



**Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung**

im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung



BBSR-Online-Publikation Nr. 10/2019

**Untersuchung und Erarbeitung von Grundlagen
zur Fortschreibung des Modellgebäudeverfahrens
EnEV easy für Wohngebäude**

Das Projekt des Forschungsprogramms „Zukunft Bau“ wurde vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Auftrag des Bundesministeriums des Innern, für Bau und Heimat (BMI) durchgeführt.

ISSN 1868-0097

IMPRESSUM

Herausgeber

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
Deichmanns Aue 31– 37
53179 Bonn

Wissenschaftliche Begleitung

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
Referat II 2 – Energieeinsparung, Klimaschutz
Melanie Bart
melanie.bart@bbr.bund.de

Auftragnehmer

Universität Stuttgart – Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE)
Prof. Dr.-Ing. Konstantinos Stergiaropoulos, Philipp Wachter, Osman Akyildiz

Stand

November 2018

Vervielfältigung

Alle Rechte vorbehalten
Die vom Auftragnehmer vertretene Auffassung ist nicht unbedingt mit der des Herausgebers identisch.

Zitierweise

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.): Untersuchung und Erarbeitung von Grundlagen zur Fortschreibung des Modellgebäudeverfahrens EnEV easy für Wohngebäude. BBSR-Online-Publikation 10/2019, Bonn, März 2019.



Liebe Leserinnen und Leser,

laut Koalitionsvertrag sollen Energieeinspargesetz (EnEG), Energieeinsparverordnung (EnEV) und Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) in einem Gebäudeenergiegesetz (GEG) zusammengeführt werden. Dabei sollen auch die energiesparrechtliche Nachweisführung und die Erstellung eines Energieausweises vereinfacht werden. Eine Stellschraube ist das Modellgebäudeverfahren.

Der auch als „EnEV easy“ bezeichnete Ansatz ist bisher in einer Bekanntmachung der zuständigen Ministerien zur EnEV geregelt. Das Verfahren ermöglicht es Bauherren, statt eines individuellen rechnerischen Nachweises unter bestimmten Umständen auf energetische Kennwerte von Modellgebäuden zurückzugreifen, um einen Wärmeschutznachweis zu führen oder einen Energieausweis für ein Wohngebäude zu erstellen.

Das BBSR hatte die Universität Stuttgart damit beauftragt, den Ansatz weiterzuentwickeln und dabei neue Entwicklungen insbesondere bei der Anlagentechnik zu berücksichtigen. Die Ergebnisse des Projekts wie eine Modellgebäude-Datenbank liefern wichtige Erkenntnisse für die Integration des Modellgebäudeverfahrens in ein Gebäudeenergiegesetz.

Ich wünsche Ihnen eine interessante Lektüre.



Dr. Markus Eltges

Leiter des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung

Kurzfassung

Die geltende Energieeinsparverordnung (EnEV) sieht in § 3 Absatz 5 EnEV für neue, nicht gekühlte Wohngebäude ein vereinfachtes Nachweisverfahren vor. Dieses Verfahren wurde am 21. Oktober 2016 im Rahmen einer gemeinsamen Bekanntmachung vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) eingeführt. In der Bekanntmachung werden – auf Grundlage von Modellrechnungen – Ausstattungsvarianten beschrieben, die unter dort ebenfalls definierten Anwendungsvoraussetzungen, die Anforderungen des § 3 Absatz 1, 2 und 4 EnEV generell erfüllen. Eine Ausstattungsvariante steht für eine Kombination aus einem Anlagensystem und einer Wärmeschutzvariante. Für Wohngebäude, welche die beschriebenen Anwendungsvoraussetzungen erfüllen und in einer der aufgeführten Ausstattungsvarianten errichtet werden, wird die Einhaltung des § 3 Absatz 1, 2, und 4 EnEV als erfüllt angesehen, ohne dass ausführliche Berechnungen nach § 3 Absatz 3 EnEV erforderlich werden.

Ziel

Das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) hat die vorgenannten Modellrechnungen für 13 Anlagensysteme in Verbindung mit 5 Wärmeschutzvarianten durchführen lassen. Mit der Einführung des Modellgebäudeverfahrens wurden zunächst diese 13 Anlagensysteme in Kombination mit den aufgeführten Wärmeschutzvarianten berücksichtigt. Es besteht jedoch die Absicht, das Verfahren insbesondere für Innovationen offen zu halten und sicherzustellen, dass es in Zukunft nicht zur Benachteiligung weiterer und möglicherweise besonders energieeffizienter Techniken kommt. Weiterhin besteht die Absicht, das Verfahren in das zukünftige GebäudeEnergieGesetz (GEG) zu integrieren.

In diesem Kontext ist es zunächst notwendig, die dem Verfahren zugrundeliegenden Modellgebäude zu charakterisieren, deren Datengrundlage nicht im Detail verfügbar ist (Los 1 des Forschungsvorhabens). Anschließend sollen die 13 Anlagensysteme in Kombination mit den erforderlichen Wärmeschutzvarianten unter den Randbedingungen des GEG erneut berechnet werden (Los 2 des Forschungsvorhabens).

Konzept

Um eine Fortschreibung des Verfahrens zur ermöglichen, werden in Los 1 zunächst theoretische Grundlagen aufbereitet, die in den vorangegangenen Forschungsvorhaben erarbeitet wurden sowie eine Modellgebäudedatenbank erstellt. Mit Kontrollrechnungen wird sichergestellt, dass bei Anwendung der Modellgebäudedatenbank eine hinreichende Übereinstimmung mit den Energieausweiskennwerten der bisherigen Bekanntmachung erreicht wird.

Los 1 untergliedert sich in folgende Teilschritte:

- Auswertung vorhergehender Studien zu EnEV easy und Ableitung von Rahmenbedingungen für die Modellgebäudedatenbank
- Erstellung eines Regelwerks in Form einer Modellgebäudedatenbank
- Kontrollrechnung nach DIN V 4108-6 / DIN V 4701-10
- Erstellung einer zweiten Variante der Datenbank mit reduziertem Fensterflächenanteil
- Erarbeitung eines Vorschlages für das Datenbankformat

Die Vorbereitung des Verfahrens für dessen Aufnahme in das GEG erfolgt in Los 2. Entsprechend dem Gesetzentwurf der Bundesregierung vom 31.03.2017 soll langfristig die DIN V 18599 das einzig zulässige Berechnungsverfahren für den öffentlich-rechtlichen Nachweis werden. In diesem Zusammenhang müssen die im

Rahmen der Vorbereitung der Bekanntmachung durchgeführten Berechnungen auf Basis der DIN V 18599:2016 wiederholt werden. Darüber hinaus sollen die den Berechnungen zugrundeliegenden Randbedingungen überarbeitet werden. Dies beinhaltet zum einen die Berücksichtigung der Vorgaben des aktuellen Entwurfs des GEG. Zum anderen gilt die Prämisse, dass die Grenzwerte aus dem Referenzgebäudeverfahren bei Anwendung des Modellgebäudeverfahrens EnEV easy nur im Mittel und nicht für jede Konstellation unterschritten werden müssen, wobei Abweichungen bis zu 10% zulässig sind.

Es soll ermittelt werden, welche Kombination aus Anlagenvariante und Wärmeschutzvariante die gesetzlichen Anforderungen generell erfüllen. Eine detaillierte Berechnung der Energieausweiskennwerte wird in ein Folgeprojekt verlagert und soll in einer zukünftigen Bekanntmachung veröffentlicht werden.

Los 2 untergliedert sich in folgende Teilschritte:

- Kategorisierung der Anlagenvarianten
- Untersuchung weiterer Potentiale zur Vereinfachung des Modellgebäudeverfahrens EnEV easy
- Ermittlung der erforderlichen Wärmeschutzvarianten für die jeweiligen Anlagenvarianten zur Erfüllung der gesetzlichen Anforderungen
- Untersuchung des Einflusses von unterschiedlichen Fensterflächenanteilen der Modellgebäude auf die Wärmeschutzanforderungen
- Erarbeitung von Vorschlägen zur Vereinfachung der Anlagenbeschreibungen

Ergebnisse

Ergebnis von Los 1 des Forschungsvorhabens ist eine Datenbank, die das Fortschreiben des Modellgebäudeverfahrens EnEV easy ermöglicht. Die Datenbank liegt als XLSX-Datei vor, da dies das am weitesten verbreitete Format darstellt. Für ein automatisiertes Einlesen der Gebäudedaten in eine Software für den EnEV-Nachweis kann der Nutzer der Datenbank diese entsprechend der Vorgaben der jeweiligen Software strukturieren und bspw. in eine Text-Datei (CSV-Format) konvertieren. Dadurch wird eine universelle Anwendbarkeit der Datenbank sichergestellt.

Die Ergebnisse der durchgeführten Kontrollrechnungen zeigen, dass bei Anwendung der Datenbank eine hinreichende Übereinstimmung der ermittelten Energieausweiskennwerte mit den Tabellen der Bekanntmachung erzielt wird. Des Weiteren wurden in Los 1 theoretische Grundlagen, die für eine Fortschreibung des Modellgebäudeverfahrens wesentlich sind, aufgearbeitet und anschaulich dokumentiert. Dazu zählen Hintergrundinformationen zu den in der Bekanntmachung aufgeführten Anwendungsvoraussetzungen sowie Hilfestellungen und ein standardisiertes Vorgehen zur Anwendung der Datenbanken.

Das Modellgebäudeverfahren wurde in Los 2 unter aktuellen gesetzlichen und normativen Rahmenbedingungen überarbeitet. Die materiell-rechtlichen Anforderungen, unter deren Einhaltung das Modellgebäudeverfahren EnEV easy für neu zu errichtende Wohngebäude angewandt werden kann, wurden in diesem Zusammenhang erneut ermittelt. Im Vergleich zur aktuellen Bekanntmachung sind speziell bei kleinen Gebäuden mit einer Gebäudenutzfläche A_N bis 350 m² Erleichterungen hinsichtlich der Wärmeschutzanforderungen festzustellen. Dies ist im Wesentlichen auf folgende zwei Randbedingungen zurückzuführen:

- Die Nebenanforderung nach Anlage 1 Tabelle 2 EnEV ist nicht Bestandteil des aktuellen Entwurfs des GEG
- Für die Berechnung der Anforderungswerte und der Ist-Werte wurden Modellgebäude gleicher Geometrie verwendet und somit auf eine zusätzliche Sicherheitsmarge verzichtet.

Weiterer Bestandteil von Los 2 ist eine Untersuchung zum Einfluss des Fensterflächenanteils der Modellgebäude. Diese führt zu der Erkenntnis, dass unter den aktuellen Randbedingungen die Wärmeschutzanforderungen nur geringfügig durch den Fensterflächenanteil beeinflusst werden.

Neben den Untersuchungen bzgl. der Wärmeschutzanforderungen wurden zwei Vorschläge zur Vereinfachung der Beschreibungen der Anlagen Ausführungen erarbeitet. Im Interesse einer kompakten Darstellung wird anstelle von ausführlichen Anlagenbeschreibungen auf entsprechende Standardwerte in der DIN V 18599:2018-09 sowie auf die Ökodesign-Richtlinie verwiesen.

Summary

The current version of the Energy Saving Ordinance (EnEV) provides a simplified procedure for calculating the energy efficiency of newly constructed residential buildings without air conditioning in § 3 para. 5 EnEV. This procedure was introduced in October 2016 as part of a joint announcement by the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi) and the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety (BMUB). The announcement describes various technical configurations which generally meet the requirements of § 3 para. 1, 2 and 4 EnEV under the conditions of application defined therein. A technical configuration describes a combination of a plant system and thermal insulation. The procedure eliminates detailed calculations in accordance with § 3 para. 3 EnEV, if the building meets prescribed conditions and complies with certain requirements on the energy quality of the building envelope and plant systems.

Objective

The Federal Institute for Research on Building, Urban Affairs and Spatial Development (BBSR) has carried out calculations for 13 plant systems in conjunction with 5 types of thermal insulation. With the introduction of the procedure “EnEV easy”, these 13 systems were initially considered in combination with the different thermal insulation requirements. However, the intention is to keep the procedure open, especially for innovation, and to ensure that there is no discrimination against other and possibly particularly energy-efficient technologies in the future. It is also intended to integrate the procedure into the new Building Energy Law (GEG).

In this context, it is first necessary to create the model buildings on which the procedure is based. (Part 1 of the research project). Subsequently, the 13 plant systems are to be recalculated in combination with the required types of thermal insulation under the boundary conditions of the GEG (Part 2 of the research project).

Concept

To update the procedure, Part 1 will prepare theoretical principles that were developed in the previous research projects and a database with model buildings will be created. Control calculations are used to ensure that the application of the database achieves sufficient compliance with the parameters to be entered in the energy certificate of the previous announcement.

Part 1 is divided into the following Steps:

- Reviewing of previous studies on “EnEV easy” and derivation of framework conditions for the model building database
- Development of a set of rules in the form of a model building database
- Control calculation in accordance with DIN V 4108-6 / DIN V 4701-10
- Creation of a second database with reduced proportion of window surfaces
- Development of a proposal for the database format

The preparation of the procedure for its inclusion in the GEG takes place in Part 2. According to the draft legislation of the Federal Government of 31 March 2017, DIN V 18599 is to become the only permissible calculation procedure for public law proof in the long term. The calculations carried out in preparation for the announcement must therefore be repeated based on DIN V 18599:2016. In addition, the boundary conditions on which the calculations are based are to be revised. On the one hand, this includes the consideration of the specifications of the current draft of the GEG. On the other hand, the values obtained from the “EnEV easy” procedure may deviate from the values from the reference building method by up to 10%.

The aim is to determine which combination of plant system and thermal insulation meet the legal requirements. A detailed calculation of the parameters to be entered in the energy certificate will be transferred to a follow-up project and will be published in a future announcement.

Part 2 is divided into the following Steps:

- Categorization of plant types
- Investigation of further potentials for the simplification of the procedure “EnEV easy”
- Determination of the required thermal insulation for the respective plant systems in order to meet the legal requirements
- Determination of the influence of the proportion of window surfaces on the thermal insulation requirements
- Development of proposals for the simplification of the descriptions of the plant designs

Results

The result of part 1 of the research project is a database, which enables the updating of the procedure “EnEV easy”. The database is available as a XLSX file, as this is the most widely used format. For an automated reading of the building data into a software for EnEV the user of the data base can restructure these according to the defaults of the respective software and convert e.g. into a text file (CSV format).

The results of the control calculations show that the use of the database leads to a sufficient correspondence between the energy performance data determined and the tables in the announcement. Furthermore, in Part 1 theoretical basics essential for an update of the model building procedure were discussed and documented. This includes background information on the requirements set out in the announcement, as well as guidance for using the databases.

The procedure “EnEV easy” was revised in Part 2 under current regulatory compliance. In this context, the substantive legal requirements under which the procedure can be applied for new residential buildings were recalculated. In comparison to the current announcement, there are some simplifications regarding thermal insulation requirements, especially for small buildings with a usable building area of A_N up to 350 m². This is essentially due to the following two boundary conditions:

- The additional requirement according to Annex 1, Table 2 EnEV is not part of the current draft of the GEG
- For the calculation of the specification values and the actual values, model buildings of the same geometry were used and thus an additional safety margin was not used.

A further component of Part 2 is an investigation into the influence of the proportion of window surfaces of the model buildings. This leads to the conclusion that, under the current boundary conditions, the thermal insulation requirements are only slightly influenced by the proportion of window surfaces. In addition to the investigations concerning the thermal insulation requirements, two proposals for simplifying the descriptions of the plant designs were developed. The descriptions refer to corresponding standard values in DIN V 18599:2018-09 and to the Ecodesign Directive.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung.....	ii
Inhaltsverzeichnis	vii
Tabellenverzeichnis	ix
Abbildungsverzeichnis	x
Abkürzungen.....	xi
1 Einleitung	1
2 Aufgabenstellung und Ziel der Untersuchung.....	3
3 Los 1	5
3.1 Methodik	5
3.2 Voruntersuchung.....	7
3.2.1 EnEV easy Historie	7
3.2.2 Gebäudegrößen und Größenklassen.....	7
3.2.3 Anwendungsbeschränkungen	8
3.2.4 Ausstattungsvarianten der Anlagentechnik	10
3.2.5 Wärmeschutzvarianten.....	10
3.2.6 Referenzgebäude.....	10
3.2.7 Ablauf des vereinfachten Nachweisverfahren	12
3.2.8 Zwischenfazit.....	13
3.3 Erarbeitung der Modellgebäudedatenbank	14
3.3.1 Modellgebäude.....	14
3.3.2 Auswahl des Datenbankformats.....	17
3.3.3 Zwischenfazit.....	18
3.4 Kontrollrechnungen.....	19
3.4.1 Kontrollrechnungen H_T^i -Werte.....	19
3.4.2 Kontrollrechnungen Endenergiebedarf und Q_P^i -Werte	21
3.4.3 Zwischenfazit.....	23
3.5 Leitfaden zur Anwendung der Modellgebäudedatenbank	24
3.5.1 Hintergrund der Fortschreibung	24
3.5.2 Vorgehen – Aktualisierung aller Energieausweiskennwerte.....	24
3.5.3 Vorgehen – Aufnahme neuer Anlagentechniken.....	25
3.5.4 Zwischenfazit.....	26
3.6 Zusammenfassung Los 1.....	26
4 Los 2	27
4.1 Methodik	27
4.2 Voruntersuchung.....	30

4.2.1	Einfluss von Dachflächenfenstern am Beispiel von EFH.....	30
4.2.2	Einfluss von speziellen Fenstertüren am Beispiel von EFH	31
4.2.3	Solarer Deckungsanteil des GEG-Referenzgebäudes	33
4.2.4	Zwischenfazit.....	35
4.3	Ermittlung der Wärmeschutzanforderungen	36
4.3.1	Randbedingungen der Berechnungen	36
4.3.2	Darstellung und Diskussion der Ergebnisse.....	39
4.3.3	Einfluss des Fensterflächenanteils auf materiell-rechtliche Anforderungen	43
4.3.4	Zwischenfazit.....	45
4.4	Beschreibung der Anlagenausführung.....	47
4.4.1	Diskussion der bisherigen Anlagenbeschreibung	47
4.4.2	Vorschlag Nr. 1 zur Vereinfachung der Anlagenbeschreibung im Interesse einer kompakten Darstellung – mit Verweis auf DIN V 18599.....	50
4.4.3	Vorschlag Nr. 2 zur Vereinfachung der Anlagenbeschreibung im Interesse einer kompakten Darstellung – mit zusätzlichem Verweis auf Öko-Design-Richtlinie.....	52
4.4.4	Zwischenfazit.....	53
4.5	Zusammenfassung Los 2.....	53
5	Zusammenfassung und Ausblick.....	54
6	Literaturverzeichnis.....	55
7	Anhang	57
7.1	Wärmeschutzvarianten der Bekanntmachung	57
7.2	Legende Modellgebäudedatenbank.....	58
7.3	Ergebnisse der Kontrollrechnungen.....	59
7.3.1	Energetische Qualität Gebäudehülle.....	59
7.3.2	Endenergiebedarfswerte	63
7.3.3	Primärenergiebedarf.....	66
7.4	Randbedingungen der Berechnungen zu Los 2.....	70
7.4.1	Referenzgebäude.....	70
7.4.2	Ausstattungsvariante 2 (neue Nummerierung).....	76
7.4.3	Ausstattungsvariante 3 (neue Nummerierung).....	82
7.4.4	Ausstattungsvariante 4 (neue Nummerierung).....	88
7.4.5	Ausstattungsvariante 5 (neue Nummerierung).....	92
7.4.6	Ausstattungsvariante 7 (neue Nummerierung).....	98
7.4.7	Ausstattungsvariante 8 (neue Nummerierung).....	102

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Anzahl der Geschosse der Modellgebäude abhängig von der Gebäudenutzfläche	20
Tabelle 3-2: Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse der Kontrollrechnungen	23
Tabelle 4-1: Kategorisierung der Anlagenvarianten.....	29
Tabelle 4-2: Gegenüberstellung der Energieausweiskennwerte der Einfamilienhäuser mit und ohne Dachflächenfenster (DFF)	31
Tabelle 4-3: Ergebnisse der energetischen Bewertung nach DIN V 18599:2016 für ausgewählte freistehenden Modellgebäude mit GEG-Referenzausführung.....	34
Tabelle 4-4: Gegenüberstellung der alten und neuen Nummerierung der anlagentechnischen Ausstattungsvarianten	37
Tabelle 4-5: Varianten des baulichen Wärmeschutzes und maximale Flächenanteile	38
Tabelle 4-6: Wärmeschutzanforderungen für ein freistehendes Gebäude auf Basis der Randbedingungen von Los 2.....	39
Tabelle 4-7: Wärmeschutzanforderungen für ein einseitig angebautes Gebäude auf Basis der Randbedingungen von Los 2.....	40
Tabelle 4-8: Wärmeschutzanforderungen für ein zweiseitig angebautes Gebäude auf Basis der Randbedingungen von Los 2.....	41
Tabelle 4-9: Unterschiede in den Randbedingungen der Anlagenvariante „Nah-/Fernwärmeversorgung oder lokale Kraft-Wärme-Kopplung, zentrale Trinkwassererwärmung“ und der Referenzausführung hinsichtlich der Berechnungen zur Ermittlung der materiell-rechtlichen Anforderungen	43
Tabelle 4-10: Gegenüberstellung der erforderlichen Wärmeschutzvarianten für die Anlagenvariante „Zentralheizung über Nah-/Fernwärme versorgt oder lokale Kraft-Wärme-Kopplung, mit zentraler Warmwasserbereitung“ für freistehende Gebäude mit 20% und 30% Fensterflächenanteil.....	45
Tabelle 4-11: Gegenüberstellung der erforderlichen Wärmeschutzvarianten für die Anlagenvariante „Nah-/Fernwärmeversorgung oder lokale Kraft-Wärme-Kopplung, zentrale Trinkwassererwärmung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung“ für freistehende Gebäude mit 20% und 30% Fensterflächenanteil.....	45

Abbildungsverzeichnis

Bild 3-1: Methodik – Erstellung der Modellgebäudedatenbank	5
Bild 3-2: Primärenergieanforderungswerte der Modellgebäude mit Abstufungen nach den Größenklassen [8]	8
Bild 3-3: Abweichung der Primärenergiebedarf-Anforderungswerte der Bekanntmachung von dem Primärenergiebedarf-Anforderungswerten auf Basis der Modellgebäude (jeweils für freistehende Gebäude)	11
Bild 3-4: Exemplarische Visualisierung des Referenzgebäudes $A_N = 170 \text{ m}^2$ (freistehend) – Ansicht 1.....	11
Bild 3-5: Exemplarische Visualisierung des Referenzgebäudes $A_N = 170 \text{ m}^2$ (freistehend) – Ansicht 2.....	12
Bild 3-6: Modellgebäudedatenbank – Visualisierung des Modellgebäudes mit $A_N = 170 \text{ m}^2$ (freistehend) – 1.....	14
Bild 3-7: Modellgebäudedatenbank – Visualisierung des Modellgebäudes mit $A_N = 170 \text{ m}^2$ (freistehend) – 2.....	14
Bild 3-8: Ablaufdiagramm zur Fortschreibung des Modellgebäudeverfahrens – Schritt 2	23
Bild 3-9: Durchzuführende Schritte beim Fortschreiben des Modellgebäudeverfahrens EnEV easy	24
Bild 4-1: Beispiel einer H_T -kritischen Anlagenvariante – Zentralheizung mit Kessel für feste Biomasse, Pufferspeicher und zentraler Warmwasserversorgung (Anlagenvariante 1); freistehende Gebäude [9].....	26
Bild 4-2: Beispiel einer Q_P -kritischen Anlagenvariante - Zentralheizung mit Brennwertgerät zur Verfeuerung von Erdgas oder leichtem Heizöl, Solaranlage nach EEWärmeG, Pufferspeicher und zentraler Warmwasserversorgung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (Anlagenvariante 3); frei. Gebäude [9].....	26
Bild 4-3: Beispiel einer H_T - und Q_P -kritischen Anlagenvariante – Zentralheizung mit Luft-Wasser-Wärmepumpe mit dezentraler Warmwasserbereitung über direkt-elektrische Systeme (Anlagenvariante 8); freistehende Gebäude [9].....	27
Bild 4-4: Gegenüberstellung der Primärenergiebedarfswerte eines repräsentativen Einfamilienhauses ohne/mit spezielle(n) Fenstertüren (ausgestattet mit der Referenzanlagentechnik) unter Variation der Wärmeschutzvariante.....	31
Bild 4-5: Solarer Deckungsanteil ausgewählter freistehenden Modellgebäude mit GEG-Referenzausführung....	32
Bild 4-6: Gegenüberstellung der Q_P -Anforderungswerte der energetisch günstigen Referenzgebäude und der geometrisch ungünstigen Modellgebäude – berechnet mit DIN V 18599:2016 und Randbedingungen des Entwurfs des GEG [2]. Die flächenbezogenen Primärenergiebedarfswerte sind entsprechend DIN V 18599:2016-10 auf die Nettogrundfläche bezogen.....	38
Bild 4-7: Gegenüberstellung der Anforderungswerte auf Basis der Modellgebäudedatenbank (freistehend) mit 20% und 30% Fensterflächenanteil (FFAT). Die flächenbezogenen Primärenergiebedarfswerte sind entsprechend DIN V 18599:2016-10 auf die Nettogrundfläche bezogen.	40
Bild 4-8: Gegenüberstellung der Q_P -Ist-Werte der Anlagenvariante 9 auf Basis der Modellgebäudedatenbank (freistehend) mit 20% und 30% Fensterflächenanteil. Die flächenbezogenen Primärenergiebedarfswerte sind entsprechend DIN V 18599:2016-10 auf die Nettogrundfläche bezogen	41

Abkürzungen

BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
DFF	Dachflächenfenster
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz
EFH	Einfamilienhaus
EnEV	Energieeinsparverordnung
GEG	GebäudeEnergieGesetz
MFH	Mehrfamilienhaus
WSV	Wärmeschutzvariante

1 Einleitung

Seit der Einführung der Wärmeschutzverordnung im Jahre 1977 [1] sind die zu erfüllenden gesetzlichen Anforderungen hinsichtlich des Energiesparenden Bauens stetig in ihrer Komplexität gestiegen. Aktuell muss bei der Nachweisführung, neben der geltenden Energieeinsparverordnung (EnEV) [2], deren Anforderungsfeld sich seit ihrer ursprünglichen Fassung vom Jahr 2001 stetig erhöht hat, ebenfalls das Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (EEWärmeG) [3] eingehalten werden. Darüber hinaus sind die den Normen zur energetischen Bewertung zugrundeliegenden Berechnungsregeln vom Nachweisführenden zu beherrschen, deren Umfang ebenfalls stetig zunimmt. Das Normenpaar DIN V 4108-6/DIN V 4701-10 soll, entsprechend dem aktuellen Entwurf der Bundesregierung zum GebäudeEnergieGesetz (GEG) [4], ab dem Jahr 2020 vollständig durch die deutlich detailliertere Betrachtung in der DIN V 18599 abgelöst werden. Zwar ist in Teil 12 der DIN V 18599 ein vereinfachtes Tabellenverfahren für Wohngebäude enthalten, jedoch hat dieses Verfahren weiterhin einen Umfang von mehr als 300 Seiten.

Bereits seit mehreren Jahren besteht von Seiten am Wohnungsbau beteiligter Gruppen das Interesse, die gesetzlichen Vorschriften hinsichtlich der energetischen Nachweisführung zu vereinfachen. Aus diesem Grund hat das Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg im Jahr 2009 das Fraunhofer Institut für Bauphysik mit der Entwicklung eines deutlich vereinfachten Nachweisverfahren beauftragt [6]. Das „EnEV easy“ genannte Modellgebäudeverfahren wurde im Anschluss vom TÜV Hessen weiterentwickelt [7], [8] und für eine Bekanntmachung vorbereitet.

Die aktuelle Energieeinsparverordnung (EnEV) [2] sieht in § 3 Absatz 5 für neue, nicht gekühlte Wohngebäude die Anwendung des vereinfachten Nachweisverfahren vor. Das Verfahren wurde am 21. Oktober 2016 im Rahmen einer gemeinsamen Bekanntmachung vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) eingeführt [9] (BAnz AT 08.11.2016 B1). In der Bekanntmachung werden - auf Grundlage von Modellrechnungen - Ausstattungsvarianten beschrieben, die unter dort ebenfalls definierten Anwendungsvoraussetzungen, die Anforderungen des § 3 Absatz 1, 2 und 4 EnEV generell erfüllen. Eine Ausstattungsvariante steht für eine Kombination aus einer Anlagenvariante und einer Wärmeschutzvariante. Für zu errichtende Gebäude, welche die beschriebenen Anwendungsvoraussetzungen erfüllen und in einer der aufgeführten Ausstattungsvarianten errichtet werden, wird die Einhaltung des § 3 Absatz 1, 2 und 4 EnEV als erfüllt angesehen, ohne dass ausführliche Berechnungen nach § 3 Absatz 3 EnEV erforderlich werden.

Im Auftrag des Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) wurden Modellrechnungen für 13 Anlagensysteme in Verbindung mit 5 Wärmeschutzvarianten durchgeführt [8]. In der Bekanntmachung vom 21. Oktober 2016 werden zunächst diese 13 Anlagensysteme in Kombination berücksichtigt. Im Zuge der Energiewende erreichen jedoch stetig neue Technologien wie z.B. Brennstoffzellen für die Hausenergieversorgung die Marktreife [10] und ehemalige Nischentechnologien, wie z.B. Photovoltaikanlagen in Kombination mit Batteriespeicher, finden einen breiten Absatzmarkt [11]. In diesem Zusammenhang besteht die Absicht, das Verfahren insbesondere für Innovationen offen zu halten und sicherzustellen, dass es in Zukunft nicht zur Benachteiligung weiterer, möglicherweise besonders energieeffizienter Techniken kommt. Gleichzeitig werden die gesetzlichen Rahmenbedingungen, welche die Grundlage des Modellgebäudeverfahrens darstellen, sowie die Berechnungsverfahren für die energetische Bewertung von Gebäuden, stetig weiterentwickelt. Folglich besteht das Erfordernis das Verfahren parallel zu Änderungen der gesetzlichen und normativen Vorgaben zu aktualisieren. Zudem besteht die Absicht, das Verfahren in das zukünftige GEG zu integrieren. In diesem Kontext ist es zunächst notwendig, die dem Verfahren zu Grunde liegenden Modellgebäude zu charakterisieren, deren Datengrundlage nicht im Detail verfügbar ist (Los 1 des Forschungsvorhabens). Anschließend sollen die 13 Anlagensysteme in Kombination mit den erforderlichen Wärmeschutzvarianten unter den Randbedingungen des GEG erneut berechnet werden (Los 2 des Forschungsvorhabens).

Im vorliegenden Bericht wird in Kapitel 2 zunächst die Aufgabenstellung und das Ziel des Forschungsvorhabens erläutert. In Kapitel 3 wird ein Regelwerk zur Fortschreibung des Verfahrens in Form einer Modellgebäude-Datenbank beschrieben, die es künftig ermöglicht, Modellrechnungen (auch mit den Verfahren nach DIN V 18599:2016 oder DIN V 18599:2018) durchzuführen und – analog zu dem Tabellenwerk der Bekanntmachung –

neue Tabellen mit Anforderungs- und Energieausweiskennwerten auf dieser Basis zu veröffentlichen. Anschließend wird in Kapitel 4 geprüft, ob und wie durch eine direkte Aufnahme von Kombinationen, jeweils bestehend aus einer Anlagenvariante und Wärmeschutzvariante, die gesetzlichen Anforderungen des GEG erfüllt werden können (im Folgenden materiell-rechtliche-Anforderungen genannt). Abschließend werden in Kapitel 5 die Ergebnisse zusammengefasst und relevante Erkenntnisse im Hinblick auf eine weiterführende Untersuchung aufgeführt.

2 Aufgabenstellung und Ziel der Untersuchung

Das Modellgebäudeverfahren EnEV easy berücksichtigt bisher Gebäude mit einer aufsummierten beheizten Bruttogeschossfläche A_{GS} („Gebäudegröße“) von 115 m² bis 2.300 m², die mit 13 unterschiedlichen Anlagensystemen ausgestattet sein können. Primäres Ziel dieses Forschungsvorhabens ist eine Überarbeitung des Verfahrens und die Vorbereitung für eine Aufnahme in das GEG.

Um eine Fortschreibung des Verfahrens zu ermöglichen, muss zunächst eine Modellgebäudedatenbank erstellt werden. Die Modellgebäudedatenbank soll einerseits dazu genutzt werden, die Energieausweiskennwerte¹ der bereits erfassten Gebäude und Anlagentechniken erneut zu berechnen – bspw. nach DIN V 18599 und/oder unter veränderten Anwendungsvoraussetzungen. Andererseits soll das Verfahren für die Aufnahme weiterer Ausstattungsvarianten der Anlagentechnik offengehalten werden.

Los 1 untergliedert sich in folgende Teilschritte:

- Auswertung vorhergehender Studien zu EnEV easy und Ableitung von Rahmenbedingungen für die Modellgebäudedatenbank
- Erstellung eines Regelwerks in Form einer Modellgebäudedatenbank
- Kontrollrechnung nach DIN V 4108-6/DIN V 4701-10
- Erstellung einer zweiten Variante der Datenbank mit reduziertem Fensterflächenanteil
- Erarbeitung eines Vorschlags für das Datenbankformat

Die Energieausweiskennwerte in den Tabellen der Anlage 1 der „Bekanntmachung zur Anwendung von § 3 Absatz 5 der Energieeinsparverordnung (EnEV)“ [9] (im Folgenden mit „Bekanntmachung“ abgekürzt) wurden auf Basis von Modellgebäuden berechnet. Die Vorgehensweise bei der Berechnung der Energieausweiskennwerte sowie die zu Grunde liegenden Modellgebäude werden in den Berichten „Fortentwicklung des Ansatzes EnEV easy für die Verwendung in der EnEV 2012“ [7] und „EnEV easy – Vorbereitung einer Bekanntmachung nach § 3 Abs. 5 EnEV 2013“ [8] (im Folgenden mit „Bericht zur Bekanntmachung“ abgekürzt) erläutert. Die Inhalte der genannten Berichte sind zu großen Teilen identisch. Die Modellgebäude, die den Berechnungen der Energieausweiskennwerte der Bekanntmachung zugrunde liegen (im Folgenden mit „ursprüngliche Modellgebäude“ bezeichnet) werden in den Berichten lediglich in Textform beschrieben. Es liegen weder die Abmaße der einzelnen Bauteile noch Visualisierungen der herangezogenen Modellgebäude vor.

Die Modellgebäude, die im Rahmen dieser Untersuchung erarbeitet werden, müssen die im Bericht zur Bekanntmachung definierten Randbedingungen einhalten. Dadurch wird die Anzahl der Freiheitsgrade eingeschränkt. Gleichzeitig werden im Bericht zur Bekanntmachung nicht alle relevanten Parameter der Modellgebäude detailliert beschrieben, so dass hierdurch Freiheitsgrade bestehen bleiben. Untersuchungsschwerpunkt von Los 1 ist, Modellgebäude zu erarbeiten, die sämtliche im Bericht zur Bekanntmachung definierten Rahmenbedingungen berücksichtigen. Gleichzeitig soll bei der Berechnung von Energieausweiskennwerten auf Basis der neuen Modellgebäude eine hinreichende Übereinstimmung mit denen der Bekanntmachung erreicht werden. Da für die Berechnung der Energieausweiskennwerte der Bekanntmachung das Verfahren nach DIN V 4108-6/DIN V 4701-10 angewandt wurde, wird dieses folglich bei den Kontrollrechnungen fortgeführt. Die im Rahmen der Untersuchung erarbeiteten Modellgebäude sollen in Form einer Datenbank dokumentiert werden.

Die Vorbereitung des Verfahrens für die Aufnahme in das GEG erfolgt in Los 2. Entsprechend des aktuellen Entwurfs des GEG [4] soll langfristig die DIN V 18599 das einzig zulässige Berechnungsverfahren für den öffentlich-rechtlichen Nachweis werden. In diesem Zusammenhang müssen die im Rahmen der Vorbereitung der Bekanntmachung [8] durchgeführten Berechnungen unter Anwendung der aktuellen Fassung der DIN V 18599 wiederholt werden. Darüber hinaus sollen die den Berechnungen zu Grunde liegenden Randbedingungen überarbeitet werden. Dies beinhaltet zum einen die Berücksichtigung der Vorgaben des aktuellen Entwurfs des GEG. Zum anderen gilt die Prämisse, dass die Grenzwerte aus dem Referenzgebäudeverfahren bei Anwendung

¹ Hierzu gehören: Endenergiebedarf, Energieeffizienzklasse, Primärenergiebedarf Ist-Wert, Primärenergiebedarf Anforderungswert, Energetische Qualität der Gebäudehülle H_T -Ist-Wert, Energetische Qualität der Gebäudehülle H_T -Anforderungswert.

des Modellgebäudeverfahrens EnEV easy nur im Mittel und nicht für jede Konstellation unterschritten werden müssen, wobei Abweichungen bis zu 10% zulässig sind. Der aktuellen Bekanntmachung hingegen liegt die Prämisse zugrunde, dass durch das Modellgebäudeverfahren EnEV easy stets der ungünstigste Fall abgebildet werden soll.

Es soll ermittelt werden, welche Kombination von Ausstattungsvarianten der Anlagentechnik (kurz Anlagenvariante) und Wärmeschutzvariante die gesetzlichen Anforderungen generell erfüllen. Darüber hinaus soll eine weitere Anlagenvariante in das Verfahren aufgenommen werden. Diese orientiert sich an der bisherigen Anlagenvariante 3² mit dem Unterschied, dass die Solaranlage ausschließlich zur Trinkwassererwärmung dient (im Folgenden als „Anlagenvariante 14“ bezeichnet).

Eine detaillierte Berechnung der Energieausweiskennwerte der 14 Anlagenvarianten für alle 45 Modellgebäude mit jeweils zwei unterschiedlichen Fensterflächenanteilen werden in ein Folgeprojekt (Los 3) verlagert und sollen in einer nachfolgenden Bekanntmachung veröffentlicht werden. Des Weiteren steht zur Diskussion, weitere Varianten der Tabellen mit Energieausweiskennwerten in diese Bekanntmachung aufzunehmen, wie z.B. eine Variante für Gebäude mit speziellen Fenstertüren oder Dachflächenfenstern.

Los 2 untergliedert sich in folgende Teilschritte:

- Kategorisierung der Anlagenvarianten
- Untersuchung weiterer Potentiale zur Vereinfachung des Modellgebäudeverfahrens
- Ermittlung der erforderlichen Wärmeschutzvarianten der 14 Anlagenvarianten zur Erfüllung der gesetzlichen Anforderungen
- Untersuchung des Einflusses von unterschiedlichen Fensterflächenanteilen der Modellgebäude auf die Wärmeschutzanforderungen
- Erarbeitung von Vorschlägen zur Vereinfachung der Anlagenbeschreibungen im Interesse einer kompakten Darstellung im Gesetzestext

² Zentralheizung mit Brennwertgerät zur Verfeuerung von Erdgas oder leichtem Heizöl, Solaranlage nach EEWärmeG, Pufferspeicher und zentraler Warmwasserversorgung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

3 Los 1

Primäres Ziel von Los 1 ist die Erstellung einer Modellgebäudedatenbank für die Fortschreibung des Modellgebäudeverfahrens EnEV easy. Hierbei soll insbesondere gewährleistet werden, dass bei Anwendung der Datenbank eine hinreichende Übereinstimmung mit den Energieausweiskennwerten der Bekanntmachung [9] erzielt wird.

3.1 Methodik

Zunächst werden die bisherigen Studien zum Modellgebäudeverfahren ausgewertet. Der Fokus liegt dabei auf den Annahmen und Rahmenbedingungen, die den Berechnungen der Energieausweiskennwerte zugrunde liegen, die im Rahmen der Vorbereitung der Bekanntmachung durchgeführt wurden. Des Weiteren sollen die Hintergründe zu den Anwendungsvoraussetzungen des Modellgebäudeverfahrens aufgearbeitet werden. In einem zweiten Schritt werden die wesentlichen Parameter identifiziert, die für eine vollständige Beschreibung der Modellgebäude relevant sind. Wesentlich sind Informationen bzgl. der Geometrie der Modellgebäude wie bspw. Dachform oder mittlere Geschosshöhe. Auf Basis dieser Informationen werden erste Modellgebäude erstellt. Mit den vorläufigen Modellgebäuden werden die Energieausweiskennwerte entsprechend § 3 Absatz 3 EnEV [2] berechnet. Für die Berechnung wird eine kommerzielle Software verwendet, welche die EnEV-Berechnungen nach den Vorgaben der DIN V 4108-6/DIN V 4701-10 durchführt. Die Berechnungen werden, gemäß Leistungsbeschreibung, exemplarisch anhand folgender Ausstattungsvarianten der Anlagentechnik durchgeführt:

- Zentralheizung mit Kessel für feste Biomasse, Pufferspeicher und zentraler Warmwasserversorgung
- Zentralheizung über Nah-/Fernwärme versorgt, oder lokale Kraft-Wärme-Kopplung, mit zentraler Warmwasserbereitung
- Zentralheizung mit Luft-Wasser-Wärmepumpe, dezentraler Warmwasserbereitung über direkt-elektrische Systeme und Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

Sofern die berechneten Energieausweiskennwerte von denen der Bekanntmachung abweichen, werden die Parameter der Modellgebäude innerhalb der Freiheitsgrade variiert. Diese Iteration wird wiederholt, bis eine hinreichende Übereinstimmung der Energieausweiskennwerte erzielt wird (siehe Bild 3-1). Die iterativen Berechnungen werden zunächst für einzelne Größenklassen durchgeführt (z.B. für Einfamilienhäuser mit einer aufsummierten beheizten Bruttogeschossfläche A_{GS} von 141 m² bis 165 m²). Die daraus gewonnenen Erkenntnisse werden bei den Berechnungen der restlichen Größenklassen berücksichtigt. Es werden (soweit möglich) einheitliche Rahmenbedingungen für alle Modellgebäude verwendet.

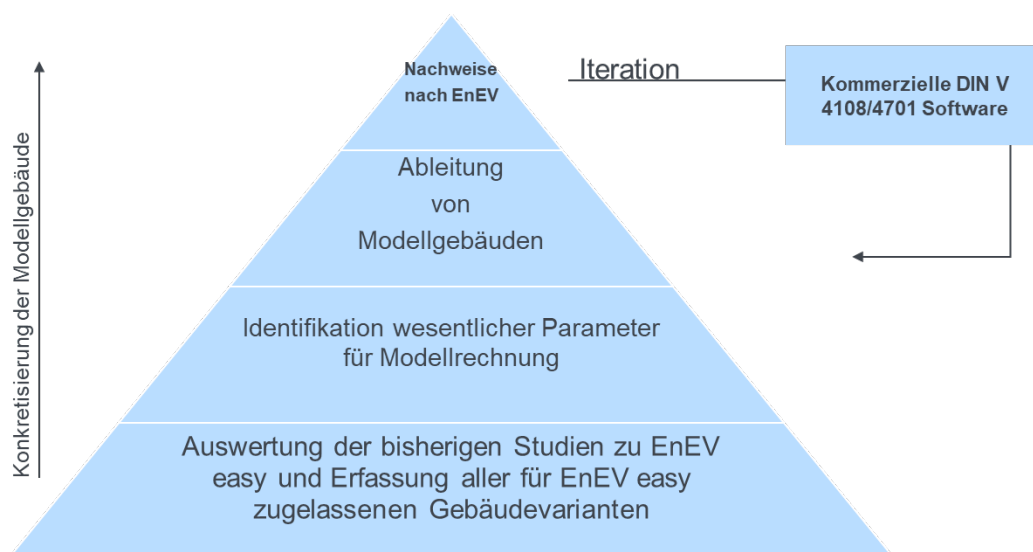


Bild 3-1: Methodik – Erstellung der Modellgebäudedatenbank

Um eine hinreichende Übereinstimmung der Energieausweiskennwerte zu erreichen, ist es essentiell, alle Informationen zu identifizieren, die der Bekanntmachung und dem Bericht zur Bekanntmachung entnommen werden können. Beispielsweise kann über die Energieausweiskennwerte „Endenergiebedarf“ und „Primärenergiebedarf-Ist-Wert“ der „Hilfsenergiebedarf“ bestimmt werden. Dafür werden folgende Gleichungen benötigt:

$$Q_P = Q_{WE,E} \cdot f_{p,WE} + Q_{HE,E} \cdot f_{p,Strom} \quad (1)$$

$$Q_E = Q_{WE,E} + Q_{HE,E} \quad (2)$$

Dabei ist:

Q_E	Endenergiebedarf (aus Energieausweis), in kWh/(m²a)
$Q_{WE,E}$	Endenergiebedarf für Wärmeerzeugung, in kWh/(m²a)
$Q_{HE,E}$	Hilfsenergiebedarf, in kWh/(m²a)
Q_P	Primärenergiebedarf (aus Energieausweis), in kWh/(m²a)
$f_{p,WE}$	Primärenergiefaktor des Energieträgers zur Wärmeerzeugung
$f_{p,Strom}$	Primärenergiefaktor von Strom (für Hilfsenergiebedarf)

Aus der Bekanntmachung sind alle Variablen bis auf den „Endenergiebedarf für Wärmeerzeugung“ und den „Hilfsenergiebedarf“ bekannt. Es handelt sich somit um ein lineares Gleichungssystem mit zwei Gleichungen und zwei unbekannten Variablen. Durch Lösung des Gleichungssystems kann folglich der Hilfsenergiebedarf ermittelt werden. Mit dem Hilfsenergiebedarf ist die Ermittlung von Anlagenkennwerten über Regressionsanalysen möglich, sofern eine Abweichung von Standardkennwerten der DIN V 4701-10 in der Berechnung der Energieausweiskennwerte gegeben ist. Dies ist bspw. bei der Heizkreispumpe, der Speicherladepumpe, der Trinkwasserzirkulationspumpe und den Ventilatoren der Fall [8] (siehe auch Kapitel 3.4). In diesen Fällen wird zunächst der Hilfsenergiebedarf über das oben erläuterte Verfahren für die jeweilige Anlagentechnik aus den Energieausweiskennwerten der Bekanntmachung berechnet. Der gesamte Hilfsenergiebedarf wird im Anschluss auf die einzelnen Verbraucher aufgeteilt. Die prozentualen Anteile für die Aufteilung der Hilfsenergie werden mittels der Standardwerte aus DIN V 4701-10 berechnet. Ausgehend von der Aufteilung der gesamten Hilfsenergie auf die einzelnen Verbraucher, kann dann mittels Regressionsanalyse auf die abweichenden Anlagenkennwerte geschlossen werden.

3.2 Voruntersuchung

Bei dem Verfahren „EnEV easy“ handelt es sich um ein Modellgebäudeverfahren. Für neue Wohngebäude ermöglicht dieses einen vereinfachten Nachweis. Die Energieausweiskennwerte der Gebäude müssen bei Anwendung des vereinfachten Verfahrens nicht über eine ausführliche Berechnung nach § 3 Absatz 3 EnEV [2] ermittelt werden, sondern können Tabellen entnommen werden. Für die Anwendung des Verfahrens muss das Gebäude Anwendungsvoraussetzungen erfüllen. Die Anwendungsvoraussetzungen sind in Abschnitt 4 der Bekanntmachung [9] definiert. In den folgenden Unterkapiteln werden die theoretischen Grundlagen für diese Anwendungsvoraussetzungen erläutert, die zur Fortschreibung des Verfahrens essentiell sind.

3.2.1 EnEV easy Historie

Auf Vorschlag des Wirtschaftsministeriums Baden-Württemberg wurde im Jahre 2009 eine erste Studie für ein vereinfachtes Nachweisverfahren mit dem Titel „EnEV easy“ vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik durchgeführt [6]. Grundidee war, für ein breites Spektrum an repräsentativen Gebäuden einen Nachweis entsprechend den Vorgaben der Energieeinsparverordnung durchzuführen. Die berechneten Energieausweiskennwerte könnten dann für Gebäude, die eine festgelegte Ähnlichkeit zu den repräsentativen Gebäuden einhalten, übernommen werden. Eine detaillierte Nachweisführung würde erspart bleiben. Die Beispielrechnungen wurden anhand von sieben repräsentativen Typgebäuden durchgeführt. Im Rahmen einer weiteren Studie wurde das Verfahren EnEV easy fortentwickelt [7]. Es wurde von dem Ansatz abgewichen, repräsentative Gebäude zu verwenden. Alternativ wurden Modellgebäude entwickelt, die eine energetisch ungünstige Bauweise repräsentieren. Die Energieausweiskennwerte, die auf Basis dieser Gebäude berechnet wurden, sollten einen möglichst konservativen aber dennoch realistischen Fall abbilden. Durch Anwendungsvoraussetzungen wurde sichergestellt, dass das vereinfachte Verfahren nicht für Gebäude angewandt werden konnte, die ein geringeres energetisches Niveau besitzen, als die der Modellrechnungen zugrundeliegenden Gebäude. Des Weiteren wurde die Anzahl der Modellgebäude erhöht. In einer weiterführenden Arbeit [8] wurde das Verfahren entsprechend den Vorgaben der derzeitig gültigen Energieeinsparverordnung aktualisiert und für eine Bekanntmachung vorbereitet.

3.2.2 Gebäudegrößen und Größenklassen

Das Modellgebäudeverfahren EnEV easy kann bei Wohngebäuden mit einer aufsummierten beheizten Bruttogeschossfläche A_{GS} von 115 m² bis 2.300 m² angewandt werden. Wohngebäude außerhalb dieses Größenspektrums spielen „statistisch keine beachtenswerte Rolle“ [8]. Die Einordnung der zu errichtenden Gebäude in Größenklassen erfolgt über die aufsummierte beheizte Bruttogeschossfläche A_{GS} . Jedes Modellgebäude repräsentiert jeweils eine Größenklasse. So repräsentiert bspw. das Modellgebäude mit einer energetischen Bezugsfläche von $A_N = 120$ m² Gebäude mit einer aufsummierten beheizten Bruttogeschossfläche von 115 m² bis 140 m². Zunächst wurde in den Arbeiten, die der Bekanntmachung zugrunde liegen, das Größenspektrum durch 16 Modellgebäude (von $A_N = 100$ m² bis 2.000 m²) abgebildet. Für die Bekanntmachung wurden letztendlich 15 Abstufungen bzw. 15 Modellgebäude gewählt von $A_N = 120$ m² bis 2.000 m² mit folgenden Abstufungen: 120 m², 145 m², 170 m², 240 m², 290 m², 350 m², 420 m², 500 m², 600 m², 700 m², 950 m², 1.200 m², 1.550 m² und 2.000 m².

Bild 3-2 zeigt die Primärenergiebedarfsanforderungswerte der Modellgebäude für die jeweiligen Gebäudeklassen mit interpolierten Werten zwischen den einzelnen Abstufungen. Dabei ist folgendes ersichtlich:

- Enge Staffelung der Modellgebäude bei geringeren Gebäudenutzflächen A_N .
- Geringere Anzahl an Modellgebäuden mit zunehmender Gebäudenutzfläche A_N .

Das Größenspektrum, das jeweils durch ein Modellgebäude repräsentiert wird, orientiert sich an der Abhängigkeit der Primärenergieanforderungswerte der Gebäudenutzfläche A_N , also der Steigung der in Bild 3-2 abgebildeten Kurve.

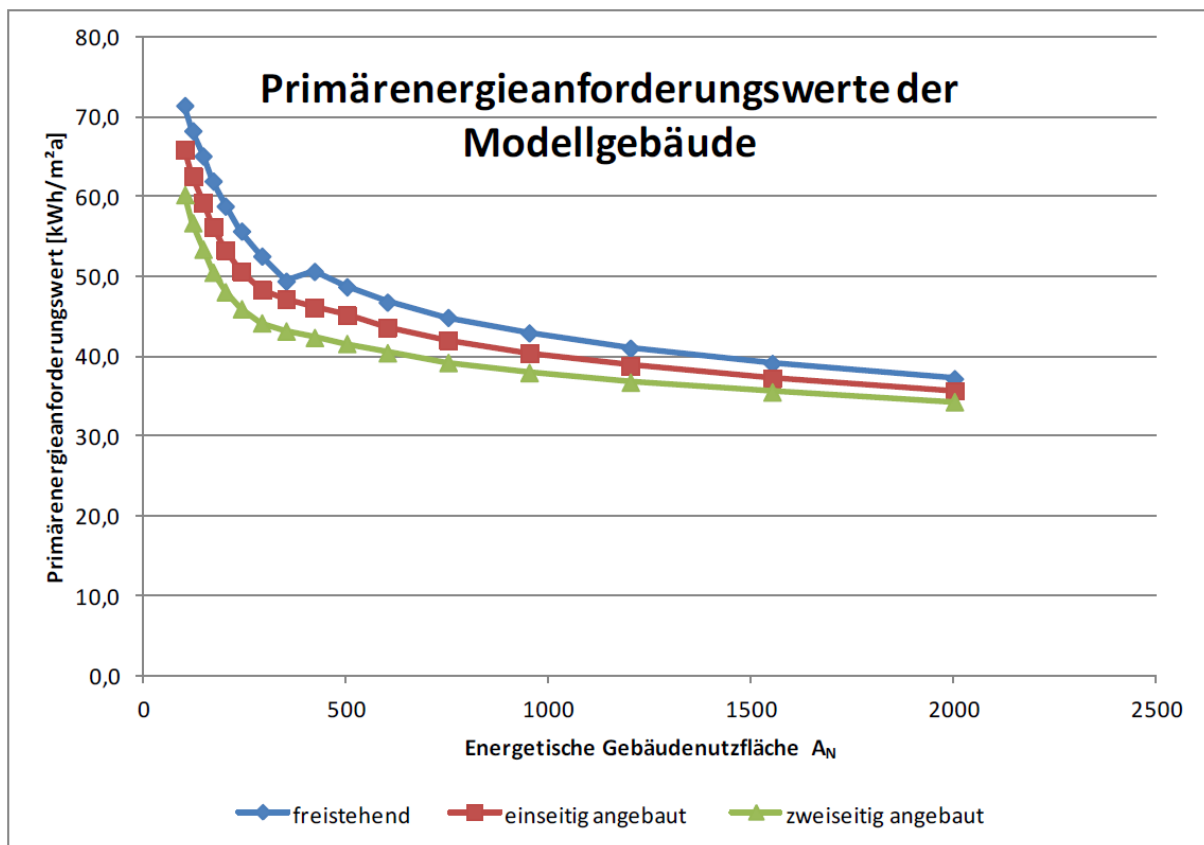


Bild 3-2: Primärenergieanforderungswerte der Modellgebäude mit Abstufungen nach den Größenklassen [8]

3.2.3 Anwendungsbeschränkungen

Geschosshöhe und Anzahl der Geschosse

Die Anwendung des Modellgebäudeverfahrens ist für Gebäude mit einer mittleren Geschosshöhe von 2,5 bis 3m zulässig. Von der unteren bis zur oberen Grenze der zulässigen Geschosshöhe steigen die Primärenergiebedarfswerte von Gebäuden um 3% [8]. Die Anzahl der Geschosse ist auf maximal sechs beschränkt. Bei Gebäuden mit einer höheren Anzahl an Geschossen sinken die Hüllflächenanteile der Dachfläche und der Bodenplatte. Dach und Bodenplatte weisen, entsprechend den Wärmeschutzvorgaben, geringere Wärmedurchgangskoeffizienten und somit gute wärmedämmende Eigenschaften auf. Nehmen deren Hüllflächenanteile ab, sinkt die energetische Qualität der Gebäudehülle und das Einhalten der Energieausweiskennwerte der Bekanntmachung kann nicht mehr sichergestellt werden.

Kompaktheitskriterium

Das Kompaktheitskriterium stellt die Kompaktheit der Gebäude bei der Anwendung des Modellgebäudeverfahrens sicher. Hintergrund ist, dass ein sehr verwinkeltes Gebäude eine große Hüllfläche (A) im Verhältnis zu seinem beheizten Gebäudevolumen (V_e) aufweist. Proportional zur Hüllfläche steigen die Hüllflächenverluste und somit der Heizwärmebedarf eines Gebäudes. Die energetische Bezugsfläche der Primärenergiebedarfskennwerte ist die Gebäudenutzfläche A_N . Diese wird mittels Gleichung (3) über das Gebäudevolumen errechnet [2].

$$A_N = 0,32 \, \text{m}^{-1} \cdot V_e \quad (3)$$

Dabei ist:

A_N Gebäudenutzfläche, in m^2

V_e beheiztes Gebäudevolumen, in m^3

Ein großes Volumen führt folglich zu einem geringen und somit günstigen Primärenergiebedarfskennwert eines Gebäudes. Aus diesen Zusammenhängen resultiert die Abhängigkeit des Primärenergiebedarfs vom A/V_e -Verhältnis eines Gebäudes. Ein würfelförmiges Gebäude besitzt ein optimales A/V_e -Verhältnis. Mit zunehmendem Längen-Breiten-Verhältnis sinkt das A/V_e -Verhältnis. Beispielsweise erfüllt ein Quader mit einem Längen-Breiten-Verhältnis von bis zu 2,5 noch das Kompaktheitskriterium in Gleichung (4) [8]. Zur Anwendung von Gleichung (4) müssen sowohl der Umfang der beheizten Bruttogeschossfläche als auch die Bruttogeschossfläche jedes Stockwerks berechnet und jeweils in Gleichung (4) eingesetzt werden. Ist Gleichung (4) stets erfüllt, ist die Anwendung des Modellgebäudeverfahrens EnEV easy für das betrachtete Gebäude zulässig. Das Kompaktheitskriterium ist so formuliert, dass dem Anwender ein breites Spektrum an Gestaltungsfreiheiten der Grundrisse ermöglicht wird. So können auch Gebäude mit einem L- oder T-förmigen Grundriss das Kompaktheitskriterium der Bekanntmachung erfüllen und werden somit nicht vom Modellgebäudeverfahren ausgeschlossen.

$$U^2 \leq 20 \cdot A_G \quad (4)$$

Dabei ist:

U Umfang der beheizten Bruttogeschossfläche der Etage, in m

A_G beheizte Bruttogeschossfläche der Etage, in m^2

Anteile von Fenstern und sonstigen besonderen Flächenanteilen

Außentüren, Fenster und weitere transparente Bauteile haben, im Vergleich zu opaken Bauteilen, höhere Wärmedurchgangskoeffizienten. Mit zunehmendem Anteil dieser Bauteile an der gesamten Hüllfläche sinkt die energetische Qualität der Gebäudehülle. Um sicherzustellen, dass die energetische Qualität der Gebäudehülle der zu errichtenden Gebäude nicht schlechter ist als die entsprechenden Kennwerte in den Tabellen der Bekanntmachung, wurden für folgende Bauteile maximale Flächenanteile in die Anwendungsvoraussetzungen des Modellgebäudeverfahrens aufgenommen:

- Fenster³
- Außentüren⁴
- Fenstertüren⁵
- Spezielle Fenstertüren⁵
- Dachflächenfenster⁵
- Lichtkuppeln und ähnliche transparente Bauteile⁵

³ BAnz AT 08.11.2016 B1, Nummer 4.2 g)

⁴ BAnz AT 08.11.2016 B1, Nummer 4.2 h)

⁵ BAnz AT 08.11.2016 B1, Anlage 2 Tabelle 1

Toleranzen hinsichtlich der Erfüllung der Anforderungen

Um ein möglichst breites Spektrum an Gebäuden abzudecken, gibt es einen gewissen Spielraum bei der Erfüllung der Anwendungsvoraussetzungen. Beispielsweise kann die mittlere Geschosshöhe 2,5 aber auch 3m betragen. Des Weiteren kann der Grundriss des Gebäudes quadratisch aber auch L- oder T-förmig sein, solange Kompaktheitskriteriums eingehalten wird.

3.2.4 Ausstattungsvarianten der Anlagentechnik

Das Modellgebäudeverfahren kann für Gebäude angewandt werden, die mit einer der folgenden Anlagenkombinationen ausgestattet sind und nicht mit „anlagentechnischen Einrichtungen gekühlt“ [9] werden:

- Zentralheizung mit Kessel für feste Biomasse, Pufferspeicher und zentraler Warmwasserversorgung*
- Zentralheizung mit Brennwertgerät zur Verfeuerung von Erdgas oder leichtem Heizöl, Solaranlage nach EEWärmeG, Pufferspeicher und zentraler Warmwasserversorgung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
- Zentralheizung über Nah-/Fernwärme versorgt oder lokale Kraft-Wärme-Kopplung, mit zentraler Warmwasserbereitung*
- Zentralheizung mit Luft-Wasser-Wärmepumpe mit zentraler Warmwasserbereitung*
- Zentralheizung mit Luft-Wasser-Wärmepumpe mit dezentraler Warmwasserbereitung über direkt-elektrische Systeme*
- Zentralheizung mit Wasser-Wasser-Wärmepumpe mit zentraler Warmwasserbereitung*
- Zentralheizung mit Sole-Wasser-Wärmepumpe mit zentraler Warmwasserbereitung*

Die mit „*“ gekennzeichneten Anlagenkombinationen können sowohl mit als auch ohne Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung ausgeführt werden. Daraus resultieren 13 mögliche Anlagenkombinationen. Die Mindestqualität der Anlagenkomponenten wird in der Bekanntmachung weiter spezifiziert.

3.2.5 Wärmeschutzvarianten

In der aktuellen Bekanntmachung finden sich fünf Wärmeschutzvarianten (H1X bis H5X) mit jeweils drei Untervarianten (HX1 bis HX3). Je nach Anlagenvariante, Gebäudegröße und anbaugrad (freistehend, einseitig oder zweiseitig angebaut) ist eine der fünf Wärmeschutzvarianten beim zu errichtenden Gebäude einzuhalten. Abhängig davon, ob das Gebäude über Dachflächenfenster, spezielle Fenstertüren oder Lichtkuppeln und ähnliche transparente Bauteile verfügt, wird eine der drei Untervarianten verpflichtend. Eine Tabelle mit den Wärmeschutzvarianten der Bekanntmachung [9] findet sich in Anhang 7.1.

3.2.6 Referenzgebäude

In § 3 Absatz 1 EnEV [2] ist festgelegt, dass die Anforderungswerte auf Basis eines Referenzgebäudes berechnet werden und dass zu errichtende Wohngebäude und Referenzgebäude jeweils die gleiche Geometrie, Gebäudenutzfläche und Ausrichtung aufweisen (Referenzgebäudeverfahren). Das Referenzgebäude unterscheidet sich vom zu errichtenden Gebäude ausschließlich in der Ausführung (Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile, Anlagentechnik, etc.). Nach den Erkenntnissen dieser Untersuchung basieren die Primärenergiebedarf-Anforderungswerte in Anlage 1 der Bekanntmachung [9] jedoch nicht auf den Modellgebäuden der zu errichtenden Wohngebäude. Abweichend von § 3 Absatz 1 EnEV [2] wurden für die Berechnung der Primärenergiebedarf-Anforderungswerte Modellgebäude verwendet, deren Geometrie sich von den Modellgebäuden der zu errichtenden Wohngebäude unterscheidet. Beispielsweise sind die für die Referenzgebäude herangezogenen Modellgebäude nahezu würfelförmig und mit wohnüblichen Fenstern ausgestattet [8]. Folglich sind die Primärenergie-Anforderungswerte geringer als bei einer Berechnung

derer auf Basis von Modellgebäuden der zu errichtenden Gebäude. Geringere bzw. strengere Primärenergiebedarf-Anforderungswerte führen wiederum zu erhöhten energetischen Anforderungen an die zu errichtenden Wohngebäude.

Bild 3-3 veranschaulicht diesen Zusammenhang durch eine Gegenüberstellung der Primärenergiebedarf-Anforderungswerte der Bekanntmachung mit den Primärenergiebedarf-Anforderungswerten, die entsprechend § 3 Absatz 1 EnEV [2] auf Basis der zu errichtenden Wohngebäude (repräsentiert durch die Modellgebäude nach Kapitel 3.3.1) berechnet sind.

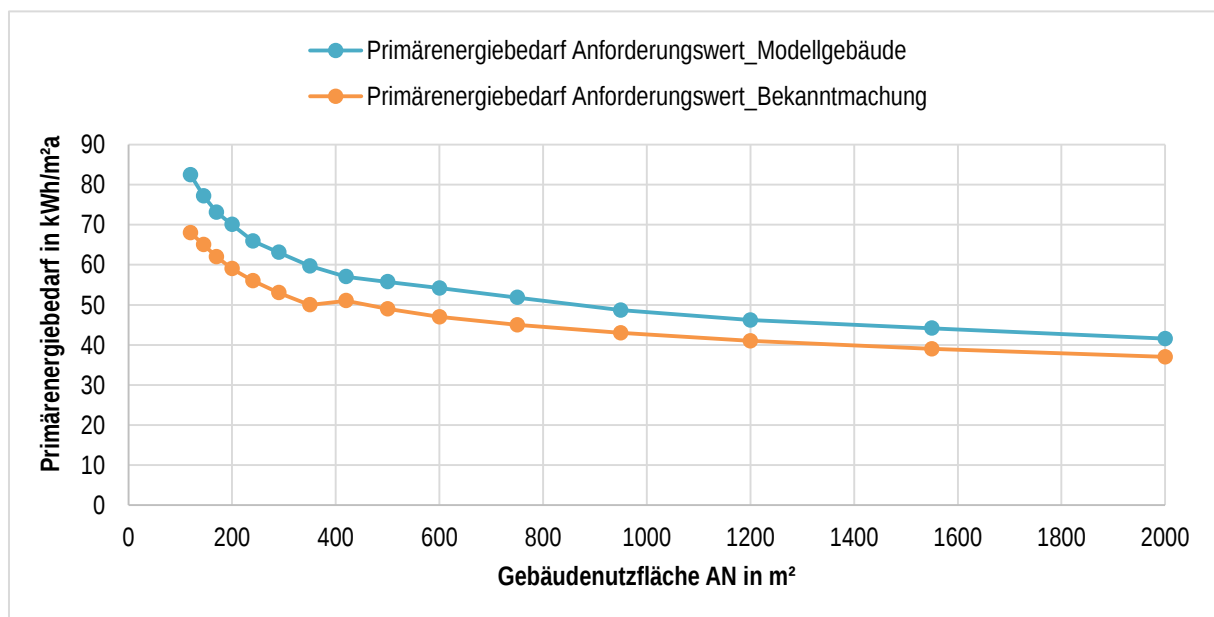


Bild 3-3: Abweichung der Primärenergiebedarf-Anforderungswerte der Bekanntmachung von dem Primärenergiebedarf-Anforderungswerten auf Basis der Modellgebäude (jeweils für freistehende Gebäude)

Eine detaillierte Beschreibung der Geometrie der Referenzgebäude sowie die Hintergründe für die Abweichung von § 3 Absatz 1 EnEV [2] sind im Bericht nicht zu finden. Es ist jedoch davon auszugehen, dass durch die Berechnung der Primärenergiebedarf-Anforderungswerte anhand von geometrisch günstigen Gebäuden, im Modellgebäudeverfahren eine zusätzliche Sicherheitsmarge berücksichtigt wurde. Im Rahmen einer Fortschreibung des Modellgebäudeverfahrens ist deshalb kritisch zu hinterfragen, ob die Primärenergiebedarf-Anforderungswerte weiterhin auf Basis der geometrisch günstigen Referenzgebäude berechnet werden sollen.

Bild 3-4 und Bild 3-5 zeigen exemplarisch das Modellgebäude des Referenzgebäudes mit einer energetischen Bezugsfläche von 170 m². Die Visualisierungen dienen dazu, die Unterschiede zu den Modellgebäuden der zu errichtenden Gebäude (siehe Kapitel 3.3.1) zu verdeutlichen.

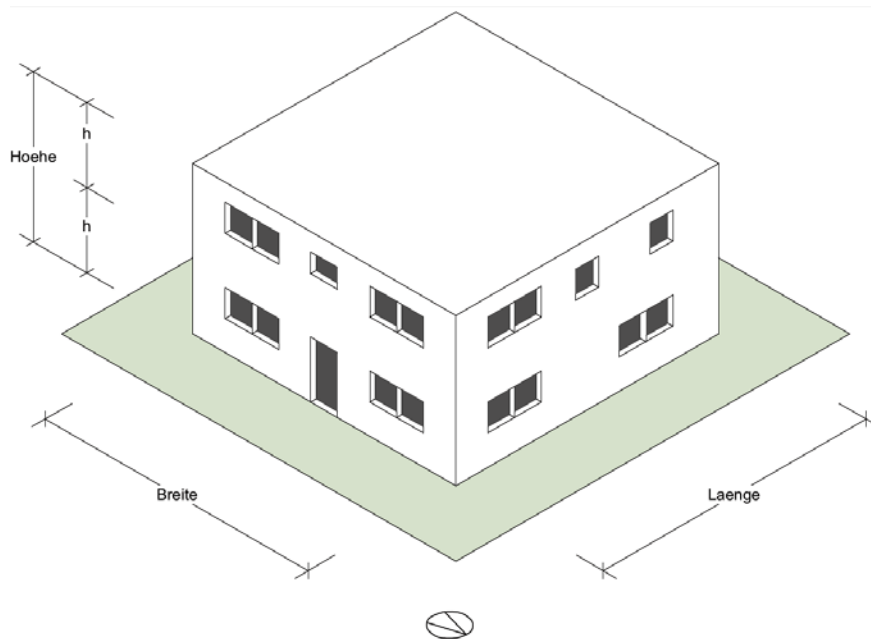


Bild 3-4: Exemplarische Visualisierung des Referenzgebäudes $A_N = 170 \text{ m}^2$ (freistehend) – Ansicht 1

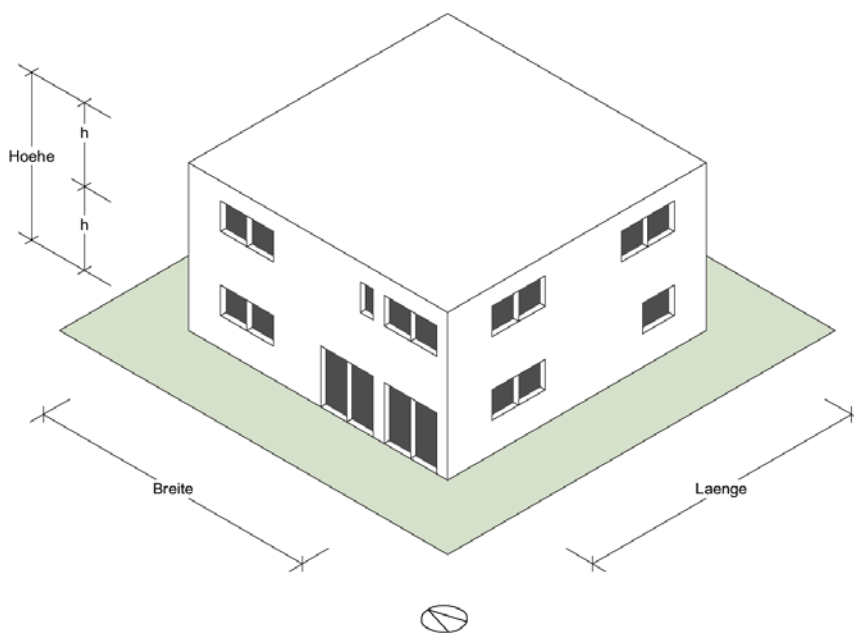


Bild 3-5: Exemplarische Visualisierung des Referenzgebäudes $A_N = 170 \text{ m}^2$ (freistehend) – Ansicht 2

3.2.7 Ablauf des vereinfachten Nachweisverfahren

Im Folgenden werden die einzelnen Schritte der Nachweisführung bei der Anwendung des vereinfachten Verfahrens nach § 3 Absatz 5 der EnEV [2] (Modellgebäudeverfahren EnEV easy für Wohngebäude) erläutert [8].

1. Zunächst ist zu prüfen, ob das zu errichtende Gebäude die Anwendungsvoraussetzungen erfüllt bzw. erfüllen kann. In Anlage 3 der Bekanntmachung [9] findet sich eine Checkliste, die für die Durchführung dieses Schrittes eine Hilfestellung gibt. Unter anderem muss die aufsummierte beheizte Bruttogeschossfläche des Gebäudes bestimmt werden.
2. Anschließend wird aus den 13 Optionen die gewünschte Ausstattungsvariante der Anlagentechnik ausgewählt.

3. Ausgehend von der in Schritt 1 bestimmten aufsummierten beheizten Bruttogeschossfläche A_{GS} wird die energetische Bezugsfläche A_N für das zu errichtende Gebäude bestimmt. Über diese Fläche werden die Energieausweiskennwerte aus der Tabelle, die der jeweiligen Anlagentechnik zugeordnet sind, ausgelesen.
4. Neben den Energieausweiskennwerten findet sich in der jeweiligen Tabelle ein Verweis auf die zu erfüllenden Wärmeschutzanforderungen, deren ausführliche Beschreibung wiederum in Anlage 2 der Bekanntmachung [9] zu finden ist.
5. Umsetzung der Baumaßnahmen unter Einhaltung der Anwendungsvoraussetzungen, der Wärmeschutzvorgaben und der Ausstattungsvariante der Anlagentechnik.
6. Dokumentation und Erstellung des Energieausweises.

3.2.8 Zwischenfazit

Die Anwendungsvoraussetzungen des Modellgebäudeverfahrens EnEV easy sind so gewählt, dass das Modellgebäudeverfahren einerseits auf ein möglichst breites Spektrum an zu errichtenden Wohngebäuden angewandt werden kann. Andererseits werden Gebäude, die zu weit vom Durchschnitt abweichen, ausgeschlossen. Den Modellgebäuden liegt die Prämisse zugrunde, unter Berücksichtigung der Anwendungsvoraussetzungen stets den energetisch ungünstigsten Fall abzubilden. Dies wird bspw. dadurch erreicht, dass die Modellgebäude stets das sogenannte Kompaktheitskriterium ausnützen.

3.3 Erarbeitung der Modellgebäudedatenbank

In den folgenden Unterkapiteln wird die im Rahmen dieser Untersuchung erarbeitete Modellgebäudedatenbank vorgestellt. In Kapitel 3.3.1 werden zunächst die Randbedingungen der Modellgebäudedatenbank erläutert. Anschließend wird in Kapitel 3.3.2 die Auswahl des Datenbankformats diskutiert.

3.3.1 Modellgebäude

Ziel dieser Untersuchung ist die Erarbeitung einer Modellgebäudedatenbank für Wohngebäude. Bei Anwendung der Datenbank soll eine hinreichende Übereinstimmung mit den folgenden Energieausweiskennwerten der Bekanntmachung sichergestellt werden:

- Endenergiebedarf
- Energieeffizienzklasse
- Primärenergiebedarf, Ist-Wert
- Energetische Qualität der Gebäudehülle H_T' , Ist-Wert
- Energetische Qualität der Gebäudehülle H_T' , Anforderungswert

Um dies zu gewährleisten, müssen die Randbedingungen der Modellgebäude mit denen des Endberichts zur Bekanntmachung übereinstimmen. In einigen Fällen sind die Randbedingungen im Endbericht nicht eindeutig definiert, sodass hierbei für die Modellgebäude im Rahmen dieses Forschungsvorhabens eigene Annahmen getroffen werden müssen.

Bild 3-6 zeigt exemplarisch für die Modellgebäude, die im Rahmen dieser Untersuchung erarbeitet werden, das Modellgebäude mit einer energetischen Bezugsfläche von 170 m². Die Visualisierung dient dazu, die festgelegten Rahmenbedingungen der Modellgebäude zu veranschaulichen. Alle 15 Modellgebäude weisen eine einheitliche Struktur auf. Mit zunehmender Gebäudenutzfläche steigt die Anzahl der Geschosse sowie die Länge des Gebäudes.

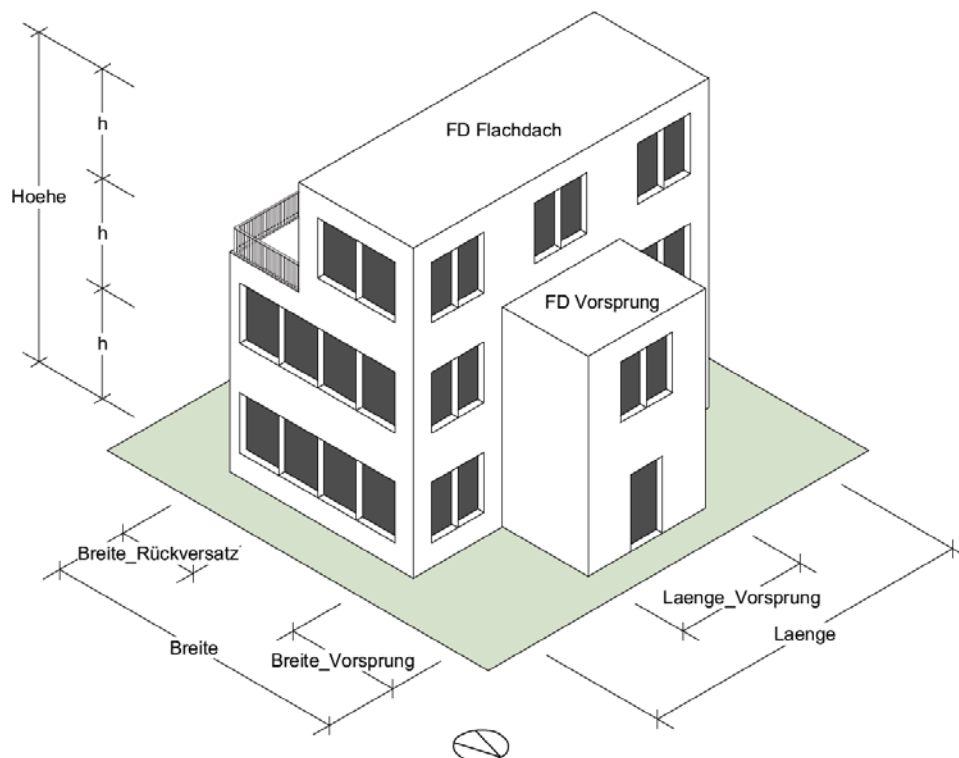


Bild 3-6: Modellgebäudedatenbank – Visualisierung des Modellgebäudes mit $A_N = 170 \text{ m}^2$ (freistehend) – Ansicht 1

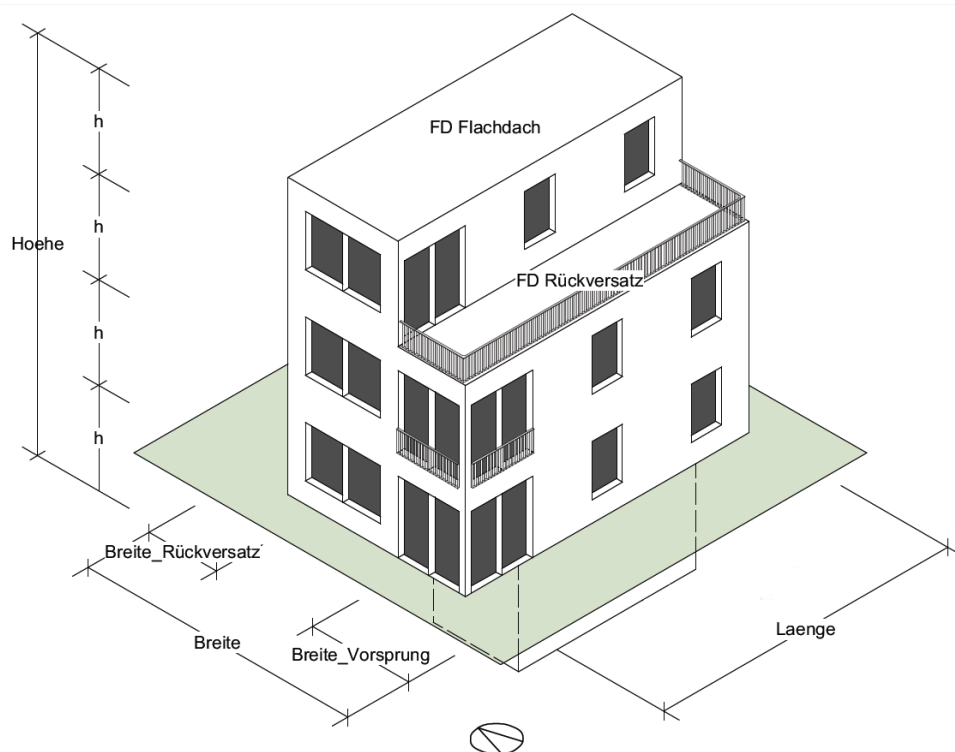


Bild 3-7: Modellgebäudedatenbank – Visualisierung des Modellgebäudes mit $A_N = 170 \text{ m}^2$ (freistehend) – Ansicht 2

Keller

Alle Modellgebäude verfügen entsprechend dem Bericht zur Bekanntmachung über einen unbeheizten Keller und Kellerabgang. Eine Beschreibung dieses Kellerabgangs ist jedoch nicht im Bericht zur Bekanntmachung enthalten [8]. Für eine vollständige Darstellung der Modellgebäude wird im Rahmen dieses Forschungsvorhabens durchgängig ein Kellerabgang mit den Maßen $5,8 \text{ m} \times 2,8 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ (Länge, Breite, Höhe) vorgesehen (siehe auch Kapitel 3.4.1 „Kontrollrechnungen H_T -Werte – Diskussion der Freiheitsgrade“). Der Kellerabgang liegt innerhalb der thermischen Hülle und besteht aus einer Kelleraußenwand, einem Fußboden, drei Wänden zum unbeheizten Keller und einer 2 m^2 großen Tür in einer der an den unbeheizten Keller grenzenden Wänden.

Untere Geschosse

Wie bereits in Kapitel 3.2 „Voruntersuchung“ erläutert, sind die Randbedingungen der Modellgebäude so gewählt, dass im Rahmen der Anwendungsvoraussetzungen der Bekanntmachung stets der energetisch ungünstigste Fall abgebildet wird. Der energetisch ungünstigste Fall hinsichtlich des Kompaktheitskriteriums wird durch einen Vorsprung in den unteren Geschossen (T-förmigen Grundriss) erreicht.

Oberstes Geschoss

Der energetisch ungünstigste Fall wird im obersten Geschoss durch ein Rückversatz bzw. ein Staffelgeschoss erzeugt. Durch die Breite des Rückversatzes resultiert ein Länge-zu-Breite-Verhältnis des obersten Geschosses von 1 zu 2,5. Der Rückversatz führt darüber hinaus zu einer geringeren Kompaktheit der Modellgebäude hinsichtlich deren A/V_e -Verhältnis.

Dach

Alle Modellgebäude besitzen ein Flachdach [8]. Das Flachdach ist die Dachform mit dem geringsten Flächenanteil an der Außenhülle. Gleichzeitig ist das Dach das Bauteil mit den höchsten Anforderungen an den

Wärmeschutz. Flachdächer führen bei den Modellgebäuden folglich zu konservativen Werten hinsichtlich der energetischen Qualität der Gebäudehülle.

Geschosshöhe

Laut den Anwendungsvoraussetzungen der Bekanntmachung [9] sind mittlere Geschosshöhen der Gebäude von 2,5 bis 3 m zulässig. Eine Geschosshöhe von 3 m anstatt 2,5 m führt zu einem Anstieg des Primärenergiebedarfs von etwa 3% [8]. Um den konservativsten Fall abzubilden, wurde für die Modellgebäude eine Geschosshöhe von 3 m gewählt.

Fenster

In der Bekanntmachung beträgt der maximal zulässige Anteil der Fensterflächen an der Fassadenfläche bei freistehenden sowie einseitig angebauten Gebäuden 30% und bei zweiseitig angebauten Gebäuden 35%. Da Fenster (zusammen mit Außentüren) die Bauteile mit den geringsten Anforderungen an den Wärmeschutz darstellen, führt die Ausschöpfung dieser Zulässigkeitsgrenzen zum ungünstigsten Fall hinsichtlich der energetischen Qualität der Gebäudehülle. Den Transmissionsverlusten der Fenster stehen solare Warmegewinne gegenüber. Eine Ausrichtung aller Fenster Richtung Süden würde zu den höchsten solaren Warmegewinnen führen und eine Ausrichtung nach Norden zu den geringsten. Angesichts des ohnehin sehr hohen Fensterflächenanteils wird davon abgesehen, bei der Ausrichtung der Fenster den energetisch ungünstigsten Fall zu wählen, da eine nahezu vollständige Verglasung der Nordfassade zu unrealistischen Modellgebäuden führen würde. In diesem Zusammenhang wurden die *„transparenten Öffnungen in der Fassade gleichmäßig auf alle (nicht angebauten) Fassadenflächen verteilt, sodass die Orientierung der Modellgebäude gegenüber den Himmelsrichtungen nicht optimiert ist“* [8].

Im Rahmen dieser Untersuchung wird eine zweite Variante der Modellgebäudedatenbank, mit einem Fensterflächenanteil von 20% bei freistehenden und einseitig angebauten Gebäuden sowie 25% bei zweiseitig angebauten Gebäuden erstellt. Ein geringerer Fensterflächenanteil führt zu einer Verbesserung hinsichtlich der energetischen Qualität der Gebäudehülle.

Anbaugrad

Die Bekanntmachung ermöglicht die Anwendung des Modellgebäudeverfahrens sowohl auf freistehende als auch auf einseitig und zweiseitig angebaute Gebäude, dabei wird jeweils ein Anbaugrad von mindestens 80% vorgeschrieben. Die Flächen eines Gebäudes, die an ein anderes Gebäude mit identischer Solltemperatur grenzen, werden bei einer ausführlichen Berechnung des Heizwärmebedarfs nicht berücksichtigt (es wird vereinfacht angenommen, dass über diese Flächen kein Wärmeaustausch stattfindet bzw. die Wärmebilanz null ist). Ein möglichst hoher Anbaugrad führt in diesem Zusammenhang zu einem geringen Primärenergiebedarf. Um den energetisch ungünstigsten Fall abzubilden, wird bei den einseitig und zweiseitig angebauten Modellgebäuden jeweils ein Anbaugrad von 80% veranschlagt.

Da die Modellgebäude mit zunehmender Gebäudegröße sukzessiv länger werden, nimmt zusätzlich der Flächenanteil der Vorder- und Rückseite an den gesamten Fassadenflächen der Gebäude zu. Um hierfür wiederum den energetisch ungünstigsten Fall abzubilden, findet die Bebauung jeweils an den Seiten mit geringeren Flächenanteilen statt.

Gebäudegröße

Wie bereits in Kapitel 3.2 „Voruntersuchung“ erwähnt, kann das Modellgebäudeverfahren für Gebäude mit einer aufsummierten beheizten Bruttogeschossfläche von 115 m² bis 2300 m² verwendet werden. Die Gebäude werden durch 15 Modellgebäude repräsentiert, deren energetische Bezugsfläche die Gebäudenutzfläche A_N ist. Die Modellgebäudedatenbank enthält Modellgebäude mit den folgenden Gebäudenutzflächen: 120 m², 145 m², 170 m², 200 m², 240 m², 290 m², 350 m², 420 m², 500 m², 600 m², 750 m², 950 m², 1200 m², 1550 m² und 2000 m². Durch die Varianten „freistehend“, „einseitig angebaut“ und „zweiseitig angebaut“ resultieren 45 Modellgebäude.

Ausnahmen

Um bei der Anwendung der Modellgebäudedatenbank eine hinreichende Übereinstimmung der berechneten Energieausweiskennwerte mit denen der Bekanntmachung sicher zu stellen, weichen einzelne Modellgebäude geringfügig von den einheitlichen Rahmenbedingungen ab.

Die erste Ausnahme bezieht sich auf die Modellgebäude (freistehend, einseitig angebaut und zweiseitig angebaut) mit einer Gebäudenutzfläche von 120 m². Diese Gebäude haben keinen Kellerabgang innerhalb der thermischen Hülle. In diesen Fällen wird von einem Kellerabgang außerhalb des Gebäudes ausgegangen.

Die zweite Ausnahme bezieht sich auf die Modellgebäude mit den Gebäudenutzflächen 200 m², 240 m² und 290 m². Diese sind gedreht, sodass jeweils die Flächen mit den größeren Anteilen an der gesamten Fassadenfläche angebaut sind (vergleichbar mit Reihennittelhäusern). Vorsprung und Rückversatz befinden sich an den kürzeren, nicht angebauten Seiten der Gebäude.

3.3.2 Auswahl des Datenbankformats

Der Datenimport der Hüllflächen ist bei der Durchführung einer Energiebedarfsermittlung ein wichtiger Vorgang, um diese ohne Fehler und Informationsverlust in die jeweilige Software zu importieren. Abhängig von der verwendeten Software stehen unterschiedliche Schnittstellen zur Auswahl. Gängig sind bspw. JPG, DXF, XML, und CSV. Alle diese Formate haben ihre Vor- und Nachteile in bestimmten Bereichen, welche nachfolgend am Beispiel der Bauphysik- und EnEV-Software „DÄMMWERK“ diskutiert werden.

Bei der Verwendung des JPG-Formats werden auf Basis der Grundrisse Faltmodelle des Gebäudes erstellt. Die Gebäudeerfassung ist daher gut nachvollziehbar. Jedoch müssen die Faltmodelle manuell angelegt werden. Dies ist sowohl mit einem hohen zeitlichen Aufwand als auch einer entsprechenden Fehleranfälligkeit verbunden.

Die Vorteile des DXF-Formats sind ebenso die gute Nachvollziehbarkeit sowie der geringe Zeitaufwand bei Änderungen. Doch auch hier gibt es einen Nachteil, der zusätzliche Zeitaufwand beim separaten Anlegen von Polygonzügen in der CAD-Software.

Das nächste zu diskutierende Format ist XML. Hier können die Wärmedurchgangskoeffizienten ohne Bauteilbezug aus einer CAD-Software mit XML-Schnittstelle übernommen werden. Jedoch ist dieses Format nur bedingt nachvollziehbar und bereitet einen zusätzlichen Arbeitsaufwand durch das Nachzeichnen des Gebäudes in einer CAD-Software.

Weitergehend steht das CSV-Format zum Datenimport zur Verfügung. Eine CSV-Datei ist eine unformatierte Textdatei, die u.a. mittels Tabellenkalkulationsprogramme erstellt werden kann. Entscheidender Vorteil ist die große Verbreitung des Formates. Des Weiteren sind der schnelle Import der angelegten Kennwerte sowie die automatische Berechnung der Bodenplattenmaße Vorteile der Verwendung dieses Formates.

Da sowohl die Vorteile des JPG-Formates als auch die der 3D-datenbasierten Schnittstellen nicht überzeugen, wird für die Gebäudeerfassung das CSV-Format empfohlen. Jede EnEV-Software hat für die Gebäudeerfassung unterschiedliche Anforderungen an die Struktur der CSV-Datei, daher empfiehlt es sich die Datenbank zunächst in einem Tabellenkalkulationsprogramm anzulegen. Dadurch können die Gebäudeparameter vom Anwender der Datenbank entsprechend der Vorgaben der jeweiligen EnEV-Software strukturiert und anschließend ohne Informationsverlust eine CSV-Datei erstellt werden. Weiterhin bietet ein Tabellenkalkulationsprogramm auch bei großen Datenmengen eine gute Übersichtlichkeit und ist nahezu überall nutzbar.

3.3.3 Zwischenfazit

Die im Rahmen dieser Untersuchung erstellte Datenbank setzt sich aus den folgenden Bestandteilen zusammen:

- Modellgebäudedatenbank mit 30% bzw. 35% Fensterflächenanteil⁶
- Modellgebäudedatenbank mit 20% bzw. 25% Fensterflächenanteil⁷ (auch „Modellgebäudedatenbank mit reduziertem Fensterflächenanteil“ genannt)

Jede Datenbank umfasst eine separate xlsx-Datei mit 45 Gebäuden (freistehende, einseitig und zweiseitig angebaute Gebäude in jeweils 15 Gebäudegrößen). In den jeweiligen Zeilen finden sich die Gebäude sortiert nach Gebäudegröße und Anbauung und in den Spalten die Gebäudeparameter. Eine Legende, in der die Abkürzungen der Gebäudeparameter definiert sind, findet sich in Anhang 7.2. Die Datenbank liegt als XLSX-Datei vor, da dies das am weitesten verbreitete Format darstellt. Für ein automatisiertes Einlesen der Gebäudedaten in eine Software für den EnEV-Nachweis kann der Nutzer der Datenbank diese entsprechend der Vorgaben der jeweiligen Software strukturieren und bspw. in eine Text-Datei (CSV-Format) konvertieren. Dadurch wird eine universelle Anwendbarkeit der Datenbank sichergestellt.

Die Datenbank enthält über die für die energetische Bewertung relevanten Gebäudeparameter hinaus Informationen, die für eine mögliche spätere Erstellung von 3D-Modellen benötigt werden. Beispiele hierfür sind die Tiefe des Rückversatzes des obersten Geschosses sowie die Länge und Breite des Vorsprungs in den unteren Etagen. Des Weiteren ist sowohl die energetische Bezugsfläche für das Verfahren nach DIN V 4108-6/DIN V 4701-10 (Gebäudenutzfläche A_N) als auch die Bezugsfläche für das Verfahren nach DIN V 18599 (Nettogrundfläche A_{NGF} – DIN V 18599-1:2016-10 Gl. 29) enthalten sowie die charakteristische Länge (L_{char}) und Breite (B_{char}) (DIN V 18599-1:2016-10 Kapitel Gl. 35, Gl. 36).

⁶ Der Fensterflächenanteil der freistehenden und einseitig angebauten Gebäude beträgt 30%; der von zweiseitig angebauten 35%.

⁷ Der Fensterflächenanteil der freistehenden und einseitig angebauten Gebäude beträgt 20%; der von zweiseitig angebauten 25%.

3.4 Kontrollrechnungen

Die Kontrollrechnungen nach DIN V 4108-6/DIN V 4701-10 dienen dem Nachweis, dass bei Anwendung der im Rahmen dieser Untersuchung erarbeiteten Modellgebäudedatenbank eine hinreichende Übereinstimmung der Energieausweiskennwerte mit denen der Bekanntmachung eingehalten wird.

Zunächst werden in Kapitel 3.4.1 die Untersuchungsschwerpunkte bei Berechnung der Energieausweiskennwerte „Energetische Qualität Gebäudehülle H_T' , Ist-Wert“ (im Folgenden mit „ H_T' -Ist-Wert“ abgekürzt) und „Energetische Qualität Gebäudehülle H_T' , Anforderungswert“ (im Folgenden mit „ H_T' -Anforderungswert“ abgekürzt) erläutert sowie das Vorgehen bei der Festlegung der Freiheitsgrade dargelegt. In Kapitel 3.4.2 folgt eine Erläuterung zu den Energieausweiskennwerten „Primärenergiebedarf Ist-Wert“ (im Folgenden mit „ Q_P' -Ist-Wert“ abgekürzt), „Primärenergiebedarf Anforderungswert“ (im Folgenden mit „ Q_P' -Anforderungswert“ abgekürzt) und „Endenergiebedarf“.

3.4.1 Kontrollrechnungen H_T' -Werte

Um eine hinreichende Übereinstimmung der Energieausweiskennwerte zu erreichen, müssen die Randbedingungen der neuen Modellgebäude mit denen der ursprünglichen Modellgebäude, die für die Berechnung der Energieausweiskennwerte der Bekanntmachung verwendet wurden, übereinstimmen. Da im Bericht zur Bekanntmachung nicht alle benötigten Gebäudeparameter aufgeführt sind, bleiben Freiheitsgrade für die Berechnung nach DIN V 4108-6 bestehen.

Vorgehen

In einem ersten Schritt werden diese Freiheitsgrade identifiziert und anhand von Beispielrechnungen gezeigt, inwiefern sich die jeweiligen Freiheitsgrade auf die H_T' -Werte auswirken. Die Ausgangsbasis für die Beispielrechnungen ist ein Gebäude mit folgenden Rahmenbedingungen:

- Gebäudenutzfläche A_N : 145 m²
- Freistehendes Gebäude
- Wärmeschutzvariante: H31 (siehe auch Anhang 7.1)
- Kompaktheitskriterien sind ausgereizt
- Anzahl der Geschosse: 3
- Ohne Kellerabgang
- H_T' -Ist-Wert: 0,408 W/(m²K)

Die Freiheitsgrade werden anschließend einheitlich für alle Modellgebäude festgelegt. Das iterative Vorgehen (bestehend aus Durchführung der Kontrollrechnungen, Anpassen der Freiheitsgrade sowie Wiederholen der Kontrollrechnungen (siehe auch Kapitel 3.1)), wird nicht im Detail erläutert. Abschließend werden nennenswerte Abweichungen bei den finalen Kontrollrechnungen dargelegt und begründet. Die Ergebnisse der Kontrollrechnungen werden in Form von Diagrammen in Anhang 7.3 dargestellt.

Diskussion der Freiheitsgrade

Die energetische Qualität der Gebäudehülle wird primär durch die gewählte Wärmeschutzvariante sowie die Hüllflächenanteile der unterschiedlichen Bauteile beeinflusst. Steigt der Hüllflächenanteil von Bauteilen mit hohen Anforderungen an den Wärmeschutz, wie bspw. der Dachflächenanteil, nimmt die energetische Qualität der Gebäudehülle zu und der H_T' -Wert sinkt. Die Wärmeschutzvarianten sowie Fensterflächenanteile und die maximalen Gesamtflächen aller Außentüren sind durch die Bekanntmachung sowie den Bericht zur Bekanntmachung für die jeweiligen Modellgebäude festgelegt. Der Anteil der Dachfläche sowie der Anteil der Kellerdecke sind hingegen abhängig von der Anzahl der Stockwerke des jeweiligen Modellgebäudes, die nicht

festgelegt ist. Dieser Zusammenhang entsteht dadurch, dass das beheizte Gebäudevolumen V_e an die energetische Bezugsfläche A_N gekoppelt ist (siehe auch Kapitel 3.2 „Voruntersuchung“). Bei Reduktion der Anzahl der Geschosse – unter konstantem beheizten Gebäudevolumen V_e – wird das Gebäude gestaucht und die Hüllflächenanteile der Dachfläche sowie der Kellerdecke steigen. Im Beispiel des oben genannten Gebäudes sinkt der H_T -Ist-Wert um 11% bei zwei- an Stelle von drei Geschossen.

Ein Kellerabgang innerhalb der thermischen Hülle sowie dessen Größe haben ebenfalls Einfluss auf die energetische Qualität der Gebäudehülle. Hintergrund ist, dass (Keller-)Wände zu unbeheizten Räumen geringere Transmissionsverluste aufweisen als Außenwände. Im Gegensatz dazu müssen Wände zu unbeheizten Räumen geringere Anforderungen an den Wärmeschutz erfüllen. Im Beispiel des oben genannten Gebäudes sinkt der H_T -Ist-Wert um 2,4% durch einen kleinen Kellerabgang mit den Maßen 2,9 m x 2,9 m x 3 m (Länge, Breite, Höhe). Bei einem großen Kellerabgang mit den Maßen 5,8 m x 2,9 m x 3 m (Länge, Breite, Höhe) sinkt der H_T -Ist-Wert um 3,9%.

Festlegung der Freiheitsgrade

Nach Durchführung iterativer Kontrollrechnungen (siehe Kapitel 3.1 „Methodik“) wurden die Freiheitsgrade wie folgt festgelegt:

- Kellerabgang: 5,8 m x 2,9 m x 3 m (Länge, Breite, Höhe) mit 2 m² Kellertür (einheitlich für alle Modellgebäude mit Ausnahme A_N 120 m²)
- Anzahl der Geschosse siehe Tabelle 3-1

Tabelle 3-1: Anzahl der Geschosse der Modellgebäude abhängig von der Gebäudenutzfläche

Energetische Bezugsfläche (A_N) in m ²	Anzahl der Geschosse
120	2
145 bis 420	3
500	3,25
600	3,5
750	3,75
950 bis 1200	4
1550	4,5
2000	5

Ergebnisse der Kontrollrechnungen

Als hinreichende Übereinstimmung wird bei den Kontrollrechnungen der H_T' -Werte eine maximale Abweichung von 5% festgelegt. Bei einer Abweichung von mehr als 5% ist diese zu begründen. Die Kontrollrechnungen werden mit folgenden Ausstattungsvarianten der Anlagentechnik durchgeführt (Nummerierung analog zur Bekanntmachung [9]):

1. Zentralheizung mit Kessel für feste Biomasse, Pufferspeicher und zentraler Warmwasserversorgung
4. Zentralheizung über Nah-/Fernwärme versorgt oder lokale Kraft-Wärme-Kopplung, mit zentraler Warmwasserbereitung
9. Zentralheizung mit Luft-Wasser-Wärmepumpe mit dezentraler Warmwasserbereitung über direkt-elektrische Systeme und Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

Die Berechnung der H_T' -Ist-Werte erfolgt nach DIN V 4108-6 [12]. Relevant sind hier die in der Modellgebäudedatenbank enthaltenen Informationen sowie die jeweilige Wärmeschutzvariante. Die Kontrollrechnungen zeigen, dass bei Anwendung der Modellgebäudedatenbank eine hinreichende Übereinstimmung der H_T' -Ist-Werte mit denen der Bekanntmachung eingehalten wird. Lediglich in drei Fällen wurde eine maximale Abweichung von 5% überschritten:

- Anlagentechnik 9 – Einseitig angebaute Gebäude – A_N 1550 → 12,9%
- Anlagentechnik 9 – Zweiseitig angebaute Gebäude – A_N 500 → 9,3%
- Anlagentechnik 9 – Zweiseitig angebaute Gebäude – A_N 950 → 12,6%

Alle drei Abweichungen treten an Stellen auf, an denen die Wärmeschutzvariante der jeweiligen Größenklasse gegenüber der vorherigen Größenklasse verschärft wird. Eine im Zusammenhang mit der Verschärfung der Wärmeschutzvariante einhergehende Verbesserung der energetischen Qualität der Gebäudehülle (H_T' -Ist-Wert) tritt an den jeweiligen Stellen in den Tabellen der Bekanntmachung jedoch nicht auf.

Die Ergebnisse der Kontrollrechnungen finden sich in Anhang 7.3.1. In den Diagrammen sind die Energieausweiskennwerte auf Basis der im Rahmen dieser Untersuchung erarbeiteten Modellgebäudedatenbanken in den Legenden mit „Modellgebäude“ gekennzeichnet und die Energieausweiskennwerte der Bekanntmachung mit „Bekanntmachung“. Ergänzend zu den Diagrammen werden für jede anlagentechnische Ausstattungsvariante die mittlere absolute Abweichung sowie die maximale Abweichung der Energieausweiskennwerte, auf Basis der Modellgebäudedatenbank, gegenüber der Bekanntmachung angegeben.

3.4.2 Kontrollrechnungen Endenergiebedarf und Q_P' -Werte

Parallel zu den Kontrollrechnungen der H_T' -Werte gibt es auch für die Berechnung der Endenergiebedarfs- und Q_P' -Ist-Werte Freiheitsgrade.

Diskussion der Freiheitsgrade

Wesentlichen Einfluss auf die Energieausweiskennwerte haben die Anlagenkennwerte. Dem Bericht zur Bekanntmachung [8] ist zu entnehmen, dass für die Berechnung der Energieausweiskennwerte der Bekanntmachung für folgende Anlagenkomponenten von DIN V 4701-10 abweichende (verbesserte) Anlagenkennwerte verwendet wurden:

- Heizkreispumpe
- Speicherladepumpe
- Trinkwasserzirkulationspumpe
- Ventilatoren

Exakte Kennwerte werden jedoch nicht genannt. Folglich müssen für die Kontrollrechnungen im Rahmen dieser Untersuchung die Kennwerte dieser Anlagenkomponenten ermittelt bzw. angepasst werden.

Festlegung der Freiheitsgrade

Die Ermittlung der Kennwerte der Pumpen, die entsprechend des Berichts zur Vorbereitung der Bekanntmachung [8] von den Standardwerten der DIN V 4701-10:2003-08 [13] abweichen, erfolgt über Regressionsanalysen (siehe auch Kapitel 3.1 „Methodik“). Im Folgenden werden die Gleichungen als Ergebnis der Regressionsanalysen aufgeführt.

Nennleistung der Heizkreispumpe:

- Nach DIN V 4701-10 – Tab. 5.3-3a (55°/45°) [13]:

$$P_{Pumpe} = 45 + 0,085 \cdot A_N \quad (5)$$

- Nach Regressionsanalyse:

$$P_{Pumpe} = 27,65 + 0,05361 \cdot A_N \quad (6)$$

Nennleistung der (Trinkwasser-)Zirkulationspumpe:

- Nach DIN V 4701-10 – Gleichung 5.1.2-7 [13]:

$$P_{Pumpe} = 27 + 0,008 \cdot A_N \quad (7)$$

- Nach Regressionsanalyse:

$$P_{Pumpe} = 17,28 + 0,004755 \cdot A_N \quad (8)$$

Die Gleichung zur Berechnung der Nennleistung der Speicherladepumpe wird im Rahmen dieser Untersuchung nicht angepasst. Hintergrund ist der geringe Anteil des Hilfsenergiebedarfs der Speicherladepumpe am gesamten Endenergiebedarf von unter 1%. Für den flächenspezifischen Hilfsenergiebedarf der Ventilatoren der Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung wurde im Rahmen dieser Untersuchung mittels Regressionsanalyse ein Wert von 1,5 kWh/(m²a) ermittelt.

Neben den erläuterten Anlagenkennwerten werden für die Berechnung der Energieausweisekennwerte im Rahmen der Bekanntmachung ebenfalls verbesserte Kennwerte für Zentralheizungen mit Kessel für feste Biomasse angenommen.

Ergebnisse der Kontrollrechnungen

Die Kontrollrechnungen werden für die anlagentechnischen Ausstattungsvarianten Nr. 1, 4 und 9 der Bekanntmachung durchgeführt. Da bei der Berechnung der Endenergiebedarfs- und Q_P -Ist-Werte sowohl die Freiheitsgrade bzgl. der Gebäude als auch die soeben erläuterten Anlagenkennwerte Einfluss haben, wird eine maximale Abweichung von bis zu 10% toleriert. Diese kann bei allen durchgeführten Kontrollrechnungen eingehalten werden. Alle Ergebnisse der Kontrollrechnungen in Form von Diagrammen und zusätzlicher Angaben zu den mittleren absoluten Abweichungen sowie den maximalen Abweichungen sind in Anhang 7.3.2 und Anhang 7.3.3 dargestellt.

3.4.3 Zwischenfazit

Tabelle 3-2 gibt, zusammenfassend für alle Kontrollrechnungen, einen Überblick über die mittlere absolute Abweichung zwischen den Energieausweiskennwerten auf Basis der Modellgebäudedatenbank und den Werten aus den Tabellen der Bekanntmachung. Die Kontrollrechnungen zeigen, dass bei Anwendung der Datenbank eine hinreichende Übereinstimmung der Energieausweiskennwerte mit denen der Bekanntmachung vorliegt.

Tabelle 3-2: Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse der Kontrollrechnungen

		Mittlere absolute Abweichung		
Nummer der Anlagentechnik		AT 1	AT 4	AT 9
Endenergiebedarf		3,6 %	2,8 %	2,2 %
Primärenergiebedarf	Ist-Wert	4,0 %	2,7 %	2,1 %
Energetische Qualität der Gebäudehülle H_T' , Ist-Wert		1,5 %	1,9 %	1,5 %
Energetische Qualität der Gebäudehülle H_T' , Anforderungswert		0,8 %		

3.5 Leitfaden zur Anwendung der Modellgebäudedatenbank

3.5.1 Hintergrund der Fortschreibung

Die im Rahmen dieser Untersuchung erarbeitete Modellgebäudedatenbank ermöglicht eine Fortschreibung des Modellgebäudeverfahrens EnEV easy. Die Fortschreibung des Verfahrens kann in zwei Bestandteile untergliedert werden. Einerseits können die bereits durchgeführten Modellrechnungen (nach DIN V 4108-6/DIN V 4701-10) erneut mit den Bewertungsverfahren nach DIN V 18599 durchgeführt werden. Andererseits kann das Verfahren um zusätzliche Anlagentechniken erweitert werden. Die zweite Form der Fortschreibung steht vor dem Hintergrund, dass die Bekanntmachung zu EnEV easy zwar bereits 13 anlagentechnische Ausstattungsvarianten umfasst, diese jedoch nicht den gesamten Markt abdecken. Durch die Fortschreibung des Verfahrens können aktuell unberücksichtigte Anlagenvarianten aufgenommen werden, was das Verfahren folglich universell anwendbar macht.

3.5.2 Vorgehen – Aktualisierung aller Energieausweiskennwerte

1. Schritt – Berechnung der Anforderungswerte

Sollen alle Energieausweiskennwerte der Bekanntmachung erneuert werden (z.B. nach DIN V 18599), müssen zunächst die Anforderungswerte (H_T' - und Q_P' -Soll-Werte) berechnet werden. Die Ausführung der Referenzgebäude ist in Tabelle 1 Anlage 1 EnEV festgelegt. Die Anforderungswerte sind unabhängig von der Ausstattungsvariante der Anlagentechnik des zu errichtenden Gebäudes und müssen deshalb nur einmal berechnet werden.

2. Schritt – Berechnung der Ist-Werte

Nach Berechnung der Anforderungswerte können der H_T' -Ist-Wert, der Endenergiebedarf, die zugehörige Energieeffizienzklasse und der Q_P' -Ist-Wert für jede Anlagentechnik und Größenklasse berechnet werden. Bild 3-8 zeigt das Vorgehen bei der Berechnung dieser Energieausweiskennwerte.

Zuerst wird für die ausgewählte Gebäudenutzfläche der H_T' -Ist-Wert und der Q_P' -Ist-Wert mit der niedrigsten Wärmeschutzvariante berechnet (siehe Tabelle 1: Baulicher Wärmeschutz in Anlage 2 der Bekanntmachung).

Die Ergebnisse werden den in Schritt 1 berechneten Anforderungswerten gegenübergestellt. Überschreitet entweder der H_T' -Ist-Wert oder der Q_P' -Ist-Wert den entsprechenden Anforderungswert, wird die nächsthöhere Wärmeschutzvariante gewählt und erneut die damit errechneten Werte mit den Anforderungswerten verglichen. Dies wird fortgeführt, bis die Ist-Werte der neuen Anlagentechnik kleiner als die Anforderungswerte sind. Des Weiteren ist zu beachten, dass die Anforderungen des EEWärmeG [3] erfüllt werden. Ist dies gewährleistet, wird in die Tabelle der jeweiligen Anlagentechnik die Wärmeschutzvariante, der H_T' -Ist-Wert, der Endenergiebedarf, die zugehörige Energieeffizienzklasse und der Q_P' -Ist-Wert übertragen.

Das Vorgehen muss für jede energetische Bezugsfläche und jeden Anbaugrad durchgeführt werden. Für eine Ausstattungsvariante der Anlagentechnik ist Schritt 2 folglich 45-mal durchzuführen.

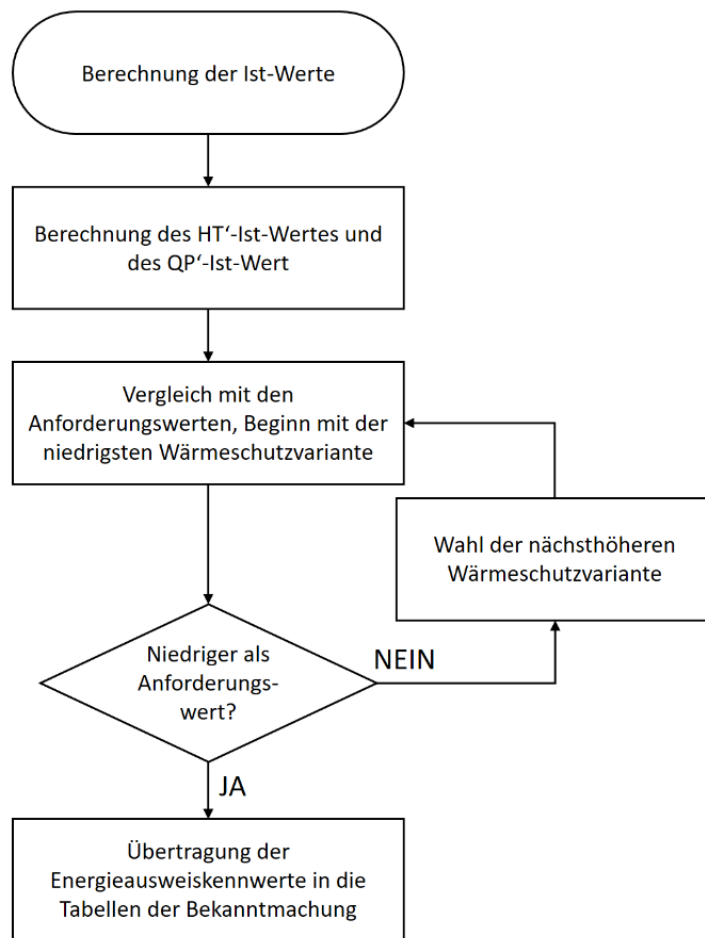


Bild 3-8: Ablaufdiagramm zur Fortschreibung des Modellgebäudeverfahrens – Schritt 2

3.5.3 Vorgehen – Aufnahme neuer Anlagentechniken

Soll das Verfahren um eine neue Anlagentechnik erweitert werden, muss zunächst die Definition der Ausstattungsvariante festgelegt werden. Die Definition muss einerseits die Angaben für den Energieausweis enthalten (wesentliche Energieträger, Art der verwendeten erneuerbaren Energien, Art der Lüftung und Angaben zum EEWärmeG). Andererseits müssen die Anlagenparameter festgelegt werden, welche eine hohe Relevanz für die Energieeffizienz der Anlagentechnik haben.

Da die Anforderungswerte unabhängig von der Anlagentechnik sind, kann bei der Aufnahme neuer Anlagentechniken auf Schritt 1 (Berechnung der Anforderungswerte) verzichtet und direkt mit Schritt 2 (Berechnung der Ist-Werte) begonnen werden. Schritt 2 erfolgt parallel zu der in Kapitel 3.5.2 erläuterten Vorgehensweise.

Werden neue Anlagentechniken aufgenommen, ist darauf zu achten, dass Rahmenbedingungen und Anlagenkennwerte wie z.B. die Nennleistung der Pumpen mit denen der bereits durchgeführten Berechnungen übereinstimmen (siehe auch Kapitel 3.4 Kontrollrechnungen).

3.5.4 Zwischenfazit

In Kapitel 3.5 wird ein standardisiertes Vorgehen erläutert, um das Modellgebäudeverfahren EnEV easy fortzuschreiben. Bild 3-9 zeigt zusammenfassend, welche Schritte für die jeweilige Variante der Fortschreibung relevant sind.

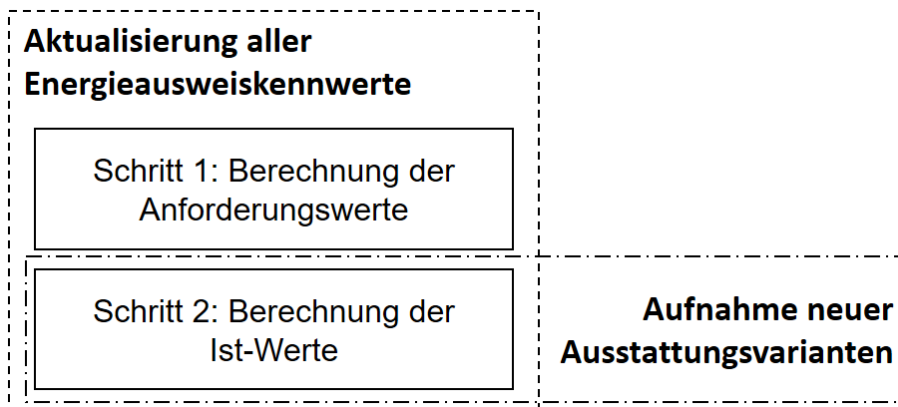


Bild 3-9: Durchzuführende Schritte beim Fortschreiben des Modellgebäudeverfahrens EnEV easy

3.6 Zusammenfassung Los 1

Ergebnis der vorliegenden Untersuchung ist eine Datenbank, die das Fortschreiben des Modellgebäudeverfahrens EnEV easy ermöglicht. Die Datenbank besteht aus den folgenden Teilen:

- Modellgebäudedatenbank mit 30% bzw. 35% Fensterflächenanteil
- Modellgebäudedatenbank mit 20% bzw. 25% Fensterflächenanteil (auch „Modellgebäudedatenbank mit reduzierten Fensterflächenanteil“ genannt)

Die Datenbank liegt als XLSX-Datei vor, da dies das am weitesten verbreitete Format darstellt. Für ein automatisiertes Einlesen der Gebäudedaten in eine Software für den EnEV-Nachweis kann der Nutzer der Datenbank diese entsprechend der Vorgaben der jeweiligen Software strukturieren und bspw. in eine Text-Datei (CSV-Format) konvertieren. Dadurch wird eine universelle Anwendbarkeit der Datenbank sichergestellt.

Die Ergebnisse der durchgeführten Kontrollrechnungen zeigen, dass bei Anwendung der Datenbank eine hinreichende Übereinstimmung der ermittelten Energieausweiskennwerte mit den Tabellen der Bekanntmachung [9] erzielt wird.

Des Weiteren werden die Grundlagen, die für eine Fortschreibung des Modellgebäudeverfahrens wesentlich sind, erläutert. Dazu zählen Hintergrundinformationen zu den in der Bekanntmachung aufgeführten Anwendungsvoraussetzung sowie Hilfestellungen und ein standardisiertes Vorgehen zur Anwendung der Datenbanken.

4 Los 2

Ziel von Los 2 ist die Überarbeitung des Verfahrens EnEV easy, so dass dessen Aufnahme in einen zukünftigen GEG-Entwurf möglich ist. In diesem Zusammenhang soll geprüft werden, unter welchen Bedingungen eine direkte Aufnahme von Kombinationen (jeweils bestehend aus einer Anlagenvariante und einer Wärmeschutzvariante) möglich ist. Des Weiteren soll eine neue Anlagentechnik⁸ in das Verfahren aufgenommen werden.

4.1 Methodik

Beim Referenzgebäudeverfahren, welches Grundlage des öffentlich-rechtlichen Nachweises ist, muss ein zu errichtendes Wohngebäude zwei Anforderungswerte erfüllen. Den Anforderungswert hinsichtlich des Primärenergiebedarfs des Gebäudes (Q_P' -Anforderungswert) und den Anforderungswert hinsichtlich der energetischen Qualität der Gebäudehülle (H_T' -Anforderungswert). Der H_T' -Anforderungswert ist relevant bei Anlagenvarianten mit niedrigem Primärenergiefaktor wie bspw. Kessel für feste Biomasse oder Wärmepumpen mit zentraler Warmwasserbereitung (im Folgenden H_T' -kritische Anlagenvarianten genannt). Der Q_P' -Anforderungswert ist hingegen relevant bei Anlagenvarianten mit höherem Primärenergiefaktor wie bspw. Brennwertgerät in Kombination mit Solaranlage oder Nah-/Fernwärme (im Folgenden Q_P' -kritische Anlagenvarianten genannt). Darüber hinaus kann die Gebäudegröße Einfluss auf den relevanten Anforderungswert haben. Beispielweise ist bei einem kleinen Gebäude (z.B. Einfamilienhaus) mit Wärmepumpe zur Heizwärmebereitstellung und dezentraler Warmwasserbereitung über direkt-elektrische-Systeme zunächst der H_T' -Anforderungswert ausschlaggebend. Mit steigender Gebäudegröße nimmt der Anteil des Heizwärmebedarfs am Gesamtenergiebedarf ab und der Anteil des Wärmebedarfs für Trinkwassererwärmung zu. Da direkt-elektrische Systeme, im Gegensatz zu Wärmepumpen, einen hohen Primärenergiebedarf haben, wird der Q_P' -Anforderungswert determinierend. Weiteren Einfluss auf den relevanten Anforderungswert hat, ob es sich bei dem betrachteten Gebäude um ein freistehendes Gebäude handelt oder das Gebäude einseitig bzw. zweiseitig angebaut ist. Mit steigendem Anbaugrad nimmt der Anteil des Heizwärmebedarfs am Gesamtenergiebedarf ebenfalls ab.

Bild 4-1 zeigt, als Beispiel für eine H_T' -kritische Anlagenvariante der Bekanntmachung [9], die Tabelle mit den Energieausweiskennwerten der Anlagenvariante 1 „Zentralheizung mit Kessel für feste Biomasse, Pufferspeicher und zentraler Warmwasserversorgung; freistehende Gebäude“. Die „Ist-Werte“ stehen repräsentativ für die zu errichtenden Gebäude, die mit der genannten Anlagenvariante ausgestattet werden sollen. Ersichtlich ist, dass die H_T' -Ist-Werte stets knapp unterhalb der H_T' -Anforderungswerte liegen (rot markiert). Die Q_P' -Ist-Werte liegen hingegen bei weniger als 50% der Q_P' -Anforderungswerte (grün markiert). Folglich sind die H_T' -Anforderungswerte die determinierende Größe.

Zeile	Spalte		Maßeinheit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	aufsummierte beheizte Bruttogeschossfläche des Gebäudes A_{GS}			von	bis														
0	Gebäudenutzfläche A_N			m^2	120	145	170	200	240	290	350	420	500	600	750	950	1200	1550	2000
Wärmeschutz und Kennwerte für freistehendes Gebäude																			
1	Wärmeschutzvarianten nach Anlage 2				H31 – H33							H11 – H13							
2	Endenergiebedarf			$\frac{kWh}{m^2 \cdot a}$	143	133	123	116	108	101	94	105	100	95	91	86	81	77	72
3	Energieeffizienzklasse				E	E	D	D	D	D	C	D	D	C	C	C	C	C	B
4	Primärenergiebedarf	Ist-Wert	$\frac{kWh}{m^2 \cdot a}$	33	31	28	26	25	23	21	23	22	21	20	19	18	16	15	
5		Anforderungswert	$\frac{kWh}{m^2 \cdot a}$	68	65	62	59	56	53	50	51	49	47	45	43	41	39	37	
6	Energetische Qualität Gebäudehülle H_T' , Ist-Wert			$\frac{W}{m^2 \cdot K}$	0,37	0,38	0,38	0,38	0,37	0,36	0,35	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,46	0,46
7	Energetische Qualität Gebäudehülle H_T' , Anforderungswert			$\frac{W}{m^2 \cdot K}$	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

⁸ Zentralheizung mit Brennwertgerät zur Verfeuerung von Erdgas oder leichtem Heizöl, Solaranlage zur ausschließlichen Trinkwassererwärmung, Solarspeicher und zentraler Warmwasserversorgung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

Bild 4-1: Beispiel einer H_T -kritischen Anlagenvariante – Zentralheizung mit Kessel für feste Biomasse, Pufferspeicher und zentraler Warmwasserversorgung (Anlagenvariante 1); freistehende Gebäude [9]

Bild 4-2 zeigt die Tabelle mit den Energieausweiskennwerten der Anlagenvariante 3 „Zentralheizung mit Brennwertgerät zur Verfeuerung von Erdgas oder leichtem Heizöl, Solaranlage nach EEWärmeG, Pufferspeicher und zentraler Warmwasserversorgung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung“ als Beispiel für eine Q_P -kritische Anlagenvariante. Im Gegensatz zu Anlagentechnik 1 liegen die Q_P -Ist-Werte stets knapp unter den Q_P -Anforderungswerten. Der Abstand zwischen den H_T -Ist- und -Anforderungswerten ist ausreichend, so dass diese keinen Einfluss auf die Wärmeschutzanforderungen haben.

Zeile	Spalte	Maßeinheit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	aufsummierte beheizte Bruttogeschossfläche des Gebäudes A_{GS}	von bis m^2	115	141	166	196	236	281	341	406	491	581	701	881	1101	1401	1801
0	Gebäudenutzfläche A_N	m^2	120	145	170	200	240	290	350	420	500	600	750	950	1200	1550	2000
Wärmeschutz und Kennwerte für freistehendes Gebäude																	
1	Wärmeschutzvarianten nach Anlage 2		Verfahren nicht anwendbar														
2	Endenergiebedarf	$\frac{kWh}{m^2 \cdot a}$	H51 – H53														
3	Energieeffizienzklasse		A														
4	Primärenergiebedarf	$\frac{kWh}{m^2 \cdot a}$	53														
5	Ist-Wert		53														
6	Anforderungswert		53														
7	Energetische Qualität Gebäudehülle H_T , Ist-Wert	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$	0,32														
8	Energetische Qualität Gebäudehülle H_T , Anforderungswert	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$	0,40														

Bild 4-2: Beispiel einer Q_P -kritischen Anlagenvariante - Zentralheizung mit Brennwertgerät zur Verfeuerung von Erdgas oder leichtem Heizöl, Solaranlage nach EEWärmeG, Pufferspeicher und zentraler Warmwasserversorgung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (Anlagenvariante 3); freistehende Gebäude [9]

Im vorliegenden Beispiel können Gebäude mit einer Nutzfläche A_N zwischen 120 m^2 und 240 m^2 die Q_P -Anforderungswerte auch mit den Wärmeschutzvarianten nach den strengsten Vorgaben (H51-H53) nicht unterschreiten. Das Modellgebäudeverfahren EnEV easy ist folglich für diese Fälle nicht anwendbar.

Bild 4-3 zeigt die Tabelle mit den Energieausweiskennwerten der Anlagenvariante 8 „Zentralheizung mit Luft-Wasser-Wärmepumpe mit dezentraler Warmwasserbereitung über direkt-elektrische Systeme“ aus der Bekanntmachung [9] als Beispiel für eine sowohl Q_P - als auch H_T -kritische Anlagenvariante. Die Gebäude mit den Bezugsflächen A_N 290 m^2 und A_N 350 m^2 liegen im Übergangsbereich zwischen H_T -kritisch und Q_P -kritisch (gelb markiert). Eine eindeutige Zuordnung zu einer determinierenden Anforderungsgröße ist nicht möglich.

Zeile	Spalte	Maßeinheit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	aufsummierte beheizte Bruttogeschossfläche des Gebäudes A_{GS}	von bis m^2	115	141	166	196	236	281	341	406	491	581	701	881	1101	1401	1801
0	Gebäudenutzfläche A_N	m^2	120	145	170	200	240	290	350	420	500	600	750	950	1200	1550	2000
Wärmeschutz und Kennwerte für freistehendes Gebäude																	
1	Wärmeschutzvarianten nach Anlage 2		H31 – H33														
2	Endenergiebedarf	$\frac{kWh}{m^2 \cdot a}$	32	31	29	29	28	27	26	27	26	25	24	24	Verfahren nicht anwendbar		
3	Energieeffizienzklasse		A	A	A+	A+	A+	A+	A+	A+	A+	A+	A+	A+			
4	Primärenergiebedarf	$\frac{kWh}{m^2 \cdot a}$	57	55	54	52	50	49	47	48	47	45	44	42			
5	Ist-Wert		68	65	62	59	56	53	50	51	49	47	45	43			
6	Anforderungswert		68	65	62	59	56	53	50	51	49	47	45	43			
7	Energetische Qualität Gebäudehülle H_T , Ist-Wert	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$	0,37	0,38	0,38	0,38	0,37	0,36	0,35	0,40	0,38	0,37	0,35	0,34			
8	Energetische Qualität Gebäudehülle H_T , Anforderungswert	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50			

Bild 4-3: Beispiel einer H_T - und Q_P -kritischen Anlagenvariante – Zentralheizung mit Luft-Wasser-Wärmepumpe mit dezentraler Warmwasserbereitung über direkt-elektrische Systeme (Anlagenvariante 8); freistehende Gebäude [9]

Eine Kategorisierung aller Anlagenvarianten, die in der aktuellen Bekanntmachung enthalten sind, ist in Tabelle 4-1 gegeben. Eine ausführliche und zeitaufwändige Berechnung des Primärenergiebedarfs zur Bestimmung der Wärmeschutzanforderungen ist nur bei den Q_P -kritischen Anlagenvarianten notwendig. Die Anforderungen hinsichtlich des H_T -Wertes sind, bei einem öffentlich-rechtlichen Nachweis entsprechend der Vorgaben des aktuellen Entwurfes des GEG [4] bereits erfüllt, sofern keines der Bauteile höhere

Wärmedurchgangskoeffizienten als die des Referenzgebäudes aufweist. Hintergrund ist, dass im Rahmen des aktuellen Entwurfs zum GEG die Nebenanforderung⁹ nach Anlage 1 Tabelle 2 EnEV [2] nicht enthalten ist. Da alle im Modellgebäudeverfahren aufgeführten Wärmeschutzvarianten gleiche oder geringere Wärmedurchgangskoeffizienten als die der Referenzausführung aufweisen, ist für die Ermittlung der materiell-rechtlichen Anforderungen im Rahmen dieses Forschungsvorhabens eine ausführliche energetische Bewertung der H_T' -kritischen Anlagenvarianten nicht relevant.

Tabelle 4-1: Kategorisierung der Anlagenvarianten

Ausstattungsvariante der Anlagentechnik	Q_P' - oder H_T' -kritisch
AT1	H_T'
AT2	H_T'
AT3	Q_P'
AT4	$Q_P' + H_T'$
AT5	$Q_P' + H_T'$
AT6	H_T'
AT7	H_T'
AT8	$Q_P' + H_T'$
AT9	$Q_P' + H_T'$
AT10	H_T'
AT11	H_T'
AT12	H_T'
AT13	H_T'
AT14 (neu)	Q_P'

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens werden ausschließlich die Beschreibungen der Ausstattungsvarianten der Anlagentechnik erarbeitet und die zugehörigen Wärmeschutzanforderungen bestimmt. Eine Berechnung der zugehörigen Energieausweiskennwerte, wie diese in der aktuellen Bekanntmachung [9] zu finden sind, ist nicht Bestandteil des Forschungsvorhabens. Da entsprechend des aktuellen Entwurfs des GEG [4] langfristig DIN V 18599:2016 als einziges zulässiges Berechnungsverfahren vorgesehen ist und zum Zeitpunkt der Durchführung des Forschungsvorhabens noch keine kommerzielle Software für eine energetische Bewertung von Gebäuden nach DIN V 18599:2016 verfügbar ist, wird eine eigen entwickelte Software verwendet (im Folgenden „institutseigene DIN V 18599:2016 Software“ genannt). Der Rechenkern basiert auf den Berechnungsrichtlinien der DIN V 18599:2016.

⁹ Die Nebenanforderung nach Anlage 1 Tabelle 2 EnEV stellt eine Obergrenze für die maximal zulässigen H_T' -Anforderungswerte. Beispielsweise darf der H_T' -Ist-Wert von freistehenden Wohngebäuden mit einer Nutzfläche bis zu 350 m² nicht schlechter als 0,40 W/(m²K) sein, auch wenn der H_T' -Wert des Referenzgebäudes schlechter ist.

4.2 Voruntersuchung

Im folgenden Unterkapitel werden Voruntersuchungen durchgeführt, die für die Ermittlung der Wärmeschutzanforderungen in Kapitel 4.3 relevant sind. Die Untersuchungen dienen als Ausgangspunkt zur Festlegung von Rahmenbedingungen im Zusammenhang mit dem Forschungsvorhaben.

4.2.1 Einfluss von Dachflächenfenstern am Beispiel von EFH

Entsprechend der Bekanntmachung [9] muss im aktuellen Modellgebäudeverfahren ein Gebäude mit Dachflächenfenster höhere Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz erfüllen als ein Gebäude ohne. Im Hinblick darauf, dass im aktuellen Entwurf des GEG [4] die Nebenanforderung nach Anlage 1 Tabelle 2 EnEV [2] nicht enthalten ist und somit ausschließlich¹⁰ der Primärenergiebedarf der determinierende Anforderungswert ist, wird im Folgenden geprüft, ob die bisherige Verschärfung der Wärmeschutzanforderungen (von Untervariante HX1 auf HX2) für Gebäude mit Dachflächenfenster weiterhin benötigt wird (siehe auch Anhang 7.1). Konkret sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- Welche Auswirkung haben Dachflächenfenster auf die Energieausweiskennwerte von repräsentativen Einfamilienhäusern?
- Ist es möglich, dass ein Wohngebäude mit Dachflächenfenstern die Anforderungen des öffentlich-rechtlichen Nachweises nicht erfüllt, welches es ohne Dachflächenfenster erfüllen würde?

Die Untersuchungen sollen exemplarisch anhand von Einfamilienhäusern durchgeführt werden, da der Einfluss der Dachflächenfenster auf den Primärenergiebedarf bei diesen Gebäuden kritischer als bei Mehrfamilienhäusern eingeschätzt wird.

Methodik/Randbedingungen

Zur Beantwortung der Ausgangsfragen werden in einem ersten Schritt zwei repräsentative Einfamilienhäuser unterschiedlicher Nutzfläche ohne Dachflächenfenster nach DIN V 4108-6/ DIN V 4701-10 bewertet. Untersucht werden das sog. „Einfamilienhaus klein ohne Keller“ und das sog. „Einfamilienhaus groß ohne Keller“ [14]. Diese werden jeweils mit der Anlagentechnik 4 ausgestattet (Zentralheizung über Nah-/Fernwärme versorgt oder lokale Kraft-Wärme-Kopplung, mit zentraler Warmwasserbereitung). Es wird die geringste Wärmeschutzvariante der Bekanntmachung [9] gewählt, mit der eine Unterschreitung der Anforderungswerte möglich ist.

In einem zweiten Schritt werden die Einfamilienhäuser um Dachflächenfenster erweitert und die Energieausweiskennwerte berechnet. Der Anteil der Dachflächenfenster beträgt, entsprechend der Bekanntmachung [9], 6% der Dachflächen. Da in der Wärmeschutzvariante HX1 kein Wärmedurchgangskoeffizient für Dachflächenfenster vorgesehen ist (siehe auch Anhang 7.1), wird auf den der nächstgelegenen Untervariante zurückgegriffen. Wurde bspw. im ersten Schritt die Wärmeschutzvariante H11 gewählt, wird im zweiten Schritt der Wärmedurchgangskoeffizient für Dachflächenfenster der Wärmeschutzvariante H12 ($1,4 \text{ W/(m}^2\text{K)}$) verwendet. Alle anderen Wärmedurchgangskoeffizienten entsprechen weiterhin der Untervariante H11. Anschließend werden die Energieausweiskennwerte der Einfamilienhäuser mit und ohne Dachflächenfenster gegenübergestellt.

Darstellung der Ergebnisse

Bei den durchgeführten Berechnungen erfüllen beide Einfamilienhäusern sowohl mit als auch ohne Dachflächenfenstern die Anforderungswerte. In Tabelle 4-2 ist zu erkennen, dass Ist- und Anforderungswerte

¹⁰ Sofern die Wärmedurchgangskoeffizienten aller Bauteile des zu errichtenden Gebäudes im Vergleich mit den Bauteilen des Referenzgebäudes kleiner gleich sind – was bei den Wärmeschutzvarianten des Modellgebäudeverfahrens EnEV easy gegeben ist.

sich nahezu parallel verhalten. Der H_T -Ist-Wert weist eine geringfügig höhere Zunahme als der H_T -Anforderungswert auf. Er kann diesen jedoch nicht übertreffen, da die Wärmedurchgangskoeffizienten aller Bauteile des zu errichtenden Gebäudes die der Bauteile des Referenzgebäudes unterschreiten. Der Einfluss der Dachflächenfenster auf den Primärenergiebedarf ist zu vernachlässigen. Hintergrund ist, dass den erhöhten Transmissionsverlusten, die mit den Dachflächenfenstern verbunden sind, erhöhte solare Warmgewinne gegenüberstehen. Diese sind bei Dachflächenfenstern im Vergleich zu vertikal ausgerichteten Fenstern höher, da erstgenannte eine energetisch günstigere Ausrichtung hinsichtlich der solaren Einstrahlung aufweisen.

Tabelle 4-2: Gegenüberstellung der Energieausweiskennwerte der Einfamilienhäuser mit und ohne Dachflächenfenster (DFF)

		Einfamilienhaus klein			Einfamilienhaus groß		
Benennung	Einheit	ohne DFF	mit DFF	Abweichung	ohne DFF	mit DFF	Abweichung
Wärmeschutzvariante	-	H11	H11		H11	H11	
Endenergiebedarf	kWh/(m²a)	78,9	78,7	-0,3%	74,8	74,7	-0,1%
Q_P -Ist-Wert	kWh/(m²a)	58,2	58	-0,4%	50,6	50,5	-0,2%
Q_P -Anforderungswert	kWh/(m²a)	58,3	58,1	-0,4%	51,5	51,4	-0,2%
H_T -Ist-Wert	W/(m²K)	0,346	0,361	4,3%	0,357	0,368	3,2%
H_T -Anforderungswert	W/(m²K)	0,363	0,377	3,9%	0,377	0,387	2,7%
Nachweis erfüllt	-	Ja	Ja		Ja	Ja	

Zusammenfassung und Fazit

Die Untersuchung zeigt, dass die Primärenergiebedarfswerte der betrachteten Einfamilienhäuser mit und ohne Dachflächenfenster nahezu identisch sind. Da mit zunehmender Gebäudegröße und speziell mit zunehmender Anzahl an Stockwerken der Anteil der Dachfläche an der gesamten Hüllfläche abnimmt, ist bei Mehrfamilienhäusern ebenfalls von einem vernachlässigbaren Einfluss der Dachflächenfenster auf den Primärenergiebedarf auszugehen.

4.2.2 Einfluss von speziellen Fenstertüren am Beispiel von EFH

In diesem Unterkapitel wird parallel zu Kapitel 4.2.1 geprüft, ob die bisherige Verschärfung der Wärmeschutzanforderungen (von Untervariante HX1 auf HX3) in der aktuellen Bekanntmachung [9] für Gebäude mit speziellen Fenstertüren¹¹, in einer möglichen neuen Bekanntmachung weiterhin benötigt wird. Konkret sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- Welche Auswirkung haben spezielle Fenstertüren auf den Primärenergiebedarf von repräsentativen Einfamilienhäusern?
- Ist es möglich, dass ein Wohngebäude mit speziellen Fenstertüren die Anforderungen des öffentlich-rechtlichen Nachweises nicht erfüllt, welches es ohne spezielle Fenstertüren erfüllen würde?

¹¹ „Spezielle Fenstertüren sind barrierefreie Fenstertüren gemäß DIN 18040-2:2011-09, sowie Schiebe-, Hebe-Schiebe-, Falt- und Faltschiebetüren, vergleiche auch Anlage 3 Nummer 2 Satz 2 EnEV“ [9]

Methodik/Randbedingungen

Für das repräsentative „Einfamilienhaus klein ohne Keller“ [14] wird zunächst ohne spezielle Fenstertüren eine ausführliche Berechnung der Energieausweiskennwerte nach DIN V 4108 6/DIN V 4701-10 durchgeführt. Berücksichtigt wird hierfür ausschließlich die Anlagentechnik des Referenzgebäudes (siehe auch Anlage 1 Tabelle 1 EnEV [2]). Die Wärmedurchgangskoeffizienten der Gebäudehülle entsprechen ebenfalls zunächst denen der Referenzausführung.

In einem zweiten Schritt wird das Einfamilienhaus um spezielle Fenstertüren erweitert und die Energieausweiskennwerte erneut berechnet. Der Anteil der speziellen Fenstertüren an der Fassadenfläche beträgt 4,5% und deren Wärmedurchgangskoeffizienten $1,6 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Entsprechend der Vorgaben des Auftraggebers wird die Fläche der herkömmlichen Fenster um die Fläche der speziellen Fenstertüren reduziert.

Die Berechnungen der Energieausweiskennwerte des Einfamilienhauses mit und ohne spezielle Fenstertüren werden anschließend unter strengeren Wärmeschutzanforderungen wiederholt. Es werden die Wärmeschutzvarianten H21, H31 und H51 der Bekanntmachung [9] betrachtet. Nach aktuellem Stand der Technik ist eine Unterschreitung der Wärmedurchgangskoeffizienten von $1,6 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ bei speziellen Fenstertüren nicht möglich. Aus diesem Grund wird bei den Berechnungen, unabhängig von der Wärmeschutzvariante, stets dieser Wert für spezielle Fenstertüren verwendet.

Abschließend werden die Energieausweiskennwerte des Einfamilienhauses mit und ohne spezielle Fenstertüren gegenübergestellt.

Darstellung der Ergebnisse

Bild 4-4 zeigt, dass die Primärenergiebedarfwerte des Einfamilienhauses durch spezielle Fenstertüren zunehmen. Hintergrund ist, dass die Wärmedurchgangskoeffizienten der speziellen Fenstertüren höher sind als die der herkömmlichen Fenster. Des Weiteren ist zu erkennen, dass die Abweichung der Primärenergiebedarfwerte des Einfamilienhauses mit speziellen Fenstertüren, von dem ohne speziellen Fenstertüren, mit steigender Wärmeschutzvariante zunimmt.

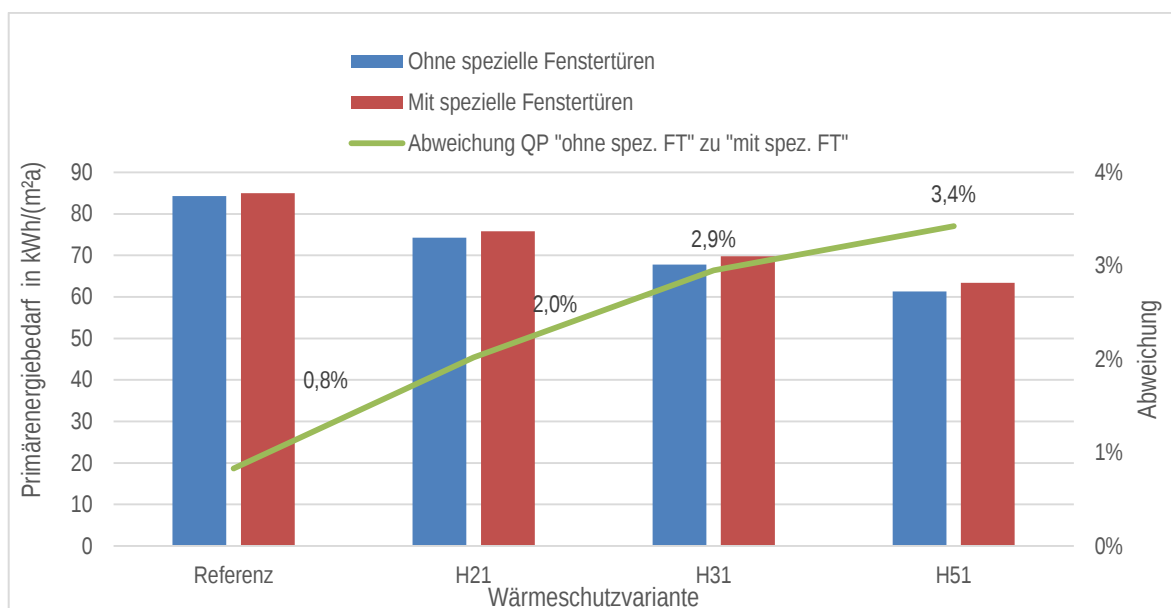


Bild 4-4: Gegenüberstellung der Primärenergiebedarfwerte eines repräsentativen Einfamilienhauses ohne/mit spezielle(n) Fenstertüren (ausgestattet mit der Referenzanlagentechnik) unter Variation der Wärmeschutzvariante

Die zunehmende Abweichung der Primärenergiebedarfswerte bei strengeren Wärmeschutzvarianten führt zu dem Risiko, dass ein Wohngebäude mit speziellen Fenstertüren die Anforderungen nicht erfüllt, welches ohne spezielle Fenstertüren die Anforderungen erfüllen würde. Folgendes Beispiel dient zur Veranschaulichung:

Ein Gebäude unterschreitet ohne spezielle Fenstertüren mit der Wärmeschutzvariante H31 den $Q_{p'}$ -Anforderungswert um 2%. Unter der vereinfachten Annahme, dass die Ergebnisse aus Bild 4-4 direkt auf dieses Gebäude übertragbar sind, würde durch spezielle Fenstertüren der $Q_{p'}$ -Ist-Werte um 2,9 % steigen. Der $Q_{p'}$ -Anforderungswert würde hingegen lediglich um 0,8% steigen. Folglich würde der Ist-Wert den Anforderungswert um rund 0,1% übertreffen. Die Anforderungen des öffentlich-rechtlichen Nachweises würden dadurch nicht mehr erfüllt werden.

Zusammenfassung und Fazit

Die Untersuchung zeigt, dass die Primärenergiebedarfswerte eines Wohngebäudes durch spezielle Fenstertüren steigen. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, dass ein Wohngebäude mit speziellen Fenstertüren die Anforderungen des öffentlich-rechtlichen Nachweises nicht erfüllt, welches ohne spezielle Fenstertüren die Anforderungen erfüllen würde.

Wird auf eine Verschärfung der Wärmeschutzanforderungen für Gebäuden mit speziellen Fenstertüren verzichtet und werden für Gebäude mit speziellen Fenstertüren in einer neuen Bekanntmachung separate Tabellen mit Energieausweiskennwerten veröffentlicht und diese auf Basis der gleichen Wärmeschutzvarianten berechnet, wie die der Gebäude ohne spezielle Fenstertüren, besteht das Risiko, dass in einzelnen Fällen die $Q_{p'}$ -Ist-Werte die $Q_{p'}$ -Anforderungswerte um wenige Prozent überschreiten.

4.2.3 Solarer Deckungsanteil des GEG-Referenzgebäudes

Im aktuellen Entwurf des GEG [4] wird bei der technischen Ausführung des Referenzgebäudes (Wohngebäude) unter Nr. 7 (Anlage zur Warmwasserbereitung) auf § 37 Absatz 1 des Gesetzes verwiesen. In § 37 Absatz 1 wird ein solarer Deckungsanteil von 15% gefordert. In diesem Kapitel wird untersucht, ob die Forderung für das Referenzgebäude eingehalten werden kann. Speziell bei kleinen, freistehenden Gebäuden besteht die Vermutung, dass dies nicht der Fall ist.

Methodik/Randbedingungen

Exemplarisch werden die in Los 1 erarbeiteten freistehenden Modellgebäude (20% Fensterflächenanteil) mit den Nutzflächen A_N 120 m², 145 m² und 170 m² betrachtet. Die Gebäude werden mit der technischen Ausführung des Referenzgebäudes (Wohngebäude) entsprechend des aktuellen Entwurfs des GEG [4] ausgestattet. Des Weiteren gelten die in der DIN V 18599:2016 vorgegebenen Standardwerte sowie die in Anhang 7.4.1 definierten Randbedingungen. Es wird eine vollständige energetische Bewertung der Gebäude erstellt und der solare Deckungsanteil bestimmt. Die Berechnung erfolgt mit der institutseigenen DIN V 18599:2016 Software.

Darstellung der Ergebnisse

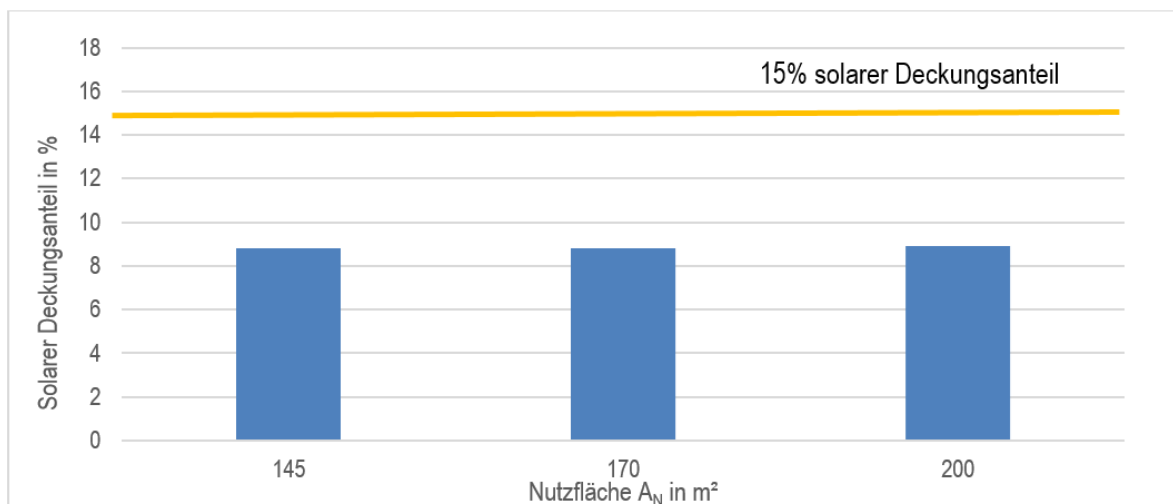


Bild 4-5: Solarer Deckungsanteil ausgewählter freistehenden Modellgebäude mit GEG-Referenzausführung

Bild 4-5 zeigt, dass bei den drei betrachteten Modellgebäuden der geforderte solare Deckungsanteil von 15% mit einem Standard-Flachkollektor nicht erreicht werden kann. Hintergrund ist der geringe Anteil des Nutzwärmebedarfs für Trinkwarmwasser am gesamten Nutzwärmebedarf bzw. der geringe Anteil der Erzeugernutzwärmeabgabe¹² an das TWW-System an der gesamten Erzeugernutzwärmeabgabe. Dieser liegt bei den betrachteten Modellgebäuden bei 17% (siehe Tabelle 4-3). Könnte die Solarthermieanlage 100% der Erzeugernutzwärmeabgabe an das TWW-System decken, könnte ein solarer Deckungsanteil von 17% erreicht werden. Da die solaren Gewinne in den Wintermonaten jedoch vernachlässigbar gering sind, muss die Erzeugernutzwärmeabgabe in diesen Monaten durch den Gas-Brennwertkessel gedeckt werden. Folglich kann (auch bei einer deutlich größeren Kollektorfläche) der solare Deckungsanteil von 15% nicht erreicht werden.

Tabelle 4-3: Ergebnisse der energetischen Bewertung nach DIN V 18599:2016 für ausgewählte freistehenden Modellgebäude mit GEG-Referenzausführung

Benennung	Einheit			
Nutzfläche des Gebäudes	m^2	145	170	200
Nettogrundfläche des Gebäudes	m^2	133,2	155,6	182,9
Erzeugernutzwärmeabgabe an das TWW	kWh/a	2.744	3.006	3.488
Erzeugernutzwärmeabgabe an das Heizsystem	kWh/a	13.320	14.750	16.850
Anteil Erzeugernutzwärmeabgabe TWW-System an Wärmeenergiebedarf	%	17	17	17
Solarer Deckungsanteil bei Standard-Flachkollektor	%	8,8	8,8	8,9
Kollektorfläche nach Standardwerten DIN V 18599:2016	m^2	4,0	4,4	5,0

¹² Die Erzeugernutzwärmeabgabe resultiert aus dem Bedarf und den Verlusten aus den Prozessbereichen Übergabe, Verteilung und Speicherung [20]

Zusammenfassung und Fazit

Der durch den aktuellen Entwurf des GEG [4] geforderte solare Deckungsanteil von 15% des Referenzgebäudes kann in den betrachteten Fällen nicht eingehalten werden. Hintergrund ist der geringe Anteil des Nutzwärmebedarfs für Trinkwarmwasser am gesamten Nutzwärmebedarf der betrachteten Modellgebäude. Es wird eine Überarbeitung der technischen Ausführung des Referenzgebäudes im Gesetzesentwurf empfohlen, da das Referenzgebäudeverfahren ansonsten speziell für kleine Gebäude nicht anwendbar ist. Möglich wäre alternativ zum solaren Deckungsanteil von 15% eine Mindestkollektorfläche der Solarthermieanlage des Referenzgebäudes in das Gesetz aufzunehmen. Neben den Unstimmigkeiten, die bei der Nachweisführung auftreten, würde die Einhaltung der Forderung „15% solarer Deckungsanteil“ zu eine Verschärfung der Anforderungswerte im Hinblick auf die aktuelle Fassung der EnEV [2] bedeuten. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wird im Folgenden (angelehnt an die derzeit gültige Fassung der EnEV [2]) bei den Referenzgebäuden mit den Standardkollektorflächen nach DIN V 18599:2016 gerechnet.

4.2.4 Zwischenfazit

Die Voruntersuchung zeigt, dass die Primärenergiebedarfswerte der repräsentativen Einfamilienhäuser mit und ohne Dachflächenfenster nahezu identisch sind. Spezielle Fenstertüren führen hingegen in den untersuchten Fällen zu einer Steigerung des Primärenergiebedarfs. In den betrachteten Fällen liegt die Abweichung der Energieausweiskennwerte stets unter 10%. Eine Untersuchung, in der die Einflüsse kumuliert betrachtet werden, wird nicht durchgeführt. In diesem Fall kann einer Überschreitung der 10% nicht ausgeschlossen werden. Eine pauschale Aussage über eine mögliche Verringerung der Untervarianten entsprechend der Anlage 2 Tabelle 1 der Bekanntmachung [9] kann deshalb nicht getroffen werden.

Darüber hinaus werden Unstimmigkeiten hinsichtlich des geforderten solaren Deckungsanteil des Referenzgebäudes im aktuellen Entwurf des GEG [4] aufgezeigt.

4.3 Ermittlung der Wärmeschutzanforderungen

In diesem Kapitel wird untersucht, mit welcher Kombination von Ausstattungsvariante der Anlagentechnik (kurz Anlagenvariante) und Wärmeschutzvariante die Anforderungen hinsichtlich des Primärenergiebedarfs erfüllt werden können. Zunächst werden in Kapitel 4.3.1 die Randbedingungen der Berechnungen festgelegt. Anschließend werden in Kapitel 4.3.2 die Berechnungsergebnisse dargelegt und diskutiert. In Kapitel 4.3.3 wird der Einfluss der Fensterflächenanteile auf die Wärmeschutzanforderungen untersucht.

4.3.1 Randbedingungen der Berechnungen

Allgemeine Randbedingungen

Folgende allgemeine Randbedingungen wurden in der Leistungsbeschreibung und der Auftaktbesprechung des Forschungsvorhabens festgelegt:

- Berechnungsgrundlage ist die DIN V 18599:2016-10 unter Berücksichtigung der Ergebnisse deren Validierung [5].
- Die Berechnung der Anforderungswerte erfolgt auf Basis des Gesetzesentwurfs der Bundesregierung für das Gesetz zur Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts für Gebäude (GEG) (Bearbeitungsstand: 31.03.2017). Die Nebenanforderung nach Anlage 1 Tabelle 2 EnEV ist nicht Bestandteil des Entwurfs des GEG [4] und wird bei den Berechnungen folglich nicht berücksichtigt.
- Bezüglich der Vorgaben zur „Nutzung erneuerbarer Energien zur Deckung des Wärme- und Kälteenergiebedarfs“ wurde dem Auftraggeber eine überarbeitete Fassung (Stand 25.07.2018) übermittelt, die vom Entwurf des GEG [4] abweicht. In diesem Fall wurden die aktuellen Vorgaben bei den Berechnungen berücksichtigt.
- Sowohl bei der Berechnung der Ist-Werte als auch bei der Berechnung der Anforderungswerte wird mit einem Wärmebrückenzuschlag von $0,05 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ gerechnet.
- Bei Zentralheizungen, die über Nah-/Fernwärme oder Kraft-Wärme-Kopplung versorgt werden, wird mit einem Primärenergiefaktor von 0,65 (Jahresmittel) gerechnet.
- Für die Berechnung der materiell-rechtlichen Anforderungen werden ausschließlich die im Rahmen von Los 1 erarbeiteten „Modellgebäude mit reduzierten Fensterflächenanteilen“ verwendet (20% Fensterflächenanteil bei freistehenden und einseitig angebauten Gebäuden und 25% Fensterflächenanteil bei zweiseitig angebauten Gebäuden).
- Für die Berechnung der Anforderungswerte und der Ist-Werte werden Modellgebäude gleicher Geometrie verwendet. Eine Verschärfung der Anforderungswerte durch Berechnung auf Basis geometrisch abweichender Referenzgebäude erfolgt nicht.

Im Entwurf des GEG [4] wird bei der technischen Ausführung des Referenzgebäudes (Wohngebäude) unter Nr. 7 (Anlage zur Warmwasserbereitung) auf § 37 Absatz 1 des Gesetzes verwiesen. In § 37 Absatz 1 wird ein solarer Deckungsanteil von 15% gefordert. Dieser kann nicht in allen Fällen erreicht werden (siehe auch Kapitel 4.2.3). Die Kollektorflächen sowie die Speichervolumina der Referenzgebäude werden deshalb (angelehnt an die aktuelle Fassung der EnEV [2]) entsprechend dem jeweiligen Dimensionierungsvorschlag der DIN V 18599:2016-10 gewählt. Dies hat zur Folge, dass speziell bei kleinen und freistehenden Gebäuden der solare Deckungsanteil unter 15% liegt.

Randbedingungen der anlagentechnischen Ausstattungsvarianten

Für die Berechnung der jeweiligen anlagentechnischen Ausstattungsvariante werden, soweit vorhanden, die Standardwerte aus DIN V 18599:2016-10 verwendet. An den Stellen, die keine Standardwerte in DIN V 18599:2016-10 aufweisen, orientiert sich die Beschreibung der Ausstattungsvarianten am Fachbericht „Erarbeitung einer Software-Lösung für die Anwendung der DIN V 18599 für den Wohnungsbau für Zwecke der Vergleichsrechnung für Förderfälle“ des „18599 Gütegemeinschaft e.V.“ aus dem Jahr 2014 [15]. Im Fachbericht

wurden entsprechende Randbedingungen herausgearbeitet, „die immer dann als Standardrandbedingungen im Nachweis von Wohngebäuden eingesetzt werden können, wenn keine genaueren Angaben aus der Anlagenplanung zur Verfügung stehen“ [15].

Im Anhang (Kapitel 7.4.1 bis 7.4.6) finden sich die vollständigen Beschreibungen der Randbedingungen der Q_P'-kritischen Ausstattungsvarianten, für die im Rahmen dieses Forschungsvorhabens ausführliche Berechnungen nach DIN V 18599:2016 durchgeführt werden. In einzelnen Fällen wird von den Randbedingungen des Fachberichts abgewichen, wenn diese nicht den Vorgaben des Entwurfs des GEG [4] oder denen der DIN V 18599:2016-10 entsprechen. Durch farbliche Hervorhebung sind diese im Anhang kenntlich gemacht.

Des Weiteren werden im Hinblick auf eine kompakte Darstellung die bisherigen 13 bzw. 14 anlagentechnischen Ausstattungsvarianten zusammengefasst. Untervarianten mit Lüftungsanlage, die identische Wärmeschutzanforderungen aufweisen wie die zugehörigen Hauptvarianten, werden im Folgenden (im Unterschied zur Bekanntmachung [9]) nicht mehr separat aufgeführt. Bspw. kann ein Gebäude, dessen Heizwärme- und Trinkwarmwasserbereitstellung mit einer Sole-Wasser-Wärmepumpe erfolgen soll, aufgrund des geringen Primärenergiebedarfs des Wärmeerzeugers bereits gebaut werden, wenn dessen Außenbauteile gleiche Wärmedurchgangskoeffizienten wie die der Referenzausführung aufweisen. Eine zusätzliche Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung würde zwar zu einer weiteren Reduzierung des Primärenergiebedarfs des Gebäudes führen, wird für den öffentlich-rechtlichen Nachweis in diesem Fall jedoch nicht benötigt. Tabelle 4-4 zeigt die neuen Anlagenbezeichnungen und stellt diese den Bisherigen gegenüber. Um Verwechslungen vorzubeugen, wird im Folgenden, sofern die neue Nummerierung verwendet wird, diese um den Zusatz „neue Nummerierung“ ergänzt. Eine differenzierte Betrachtung der energetischen Vorteile, die in den beschriebenen Fällen mit einer Lüftungsanlage verbunden sind, ist erst bei der Berechnung der Energieausweiskennwerte relevant und wird deshalb in ein Folgeprojekt (Los 3) verlagert, dessen Ergebnisse in einer nachfolgenden Bekanntmachung veröffentlicht werden sollen.

Tabelle 4-4: Gegenüberstellung der bisherigen und neuen Nummerierung der anlagentechnischen Ausstattungsvarianten

Bisherige Nummerierung	Neue Nummerierung	Neue Kurzbeschreibung* der Anlagenvariante
AT1 & AT2	AT1	Kessel für feste Biomasse, Pufferspeicher und zentrale Trinkwassererwärmung
AT14	AT2	Brennwertgerät zur Verfeuerung von Erdgas oder leichtem Heizöl, Solaranlage zur zentralen Trinkwassererwärmung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
AT3	AT3	Brennwertgerät zur Verfeuerung von Erdgas oder leichtem Heizöl, Solaranlage zur zentralen Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung (Kombianlage), Pufferspeicher, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
AT4	AT4	Nah-/Fernwärmeversorgung oder lokale Kraft-Wärme-Kopplung, zentrale Trinkwassererwärmung
AT5	AT5	Nah-/Fernwärmeversorgung oder lokale Kraft-Wärme-Kopplung, zentrale Trinkwassererwärmung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
AT6 & AT7	AT6	Luft-Wasser-Wärmepumpe, zentrale Trinkwassererwärmung
AT8	AT7	Luft-Wasser-Wärmepumpe, dezentrale Trinkwassererwärmung
AT9	AT8	Luft-Wasser-Wärmepumpe, dezentrale Trinkwassererwärmung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
AT10 & AT11	AT9	Wasser-Wasser-Wärmepumpe, zentrale Trinkwassererwärmung
AT12 & AT13	AT10	Sole-Wasser-Wärmepumpe, zentrale Trinkwassererwärmung

*Eine ausführliche Beschreibung der Anlagenvarianten findet sich in Kapitel 4.4 bzw. in Anhang 7.4

Wärmeschutzvarianten

Für die Ermittlung der Wärmeschutzanforderungen werden die Wärmeschutzvarianten nach Tabelle 4-5 verwendet. Diese orientieren sich an den Wärmeschutzvarianten der Bekanntmachung [9]. In folgenden Punkten wurden, in Absprache mit dem Auftraggeber, Veränderungen an den bisherigen Wärmeschutzvarianten vorgenommen:

- Im Hinblick auf eine kompakte Darstellung im Gesetzestext wird auf die Wärmeschutzvariante H4X verzichtet
- Die Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten der Wärmeschutzvariante mit den geringsten Anforderungen werden mit denen der EnEV- bzw. GEG-Referenzausführung abgeglichen.
- Anstelle der Benennung HXX werden, in Anlehnung an die Energieeffizienzklassen, Buchstaben verwendet. Die Wärmeschutzvariante mit den strengsten Anforderungen wird in diesem Zusammenhang mit „A“ gekennzeichnet, die mit den geringsten mit „D“.

Tabelle 4-5: Varianten des baulichen Wärmeschutzes und maximale Flächenanteile

Bauteil	Eigenschaft	Wärmeschutzvariante (WSV)			
		D	C	B	A
Außenwände, Geschossdecke nach unten gegen Außenluft	Höchstwert des Wärmedurchgangs- koeffizienten U [W/(m²·K)]	0,28	0,23	0,19	0,15
Außenwände gegen Erdreich, Bodenplatte, Wände und Decken nach unten zu unbeheizten Räumen		0,35	0,29	0,26	0,20
Dach, oberste Geschossdecke, Wände zu Abseiten		0,20	0,16	0,14	0,11
Außentüren		1,8	1,8	1,8	1,8
Fenster, Fenstertüren		1,3	1,1	0,95	0,90

4.3.2 Darstellung und Diskussion der Ergebnisse

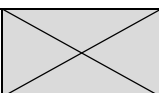
Tabelle 4-6: Wärmeschutzanforderungen für ein freistehendes Gebäude auf Basis der Randbedingungen von Los 2

Anlagenvariante Nummer		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	Aufsummierte beheizte Bruttogeschossfläche des Gebäudes A _{GS} in m²	von	115	141	166	196	236	281	341	406	491	581	701	881	1101	1401	1801
		bis	140	165	195	235	280	340	405	490	580	700	880	1100	1400	1800	2300
	Anlagenvariante	Erforderliche Wärmeschutzvariante															
1	Kessel für feste Biomasse, Pufferspeicher und zentrale Trinkwassererwärmung	D															
2	Brennwertgerät zur Verfeuerung von Erdgas oder leichtem Heizöl, Solaranlage zur zentralen Trinkwassererwärmung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	B				A											
3	Brennwertgerät zur Verfeuerung von Erdgas oder leichtem Heizöl, Solaranlage zur zentralen Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung (Kombianlage), Pufferspeicher, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	C															
4	Nah-/Fernwärmeversorgung oder lokale Kraft-Wärme-Kopplung, zentrale Trinkwassererwärmung	D				C						B					
5	Nah-/Fernwärmeversorgung oder lokale Kraft-Wärme-Kopplung, zentrale Trinkwassererwärmung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	D															
6	Luft-Wasser-Wärmepumpe, zentrale Trinkwassererwärmung	D															
7	Luft-Wasser-Wärmepumpe, dezentrale Trinkwassererwärmung	D				C				B			A				
8	Luft-Wasser-Wärmepumpe, dezentrale Trinkwassererwärmung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	D													C		
9	Wasser-Wasser-Wärmepumpe, zentrale Trinkwassererwärmung	D															
10	Sole-Wasser-Wärmepumpe, zentrale Trinkwassererwärmung	D															

Tabelle 4-7: Wärmeschutzanforderungen für ein einseitig angebautes Gebäude auf Basis der Randbedingungen von Los 2

Anlagenvariante Nummer		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	Aufsummierte beheizte Bruttogeschossfläche des Gebäudes A _{Gs} in m²	von	115	141	166	196	236	281	341	406	491	581	701	881	1101	1401	1801
		bis	140	165	195	235	280	340	405	490	580	700	880	1100	1400	1800	2300
	Anlagenvariante		Erforderliche Wärmeschutzvariante														
1	Kessel für feste Biomasse, Pufferspeicher und zentrale Trinkwassererwärmung	D															
2	Brennwertgerät zur Verfeuerung von Erdgas oder leichtem Heizöl, Solaranlage zur zentralen Trinkwassererwärmung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	B					A										
3	Brennwertgerät zur Verfeuerung von Erdgas oder leichtem Heizöl, Solaranlage zur zentralen Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung (Kombianlage), Pufferspeicher, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	C															
4	Nah-/Fernwärmeversorgung oder lokale Kraft-Wärme-Kopplung, zentrale Trinkwassererwärmung	D				C	B								A		
5	Nah-/Fernwärmeversorgung oder lokale Kraft-Wärme-Kopplung, zentrale Trinkwassererwärmung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	D															
6	Luft-Wasser-Wärmepumpe, zentrale Trinkwassererwärmung	D															
7	Luft-Wasser-Wärmepumpe, dezentrale Trinkwassererwärmung	D				C		B				A					
8	Luft-Wasser-Wärmepumpe, dezentrale Trinkwassererwärmung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	D												C			
9	Wasser-Wasser-Wärmepumpe, zentrale Trinkwassererwärmung	D															
10	Sole-Wasser-Wärmepumpe, zentrale Trinkwassererwärmung	D															

Tabelle 4-8: Wärmeschutzanforderungen für ein zweiseitig angebautes Gebäude auf Basis der Randbedingungen von Los 2

Anlagenvariante Nummer		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Aufsummierte beheizte Bruttogeschossfläche des Gebäudes A _{GS} in m²	von 115	141	166	196	236	281	341	406	491	581	701	881	1101	1401	1801
		bis 140	165	195	235	280	340	405	490	580	700	880	1100	1400	1800	2300
	Anlagenvariante	Erforderliche Wärmeschutzvariante														
1	Kessel für feste Biomasse, Pufferspeicher und zentrale Trinkwassererwärmung	D														
2	Brennwertgerät zur Verfeuerung von Erdgas oder leichtem Heizöl, Solaranlage zur zentralen Trinkwassererwärmung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	B				A										
3	Brennwertgerät zur Verfeuerung von Erdgas oder leichtem Heizöl, Solaranlage zur zentralen Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung (Kombianlage), Pufferspeicher, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	C											D			
4	Nah-/Fernwärmeversorgung oder lokale Kraft-Wärme-Kopplung, zentrale Trinkwassererwärmung	D				B									A	
5	Nah-/Fernwärmeversorgung oder lokale Kraft-Wärme-Kopplung, zentrale Trinkwassererwärmung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	D														
6	Luft-Wasser-Wärmepumpe, zentrale Trinkwassererwärmung	D														
7	Luft-Wasser-Wärmepumpe, dezentrale Trinkwassererwärmung	D				B						A				
8	Luft-Wasser-Wärmepumpe, dezentrale Trinkwassererwärmung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	D											C			B
9	Wasser-Wasser-Wärmepumpe, zentrale Trinkwassererwärmung	D														
10	Sole-Wasser-Wärmepumpe, zentrale Trinkwassererwärmung	D														

Der Vergleich der erforderlichen Wärmeschutzvarianten (Tabelle 4-6 bis Tabelle 4-8) mit denen der Bekanntmachung [9] zeigt, dass die in Kapitel 4.3.1 definierten Randbedingungen zu geringeren Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz führen. Die größten Unterschiede sind bei freistehenden Gebäuden mit einer aufsummierten beheizten Bruttogeschossfläche A_{GS} von 115 bis 405 m^2 (entspricht $A_N \leq 350 m^2$) zu erkennen. Bei den H_T -kritischen Anlagenvarianten ist dies auf das Wegfallen der Nebenanforderung nach Anlage 1 Tabelle 2 EnEV zurückzuführen. Die Nebenanforderung ist bei den genannten Gebäuden in den Tabellen der Bekanntmachung maßgebend für die H_T -Anforderungswerte, da die Nebenanforderung strengere Anforderungen an die energetische Qualität der Gebäudehülle stellt, als die Anforderungen, die über das Referenzgebäude errechnet werden. Die H_T -Ist-Werte der Bekanntmachung basieren auf Modellgebäuden mit 30% bzw. 35% Fensterflächenanteil. Der hohe Fensterflächenanteil führt (in der Bekanntmachung) dazu, dass die H_T -

Anforderungswerte der Nebenanforderung ($0,40 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) für freistehende Wohngebäude mit $A_N \leq 350 \text{ m}^2$) erst mit den Wärmeschutzvarianten H31-H33 ($\triangleq$ WSV B) erfüllt werden können. Durch das Wegfallen der Nebenanforderung steigen die H_T -Anforderungswerte parallel zu den H_T -Ist-Werten (Anforderungen sinken), wodurch die Erfüllung bereits mit gleichen Wärmedurchgangskoeffizienten wie die der Referenzausführung ($\triangleq$ WSV D) möglich ist. Der reduzierte Fensterflächenanteil der Modellgebäude, der den Berechnungen im Rahmen von Los 2 zugrunde liegt, hat nur geringen Einfluss auf die Ergebnisse (siehe auch Kapitel 4.3.3). Gleiches gilt für die einseitig angebauten Gebäude über den gesamten Geltungsbereich von $A_{GS} 115 \text{ m}^2$ bis 2300 m^2 . Eine Erfüllung der dominierenden H_T -Anforderungswerte der Nebenanforderung ($0,45 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ für einseitig angebaute Wohngebäude) ist mit den Rahmenbedingungen, die den Berechnungen der Bekanntmachung zugrunde liegen, erst mit den Wärmeschutzvarianten H21-H23 ($\triangleq$ WSV C) möglich. Das Wegfallen der Nebenanforderung in den Rahmenbedingungen von Los 2 führt dazu, dass auch bei einseitig angebauten Gebäuden bei den H_T -kritischen Anlagenvarianten die geringste Wärmeschutzvariante ($\triangleq$ WSV D) ausreicht, um die Anforderungswerte zu erfüllen.

Ausschlaggebend für die geringeren Wärmeschutzanforderungen der Q_P -kritischen Anlagenvarianten in Los 2 ist die Berechnung der Q_P -Anforderungswerte auf Basis der gleichen Modellgebäude wie die der Ist-Werte. In den Berechnungen, die der Bekanntmachung zugrunde liegen, ist dies nicht der Fall (siehe auch Kapitel 3.2.6 „Referenzgebäude“). Den Q_P -Anforderungswerten der Bekanntmachung liegen Gebäude mit einem günstigen A/V_e -Verhältnis zugrunde, was wiederum zu einem geringeren Primärenergiebedarf der Referenzgebäude und somit zu strengeren Anforderungswerten führt. Veranschaulicht wird dies in Bild 4-6. Der Unterschied zwischen den Anforderungswerten ist speziell bei kleinen Gebäuden erkennbar. Mit zunehmender Gebäudegröße nimmt der Einfluss der Kompaktheit (bzw. des A/V_e -Verhältnisses) der Gebäude auf deren Primärenergiebedarf ab, wodurch die Anforderungswerte näher beieinanderliegen.

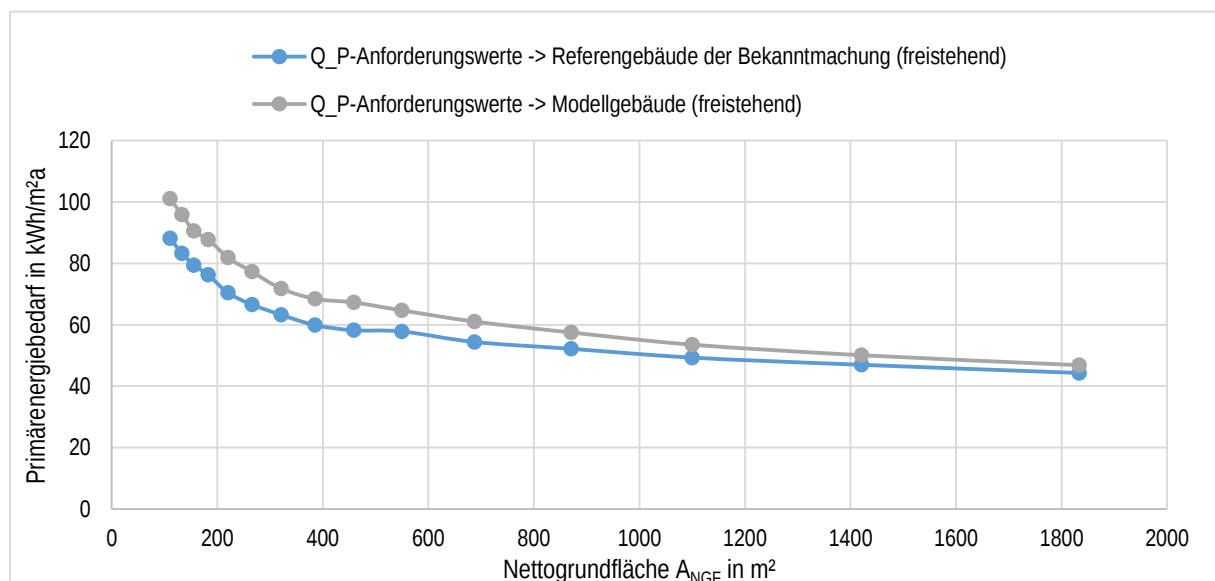


Bild 4-6: Gegenüberstellung der Q_P -Anforderungswerte der energetisch günstigen Referenzgebäude und der geometrisch ungünstigen Modellgebäude – berechnet mit DIN V 18599:2016 und den Randbedingungen des Entwurfs des GEG. Die energetische Bezugsfläche der Primärenergiebedarfswerte ist entsprechend DIN V 18599:2016-10 die Nettogrundfläche.

Der Ausschluss der Anlagenvariante „Luft-Wasser-Wärmepumpe, dezentrale Trinkwassererwärmung“ für freistehende Gebäude im Größenbereich $A_{GS} 1801 \text{ m}^2$ bis 2300 m^2 sowie bei einseitig angebauten Gebäuden im Größenbereich $A_{GS} 1401 \text{ m}^2$ bis 2300 m^2 und bei zweiseitig angebauten Gebäuden im Größenbereich $A_{GS} 1101 \text{ m}^2$ bis 2300 m^2 ist auf einen zu hohen Primärenergiebedarf zurückzuführen.

Zur Abgrenzung dieses Forschungsvorhabens zu parallellaufenden Untersuchungen am BMWi hinsichtlich GEG-Einzelfragen wird folgendes angemerkt: Die Anlagenbeschreibung der Anlagenvariante „Nah-/Fernwärmeversorgung oder lokale Kraft-Wärme-Kopplung, zentrale Trinkwassererwärmung“ unterscheidet sich

von der des Referenzgebäudes, neben unterschiedlichen Wärmeerzeugern, in weiteren Punkten. Folgende Unterschiede in den Randbedingungen der Berechnungen (siehe auch Anhang 7.4.1 und Anhang 7.4.4) haben wesentlichen Einfluss auf die Wärmeschutzanforderungen:

Tabelle 4-9: Unterschiede in den Randbedingungen der Anlagenvariante „Nah-/Fernwärmeversorgung oder lokale Kraft-Wärme-Kopplung, zentrale Trinkwassererwärmung“ und der Referenzausführung hinsichtlich der Berechnungen zur Ermittlung der materiell-rechtlichen Anforderungen

	Referenzausführung	Nah-/Fernwärmeversorgung oder lokale Kraft-Wärme-Kopplung, zentrale Trinkwassererwärmung	Anmerkung
Lüftung	Zentrale Abluftanlage, bedarfsgeführt mit geregelter DC-Ventilator	Das Gebäude wird ausschließlich über Infiltration und Fensterlüftung be- und entlüftet	Fensterlüftung führt zu höheren Lüftungswärmesenken → Primärenergiebedarf steigt
Verteil-leitungen	Leitungen liegen alle im beheizten Bereich	EFH (bis einschließlich $A_{GS} 235 \text{ m}^2$): Leitungen liegen alle im beheizten Bereich MFH (ab $A_{GS} 236 \text{ m}^2$): Verteilleitungen liegen in unbeheiztem Bereich	Wärmeverluste von Verteilleitungen, die nicht im beheizten Bereich sind, stellen keine internen Wärmequellen dar. → Primärenergiebedarf steigt

4.3.3 Einfluss des Fensterflächenanteils auf materiell-rechtliche Anforderungen

Nachfolgend wird untersucht, ob und wenn ja, welchen Einfluss der Fensterflächenanteil der Modellgebäude auf die materiell-rechtlichen Anforderungen hat. Die Randbedingungen entsprechen denen des Kapitels 4.3.1.

Bild 4-7 stellt vergleichend die Anforderungswerte für freistehende Gebäude mit einem Fensterflächenanteil von 20% und 30% dar. Deutlich erkennbar ist, dass der erhöhte Fensterflächenanteil von 30% direkte Auswirkungen auf die H_T -Anforderungswerte hat. Die Nebenanforderung nach Anlage 1 Tabelle 2 EnEV ist nicht Bestandteil des Entwurfs des GEG [2] und somit auch nicht Teil dieser Untersuchung. Folglich können die H_T -Anforderungswerte der freistehenden Gebäude die Schwellwerte $0,40 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ bzw. $0,50 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ überschreiten.

Die Q_P -Anforderungswerte werden durch den Fensterflächenanteil hingegen nur sehr gering beeinflusst. Hintergrund ist, dass Fenster im Vergleich zu opaken Bauteilen zwar einerseits einen hohen Wärmedurchgangskoeffizienten aufweisen, was zu erhöhten Transmissionswärmeverlusten führt. Andererseits bedingt ein erhöhter Fensterflächenanteil auch steigende solare Wärmegegewinne. Diese kompensieren in der Jahresbilanz nahezu die Transmissionswärmeverluste; der Jahresprimärenergiebedarf steigt folglich nur unwesentlich.

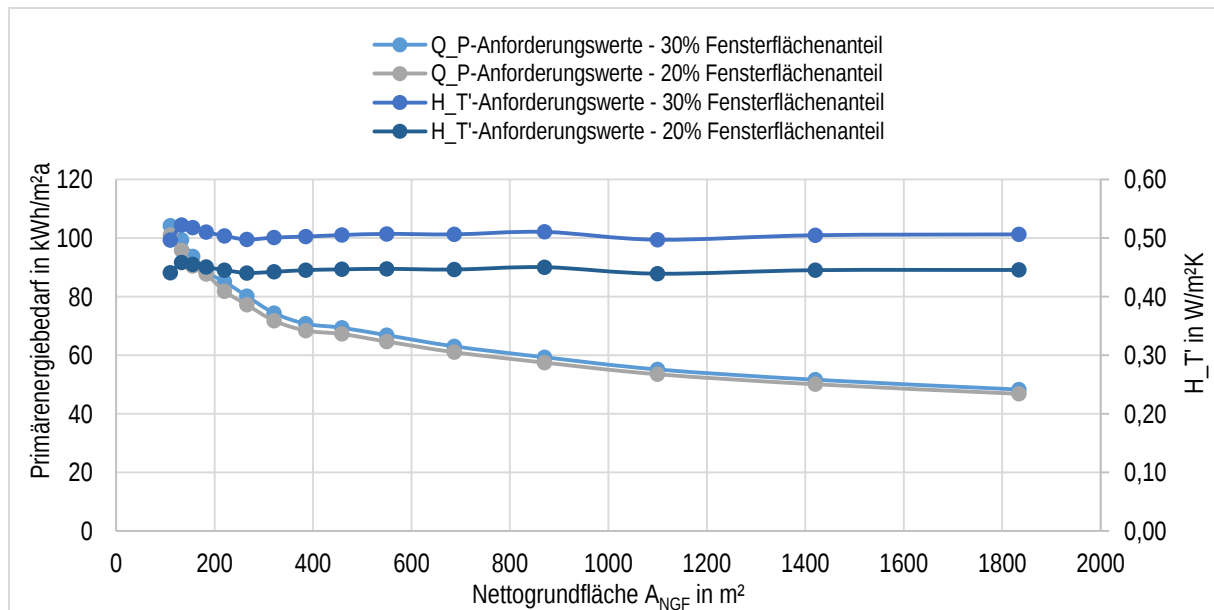


Bild 4-7: Gegenüberstellung der Anforderungswerte auf Basis der Modellgebäudedatenbank (freistehend) mit 20% und 30% Fensterflächenanteil (FFAT). Die energetische Bezugsfläche der Primärenergiebedarfswerte ist entsprechend DIN V 18599:2016-10 die Nettogrundfläche.

Parallel zu Bild 4-7 zeigt Bild 4-8 eine Gegenüberstellung der Q_P -Ist-Werte exemplarisch für die Anlagenvariante „Luft-Wasser-Wärmepumpe, dezentrale Trinkwassererwärmung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung“ auf Basis der Modellgebäudedatenbank (freistehend) mit 20% und 30% Fensterflächenanteil. Bei den Q_P -Ist-Werten der Anlagenvariante ist, wie auch bei den Q_P -Anforderungswerten, nur eine geringe Abhängigkeit vom Fensterflächenanteil der Modellgebäude zu beobachten. Die Wärmedurchgangskoeffizienten, die der Berechnung zugrunde liegen, entsprechen denen der Referenzausführung. Die H_T -Werte sind unabhängig von den Anlagenvarianten. Folglich stimmen die H_T -Ist-Werte der Anlagenvariante „Luft-Wasser-Wärmepumpe, dezentrale Trinkwassererwärmung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung“ mit den H_T -Anforderungswerten überein.

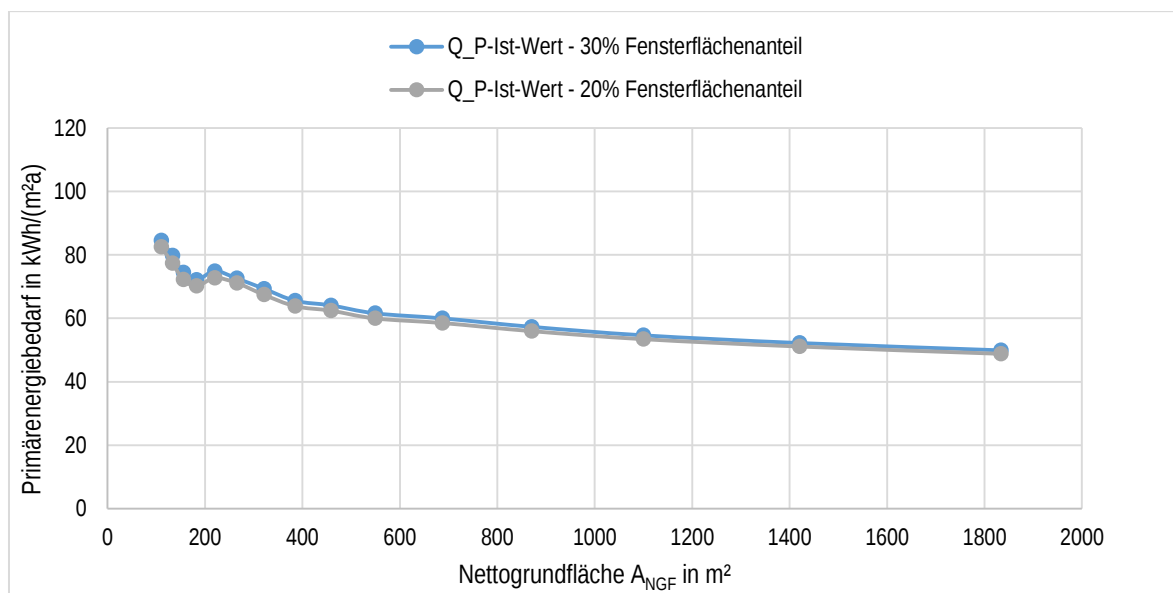


Bild 4-8: Gegenüberstellung der Q_P -Ist-Werte der Anlagenvariante „Luft-Wasser-Wärmepumpe, dezentrale Trinkwassererwärmung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung“ auf Basis der Modellgebäudedatenbank (freistehend) mit 20% und 30% Fensterflächenanteil. Die energetische Bezugsfläche der Primärenergiebedarfswerte ist entsprechend DIN V 18599:2016-10 die Nettogrundfläche.

In Tabelle 4-10 sind die erforderlichen Wärmeschutzvarianten für die Anlagenvariante „Nah-/Fernwärmeversorgung oder lokale Kraft-Wärme-Kopplung, zentrale Trinkwassererwärmung“ in Abhängigkeit des Fensterflächenanteils der Modellgebäude vergleichend dargestellt. Bei der Anlagenvariante hat der mit dem höheren Fensterflächenanteil verbundene Anstieg an Endenergiebedarf für Heizwärme einen positiven Einfluss auf die erforderliche Wärmeschutzvariante. In einem Fall (A_{GS} 881 m² bis 1100 m²) ist eine Lockerung zu verzeichnen. Hintergrund ist, dass der günstige Primärenergiefaktor für Nah-/Fernwärme bzw. lokale Kraft-Wärme-Kopplung von 0,65 sowohl auf den Primärenergiebedarf für Heizwärme als auch den Primärenergiebedarf für Trinkwarmwasser wirkt. Im Gegensatz dazu hat die Solarthermieanlage der Referenzausführung nur Einfluss auf den Primärenergiebedarf für Trinkwarmwasser. Der Einfluss ist gering, führt jedoch in den aufgeführten Beispielen zu dem Nachlass bei der erforderlichen Wärmeschutzvariante bei A_{GS} 881 m² bis 1100 m².

Tabelle 4-10: Gegenüberstellung der erforderlichen Wärmeschutzvarianten für die Anlagenvariante „Zentralheizung über Nah-/Fernwärme versorgt oder lokale Kraft-Wärme-Kopplung, mit zentraler Warmwasserbereitung“ für freistehende Gebäude mit 20% und 30% Fensterflächenanteil

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
aufsummierte beheizte	von	115	141	166	196	236	281	341	406	491	581	701	881	1101	1401	1801
Bruttogeschossfläche des																
Gebäudes A_{GS} in m ²	bis	140	165	195	235	280	340	405	490	580	700	880	1100	1400	1800	2300
		erforderliche Wärmeschutzvariante														
20% Fensterflächenanteil		A			B								C			
30% Fensterflächenanteil		A			B								C			

In Tabelle 4-11 werden die erforderlichen Wärmeschutzvarianten für die Anlagenvariante „Nah-/Fernwärmeversorgung oder lokale Kraft-Wärme-Kopplung, zentrale Trinkwassererwärmung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung“ in Abhängigkeit des Fensterflächenanteils der Modellgebäude gegenübergestellt. Im Gegensatz zu Tabelle 4-10 sind keine Abweichungen der erforderlichen Wärmeschutzvarianten festzustellen.

Tabelle 4-11: Gegenüberstellung der erforderlichen Wärmeschutzvarianten für die Anlagenvariante „Nah-/Fernwärmeversorgung oder lokale Kraft-Wärme-Kopplung, zentrale Trinkwassererwärmung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung“ für freistehende Gebäude mit 20% und 30% Fensterflächenanteil

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
aufsummierte beheizte	von	115	141	166	196	236	281	341	406	491	581	701	881	1101	1401	1801
Bruttogeschossfläche des																
Gebäudes A_{GS} in m ²	bis	140	165	195	235	280	340	405	490	580	700	880	1100	1400	1800	2300
		erforderliche Wärmeschutzvariante														
20% Fensterflächenanteil		A														
30% Fensterflächenanteil		A														

4.3.4 Zwischenfazit

Durch die neuen Randbedingungen resultieren deutliche Erleichterungen hinsichtlich der Wärmeschutzanforderungen des Modellgebäudeverfahrens EnEV easy. Ausschlaggebend sind in diesem Zusammenhang zwei Aspekte. Erstens der Wegfall der Nebenanforderung im aktuellen Entwurf des GEG [4], zweitens die Berechnung der Anforderungswerte auf Basis der gleichen Modellgebäude wie die Ist-Werte.

Des Weiteren zeigt die Untersuchung, dass der Einfluss des Fensterflächenanteils auf die Wärmeschutzanforderungen unter den neuen Randbedingungen gering ist. Ausschlaggebend für das Ergebnis ist, dass entsprechend des Entwurfs des GEG [2] die Nebenanforderung nach Anlage 1 Tabelle 2 EnEV nicht Bestandteil der Randbedingungen ist. Dadurch hat das Referenzgebäudeverfahren hinsichtlich des Höchstwertes des spezifischen Transmissionswärmeverlusts (H_T -Anforderungswert) keine Beschränkung. Ein hoher Flächenanteil von Bauteilen mit höheren Wärmedurchgangskoeffizienten wirkt sich folglich gleichermaßen auf H_T -Ist-Werte und H_T -Anforderungswerte aus. Die Q_P -Anforderungswerte haben in den betrachteten Fällen geringen Einfluss. Hintergrund ist, dass Fenster im Vergleich zu opaken Bauteilen einerseits einen hohen Wärmedurchgangskoeffizienten aufweisen, was zu erhöhten Transmissionswärmeverlusten führt. Andererseits führt ein erhöhter Fensterflächenanteil zu höheren solaren Warmegewinnen. Diese kompensieren in der Jahresbilanz nahezu die Transmissionswärmeverluste.

4.4 Beschreibung der Anlagenausführung

In Kapitel 4.4.1 werden die Beschreibungen der Anlagenausführung der aktuellen Bekanntmachung [9] diskutiert. Im Interesse des Auftraggebers werden, sofern möglich, Teile der Anlagenbeschreibungen durch Verweise auf andere Normen, Verordnungen oder Gesetze ersetzt. Ziel ist eine mögliche Vereinfachung der Beschreibungen bzw. eine kompaktere Darstellung im Gesetzestext. Des Weiteren wird diskutiert, inwiefern die bisherige Anlagenbeschreibung, ausgehend von den überarbeiteten Randbedingungen (siehe auch Kapitel 4.3.1), weiterhin gültig sind. Aufbauend auf Kapitel 4.4.1 werden in den Kapiteln 4.4.2 und 4.4.3 Vorschläge für eine neue Anlagenbeschreibung gegeben.

4.4.1 Diskussion der bisherigen Anlagenbeschreibung

Heizkreistemperatur

In der aktuellen Bekanntmachung [9] wird vor jeder der bisher 13 Anlagenbeschreibungen eine „Heizkreistemperatur von nicht höher als 55/45 °C“ [9] vorgeschrieben. Im Sinne einer kompakten Darstellung im Gesetzestext wird empfohlen einmalig zu Beginn der Anlagenbeschreibungen für alle Anlagentechniken eine maximale Heizkreistemperatur von 55/45 °C festzulegen. Bei den Berechnungen zur Ermittlung der erforderlichen Wärmeschutzvarianten wird teilweise eine Heizkreistemperatur von 35/28°C entsprechend dem Standard für den Wohnbau [15] gewählt (siehe auch Kapitel 4.3.1 und Anhang 7.4). Der Primärenergiebedarf erhöht sich bei 55/45°C anstatt 35/28°C um maximal 5 %. Die maximal zulässige Abweichung von 10% im Falle einer Ausreizung der Anwendungsbeschränkung wird somit nicht überschritten.

Verteilsystem

Parallel zur Heizkreistemperatur werden in der aktuellen Bekanntmachung ebenfalls vor jeder Anlagenbeschreibung die Anforderungen an die Anordnung des Verteilsystems aufgeführt. Da die Vorgaben für alle Anlagentechniken identisch sind, bietet es sich an, diese einmalig zu Beginn der Anlagenbeschreibungen festzulegen.

Wärmerückgewinnung

In der aktuellen Bekanntmachung wird ein *„Wärmerückgewinnungsgrad von mindestens 80 % und eine Leistungszahl aus rückgewonnener Wärme zu Endenergieaufwand des Betriebs der Anlage von mindestens 10“* [9] vorgeschrieben.

Entsprechend der verbesserten Standardwerte nach DIN V 18599-6:2018 Kapitel 5.2.2.2 wird ebenfalls ein Wärmerückgewinnungsgrad von 80% angesetzt. Durch eine anlagenübergreifende Vorgabe, dass bei Anwendung des Modellgebäudeverfahrens eine Komponente nur dann verwendet werden darf, wenn deren energetische Eigenschaften mindestens das Niveau der „verbesserten“ Standardwerte der DIN V 18599:2018 erfüllen, kann auf eine Aufführung des Wärmerückgewinnungsgrades in der Anlagenbeschreibung verzichtet werden.

Die Leistungszahl der Wärmerückgewinnung wird, entsprechend der dem Auftragnehmer vorliegenden Informationen, nicht Bestandteil des GEG sein. Demzufolge kann auch im Modellgebäudeverfahren auf diese Vorgabe verzichtet werden.

Pufferspeicher für Feuerungsanlagen für feste Biomasse

In der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen (1. BImSchV) [16] sind Vorgaben zu den Mindestvolumina von Pufferspeichern für Feuerungsanlagen für feste Biomasse definiert. Durch einen Verweis auf diese Verordnung kann auf eine Angabe zum Speichervolumen solcher Anlagen im Modellgebäudeverfahren EnEV easy verzichtet werden.

Solaranlage zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung (Kombianlage)

In der aktuellen Bekanntmachung wird bei der Verwendung von Solarthermieranlagen in Kombination mit einem Brennwertgerät zur Verfeuerung von Erdgas oder leichtem Heizöl eine Kollektorfläche vom 0,16-fachen der Gebäudenutzfläche A_N gefordert. Bei einem Einfamilienhaus mit einer Gebäudenutzfläche von 145 m² muss die Solarthermieranlagen folglich eine Kollektorfläche von mindestens 23,2 m² aufweisen. Diese Vorgabe überschreitet die Dimensionierungsvorschläge sowohl nach DIN V 18599-5:2011 [17] als auch nach DIN V 18599-5:2016 [18] bzw. DIN V 18599-5:2018 [19] deutlich. Für eine verbesserte Abbildung des Wohnungsbaustandards könnten sich die Vorgaben des Modellgebäudeverfahrens EnEV easy z.B. an den Gleichungen der DIN V 18599:2011 zur Berechnung der Kollektorfläche sowie zur Berechnung des Speichervolumens orientieren. Das Verfahren für die Dimensionierung der Anlagen nach DIN V 18599:2016 bzw. DIN V 18599:2018 ist hingegen zu komplex für ein vereinfachtes Verfahren wie EnEV easy.

Da der Anwender von EnEV easy die Nettogrundfläche des Gebäudes nicht kennt, muss für die Anlagenbeschreibung im Modellgebäudeverfahren die Gleichung aus DIN V 18599:2011 zur Berechnung der Kollektorfläche (9) umgeformt werden.

$$A_C = 0,19 \cdot (A_{NGF})^{0,8} \quad (9)$$

Dabei ist:

A_C Kollektorfläche für Kombianlagen, in m²

A_{NGF} Nettogrundfläche, in m²

Der Nutzer von EnEV easy kennt ausschließlich die aufsummierte beheizte Bruttogeschossfläche des Gebäudes A_{GS} . Auf Basis der Modellgebäudedatenbank aus Los 1 wird ein Verhältnis der Nettogrundfläche A_{NGF} zur aufsummierten beheizten Bruttogeschossfläche des Gebäudes A_{GS} von 1,14 errechnet. Gleichung (10) resultiert durch Einsetzen dieses Verhältnisses in Gleichung (9).

$$A_C = 0,17 \cdot (A_{GS})^{0,8} \quad (10)$$

Dabei ist:

A_C Kollektorfläche für Kombianlagen, in m²

A_{GS} Aufsummierte beheizte Bruttogeschossfläche des Gebäudes, in m²

Zur Berechnung des Speichervolumens kann direkt die Gleichung aus DIN V 18599:2011 (11) verwendet werden (Speichervolumen mindestens 70 l/m² Kollektorfläche).

$$V_{S,sol} = 70 \cdot A_C \quad (11)$$

Dabei ist:

$V_{S,sol}$ Volumen des solaren Pufferspeichers, in l

A_C Kollektorfläche für Kombianlagen, in m²

Darüber hinaus sollte auf den Abschnitt „Nutzung erneuerbarer Energien zur Deckung des Wärme- und Kälteenergiebedarfs“ im GEG verwiesen werden. Die Einhaltung der Vorgaben bzgl. des solaren Deckungsanteils können nicht allein durch die Anlagenbeschreibung sichergestellt werden. Der Planer muss das Heizsystem so auslegen, dass der vorgegebene solare Deckungsanteil eingehalten wird. Vorgaben zur Fläche des Kollektors sind bspw. wirkungslos, wenn dieser nach Norden ausgerichtet wird.

Solaranlage zur ausschließlichen Trinkwassererwärmung

Für die Berechnung der Kollektorfläche einer Solaranlage ausschließlich zur Trinkwassererwärmung kann auf eine Gleichung der DIN V 18599-8:2011 [20] (12) zurückgegriffen werden. Das Verfahren für die Dimensionierung der Anlagen nach DIN V 18599:2016 bzw. DIN V 18599:2018 ist hingegen zu komplex für ein vereinfachtes Verfahren wie EnEV easy.

$$A_C = 0,095 \cdot (A_{NGF})^{0,8} \quad (12)$$

Dabei ist:

A_C Kollektorfläche der Solaranlage zur ausschließlichen TWW, in m²

A_{NGF} Nettogrundfläche, in m²

Umgeformt nach der Bruttogeschossfläche folgt Gleichung (13).

$$A_C = 0,086 \cdot (A_{GS})^{0,8} \quad (13)$$

Dabei ist:

A_C Kollektorfläche der Solaranlage zur ausschließlichen TWW, in m²

A_{GS} Aufsummierte beheizte Bruttogeschossfläche des Gebäudes, in m²

Zur Berechnung des Speichervolumens kann ebenfalls Gleichung (11) verwendet werden (Speichervolumen mindestens 70 l/m² Kollektorfläche).

Wärmepumpen

In der aktuellen Bekanntmachung werden über Verweise auf das EEWärmeG Mindestwerte für die Jahresarbeitszahlen von Wärmepumpen vorgeschrieben. Entsprechend der dem Auftragnehmer vorliegenden Informationen, sollen im GEG keine expliziten Werte für Jahresarbeitszahlen enthalten sein. Um dennoch sicherzustellen, dass bei einer ausführlichen Berechnung der Energieausweiskennwerte eines Gebäudes diese nicht wesentlich schlechter ausfallen als die Kennwerte die in den Tabellen einer möglichen neuen Bekanntmachung veröffentlicht werden, wird ein Verweis auf die Standardwerte der DIN V 18599:2018 empfohlen. Standardwerte für die Leistungszahlen für elektrisch betriebene Wärmepumpen finden sich in DIN V 18599-5:2018-09 Anhang C.1.

Sonstiges

Wie bereits in Kapitel 4.3.1 erläutert, bietet es sich an die bisherigen 13 bzw. 14 Anlagenvarianten zusammenzufassen. Untervarianten mit Lüftungsanlage, die identische Wärmeschutzanforderungen aufweisen wie die zugehörigen Hauptvarianten, werden nicht mehr separat aufgeführt. In der Folge würde sich die Anzahl der Anlagenvarianten auf 10 reduzieren.

4.4.2 Vorschlag Nr. 1 zur Vereinfachung der Anlagenbeschreibung - mit Verweis auf DIN V 18599

a) Ausstattungsvarianten übergreifende Anlagenbeschreibung

Im Rahmen der Anlagenplanung muss sichergestellt werden, dass die Anforderungen nach § 10 Absatz 2 Nummer 3 (*Querverweis muss ggf. an endgültigen Entwurf des GEG angepasst werden*) bzgl. der Nutzung erneuerbarer Energien zur Deckung des Wärme- und Kälteenergiebedarfs eingehalten werden. Die Auslegungstemperatur des Heizsystems darf 55/45°C nicht überschreiten. Alle Steig- und Anbindungsleitungen des Heiz- und Warmwassersystems sind innerhalb des beheizten Gebäudevolumens zu verlegen.

b) Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung

Werden Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung eingesetzt, muss der „verbesserte“ Standardwert für den Gesamt-Temperaturänderungsgrad nach DIN V 18599-6:2018-09 Abschnitt 5.2.2.2 eingehalten werden.

c) Zentralheizung mit Kessel für feste Biomasse

Wird eine Zentralheizung mit Kessel für feste Biomasse eingesetzt, muss diese über eine automatische Beschickung verfügen. Die Vorgaben der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen vom 26.01.2010 sind einzuhalten. Die Kennwerte des Kessels dürfen die in DIN V 18599-5:2018-09 Abschnitt 6.5.4.3.7 definierten Werte für „Standard Heizkessel“ nicht unterschreiten.

d) Zentralheizung mit Brennwertgerät zur Verfeuerung von Erdgas oder leichtem Heizöl mit Solaranlage zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung (Kombianlage)

Wird eine Zentralheizung mit Brennwertgerät zur Verfeuerung von Erdgas oder leichtem Heizöl mit Solaranlage zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung (Kombianlage) eingesetzt, dürfen die Kennwerte des Kessels die in DIN V 18599-5:2018-09 Abschnitt 6.5.4.3.7 definierten „verbesserten“ Standardwerte nicht unterschreiten. Der Solarkollektor muss mindestens folgende Fläche aufweisen:

$$\text{Kollektorfläche} \geq 0,17 \cdot (A_{GS})^{0,8}$$

Das Speichervolumen darf nicht weniger als 70 l pro m²-Kollektorfläche betragen.

e) Zentralheizung mit Brennwertgerät zur Verfeuerung von Erdgas oder leichtem Heizöl mit Solaranlage zur ausschließlichen Trinkwassererwärmung

Wird eine Zentralheizung mit Brennwertgerät zur Verfeuerung von Erdgas oder leichtem Heizöl mit Solaranlage zur ausschließlichen Trinkwassererwärmung eingesetzt, dürfen die Kennwerte des Kessels die in DIN V 18599-5:2018-09 Abschnitt 6.5.4.3.7 definierten „verbesserten“ Standardwerte nicht unterschreiten. Der Solarkollektor muss mindestens folgende Fläche aufweisen:

$$\text{Kollektorfläche} \geq 0,09 \cdot (A_{GS})^{0,8}$$

Das Speichervolumen darf nicht weniger als 70 l pro m²-Kollektorfläche betragen.

f) Zentralheizung über Nah-/Fernwärme versorgt oder lokale Kraft-Wärme-Kopplung

Bei einer Wärmeversorgung aus einem Nah-/Fernwärmenetz oder einer Wärmeversorgung über ein lokales Gerät zur Kraft-Wärme-Kopplung muss ein Primärenergiefaktor von 0,65 (Jahresmittel) oder besser dauerhaft eingehalten werden.

g) Zentralheizung mit Luft-Wasser-Wärmepumpe

Wird eine Zentralheizung mit Luft-Wasser-Wärmepumpe eingesetzt muss die Wärmepumpe mindestens die in DIN V 18599-5:2018-09 Anhang C.1 Tabelle 60 bis 62 definierten Leistungszahlen aufweisen.

h) Zentralheizung mit Wasser-Wasser-Wärmepumpe

Wird eine Zentralheizung mit Wasser-Wasser-Wärmepumpe eingesetzt muss die Wärmepumpe mindestens die in DIN V 18599-5:2018-09 Anhang C.1 Tabelle 64 definierten Leistungszahlen aufweisen.

i) Zentralheizung mit Sole-Wasser-Wärmepumpe

Wird eine Zentralheizung mit Sole-Wasser-Wärmepumpe eingesetzt muss die Wärmepumpe mindestens die in DIN V 18599-5:2018-09 Anhang C.1 Tabelle 63 definierten Leistungszahlen aufweisen.

j) Zulässige Ausstattungsvarianten der Anlagentechnik

1. Kessel für feste Biomasse, Pufferspeicher und zentrale Trinkwassererwärmung
2. Brennwertgerät zur Verfeuerung von Erdgas oder leichtem Heizöl, Solaranlage zur zentralen Trinkwassererwärmung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
3. Brennwertgerät zur Verfeuerung von Erdgas oder leichtem Heizöl, Solaranlage zur zentralen Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung (Kombianlage), Pufferspeicher, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
4. Nah-/Fernwärmeversorgung oder lokale Kraft-Wärme-Kopplung, zentrale Trinkwassererwärmung
5. Nah-/Fernwärmeversorgung oder lokale Kraft-Wärme-Kopplung, zentrale Trinkwassererwärmung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
6. Luft-Wasser-Wärmepumpe, zentrale Trinkwassererwärmung
7. Luft-Wasser-Wärmepumpe, dezentrale Trinkwassererwärmung
8. Luft-Wasser-Wärmepumpe, dezentrale Trinkwassererwärmung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
9. Wasser-Wasser-Wärmepumpe, zentrale Trinkwassererwärmung
10. Sole-Wasser-Wärmepumpe, zentrale Trinkwassererwärmung

4.4.3 Vorschlag Nr. 2 [21]

a) Anlagenbeschreibung

Im Rahmen der Anlagenplanung muss sichergestellt werden, dass die Anforderungen nach § 10 Absatz 2 Nummer 3 (*Querverweis muss ggf. an endgültigen Entwurf des GEG angepasst werden*) bzgl. der Nutzung erneuerbarer Energien zur Deckung des Wärme- und Kälteenergiebedarfs eingehalten werden. Die Auslegungstemperatur des Heizsystems darf 55/45 °C nicht überschreiten. Alle Steige- und Anbindungsleitungen der Heizung und Warmwasserversorgung sind innerhalb des beheizten Gebäudevolumens zu verlegen.

Anlagentechnische Komponenten, für die eine Verordnung im Rahmen der Ökodesign-Richtlinie 2009/125/EG [21] veröffentlicht wurde, müssen diese erfüllen. Alle anderen anlagentechnischen Komponenten dürfen nur dann verwendet werden, wenn deren Kennwerte die jeweiligen in DIN V 18599:2018-09 definierten Standardwerte nicht unterschreiten. Werden in DIN V 18599:2018-09 für einzelne Komponenten verbesserte Standardwerte gegeben, sind diese einzuhalten.

Wird eine Zentralheizung mit Kessel für feste Biomasse eingesetzt, muss diese über eine automatische Beschickung verfügen. Die Vorgaben der Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen vom 26.01.2010 sind einzuhalten.

Bei einer Wärmeversorgung aus einem Nah-/Fernwärmenetz oder einer Wärmeversorgung über ein lokales Gerät zur Kraft-Wärme-Kopplung muss ein Primärenergiefaktor von 0,65 (Jahresmittel) oder besser dauerhaft eingehalten werden.

Wird eine Zentralheizung mit Brennwertgerät zur Verfeuerung von Erdgas oder leichtem Heizöl mit Solaranlage zur **Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung** eingesetzt, muss der Solarkollektor mindestens folgende Fläche aufweisen:

$$\text{Kollektorfläche} \geq 0,17 \cdot (A_{GS})^{0,8}$$

Das Speichervolumen der Solaranlage darf nicht weniger als 70 l pro m²-Kollektorfläche betragen.

Wird eine Zentralheizung mit Brennwertgerät zur Verfeuerung von Erdgas oder leichtem Heizöl mit Solaranlage zur **ausschließlichen Trinkwassererwärmung** eingesetzt, muss der Solarkollektor mindestens folgende Fläche aufweisen:

$$\text{Kollektorfläche} \geq 0,09 \cdot (A_{GS})^{0,8}$$

Das Speichervolumen der Solaranlage darf nicht weniger als 70 l pro m²-Kollektorfläche betragen.

b) Zulässige Ausstattungsvarianten der Anlagentechnik

1. Kessel für feste Biomasse, Pufferspeicher und zentrale Trinkwassererwärmung
2. Brennwertgerät zur Verfeuerung von Erdgas oder leichtem Heizöl, Solaranlage zur zentralen Trinkwassererwärmung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
3. Brennwertgerät zur Verfeuerung von Erdgas oder leichtem Heizöl, Solaranlage zur zentralen Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung (Kombianlage), Pufferspeicher, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
4. Nah-/Fernwärmeversorgung oder lokale Kraft-Wärme-Kopplung, zentrale Trinkwassererwärmung
5. Nah-/Fernwärmeversorgung oder lokale Kraft-Wärme-Kopplung, zentrale Trinkwassererwärmung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
6. Luft-Wasser-Wärmepumpe, zentrale Trinkwassererwärmung

7. Luft-Wasser-Wärmepumpe, dezentrale Trinkwassererwärmung
8. Luft-Wasser-Wärmepumpe, dezentrale Trinkwassererwärmung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung
9. Wasser-Wasser-Wärmepumpe, zentrale Trinkwassererwärmung
10. Sole-Wasser-Wärmepumpe, zentrale Trinkwassererwärmung

4.4.4 Zwischenfazit

Durch Zusammenfassen sich wiederholender Abschnitte sowie Verweise auf die DIN V 18599, die 1. BImSchV und die Öko-Design-Richtlinie kann die Beschreibung der Anlagenausführung deutlich kompakter dargestellt werden als dies in der aktuellen Bekanntmachung der Fall ist. Es werden zwei Vorschläge für eine Beschreibung der Anlagenausführung im Gesetzestext gegeben – ein Vorschlag mit Bezugnahme auf DIN V 18599 und ein Vorschlag mit zusätzlicher Bezugnahme auf die Öko-Design-Richtlinie.

4.5 Zusammenfassung Los 2

Zentrales Ergebnis von Los 2 sind materiell-rechtliche Anforderungen, bei deren direkter Aufnahme die gesetzlichen Anforderungen im Mittel erfüllt werden. Grundlage der Ergebnisse sind Randbedingungen, die in Kapitel 4.3.1 definiert werden. Werden im Rahmen weiterer Diskussionen zum GEG die Randbedingungen verändert, kann dies dazu führen, dass die ermittelten materiell-rechtlichen Anforderungen ihre Gültigkeit verlieren.

Im Vergleich zu den Anforderungen der Bekanntmachung [9] sind die im Rahmen dieses Forschungsvorhabens ermittelten geringer. Dies ist im Wesentlichen auf folgende zwei Randbedingungen zurückzuführen:

- Die Nebenanforderung nach Anlage 1 Tabelle 2 EnEV ist nicht Bestandteil des Entwurfs des GEG [2] und wird bei den Berechnungen folglich nicht berücksichtigt.
- Für die Berechnung der Anforderungswerte und der Ist-Werte werden Modellgebäude gleicher Geometrie verwendet.

Weiterer Bestandteil von Los 2 ist eine Untersuchung zum Einfluss des Fensterflächenanteils der Modellgebäude. Diese führen zu der Erkenntnis, dass der Fensterflächenanteil unter den aktuellen Randbedingungen lediglich einen geringen Einfluss auf die materiell-rechtlichen Anforderungen hat.

Neben den Berechnungsergebnissen werden zwei Vorschläge zur Vereinfachung der Beschreibungen der Anlagenausführungen gegeben. Im Interesse einer kompakten Darstellung wird anstelle von ausführlichen Anlagenbeschreibungen auf entsprechende Standardwerte in der DIN V 18599:2018-09 sowie auf die Ökodesign-Richtlinie verwiesen.

5 Zusammenfassung und Ausblick

In Los 1 des Forschungsvorhabens wurden relevante Grundlagen aufgearbeitet, die für eine Fortschreibung des Modellgebäudeverfahrens EnEV easy benötigt werden. Zentrales Ergebnis ist eine Datenbank mit 90 Modellgebäuden. Die Modellgebäude unterscheiden sich im Wesentlichen durch folgende Eigenschaften:

- Gebäudegröße (15 Abstufungen; von $A_N = 120 \text{ m}^2$ bis 2000 m^2)
- Anbaugrad (freistehend, einseitig angebaut und zweiseitig angebaut)
- Fensterflächenanteil (2 unterschiedliche Fensterflächenanteile; jeweils abhängig vom Anbaugrad)

Durch Kontrollrechnungen wurde nachgewiesen, dass bei Anwendung der Datenbank eine hinreichende Übereinstimmung der ermittelten Energieausweiskennwerte mit den Tabellen der Bekanntmachung [9] erzielt wird. Des Weiteren wurden die theoretischen Grundlagen des Modellgebäudeverfahrens aufgearbeitet, die für eine Fortschreibung dessen benötigt werden.

Das Modellgebäudeverfahren wurde in Los 2 unter aktuellen gesetzlichen und normativen Rahmenbedingungen überarbeitet. Die materiell-rechtlichen Anforderungen, unter deren Einhaltung das Modellgebäudeverfahren EnEV easy für neue, nicht gekühlte Wohngebäude angewandt werden kann, wurden auf Basis der neuen Randbedingungen ermittelt. Im Vergleich zur aktuellen Bekanntmachung [9] sind speziell bei kleinen Gebäuden mit einer Gebäudenutzfläche A_N bis 350 m^2 Erleichterungen hinsichtlich der Wärmeschutzanforderungen festzustellen. Darüber hinaus wurde eine neue Anlagenvariante in das Verfahren aufgenommen und zwei Vorschläge zur Vereinfachung der Anlagenbeschreibung erarbeitet. Die Aufnahme des Verfahrens in einen neuen Entwurf für das GEG wurde vorbereitet.

In einer weiterführenden Untersuchung können nun die Energieausweiskennwerte der im Modellgebäudeverfahren aufgeführten Kombinationen aus Anlagen- und Wärmeschutzvarianten ermittelt werden. In diesem Zusammenhang gilt es zunächst festzulegen, für welche Sonderfälle (wie bspw. unterschiedliche maximale Fensterflächenanteile) separate Tabellen mit Energieausweiskennwerten erstellt werden sollen. Anschließend können die Tabellen in einer separaten Bekanntmachung veröffentlicht werden.

6 Literaturverzeichnis

- [1] WärmeschutzV: Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden (Wärmeschutzverordnung – WärmeschutzV) vom 11. August 1977, Gültigkeitszeitraum vom 1. November 1977 bis 31. Dezember 1983.
- [2] EnEV 2014: Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung - EnEV) vom 24.Juli.2007, in der Fassung vom 24.7.2015.
- [3] EEWärmeG: Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – EEWärmeG) vom 7. August 2008, in der Fassung vom 20. Oktober 2015.
- [4] GEG: Gesetzentwurf der Bundesregierung - Gesetz zur Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts für Gebäude, Bearbeitungsstand vom 31.03.2017.
- [5] K. Stergiaropoulos, M. R. Adili, O. Akyildiz und O. Kaschtschejewa: Validierung der überarbeiteten DIN V 18599, Abschlussbericht, Stuttgart, 2018.
- [6] H. Erhorn und L. Lyslow: EnEV easy - Entwicklung eines Anforderungskatalogs an den energiesparenden Wärmeschutz von typischen Wohngebäuden zur Einhaltung der Vorgaben der EnEV 2009 und des EEWärmeG, Stuttgart, 2009.
- [7] BMVBS (Hrsg.): Fortentwicklung des Ansatzes „EnEV easy“ für die Verwendung in der EnEV 2012. BMVBS-Online-Publikation 04/2012.
- [8] BBSR (Hrsg.): EnEV easy – Vorbereitung einer Bekanntmachung nach § 3 Abs. 5 EnEV 2013, BBSR-Online-Publikation 12/2016.
- [9] Bekanntmachung zur Anwendung von § 3 Absatz 5 der Energieeinsparverordnung (EnEV) (Modellgebäudeverfahren für nicht gekühlte Wohngebäude) vom 21.10.2016.
- [10] Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie: „Initiative Brennstoffzelle stellt sich neu auf,“ 30. Janur 2018. [Online]. Available: <https://www.bdh-koeln.de/presse/pressemitteilungen/artikel/01/2018/initiative-brennstoffzelle-stellt-sich-neu-auf.html>. [Zugriff am 15. Oktober 2018].
- [11] Bundesverband Solarwirtschaft: „Meilenstein der Energiewende: 100.000ster Solarstromspeicher installiert,“ 28. August 2018. [Online]. Available: <https://www.solarwirtschaft.de/presse/pressemeldungen/pressemeldungen-im-detail/news/meilenstein-der-energiewende-100000ster-solarstromspeicher-installiert.html>. [Zugriff am 15. Oktober 2018].
- [12] DIN V 4108-6:2003-06: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs, 2003.
- [13] DIN V 4701-10:2003-08: Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen, Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung, 2003.
- [14] S. Klauß: Entwicklung einer Datenbank mit Modellgebäuden für energiebezogene Untersuchungen, insbesondere der Wirtschaftlichkeit., Kassel, 2010.
- [15] T. Schoch und J. Trapp: Fachbericht - Erarbeitung einer Software-Lösung für die Anwendung der DIN V 18599 für den Wohnungsbau für Zwecke der Vergleichsrechnung für Förderfälle, Köln: 18599 Gütegemeinschaft e.V., 2014.
- [16] 1. BImSchV: Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen vom 26. Januar 2010 (BGBl. I S. 38), zuletzt geändert durch Artikel 16 Absatz 4 des Gesetzes vom 10. März 2017 (BGBl. I S. 420).

- [17] DIN V 18599-5:2011-12: Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teil 5: Endenergiebedarf von Heizsystemen, 2011.
- [18] DIN V 18599-5:2016-10: Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teil 5: Endenergiebedarf von Heizsystemen, 2016.
- [19] DIN V 18599-5:2018-09: Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teil 5: Endenergiebedarf von Heizsystemen, 2018.
- [20] DIN V 18599-8:2011-12: Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teil 8: Nutz- und Endenergiebedarf von Warmwasserbereitungssystemen, 2011.
- [21] Richtlinie 2009/125/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 zur Schaffung eines Rahmens für die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung energieverbrauchs-relevanter Produkte.
- [22] R. Hirschberg: Gebäudetechnik in Wissenschaft & Praxis, Nr. 139. Jahrgang – Heft 03, 2018.
- [23] DIN V 18599-8:2018-09: Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teil 8: Nutz- und Endenergiebedarf von Warmwasserbereitungssystemen, 2018.
- [24] DIN V 18599-8:2016-10: Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teil 8: Nutz- und Endenergiebedarf von Warmwasserbereitungssystemen, 2016.

7 Anhang

7.1 Wärmeschutzvarianten der Bekanntmachung [9]

Spalte	1	2	3														
	Bauteil	Eigenschaft	Wärmeschutz-Variante														
			H11	H12	H13	H21	H22	H23	H31	H32	H33	H41	H42	H43	H51	H52	H53
1	Außenwände, Geschossdecke nach unten gegen Außenluft	Höchstwert des Wärme-durchgangskoeffizienten U [W/(m ² ·K)]	0,26	0,26	0,22	0,23	0,22	0,19	0,19	0,18	0,16	0,17	0,16	0,14	0,15	0,14	0,12
2	Außenwände gegen Erdreich, Bodenplatte, Wände und Decken nach unten zu unbeheizten Räumen		0,35	0,32	0,30	0,29	0,29	0,27	0,26	0,26	0,23	0,25	0,25	0,21	0,20	0,20	0,18
3	Dach, oberste Geschossdecke, Wände zu Abseiten		0,19	0,18	0,15	0,16	0,16	0,14	0,14	0,14	0,11	0,13	0,12	0,10	0,11	0,10	0,09
4	Außentüren		1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
5	Fenster, Fenstertüren		1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	0,95	0,95	0,93	0,91	0,91	0,90	0,90	0,90	0,89
5a		maximaler Flächenanteil [%]	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
6		Höchstwert U [W/(m ² ·K)]	-	-	1,8	-	-	1,6	-	-	1,4	-	-	1,4	-	-	1,3
6a	Spezielle Fenstertüren	maximaler Flächenanteil [%]	0	0	4,5	0	0	4,5	0	0	4,5	0	0	4,5	0	0	4,5
7		Höchstwert U [W/(m ² ·K)]	-	1,4	1,4	-	1,3	1,3	-	1,3	1,3	-	1,2	1,2	-	1,2	1,2
7a	Dachflächenfenster	maximaler Flächenanteil [%]	0	6	6	0	6	6	0	6	6	0	6	6	0	6	6
8		Höchstwert U [W/(m ² ·K)]	-	-	1,8	-	-	1,5	-	-	1,4	-	-	1,3	-	-	1,2
8a	Lichtkuppeln und ähnliche transparente Bauteile	maximaler Flächenanteil [%]	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	0	4

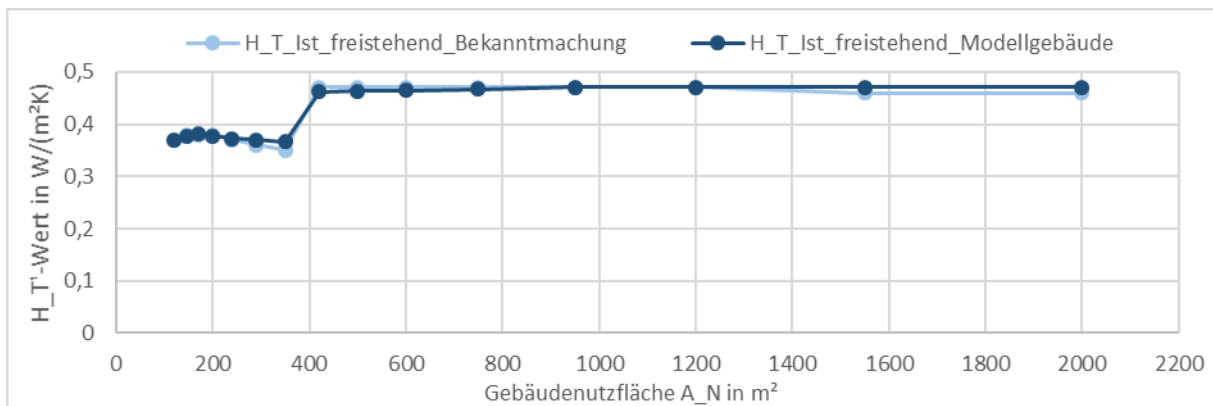
7.2 Legende Modellgebäudedatenbank

Abkürzung	Einheit	Beschreibung
A_N	m ²	Nutzfläche
A_NGF	m ²	Nettogrundfläche
V_e	m ³	Bruttovolumen
h	m	Geschosshöhe
Laenge	m	Gebäudelänge
Breite	m	Gebäudebreite
Hoehe	m	Gebäudehöhe
L_char	m	Charakteristische Länge
B_char	m	Charakteristische Breite
Laenge_Vorsprung	m	Länge des Vorsprungs in den unteren Etagen
Breite_Vorsprung	m	Breite des Vorsprungs in den unteren Etagen
Breite_Rueckversatz	m	Tiefe des Rückversatzes in der obersten Etage (Staffelgeschoss)
n_Etagen	-	Anzahl der oberirdischen Etagen
n_WEH	-	Anzahl Wohneinheiten
A_G	m ²	Bodenplattenfläche
P_Bodenplatte	m	Umfang der Bodenplatte
A_KD	m ²	Fläche der Kellerdecke zum unbeheizten Keller
FAW_b_X	m ²	Brutto-Wandfläche – Ausrichtung Himmelsrichtung X
FF_X	m ²	Fensterfläche – Ausrichtung Himmelsrichtung X
FT_X	m ²	Haustürfläche – Ausrichtung Himmelsrichtung X
FAW_n	m ²	Netto-Wandfläche – Ausrichtung Himmelsrichtung X
FD_Flachdach	m ²	Dachfläche des Flachdachs – Ausrichtung Himmelsrichtung X
FD_Rueckversatz	m ²	Geometrisch bedingte Außenfläche durch Rückversatz des obersten Geschosses (Außenfläche Staffelgeschoss, hier Terrassenfläche)
FD_Vorsprung	m ²	Geometrisch bedingte Außenfläche durch Vorsprung der unteren Geschosse (hier: Vorbau Eingang)
Fu_X	m ²	Wandfläche gegen unbeheizten Keller (Kellerabgang) – Ausrichtung Himmelsrichtung X
Fbw_X	m ²	Wandfläche gegen Erdreich (Kellerabgang) – Ausrichtung Himmelsrichtung X
Fu_Tuer	m ²	Kellertüre (Kellerabgang)
Fbf	m ²	Bodenfläche (Kellerabgang)

7.3 Ergebnisse der Kontrollrechnungen

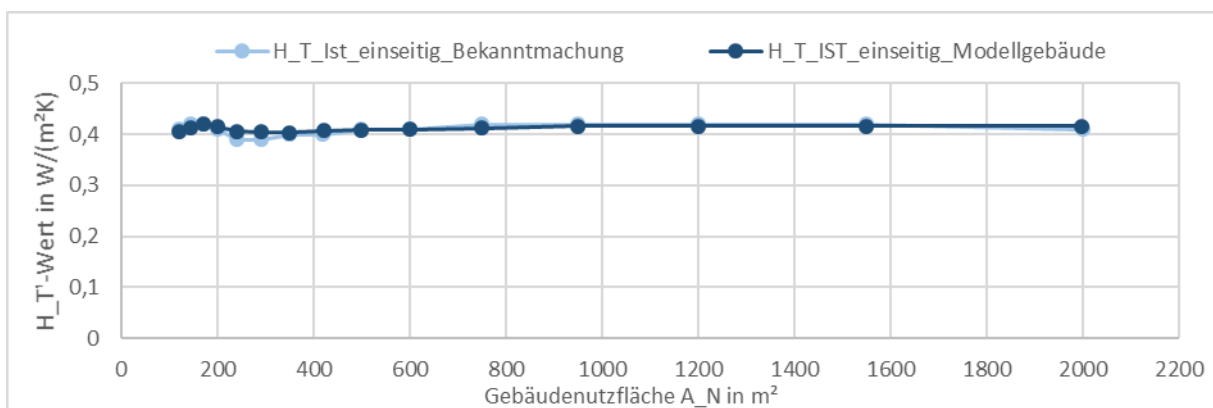
7.3.1 Energetische Qualität Gebäudehülle

Diagramm 1: H_T -Ist-Wert – Anlagentechnik 1 – freistehende Gebäude



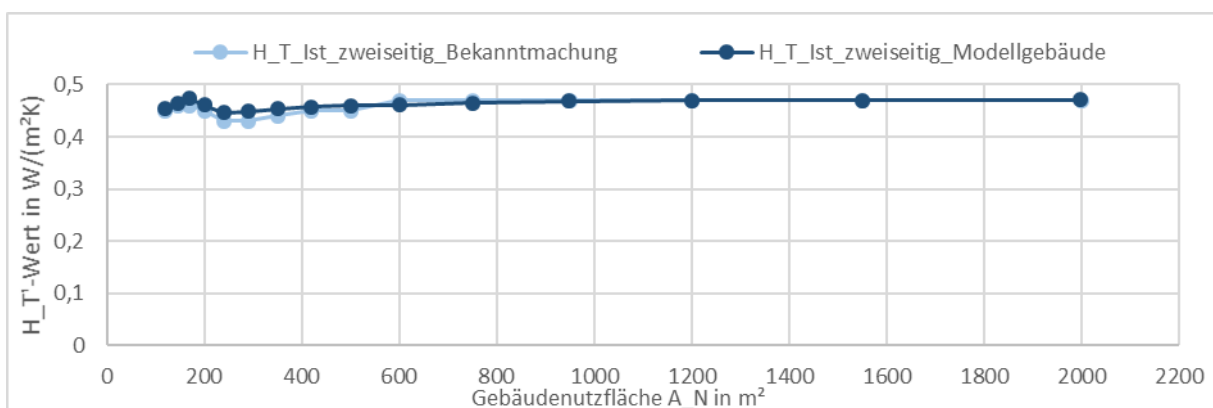
Mittlere Absolute Abweichung: 1,3% Maximale Abweichung: -4,7% (bei A_N 350)

Diagramm 2: H_T -Ist-Wert – Anlagentechnik 1 – einseitig angebaute Gebäude

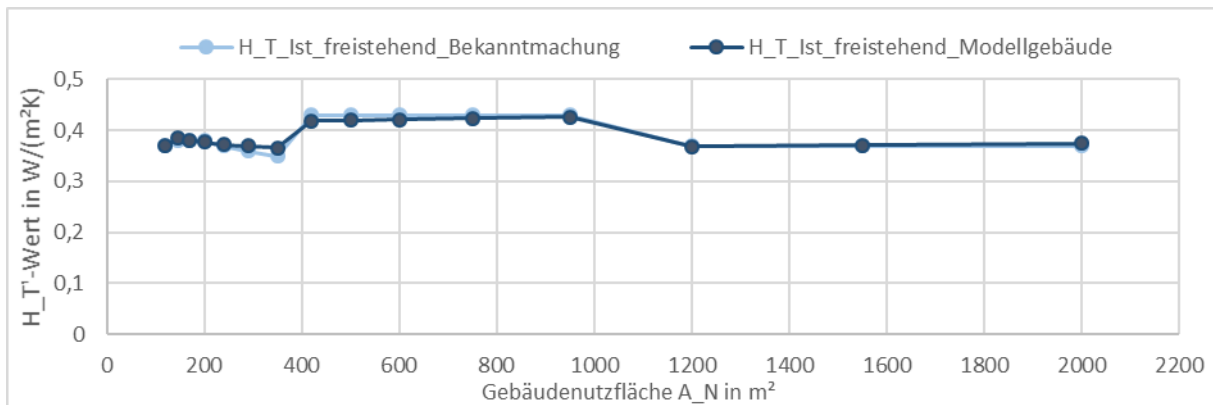


Mittlere Absolute Abweichung: 1,4% Maximale Abweichung: -4% (bei A_N 240)

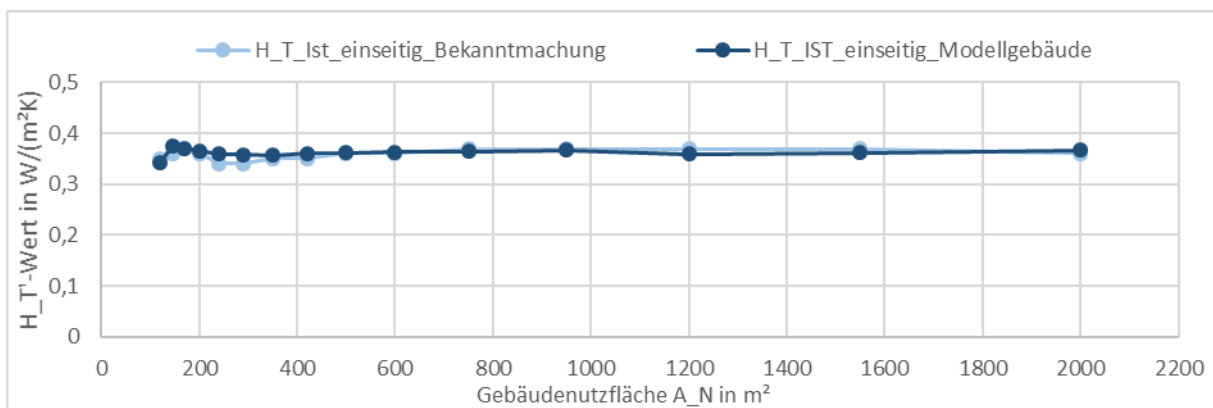
Diagramm 3: H_T -Ist-Wert – Anlagentechnik 1 – zweiseitig angebaute Gebäude



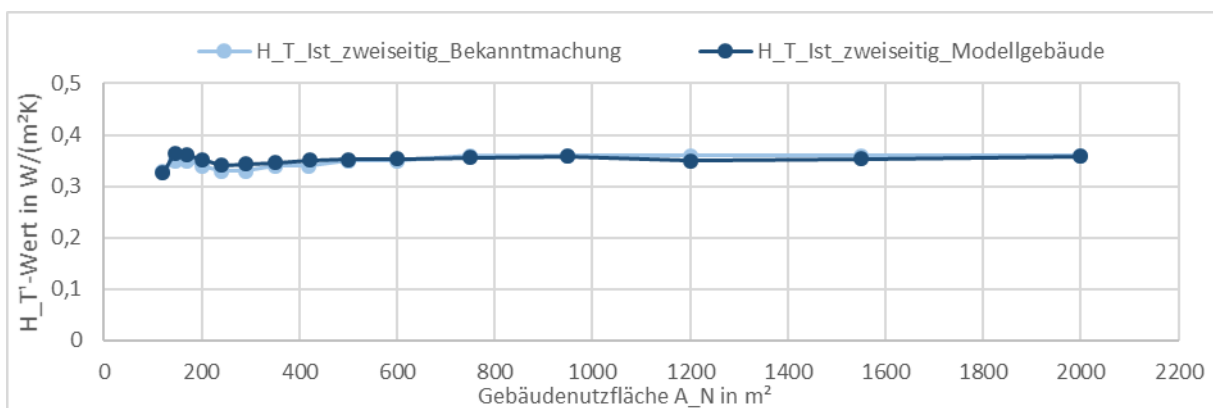
Mittlere Absolute Abweichung: 1,7% Maximale Abweichung: -4,5% (bei A_N 290)

Diagramm 4: H_T -Ist-Wert – Anlagentechnik 4 – freistehende Gebäude

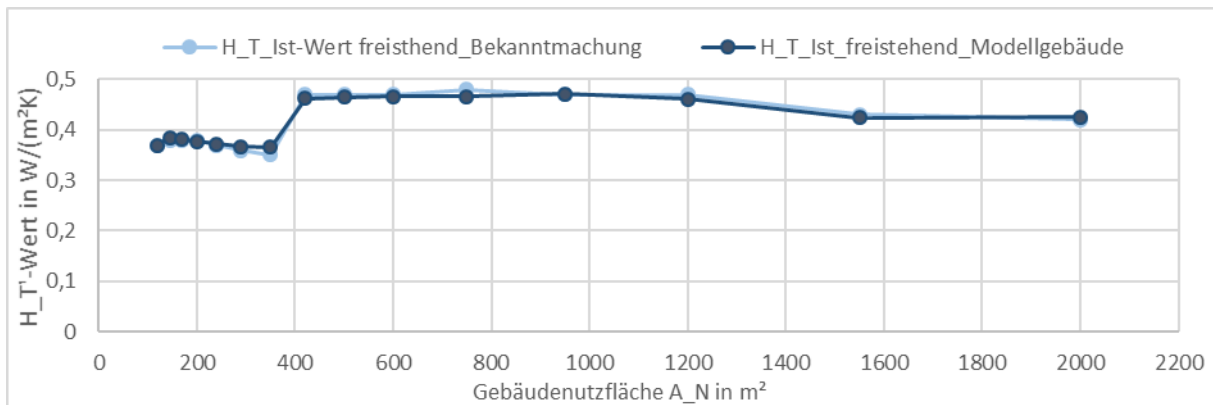
Mittlere Absolute Abweichung: 1,5% Maximale Abweichung: -4,7% (bei A_N 350)

Diagramm 5: H_T -Ist-Wert – Anlagentechnik 4 – einseitig angebaute Gebäude

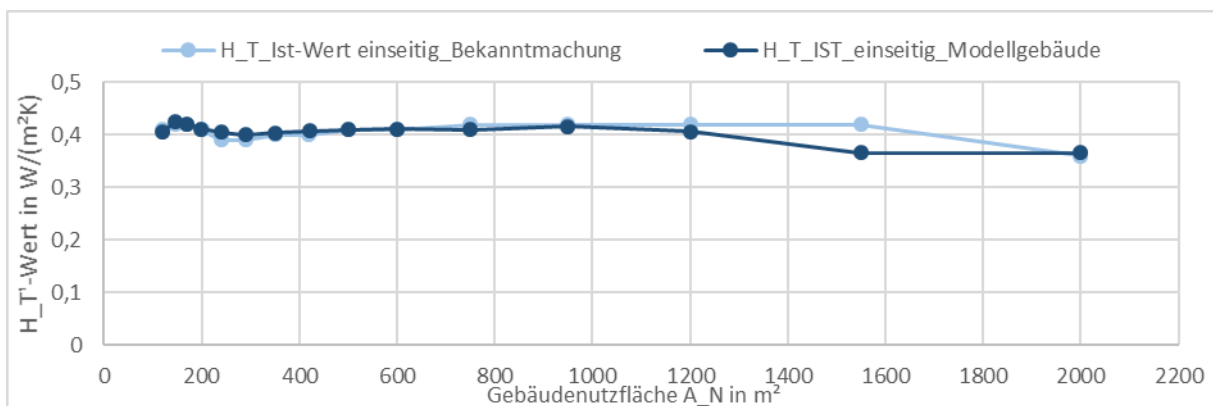
Mittlere Absolute Abweichung: 2,2% Maximale Abweichung: -4,1% (bei A_N 145)

Diagramm 6: H_T -Ist-Wert – Anlagentechnik 4 – zweiseitig angebaute Gebäude

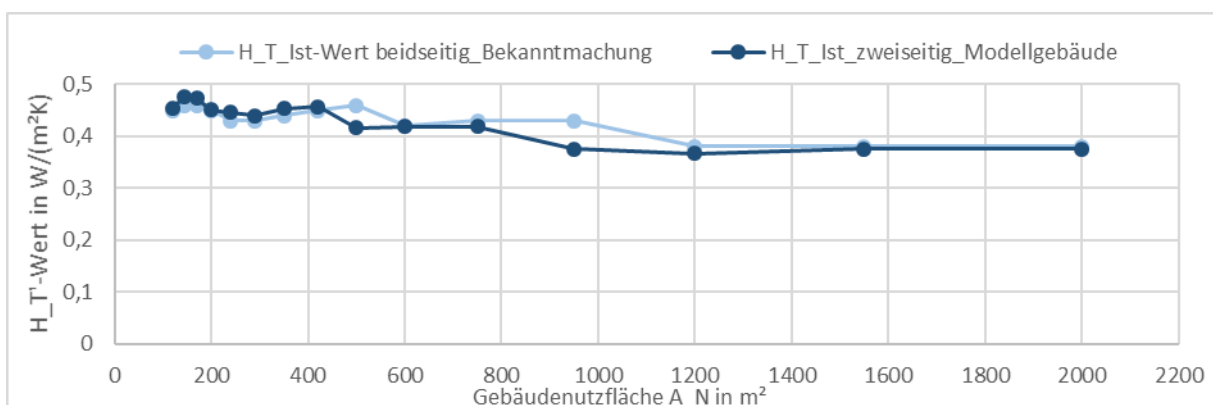
Mittlere Absolute Abweichung: 2,1% Maximale Abweichung: -4,1% (bei A_N 145)

Diagramm 7: H_T -Ist-Wert – Anlagentechnik 9 – freistehende Gebäude

Mittlere Absolute Abweichung: 1,4%

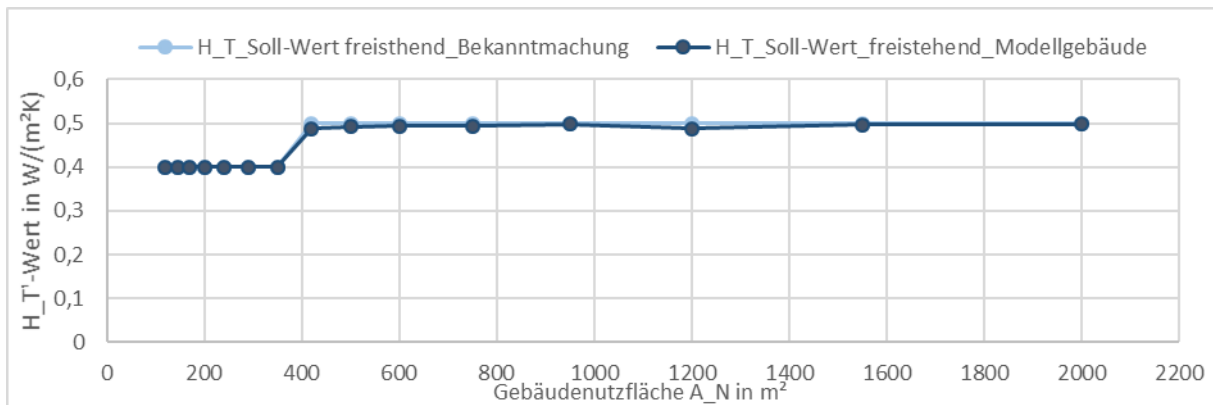
Maximale Abweichung: -4,7% (bei A_N 350)Diagramm 8: H_T -Ist-Wert – Anlagentechnik 9 – einseitig angebaute Gebäude

Mittlere Absolute Abweichung: 1,4%

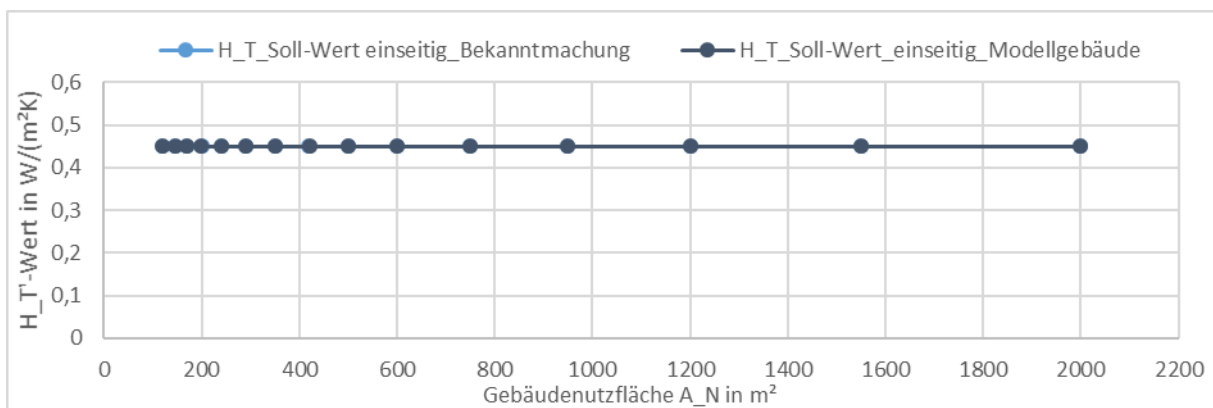
Maximale Abweichung: -4% (bei A_N 240)→ Siehe Kapitel 5.1 für Erläuterung zur Abweichung bei A_N 1550Diagramm 9: H_T -Ist-Wert – Anlagentechnik 9 – zweiseitig angebaute Gebäude

Mittlere Absolute Abweichung: 1,8%

Maximale Abweichung: -3,7% (bei A_N 240)→ Siehe Kapitel 5.1 für Erläuterung zu den Abweichungen bei A_N 500 und A_N 950

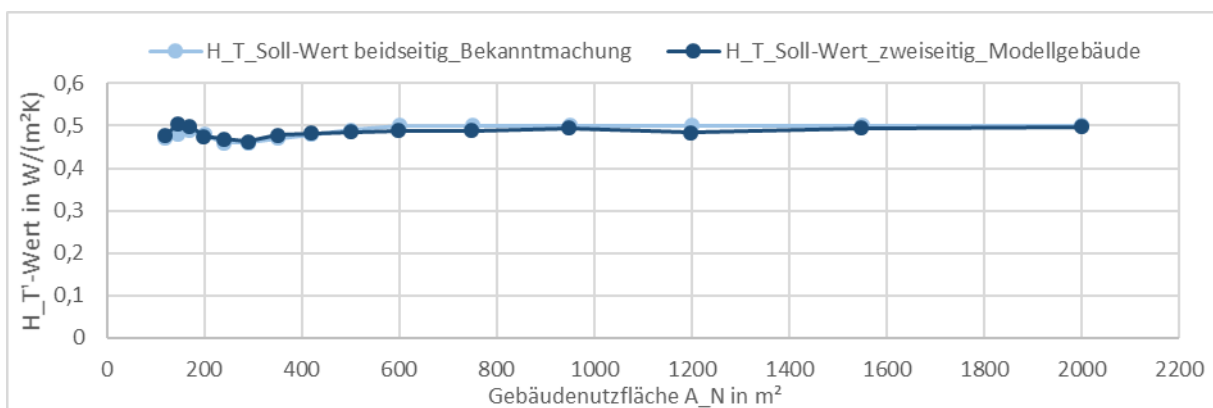
Diagramm 10: H_T -Soll-Wert – freistehende Gebäude

Mittlere Absolute Abweichung: 0,7%

Maximale Abweichung: 2,3% (bei A_N 420)Diagramm 11: H_T -Soll-Wert – einseitig angebaute Gebäude

Mittlere Absolute Abweichung: 0,0%

Maximale Abweichung: 0,0%

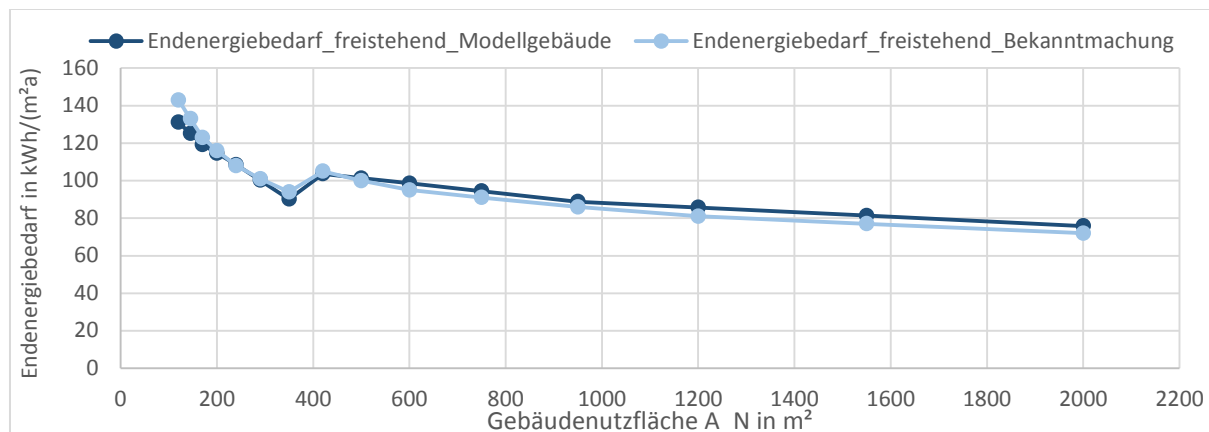
Diagramm 12: H_T -Soll-Wert – zweiseitig angebaute Gebäude

Mittlere Absolute Abweichung: 1,7%

Maximale Abweichung: 3,3% (bei A_N 1200)

7.3.2 Endenergiebedarfswerte

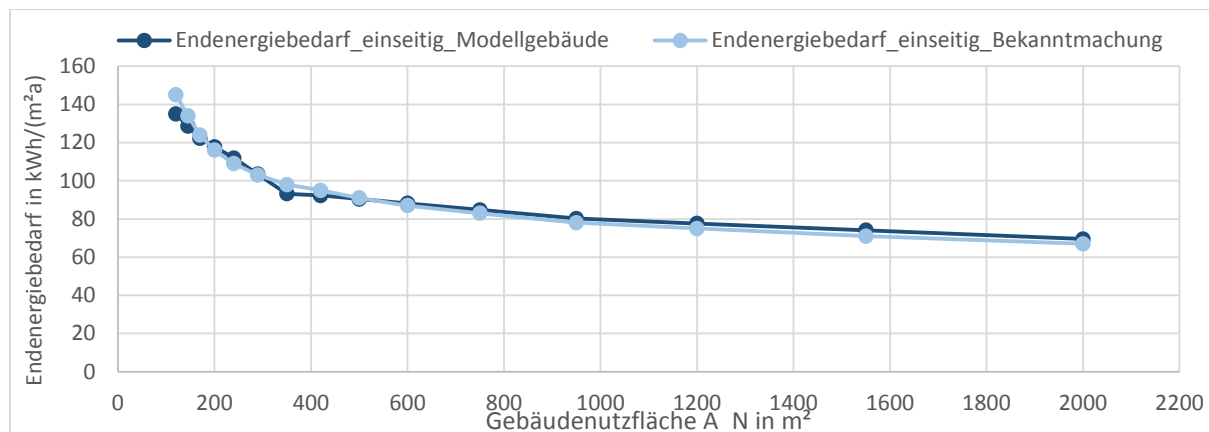
Diagramm 13: Endenergiebedarf – Anlagentechnik 1 – freistehende Gebäude



Mittlere Absolute Abweichung: 3,7%

Maximale Abweichung: -8,3% (bei A_N 120)

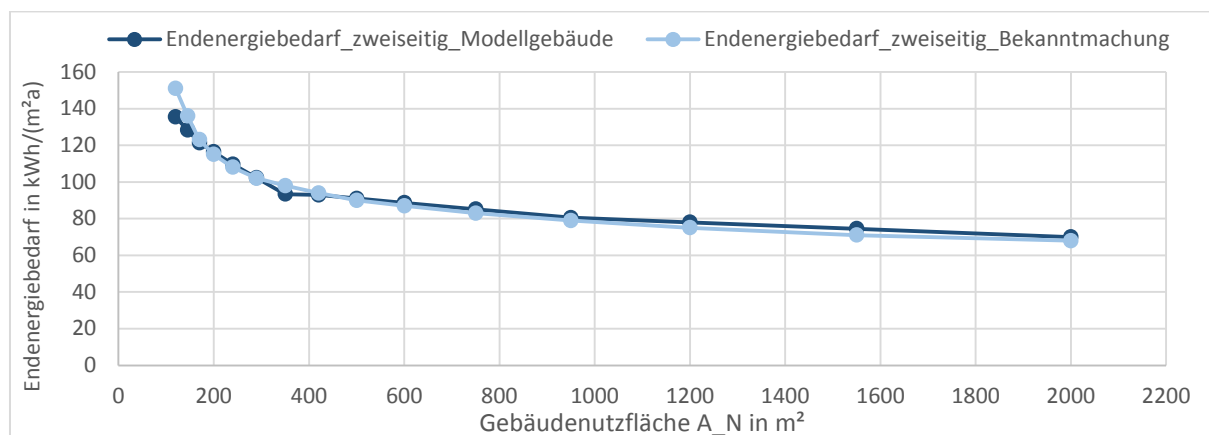
Diagramm 14: Endenergiebedarf – Anlagentechnik 1 – einseitig angebaute Gebäude



Mittlere Absolute Abweichung: 3,6%

Maximale Abweichung: -6,9% (bei A_N 120)

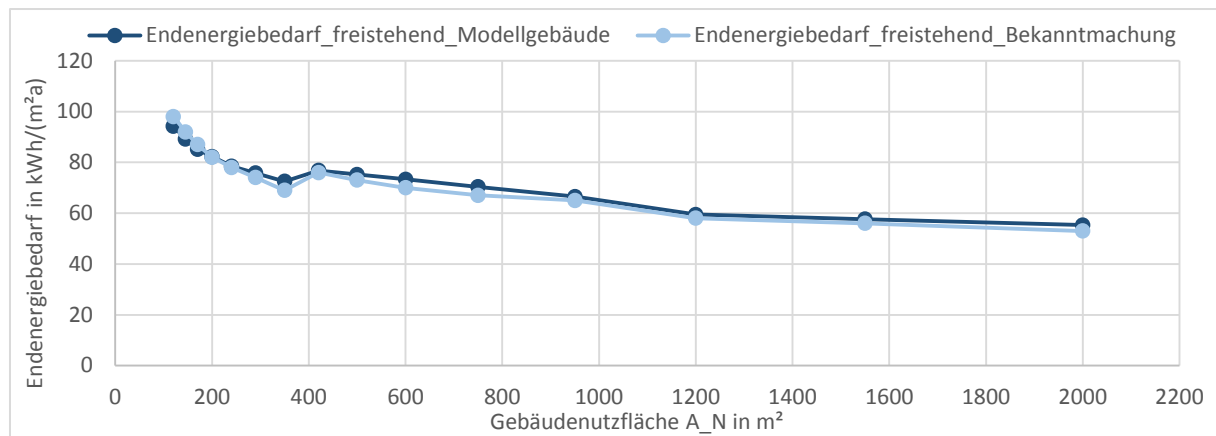
Diagramm 15: Endenergiebedarf – Anlagentechnik 1 – zweiseitig angebaute Gebäude



Mittlere Absolute Abweichung: 3,4%

Maximale Abweichung: -10,3% (bei A_N 120)

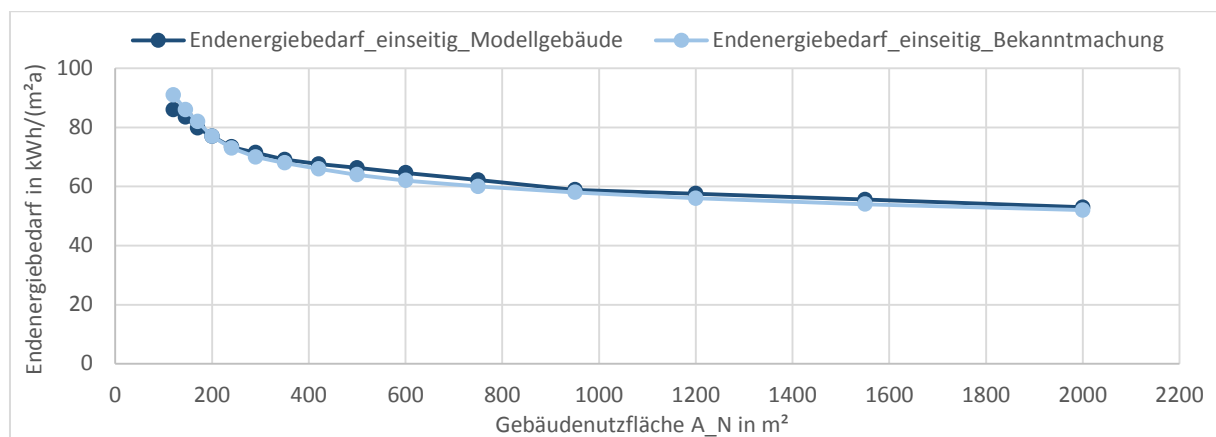
Diagramm 16: Endenergiebedarf – Anlagentechnik 4 – freistehende Gebäude



Mittlere Absolute Abweichung: 2,8%

Maximale Abweichung: +5,1% (bei A_N 350)

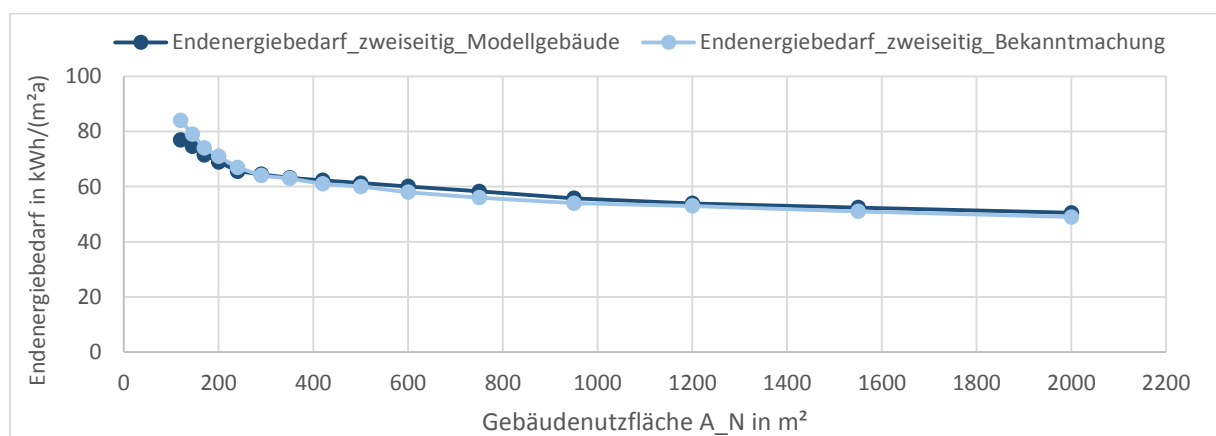
Diagramm 17: Endenergiebedarf – Anlagentechnik 4 – einseitig angebaute Gebäude



Mittlere Absolute Abweichung: 2,4%

Maximale Abweichung: -5,5% (bei A_N 120)

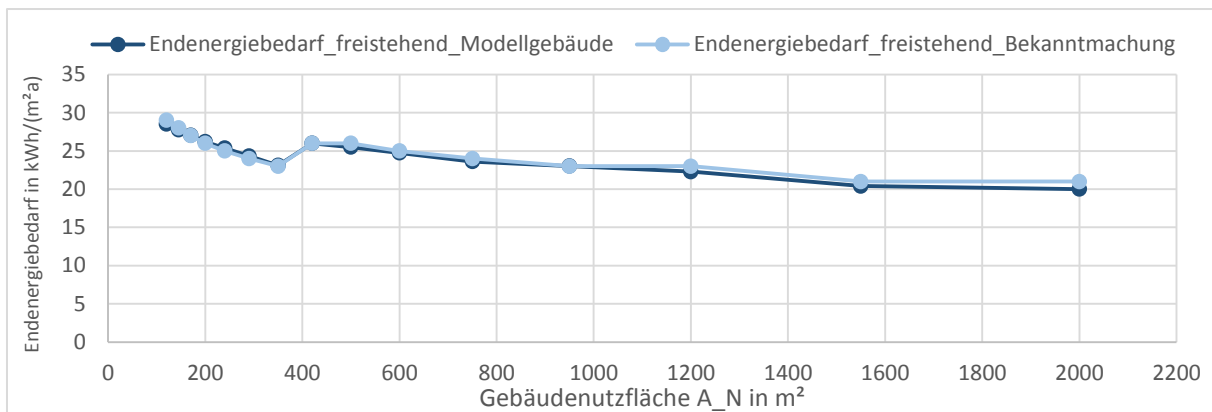
Diagramm 18: Endenergiebedarf – Anlagentechnik 4 – zweiseitig angebaute Gebäude



Mittlere Absolute Abweichung: 3,3%

Maximale Abweichung: -8,5% (bei A_N 120)

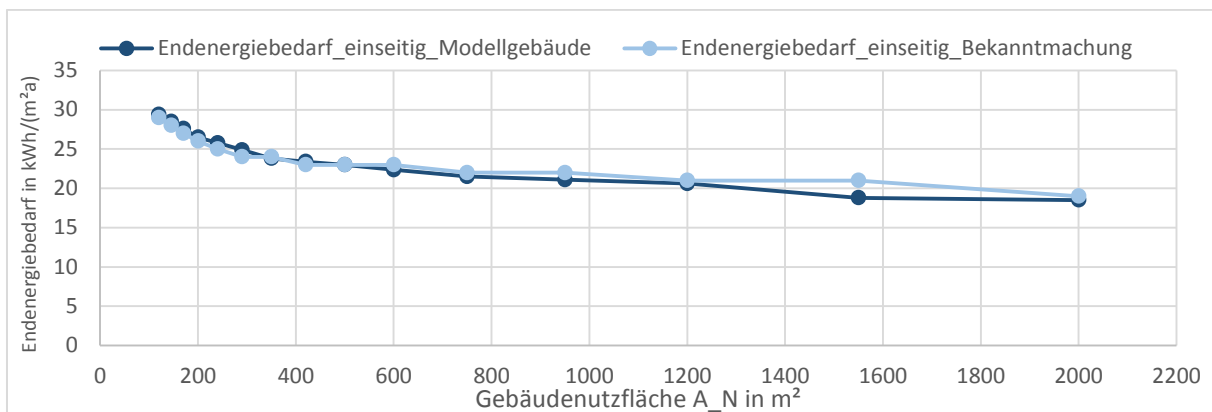
Diagramm 19: Endenergiebedarf – Anlagentechnik 9 – freistehende Gebäude



Mittlere Absolute Abweichung: 2,1%

Maximale Abweichung: -4,8% (bei A_N 2000)

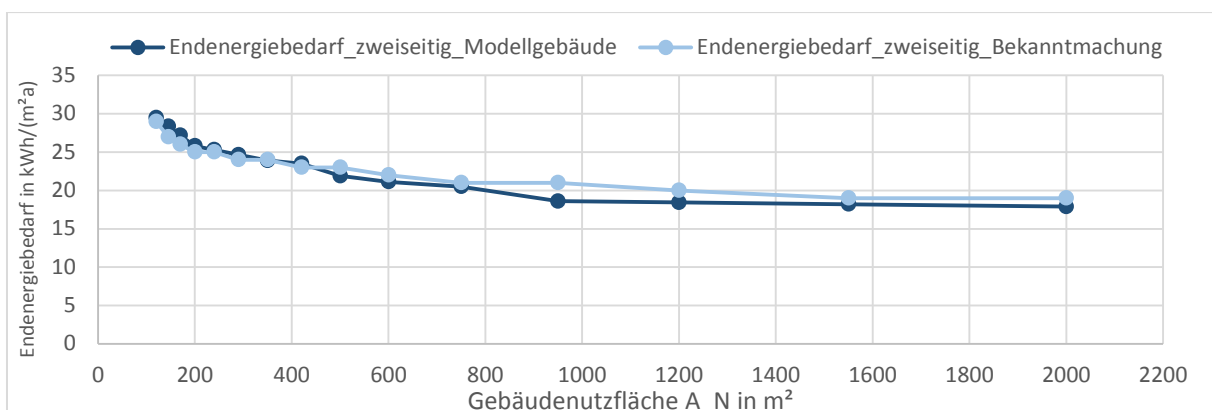
Diagramm 20: Endenergiebedarf – Anlagentechnik 9 – einseitig angebaute Gebäude



Mittlere Absolute Abweichung: 1,5%

Maximale Abweichung: -2,6% (bei A_N 2000)→ Siehe Kapitel 5.1 für Erläuterung zur Abweichung bei A_N 1550

Diagramm 21: Endenergiebedarf – Anlagentechnik 9 – zweiseitig angebaute Gebäude

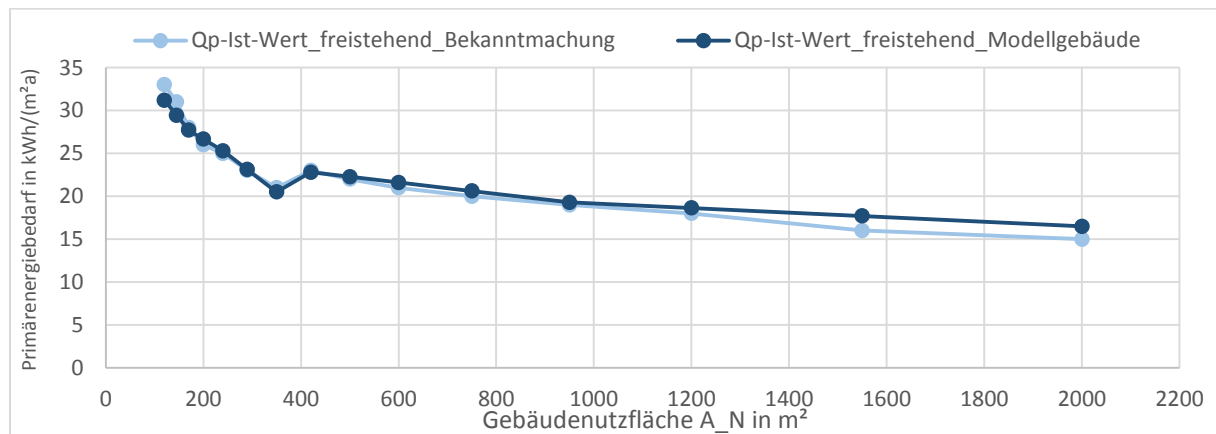


Mittlere Absolute Abweichung: 3,1%

Maximale Abweichung: -5,8% (bei A_N 2000)→ Siehe Kapitel 5.1 für Erläuterung zur Abweichung bei A_N 500 und A_N 950

7.3.3 Primärenergiebedarf

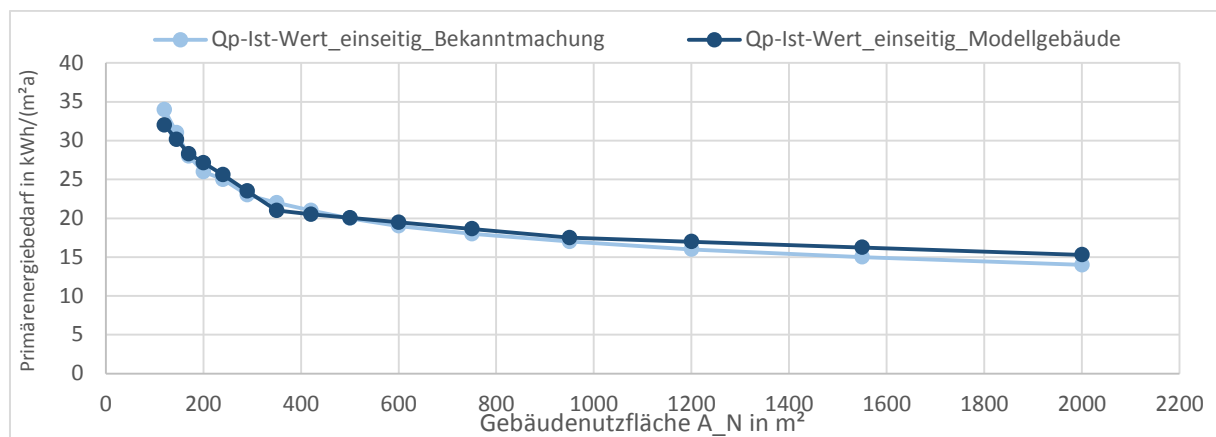
Diagramm 22: Q_p -Ist-Wert – Anlagentechnik 1 – freistehende Gebäude



Mittlere Absolute Abweichung: 3,2%

Maximale Abweichung: +10,0% (bei A_N 2000)

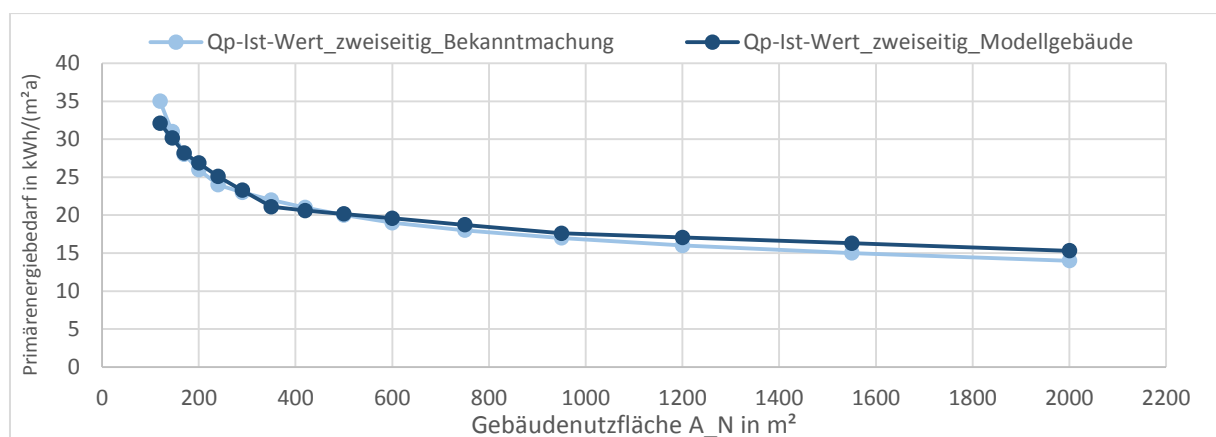
Diagramm 23: Q_p -Ist-Wert – Anlagentechnik 1 – einseitig angebaute Gebäude



Mittlere Absolute Abweichung: 4,1%

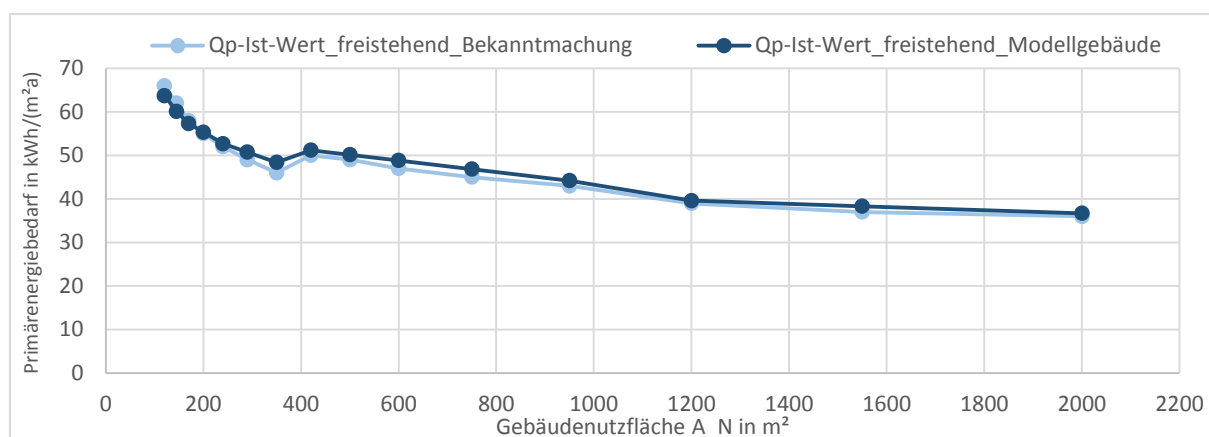
Maximale Abweichung: +9,3% (bei A_N 2000)

Diagramm 24: Q_p -Ist-Wert – Anlagentechnik 1 – zweiseitig angebaute Gebäude

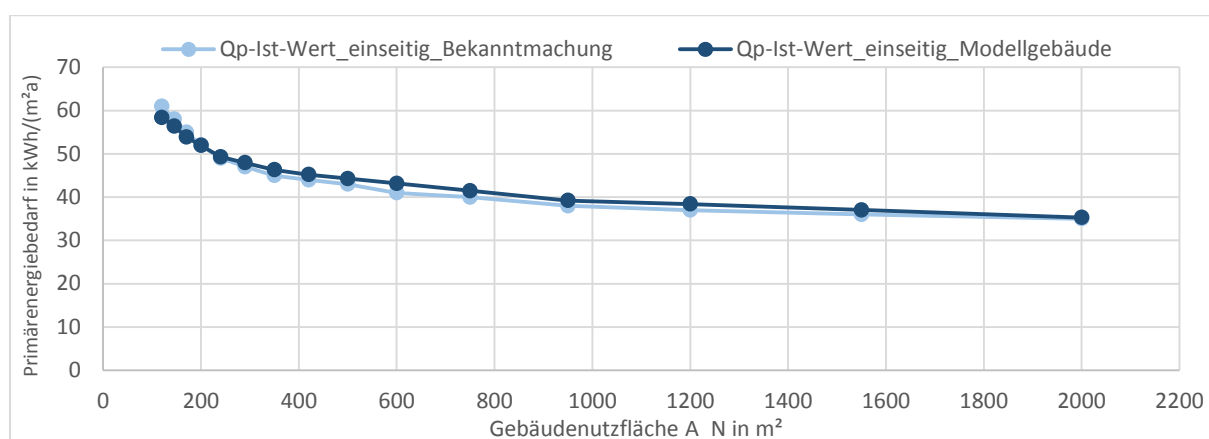


Mittlere Absolute Abweichung: 4,6%

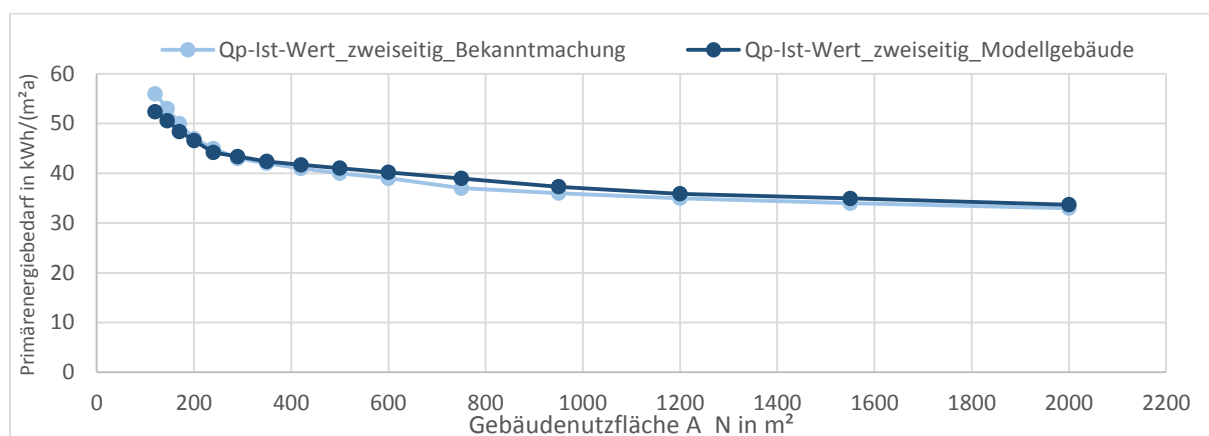
Maximale Abweichung: +9,3% (bei A_N 2000)

Diagramm 25: Q_P'-Ist-Wert – Anlagentechnik 4 – freistehende Gebäude

Mittlere Absolute Abweichung: 2,6%

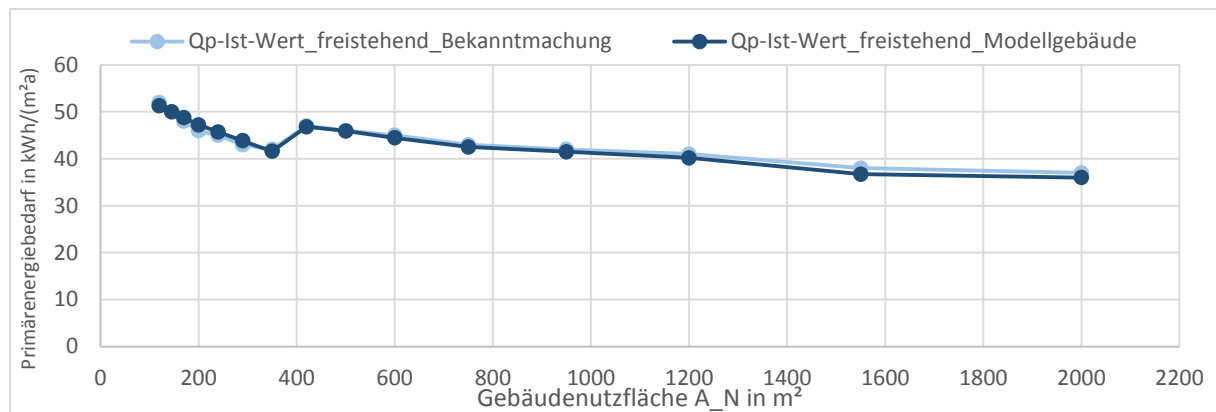
Maximale Abweichung: +5,2% (bei A_N 350)Diagramm 26: Q_P'-Ist-Wert – Anlagentechnik 4 – einseitig angebaute Gebäude

Mittlere Absolute Abweichung: 2,6%

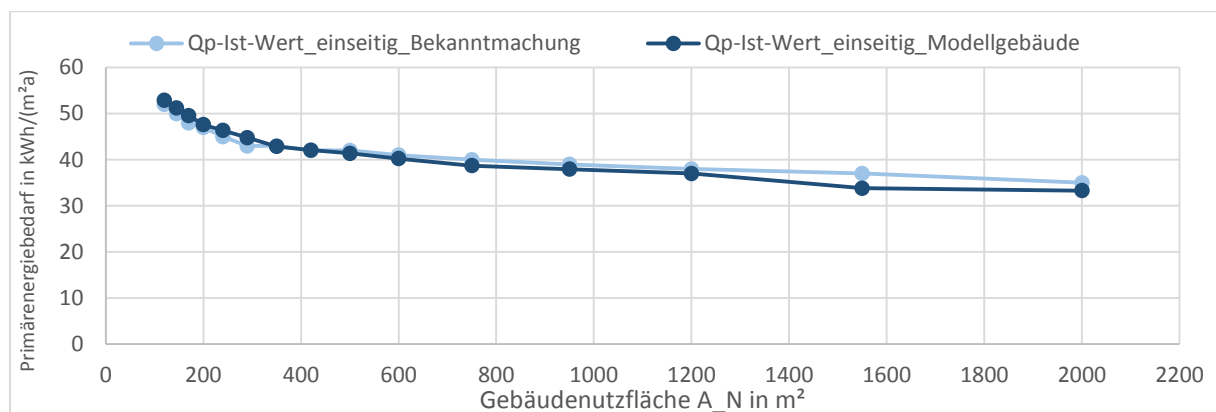
Maximale Abweichung: -5,5% (bei A_N 120)Diagramm 27: Q_P'-Ist-Wert – Anlagentechnik 4 – zweiseitig angebaute Gebäude

Mittlere Absolute Abweichung: 3,0%

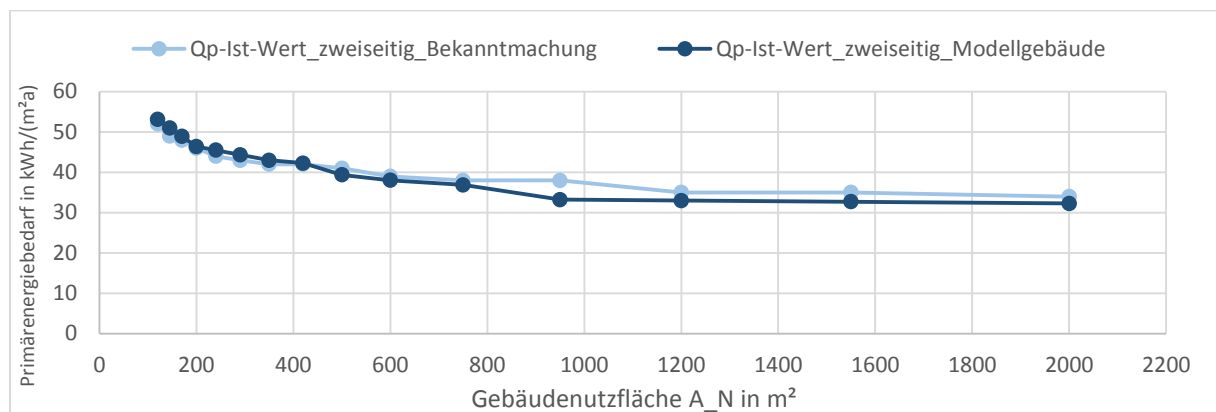
Maximale Abweichung: -8,5% (bei A_N 120)

Diagramm 28: Q_P -Ist-Wert – Anlagentechnik 9 – freistehende Gebäude

Mittlere Absolute Abweichung: 1,5%

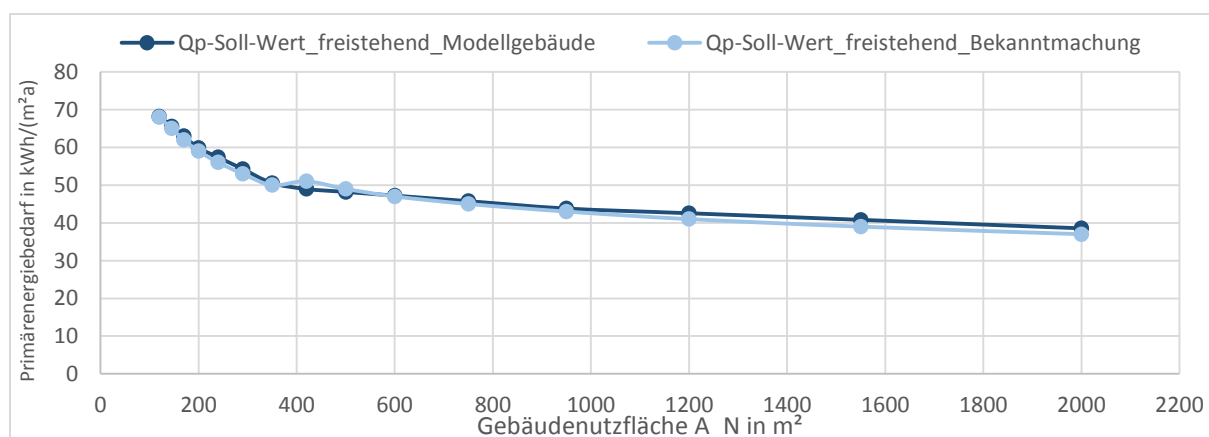
Maximale Abweichung: -3,4% (bei A_N 1550)Diagramm 29: Q_P -Ist-Wert – Anlagentechnik 9 – einseitig angebaute Gebäude

Mittlere Absolute Abweichung: 2,0%

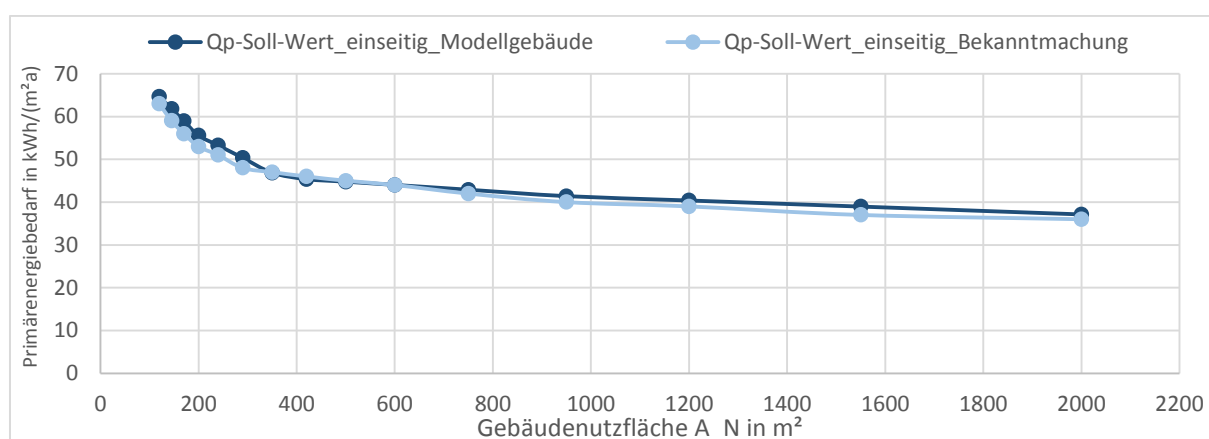
Maximale Abweichung: -4,9% (bei A_N 2000)→ Siehe Kapitel 5.1 für Erläuterung zur Abweichung bei A_N 1550Diagramm 30: Q_P -Ist-Wert – Anlagentechnik 9 – zweiseitig angebaute Gebäude

Mittlere Absolute Abweichung: 2,9%

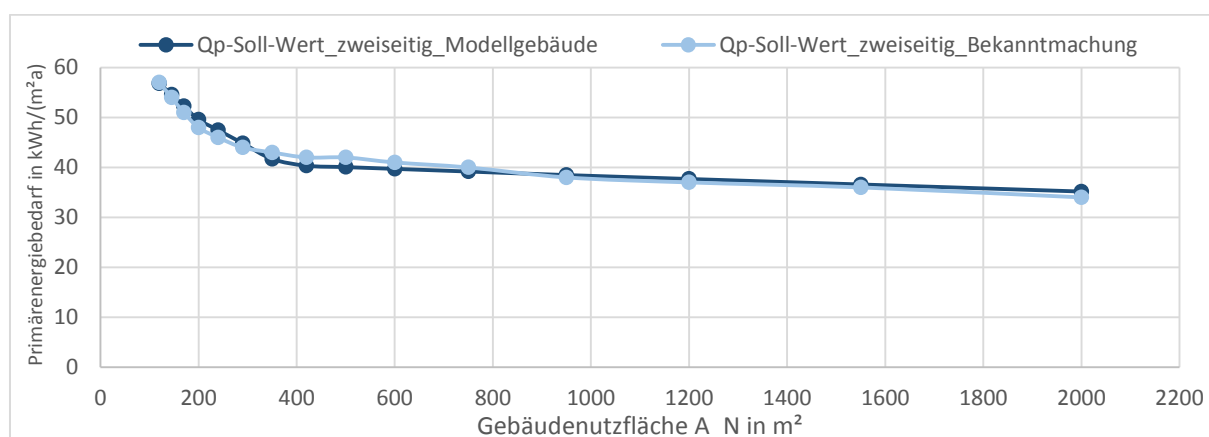
Maximale Abweichung: -6,6% (bei A_N 1550)→ Siehe Kapitel 5.1 für Erläuterung zur Abweichung bei A_N 500 und A_N 950

Diagramm 31: Q_{P'}-Anforderungswert – freistehende Gebäude

Mittlere Absolute Abweichung: 2,1%

Maximale Abweichung: 4,2% (bei A_N 2000)Diagramm 32: Q_{P'}-Anforderungswert – einseitig angebaute Gebäude

Mittlere Absolute Abweichung: 2,6%

Maximale Abweichung: 4,9% (bei A_N)Diagramm 33: Q_{P'}-Anforderungswert – zweiseitig angebaute Gebäude

Mittlere Absolute Abweichung: 2,5%

Maximale Abweichung: -3,9% (bei A_N 420)

7.4 Randbedingungen der Berechnungen zu Los 2

Anmerkungen:

- Randbedingungen die vom Fachbericht „Erarbeitung einer Software-Lösung für die Anwendung der DIN V 18599 für den Wohnungsbau für Zwecke der Vergleichsrechnung für Förderfälle“ der 18599 Gütegemeinschaft e.V. aus dem Jahr 2014 [15] abweichen sind grün markierte.
- Begriffe, Symbole, Einheiten und Indizes sind entsprechend dem Standard der DIN V 18599.

7.4.1 Referenzgebäude

Berechnung Wohnbau EFH

Gebäudegeometrie

- Modellgebäudedatenbank von $A_N = 120 \text{ m}^2$ bis $A_N = 200 \text{ m}^2$

Allgemeine Randbedingungen

- Nutzungsrandbedingungen nach **Tabelle 4 DIN V 18599:2016-10**, Anteil der mitbeheizten Fläche a_{tB} ist mit 0,25 (=25%) anzunehmen
- Sonnenschutz ist nicht vorgesehen, Verschattungsfaktor $F_s=0,9$
- Verschmutzungsfaktor Verglasung $F_v = 1,0$
- die Dämmung der Bodenplatte gilt nicht als Randdämmung im Sinne von DIN V 18599-2 in Verbindung mit DIN EN ISO 13370
- **Berechnung des H_T' nach DIN V 18599:2016**
- Bilanz-Innentemperatur ist mit räumlich und zeitlich eingeschränktem Heizbetrieb zu berechnen
- die wirksame Wärmespeicherfähigkeit ist mit $50 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K})$ anzunehmen
- reduzierter Heizbetrieb - Nachtabschaltung
- es wird eine zentrale Abluftanlage (bedarfsgeführt) vorgesehen.
- nutzungsbedingter Mindestaußenluftwechsel - $n_{\text{nutz}} = 0,45 \text{ h}^{-1}$ (bedarfsgeführt)
- Folgende Werte werden festgelegt.
 - $n_{50} = 1,0 \text{ h}^{-1}$
 - $t_{v,\text{mech}} = 24 \text{ h}$
 - $n_{\text{mech}} = 0,00 \text{ h}^{-1}$
 - $n_{\text{ZUL}} = 0,00 \text{ h}^{-1}$
 - $n_{\text{ETA}} = 0,35 \text{ h}^{-1}$ (bedarfsgeführt)
 - f_{ATD} = mit Außenluftdurchlässe

Trinkwarmwasser

Verteilung:

- **Netztyp II: Ebenentyp; Gebäudegruppe 1**
- **Standard-Leitungslängen nach DIN V 18599:2016**
- **Leitungslängen mit A_{NGF} berechnen**
- Als Umgebungstemperatur für die Berechnung der Verteilungsverluste ist die nach DIN V 18599-2 berechneten monatliche Bilanztemperatur zu verwenden.
- Leitungen liegen alle im beheizten Bereich
- Zirkulation = mit Zirkulation
- Zirkulationspumpe = auf Bedarf ausgelegt, nicht bekannte Pumpe, Pumpe ist geregelt
- Verteilleitungen = nach 1995
- Strangleitungen = nach 1995
- Stichleitungen (Anbindung) = nach 1995

Speicherung

- Speichertyp = Bivalenter Solarspeicher (Nach Dimensionierungsvorschlag der DIN V 18599:2016 bzw. dem überarbeiteten Verfahren der DIN V 18599:2016)
- Eine Wohneinheit
- Lage des Speichers = stehender Speicher
- Aufstellungsort = innerhalb der Gebäudehülle
- Baujahr = nach 1994
- Hilfsenergie für die Pumpe (Speicherbeladung) mit Standardwerten berechnen.
- Betrieb der Solarpumpe: Nennleistungsaufnahme der Solarpumpe nicht bekannt; $W_{w,gen}$ ist mit 2,5% von $Q_{w,sol}$ zu berechnen
- Speicher und Erzeuger im gleichem Raum = Ja

Erzeugung

- Erzeugertyp = Brennwertkessel verbessert ab 1999
- Energieträger = Erdgas H
- mittlere Heizkesseltemperatur während der Stillstandszeit = 50 °C
- Aufstellungsort = innerhalb der Gebäudehülle

Solaranlage:

- Kollektortyp = Flachkollektor
- Anlagendimension nach Dimensionierungsvorschlag der DIN V 18599:2016 bzw. dem überarbeiteten Verfahren der DIN V 18599:2016
- Neigung = 30°
- Abweichung aus der Südrichtung = -22,5° (Süd-Ost)

Heizung

Übergabe:

- Übergabetyp = Heizkörper (freie Heizflächen)
- Anordnung = außenwand
- Art der Regelung = P-Regler
- Intermittierende Betriebsweise = nein
- Übertemperatur = 30K

Verteilung:

- Netztyp = I Etagenringtyp; Gebäudegruppe 1
- Standard-Leitungslängen nach DIN V 18599:2016
- Leitungslängen mit A_{NGF} berechnen
- Verteilleitungen = nach 1995
- Strangleitungen = nach 1995
- Anbindeleitungen = nach 1995
- Auslegung der Heizungspumpe = auf den Bedarf ausgelegt
- Pumpenregelung = Δp konstant, Pumpe nicht intermittierend betrieben
- Pumpenmanagement = ohne integriertes Pumpenmanagement
- Überströmventile vorhanden = ja
- hydraulischer Abgleich = ja
- Wasserinhalt (Wärmeerzeuger) kleiner als 150ml/kW = ja
- Wärmemengenzähler = nein
- Strangarmaturen (Differenzdruckregler) = nein

Speicherung:

- Speicher vorhanden = nein

Erzeugung:

- Erzeugertyp = Brennwertkessel verbessert nach 1999
- Energieträger = Erdgas H
- Aufstellungsort = innerhalb der Gebäudehülle
- Auslegungstemperaturen = 55/45°C
- gleicher Erzeuger für Hz und TWW = ja (Vorrangbetrieb)
- elektrisch betriebene Kesselregulierung vorhanden = ja

Lüftung:

- zentrale Abluftanlage
- Heizperiodenbetrieb
- bedarfsgeführt
- mit geregelter DC-Ventilator

Berechnung Wohnbau MFH

Gebäudegeometrie

- Modellgebäudedatenbank von $A_N = 240 \text{ m}^2$ bis $A_N = 2000 \text{ m}^2$

Allgemeine Randbedingungen

- Nutzungsrandbedingungen nach Tabelle 4 DIN V 18599:2016-10, Anteil der mitbeheizten Fläche a_{tB} ist mit 0,15 (=15%) anzunehmen
- Sonnenschutz ist nicht vorgesehen, Verschattungsfaktor $F_s=0,9$
- Verschmutzungsfaktor Verglasung $F_v = 1,0$
- die Dämmung der Bodenplatte gilt nicht als Randdämmung im Sinne von DIN V 18599-2 in Verbindung mit DIN EN ISO 13370
- Berechnung des H_T' nach DIN V 18599:2016
- Bilanz-Innentemperatur ist mit räumlich und zeitlich eingeschränktem Heizbetrieb zu berechnen
- die wirksame Wärmespeicherfähigkeit ist mit $50 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K})$ anzunehmen
- reduzierter Heizbetrieb - Nachtabsenkung
- es wird eine zentrale Abluftanlage (bedarfsgeführt) vorgesehen.
- nutzungsbedingter Mindestaußenluftwechsel - $n_{\text{nutz}} = 0,45 \text{ h}^{-1}$ (bedarfsgeführt)
- Folgende Werte werden festgelegt.
 - $n_{50} = 1,0 \text{ h}^{-1}$
 - $t_{v,\text{mech}} = 24 \text{ h}^{-1}$
 - $n_{\text{mech}} = 0,00 \text{ h}^{-1}$
 - $n_{\text{ZUL}} = 0,00 \text{ h}^{-1}$
 - $n_{\text{ETA}} = 0,35 \text{ h}^{-1}$ (bedarfsgeführt)
 - $f_{\text{ATD}} =$ mit Außenluftdurchlässe

Trinkwarmwasser

Verteilung:

- Netztyp I: Steigestrangtyp; Gebäudegruppe 1
- Standard-Leitungslängen nach DIN V 18599:2016
- Leitungslängen mit A_{NGF} berechnen
- Als Umgebungstemperatur für die Berechnung der Verteilungsverluste ist die nach DIN V 18599-2 berechneten monatliche Bilanztemperatur zu verwenden.
- Leitungen liegen alle im beheizten Bereich
- Zirkulation = mit Zirkulation
- Zirkulationspumpe = auf Bedarf ausgelegt, nicht bekannte Pumpe, Pumpe ist geregelt
- Verteilleitungen = nach 1995
- Strangleitungen = nach 1995
- Stichleitungen (Anbindung) = nach 1995

Speicherung:

- Speichertyp = Bivalenter Solarspeicher (Nach Dimensionierungsvorschlag der DIN V 18599:2016 bzw. dem überarbeiteten Verfahren der DIN V 18599:2016)
- Lage des Speichers = stehender Speicher
- Aufstellungsort = außerhalb der thermischen Hülle ab $A_N > 500 \text{ m}^2$
- Baujahr = nach 1994
- Hilfsenergie für die Pumpe (Speicherbeladung) mit Standardwerten berechnen.

- Betrieb der Solarpumpe: Nennleistungsaufnahme der Solarpumpe nicht bekannt; $W_{w,gen}$ ist mit 2,5% von $Q_{w,sol}$ zu berechnen
- Speicher und Erzeuger im gleichem Raum = ja

Erzeugung:

- Erzeugertyp = Brennwertkessel verbessert ab 1999
- Energieträger = Erdgas H
- mittlere Heizkesseltemperatur während der Stillstandszeit = 50 °C
- Aufstellungsort = außerhalb der thermischen Hülle ab $A_N > 500 \text{ m}^2$

Solaranlage:

- Kollektortyp = Flachkollektor
- Anlagendimension nach Dimensionierungsvorschlag der DIN V 18599:2016 bzw. dem überarbeiteten Verfahren der DIN V 18599:2016
- Baujahr = nach 1998
- Neigung = 30°
- Abweichung aus der Südrichtung = -22,5° (Süd-Ost)

Heizung

Übergabe:

- Übergabetyp = Heizkörper (freie Heizflächen)
- Anordnung = außenwand
- Art der Regelung = P-Regler
- Intermittierende Betriebsweise = Nein
- Übertemperatur = 30K

Verteilung:

- Netztyp = III Steigestrangtyp; Gebäudegruppe 1
- Standard-Leitungslängen nach DIN V 18599:2016
- Leitungslängen mit A_{NGF} berechnen
- Verteilleitungen = nach 1995
- Strangleitungen = nach 1995
- Anbindeleitungen = nach 1995
- Auslegung der Heizungspumpe = auf den Bedarf ausgelegt
- Pumpenregelung = Δp konstant, Pumpe nicht intermittierend betrieben
- Pumpenmanagement = ohne integriertes Pumpenmanagement
- Überströmventile vorhanden = nein
- hydraulischer Abgleich = ja
- Wasserinhalt (Wärmeerzeuger) kleiner als 150ml/kW = nein
- Wärmemengenzähler = ja
- Strangarmaturen (Differenzdruckregler) = ja

Speicherung:

- Speicher vorhanden = nein

Erzeugung:

- Erzeugertyp = Brennwertkessel verbessert nach 1999
- Energieträger = Erdgas H

- Aufstellungsort = außerhalb der thermischen Hülle ab AN > 500 m²
- Auslegungstemperaturen = 55/45°C
- gleicher Erzeuger für Hz und TWW = Ja (Vorrangbetrieb)
- elektrisch betriebene Kesselregulierung vorhanden = ja

Lüftung:

- zentrale Abluftanlage
- Heizperiodenbetrieb
- bedarfsgeführt
- mit geregelter DC-Ventilator

7.4.2 Ausstattungsvariante 2 (neue Nummerierung)

Kurzbeschreibung: Brennwertgerät zur Verfeuerung von Erdgas oder leichtem Heizöl, Solaranlage zur zentralen Trinkwassererwärmung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

Berechnung Wohnbau EFH

Gebäudegeometrie

- Modellgebäudedatenbank von $AN = 120 \text{ m}^2$ bis $AN = 200 \text{ m}^2$

Allgemeine Randbedingungen

- Nutzungsrandbedingungen nach Tabelle 4 **DIN V 18599:2016-10**, Anteil der mitbeheizten Fläche a_{tB} ist mit 0,25 (=25%) anzunehmen
- Sonnenschutz ist nicht vorgesehen, Verschattungsfaktor $F_s=0,9$
- Verschmutzungsfaktor Verglasung $F_v = 1,0$
- Gewinne über opake Außenbauteile
- die Dämmung der Bodenplatte gilt nicht als Randdämmung im Sinne von DIN V 18599-2 in Verbindung mit DIN EN ISO 13370
- **Berechnung des H_{Tr} nach DIN V 18599:2016**
- Bilanz-Innentemperatur ist mit räumlich und zeitlich eingeschränktem Heizbetrieb zu berechnen
- die wirksame Wärmespeicherfähigkeit ist mit $50 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K})$ anzunehmen
- reduzierter Heizbetrieb – Nachtabschaltung
- Eine Wohneinheit

Lüftungsanlage inkl. WRG

- es wird ein Zu- und Abluftsystem mit WRG vorgesehen
- Heizperiodenbetrieb
- nutzungsbedingter Mindestaußenluftwechsel - $n_{\text{nutz}} = 0,50 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
- Folgende Werte werden festgelegt
 - **$h_{\text{exch.mth}} = 0,80$ (verbessert)**
 - $Q_{\text{ex}} = 21^\circ\text{C}$
 - $n_{50} = 1,0 \text{ h}^{-1}$
 - $t_{v,\text{mech}} = 24 \text{ h}$
 - $n_{\text{mech}} = 0,40 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
 - $n_{\text{ZUL}} = 0,40 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
 - $n_{\text{ETA}} = 0,40 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
 - $f_{\text{ATD}} = \text{ohne Außenluftdurchlässe}$

Trinkwarmwasser

Verteilung:

- Netztyp II: Ebenentyp; Gebäudegruppe 1
- Standard-Leitungslängen nach **DIN V 18599:2016**
- Leitungslängen mit A_{NGF} berechnen
- Als Umgebungstemperatur für die Berechnung der Verteilungsverluste ist die nach DIN V 18599-2 berechnete monatliche Bilanztemperatur zu verwenden
- Leitungen liegen alle im beheizten Bereich
- Zirkulation = mit Zirkulation
- Zirkulationspumpe = auf Bedarf ausgelegt, nicht bekannte Pumpe, Pumpe ist geregelt
- Verteilleitungen = nach 1995
- Strangleitungen = nach 1995

- Stichleitungen (Anbindung) = nach 1995

Speicherung:

- Speichertyp = Bivalenter Solarspeicher
- $\text{Speichervolumen} = 7,003 \cdot (A_{GS})^{0,7829}$
- Lage des Speichers = stehender Speicher
- Aufstellungsort = innerhalb der Gebäudehülle
- Baujahr = nach 1994
- Hilfsenergie für die Pumpe (Speicherbeladung) mit Standardwerten berechnen.
- Betrieb der Solarpumpe: Nennleistungsaufnahme der Solarpumpe nicht bekannt; $W_{w,gen}$ ist mit 2,5% von $Q_{W,sol}$ zu berechnen
- Speicher und Erzeuger im gleichem Raum = ja

Erzeugung:

- Erzeugertyp = Brennwertkessel verbessert ab 1999
- Energieträger = Erdgas H
- mittlere Heizkesseltemperatur während der Stillstandszeit = 50 °C
- Aufstellungsort = innerhalb der Gebäudehülle

Solaranlage:

- Kollektortyp = Flachkollektor
- $\text{Kollektorfläche} = 0,086 \cdot (A_{GS})^{0,8}$
- Baujahr = nach 1998
- Neigung = 45°
- Abweichung aus der Südrichtung = +45° (Süd-West)

Heizung

Übergabe:

- Übergabetyp = Heizkörper (freie Heizflächen)
- Wärmeträgermedium = Wasser
- Art der Regelung = P-Regler
- Intermittierende Betriebsweise = nein
- Übertemperatur = 30K

Verteilung:

- Netztyp = I Etagenringtyp; Gebäudegruppe 1
- Standard-Leitungslängen nach DIN V 18599:2016
- Leitungslängen mit A_{NGF} berechnen
- Verteilleitungen = nach 1995
- Strangleitungen = nach 1995
- Anbindeleitungen = nach 1995
- Auslegung der Heizungspumpe = auf den Bedarf ausgelegt
- Pumpenregelung = Δp konstant, Pumpe nicht intermittierend betrieben
- Pumpenmanagement = ohne integriertes Pumpenmanagement
- Überströmventile vorhanden = ja
- hydraulischer Abgleich = ja
- Wasserinhalt (Wärmeerzeuger) kleiner als 150ml/kW = ja
- Wärmemengenzähler = Nein
- Strangarmaturen (Differenzdruckregler) = nein

Speicherung:

- Speicher vorhanden = Nein

Erzeugung:

- Erzeugertyp = Brennwertkessel verbessert nach 1999
- Energieträger = Erdgas H
- Aufstellungsort = innerhalb der Gebäudehülle
- Auslegungstemperaturen = 55/45°C
- gleicher Erzeuger für Hz und TWW = Ja (Vorrangbetrieb)
- elektrisch betriebene Kesselregulierung vorhanden = ja

Berechnung Wohnbau MFH

Gebäudegeometrie

- Modellgebäudedatenbank von $A_N = 240 \text{ m}^2$ bis $A_N = 2000 \text{ m}^2$

Allgemeine Randbedingungen

- Nutzungsrandbedingungen nach Tabelle 4 DIN V 18599:2016-10, Anteil der mitbeheizten Fläche a_{tB} ist mit 0,15 (=15%) anzunehmen
- Sonnenschutz ist nicht vorgesehen, Verschattungsfaktor $F_s=0,9$
- Verschmutzungsfaktor Verglasung $F_v=1,0$
- Gewinne über opake Außenbauteile
- die Dämmung der Bodenplatte gilt nicht als Randdämmung im Sinne von DIN V 18599-2 in Verbindung mit DIN EN ISO 13370
- Berechnung des H_T' nach DIN V 18599:2016
- Bilanz-Innentemperatur ist mit räumlich und zeitlich eingeschränktem Heizbetrieb zu berechnen
- die wirksame Wärmespeicherfähigkeit ist mit $50 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K})$ anzunehmen
- reduzierter Heizbetrieb – Nachtabsenkung

Lüftungsanlage inkl. WRG

- es wird ein Zu- und Abluftsystem mit WRG vorgesehen
- Heizperiodenbetrieb
- nutzungsbedingter Mindestaußenluftwechsel - $n_{\text{nutz}} = 0,50 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
- Folgende Werte werden festgelegt
 - $\text{hexch.mth} = 0,80$ (verbessert)
 - $Q_{\text{ex}} = 21^\circ\text{C}$
 - $n_{50} = 1,0 \text{ h}^{-1}$
 - $t_{v,\text{mech}} = 24 \text{ h}$
 - $n_{\text{mech}} = 0,40 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
 - $n_{\text{ZUL}} = 0,40 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
 - $n_{\text{ETA}} = 0,40 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
 - $f_{\text{ATD}} = \text{ohne Außenluftdurchlässe}$

Trinkwarmwasser

Verteilung:

- Netztyp I: Steigestrangtyp; Gebäudegruppe 1
- Standard-Leitungslängen nach DIN V 18599:2016
- Leitungslängen mit A_{NGF} berechnen
- Als Umgebungstemperatur für die Berechnung der Verteilungsverluste sind die nach DIN V 18599-2 berechnete monatliche Bilanztemperatur zu verwenden
- Verteilleitungen liegen im unbeheizten Bereich
- Zirkulation = mit Zirkulation
- Zirkulationspumpe = auf Bedarf ausgelegt, nicht bekannte Pumpe, Pumpe ist geregelt
- Verteilleitungen = nach 1995
- Strangleitungen = nach 1995
- Sticleitungen (Anbindung) = nach 1995

Speicherung:

- Speichertyp = Bivalenter Solarspeicher bzw. separate Trinkwarmwasserspeicher
 - Bis 1000 l Speichervolumen → Bivalenter Solarspeicher

- Ab 1000 l Speichervolumen → Separate Trinkwarmwasserspeicher
- $\text{Speichervolumen} = 7,003 \cdot (A_{GS})^{0,7829}$
- Lage des Speichers = stehender Speicher
- Aufstellungsort = außerhalb der thermischen Hülle
- Baujahr = nach 1994
- Hilfsenergie für die Pumpe (Speicherbeladung) mit Standardwerten berechnen
- Betrieb der Solarpumpe: Nennleistungsaufnahme der Solarpumpe nicht bekannt; $W_{w,gen}$ ist mit 2,5% von $Q_{w,sol}$ zu berechnen
- Speicher und Erzeuger im gleichem Raum = ja

Erzeugung:

- Erzeugertyp = Brennkessel verbessert ab 1999
- Energieträger = Erdgas H
- mittlere Heizkesseltemperatur während der Stillstandszeit = 50 °C
- Aufstellungsort = außerhalb der Gebäudehülle

Solaranlage:

- Kollektortyp = Flachkollektor
- $\text{Kollektorfläche} = 0,086 \cdot (A_{GS})^{0,8}$
- Baujahr = nach 1998
- Neigung = 45°
- Abweichung aus der Südrichtung = +45° (Süd-West)

HeizungÜbergabe:

- Übergabetyp = Heizkörper (freie Heizflächen)
- Wärmeträgermedium = Wasser
- Art der Regelung = P-Regler
- Intermittierende Betriebsweise = nein
- Übertemperatur = 30K

Verteilung:

- Netztyp III: Steigestrangtyp; Gebäudegruppe 1
- Standard-Leitungslängen nach DIN V 18599:2016
- Leitungslängen mit A_{NGF} berechnen
- Verteilleitungen = nach 1995
- Strangleitungen = nach 1995
- Anbindeleitungen = nach 1995
- Verteilleitungen liegen im unbeheizten Bereich
- Auslegung der Heizungspumpe = auf den Bedarf ausgelegt
- Pumpenregelung = Δp konstant, Pumpe nicht intermittierend betrieben
- Pumpenmanagement = ohne integriertes Pumpenmanagement
- Überströmventile vorhanden = nein
- hydraulischer Abgleich = ja
- Wasserinhalt (Wärmeerzeuger) kleiner als 150ml/kW = nein
- Wärmemengenzähler = ja
- Strangarmaturen (Differenzdruckregler) = ja

Speicherung:

- Speicher vorhanden = nein

Erzeugung:

- Erzeugertyp = Brennwertkessel verbessert nach 1999
- Energieträger = Erdgas H
- Aufstellungsort = außerhalb der thermischen
- Auslegungstemperaturen = 55/45°C
- gleicher Erzeuger für Hz und TWW = ja (Vorrangbetrieb)
- elektrisch betriebene Kesselregulierung vorhanden = ja

7.4.3 Ausstattungsvariante 3 (neue Nummerierung)

Kurzbeschreibung: Brennwertgerät zur Verfeuerung von Erdgas oder leichtem Heizöl, Solaranlage zur zentralen Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung (Kombianlage), Pufferspeicher, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

Berechnung Wohnbau EFH

Gebäudegeometrie

- Modellgebäudedatenbank von $AN = 120 \text{ m}^2$ bis $AN = 200 \text{ m}^2$

Allgemeine Randbedingungen

- Nutzungsrandbedingungen nach Tabelle 4 **DIN V 18599:2016-10**, Anteil der mitbeheizten Fläche a_{tB} ist mit 0,25 (=25%) anzunehmen
- Sonnenschutz ist nicht vorgesehen, Verschattungsfaktor $F_s=0,9$
- Verschmutzungsfaktor Verglasung $F_v = 1,0$
- Gewinne über opake Außenbauteile
- die Dämmung der Bodenplatte gilt nicht als Randdämmung im Sinne von DIN V 18599-2 in Verbindung mit DIN EN ISO 13370
- Berechnung des H_T' nach **DIN V 18599:2016**
- Bilanz-Innentemperatur ist mit räumlich und zeitlich eingeschränktem Heizbetrieb zu berechnen
- die wirksame Wärmespeicherfähigkeit ist mit $50 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K})$ anzunehmen
- reduzierter Heizbetrieb – Nachtabschaltung
- Eine Wohneinheit

Lüftungsanlage inkl. WRG

- es wird ein Zu- und Abluftsystem mit WRG vorgesehen
- Heizperiodenbetrieb
- nutzungsbedingter Mindestaußenluftwechsel - $n_{\text{nutz}} = 0,50 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
- Folgende Werte werden festgelegt
 - $h_{\text{exch,mth}} = 0,80$ (verbessert)
 - $Q_{\text{ex}} = 21^\circ\text{C}$
 - $n_{50} = 1,0 \text{ h}^{-1}$
 - $t_{v,\text{mech}} = 24 \text{ h}$
 - $n_{\text{mech}} = 0,40 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
 - $n_{\text{ZUL}} = 0,40 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
 - $n_{\text{ETA}} = 0,40 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
 - $f_{\text{ATD}} = \text{ohne Außenluftdurchlässe}$

Trinkwarmwasser

Verteilung:

- Netztyp II: Ebenentyp; Gebäudegruppe 1
- Standard-Leitungslängen nach **DIN V 18599:2016**
- Leitungslängen mit $ANGF$ berechnen
- Als Umgebungstemperatur für die Berechnung der Verteilungsverluste ist die nach DIN V 18599-2 berechnete monatliche Bilanztemperatur zu verwenden
- Leitungen liegen alle im beheizten Bereich
- Zirkulation = mit Zirkulation
- Zirkulationspumpe = auf Bedarf ausgelegt, nicht bekannte Pumpe, Pumpe ist geregelt

- Verteilungen = nach 1995
- Strangleitungen = nach 1995
- Stichleitungen (Anbindung) = nach 1995

Speicherung:

- Speichertyp = Bivalenter Solarspeicher bzw. Pufferspeicher
 - Bis 1000 l Speichervolumen → Bivalenter Solarspeicher
 - Ab 1000 l Speichervolumen → Pufferspeicher (ab 1500 l Speichervolumen wird der Pufferspeicher in 1500 l große Speichereinheiten + einem Speicher mit dem restlichen Volumen aufgeteilt)
- Speichervolumen: 70 l pro m² Kollektorfläche
- Lage des Speichers = stehender Speicher
- Aufstellungsort = innerhalb der Gebäudehülle
- Baujahr = nach 1994
- Hilfsenergie für die Pumpe (Speicherbeladung) mit Standardwerten berechnen.
- Betrieb der Solarpumpe: Nennleistungsaufnahme der Solarpumpe nicht bekannt; $W_{w,gen}$ ist mit 2,5% von $Q_{W,sol}$ zu berechnen
- Speicher und Erzeuger im gleichem Raum = ja

Erzeugung:

- Erzeugertyp = Brennwertkessel verbessert ab 1999
- Energieträger = Erdgas H
- mittlere Heizkesseltemperatur während der Stillstandszeit = 50 °C
- Aufstellungsort = innerhalb der Gebäudehülle

Solaranlage:

- Kollektortyp = Flachkollektor
- Kollektorfläche = $0,17 \cdot (A_{GS})^{0,8}$
- Baujahr = nach 1998
- Neigung = 45°
- Abweichung aus der Südrichtung = +45° (Süd-West)

Heizung

Übergabe:

- Übergabetyp = Bauteilintegrierte Heizflächen (Flächenheizung)
- Wärmeträgermedium = Wasser
- Art der Regelung = PI-Regler
- System = Nasssystem
- Spezifische Wärmeverluste = mit Minstdämmung nach DIN EN 1264

Verteilung:

- Netztyp = IIa Etagenverteiltertyp; Gebäudegruppe 1
- Standard-Leitungslängen nach DIN V 18599:2016
- Leitungslängen mit A_{NGF} berechnen
- Verteilungen = nach 1995
- Strangleitungen = nach 1995
- Anbindeleitungen = nicht vorhanden
- Auslegung der Heizungspumpe = auf den Bedarf ausgelegt
- Pumpenregelung = Δp konstant, Pumpe nicht intermittierend betrieben

- Pumpenmanagement = ohne integriertes Pumpenmanagement
- Überströmventile vorhanden = ja
- hydraulischer Abgleich = ja
- Wasserinhalt (Wärmeerzeuger) kleiner als 150ml/kW = ja
- Wärmemengenzähler = nein
- Strangarmaturen (Differenzdruckregler) = nein

Speicherung:

- Speicher vorhanden = Kombispeicher
- Aufstellungsort = innerhalb der Gebäudehülle

Erzeugung:

- Erzeugertyp = Brennwertkessel verbessert nach 1999
- Energieträger = Erdgas H
- Aufstellungsort = innerhalb der Gebäudehülle
- Auslegungstemperaturen = 35/28°C
- gleicher Erzeuger für Hz und TWW = ja (Vorrangbetrieb)
- elektrisch betriebene Kesselregulierung vorhanden = ja

Solaranlage:

- Kombianlage mit Trinkwarmwasser

Berechnung Wohnbau MFH

Gebäudegeometrie

- Modellgebäudedatenbank von $A_N = 240 \text{ m}^2$ bis $A_N = 2000 \text{ m}^2$

Allgemeine Randbedingungen

- Nutzungsrandbedingungen nach **Tabelle 4 DIN V 18599:2016-10**, Anteil der mitbeheizten Fläche a_{tB} ist mit 0,15 (=15%) anzunehmen
- Sonnenschutz ist nicht vorgesehen, Verschattungsfaktor $F_s=0,9$
- Verschmutzungsfaktor Verglasung $F_v=1,0$
- Gewinne über opake Außenbauteile
- die Dämmung der Bodenplatte gilt nicht als Randdämmung im Sinne von DIN V 18599-2 in Verbindung mit DIN EN ISO 13370
- **Berechnung des H_{tr} nach DIN V 18599:2016**
- Bilanz-Innentemperatur ist mit räumlich und zeitlich eingeschränktem Heizbetrieb zu berechnen
- die wirksame Wärmespeicherfähigkeit ist mit $50 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K})$ anzunehmen
- reduzierter Heizbetrieb – Nachtabsenkung

Lüftungsanlage inkl. WRG

- es wird ein Zu- und Abluftsystem mit WRG vorgesehen
- Heizperiodenbetrieb
- nutzungsbedingter Mindestaußenluftwechsel - $n_{\text{nutz}} = 0,50 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
- Folgende Werte werden festgelegt
 - **$h_{\text{exch,mth}} = 0,80$ (verbessert)**
 - $Q_{\text{ex}} = 21^\circ\text{C}$
 - $n_{50} = 1,0 \text{ h}^{-1}$
 - $t_{v,\text{mech}} = 24 \text{ h}$
 - $n_{\text{mech}} = 0,40 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
 - $n_{\text{ZUL}} = 0,40 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
 - $n_{\text{ETA}} = 0,40 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
 - $f_{\text{ATD}} = \text{ohne Außenluftdurchlässe}$

Trinkwarmwasser

Verteilung:

- Netztyp I: Steigestrangtyp; Gebäudegruppe 1
- Standard-Leitungslängen **nach DIN V 18599:2016**
- **Leitungslängen mit A_{NGF} berechnen**
- Als Umgebungstemperatur für die Berechnung der Verteilungsverluste ist die nach DIN V 18599-2 berechnete monatliche Bilanztemperatur zu verwenden
- Verteilleitungen liegen im unbeheizten Bereich
- Zirkulation = mit Zirkulation
- Zirkulationspumpe = auf Bedarf ausgelegt, nicht bekannte Pumpe, Pumpe ist geregelt
- Verteilleitungen = nach 1995
- Strangleitungen = nach 1995
- Stichleitungen (Anbindung) = nach 1995

Speicherung:

- Speichertyp = Bivalenter Solarspeicher **bzw. Pufferspeicher**
 - **Bis 1000 l Speichervolumen → Bivalenter Solarspeicher**

- Ab 1000 l Speichervolumen → Pufferspeicher (ab 1500 l Speichervolumen wird der Pufferspeicher in 1500 l große Speichereinheiten + einem Speicher mit dem restlichen Volumen aufgeteilt)
- Speichervolumen: 70 l pro m² Kollektorfläche
- Lage des Speichers = stehender Speicher
- Aufstellungsort = außerhalb der thermischen Hülle
- Baujahr = nach 1994
- Hilfsenergie für die Pumpe (Speicherbeladung) mit Standardwerten berechnen.
- Betrieb der Solarpumpe: Nennleistungsaufnahme der Solarpumpe nicht bekannt; $W_{w,gen}$ ist mit 2,5% von $Q_{w,sol}$ zu berechnen
- Speicher und Erzeuger im gleichem Raum = ja

Erzeugung:

- Erzeugertyp = Brennwertkessel verbessert ab 1999
- Energieträger = Erdgas H
- mittlere Heizkesseltemperatur während der Stillstandszeit = 50 °C
- Aufstellungsort = außerhalb der thermischen

Solaranlage:

- Kollektortyp = Flachkollektor
- Kollektorfläche = $0,17 \cdot (A_{GS})^{0,8}$
- Baujahr = nach 1998
- Neigung = 45°
- Abweichung aus der Südrichtung = +45° (Süd-West)

Heizung

Übergabe:

- Übergabetyp = Bauteilintegrierte Heizflächen (Flächenheizung)
- Wärmeträgermedium = Wasser
- Art der Regelung = PI-Regler
- System = Nasssystem
- Spezifische Wärmeverluste = mit Minstdämmung nach DIN EN 1264

Verteilung:

- Netztyp III: Steigestrangtyp; Gebäudegruppe 1
- Standard-Leitungslängen nach DIN V 18599:2016
- Leitungslängen mit A_{NGF} berechnen
- Verteilleitungen = nach 1995
- Strangleitungen = nach 1995
- Anbindeleitungen = nach 1995
- Verteilleitungen liegen im unbeheizten Bereich
- Auslegung der Heizungspumpe = auf den Bedarf ausgelegt
- Pumpenregelung = Δp konstant, Pumpe nicht intermittierend betrieben
- Pumpenmanagement = ohne integriertes Pumpenmanagement
- Überströmventile vorhanden = nein
- hydraulischer Abgleich = ja
- Wasserinhalt (Wärmeerzeuger) kleiner als 150ml/kW = nein
- Wärmemengenzähler = ja
- Strangarmaturen (Differenzdruckregler) = ja

Speicherung:

- Speicher vorhanden = Kombispeicher
- Aufstellungsort außerhalb der thermischen Hülle

Erzeugung:

- Erzeugertyp = Brennwertkessel verbessert nach 1999
- Energieträger = Erdgas H
- Aufstellungsort = außerhalb der thermischen
- Auslegungstemperaturen = 35/28°C
- gleicher Erzeuger für Hz und TWW = ja (Vorrangbetrieb)
- elektrisch betriebene Kesselregulierung vorhanden = ja

Solaranlage:

- Kombianlage mit Trinkwarmwasser

7.4.4 Ausstattungsvariante 4 (neue Nummerierung)

Kurzbeschreibung: Nah-/Fernwärmeversorgung oder lokale Kraft-Wärme-Kopplung, zentrale Trinkwassererwärmung

Berechnung Wohnbau EFH

Gebäudegeometrie

- Modellgebäudedatenbank von $A_N = 120 \text{ m}^2$ bis $A_N = 200 \text{ m}^2$

Allgemeine Randbedingungen

- Nutzungsrandbedingungen nach Tabelle 4 DIN V 18599:2016-10, Anteil der mitbeheizten Fläche a_{tB} ist mit 0,25 (=25%) anzunehmen
- Sonnenschutz ist nicht vorgesehen, Verschattungsfaktor $F_s=0,9$
- Verschmutzungsfaktor Verglasung $F_v = 1,0$
- Gewinne über opake Außenbauteile
- die Dämmung der Bodenplatte gilt nicht als Randdämmung im Sinne von DIN V 18599-2 in Verbindung mit DIN EN ISO 13370
- Berechnung des $H_{T'}$ nach DIN V 18599:2016
- Bilanz-Innentemperatur ist mit räumlich und zeitlich eingeschränktem Heizbetrieb zu berechnen
- die wirksame Wärmespeicherfähigkeit ist mit $50 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K})$ anzunehmen
- das Gebäude wird ausschließlich über Infiltration und Fensterlüftung be- und entlüftet
- reduzierter Heizbetrieb - Nachtabstaltung
- nutzungsbedingter Mindestaußenluftwechsel - $n_{\text{nutz}} = 0,5 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
- $f_{\text{ATD}} = 1$ (ohne Außenluftdurchlässe)
- Eine Wohneinheit

Trinkwarmwasser

Verteilung:

- Netztyp II: Ebenentyp; Gebäudegruppe 1
- Standard-Leitungslängen nach DIN V 18599:2016
- Leitungslängen mit A_{NGF} berechnen
- Als Umgebungstemperatur für die Berechnung der Verteilungsverluste ist die nach DIN V 18599-2 berechnete monatliche Bilanztemperatur zu verwenden
- Leitungen liegen alle im beheizten Bereich
- Zirkulation = mit Zirkulation
- Zirkulationspumpe = auf Bedarf ausgelegt, nicht bekannte Pumpe, Pumpe ist geregelt
- Verteilleitungen = nach 1995
- Strangleitungen = nach 1995
- Stichleitungen (Anbindung) = nach 1995

Speicherung:

- Speichertyp = Indirekt beheizter Speicher, Q_s, PO, day für Speicher bis 1000 l
- Speichervolumen und Anzahl der Wohneinheiten nach DIN V 18599:2016-8
- Lage des Speichers = stehender Speicher
- Aufstellungsort = innerhalb der Gebäudehülle
- Baujahr = nach 1994
- Hilfsenergie für die Pumpe (Speicherbeladung) mit Standardwerten
- Speicher und Erzeuger im gleichem Raum = ja

Erzeugung:

- Erzeugertyp = Fernwärme
- Energieträger = Nah-/Fernwärme KWK (fossiler Brennstoff)
- Art der Fernwärme-Station: WW, niedrige Temp
- Dämmklasse Sekundärseite: 3
- Dämmklasse Primärseite: 4
- Vorlauftemperaturregelung in der Hausstation: nein
- Aufstellungsort = innerhalb der Gebäudehülle

HeizungÜbergabe:

- Übergabetyp = Bauteilintegrierte Heizflächen (Flächenheizung)
- Wärmeträgermedium = Wasser
- Art der Regelung = PI-Regler
- System = Nasssystem
- Spezifische Wärmeverluste = mit Mindestdämmung nach DIN EN 1264

Verteilung:

- Netztyp 2: Etagenverteiltertyp; Gebäudegruppe 1
- Verteilleitungen = nach 1995
- Strangleitungen = nach 1995
- Anbindeleitungen = nicht vorhanden
- Auslegung der Heizungspumpe = auf den Bedarf ausgelegt
- Pumpenregelung = Δp konstant, Pumpe nicht intermittierend betrieben
- Pumpenmanagement = ohne integriertes Pumpenmanagement
- Überströmventile vorhanden = ja
- hydraulischer Abgleich = ja
- Wasserinhalt (Wärmeerzeuger) kleiner als 150ml/kW = ja
- Wärmemengenzähler = nein
- Strangarmaturen (Differenzdruckregler) = nein

Speicherung:

- Speicher vorhanden = nein

Erzeugung:

- Erzeugertyp = Fernwärme
- Energieträger = Nah-/Fernwärme KWK (fossiler Brennstoff)
- Art der Fernwärme-Station: WW, niedrige Temp
- Dämmklasse Sekundärseite: 3
- Dämmklasse Primärseite: 4
- Vorlauftemperaturregelung in der Hausstation: nein
- Auslegungstemperaturen = 35/28°C
- Gleicher Erzeuger für Hz und TWW = ja (Vorrangbetrieb)
- Aufstellungsort = innerhalb der Gebäudehülle

Lüftung:

- keine Lüftungsanlage

Berechnung Wohnbau MFH

Gebäudegeometrie

- Modellgebäudedatenbank von $A_N = 240 \text{ m}^2$ bis $A_N = 2000 \text{ m}^2$

Allgemeine Randbedingungen

- Nutzungsrandbedingungen nach Tabelle 4 **DIN V 18599:2016-10**, Anteil der mitbeheizten Fläche a_{tB} ist mit 0,15 (=15%) anzunehmen
- Sonnenschutz ist nicht vorgesehen, Verschattungsfaktor $F_s=0,9$
- Verschmutzungsfaktor Verglasung $F_v = 1,0$
- Gewinne über opake Außenbauteile
- die Dämmung der Bodenplatte gilt nicht als Randdämmung im Sinne von DIN V 18599-2 in Verbindung mit DIN EN ISO 13370
- **Berechnung des H_T' nach DIN V 18599:2016**
- Bilanz-Innentemperatur ist mit räumlich und zeitlich eingeschränktem Heizbetrieb zu berechnen
- die wirksame Wärmespeicherfähigkeit ist mit $50 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K})$ anzunehmen
- das Gebäude wird ausschließlich über Infiltration und Fensterlüftung be- und entlüftet
- reduzierter Heizbetrieb - Nachtabsenkung
- nutzungsbedingter Mindestaußenluftwechsel - $n_{\text{nutz}} = 0,5 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
- $f_{\text{ATD}} = 1$ (ohne Außenluftdurchlässe)

Trinkwarmwasser

Verteilung:

- Netztyp I: Steigestrangtyp; Gebäudegruppe 1
- Steigestranglänge nach **DIN V 18599:2016-8 Tabelle 10**
- Als Umgebungstemperatur für die Berechnung der Verteilungsverluste ist die nach DIN V 18599-2 berechnete monatliche Bilanztemperatur zu verwenden
- Verteilleitungen liegen in unbeheiztem Bereich
- Zirkulation = mit Zirkulation; Leitungslängen in Berechnung nach DIN V 18599:2016-8, müssen nicht extra berechnet werden
- Zirkulationspumpe = auf Bedarf ausgelegt, nicht bekannte Pumpe, Pumpe ist geregelt
- Verteilleitungen = nach 1995
- Strangleitungen = nach 1995
- Stichleitungen (Anbindung) = nach 1995

Speicherung:

- Speichertyp = Indirekt beheizter Speicher
- Speichervolumen und Anzahl der Wohneinheiten nach **DIN V 18599:2016-8**
- Lage des Speichers = stehender Speicher
- Aufstellungsort = außerhalb der Gebäudehülle
- Baujahr = nach 1994
- Hilfsenergie für die Pumpe (Speicherbeladung) mit Standardwerten
- Speicher und Erzeuger im gleichem Raum = ja

Erzeugung:

- Erzeugertyp = Fernwärme
- Energieträger = Nah-/Fernwärme KWK (fossiler Brennstoff)
- Art der Fernwärme-Station: WW, niedrige Temp
- Dämmklasse Sekundärseite: 3

- Dämmklasse Primärseite: 4
- Vorlauftemperaturregelung in der Hausstation: ja
- Aufstellungsort = innerhalb der Gebäudehülle

Heizung

Übergabe:

- Übergabetyp = Bauteilintegrierte Heizflächen (Flächenheizung)
- Wärmeträgermedium = Wasser
- Art der Regelung = PI-Regler
- System = Nasssystem
- Spezifische Wärmeverluste = mit Minstdämmung nach DIN EN 1264

Verteilung:

- Netztyp III: Steigestrangtyp; Gebäudegruppe 1
- Verteilleitungen = nach 1995
- Strangleitungen = nach 1995
- Anbindeleitungen = nicht vorhanden
- Verteilleitungen liegen in unbeheiztem Bereich
- Auslegung der Heizungspumpe = auf den Bedarf ausgelegt
- Pumpenregelung = Δp konstant, Pumpe nicht intermittierend betrieben
- Pumpenmanagement = ohne integriertes Pumpenmanagement
- Überströmventile vorhanden = nein
- hydraulischer Abgleich = ja
- Wasserinhalt (Wärmeerzeuger) kleiner als 150ml/kW = nein
- Wärmemengenzähler = ja
- Strangarmaturen (Differenzdruckregler) = ja

Speicherung:

- Speicher vorhanden = nein

Erzeugung:

- Erzeugertyp = Fernwärme
- Energieträger = Nah-/Fernwärme KWK (fossiler Brennstoff)
- Art der Fernwärme-Station: WW, niedrige Temp
- Dämmklasse Sekundärseite: 3
- Dämmklasse Primärseite: 4
- Vorlauftemperaturregelung in der Hausstation: Ja
- Auslegungstemperaturen = 35/28°C
- Gleicher Erzeuger für Hz und TWW = Ja (Vorrangbetrieb)
- Aufstellungsort = außerhalb der Gebäudehülle

Lüftung:

- keine Lüftungsanlage

7.4.5 Ausstattungsvariante 5 (neue Nummerierung)

Kurzbeschreibung: Nah-/Fernwärmeversorgung oder lokale Kraft-Wärme-Kopplung, zentrale Trinkwassererwärmung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

Berechnung Wohnbau EFH

Gebäudegeometrie

- Modellgebäudedatenbank von $A_N = 120 \text{ m}^2$ bis $A_N = 200 \text{ m}^2$

Allgemeine Randbedingungen

- Nutzungsrandbedingungen nach Tabelle 4 DIN V 18599:2016-10, Anteil der mitbeheizten Fläche a_{tB} ist mit 0,25 (=25%) anzunehmen
- Sonnenschutz ist nicht vorgesehen, Verschattungsfaktor $F_s=0,9$
- Verschmutzungsfaktor Verglasung $F_v = 1,0$
- Gewinne über opake Außenbauteile
- die Dämmung der Bodenplatte gilt nicht als Randdämmung im Sinne von DIN V 18599-2 in Verbindung mit DIN EN ISO 13370
- Berechnung des H_{tr}' nach DIN V 18599:2016
- Berechnung des $q_{w,b}$ nach DIN V 18599:2016
- Bilanz-Innentemperatur ist mit räumlich und zeitlich eingeschränktem Heizbetrieb zu berechnen
- die wirksame Wärmespeicherfähigkeit ist mit $50 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K})$ anzunehmen
- reduzierter Heizbetrieb – Nachtabschaltung
- Eine Wohneinheit

Lüftungsanlage inkl. WRG

- es wird ein Zu- und Abluftsystem mit WRG vorgesehen
- Heizperiodenbetrieb
- nutzungsbedingter Mindestaußenluftwechsel - $n_{\text{nutz}} = 0,50 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
- Folgende Werte werden festgelegt
 - $\text{hexch.mth} = 0,80$ (verbessert)
 - $Q_{\text{ex}} = 21^\circ\text{C}$
 - $n_{50} = 1,0 \text{ h}^{-1}$
 - $t_{v,\text{mech}} = 24 \text{ h}$
 - $n_{\text{mech}} = 0,40 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
 - $n_{\text{ZUL}} = 0,40 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
 - $n_{\text{ETA}} = 0,40 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
 - $f_{\text{ATD}} = \text{ohne Außenluftdurchlässe}$

Trinkwarmwasser

Verteilung:

- Netztyp II: Ebenentyp; Gebäudegruppe 1
- Standard-Leitungslängen nach DIN V 18599:2016
- Leitungslängen mit A_{NGF} berechnen
- Als Umgebungstemperatur für die Berechnung der Verteilungsverluste ist die nach DIN V 18599-2 berechnete monatliche Bilanztemperatur zu verwenden
- Leitungen liegen alle im beheizten Bereich
- Zirkulation = mit Zirkulation
- Zirkulationspumpe = auf Bedarf ausgelegt, nicht bekannte Pumpe, Pumpe ist geregelt
- Verteilleitungen = nach 1995

- Strangleitungen = nach 1995
- Stichleitungen (Anbindung) = nach 1995

Speicherung:

- Speichertyp = Indirekt beheizter Speicher
- Speichervolumen und Anzahl der Wohneinheiten nach DIN V 18599:2016-8
- Lage des Speichers = stehender Speicher
- Aufstellungsort = innerhalb der Gebäudehülle
- Baujahr = nach 1994
- Hilfsenergie für die Pumpe (Speicherbeladung) mit Standardwerten
- Speicher und Erzeuger im gleichem Raum = ja

Erzeugung:

- Erzeugertyp = Fernwärme
- Energieträger = Nah-/Fernwärme KWK (fossiler Brennstoff)
- Art der Fernwärme-Station: WW, niedrige Temp
- Dämmklasse Sekundärseite: 3
- Dämmklasse Primärseite: 4
- Vorlauftemperaturregelung in der Hausstation: nein
- Aufstellungsort = innerhalb der Gebäudehülle

Heizung

Übergabe:

- Übergabetyp = Bauteilintegrierte Heizflächen (Flächenheizung)
- Wärmeträgermedium = Wasser
- Art der Regelung = PI-Regler
- System = Nasssystem
- Spezifische Wärmeverluste = mit Minstdämmung nach DIN EN 1264

Verteilung:

- Netztyp 2: Etagenverteiltertyp; Gebäudegruppe 1
- Verteilleitungen = nach 1995
- Strangleitungen = nach 1995
- Anbindeleitungen = nicht vorhanden
- Auslegung der Heizungspumpe = auf den Bedarf ausgelegt
- Pumpenregelung = Δp konstant, Pumpe nicht intermittierend betrieben
- Pumpenmanagement = ohne integriertes Pumpenmanagement
- Überströmventile vorhanden = ja
- hydraulischer Abgleich = ja
- Wasserinhalt (Wärmeerzeuger) kleiner als 150ml/kW = ja
- Wärmemengenzähler = nein
- Strangarmaturen (Differenzdruckregler) = nein

Speicherung:

- Speicher vorhanden = nein

Erzeugung:

- Erzeugertyp = Fernwärme

- Energieträger = Nah-/Fernwärme KWK (fossiler Brennstoff)
- Art der Fernwärme-Station: WW, niedrige Temp
- Dämmklasse Sekundärseite: 3
- Dämmklasse Primärseite: 4
- Vorlauftemperaturregelung in der Hausstation: nein
- Auslegungstemperaturen = 35/28°C
- Gleicher Erzeuger für Hz und TWW = ja (Vorrangbetrieb)
- Aufstellungsort = innerhalb der Gebäudehülle

Lüftung:

- keine Lüftungsanlage

Berechnung Wohnbau MFH

Gebäudegeometrie

- Modellgebäudedatenbank von $A_N = 240 \text{ m}^2$ bis $A_N = 2000 \text{ m}^2$

Allgemeine Randbedingungen

- Nutzungsrandbedingungen nach **Tabelle 4 DIN V 18599:2016-10**, Anteil der mitbeheizten Fläche a_{tB} ist mit 0,15 (=15%) anzunehmen
- Sonnenschutz ist nicht vorgesehen, Verschattungsfaktor $F_s=0,9$
- Verschmutzungsfaktor Verglasung $F_v = 1,0$
- Gewinne über opake Außenbauteile
- die Dämmung der Bodenplatte gilt nicht als Randdämmung im Sinne von DIN V 18599-2 in Verbindung mit DIN EN ISO 13370
- **Berechnung des H_T' nach DIN V 18599:2016**
- Bilanz-Innentemperatur ist mit räumlich und zeitlich eingeschränktem Heizbetrieb zu berechnen
- die wirksame Wärmespeicherfähigkeit ist mit $50 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K})$ anzunehmen
- reduzierter Heizbetrieb – Nachtabsenkung

Lüftungsanlage inkl. WRG

- es wird ein Zu- und Abluftsystem mit WRG vorgesehen
- Heizperiodenbetrieb
- nutzungsbedingter Mindestaußenluftwechsel - $n_{\text{nutz}} = 0,50 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
- Folgende Werte werden festgelegt
 - **$\text{hexch.mth} = 0,80$ (verbessert)**
 - $Q_{\text{ex}} = 21^\circ\text{C}$
 - $n_{50} = 1,0 \text{ h}^{-1}$
 - $t_{v,\text{mech}} = 24 \text{ h}$
 - $n_{\text{mech}} = 0,40 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
 - $n_{\text{ZUL}} = 0,40 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
 - $n_{\text{ETA}} = 0,40 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
 - $f_{\text{ATD}} = \text{ohne Außenluftdurchlässe}$

Trinkwarmwasser

Verteilung:

- Netztyp I: Steigestrangtyp; Gebäudegruppe 1
- Steigestranglängen nach **DIN V 18599:2016-8 Tabelle 10**
- Als Umgebungstemperatur für die Berechnung der Verteilungsverluste ist die nach DIN V 18599-2 berechnete monatliche Bilanztemperatur zu verwenden
- Verteilleitungen liegen in unbeheiztem Bereich
- Zirkulation = mit Zirkulation; Leitungslängen in Berechnung nach DIN V 18599:2016-8, müssen nicht extra berechnet werden
- Zirkulationspumpe = auf Bedarf ausgelegt, nicht bekannte Pumpe, Pumpe ist geregelt
- Verteilleitungen = nach 1995
- Strangleitungen = nach 1995
- Stichleitungen (Anbindung) = nach 1995

Speicherung:

- Speichertyp = Indirekt beheizter Speicher
- Speichervolumen und Anzahl der Wohneinheiten nach **DIN V 18599:2016-8**

- Lage des Speichers = stehender Speicher
- Aufstellungsort = außerhalb der Gebäudehülle
- Baujahr = nach 1994
- Hilfsenergie für die Pumpe (Speicherbeladung) mit Standardwerten
- Speicher und Erzeuger im gleichem Raum = ja

Erzeugung:

- Erzeugertyp = Fernwärme
- Energieträger = Nah-/Fernwärme KWK (fossiler Brennstoff)
- Art der Fernwärme-Station: WW, niedrige Temp
- Dämmklasse Sekundärseite: 3
- Dämmklasse Primärseite: 4
- Vorlauftemperaturregelung in der Hausstation: ja
- Aufstellungsort = innerhalb der Gebäudehülle

Heizung

Übergabe:

- Übergabetyp = Bauteilintegrierte Heizflächen (Flächenheizung)
- Wärmeträgermedium = Wasser
- Art der Regelung = PI-Regler
- System = Nasssystem
- Spezifische Wärmeverluste = mit Minstdämmung nach DIN EN 1264

Verteilung:

- Netztyp III: Steigestrangtyp; Gebäudegruppe 1
- Verteilleitungen = nach 1995
- Strangleitungen = nach 1995
- Anbindeleitungen = nicht vorhanden
- Verteilleitungen liegen in unbeheiztem Bereich
- Auslegung der Heizungspumpe = auf den Bedarf ausgelegt
- Pumpenregelung = Δp konstant, Pumpe nicht intermittierend betrieben
- Pumpenmanagement = ohne integriertes Pumpenmanagement
- Überströmventile vorhanden = nein
- hydraulischer Abgleich = ja
- Wasserinhalt (Wärmeerzeuger) kleiner als 150ml/kW = nein
- Wärmemengenzähler = ja
- Strangarmaturen (Differenzdruckregler) = ja

Speicherung:

- Speicher vorhanden = nein

Erzeugung:

- Erzeugertyp = Fernwärme
- Energieträger = Nah-/Fernwärme KWK (fossiler Brennstoff)
- Art der Fernwärme-Station: WW, niedrige Temp
- Dämmklasse Sekundärseite: 3
- Dämmklasse Primärseite: 4
- Vorlauftemperaturregelung in der Hausstation: ja

- Auslegungstemperaturen = 35/28°C
- Gleicher Erzeuger für Hz und TWW = Ja (Vorrangbetrieb)
- Aufstellungsort = außerhalb der Gebäudehülle

Lüftung:

- keine Lüftungsanlage

7.4.6 Ausstattungsvariante 7 (neue Nummerierung)

Kurzbeschreibung: Luft-Wasser-Wärmepumpe, dezentrale Trinkwassererwärmung

Berechnung Wohnbau EFH

Gebäudegeometrie

- Modellgebäudedatenbank von $A_N = 120 \text{ m}^2$ bis $A_N = 200 \text{ m}^2$

Allgemeine Randbedingungen

- Nutzungsrandbedingungen nach Tabelle 4 DIN V 18599:2016-10, Anteil der mitbeheizten Fläche a_{tB} ist mit 0,25 (=25%) anzunehmen
- Sonnenschutz ist nicht vorgesehen, Verschattungsfaktor $F_s=0,9$
- Verschmutzungsfaktor Verglasung $F_v = 1,0$
- Gewinne über opake Außenbauteile
- die Dämmung der Bodenplatte gilt nicht als Randdämmung im Sinne von DIN V 18599-2 in Verbindung mit DIN EN ISO 13370
- Berechnung des H_T' nach DIN V 18599:2016
- Bilanz-Innentemperatur ist mit räumlich und zeitlich eingeschränktem Heizbetrieb zu berechnen
- die wirksame Wärmespeicherfähigkeit ist mit $50 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K})$ anzunehmen
- das Gebäude wird ausschließlich über Infiltration und Fensterlüftung be- und entlüftet
- reduzierter Heizbetrieb - Nachtabstaltung
- nutzungsbedingter Mindestaußenluftwechsel - $n_{\text{nutz}} = 0,5 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
- $f_{\text{ATD}} = 1$ (ohne Außenluftdurchlässe)
- Eine Wohneinheit

Trinkwarmwasser

Verteilung:

- Standard-Leitungslängen nach DIN V 18599:2016
- Leitungslängen mit A_{NGF} berechnen
- Netztyp III: Dezentrale Versorgung; Gebäudegruppe 1
- Als Umgebungstemperatur für die Berechnung der Verteilungsverluste ist die nach DIN V 18599-2 berechnete monatliche Bilanztemperatur zu verwenden
- Stichleitungen (Anbindung) = Nach 1995

Speicherung:

- Kein Speicher vorhanden

Erzeugung:

- Erzeugertyp = elektrisch geregelter Durchlauferhitzer
- Energieträger = Strommix
- Aufstellungsort = innerhalb der Gebäudehülle

Heizung

Übergabe:

- Übergabetyp = Bauteilintegrierte Heizflächen (Flächenheizung)
- Wärmeträgermedium = Wasser
- Art der Regelung = PI-Regler
- System: Nasssystem
- Spezifische Wärmeverluste = mit Minstdämmung nach DIN EN 1264

Verteilung:

- Netztyp = II Etagenverteiltertyp; Gebäudegruppe 1
- Standard-Leitungslängen nach DIN V 18599-8:2016
- Leitungslängen mit A_{NGF} berechnen
- Verteilleitungen = nach 1995
- Strangleitungen = nach 1995
- Anbindeleitungen = nicht vorhanden
- Verteil- und Strangleitungen liegen im beheizten Bereich
- Auslegung der Heizungspumpe = auf den Bedarf ausgelegt
- Pumpenregelung = Δp konstant, Pumpe nicht intermittierend betrieben
- Pumpenmanagement = ohne integriertes Pumpenmanagement
- Überströmventile vorhanden = nein
- hydraulischer Abgleich = ja
- Wasserinhalt (Wärmeerzeuger) kleiner als 150ml/kW = ja
- Wärmemengenzähler = nein
- Strangarmaturen (Differenzdruckregler) = nein

Speicherung:

- Speicher vorhanden = ja
- Aufstellungsort = innerhalb der Gebäudehülle

Erzeugung:

- Erzeugertyp = Wärmepumpe (Luft-Wasser) nach 2010
- Energieträger = Strommix
- Auslegungstemperaturen = 35/28°C
- Flächenheizung / Eigenschaft: schwer / Abstand der Rohre: 20cm
- Nachheizung im Parallelbetrieb
- Bivalenztemperatur: -2°C
- Heizgrenztemperatur: 12°C
- Betriebsmodus: Raumheizung
- Laufzeitverkürzung durch EVU Sperrzeiten (4h/Tag)
- Aufstellungsort: außerhalb Gebäudehülle

Berechnung Wohnbau MFH

Gebäudegeometrie

- Modellgebäudedatenbank von $A_N = 240 \text{ m}^2$ bis $A_N = 2000 \text{ m}^2$

Allgemeine Randbedingungen

- Nutzungsrandbedingungen nach Tabelle 4 DIN V 18599:2016-10, Anteil der mitbeheizten Fläche a_{tB} ist mit 0,15 (=15%) anzunehmen
- Sonnenschutz ist nicht vorgesehen, Verschattungsfaktor $F_s=0,9$
- Verschmutzungsfaktor Verglasung $F_v = 1,0$
- Gewinne über opake Außenbauteile
- die Dämmung der Bodenplatte gilt nicht als Randdämmung im Sinne von DIN V 18599-2 in Verbindung mit DIN EN ISO 13370
- Berechnung des H_T' nach DIN V 18599:2016
- Bilanz-Innentemperatur ist mit räumlich und zeitlich eingeschränktem Heizbetrieb zu berechnen
- die wirksame Wärmespeicherfähigkeit ist mit $50 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K})$ anzunehmen
- das Gebäude wird ausschließlich über Infiltration und Fensterlüftung be- und entlüftet
- reduzierter Heizbetrieb - Nachtabsenkung
- nutzungsbedingter Mindestaußenluftwechsel - $n_{\text{nutz}} = 0,5 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
- $f_{\text{ATD}} = 1$ (ohne Außenluftdurchlässe)

Trinkwarmwasser

Verteilung:

- Standard-Leitungslängen nach DIN V 18599:2016
- Leitungslängen mit A_{NGF} berechnen
- Netztyp III: Dezentrale Versorgung; Gebäudegruppe 1
- Als Umgebungstemperatur für die Berechnung der Verteilungsverluste ist die nach DIN V 18599-2 berechnete monatliche Bilanztemperatur zu verwenden
- Stichleitungen (Anbindung) = Nach 1995

Speicherung:

- Kein Speicher vorhanden

Erzeugung:

- Erzeugertyp = elektrisch geregelter Durchlauferhitzer
- Energieträger = Strommix
- Aufstellungsort = innerhalb der Gebäudehülle

Heizung

Übergabe:

- Übergabetyp = Bauteilintegrierte Heizflächen (Flächenheizung)
- Wärmeträgermedium = Wasser
- Art der Regelung = PI-Regler
- System: Nasssystem
- Spezifische Wärmeverluste = mit Minestdämmung nach DIN EN 1264

Verteilung:

- Netztyp = III Steigestrangtyp; Gebäudegruppe 1

- Standard-Leitungslängen nach DIN V 18599-8:2016
- Leitungslängen mit A_{NGF} berechnen
- Verteilleitungen = Nach 1995
- Strangleitungen = Nach 1995
- Anbindeleitungen = nicht vorhanden
- Strangleitungen liegen im beheizten Bereich
- Verteilleitungen liegen im unbeheizten Bereich
- Auslegung der Heizungspumpe = auf den Bedarf ausgelegt
- Pumpenregelung = Δp konstant, Pumpe nicht intermittierend betrieben
- Pumpenmanagement = ohne integriertes Pumpenmanagement
- Überströmventile vorhanden = nein
- hydraulischer Abgleich = ja
- Wasserinhalt (Wärmeerzeuger) kleiner als 150ml/kW = nein
- Wärmemengenzähler = ja
- Strangarmaturen (Differenzdruckregler) = ja

Speicherung:

- Speicher vorhanden = ja
- Aufstellungsort = innerhalb der Gebäudehülle

Erzeugung:

- Erzeugertyp = Wärmepumpe (Luft-Wasser) nach 2010
- Energieträger = Strommix
- Auslegungstemperaturen = 35/28°C
- Flächenheizung / Eigenschaft: schwer / Abstand der Rohre: 20cm
- Nachheizung im Parallelbetrieb
- Bivalenztemperatur: -2°C
- Heizgrenztemperatur: 12°C
- Betriebsmodus: Raumheizung
- Laufzeitverkürzung durch EVU Sperrzeiten (4h/Tag)
- Aufstellungsort: innerhalb Gebäudehülle

7.4.7 Ausstattungsvariante 8 (neue Nummerierung)

Kurzbeschreibung: Luft-Wasser-Wärmepumpe, dezentrale Trinkwassererwärmung, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

Berechnung Wohnbau EFH

Gebäudegeometrie

- Modellgebäudedatenbank von AN = 120 m² bis AN = 2000 m²

Allgemeine Randbedingungen

- Nutzungsrandbedingungen nach Tabelle 4 DIN V 18599:2016-10, Anteil der mitbeheizten Fläche a_{tB} ist mit 0,25 (=25%) anzunehmen
- Sonnenschutz ist nicht vorgesehen, Verschattungsfaktor $F_s=0,9$
- Verschmutzungsfaktor Verglasung $F_v = 1,0$
- Gewinne über opake Außenbauteile
- die Dämmung der Bodenplatte gilt nicht als Randdämmung im Sinne von DIN V 18599-2 in Verbindung mit DIN EN ISO 13370
- Berechnung des H_{tr}' nach DIN V 18599:2016
- Bilanz-Innentemperatur ist mit räumlich und zeitlich eingeschränktem Heizbetrieb zu berechnen
- die wirksame Wärmespeicherfähigkeit ist mit 50 Wh/(m²K) anzunehmen
- reduzierter Heizbetrieb – Nachtabschaltung
- Eine Wohneinheit

Lüftungsanlage inkl. WRG

- es wird ein Zu- und Abluftsystem mit WRG vorgesehen
- Heizperiodenbetrieb
- nutzungsbedingter Mindestaußenluftwechsel - $n_{nutz} = 0,50 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
- Folgende Werte werden festgelegt
 - $hexch.mth = 0,80$ (verbessert)
 - $Q_{ex} = 21^\circ\text{C}$
 - $n_{50} = 1,0 \text{ h}^{-1}$
 - $t_{v,mec} = 24 \text{ h}$
 - $n_{mech} = 0,40 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
 - $n_{ZUL} = 0,40 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
 - $n_{ETA} = 0,40 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
 - $f_{ATD} = \text{ohne Außenluftdurchlässe}$

Trinkwarmwasser

Verteilung:

- Standard-Leitungslängen nach DIN V 18599:2016
- Leitungslängen mit A_{NGF} berechnen
- Netztyp III: Dezentrale Versorgung; Gebäudegruppe 1
- Als Umgebungstemperatur für die Berechnung der Verteilungsverluste ist die nach DIN V 18599-2 berechnete monatliche Bilanztemperatur zu verwenden
- Stichleitungen (Anbindung) = Nach 1995

Speicherung:

- Kein Speicher vorhanden

Erzeugung:

- Erzeugertyp = elektrisch geregelter Durchlauferhitzer
- Energieträger = Strommix
- Aufstellungsort = innerhalb der Gebäudehülle

HeizungÜbergabe:

- Übergabetyp = Bauteilintegrierte Heizflächen (Flächenheizung)
- Wärmeträgermedium = Wasser
- Art der Regelung = PI-Regler
- System: Nasssystem
- Spezifische Wärmeverluste = mit Mindestdämmung nach DIN EN 1264

Verteilung:

- Netztyp = II Etagenverteiltertyp; Gebäudegruppe 1
- Standard-Leitungslängen nach DIN V 18599-8:2016
- Leitungslängen mit A_{NGF} berechnen
- Verteilleitungen = nach 1995
- Strangleitungen = nach 1995
- Anbindeleitungen = nicht vorhanden
- Verteil- und Strangleitungen liegen im beheizten Bereich
- Auslegung der Heizungspumpe = auf den Bedarf ausgelegt
- Pumpenregelung = Δp konstant, Pumpe nicht intermittierend betrieben
- Pumpenmanagement = ohne integriertes Pumpenmanagement
- Überströmventile vorhanden = nein
- hydraulischer Abgleich = ja
- Wasserinhalt (Wärmeerzeuger) kleiner als 150ml/kW = ja
- Wärmemengenzähler = nein
- Strangarmaturen (Differenzdruckregler) = nein

Speicherung:

- Speicher vorhanden = ja
- Aufstellungsort = innerhalb der Gebäudehülle

Erzeugung:

- Erzeugertyp = Wärmepumpe (Luft-Wasser) nach 2010
- Energieträger = Strommix
- Auslegungstemperaturen = 35/28°C
- Flächenheizung / Eigenschaft: schwer / Abstand der Rohre: 20cm
- Nachheizung im Parallelbetrieb
- Bivalenztemperatur: -2°C
- Heizgrenztemperatur: 12°C
- Betriebsmodus: Raumheizung
- Laufzeitverkürzung durch EVU Sperrzeiten (4h/Tag)
- Aufstellungsort: außerhalb Gebäudehülle

Berechnung Wohnbau MFH

Gebäudegeometrie

- Modellgebäudedatenbank von $A_N = 240 \text{ m}^2$ bis $A_N = 2000 \text{ m}^2$

Allgemeine Randbedingungen

- Nutzungsrandbedingungen nach **Tabelle 4 DIN V 18599:2016-10**, Anteil der mitbeheizten Fläche a_{tB} ist mit 0,15 (=15%) anzunehmen
- Sonnenschutz ist nicht vorgesehen, Verschattungsfaktor $F_s=0,9$
- Verschmutzungsfaktor Verglasung $F_v=1,0$
- Gewinne über opake Außenbauteile
- die Dämmung der Bodenplatte gilt nicht als Randdämmung im Sinne von DIN V 18599-2 in Verbindung mit DIN EN ISO 13370
- **Berechnung des H_T' nach DIN V 18599:2016**
- Bilanz-Innentemperatur ist mit räumlich und zeitlich eingeschränktem Heizbetrieb zu berechnen
- die wirksame Wärmespeicherfähigkeit ist mit $50 \text{ Wh}/(\text{m}^2\text{K})$ anzunehmen
- reduzierter Heizbetrieb – Nachtabsenkung

Lüftungsanlage inkl. WRG

- es wird ein Zu- und Abluftsystem mit WRG vorgesehen
- Heizperiodenbetrieb
- nutzungsbedingter Mindestaußenluftwechsel - $n_{\text{nutz}} = 0,50 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
- Folgende Werte werden festgelegt
 - **$\text{hexch.mth} = 0,80$ (verbessert)**
 - $Q_{\text{ex}} = 21^\circ\text{C}$
 - $n_{50} = 1,0 \text{ h}^{-1}$
 - $t_{v,\text{mech}} = 24 \text{ h}$
 - $n_{\text{mech}} = 0,40 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
 - $n_{\text{ZUL}} = 0,40 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
 - $n_{\text{ETA}} = 0,40 \text{ h}^{-1}$ (nicht bedarfsgeführt)
 - $f_{\text{ATD}} = \text{ohne Außenluftdurchlässe}$

Trinkwarmwasser

Verteilung:

- Standard-Leitungslängen nach DIN V 18599:2016
- Leitungslängen mit A_{NGF} berechnen
- Netztyp III: Dezentrale Versorgung; Gebäudegruppe 1
- Als Umgebungstemperatur für die Berechnung der Verteilungsverluste ist die nach DIN V 18599-2 berechnete monatliche Bilanztemperatur zu verwenden
- Sticleitungen (Anbindung) = nach 1995

Speicherung:

- Kein Speicher vorhanden

Erzeugung:

- Erzeugertyp = elektrisch geregelter Durchlauferhitzer
- Energieträger = Strommix
- Aufstellungsort = innerhalb der Gebäudehülle

Heizung

Übergabe:

- Übergabetyp = Bauteilintegrierte Heizflächen (Flächenheizung)
- Wärmeträgermedium = Wasser
- Art der Regelung = PI-Regler
- System: Nasssystem
- Spezifische Wärmeverluste = mit Mindestdämmung nach DIN EN 1264

Verteilung:

- Netztyp = III Steigestrangtyp; Gebäudegruppe 1
- Standard-Leitungslängen nach DIN V 18599-8:2016
- Leitungslängen mit A_{NGF} berechnen
- Verteilleitungen = nach 1995
- Strangleitungen = nach 1995
- Anbindeleitungen = nicht vorhanden
- Strangleitungen liegen im beheizten Bereich
- Verteilleitungen liegen im unbeheizten Bereich
- Auslegung der Heizungspumpe = auf den Bedarf ausgelegt
- Pumpenregelung = Δp konstant, Pumpe nicht intermittierend betrieben
- Pumpenmanagement = ohne integriertes Pumpenmanagement
- Überströmventile vorhanden = nein
- hydraulischer Abgleich = ja
- Wasserinhalt (Wärmeerzeuger) kleiner als 150ml/kW = nein
- Wärmemengenzähler = ja
- Strangarmaturen (Differenzdruckregler) = ja

Speicherung:

- Speicher vorhanden = ja
- Aufstellungsort = innerhalb der Gebäudehülle

Erzeugung:

- Erzeugertyp = Wärmepumpe (Luft-Wasser) nach 2010
- Energieträger = Strommix
- Auslegungstemperaturen = 35/28°C
- Flächenheizung / Eigenschaft: schwer / Abstand der Rohre: 20cm
- Nachheizung im Parallelbetrieb
- Bivalenztemperatur: -2°C
- Heizgrenztemperatur: 12°C
- Betriebsmodus: Raumheizung
- Laufzeitverkürzung durch EVU Sperrzeiten (4h/Tag)
- Aufstellungsort: innerhalb Gebäudehülle