des gesamten Energieverbrauchs der Heizzentrale über Heizkostenverteiler						

E.5 Demo-Rechenblätter Real-Bilanz (TABULA-Verfahren)

Bild 51: Schätzung Gebäudehüllfläche (Teil1)

TABULA

Thermal Envelope Area Estimation

Thermal envelope area estimation according to TABULA / Energy Profile method

Parameters

Building Reference area $A_{C,Ref}$ m²
 Area estimation parameter set

Input Data

Reference area (conditioned floor area) $A_{C,Ref}$ m²
 Number of building blocks n_{Block}
 Number of full storeys (not incl. cellar and attic) n_{Storey}
 Neighbour situation $C_{Neighbour}$
 Reference area and envelope situation in attic spaces $C_{Attic,Cond,Env}$
 Reference area and envelope situation in basement spaces $C_{Cellar,Cond,Env}$
 Complexity of roof shape* $C_{Cx,Roof}$
 Complexity of footprint* $C_{Cx,Footprint}$
 Clear ceiling height (averaged over full storeys)** $h_{Ceiling}$ m

*) 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.

Current value or selected TABULA code

$f_{Attic,Cond}$	<input type="text" value="0,0"/>	$f_{Attic,Env}$	<input type="text" value="0,0"/>
$f_{Cellar,Cond}$	<input type="text" value="0,0"/>	$f_{Cellar,Env}$	<input type="text" value="0,0"/>

Ceiling height correction factor $f_{Corr,CeilingHeight}$

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

Conditioned Reference Area per Storey

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

$$f_{Cellar,Cond} \cdot n_{Storey} + f_{Attic,Cond} \cdot n_{Storey,Eff,Cond} = 0,0 \cdot 12,0 + 0,0 \cdot 12,0 = 12,0$$

Conditioned reference area per storey (estimation)

$$\frac{A_{C,Ref}}{n_{Storey,Eff,Cond}} = \frac{3670,7\text{ m}^2}{12,0} = 305,9\text{ m}^2$$

Effective number of thermally enveloped storeys

$$f_{Cellar,Env} \cdot n_{Storey} + f_{Attic,Env} \cdot n_{Storey,Env} = 0,0 \cdot 12,0 + 0,0 \cdot 12,0 = 12,0$$

Parameters

Basic Parameters

Envelope area section	Depending on variable	Category (TABULA Code)	Specification	Roof			Upper ceiling	
				$f_{Attic,Cond}$	p m ² /m ²	q m ²	p m ² /m ²	q m ²
Roof / upper ceiling	$A_{C,Storey}$	-	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 ² /m ²	q m ²
Windows	$A_{C,Ref}$			0,18	
Doors	$A_{C,Ref}$			0,01	1,5
Gross façade (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
		$C_{Neighbour} = N0$	Current value	0,70	50
Ground floor	$A_{C,Storey}$			1,20	5

Consideration of Complexity

Envelope area section	Category (TABULA Code)	Specification	Correction factor
Roof	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
	$C_{Cx,Roof} = \text{Standard}$		$f_{Cx,Roof} = 1,0$
Gross façade (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
	$C_{Cx,Footprint} = \text{Complex}$		$f_{Cx,Footprint} = 1,2$

Version: 2021-03-08

Bild 52: Schätzung Gebäudehüllfläche (Teil 2)

TABULA
Thermal Envelope Area Estimation
Calculation

Thermal envelope area estimation according to TABULA / Energy Profile method

Building

Reference area $A_{C,Ref}$ m²

Area estimation parameter set

Estimation of Thermal Envelope Areas

Roof area $f_{Cx,Roof} \cdot (A_{C,Storey} \cdot P_{Roof} + n_{Block} \cdot Q_{Roof}) = 1,0 \cdot (305,9 \cdot 1,20 + 1 \cdot 5,0) = 372,1$ m²

Upper ceiling area $A_{C,Storey} \cdot P_{Ceiling} + n_{Block} \cdot Q_{Ceiling} = 305,9 \cdot 0,00 + 1 \cdot 0,0 = 0,0$ m²

Gross façade area per storey $f_{Corr,ClgHeight} \cdot f_{Cx,Footprint} \cdot (A_{C,Storey} \cdot P_{Facade} + n_{Block} \cdot Q_{Facade}) = 1,0 \cdot 1,2 \cdot (306 \cdot 0,70 + 1 \cdot 50,0) = 316,9$ m²

Door area $A_{C,Ref} \cdot P_{Door} + n_{Block} \cdot Q_{Door} = 3.670,7 \cdot 0,01 + 1 \cdot 1,5 = 38,2$ m²

Window area $A_{C,Ref} \cdot P_{Window} - A_{EstimDoor} = 3.670,7 \cdot 0,18 - 38,2 = 622,5$ m²

Wall area adjacent to soil $f_{Wall,Soil} \cdot f_{Cellar,Env} \cdot A_{Estim,Facade,Storey} = 0,50 \cdot 0,0 \cdot 316,9 = 0,0$ m²

Wall area (adjacent to external air) $n_{Storey,ExtEnv} \cdot A_{Estim,Facade,Storey} - A_{Estim,Wall,Soil} - A_{EstimWindow} - A_{EstimDoor} = 12,0 \cdot 316,9 - 0,0 - 622,5 - 38,2 = 3.142,7$ m²

Ground floor / basement area $A_{C,Storey} \cdot P_{Floor} + n_{Block} \cdot Q_{Floor} = 305,9 \cdot 1,20 + 1 \cdot 5,0 = 372,1$ m²

Conditioned gross building volume $f_{Corr,ClgHeight} \cdot A_{C,Ref} \cdot V_{c,gross} = 3,50 \cdot 1,00 \cdot 3.671 = 12.847$ m³

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 $A_{env,i}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estimated values $A_{estim,env,i}$	372	0	3143	0	0	623	0	38	372	0	4548
Ratio input to estimated values	0%		0%			0%		0%		0%	
Gross facade area						0%					
Total envelope						0%					

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	372	0	3143	0	0	623	0	38	372	0

Distribution of window areas	Horiz.	East	South	West	North
	0	311	0	311	0

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

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

Version: 2021-03-08

Bild 53: Energiebilanz Gebäude (Kennwerte bezogen auf die TABULA-Referenzfläche)

TABULA
Energy Balance Calculation
Building Performance

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

building

climate

reference area $A_{C,ref}$ m²

(conditioned floor area)

construction element	original U-value <small>(not considering effect of adjacent unheated spaces)</small> $U_{original,i}$ W/(m ² 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 ² K)	area (basis: external dimensions) $A_{env,i}$ m ²	adjustment factor $b_{tr,i}$	$H_{tr,i}$ W/K	annual heat flow related to $A_{C,ref}$ kWh/(m ² a)
Roof 1	1,00	Add	300	0,040	100%	0,12	372,1	1,00	43,8	0,9
Roof 2										
Wall 1	1,20	Add	300	0,035	100%	0,11	3142,7	1,00	334,2	7,2
Wall 2										
Wall 3										
Floor 1	1,20	Add	120	0,024	100%	0,16	372,1	0,50	30,3	0,7
Floor 2										
Window 1	0,80	Replace				0,80	622,5	1,00	498,0	10,7
Window 2										
Door 1	0,80	Replace				0,80	38,2	1,00	30,6	0,7

thermal bridging: surcharge on the U-values

ΔU_{tb} × $\Sigma A_{env,i}$ × $H_{tr,tb}$ = W/K

related to: envelope area reference area

Heat transfer coefficient by transmission H_{tr}

sum **22,2**

Heat transfer coefficient by ventilation H_{ve}

volume-specific heat capacity air $c_{p,air}$ Wh/(m³K)

air change rate by use $n_{air,use}$ 1/h

air change rate by infiltration $n_{air,infiltration}$ 1/h

room height (standard value) h_{room} m

$0,34 \times (0,45 + 0,10) \times 3670,7 \times 2,50 = 1716$ W/K

37,0

internal temp. external temp. heating days

accumulated differences between internal and external temperature

$(22,1 - 4,9) \times 206 = 3547$ Kd/a

temperature reduction factor F_{red} (by $t_{h,i} = W/(m^2K)$)

H_{tr} W/K + H_{ve} W/K × F_{red} × d_{hs} Kd/a = kWh/a

59,2

Solar heat load during heating season Q_{sol}

reduction factors	solar energy transmittance $g_{gl,n}$	window area $A_{window,i}$	solar global radiation $I_{sol,i}$	sum
1. Horizontal: $0,80 \times (1 - 0,30) \times 0,90$	0,50		364	0,0
2. East: $0,60 \times (1 - 0,30) \times 0,90$	0,50	311,3	266	4,3
3. South: $0,60 \times (1 - 0,30) \times 0,90$	0,50		429	0,0
4. West: $0,60 \times (1 - 0,30) \times 0,90$	0,50	311,3	256	4,1
5. North: $0,60 \times (1 - 0,30) \times 0,90$	0,50		165	0,0

30751 **8,4**

Internal heat sources Q_{int}

internal heat sources q_{in} kh/d

heating days d_{hs} d/a

reference area $A_{C,ref}$ m²

$0,024 \times 3,10 \times 206 \times 3670,7 = 56359$ kWh/a

15,4

internal heat capacity per m² $A_{C,ref}$ c_m Wh/(m²K)

time constant of the building $\tau = \frac{c_m \cdot A_{C,ref}}{H_{tr} + H_{ve}} = 120$ h

parameter $a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}} = 4,81$

heat balance ratio for the heating mode $\gamma_{h,gn} = \frac{Q_{sol} + Q_{int}}{Q_{ht}} = 0,401$

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 $Q_{H,nd}$

$Q_{ht} - \eta_{h,gn} \times (Q_{sol} + Q_{int}) = 130776$ kWh/a

35,6

Bild 54: Energiebilanz Wärmeversorgung (Kennwerte bezogen auf die TABULA-Referenzfläche)

Energy Balance Calculation

System Performance

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

building code: EnergyProfile.Query.Current

system code: []

conditioned floor area $A_{C,ref}$: 3670,7 m²

Domestic Hot Water System

energy need hot water: $q_{nd,w}$ 15,0 kWh/(m²a)

+ losses distrib. DE.C_Circ_Ext.MUH.14: $q_{d,w}$ 6,4 kWh/(m²a)

+ losses storage: $q_{s,w}$ 0,0 kWh/(m²a)

thereof recoverable for space heating:

$q_{d,w,h}$ 2,9 kWh/(m²a)

$q_{s,w,h}$ 0,0 kWh/(m²a)

total: $q_{g,w,out} = q_{nd,w} + q_{d,w} + q_{s,w} = 21,4$ kWh/(m²a)

total recoverable: $q_{w,h} = q_{d,w,h} + q_{s,w,h} = 2,9$ kWh/(m²a)

energyware for domestic hot water

code	heat generator code	$\alpha_{nd,w,i}$	$q_{g,w,out}$	$e_{g,w,i}$	$q_{del,w,i}$
1	DH_NoCHP DE.TS.Gen.11	100%	21,4	1,14	24,4
2	-	0%	0	0,00	0,0
3	-	0%	0	0,00	0,0

related to gross kWh/(m²a) cabrific 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: EI DE.C_Circ.MUH.11: $q_{del,w,aux}$ 0,8 kWh/(m²a)

Heating System

energy need space heating: $q_{nd,h}$ 35,6 kWh/(m²a)

- usable contribution of hot water system: $\eta_{h,gn} \cdot q_{w,h}$ 2,9 kWh/(m²a)

- usable contrib. of vent. heat recovery: $\eta_{h,gn} \cdot q_{v,e,h,rec}$ 13,9 kWh/(m²a)

+ losses distribution and heat emission: DE.C_Ext.MUH.14: $q_{d,h}$ 5,7 kWh/(m²a)

+ losses storage: $q_{s,h}$ 0,0 kWh/(m²a)

total: $q_{g,h,out} = q_{nd,h} - q_{w,h} - q_{v,e,h,rec} + q_{d,h} + q_{s,h} = 24,6$ kWh/(m²a)

gain utilisation factor: $\eta_{h,gn} = \frac{1 - \gamma_{aH}}{1 - \gamma_{aH} + 1} = 0,98$

building parameter: $a_H = 4,81$

gain/loss ratio: $\gamma_{h,gn} = \frac{q_{w,h} + q_{v,e,h,rec}}{q_{nd,h}} = 0,48$

ventilation heat recovery: $f_{air,mech} \cdot \eta_{v,rec} \cdot q_{ht,v,e} = 64\% \times 60\% \times 37,0 = 13,9$ kWh/(m²a)

mechanical fraction of air change rate: $\min(\eta_{air,mech}, \eta_{air,use}) = 0,35$

energyware for space heating

code	heat generator code	$\alpha_{nd,h,i}$	$q_{g,h,out}$	$e_{g,h,i}$	$q_{del,h,i}$
1	DH_NoCHP DE.TS.Gen.11	100%	24,6	1,02	25,0
2	-	0%	0	0,00	0,0
3	-	0%	0	0,00	0,0

related to gross kWh/(m²a) cabrific 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: EI DE.C.MUH.11: $q_{del,h,aux}$ 0,5 kWh/(m²a)

ventilation system: EI DE.BaL_Rec.MUH.11: $q_{del,v,e,aux}$ 1,7 kWh/(m²a)

for information: net energy need for heating: $q_{nd,h,net} = q_{nd,h} - \eta_{h,gn} \cdot q_{v,e,h,rec} = 13,8$ kWh/(m²a)

Electricity Production

Photovoltaic unit: calculation according to EN 15316-4-6 "Photovoltaic Systems"

code	$A_{pv,system}$	$K_{pv,p}$	$P_{pv,p}$	$q_{prod,el,pv,kWp}$	$P_{pv,p}$	$q_{el,pv}$	$q_{el,area}$
	0,0	0,15	0,0	0	0,0	0	0,0
	0,0	0,15	0,0	0	0,0	0	0,0
Sum	0,0		0,0	0	0	0	0,0

m² kW/m² kW kWh/a kWh/(m²a)

Total electricity production: $q_{prod,el} = \sum_i q_{prod,el,w,i} + \sum_i q_{prod,el,h,i} + q_{prod,el,pv} = 0,0$ kWh/(m²a)

Version: 2021-03-08

Bild 55: Verbrauch-Bedarf-Vergleich „H+W“ 2019
(Kennwerte bezogen auf die TABULA-Referenzfläche)

TABULA
Metered Consumption
Comparison to Calculation

Building code: conditioned floor area: m² A_{C,ref}

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 ²		kWh	kWh/a	
M1	<EnergyProfile.Query.Current>.<M1>	3336,6	-H-	88967	88967	100%
M2	<EnergyProfile.Query.Current>.<M2>	3336,6	-W-	121402	121402	100%
M3	<EnergyProfile.Query.Current>.<M3>	3337,0	-	0	0	

kWh/a kWh/(m²a)

Annual metered consumption to be considered (comparison value) **210369** **57,3**

Comparison with Energy Balance Calculation

A_{C,ref} m²

DHW

	kWh/(m ² a)	Consideration factor
Net energy need	15,0	100%
Effective net energy need (considering heat recoveries)		
Heat losses storage	0,0	100%
Heat losses distribution	6,4	100%
Gross heat demand	21,4	

Energy Carrier: - -

	100%	0%	0%
Fraction of produced heat			
Produced heat	21,4	0,0	0,0
Consideration factor			

Delivered energy:

Consideration factor:

Space heating

Calculation	Climate adjusted	Consideration factor
35,6	41,0	
18,9	24,2	100%
0,0	0,0	100%
5,7	5,7	100%
24,6	29,9	

Climate adjustment factors: Heating degree days: Solar radiation:

Effect of climate adjustment:

Energy Carrier: - -

	100%	0%	0%
Fraction of produced heat			
Produced heat	29,9	0,0	0,0
Consideration factor			

Delivered energy:

Consideration factor:

Annual calculated demand to be considered (comparison value)

	Applicable for DHW	Applicable for Space heating	Comparison value
Heat demand	<input type="text" value="21,4"/> kWh/(m ² a)	<input type="text" value="29,9"/> kWh/(m ² a)	Sum of applicable values
Heat generation	<input type="text" value="0,0"/> kWh/(m ² a)	<input type="text" value="0,0"/> kWh/(m ² a)	
Energy carrier	<input type="text" value="0,0"/> kWh/(m ² a)	<input type="text" value="0,0"/> kWh/(m ² a)	
			<small>kWh/a kWh/(m²a)</small>
			188249 51,3

Comparison

[kWh/(m²a)] 0 10 20 30 40 50 60 70

metered

calculated

Ratio metered to calculated: **1,12**

Comment / Explanation:

Version: 2021-03-08

83

Bild 56: Verbrauch-Bedarf-Vergleich „H“ 2020
(Kennwerte bezogen auf die TABULA-Referenzfläche)

TABULA
Metered Consumption
Comparison to Calculation

Building code: conditioned floor area: m² A_{C,ref}

Comparison Scope

from: to: to: Number of years: **H**

Relevant Metering

Code of the metering	Metered quantity	Conditioned floor area	Utilisation	Metered energy		Consideration factor
				all balance years	average year	
		m ²		kWh	kWh/a	
M1	<EnergyProfile.Query.Current>.<M1>	3336,6	-H-	88967	88967	100%
M2	<EnergyProfile.Query.Current>.<M2>	3336,6	-W-	121402	121402	
M3	<EnergyProfile.Query.Current>.<M3>	3337,0	-	0	0	

kWh/a kWh/(m²a)

Annual metered consumption to be considered (comparison value) **88967** **24,2**

Comparison with Energy Balance Calculation

A_{C,ref} m²

DHW

	<small>Consideration factor</small>		
	kWh/(m ² a)		
Net energy need	15,0		
Effective net energy need (considering heat recoveries)			
Heat losses storage	0,0		
Heat losses distribution	6,4		
Gross heat demand	21,4		

Space heating

Calculation	Climate adjusted	<small>Consideration factor</small>
kWh/(m ² a)	kWh/(m ² a)	
35,6	41,0	
18,9	24,2	100%
0,0	0,0	100%
5,7	5,7	100%
24,6	29,9	

Climate adjustment factors

Heating degree days:

Solar radiation:

Effect of climate adjustment:

Energy Carrier	DHW			Space heating		
	DH_NoCHP	-	-	El.Prod	El.Aux	
Fraction of produced heat	100%	0%	0%			
Produced heat	21,4	0,0	0,0	29,9	0,0	0,0
Consideration factor						
Delivered energy	24,4	0,0	0,0	0,0	0,8	
Consideration factor						

Annual calculated demand to be considered (comparison value)

	Applicable for DHW			Applicable for Space heating			Comparison value
	kWh/(m ² a)			kWh/(m ² a)			Sum of applicable values
Heat demand	0,0			29,9			
Heat generation	0,0			0,0			
Energy carrier	0,0			0,0			
							<small>kWh/a kWh/(m²a)</small>
							109696 29,9

Comparison

[kWh/(m²a)] 0 5 10 15 20 25 30 35

metered:

calculated:

Ratio metered to calculated: **0,81**

Comment / Explanation:

Version: 2021-03-08

84

Bild 57: Ermittlung der Unsicherheit der U-Werte opaker Konstruktionen

TABULA		Estimation of the Uncertainty				U-value Constructions				
Thermal envelope area estimation according to TABULA method										
Building	DE.MOBASY.WBG.0008.04				Reference area	A _{c,ref} 3670,7 m ²				
Roof 1		Surface area	372 m ²							
U-value original construction	U _{0r}	W/(m ² K)	1,00	D	+/- 0,30	+/- 30%	0,014	+/- 0,004	+/- 4%	6%
Area fraction with insulation	f _{ins}	-	1,00	C			-0,882	+/- 0,000	+/- 0%	0%
Insulation thickness	d _{ins}	m	0,30	C	+/- 0,02	+/- 7%	-0,346	+/- 0,007	+/- 6%	16%
Thermal conductivity of insulation	λ _{ins}	W/(m·K)	0,040	C	+/- 0,006	+/- 15%	2,595	+/- 0,016	+/- 13%	79%
Resulting U-value			0,12	Effective U-Value		Uncertainty		+/- 0,02	+/- 15%	(100%)
Roof 2		Surface area	0 m ²							
U-value original construction	U _{0r}	W/(m ² K)		D						
Area fraction with insulation	f _{ins}	-		C						
Insulation thickness	d _{ins}	m		E						
Thermal conductivity of insulation	λ _{ins}	W/(m·K)		C						
Resulting U-value				Effective U-Value		Uncertainty				
Wall 1		Surface area	3143 m ²							
U-value original construction	U _{0r}	W/(m ² K)	1,20	D	+/- 0,36	+/- 30%	0,008	+/- 0,003	+/- 3%	3%
Area fraction with insulation	f _{ins}	-	1,00	C			-1,094	+/- 0,000	+/- 0%	0%
Insulation thickness	d _{ins}	m	0,30	C	+/- 0,02	+/- 7%	-0,323	+/- 0,006	+/- 6%	16%
Thermal conductivity of insulation	λ _{ins}	W/(m·K)	0,035	C	+/- 0,005	+/- 15%	2,769	+/- 0,015	+/- 14%	81%
Resulting U-value			0,11	Effective U-Value		Uncertainty		+/- 0,02	+/- 15%	(100%)
Wall 2		Surface area	0 m ²							
U-value original construction	U _{0r}	W/(m ² K)		D						
Area fraction with insulation	f _{ins}	-		C						
Insulation thickness	d _{ins}	m		C						
Thermal conductivity of insulation	λ _{ins}	W/(m·K)		C						
Resulting U-value				Effective U-Value		Uncertainty				
Wall 3		Surface area	0 m ²							
U-value original construction	U _{0r}	W/(m ² K)		D						
Area fraction with insulation	f _{ins}	-		C						
Insulation thickness	d _{ins}	m		C						
Thermal conductivity of insulation	λ _{ins}	W/(m·K)		C						
Resulting U-value				Effective U-Value		Uncertainty				
Floor 1		Surface area	372 m ²							
U-value original construction	U _{0r}	W/(m ² K)	0,88	D	+/- 0,26	+/- 30%	0,034	+/- 0,009	+/- 6%	8%
Area fraction with insulation	f _{ins}	-	1,00	C			-0,719	+/- 0,000	+/- 0%	0%
Insulation thickness	d _{ins}	m	0,12	C	+/- 0,02	+/- 17%	-1,108	+/- 0,022	+/- 14%	51%
Thermal conductivity of insulation	λ _{ins}	W/(m·K)	0,024	C	+/- 0,004	+/- 15%	5,538	+/- 0,020	+/- 12%	41%
Resulting U-value			0,16	Effective U-Value		Uncertainty		+/- 0,03	+/- 19%	(100%)
Floor 2		Surface area	0 m ²							
U-value original construction	U _{0r}	W/(m ² K)		D						
Area fraction with insulation	f _{ins}	-		C						
Insulation thickness	d _{ins}	m		C						
Thermal conductivity of insulation	λ _{ins}	W/(m·K)		C						
Resulting U-value				Effective U-Value		Uncertainty				

Version: 2021-03-08

Bild 58: Ermittlung der Unsicherheit des Endenergiebedarfs
(Kennwerte bezogen auf die TABULA-Referenzfläche)

Estimation of the Uncertainty											
building		DE.MOBASY.WBG.0008.04				reference area		Ac_ref 3670,7 m ²			
Number of dwellings		48									
Reduction factor multi-dwelling		0,14									
Energy expenditure factors											
		Delivered energy			Sum delivered energy		net heat need		Simplified energy expenditure factor (not differentiated by energy carrier)		
		EC 1	EC 2	EC 3	kWh/(m ² a)		kWh/(m ² a)		=		
Space heating	DH_NoCHP	-	-	-	25,0		18,9		1,33		
DHW	DH_NoCHP	-	-	-	24,4		15,0		1,63		
Uncertainty of respective quantity											
Quantity	Value	Uncertainty		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		
		Category	relative							absolute	
Building heat losses											
Envelope area		A _{env,calc}	4548	C +/- 15%	+/- 682	1,0	22,2	0,00	1,00	+/- 3,3	10,1%
Thermal transmittance		b _{tr,i} · U _{eff,i}	W/(m ² K)		W/(m ² K)		kWh/(m ² a)/1 W/(m ² K)			kWh/(m ² a)	
Roof 1	1,00 0,12	0,12	+/- 15%	+/- 0,02	1,0	0,9	8,0	1,00	+/- 0,1	0,0%	
Roof 2					1,0			1,00			
Wall 1	1,00 0,11	0,11	+/- 15%	+/- 0,02	1,0	7,2	67,8	1,00	+/- 1,1	1,1%	
Wall 2					1,0			1,00			
Wall 3					1,0			1,00			
Floor 1	0,50 0,16	0,08	+/- 19%	+/- 0,02	1,0	0,7	8,0	1,00	+/- 0,1	0,0%	
Floor 2					1,0			1,00			
Window 1	1,00 0,80	0,80	+/- 15%	+/- 0,12	1,0	10,7	13,4	1,00	+/- 1,6	2,4%	
Window 2					1,0			1,00			
Door 1	1,00 0,80	0,80	+/- 15%	+/- 0,12	1,0	0,7	0,8	1,00	+/- 0,1	0,0%	
Thermal bridging		ΔU _{eff,th bridge}	W/(m ² K)	C +/- 22%	+/- 0,05	1,0	22,2	98,1	1,00	+/- 4,9	21,9%
Relative uncertainty related to			0,23 W/(m ² K)								
Air exchange (heat not recovered)		n _{air,heat loss}	1/h	D +/- 56%	+/- 0,25	0,14	37,0	82,3	1,00	+/- 3,0	8,0%
Relative uncertainty related to			0,45 1/h								
Internal temperature		θ _i	°C	D +/- 12%	+/- 2,0	0,14	59,2	3,4	1,00	+/- 1,0	0,9%
Relative uncertainty related to			17,2 K								
External temperatures		F _{HDD}	kKh/a	B +/- 10%	+/- 8,5	1,0	59,2	0,7	1,00	+/- 5,9	31,9%
Relative uncertainty related to											
Building heat gains											
Solar heat gains		A _{ap,equiv al S}	m ²	E +/- 60%	+/- 43	1,0	8,4	0,12	1,00	+/- 5,0	23,0%
Equivalent South aperture											
Solar radiation		I _{sol,hp}	kWh/(m ² a)	B +/- 10%	+/- 43	1,0	8,4	0,02	1,00	+/- 0,8	0,6%
Relative uncertainty related to			W/m ²								
Internal heat load		q _{int}	W/m ²	D +/- 50%	+/- 1,55	0,14	3,1	1,0	1,00	+/- 0,2	0,0%
Relative uncertainty related to											
Total uncertainty energy need for heating					q _{h,nd}	35,6				+/- 10	(100%)
Domestic hot water (DHW) - heat need											
DHW heat need		q _{h,nd}	kWh/(m ² a)	C +/- 25%	+/- 3,75	1,0	15,0	1,0	1,00	+/- 3,8	
Relative uncertainty related to											
Total uncertainty DHW heat need						15,0				+/- 4	
Delivered energy (building + heat supply system)											
Space heating		q _{h,nd}					36		1,33	+/- 13,9	90,7%
Heat need for heating											
Ventilation with heat recovery (considered as part of the heat supply system)		q _{ve,rec}	0,60	B +/- 20%	+/- 0,12	1,0	13,9	+23,2	1,33	+/- 3,7	6,4%
Heat recovery											
Heat supply system		E _{sys,h}	1,33	C +/- 10%	+/- 0,13	1,0	25,0	18,9	1,00	+/- 2,5	2,9%
Energy expenditure factor											
Total uncertainty delivered energy for space heating (building + heat supply system)										+/- 15	(100%)
Relative uncertainty related to											83,2%
Domestic hot water (DHW)		q _{h,nd}							1,63	+/- 6,1	86,2%
DHW heat need											
Energy expenditure factor		E _{sys,dw}	1,63	C +/- 10%	+/- 0,16	1,0	24,4	+15,0	1,00	+/- 2,4	13,8%
Relative uncertainty related to											
Total uncertainty delivered energy for DHW (heat need + heat supply system)										+/- 7	(100%)
Relative uncertainty related to											16,8%
Delivered energy for space heating and DHW						49,4					
Total uncertainty delivered energy for space heating and DHW										+/- 16	(100%)
*) Simplified linear approach Simplified uncertainty estimation for delivered energy related to reference area (conditioned floor area)											

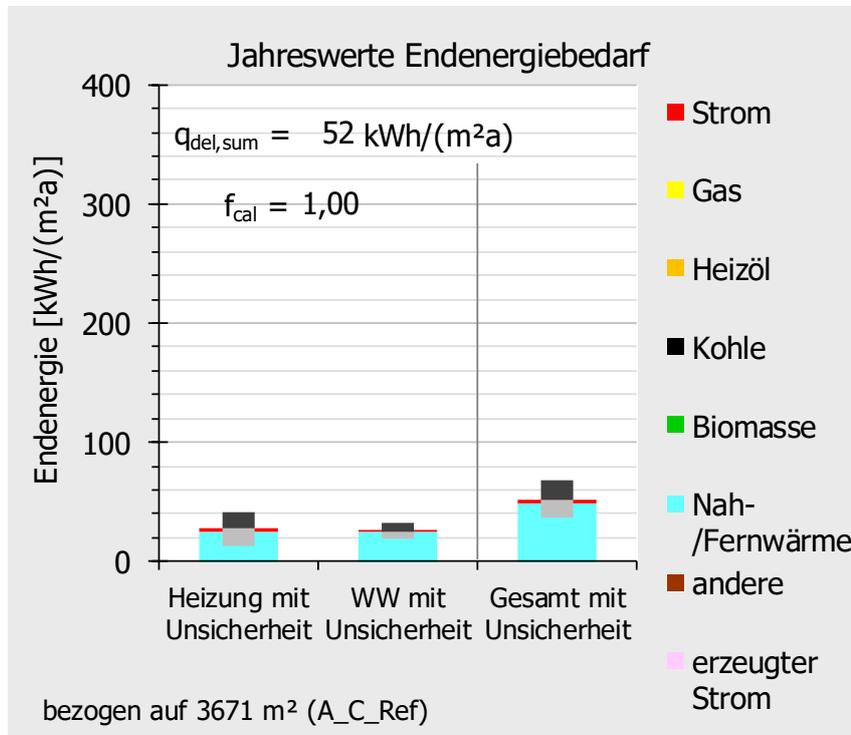
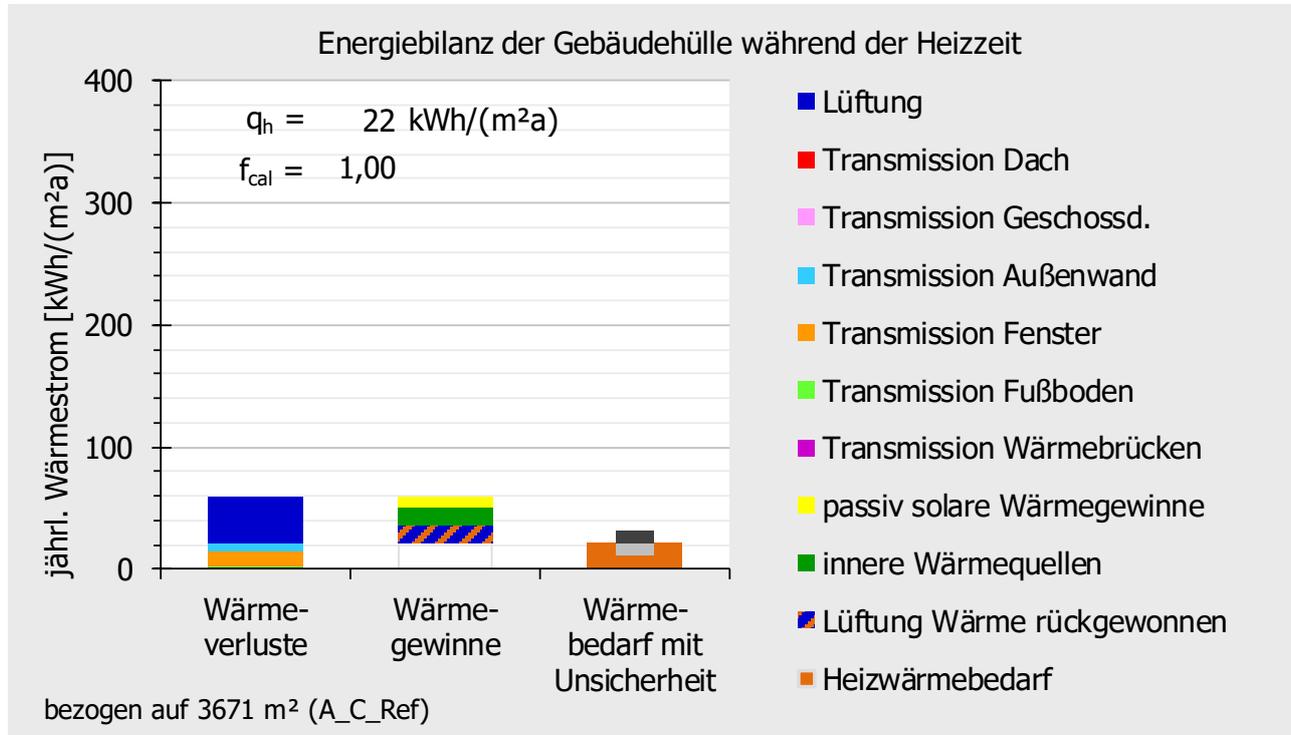
Bild 59: Überblick über die Ein- und Ausgabedaten der Bilanzierung und des V-B-Vergleichs

Energy Profile Data Overview				Energy Performance Calculation					
ID_Dataset	DE.MOBASY.WBG.0008.04			Date_Change	27.07.2022 16:25				
ID_Building				Name_Variant	ion (step 2 of energy controlling for "n				
Spec_Building_Summary	--- Gießen --- Eichgärtenallee 110								
A_C_Ref	3671	m ²	= Reference area	Code_Type_Procedure	TABULA_Standard				
A_C_Living	3337	m ²							
Year_State	2021		Code_AttachedNeighbours	N0	theta_i_calc	22,1	°C		
Year_Building	1965		Sum_DeltaT_for_HeatingDays		3547	Kd/a			
n_Block	1		Code_ComplexFootprint	Complex	F_red_temp	0,93			
n_House	1		Code_AtticCond	-	theta_i_effective	20,9	°C		
n_Storey	12		Code_ComplexRoof	Simple					
n_Dwelling	48		Code_CellarCond	N	phi_int	3,1	W/m ²		
			Indicator_Cellar_Insulated	FALSCH {0,1}	F_sh_hor	0,80			
			h_Ceiling	#NV m	F_sh_vert	0,60			
					F_f	0,30			
					F_w	0,90			
					c_m	90,0	Wh/(m ² K)		
Code_InsulationType	f	d	Lambda	Code_MeasureType					
Insulation				U	A				
			cm W/(m·K)	W/(m ² K)	m ²	m ² /m ²			
Roof	Refurbish	100%	30	0,040	_NA_				
	NA	100%	#NV	0,000	_NA_	0,10			
Wall	Refurbish	100%	30	0,035	_NA_				
Floor	Refurbish	100%	12	0,024	_NA_	0,86			
n_air_infiltration	0,10	1/h							
n_air_mech	0,35	1/h							
n_air_total	0,55	1/h							
eta_ve_rec	0,60								
Roof_01	0,12	372							
Roof_02	0,24	0							
Wall_01	0,11	3143							
Wall_02	0,11	0							
Wall_03	0,11	0							
Floor_01	0,16	372							
Floor_02	0,17	0							
Window_01	0,80	623							
Window_02	0,00	0							
Door_01	0,80	38							
delta_U_ThermalBridging	0,02								
h_ht_tr	0,28	W/(m ² K)							
h_ht_ve	0,47	W/(m ² K)							
q_ht_tr	22,2	kWh/(m ² a)							
q_ht_ve	37,0	kWh/(m ² a)							
q_sol	8,3	kWh/(m ² a)							
q_int	15,3	kWh/(m ² a)							
q_h_nd	35,6	kWh/(m ² a)							
q_h_nd_net	21,7	kWh/(m ² a)							
Code_SysH	1	2	3	h	w	h+w			
Code_SysH_G	TS	-	-	q_del_h_sum_gas	0,0	0,0	0,0 kWh/(m ² a)		
Code_SysH_EC	DH_NoCHP	-	-	q_del_h_sum_oil	0,0	0,0	0,0 kWh/(m ² a)		
q_g_out_h	25,0	0,0	0,0 kWh/(m ² a)	q_del_h_sum_coal	0,0	0,0	0,0 kWh/(m ² a)		
q_del_h	25,0	0,0	0,0 kWh/(m ² a)	q_del_h_sum_bio	0,0	0,0	0,0 kWh/(m ² a)		
q_prod_el_h	0,0	0,0	0,0 kWh/(m ² a)	q_del_h_sum_el	2,2	0,8	3,0 kWh/(m ² a)		
Code_SysW	1	2	3	q_del_h_sum_dh	25,0	24,4	49,4 kWh/(m ² a)		
Code_SysW_G	TS	-	-	q_del_h_sum_other	0,0	0,0	0,0 kWh/(m ² a)		
Code_SysW_EC	DH_NoCHP	-	-	q_exp_h_sum_el	0,0	0,0	0,0 kWh/(m ² a)		
q_g_out_w	21,4	0,0	0,0 kWh/(m ² a)	Uncertainty_q_h_nd	10,5		kWh/(m ² a)		
q_del_w	24,4	0,0	0,0 kWh/(m ² a)	Uncertainty_q_w_nd	3,8		kWh/(m ² a)		
q_prod_el_w	0,0	0,0	0,0 kWh/(m ² a)	Uncertainty_q_del_h	14,2		kWh/(m ² a)		
q_del_ve_Aux	1,7		kWh/(m ² a)	Uncertainty_q_del_w	6,6		kWh/(m ² a)		
q_del_h_Aux	0,5		kWh/(m ² a)	Uncertainty_q_del	15,7		kWh/(m ² a)		
q_del_w_Aux	0,8		kWh/(m ² a)						
Code_Type_ConsiderActualClimate	LocalLTA_LocalPeriod								
Code_Type_ClimateCorrection	Correction_Temperature_Solar								
Code_TypePeriod_MeterComparison	01	02	03	04	05	06	07	08	09
	H+W. 01.20	H+W. 01.20	H+W. 01.20	H+W. 01.20	H+W. 01.20	H.01. 2021-01	H.01. 2020-01	W.01. 2021-01	W.01. 2020-01
Date_BalanceYears_Start	01.01.2021	01.01.2020	01.01.2019	01.01.2018	01.01.2017	01.01.2021	01.01.2020	01.01.2021	01.01.2020
Date_BalanceYears_End	31.12.2021	31.12.2020	31.12.2019	31.12.2018	31.12.2017	31.12.2021	31.12.2020	31.12.2021	31.12.2020
q_compare_w_per_sqm	21	21	21	21	21	0	0	21	21
q_compare_h_per_sqm	30	20	24	23	26	30	20	0	0
Code_Domain_MeterComparison_SysH	UDS-H	UDS-H	UDS-H	UDS-H	UDS-H	UDS-H	UDS-H	-	-
Code_Domain_MeterComparison_SysW	UDS-H	UDS-H	UDS-H	UDS-H	UDS-H	-	-	UDS-H	UDS-H
F_CalcAdapt_M	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Indicator_CalcAdapt_M	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q_calc_per_sqm	51	42	45	44	47	30	20	21	21
q_meter_per_sqm	57	50	48	46	42	24	18	33	32
ratio_q_meter_q_calc	1,12	1,20	1,06	1,05	0,88	0,81	0,90	1,55	1,49

27.07.2022 16:27

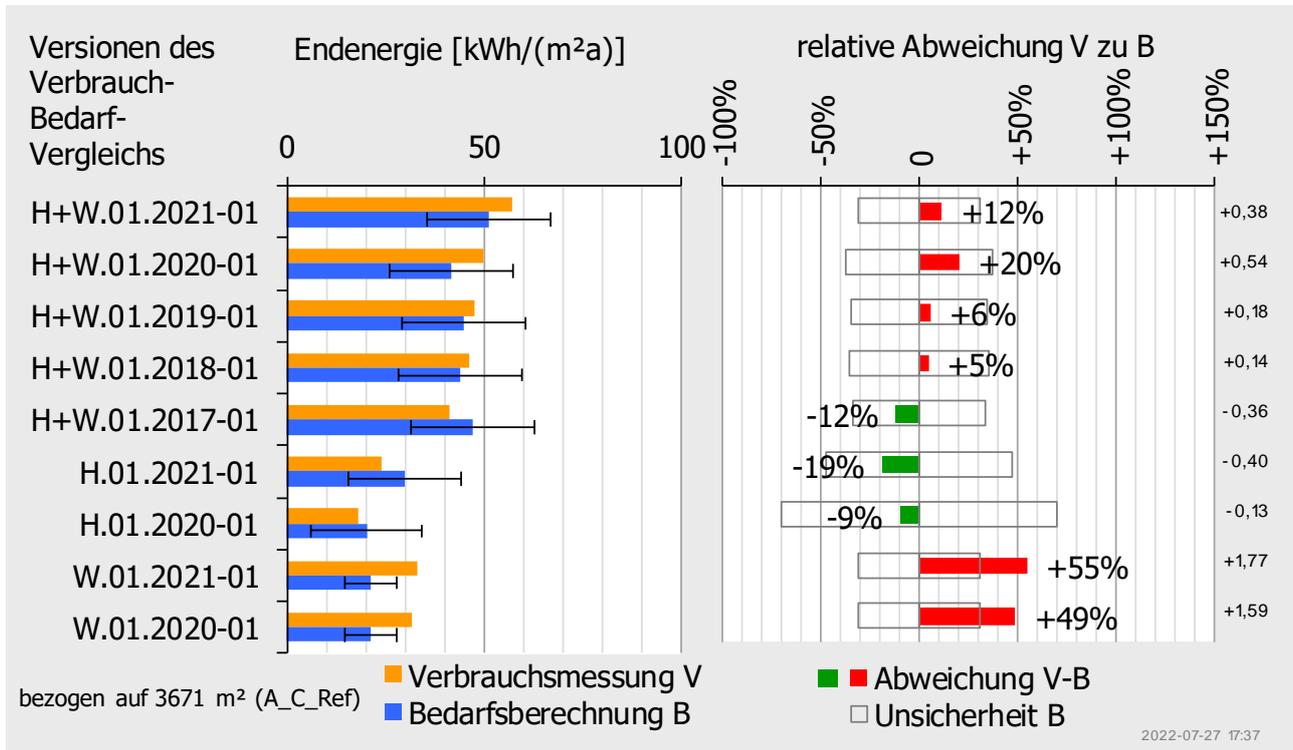
E.6 Energiebilanz-Diagramme

Bild 60: Energiebilanz Heizwärme und Endenergie
(Kennwerte bezogen auf die Netto-Raumfläche = TABULA-Referenzfläche)



kWh/(m ² a)	
Wärmebedarf	
Heizung	36 ±11
Rückgew.	14 ±1
Netto-Wärme	22 ±11
Warmwasser	15 ±4
Endenergiebedarf	
Strom	3 ±1
Gas	
Heizöl	
Kohle	
Biomasse	
Nah-/Fernw. andere	49 ±15
Gesamt	52 ±15

Bild 61: Verbrauchswerte und Vergleichswerte Bedarf
(Kennwerte bezogen auf die Netto-Raumfläche = TABULA-Referenzfläche)



E.7 Zwei weitere baugleiche und in gleicher Weise modernisierte Gebäude

Nach Abschluss der Modernisierung des hier vorgestellten Gebäudes wurden zwei benachbarte baugleiche Gebäude durch Umsetzung identischer Maßnahmen modernisiert (siehe Foto Bild 62). Die mittlerweile vorliegenden Verbrauchswerte für diese beiden Gebäude sollen hier noch mit herangezogen werden. Die nächsten beiden Bögen zur Verbrauchserfassung zeigen die in den Kellern der jeweiligen Gebäude mittels Wärmemengenzählern gemessenen Verbrauchsmengen in MWh, jeweils für Heizung und für Warmwasser. Es folgen die Diagramme zur Verbrauch-Bedarf-Analyse. Ebenso wie für <B.08> liegen auch für die anderen beiden Hochhäuser die Verbrauchswerte im Bereich der mittels Realbilanz-Modell ermittelten Erwartungsbereichs.

Bild 62: Energetisch modernisierte baugleiche Hochhäuser in Gießen (Foto: IWU)



Bild 63: Erfassungsbogen Energieverbrauch Haus-Nr. 106

Energieprofil					Fragebogen Messwerte Verbrauch																																																																																																																		
Gebäude		DE.MOBASY.WBG.0036.01			beheizte Wohnfläche		3446 m ²																																																																																																																
Verbrauchsangabe n für Fläche		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Messstelle</th> </tr> <tr> <th>M1</th> <th>M2</th> <th>M3</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3446</td> <td>3446</td> <td>0</td> <td>m²</td> </tr> </tbody> </table>			Messstelle				M1	M2	M3		3446	3446	0	m ²	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Messstelle</th> </tr> <tr> <th>M1</th> <th>M2</th> <th>M3</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Messstelle				M1	M2	M3		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																										
Messstelle																																																																																																																							
M1	M2	M3																																																																																																																					
3446	3446	0	m ²																																																																																																																				
Messstelle																																																																																																																							
M1	M2	M3																																																																																																																					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																					
von	bis	M1	M2	M3	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Gemessene Größe</th> <th colspan="3">Messstelle</th> </tr> <tr> <th></th> <th>M1</th> <th>M2</th> <th>M3</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Heizöl</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Erdgas</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Flüssiggas</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Holzpellets</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Scheitholz</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Kohle</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Strom</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Strom-Sondertarif</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Wärmemenge</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Warmwasser-Volumen</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>andere:</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>nicht belegt</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>				Gemessene Größe				Messstelle				M1	M2	M3					Heizöl	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Erdgas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Flüssiggas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Holzpellets	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Scheitholz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kohle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Strom	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Strom-Sondertarif	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Wärmemenge	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Warmwasser-Volumen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	andere:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	nicht belegt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Gemessene Größe				Messstelle																																																																																																																			
	M1	M2	M3																																																																																																																				
Heizöl	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																
Erdgas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																
Flüssiggas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																
Holzpellets	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																
Scheitholz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																
Kohle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																
Strom	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																
Strom-Sondertarif	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																
Wärmemenge	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																
Warmwasser-Volumen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																
andere:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																
nicht belegt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Angaben in:</th> </tr> <tr> <th></th> <th>M1</th> <th>M2</th> <th>M3</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>kWh*</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>MWh*</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Liter (Abk. "l")</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>m³, cbm (Kubikmeter)</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>kg</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tonnen</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Raummeter, Ster [1]</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Schüttkubikmeter [2]</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Festmeter</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>andere:</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					Angaben in:						M1	M2	M3		kWh*	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		MWh*	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Liter (Abk. "l")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		m ³ , cbm (Kubikmeter)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input 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"/>		<p>*) Bei Angaben in kWh oder MWh (nur Brennstoffe): Bezug auf 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"/></p>																																																						
Angaben in:																																																																																																																							
	M1	M2	M3																																																																																																																				
kWh*	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																				
MWh*	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																				
Liter (Abk. "l")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																				
m ³ , cbm (Kubikmeter)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input 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"/>																																																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Verwendung für:</th> </tr> <tr> <th></th> <th>M1</th> <th>M2</th> <th>M3</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Heizung</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Warmwasser</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kühlung / Klimatisierung</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lüftungsanlage (Strom)</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pumpen, Regelung, etc.</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Haushaltsstrom</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kochen</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>andere</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					Verwendung für:						M1	M2	M3		Heizung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Warmwasser	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input 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"/>		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Angaben zu Teilmessungen</th> </tr> <tr> <th></th> <th>M1</th> <th>M2</th> <th>M3</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>In M1 ist enthalten:</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>In M2 ist enthalten:</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Angaben zu Teilmessungen						M1	M2	M3		In M1 ist enthalten:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		In M2 ist enthalten:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																										
Verwendung für:																																																																																																																							
	M1	M2	M3																																																																																																																				
Heizung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																				
Warmwasser	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input 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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																				
In M2 ist enthalten:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Angaben zur Vollständigkeit</th> </tr> <tr> <th></th> <th>ja</th> <th>nein</th> <th>unbe-</th> <th>k.A.</th> </tr> <tr> <th></th> <th><input type="checkbox"/></th> <th><input type="checkbox"/></th> <th>kannt</th> <th><input type="checkbox"/></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Der Energiebezug für die Gebäudebeheizung ist damit vollständig.</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Der Energiebezug für die Warmwasserbereitung - sofern in den Verbrauchsangaben enthalten - ist vollständig. Die Messwerte gelten für die genannte Fläche. Andere Flächen werden nicht versorgt.</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>					Angaben zur Vollständigkeit						ja	nein	unbe-	k.A.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	kannt	<input type="checkbox"/>	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"/>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Besonderheiten</th> </tr> <tr> <th></th> <th>M1</th> <th>M2</th> <th>M3</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Messung in den Wohnungen (ohne Verteilverluste im ganzen Haus, bei MFH)</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Messung in separater Heizzentrale (inkl. Verteilverluste Erdreich)</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Besonderheiten						M1	M2	M3		Messung in den Wohnungen (ohne Verteilverluste im ganzen Haus, bei MFH)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Messung in separater Heizzentrale (inkl. Verteilverluste Erdreich)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																			
Angaben zur Vollständigkeit																																																																																																																							
	ja	nein	unbe-	k.A.																																																																																																																			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	kannt	<input type="checkbox"/>																																																																																																																			
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 type="checkbox"/>																																																																																																																				
Messung in separater Heizzentrale (inkl. Verteilverluste Erdreich)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																				
<p>Erläuterungen</p> <p>[1] Raummeter, Ster: Stapelvolumen in m³ [2] Schüttkubikmeter: Schüttvolumen in m³ [3] oberer Heizwert = Brennwert</p>																																																																																																																							

Bild 64: Erfassungsbogen Energieverbrauch Haus-Nr. 108

Energieprofil					Fragebogen Messwerte Verbrauch													
Gebäude		DE.MOBASY.WBG.0037.01			beheizte Wohnfläche		3446 m ²											
Verbrauchsangabe n für Fläche		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Messstelle</th> </tr> <tr> <th>M1</th> <th>M2</th> <th>M3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3446</td> <td>3446</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>			Messstelle			M1	M2	M3	3446	3446	0	m ²				
Messstelle																		
M1	M2	M3																
3446	3446	0																
von	bis	M1	M2	M3														
1	01.01.2015	31.12.2015			0													
2	01.01.2016	31.12.2016			0													
3	01.01.2017	31.12.2017			0													
4	01.01.2018	31.12.2018			0													
5	01.01.2019	31.12.2019	62,683	91,286	0													
6	01.01.2020	31.12.2020	75,909	119,223	0													
7	01.01.2021	31.12.2021	95,612	106,286	0													
8	01.01.2022	#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 type="checkbox"/>
andere:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
nicht belegt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Angaben in:	M1	M2	M3
kWh*	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MWh*	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Liter (Abk. "l")	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
m ³ , cbm (Kubikmeter)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input 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 type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input 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 type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
In M2 ist enthalten:	<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 type="checkbox"/>
Messung in separater Heizzentrale (inkl. Verteilverluste Erdreich)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Erläuterungen

[1] Raummeter, Ster: Stapelvolumen in m³
 [2] Schüttkubikmeter: Schüttvolumen in m³
 [3] oberer Heizwert = Brennwert

Angaben zur Vollständigkeit	ja	nein	unbe-	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"/>

Bild 65: Verbrauch-Bedarf-Vergleich <H+W> für die drei baugleichen, mit identischen Maßnahmen energetisch modernisierten Hochhäuser
 (Kennwerte bezogen auf die Netto-Raumfläche = TABULA-Referenzfläche)

