



Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung

im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung



BBSR-
Online-Publikation
99/2024

Weiterentwicklung der Anforderungssystematik des Gebäudeenergiegesetzes (GEG)

von

Prof. Dr.-Ing. Bert Oschatz
Dr.-Ing. Bernadetta Winiewska
Prof. Dr.-Ing. Anton Maas
Dr.-Ing. Stephan Schlitzberger
Dipl.-Ing. Kirsten Höttges
Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Lützkendorf



Weiterentwicklung der Anforderungssystematik des Gebäudeenergiegesetzes (GEG)

Optionen zur Umstellung der Anforderungen auf die Begrenzung
von Treibhausgasemissionen

Das Projekt des Forschungsprogramms „Zukunft Bau“ wurde vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Auftrag des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) durchgeführt.

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 WB 2 „Instrumente zur Emissionsminderung im Gebäudebereich“
Melanie Bart
melanie.bart@bbr.bund.de

Autorinnen und Autoren

ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden Forschung und Anwendung GmbH, Dresden
Prof. Dr.-Ing. Bert Oschatz (Projektleitung)
Dr.-Ing. Bernadetta Winiewska

Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH (IBH), Kassel
Prof. Dr.-Ing. Anton Maas
Dr.-Ing. Stephan Schlitzberger
Dipl.-Ing. Kirsten Höttges

Bau-, Energie- und Umweltberatung Weimar, Weimar
Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Lützkendorf

Gestaltung

ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden Forschung und Anwendung GmbH, Dresden
Dr.-Ing. Bernadetta Winiewska

Stand

Mai 2023

Bildnachweis

Titelbild: sum41 - stock.adobe.com

Vervielfältigung

Alle Rechte vorbehalten

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

Zitierweise

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.), 2024: Weiterentwicklung der Anforderungssystematik des Gebäudeenergiegesetzes (GEG): Optionen zur Umstellung der Anforderungen auf die Begrenzung von Treibhausgasemissionen. BBSR-Online-Publikation 99/2024, Bonn.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	4
Kurzfassung	5
Abstract	7
1 Einleitung	10
2 Analyse der Anforderungssystematik des GEG und aktueller Entwicklungen	11
2.1 Vorbemerkungen	11
2.2 Anforderungssystematik des GEG in der aktuell vorliegenden Form	11
2.3 Situation und aktuelle Entwicklungen in Deutschland	14
2.4 Stand der Normung (Auswahl)	20
2.5 Analyse der Vorschläge im Entwurf zur EPBD vom 15.12.2021	23
2.6 Vorschläge der Internationalen Energieagentur	25
2.7 Parallele Betrachtung von Ökobilanz und Lebenszykluskosten (RICS)	26
2.8 Sicherung der Anschlussfähigkeit an sonstige Betrachtungen	27
2.9 Zusammenfassung der Analyse	30
3 Analyse einer Umstellung der Hauptanforderung auf THG-Emissionen anhand der Modellrechnungen	33
3.1 Grundsätzliche Randbedingungen	33
3.2 Ergebnisse der Modellrechnungen für Wohngebäude	41
3.3 Ergebnisse der Modellrechnungen für Nichtwohngebäude	87
3.4 Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen	117
3.5 Fazit der Analyse	131
4 Weitere Analysen	134
4.1 Einführende Bemerkungen	134
4.2 Praxiserfahrungen mit der Innovationsklausel	134
4.3 Zusammenwirken möglicher Haupt- und Nebenanforderungen	135
4.4 Anforderungssystematik bei steigendem Anforderungsniveau	137
4.5 Sommerlicher Wärmeschutz	139
4.6 Verwendung von ortsgenauen Klimadaten	140
4.7 Verwendung / Weiterentwicklung des Referenzgebäudeverfahrens	141
4.8 Erforderliche regenerative Anteile zur Erreichung der 65%-EE-Vorgabe	144
5 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen	150
5.1 Kurzfristiger Handlungsbedarf	150
5.2 Weitergehende Fragestellungen/Handlungsfelder	151
5.3 Vorschlag für eine neue Anforderungssystematik	153
6 Literaturverzeichnis	154
7 Abbildungsverzeichnis	157
8 Tabellenverzeichnis	165
9 Anlage	167

Kurzfassung

Mit dem seit November 2020 geltenden Gebäudeenergiegesetz (GEG) wurde das Energieeinsparrecht für Gebäude strukturell neu konzipiert und vereinheitlicht. Das Gesetz führt das Energieeinsparungsgesetz, die Energieeinsparverordnung und das Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich in einem neuen Gesetz zusammen. Die Anforderungssystematik der bis dahin geltenden Regelwerke wurde in diesem Zuge weitgehend unverändert übernommen. Für einen Neubau wird weiterhin als Hauptanforderung die Einhaltung eines Höchstwertes des jährlichen nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs und als Nebenanforderung die Einhaltung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes (bzw. bei Nichtwohngebäuden der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten) zur Sicherstellung eines ausreichenden baulichen Wärmeschutzes gefordert. Neben der Pflicht zur anteiligen Nutzung von erneuerbaren Energien müssen Neubauten eine Reihe weiterer technischer Nebenanforderungen, z. B. an den sommerlichen Wärmeschutz, erfüllen.

Mit Blick auf die deutschen Klimaschutzziele, die gemäß Klimaschutzgesetz 2021 eine schrittweise Reduzierung der nationalen Treibhausgasemissionen (THG) bis hin zur Erreichung einer Netto-Treibhausgasneutralität im Jahr 2045 vorsehen, sowie der Relevanz von Gebäuden für die Zielerreichung, wird das Einführen einer an THG-Emissionen orientierten Anforderungsgröße diskutiert.

Schwerpunkt des vorliegenden Berichtes war eine Analyse der bestehenden Anforderungssystematik des Gebäudeenergiegesetzes und eine Beantwortung der Frage, welche quantitativen Auswirkungen sich bei einer unmittelbaren Umstellung der Hauptanforderung von der nicht erneuerbaren Primärenergie auf die Treibhausgasemissionen – jeweils in der Nutzungsphase – ergeben würden. Dazu wurden im Rahmen der vorliegenden Ausarbeitung zahlreiche Modellrechnungen für Wohn- und Nichtwohngebäude durchgeführt, dargestellt und analysiert. Die Berechnungen wurden sowohl für Neubauten als auch für Bestandsgebäude durchgeführt, dabei wurden jeweils zwei Anforderungsniveaus berücksichtigt, welche die denkbaren zukünftigen Anforderungsniveaus beschreiben sollen. Die Berechnungen erfolgten grundsätzlich mit zwei Sätzen für Primärenergie- und THG-Emissionsfaktoren. Für alle Gebäude wurden zunächst die nach GEG 2020 gültigen Faktoren den Berechnungen zugrunde gelegt. Anschließend wurde der Einfluss der ggü. GEG 2020 abgesenkten Faktoren für Strom aufgezeigt.

Die Umstellung der Hauptanforderung von nicht erneuerbarer Primärenergie auf die Treibhausgasemissionen – jeweils in der Nutzungsphase des Gebäudes – ist technisch möglich. Die Auswirkungen solcher Umstellung sind in erster Linie von gewählten Primärenergie- und THG-Faktoren abhängig. Die Auswertung der Modellrechnungen für Wohngebäude hat bei Weiterverwendung der GEG-Faktoren Folgendes gezeigt:

- geringere Auswirkungen auf erdgasbasierte Systeme
- spürbare Verschärfung für elektrische Systeme, insbesondere für Luft/Wasser-Wärmepumpe und Elektrodirektheizung. Auch für die bei den Sanierungsfällen betrachteten ölbasierten Systeme sind deutliche Verschärfungen zu erkennen
- spürbare Verschärfung für Wärmenetze auf fossiler Basis
- keine Auswirkungen für Pelletheizungen

Bei Bewertung mit aktuellen Faktoren für Strom 2020 gemäß Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien (IINAS) und für die weiteren Energieträger unverändert nach GEG 2020 würde sich die Umstellung wie folgt auswirken:

- geringfügige Verschärfung der Anforderung für erdgasbasierte Systeme und weiterhin deutliche Verschärfungen für die bei den Sanierungsniveaus betrachteten ölbasierten Systeme
- mäßige Verschärfung der Anforderungen an Nah-/Fernwärme aus Erdgas-Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)
- Erfüllung der Anforderungen mit elektrisch betriebenen Luft/Wasser-Wärmepumpen und Sole/Wasser-Wärmepumpen weiterhin möglich

- Erfüllung der Anforderungen mit Elektrodirektheizung in Verbindung mit Photovoltaikanlage weiterhin möglich

Eine Umstellung der Hauptanforderung auf die THG-Emissionen erfordert in jedem Fall eine Aktualisierung des Emissionsfaktors für Strom, da der bisherige veraltete THG-Faktor von 560 g/kWh energie- und klimapolitisch wünschenswerte Lösungen wie Wärmepumpen benachteiligen würde. In diesem Zusammenhang ist - wie für alle zeitveränderlichen Größen - zu prüfen, ob anstelle der bisher verwendeten statischen historischen Werte mittlere Werte für die Nutzungsdauer verwendet werden sollten.

Anders als bei den im Rahmen der Ausarbeitung betrachteten Wohngebäuden, für die die Auswirkungen der Umstellung auf THG-Emissionen für konkrete Versorgungslösungen weitgehend unabhängig vom Gebäudetyp und von der Gebäudegröße sind, kann sich die Umstellung der Hauptanforderungsgröße auf THG-Emissionen je nach Gebäudetyp, Art der Konditionierung und Anforderungsniveau zum Teil unterschiedlich auf Nichtwohngebäude auswirken.

Eine Absenkung der Faktoren für Strom würde bei gleichzeitiger Umstellung der Hauptanforderungsgröße vom Primärenergiebedarf zu THG-Emissionen analog den Wohngebäuden die Erfüllungsmöglichkeiten für strombasierte Systeme steigern. Für gasbasierte Systeme sowie Nah-/Fernwärme aus Erdgas-KWK führen die abgesenkten Faktoren für Strom in den meisten Fällen zu schlechterer Bewertung und z. T. zur Verschärfung der Anforderungen beim Umstellen der Hauptanforderungsgröße auf THG-Emissionen.

Zusätzlich zu den Modellberechnungen wurde im Rahmen der Ausarbeitung eine Reihe von weiteren Detailfragen, insbesondere zum Zusammenwirken möglicher Haupt- und Nebenanforderungen, sommerlichem Wärmeschutz, Verwendung von ortsgenauen Klimadaten sowie Möglichkeiten für die Weiterentwicklung des Referenzgebäudeverfahrens andiskutiert.

Abschließend werden folgende Handlungsempfehlungen bei einer Umstellung der Hauptanforderungsgröße des GEG auf die THG-Emissionen im Betrieb abgeleitet:

- Prüfung und Aktualisierung der vorhandenen THG-Faktoren in Anlage 9 des GEG, insbesondere für allgemeinen Strommix und Verdrängungsstrommix
- Prüfung, ob geänderte Gasimportstrukturen (z. B. verflüssigtes Erdgas (LNG) statt Pipeline) langfristig Auswirkungen auf den THG-Faktor von Erdgas haben
- Ergänzung der Anlage 9 des GEG für weitere zukünftig relevante Energieträger, insbesondere für Wasserstoff (mit spezifischen Kennwerten für einzelne Erzeugungsvarianten) sowie für weitere regenerative, aber nicht biogene gasförmige und flüssige Brennstoffe (Power-to-X)
- Prüfung der realen THG-Emissionen von Wärmenetzen und Abgleich mit den politischen Zielvorstellungen eines deutlichen Wärmenetzausbaus, Schaffung von Regelungen zur spätestens mittelfristigen Dekarbonisierung von Wärmenetzen (weitgehend außerhalb des GEG), Einführung von Regelungen für Wärmenetze mit aktuell hohen THG-Emissionsfaktoren, die bei einer verbindlich zugesagten zügigen Dekarbonisierung übergangsweise den Anschluss neuer Gebäude ermöglichen, obwohl gegenwärtige Anforderungen nicht erfüllt werden
- Klarstellung der Innovationsklausel in GEG § 103 dahingehend, dass Wärmepumpen nicht von dieser Regelung Gebrauch machen können
- Prüfung und ggf. Anpassung/Ergänzung der Bekanntmachungen zu § 50 Abs. 4, § 82 Abs. 5 und § 81 Abs. 2 des GEG hinsichtlich der Behandlung der THG-Emissionen
- Anpassung der Vorlagen für den Energieausweis (Hauptanforderung, Bandtacho, ggf. Effizienzklassen etc.)
- Definition einer geeigneten Referenzausführung der Anlagentechnik in GEG Anlage 1 und Anlage 2

Abstract

The Buildings Energy Act (*Gebäudeenergiegesetz, GEG*), effective since November 2020, has structurally redesigned and harmonised the energy saving law for buildings. The Act merges the former Energy Saving Act (*Energieeinsparungsgesetz*), the Energy Saving Ordinance (*Energieeinsparverordnung, EnEV*) and the Act on the Promotion of Renewable Energies in the Heating Sector (*Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich*) into one single new law. Methodology and requirements of the replaced regulations were adopted largely unchanged: New buildings have to comply with the following:

- Main/Primary requirement: Not exceed the (building-specific) maximum allowed of primary energy demand
- Not exceed the (building-specific) specific maximum allowed transmission heat loss¹
- Utilise at least a minimum amount of energy from renewable sources
- Ancillary requirements (e. g. means of room temperature regulation, summer heat protection etc.)

With both

- the German climate protection targets that, according to the Climate Protection Act 2021, call for a gradual reduction of national greenhouse gas emissions (GHG) until net greenhouse gas neutrality in 2045 and
- the relevance of buildings' energy demand therein

in mind, the introduction of a new requirement based on GHG emissions is discussed.

The report focuses on the following:

- Analysis of the existing requirements of the Building Energy Act
- Quantitative effects of an immediate change of the main requirement from non-renewable primary energy to greenhouse gas emissions (both referring to the time of use only, not including embodied energy)

For this purpose, numerous exemplary calculations were carried out for

- residential and non-residential buildings as well as
- old and new/future buildings (two requirement levels each)

using two sets of primary energy and GHG factors (current GEG values and more up-to-date IINAS values). The results are shown and analysed in the comprehensive report.

Shifting from the non-renewable primary energy demand to greenhouse gas emissions does not pose any technical problems. However, the effects of such a transition depend heavily on the set primary energy factors (before) and GHG factors (after). The evaluation of the example calculations for residential buildings has shown the following for the case that factors already included in the GEG (both primary energy and GHG) are kept:

- Minor impact on natural-gas-based heating systems
- Noticeably tightened requirements for
 - electrical systems, especially for air-to-water heat pumps and direct electric heating
 - oil-based heat generation (renovation cases; not relevant in new buildings)
 - fossil-based district heating
- No impact on pellet heating

¹ Refers to residential buildings; in the case of non-residential buildings the allowed average heat transfer coefficients are capped per groups of similar building parts (opaque walls, roof parts, windows, etc.).

When using the more up-to-date primary energy and GHG factors for electricity from IINAS (for 2020) instead of the GEG values, for residential buildings, the following effects occur:

- Slightly tightened requirements for natural-gas-based systems
- Significantly tightened requirements for oil-based systems (renovation cases; not relevant in new buildings)
- Moderately tightened requirements for district heating from natural-gas-driven CHP
- Then GHG-based requirements could still be achieved with
 - air and ground source heat pumps,
 - direct electric heating in conjunction with PV system.

In any case, replacing primary energy demand by greenhouse gas emissions would require an update of the emission factor for electricity to be used for building energy certificates. The current GEG value (560 g/kWh) dates to around 2014...2016, therefore not representing the increasing use of renewables since and being significantly higher than the actual GHG factor the current German electricity mix. Therefore, solutions that are desirable in terms of energy and GHG policy, such as heat pumps, would be disadvantaged. Alternative to only updating the values, changing the method for determining them should be assessed: The study suggests moving from historical statistical values (i. e. GEG and prior) to life-time-based mean values as an option to be considered.

With the exemplary residential buildings and HVAC solutions looked at in this study, the effects of a transition to GHG emissions were found to be largely independent of building type and size. However, said transition may have affect non-residential buildings differently.

Assuming both updated factors for electricity and changing the main requirement from primary energy demand to GHG emissions would – similarly to residential buildings – be advantageous for electrify-based systems and disadvantageous for natural-gas-based-based systems and district heating from natural gas CHP.

In addition to the example calculations, a number of other details were touched upon – in particular on the interaction of potential primary, secondary and/or ancillary requirements, summer heat protection, the use of location-specific climate data and options for the further development of the reference building method.

In conclusion, the following recommendations for action were derived for the case that the main requirement of the GEG were changed from primary energy demand to GHG emissions:

- Audit and update of the existing GHG factors in Annex 9 of the GEG, especially for electricity both grid mix and displacement mix
- Assessment of potential long-term effects of changed gas import structures (e. g. LNG instead of pipeline) on GHG emissions of natural gas
- Inclusion of additional energy sources potentially relevant in the future, in particular hydrogen and other regenerative non-biogenic fuels
- Assessment of real-world GHG emissions for district heating networks in light of current political objectives as
 - Significant expansion of heating networks
 - Creation of regulations for the decarbonisation of heating networks short- to medium-term (largely outside the GEG)
 - Introduction of regulations aimed at the expansion of heating networks with currently high GHG emissions on the condition of a commitment to rapid decarbonisation emission – allowing the connection of new buildings to the net even if current requirements were not fulfilled
- Clarification that the innovation clause in Sect. 103 GEG does not apply to heat pumps

-
- Assessment and, if necessary, revision of the notices on section 50 subsection 4, section 82 subsection 5 and section 81 subsection 2 of the GEG regarding the treatment of GHG emissions
 - Revision/correction of the templates for energy performance certificates (main requirement, band speedometer, efficiency classes if applicable, etc.)
 - Definition of a suitable reference design of the plant technology in Annex 1 and Annex 2 of the GEG

1 Einleitung

Mit dem seit November 2020 geltenden Gebäudeenergiegesetz (GEG) wurde das Energieeinsparrecht für Gebäude strukturell neu konzipiert und vereinheitlicht. Das Gesetz führt das Energieeinsparungsgesetz, die Energieeinsparverordnung und das Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich in einem neuen Gesetz zusammen. Die Anforderungssystematik der bis dahin geltenden Regelwerke wurde in diesem Zuge weitgehend unverändert übernommen. Für einen Neubau wird weiterhin als Hauptanforderung die Einhaltung eines Höchstwertes des jährlichen nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs und als Nebenanforderung die Einhaltung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes (bzw. bei Nichtwohngebäuden der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten) zur Sicherstellung eines ausreichenden baulichen Wärmeschutzes gefordert. Neben der Pflicht zur anteiligen Nutzung von erneuerbaren Energien müssen Neubauten eine Reihe weiterer technischer Nebenanforderungen, z. B. an den sommerlichen Wärmeschutz, erfüllen.

Mit Blick auf die deutschen Klimaschutzziele, die gemäß Klimaschutzgesetz 2021 eine schrittweise Reduzierung der nationalen Treibhausgasemissionen (THG) bis hin zur Erreichung einer Netto-Treibhausgasneutralität im Jahr 2045 vorsehen, sowie der Relevanz von Gebäuden für die Zielerreichung, wird das Einführen einer an THG-Emissionen orientierten Anforderungsgröße diskutiert.

Schwerpunkt des vorliegenden Berichtes ist eine Analyse der bestehenden Anforderungssystematik des Gebäudeenergiegesetzes und eine Beantwortung der Frage, welche quantitativen Auswirkungen sich bei einer unmittelbaren Umstellung der Hauptanforderung von der nicht erneuerbaren Primärenergie auf die Treibhausgasemissionen – jeweils in der Nutzungsphase – ergeben würden. Dazu werden im Rahmen der vorliegenden Ausarbeitung zahlreiche Modellrechnungen für Wohn- und Nichtwohngebäude durchgeführt, dargestellt und analysiert. Die Berechnungen werden sowohl für Neubauten als auch für Bestandsgebäude durchgeführt, dabei werden jeweils zwei Anforderungsniveaus berücksichtigt, welche die denkbaren zukünftigen Anforderungsniveaus beschreiben sollen. Die Berechnungen erfolgen grundsätzlich mit zwei Sätzen für Primärenergie- und THG-Emissionsfaktoren. Für alle Gebäude werden zunächst die nach GEG 2020 gültigen Faktoren den Berechnungen zugrunde gelegt. Anschließend wird der Einfluss der ggü. GEG 2020 abgesenkten Faktoren für Strom aufgezeigt.

Ergänzend dazu werden für ausgewählte Gebäudetypen Sensitivitätsanalysen durchgeführt. Dabei werden die Auswirkungen der Umstellung der Hauptanforderungsgröße auf THG-Emissionen bei gleichzeitiger Änderung einzelner Parameter/Kriterien (z. B. Allokationsmethode für KWK, PV-Anrechnung, zukünftige Entwicklung der Faktoren) ggü. dem Status quo diskutiert.

Zusätzlich wird eine Reihe von weiteren Detailfragen, insbesondere zum Zusammenwirken möglicher Haupt- und Nebenanforderungen, sommerlichem Wärmeschutz, Verwendung von ortsgenauen Klimadaten sowie Möglichkeiten für die Weiterentwicklung des Referenzgebäudeverfahrens andiskutiert.

Abschließend werden Handlungsempfehlungen abgeleitet und ein Vorschlag für eine neue Anforderungssystematik mit einer Begrenzung der Treibhausgasemissionen als Hauptanforderungsgröße dargestellt.

2 Analyse der Anforderungssystematik des GEG und aktueller Entwicklungen

2.1 Vorbemerkungen

Im Rahmen der Analyse wird die aktuell gültige Anforderungssystematik des GEG vorgestellt und diskutiert. Anschließend wird auf Themen und Trends eingegangen, aus denen Anforderungen an Art und Richtung einer Weiterentwicklung der Anforderungssystematik abgeleitet werden können. Unter einer Anforderungssystematik wird hier ein System aus Haupt- und Nebenanforderungen verstanden, unabhängig von den damit verbundenen Anforderungsniveaus.

Die Anforderungssystematik konzentriert sich hier auf Gebäude in ihrer Nutzungsphase. Es wird darauf verwiesen, dass die Thematik der Ermittlung und Bewertung der Emission an Treibhausgasen im vollständigen Lebenszyklus von Gebäuden, die in diesem Bericht im Zusammenhang mit aktuellen Vorschlägen im Entwurf zur künftigen EU-Gebäuderichtlinie (EPBD) Erwähnung findet, in einem gesonderten Projekt des BBSR zu Grundlagen und Möglichkeiten einer Integration der ökobilanziellen Bewertung in das Ordnungsrecht bearbeitet wird.

2.2 Anforderungssystematik des GEG in der aktuell vorliegenden Form

2.2.1 Aufgaben einer Anforderungssystematik

Aufgabe einer Anforderungssystematik ist es aus Sicht der Auftragnehmer, zu rechts- und richtungssicheren Vorgaben zu gelangen, die (1) im Rahmen der Aufgabenstellung und Planung von Bauvorhaben eine Lenkungswirkung entfalten, (2) dem Regelsetzer die Möglichkeit bieten, die Einhaltung von Anforderungen zu prüfen und deren Nichteinhaltung zu sanktionieren, (3) den übrigen, im weiteren Sinne am Bau Beteiligten eine Orientierung hinsichtlich relevanter Merkmale und Eigenschaften zu bieten, um so zur Verbesserung der Transparenz im Immobilienmarkt beizutragen. Derartige Anforderungen sollen sich an politischen Zielen (hier u. a. energie- und klimapolitischen Zielen) orientieren und auf wissenschaftlichen Grundlagen basieren. Aus Sicht der Auftragnehmer ist es möglich, dass die Systematik von Anforderungen Elemente enthält, die über ein einzelnes Gesetz hinausgehen. Weiterhin ist es möglich, allgemeinere Anforderungen in Gesetzen durch spezifische Vorgaben und Regeln in Normen zu untersetzen und eine Berechnung und Nachweisführung zu unterstützen.

Anforderungen können sich im hier behandelten Kontext u. a. ergeben aus (1) Zielen der Ressourcenschonung und des Umweltschutzes (inkl. Klimaschutz), (2) Aufgaben und Zielen des Gesundheitsschutzes und der Sicherung eines angemessenen Komfortniveaus in der Heiz- und Kühlperiode sowie (3) Aufgaben und Zielen des Bautenschutzes, jeweils unter Berücksichtigung der technischen und wirtschaftlichen Umsetzbarkeit, wobei die Grundlagen zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit genauer definiert werden müssen. Eine Anforderungssystematik kann insofern mehrere Zielbereiche bzw. Schutzgüter abdecken. Ziel- und Anforderungsbereiche können sich dabei u. a. an den Grundanforderungen an Bauwerke gemäß Bauproduktenverordnung orientieren, vgl. [1]. Als Bestandteile der Grundanforderung 6 werden dort das Erreichen eines Nahezu-Null-Niveaus beim Energieaufwand und eines Null-Emissions-Niveaus als Ziele formuliert. Dabei wird auf die Notwendigkeit der Begrenzung von Treibhausgasemissionen eingegangen.

Ein Ziel komplexer Anforderungssysteme ist es, durch Nebenanforderungen sicherzustellen, dass durch das erfolgreiche Verfolgen eines Zieles nicht unerwünschte oder unzulässige Neben- oder Folgewirkungen an anderer Stelle entstehen. Eine derartige Anforderungssystematik ist damit nicht frei von Zielkonflikten, hilft jedoch, diese zu identifizieren und einen Interessensausgleich herbeizuführen. In besonderen Fällen kann in einer Abwägung ein öffentliches oder besonderes öffentliches Interesse festgestellt und berücksichtigt werden. Dabei werden die Belange des Gemeinwohls über Individualinteressen gestellt. Ein Beispiel liefert der Entwurf

zum Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG). Der künftige § 2 soll danach u. a. folgende Passage enthalten: *„Die Errichtung und der Betrieb von Anlagen sowie den dazugehörigen Nebenanlagen liegen im **überragenden öffentlichen Interesse** und dienen der öffentlichen Sicherheit. Bis die Stromerzeugung im Bundesgebiet nahezu treibhausgasneutral ist, sollen die erneuerbaren Energien als vorrangiger Belang in die jeweils durchzuführenden **Schutzgüterabwägungen** eingebracht werden. ...“*, vgl. [2]. Da einerseits in Bezug auf die Beachtung und Einhaltung der planetaren Grenzen beim Thema Klima der sichere Handlungsraum bereits verlassen wurde und die durch den Klimawandel bedingten Risiken wachsen und andererseits ein stabiles Klima zur Sicherung der Lebensgrundlagen beiträgt, ist aus Sicht der Auftragnehmer davon auszugehen, dass ein besonderes öffentliches Interesse an der Begrenzung der Treibhausgasemissionen besteht – hier im Betrieb von Gebäuden. Unabhängig davon muss geprüft werden, ob und inwieweit ein öffentliches Interesse an der Schonung natürlicher Ressourcen – hier fossiler Rohstoffe – fortbesteht.

Eine Anforderungssystematik sollte sich an den zu berücksichtigenden Schutzgütern und ihrer Priorisierung aus gesellschaftlicher Sicht orientieren. Dies ist ein dynamischer Prozess, der zu einem Anpassungsbedarf führen kann. In Bezug auf die Ziele der Treibhausgasminderung als Beitrag zur Begrenzung der globalen Erwärmung ist dieser gegeben.

2.2.2 Analyse der Anforderungssystematik des GEG

Im Gebäudeenergiegesetz (GEG) in der Fassung vom August 2020 (vgl. [3]) werden als Ziel und Zweck im § 1 angegeben:

- (1) *„Zweck dieses Gesetzes ist ein möglichst **sparsamer Einsatz von Energie** in Gebäuden einschließlich einer zunehmenden **Nutzung erneuerbarer Energien** zur Erzeugung von Wärme, Kälte und Strom für den Gebäudebetrieb.“*
- (2) *Unter Beachtung des Grundsatzes der Wirtschaftlichkeit soll das Gesetz im Interesse des **Klimaschutzes**, der **Schonung fossiler Ressourcen** und der **Minderung der Abhängigkeit von Energieimporten** dazu beitragen, die energie- und klimapolitischen Ziele der Bundesregierung sowie eine weitere Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch für Wärme und Kälte zu erreichen und eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung zu ermöglichen.“*

Das GEG umfasst in seiner aktuellen Form eine Haupt- und mehrere Nebenanforderungen sowie technische Anforderungen – diese werden auszugsweise in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1
Anforderungssystematik des GEG 2020

Typ	Anforderung	Ziele
Hauptanforderung § 15, § 18	Begrenzung des jährlichen Bedarfes an Primärenergie, nicht erneuerbar ² (Gesamtenergiebedarf)	Direkt: Schonung (fossiler Ressourcen), Verringerung der Importabhängigkeit, Indirekt: Schutz des Klimas und der Umwelt, Reduzierung von Heizkosten
Nebenanforderung § 16, § 19	Begrenzung der Transmissionswärmeverluste (Baulicher Wärmeschutz)	Direkt: Reduzierung des Wärme- (und Kühl-)bedarfs, Sicherung von Gesundheit und Komfort
Technische Anforderung § 11	Mindestwärmeschutz	Direkt: Bautenschutz, Hygiene
Technische Anforderung § 12 / § 24	Minimierung/Vermeidung von Wärmebrücken	Direkt: Bautenschutz, Reduzierung von Wärmeverlusten, Sicherung der Gesundheit
Technische Anforderung § 13 / § 26	Luftdichtheit des Gebäudes	Direkt: Reduzierung des Wärme- (und Kühl-)bedarfs, Bautenschutz, Sicherung des Komforts
Technische Anforderung § 14	Sommerlicher Wärmeschutz	Direkt: Reduzierung des Kühlbedarfs, Sicherung des Komforts

Im Bereich technischer Anforderungen werden in Tabelle 1 nur ausgewählte Beispiele benannt. Zusätzlich existieren Anforderungen aus rechtlicher und organisatorischer Sicht, u. a. § 74 Betreiberpflichten.

Aus Sicht der Auftragnehmer hat sich bei der Ausgestaltung der Anforderungssystematik die Kombination aus Haupt- und Nebenanforderung sowie zusätzlicher technischer, organisatorischer und weiterer rechtlicher Anforderungen bewährt. Ebenso kann die grundsätzliche Ausrichtung hinsichtlich Ziels und Zwecks beibehalten werden.

Zu diskutieren ist eine Verschiebung der Hauptanforderung und ihrer Messgröße als Reaktion auf die Weiterentwicklung der Prioritäten bei Schutzgütern und Schutzzielen. Es stellt sich die Frage, ob Ressourcenschonung durch Klimaschutz ergänzt oder abgelöst werden soll. Ebenso ist im Hinblick auf aktuelle Entwicklungen neu zu diskutieren, ob und wie mit dem Thema Versorgungssicherheit umgegangen werden kann und soll. Im Kontext einer Anforderungssystematik bietet sich hierfür eine Reihe von Nebenanforderungen an.

² „nicht erneuerbar“ wird im GEG nicht erwähnt, ergibt sich jedoch aus den vorgegebenen Primärenergiefaktoren

2.3 Situation und aktuelle Entwicklungen in Deutschland

Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie

Deutschland hat für das Erreichen seiner Nachhaltigkeitsziele eine Nachhaltigkeitsstrategie entwickelt, die aktuell als Weiterentwicklung 2021 vorliegt, vgl. [4]. Diese enthält u. a. Anforderungen an das nachhaltige Bauen:

„Der Bau- und Gebäudebereich ist mit seinen vor- und nachgelagerten Prozessen eng mit den Herausforderungen anderer Transformationsbereiche verbunden. Die Anforderungen an nachhaltiges Bauen umfassen die Energieeffizienz und Klimaneutralität, den Erhalt der Biodiversität, die Ressourcenschonung und Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen, die Reduzierung des Flächenverbrauchs, die nachhaltige Beschaffung von Produkten und Dienstleistungen einschließlich der Einhaltung von Menschenrechten in der Lieferkette sowie die Sicherung von Gesundheit und Komfort von Nutzern. All diese Anforderungen müssen ressort- und sektorübergreifend angegangen werden. Gerade die Klimaneutralität und Ressourcenschonung dürfen nicht länger als fakultativer Zusatz zur erforderlichen Erfüllung technischer, funktionaler, gestalterischer, ökonomischer und städtebaulicher Anforderungen behandelt werden. Die Anforderungen an das nachhaltige Bauen müssen sämtliche Planungs- und Investitionsentscheidungen im Bau- und Gebäudebereich durchdringen. Die Erfassung, Bewertung und gezielte Beeinflussung von Energie- und Stoffströmen sowie von Wirkungen auf die lokale und globale Umwelt müssen in der Praxis des Planens, Bauens und Betriebens von Gebäuden und baulichen Anlagen verstärkt etabliert werden.

Mit Blick auf den Klimaschutz (s. A. II 3. aa) sollen sektorübergreifende Maßnahmen zu einer Minimierung der im Lebenszyklus von Immobilien entstehenden Treibhausgasemissionen beitragen. Dem Gebäudesektor³ sind 14 % der gesamten Treibhausgasemissionen in Deutschland unmittelbar zuzuordnen. Berücksichtigt man zusätzlich die Emissionen, die im Energiesektor für die Bereitstellung von Strom und Fernwärme im Gebäudesektor anfallen, liegt der Anteil an den Gesamtemissionen bei rund 25%. Hinzu kommen Emissionen, die durch die Produktion von Baustoffen, Bauteilen, Anlagentechnik etc. im Industriesektor anfallen („graue Emissionen“). Bei einem vollständig sektorübergreifenden Ansatz unter Einbeziehung aller Emissionsketten hat der Gebäudebereich einen Anteil von etwa 40 % an den Treibhausgasemissionen. Die Bundesregierung wird verstärkt das nachhaltige und klimaneutrale Bauen fördern, Anforderungen des klimaneutralen Bauens definieren, an Modellvorhaben erproben und die Markteinführung dieser Methodik fördern.“ ([4], S. 56 f)

Hier formuliert die (bis 2021 im Amt befindliche) Bundesregierung das Ziel, Anforderungen an das klimaneutrale Bauen zu definieren sowie eine entsprechende Methodik zu entwickeln und einzuführen. Deutlich wird der Bezug zum Thema der Erfassung, Bewertung und Beeinflussung der Treibhausgasemissionen.

Leitfaden und Bewertungssysteme für Nachhaltiges Bauen

Deutschland hat im Ergebnis der Arbeiten des „Runden Tisches Nachhaltiges Bauen“ [5] beim Bundesbauministerium ein einheitliches Nachhaltigkeitsverständnis für den Bau- und Gebäudebereich erarbeitet. Dabei werden u. a. Kriterien und Anforderungen aus den Schutzgütern und Schutzziele einer nachhaltigen Entwicklung abgeleitet. Im Bereich der ökologischen Dimension sind dies u. a. die Schonung der natürlichen Ressourcen sowie der Schutz des Ökosystems (inkl. Klimaschutz) – siehe Leitfaden Nachhaltiges Bauen 2019 [6]. Sowohl gemäß Nachhaltigkeitsverständnis und Leitfaden als auch gemäß dem Stand der internationalen Normung (ISO 15392: 2019, [7]) werden die Schutzgüter und Schutzziele als gleichberechtigt betrachtet. Im Nachhaltigkeitsbewertungssystem BNB [8] und im Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude (QNG) [9] des Bundes wird das Bewertungskriterium Aufwand an Primärenergie, nicht erneuerbar im Bereich von Zielen zur Schonung von Ressourcen sowie das Bewertungskriterium Treibhauspotenzial (GWP) im Bereich von Zielen zur Vermeidung unerwünschter Wirkungen auf die globale Umwelt verwendet. Für das BNB besteht eine Anwendungspflicht für Baumaßnahmen des Bundes, QNG ist eine Fördervoraussetzung in KfW-Programmen. Im QNG gibt es zwei gleichberechtigte Hauptanforderungen: die Begrenzung des Aufwandes an Primärenergie, nicht erneuerbar und die Begrenzung der Emission an Treibhausgasen (dargestellt als Treibhauspotenzial GWP).

³ Anmerkung der Autoren: Mit den Emissionen des Gebäudesektors werden hier die Treibhausgasemissionen umschrieben, die direkt im Betrieb des Gebäudes durch den Einsatz von Energie verursacht werden, soweit entsprechende Energieverbräuche im GEG geregelt sind.

Die privatwirtschaftlich eingesetzten Systeme Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Bauen (DGNB) [10], Nachhaltiger Wohnungsbau (NaWoh) [11] und Kleinhausbau (BNK) [12] gehen ebenso in dieser Weise vor.

Im Sinne einer Anschlussfähigkeit an die Nachhaltigkeitsbewertung kann eingeschätzt werden, dass eine gleichzeitige Berechnung und Bereitstellung von Angaben zum Aufwand an Primärenergie, nicht erneuerbar und der Treibhausgasemissionen wünschenswert ist. Zur Vermeidung von Doppelarbeit und im Interesse von Transparenz und Glaubwürdigkeit sollten Grundlagen, Daten und Methoden für die jeweilige Ermittlung zwischen Gesetzgebung und Nachhaltigkeitsbewertungssystemen abgeglichen werden.

Klimaschutzprogramm 2030

Das Klimaschutzprogramm 2030 in seiner Fassung von 2019 enthält u. a. folgende Hinweise:

„Die zentralen Maßnahmen zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen im Gebäudesektor sind die Steigerung der Energieeffizienz, der Ausbau des Einsatzes erneuerbarer Energien und die Sektorkopplung für Beheizung, Warmwasser, Kühlung und Beleuchtung.“ ([13], S. 49)

„Neue Gebäude des Bundes sollen ab 2022 mindestens EH 40 entsprechen, für Sondernutzungen sind analoge Zielvorgaben zu entwickeln. Dieses Ziel wird kurzfristig in einem Erlass des Bundeskabinetts für klimaneutrale Neu- und Erweiterungsbauten des Bundes verbindlich festgelegt. In einem zweiten Schritt werden auch für den vorhandenen Gebäudebestand des Bundes Sanierungsziele für 2030 und 2050 in diesem Erlass verbindlich vorgegeben. Dazu ist es erforderlich, dass bei allen neuen großen Sanierungs- und Modernisierungsbauvorhaben ab einem noch zu definierenden Stichtag mindestens ein EH 55 -Standard zu Grunde gelegt wird. Für Sonderbauten sind analoge Zielvorgaben zu entwickeln und Ausnahmetatbestände (Denkmalschutz etc.) zu berücksichtigen.“ ([13], S. 57)

Mit dem Kabinettsbeschluss „Energieeffizienzfestlegungen für klimaneutrale Neu- und Erweiterungsbauten und Gebäudesanierungen des Bundes“ setzt die Bundesregierung Vorgaben aus dem Klimaschutzprogramm 2030 für Bundesbauten um, vgl. [14].

Ergänzung

Auszug aus [15] - Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage im Bundestag vom 29.04.2021

„Mit den Beschlüssen des Bundeskabinetts vom 9. Oktober 2019 wurden unter anderem die Eckwerte und Rahmenbedingungen zur Maßnahme „Vorbildfunktion Bundesgebäude“ festgelegt. Für die Gebäude des Bundes werden Effizienzgebäudestandards für den Neubau und für Sanierungs- und Modernisierungsbauvorhaben des Bundes verbindlich vorgegeben. Neue Gebäude des Bundes sollen ab 2022 mindestens einem Effizienzgebäude Bund 40 (EGB 40) entsprechen. Für die Sanierung der vorhandenen Bestandsbauten des Bundes soll mindestens ein EGB 55-Standard zugrunde gelegt werden. Die Maßnahmen zur Erreichung der Klimaschutzziele im Bestand sollen vorzugsweise in engem Zusammenhang mit ohnehin aus anderen Gründen anstehenden größeren Sanierungs- oder Ersatzbaumaßnahmen geplant und durchgeführt werden. Diese energetischen Ziele sowie eine jährliche Sanierungsrate, um die Klimaschutzziele bis 2050 erreichen zu können, werden durch einen vom Bundeskabinett zu beschließenden „Effizienzzerlass“ bzw. den „Energieeffizienzfestlegungen für klimaneutrale Neu- und Erweiterungsbauten des Bundes“ verbindlich festgelegt.“

Die Errichtung klimaneutraler Neu- oder Erweiterungsbauten ist ein Ziel der Bundesregierung. Eine verbindliche Definition existiert bisher nicht, Vorschläge für Definitionen sind in einer aktuellen Publikation des BBSR [16] enthalten. Es wird durch die Bearbeiter eingeschätzt, dass ein Hinweis auf das Realisieren eines EH 40 Standards für einen glaubwürdigen Nachweis der Klimaneutralität nicht ausreicht. Es wird ein Nachweis auf wissenschaftlicher Grundlage für notwendig erachtet der aufzeigt, dass entsprechende Gebäude entweder keine Treibhausgasemissionen verursachen oder diese ausgeglichen oder kompensiert werden können (netto-Null). Eine Ermittlung und Bewertung der Treibhausgasemissionen ist daher auch im Kontext der Vorbildrolle der Öffentlichen Hand, insbesondere des Bundes, notwendig.

Koalitionsvertrag 2021

Der Koalitionsvertrag 2021 [17] enthält Passagen, die für das hier bearbeitete Projekt eine Bedeutung haben. Dies betrifft insbesondere Vorgaben und Ankündigungen zur künftigen Ausgestaltung von Anforderungen an die energetische Qualität von Gebäuden mit starken Bezügen zum Klimaschutz. Nachstehend werden relevante Passagen vorgestellt und kurz kommentiert.

„Im Rahmen des Klimaschutzsofortprogramms führen wir 2022 nach dem Auslaufen der Neubauförderung für den KfW-Effizienzhausstandard 55 (EH 55) ein Förderprogramm für den Wohnungsneubau ein, das insbesondere die Treibhausgas-Emissionen (THG-Emissionen) pro m² Wohnfläche fokussiert und ändern das Gebäudeenergiegesetz (GEG) wie folgt: Zum 1. Januar 2025 soll jede neu eingebaute Heizung auf der Basis von 65 Prozent erneuerbarer Energien betrieben werden; zum 1. Januar 2024 werden für wesentliche Ausbauten, Umbauten und Erweiterungen von Bestandsgebäuden im GEG die Standards so angepasst, dass die auszutauschenden Teile dem EH 70 entsprechen; im GEG werden die Neubau-Standards zum 1. Januar 2025 an den KfW-EH 40 angeglichen. Daneben können im Rahmen der Innovationsklausel gleichwertige, dem Ziel der THG-Emissionsreduzierung folgende Maßnahmen eingesetzt werden.“ (s. [17], S. 90)

In den Plänen zur Weiterentwicklung des GEG wird zunächst nur im Rahmen der Innovationsklausel auf das Thema der Treibhausgasemissionen eingegangen. Die Forderung einer Angleichung der Neubau-Standards an KfW-EH 40 deutet auf Vorstellungen einer Beibehaltung der bisherigen Anforderungssystematik hin. Änderungen an Gebäuden sollen sich am EH 70 Standard orientieren, auch dies spricht zunächst für eine Beibehaltung. Die Hervorhebung von Treibhausgasemissionen als relevante Größe erfolgt im Zusammenhang mit Förderprogrammen.

„Um eine wirtschaftlich effiziente, sozialverträgliche Umsetzung der Klimaschutzziele, insbesondere orientiert an der eingesparten Tonne CO₂, sicherzustellen, setzen wir auf passgenaue und technologieoffene Maßnahmen aus Optimierung der Gebäudehülle, der technischen Anlagen zur Erzeugung und Versorgung mit erneuerbarer Energie am Gebäude und Quartierslösungen.“ (s. [17], S. 90)

„Wir werden die Grundlagen schaffen, den Einsatz grauer Energie sowie die Lebenszykluskosten verstärkt betrachten zu können. Dazu führen wir u. a. einen digitalen Gebäuderessourcenpass ein. So wollen wir auch im Gebäudebereich zu einer Kreislaufwirtschaft kommen.“ (s. [17], S. 90)

Deutlich wird der Wunsch nach einer stärkeren Berücksichtigung von Aspekten der Ressourceninanspruchnahme. Die Themen „graue Energie“ und „Lebenszyklus“ werden in der hier vorliegenden Ausarbeitung nur im Kontext einer Anschlussfähigkeit an entsprechende Entwicklungen behandelt. Die Nutzung von Energie im Betrieb ist mit einer Inanspruchnahme von Ressourcen verbunden. (z. B. fossile Energieträger).

„Wir verbessern, vereinheitlichen und digitalisieren den Gebäudeenergieausweis. Wir werden die Erstellung eines digitalen Gebäudeenergiekatasters prüfen.“ (s. [17], S. 91)

Die Verbesserung des Gebäudeenergieausweises ist ein im Koalitionsvertrag explizit formuliertes Ziel.

„In den Verhandlungen über das EU-Programm „Fit for 55“ unterstützen wir die Vorschläge der EU-Kommission im Gebäudesektor. Um das Mieter-Vermieter-Dilemma zu überwinden, prüfen wir einen schnellen Umstieg auf die Teilwarmmiete. Im Zuge dessen wird die Modernisierungsumlage für energetische Maßnahmen in diesem System aufgehen. Wir wollen eine faire Teilung des zusätzlich zu den Heizkosten zu zahlenden CO₂-Preises zwischen den Vermietern einerseits und Mieterinnen und Mietern andererseits erreichen. Wir wollen zum 1. Juni 2022 ein Stufenmodell nach Gebäudeenergieklassen⁴ einführen, das die Umlage des CO₂-Preises nach BEHG regelt. Sollte dies zeitlich nicht gelingen, werden die erhöhten Kosten durch den CO₂-Preis ab dem 1. Juni 2022 hälftig zwischen Vermieter und Mieterin bzw. Mieter geteilt⁵.“ (s. [17], S. 91)

⁴ Anmerkung der Autoren: in der aktuellen Diskussion existieren Vorschläge, die sich auf Emissionsklassen beziehen.

⁵ Dazu müsste der CO₂-Preis(-anteil) zunächst getrennt ausgewiesen werden.

Angekündigt wird die Unterstützung von Vorschlägen der Europäischen Kommission (EC) im Kontext „Fit for 55“. Hier sind auch die Entwürfe zur künftigen Gebäudeenergieeffizienzrichtlinie (EPBD) zu verorten. Deutlich wird weiterhin, dass „Gebäudeenergieklassen“ zunächst ihre Bedeutung behalten. Insgesamt kann festgestellt werden, dass der Koalitionsvertrag keine eindeutigen Signale sendet. Einzelne Elemente deuten auf die Beibehaltung und Fortschreibung der bisherigen Anforderungssystematik, andere Passagen betonen die Bedeutung von Angaben zu CO₂- bzw. Treibhausgasemissionen. Dies spricht für eine Doppelstrategie einer Beibehaltung von Anforderungen zur Begrenzung des Aufwands an Primärenergie, nicht erneuerbar mit gleichzeitiger Ergänzung durch Anforderungen zur Begrenzung der Treibhausgasemissionen. Entsprechende Konsequenzen für eine Systematik von Haupt- und Nebenanforderungen, Zusatzanforderungen und Dokumentationspflichten werden hier zunächst nicht erörtert und später behandelt.

Ergebnisse der Bauministerkonferenz vom 18./19.11.2021

In der Sitzung vom 18./19.11.21 fasste die Sitzung der Bauministerkonferenz [18] u. a. folgenden Beschluss als TP 5: Wärmewende im Gebäudebestand – Rechtlichen Rahmen im Gebäudebereich an THG-Emissionen und Klimaneutralität bis 2045 ausrichten

1. *Die Bauministerkonferenz bekennt sich ausdrücklich zu den nationalen und europäischen Klimaschutzziele und unterstreicht die Bedeutung des Gebäudebereichs zur Zielerreichung. Zur Umsetzung ist eine gerechte Lastenverteilung zwischen Bund, Ländern und Kommunen sowie zwischen Wohnenden und Immobilieneigentümern erforderlich.*
2. *Die Bauministerkonferenz ist der Auffassung, dass es zur sozialverträglichen und wirtschaftlichen Umsetzung der Klimaschutzziele im Gebäudebereich und auch im Wohngebäudebereich eines an den Klimaschutzziele ausgerichteten rechtlichen Rahmens bedarf, der die im Einzelfall optimalen und effizientesten Kombinationen von Dämmmaßnahmen, Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien und Quartierslösungen ermöglicht. Die Bauministerkonferenz spricht sich dafür aus, die einseitige Ausrichtung an der Gebäudedämmung aufzugeben.*
3. *Die Bauministerkonferenz bittet die Bundesregierung, das GEG grundsätzlich zu überarbeiten mit dem Ziel, die THG-Emissionen als zentrale Steuerungs- und Zielgröße zu etablieren.*
4. *Die Bauministerkonferenz bittet die Bundesregierung, bei der Überarbeitung des GEG und der Fördersystematik die Zielerreichung auf Quartiersebene unter Einbeziehung von Neu- und Bestandsbauten sowie weitest gehende Technologieoffenheit zu ermöglichen.*
5. *Die Bauministerkonferenz bittet die Bundesregierung, für die Übergangsphase bis zur grundsätzlichen Umstellung des GEGs, die Innovationsklausel inkl. der Quartiersklausel des GEGs weiter auszuweiten, insbesondere hinsichtlich der Vorgaben für den Endenergiebedarf und einer gemeinsamen Betrachtung von Bestands- und (Ersatz-) Neubauten in einem Quartier.*
6. *Die Bauministerkonferenz bittet die Bundesregierung, klimaneutral gewonnene Energieträger schnellstmöglich von allen Umlagen zu befreien, um deren Verbreitung nicht weiter zu verzögern und den Ausbau der erneuerbaren Energieerzeugung mit konkreten zeitlichen Vorgaben voranzutreiben.*
7. *Die Bauministerkonferenz bittet die Bundesregierung, die noch verbleibenden Hemmnisse bei der Umstellung der Energieversorgung auf Erneuerbare Energien im Wohngebäudebereich endlich zu beseitigen, um einen Investitionsschub – der zugleich den Mieterinnen und Mietern zugutekommt – auszulösen und bestehende bundesrechtliche Blockaden damit aufzulösen.*
8. *Die Bauministerkonferenz bittet die Bundesregierung – unter Beteiligung der Länder – zu prüfen, wie ein System zur Erfassung der Daten der Treibhausgas-Reduktion im Wohngebäudebereich geschaffen werden kann. Ziel ist es, anhand der energetischen Gesamtbilanzierung zu einem realistischen Abbild der Wirklichkeit in puncto CO₂-Einsparung im Gebäudebereich zu kommen*

Es kann festgestellt werden, dass die Bauministerkonferenz (1) den Begriff „Gebäudebereich“ verwendet, (2) die Emission von Treibhausgasen als zentrale Steuerungs- und Führungsgröße vorschlägt, (3) von einer Übergangsphase bis zur endgültigen Weiterentwicklung des GEG ausgeht, in der bereits Änderungen vorgenommen werden könnten und (4) die systematische Erfassung der CO₂-Einsparungen im Gebäudebereich vorschlägt. Verwiesen wird hier auf die uneinheitliche Verwendung von THG und CO₂.

Es kann damit davon ausgegangen werden, dass die Länder eine Umstellung auf die Begrenzung der Emission von Treibhausgasen als Hauptanforderung nicht nur mittragen, sondern begrüßen würden.

Vorschläge zur Weiterentwicklung des GEG durch Bundesländer

Einzelne Bundesländer entwickeln eigene Vorschläge zur Weiterentwicklung des GEG. Dies wird nachstehend am Beispiel Baden-Württemberg [19] erläutert. Diese Vorschläge basieren auf einer u. a. vom ifeu erarbeiteten Studie [20].

Baden-Württemberg hat 2022/23 den Vorsitz der Bauministerkonferenz.

Die Vorschläge umfassen folgende Eckpunkte:

- *Ein langfristiger und wirksamer CO₂-Mindestpreis als wichtige Rahmenbedingung*
- *Förderung von Eigentümerinnen und Eigentümern auch für gesetzlich vorgeschriebene Anforderungen (Grundsatz „Fordern und Fördern“)*
- *Höhere Mindeststandards für Neubauten, die deutlich über das aktuelle Niveau hinausgehen und dem Ziel der Klimaneutralität entsprechen (unter anderem Photovoltaik-Pflicht)*
- *Ambitionierte Anforderungen an Bestandsgebäude mit vorgegebenen Klimaklassen, die stufenweise erreicht werden müssen*
- *Eine zielorientierte, einfachere und robuste Regelungssystematik erleichtert das Erreichen der Anforderungen. Dazu werden – als neue Anforderungsgrößen – Treibhausgas-Emissionen als eigentliche Zielgröße eines klimaneutralen Gebäudebestandes eingeführt sowie der Heizwärmebedarf als Effizienzmaßstab.*
- *Das Aus für fossile Heizkessel*
- *Mehr Effizienz im Betrieb: Neue Heizanlagen müssen mit einer digitalen Echtzeit-Messeinrichtung ausgestattet sein („Effizienz-Cockpit“)*
- *Bessere Energieausweise bei Neubauten sowie Bestandsmaßnahmen*
- *Vollzug: Die Behörden werden in die Lage versetzt, das Einhalten der Anforderungen besser zu überwachen. Energieausweise werden in einer Datenbank gespeichert.*

Deutlich wird u. a., dass (1) eine Begrenzung der Emission der Treibhausgase im Betrieb als Hauptanforderung in Kombination mit einer Begrenzung des Heizwärmebedarfs (als Nebenanforderung?) vorgeschlagen wird, (2) Klimaneutralität als Ziel verfolgt wird, (3) eine Einführung von „Klimaklassen“ vorgeschlagen wird, (4) eine Weiterentwicklung von Energieausweisen für erforderlich angesehen wird, (5) eine Nutzung fossiler Energieträger für Heizzwecke beendet werden soll.

Ziele des Bundeswirtschaftsministeriums

„... Um den Rückstand wettzumachen, will er [... der Minister ...] die Geschwindigkeit der Emissionsminderung verdreifachen. Dabei helfen soll ein Klimaschutzpaket, das bis Ende April kommen soll. Für den Sommer ist ein weiteres geplant. „Ziel des Klimaschutz-Sofortprogramms ist es, alle Sektoren auf den Zielpfad zu bringen und die erforderlichen Maßnahmen in die Wege zu leiten, damit Deutschland seine Klimaziele erreichen kann“, sagte Minister Habeck bei der Pressekonferenz. Alle dafür notwendigen Gesetze, Verordnungen und Maßnahmen sollen bis Ende 2022 abgeschlossen werden. Zu den Sofortmaßnahmen, die das Bundeswirtschaftsministerium zeitnah vorlegen wird, gehören unter anderem eine Überarbeitung des Gebäudeenergiegesetzes (GEG), eine Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) und ein Solarbeschleunigungspaket.“ (s. [21])

Als Maßnahmen sind geplant:

„Gebäudestandards und -förderung: Gemeinsam mit dem Bundesbauministerium will Habeck das GEG überarbeiten. Neubauten und Gebäudesanierungen sollen auf das Ziel der Klimaneutralität 2045 sowie einen deutlich reduzierten Energiebedarf ausgerichtet werden. Die Bundesförderung für effiziente Gebäude soll zügig angepasst werden, um die neuen GEG-Vorgaben zu flankieren.

EEG-Novelle: 2030 soll der Anteil erneuerbarer Energien in der Stromerzeugung 80 Prozent betragen. Dazu will das Bundeswirtschaftsministerium die Ausschreibungsmengen im EEG erhöhen. Die technologiespezifischen Mengen sollen anwachsend ausgestaltet werden. Verankert werden soll der Grundsatz, dass der EE-Ausbau im überragenden öffentlichen Interesse ist und der öffentlichen Sicherheit dient.

Solarbeschleunigungspaket: Das Solarbeschleunigungspaket soll ein breites Bündel an Einzelmaßnahmen enthalten, unter anderem eine Verbesserung beim Mieterstrom, die Anhebung der Ausschreibungsschwellen und eine Öffnung der Flächenkulisse für Freiflächenanlagen. Bei gewerblichen Neubauten soll Solarenergie verpflichtend werden, bei privaten Neubauten die Regel.

Senkung des Strompreises: Ab 2023 soll die EEG-Umlage über den Bundeshaushalt finanzieren werden. Mit der Abschaffung der EEG-Umlage sollen die an die Besondere Ausgleichsregelung gekoppelten Umlagen (KWKG-, Offshore-Netzumlage) in ein eigenes Gesetz überführt werden.

Wärmenetze: Bis 2030 soll die Hälfte der Wärme klimaneutral erzeugt werden. Habeck will sich deshalb für eine flächendeckende kommunale Wärmeplanung sowie die Dekarbonisierung und den Ausbau der Wärmenetze einsetzen. Dafür will er die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) unmittelbar nach der beihilferechtlichen Genehmigung in Kraft setzen und ihre Finanzierung aufstocken.“(s. [21])

Deutlich wird

- die gewünschte Zusammenarbeit mit dem Bundesbauministerium
- der Wunsch nach einer Veränderung des GEG noch 2022
- Ausrichtung auf Klimaneutralität in 2045 bei weiterer Verringerung des Energiebedarfs (dies eröffnet Möglichkeiten zur Anwendung des IEA-Standards „zero-carbon ready“)
- ein Bedarf an Rechenregeln zum Umgang mit Solarenergienutzung in und an Gebäuden unter Einbeziehung des Nutzer-/Mieterstroms
- ein Bedarf an Emissionsfaktoren für Strom und Wärme in 2030 inkl. einer Definition für „klimaneutrale Wärme“ – hier stellt sich die Frage nach Art und Umfang der Einbeziehung von Vorketten
- die Nutzung der Formulierung „im überragenden öffentlichen Interesse“
- der Wunsch, performanceorientierte und technologieoffene Ansätze durch die Vorgabe technischer Lösungen zu ergänzen.

Sofortprogramm gemäß § 8 Abs. 1 KSG für den Sektor Gebäude des BMWK/BMWSB

Im Sommer 2022 kann die politische Willensbildung in Bezug auf die Umstellung der Hauptanforderung eines künftigen GEG auf Treibhausgasemissionen als weitgehend abgeschlossen betrachtet werden. Im Sofortprogramm vom 13.07.2022 wird folgendes angekündigt: „In einer umfassenden Novelle des Gebäudeenergiegesetzes im Jahr 2023 werden wir die Anforderungssystematik auf die Einsparung von Treibhausgasen ausrichten, wobei die Einbeziehung des gesamten Lebenszyklus noch zu prüfen ist. In diesem Zusammenhang soll der Neubaustandard gemäß Koalitionsvertrag ab 2025 an den EH40-Standard angeglichen werden. Einzelheiten der Regelungen stehen noch nicht fest.“ ([22], S. 5)

In Bezug auf die Vorschläge der EC zur künftigen Gebäuderichtlinie EPBD wird festgestellt: „Im Rahmen der derzeitigen Novellierung der EU-Gebäuderichtlinie hat die Europäische Kommission (KOM) für öffentliche Gebäude sowie für Nichtwohn- und Wohngebäude die Einführung von Mindestenergiestandards (Minimum Energy Performance Standards, kurz: MEPS) für den Gebäudesektor vorgeschlagen. Darüber hinaus soll nach dem Vorschlag der KOM für den Neubau der Zero Emission Building Standard eingeführt werden. Diese beiden Vorschläge der KOM sind grundsätzlich wichtige und entscheidende Instrumente zur Erreichung der Klimaziele. Die konkrete Ausgestaltung ist aufgrund der laufenden Verhandlungen noch unklar.“ und „Die Bundesregierung unterstützt die Vorschläge der Europäischen Kommission vom 15.12.2021 im Rahmen des Fit-for-55-Pakets sowie vom 18. Mai 2022 im Rahmen von REPowerEU. Diese Regelungen sollen nach Beschluss der EU-Gebäuderichtlinie noch in dieser Legislaturperiode in deutsches Recht umgesetzt werden. Gleichzeitig ist darauf zu achten, dass technische Machbarkeit und Sozialverträglichkeit angemessene Berücksichtigung finden. Sicher ist aber, dass sich zukünftige Mindestenergiestandards für Gebäude am Ziel der THG-Neutralität 2045 orientieren müssen.“ ([22], S. 5)

Deutlich wird, dass in der Förderung eines ganzheitlichen Ansatzes verfolgt wird. Gemeint ist hier die Berücksichtigung der Treibhausgasemissionen im Lebenszyklus: „Der Koalitionsvertrag hält fest, dass die Grundlagen geschaffen werden sollen, um den Einsatz grauer Energie sowie die Lebenszykluskosten der Gebäude verstärkt zu betrachten. Der Koalitionsvertrag sieht zudem eine Verschärfung der energetischen Standards für den Gebäudebetrieb zum 01.01.2025 vor und eine Neubauförderung, die einen ganzheitlichen Ansatz verfolgt. Die Umsetzung erfolgt in einem dreistufigen Konzept, wobei die ersten beiden Stufen der Neubauförderung am 20.04.2022 und 21.04.2022 an den Start gegangen sind. Insbesondere mit der zweiten Stufe setzt die BEG bereits verstärkt auf einen ambitionierten, an den THG-Emissionen orientierten Standard im Neubau und auf der Lebenszyklusbetrachtung des vom BMWSB entwickelten „Qualitätssiegels Nachhaltige Gebäude“ (QNG). Die Förderung auf Grundlage des QNG ist eine sektorübergreifend wirkende Maßnahme, die Minderungswirkungen sowohl im Bereich der Herstellung von Bauprodukten (damit dem Industriesektor zuzuordnen) als auch im Betrieb der Gebäude (Gebäudesektor) bewirkt. Als dritter und finaler Schritt ist ab Januar 2023 ein neues Programm mit dem Titel „Klimafreundliches Bauen“ vorgesehen. Dieses Programm entwickelt das Qualitätssiegel für nachhaltiges Bauen weiter und wird insbesondere die Treibhausgas-Emissionen im Lebenszyklus der Gebäude noch stärker in den Fokus stellen.“ ([22], S. 6)

Aus Sicht der Autoren ist damit eine Vorentscheidung in Richtung der Begrenzung der Treibhausgasemissionen als Hauptanforderung in einem künftigen GEG gefallen. In der hier vorliegenden Studie muss es daher überwiegend darum gehen, die möglichen Konsequenzen aufzuzeigen und Handlungsempfehlungen für die Umsetzung zu formulieren.

2.4 Stand der Normung (Auswahl)

In Ergänzung nationaler Normen, die sich auf Fragen der Berechnung des Energiebedarfs konzentrieren (DIN V 18599), wird es notwendig und hilfreich, zusätzlich den Stand der Normung im Bereich der Erfassung und Bewertung der Treibhausgasemissionen im Betrieb, in Betrieb und Nutzung bzw. im Lebenszyklus von Gebäuden zu analysieren, letzteres im Interesse der Sicherstellung der Anschlussfähigkeit.

Im Bereich der Erfassung von Treibhausgasemissionen im Betrieb, basierend auf dem tatsächlichen Energieeinsatz, sind folgende Normen zu beachten (der Bearbeiter dieses Abschnitts war an deren Entwicklung beteiligt):

- **ISO 16745-1:2017** Sustainability in buildings and civil engineering works — Carbon metric of an existing building during use stage — Part 1: Calculation, reporting and communication
- **ISO 16745-2:2017** Sustainability in buildings and civil engineering works — Carbon metric of an existing building during use stage — Part 2: Verification

Beide Normen liegen als ISO-Norm vor. Sie enthalten Grundlagen für die Erfassung von Treibhausgasemissionen und beschreiben die Möglichkeiten zur Verbesserung der Transparenz durch Angabe einbezogener Größen. Angeboten werden Tabellen für eine entsprechende Darstellung sowie eine stufenweise Erweiterung der Systemgrenzen (carbon metric 1-3). – siehe auch Abbildung 1. Aufzüge werden i.d.R. bei CM1 einbezogen.

Abbildung 1
Systematik von Systemgrenzen bei der ISO 16745 zur carbon metric during use stage

Carbon metric 1 (CM1)

The sum of annual GHG emissions from building related energy use

Carbon metric 2 (CM2)

The sum of annual GHG emissions from building- and user-related energy use

Carbon metric 3 (CM3)

The sum of annual GHG emissions and removals from building- and user-related energy use, plus other building related sources of GHG emissions and removals

Quelle: [22]

Von Bedeutung für die Themen dieser Ausarbeitung sind weiterhin die Normen zur Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden. In den Bereich der Bewertung der Umweltqualität, die auf Basis einer Lebenszyklusanalyse unter Anwendung der Ökobilanzierung erfolgt, ordnet sich die Betriebsphase ein. Zu ermitteln sind hier u. a. die energie- (und prozessbedingten) Emissionen an Treibhausgasen. Mindestens sollten die Regelungen des GEG anschlussfähig an die Regelungen dieser Normen werden und bleiben. Es handelt sich hier insbesondere um

- **DIN EN 15643:2021-12** Nachhaltigkeit von Bauwerken - Allgemeine Rahmenbedingungen zur Bewertung von Gebäuden und Ingenieurbauwerken; Deutsche Fassung EN 15643:2021; Englischer Titel: Sustainability of construction works Framework for assessment of buildings and civil engineering works; German version EN 15643:2021
- **DIN EN 15978-1** Nachhaltigkeit von Bauwerken - Methodik zur Bewertung der Qualität von Gebäuden - Teil 1: Umweltqualität; Englischer Titel: Sustainability of construction works - Methodology for the assessment of performance of buildings - Part 1: Environmental Performance (*noch in der Endabstimmung*)

Der Aufwand an Primärenergie sowie die Treibhausgasemissionen in der Betriebs- und Nutzungsphase werden in der Ökobilanz im Modul B6 dargestellt.

Sowohl die bereits in das deutsche Normenwerk übernommene DIN EN 15643 als auch die künftige DIN EN 15978-1 sehen eine differenzierte Betrachtung von Energieaufwand und Umweltwirkungen in der Nutzungsphase vor. Ziel ist sowohl die vollständige Erfassung des Energiebedarfs und die Annäherung von berechneten Bedarfs- an gemessene Verbrauchswerte als auch die Verbesserung der Transparenz in Bezug auf gewählte Systemgrenzen. Danach sollen bei der Ermittlung i.a. des Aufwands an Primärenergie, nicht erneuerbar und der energiebezogenen Treibhausgasemissionen berücksichtigt werden (angegeben werden die relevanten Modulbezeichnungen aus dem Lebenszyklusmodell für eine Ökobilanz nach DIN EN 15643):

B6.1 betriebsbedingte, geregelte Verbräuche

B6.2 betriebsbedingte, nicht geregelte Verbräuche (z. B. Aufzüge)

B6.3 nutzer- und nutzungsbezogene Verbräuche (z. B. Nutzerstrom)

Zusätzlich einbezogen werden kann

B8 sonstige nutzerbezogene Anteile

Eine Zusatzinformation soll beinhalten

D2 exportierte Energie und potenzielle Effekte exportierter Energie (potenziell vermiedene Emissionen)

Die Zuordnung nicht-energiebedingter Emissionen (z. B. F-Gase) zu B1 oder B6 ist noch in der Diskussion. Bei einer Zuordnung zu B1 ergibt sich

B1 Emissionen aus Bauprodukten und Betriebsstoffen (z. B. Kältemitteln)

Es wird erwartet, dass es im Bereich der Bewertung der Emissionen von Treibhausgasen Emissionsklassen eingeführt werden. Es wird davon ausgegangen, dass es dabei eine Klasse „(net) zero emission / klimaneutral“ geben wird. Definitionen zur Klimaneutralität sind derzeit Gegenstand internationaler Normungsaktivitäten im Rahmen von

- **ISO/WD 14068** Greenhouse gas management and related activities — Carbon neutrality

Sie werden in Arbeitsgruppen des DIN gespiegelt.

Weitere relevante Norm sind

- **DIN EN ISO 14067:2019-02** Treibhausgase- Carbon Footprint von Produkten- Anforderungen an und Leitlinien für Quantifizierung (ISO 14067:2018); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 14067:2018 Englischer Titel Greenhouse gases - Carbon footprint of products - Requirements and guidelines for quantification (ISO 14067:2018); German and English version EN ISO 14067:2018

Emissionen von Treibhausgasen in der Betriebs- und Nutzungsphase entsprechen einem „partial carbon footprint“.

- **ISO 21678:2020** Sustainability in buildings and civil engineering works — Indicators and benchmarks — Principles, requirements and guidelines

Behandelt werden Anforderungen an eine Beschreibung von Benchmarks und Zielwerten.

Vergleichbar einer Norm behandelt das Green House Gas (GHG) protocol die Emissionen an Treibhausgasen und unterscheidet sowohl zwischen den direkten (scope 1) und den indirekten (scope 2) Emissionen. Dem scope 3 werden vor- und nachgelagerte Treibhausgasemissionen zugeordnet, vgl. [23].

Aus Sicht der Autoren lässt sich feststellen,

- dass das GEG mit seinen Systemgrenzen dem Modul B6.1 entspricht
- die Erweiterung der Systemgrenzen in Richtung Aufzüge und Gebäudeautomation geprüft werden sollte
- die Berücksichtigung des Nutzerstroms geprüft werden sollte
- Primärenergie- und Emissionsfaktoren die Vorketten abbilden sollten (Scope 1-3)
- die bei Dritten vermiedenen Emissionen durch exportierte Energie aus BIPV ermittelt und als Zusatzinformation angegeben werden sollten
- die Emission von F-Gasen berücksichtigt werden sollte oder auszuschließen ist (u. a. durch Vorgabe geeigneter Kältemittel).

2.5 Analyse der Vorschläge im Entwurf zur EPBD vom 15.12.2021

Mit der Weiterentwicklung der EPBD erfolgt eine Reaktion auf die übergeordneten Ziele der Europäischen Kommission. Diese liegen u. a. mit dem Arbeitsprogramm „Fit for 55“ vor. Angestrebt werden u. a. klimaneutrale (*zero emission*) Gebäudebestände. Von der EC werden u. a. Bezüge hergestellt zur Gebäudemodernisierungs-Initiative (*renovation wave*) sowie zur Notwendigkeit der Weiterentwicklung von Anforderungen an die energetische Qualität von Gebäuden (*mandatory minimum energy performance standards*).

Vorgestellt und begründet werden u. a.

- a) *“... the vision for achieving a zero-emission building stock by 2050 and to reflect a new complementary carbon metric to orient choices towards decarbonised solutions. While the focus of the proposal is the reduction of operational greenhouse gas emissions, first steps are taken to address carbon emissions over the whole life-cycle of a building.”*
- b) *“...new definition of zero-emission building.”*
- c) *“...the methodology for calculating the energy performance of buildings in conjunction with Annex I is updated to clarify the possible use of metered energy use to calculate energy performance, and verify the correctness of calculated energy use.”*
- d) *“...the setting of minimum energy performance requirements ...”*
- e) *“... the calculation of cost-optimal levels is aligned to the Green Deal, specifying that the costs of greenhouse gas allowances as well as environmental and health externalities of energy use are to be considered when determining the lowest costs.” ([24], S. 12f)*

Als Hauptziele für Neubauten werden u. a. formuliert:

- A) *“...that as of 2030, new buildings must be zero-emission buildings; new public buildings must be zero-emission as of 2027. The specific requirements for zero-emission buildings are laid down in Annex III.*
- B) *“... the life-cycle Global Warming Potential (GWP) of new buildings will have to be calculated as of 2030 in accordance with the Level(s) framework, thus informing on the whole-life cycle emissions of new construction. Whole-life cycle emissions are particularly relevant for large buildings, which is why the obligation to calculate them already applies to large buildings (with a useful floor area larger than 2000 square meters) as of 2027.”*
- C) *“...Member States shall address for new buildings important dimensions going beyond energy performance, namely healthy indoor climate conditions, adaptation to climate change, fire safety, risks related to intense seismic activity and accessibility for persons with disabilities. They shall also address carbon removals associated to carbon storage in or on buildings.” ([24], S. 13)*

Als Hauptziele für Maßnahmen im Bestand werden u. a. formuliert:

- D) *“... The current provisions on major renovation, which offer an opportunity to apply minimum energy performance requirements in place (to ensure minimum renovation depth), and also to address structural improvements, adaptation to climate change, removing hazardous substances including asbestos, and accessibility for persons with disabilities, are complemented with new EU level minimum energy performance standards (triggering an increase in renovation rates) for the worst-performing public (i.e. buildings and building units owned by public bodies) and non-residential buildings”.*
- E) *“... The introduction of voluntary renovation passports to equip building owners planning a staged renovation of their building.”*
- F) *“To encourage the swift deployment of heating systems with zero direct emissions, and to avoid that investments in new generations of fossil fuel-based boilers become stranded assets, zero-emission buildings should not generate carbon emissions on-site.” ([24], S. 13f)*

Mit Anhang III zum Entwurf der EPBD werden die Anforderungen an Neubauten vorgestellt. Anhang V zum Entwurf der EPBD enthält Vorgaben und Empfehlungen für die künftig im Energieausweis darzustellenden Angaben (vgl. [25]). Die Inhalte der Anhänge zum Entwurf der EPBD werden auszugsweise in Anlage zur vorliegenden Ausarbeitung im Abschnitt 9 ausgewiesen.

Es lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen und Handlungsempfehlungen ableiten:

Schlussfolgerungen

- Ziel der EC ist das Erreichen klimaneutraler⁶ (*zero emission*) Gebäudebestände. Es ist folgerichtig, dies über eine Ziel-, Planungs- und Nachweisgröße zu unterstützen, die auf die Treibhausgasemissionen (im Betrieb) ausgerichtet ist. Da die EC mittelfristig die Ermittlung und Angabe der Treibhausgasemissionen im vollständigen Lebenszyklus anstrebt muss sichergestellt werden, dass Ergebnisse einer Ermittlung von Treibhausgasemissionen im Betrieb anschlussfähig sind an eine ökobilanzielle Bewertung des Lebenszyklus, einschlägige Normen aus dem Bereich der Bewertung der Umweltqualität von Gebäuden, darunter DIN EN 15643, sind zu beachten.
- Die EC schlägt die Einführung von Anforderungen an die Begrenzung des Aufwands an Primärenergie, gesamt (*total primary energy*) vor. Dieser Wert muss ermittelt und nachgewiesen werden. Er kann als zweite Hauptanforderung oder erste Nebenanforderung interpretiert werden.
- Der Energieausweis soll Bezüge zu Energie- und Emissionsklassen herstellen, beide Größen müssen daher mindestens bewertet werden.
- Die EC zeigt Interesse an Themen wie Qualität der Innenraumkonditionen/Raumluftqualität, Schadstoffvermeidung, Anpassbarkeit an den Klimawandel, Speicherung von Kohlenstoff. Die hat ggf. Konsequenzen für zu ermittelnde und darzustellende Angaben.
- Es ergibt sich ein Daten- und Informationsbedarf über die Belange öffentlich-rechtlicher Nachweise hinaus. Dieser ergibt sich u. a. aus nationalen Berichtspflichten (siehe auch Entwurf der EPBD), der Taxonomy (siehe Vorgaben zur Darstellung des GWP im Lebenszyklus) und den Vorgaben und Vorschlägen für Inhalte eines künftigen Energieausweises (nach EPBD-Entwurf und Informationsbedarf relevanter Akteursgruppen, darunter Wertermittler).

Handlungsempfehlungen der Autoren vor dem Hintergrund des Entwurfs der EPBD sind:

- Eine Umstellung der Anforderungen auf Treibhausgasemissionen steht nicht im Widerspruch zur künftigen EPBD und kann empfohlen werden.
- Die Interpretation von *total primary energy demand/use* sollte geprüft werden. Sie unterscheidet sich vom Aufwand an Primärenergie, nicht erneuerbar. Der Aufwand an Primärenergie, erneuerbar wird in Deutschland bisher nicht ausgewiesen – entsprechende Konsequenzen sollten geprüft werden.
- Der Energieausweis macht künftig im Minimum zusätzlich zu den Treibhausgasemissionen eine Bereitstellung folgender Angaben erforderlich: Primärenergiebedarf, Endenergiebedarf, erzeugte Energie, z. T. als bezogene und absolute Größe.
- Es wird empfohlen zu prüfen, welche Zusatzinformation aus Sicht welcher Akteursgruppen (u. a. Energieversorger, Wertermittler, Facility Manager, Immobilienfonds, Unternehmen der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft) im Kontext ihrer Informationsbedürfnisse und/oder Berichtspflichten künftig in den Energieausweis aufgenommen werden sollen.
- Es wird empfohlen, einen Stufenplan zu entwickeln, der die Anschlussfähigkeit an mittelfristige Vorgaben (ca. 2027) und langfristige Ziele (ca. 2045) sichert. Weiterentwicklungen sollten sich als geplante Anpassung/Erweiterung eines Konzepts darstellen lassen und nicht als erneute Änderung.

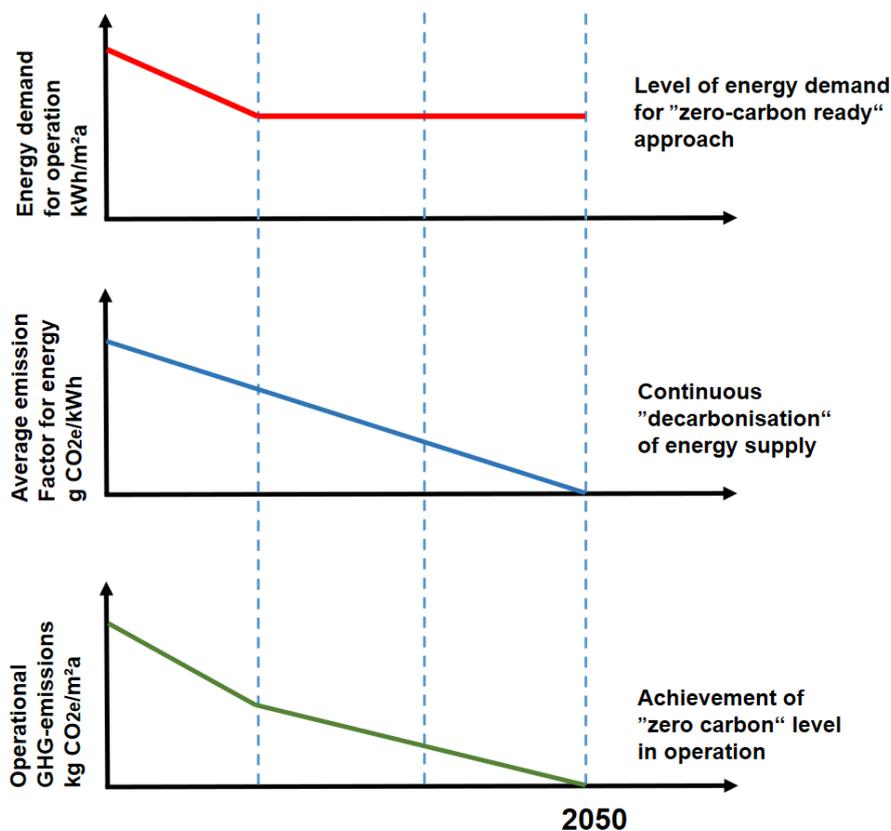
⁶ ... hier im Sinne von Gebäuden ohne THG-Emissionen im Betrieb bzw. von Gebäuden mit ausgeglichener Emissionsbilanz (net zero).

- Erfahrungen aus Praxis und Lehre zeigen, dass ca. 2 Jahre benötigt werden, um Änderungen in Lehre und Praxis zu etablieren. Dies wird ggf. als zeitlicher Vorlauf benötigt. In keinem Fall ist es zumutbar, ohne konkreten Stufenplan in einem Rhythmus von 2 Jahren konzeptionelle und anforderungsbezogene Anpassungen vorzunehmen.

2.6 Vorschläge der Internationalen Energieagentur

Die Internationale Energieagentur (IEA) schlägt in aktuellen Veröffentlichungen die Einführung eines Niveaus/Standards „zero-carbon ready“ vor. Dabei soll der Energiebedarf des Gebäudes so weit abgesenkt werden, dass entweder sofort oder im Zuge der weiteren Entwicklung ohne zusätzliche Maßnahmen am Gebäude eine Versorgung mit erneuerbarer bzw. dekarbonisierter Energie ausreicht, um Treibhausgasemissionen im Betrieb zu vermeiden. Das Gebäude wächst praktisch in die Klimaneutralität im Betrieb hinein – siehe Abbildung 2.

Abbildung 2
Interpretation des „zero-carbon ready“ Ansatzes der IEA



Quelle: Prof. Lützkendorf

Es ergibt sich eine inhaltliche Nähe zu Vorstellungen der EC, die sich im Entwurf der EPBD ausdrücken.

Die vollständige Vermeidung von Treibhausgasemissionen im Betrieb ist momentan nur dann realistisch, wenn in den Vorketten die grauen Anteile aus dem Lebenszyklus der Energiegewinnungs- und -umwandlungssysteme nicht berücksichtigt werden. Große Bedeutung kommt damit den Emissionsfaktoren zu – auch konzeptionell hinsichtlich der Festlegung der Systemgrenzen. Weiterhin stellt sich hier die Frage, wie mit den potenziell vermiedenen Emissionen infolge der exportierten Anteile der am Gebäude/auf dem Grundstück gewonnenen/erzeugten erneuerbaren Energie umgegangen wird.

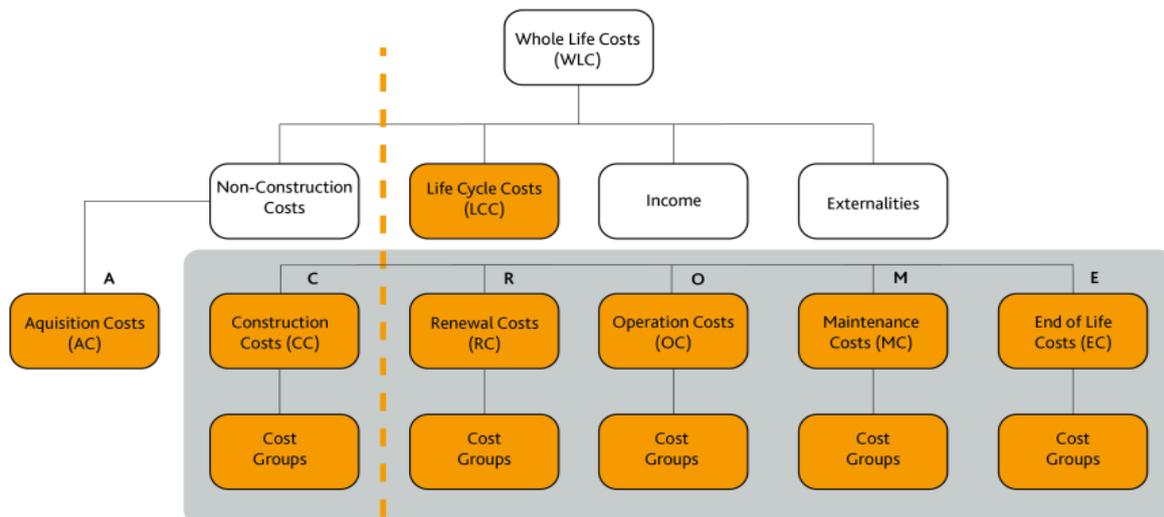
Dieser Ansatz spricht – wie auch der Entwurf der EPBD – für zwei Anforderungsgrößen. Eine davon sind die Treibhausgasemissionen, festzulegen sind hier die Systemgrenzen, die andere bezieht sich auf den Energiebedarf (festzulegen sind hier Systemgrenzen und Umwandlungsstufe).

Es stellt sich die Frage, wo Anforderungen zur Begrenzung des Aufwands an Energie liegen sollen. Empfohlen wird ein Vergleich der Anforderungsniveaus nach EH 40 (Primärenergie, nicht erneuerbar) und nach Anhang III des Entwurfs der EPBD (Primärenergie, gesamt). Dazu muss eine Vergleichbarkeit zunächst hergestellt werden.

2.7 Parallele Betrachtung von Ökobilanz und Lebenszykluskosten (RICS)

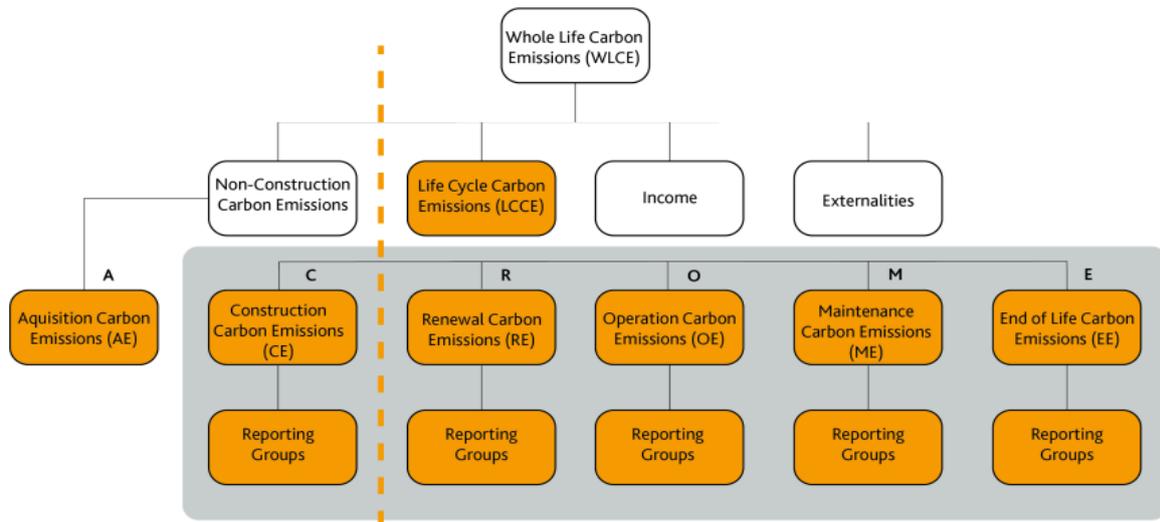
Mit Stand November 2021 hat die weltweit agierende Organisation der Wertermittler RICS ein Grundlagendokument zur Ermittlung, Bewertung und Darstellung von Lebenszykluskosten sowie Treibhausgasemissionen und Kohlenstoffgehalt von Gebäuden veröffentlicht, vgl. [26]]. Es wird dabei von einer vergleichbaren Festlegung von Systemgrenzen ausgegangen – siehe Abbildung 3 und Abbildung 4. Es ergibt sich eine Kombination aus der Ermittlung der Treibhausgase und des Energieverbrauchs/der Energiekosten.

Abbildung 3
Systematik der Ermittlung von Lebenszykluskosten



Quelle: [26]

Abbildung 4
Systematik der Ermittlung von Treibhausgasemissionen im Lebenszyklus



Quelle: [26]

2.8 Sicherung der Anschlussfähigkeit an sonstige Betrachtungen

Zusammenhänge zu sonstigen Themen

Die folgende Tabelle benennt die hinsichtlich der Sicherung einer Anschlussfähigkeit an andere Themen und Aufgaben zu beachtenden Aspekte und gibt jeweils kurze Erläuterungen.

Tabelle 2
Aspekte und Konsequenzen der Sicherung der Anschlussfähigkeit

a	Lebenszyklusbetrachtung	Die Betriebs- (und Nutzungs-)phase ist Teil des Lebenszyklus eines Gebäudes. Für die Sicherung der Anschlussfähigkeit ist es erforderlich, in der Betriebsphase die Grundlagen, Vorgehensweisen und Indikatoren zu verwenden, die für die Lebenszyklusanalyse vorgesehen sind. Die künftige EPBD wird voraussichtlich GWP im Lebenszyklus als Angabe im Lebenszyklus fordern, in der TAXONOMY ist dies bereits jetzt für größere Gebäude vorgesehen
b	Bewertung von Wirkungen auf die globale Umwelt als Teil einer Nachhaltigkeitsbewertung	Ein GEG würde sich zunächst auf energiebedingte Treibhausgasemissionen des Betriebs konzentrieren. Art und Umfang der Einbeziehung nicht-energiebedingter Emissionen, z. B. aus Kältemitteln, muss geklärt werden. Weitere Wirkungen auf die globale Umwelt entstehen u. a. durch den Beitrag zu Versauerung und das Entstehen radioaktiver Abfälle bei der Nutzung von Kernkraft.
c	Bewertung von Wirkungen auf die lokale Umwelt als Teil einer Nachhaltigkeitsbewertung	Angaben zum Aufwand an Endenergieträgern und an leitungsgebundener Energie sowie zu den technischen Systemen sind die Voraussetzung für die Erfassung der Emission an lokal wirksamen Luftschadstoffen
d	Förderprogramme	Für das QNG sind die Nachweisgrößen PE _{ne} und GWP im Lebenszyklus mit PE _{ne} und GWP in Betrieb und Nutzung als Teilgrößen.

e	Nachhaltigkeitsberichterstattung	Unternehmen der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft verwenden PE _{ne} und THG-Emission ihrer Gebäude(bestände) in der Nachhaltigkeitsberichterstattung
f	Lebenszykluskostenrechnung	Angaben zum Aufwand an Endenergieträgern und an leitungsgebundener Energie sind die Voraussetzung für die Ermittlung der Energiekosten. Für eine erweiterte Betrachtung inkl. möglicher Einnahmen ist die Prognose der Menge an exportierter Energie bzw. der an Dritte gelieferten Energie von Bedeutung.
g	Wertermittlung / Angaben zur Taxonomy	Für die Wertermittlung sind u. a. folgende Angaben von Bedeutung: Erfüllungsgrad gesetzlicher Anforderungen (z. B. über Energieklasse), tatsächlicher Energieverbrauch, Treibhausgasemissionen (künftig auch im Lebenszyklus), Qualität und Zustand der Gebäudehülle und technischer Anlagen (wegen Instandsetzungs- und Modernisierungstau), thermischer Komfort (Risiko von Mietminderungen).
h	Beurteilung der Ressourcenanspruchnahme	Die Erfassung des Aufwands an Energie in Energieumwandlungsprozessen des Betriebs ist eine Teilgröße des kumulierten Energieverbrauchs (KEV). Eine Ökobilanz unter Einbeziehung der stofflichen Nutzung von Energieträgern erfasst die Anteile des kumulierten Energieaufwandes (KEA). Ausgedrückt als Rohstoffaufwand ergibt sich eine Teilgröße zum kumulierten Rohstoffaufwand (KRA) bzw. dem Indikator zur Darstellung der Verknappung abiotischer Ressourcen APD _{fossil} .
i	Nachweis der Klimaneutralität	Hier müssen u. a. der Umgang mit den potenziellen Effekten des Exports erneuerbarer Energie außerhalb der Systemgrenzen des Gebäudes sowie die Ausgleichs- und Kompensationsregeln (Art und Umfang der Anerkennung zulässiger Maßnahmen) definiert und „Vermeidungsfaktoren“ angegeben werden. Weiterhin bedarf es Regeln zum Umgang mit Bezug von Ökostrom.
k	Beurteilung von Gesundheit und Komfortniveau	Es ergeben sich Wechselwirkungen mit dem thermischen Komfort im Winter und im Sommer (u. a. Oberflächentemperaturen), der Raumluftqualität (Luftwechsel)
l	Unterstützung des Facility Managements	Für das Facility Management werden Soll-Werte für den erwarteten Verbrauch an Energieträgern / leitungsgebundener Energie benötigt.
m	Hausakte/Gebäudepass Modernisierungskonzept	Angaben zum Energiebedarf und zur ökologischen Qualität sind Teil einer Hausakte. In einem Modernisierungskonzept dient der Energieverbrauch der Erfolgskontrolle.

Umgang mit dem Faktor Zeit

Die Sicherung der Anschlussfähigkeit an die Betrachtung des vollständigen Lebenszyklus hat Konsequenzen für den Umgang mit der Dynamik von Entwicklungen. Das derzeitige GEG kennt keinen Betrachtungszeitraum. Die Berechnungen erfolgen für ein Jahr, ordnen dieses jedoch nicht in einen zeitlichen Kontext ein. Eine Lebenszyklusanalyse gibt einen Betrachtungszeitraum von 50 Jahren vor. Sollen die hier diskutierten Berechnungsergebnisse zum Betrieb in eine Lebenszyklusbetrachtung übernommen werden ist der Umgang mit dem Faktor Zeit zu klären. Sowohl die Klimadaten unterliegen als Folge des Klimawandels einer dynamischen Veränderung als auch die Primärenergie- und Emissionsfaktoren.

Umgang mit grauer Energie und grauen Emissionen

Graue Energie und graue Emissionen stehen für Ressourceninanspruchnahme und Umweltwirkungen, die im Zusammenhang mit Herstellung, Errichtung, Instandhaltung, Ersatz, Rückbau, Aufbereitung und Entsorgung entstehen. Diese Themen werden hier nicht behandelt und in anderen Projekten, z. B. „Ökobilanzierung im Ordnungsrecht“ diskutiert. Sie können jedoch nicht völlig unbeachtet bleiben. Bei energieeffizienten Neubauten liegt der Anteil grauer Energie und grauer Emissionen bereits über 50 %, wobei Systemgrenzen, Rahmenbedingungen, Datengrundlagen und einbezogene Bilanzgrößen zu beachten sind. Bei einer Entwicklung in Richtung treibhausgasneutraler Gebäude im Betrieb steigt die relative und absolute Bedeutung weiter an. Eine weitere Verschärfung von Anforderungen an die Gebäudehülle birgt bereits das Risiko von Fehlanreizen in sich. Die Einsparungen im Betrieb können den grauen Mehraufwand ggf. nicht mehr ausgleichen.

Im Minimum sollte die Vorgabe der ökologischen Sinnhaftigkeit/Vorteilhaftigkeit eingeführt werden. Es wird hier vorgeschlagen, dies zu diskutieren.

Verwiesen wird auf den Umstand, dass eine weitere Technisierung der Gebäude (u. a. Klimatisierung als Reaktion auf den Klimawandel) auch zu einer Zunahme grauer Energie und grauer Emissionen führt, insbesondere im Hinblick auf die Ersatzzyklen entsprechender Anlagen. Hier weisen Ökobilanzierung und Lebenszykluskostenrechnung in eine ähnliche Richtung.

Beispiele für Anforderungssystematik und Anforderungsniveaus

Verwendet wird im Projekt eine Unterscheidung zwischen Anforderungssystematik (hier Hauptbetrachtungsgegenstand im Sinne der Festlegung der Größe(n) für Anforderungen und Nachweisführung) und Anforderungsniveaus (hier Gegenstand von Zusatzbetrachtungen im Sinne der Festlegung von Bewertungsmaßstäben). In Tabelle 3 werden Möglichkeiten für die Kriterien der Hauptanforderung vorgestellt. Es wird eine Empfehlung für das GEG 2025 unterbreitet.

Tabelle 3
Möglichkeiten zur Festlegung des Kriteriums bzw. der Kriterien für die Hauptanforderung(en)

	Anforderungs- niveau								
Anforderungs- systematik (Hauptanforderung)		GEG 2020	GEG (Empfehlung)	Entwurf EPBD	QNG aktuell	BNB aktuell		LEVEL(s)	Taxonomy
1.1	PE, ne								
1.2	PE, ges								
2.1	PE, ne & THG				(3)	(4)		(5)	(6)
2.2.	PE, ges & THG			(2)					
3	THG / (GWP)		(7)						

- (1) EH 40
- (2) Anforderungen an PE, ges im Betrieb & klimaneutral (net zero) im Betrieb
- (3) Anforderungen an PE, ne & THG (GWP) im Lebenszyklus
- (4) Anforderungen an PE, ne & THG (GWP) im Lebenszyklus

- (5) Berechnung PE, ne im Betrieb und THG-Berechnung im Lebenszyklus
- (6) Anforderungen/Zielwerte für Energie im Betrieb und Berechnung THG im Lebenszyklus
- (7) THG-Emissionen als Größe zur Beschreibung der Hauptanforderung im GEG 2025

Empfohlen wird ein zusätzliches Mitführen des Aufwands an Primärenergie

Im Sinne einer Anschlussfähigkeit sollte in die Überlegungen einbezogen werden, welche Anforderungssystematik durch die öffentliche Hand in Selbstverpflichtungen (BNB) und in Förderprogrammen (QNG) eingesetzt wird. Meist wird davon ausgegangen, dass Konzepte für die Förderung eine Erprobung künftiger gesetzlicher Anforderungen darstellen.

Zur Feststellung von Art und Umfang der Sicherung der Anschlussfähigkeit sollte das Projekt in den zeitlichen Verlauf gemäß Abbildung 5 eingeordnet werden. Insbesondere ist zu definieren, ob es als eine Entwicklung von Vorschlägen für ein Sofortprogramm oder als Schaffung von konzeptionellen Voraussetzungen für eine grundlegende Weiterentwicklung des GEG zu interpretieren ist. In keinem Fall sollten Elemente aufgegeben werden, die später wieder eingeführt werden müssten. Es ist möglich, derartige Elemente als Zusatzinformationen „zwischenzuparken“. Dies trifft hier auf den Aufwand an Primärenergie, nicht erneuerbar (bzw. den Aufwand an Primärenergie, gesamt) zu.

Abbildung 5
Übersicht zu relevanten Terminen, Zielen und erwarteten Entwicklungen mit Relevanz für das Projekt



Quelle: Prof. Lützkendorf

Es wird im weiteren Projektverlauf unterschieden zwischen (1) konzeptionellen Vorschlägen zur Weiterentwicklung der Anforderungssystematik inkl. der Darstellung von Konsequenzen auf der Basis von Modellrechnungen und (2) der Weiterentwicklung und Ergänzung der Anforderungsniveaus. Auftragsgemäß konzentriert sich das Projekt zwar auf (1), im Hintergrund ist jedoch das Ziel der Nachweisbarkeit der Klimaneutralität im Betrieb von Bedeutung.

2.9 Zusammenfassung der Analyse

Aus der Analyse aktueller Entwicklungen kann für eine künftige Anforderungssystematik abgeleitet werden, dass

- ein großes politisches Interesse sowie eine wissenschaftliche, politische und öffentliche Akzeptanz hinsichtlich der Einführung von Anforderungen zur Begrenzung von Treibhausgasemissionen in der Betriebs- und Nutzungsphase gegeben ist und eine politische Vorentscheidung bereits gefallen ist.
- ein Interesse an einer Erweiterung der Systemgrenzen in Richtung Lebenszyklus gegeben ist und mittelfristig relevant wird und dass im Minimum bei der Weiterentwicklung des GEG eine Anschlussfähigkeit an diese Entwicklung berücksichtigt und umgesetzt werden sollte, insbesondere im Zusammenhang mit angedachten Zwischenlösungen und festzulegenden Systemgrenzen für den Betrieb (und die Nutzung).
- ein Bedarf an der Festlegung und Einführung von Emissionsklassen besteht, u. a. im Zusammenhang mit der Aufteilung des CO₂-Preises zwischen Vermieter und Mieter.
- über Treibhausgasemissionen und Emissionsklassen hinaus ein Bedarf besteht an der Ermittlung von Angaben zum Aufwand an Primärenergie (PE gesamt⁷ und PE nicht erneuerbar), zum Aufwand an Endenergie sowie ggf. zu Art und Umfang der am Gebäude/auf dem Grundstück gewonnenen/erzeugten erneuerbaren Energie, der Spitzenlast, den U-Werten, dem sommerlichen Wärmeschutz/dem Überhitzungsrisiko, den Emissionen an Luftschadstoffen (insbesondere Feinstaub) – siehe auch Vorschläge für Inhalte des Energieausweises gemäß Entwurf zur EPBD. Über einen öffentlich-rechtlichen Nachweis hinaus müssen berechnete Informationsbedürfnisse interessierter Kreise auf einheitlicher Grundlage bedient werden.
- von einer parallelen Beibehaltung von Energieeffizienzklassen im Energieausweis auszugehen ist, u. a. im Zusammenhang mit der Einschränkung einer Vermiet- und Vermarktbarkeit von Gebäuden mit schlechten Effizienzklassen
- es weniger wichtig ist, welche der Größen Primärenergie, nicht erneuerbar oder Treibhausgasemissionen einer Hauptanforderungen entspricht, soweit beide ausgewiesen werden. Eine Anforderungssystematik mit zwei gleichberechtigten Hauptanforderungen ist ebenso möglich und wird aktuell im Qualitätssiegel Nachhaltiges Gebäude QNG umgesetzt. Eine Hauptanforderung hat den Vorteil einer eindeutigen Ziel- und Bewertungsgröße.
- ein Abgleich zwischen GEG und BNB/QNG wünschenswert ist bei Rechenregeln und Systemgrenzen, Primärenergie- und Emissionsfaktoren
- bereits jetzt das Risiko von Fehlanreizen bei der weiteren Verschärfung von Anforderungen besteht, die zu einer Erhöhung grauer Anteile bei Energieaufwand und Emissionen führen können. Eine (mittelfristige) Einführung der Berücksichtigung grauer Anteile (innerhalb oder außerhalb des GEG) ist damit notwendig. Es sollte aus Sicht der Autoren sichergestellt werden, dass im zukünftigen GEG durch die geforderten Maßnahmen im Betrieb mehr Treibhausgasemissionen eingespart als durch sie zusätzliche graue Emissionen verursacht werden.

Die Emissionen an Treibhausgasen in der Betriebs- (und Nutzungs-)phase entsprechen

- der Teilgröße der betriebsbedingten Emissionen in der Ökobilanz (*operational emissions*)
- einem *partial carbon footprint*
- den energiebedingten Treibhausgasemissionen im Ergebnis des direkten und indirekten Energieaufwands (inkl. Vorketten)
- den energiebedingten Treibhausgasemissionen infolge eines Teils des kumulierten Energieverbrauchs.

Es muss angegeben werden,

- welche Emissionen berücksichtigt werden (B6.1, B6.2, B6.3, B8)
- welche vor- und nachgelagerten Emissionen berücksichtigt werden
- ob eine statische oder dynamische Betrachtung erfolgt

⁷ Für Deutschland eine neue und zusätzliche Größe

- aus welcher Quelle mit welcher Gültigkeit und Geltungsdauer Emissionsfaktoren stammen
- welche Treibhausgase in den Emissionsfaktoren berücksichtigt werden (CO₂, weitere Klimagase)
- wie mit emissionsmindernden Effekten der Erzeugung/Nutzung erneuerbarer Energie umgegangen wird
- wie mit potenziell vermiedenen Emissionen umgegangen wird (inkl. Angabe spezif. Emissionsfaktoren)
- welche Ausgleichs- und Kompensationsmaßnahmen zugelassen werden.

Für die Ermittlung und Interpretation von Treibhausgasen werden folgende Hinweise gegeben:

Für die Ermittlung der energiebedingten Emission von Treibhausgasen werden die berechneten oder gemessenen Mengen an Endenergieträgern oder leitungsgebundener Energie unter Nutzung spezifischer Emissionsfaktoren in Treibhausgasemissionen umgerechnet. Diese Emissionsfaktoren berücksichtigen die Emission an Klimagasen. Die Emissionen der Klimagase werden unter Nutzung von Charakterisierungsfaktoren in ein Treibhauspotenzial (global warming potential) umgerechnet und addiert. Die Treibhausgasemissionen werden in kg CO₂-Äquivalente angegeben, die Einheit eines Emissionsfaktors ist g CO₂-Äquivalente/kWh_{Endenergie}.

In Deutschland wird für die Angabe einer Summe der Emission von Treibhausgasen die Summe der Treibhauspotenziale der Treibhausgase verwendet. Vereinfachend wird dies als (gesamtes) Treibhauspotenzial bezeichnet, genutzt wird der Indikator GWP 100. Die Charakterisierungsfaktoren werden in den Berichten des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) benannt.

Bei der Angabe von Emissionsfaktoren sollte daher berücksichtigt bzw. angegeben werden

- Art und Umfang berücksichtigter Klimagase
- Art und Umfang berücksichtigter Vorketten
- Quelle der Charakterisierungsfaktoren zur Umrechnung in CO₂-Äquivalente
- Zeithorizont 20, 100 oder 500 Jahre
- Erscheinungsdatum und Dauer der Gültigkeit

Erneut wird hier angeregt, die im GEG und in der ÖKOBAUDAT zum BNB benannten Emissionsfaktoren anzugleichen. Es sollte diskutiert werden, ob, wann und wie zu einer dynamischen Betrachtung bei Emissions- (und Primärenergie-)faktoren übergegangen werden kann und soll. Eine Alternative ist die Vorgabe von Mittelwerten für künftige Betrachtungszeiträume.

Für die Entwicklung von Anforderungsniveaus zur Begrenzung der Treibhausgasemissionen im Betrieb von Gebäuden existieren mehrere Möglichkeiten, darunter

- a) Anlehnung an die Vorgehensweise bei den Anforderungen zur Begrenzung des Aufwands an Primärenergie, nicht erneuerbar gemäß EH-Klasse durch prozentuale Unterschreitung der Treibhausgasemissionen eines Referenzgebäudes (im Projekt weiterverfolgt)
- b) Umrechnung des energetischen Niveaus einzelner EH-Klassen in Treibhausgasemissionen unter Nutzung der Emissionsfaktoren für die Energieträger des Referenzgebäudes
- c) Einführung von (absoluten) Emissionsklassen unabhängig von derzeitigen EH-Klassen
- d) Einführung eines Netto-Null-Anforderungsniveaus mit Nennung zulässiger Ausgleichs- und Kompensationsmöglichkeiten sowie einer zero-carbon ready Nebenanforderung beim Energiebedarf.

3 Analyse einer Umstellung der Hauptanforderung auf THG-Emissionen anhand der Modellrechnungen

3.1 Grundsätzliche Randbedingungen

3.1.1 Einführende Bemerkungen

Im Rahmen der vorliegenden Ausarbeitung werden zahlreiche Modellrechnungen für Wohn- und Nichtwohngebäude durchgeführt, anhand derer die Auswirkungen einer Umstellung der Anforderungssystematik von der Hauptanforderung der Begrenzung des Jahres-Primärenergiebedarfs, nicht erneuerbar hin zur Begrenzung der jährlichen Treibhausgasemissionen dargestellt und analysiert werden. Die Berechnungen werden sowohl für Neubauten als auch für Bestandsgebäude durchgeführt, dabei werden jeweils zwei Anforderungsniveaus berücksichtigt, die die denkbaren zukünftigen Anforderungsniveaus beschreiben sollen. Bei der Festlegung der grundsätzlichen Randbedingungen wird die aktuelle Diskussion u. a. in [27] und [28] zur Weiterentwicklung des GEG berücksichtigt.

Im Rahmen der Analyse werden für die betrachteten Gebäude basierend auf dem Referenzgebäudeverfahren zunächst die gemäß der aktuellen Anforderungssystematik resultierenden Anforderungswerte hinsichtlich des Primärenergiebedarfes, nicht erneuerbar ausgewiesen und mit den resultierenden Werten in Abhängigkeit der anlagentechnischen Ausführung verglichen. Anschließend werden die THG-Emissionen des jeweiligen Referenzgebäudes ($M_{\text{THG,Ref}}$) berechnet und analog zur primärenergetischen Anforderungshöhe wird das Anforderungsniveau hinsichtlich THG-Emissionen für das jeweilige Gebäude bestimmt. Die Höhe der baulichen Nebenanforderung bleibt in beiden Fällen gleich. Der auf Basis der THG-Emissionen berechnete Anforderungswert wird wiederum den resultierenden THG-Emissionen der jeweiligen Anlagenvariante gegenübergestellt.

3.1.2 Anforderungsniveau

Im Neubau werden zwei Anforderungsniveaus, die sich an den Anforderungen der aktuellen Effizienzhäuser 55 und 40 für Wohngebäude und den aktuellen Anforderungen für Effizienzgebäude 55 und 40 für Nichtwohngebäude orientieren, betrachtet (s. Tabelle 4, Tabelle 5).

Im Bereich der Bestandsgebäude werden jeweils zwei Anforderungsniveaus definiert, die sich primärenergetisch an den aktuellen Anforderungen für Effizienzhäuser 85 und 55 für Wohngebäude sowie Effizienzgebäude 85 und 55 für Nichtwohngebäude orientieren. Hinsichtlich des baulichen Wärmeschutzes werden jedoch weniger ambitionierte Anforderungswerte berücksichtigt, die in der Logik der Effizienzgebäude der Stufe 100 für EH/EG 85 und 70 für EH/EG 55 entspricht (s. Tabelle 6, Tabelle 7)

Tabelle 4
Betrachtete Anforderungsniveaus im Neubau – Wohngebäude

Anforderungsniveau	Höhe der primärenergetischen Hauptanforderung bei aktueller Anforderungssystematik	Höhe der Hauptanforderung beim Umstellen auf THG-Emissionen	Höhe baulicher Nebenanforderung
EH 55	$0,55 \cdot Q_{p,Ref}$	$0,55 \cdot M_{\text{THG,Ref}}$	$0,7 \cdot H_{T,Ref}'$
EH 40	$0,40 \cdot Q_{p,Ref}$	$0,40 \cdot M_{\text{THG,Ref}}$	$0,55 \cdot H_{T,Ref}'$

Tabelle 5
Betrachtete Anforderungsniveaus im Neubau – Nichtwohngebäude

Anforderungsniveau	Höhe der primärenergetischen Hauptanforderung bei aktueller Anforderungssystematik	Höhe der Hauptanforderung beim Umstellen auf THG-Emissionen	Höhe baulicher Nebenanforderung in Abhängigkeit der Raum-Solltemperatur		
				$T \geq 19 \text{ °C}$	$12 \text{ °C} \leq T < 19 \text{ °C}$
EG 55	$0,55 \cdot Q_{p,Ref}$	$0,55 \cdot M_{THG,Ref}$	\bar{U}_{opak}	0,22	0,28
			$\bar{U}_{transparent}$	1,2	1,5
			\bar{U}_{Licht}	2,0	2,5
EG 40	$0,40 \cdot Q_{p,Ref}$	$0,40 \cdot M_{THG,Ref}$	\bar{U}_{opak}	0,18	0,24
			$\bar{U}_{transparent}$	1,0	1,3
			\bar{U}_{Licht}	1,6	2,0

Tabelle 6
Betrachtete Anforderungsniveaus im Bestand – Wohngebäude

Anforderungsniveau	Höhe der primärenergetischen Hauptanforderung bei aktueller Anforderungssystematik	Höhe der Hauptanforderung beim Umstellen auf THG-Emissionen	Höhe baulicher Nebenanforderung
EH 85	$0,85 \cdot Q_{p,Ref}$	$0,85 \cdot M_{THG,Ref}$	$1,15 \cdot H_{T,Ref}'$
EH 55	$0,55 \cdot Q_{p,Ref}$	$0,55 \cdot M_{THG,Ref}$	$0,85 \cdot H_{T,Ref}'$

Tabelle 7
Betrachtete Anforderungsniveaus im Bestand – Nichtwohngebäude

Anforderungs-niveau	Höhe der primärenergetischen Hauptanforderung bei aktueller Anforderungssystematik	Höhe der Hauptanforderung beim Umstellen auf THG-Emissionen	Höhe baulicher Nebenanforderung in Abhängigkeit der Raum-Solltemperatur		
				$T \geq 19 \text{ °C}$	$12 \text{ °C} \leq T < 19 \text{ °C}$
EG 85	$0,85 \cdot Q_{p,Ref}$	$0,85 \cdot M_{THG,Ref}$	\dot{U}_{opak}	0,34	0,40
			$\dot{U}_{transparent}$	1,8	2,2
			\dot{U}_{Licht}	3,0	3,6
EG 55	$0,55 \cdot Q_{p,Ref}$	$0,55 \cdot M_{THG,Ref}$	\dot{U}_{opak}	0,26	0,32
			$\dot{U}_{transparent}$	1,4	1,7
			\dot{U}_{Licht}	2,4	2,8

3.1.3 65%-EE-Vorgabe

Gemäß der Formulierung im KoAV soll „jede neu eingebaute Heizung“ ab 2025 die 65%-EE-Pflicht erfüllen. Damit gilt die Pflicht zur Nutzung erneuerbaren Energien sowohl für Bestandsgebäude als auch für zu errichtende Gebäude. Eine gezielte Einschränkung ausschließlich auf Wohngebäude kann der Formulierung nicht entnommen werden, so dass vermutet werden kann, dass die 65%-EE-Pflicht ebenso für heizungstechnische Anlagen im Bereich der Nichtwohngebäude gelten soll. Gemäß dem Klimaschutz-Sofortprogramm soll die 65%-EE-Vorgabe bereits Anfang 2024 gelten. Eine konkrete Ausgestaltung der 65%-EE-Vorgabe liegt noch nicht vor.

Im Rahmen der vorliegenden Ausarbeitung wird der Anteil erneuerbarer Energien bezogen auf Wärmeenergiebedarf Heizung und ggf. Warmwasser bei verbundenen Systemen berechnet. Als anrechenbare erneuerbare Energien für die Bestimmung des 65%-EE-Anteils wird dabei Folgendes berücksichtigt:

- Solarthermie
- Gesamte Wärmeabgabe von Wärmepumpen
- Feste Biomasse
- Biomethan bzw. sonstige grüne Gase
- regenerative flüssige Energieträger
- PV nur bei Nutzung für Wärmeenergiebedarf

Für gas- und ölbasierende Anlagenvarianten wird anschließend der Anteil THG-neutraler gasförmiger und flüssiger Energieträger (z. B. Biomethan) zur Erreichung der 65%-EE-Vorgabe ausgewiesen.

3.1.4 Primärenergie- und THG-Faktoren

Die Berechnungen erfolgen grundsätzlich mit zwei Sätzen für Primärenergie- und Emissionsfaktoren. Für alle Gebäude werden zunächst die nach GEG 2020 gültigen Faktoren den Berechnungen zugrunde gelegt. Anschließend wird der Einfluss der ggü. GEG 2020 abgesenkten IINAS-Faktoren für Strom 2020 nach [29] aufgezeigt (vgl. Tabelle 8). Die angegebenen Faktoren beziehen sich jeweils auf die heizwertbezogene Endenergie.

Tabelle 8

Primärenergie- und THG-Faktoren – nach GEG 2020 sowie unter Berücksichtigung der IINAS-Faktoren für Strom 2020

Energieträger	GEG 2020		IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020	
	Primärenergiefaktor, nicht erneuerbar	Emissionsfaktor, in g CO ₂ -Äq. pro kWh	Primärenergiefaktor, nicht erneuerbar	Emissionsfaktor, in g CO ₂ -Äq. pro kWh
Heizöl	1,1	310	1,1	310
Erdgas	1,1	240	1,1	240
Biomethan in Brennwertkesseln	0,7	140	0,7	140
Holz	0,2	20	0,2	20
Strom netzbezogen	1,8	560	1,37	382
Nah-/Fernwärme aus Erdgas-KWK	0,7	180	0,7	180

Im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse werden im Abschnitt 3.4.1 anhand ausgewählter Beispiele die Auswirkungen einer Umstellung der Anforderungssystematik auf THG-Emissionen in Verbindung mit ggü. GEG 2020 sowie IINAS-Faktoren für Strom 2020 halbierten Werten dargestellt. Den in Tabelle 9 ausgewiesenen Werten liegen folgende Annahmen zugrunde:

- Erdgas und Heizöl: unverändert
- Strom, Fernwärme, "Future Gas": Halbierung der Werte ggü. Ausgangsbasis

Tabelle 9

Primärenergie- und THG-Faktoren – ggü. GEG 2020 sowie GEG 2020 und IINAS 2021 halbierte Werte

Energieträger	ggü. GEG 2020 halbierte PE- und THG-Faktoren		ggü. GEG 2020 und IINAS 2021 halbierte PE- und THG-Faktoren	
	Primärenergiefaktor, nicht erneuerbar	Emissionsfaktor, in g CO ₂ -Äq. pro kWh	Primärenergiefaktor, nicht erneuerbar	Emissionsfaktor, in g CO ₂ -Äq. pro kWh
Heizöl	1,1	310	1,1	310
Erdgas	1,1	240	1,1	240
„Future Gas“	0,55	120	0,55	120
Holz	0,1	10	0,1	10
Strom netzbezogen	0,9	280	0,7	190
Nah-/Fernwärme aus Erdgas-KWK	0,35	90	0,35	90

3.1.5 Betrachtete Gebäudetypen und Anlagenvarianten

Die gewonnenen Ergebnisse werden anhand von Gebäuden mit Wohn- und Nichtwohnnutzung ermittelt und dargestellt, welche sowohl relevant als auch repräsentativ sind. Diese beispielhaften Modellgebäude sind der vom Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e.V. entwickelten Datenbank [30] entnommen und werden im Folgenden kurz zusammenfassend dargestellt. Die Auswahl der Modellgebäude erfolgte in Abstimmung mit dem Auftraggeber.

Wohngebäude

Im Rahmen der Analyse werden folgende Wohngebäudetypen betrachtet:

- Einfamilienhaus (klein), freistehend – EFH klein (2 Varianten: mit Keller und nicht unterkellert)
- Einfamilienhaus (groß), freistehend – EFH groß
- Reihemittelhaus – RMH
- Doppelhaushälfte (ohne Keller) – DHH
- Bungalow, freistehend – Bungalow
- Mehrfamilienhaus (klein, 6 WE), freistehend – MFH klein
- Apartments (12 WE), Zeilenbebauung – Apartments
- Mehrfamilienhaus (groß, 40 WE), freistehend – MFH groß

Die für die Untersuchungen herangezogenen acht Modellgebäude (dabei EFH klein in den Varianten mit Keller und nicht unterkellert) im Wohnbau decken den Bereich der Ein- und Zweifamilienhäuser (fünf Gebäude, mit zwei Varianten des kleinen EFH) sowie der Mehrfamilienhäuser (drei Gebäude) ab. Über die freistehenden Gebäude hinaus sind mit dem Reihemittelhaus und der Doppelhaushälfte sowie dem in Zeilenbebauung aus-

geführten Apartment-Gebäude auch die ein- bzw. zweiseitig angebauten Situationen berücksichtigt. Für unterschiedliche Ausführungen des unteren Gebäudeabschlusses werden einzelne Modellgebäude bei den EFH in der Variante mit und/oder ohne Unterkellerung betrachtet. Dabei gilt die Festlegung, dass im Neubau ein vorhandener Keller als beheizt angenommen wird, im Bestand sind diese unbeheizt modelliert. Beim MFH erfolgt in diesem Punkt keine Fallunterscheidung, dort werden alle Gebäude mit unbeheiztem Keller gerechnet.

Tabelle 10
Betrachtete Modellgebäude und Variantenbildung unterer Gebäudeabschluss

Modellgebäude	Variantenbildung unterer Gebäudeabschluss		
	mit Keller unbeheizt	mit Keller beheizt	ohne Keller
EFH klein	Bestand	Neubau	Bestand, Neubau
EFH groß	Bestand	Neubau	
RMH		Neubau	Bestand
DHH			Bestand, Neubau
Bungalow			Bestand, Neubau
MFH klein	Bestand, Neubau		
Apartments	Bestand, Neubau		
MFH groß	Bestand, Neubau		

Bei Detailfragen und Sensitivitätsanalysen (siehe Abschnitt 3.4, z. B. zum Einfluss der zukünftigen PE-/THG-Faktoren, PV-Anrechnung usw.) werden nur ausgewählte Gebäude betrachtet.

Die verschiedenen in den Untersuchungen betrachteten Ausführungen der Anlagentechnik beziehen sich primär auf das Heizsystem und die Art der Trinkwassererwärmung. Dabei kommen erzeugerseitig zum Einsatz:

- Kessel (Gas-Brennwert- oder Pelletkessel sowie Öl-Brennwertkessel im Bestand),
- Wärmepumpen (Luft/Wasser-, Sole/Wasser-WP sowie Luft/Luft-WP bei EH 40),
- Nahwärme aus Erdgas-KWK und
- Elektrodirektheizung in Verbindung mit Warmwasser-Wärmepumpe (bei EH 40).

Zusätzlich kann die Nutzung von solarthermischen Anlagen für Trinkwarmwassererwärmung (TWE) allein oder in Kombination mit solarer Heizungsunterstützung (HeizU) erfolgen. Die gewählte Lüftungsart ist - sofern nicht anders vermerkt - Fensterlüftung oder eine mechanische Abluft- bzw. Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG). Die anlagentechnische Ausführung der Standardvariante im Neubau und Bestand in Abhängigkeit vom Anforderungsniveau stellen folgende zwei Tabellen dar.

Tabelle 11
Betrachtete Anlagenvarianten im Neubau – Wohngebäude, Standardvariante

Anforderungs- niveau	Neubau	
	EH 55	EH 40
Ausführung	Gas-Brennwert + sol.TWE + Zu-/Abluftanlage mit WRG	Luft/Wasser-WP + Zu-/Abluftanlage mit WRG
	Gas-Brennwert + sol.TWE/HeizU + Zu-/Abluftanlage mit WRG	Sole/Wasser-WP + Zu-/Abluftanlage mit WRG
	Luft/Wasser-WP + Abluftanlage	Nahwärme Erdgas-KWK + Zu-/Abluftanlage mit WRG
	Sole/Wasser-WP + Abluftanlage	Pelletkessel + Zu-/Abluftanlage mit WRG
	Nahwärme Erdgas-KWK + Abluftanlage	
	Pelletkessel + Abluftanlage	

Tabelle 12
Betrachtete Anlagenvarianten im Bestand – Wohngebäude, Standardvariante

Anforderungs- niveau	Bestand	
	EH 85	EH 55
Ausführung	Gas-Brennwert + sol.TWE	Gas-Brennwert + sol.TWE + Abluftanlage
	Gas-Brennwert + sol.TWE/HeizU + Zu-/Abluftanlage mit WRG	Gas-Brennwert + sol.TWE/HeizU + Zu-/Abluftanlage mit WRG
	Öl-Brennwert + sol.TWE	Öl-Brennwert + sol.TWE + Abluftanlage
	Luft/Wasser-WP	Luft/Wasser-WP+ Abluftanlage
	Nahwärme Erdgas-KWK	Nahwärme Erdgas-KWK + Abluftanlage
	Pelletkessel	Pelletkessel + Abluftanlage

Die Ausführung der Heizungs-Übergabesysteme erfolgt abhängig von Nutzung und Unterscheidung Neubau/Bestand als Fußbodenheizung oder als Heizkörper.

Tabelle 13
Übergabesystem, Standardvariante

Gebäudetyp	Neubau		Bestand
	EFH	MFH	EFH/MFH
Ausführung	Fußbodenheizung 35/28 °C	Heizkörper 50/40 °C	Heizkörper 55/45 °C

Zusätzlich zu der anlagentechnischen Ausführung der Standardvariante werden anhand ausgewählter Gebäudetypen für das Anforderungsniveau EH 40 folgende anlagentechnische Systeme betrachtet:

- Elektrodirektheizung in Verbindung mit Warmwasser-Wärmepumpe, Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung und einer PV-Anlage
- Luftheizung in Verbindung mit Luft/Luft-Wärmepumpe, Warmwasser-Wärmepumpe, Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung

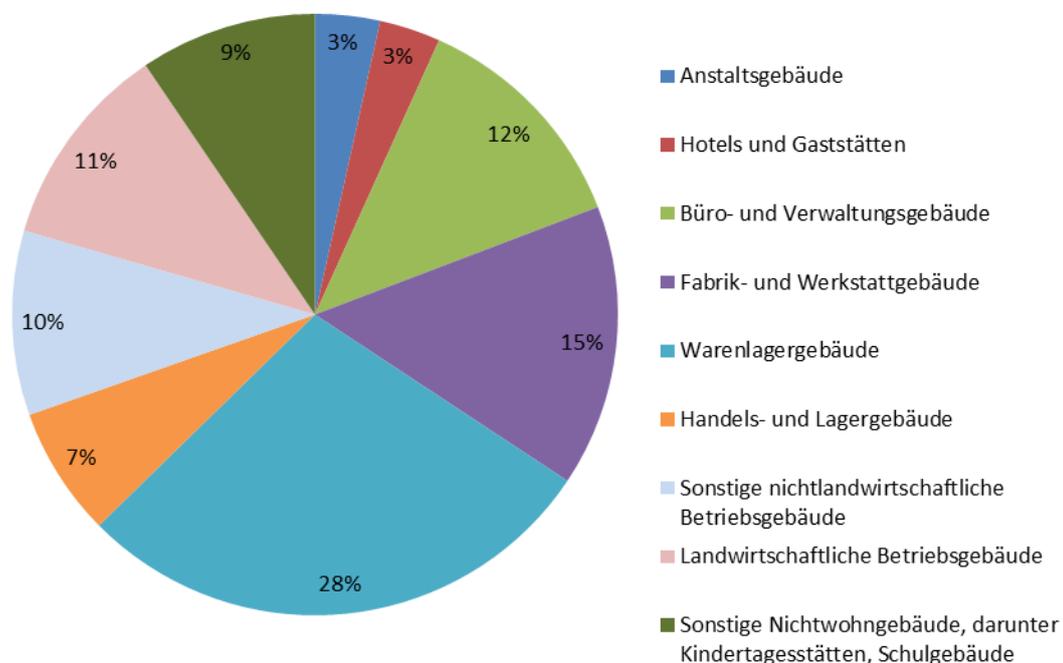
Nichtwohngebäude

Im Rahmen der Analyse werden folgende sieben Nichtwohngebäudetypen betrachtet:

- Büro (klein)
- Büro (groß)
- Hotel (groß)
- Kindergarten
- Verbrauchermarkt (mittel)
- Fertigungshalle (klein)
- Logistikhalle

Die Wahl der zu betrachteten Nichtwohngebäudetypen erfolgte in Abstimmung mit dem Auftraggeber. Die für die Untersuchungen herangezogenen sieben Modellgebäude decken den Bereich der relevanten Nichtwohngebäudetypen im Neubau (vgl. Abbildung 6) und Sanierung ab.

Abbildung 6
Baufertigstellungen von Nichtwohngebäuden (Neubau) im Jahr 2021, Anteil der Nutzfläche je Gebäudetyp



Quelle: ITG Dresden in Anlehnung an [31]

In Anbetracht der aktuellen Diskussionen zur Solardachpflicht wird im Rahmen der Untersuchung die Installation einer PV-Anlage für alle betrachteten Nichtwohngebäudetypen unterstellt. Die PV-Anrechnung erfolgt nach Monatsbilanz nach § 23 Abs. 4 GEG.

Je Gebäudetyp werden bis auf Verbrauchermarkt jeweils drei Anlagenvarianten betrachtet. Die in den Untersuchungen betrachteten Ausführungen der Anlagentechnik beziehen sich primär auf das Heizsystem und die Art der Trinkwassererwärmung. Je nach Gebäudetyp wird von zentralen oder dezentralen Systemen für Heizung und Trinkwassererwärmung ausgegangen.

3.2 Ergebnisse der Modellrechnungen für Wohngebäude

3.2.1 Einführende Bemerkungen

Bei den Berechnungen der Wohngebäude wurden 9 verschiedene Gebäudeausführungen betrachtet. Die zugehörigen Auswertungen erfolgen im Weiteren gebäudeweise in den Abschnitten 3.2.2 bis 3.2.10. Jeweils für Neubau und Bestand werden zwei unterschiedliche Anforderungsniveaus bewertet (der Reihe nach: Neubau EH 55, Neubau EH 40, Bestand EH 85, Bestand EH 55), d. h. Ausführungen (Gebäudehülle und Anlagentechnik). Je Niveau werden dabei bis zu sechs unterschiedliche Ausführungen der Anlagentechnik betrachtet (Heizung, Trinkwassererwärmung, Solarthermie, Lüftung, PV), wobei die Ausführung der Gebäudehülle (Wärmedurchgangskoeffizienten, Wärmebrücken) den jeweiligen Niveaus angepasst ist (Einhaltung Anforderungen Primärenergie und spezifischer Transmissionswärmeverlust).

In den nachfolgenden Diagrammen sind für die vier zu betrachtenden Anforderungsniveaus die Ergebnisse dargestellt, welche sich für den Primärenergiebedarf (linke Ordinate, Farbe Orange) und die Treibhausgasemissionen THG (rechte Ordinate, Farbe Blau) ergeben. Diese Balkenpaare sind auf der Abszisse für die Referenzausführung (ganz links) und die betrachteten technischen Varianten (bis zu sechs) aufgetragen und in Relation zur Referenzausführung als Balkenbeschriftung jeweils in Prozent ausgewiesen. Die horizontale Linie gibt die Anforderungs-/Grenzwerte für das entsprechende Niveau wieder.

Die Diagramme sind je Anforderungsniveau jeweils doppelt aufgeführt, im ersten Diagramm entsprechen die Faktoren für die primärenergetische und emissionsbezogene Bewertung der Energieträger den Vorgaben des GEG 2020, in der zweiten Darstellung wird der Einfluss der ggü. GEG 2020 abgesenkten IINAS-Faktoren für Strom 2020 aufgezeigt.

Der in den Diagrammen ausgewiesene „Jahres-Primärenergiebedarf“ entspricht dem gemäß dem Bilanzierungsrahmen des GEG bestimmten „Primärenergiebedarf, nicht erneuerbar“ in der Nutzungsphase des Gebäudes. Bei den THG-Emissionen handelt es sich um für die gleichen GEG-relevanten Bilanzanteile berechnete CO₂-Äquivalente. Beide Größen entsprechen spezifischen, auf die Nutzfläche bezogenen Werten.

3.2.2 Einfamilienhaus klein, mit Keller

Bei dem betrachteten Gebäude handelt es sich um ein kleines freistehendes Einfamilienhaus, das unterkellert ist. Bei den Berechnungen für die Bestandsituationen wird unterstellt, dass der Keller nicht beheizt wird und sich damit nicht innerhalb der thermischen Hülle befindet. Bei den Berechnungen für den Neubau wird dagegen von einem beheizten Kellergeschoss ausgegangen. Tabelle 14 enthält die wesentlichen Gebäudedaten und Abbildung 7 stellt das Gebäude in einer Ansicht dar.

Tabelle 14
Gebäudedaten Einfamilienhaus klein, mit Keller

	beheiztes Volumen V_e [m ³]	beheizte Nutzfläche A_N [m ²]	wärmetauschende Hüllfläche A [m ²]	Keller vorhanden	Keller Beheizung
Neubau	735,0	235,2	472,7	ja	beheizt
Bestand	465,0	148,8	368,7	ja	unbeheizt

Abbildung 7
Ansicht EFH klein, mit Keller



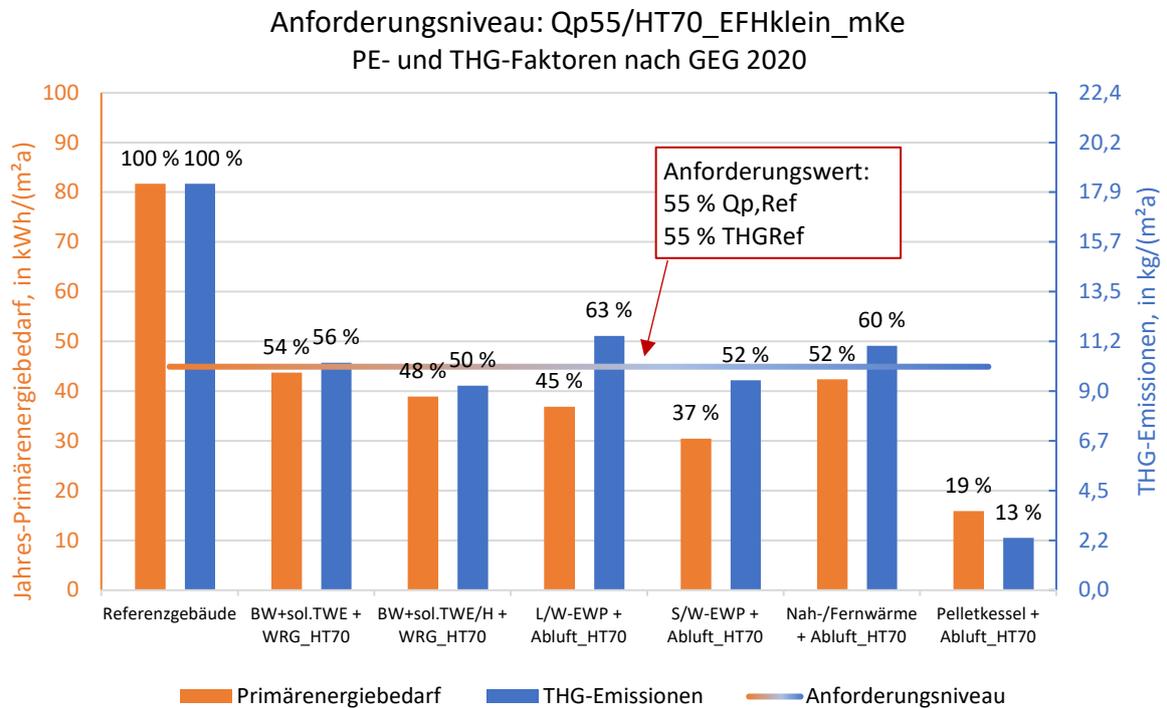
Quelle: [30]

Für die Einhaltung der Anforderungen des jeweiligen Anforderungsniveaus sind beide Anforderungsgrößen relevant, d. h. Primärenergie Q_p und spezifischer Transmissionswärmeverlust H_T' . Es treten im Einzelnen drei mögliche Fälle auf, d. h.

- Die Anforderung an Q_p greift, d. h. hier wird die Konfiguration (System + Gebäudehülle) so angepasst, dass sich genau der Wert der Anforderung einstellt, z. B. in Abbildung 12 die zweite, vierte und fünfte Variante, deren Balkenlänge genau der Anforderung (85 %) entspricht.
- Die Anforderung an H_T' greift, d. h. die Ausführung der Gebäudehülle wird so begrenzt, dass der Anforderungswert nicht überschritten wird. In den Diagrammen ist diese Größe nicht aufgetragen aber die Größenordnung in der Beschriftung der Abszisse enthalten, z. B. in Abbildung 12 die sechste Variante (ganz rechts), wo beim Pelletkessel "HT115" genau dem Anforderungswert entspricht. In diesem Fall enden die Balken für Q_p jeweils unterhalb des Anforderungswerts, da die bessere Gebäudehülle zu geringeren Energiebedarfen führt.
- Keiner der beiden Anforderungswerte kann mit baubaren Ausführungen eingehalten werden, in diesen Fällen liegen die relativen Q_p -Werte in den Diagrammen über der Anforderungsgröße, z. B. in Abbildung 12 die erste und dritte Variante, die selbst bei sehr guter Ausführung der Gebäudehülle (im Beispiel $H_T' = 0,51 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) die Anforderung an Q_p nicht erreichen.

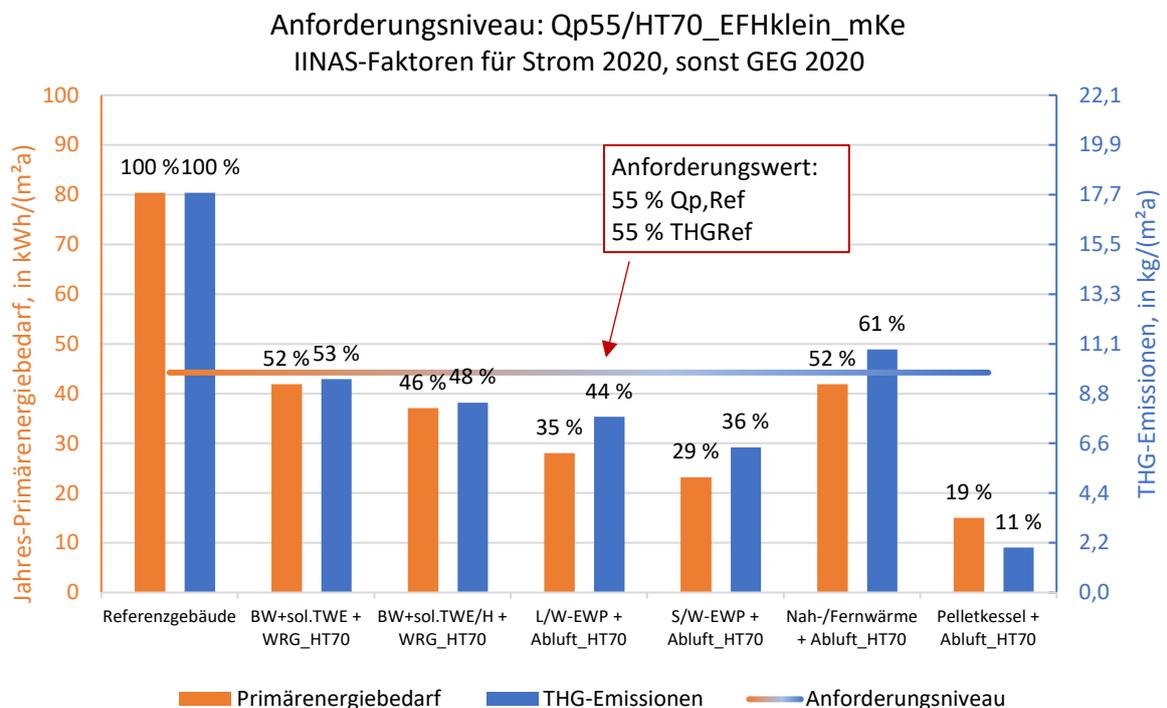
Neubau: Anforderungsniveau EH 55

Abbildung 8
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – EFH klein, mit Keller – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

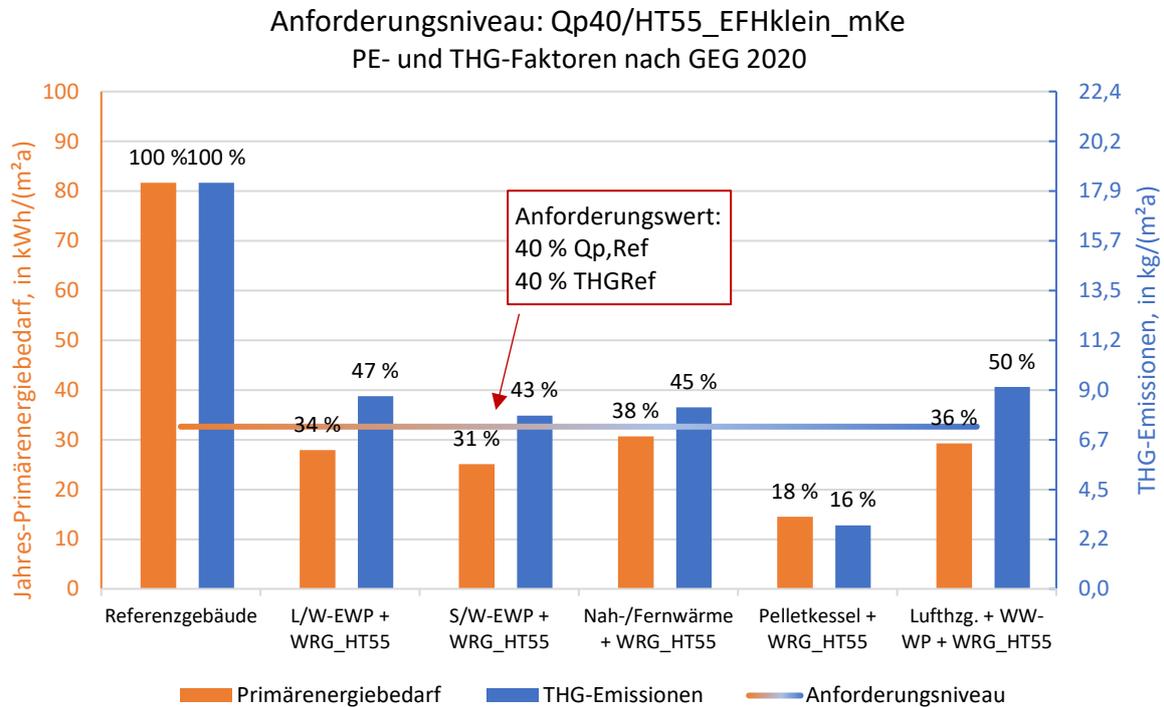
Abbildung 9
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – EFH klein, mit Keller – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

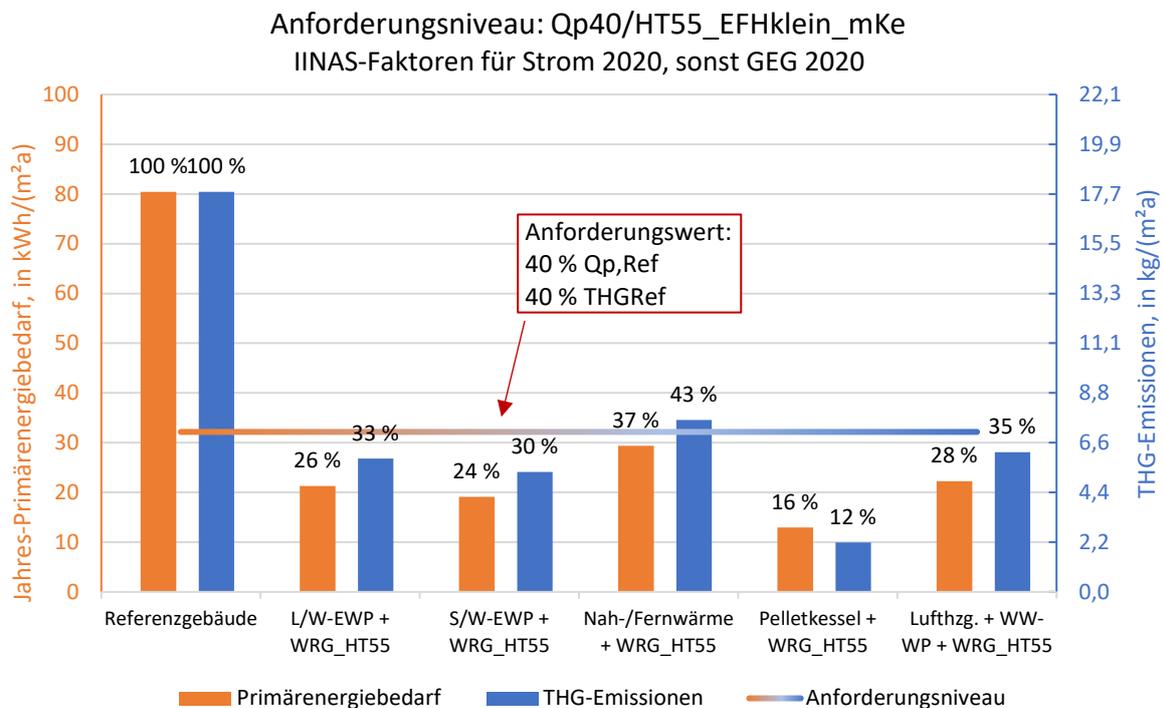
Neubau: Anforderungsniveau EH 40

Abbildung 10
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – EFH klein, mit Keller – Niveau EH 40 – Faktoren nach GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

Abbildung 11
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – EFH klein, mit Keller – Niveau EH 40 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

Bestand: Anforderungsniveau EH 85

Abbildung 12

Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – EFH klein, mit Keller – Niveau EH 85 – Faktoren nach GEG 2020

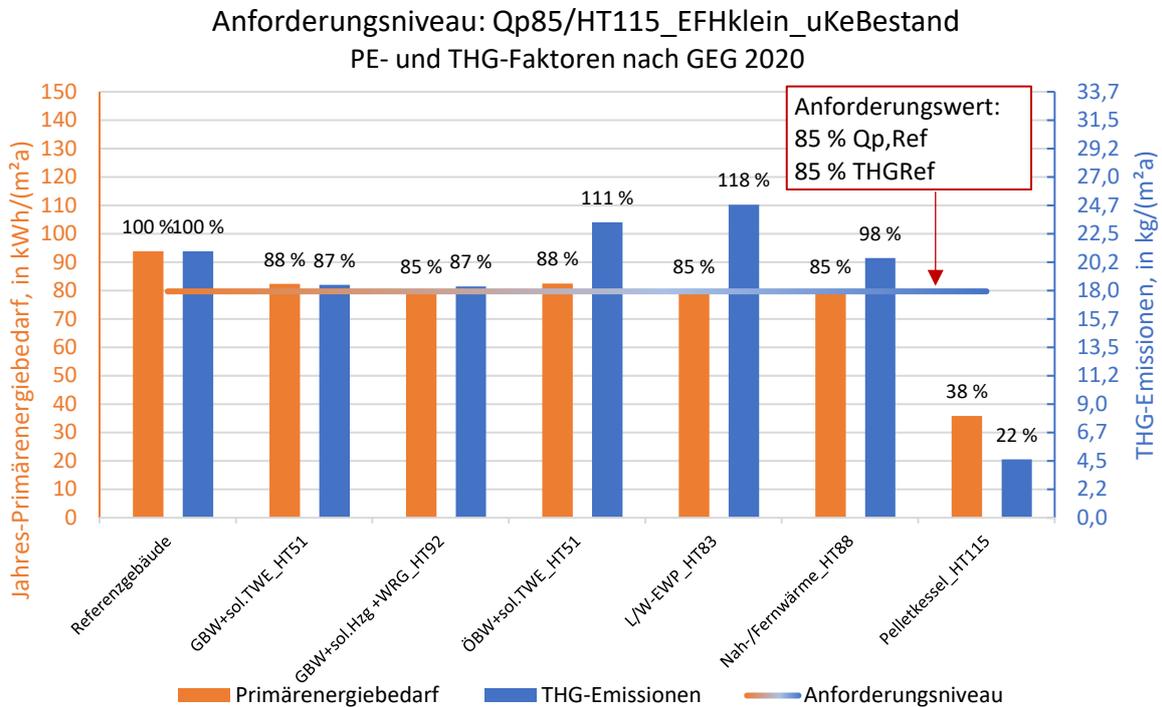
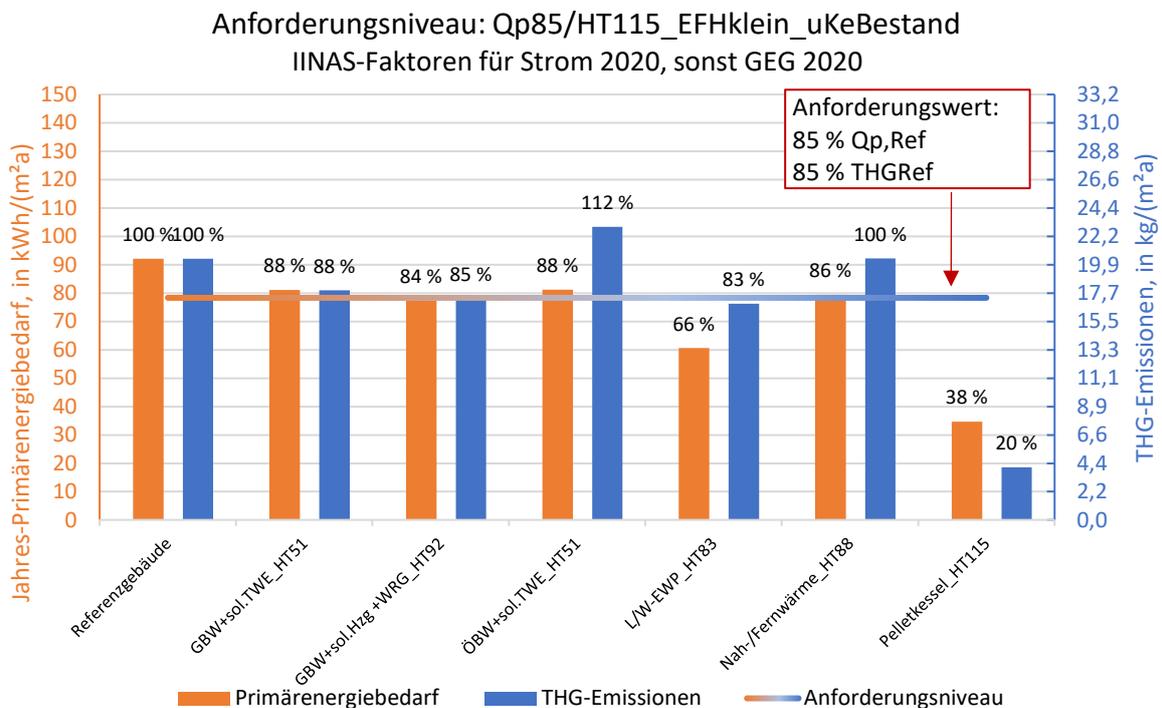


Abbildung 13

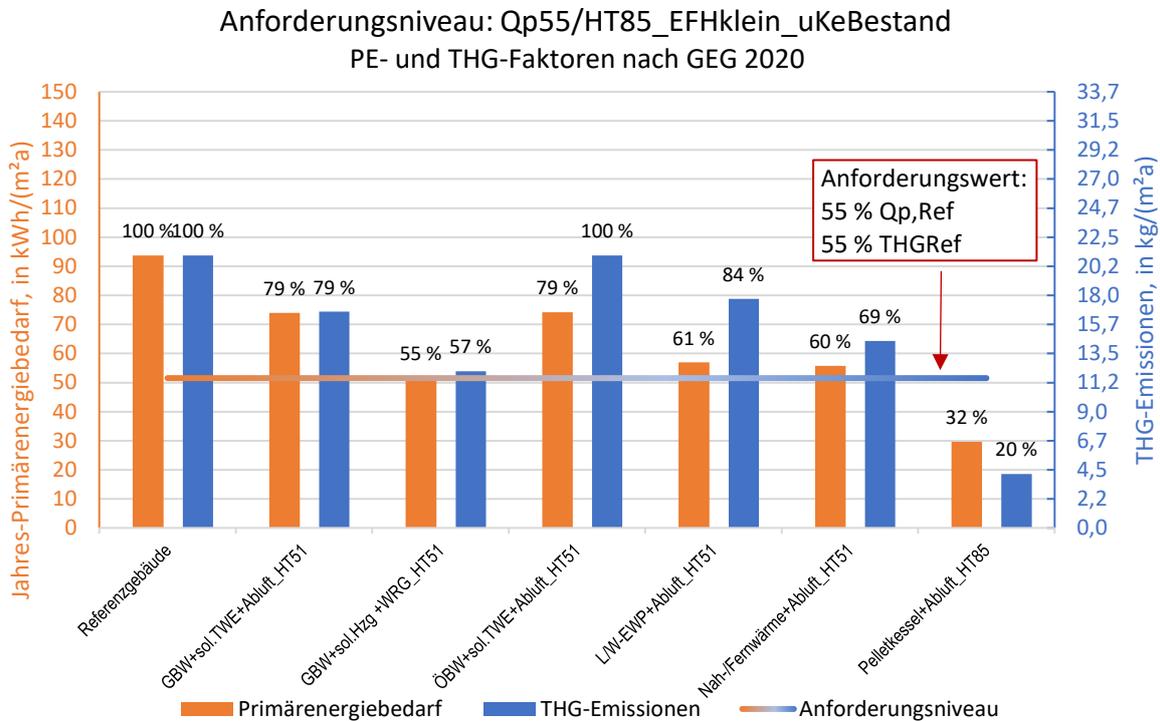
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – EFH klein, mit Keller – Niveau EH 85 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



Bestand: Anforderungsniveau EH 55

Abbildung 14

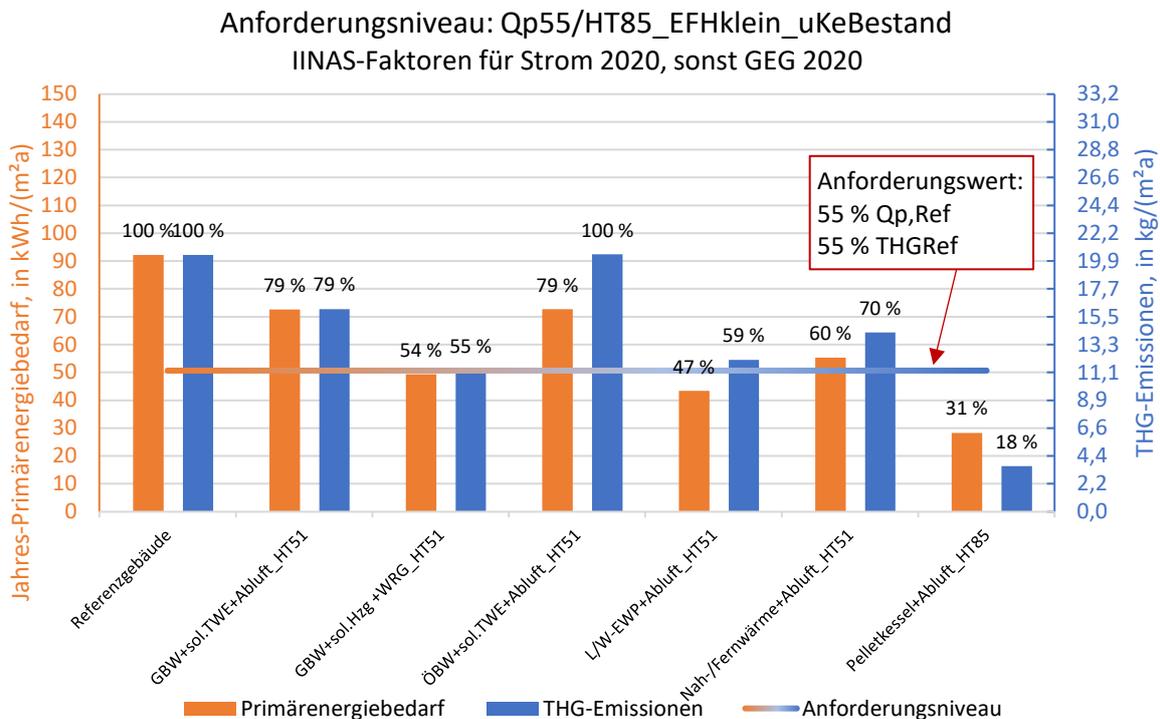
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – EFH klein, mit Keller – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

Abbildung 15

Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – EFH klein, mit Keller – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

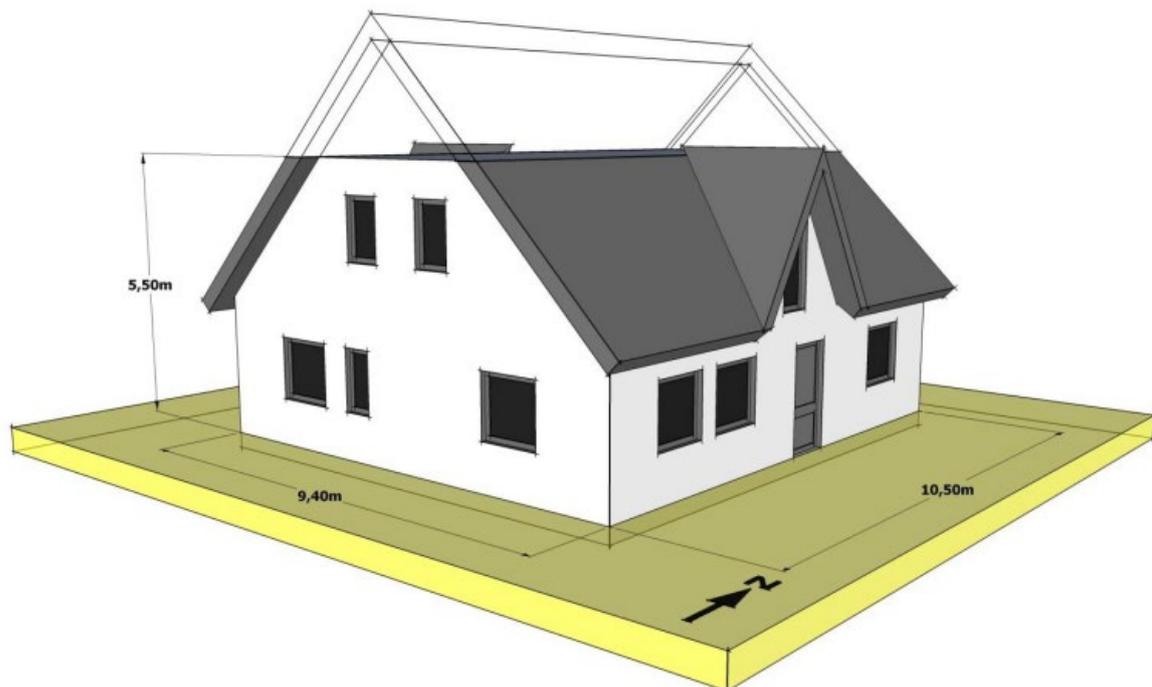
3.2.3 Einfamilienhaus klein, nicht unterkellert

Bei dem betrachteten Gebäude handelt es sich um ein kleines freistehendes Einfamilienhaus ohne Unterkellerung. Der Gebäudekörper entspricht dem vorgenannten EFH mit Keller. Tabelle 15 enthält die wesentlichen Gebäudedaten und Abbildung 16 stellt das Gebäude in einer Ansicht dar.

Tabelle 15
Gebäudedaten Einfamilienhaus klein, ohne Keller

	beheiztes Volumen V_e [m ³]	Beheizte Nutz- fläche A_N [m ²]	wärmetau- schende Hüllfläche A [m ²]	Keller vorhanden	Keller Beheizung
Neubau	465,0	148,8	368,7	nein	-
Bestand	465,0	148,8	368,7	nein	-

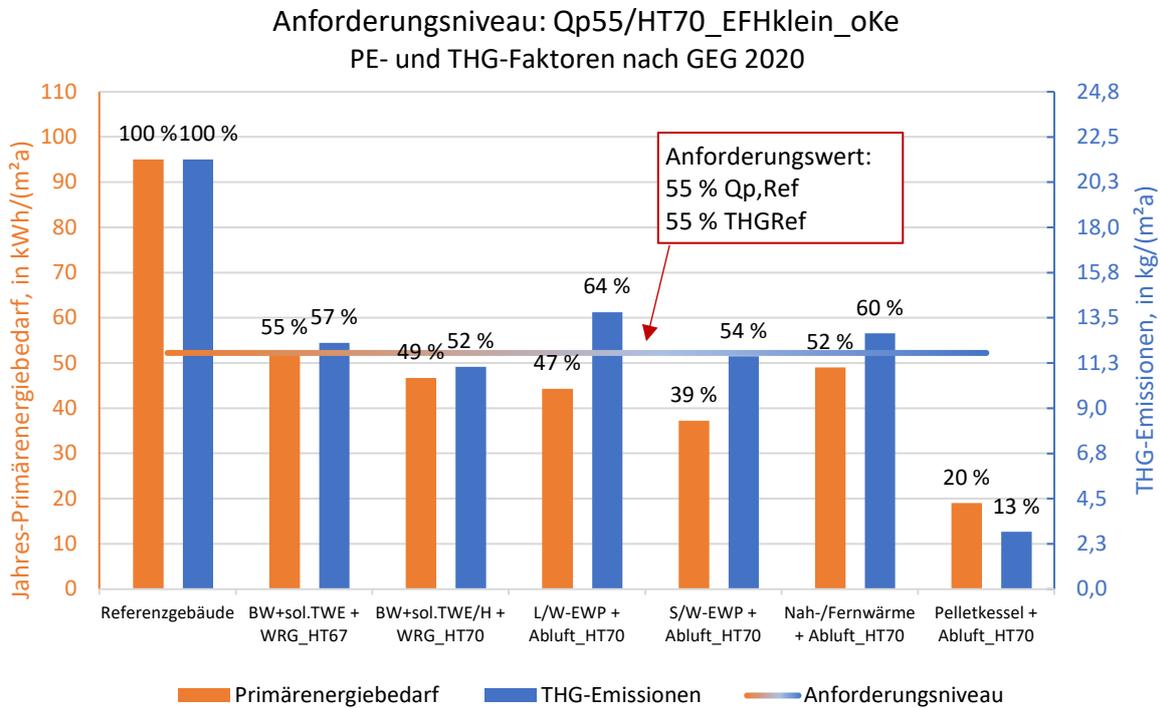
Abbildung 16
Ansicht EFH klein, ohne Keller



Quelle: [30]

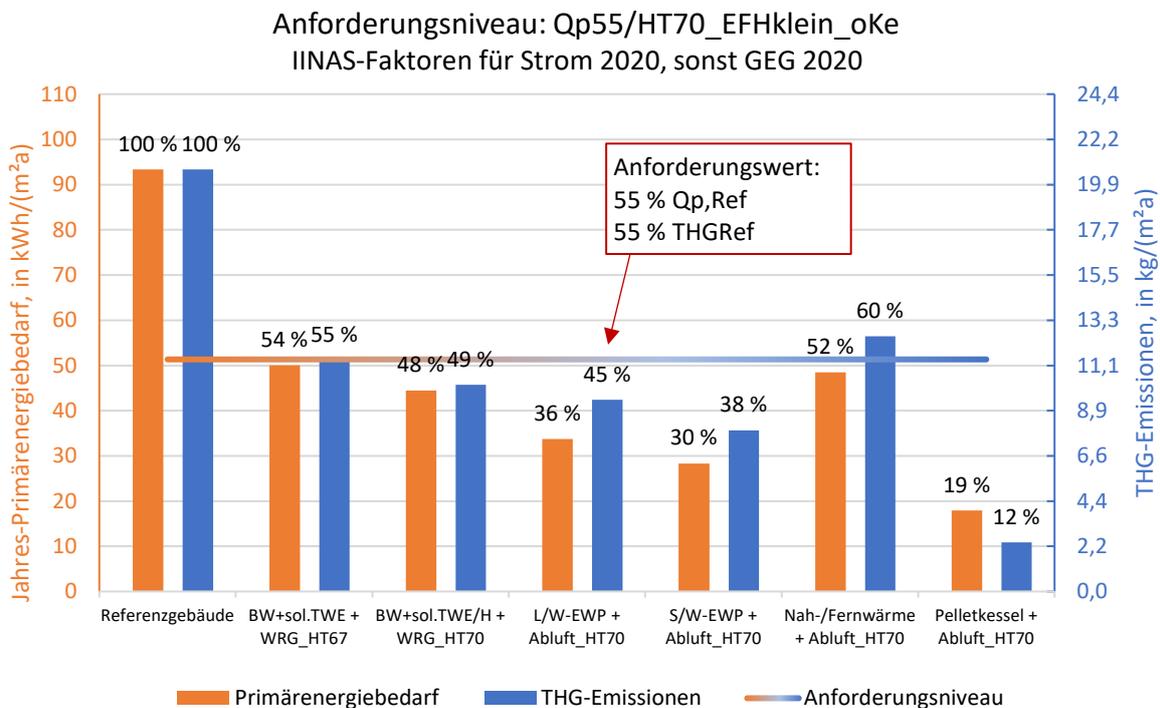
Neubau: Anforderungsniveau EH 55

Abbildung 17
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – EFH klein, ohne Keller – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

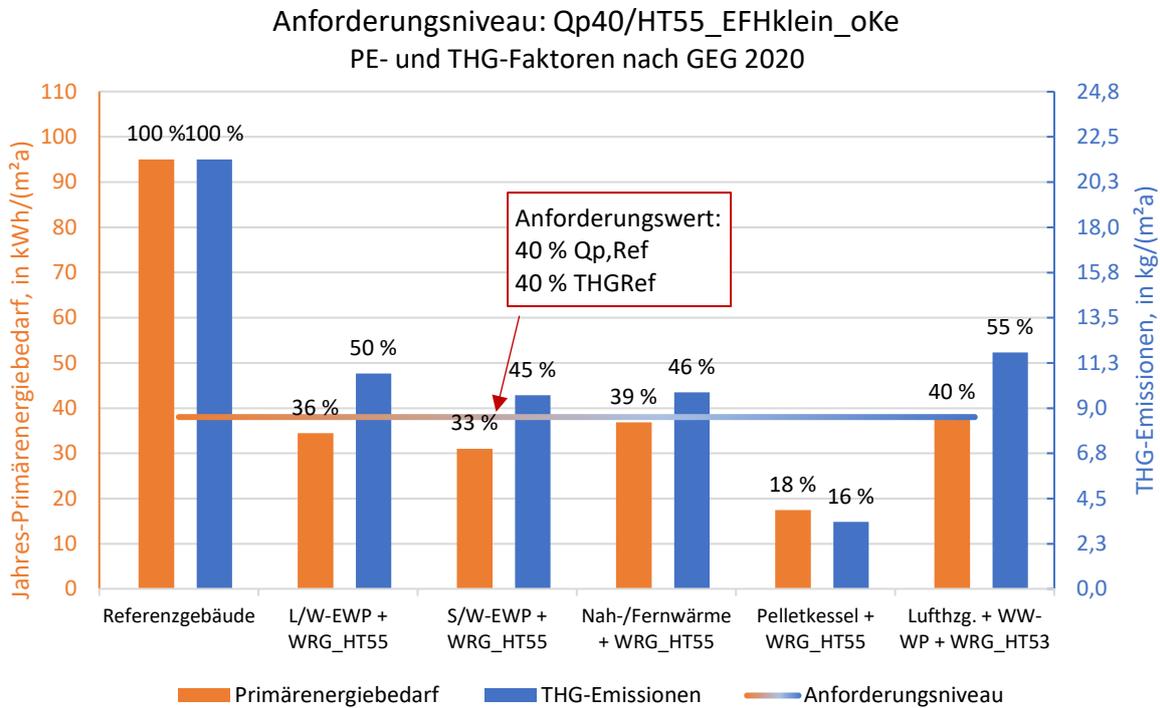
Abbildung 18
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – EFH klein, ohne Keller – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

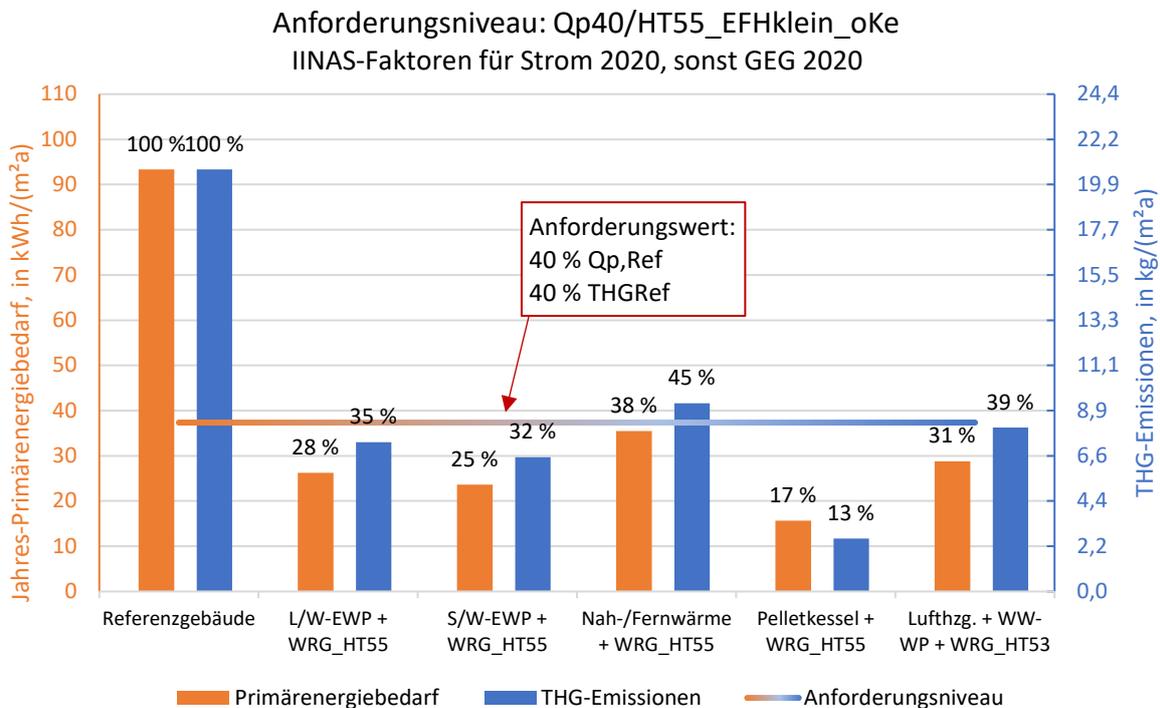
Neubau: Anforderungsniveau EH 40

Abbildung 19
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – EFH klein, ohne Keller – Niveau EH 40 – Faktoren nach GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

Abbildung 20
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – EFH klein, ohne Keller – Niveau EH 40 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

Bestand: Anforderungsniveau EH 85

Abbildung 21
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – EFH klein, ohne Keller – Niveau EH 85 – Faktoren nach GEG 2020

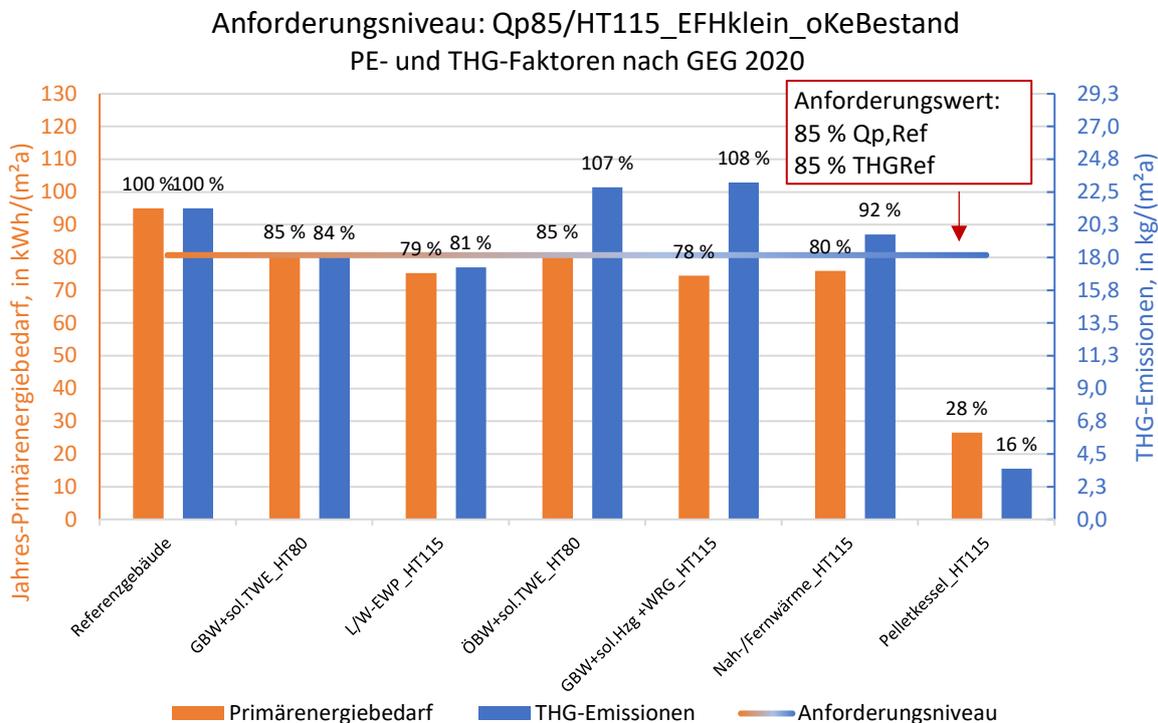
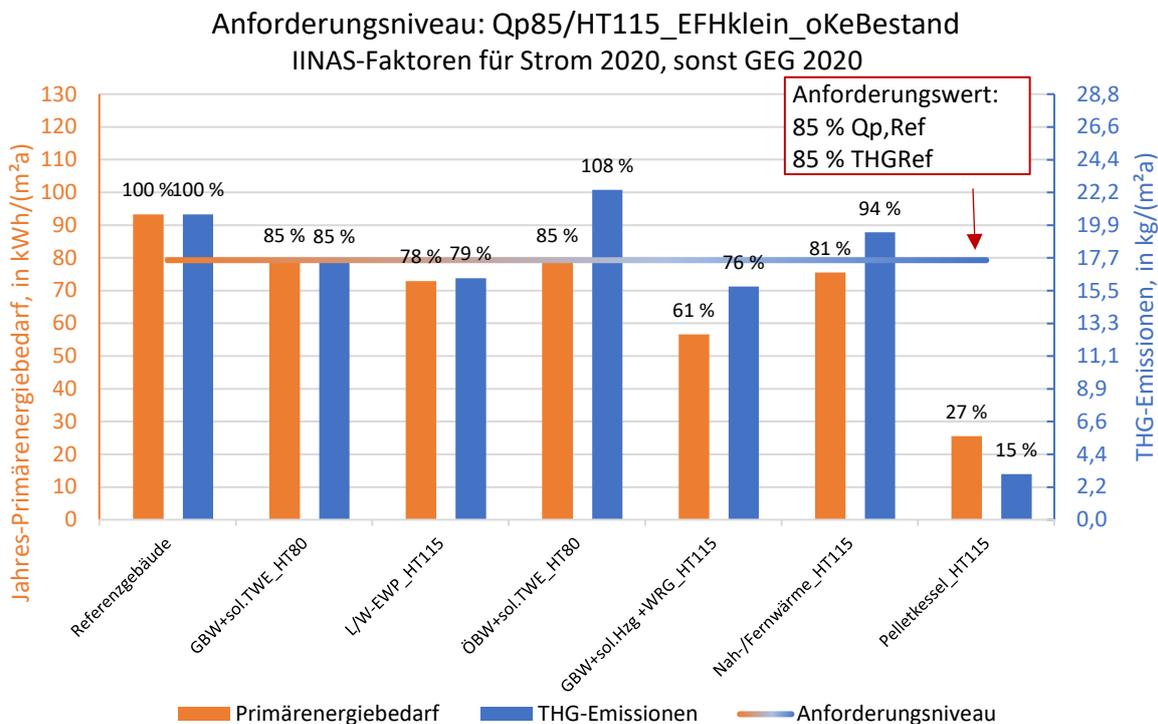


Abbildung 22
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – EFH klein, ohne Keller – Niveau EH 85 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



Bestand: Anforderungsniveau EH 55

Abbildung 23
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – EFH klein, ohne Keller – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020

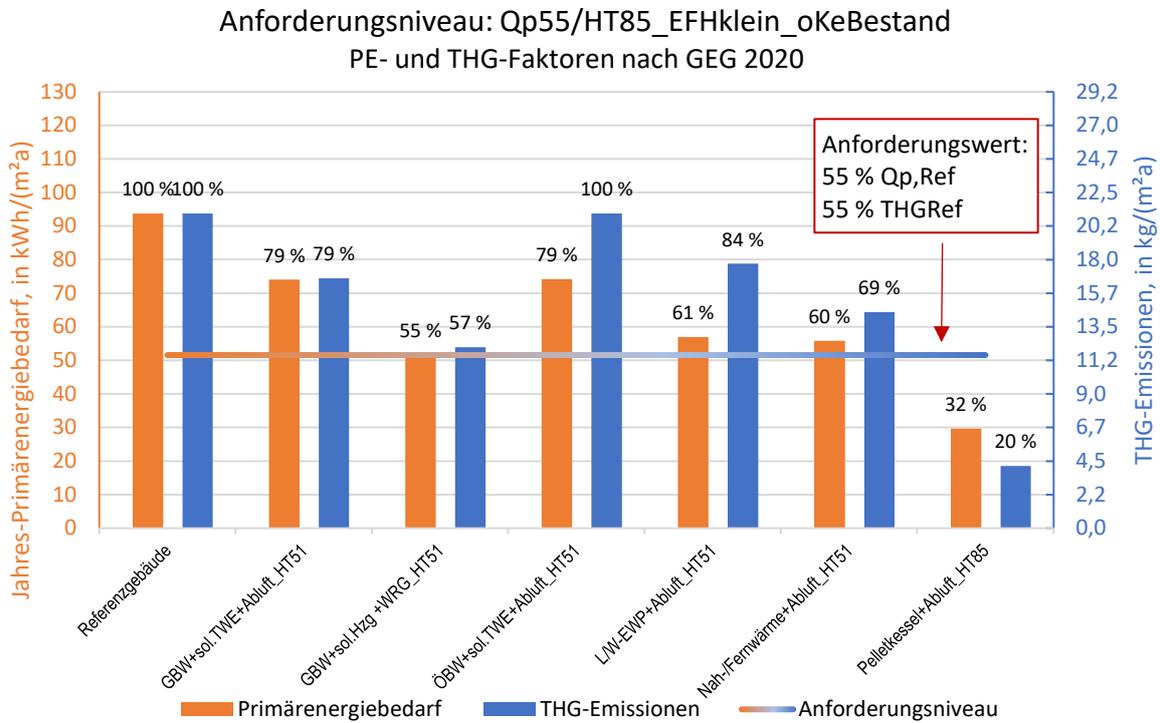
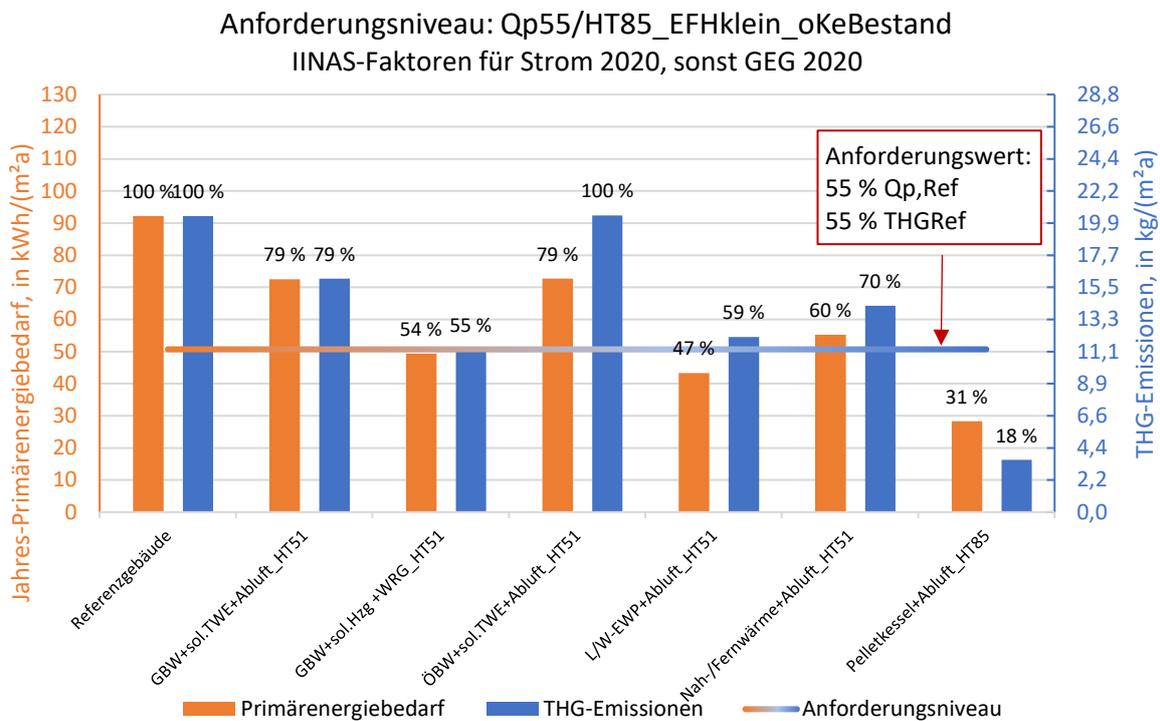


Abbildung 24
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – EFH klein, ohne Keller – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



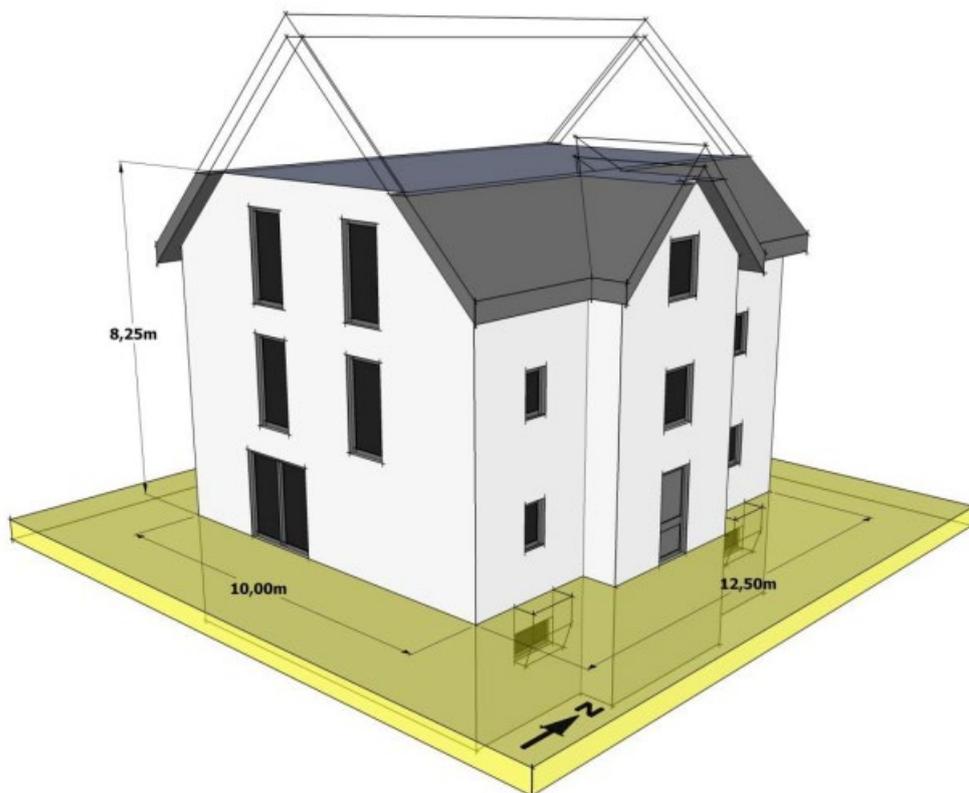
3.2.4 Einfamilienhaus (groß)

Bei dem betrachteten Gebäude handelt es sich um ein größeres freistehendes Einfamilienhaus, das unterkellert ist. Bei den Berechnungen für Bestand wird unterstellt, dass der Keller nicht beheizt wird und sich damit nicht innerhalb der thermischen Hülle befindet. Bei den Berechnungen für Neubau wird dagegen von einem beheizten Kellergeschoss ausgegangen. Tabelle 16 enthält die wesentlichen Gebäudedaten und Abbildung 25 stellt das Gebäude in einer Ansicht dar.

Tabelle 16
Gebäudedaten Einfamilienhaus, groß, mit Keller

	beheiztes Volumen V_e [m ³]	beheizte Nutzfläche A_N [m ²]	wärmetauschende Hüllfläche A [m ²]	Keller vorhanden	Keller Beheizung
Neubau	1.272,0	407,0	649,0	ja	beheizt
Bestand	925,0	296,0	539,0	ja	unbeheizt

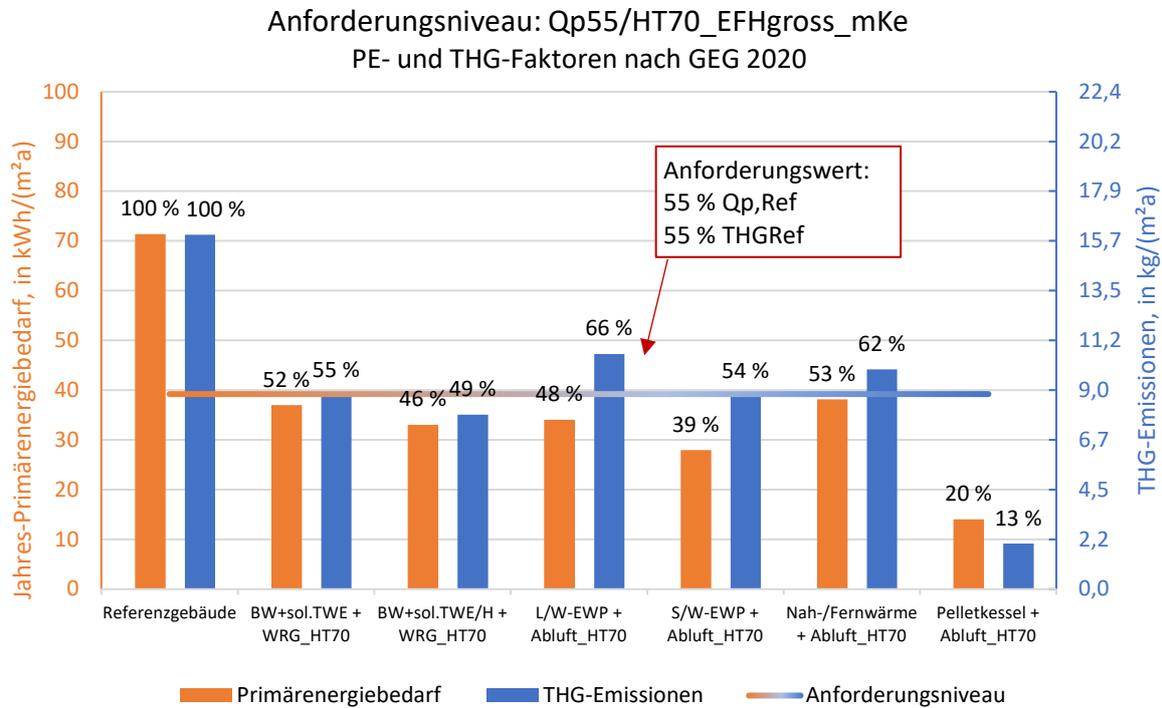
Abbildung 25
Ansicht EFH, groß, mit Keller



Quelle: [30]

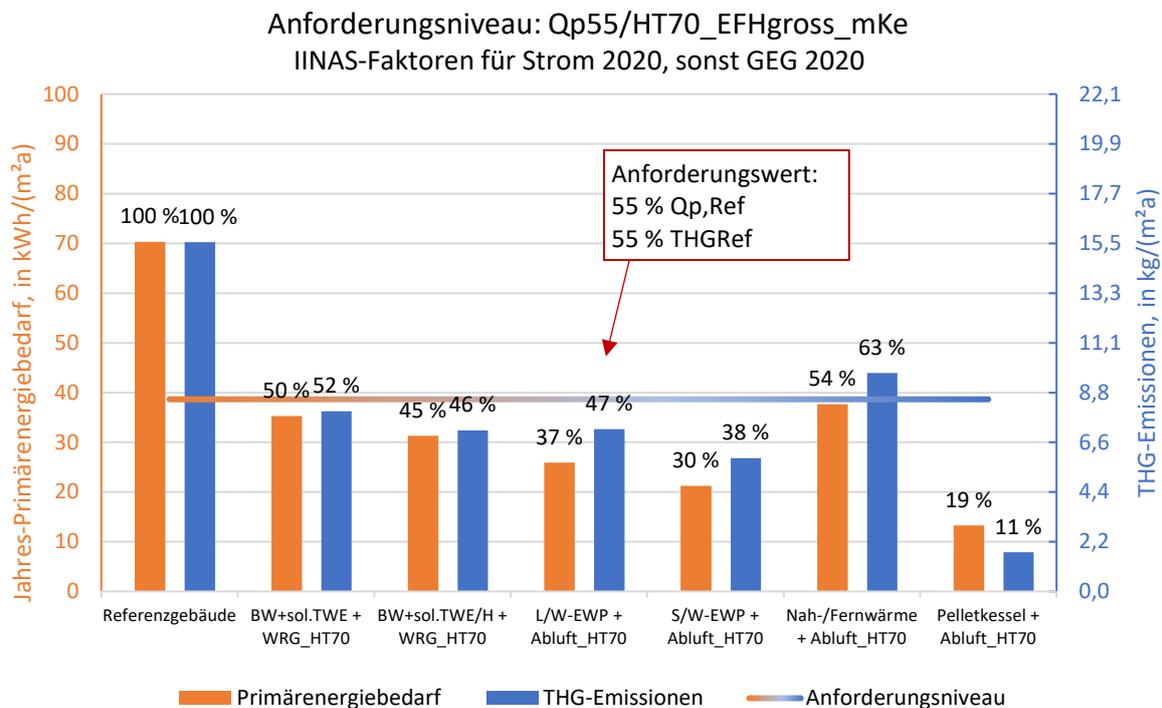
Neubau: Anforderungsniveau EH 55

Abbildung 26
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – EFH groß – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

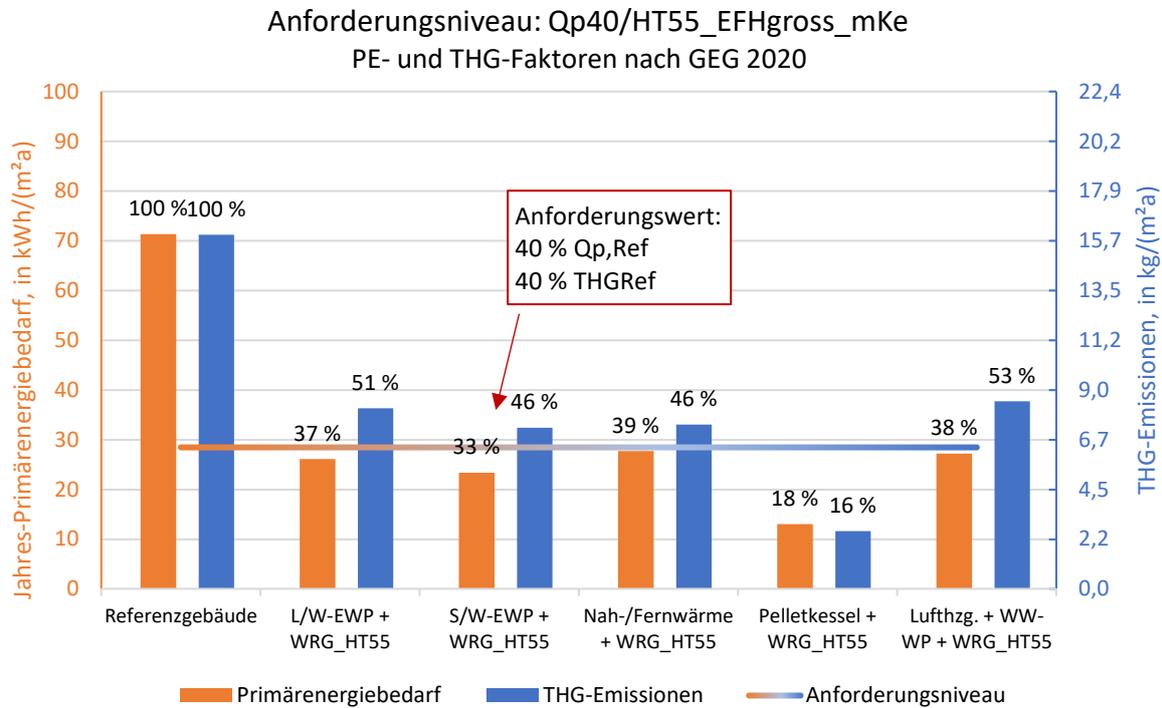
Abbildung 27
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – EFH groß – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

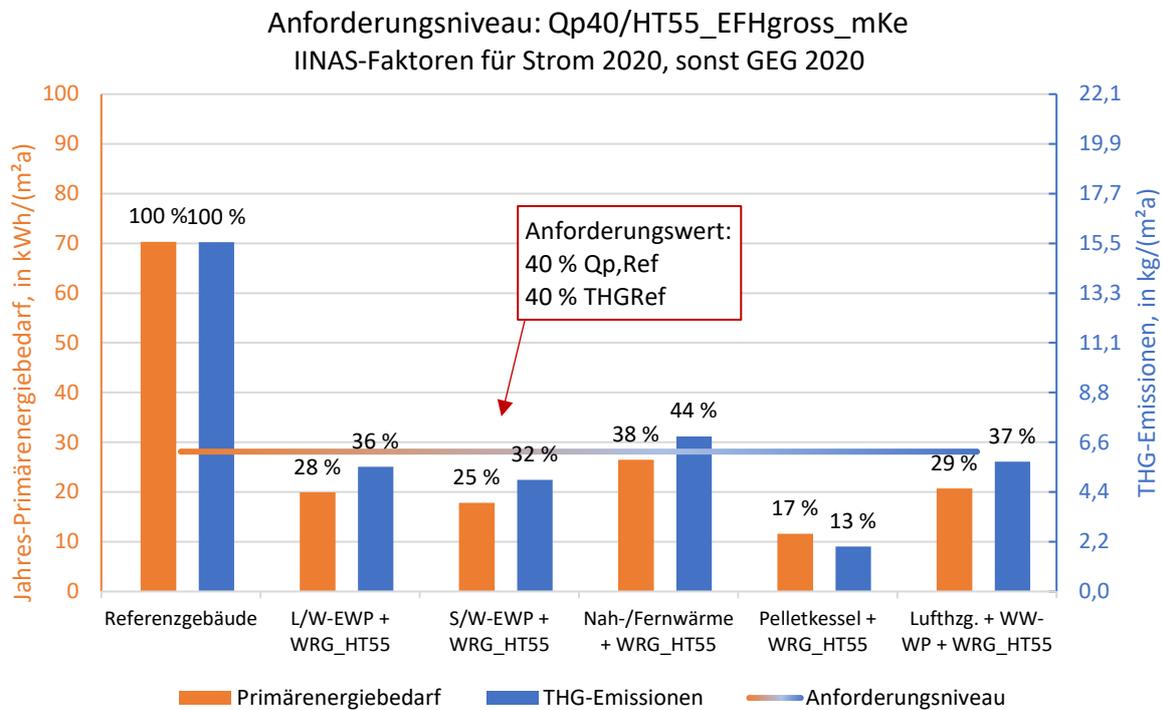
Neubau: Anforderungsniveau EH 40

Abbildung 28
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – EFH groß – Niveau EH 40 – Faktoren nach GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

Abbildung 29
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – EFH groß – Niveau EH 40 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

Bestand: Anforderungsniveau EH 85

Abbildung 30
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – EFH groß – Niveau EH 85 – Faktoren nach GEG 2020

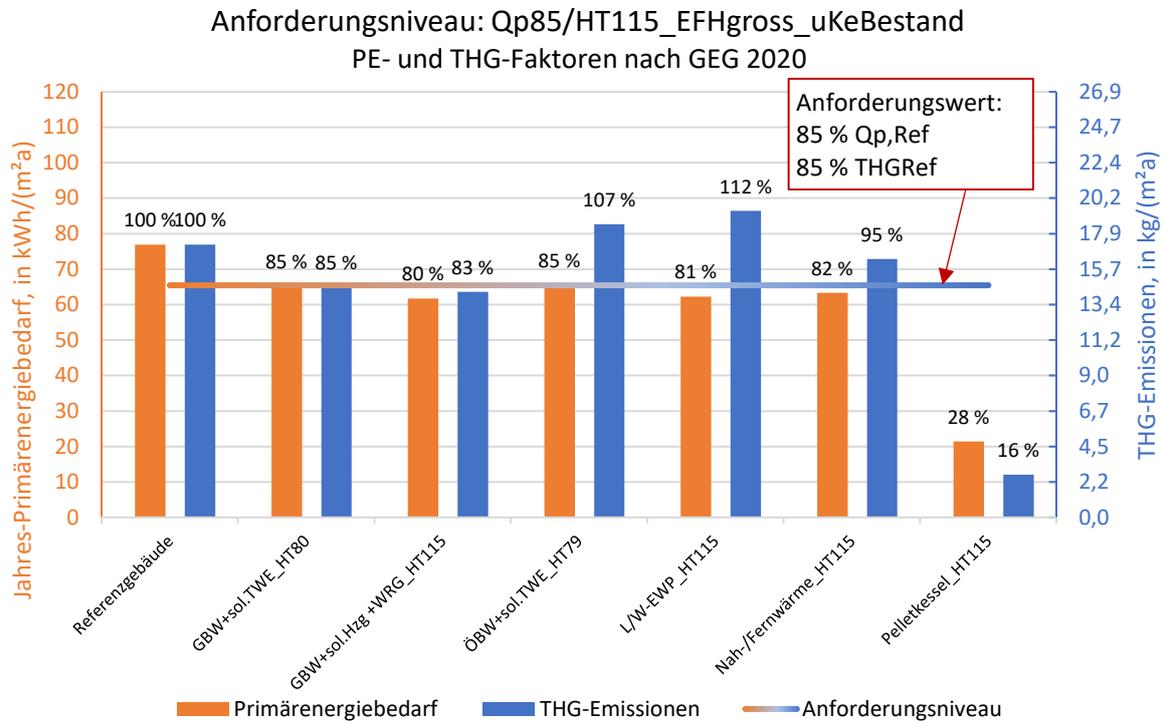
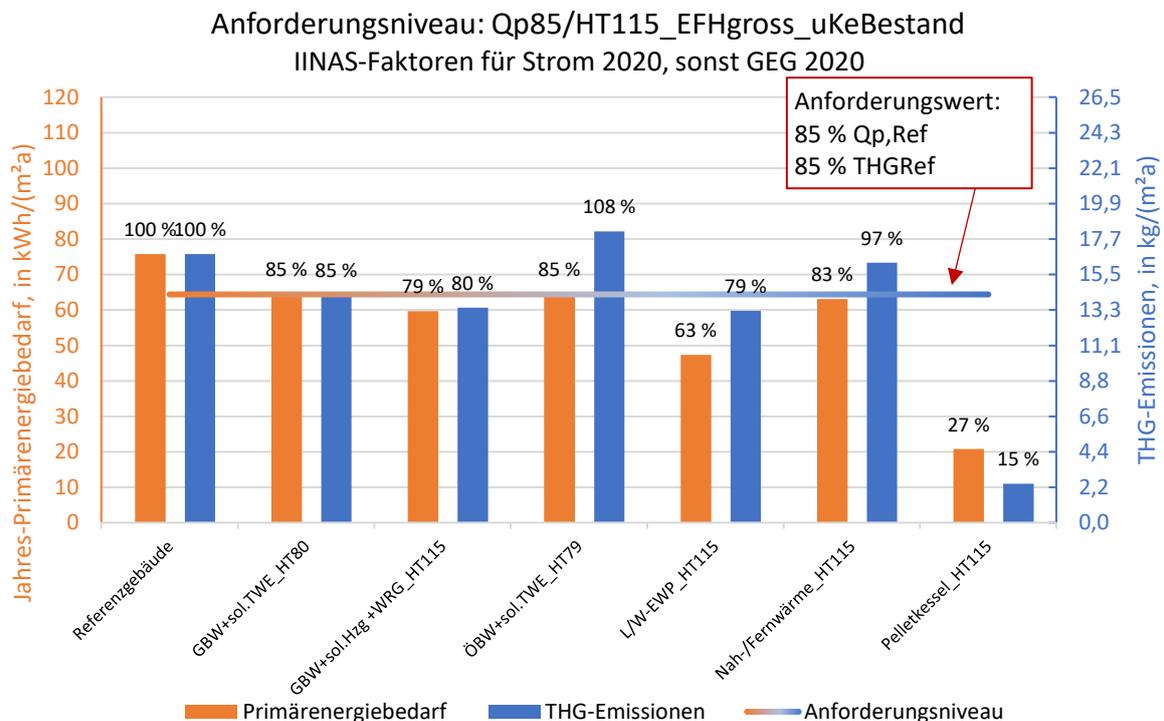


Abbildung 31
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – EFH groß – Niveau EH 85 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



Bestand: Anforderungsniveau EH 55

Abbildung 32
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – EFH groß – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020

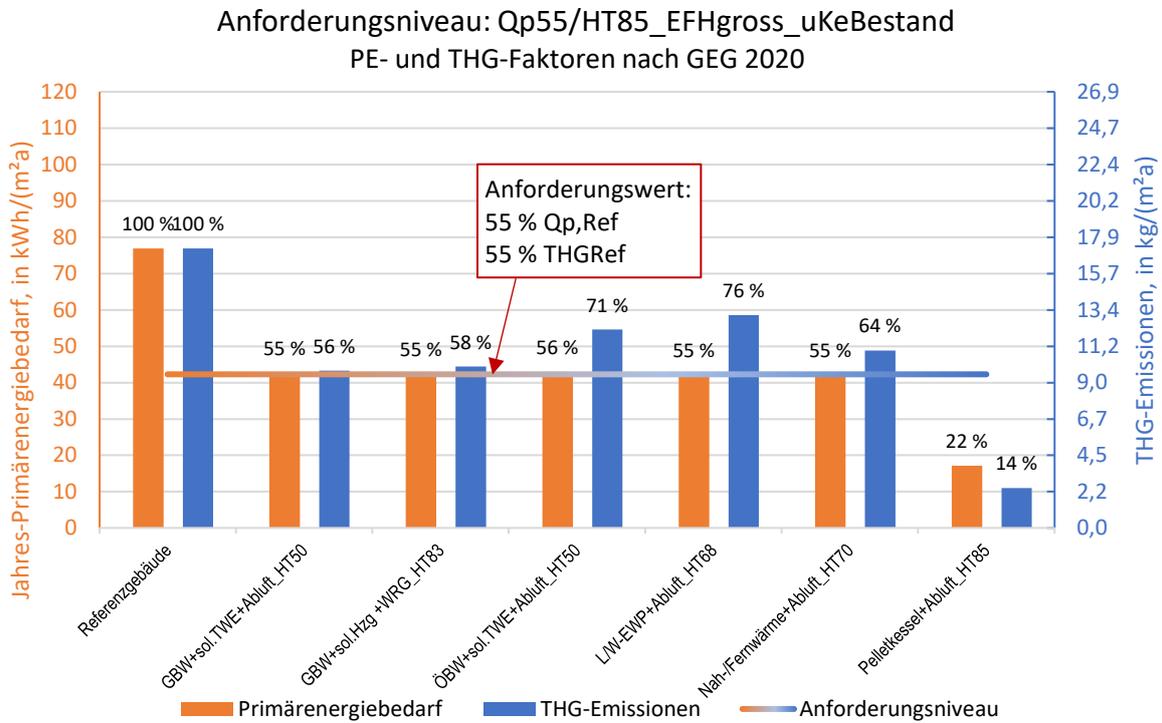
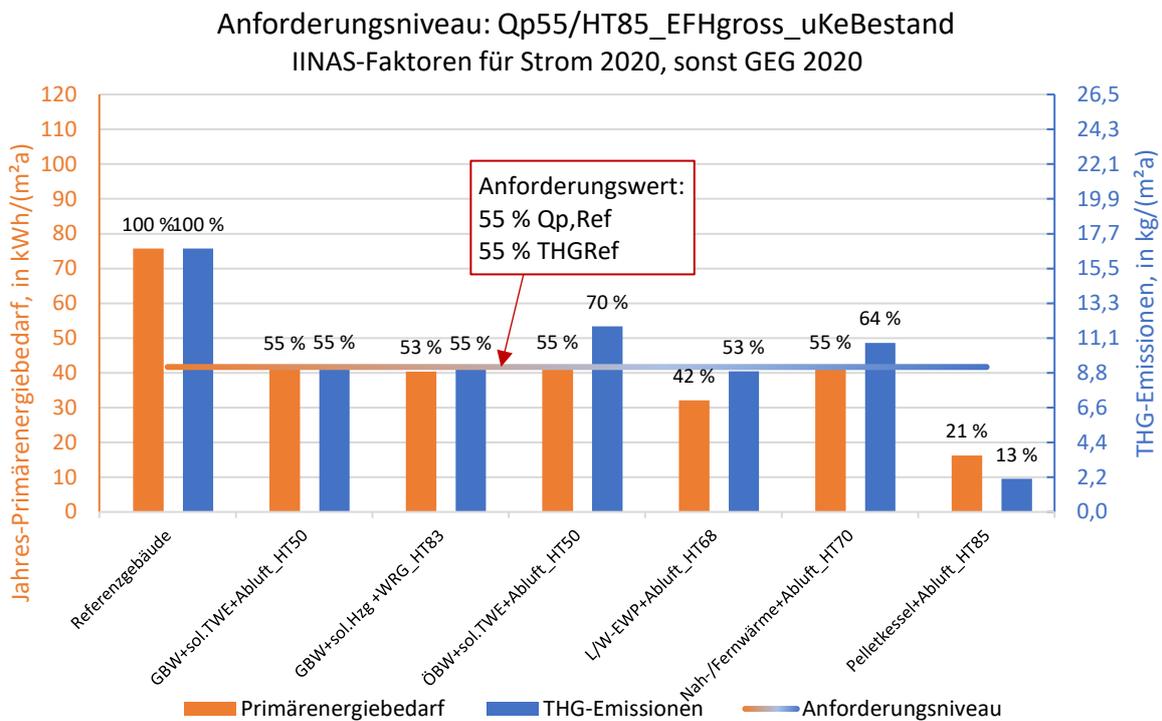


Abbildung 33
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – EFH groß – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



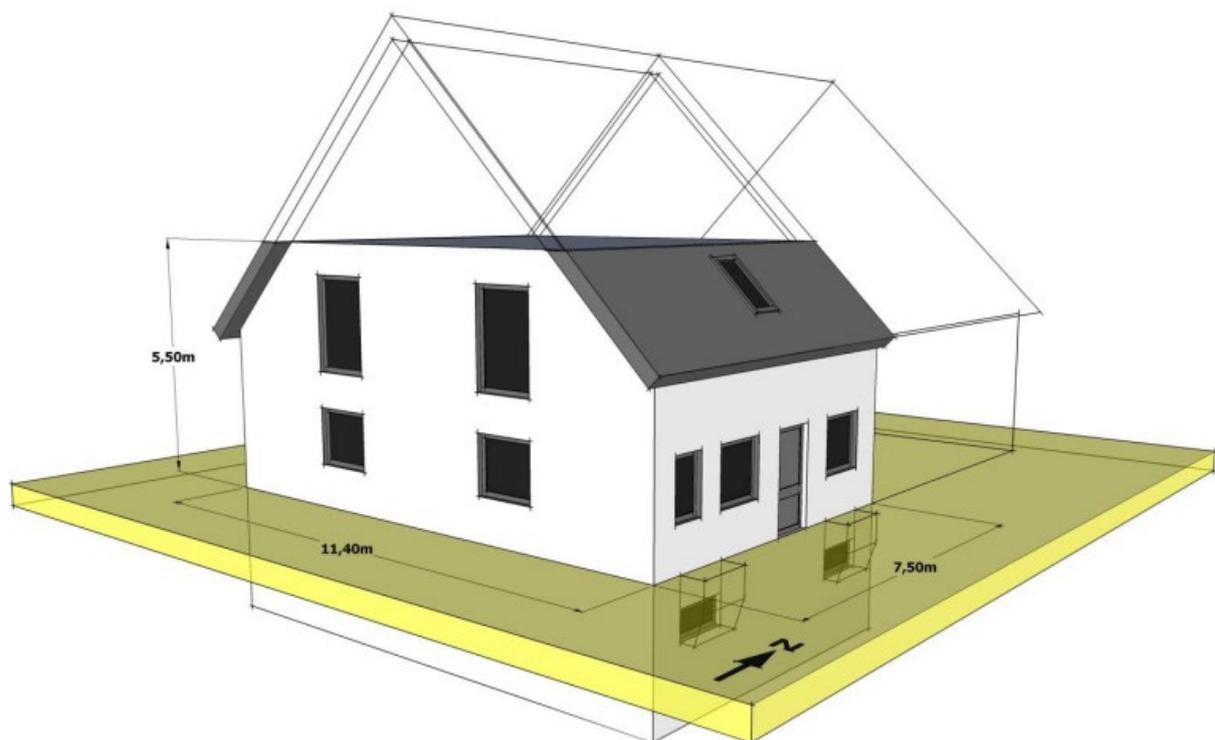
3.2.5 Reihenmittelhaus

Bei dem betrachteten Gebäude handelt es sich um ein zweiseitig angebautes Reihenmittelhaus, das bei der Neubauausführung unterkellert ist. Bei den Berechnungen für Bestand wird unterstellt, dass kein Keller vorhanden ist. Bei den Berechnungen für Neubau wird dagegen von einem beheizten Kellergeschoss ausgegangen. Tabelle 17 enthält die wesentlichen Gebäudedaten und Abbildung 34 stellt das Gebäude in einer Ansicht dar.

Tabelle 17
Gebäudedaten Reihenmittelhaus, mit Keller

	beheiztes Volumen V_e [m ³]	beheizte Nutzfläche A_N [m ²]	wärmetauschende Hüllfläche A [m ²]	Keller vorhanden	Keller Beheizung
Neubau	819,0	262,1	270,4	ja	beheizt
Bestand	603,0	193,0	236,4	nein	-

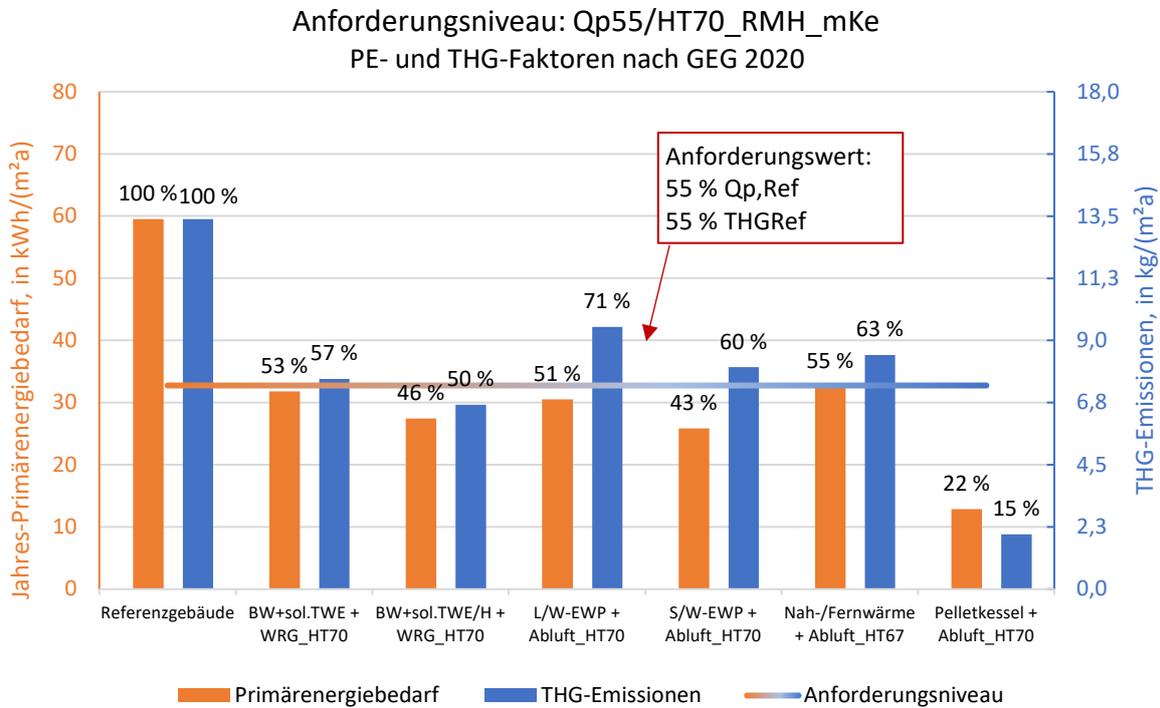
Abbildung 34
Ansicht Reihenmittelhaus, mit Keller im Neubau



Quelle: [30]

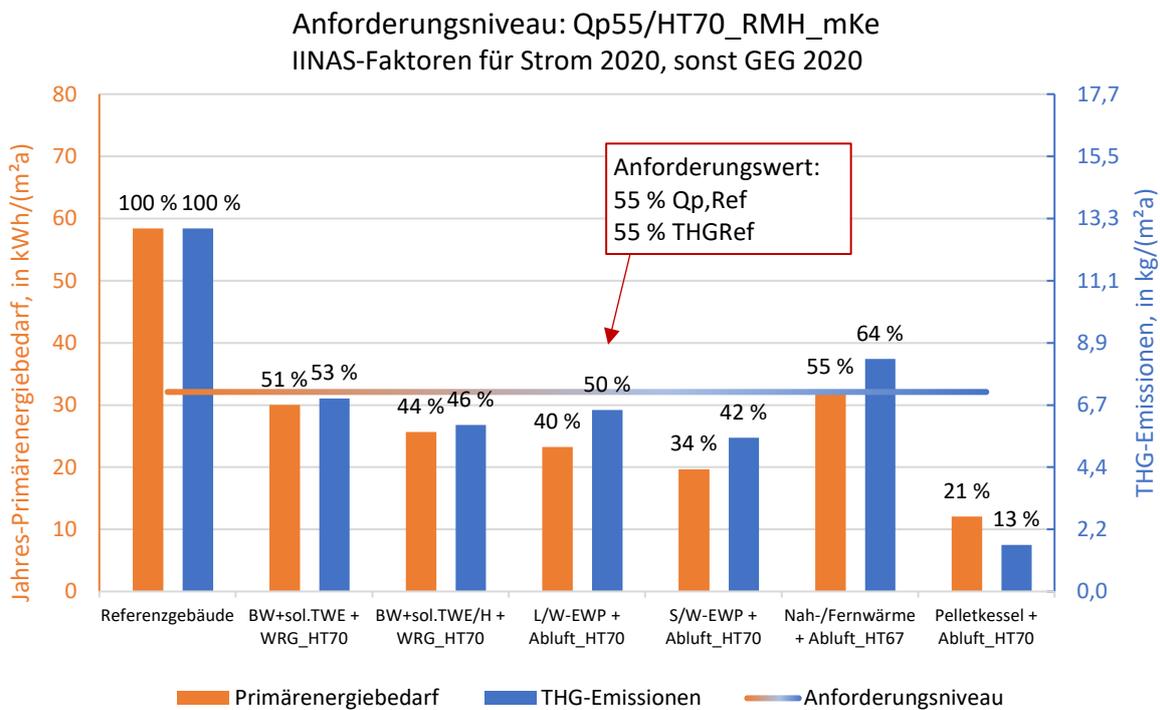
Neubau: Anforderungsniveau EH 55

Abbildung 35
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – Reihenmittelhaus – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

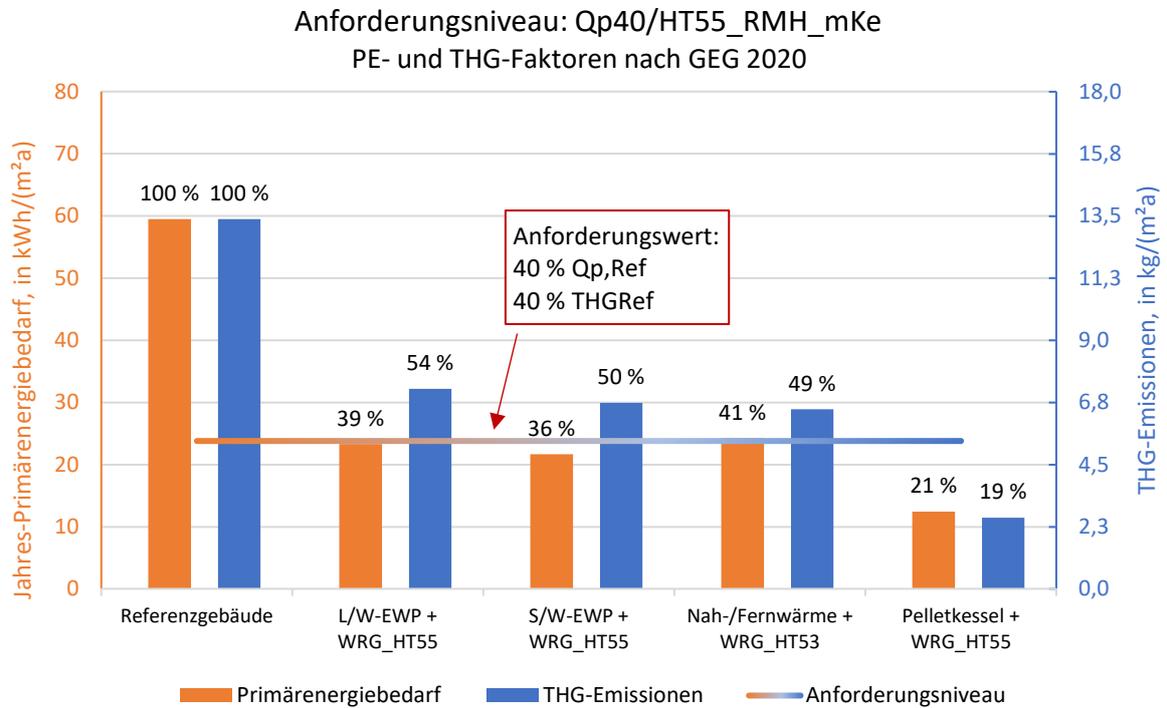
Abbildung 36
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – Reihenmittelhaus – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

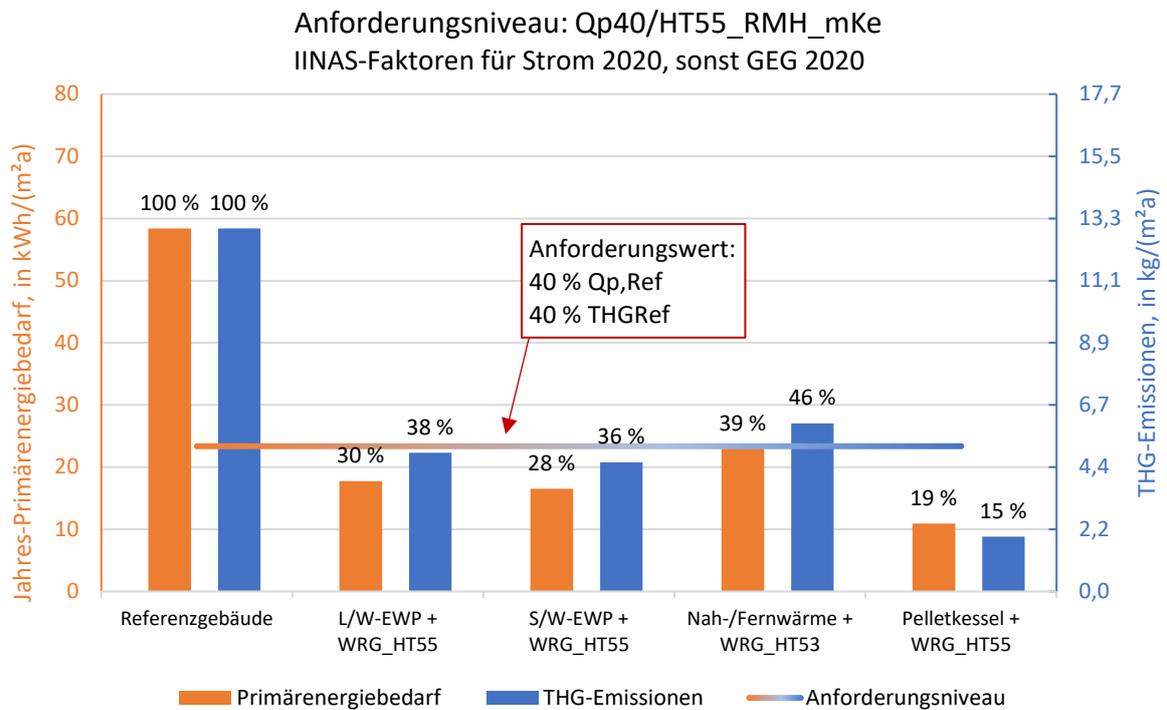
Neubau: Anforderungsniveau EH 40

Abbildung 37
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – Reihenmittelhaus – Niveau EH 40 – Faktoren nach GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

Abbildung 38
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – Reihenmittelhaus – Niveau EH 40 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

Bestand: Anforderungsniveau EH 85

Abbildung 39
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – Reihenmittelhaus – Niveau EH 85 – Faktoren nach GEG 2020

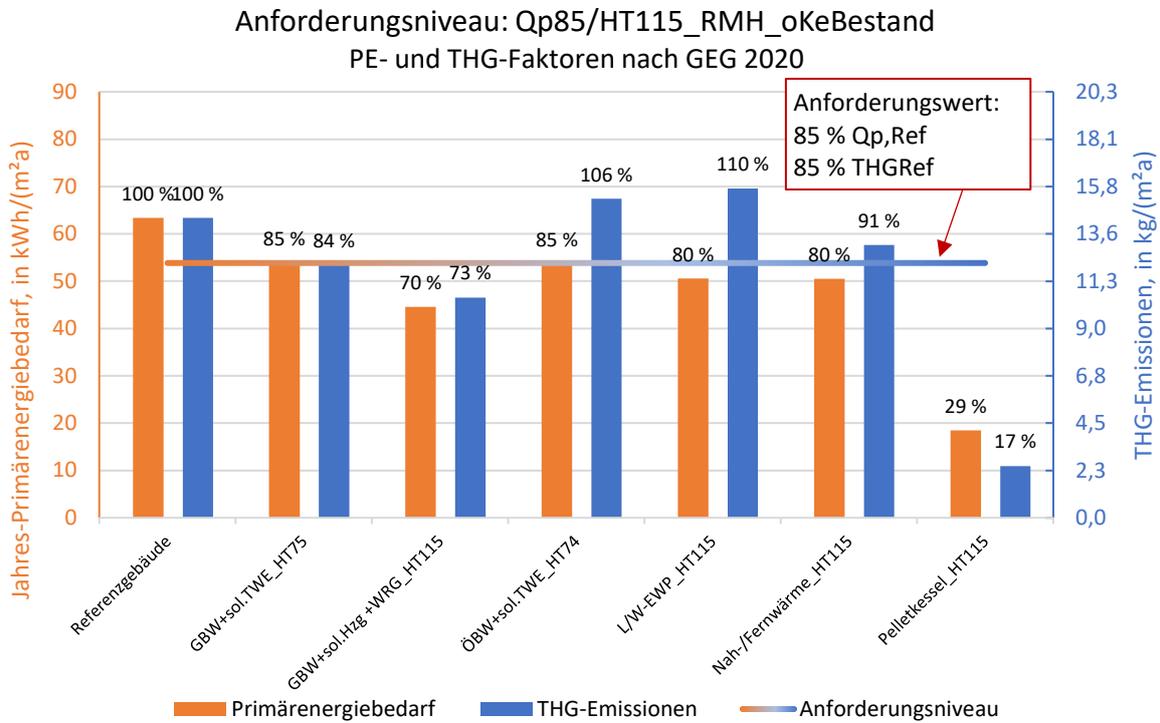
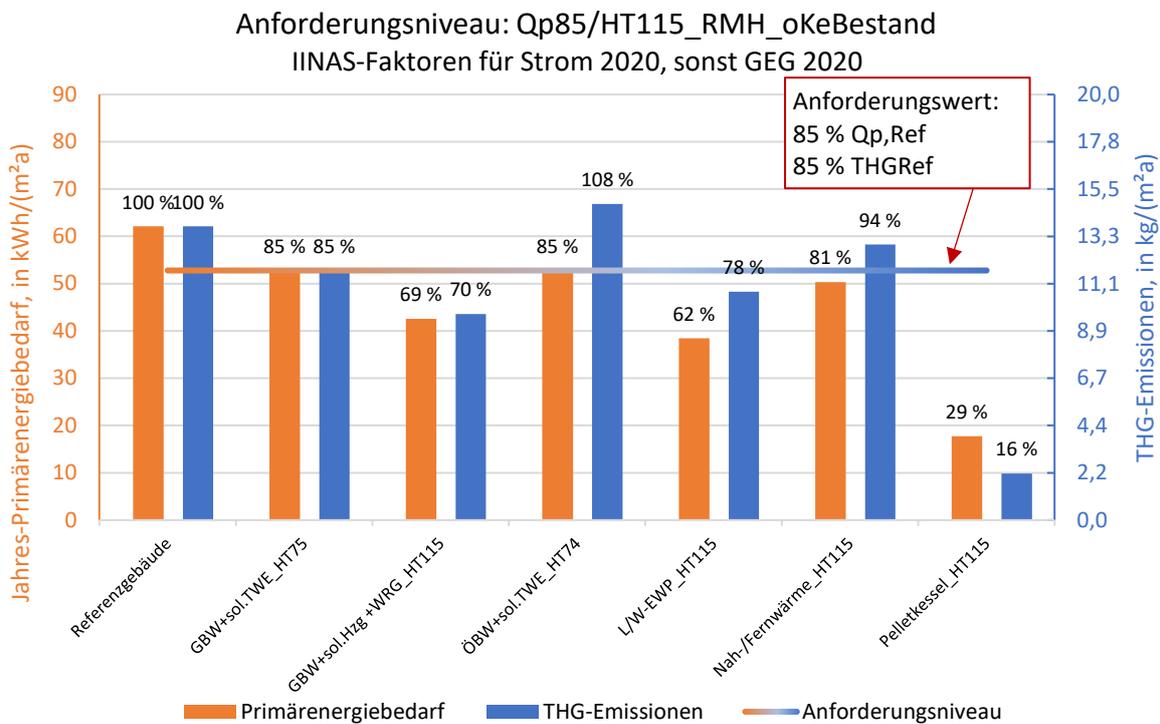
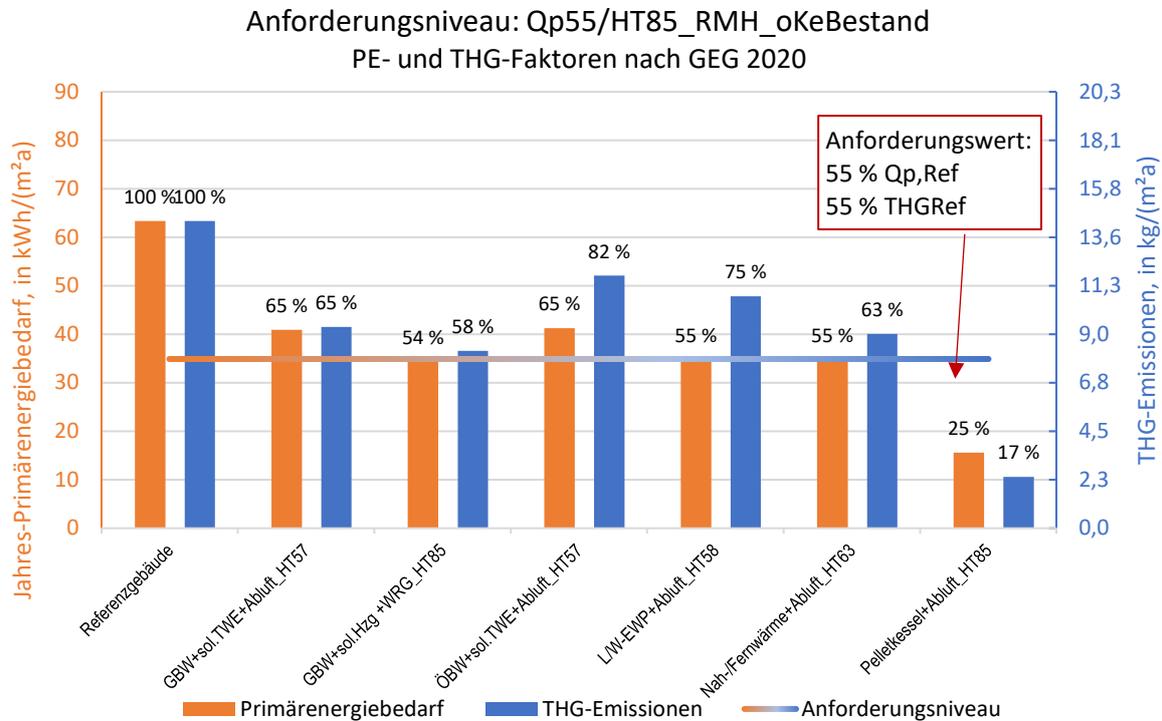


Abbildung 40
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – Reihenmittelhaus – Niveau EH 85 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



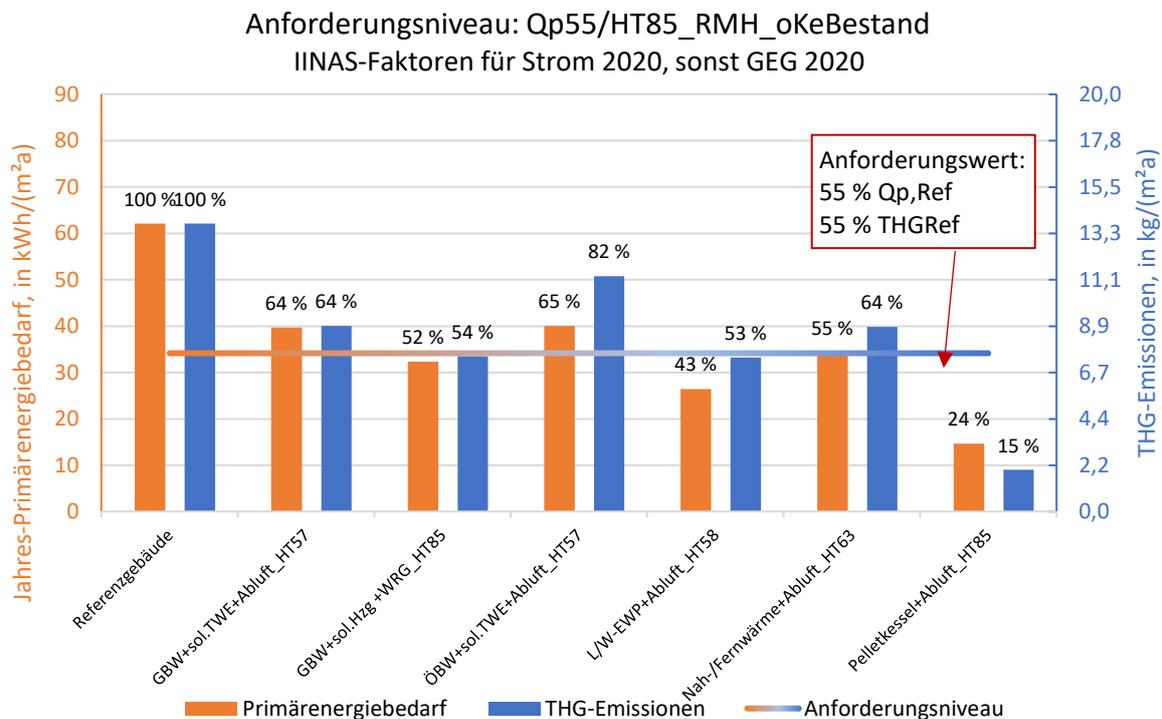
Bestand: Anforderungsniveau EH 55

Abbildung 41
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – Reihenmittelhaus – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

Abbildung 42
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – Reihenmittelhaus – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

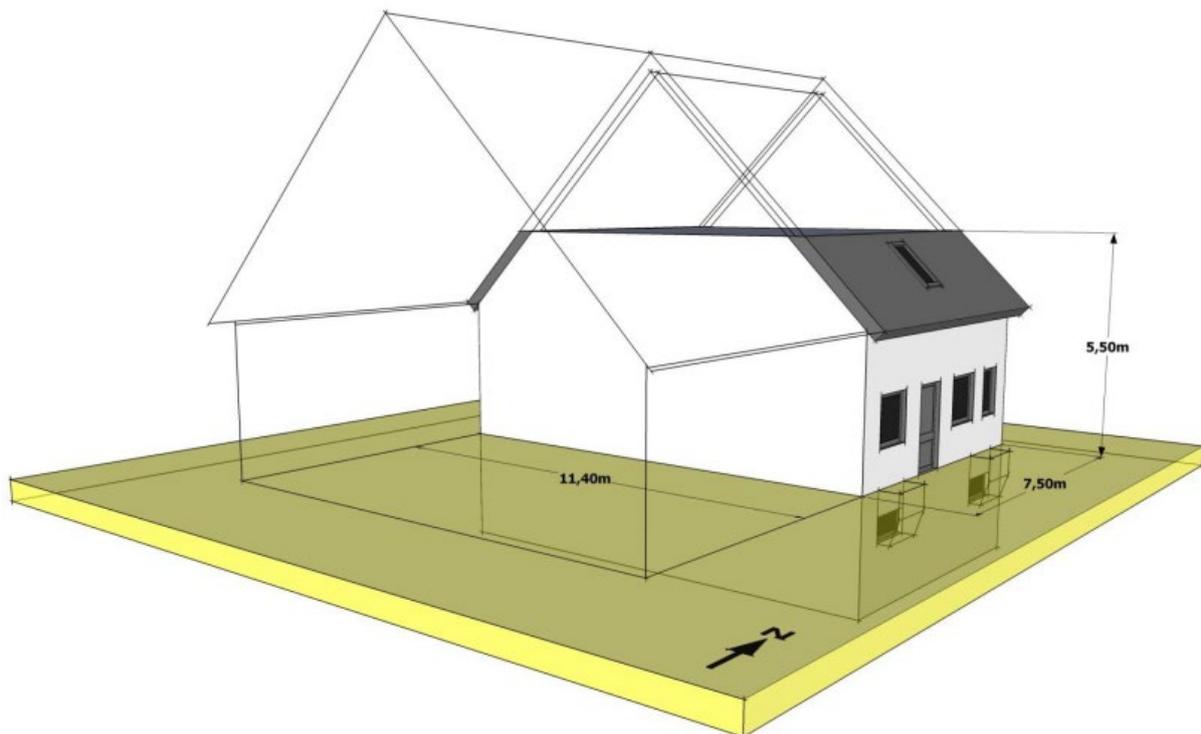
3.2.6 Doppelhaushälfte

Bei dem betrachteten Gebäude handelt es sich um eine einseitig angebaute Doppelhaushälfte ohne Unterkellerung. Tabelle 18 enthält die wesentlichen Gebäudedaten und Abbildung 43 stellt das Gebäude in einer Ansicht dar.

Tabelle 18
Gebäudedaten Doppelhaushälfte, ohne Keller

	beheiztes Volumen V_e [m ³]	beheizte Nutz- fläche A_N [m ²]	wärmetau- schende Hüllfläche A [m ²]	Keller vorhanden	Keller Beheizung
Neubau	465,0	148,8	368,7	nein	-
Bestand	465,0	148,8	368,7	nein	-

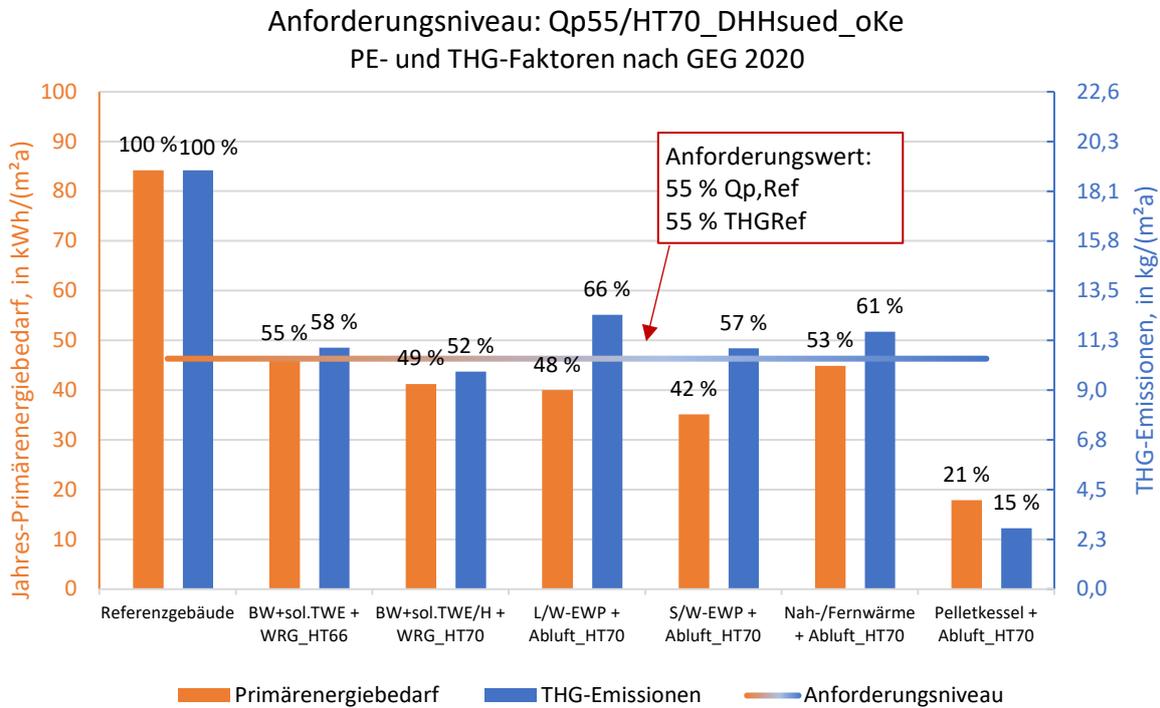
Abbildung 43
Ansicht Doppelhaushälfte



Quelle: [30]

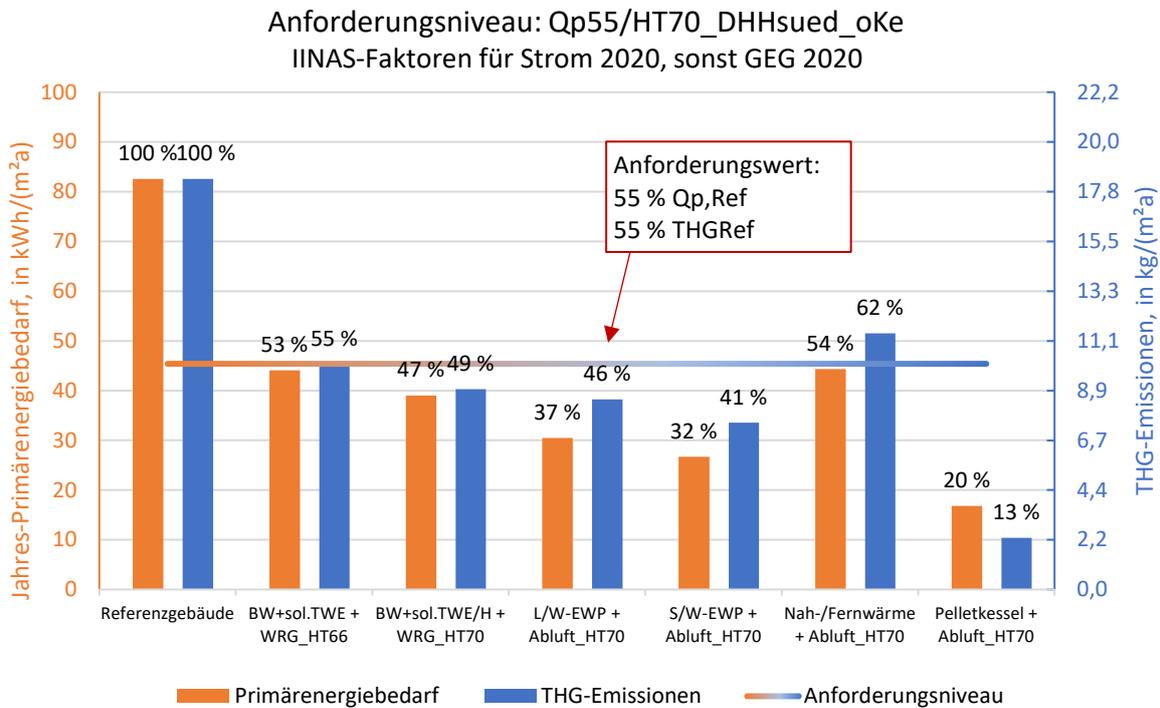
Neubau: Anforderungsniveau EH 55

Abbildung 44
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – Doppelhaushälfte – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

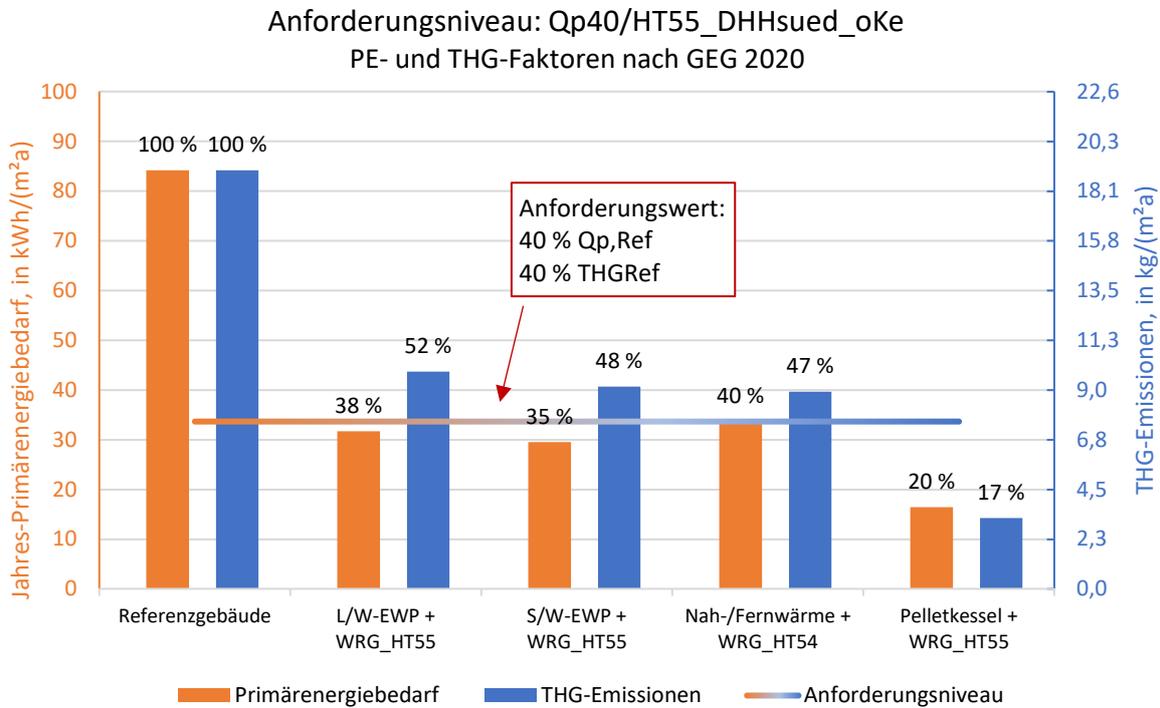
Abbildung 45
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – Doppelhaushälfte – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

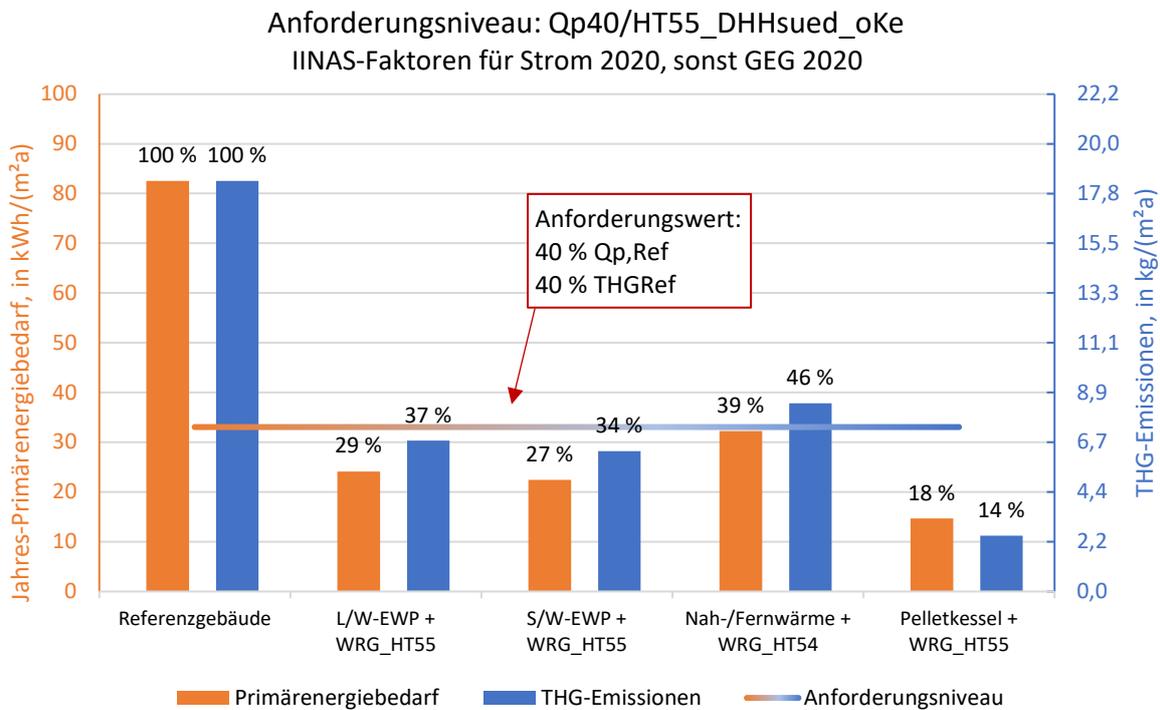
Neubau: Anforderungsniveau EH 40

Abbildung 46
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – Doppelhaushälfte – Niveau EH 40 – Faktoren nach GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

Abbildung 47
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – Doppelhaushälfte – Niveau EH 40 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

Bestand: Anforderungsniveau EH 85

Abbildung 48
Ergebnisse Anforderungsgrößen Bestand – Doppelhaushälfte – Niveau EH 85 – Faktoren nach GEG 2020

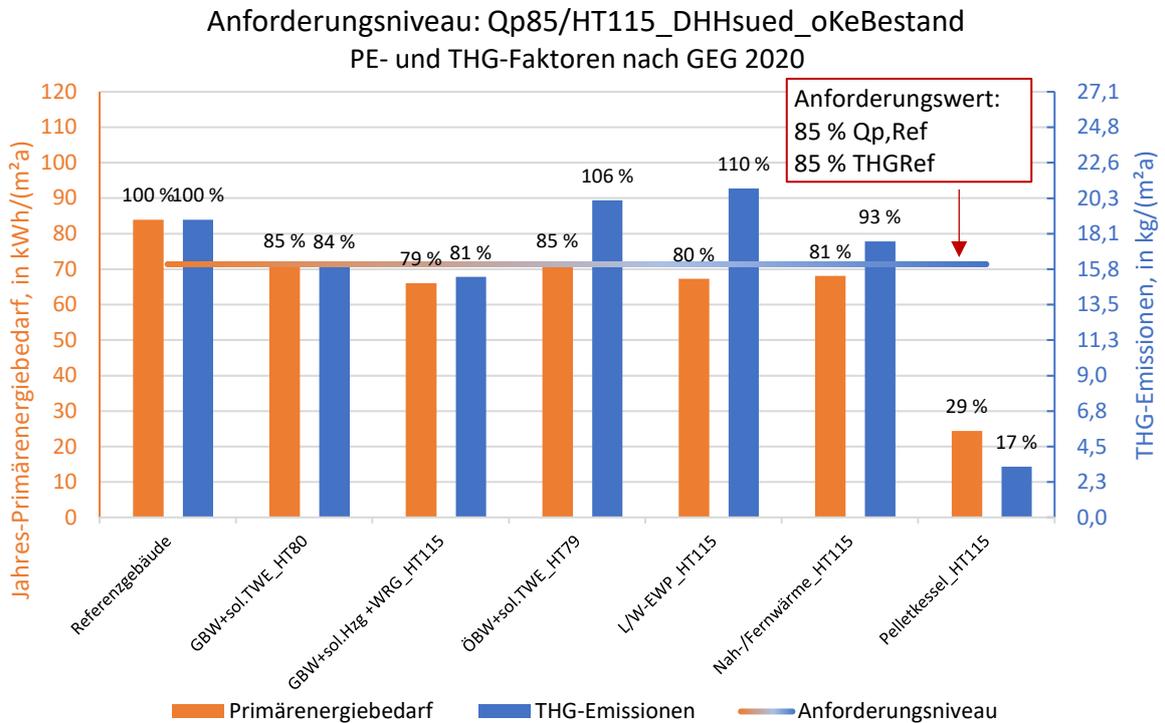
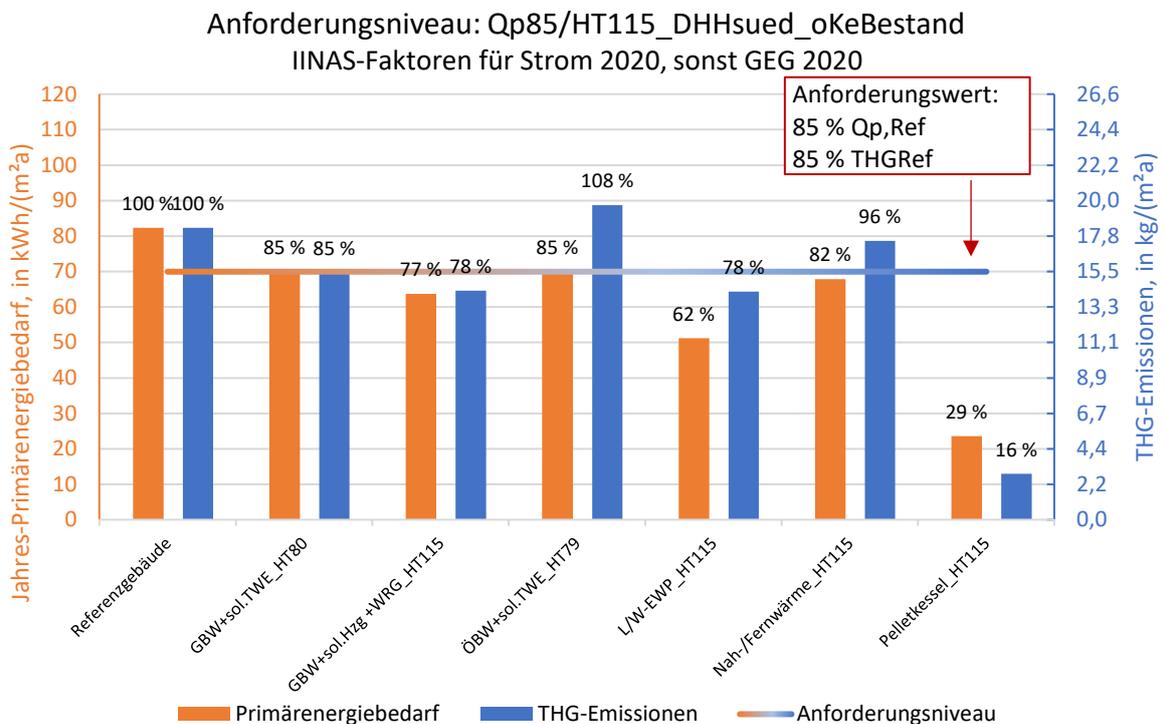
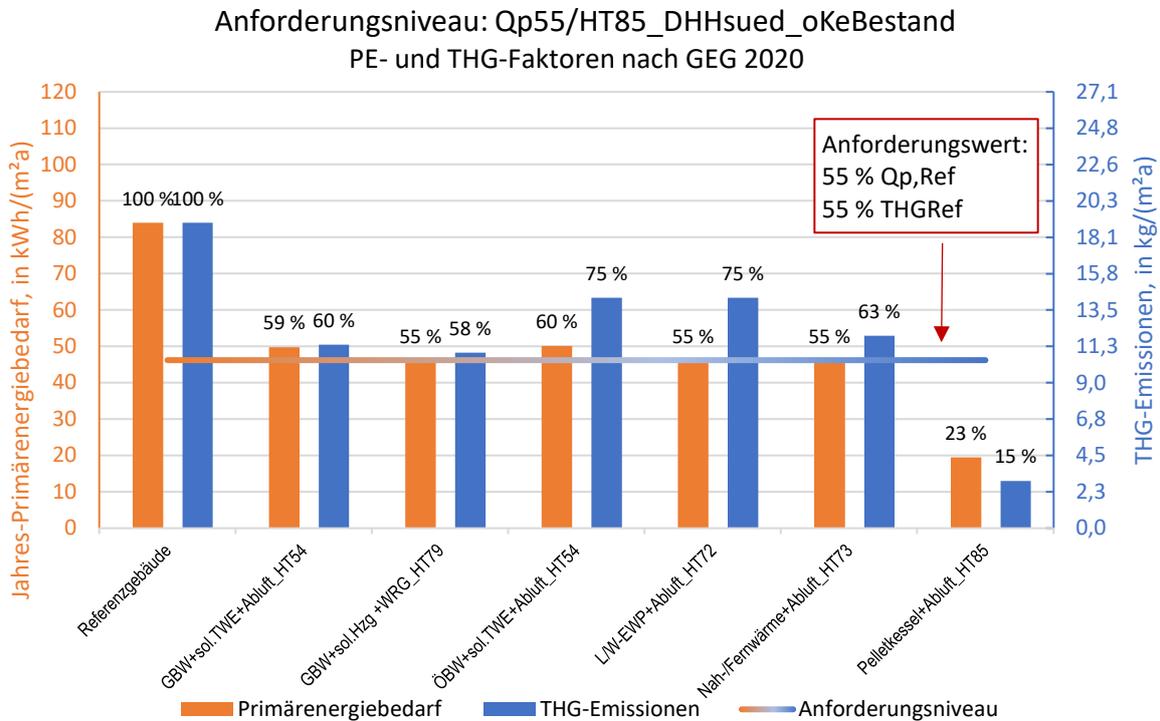


Abbildung 49
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – Doppelhaushälfte – Niveau EH 85 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



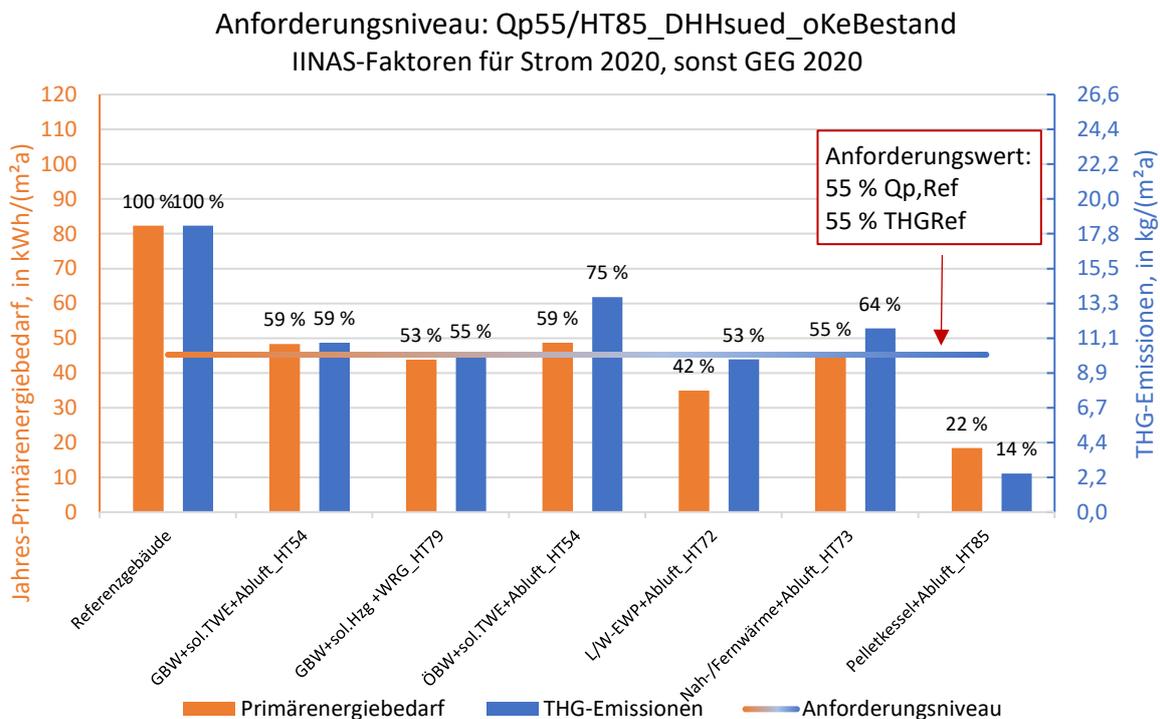
Bestand: Anforderungsniveau EH 55

Abbildung 50
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – Doppelhaushälfte – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

Abbildung 51
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – Doppelhaushälfte – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

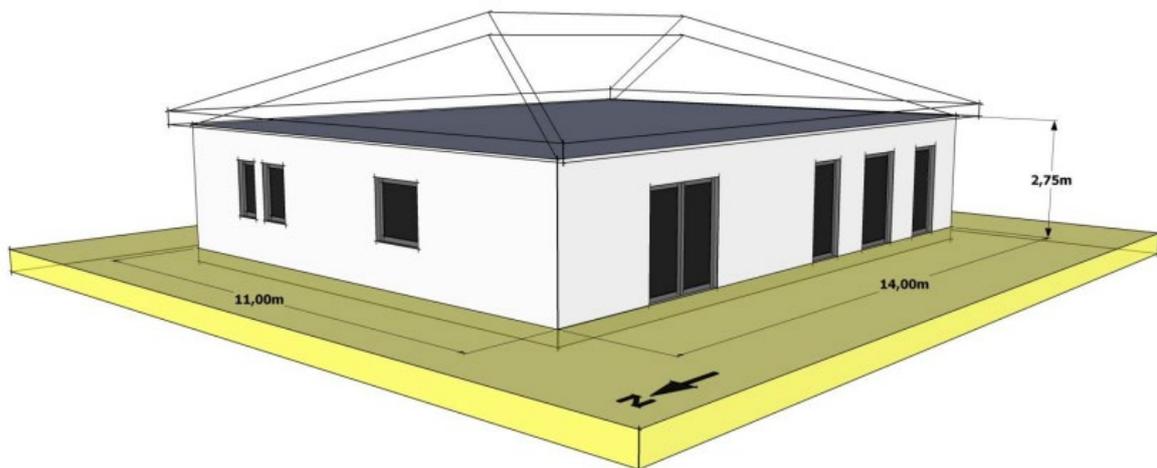
3.2.7 Bungalow

Bei dem betrachteten Gebäude handelt es sich um einen freistehenden Bungalow ohne Unterkellerung. Tabelle 19 enthält die wesentlichen Gebäudedaten und Abbildung 52 stellt das Gebäude in einer Ansicht dar.

Tabelle 19
Gebäudedaten Bungalow, ohne Keller

	beheiztes Volumen V_e [m ³]	beheizte Nutzfläche A_N [m ²]	wärmetauschende Hüllfläche A [m ²]	Keller vorhanden	Keller Beheizung
Neubau	400,0	128,0	448,0	nein	-
Bestand	400,0	128,0	448,0	nein	-

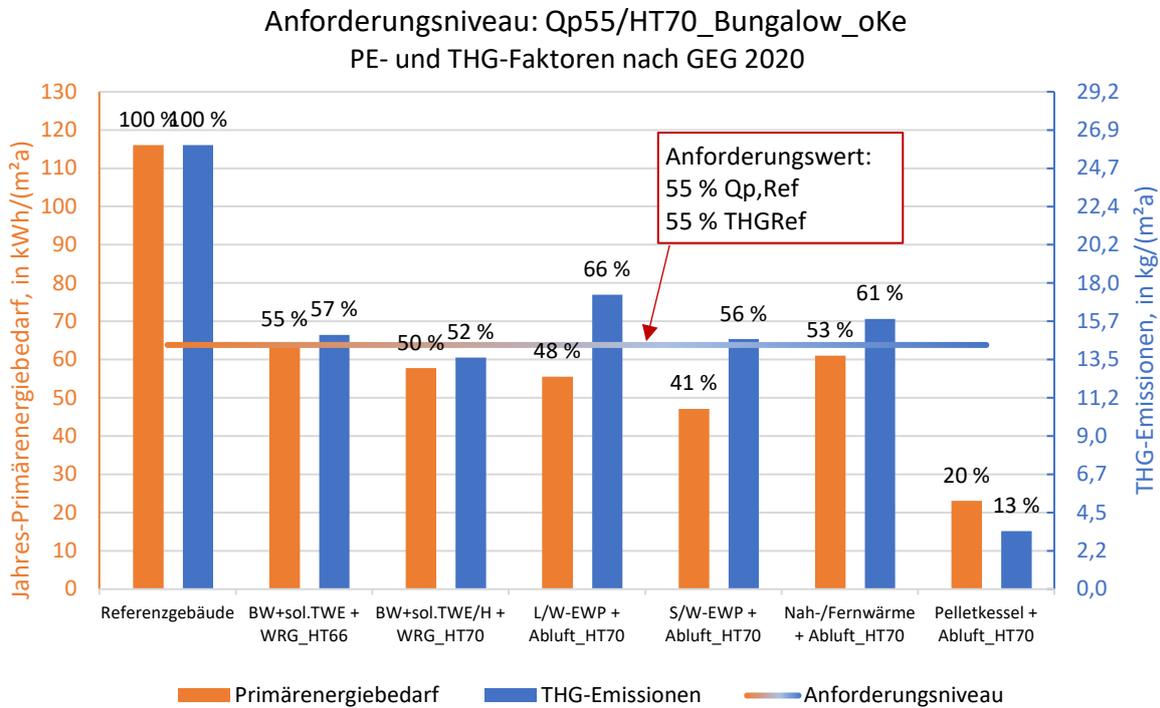
Abbildung 52
Ansicht Bungalow, ohne Keller



Quelle: [30]

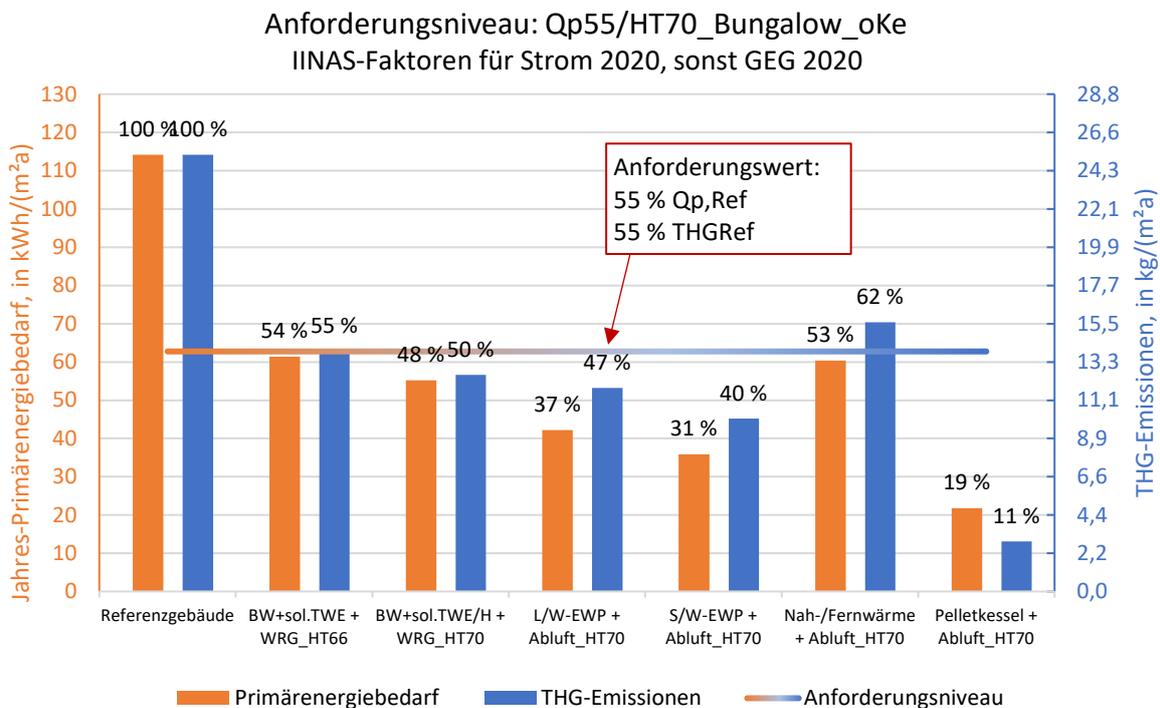
Neubau: Anforderungsniveau EH 55

Abbildung 53
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – Bungalow – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

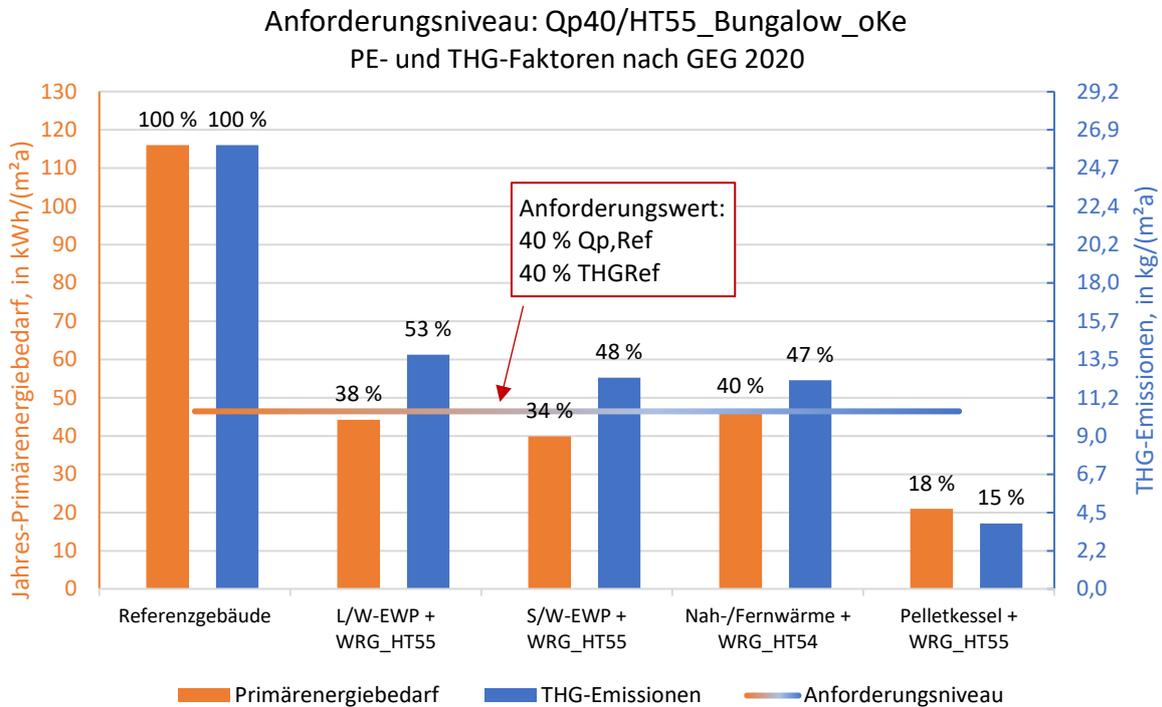
Abbildung 54
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – Bungalow – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

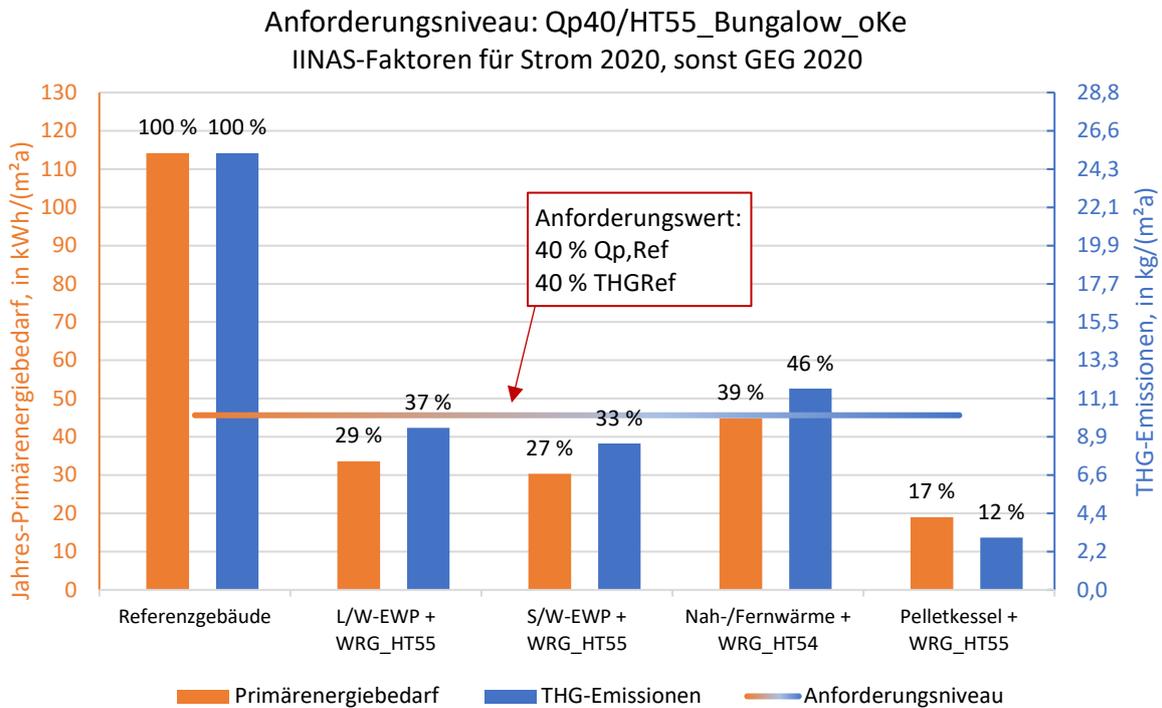
Neubau: Anforderungsniveau EH 40

Abbildung 55
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – Bungalow – Niveau EH 40 – Faktoren nach GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

Abbildung 56
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – Bungalow – Niveau EH 40 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

Bestand: Anforderungsniveau EH 85

Abbildung 57
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – Bungalow – Niveau EH 85 – Faktoren nach GEG 2020

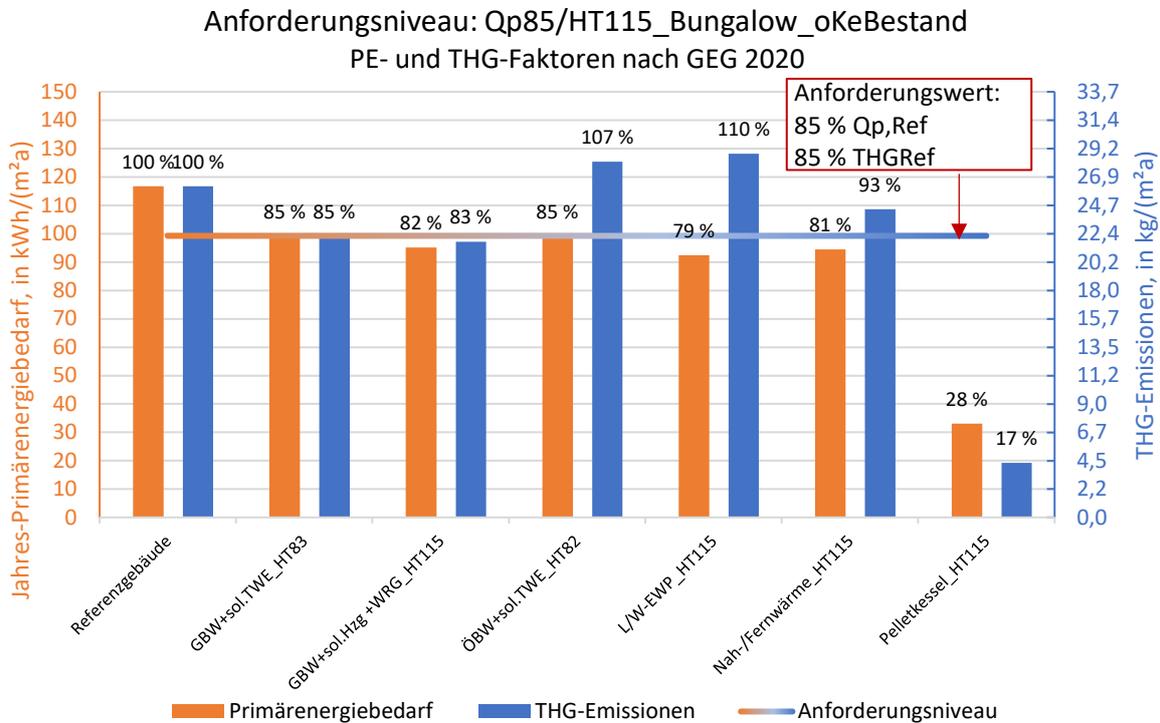
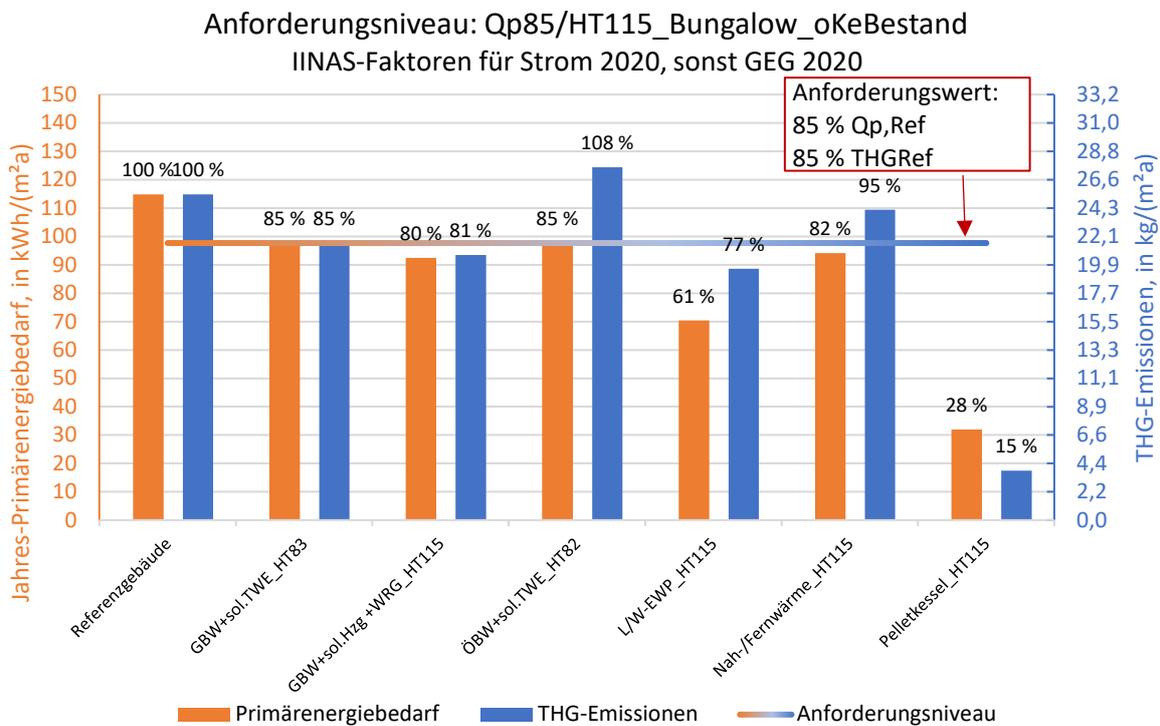


Abbildung 58
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – Bungalow – Niveau EH 85 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



Bestand: Anforderungsniveau EH 55

Abbildung 59
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – Bungalow – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020

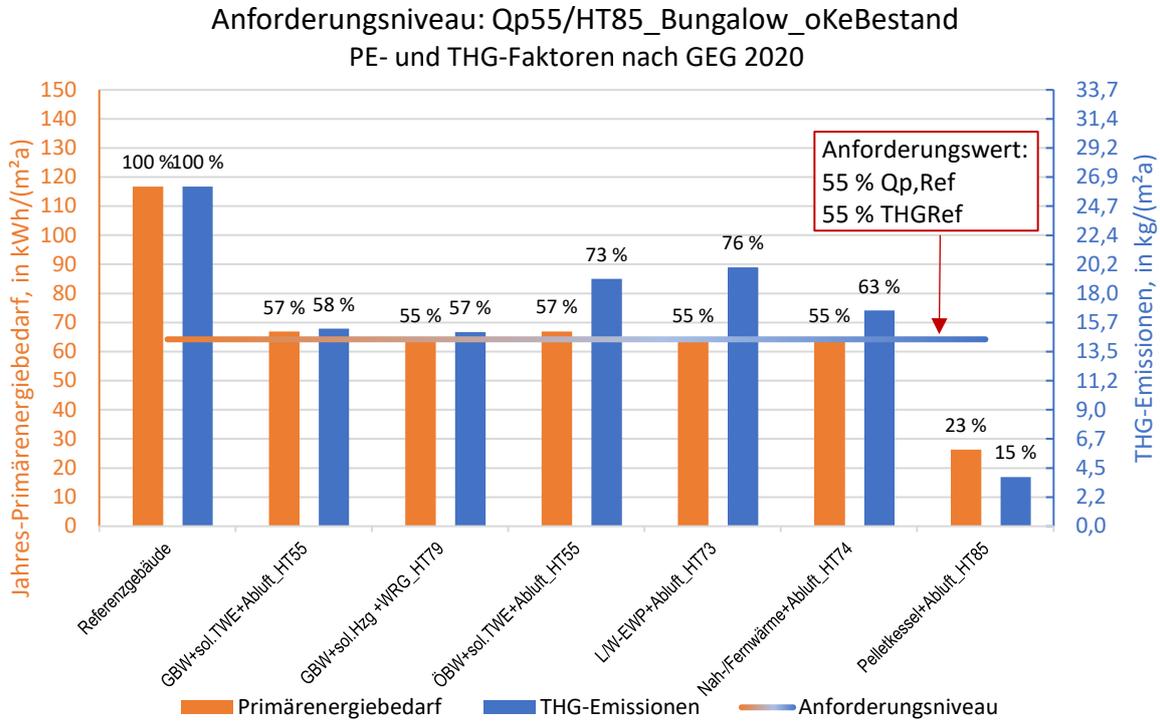
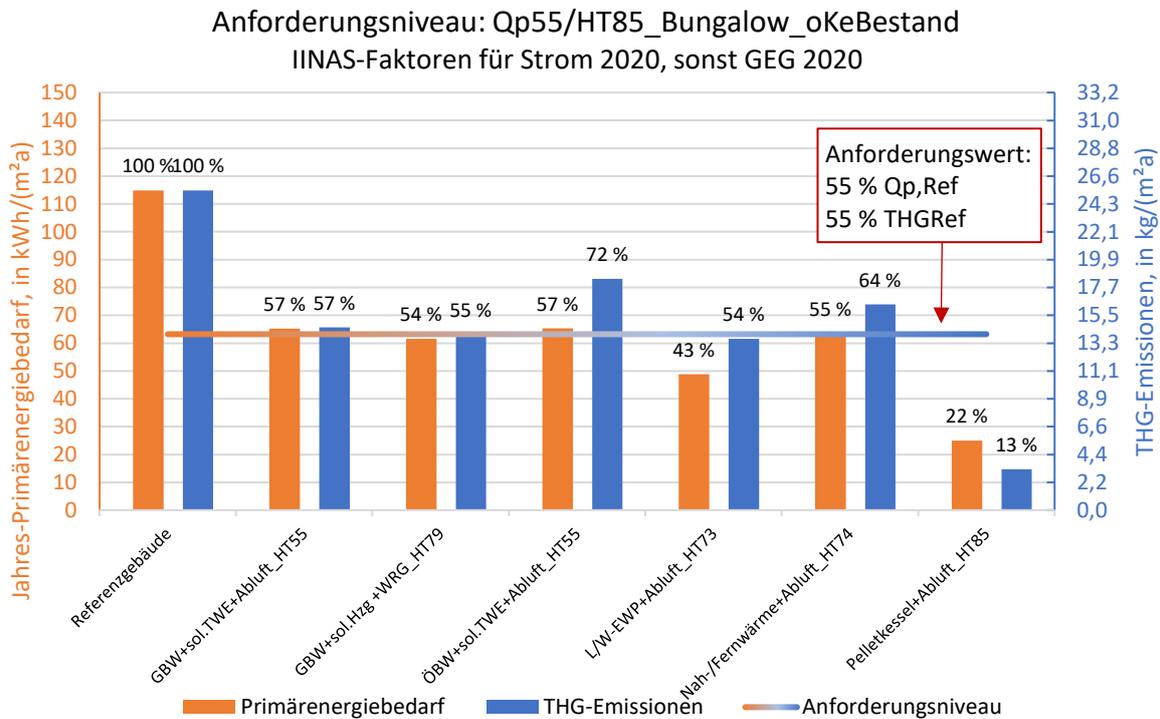


Abbildung 60
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – Bungalow – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



3.2.8 Mehrfamilienhaus (6 WE), freistehend

Bei dem betrachteten Gebäude handelt es sich um ein kleines freistehendes Mehrfamilienhaus mit 6 Wohneinheiten, das unterkellert ist. Bei den Berechnungen für Bestand und Neubau wird unterstellt, dass der Keller nicht beheizt wird und sich damit nicht innerhalb der thermischen Hülle befindet. Tabelle 20 enthält die wesentlichen Gebäudedaten und Abbildung 61 stellt das Gebäude in einer Ansicht dar.

Tabelle 20
Gebäudedaten Mehrfamilienhaus klein, mit Keller

	beheiztes Volumen V_e [m ³]	beheizte Nutzfläche A_N [m ²]	wärmetauschende Hüllfläche A [m ²]	Keller vorhanden	Keller Beheizung
Neubau	1.480,0	473,6	837,0	ja	unbeheizt
Bestand	1.480,0	473,6	837,0	ja	unbeheizt

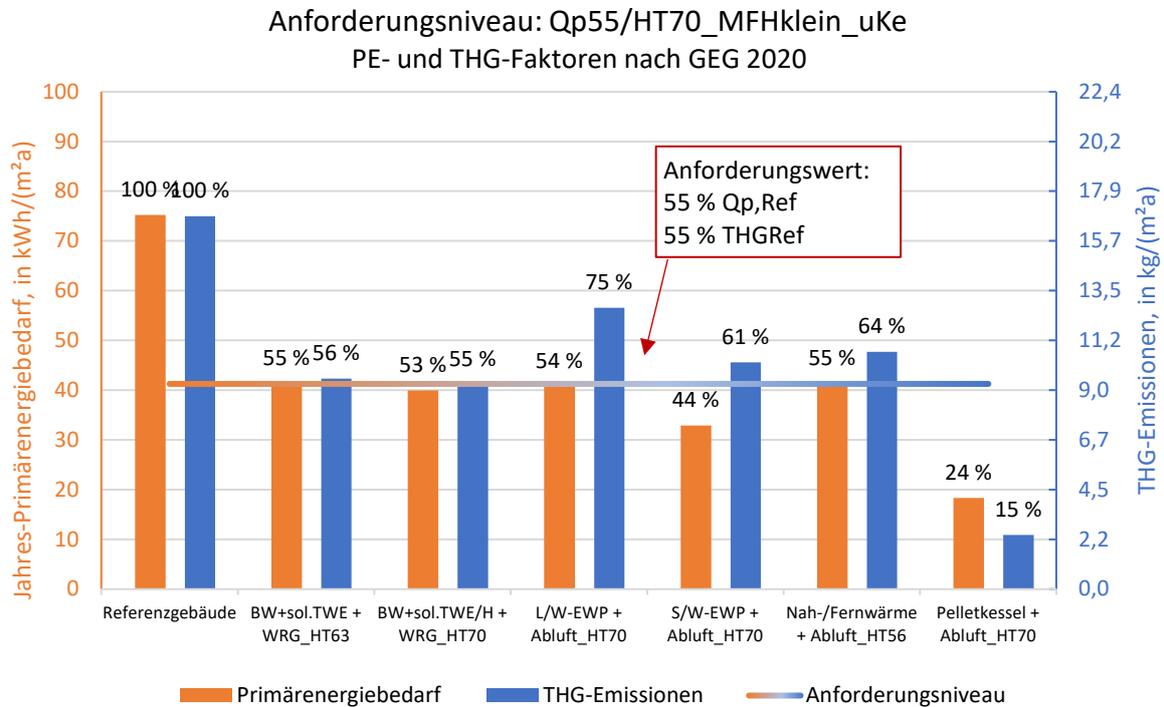
Abbildung 61
Ansicht MFH klein, mit Keller



Quelle: [30]

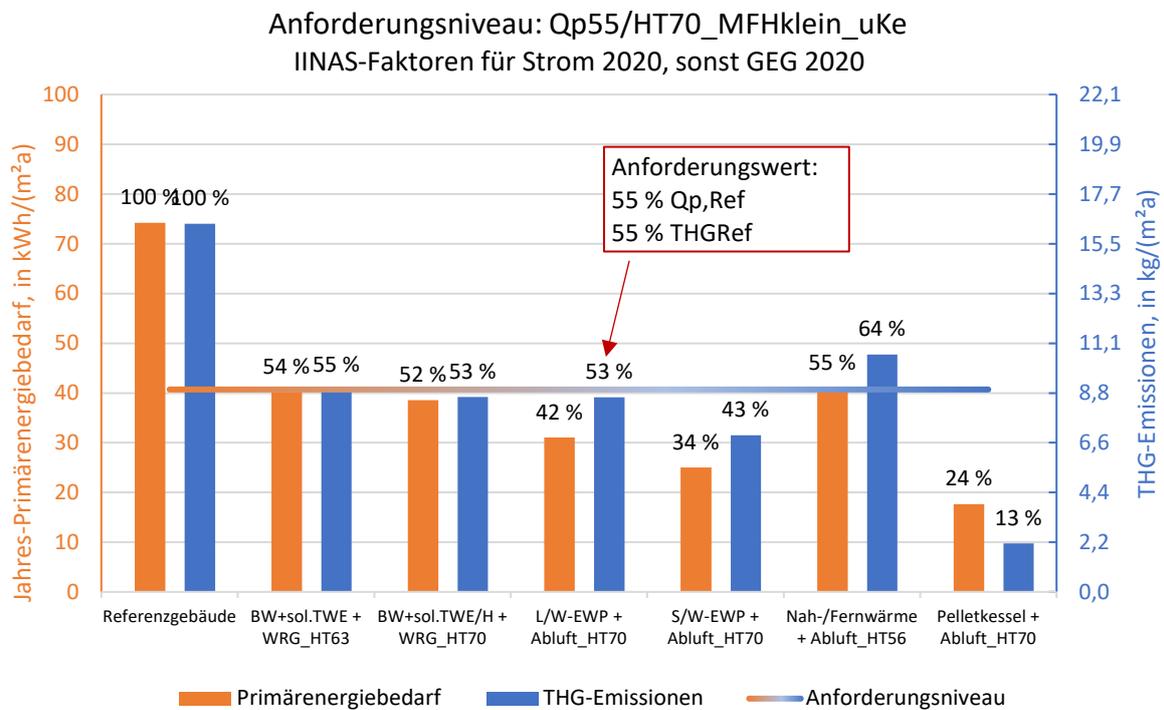
Neubau: Anforderungsniveau EH 55

Abbildung 62
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – MFH klein – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

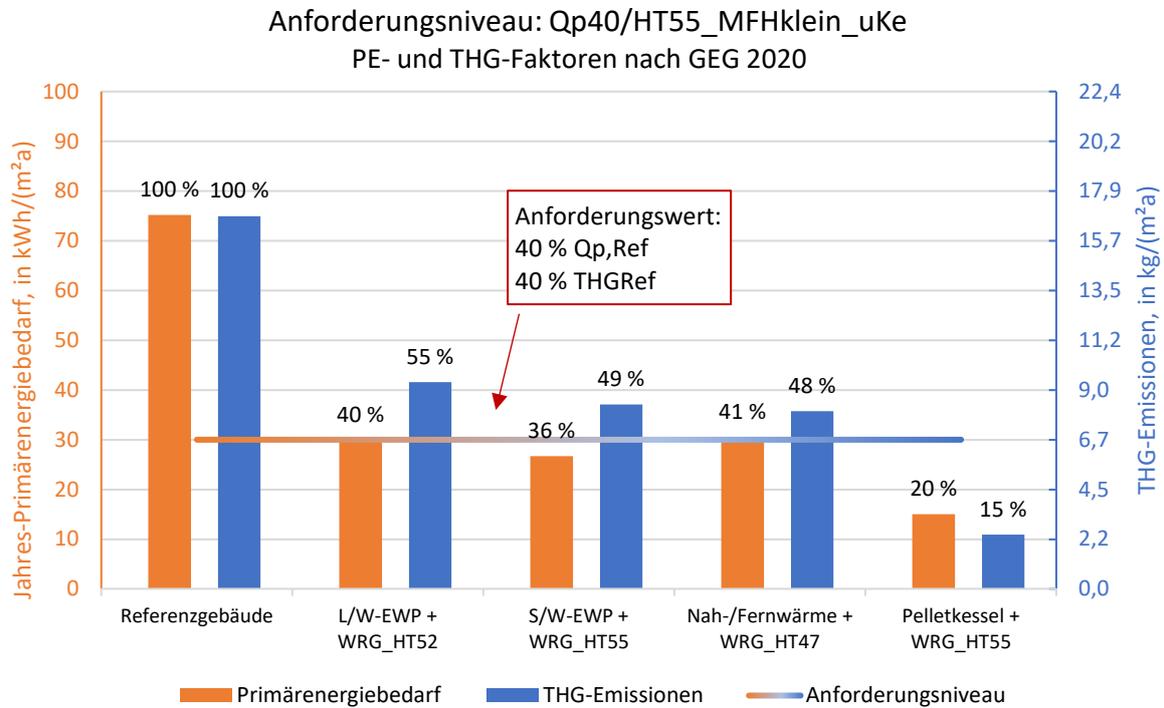
Abbildung 63
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – MFH klein – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

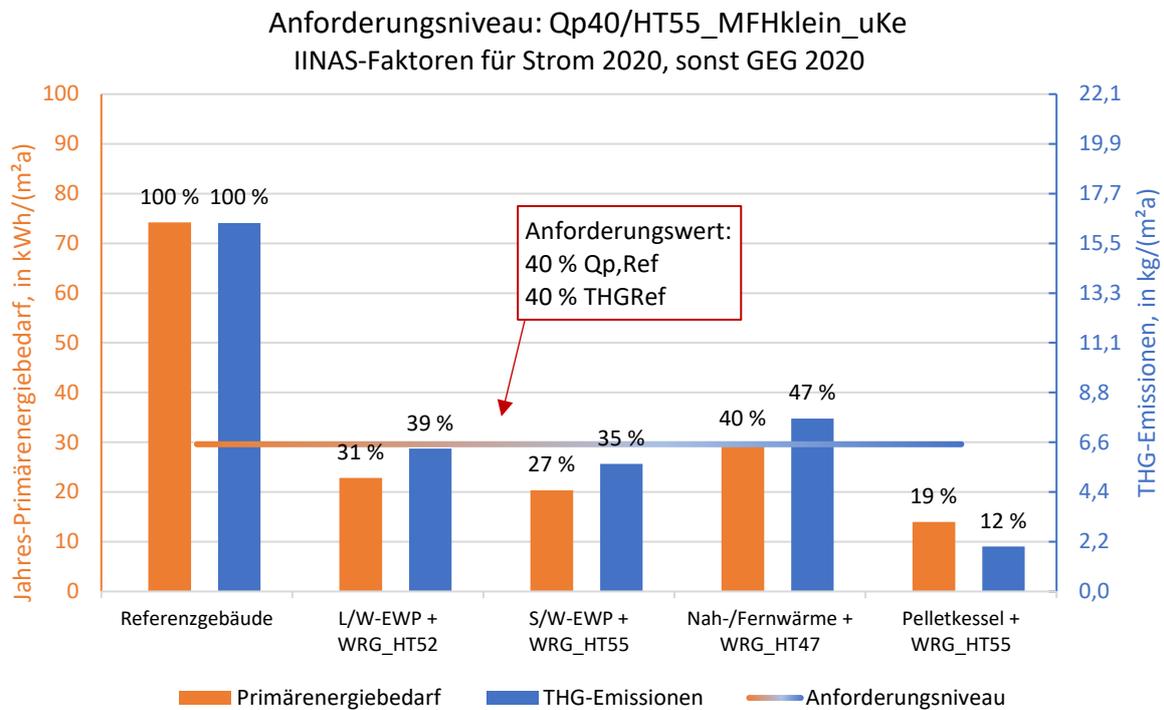
Neubau: Anforderungsniveau EH 40

Abbildung 64
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – MFH klein – Niveau EH 40 – Faktoren nach GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

Abbildung 65
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – MFH klein – Niveau EH 40 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

Bestand: Anforderungsniveau EH 85

Abbildung 66
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – MFH klein – Niveau EH 85 – Faktoren nach GEG 2020

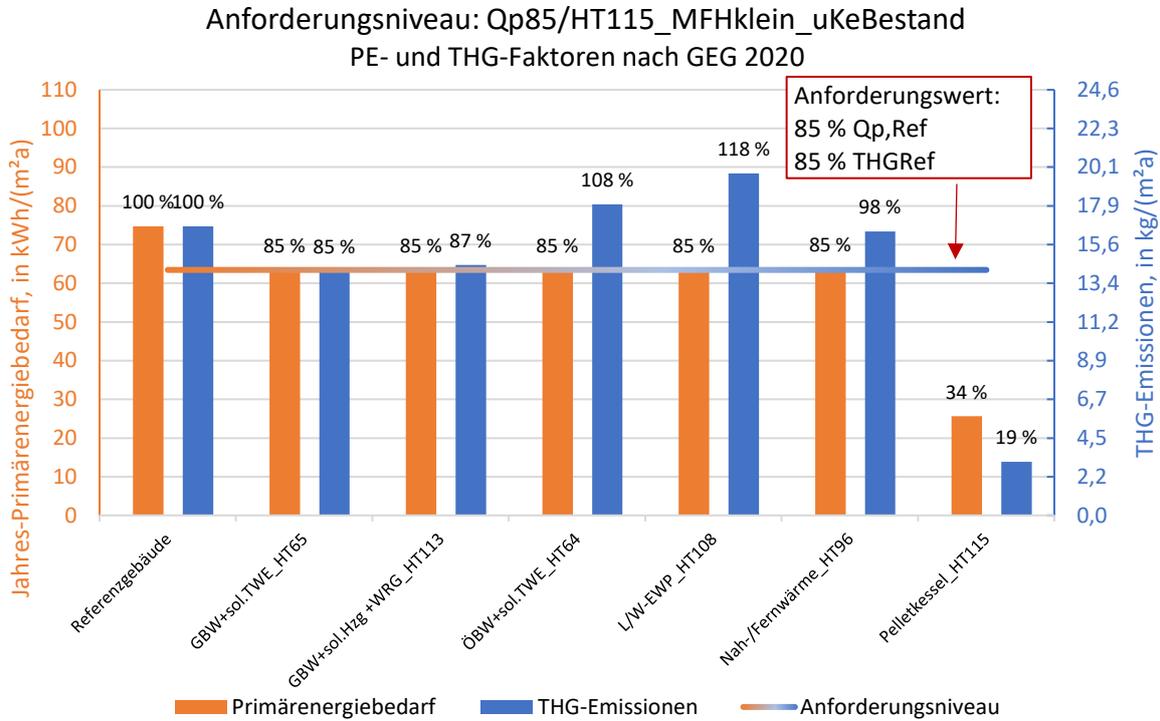
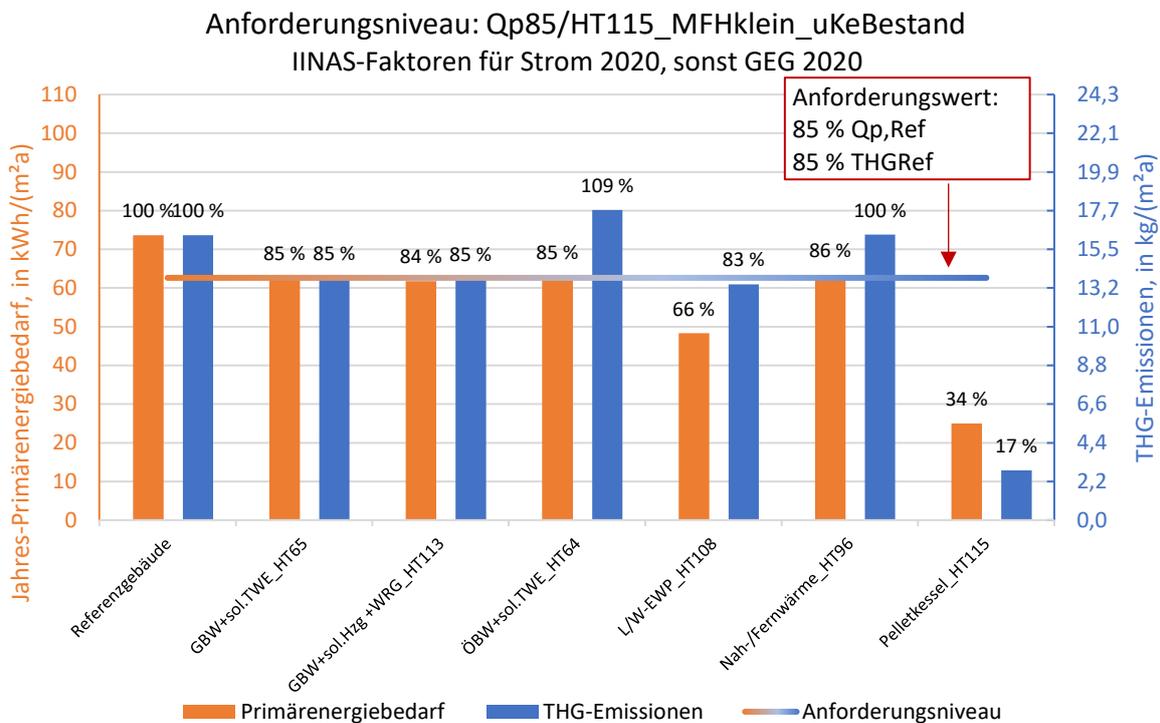
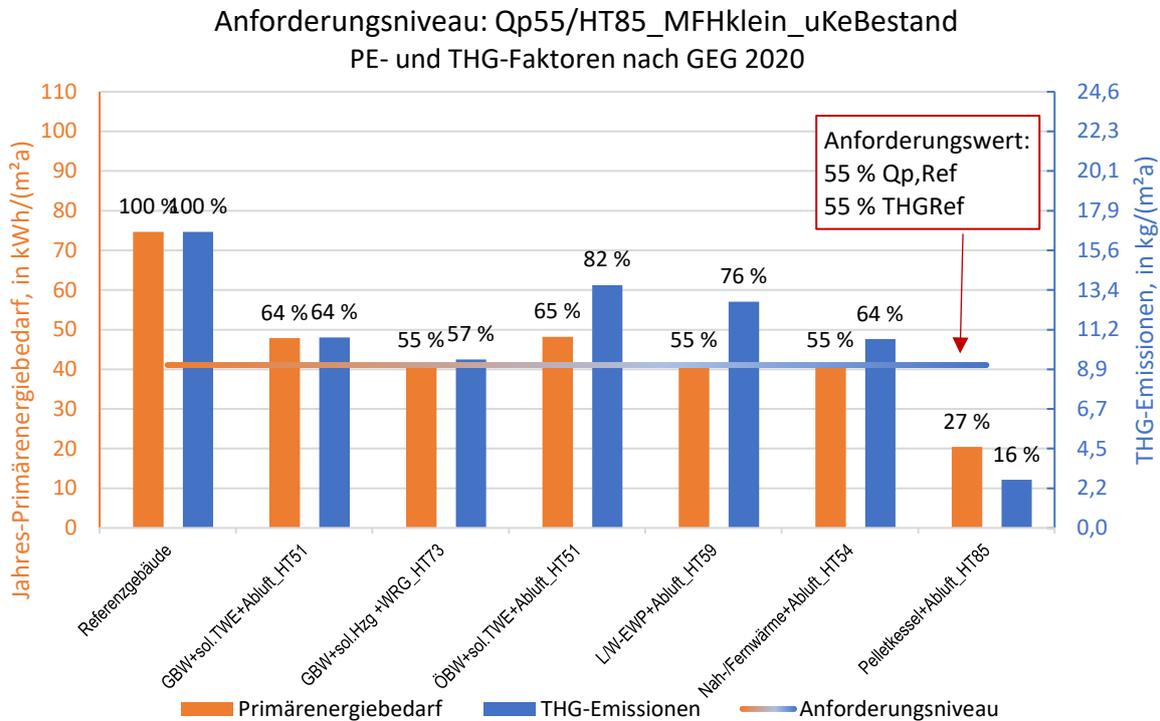


Abbildung 67
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – MFH klein – Niveau EH 85 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



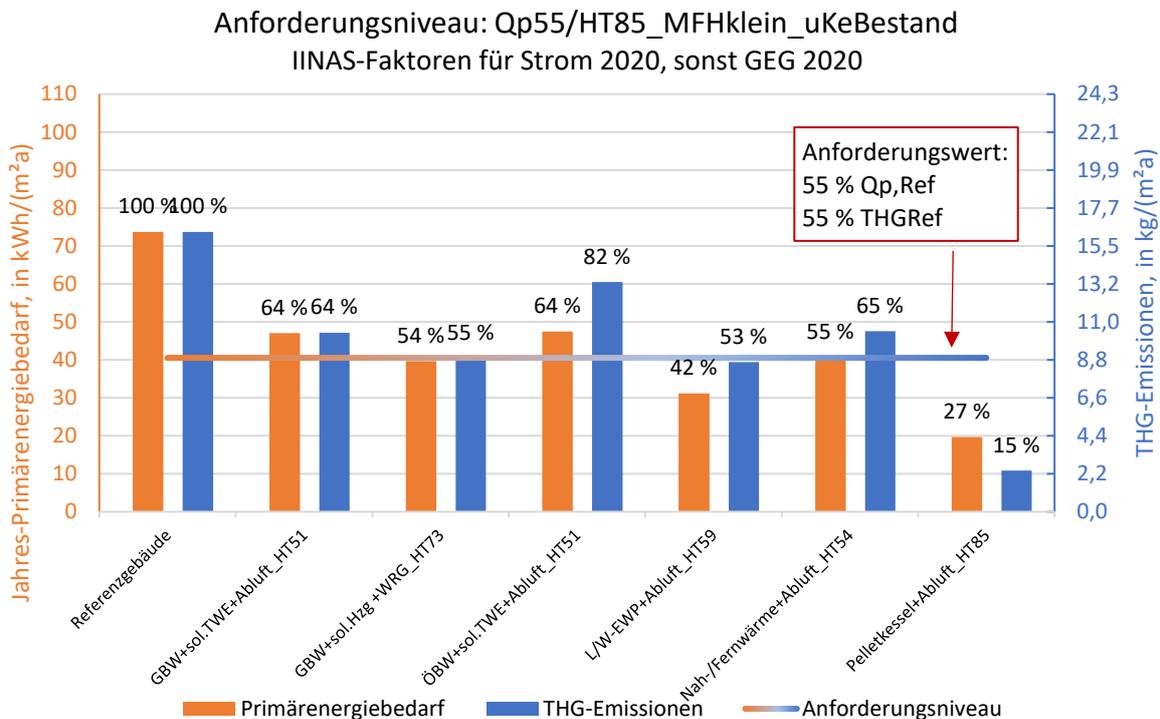
Bestand: Anforderungsniveau EH 55

Abbildung 68
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – MFH klein – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

Abbildung 69
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – MFH klein – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

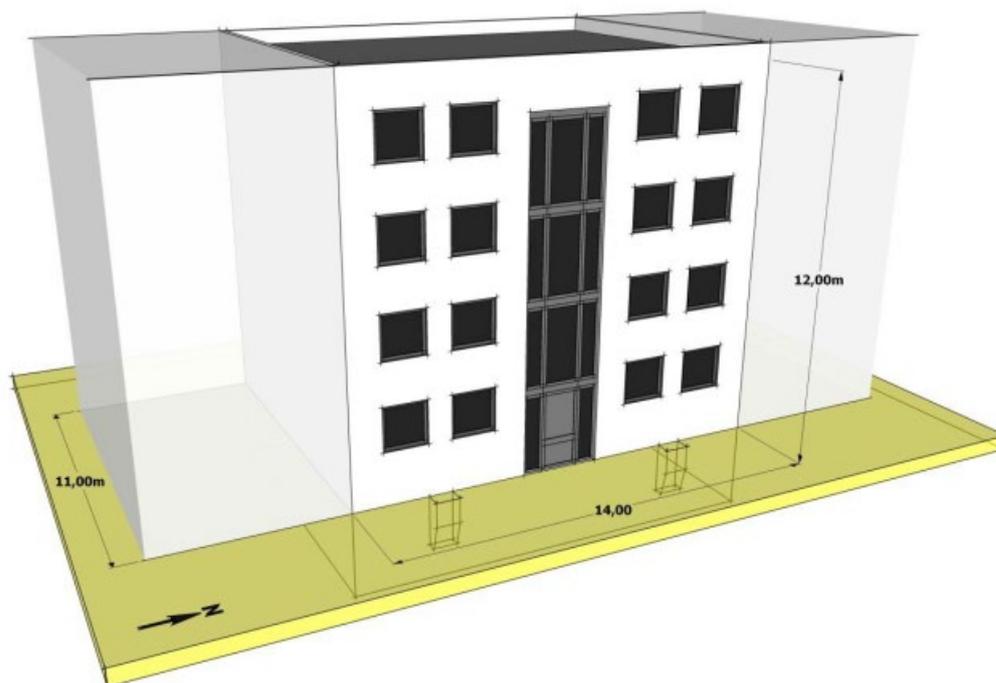
3.2.9 Apartments (12 WE)

Bei dem betrachteten Gebäude handelt es sich um ein zweiseitig angebautes Mehrfamilienhaus (Apartmenthaus) mit 12 Wohneinheiten, das unterkellert ist. Bei den Berechnungen für Bestand und Neubau wird unterstellt, dass der Keller nicht beheizt wird und sich damit nicht innerhalb der thermischen Hülle befindet. Tabelle 21 enthält die wesentlichen Gebäudedaten und Abbildung 70 stellt das Gebäude in einer Ansicht dar.

Tabelle 21
Gebäudedaten Apartments, mit Keller

	beheiztes Volumen V_e [m ³]	beheizte Nutz- fläche A_N [m ²]	wärmetau- schende Hüllfläche A [m ²]	Keller vorhanden	Keller Beheizung
Neubau	1.700,0	544,0	616,0	ja	unbeheizt
Bestand	1.700,0	544,0	616,0	ja	unbeheizt

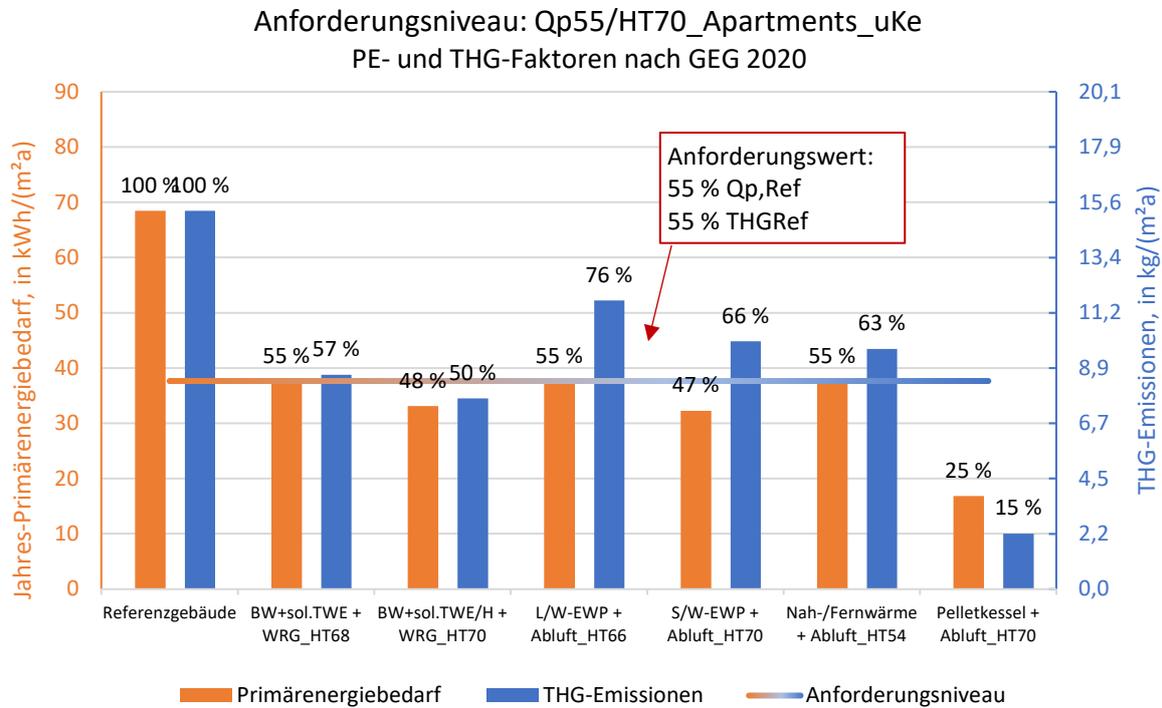
Abbildung 70
Ansicht Apartments, mit Keller



Quelle: [30]

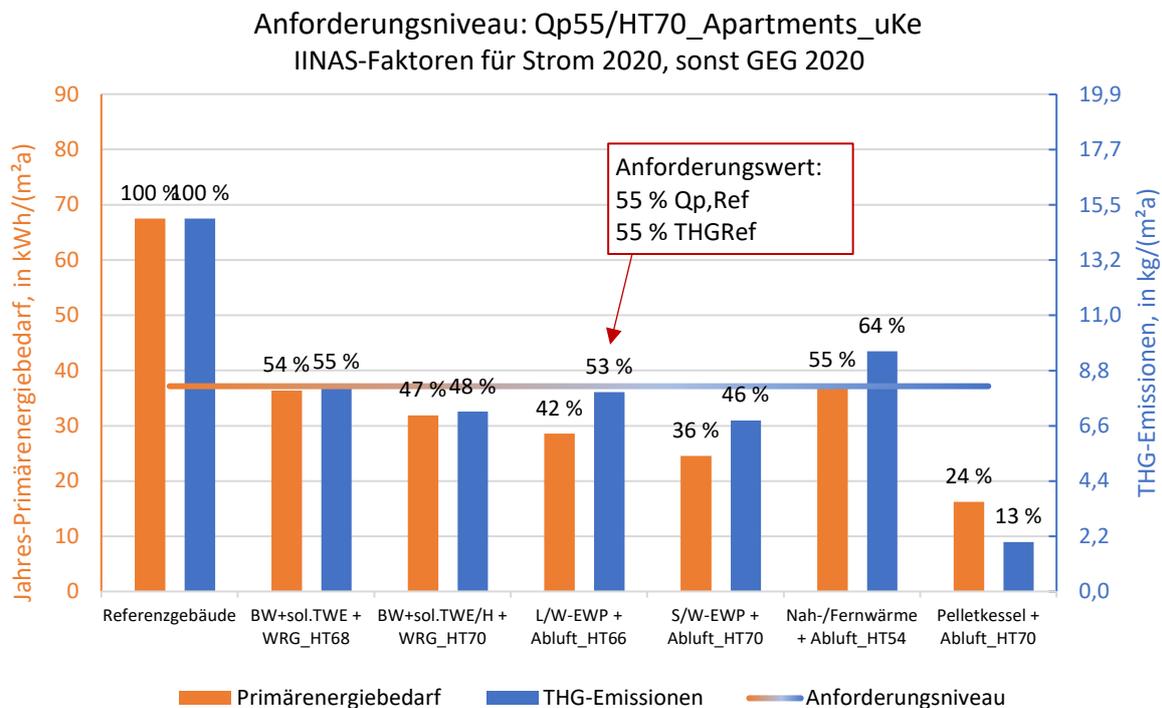
Neubau: Anforderungsniveau EH 55

Abbildung 71
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – Apartments – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

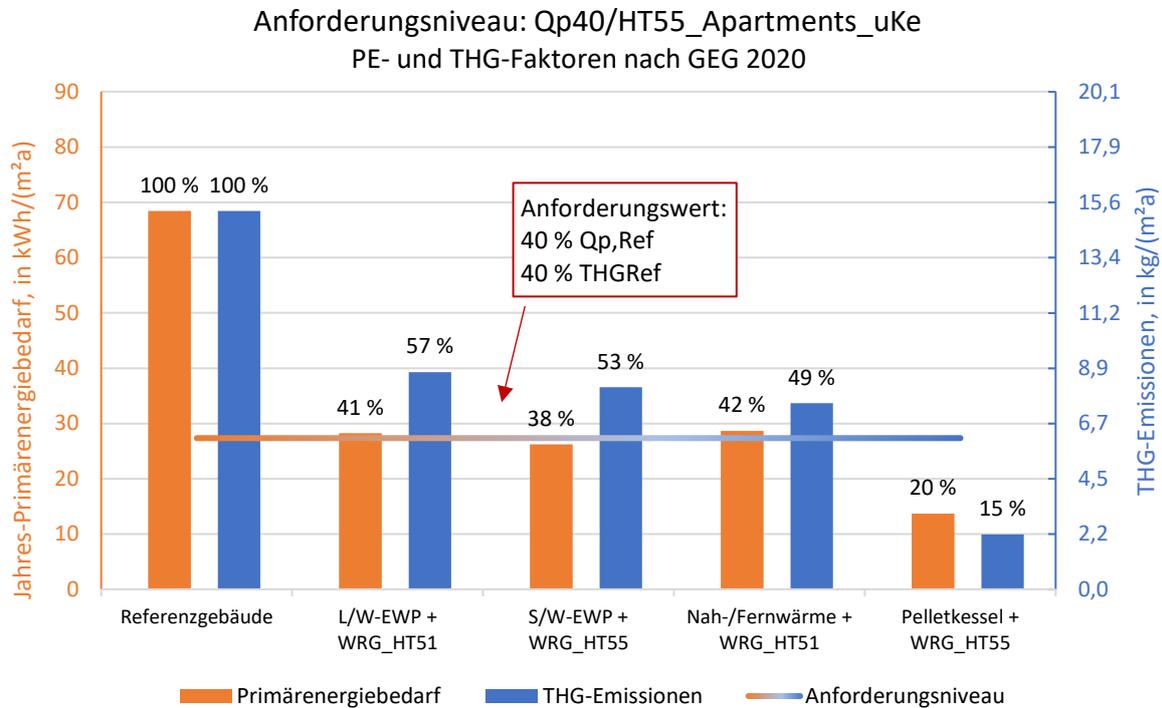
Abbildung 72
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – Apartments – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

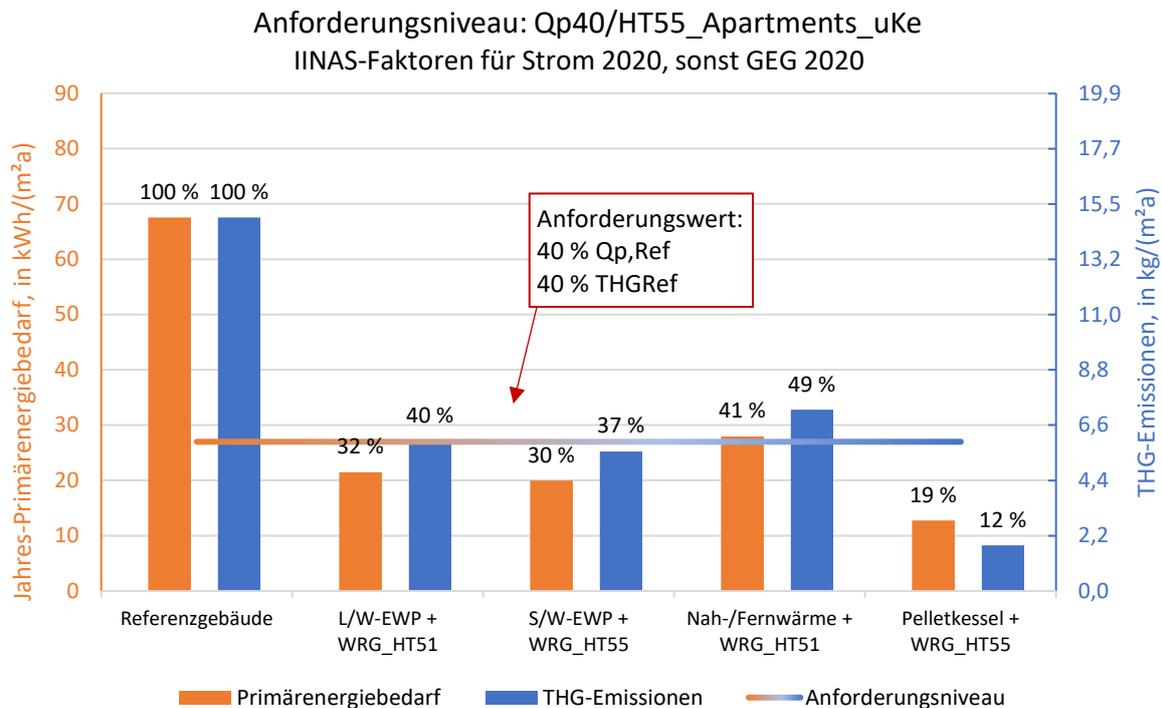
Neubau: Anforderungsniveau EH 40

Abbildung 73
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – Apartments – Niveau EH 40 – Faktoren nach GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

Abbildung 74
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – Apartments – Niveau EH 40 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

Bestand: Anforderungsniveau EH 85

Abbildung 75
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – Apartments – Niveau EH 85 – Faktoren nach GEG 2020

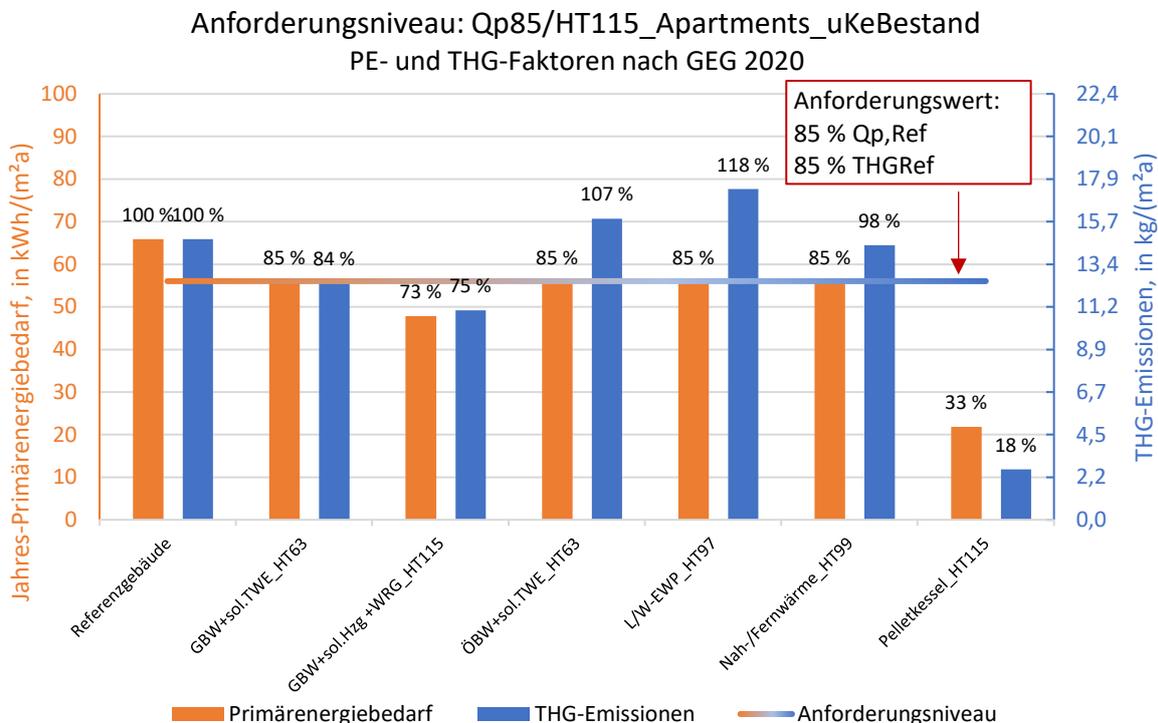
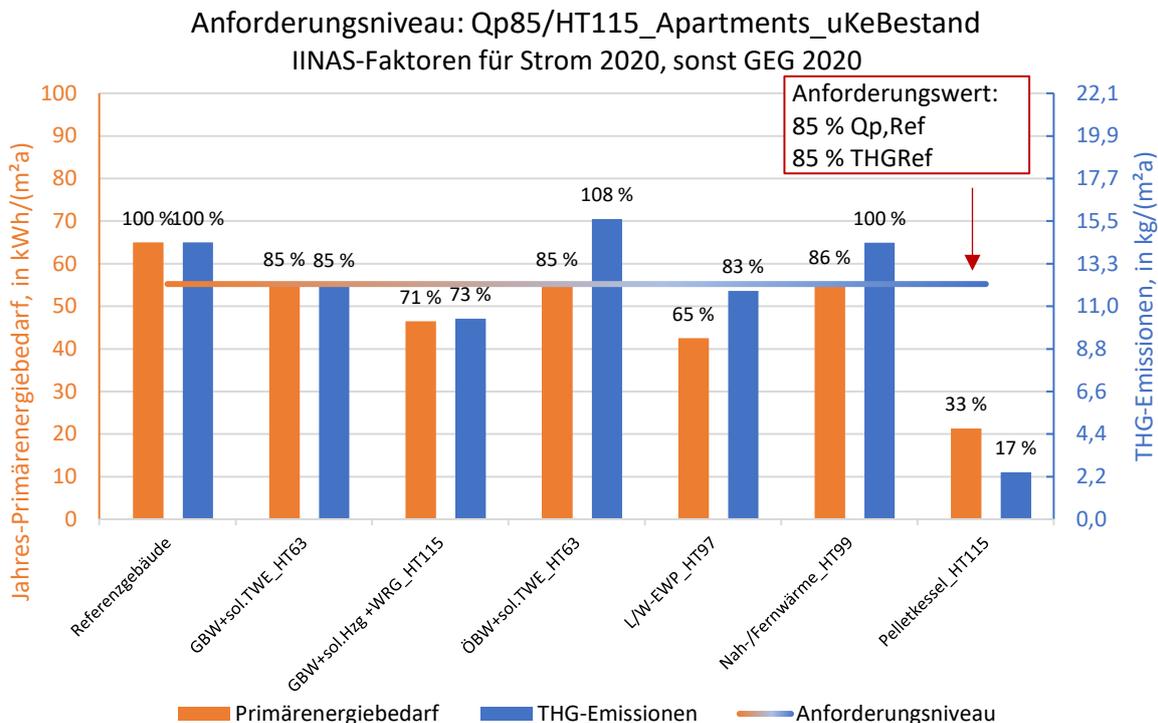
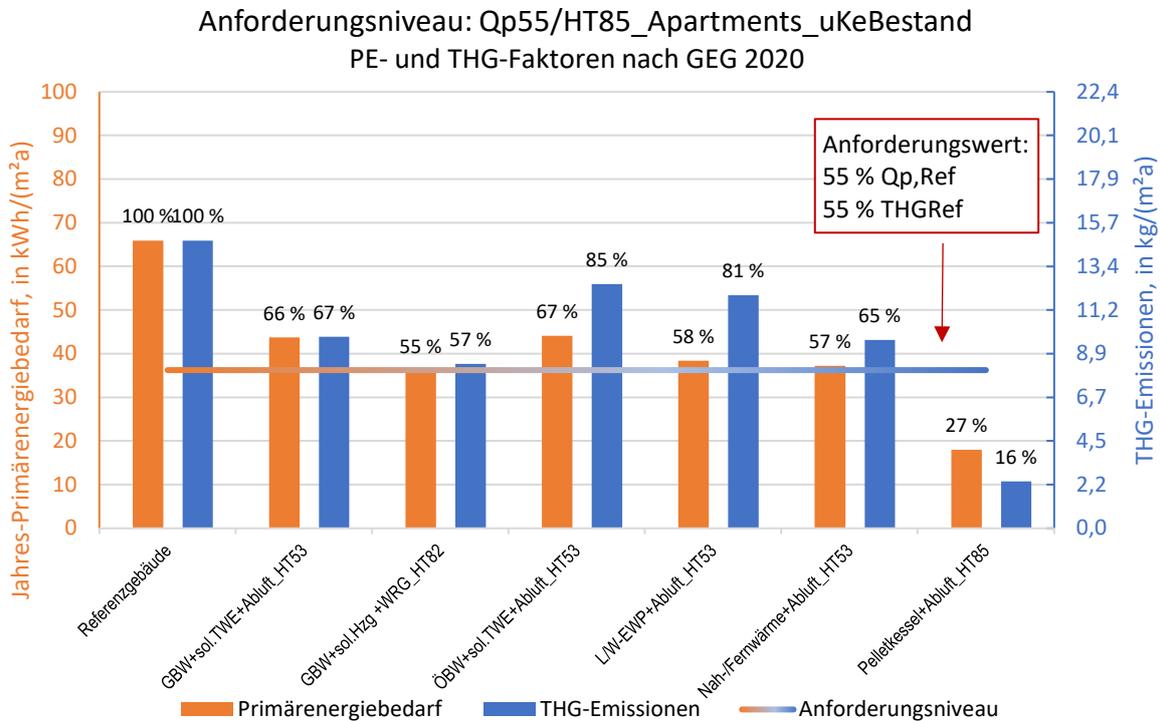


Abbildung 76
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – Apartments – Niveau EH 85 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



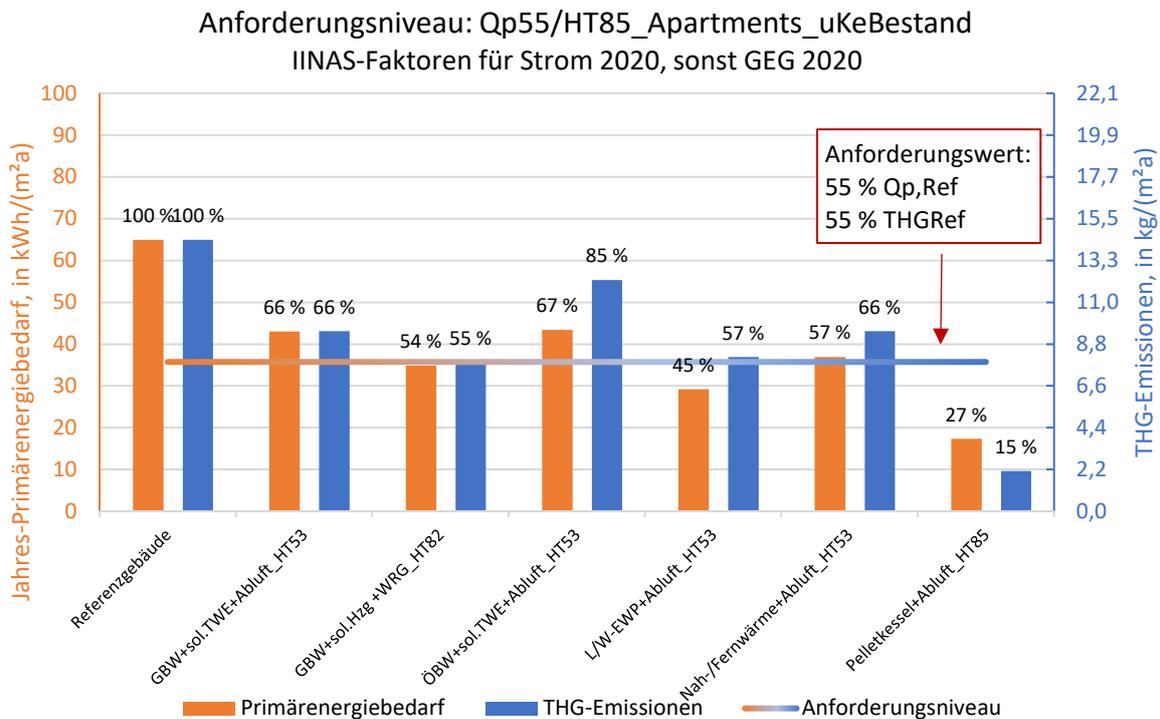
Bestand: Anforderungsniveau EH 55

Abbildung 77
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – Apartments – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

Abbildung 78
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – Apartments – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

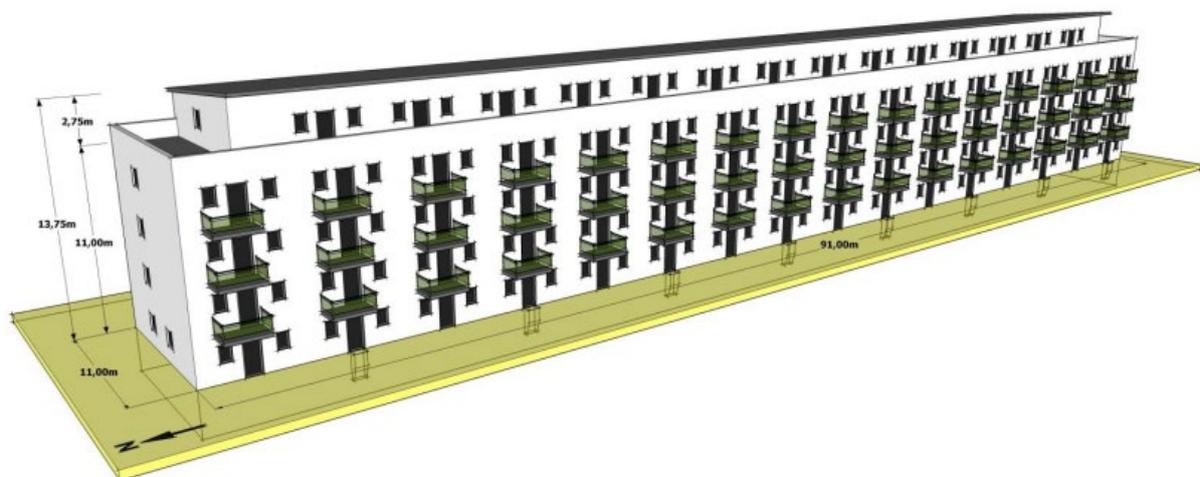
3.2.10 Mehrfamilienhaus (groß)

Bei dem betrachteten Gebäude handelt es sich um ein großes freistehendes Mehrfamilienhaus mit 40 Wohneinheiten, das unterkellert ist. Bei den Berechnungen für Bestand und Neubau wird unterstellt, dass der Keller nicht beheizt wird und sich damit nicht innerhalb der thermischen Hülle befindet. Tabelle 22 enthält die wesentlichen Gebäudedaten und Abbildung 79 stellt das Gebäude in einer Ansicht dar.

Tabelle 22
Gebäudedaten Mehrfamilienhaus, groß, mit Keller

	beheiztes Volumen V_e [m ³]	beheizte Nutzfläche A_N [m ²]	wärmetauschende Hüllfläche A [m ²]	Keller vorhanden	Keller Beheizung
Neubau	11.910,0	3.811,2	4.758,0	ja	unbeheizt
Bestand	11.910,0	3.811,2	4.758,0	ja	unbeheizt

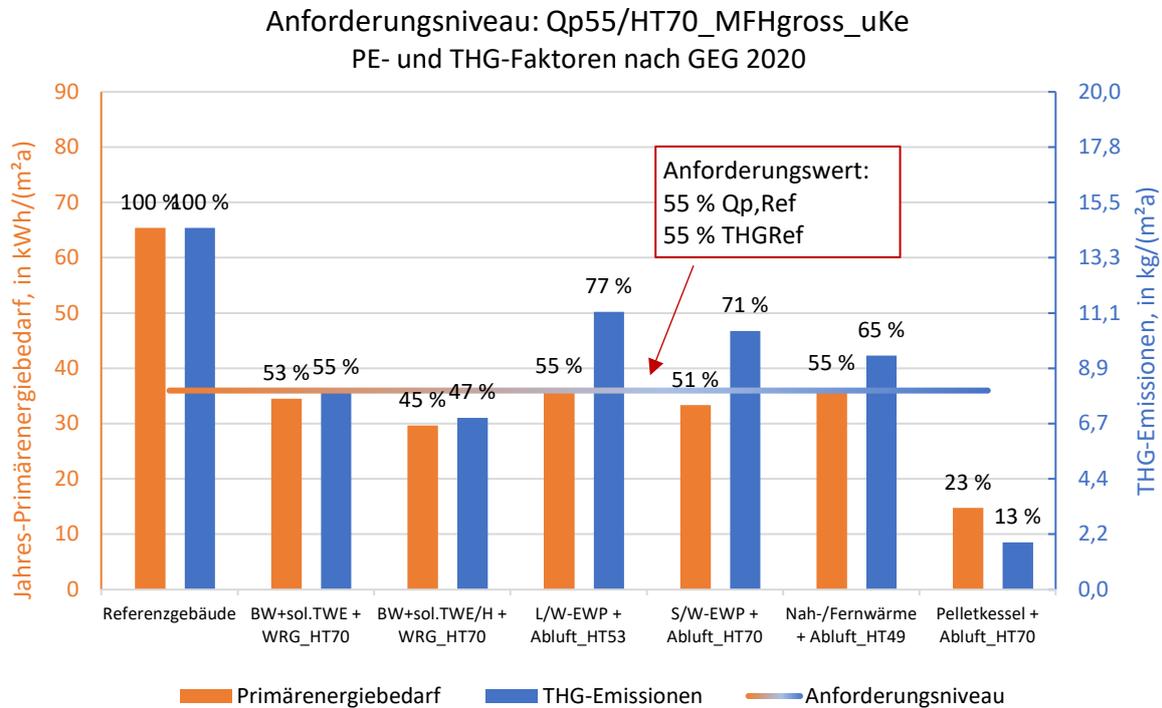
Abbildung 79
Ansicht MFH, groß, mit Keller



Quelle: [30]

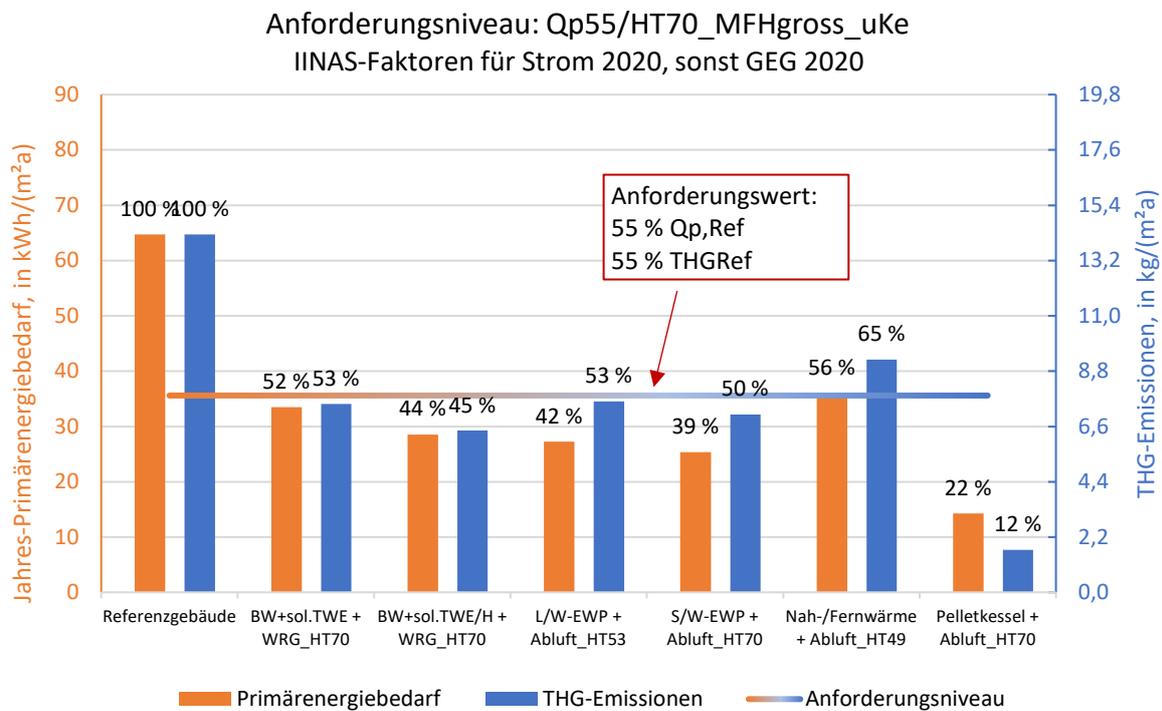
Neubau: Anforderungsniveau EH 55

Abbildung 80
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – MFH groß – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

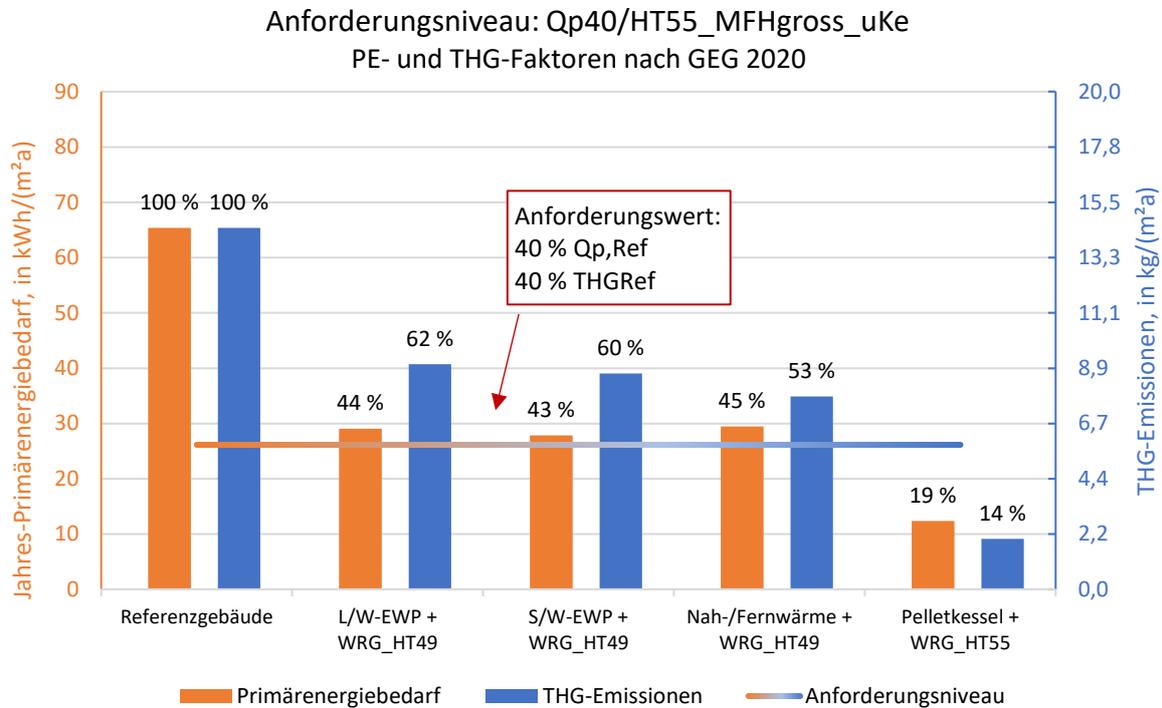
Abbildung 81
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – MFH groß – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

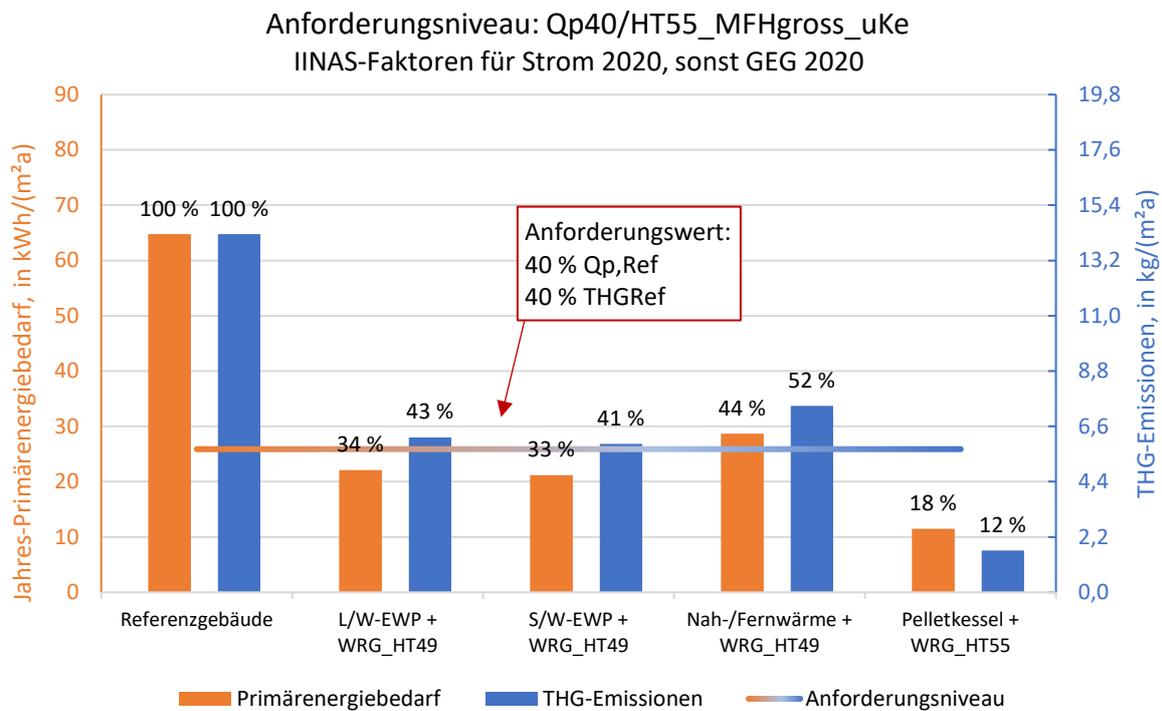
Neubau: Anforderungsniveau EH 40

Abbildung 82
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – MFH groß – Niveau EH 40 – Faktoren nach GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

Abbildung 83
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – MFH groß – Niveau EH 40 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

Bestand: Anforderungsniveau EH 85

Abbildung 84
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – MFH groß – Niveau EH 85 – Faktoren nach GEG 2020

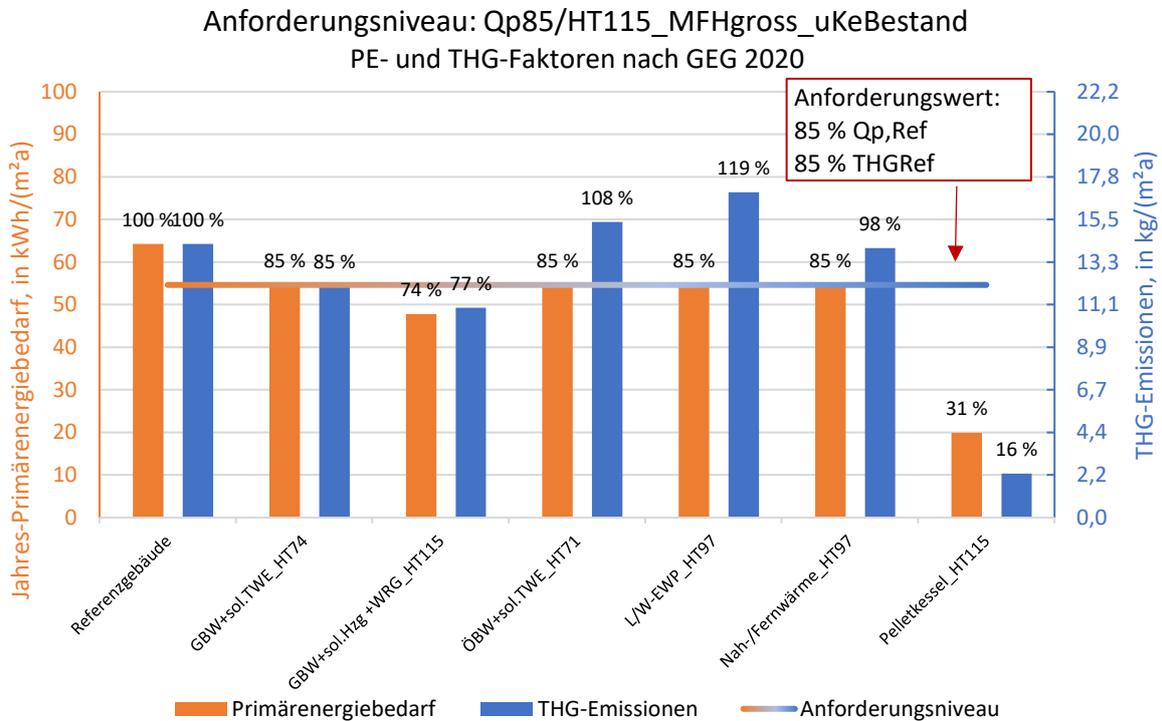
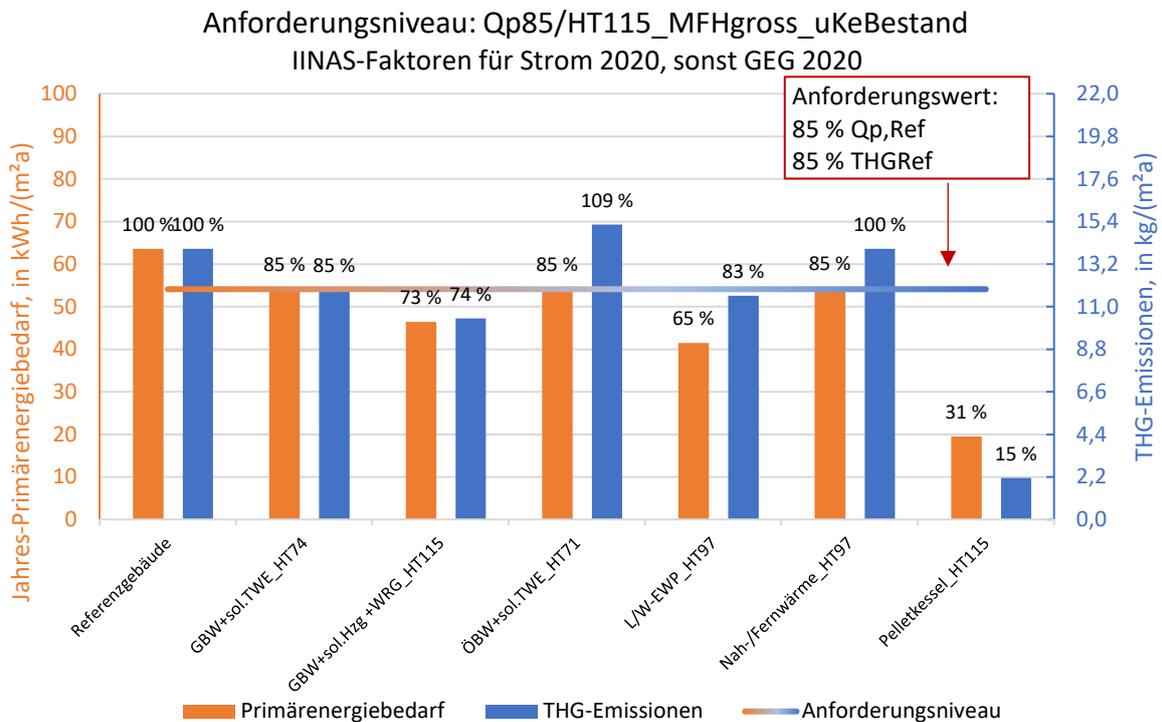


Abbildung 85
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – MFH groß – Niveau EH 85 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



Bestand: Anforderungsniveau EH 55

Abbildung 86
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – MFH groß – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020

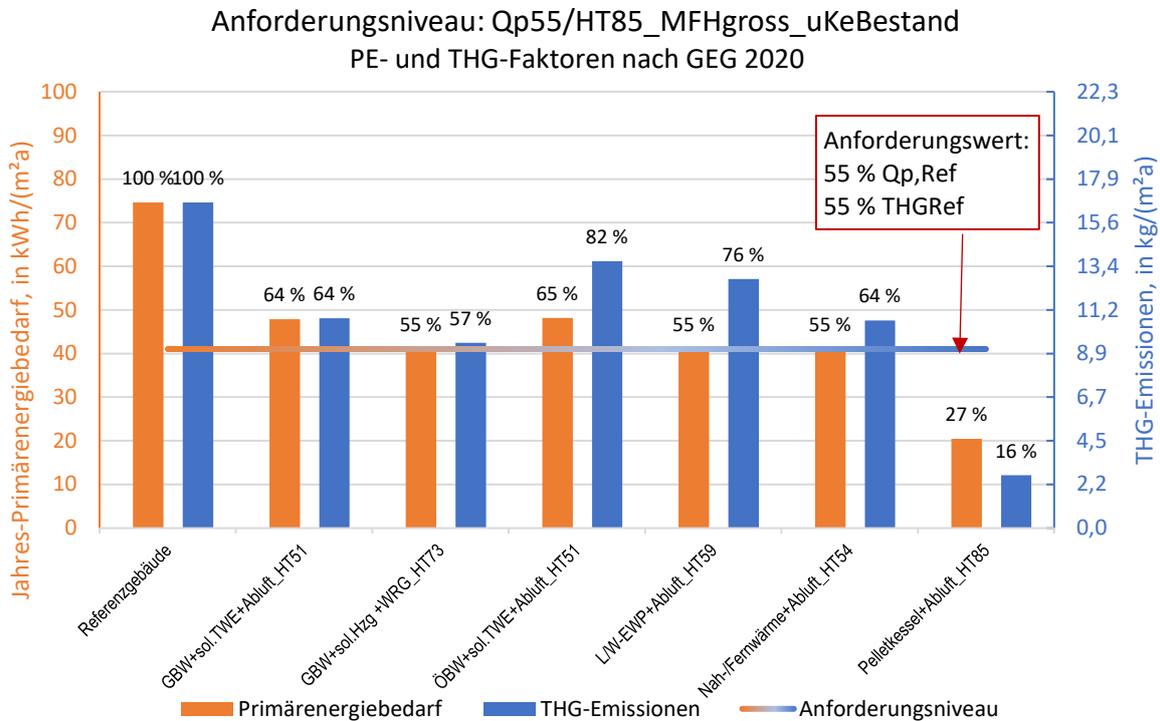
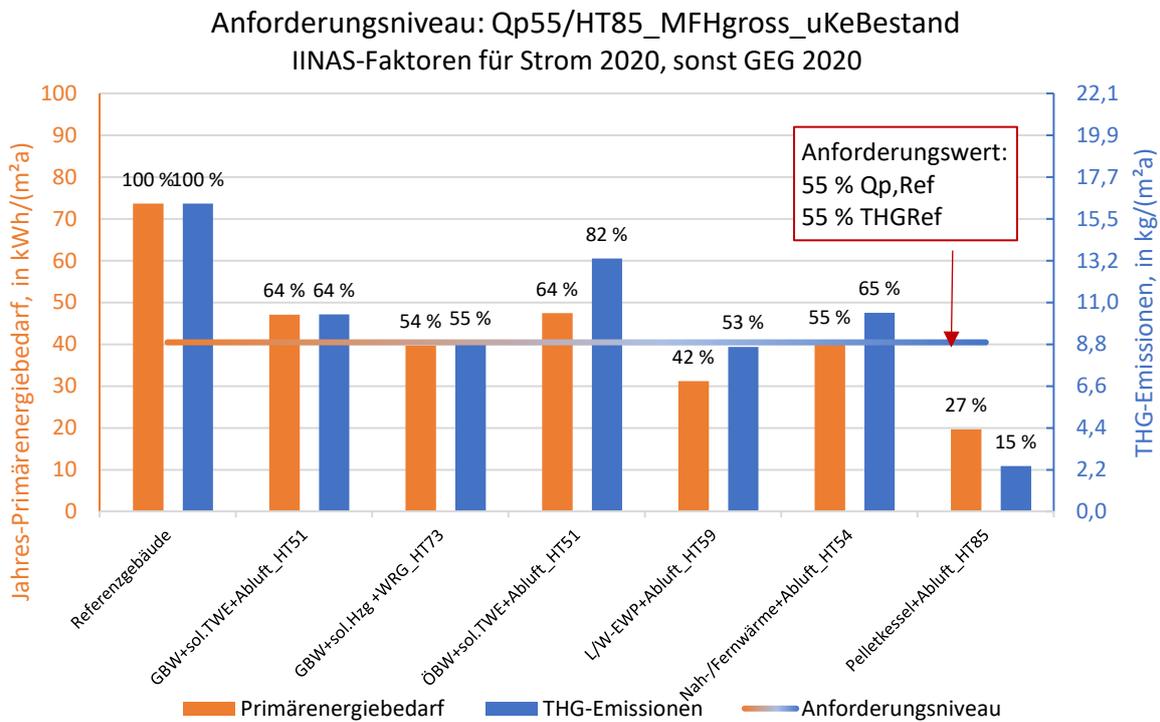


Abbildung 87
Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – MFH groß – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020



3.3 Ergebnisse der Modellrechnungen für Nichtwohngebäude

3.3.1 Einführende Bemerkungen

Im Rahmen der Berechnungen werden 7 verschiedene Gebäudetypen betrachtet. Die zugehörigen Auswertungen erfolgen im Weiteren gebäudeweise in den Abschnitten 3.3.2 bis 3.3.8. Abweichend von der Vorgehensweise für Wohngebäude werden nicht für alle Gebäudetypen jeweils zwei Anforderungsniveaus für Neubau und Bestand bewertet. So wird z. B. unterstellt, dass bei dem betrachteten Verbrauchermarkt und der Logistikhalle keine Sanierung erfolgt und damit ausschließlich die zwei Anforderungsniveaus im Neubau – EG 55 und EG 40 – betrachtet werden. Je Gebäudetyp werden bis auf den Verbrauchermarkt jeweils drei unterschiedliche Ausführungen der Anlagentechnik berücksichtigt, wobei die Ausführung der Gebäudehülle (Wärmedurchgangskoeffizienten, Wärmebrücken) den jeweiligen Niveaus angepasst ist.

In den nachfolgenden Diagrammen sind analog den Auswertungen für Wohngebäude für die zu betrachtenden Anforderungsniveaus die Ergebnisse dargestellt, welche sich für den Primärenergiebedarf (linke Ordinate, Farbe Orange) und die Treibhausgasemissionen THG (rechte Ordinate, Farbe Blau) ergeben. Diese Balkenpaare sind auf der Abszisse für die Referenzausführung (ganz links) und die betrachteten technischen Varianten (bis zu sechs) aufgetragen und in Relation zur Referenzausführung als Balkenbeschriftung jeweils in Prozent ausgewiesen. Die horizontale Linie gibt die Anforderungs-/Grenzwerte für das entsprechende Niveau wieder.

Die Diagramme sind je Anforderungsniveau jeweils doppelt aufgeführt, im ersten Diagramm entsprechen die Faktoren für die primärenergetische und emissionsbezogene Bewertung der Energieträger den Vorgaben des GEG 2020, in der zweiten Darstellung wird der Einfluss der ggü. GEG 2020 abgesenkten IINAS-Faktoren für Strom 2020 aufgezeigt.

Der in den Diagrammen ausgewiesene „Jahres-Primärenergiebedarf“ entspricht dem gemäß dem Bilanzierungsrahmen des GEG für Nichtwohngebäude bestimmten „Primärenergiebedarf, nicht erneuerbar“ in der Nutzungsphase des Gebäudes. Bei den THG-Emissionen handelt es sich um für die gleichen GEG-relevanten Bilanzanteile berechneten CO₂-Äquivalente. Beide Größen entsprechen spezifischen auf die Nettogrundfläche bezogenen Werten. Anders als bei den Wohngebäuden werden bei den Nichtwohngebäuden die Energiebedarfe für Beleuchtung im Rahmen der GEG-Bilanz berücksichtigt.

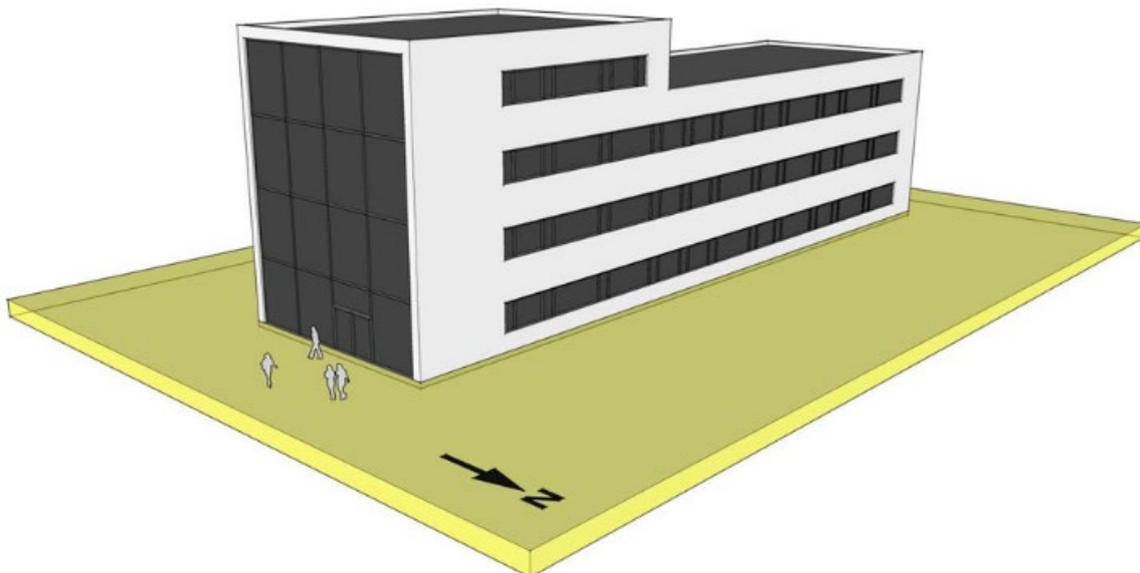
3.3.2 Büro (klein)

Bei dem betrachteten Gebäude mit einer Netto-Grundfläche von rund 1.700 m² handelt es sich um ein kleines freistehendes Bürogebäude, das nicht unterkellert und nicht gekühlt ist. Die Trinkwassererwärmung erfolgt dezentral.

Tabelle 23
Gebäudedaten Büro (klein)

Netto-Grundfläche	1.676 m ²
A _{NGF} Büroräume	1.267 m ²
Keller	Bodenplatte
beheiztes Volumen	5.979 m ³
wärmeübertragende Hüllfläche	2.750 m ²

Abbildung 88
Ansicht Bürogebäude (klein)



Quelle: [30]

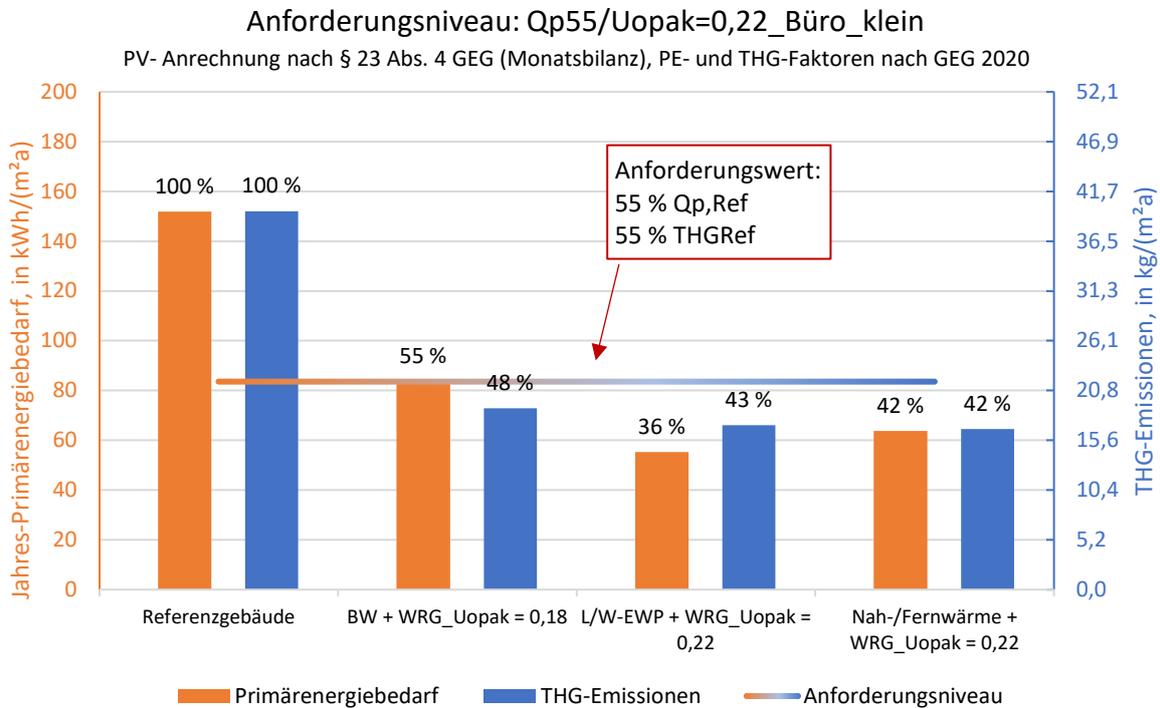
Im Rahmen der Untersuchung werden folgende drei Anlagenvarianten betrachtet:

- Gas-Brennwert + Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG) - BW + WRG
- Luft-Wasser-WP + Zu-/Abluftanlage mit WRG - L/W-EWP + WRG
- Nahwärme Erdgas-KWK + Zu-/Abluftanlage mit WRG - Nah-/Fernwärme + WRG

Die Trinkwassererwärmung erfolgt dezentral über Elektrodurchlauferhitzer.

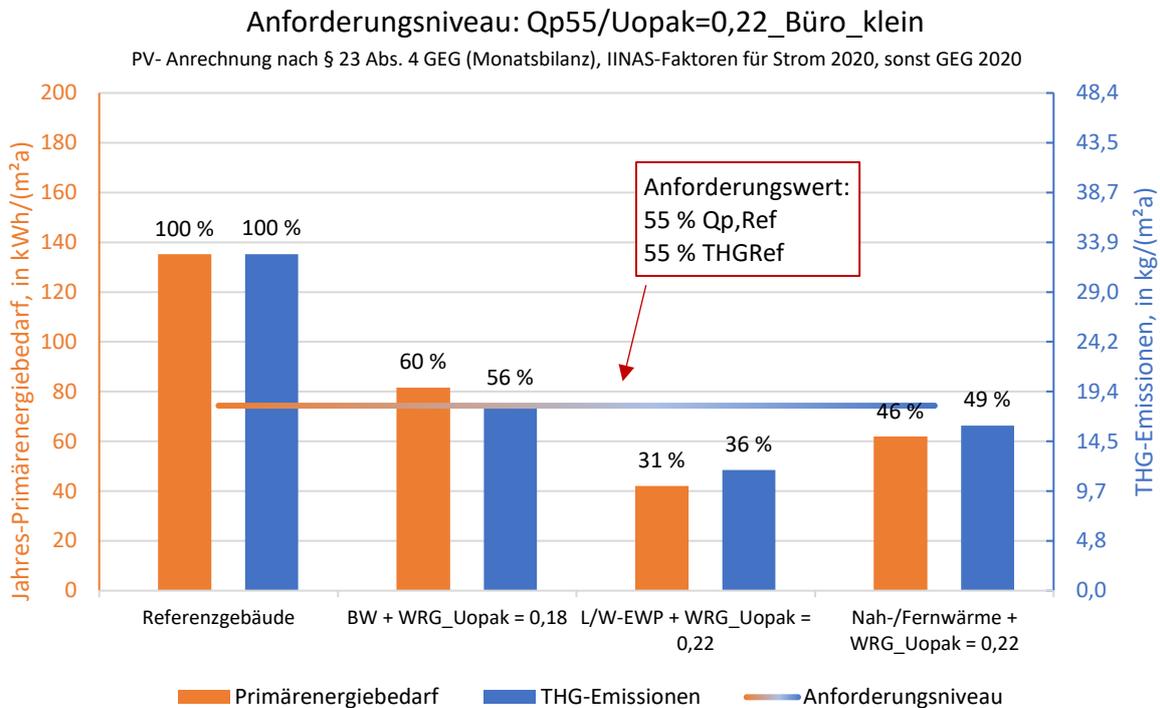
Neubau: Anforderungsniveau EG 55

Abbildung 89
Büro (klein), Neubau, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren



Quelle: ITG Dresden/IBH

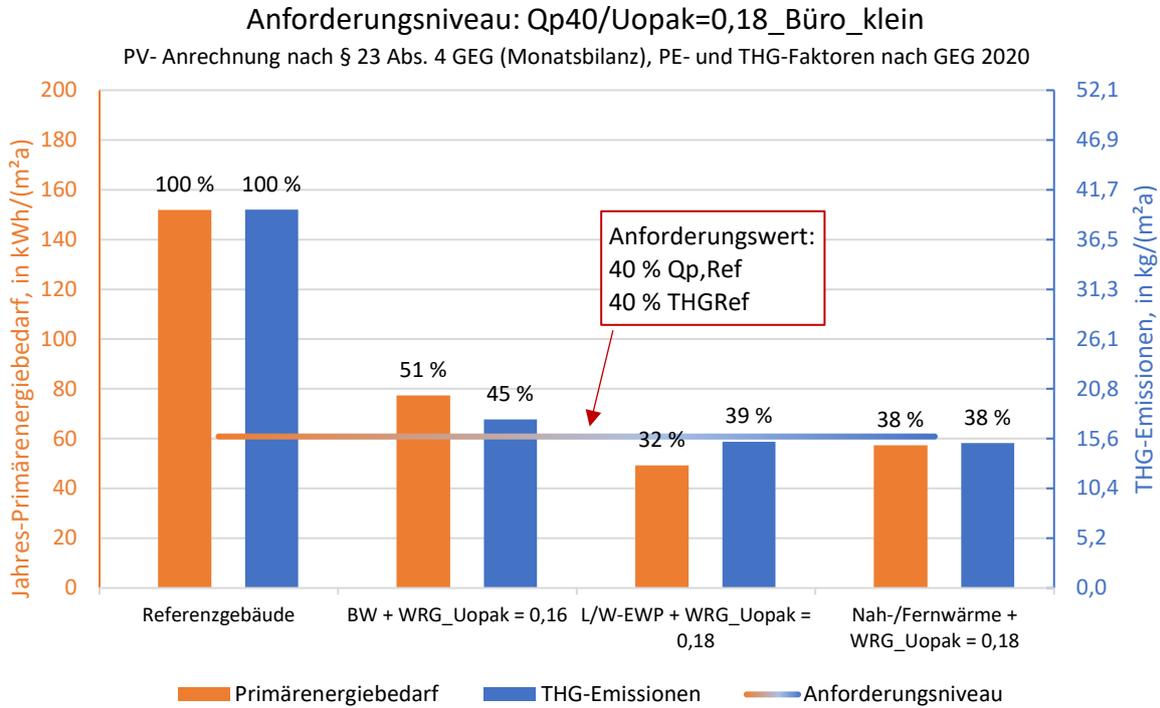
Abbildung 90
Büro (klein), Neubau, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

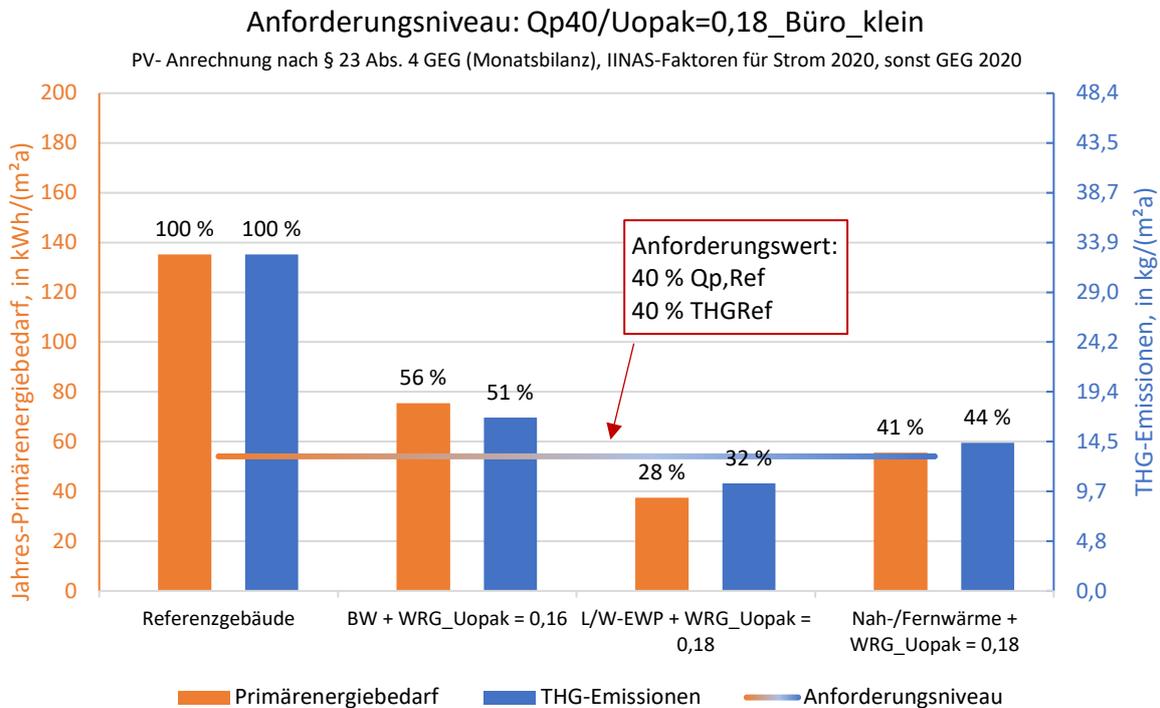
Neubau: Anforderungsniveau EG 40

Abbildung 91
Büro (klein), Neubau, Anforderungsniveau 40 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 40 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren



Quelle: ITG Dresden/IBH

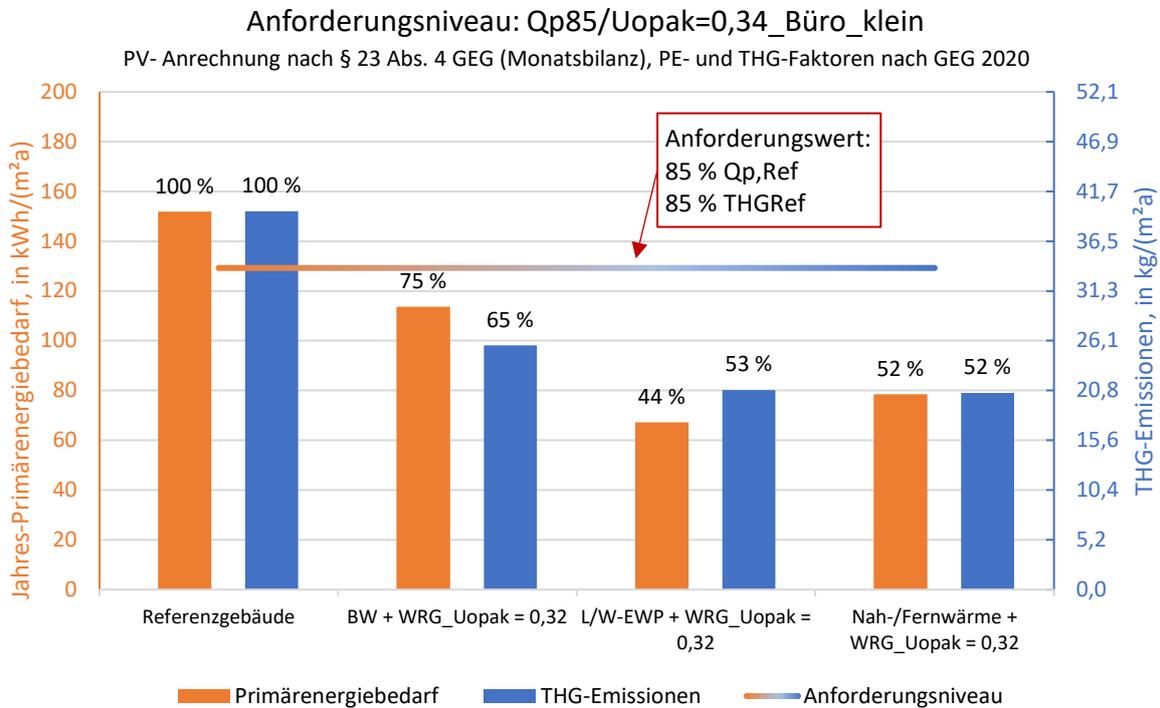
Abbildung 92
Büro (klein), Neubau, Anforderungsniveau 40 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 40 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

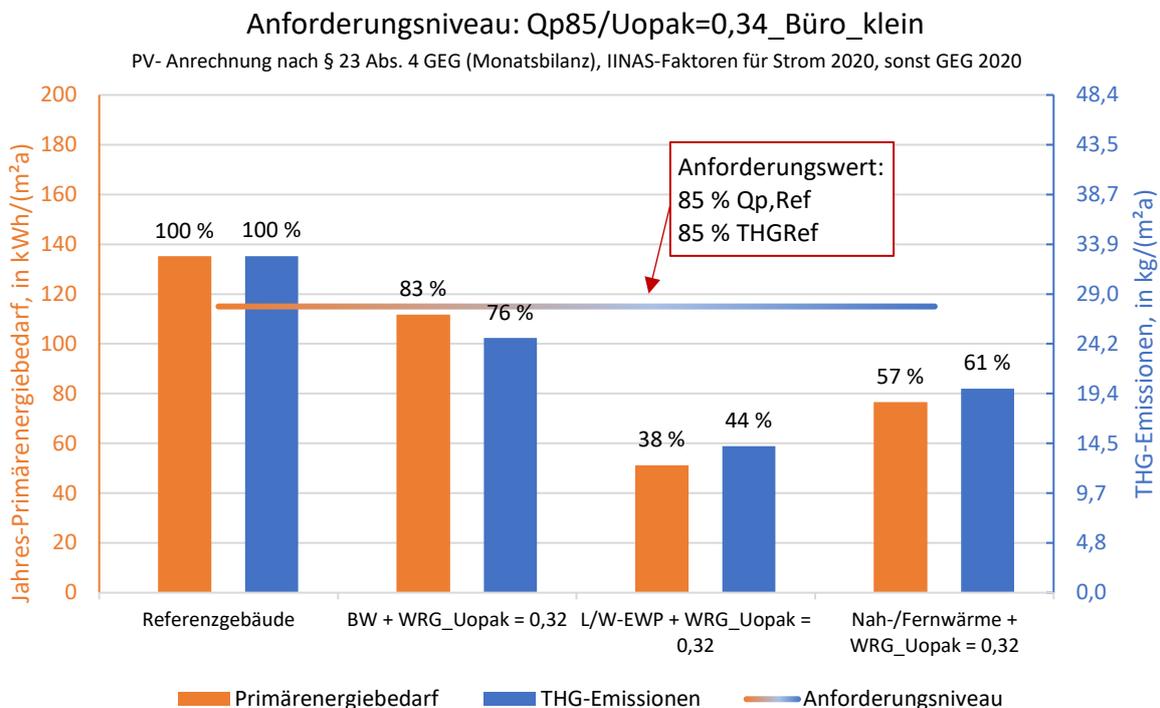
Bestand: Anforderungsniveau EG 85

Abbildung 93
Büro (klein), Sanierung, Anforderungsniveau 85 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 85 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren



Quelle: ITG Dresden/IBH

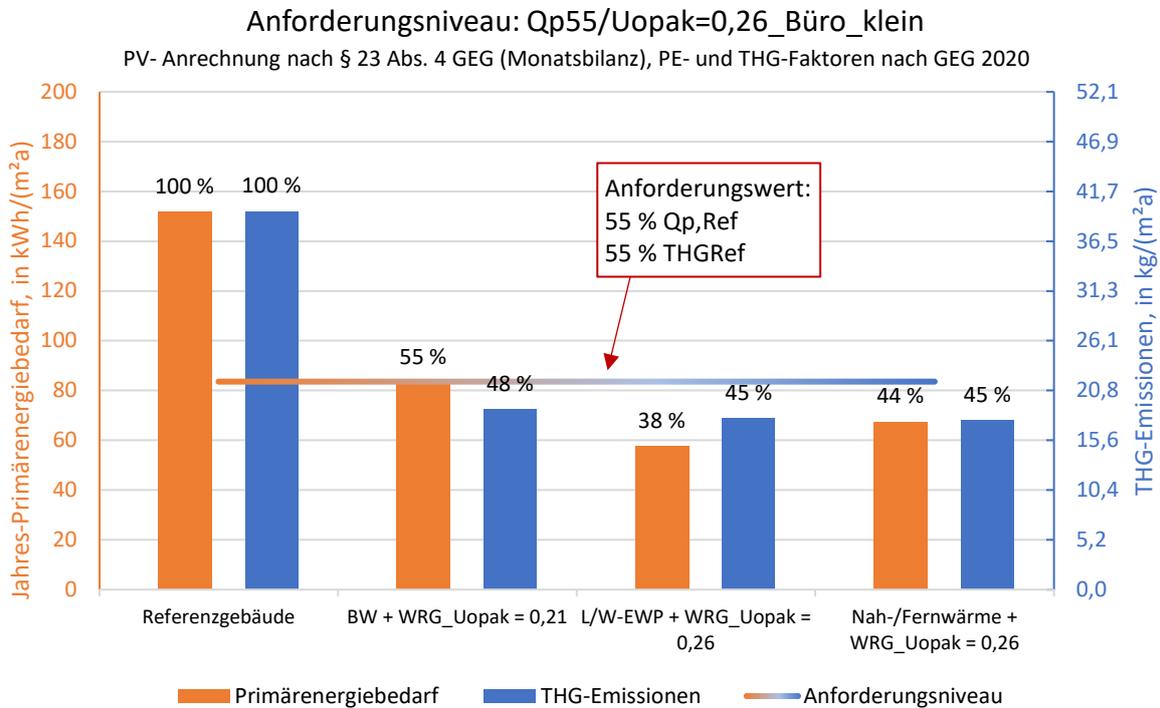
Abbildung 94
Büro (klein), Sanierung, Anforderungsniveau 85 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 85 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

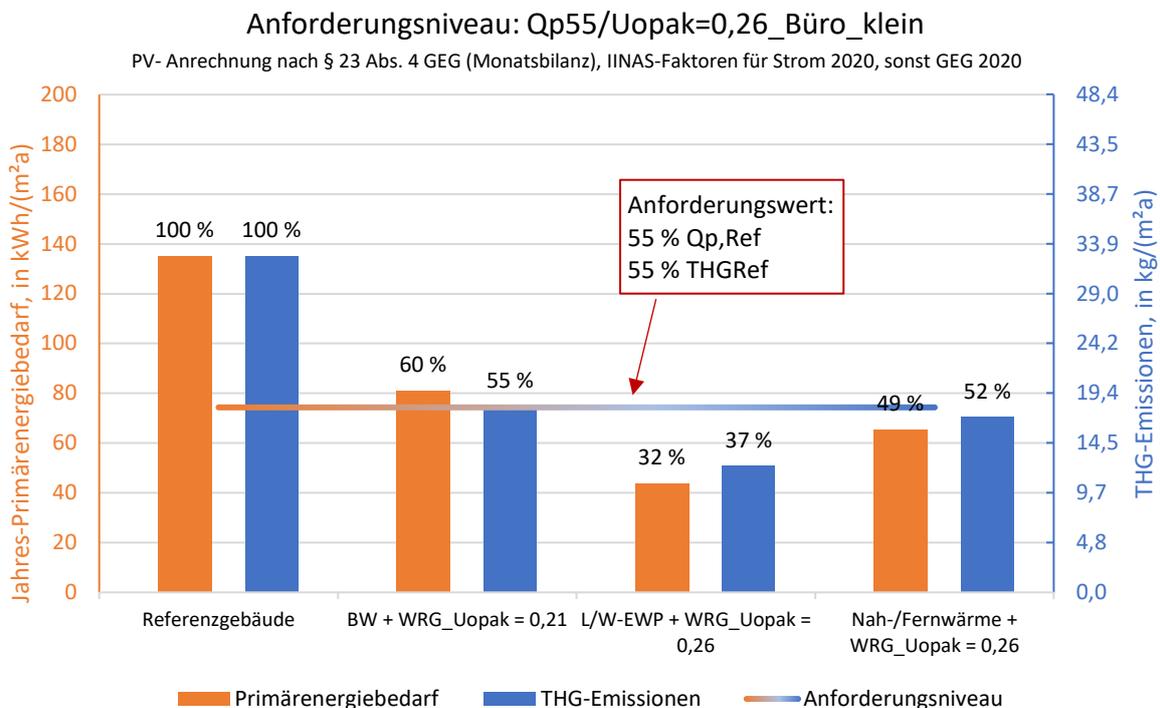
Bestand: Anforderungsniveau EG 55

Abbildung 95
Büro (klein), Sanierung, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren



Quelle: ITG Dresden/IBH

Abbildung 96
Büro (klein), Sanierung, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

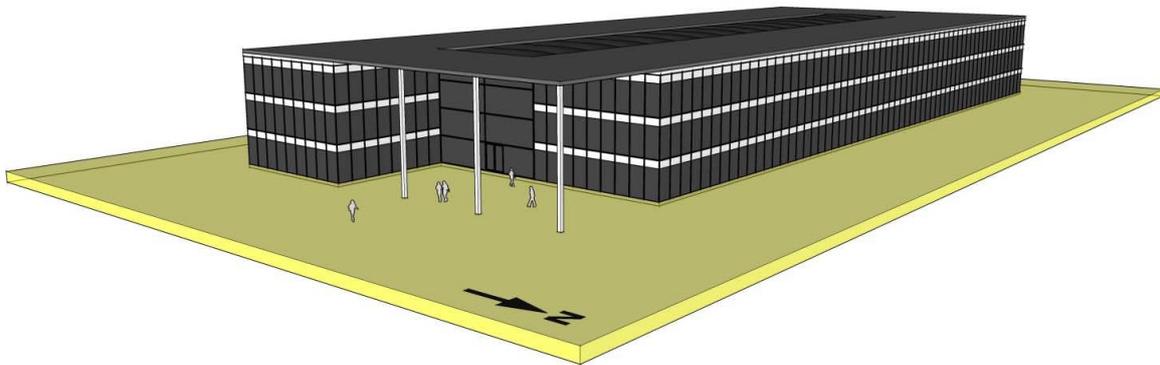
3.3.3 Büro (groß)

Bei dem Gebäude handelt es sich um ein großes, repräsentatives Bürogebäude-Modell mit drei Büroetagen basierend auf einer relativ großen Bodengrundfläche. Das Gebäude verfügt über eine zentrale Lüftungsanlage mit Heiz- und Kühlfunktion. Elektrische Durchlauferhitzer übernehmen die Trinkwassererwärmung.

Tabelle 24
Gebäudedaten Büro groß

Netto-Grundfläche	5.948 m ²
A _{NGF} Büroräume	4.939 m ²
Keller	Bodenplatte
beheiztes Volumen	20.524 m ³
wärmeübertragende Hüllfläche	11.081 m ²

Abbildung 97
Ansicht Bürogebäude (groß)



Quelle: [30]

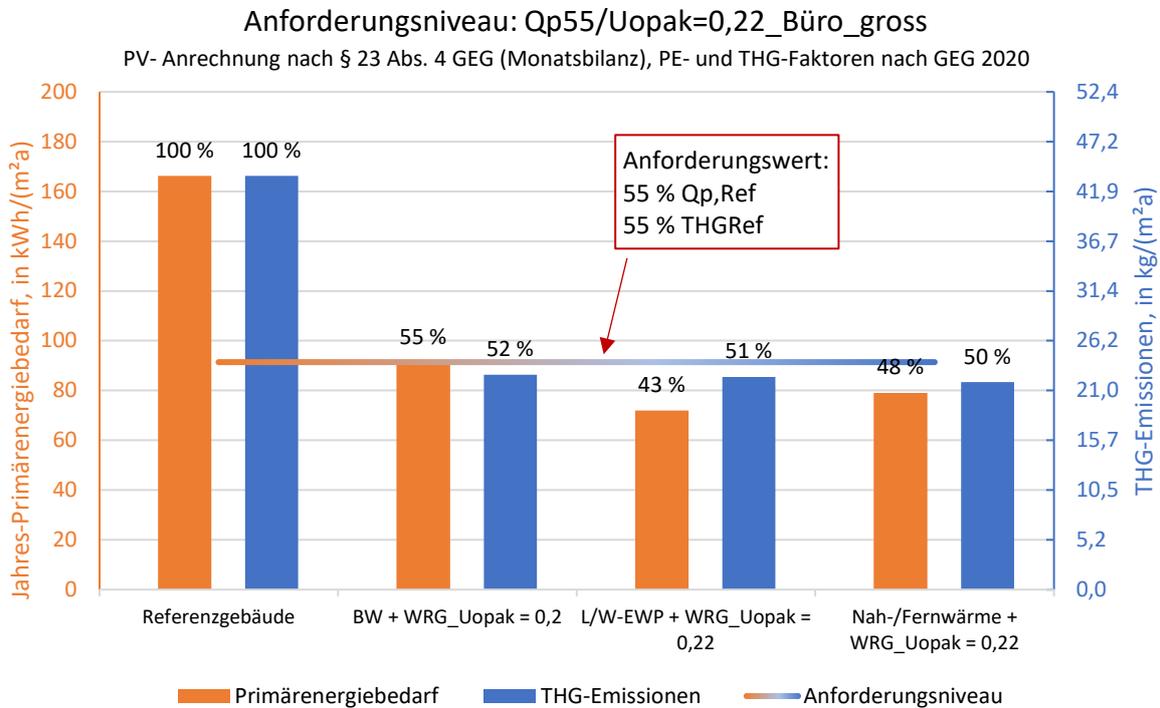
Für das große Bürogebäude werden analog zum kleinen Bürogebäude folgende drei Anlagenvarianten betrachtet:

- Gas-Brennwert + Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG) - BW + WRG
- Luft-Wasser-WP + Zu-/Abluftanlage mit WRG - L/W-EWP + WRG
- Nah-/Fernwärme aus Erdgas-KWK + Zu-/Abluftanlage mit WRG - Nah-/Fernwärme + WRG

Die Trinkwassererwärmung erfolgt dezentral über Elektrodurchlauferhitzer. Die Kälteerzeugung erfolgt über eine Kompressionskältemaschine.

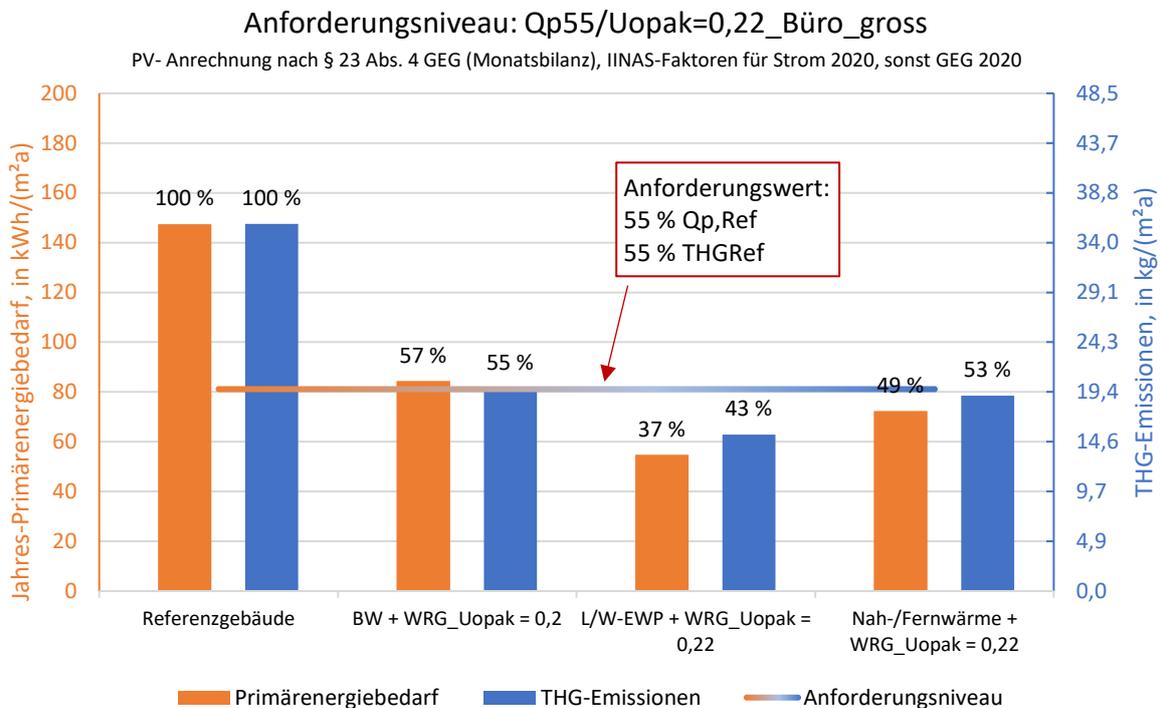
Neubau: Anforderungsniveau EG 55

Abbildung 98
Büro (groß), Neubau, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren



Quelle: ITG Dresden/IBH

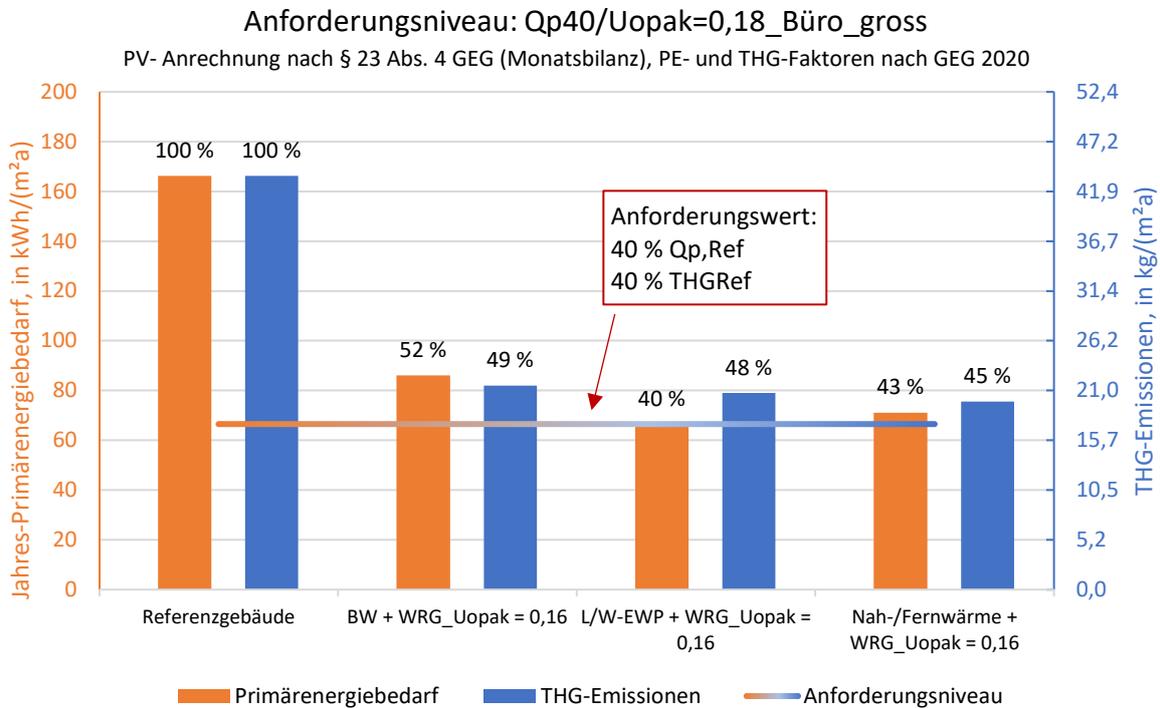
Abbildung 99
Büro (groß), Neubau, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

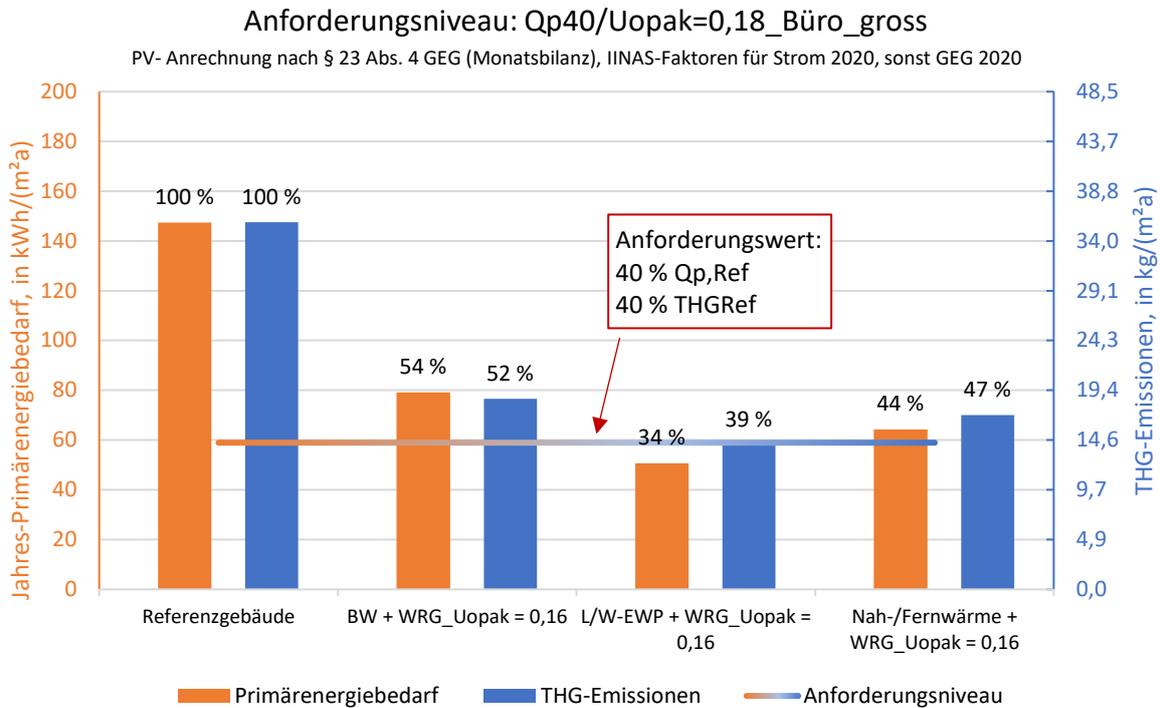
Neubau: Anforderungsniveau EG 40

Abbildung 100
Büro (groß), Neubau, Anforderungsniveau 40 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 40 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren



Quelle: ITG Dresden/IBH

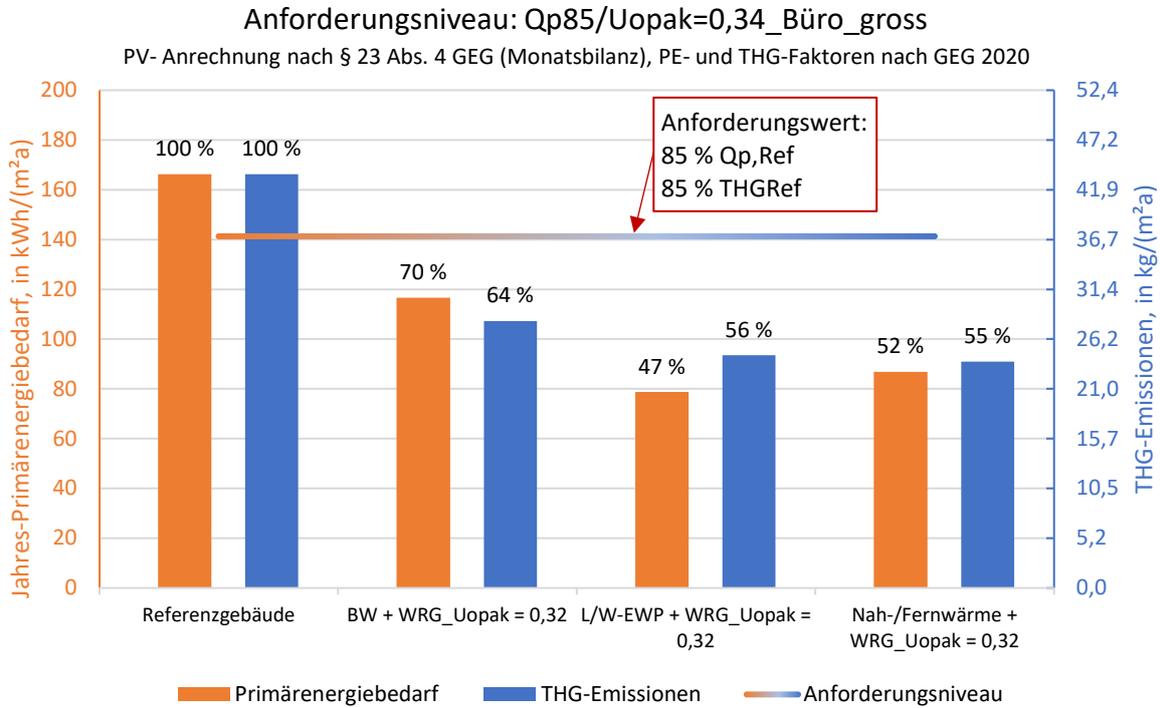
Abbildung 101
Büro (groß), Neubau, Anforderungsniveau 40 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 40 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

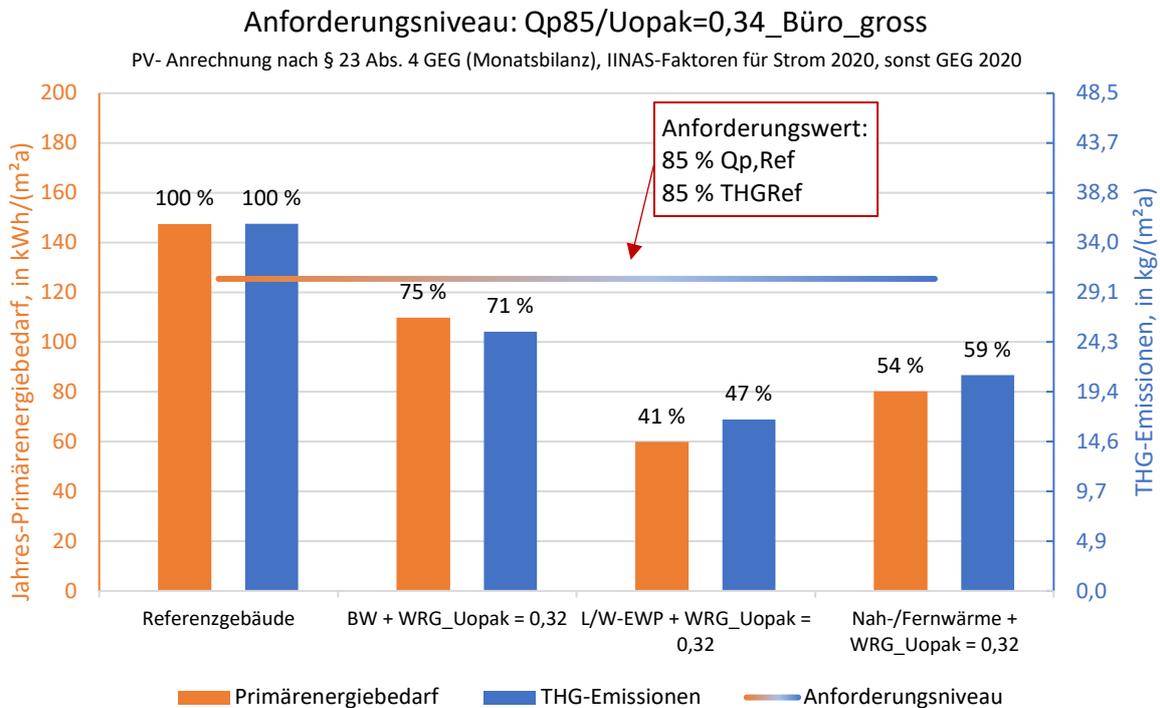
Bestand: Anforderungsniveau EG 85

Abbildung 102
 Büro (groß), Sanierung, Anforderungsniveau 85 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 85 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren



Quelle: ITG Dresden/IBH

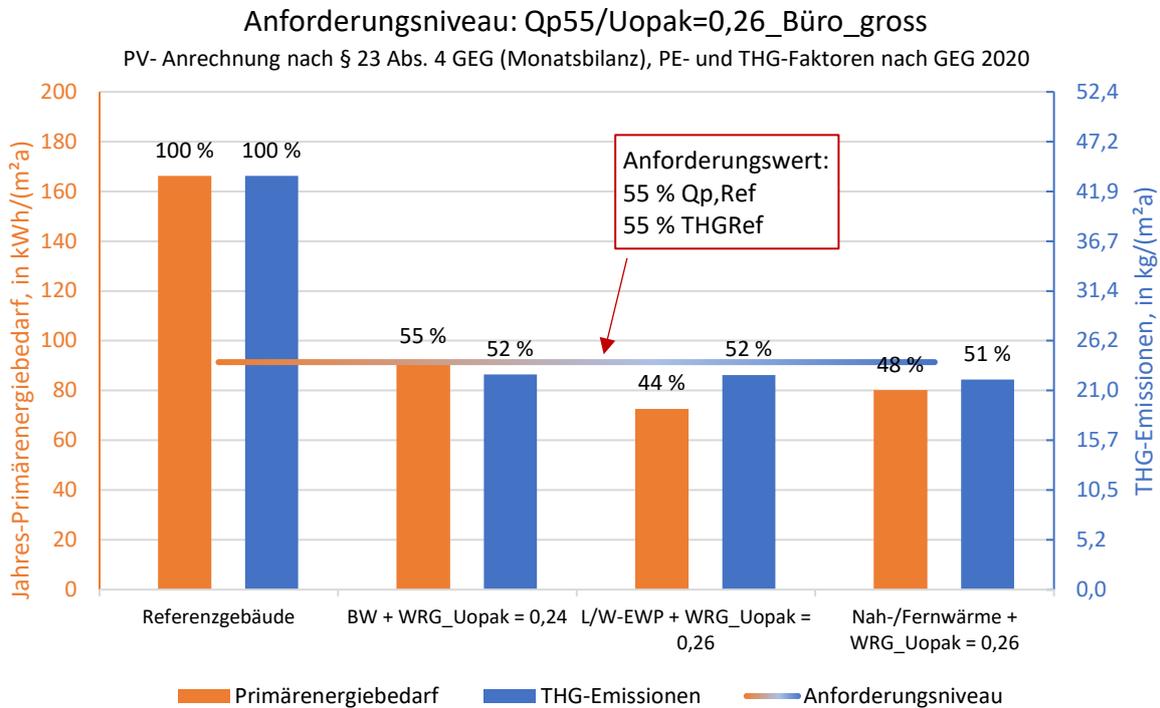
Abbildung 103
 Büro (groß), Sanierung, Anforderungsniveau 85 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 85 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

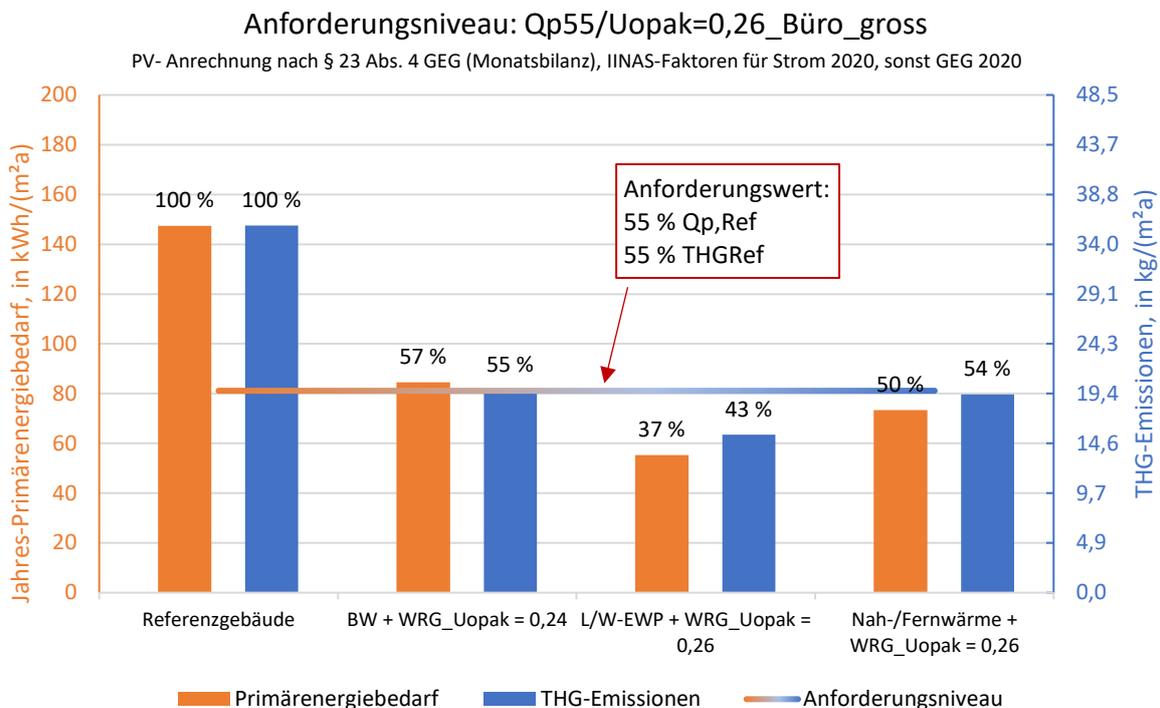
Bestand: Anforderungsniveau EG 55

Abbildung 104
 Büro (groß), Sanierung, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren



Quelle: ITG Dresden/IBH

Abbildung 105
 Büro (groß), Sanierung, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

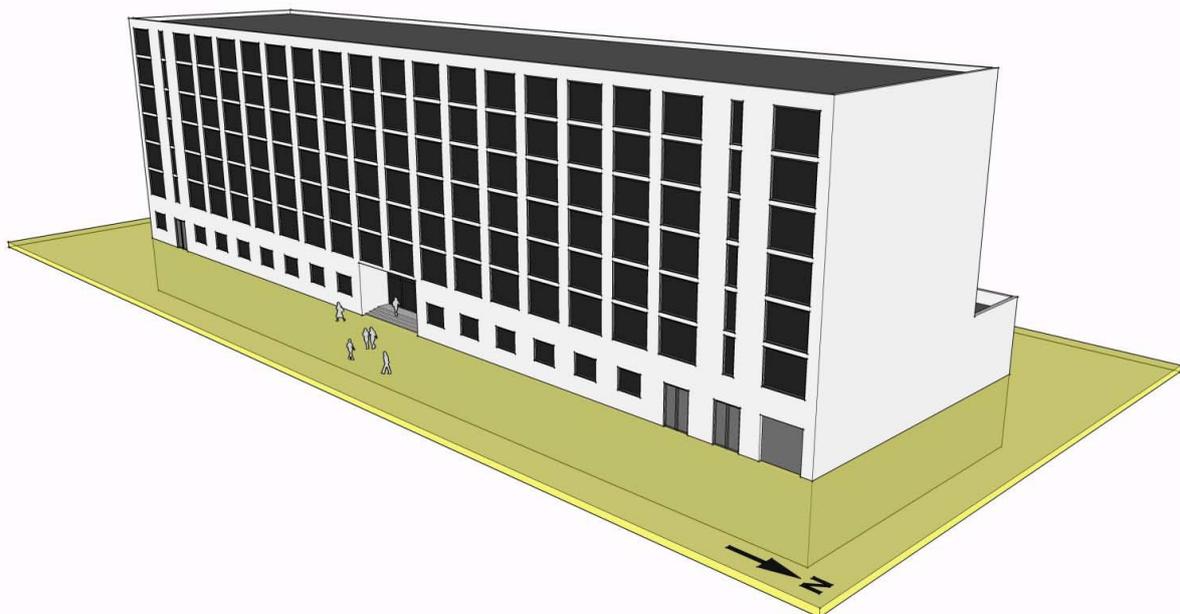
3.3.4 Hotel (groß)

Bei dem Gebäude handelt es sich um ein großes Hotelgebäude mit Restaurant samt Küche, Seminarräumen und einer zweigeschossigen Tiefgarage. Die Hotelzimmer und das Restaurant werden gekühlt. Die Wärme- und Kälteübergabe erfolgt über Gebläsekonvektoren.

Tabelle 25
Gebäudedaten Hotel (groß)

Netto-Grundfläche	8.636 m ² + 3.056 m ² (Parkhaus)
A _{NGF} Hotelzimmer	4.605 m ²
Keller	unbeheizt, Tiefgarage
beheiztes Volumen	27.591 m ³
wärmeübertragende Hüllfläche	8.357 m ²

Abbildung 106
Ansicht Hotel (groß)



Quelle: [30]

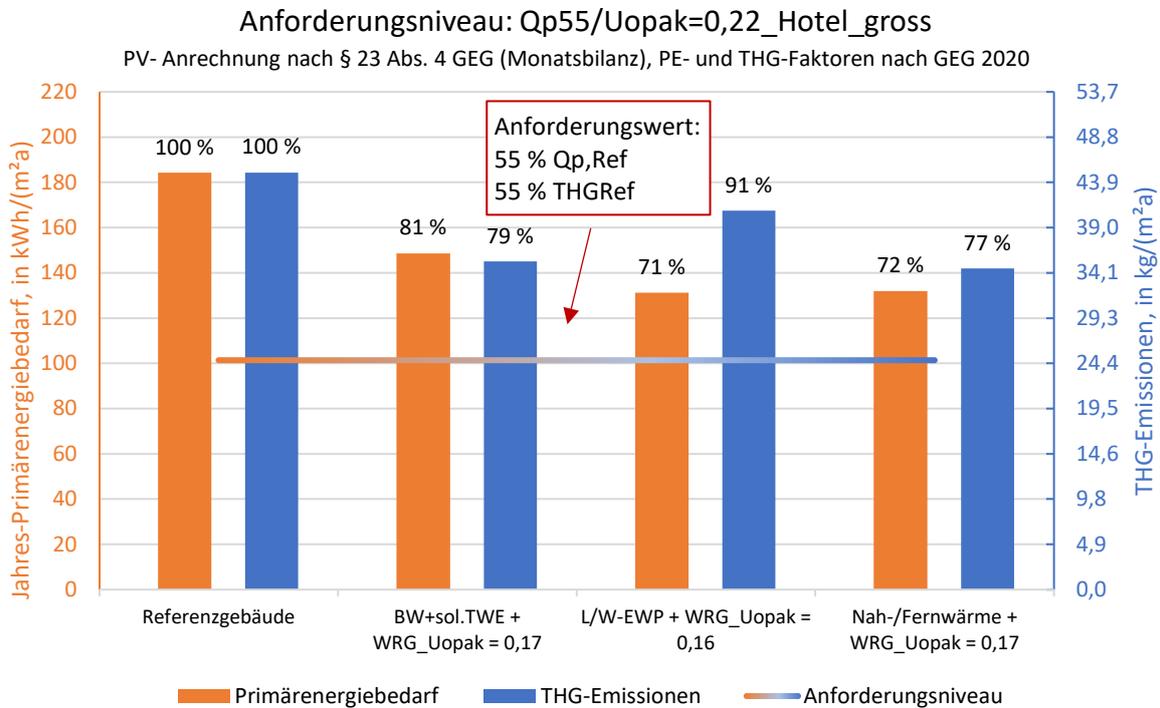
Bei dem Hotelgebäude werden folgende drei Anlagenvarianten untersucht:

- Gas-Brennwert + solare Trinkwassererwärmung + Zu-/Abluftanlage WRG - BW+sol.TWE + WRG
- Luft-Wasser-WP + Zu-/Abluftanlage mit WRG - L/W-EWP + WRG
- Nah-/Fernwärme aus Erdgas-KWK + Zu-/Abluftanlage mit WRG - Nah-/Fernwärme + WRG

Die Trinkwassererwärmung erfolgt zentral. Zur Kälteerzeugung wird eine Kompressionskältemaschine eingesetzt.

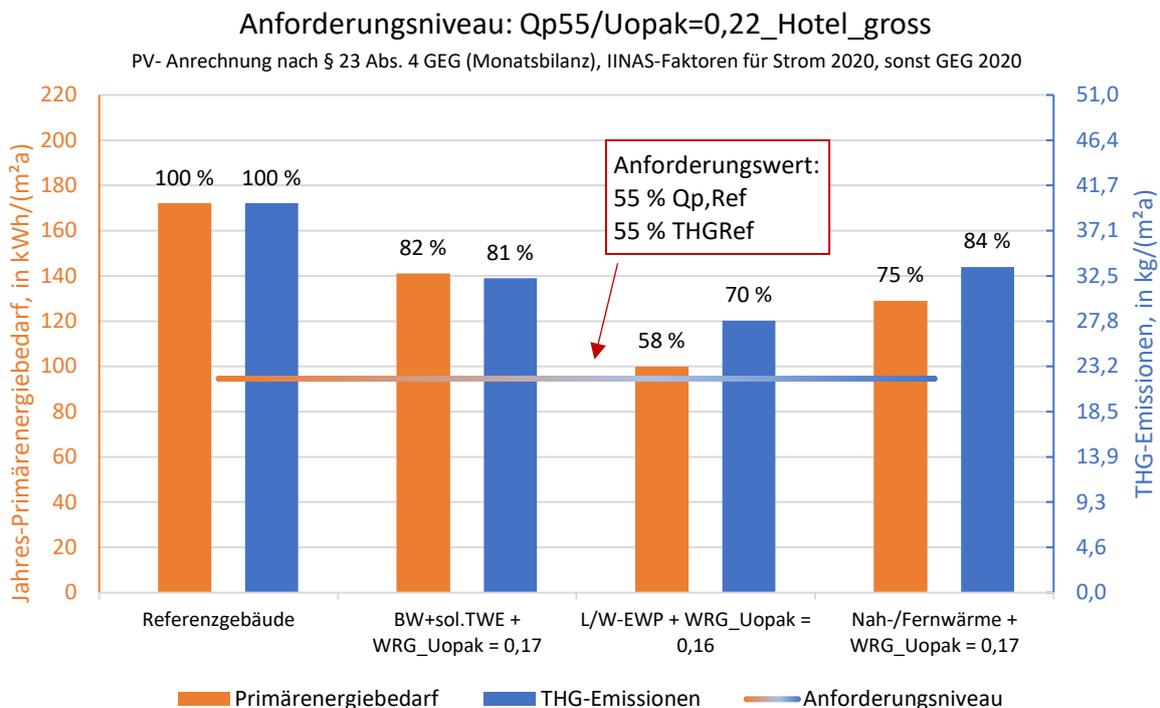
Neubau: Anforderungsniveau EG 55

Abbildung 107
Hotel (groß), Neubau, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren



Quelle: ITG Dresden/IBH

Abbildung 108
Hotel (groß), Neubau, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020

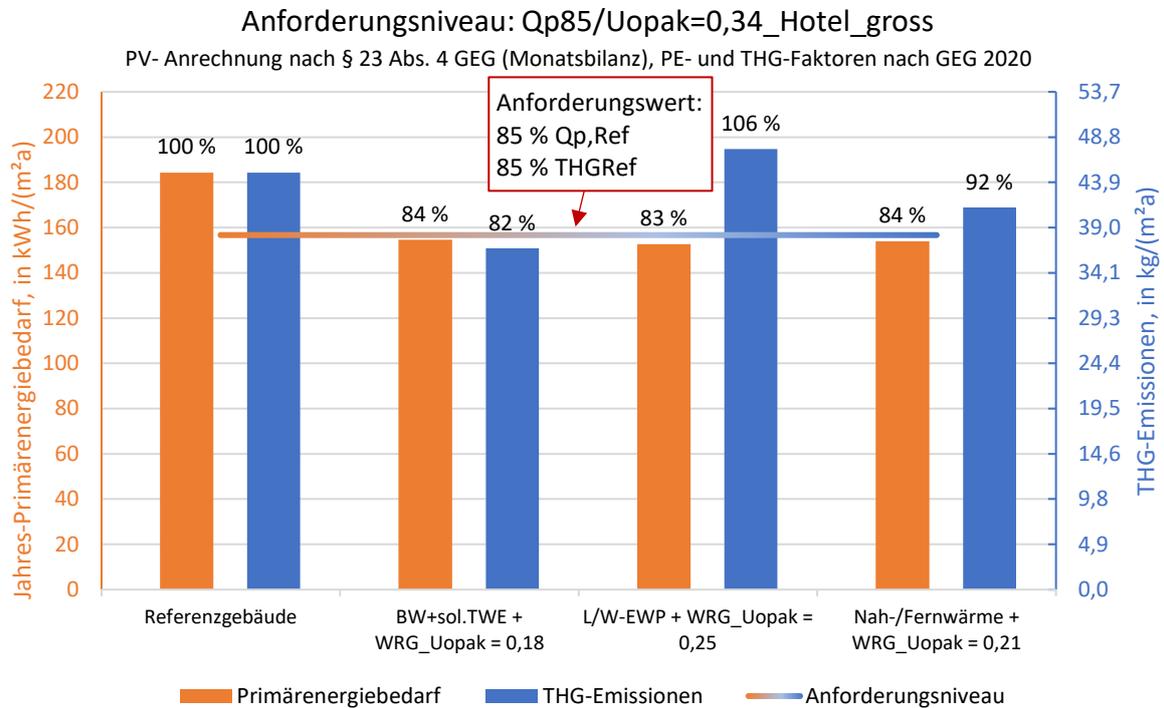


Quelle: ITG Dresden/IBH

Bestand: Anforderungsniveau EG 85

Abbildung 109

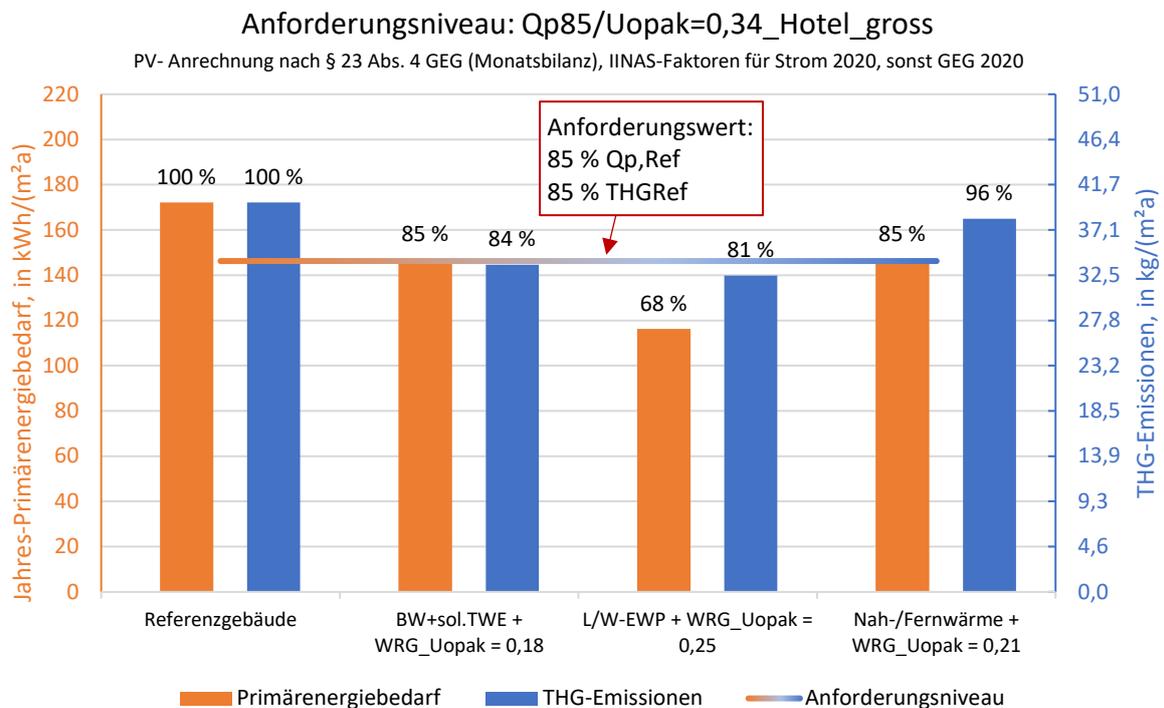
Hotel (groß), Sanierung, Anforderungsniveau 85 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 85 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren



Quelle: ITG Dresden/IBH

Abbildung 110

Hotel (groß), Sanierung, Anforderungsniveau 85 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 85 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

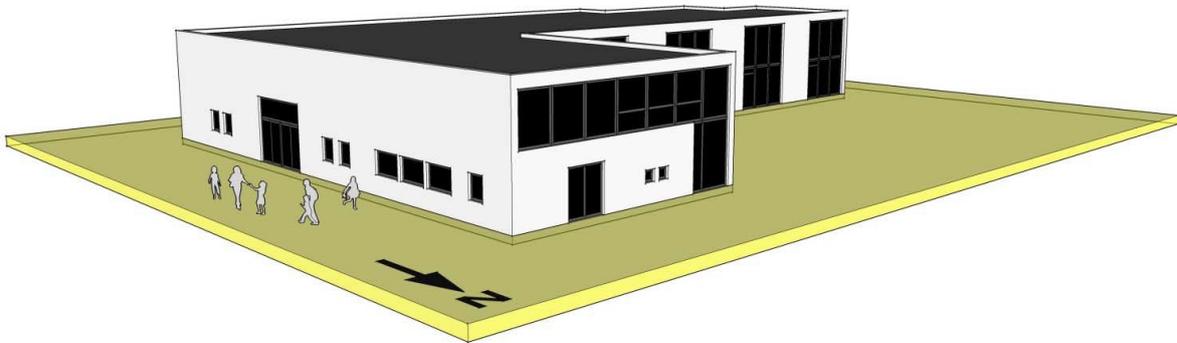
3.3.5 Kindergarten

Bei dem Gebäude handelt es sich um eine Kindergartenstätte mit einer Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung, die zur Sicherstellung der Luftqualität in den Gruppenräumen eingesetzt wird. Die Trinkwassererwärmung erfolgt zentral.

Tabelle 26
Gebäudedaten Kindergarten

Netto-Grundfläche	503 m ²
Keller	Bodenplatte
beheiztes Volumen	2.768 m ³
wärmeübertragende Hüllfläche	1.883 m ²

Abbildung 111
Ansicht Kindergarten



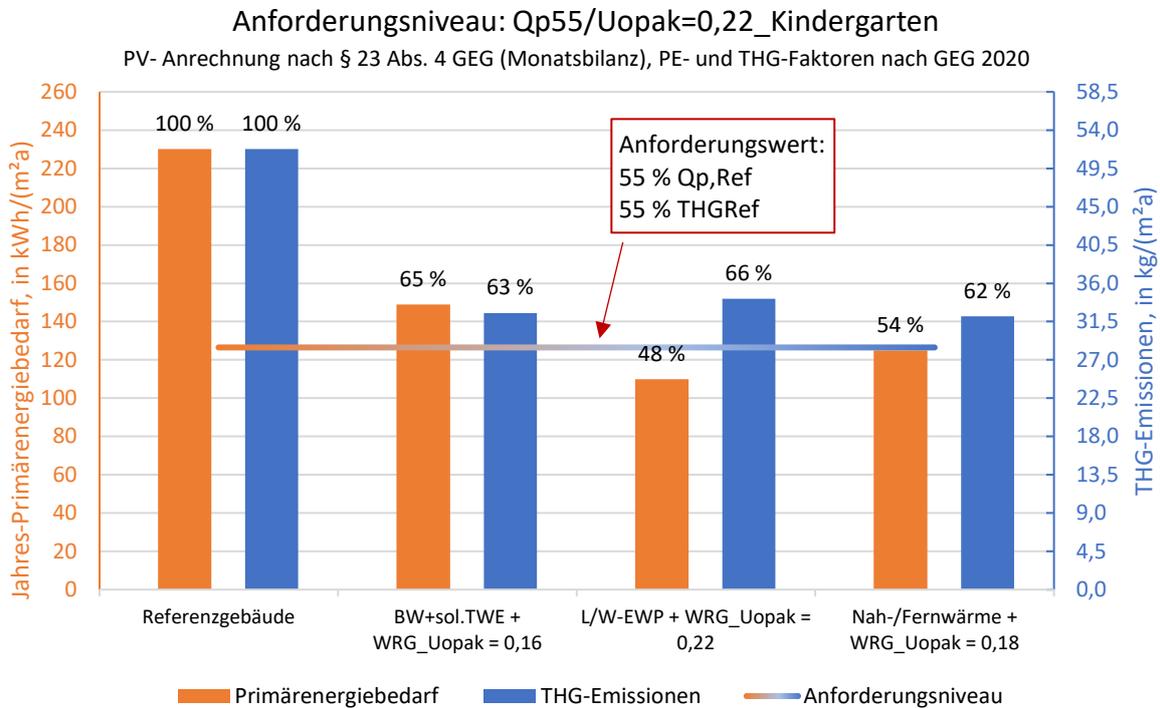
Quelle: [30]

Bei der Kindertagesstätte werden folgende drei Anlagenvarianten betrachtet:

- Gas-Brennwert + solare Trinkwassererwärmung + Zu-/Abluftanlage WRG - BW+sol.TWE + WRG
- Luft-Wasser-WP + Zu-/Abluftanlage mit WRG - L/W-EWP + WRG
- Nah-/Fernwärme aus Erdgas-KWK + Zu-/Abluftanlage mit WRG - Nah-/Fernwärme + WRG

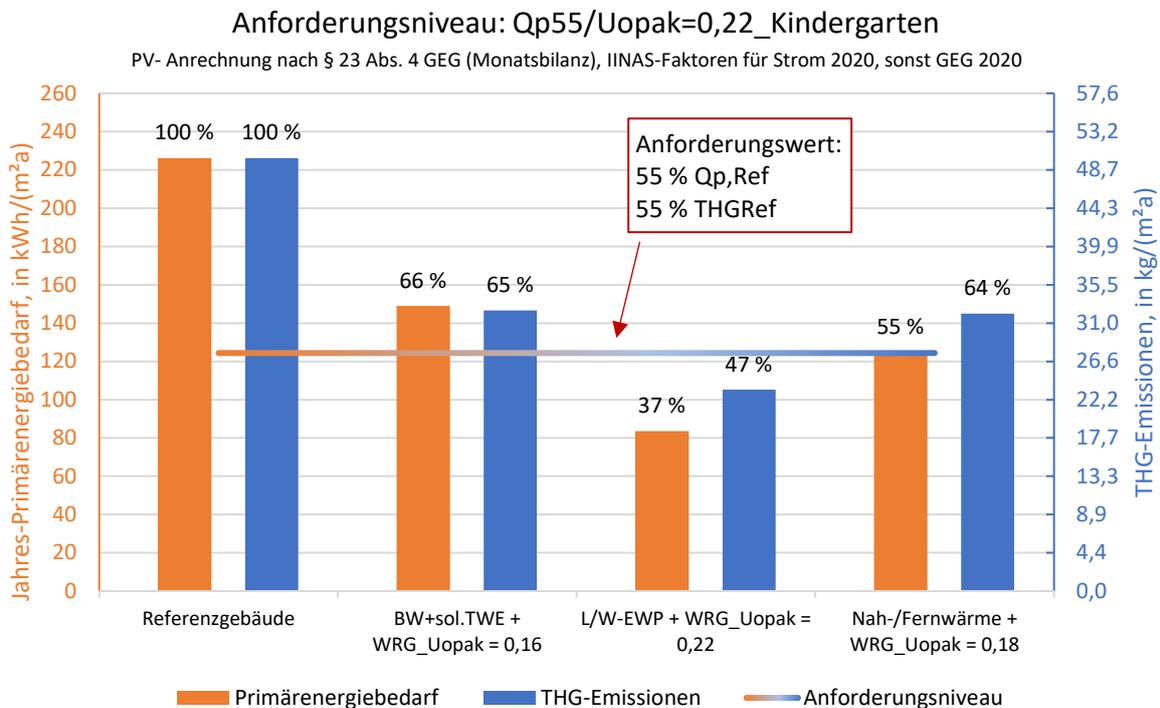
Neubau: Anforderungsniveau EG 55

Abbildung 112
 Kindergarten, Neubau, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren



Quelle: ITG Dresden/IBH

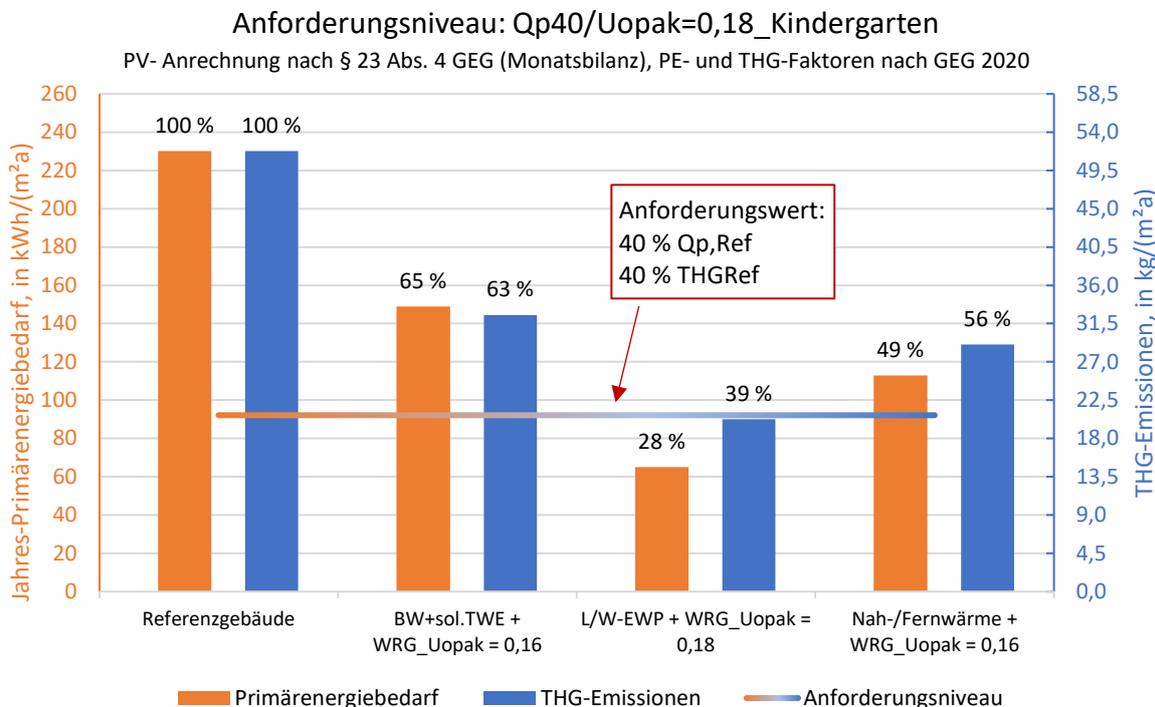
Abbildung 113
 Kindergarten, Neubau, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

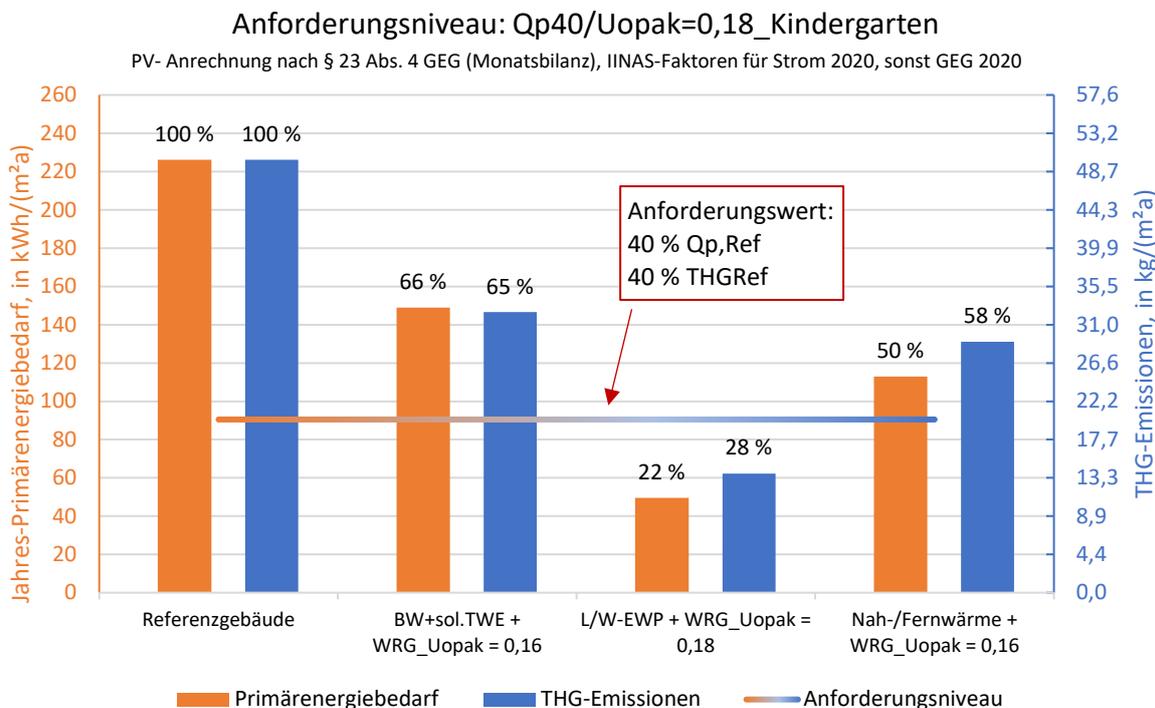
Neubau: Anforderungsniveau EG 40

Abbildung 114
 Kindergarten, Neubau, Anforderungsniveau 40 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 40 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren



Quelle: ITG Dresden/IBH

Abbildung 115
 Kindergarten, Neubau, Anforderungsniveau 40 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 40 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

Bestand: Anforderungsniveau EG 85

Abbildung 116

Kindergarten, Sanierung, Anforderungsniveau 85 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 85 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren

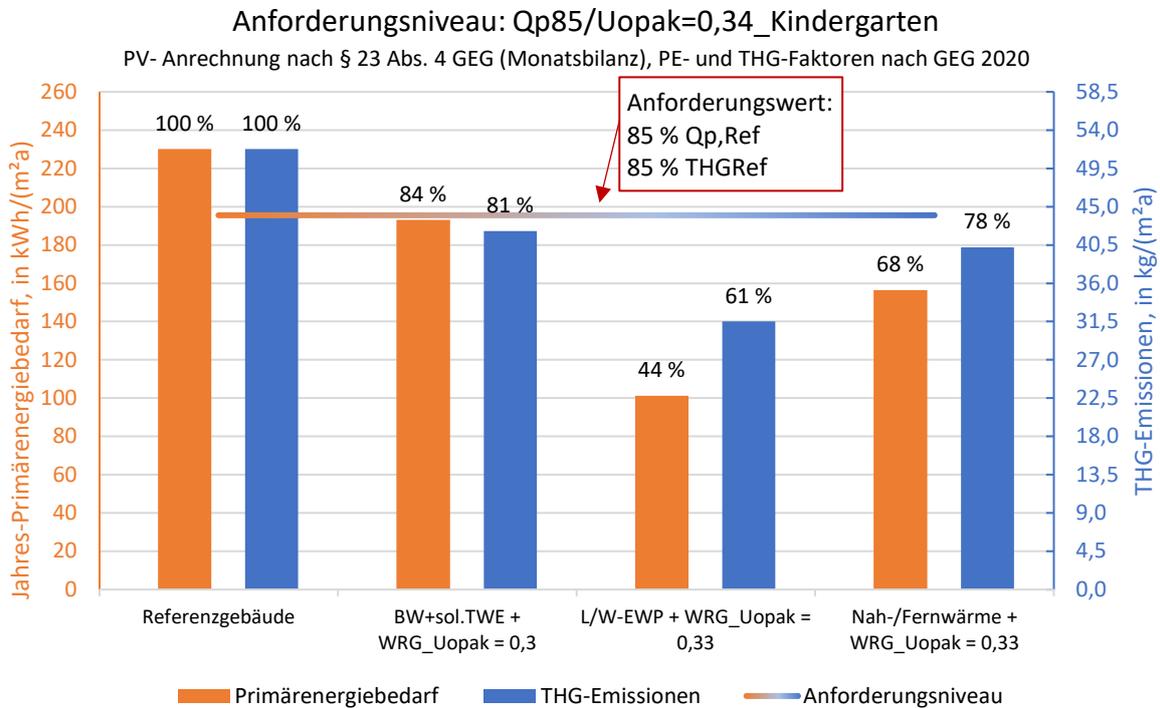
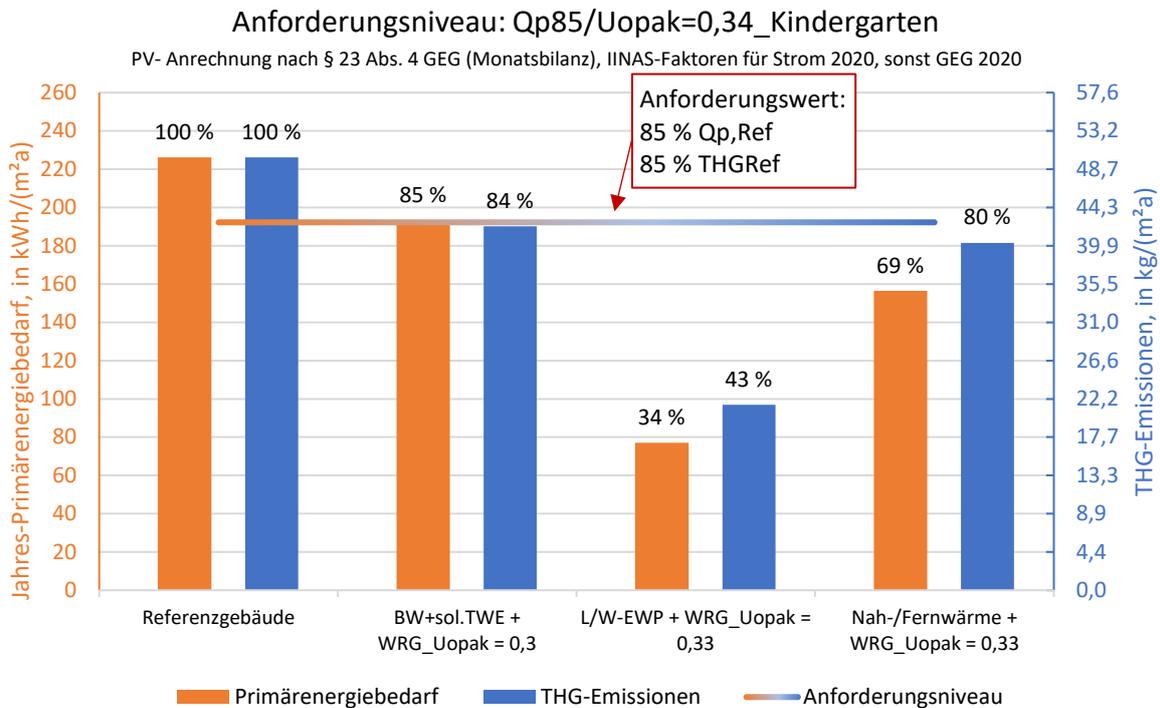


Abbildung 117

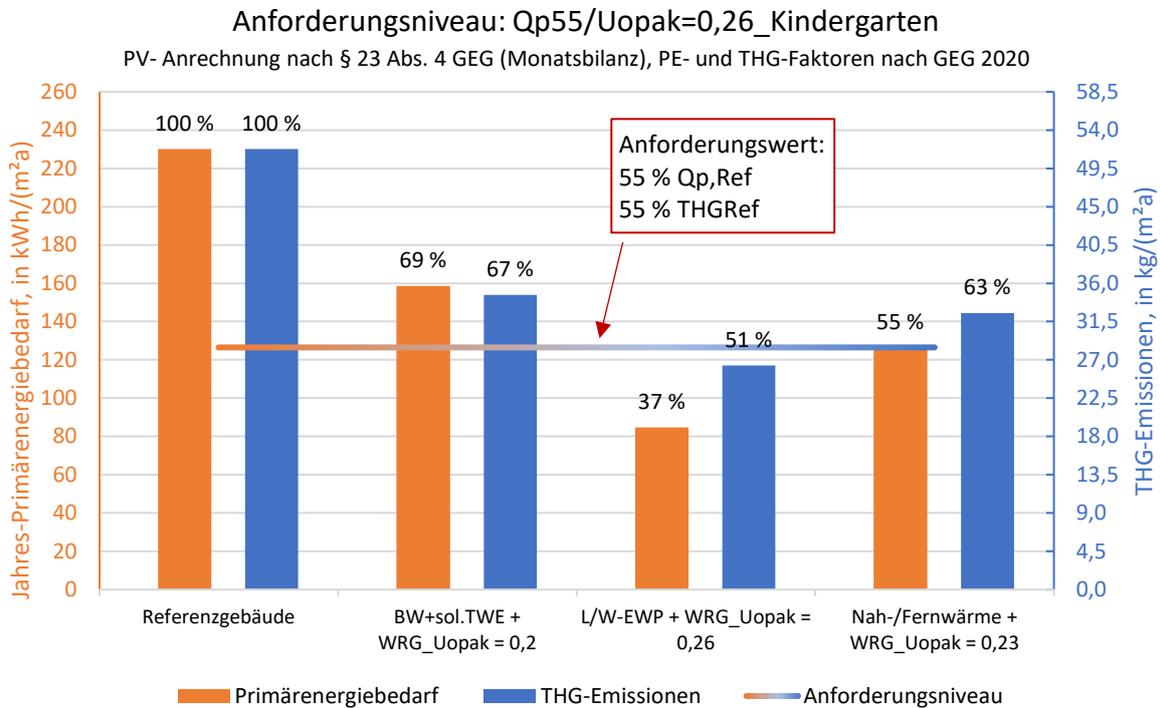
Kindergarten, Sanierung, Anforderungsniveau 85 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 85 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020



Bestand: Anforderungsniveau EG 55

Abbildung 118

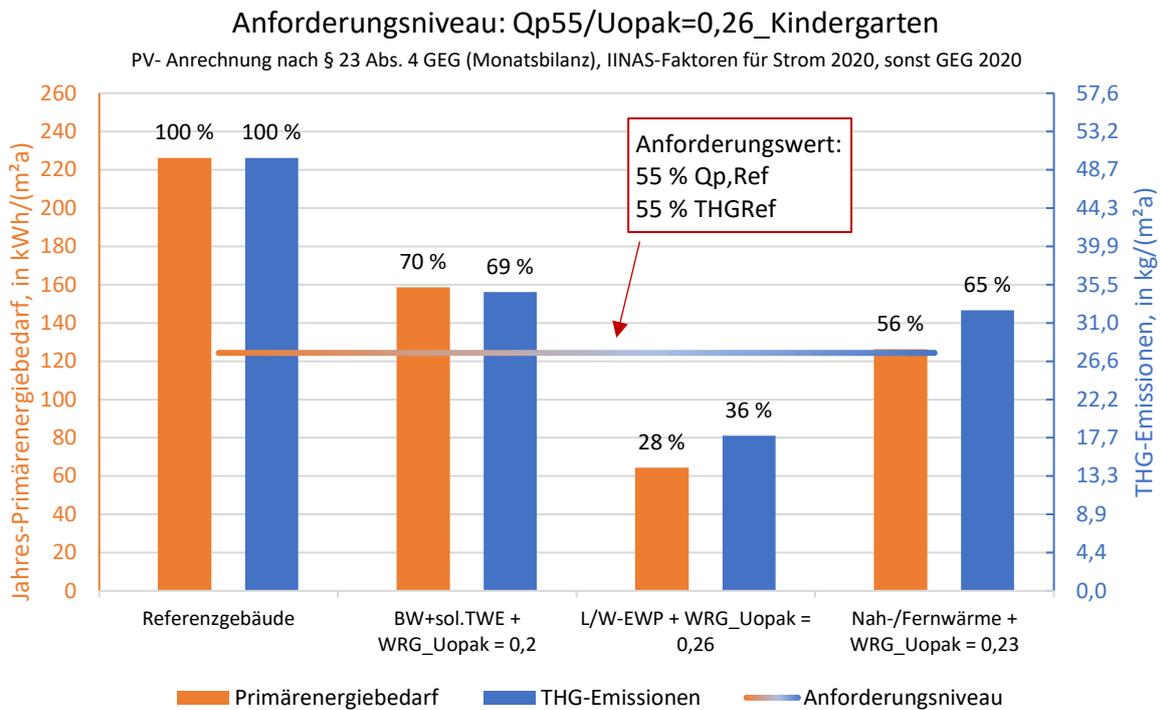
Kindergarten, Sanierung, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren



Quelle: ITG Dresden/IBH

Abbildung 119

Kindergarten, Sanierung, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

3.3.6 Verbrauchermarkt (mittel)

Bei dem Gebäude handelt es sich um einen Lebensmittelmarkt mittlerer Größe mit einem zentralen Wärmeerzeuger und indirekt beheizten Lufterhitzern, die sich in dem Nutzraum befinden (Warmluftheizung). Das Gebäude wird gekühlt.

Tabelle 27
Gebäudedaten Verbrauchermarkt (mittel)

Netto-Grundfläche	2.243 m ²
Keller	Bodenplatte
beheiztes Volumen	10.765 m ³
wärmeübertragende Hüllfläche	6.059 m ²

Abbildung 120
Ansicht Verbrauchermarkt (mittel)



Quelle: [30]

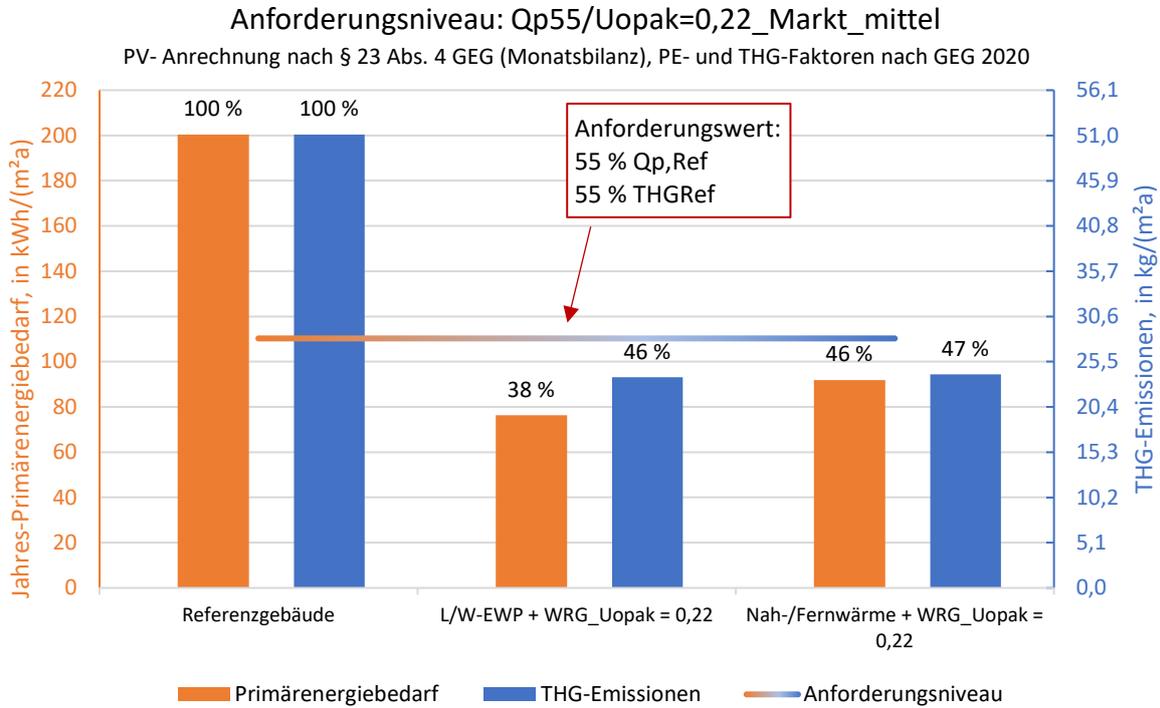
Bei dem Verbrauchermarkt werden zwei Anlagenvarianten berücksichtigt:

- Luft-Wasser-WP + Zu-/Abluftanlage mit WRG - L/W-EWP + WRG
- Nah-/Fernwärme aus Erdgas-KWK + Zu-/Abluftanlage mit WRG - Nah-/Fernwärme + WRG

Zur Kälteerzeugung wird eine Kompressionskältemaschine eingesetzt.

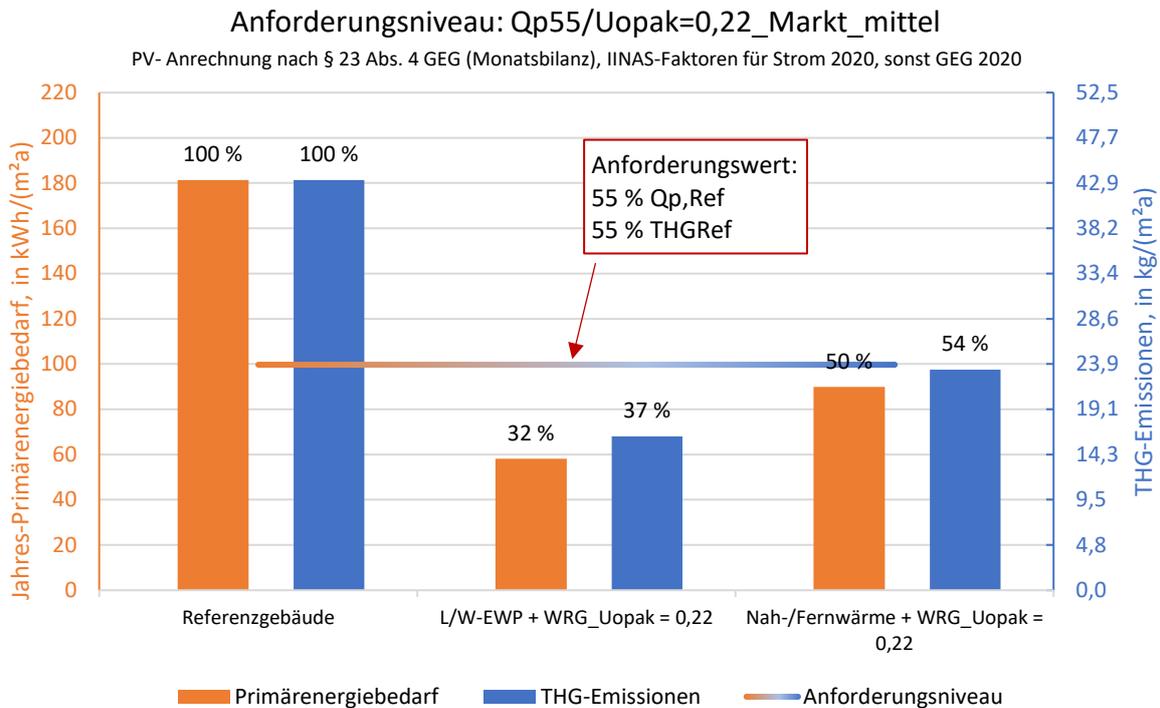
Neubau: Anforderungsniveau EG 55

Abbildung 121
 Verbrauchermarkt (mittel), Neubau, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren



Quelle: ITG Dresden/IBH

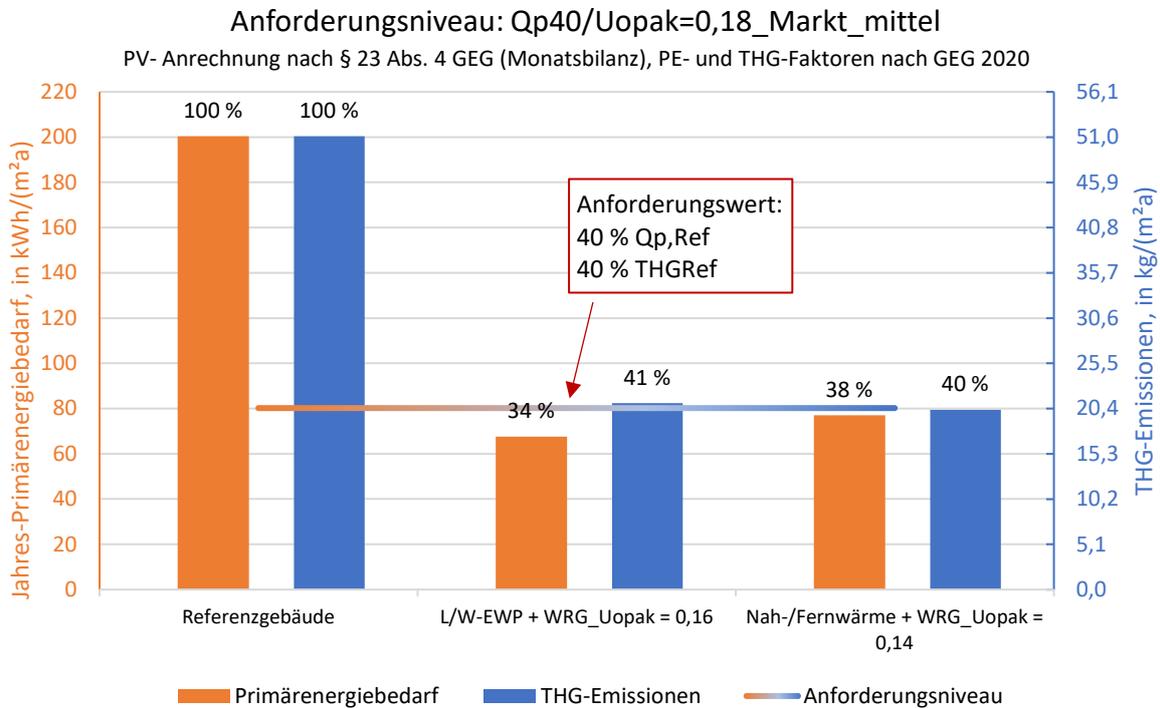
Abbildung 122
 Verbrauchermarkt (mittel), Neubau, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

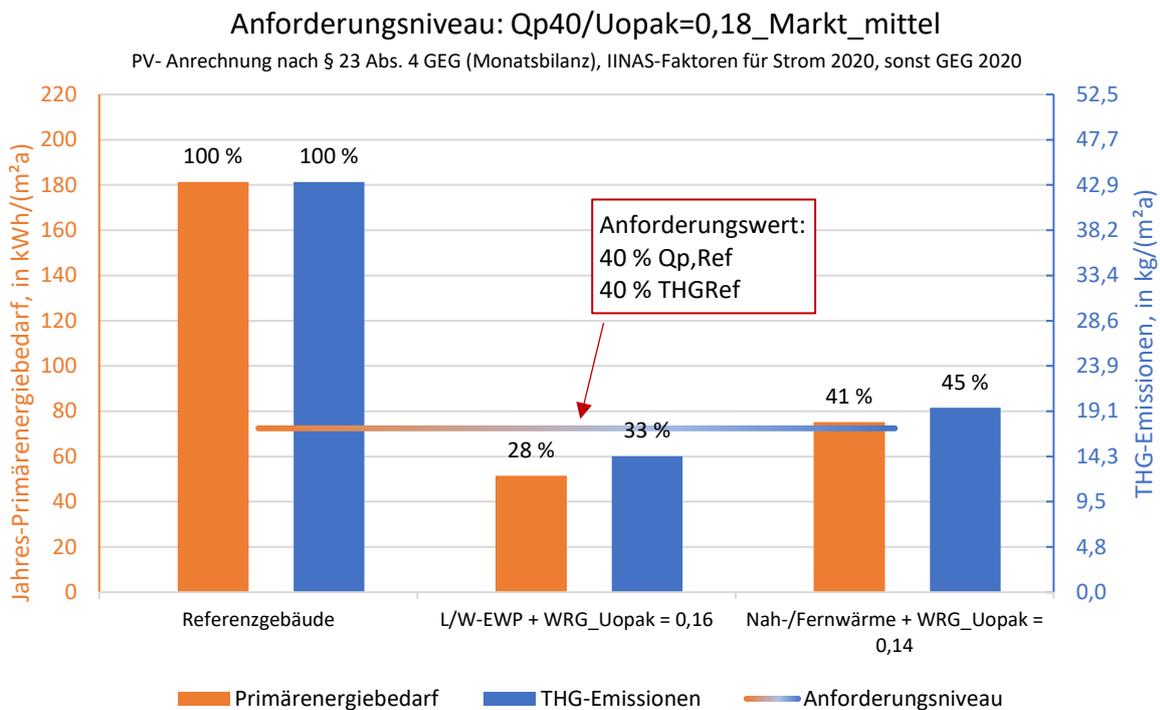
Neubau: Anforderungsniveau EG 40

Abbildung 123
 Verbrauchermarkt (mittel), Neubau, Anforderungsniveau 40 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 40 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren



Quelle: ITG Dresden/IBH

Abbildung 124
 Verbrauchermarkt (mittel), Neubau, Anforderungsniveau 40 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 40 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

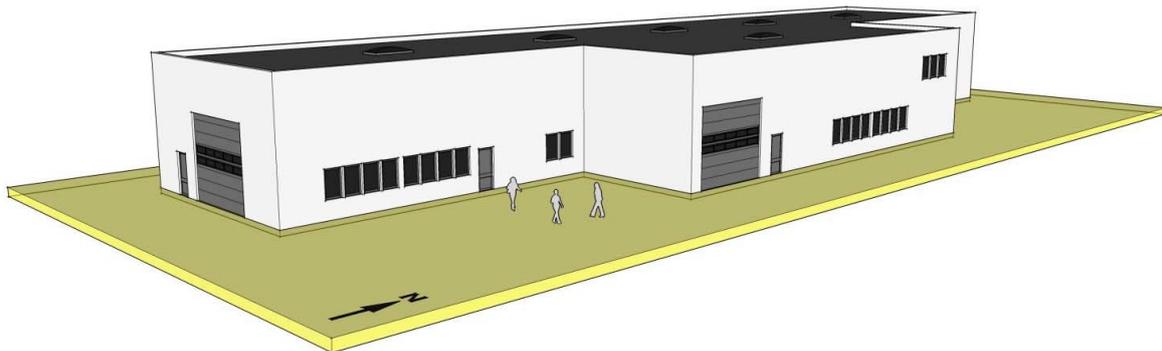
3.3.7 Fertigungshalle (klein)

Bei dem Gebäude handelt es sich um eine kleine Fertigungshalle mit zusätzlichen Zonen für Büros, den Aufenthalt der Angestellten, den Sanitärbereich und Lager und Technik. Die Trinkwassererwärmung erfolgt dezentral, das Gebäude wird nicht mechanisch belüftet. Die Raum-Solltemperatur für die Zone „Fertigung“ liegt gemäß dem Nutzungsprofil bei 17°C.

Tabelle 28
Gebäudedaten Fertigungshalle (klein)

Netto-Grundfläche	914 m ²
A _{NGF} Fertigung	755 m ²
Keller	Bodenplatte
beheiztes Volumen	6.218 m ³
wärmeübertragende Hüllfläche	3.160 m ²

Abbildung 125
Ansicht Fertigungshalle (klein)



Quelle: [30]

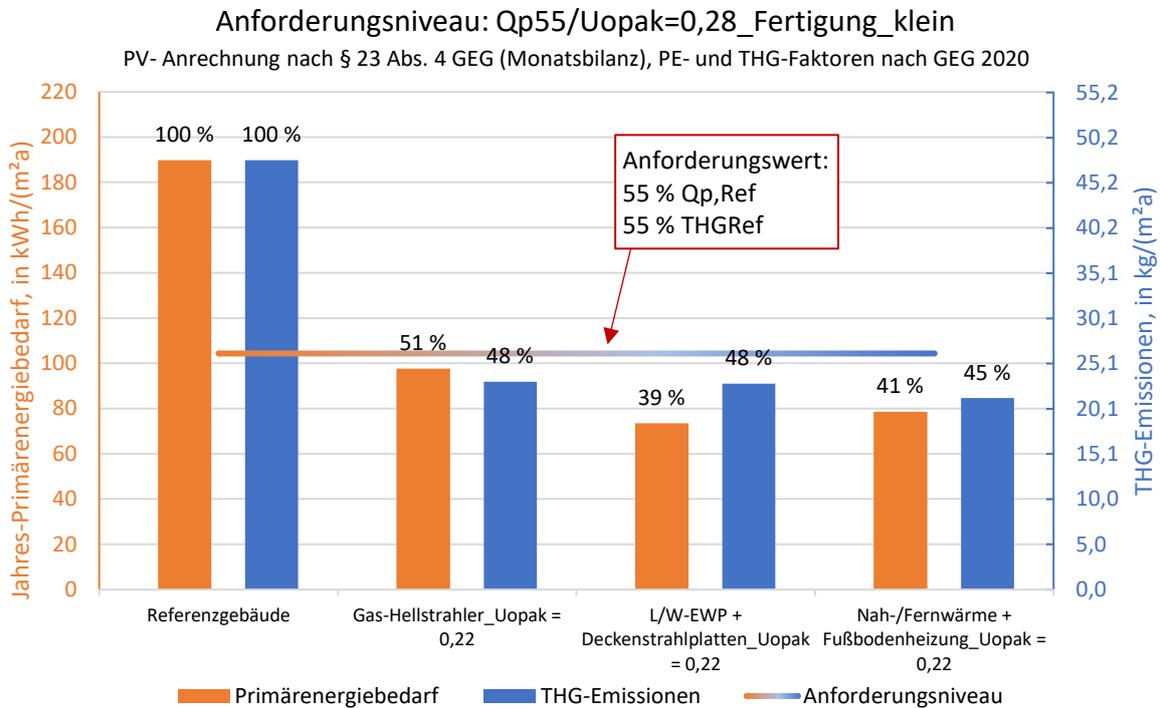
Für die Fertigungshalle werden drei typische anlagentechnische Ausführungsvarianten berücksichtigt:

- Gas-Hellstrahler
- Deckenstrahlplatten mit Luft/Wasser-WP
- Fußbodenheizung Fernwärme Erdgas-KWK

Bei der Variante „Gas-Hellstrahler“ handelt es sich um ein dezentrales System.

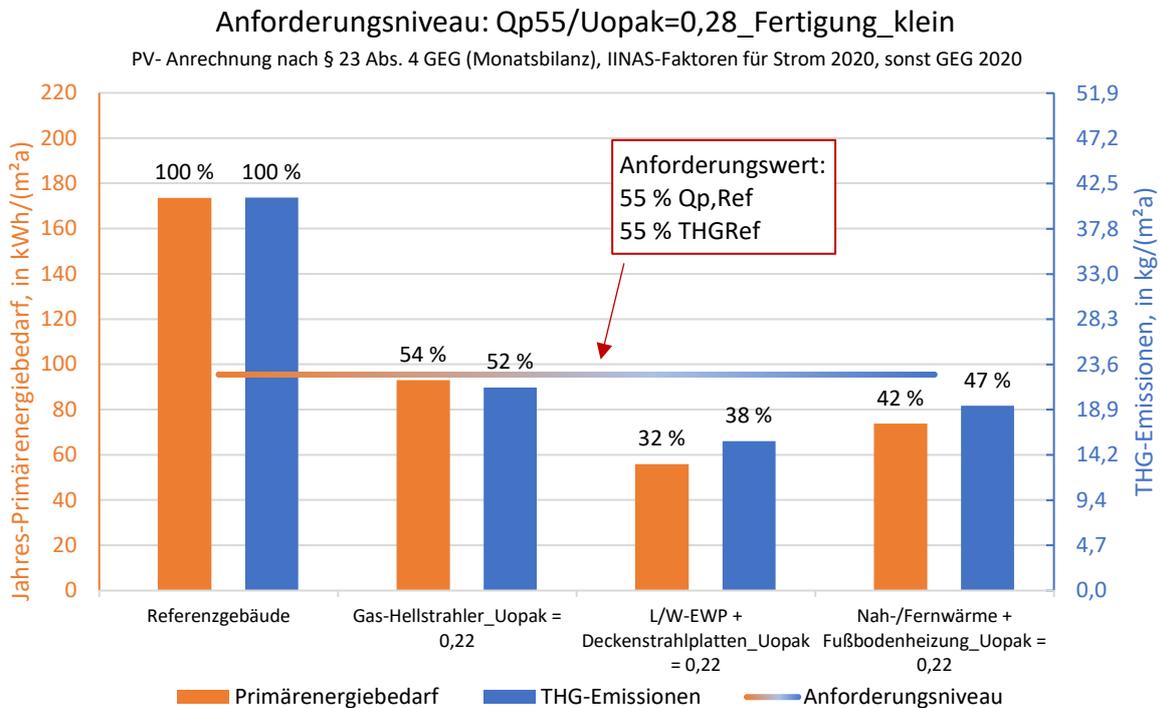
Neubau: Anforderungsniveau EG 55

Abbildung 126
Fertigungshalle (klein), Neubau, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren



Quelle: ITG Dresden/IBH

Abbildung 127
Fertigungshalle (klein), Neubau, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020

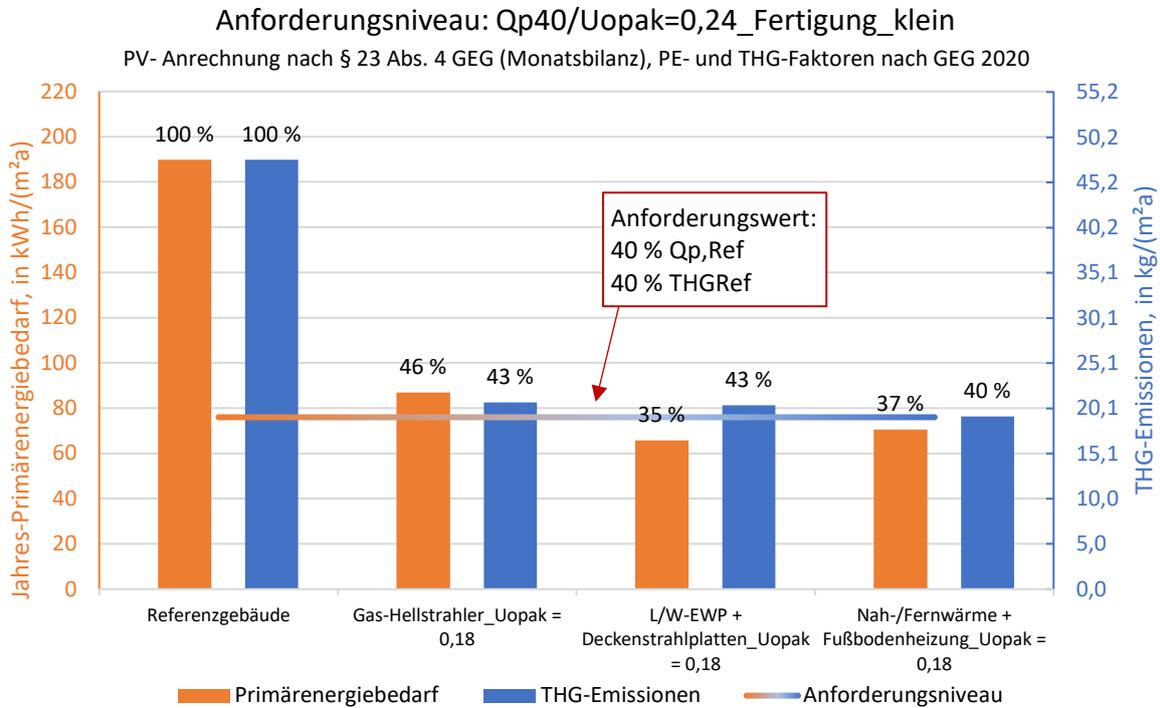


Quelle: ITG Dresden/IBH

Neubau: Anforderungsniveau EG 40

Abbildung 128

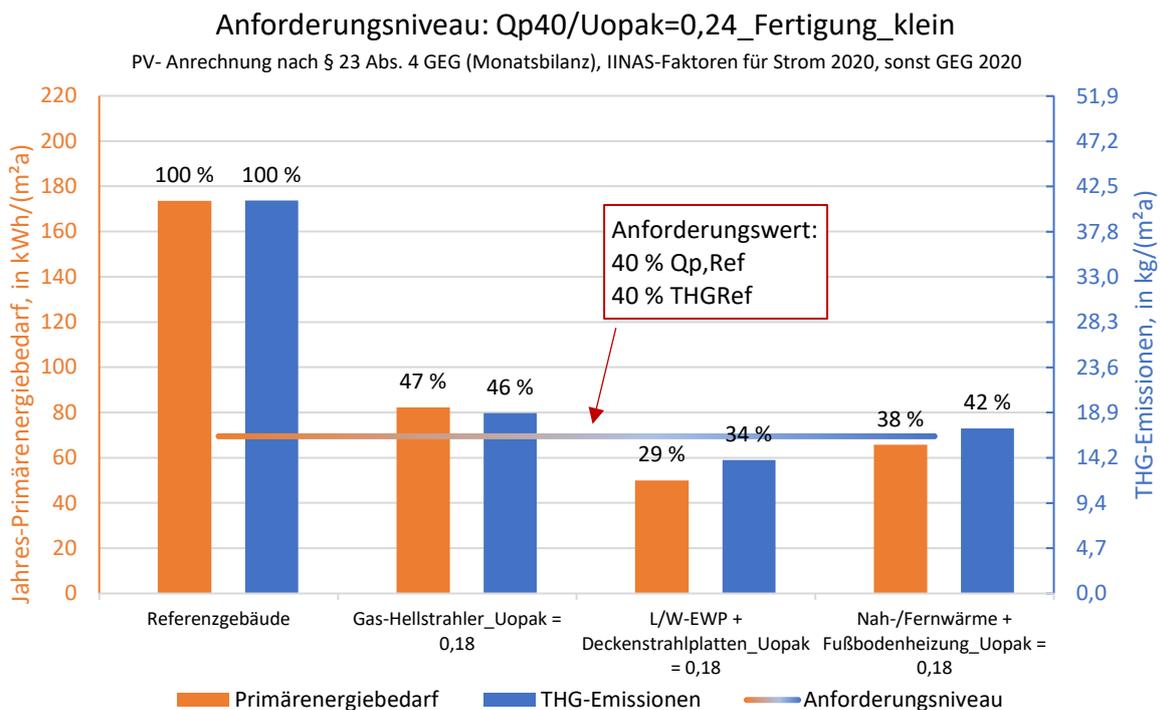
Fertigungshalle (klein), Neubau, Anforderungsniveau 40 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 40 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren



Quelle: ITG Dresden/IBH

Abbildung 129

Fertigungshalle (klein), Neubau, Anforderungsniveau 40 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 40 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020

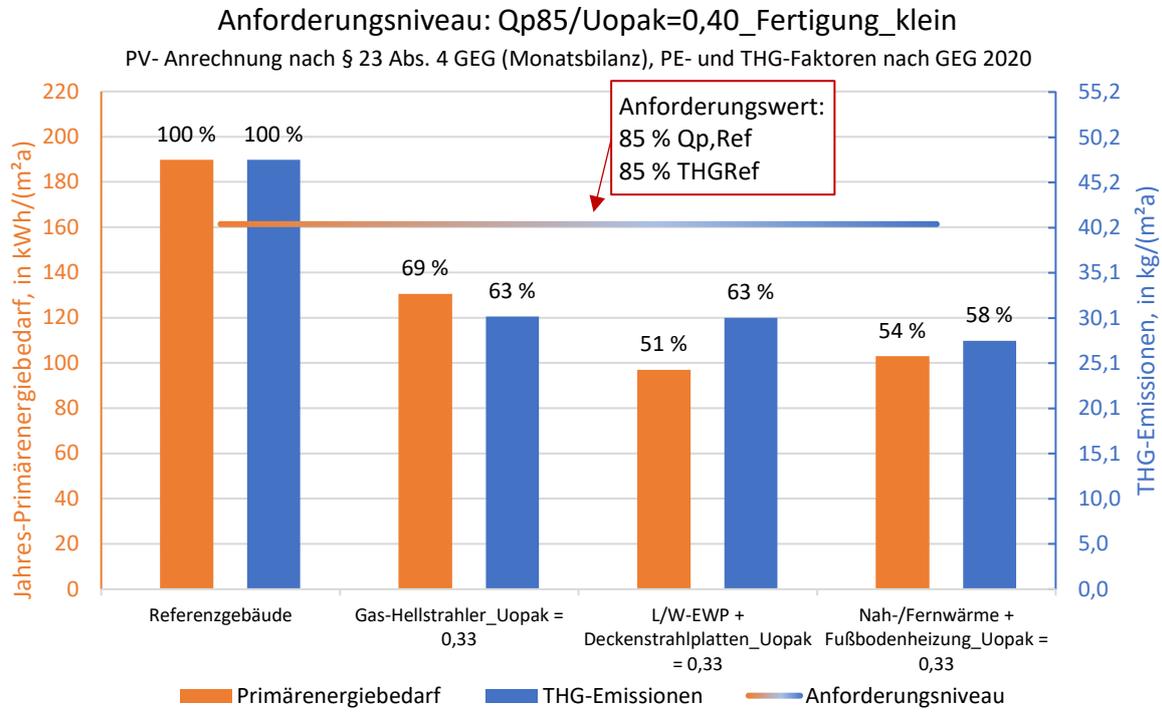


Quelle: ITG Dresden/IBH

Bestand: Anforderungsniveau EG 85

Abbildung 130

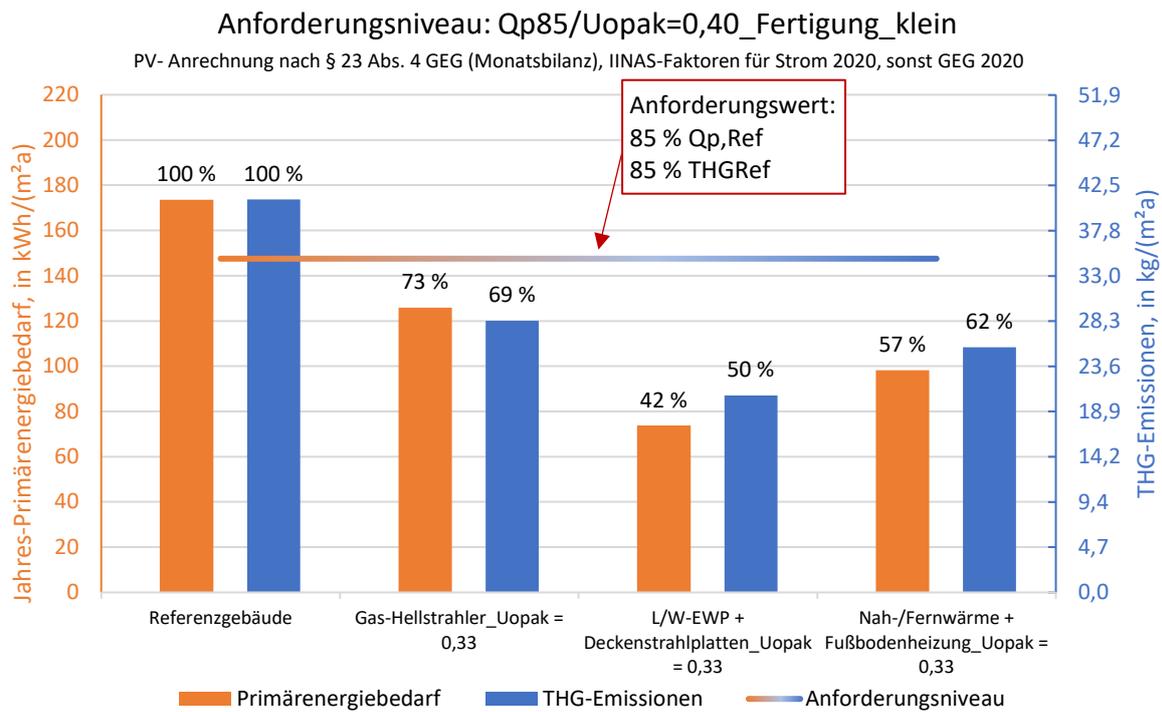
Fertigungshalle (klein), Sanierung, Anforderungsniveau 85 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 85 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren



Quelle: ITG Dresden/IBH

Abbildung 131

Fertigungshalle (klein), Sanierung, Anforderungsniveau 85 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 85 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020

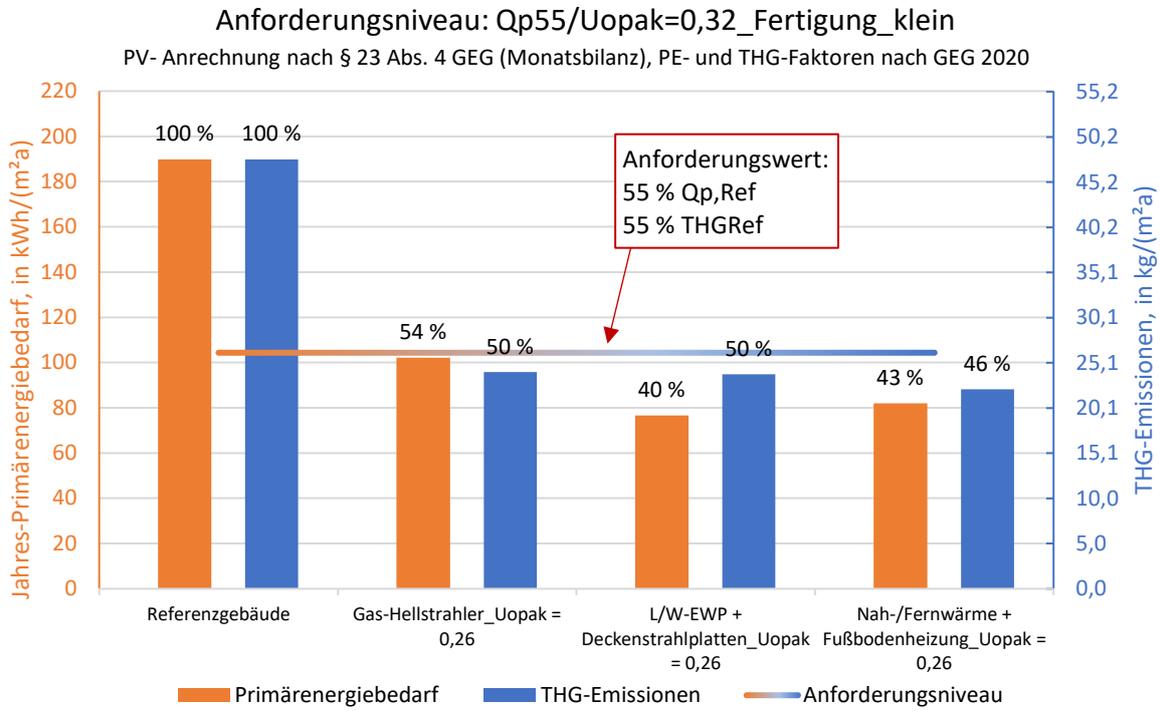


Quelle: ITG Dresden/IBH

Bestand: Anforderungsniveau EG 55

Abbildung 132

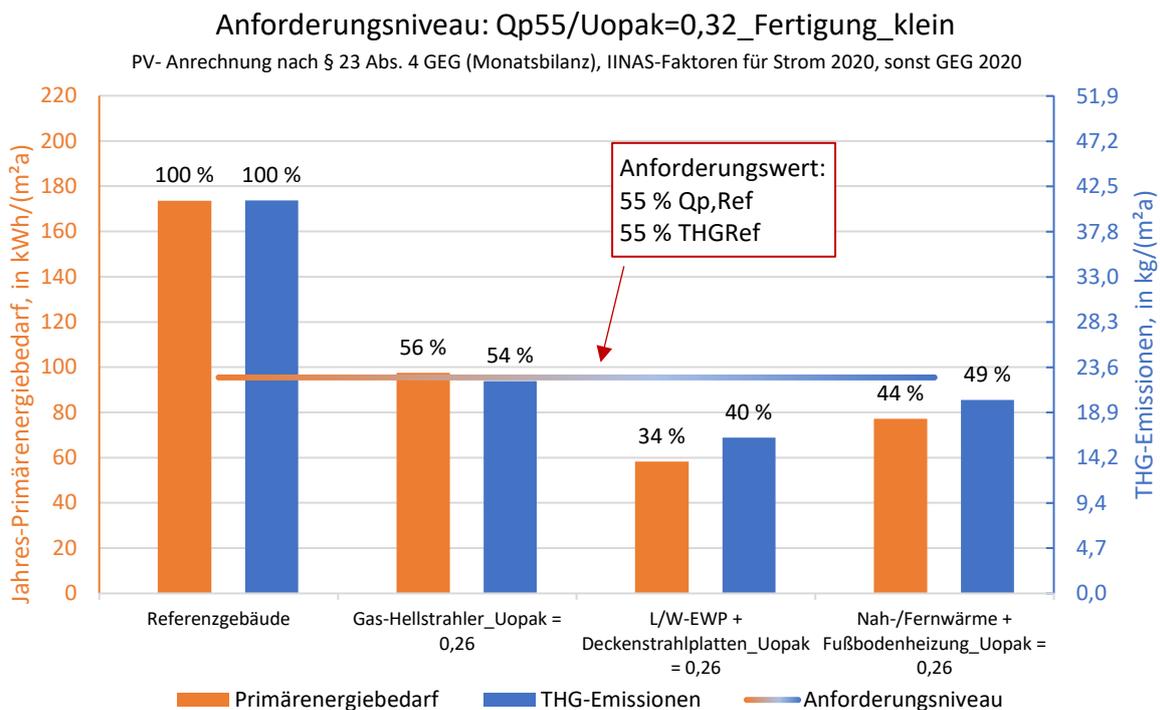
Fertigungshalle (klein), Sanierung, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren



Quelle: ITG Dresden/IBH

Abbildung 133

Fertigungshalle (klein), Sanierung, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

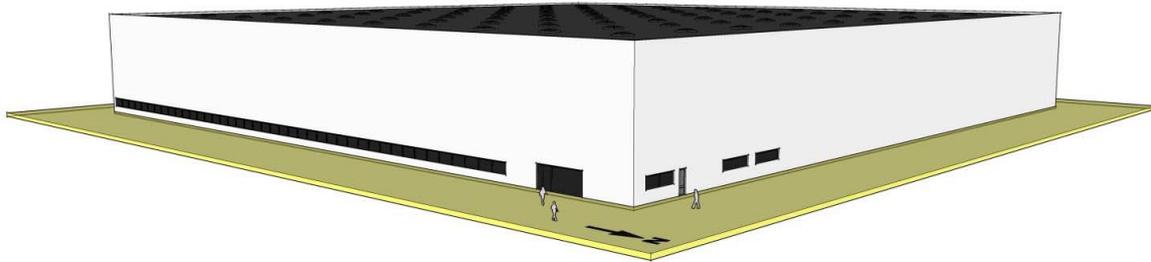
3.3.8 Logistikhalle

Bei dem Gebäude handelt es sich um eine große Logistikhalle mit zusätzlichen Zonen für Büros, den Aufenthalt der Angestellten samt Sanitärebereich. Die Trinkwassererwärmung erfolgt dezentral, das Gebäude wird nicht mechanisch belüftet. Die Raum-Solltemperatur für die Zone „Lagerhalle“ liegt gemäß dem Nutzungsprofil bei 12°C.

Tabelle 29
Gebäudedaten Logistikhalle

Netto-Grundfläche	9.975 m ²
A _{NGF} Lagerhalle	8.900 m ²
beheiztes Volumen	127.283 m ³
wärmeübertragende Hüllfläche	25.720 m ²

Abbildung 134
Ansicht Logistikhalle



Quelle: [30]

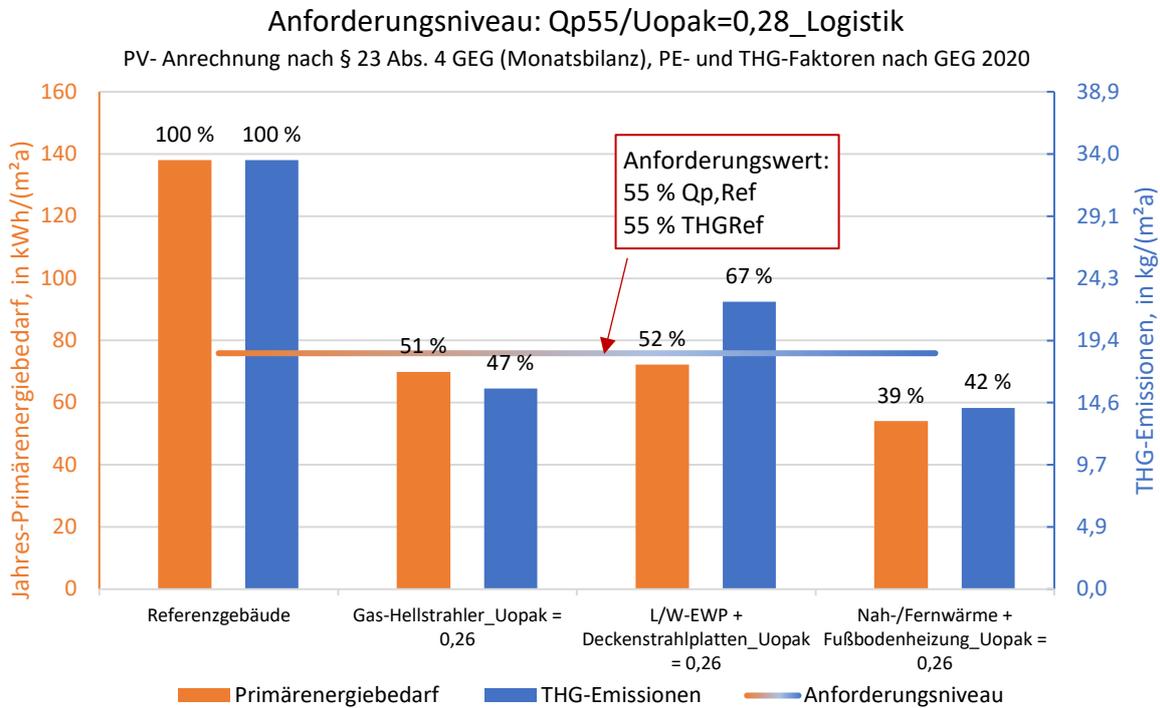
Bei der Logistikhalle werden folgende für Hallenheizung typische anlagentechnische zentrale und dezentrale Ausführungsvarianten betrachtet:

- Gas-Hellstrahler
- Deckenstrahlplatten mit Luft/Wasser-WP
- Fußbodenheizung Fernwärme Erdgas-KWK

Neubau: Anforderungsniveau EG 55

Abbildung 135

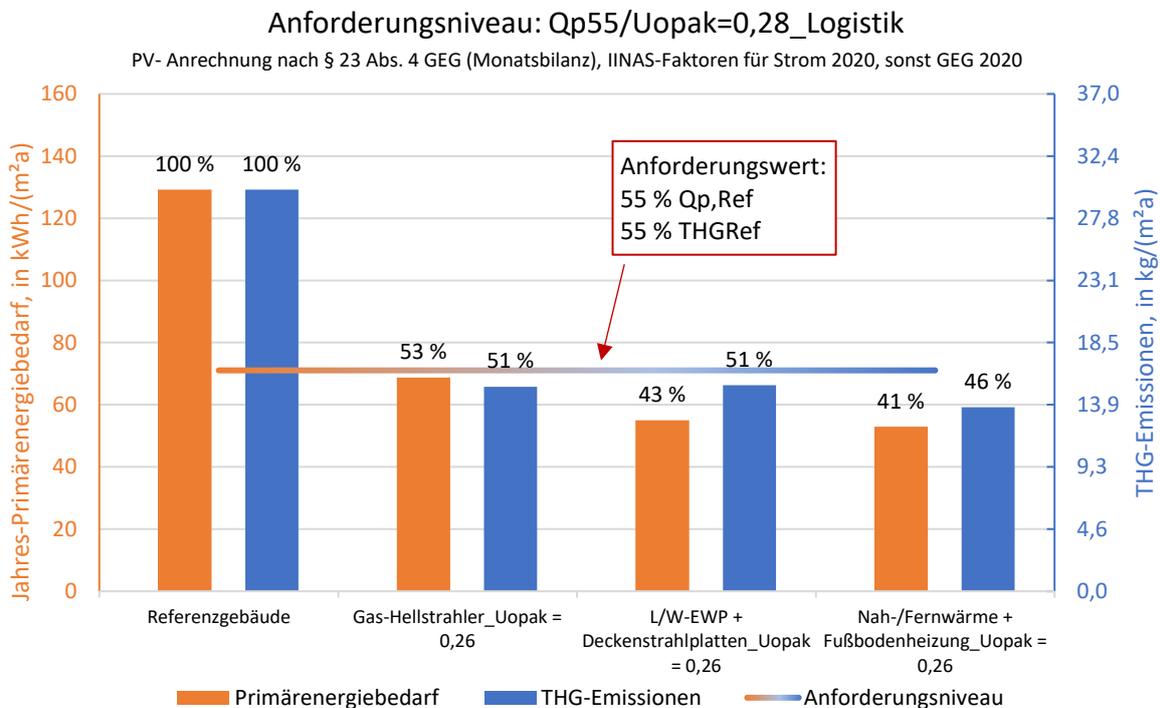
Logistikhalle, Neubau, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren



Quelle: ITG Dresden/IBH

Abbildung 136

Logistikhalle, Neubau, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020

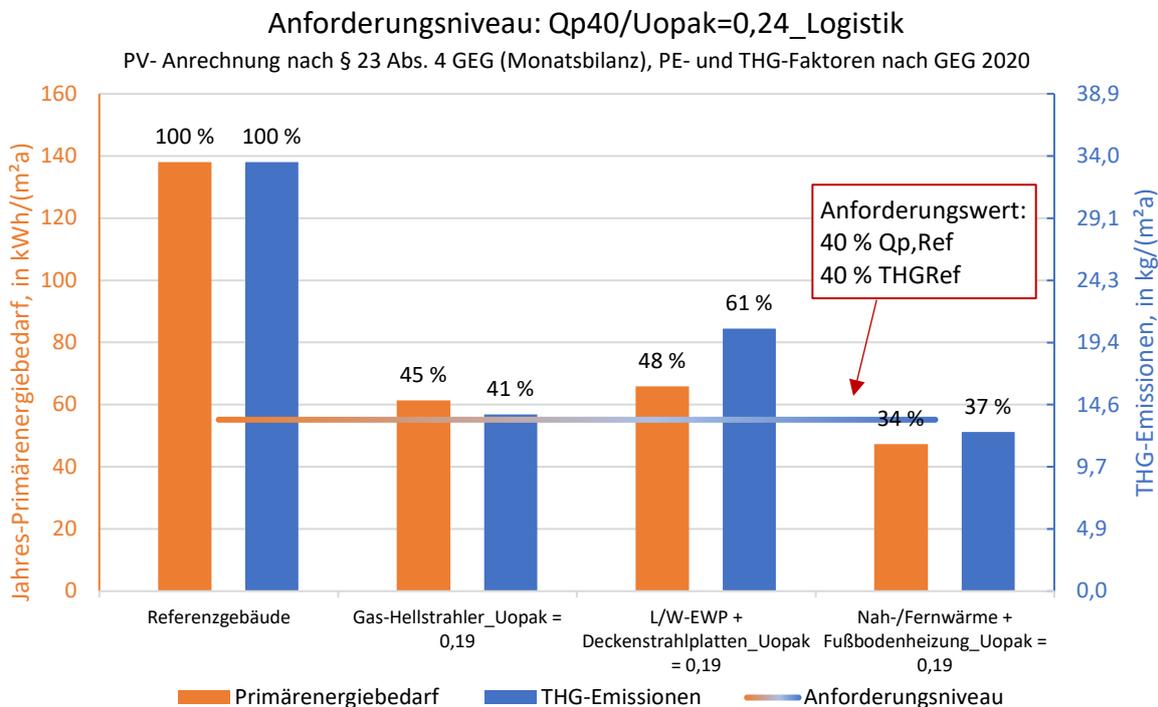


Quelle: ITG Dresden/IBH

Neubau: Anforderungsniveau EG 40

Abbildung 137

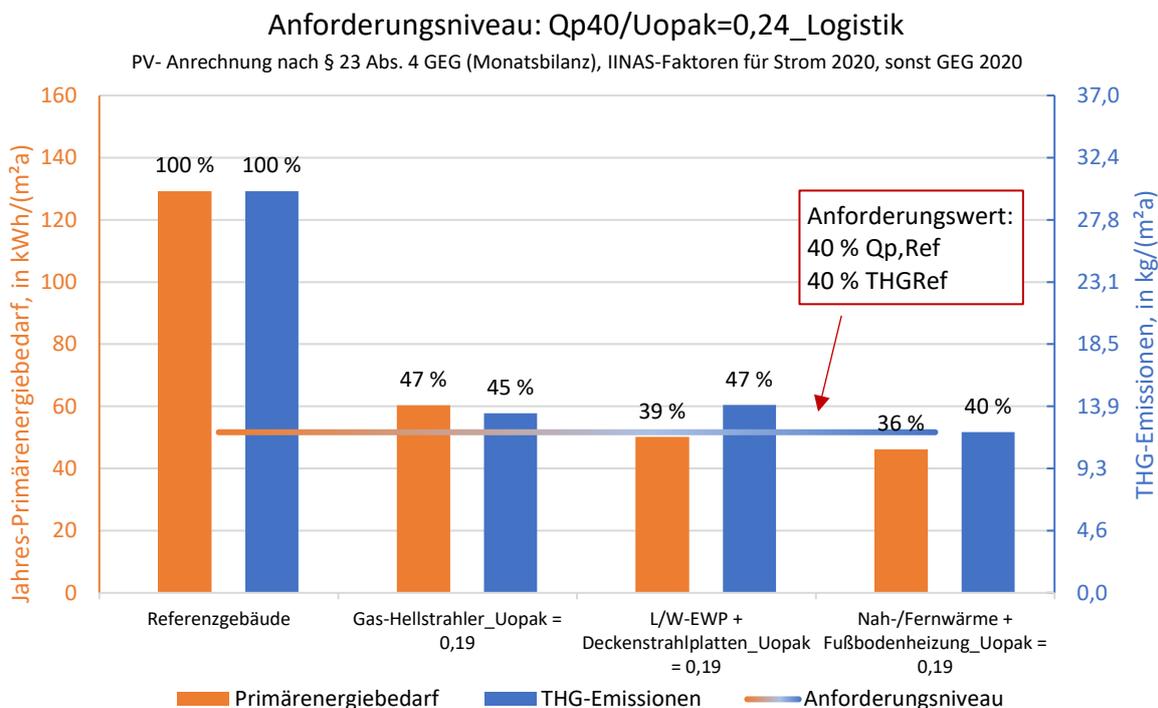
Logistikhalle, Neubau, Anforderungsniveau 40 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 40 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren



Quelle: ITG Dresden/IBH

Abbildung 138

Logistikhalle, Neubau, Anforderungsniveau 40 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 40 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020, PV-Anrechnung nach § 23 Abs. 4



Quelle: ITG Dresden/IBH

3.4 Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen

3.4.1 Gleichmäßige Absenkung aller Faktoren

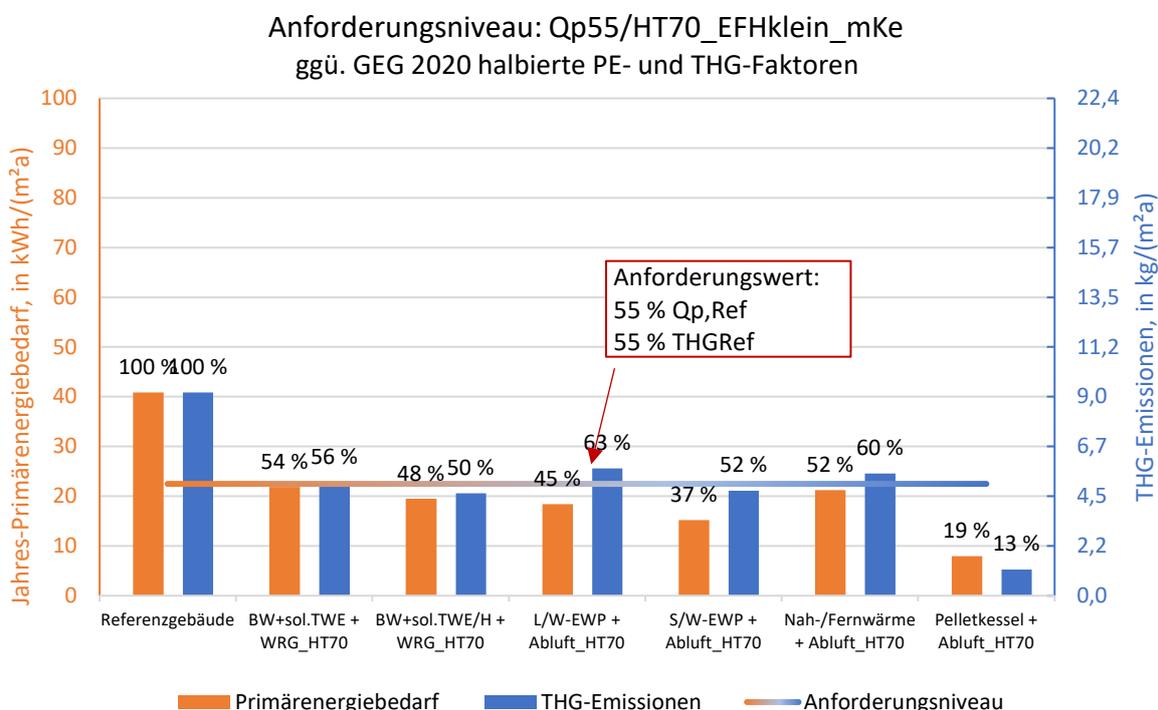
Im Folgenden werden am Beispiel eines freistehenden Neubau-Einfamilienhauses die Auswirkungen der Umstellung der Anforderungsgröße auf THG-Emissionen bei gleichzeitiger gleichmäßiger Absenkung aller Faktoren dargestellt. Dabei wird für alle betrachteten Energieträger vereinfacht eine Halbierung ggü. dem Status quo als mittlerer Wert über die Nutzungsdauer unterstellt. Das entspricht der Annahme, dass spätestens bis 2045 alle Energieträger THG-neutral sein müssten, um die Klimaziele zu erreichen, und der zeitliche Verlauf etwa linear ist.

Eine gleichmäßige Absenkung aller Faktoren ggü. den aktuell im GEG 2020 ausgewiesenen Werten führt sowohl zur Absenkung der Anforderungswerte (Primärenergiebedarf, THG-Emissionen) als auch zur Absenkung der resultierenden Kennwerte des Gebäudes, so dass gleiche Auswirkungen der Umstellung der Anforderungsgröße vom Primärenergiebedarf auf THG-Emission wie bei aktuellen GEG-Faktoren zu erwarten sind:

- geringfügige Verschärfung der Anforderung für Gas-BW-Variante
- mäßige Verschärfung der Anforderungen an Nah-/Fernwärme aus Erdgas-KWK
- deutliche Verschärfung der Anforderung für L/W-EWP

Die Einhaltung des emissionsbasierten Anforderungswertes für Effizienzniveau 55 % des Referenzgebäudes wäre für die Luft/Wasser-Wärmepumpe ohne weitere bauliche und/oder anlagentechnische Maßnahmen nicht möglich (Abbildung 139).

Abbildung 139
EFH klein mit Keller, Neubau, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit ggü. GEG 2020 halbierten Faktoren

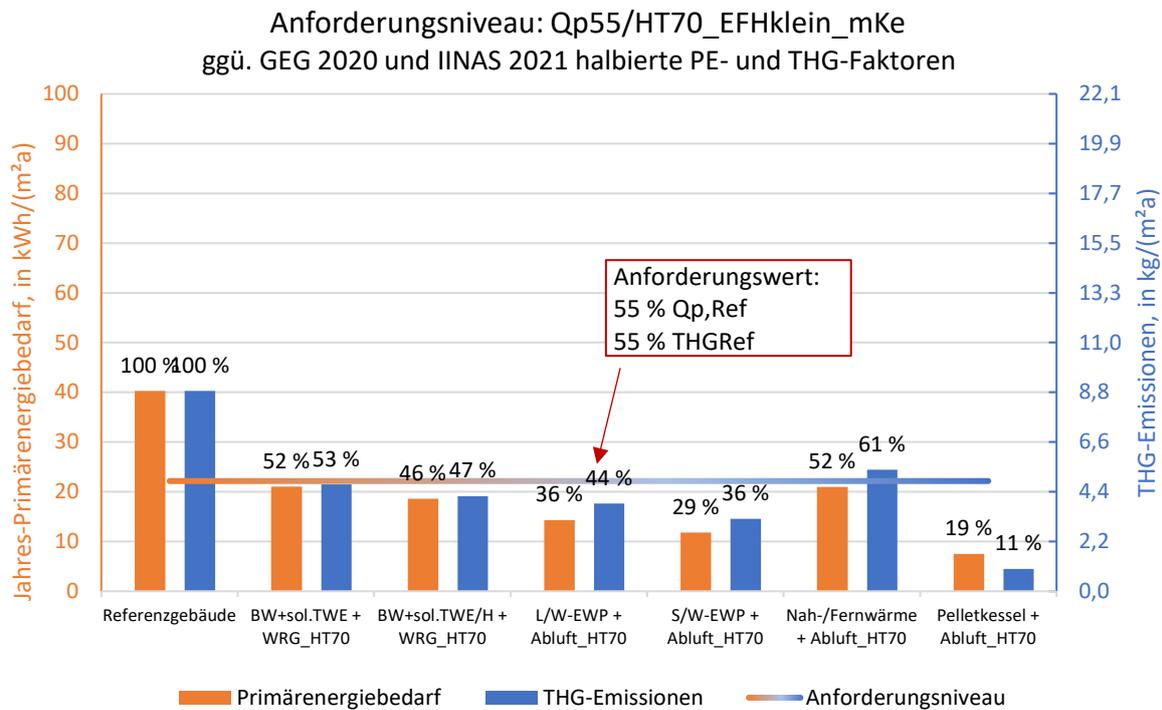


Quelle: ITG Dresden/IBH

Unter Berücksichtigung der nach IINAS 2021 für das Jahr 2020 berechneten Kennwerte für Strom als Basis für die abgesenkten Faktoren wäre dagegen die Erfüllung der Anforderungen mit L/W-EWP und S/W-EWP weiterhin möglich. Für Nah-/Fernwärme aus Erdgas-KWK hätte die Umstellung der Anforderungsgröße auf THG-Emissionen mäßige Verschärfung der Anforderungen zur Folge (s. Abbildung 140).

Abbildung 140

EFH klein mit Keller, Neubau, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit ggü. GEG 2020 und IINAS 2021 halbierten Werten

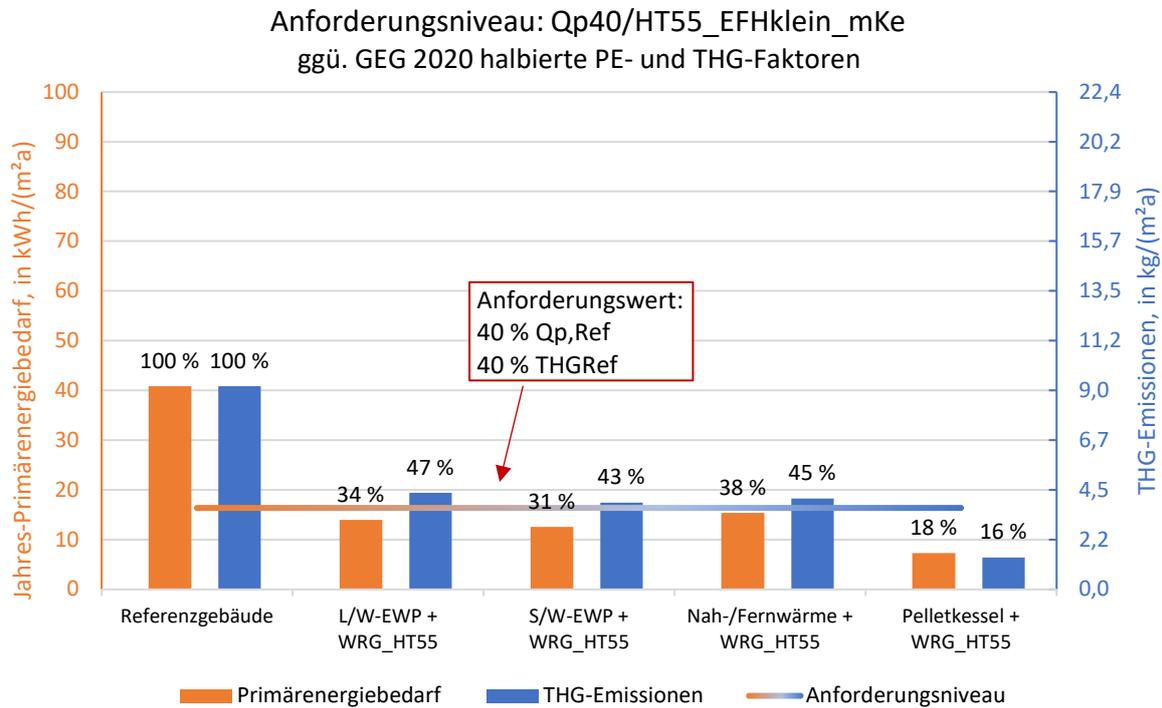


Quelle: ITG Dresden/IBH

Die Ergebnisse der Berechnungen für das ambitioniertere Anforderungsniveau „40 % des Wertes des Referenzgebäudes“ stellen Abbildung 141 und Abbildung 142 dar. Eine Umstellung der Anforderungsgröße auf THG-Emissionen hätte in Verbindung mit ggü. GEG 2020 halbierten Primärenergie- und THG-Faktoren neben einer deutlichen Verschärfung der Anforderung für L/W-EWP auch eine geringe Verschärfung der Anforderungen an S/W-EWP zur Folge. Mit Absenken der Faktoren für Strom wäre analog den Verhältnissen für das Anforderungsniveau „55 % des Wertes des Referenzgebäudes“ die Erfüllung der Anforderungen mit L/W-EWP und S/W-EWP weiterhin möglich.

Abbildung 141

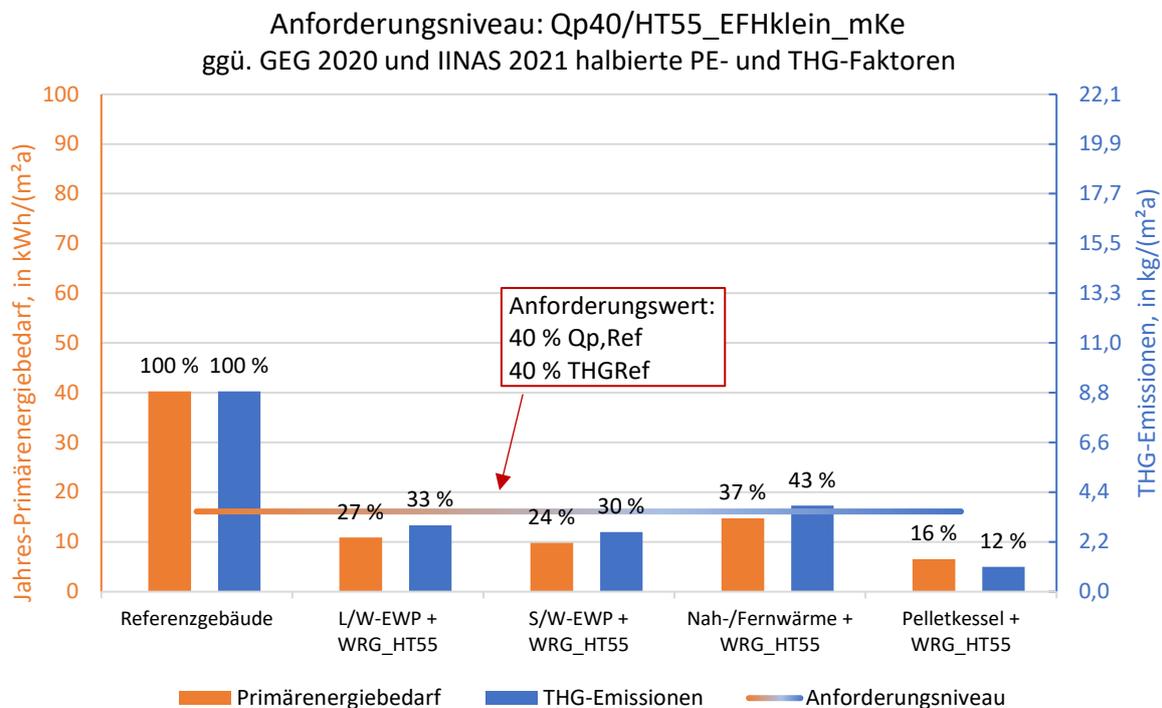
EFH klein mit Keller, Neubau, Anforderungsniveau 40 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 40 % THG_{Ref} , Bewertung mit ggü. GEG 2020 halbierten Faktoren



Quelle: ITG Dresden/IBH

Abbildung 142

EFH klein mit Keller, Neubau, Anforderungsniveau 40 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 40 % THG_{Ref} , Bewertung mit ggü. GEG 2020 und IINAS 2021 halbierten Werten



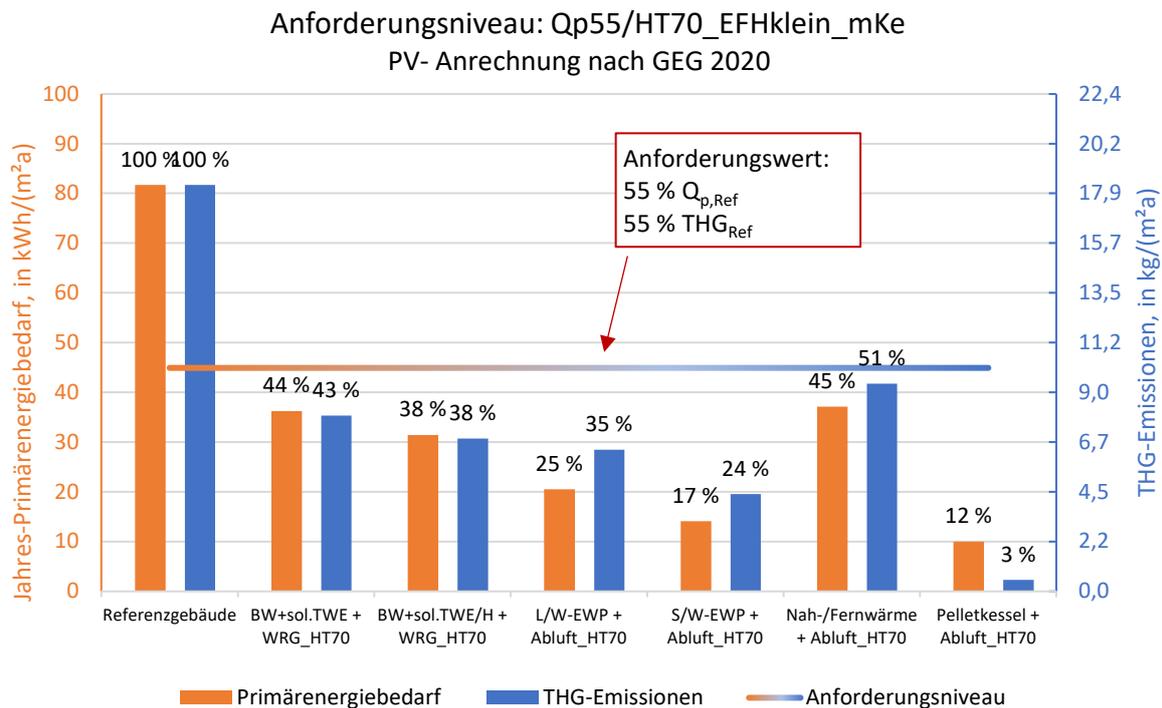
Quelle: ITG Dresden/IBH

3.4.2 PV-Anrechnung

Im Folgenden wird der Einfluss der Umstellung der Hauptanforderungsgröße in Abhängigkeit von Anrechnungsmethoden für im räumlichen Zusammenhang zum Gebäude erzeugten PV-Strom am Beispiel eines freistehenden Neubau-Einfamilienhauses mit einer PV-Anlage mit 7,06 kWp installierter Leistung analysiert. Dabei wird das Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} betrachtet.

Würde die PV-Anrechnung gemäß dem aktuell im GEG 2020 gültigem Bonusverfahren nach § 23 Abs. 2 erfolgen, wäre die Erfüllung der THG-Anforderung mit allen Varianten in Verbindung mit PV möglich (s. Abbildung 143).

Abbildung 143
EFH klein mit Keller, PV-Anrechnung nach GEG-Bilanz (Bonusverfahren nach § 23 Abs. 2)

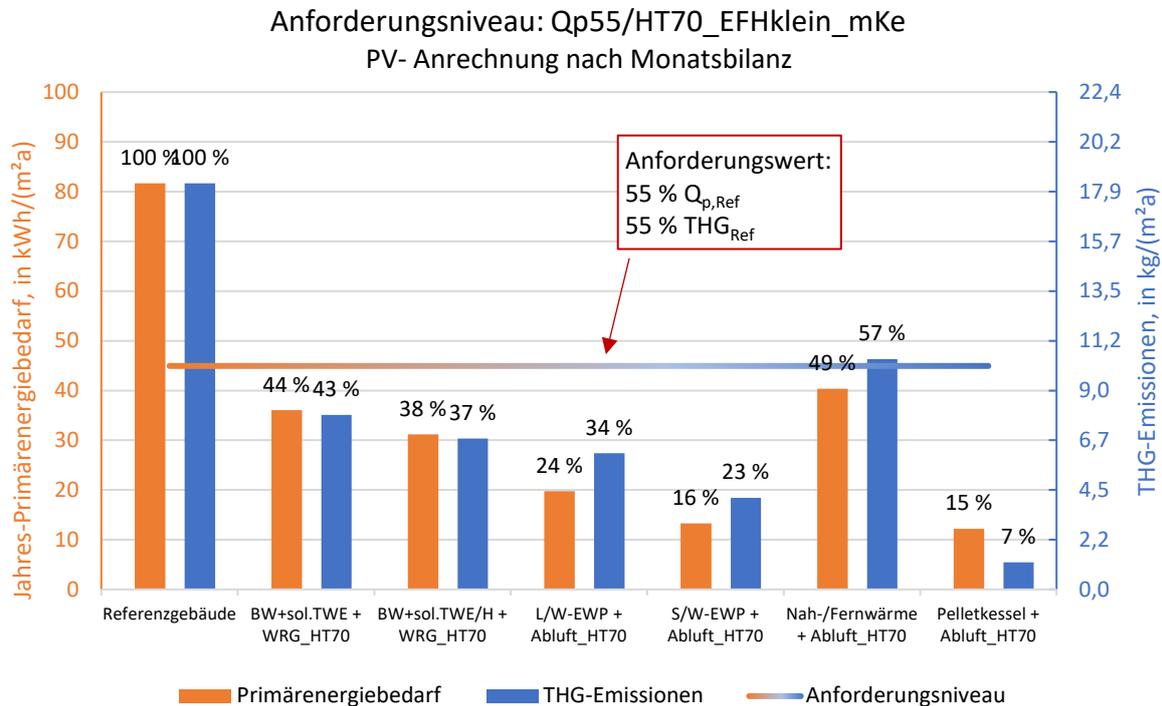


Quelle: ITG Dresden/IBH

Eine PV-Anrechnung nach Monatsbilanz analog der aktuellen Regelung im § 23 Abs. 4 GEG bei gleichzeitiger Umstellung der Hauptanforderungsgröße auf THG-Emissionen würde geringfügige Verschärfung der Anforderungen für Nah-/Fernwärme aus Erdgas-KWK bedeuten (vgl. Abbildung 144).

Abbildung 144

EFH klein mit Keller, PV-Anrechnung nach Monatsbilanz nach § 23 Abs. 4 GEG

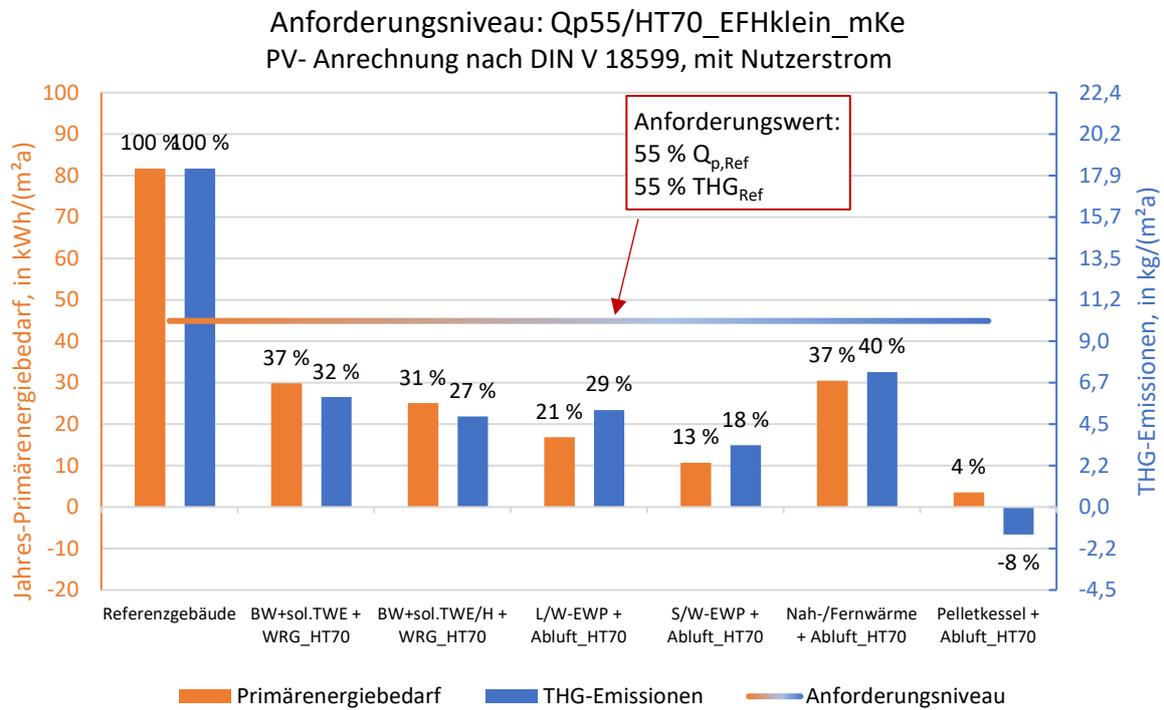


Quelle: ITG Dresden/IBH

Abweichend zu den beiden zuvor genannten Anrechnungsmethoden wird im folgenden Diagramm die anrechenbare PV-Strommenge basierend auf dem Berechnungsansatz zur Bestimmung der im Gebäude selbst genutzten PV-Energie nach DIN V 18599-9 vom September 2018 bestimmt. Die dort beschriebene Energiebilanzierung der innerhalb des Gebäudes genutzten Energiemengen einer PV-Anlage greift auf den gesamten Elektroenergiebedarf des Gebäudes zurück. Dieser wird aus den für die Versorgung des Gebäudes bilanzierten GEG-relevanten Mengen sowie dem Energiebedarf für weitere Anwendungen der Nutzer (Haushaltsgeräte, Medientechnik usw.) berechnet. Eine Umstellung der Anforderungsgröße auf THG-Emissionen bei gleichzeitiger PV-Anrechnung nach DIN V 18599 mit Berücksichtigung des Nutzerstroms bei der anrechenbaren Strommenge hätte keinen Einfluss auf Erfüllungsmöglichkeiten der betrachteten Anlagenvarianten. Der Nutzerstrom wird für diese Betrachtung nur bei der Bestimmung der im Gebäude genutzten PV-Strommenge berücksichtigt, nicht jedoch in der Bilanz der vom Gebäude benötigten Energie. Wird dagegen der Nutzerstrom bei der anrechenbaren Strommenge nicht berücksichtigt, ergeben sich die in Abbildung 145 dargestellten Verhältnisse. Die Änderung der Anforderungssystematik würde in diesem Fall eine deutliche Verschärfung der Anforderungen für Nah-/Fernwärme aus Erdgas-KWK bedeuten. Bei einer Weiterentwicklung ist ein Abgleich mit den Verfahren nach QNG anzustreben.

Abbildung 145

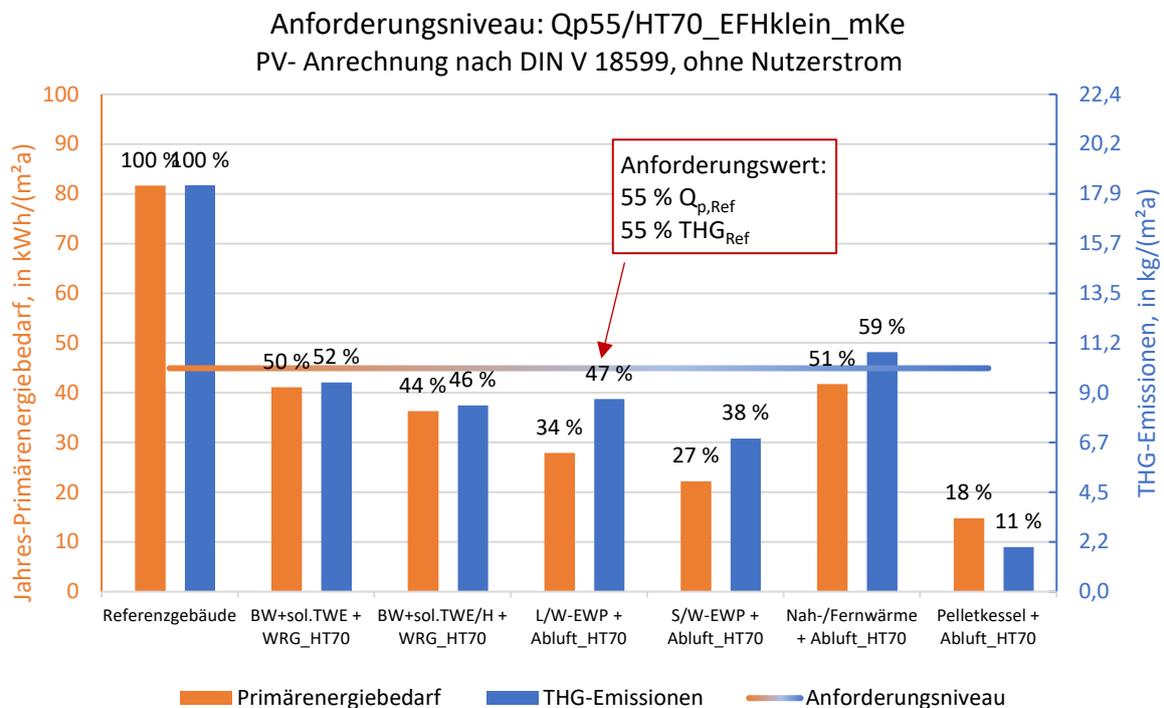
EFH klein mit Keller, PV-Anrechnung nach DIN V 18599, mit Berücksichtigung des Nutzerstroms bei der anrechenbaren Strommenge (nicht QNG)



Quelle: ITG Dresden/IBH

Abbildung 146

EFH klein mit Keller, PV-Anrechnung nach DIN V 18599, ohne Berücksichtigung des Nutzerstroms bei der anrechenbaren Strommenge



Quelle: ITG Dresden/IBH

3.4.3 Faktoren für Nah-/Fernwärme

Im Folgenden werden die Auswirkungen der Umstellung der Anforderungsgröße auf THG-Emissionen für Wärmenetze je nach Art und Brennstoff am Beispiel eines Neubau-Mehrfamilienhauses analysiert. Dafür werden für vier mögliche Netztypen die in folgender Tabelle ausgewiesenen Faktoren berücksichtigt.

Tabelle 30

Parametervariation: Faktoren für Wärmenetze in Abhängigkeit von Art und Brennstoff

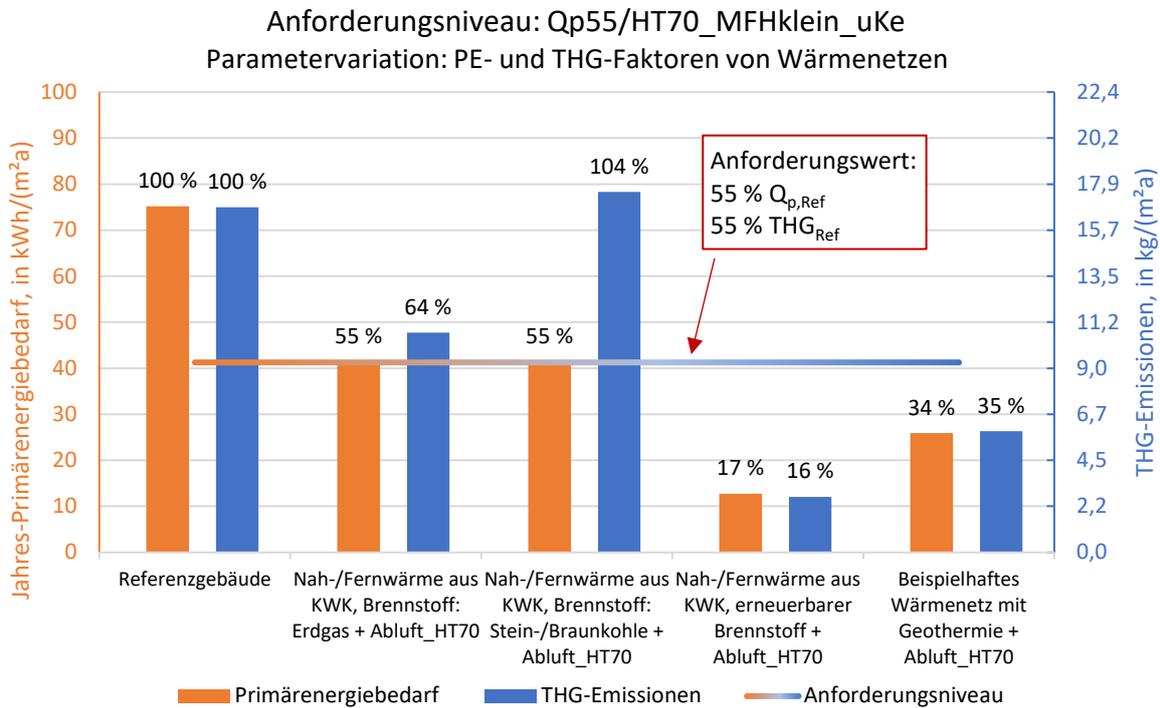
	Erdgas	Strom	Nah-/Fernwärme aus KWK, Brennstoff: Erdgas	Nah-/Fernwärme aus KWK, Brennstoff: Stein-/Braunkohle	Nah-/Fernwärme aus KWK, erneuerbarer Brennstoff	Beispielhaftes Wärmenetz mit Geothermie
Primärenergiefaktor	1,1	1,8	0,7	0,7	0,2	0,43
Emissionsfaktor, in g/kWh	240	560	180	300	40	96

Die Auswirkungen der Umstellung der Anforderungsgröße auf THG-Emissionen für Wärmenetze sind je nach Art und Brennstoff unterschiedlich. Bei Nah-/Fernwärme aus KWK mit gasförmigem oder flüssigem Brennstoff ist die Erreichung des Anforderungsniveaus 55 % des Wertes des Referenzgebäudes durch weitere bauliche und/oder anlagentechnische Maßnahmen möglich. Bei Nah-/Fernwärme basierend auf Stein-/Braunkohle bestehen nur sehr eingeschränkte Erfüllungsmöglichkeiten (s. Abbildung 147).

Wird das ambitioniertere Niveau – 40 % des Wertes des Referenzgebäudes – betrachtet, sind die Erfüllungsmöglichkeiten bei Nah-/Fernwärme aus KWK mit gasförmigem oder flüssigem Brennstoff sehr eingeschränkt. Die Erfüllung der Anforderungen mit Nah-/Fernwärme basierend auf Stein-/Braunkohle wäre bei Umstellung der Anforderungsgröße auf THG-Emissionen praktisch nicht möglich (s. Abbildung 148). Bei Nah-/Fernwärme, die überwiegend auf erneuerbaren Energien basiert, hätte die Umstellung der Anforderungsgröße keine Auswirkungen auf Erfüllungsmöglichkeiten.

Abbildung 147

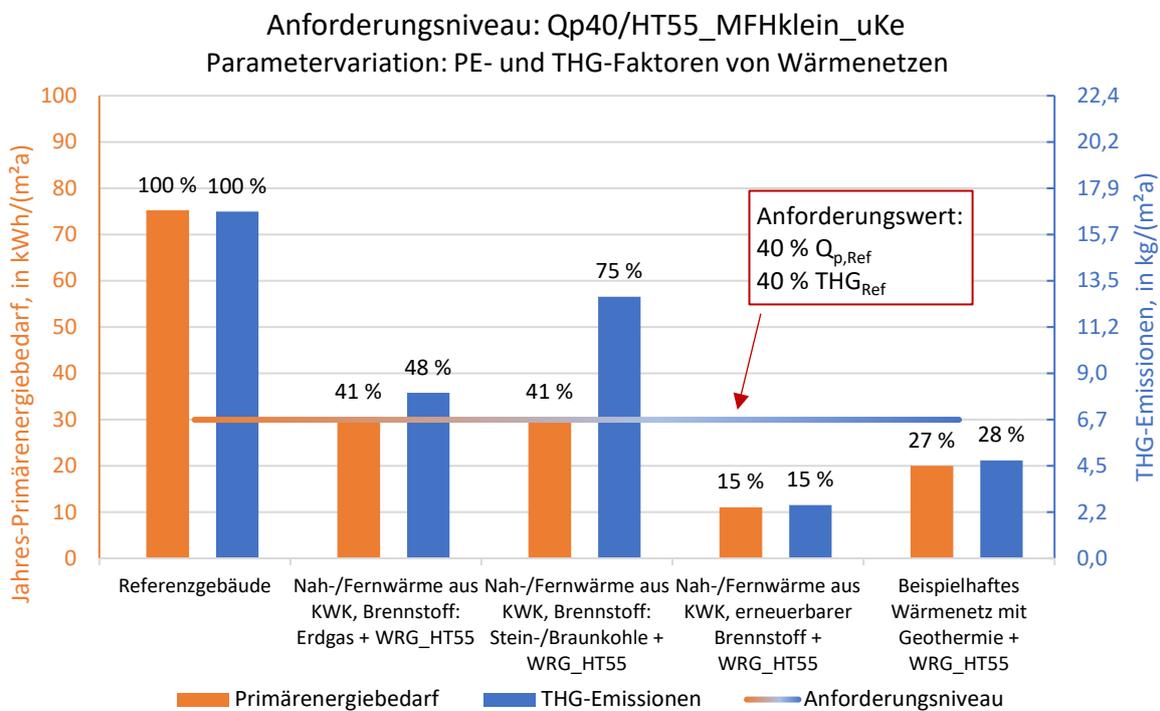
MFH klein, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Parametervariation: Faktoren für Nah-/Fernwärme



Quelle: ITG Dresden/IBH

Abbildung 148

MFH klein, Anforderungsniveau 40 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 40 % THG_{Ref} , Parametervariation: Faktoren für Nah-/Fernwärme



Quelle: ITG Dresden/IBH

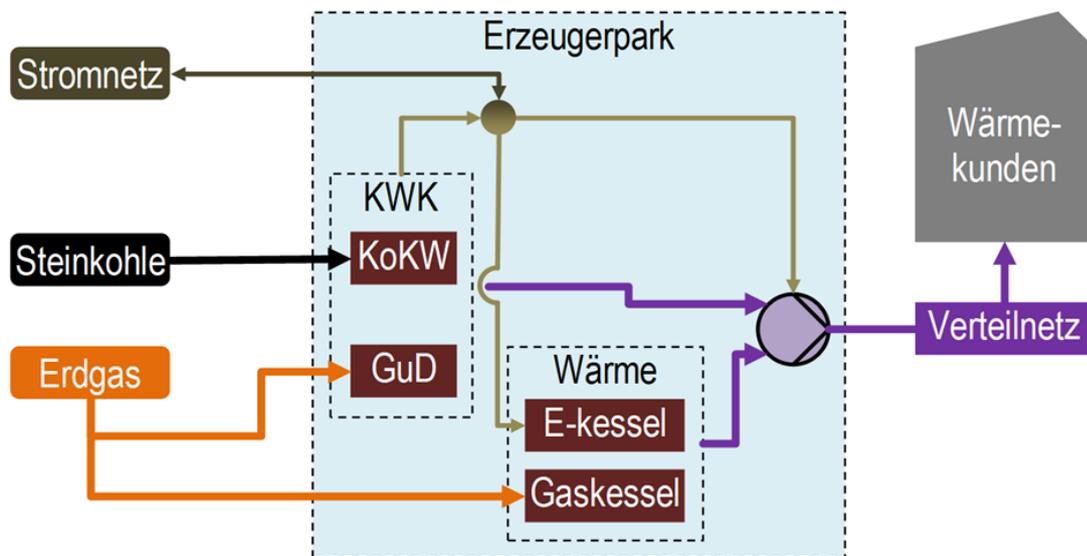
3.4.4 Allokationsmethode für KWK

Im Folgenden werden die Auswirkungen der Umstellung der Anforderungsgröße auf THG-Emissionen bei gleichzeitiger Änderung der Allokationsmethode von Stromgutschriftmethode auf Carnot-Methode am Beispiel zwei Wärmenetze mit KWK diskutiert. Betrachtet wird ein großes Wärmenetz, das überwiegend aus Steinkohle- und Erdgas-KWK gespeist wird (s. Abbildung 149) sowie ein kleines Wärmenetz mit Biomethan-BHKW und einem Erdgas-Spitzenlastkessel (s. Abbildung 150). Je nach Allokationsmethode ergeben sich für die zwei Beispielwärmenetze die in folgender Tabelle ausgewiesenen Primärenergie- und THG-Faktoren.

Tabelle 31
 Parametervariation: Faktoren für Wärmenetze mit KW in Abhängigkeit von der Allokationsmethode und Brennstoff

	Nah-/Fernwärme aus KWK, Brennstoff: Steinkohle, Erdgas		Nah-/Fernwärme aus KWK, Brennstoff: Biomethan, Erdgas	
	Stromgutschriftmethode	Carnot-Methode	Stromgutschriftmethode	Carnot-Methode
Primärenergiefaktor	0,68	0,96	0,25	0,66
THG-Emissionsfaktor, in g/kWh	176	277	28	167

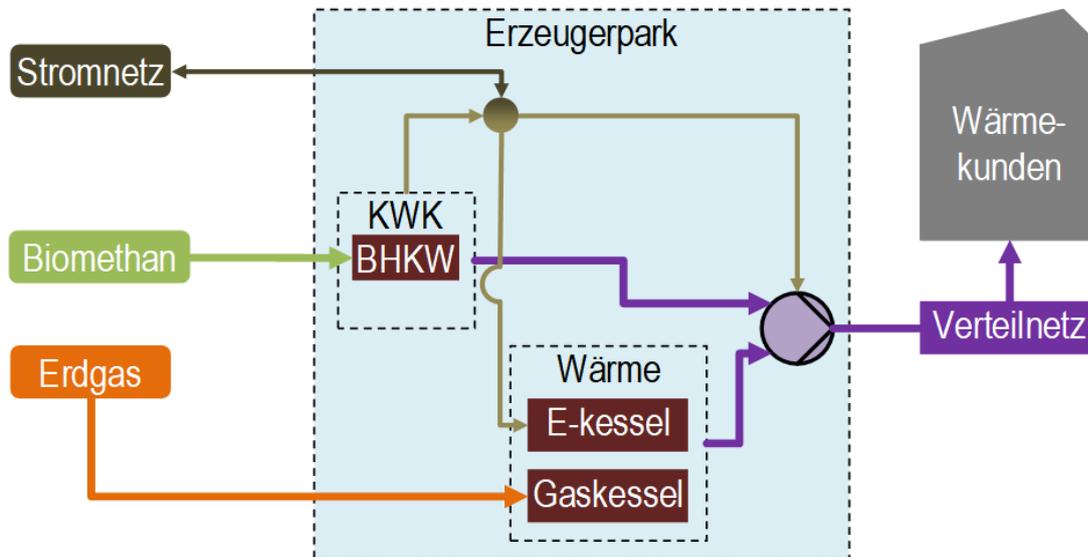
Abbildung 149
 Beispielhafter Erzeugerpark für Nah-/Fernwärme aus KWK, Brennstoff: Steinkohle, Erdgas



Quelle: ITG Dresden

Abbildung 150

Beispielhafter Erzeugerpark für Nah-/Fernwärme aus KWK, Brennstoff: Biomethan, Erdgas

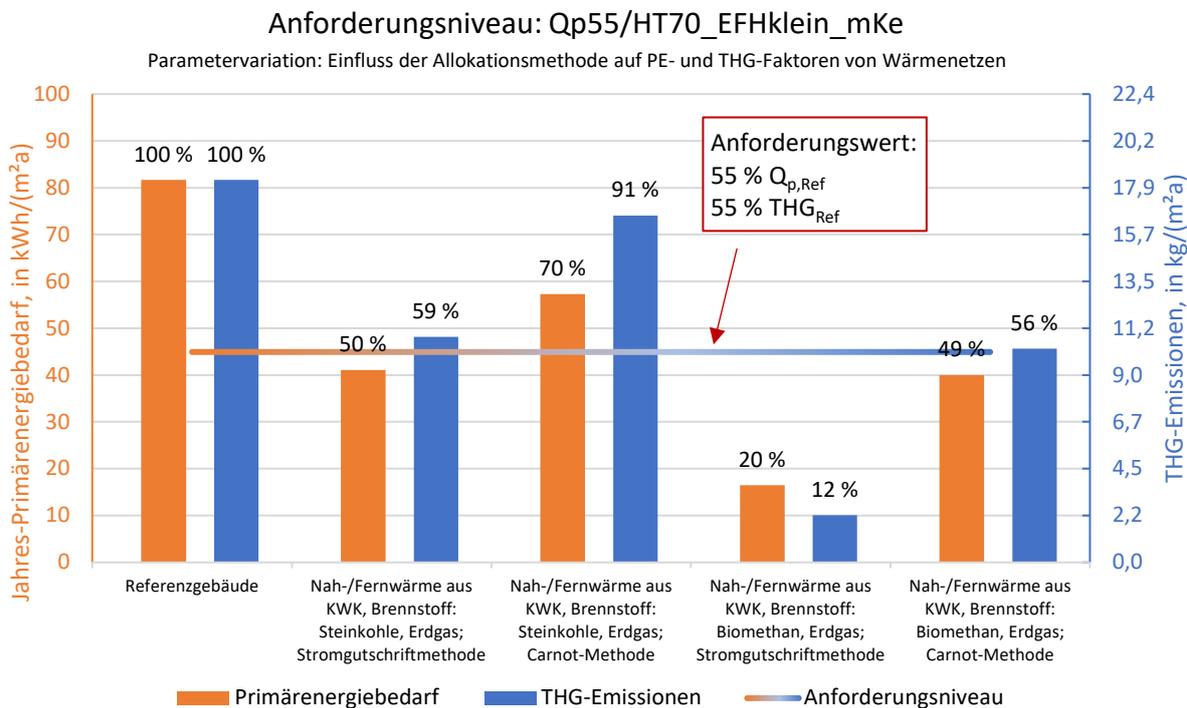


Quelle: ITG Dresden

Die Auswirkungen der Umstellung der Anforderungsgröße auf THG-Emissionen bei gleichzeitiger Änderung der Allokationsmethode sind je nach Brennstoff und KWK-Anteil unterschiedlich. Die Erfüllungsmöglichkeiten zur Erreichung des Anforderungsniveaus „55 % des Wertes des Referenzgebäudes“ wären bei Nah-/Fernwärme mit hohen Anteilen von Steinkohle sehr eingeschränkt. Bei Nah-/Fernwärme mit hohen Anteilen von gasförmigem Brennstoff wäre die Erreichung des Anforderungsniveaus beim Umstellen auf THG-Emissionen und Carnot-Methode durch weitere bauliche und/oder anlagentechnische Maßnahmen möglich (s. Abbildung 151).

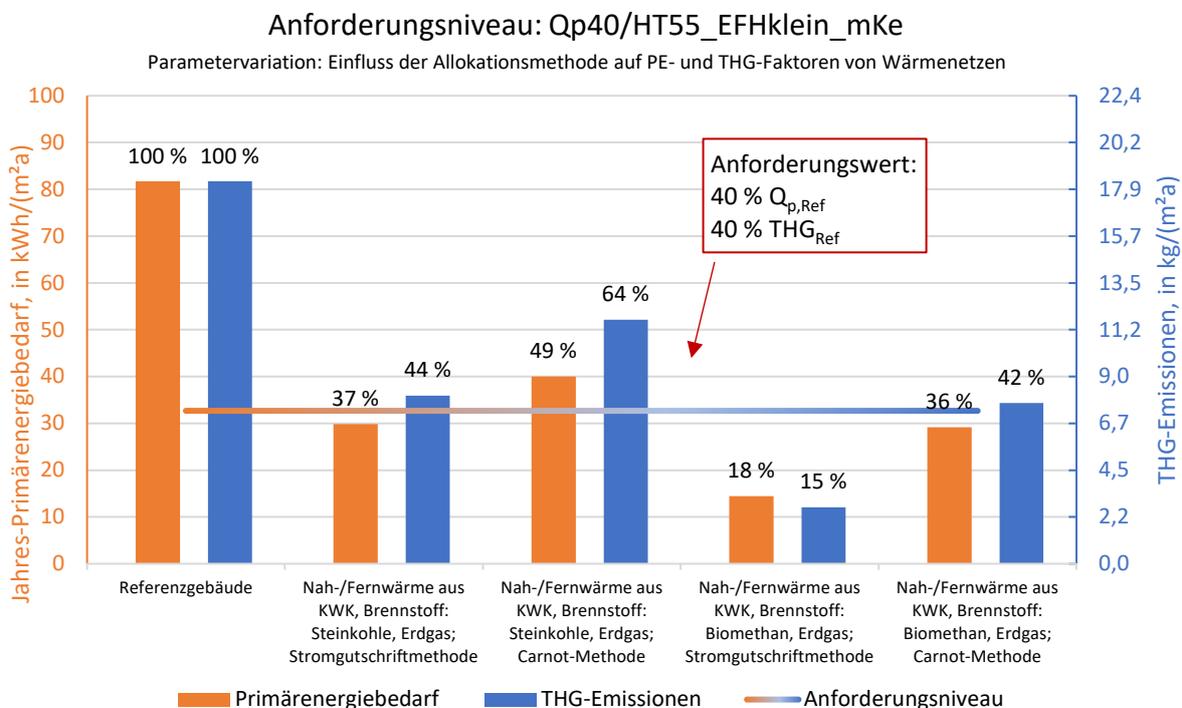
Wird das ambitioniertere Niveau – 40 % des Wertes des Referenzgebäudes – betrachtet, wären die Erfüllungsmöglichkeiten bei Nah-/Fernwärme aus KWK mit hohen Anteilen von fossilem gasförmigem oder flüssigem Brennstoff sehr eingeschränkt. Die Erfüllung der Anforderungen mit Nah-/Fernwärme basierend auf Stein-/Braunkohle wäre bei Umstellung der Anforderungsgröße auf THG-Emissionen und Anwendung der Carnot-Methode praktisch nicht möglich (s. Abbildung 152).

Abbildung 151
EFH klein mit Keller, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Parametervariation: Allokationsmethode für KWK



Quelle: ITG Dresden/IBH

Abbildung 152
EFH klein mit Keller, Anforderungsniveau 40 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 40 % THG_{Ref} , Parametervariation: Allokationsmethode für KWK



Quelle: ITG Dresden/IBH

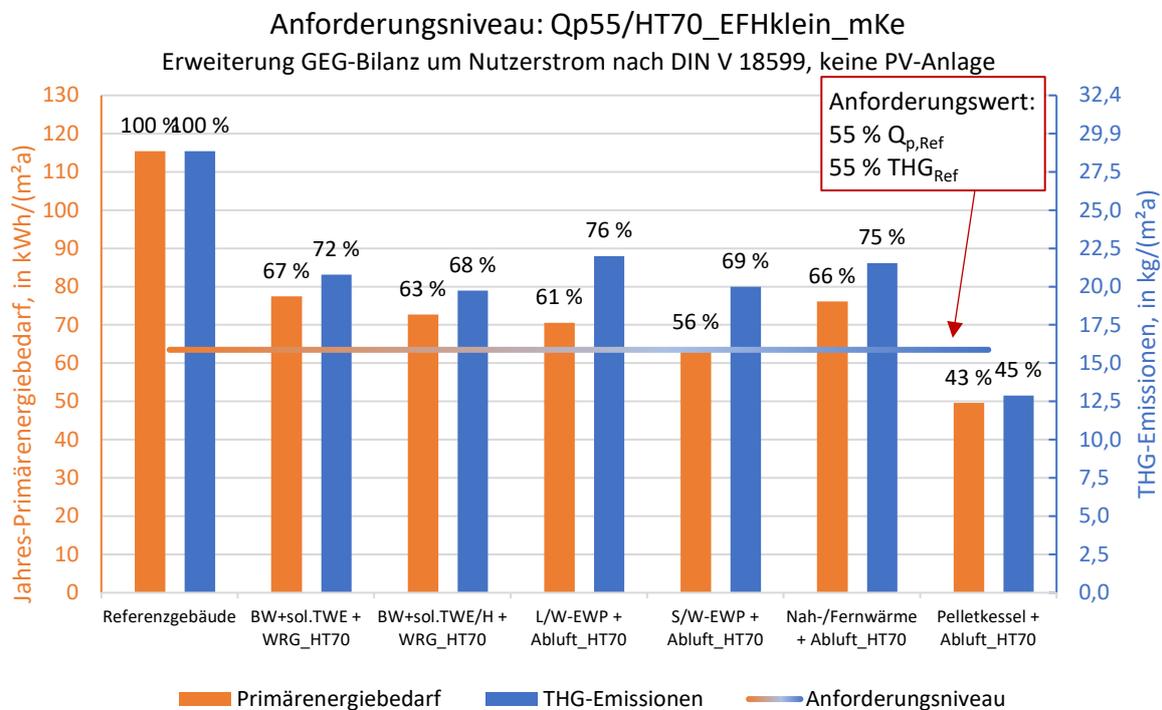
3.4.5 Berücksichtigung von Nutzerstrom in GEG-Bilanz

Im Folgenden werden die Auswirkungen der Umstellung der Hauptanforderungsgröße von Primärenergiebedarf auf THG-Emissionen bei gleichzeitiger Berücksichtigung des Nutzerstroms in der GEG-Bilanz am Beispiel eines freistehenden Neubau-Einfamilienhauses analysiert. Dabei wird das Anforderungsniveau $55\% Q_{p,Ref}$ bzw. $55\% THG_{Ref}$ betrachtet. Den Berechnungen liegen Primärenergie- und THG-Emissionsfaktoren nach GEG 2020 zugrunde.

Die Erweiterung der GEG-Bilanz um Nutzerstrom würde ggü. den aktuellen Bilanzierungsregeln (vgl. Abbildung 8) zu höheren Werten sowohl für das Referenzgebäude als auch für das tatsächliche Gebäude führen. Wenn keine PV-Anlage vorhanden wäre bzw. keine PV-Anrechnung stattfinden würde, hätte die Umstellung der Hauptanforderungsgröße auf THG-Emissionen deutliche Verschärfung der Anforderungen für alle betrachteten Anlagenvarianten außer Pelletkessel zur Folge (vgl. Abbildung 153).

Abbildung 153

EFH klein mit Keller, Erweiterung der GEG-Bilanz um Nutzerstrom nach DIN V 18599, keine PV-Anrechnung bzw. keine PV-Anlage vorhanden

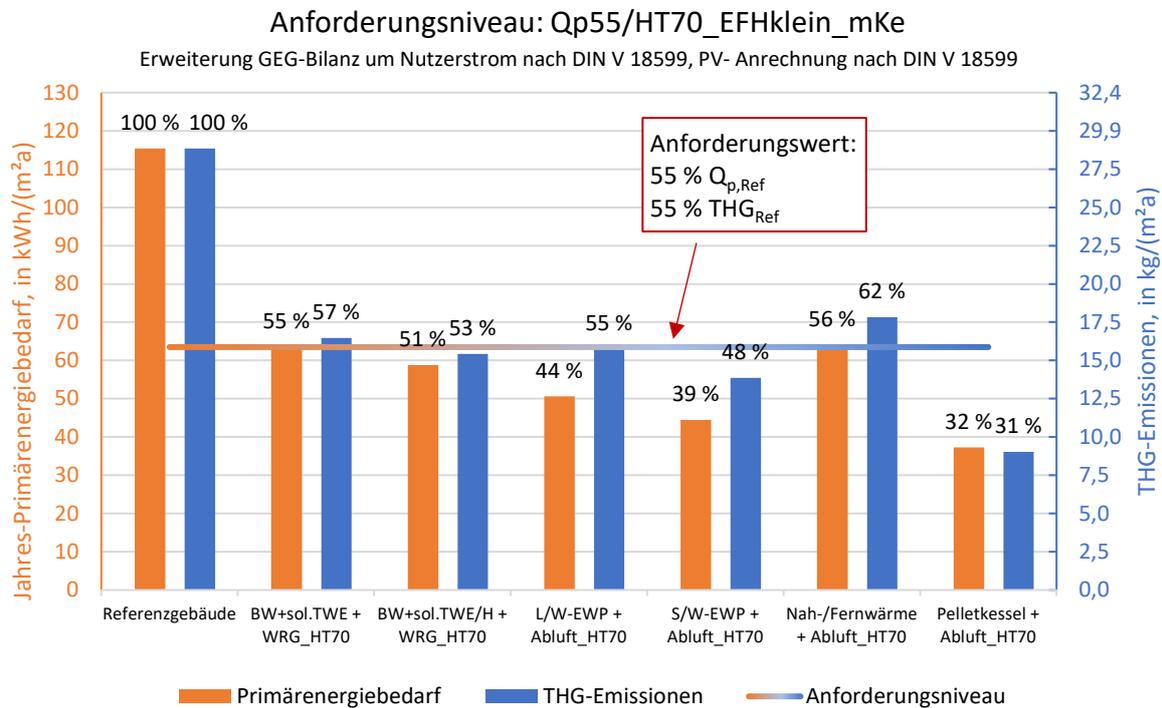


Quelle: ITG Dresden/IBH

Würde der Nutzerstrom in der Bilanz der vom Gebäude benötigten Energie und beim Vorhandensein einer PV-Anlage bei der Bestimmung der im Gebäude genutzten anrechenbaren PV-Strommenge nach DIN V 18599-9 berücksichtigt, wäre beim Umstellen der Hauptanforderungsgröße auf THG-Emissionen das Erfüllen der Anforderungen insbesondere für Nah-/Fernwärme mit überwiegend fossiler Erzeugung schwieriger (s. Abbildung 154).

Abbildung 154

EFH klein mit Keller, Erweiterung der GEG-Bilanz um Nutzerstrom nach DIN V 18599, PV-Anrechnung (Nutzerstrom und anrechenbare Strommenge) nach DIN V 18599

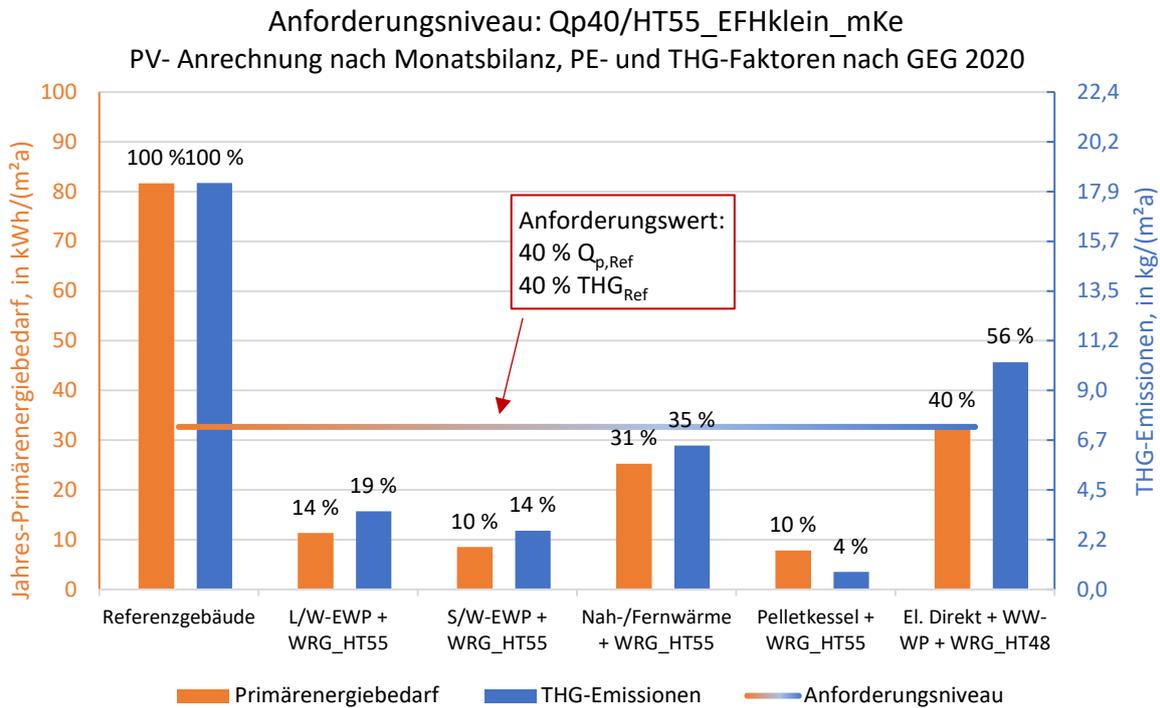


Quelle: ITG Dresden/IBH

3.4.6 Elektrodirektheizung

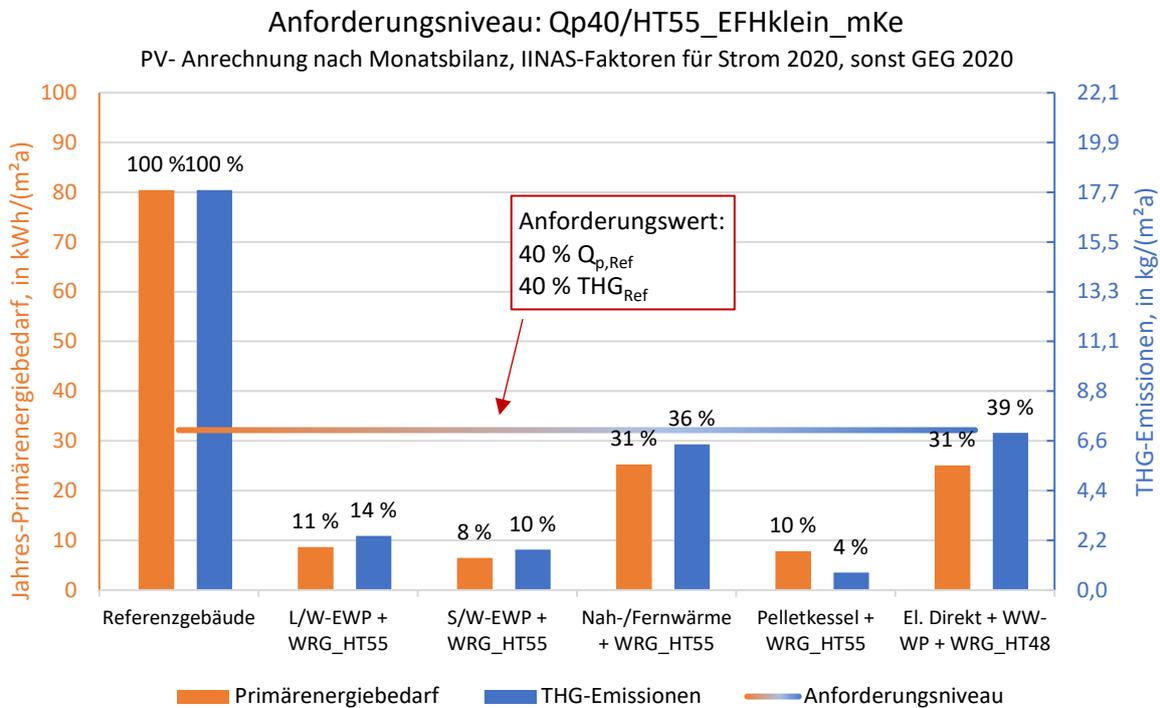
Im Folgenden wird analysiert, welche Auswirkungen die Umstellung der Hauptanforderungsgröße von Primärenergiebedarf auf THG-Emissionen für Elektrodirektheizung am Beispiel eines freistehenden Neubau-Einfamilienhauses mit einer PV-Anlage mit 7,06 kWp installierter Leistung hätte. Dabei wird das Anforderungsniveau $40\% Q_{p,Ref}$ bzw. $40\% THG_{Ref}$ betrachtet. Unter Berücksichtigung der Primärenergie- und THG-Emissionsfaktoren nach GEG 2020 wäre die Erfüllung der THG-Anforderung mit Elektrodirektheizung nicht möglich (s. Abbildung 155). Würde der Primärenergie- und Emissionsfaktor für Strom zumindest auf das Niveau der IINAS-Faktoren für Strom 2020 abgesenkt, wäre die Erfüllung der THG-Anforderung mit Elektrodirektheizung dagegen möglich (s. Abbildung 156).

Abbildung 155
EFH klein mit Keller, Bewertung mit GEG-Faktoren, PV-Anrechnung nach GEG 2020



Quelle: ITG Dresden/IBH

Abbildung 156
EFH klein mit Keller, Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020, PV-Anrechnung nach Monatsbilanz



Quelle: ITG Dresden/IBH

3.5 Fazit der Analyse

3.5.1 Wohngebäude

Die Umstellung der Hauptanforderung von nicht erneuerbarer Primärenergie auf die Treibhausgasemissionen – jeweils in der Nutzungsphase des Gebäudes – ist technisch möglich.

Die Auswirkungen solcher Umstellung sind in erster Linie von gewählten Primärenergie- und THG-Faktoren abhängig. Die Auswertung der Modellrechnungen für Wohngebäude hat bei Weiterverwendung der GEG-Faktoren Folgendes gezeigt:

- geringere Auswirkungen auf erdgasbasierte Systeme
- spürbare Verschärfung für elektrische Systeme, insbesondere für Luft/Wasser-Wärmepumpe und Elektrodirektheizung. Auch für die bei den Sanierungsfällen betrachteten ölbasierten Systeme sind deutliche Verschärfungen zu erkennen
- spürbare Verschärfung für Wärmenetze auf fossiler Basis
- keine Auswirkungen für Pelletheizungen

Bei Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020 und für die weiteren Energieträger unverändert nach GEG 2020 würde sich die Umstellung wie folgt auswirken:

- geringfügige Verschärfung der Anforderung für erdgasbasierte Systeme und weiterhin deutliche Verschärfungen für die bei den Sanierungsniveaus betrachteten ölbasierten Systeme
- mäßige Verschärfung der Anforderungen an Nah-/Fernwärme aus Erdgas-KWK
- Erfüllung der Anforderungen mit L/W-EWP und S/W-EWP weiterhin möglich
- Erfüllung der Anforderungen mit Elektrodirektheizung in Verbindung mit PV-Anlage weiterhin möglich

Eine Umstellung der Hauptanforderung auf die THG-Emissionen erfordert in jedem Fall eine Aktualisierung des Emissionsfaktors für Strom, da der bisherige veraltete THG-Faktor von 560 g/kWh energie- und klimapolitisch wünschenswerte Lösungen wie Wärmepumpen benachteiligen würde. In diesem Zusammenhang ist – wie für alle zeitveränderlichen Größen – zu prüfen, ob anstelle der bisher verwendeten statischen historischen Werte mittlere Werte für die Nutzungsdauer verwendet werden sollten.

Bei einer gleichmäßigen Verringerung der THG-/PE-Faktoren wären die Auswirkungen der Umstellung der Hauptanforderungsgröße auf THG-Emissionen identisch wie bei der Weiterverwendung der GEG-Faktoren.

3.5.2 Nichtwohngebäude

Anders als bei den im Rahmen der Ausarbeitung betrachteten Wohngebäuden, für die die Auswirkungen der Umstellung auf THG-Emissionen für konkrete Versorgungslösungen weitgehend unabhängig vom Gebäudetyp und von der Gebäudegröße sind, kann sich die Umstellung der Hauptanforderungsgröße auf THG-Emissionen je nach Gebäudetyp, Art der Konditionierung und Anforderungsniveau zum Teil unterschiedlich auf Nichtwohngebäude auswirken.

Die Auswertung der Modellrechnungen für Nichtwohngebäude hat bei Weiterverwendung der GEG-Faktoren Folgendes gezeigt:

- Bürogebäude
 - Neubau Anforderungsniveau „55 % des Wertes des Referenzgebäudes“
 - erleichterte Erfüllung der Anforderung für Gas-BW-Variante
 - geringfügig schlechtere Bewertung für L/W-WP, aber weiterhin Erfüllung der Anforderung
 - keine bis mäßige Veränderung für Nah-/Fernwärme aus Erdgas-KWK

- Neubau Anforderungsniveau „40 % des Wertes des Referenzgebäudes“
 - Erfüllung der Anforderung für Gas-BW-Variante mit deutlich verbessertem baulichem Wärmeschutz trotz besserer Bewertung weiterhin schwierig
 - schlechtere Bewertung für L/W-WP, aber Erfüllung der Anforderung weiterhin möglich
 - keine bis mäßige Veränderung für Nah-/Fernwärme aus Erdgas-KWK
- Sanierung
 - Anforderungsniveau „85 % des Wertes des Referenzgebäudes“: keine Auswirkungen auf Erfüllungsmöglichkeiten – alle Anlagenvarianten würden die THG-Anforderung erfüllen.
 - Anforderungsniveau „55 % des Wertes des Referenzgebäudes“: einfachere Erfüllung bei Gas-BW-Variante
 - Hotel
- Neubau Anforderungsniveau „55 % des Wertes des Referenzgebäudes“
 - kein Einfluss auf Erfüllungsmöglichkeiten – die betrachteten Anlagenvarianten würden auch die primärenergetische Anforderung nicht erfüllen
- Sanierung Anforderungsniveau „85 % des Wertes des Referenzgebäudes“
 - deutliche Verschlechterung der Erfüllungsmöglichkeiten für L/W-WP und Nah-/Fernwärme
 - erleichterte Erfüllung der Anforderung für Gas-BW-Variante
- Kindergarten
 - Neubau Anforderungsniveau „55 % des Wertes des Referenzgebäudes“
 - Erfüllung der Anforderung für Gas-BW-Variante mit deutlich verbessertem baulichem Wärmeschutz weiterhin schwierig
 - Verschärfung der Anforderungen für L/W-WP und Nah-/Fernwärme aus Erdgas-KWK
 - Neubau Anforderungsniveau „40 % des Wertes des Referenzgebäudes“
 - Erfüllung der Anforderung für Gas-BW-Variante und Nah-/Fernwärme aus Erdgas-KWK analog der primärenergetischen Bewertung nicht möglich – kein Einfluss auf Erfüllungsmöglichkeiten
 - Erfüllung der Anforderungen mit L/W-WP weiterhin möglich
 - Sanierung Anforderungsniveau „85 % des Wertes des Referenzgebäudes“
 - erleichterte Erfüllung der Anforderung für Gas-BW-Variante
 - schlechtere Bewertung aber kein Einfluss auf Erfüllungsmöglichkeiten L/W-WP und Nah-/Fernwärme
 - Sanierung Anforderungsniveau „55 % des Wertes des Referenzgebäudes“
 - kein Einfluss auf Erfüllungsmöglichkeiten für Gas-BW-Variante – die betrachtete Anlagenvariante würde auch die primärenergetische Anforderung nicht erfüllen
 - deutliche Verschlechterung der Erfüllungsmöglichkeiten für Nah-/Fernwärme
- Verbrauchermarkt
 - Neubau Anforderungsniveau „55 % des Wertes des Referenzgebäudes“: kein Einfluss auf Erfüllungsmöglichkeiten – Erfüllung der Anforderung weiterhin möglich
 - Neubau Anforderungsniveau „40 % des Wertes des Referenzgebäudes“: geringfügige Verschlechterung der Erfüllungsmöglichkeiten

- Fertigungshalle
 - Neubau Anforderungsniveau „55 % des Wertes des Referenzgebäudes“: schlechtere Bewertung für L/W-WP mit Deckenstrahlplatten und Nah-/Fernwärme, aber weiterhin Erfüllung der Anforderungen möglich
 - Neubau Anforderungsniveau „40 % des Wertes des Referenzgebäudes“:
 - geringfügige Verschärfung der Anforderungen für L/W-WP mit Deckenstrahlplatten
 - Erfüllung der Anforderungen mit Nah-/Fernwärme aus Erdgas-KWK weiterhin möglich
 - Verbesserung der Bewertung für Gas-Hellstrahler, aber keine Erfüllung der Anforderung
 - Sanierung
 - Anforderungsniveau „85 % des Wertes des Referenzgebäudes“: keine Auswirkungen auf Erfüllungsmöglichkeiten – alle Anlagenvarianten würden die THG-Anforderung erfüllen.
 - Anforderungsniveau „55 % des Wertes des Referenzgebäudes“: einfachere Erfüllung bei Gas-BW-Variante
- Logistikhalle
 - Neubau Anforderungsniveau „55 % des Wertes des Referenzgebäudes“: Verschärfung der Anforderungen für L/W-WP mit Deckenstrahlplatten
 - Neubau Anforderungsniveau „40 % des Wertes des Referenzgebäudes“:
 - Erfüllung der Anforderungen mit L/W-WP mit Deckenstrahlplatten nicht möglich
 - Verbesserung der Bewertung für Gas-Hellstrahler
 - Erfüllung der Anforderungen mit Nah-/Fernwärme weiterhin möglich

Eine Absenkung der Faktoren für Strom würde bei gleichzeitiger Umstellung der Hauptanforderungsgröße vom Primärenergiebedarf zu THG-Emissionen analog den Wohngebäuden die Erfüllungsmöglichkeiten für strombasierte Systeme steigern. Für gasbasierte Systeme sowie Nah-/Fernwärme aus Erdgas-KWK führen die abgesenkten Faktoren für Strom in den meisten Fällen zu schlechterer Bewertung und z. T. zur Verschärfung der Anforderungen beim Umstellen der Hauptanforderungsgröße auf THG-Emissionen.

4 Weitere Analysen

4.1 Einführende Bemerkungen

Schwerpunkt des vorliegenden Berichtes ist eine Analyse der bestehenden Anforderungssystematik des Gebäudeenergiegesetzes und eine Beantwortung der Frage, welche quantitativen Auswirkungen sich bei einer unmittelbaren Umstellung der Hauptanforderung von nicht erneuerbarer Primärenergie auf die Treibhausgasemissionen – jeweils in der Nutzungsphase – ergeben würden. Die entsprechenden Ausführungen beinhalten die Abschnitte 2 und 3 des vorliegenden Berichtes.

In der Aufgabenstellung zur vorliegenden Ausarbeitung werden außerdem weitere Detailfragen formuliert, die in den folgenden Abschnitten diskutiert werden.

4.2 Praxiserfahrungen mit der Innovationsklausel

§ 103 des GEG enthält die Innovationsklausel. Nach Absatz 1 (Wohngebäude) und Absatz 2 (Nichtwohngebäude) kann auf die Erfüllung der Anforderungen an den Primärenergiebedarf und den Transmissionswärmeschutz im Neubau verzichtet werden, wenn eine gleichwertige Begrenzung der Treibhausgasemissionen erfolgt und ein bestimmter Höchstwert des Jahres-Endenergiebedarfs eingehalten wird. Die Anforderungen zur Nutzung erneuerbarer Energien entfallen ebenfalls.

Die Befreiung muss bei den nach Landesrecht zuständigen Behörden im Einzelfall beantragt werden, die Anwendung der Innovationsklausel ist bis zum 31.12.2023 befristet.

Durch eine Anwendung der Absätze 1 und 2 der Innovationsklausel könnte eine mögliche Umstellung der Hauptanforderung auf die THG-Emissionen, wie sie im vorliegenden Projekt untersucht wird, bereits jetzt für Einzelgebäude vorweggenommen werden. Vorteile aus Sicht eines Bauherrn würden sich dann ergeben, wenn ein Energieträger mit einem hohen Primärenergiefaktor und gleichzeitig niedrigen THG-Faktor eingesetzt wird, welcher die üblichen Anforderungen an den nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf nicht erfüllen würde, gleichzeitig jedoch relativ niedrige THG-Emissionen mit sich bringt. Solche Energieträger kommen im Bereich der Gebäudeversorgung aktuell praktisch nicht zur Anwendung. Die erforderliche Kombination – hoher PE-Faktor bei gleichzeitig niedrigem THG-Faktor – würden auf Wasserstoff zutreffen, der durch die Dekarbonisierung von Erdgas erzeugt wird⁸. Die Anforderungen für die Anwendung der Innovationsklausel sind jedoch grundsätzlich hoch und werden für solchen Wasserstoff zusätzlich erschwert:

- Das GEG enthält keine THG- bzw. CO₂-Faktoren für Wasserstoff, die Werte müssten daher z. B. durch geeignete Forschungseinrichtungen projektspezifisch belastbar ermittelt werden. Das ist zeitaufwendig und kostenintensiv. Eine Nachweisführung im Sinne des GEG würde eine besondere Sachkunde erfordern und wäre von der Mehrzahl der Energieberatenden nicht zu leisten. Kommerzielle GEG-Software dürfte für Nachweise mit der Innovationsklausel erst nach Anpassungen geeignet sein.
- Die zuständigen Landesbehörden können auf Antrag von den Anforderungen befreien, müssen dies jedoch nach GEG nicht tun. Die erforderliche Einzelbefreiung verursacht bei der Bauantragstellung mindestens eine Verzögerung. Die nur mögliche, aber nicht zwingende Befreiung nach Antrag sorgt für eine zusätzliche Rechtsunsicherheit. Letztendlich ist die Befreiung von der Einschätzung der nach jeweiligem Landesrecht zuständigen Behörde abhängig und damit keinesfalls sicher.
- Neben der Einhaltung der THG-Emissionen ist bei Anwendung der Innovationsklausel auch der zulässige Endenergiebedarf auf das maximal 0,75-fache des Endenergiebedarfs des Referenzgebäudes begrenzt.

⁸ Umgangssprachlich würde es sich um „blauen“ Wasserstoff handeln, der durch Dampfreformierung aus Erdgas gewonnen wird, wobei das entstehende CO₂ mittels CCS eingelagert wird. Je nach THG-Bilanzierung könnte auch sogenannter „türkiser“ Wasserstoff, der durch Methanpyrolyse gewonnen wird, in Frage kommen. Dabei wird das Methan im Erdgas in Wasserstoff und festen Kohlenstoff gespalten. Die eigentliche Farbe des Wasserstoffs ist unabhängig vom Herstellungsprozess des Gases.

Baulicher Wärmeschutz und anlagentechnische Ausstattung müssen daher weitestgehend so ausgeführt werden, wie es auch bei einer normalen Nachweisführung erforderlich wäre. Im Vergleich zum Erdgaseinsatz ergeben sich keine Investitionskostenvorteile für einen Bauherrn, gegenüber primärenergetisch günstiger Fernwärme würden sogar investive Mehrkosten auftreten.

Die genannten Hürden führen dazu, dass die in Absatz 1 und 2 des GEG beschriebene Innovationsklausel nur in absoluten Ausnahmen zur Anwendung kommt. Die von den Autoren durchgeführten Recherchen haben keine Anwendungsfälle ergeben.

Ausschließlich mit erneuerbaren Energien hergestellter Wasserstoff („grüner“ Wasserstoff) weist sowohl einen geringen CO₂-Faktor als auch einen niedrigen PE-Faktor auf. Er wäre daher von der Innovationsklausel nur eingeschränkt betroffen, da der Nachweis der Einhaltung der Anforderungen auch über den PE-Bedarf geführt werden könnte. „Grüner“ Wasserstoff ist jedoch ebenso wie „andersfarbiger“ Wasserstoff für den Gebäudebereich praktisch nicht verfügbar, die Überlegungen sind daher eher theoretischer Natur bzw. für zukünftige Anwendungen interessant.

Diskutiert wird eine Anwendung der Innovationsklausel auch im Zusammenhang mit der Nutzung von erneuerbarem Strom oder Strom aus erneuerbaren Quellen, der sonst abgeregelt werden würde. Anders als bei den bisher beschriebenen denkbaren Anwendungsfällen mit Wasserstoff, bei denen ein hoher PE-Faktor mit geringem THG-Faktor verbunden ist, weist Ökostrom sowohl niedrige THG- als auch PE-Faktoren auf. Mit der Innovationsklausel wird bei Ökostrom/abgeregeltem EE-Strom versucht, die GEG-Festlegungen für den PE-Faktor vom Strom zu umgehen. Zum Zeitpunkt der Berichtserstellung ist den Autoren kein Fall bekannt, in dem eine entsprechende Genehmigung erteilt wurde.

Die Innovationsklausel enthält im Absatz 3 eine weitere Klausel für Bestandsgebäude: Die bedingten Anforderungen an die U-Werte von erneuerten Bauteilen (sinngemäß: wenn ohnehin Maßnahmen am Bauteil vorgenommen werden, dann sind bestimmte U-Werte einzuhalten) gelten generell als erfüllt, wenn das Gebäude insgesamt bei PE-Bedarf und Transmissionswärmekoeffizient maximal 40 % über den Werten des Referenzgebäudes liegt.

Die Innovationsklausel erweitert diese Befreiung vom Einzelgebäude auf ein Quartier: Der Nachweis der um höchstens 40%igen-Überschreitung der beiden Kennwerte PE-Bedarf und Transmissionswärmekoeffizient darf für mehrere Gebäude gemeinsam erbracht werden. Dies führt in der Praxis dazu, dass bei regelkonformer Ausführung der Sanierung von beispielsweise 2 Gebäuden ein drittes Gebäude mit geringerem baulichem Wärmeschutz saniert werden dürfte. Diese Regelung wird folglich insbesondere von Seiten der Hersteller von Wärmedämmstoffen beklagt. Die praktische Anwendung dieser Innovationsklausel setzt jedoch voraus, dass die Gebäude gemeinsam saniert werden. Der vermeintliche Vorteil einer geringeren Ausführung des baulichen Wärmeschutzes kommt aber nur einem Gebäude „zugute“, dafür treten in diesem Gebäude langfristig höhere Heizkosten auf. Eine Anwendung dürfte daher nur in Frage kommen, wenn ein Eigentümer alle Gebäude besitzt.

4.3 Zusammenwirken möglicher Haupt- und Nebenanforderungen

Die Untersuchungen zur Umstellung der Hauptanforderung von Primärenergiebedarf auf THG-Emissionen zeigen, dass keine wesentlichen Änderungen in der Anforderungssystematik der umweltbezogenen Anforderungen zu erwarten sind/auftreten werden. Diese Feststellung bedeutet auch, dass weiterhin die sinnvolle energetische Qualität von Gebäudehülle und Anlagentechnik über Effizienzanforderungen (Nebenanforderungen) sichergestellt werden muss.

Im Projekt Kurzgutachten zur Überarbeitung von Anforderungssystemen und Standards im Gebäudeenergiegesetz für Neubauten sowie Bestandsgebäude einschl. der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen für Neubauten und Bestandsgebäude (im Weiteren als RV GEG bezeichnet) wurden die in folgender Tabelle aufgeführten Möglichkeiten zur Gestaltung von Effizienzanforderungen identifiziert und detailliert analysiert.

Tabelle 32
Kenngrößen und deren Wirkungsrahmen

	Kenngröße		Wirkungsrahmen
1	H_T'	Spezifischer Transmissionswärme-Transferkoeffizient	Wärmeverluste der Bauteile
2	$H_{T,S}'$	Spezifischer, äquivalenter Transmissionswärme-Transferkoeffizient	wie 1 + solare Gewinne, Optimierter Gebäudeentwurf (bei Bezug auf EBF)
3	Bauteil-Anforderungen		Anforderung an Gebäudehülle und Lüftung
4	$Q_{h,b,0}$	Heizwärmebedarf vor 1. Iteration	wie 2 + Lüftungsanlage (mit Wärmerückgewinnung (WRG))
5	$Q_{h,b}$	Heizwärmebedarf	wie 4, allerdings auch (ungeregelte) Wärme- und Kälteeinträge aus der Anlagentechnik
6	$Q_{h,outg}$	Erzeugernutzwärmeabgabe (Raumwärme-Anteil)	wie 5, allerdings zzgl. Systemverlusten nach dem Erzeuger
7	Q_f	Endenergie	Effizienzanforderung an Anlagentechnik ohne Einbeziehung der Umweltenergie
8	e_f	Endenergieaufwandszahl	Effizienzanforderung an Anlagentechnik
9	$e_{f, Umwelt}$	Endenergieaufwandszahl mit Umweltenergie	Effizienzanforderung an Anlagentechnik inkl. Einbeziehung der Umweltenergie

Als Ergebnis der Analyse im RV GEG wird $Q_{h,b,0}$ uneingeschränkt als Effizienzkenngroße in Kombination mit weiteren Dekarbonisierungsgrößen empfohlen. Bei Einbettung in eine geeignete Methodik verspricht sie eine flexible, zielgerichtete Optimierung von Gebäudehülle und Lüftung. Die mögliche Verrechnung der Lüftungstechnik (insbesondere mit Wärmerückgewinnung) kann als Nachteil gesehen werden und erfordert besonderes Augenmerk. Spezifische Anforderungen an Komponenten der Hülle oder die Lüftungstechnik könnten die zielgerichtete Anwendung von $Q_{h,b,0}$ weiter unterstützen (abhängig vom Ambitionsgrad des festgelegten Wertes). Die Größe $e_{f, Umwelt}$ bietet sich prinzipiell als Kenngröße zur Bewertung der Effizienz der Wärmeverteilung/-erzeugung an, hier bedürften jedoch Fälle wie die Elektrodirektheizung einer gesonderten Betrachtung; eine geeignete übergeordnete Größe für THG/ Q_p dürfte diese Größe überflüssig machen. Auch Q_f wird als Effizienzgröße für das Gesamtkonzept weiter betrachtet. Zudem können die „Bauteil-Anforderungen“ – insbesondere im Hinblick auf Sanierungsanforderungen – im Blick behalten werden.

Unter Berücksichtigung der Gesamtsystematik bestehend aus drei Elementen werden als Effizienzgrößen empfohlen:

Zur Adressierung der Effizienz der langlebigen Gebäudeteile: **Nutzwärmebedarf vor 1. Iteration $Q_{h,b,0}$** . Der Nutzwärmebedarf charakterisiert die Effizienz der gesamten Gebäudehülle und berücksichtigt anders als H_T' auch die solaren Gewinne.

Zur Adressierung der Effizienz des Gebäudekonzeptes: **Endenergie Q_f** . Die Endenergie-Anforderung regelt weitere Effizienzbereiche und deckt die Fälle ab, in denen Strom und Fernwärme weitestgehend dekarbonisiert sind („doppeltes Netz“). Für Biomasse-Konzepte ist die Endenergie ein passender Indikator, allerdings müssen für Wärmepumpen weitere Anforderungen etwas an die Jahresarbeitszahl festgelegt werden. Insgesamt ist der Indikator Q_f auch gut auf den Bestand übertragbar.

Ergänzend zu den beiden Effizienz-Hauptanforderungen sollten wie im bisherigen GEG einige **explizite Zusatzanforderungen** an die Effizienz einzelner Elemente gestellt werden.

4.4 Anforderungssystematik bei steigendem Anforderungsniveau

Die durch Verordnungen bzw. Gesetze gestellten Anforderungen an die energetische Qualität der Gebäude und Gebäudetechnik haben sich seit der ersten Wärmeschutzverordnung bzw. Heizungsanlagenverordnung beständig weiterentwickelt. Es ist davon auszugehen, dass dieser Prozess anhält und insbesondere auf dem klimapolitisch vorgegebenen Weg zu treibhausgasneutralen Gebäuden zukünftig höhere Anforderungen sowohl an Neubauten als auch an Bestandsgebäude gestellt werden. Damit ergibt sich die Frage, ob mit einem etwaigen steigenden Anforderungsniveau weitere Handlungs- und Änderungsbedarfe in Zusammenhang mit der Umstellung auf Treibhausgasemissionen als Hauptanforderung für die Anforderungssystematik als Ganzes und die Berechnungsgrundlagen entstehen. Umfangreiche Überlegungen zur Weiterentwicklung der Haupt- und Nebenanforderungen sind in einem parallelen BMWK-Projekt vorgenommen worden. Im vorliegenden Bericht werden daher insbesondere die Auswirkungen einer möglichen Umstellung der Hauptanforderungsgröße von der nicht erneuerbaren Primärenergie auf die THG-Emissionen diskutiert.

Grundsätzlich ist zunächst festzustellen, dass das Erfordernis zur Anpassung der Anforderungssystematik weitgehend unabhängig davon ist, ob die Hauptanforderungsgröße der nicht erneuerbare Primärenergiebedarf oder die THG-Emissionen eines Gebäudes ist. Perspektivisch laufen sowohl die PE- als auch die THG-Faktoren für die bei der Erreichung der Klimaneutralität eingesetzten Energieträger gegen null. Es ergeben sich allenfalls geringfügige Unterschiede in der zeitlichen Entwicklung, etwa durch eine zwischenzeitlich erforderliche stärkere Nutzung von Kohlekraftwerken ggü. Gaskraftwerken zur Stromerzeugung. Diese Tendenzen sind jedoch langfristig nicht relevant, da die Klimaneutralität nur durch einen praktisch vollständigen Verzicht auf die Nutzung aller fossiler Energieträger erreicht werden kann.

Wenn die THG- bzw. PE-Faktoren zukünftig gegen null laufen, dann stehen folgende Alternativen zum Umgang zur Verfügung:

- I. Die Anforderungswerte werden in gleichem Maße verschärft, wie die THG-Faktoren zurückgehen. Dies kann z. B. durch eine Ableitung der Anforderungen aus einem Referenzgebäude geschehen, bei dem die zulässige Anforderungswerte durch Multiplikation der Endenergiekennwerte mit dem jeweils gültigen THG-/PE-Faktor berechnet werden. Bei dieser Option ist kritisch zu bewerten, dass sich perspektivisch aus heutiger Sicht extrem geringe absolute Anforderungen ergeben, welche die Sinnhaftigkeit der Anforderungen zumindest aus heutiger Sicht zweifelhaft erscheinen lassen.
- II. Die Anforderungen werden im Wesentlichen über die bisherigen sogenannten Nebenanforderungen definiert. Aktuell ist das der spezifische Transmissionswärmeverlust, zukünftig nach Vorschlag im parallelen BMWK-Gutachten die Endenergie in Verbindung mit dem Heizwärmebedarf vor der Iteration ($Q_{h,b,0}$). Die bisherige Hauptanforderung Primärenergie bzw. THG-Emissionen könnten dann formal erhalten bleiben, würden jedoch inhaltlich ohne Bedeutung sein, weil infolge der weitgehend dekarbonisierten Energieträger stets Werte deutlich unter einem festgelegten absoluten Anforderungsniveau errechnet werden.
- III. Die Anforderungen werden nicht ausschließlich mit aus dem Energiesystem abgeleiteten PE- oder THG-Faktoren definiert. PE-/THG-Faktoren werden ergänzt durch politisch festgelegte *Bewertungsfaktoren* für die jeweilige Endenergie. Die Hauptanforderungsgröße würde dann z. B. die „Bewertete Endenergie“ sein. Diese Option hat eine Reihe wesentlicher Vorteile:

- In die Festlegung der Bewertungsfaktoren kann eine Vielzahl weiterer Aspekte einfließen, wie z. B. Fragen der Verfügbarkeit, Nachhaltigkeit oder Kosten.
- Die Faktoren können auch bei einer Weiterentwicklung der Energieerzeugung stabil bleiben.
- Das komplette Berechnungs- und Anforderungssystem kann erhalten bleiben. Bisher auftretende Artefakte, wie z. B. PE-Faktoren kleiner null bei der KWK-Bewertung mit der Stromgutschriftmethode oder Schwierigkeiten bei der Bewertung biogenen Energieträger mit sehr kleinen PE-/THG-Faktoren, entfallen.
- Die politische Festlegung von Faktoren ist in den entsprechenden europäischen und internationalen Normen zur Bewertung von Gebäuden bereits als Option verankert, teilweise werden Faktoren in anderen Ländern bereits auf Basis politischer Überlegungen festgesetzt.

Als Hauptnachteil ist zu nennen, dass die Festlegung der Bewertungsfaktoren in einem politischen Prozess erfolgen muss, bei dem völlig unterschiedliche Ziele bzw. Schutzgüter in einer Größe zusammengefasst werden und die tatsächliche Umweltbelastung nur noch einen Teil dieser Bewertung ausmacht.

Nebenanforderungen – etwa an die Qualität des baulichen Wärmeschutzes oder der Anlagentechnik – werden zukünftig weiterhin erforderlich sein, wenn die Option I oder II gewählt werden wird.

Bei der Option III ist es zumindest theoretisch denkbar, dass auf Nebenanforderungen weitgehend oder sogar vollständig verzichtet werden kann. Dabei müsste man allerdings in Kauf nehmen, dass eine weitgehende Substitution gewisser technischer Eigenschaften durch andere Komponenten mit einer vergleichbaren Auswirkung auf die bewertete Endenergie erfolgen könnte. Eine besonders effiziente Wärmepumpe oder eine Lüftungsanlage mit besonders hoher Wärmerückgewinnung oder eine Kombination aus beiden würde beispielsweise eine maßgebliche Verschlechterung der U-Werte ermöglichen. Obwohl mit der bewerteten Endenergie eine geeignete Hauptanforderung verfügbar ist, dürfte ein vollständiger Verzicht auf alle Nebenanforderungen kaum realisierbar sein.

Nebenanforderungen könnten allenfalls entfallen, wenn die Hauptanforderung extrem ambitioniert ist, also nur durch eine Kombination der jeweils besten verfügbaren technischen Lösung bei allen Komponenten erreicht werden kann. So etwas ist aktuell politisch jedoch nicht umsetzbar. Aus inhaltlicher Sicht würde es in einem solchen Fall zwar keine Nebenanforderung geben, impliziert würde es jedoch die Forderung geben, alle Komponenten jeweils bestmöglich auszuführen, was Nebenanforderungen an allen Einzelkomponenten entsprechen würde.

Verzichtet werden kann hingegen auf separate Anforderungen an die Nutzung erneuerbarer Energien, wie sie im aktuellen GEG im Abschnitt 4 formuliert sind. Bisherige Untersuchungen zur Nutzungspflicht für erneuerbare Energien haben gezeigt, dass die Anforderungshöhe der Hauptanforderung maßgeblich dafür ist, ob zusätzlich Nebenanforderungen an die EE-Nutzung gestellt werden müssen. Ab einer Anforderung im Bereich EH55 kann die EE-Nebenanforderung entfallen, da eine Erfüllung der Hauptanforderung ohne EE-Nutzung nicht mehr realisierbar ist. Dies gilt gleichermaßen für eine auf THG-Emissionen beruhende Hauptanforderung wie für eine Hauptanforderung auf Basis der Primärenergie. Die geplante Einführung einer 65%-Nutzungspflicht für erneuerbare Energien beim Einbau eines Wärmeerzeugers geht in fast allen Fällen deutlich über die im Abschnitt 4 des GEG beschriebenen Anforderungen hinaus, da für alle zukünftig zulässigen Erfüllungsoptionen höhere Deckungsanteile (z. B. bei Wärmepumpen, fester Biomasse oder Biomethan in Kesseln 65 % statt bisher 50 %) bzw. deutlich höhere Deckungsanteile (Solarthermie 65 % statt bisher 15 %) gefordert werden. Wesentlich ist auch der zukünftig erweiterte Geltungsbereich der Anforderungen auf den Wechsel eines Wärmeerzeugers im Bestand.

Gewisse Entlastungen ergeben sich hingegen voraussichtlich beim Anschluss an ein Wärmenetz und bei elektrischen Direktheizungen.

4.5 Sommerlicher Wärmeschutz

Die Weiterentwicklung der Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz und die Fortschreibung der entsprechenden normativen Regelungen wird derzeit in einem im Auftrag des BBSR durchgeführten separaten Gutachten „Weiterentwicklung von Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz“ (Aktenzeichen 10.08.17.7-21.39) durch das Ingenieurbüro Hauser in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Martin H. Spitzner, MHS Ingenieurbüro (MHS) und Dipl.-Ing. (FH) Lutz Dorsch M.BP. behandelt. Die Schwerpunkte der Bearbeitung bzw. die in diesem parallelen Gutachten behandelten Fragestellungen zur Anforderungssystematik werden im Folgenden stichpunktartig aufgeführt, aber im vorliegenden Gutachten nicht weiter behandelt:

■ Klimawandel

Der gegenwärtigen Nachweisführung nach GEG 2020 bzw. DIN 4108-2:2013-02 [32] liegen für die drei Klimaregionen Deutschlands (A: sommerkalt, B: gemäßigt, C: sommerheiß) jeweils „veralterte“ Klimarandbedingungen zugrunde. Es wird eine Umstellung der Anforderungssystematik insofern angestrebt, als dass für den Nachweis künftig Klimarandbedingungen verwendet werden sollen, mit denen das zukünftige mittlere Klima (in der anstehenden Nutzungszeit von 20 bis 30 Jahren eines Gebäudes) möglichst treffend beschrieben wird. Das Gutachten wird infrage kommende Klimadatensätze untersuchen und eine Empfehlung hinsichtlich sinnvollerweise zu verwendender Datensätze erarbeiten.

■ Nutzungsrandbedingungen

Nach GEG 2020 bzw. DIN 4108-2 wird hinsichtlich der Nutzung lediglich zwischen Wohn- und Nichtwohnnutzung unterschieden. Im Rahmen des Gutachtens wird geprüft, ob und inwieweit eine weitergehende Differenzierung der Nutzungen sinnvoll und praktikabel ist.

■ Anforderungsgröße und Anforderungshöhe

Mit Veröffentlichung der DIN 4108-2:2013-02 wurde die zuvor herangezogene Anforderungsgröße Überschreitungshäufigkeiten durch die Anforderungsgröße Übertemperaturgradstunden ersetzt, um neben der Überschreitungsdauer bestimmter Bezugstemperaturen auch die Überschreitungshöhe in den Anforderungswert einzubeziehen. Im Zusammenhang mit der Fortschreibung der Anforderungssystematik hinsichtlich der Einbeziehung des Klimawandels durch neue Klimadatensätze und für eine differenziertere Behandlung der Nutzungsrandbedingungen wird die Festlegung eines neuen Anforderungsniveaus erforderlich. Hierzu erfolgen im Rahmen des Gutachtens zunächst Untersuchungen zu geeigneten Anforderungsgrößen (Überschreitungshäufigkeiten, Übertemperaturgradstunden, Komfortbewertung nach DIN EN 16798) sowie die Erarbeitung eines Vorschlags für die Formulierung eines neuen Anforderungsniveaus.

■ Anwendungsbereich

Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz werden nach derzeit gültiger Fassung des Gebäudeenergiegesetzes nur für neu zu errichtende Wohn- und Nichtwohngebäude formuliert. Für Sanierungen im Bestand ist allerdings auch dann der Nachweis zu führen, wenn geförderte Sanierungen nach den Kriterien der Bundesförderung für Effiziente Gebäude zum Effizienzhaus bzw. Effizienzgebäude (BEG WG bzw. BEG NWG) durchgeführt werden. Im Rahmen des Gutachtens wird untersucht, inwieweit bzw. unter welchen Voraussetzungen von Seiten des GEG auch für den Sanierungsfall Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz von öffentlich-rechtlicher formuliert werden sollten (analog bereits bestehender Regelungen nach BEG WG bzw. BEG NWG)

■ Wechselwirkungen sommerlicher/winterlicher Wärmeschutz/Tageslicht

Die Planung (und Ausführung) von neu zu errichtenden Gebäuden und die Sanierung von Gebäuden stellt eine integrale Planungsaufgabe dar, wobei insbesondere die Wechselwirkungen des sommerlichen und winterlichen Wärmeverhaltens zunehmend an Bedeutung gewinnen. Für das System Fenster und Sonnenschutz ist hier der Zielkonflikt Minimierung der Wärmeeinträge im Sommer und Maximierung der Wärmeeinträge im Winter zu überwinden. Im Rahmen des Gutachtens werden die Zusammenhänge herausgearbeitet und es werden Empfehlungen formuliert, wie die Zusammenhänge in der Nachweisführung und im

Vollzug des GEG besser adressiert werden können. Hierzu gehört auch die Auseinandersetzung mit den Wechselwirkungen des sommerlichen Wärmeschutzes und der Tageslichtversorgung.

4.6 Verwendung von ortsgenauen Klimadaten

Die bisherigen Berechnungen energetischer Kennwerte im Ordnungsrecht bzw. für öffentlich-rechtliche Nachweise erfolgen einheitlich mit mittleren Klimadaten für Deutschland. Diese Verfahrensweise hat folgende Vorteile:

- Vergleichbarkeit der Ergebnisse unabhängig vom Standort des Gebäudes innerhalb Deutschlands
- Kein Erfordernis für ortsgenaue Klimadaten
- Normative Berechnungsverfahren können einfacher gestaltet werden, da sie nur mit einem Klimadatensatz anwendbar sein müssen
- Energiesparende Gebäudekomponenten werden standortunabhängig gleich bewertet
- Wiederkehrend errichtete Gebäudekonzepte werden bezüglich der Anforderungserfüllung einheitlich bewertet
- Gleiche Anforderungen auch bei absolut definierten Anforderungsgrößen

Nachteilig sind bei diesem Ansatz:

- Je nach Abweichung zwischen lokalem Klima und mittleren Klima systematische Abweichungen zwischen Energiebedarf und -verbrauch, die zu mangelnder Akzeptanz führen können
- In ungünstigen Fällen erfolgen Fehloptimierungen, welche insbesondere bei energetisch hocheffizienten Gebäuden gravierende Auswirkungen haben können
- Differenzen zwischen energetischer Bewertung und der immer mit standortspezifischen Klimadaten durchgeführten Anlagenauslegung
- In Teilen der aufgestellten Energiebilanz können sich gegenüber den realen Verhältnissen größere Abweichungen als in der Gesamtbilanz ergeben. Falls Detailergebnisse wie z. B. die genutzte Menge erneuerbarer Energien als Anforderungsgrößen herangezogen werden, kann das maßgebliche Fehler zur Folge haben.

Bei der Anwendung ortsgenauer Klimadaten drehen sich Vor- und Nachteile um: die Ergebnisse werden genauer, energetische Auslegung und Anlagenauslegung rücken zusammen, die Gebäude werden aus Umweltsicht und auch wirtschaftlich besser geplant und errichtet. Nachteilig sind hingegen die mangelnde Vergleichbarkeit und die höheren Anforderungen an die Berechnungsverfahren. Die erforderlichen standortspezifischen Klimadaten liegen mit den ortsgenauen TRY bereits grundsätzlich vor bzw. könnten leicht aus diesen abgeleitet werden. Die gegenwärtig veröffentlichten TRY weisen allerdings in einigen Details Unplausibilitäten auf, so dass die Anwendung der aktuell veröffentlichten Daten nicht sinnvoll erscheint. An einer Aktualisierung der Daten wird bereits gearbeitet.

Grundsätzliche Einschätzung

Da sich die Klimadaten auf die Endenergiekennwerte auswirken und diese gleichermaßen bei der Berechnung der von Primärenergie und THG-Emissionen verwendet werden, wirkt sich eine mögliche Umstellung der Hauptanforderung auf die THG-Emissionen nicht auf die Einschätzung der präferierten Klimadaten aus.

Aus Sicht der Autoren sollte kurzfristig die Anwendung mittlerer Klimadaten beibehalten werden, da die normativen Verfahren (DIN V 18599) bisher nicht vollständig auf die Anwendung standortspezifischer Klimadaten vorbereitet sind. Es sollte jedoch schnellstmöglich eine Ertüchtigung der DIN-Norm vorgenommen werden, so dass standortspezifische Berechnungen möglich sind. Wenn dies der Fall ist, dann ist eine Anwendung ortsgenauer Klimadaten auch im öffentlich-rechtlichen Bereich und bei der Förderung zu bevorzugen. In jedem Falle ist zu vermeiden, dass in Teilaspekten der Berechnung unterschiedliche Klimadaten Verwendung finden, also

z. B. PV-Systeme mit standortspezifischen Klimadaten und Solarthermieranlagen mit mittleren Klimadaten berechnet werden.

4.7 Verwendung / Weiterentwicklung des Referenzgebäudeverfahrens

Seit der EnEV 2007 wird das Referenzgebäudeverfahren zur Ermittlung des maximal zulässigen Primärenergiebedarfs für Nichtwohngebäude verwendet. Angesichts der Vielzahl unterschiedlicher Nutzungen ist bei Nichtwohngebäuden ein derartiger Ansatz sehr vorteilhaft, wenn man Anforderungen formulieren will, die gleichzeitig umweltpolitisch mindestens vertretbar bzw. oder sogar ambitioniert und trotzdem baupraktisch umsetzbar und wirtschaftlich akzeptabel sind. Mit der EnEV 2009 wurde der Referenzgebäudeansatz für Wohngebäude übernommen. Die Notwendigkeit ergab sich einerseits aus der Zulässigkeit von zwei unterschiedlichen Verfahren zur Berechnung des Energiebedarfs (DIN V 4108-6/4701-10 und DIN V 18599), die zum Teil differierende Berechnungsergebnisse liefern. Zum anderen wurde ein einheitliches Verfahren für Wohngebäude und Nichtwohngebäude umgesetzt.

In dem Kurzgutachten RV GEG, das parallel zum vorliegenden Projekt erarbeitet wurde, ist die im Folgenden wiedergegebene Gegenüberstellung von Vor- und Nachteilen des Referenzgebäude-Verfahrens aufgenommen.

Das Referenzgebäude-Verfahren weist einige grundlegende Vorteile auf:

- Das Verfahren ermöglicht eine objekt- und nutzungsspezifische Formulierung von Anforderungen; damit kann der wirtschaftlich vertretbare Bereich gut ausgenutzt werden.
- Das Verfahren enthält einen prinzipiell umsetzbaren Vorschlag zur Ausführung der Bau- und Anlagentechnik, sofern der Anforderungswert direkt, d. h. ohne Abschlagsfaktoren, aus dem Referenzgebäude abgeleitet wird.
- Die Methode ist einheitlich für Wohngebäude und Nichtwohngebäude anwendbar. Sie kann daher problemlos auch bei gemischt genutzten Gebäuden Anwendung finden.
- Das Verfahren kann sowohl für Effizienz- wie auch Umweltgrößen verwendet werden.
- Das Verfahren ist vergleichsweise robust gegenüber dem Berechnungsverfahren, kann also beispielsweise auch bei mehreren Berechnungsvarianten verwendet werden.
- Bei Änderung von Randbedingungen in Berechnungsnormen oder im Gesetz (z. B. Klimadaten, Primärenergie- und Emissionsfaktoren) muss die Anforderungsformulierung nicht angepasst werden.
- Durch die Einführung von Abschlagsfaktoren kann das Anforderungsniveau beliebig skaliert werden, ohne Änderungen am Referenzgebäude vorzunehmen. Detaillierte Überlegungen zum Referenzgebäude sind damit auch bei Verschärfungen, z. B. im Rahmen von Förderprogrammen, entbehrlich; gleichzeitig werden Verschärfungen auch zahlenmäßig sofort offensichtlich.
- Das Verfahren ist bereits seit 2007 für Nichtwohngebäude eingeführt, seit 2009 auch für Wohngebäude und damit in der praktischen Anwendung bekannt.

Die wesentlichen Nachteile des Referenzgebäude-Verfahrens sind:

- Der Gebäudeentwurf findet im Hinblick auf die Gebäudeorientierung, den Fensterflächenanteil und die Gebäudekompaktheit in der derzeitigen Ausgestaltung des Referenzgebäudes (GEG 2020) keine Berücksichtigung.
- Der exemplarische Ausführungsvorschlag der Referenz wird teilweise als verbindliche Vorgabe missverstanden oder ohne weitere Prüfung in die Planung/Ausführung übernommen, dadurch bleiben wirtschaftliche und energetische Alternativen und Optimierungsmöglichkeiten ungenutzt.
- Mit der Einführung von Abschlagsfaktoren erfüllt das Referenzgebäude die Anforderungen nicht mehr, beschreibt also keine direkt umsetzbare Ausführungsvariante (s. GEG 2020).

- Durch die Einführung von Abschlagsfaktoren ergibt sich in Sonderfällen mit einem hohen Einfluss technischer Komponenten, die nicht im Referenzgebäude beschrieben sind und die daher vom ausgeführten Gebäude übernommen werden, eine größere prozentuale Verschärfung als intendiert.

Unter Berücksichtigung der genannten Diskussionspunkte wird als Fazit im RV GEG festgehalten, dass das Referenzgebäudeverfahren zur Anforderungsgestaltung eines fortgeschriebenen Gebäudeenergiegesetzes beibehalten werden sollte. Es wird seit vielen Jahren angewendet, den durchaus vorhandenen Nachteilen steht eine Vielzahl von Vorteilen gegenüber. Die Elemente der technischen Referenzbeschreibung werden gegenüber dem aktuellen GEG mit neuen Kennwerten bzw. Komponenten versehen, sodass ein neues, grundsätzlich direkt umsetzbares Referenzgebäude entsteht. Erste Ansätze für bauliche Aspekte des Referenzgebäudes sind in Tabelle 33 aufgenommen. Tabelle 34 beinhaltet einen ersten Vorschlag für die Referenzausführung der anlagentechnischen Komponenten eines künftigen GEG.

Tabelle 33

Vorschlag für ein aktualisiertes Referenzgebäude für Ein- und Zweifamilienhaus (EFH) und Mehrfamilienhaus (MFH) – bauliche Aspekte

Bauteile		Referenz EFH/ZFH	Referenz MFH
Außenwände, Geschossdecken nach unten gegen Außenluft	U_{AW}	0,16 W/(m ² K)	0,18 W/(m ² K)
Fenster und sonstige transparente Bauteile	$U_{w; g}$	0,90 W/(m ² K); 0,50	0,90 W/(m ² K); 0,50
Dachflächenfenster	$U_{w; g}$	1,0 W/(m ² K); 0,50	1,0 W/(m ² K); 0,50
Türen (Keller- und Außentüren)	U_{AT}	1,0 W/(m ² K)	1,0 W/(m ² K)
Steildachflächen, oberste Geschossdecke, Dachgauben	U_D	0,12 W/(m ² K)	0,14 W/(m ² K)
Flachdach	U_D	0,11 W/(m ² K)	0,11 W/(m ² K)
Sonstige opake Bauteile (Kellerdecken, Wand- und Bodenflächen gegen unbeheizt/Erdreich etc.)	U_{op}	0,2 W/(m ² K)	0,24 W/(m ² K)
Wärmebrücken	ΔU_{WB}	0,03 W/(m ² K)	0,03 W/(m ² K)
Luftdichtheit der Gebäudehülle	n_{50}	0,6 h ⁻¹	0,6 h ⁻¹

Tabelle 34

Vorschlag für ein aktualisiertes Referenzgebäude für Ein- und Zweifamilienhaus (EZFH) und MFH – anlagentechnische Aspekte

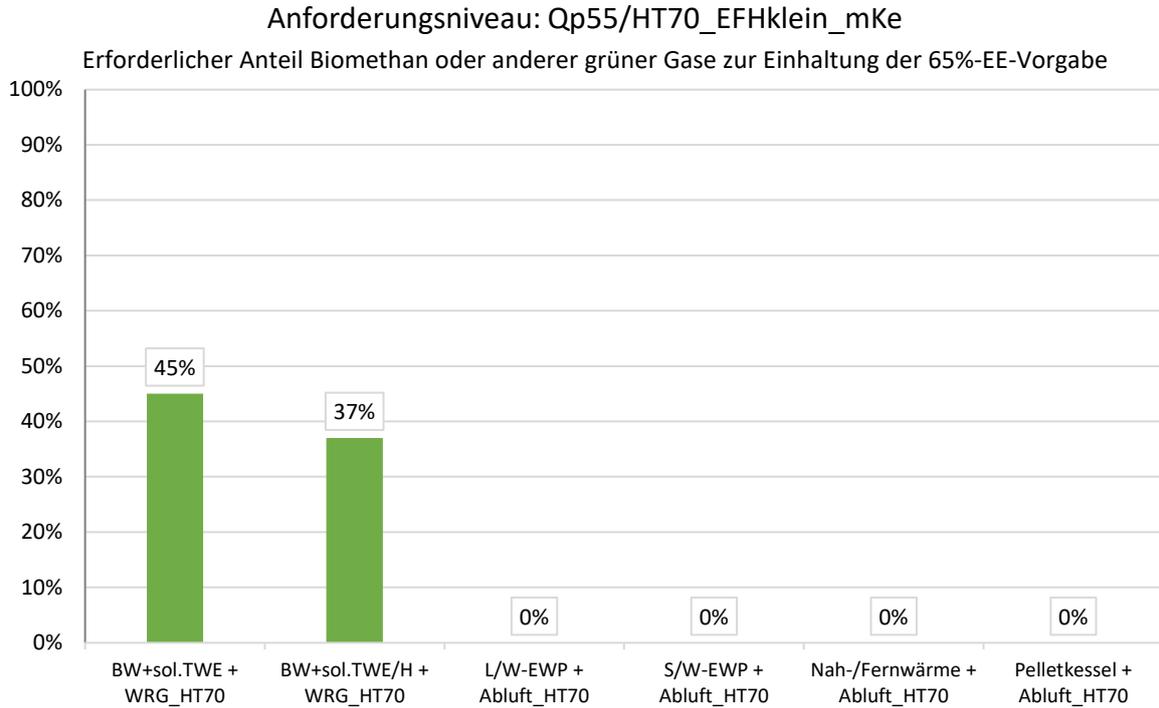
Bauteile/Systeme	Referenzausführung/Wert (Maßeinheit)
Heizungsanlage	<ul style="list-style-type: none"> Wärmeerzeugung über einen Referenzwärmeerzeuger (wie Fern- und Nahwärme berechnet), Emissionsfaktor $x = 130 \text{ g/kWh}$ Auslegungstemperatur $55/45 \text{ °C}$, zentrales Verteilsystem innerhalb der wärmeübertragenden Umfassungsfläche, innen liegende Stränge und Anbindeleitungen, Standard-Leitungslängen nach DIN V 18599-8: 2018-09 (Netztyp III), Pumpe auf Bedarf ausgelegt (geregelt, $\Delta p \text{ const}$), Rohrnetz ausschließlich statisch hydraulisch abgeglichen Wärmeübergabe mit freien statischen Heizflächen, Anordnung an normaler Außenwand, Thermostatventile mit P-Regler (nicht zertifiziert) nach DIN V 18599-5: 2018-09
Anlage zur Warmwasserbereitung	<ul style="list-style-type: none"> zentrale Warmwasserbereitung gemeinsame Wärmebereitung mit Heizungsanlage allgemeine Randbedingungen gemäß DIN V 18599-8: 2018-09 Tabelle 6 Verteilsystem mit Zirkulation, innerhalb der wärmeübertragenden Umfassungsfläche, innen liegende Stränge, gemeinsame Installationswand, Standard-Leitungslängen nach DIN V 18599-8: 2018-09 (Netztyp I)
Kühlung	keine Kühlung
Lüftung	zentrale Abluftanlage, bedarfsgeführt mit geregelter DC- Ventilator, nutzungsbedingter Mindestaußenluftwechsel $n_{\text{Nutz}}: 0,50 \text{ h}^{-1}$, mit ALD
Gebäudeautomation	Klasse C nach DIN V 18599-11: 2018-09

4.8 Erforderliche regenerative Anteile zur Erreichung der 65%-EE-Vorgabe

Im Folgenden werden basierend auf den durchgeführten Modellrechnungen die erforderlichen regenerativen Anteile an der gesamten Erzeugernutzwärmeabgabe von gasförmigen und flüssigen Energieträgern zur Erreichung der 65%-EE-Vorgabe ausgewiesen. Bei den gasförmigen Energieträgern handelt es sich dabei um Biomethan und sonstige grüne Gase. In Abbildung 157 bis Abbildung 159 werden die erforderlichen Anteile regenerativer gasförmiger bzw. flüssiger Energieträger an gesamter Erzeugernutzwärmeabgabe (Wärmeenergiebedarf) am Beispiel des kleinen Einfamilienhauses jeweils im Neubau und Bestand ausgewiesen. Die darauffolgenden Tabellen enthalten die Zahlenwerte für alle betrachteten Wohngebäude für die Anforderungsniveaus, bei denen Gas- bzw. Ölvarianten als mögliche Anlagenvariante im Rahmen der Modellrechnungen berücksichtigt werden.

Abbildung 157

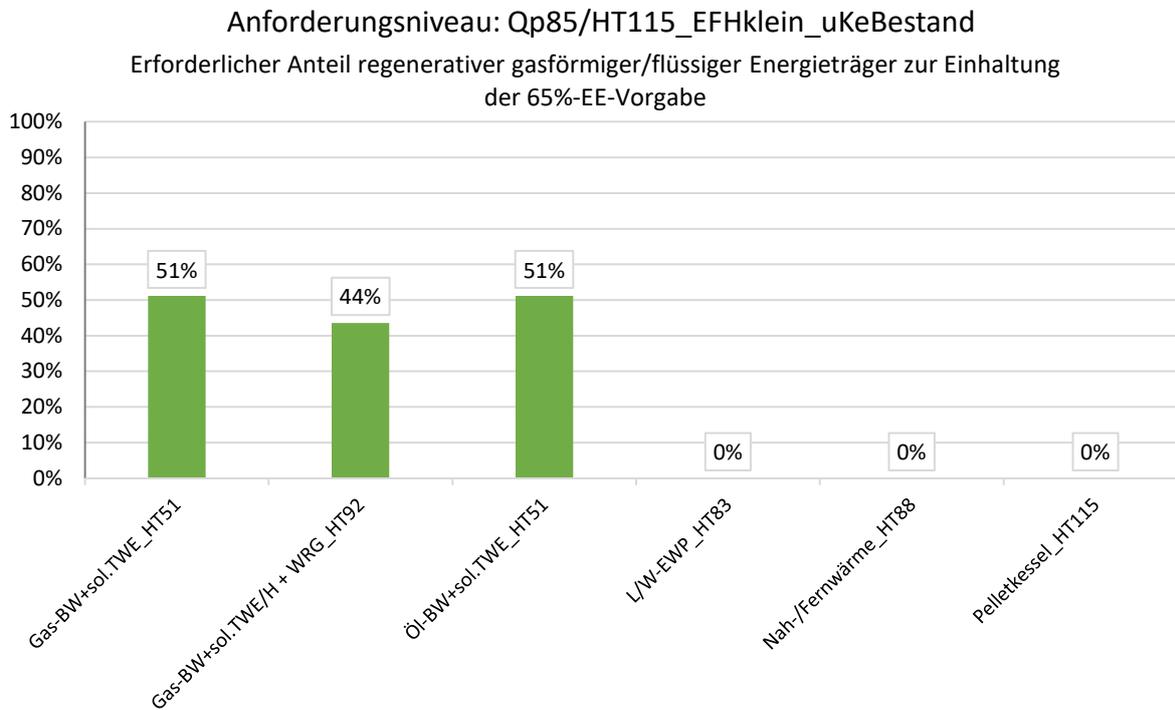
Erforderlicher Anteil regenerativer gasförmiger Energieträger an gesamter Erzeugernutzwärmeabgabe zur Erreichung der 65%-EE-Vorgabe im EFH klein, mit Keller, Neubau, Anforderungsniveau Qp55/HT70



Quelle: ITG Dresden/IBH

Abbildung 158

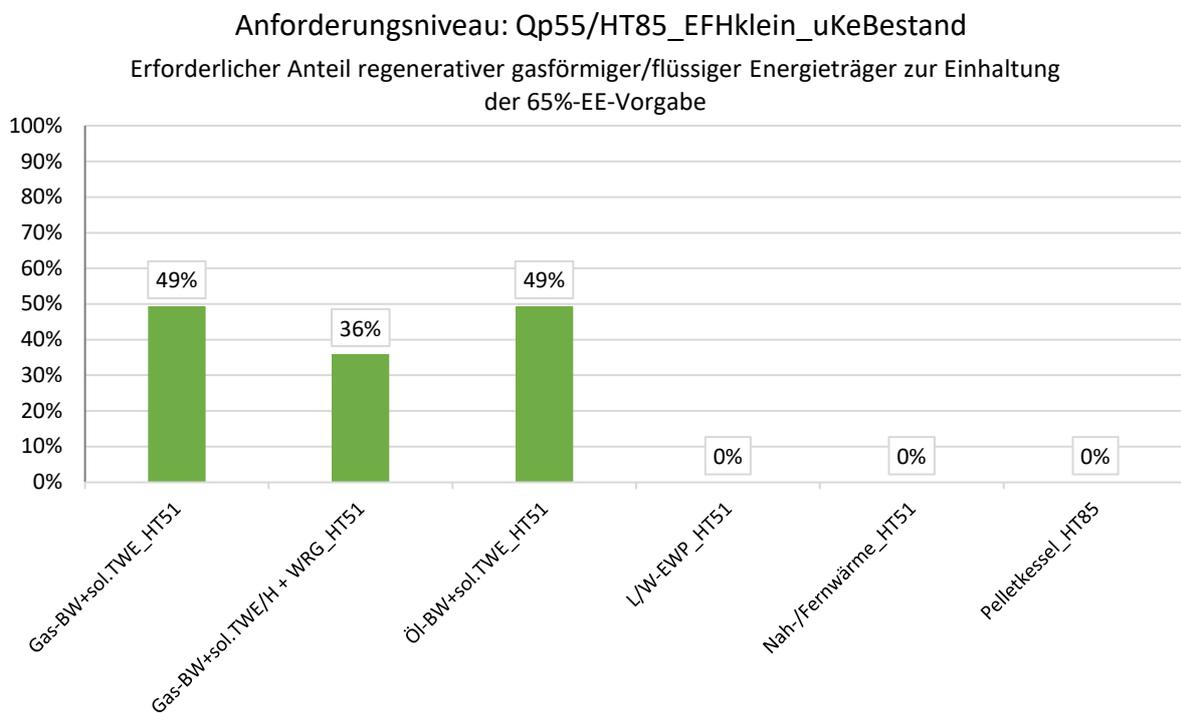
Erforderlicher Anteil regenerativer gasförmiger/flüssiger Energieträger an gesamter Erzeugernutzwärmeabgabe zur Erreichung der 65%-EE-Vorgabe im EFH klein, mit unbeheiztem Keller, Bestand, Anforderungsniveau Qp85/HT115



Quelle: ITG Dresden/IBH

Abbildung 159

Erforderlicher Anteil regenerativer gasförmiger/flüssiger Energieträger an gesamter Erzeugernutzwärmeabgabe zur Erreichung der 65%-EE-Vorgabe im EFH klein, mit unbeheiztem Keller, Bestand, Anforderungsniveau Qp55/HT85



Quelle: ITG Dresden/IBH

Tabelle 35

Erforderlicher Anteil regenerativer gasförmiger Energieträger an gesamter Erzeugernutzwärmeabgabe zur Erreichung der 65%-EE-Vorgabe, Neubau, Anforderungsniveau Qp55/HT70

	BW+sol.TWE + WRG	BW+sol.TWE/H + WRG	L/W-EWP + Abluft	S/W-EWP + Abluft	Nah-/Fern- wärme + Abluft	Pellet- kessel + Abluft
EFHklein_mKe	45 %	37 %	0 %	0 %	0 %	0 %
EFHklein_oKe	43 %	35 %	0 %	0 %	0 %	0 %
EFHgross_mKe	41 %	31 %	0 %	0 %	0 %	0 %
RMH_mKe	37 %	28 %	0 %	0 %	0 %	0 %
DHhsued_oKe	40 %	31 %	0 %	0 %	0 %	0 %
MFHklein_uKe	36 %	29 %	0 %	0 %	0 %	0 %
MFHgross_uKe	29 %	18 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Bungalow_oKe	41 %	32 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Apartments_uKe	34 %	24 %	0 %	0 %	0 %	0 %

Tabelle 36

Erforderlicher Anteil regenerativer gasförmiger bzw. flüssiger Energieträger an gesamter Erzeugernutzwärmeabgabe zur Erreichung der 65%-EE-Vorgabe, Bestand, Anforderungsniveau Qp85/HT115

	Gas-BW+ sol.TWE	Gas-BW+ sol.TWE/H + WRG	Öl-BW+ sol.TWE	L/W-EWP	Nah-/Fern- wärme	Pellet- kessel
EFHklein_uKeBestand	51 %	44 %	51 %	0 %	0 %	0 %
EFHklein_oKeBestand	52 %	44 %	52 %	0 %	0 %	0 %
EFHgross_uKeBestand	49 %	39 %	49 %	0 %	0 %	0 %
RMH_oKeBestand	46 %	35 %	46 %	0 %	0 %	0 %
DHHSued_oKeBestand	50 %	42 %	50 %	0 %	0 %	0 %
MFHklein_uKeBestand	46 %	38 %	46 %	0 %	0 %	0 %
MFHgross_uKeBestand	41 %	30 %	40 %	0 %	0 %	0 %
Bungalow_oKeBestand	50 %	42 %	50 %	0 %	0 %	0 %
Apartments_uKeBestand	44 %	33 %	44 %	0 %	0 %	0 %

Tabelle 37

Erforderlicher Anteil regenerativer gasförmiger bzw. flüssiger Energieträger an gesamter Erzeugernutzwärmeabgabe zur Erreichung der 65%-EE-Vorgabe, Bestand, Anforderungsniveau Qp85/HT115

	Gas-BW+ sol.TWE+ Abluft	Gas-BW+ sol.TWE/H + WRG	Öl-BW+ sol.TWE+ Abluft	L/W-EWP+ Abluft	Nah-/Fern- wärme+ Abluft	Pellet- kessel+ Abluft
EFHklein_uKeBestand	49 %	36 %	49 %	0 %	0 %	0 %
EFHklein_oKeBestand	45 %	37 %	45 %	0 %	0 %	0 %
EFHgross_uKeBestand	41 %	32 %	41 %	0 %	0 %	0 %
RMH_oKeBestand	40 %	28 %	40 %	0 %	0 %	0 %
DHHSued_oKeBestand	43 %	34 %	43 %	0 %	0 %	0 %
MFHklein_uKeBestand	40 %	29 %	40 %	0 %	0 %	0 %
MFHgross_uKeBestand	35 %	23 %	35 %	0 %	0 %	0 %
Bungalow_oKeBestand	43 %	34 %	43 %	0 %	0 %	0 %
Apartments_uKeBestand	39 %	26 %	39 %	0 %	0 %	0 %

5 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen

5.1 Kurzfristiger Handlungsbedarf

Bei einer Umstellung der Hauptanforderungsgröße des GEG auf die THG-Emissionen im Betrieb werden empfohlen:

- Prüfung und Aktualisierung der vorhandenen THG-Faktoren in Anlage 9 des GEG, insbesondere für allgemeinen Strommix und Verdrängungsstrommix
- Prüfung, ob geänderte Gasimportstrukturen (z. B. LNG statt Pipeline) langfristige Auswirkungen auf den THG-Faktor von Erdgas haben
- Ergänzung der Anlage 9 des GEG für weitere zukünftig relevante Energieträger, insbesondere für Wasserstoff (mit spezifischen Kennwerten für einzelne Erzeugungsvarianten) sowie für weitere regenerative, aber nicht biogene gasförmige und flüssige Brennstoffe (Power-to-X)
- Prüfung der realen THG-Emissionen von Wärmenetzen und Abgleich mit den politischen Zielvorstellungen eines deutlichen Wärmenetzausbaus, Schaffung von Regelungen zur spätestens mittelfristigen Dekarbonisierung von Wärmenetzen (weitgehend außerhalb des GEG), Einführung von Regelungen für Wärmenetze mit aktuell hohen THG-Emissionsfaktoren, die bei einer verbindlich zugesagten zügigen Dekarbonisierung übergangsweise den Anschluss neuer Gebäude ermöglichen, obwohl gegenwärtige Anforderungen nicht erfüllt werden
- Klarstellung der Innovationsklausel in GEG § 103 dahingehend, dass Wärmepumpen nicht von dieser Regelung Gebrauch machen können. Die Innovationsklausel sollte für innovative Ansätze Anwendung finden. Wärmepumpen stellen jedoch die häufigste Versorgungslösung im Neubau dar und sind dementsprechend auch mit den Regelverfahren zu bewerten. Mit dieser Klarstellung würde verhindert werden, dass die Innovationsklausel die Regelverfahren in vielen Fällen ersetzt. Die Anwendung der Innovationsklausel könnte sonst in Verbindung mit einem abgesenkten THG-Faktor für Strom einen schlechteren baulichen Wärmeschutz als nach dem Regelverfahren ermöglichen.
- Prüfung und ggf. Anpassung/Ergänzung der Bekanntmachungen zu § 50 Abs. 4, § 82 Abs. 5 und § 81 Abs. 2 des GEG hinsichtlich der Behandlung der THG-Emissionen
- Anpassung der Vorlagen für den Energieausweis (Hauptanforderung, Bandtacho, ggf. Effizienzklassen etc.)
- Definition einer geeigneten Referenzausführung der Anlagentechnik in GEG Anlage 1 und Anlage 2

Unabhängig von einer möglichen Umstellung der Hauptanforderungen sind für eine Weiterentwicklung des GEG und der zugehörigen technischen Regelwerke wünschenswert bzw. erforderlich:

- Ergänzung des PV-Berechnungsansatzes in DIN V 18599-9 um
 - Verfahren für Nichtwohngebäude
 - Berechnung des Eigenstromnutzungsanteils ohne Nutzerstrom
- Klarstellung des gewünschten Heizwertwertbezuges (oder falls politisch gewünscht des Brennwertbezuges) für den Endenergiebedarf und die Bestimmung der Energieeffizienzklassen im GEG
- Klarstellung der Anrechnung von PV-Strom auf den Endenergiebedarf und seine Berücksichtigung in den Energieeffizienzklassen im GEG
- Klarstellung im GEG, ob bzw. in welchem Umfang der im Gebäude für Nutzeranwendungen genutzte und der exportierte Anteil des PV-Stromertrags auf Endenergie, Primärenergie und THG-Emissionen angerechnet werden kann
- Klarstellung im GEG, ob Berechnung des PV-Stromertrages sowohl mit Standardwerten der DIN V 18599-9 als auch Produktkennwerten erfolgen kann

- Klarstellung im GEG, ob Berechnung des PV-Stromertrages generell mit Standardklima erfolgen soll oder auch standortspezifische Klimadaten zulässig sind
- Klarstellung der Einbeziehung von PV-Strom in Energieverbrauchsausweisen (GEG)
- Aktualisierung der KWK-Allokationsmethode, dazu Anpassung
 - Standardwerte für Wärmenetze mit KWK in GEG Anlage 9
 - DIN V 18599-1 und DIN V 18599-9
 - AGFW-Arbeitsblätter FW 308 und 309
- Klarstellung der Behandlung von elektrischen Nachtspeicherheizungen (GEG)

5.2 Weitergehende Fragestellungen/Handlungsfelder

Mit der nachstehenden Checkliste werden notwendige Entscheidungen und Festlegungen dargestellt, kommentiert und – soweit bereits möglich – mit Handlungsempfehlungen versehen. Sie beziehen sich sowohl auf methodische Fragen als auch auf Berechnungsgrundlagen und –regeln. Die Nummerierung stellt dabei keine Rangfolge dar.

- (1) Festlegung der Systemgrenzen: Es ist zu definieren, welche Größen in die Ermittlung der Emission an Treibhausgasen aus Betrieb und Nutzung in die Betrachtung einfließen sollen. Eine Orientierung ist möglich an den Modulen B6.1, B6.2 und B6.3 sowie B8 einer Ökobilanzierung mit B6.1 gebäudebezogen und geregelt, B6.2 gebäudebezogen und nicht geregelt (Aufzüge), B6.3 nutzer- und nutzungsbezogen und B8 nutzerbezogen zusätzlich zu B6.3, z. B. Mobilität. Empfohlen wird die Einbeziehung von B6.1-B6.3 (erfolgt beim QNG) bzw. von B6.1 und B6.3 (erfolgt bei Effizienzhaus-Plus). Die Berücksichtigung von B6.3 (z. B. Nutzerstrom) wirkt sich u. a. stark auf den Eigennutzungsanteil bei BIPV aus. Es kann z. B. unterschieden werden zwischen „Treibhausgasemissionen im Betrieb“ und „Treibhausgasemissionen in Betrieb und Nutzung“.
- (2) Festlegung der Art und Quelle von Emissionsfaktoren: Es ist zu definieren, ob, wie und welche vor- und nachgelagerten Prozesse („Vorketten“) in den Emissionsfaktoren berücksichtigt werden sollen. Ein Vergleich der Rechenwerte aus dem aktuellen GEG und der ÖKOBAUDAT mit anschließender Vereinheitlichung wird empfohlen. Zusätzlich werden Faktoren zur Abschätzung potenziell vermiedener Emissionen benötigt. Diese liegen in verschiedenen Versionen vor (u. a. beim UBA).
- (3) Festlegungen von Klima-Randbedingungen: Der Klimawandel führt zu geänderten (i. d. R. ansteigenden) Außentemperaturen im Winter und im Sommer. In der Folge verringert sich der Heizenergiebedarf, vorhandener Kühlenergiebedarf steigt, zum Teil entsteht überhaupt erst das Erfordernis einer aktiven Kühlung. Es ist zu analysieren, inwieweit die zu erwartenden Klimaänderungen in der Bilanzierung zu berücksichtigen sind. Unabhängig davon wird mittelfristig der Übergang auf standortspezifische Klimadaten bei der Energiebilanz empfohlen.
- (4) Umgang mit nicht-energiebedingten Emissionen: Ein wachsender Kühlbedarf führt zum Einsatz von Kühlsystemen. Diese werden z. T. unter Nutzung von Kältemittel betrieben. Diese können zu zusätzlichen Treibhausgasemissionen führen. Diese werden in der Ökobilanz z. B. dem Modul B1 zugeordnet. Sie können entweder rechnerisch berücksichtigt oder durch Ausschluss entsprechender Produkte (unter Vorgabe von Ersatzlösungen und Alternativen) vermieden werden. Eine Alternative besteht in der präzisen Formulierung betrachteter Größen i. S. v. „energiebedingte Treibhausgasemissionen“.
- (5) Umgang mit dem Faktor Zeit: Es ist zu prüfen, ob, wann und an welcher Stelle ein Übergang von statischen zu dynamischen (ggf. unter Nutzung von Absenkpfeilen) Primärenergie- und Emissionsfaktoren sinnvoll ist. Dabei sind u. a. das Zusammenwirken mit Anforderungsgrößen sowie der Betrachtungszeitraum zu berücksichtigen.

- (6) Umgang mit im/am Gebäude bzw. auf dem Grundstück gewonnener/erzeugter Energie⁹: Die Effekte selbstgenutzter Anteile gehen unmittelbar in die Ermittlung betriebs-(und nutzungs-)bedingter Emissionen ein. Festlegungen müssen getroffen werden für den Umgang mit potenziellen Effekten exportierter Energie, die außerhalb der Bilanzgrenze auftreten. Diese können entweder – mit dem Risiko der Doppelzählung – in die Bilanz einbezogen oder als Zusatzinformation angegeben werden. Im Bereich der Ökobilanzierung ergeben sich – hier nicht behandelte – Fragen der Zuordnung grauer Emissionen (zum Gebäude/zur exportierten Energie).
- (7) Umgang mit Quartierslösungen: Bei Quartierslösungen stellen sich Fragen der Zuordnung der Effekte einer gebäudeintegrierten und/oder grundstücksbezogenen Gewinnung/Erzeugung erneuerbarer Energie an einem Gebäude neu. Erfolgt die Lieferung an Verbraucher im Quartier und ist der Betrachtungsgegenstand das Quartier entfällt das Risiko einer Doppelzählung von Effekten der bei Dritten (im Quartier) potenziell vermiedenen Emissionen. Eine Einspeisung in das Netz erfordert eine Abstimmung mit Vorgehensweisen der Bewertung komplexer Energieversorgungssysteme.
- (8) Umgang mit dem Bezug von dekarbonisierten Energieträgern: Es ist zu prüfen, ob der rein bilanzielle Bezug dekarbonisierter Energieträger (z. B. Ökostrom, grüne Gase durch einen Vertrag, ohne technische Auswirkungen auf das Gebäude und die Anlagentechnik) durch spezifische Primärenergie- und Emissionsfaktoren bonifiziert werden soll. Dabei ist zu differenzieren zwischen Erfüllung öffentlich-rechtlichen Anforderungen und der Ausweisung von sonstigen Kennwerten. Fragen der Doppelanrechnung und der realen Beiträge zum Klimaschutz sind zu berücksichtigen.
- (9) Umgang mit Ausgleichs- und Kompensationsmaßnahmen: Es ist abzuklären, welche Ausgleichs- und Kompensationsmaßnahmen für eine Bilanz der Treibhausgasemissionen anerkannt werden. Diese Frage stellt sich insbesondere beim Anforderungsniveau „netto-Null“.
- (10) Fragen der Darstellung von Bilanzgrößen: Bei der Darstellung von Treibhausgasemissionen sind die eigentlichen Emissionen sowie die Art und der Umfang der Ausgleichs- und Kompensationsmaßnahmen separat anzugeben.
- (11) Umgang mit Fragen der Witterungsbereinigung: Es besteht ein Interesse an der Darstellung einer real performance sowie des Beitrags von Gebäuden zur tatsächlichen Belastung der globalen Umwelt (hier des Klimas). Damit stellen sich hier – wie bei Fragen zur Bewertung des Energieverbrauchs üblich – Fragen zur (Witterungs-)Bereinigung.
- (12) Nachweis versus realitätsnahe Prognose: Vergleichbar dem Energiethema stellt sich die Frage nach der Interpretation ermittelter Werte: Handelt es sich um eine Berechnung unter Annahme/Vorgabe definierter Bedingungen für öffentlich-rechtliche Nachweise oder um eine Abschätzung im Sinne einer realitätsnahen spezifischen Prognose – hier der Treibhausgasemissionen?
- (13) Umgang mit Bezugsflächen: Der Koalitionsvertrag sieht für Wohnbauten die Wohnfläche als Bezugsgröße vor. Da diese unter Nutzung verschiedener Grundlagen ermittelt werden kann ist die Vorgabe einer Konvention für die Ermittlung unverzichtbar. Im Sinne einer Umrechenbarkeit bisheriger Kennwerte im Interesse von Kontinuität und Vergleichbarkeit entsteht ein Bedarf an Umrechnungsfaktoren.

Fragen der Erweiterung der Systemgrenzen eines künftigen GEG in Richtung Lebenszyklusbetrachtung sind nicht Gegenstand dieses Berichts. In jedem Falle ist im zukünftigen GEG sicherzustellen, dass durch die geforderten Maßnahmen im Betrieb mehr Treibhausgasemissionen eingespart werden als durch sie zusätzliche graue Emissionen verursacht werden.

⁹ Diese Diskussion bezieht sich nicht nur auf erneuerbare Energie, sondern z. B. auch auf KWK-Anlagen.

5.3 Vorschlag für eine neue Anforderungssystematik

Als Vorschlag für eine neue Anforderungssystematik auf Basis einer Hauptanforderung mit Begrenzung der Treibhausgasemissionen wird nachstehend die im Projekt RV GEG entwickelte Anforderungsgestaltung vorgestellt. Vor dem Hintergrund der in dem Projekt analysierten in Frage kommenden Anforderungsgrößen sowie der Anforderungsmethodik und den jeweils abgeleiteten Empfehlungen werden für die Definition des Neubaustandards im Rahmen eines novellierten GEG drei Anforderungsgrößen vorgeschlagen:

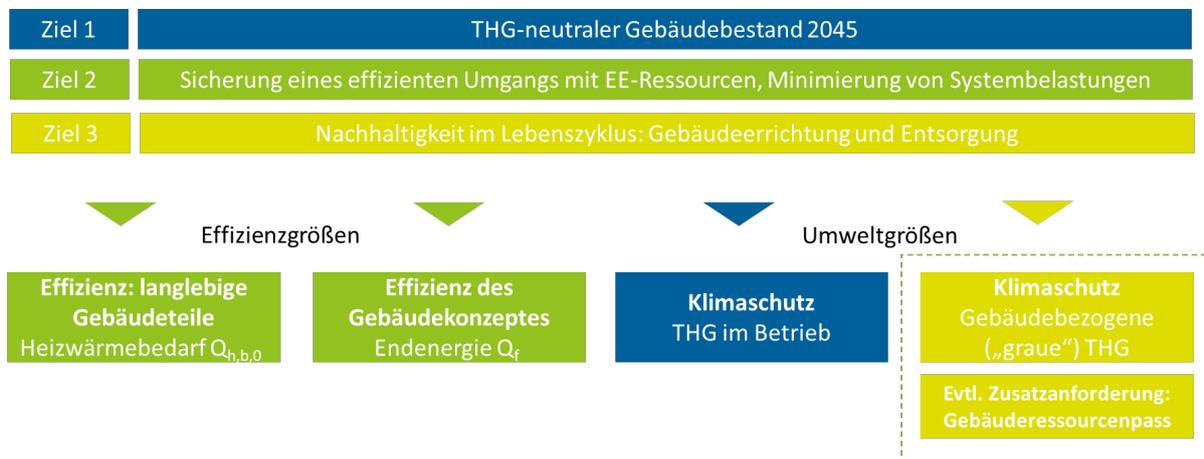
Nutzenergiebedarf Heizen - der Nutzenergiebedarf Heizen vor der ersten Iteration $Q_{h,b,0}$

Endenergiebedarf - Summe der Endenergiebedarfe für Wärme und Kälte (einschließlich Wohnungslüftung und -kühlung sowie Warmwasserbereitung) sowie Hilfsenergien bei Wohngebäuden. Bei Nichtwohngebäuden kommen die Anteile für Beleuchtung und raumlufttechnische Anlagen (RLT) hinzu. Hierzu ist anzumerken, dass eine Addition von Endenergiewerten unterschiedliche Energieträger infolge der unterschiedlichen Eigenschaften mit zum Teil erheblichen Schwierigkeiten verbunden ist.

Treibhausgasemissionen - Summe der sich unter Nutzung spezifischer Emissionsfaktoren aus den Endenergiebedarfen ergebenden Treibhausgasemissionen

Insgesamt ergibt sich damit der in Abbildung 160 dokumentierte Vorschlag für die neuen Anforderungsgrößen des GEG. Die Anforderungen an die gebäudebezogenen („grauen“) Emissionen werden im Folgeprojekt des BMWK erarbeitet. Für die Effizienzgröße, die eine langlebige Gebäudehülle anspricht, wird der Heizwärmebedarf $Q_{h,b,0}$ vorgesehen. Die Umweltgröße, die das Schutzgut Klima anspricht, sind die „energiebedingten THG-Emissionen im Betrieb“. Beide Größen werden ergänzt um die Effizienzgröße Endenergie Q_f , die das gesamte Gebäudekonzept betrachtet. Mit diesen Größen können die angestrebten Ziele und Neuerungen des GEG erfüllt werden.

Abbildung 160
Ableitung der drei bzw. vier Anforderungsgrößen für ein künftiges GEG



Quelle: [27]

Im Hinblick auf die Gestaltung der Anforderungshöhe werden in Abschnitt 4.7 erste Vorschläge bezüglich des baulichen Wärmeschutzes und der anlagentechnischen Komponenten der Referenzausführung dargestellt. Für beispielhafte Auswirkungen bezüglich der Anforderungsgrößen eines novellierten GEG sowie vergleichende Darstellungen zum GEG 2020 wird auf die Analysen im Projekt RV GEG verwiesen.

6 Literaturverzeichnis

- [1] Verordnung (EU) Nr. 305/2011, Zugriff: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:02011R0305-20210716> [abgerufen am 10.01.2022].
- [2] Entwurf eines Gesetzes zu Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und weiteren Maßnahmen im Stromsektor, Drucksache 20/1630, Zugriff: <https://dserver.bundestag.de/btd/20/016/2001630.pdf>, S. 14 [abgerufen am 15.05.2022].
- [3] Gebäudeenergiegesetz vom 8. August 2020 (BGBl. I S. 1728), das durch Artikel 18a des Gesetzes vom 20. Juli 2022 (BGBl. I S. 1237) geändert worden ist, Zugriff: <https://www.gesetze-im-internet.de/geg/GEG.pdf> [abgerufen am 06.01.2022].
- [4] Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie 2021, Zugriff: <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/998006/1873516/7c0614aff0f2c847f51c4d8e9646e610/2021-03-10-dns-2021-finale-langfassung-barrierefrei-data.pdf?download=1> [abgerufen am 10.01.2022].
- [5] Informationsportal Nachhaltiges Bauen, Zugriff: <https://www.nachhaltigesbauen.de/austausch/mitgliederbereich-runder-tisch-nachhaltiges-bauen/> [abgerufen am 10.01.2022].
- [6] Bundesministerium des Innern und für Heimat (BMI), 2019: Leitfaden Nachhaltiges Bauen, Zugriff: https://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/Leitfaden_2019/BBSR_LFNB_D_190125.pdf.
- [7] ISO 15392:2019, Zugriff: <https://www.iso.org/standard/69947.html> [abgerufen am 10.01.2022].
- [8] Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen, Zugriff: <https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/> [abgerufen am 10.01.2022].
- [9] Informationsportal Nachhaltiges Bauen, Zugriff: <https://www.nachhaltigesbauen.de/austausch/beg/> [abgerufen am 10.01.2022].
- [10] DGNB-Webpräsenz, Zugriff: <https://www.dgnb.de/de/index.php> [abgerufen am 10.01.2022].
- [11] Verein zur Förderung der Nachhaltigkeit im Wohnungsbau e.V., Webpräsenz, Zugriff: <https://www.na-woh.de/> [abgerufen am 10.01.2022].
- [12] BiRN – Bau-Institut für Ressourceneffizientes und Nachhaltiges Bauen GmbH, Webpräsenz, Zugriff: <https://www.bau-irn.com/bnk-system> [abgerufen am 10.01.2022].
- [13] Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050, 2019, Zugriff: <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/974430/1679914/e01d6bd855f09bf05cf7498e06d0a3ff/2019-10-09-klima-massnahmen-data.pdf?download=1> [abgerufen am 10.01.2022].
- [14] Kabinettsbeschluss: Energieeffizienzfestlegungen für klimaneutrale Neu- und Erweiterungsbauten und Gebäudesanierungen des Bundes, Zugriff: <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaneutrale-bundes-gebaeude-1952362> [abgerufen am 13.02.2023].
- [15] Deutscher Bundestag, 2021: Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Christian Kühn (Tübingen), Daniela Wagner, Dr. Julia Verlinden, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN, Drucksache 19/28591, Zugriff: <https://dserver.bundestag.de/btd/19/291/1929116.pdf> [abgerufen am 07.02.2022].
- [16] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.): Klimaschutz im Gebäudebereich: Grundlagen, Anforderungen und Nachweismöglichkeiten für klimaneutrale Gebäude - ein Diskussionsbeitrag. BBSR-Online-Publikation 33/2021, Bonn, November 2021.

- [17] Koalitionsvertrag 2021 – 2025 zwischen der Sozialdemokratischen Partei Deutschlands (SPD), BÜNDNIS 90 / DIE GRÜNEN und den Freien Demokraten (FDP): Mehr Fortschritt wagen Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit, Zugriff: <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/974430/1990812/04221173eef9a6720059cc353d759a2b/2021-12-10-koav2021-data.pdf?download=1> [abgerufen am 12.01.2022].
- [18] Protokoll über die Sitzung der 138. Bauministerkonferenz am 18./19. November 2021 als Videokonferenz, Zugriff: <https://www.bauministerkonferenz.de/verzeichnis.aspx?id=3547&o=75903547> [abgerufen am 12.01.2022].
- [19] Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2021: Neukonzeption des Gebäudeenergiegesetzes (GEG 2.0) zur Erreichung eines klimaneutralen Gebäudebestandes, Zugriff: <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/energie/energieeffizienz-von-gebaeuden/gebäudeenergiegesetz/geg-20/> [abgerufen am 12.01.2022].
- [20] Pehnt, Martin; Mellwig, Peter; Lempik, Julia; Schulze Darup, Burkhard; Schöffel, Winfried; Drusche, Volker: Neukonzeption des Gebäudeenergiegesetzes (GEG 2.0) zur Erreichung eines klimaneutralen Gebäudebestandes, Ein Diskussionsimpuls, Heidelberg, Berlin, Weimar, September 2021.
- [21] Gebäude-Energieberater, 2022: Habeck will erneuerbare Energien schneller ausbauen, Zugriff: <https://www.geb-info.de/expertenwissen/habeck-will-erneuerbare-energien-schneller-ausbauen> [abgerufen am 18.01.2022].
- [22] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz/Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWK/BMWSB), 2022: Sofortprogramm gemäß § 8 Abs. 1 KSG für den Sektor Gebäude Zugriff: https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/veroeffentlichungen/bauen/sofortprogramm-sektor-gebäude.pdf?__blob=publicationFile&v=1 [abgerufen am 19.07.2022].
- [23] WWF, 2018: Die 15 Scope 3 Kategorien nach dem GHG Protocol., Zugriff: <http://www.sustainable.de/wp-content/uploads/2018/09/Zweiseiter-15-Scope-3-Kategorien.pdf> [abgerufen am 12.01.2022].
- [24] Kommissionsentwurf EPBD: Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings (recast) from 15.12.2021.
- [25] Anhänge zum Kommissionsentwurf EPBD: Annexes to the Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings (recast) from 15.12.2021.
- [26] ICMS: Global Consistency in Presenting Construction Life Cycle Costs and Carbon Emissions, 2021, Zugriff: <https://www.re-source.com/wp-content/uploads/2022/01/ICMS-2021-Construction-Lifecycle-Cost-Standard.pdf> [abgerufen am 19.07.2022].
- [27] Leistung im Rahmen des Rahmenvertrages zur Beratung der Abt. II des BMWi: Kurzgutachten zur Frage der Fortentwicklung oder Umstellung von Anforderungssystemen und Standards im Gebäudeenergiegesetz für Neubauten sowie Bestandsgebäude einschl. der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen für Gebäude (RV GEG), in Zusammenarbeit mit ifeu, IB Hauser, ITG Dresden et al., Projektlaufzeit ab August 2021.
- [28] Gutachten zum GEG und zur EPBD, Im Auftrag des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, in Zusammenarbeit mit ifeu, ITG Dresden, IB Hauser, FIW, Guidehouse, Öko-Institut, Stiftung Umweltenergierecht, dena, Laufzeit: Dezember 2021 – 2024 (laufend).
- [29] Fritsche, Uwe; Greß, Hans-Werner: Der nichterneuerbare kumulierte Energieverbrauch und THG-Emissionen des deutschen Strom-mix im Jahr 2020 sowie Ausblicke auf 2030 und 2050; IINAS 2021.

-
- [30] Klauß, Swen: Entwicklung einer Datenbank mit Modellgebäuden für energiebezogene Untersuchungen, insbesondere der Wirtschaftlichkeit, Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e.V. (ZUB), 2010.
- [31] Destatis 2022: Bauen und Wohnen, Baugenehmigungen / Baufertigstellungen von Nichtwohngebäuden (Neubau), Lange Reihen z. T. ab 1980, 2021.
- [32] DIN 4108-2:2013-02 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz.
- [33] Lützkendorf, Thomas; Frischknecht, Rolf, 2020: (Net-) zero-emission buildings: a typology of terms and definitions, Zugriff: <https://journal-buildingscities.org/articles/10.5334/bc.66/> [abgerufen am 19.07.2022].

7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Systematik von Systemgrenzen bei der ISO 16745 zur carbon metric during use stage	21
Abbildung 2 Interpretation des „zero-carbon ready“ Ansatzes der IEA	25
Abbildung 3 Systematik der Ermittlung von Lebenszykluskosten	26
Abbildung 4 Systematik der Ermittlung von Treibhausgasemissionen im Lebenszyklus	27
Abbildung 5 Übersicht zu relevanten Terminen, Zielen und erwarteten Entwicklungen mit Relevanz für das Projekt	30
Abbildung 6 Baufertigstellungen von Nichtwohngebäuden (Neubau) im Jahr 2021, Anteil der Nutzfläche je Gebäudetyp	40
Abbildung 7 Ansicht EFH klein, mit Keller	42
Abbildung 8 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – EFH klein, mit Keller – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020	43
Abbildung 9 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – EFH klein, mit Keller – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	43
Abbildung 10 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – EFH klein, mit Keller – Niveau EH 40 – Faktoren nach GEG 2020	44
Abbildung 11 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – EFH klein, mit Keller – Niveau EH 40 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	44
Abbildung 12 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – EFH klein, mit Keller – Niveau EH 85 – Faktoren nach GEG 2020	45
Abbildung 13 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – EFH klein, mit Keller – Niveau EH 85 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	45
Abbildung 14 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – EFH klein, mit Keller – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020	46
Abbildung 15 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – EFH klein, mit Keller – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	46
Abbildung 16 Ansicht EFH klein, ohne Keller	47
Abbildung 17 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – EFH klein, ohne Keller – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020	48
Abbildung 18 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – EFH klein, ohne Keller – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	48
Abbildung 19 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – EFH klein, ohne Keller – Niveau EH 40 – Faktoren nach GEG 2020	49
Abbildung 20 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – EFH klein, ohne Keller – Niveau EH 40 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	49
Abbildung 21 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – EFH klein, ohne Keller – Niveau EH 85 – Faktoren nach GEG 2020	50
Abbildung 22 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – EFH klein, ohne Keller – Niveau EH 85 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	50

Abbildung 23 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – EFH klein, ohne Keller – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020	51
Abbildung 24 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – EFH klein, ohne Keller – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	51
Abbildung 25 Ansicht EFH, groß, mit Keller	52
Abbildung 26 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – EFH groß – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020	53
Abbildung 27 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – EFH groß – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	53
Abbildung 28 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – EFH groß – Niveau EH 40 – Faktoren nach GEG 2020	54
Abbildung 29 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – EFH groß – Niveau EH 40 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	54
Abbildung 30 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – EFH groß – Niveau EH 85 – Faktoren nach GEG 2020	55
Abbildung 31 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – EFH groß – Niveau EH 85 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	55
Abbildung 32 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – EFH groß – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020	56
Abbildung 33 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – EFH groß – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	56
Abbildung 34 Ansicht Reihenmittelhaus, mit Keller im Neubau	57
Abbildung 35 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – Reihenmittelhaus – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020	58
Abbildung 36 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – Reihenmittelhaus – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	58
Abbildung 37 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – Reihenmittelhaus – Niveau EH 40 – Faktoren nach GEG 2020	59
Abbildung 38 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – Reihenmittelhaus – Niveau EH 40 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	59
Abbildung 39 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – Reihenmittelhaus – Niveau EH 85 – Faktoren nach GEG 2020	60
Abbildung 40 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – Reihenmittelhaus – Niveau EH 85 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	60
Abbildung 41 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – Reihenmittelhaus – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020	61
Abbildung 42 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – Reihenmittelhaus – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	61
Abbildung 43 Ansicht Doppelhaushälfte	62
Abbildung 44 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – Doppelhaushälfte – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020	63

Abbildung 45 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – Doppelhaushälfte – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	63
Abbildung 46 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – Doppelhaushälfte – Niveau EH 40 – Faktoren nach GEG 2020	64
Abbildung 47 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – Doppelhaushälfte – Niveau EH 40 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	64
Abbildung 48 Ergebnisse Anforderungsgrößen Bestand – Doppelhaushälfte – Niveau EH 85 – Faktoren nach GEG 2020	65
Abbildung 49 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – Doppelhaushälfte – Niveau EH 85 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	65
Abbildung 50 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – Doppelhaushälfte – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020	66
Abbildung 51 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – Doppelhaushälfte – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	66
Abbildung 52 Ansicht Bungalow, ohne Keller	67
Abbildung 53 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – Bungalow – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020	68
Abbildung 54 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – Bungalow – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	68
Abbildung 55 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – Bungalow – Niveau EH 40 – Faktoren nach GEG 2020	69
Abbildung 56 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – Bungalow – Niveau EH 40 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	69
Abbildung 57 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – Bungalow – Niveau EH 85 – Faktoren nach GEG 2020	70
Abbildung 58 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – Bungalow – Niveau EH 85 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	70
Abbildung 59 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – Bungalow – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020	71
Abbildung 60 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – Bungalow – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	71
Abbildung 61 Ansicht MFH klein, mit Keller	72
Abbildung 62 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – MFH klein – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020	73
Abbildung 63 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – MFH klein – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	73
Abbildung 64 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – MFH klein – Niveau EH 40 – Faktoren nach GEG 2020	74
Abbildung 65 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – MFH klein – Niveau EH 40 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	74
Abbildung 66 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – MFH klein – Niveau EH 85 – Faktoren nach GEG 2020	75

Abbildung 67 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – MFH klein – Niveau EH 85 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	75
Abbildung 68 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – MFH klein – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020	76
Abbildung 69 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – MFH klein – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	76
Abbildung 70 Ansicht Apartments, mit Keller	77
Abbildung 71 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – Apartments – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020	78
Abbildung 72 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – Apartments – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	78
Abbildung 73 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – Apartments – Niveau EH 40 – Faktoren nach GEG 2020	79
Abbildung 74 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – Apartments – Niveau EH 40 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	79
Abbildung 75 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – Apartments – Niveau EH 85 – Faktoren nach GEG 2020	80
Abbildung 76 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – Apartments – Niveau EH 85 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	80
Abbildung 77 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – Apartments – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020	81
Abbildung 78 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – Apartments – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	81
Abbildung 79 Ansicht MFH, groß, mit Keller	82
Abbildung 80 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – MFH groß – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020	83
Abbildung 81 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – MFH groß – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	83
Abbildung 82 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – MFH groß – Niveau EH 40 – Faktoren nach GEG 2020	84
Abbildung 83 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Neubau – MFH groß – Niveau EH 40 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	84
Abbildung 84 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – MFH groß – Niveau EH 85 – Faktoren nach GEG 2020	85
Abbildung 85 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – MFH groß – Niveau EH 85 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	85
Abbildung 86 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – MFH groß – Niveau EH 55 – Faktoren nach GEG 2020	86
Abbildung 87 Ergebnisse Anforderungsgrößen – Bestand – MFH groß – Niveau EH 55 – Faktoren nach IINAS und GEG 2020	86
Abbildung 88 Ansicht Bürogebäude (klein)	88

Abbildung 89 Büro (klein), Neubau, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren	89
Abbildung 90 Büro (klein), Neubau, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020	89
Abbildung 91 Büro (klein), Neubau, Anforderungsniveau 40 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 40 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren	90
Abbildung 92 Büro (klein), Neubau, Anforderungsniveau 40 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 40 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020	90
Abbildung 93 Büro (klein), Sanierung, Anforderungsniveau 85 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 85 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren	91
Abbildung 94 Büro (klein), Sanierung, Anforderungsniveau 85 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 85 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020	91
Abbildung 95 Büro (klein), Sanierung, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren	92
Abbildung 96 Büro (klein), Sanierung, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020	92
Abbildung 97 Ansicht Bürogebäude (groß)	93
Abbildung 98 Büro (groß), Neubau, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren	94
Abbildung 99 Büro (groß), Neubau, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020	94
Abbildung 100 Büro (groß), Neubau, Anforderungsniveau 40 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 40 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren	95
Abbildung 101 Büro (groß), Neubau, Anforderungsniveau 40 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 40 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020	95
Abbildung 102 Büro (groß), Sanierung, Anforderungsniveau 85 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 85 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren	96
Abbildung 103 Büro (groß), Sanierung, Anforderungsniveau 85 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 85 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020	96
Abbildung 104 Büro (groß), Sanierung, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren	97
Abbildung 105 Büro (groß), Sanierung, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020	97
Abbildung 106 Ansicht Hotel (groß)	98
Abbildung 107 Hotel (groß), Neubau, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren	99
Abbildung 108 Hotel (groß), Neubau, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020	99
Abbildung 109 Hotel (groß), Sanierung, Anforderungsniveau 85 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 85 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren	100
Abbildung 110 Hotel (groß), Sanierung, Anforderungsniveau 85 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 85 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020	100

Abbildung 111 Ansicht Kindergarten	101
Abbildung 112 Kindergarten, Neubau, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren	102
Abbildung 113 Kindergarten, Neubau, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020	102
Abbildung 114 Kindergarten, Neubau, Anforderungsniveau 40 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 40 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren	103
Abbildung 115 Kindergarten, Neubau, Anforderungsniveau 40 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 40 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020	103
Abbildung 116 Kindergarten, Sanierung, Anforderungsniveau 85 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 85 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren	104
Abbildung 117 Kindergarten, Sanierung, Anforderungsniveau 85 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 85 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020	104
Abbildung 118 Kindergarten, Sanierung, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren	105
Abbildung 119 Kindergarten, Sanierung, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020	105
Abbildung 120 Ansicht Verbrauchermarkt (mittel)	106
Abbildung 121 Verbrauchermarkt (mittel), Neubau, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren	107
Abbildung 122 Verbrauchermarkt (mittel), Neubau, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020	107
Abbildung 123 Verbrauchermarkt (mittel), Neubau, Anforderungsniveau 40 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 40 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren	108
Abbildung 124 Verbrauchermarkt (mittel), Neubau, Anforderungsniveau 40 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 40 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020	108
Abbildung 125 Ansicht Fertigungshalle (klein)	109
Abbildung 126 Fertigungshalle (klein), Neubau, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren	110
Abbildung 127 Fertigungshalle (klein), Neubau, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020	110
Abbildung 128 Fertigungshalle (klein), Neubau, Anforderungsniveau 40 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 40 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren	111
Abbildung 129 Fertigungshalle (klein), Neubau, Anforderungsniveau 40 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 40 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020	111
Abbildung 130 Fertigungshalle (klein), Sanierung, Anforderungsniveau 85 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 85 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren	112
Abbildung 131 Fertigungshalle (klein), Sanierung, Anforderungsniveau 85 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 85 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020	112
Abbildung 132 Fertigungshalle (klein), Sanierung, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren	113

Abbildung 133 Fertigungshalle (klein), Sanierung, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020	113
Abbildung 134 Ansicht Logistikhalle	114
Abbildung 135 Logistikhalle, Neubau, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren	115
Abbildung 136 Logistikhalle, Neubau, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020	115
Abbildung 137 Logistikhalle, Neubau, Anforderungsniveau 40 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 40 % THG_{Ref} , Bewertung mit GEG-Faktoren	116
Abbildung 138 Logistikhalle, Neubau, Anforderungsniveau 40 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 40 % THG_{Ref} , Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020, PV-Anrechnung nach § 23 Abs. 4	116
Abbildung 139 EFH klein mit Keller, Neubau, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit ggü. GEG 2020 halbierten Faktoren	117
Abbildung 140 EFH klein mit Keller, Neubau, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Bewertung mit ggü. GEG 2020 und IINAS 2021 halbierten Werten	118
Abbildung 141 EFH klein mit Keller, Neubau, Anforderungsniveau 40 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 40 % THG_{Ref} , Bewertung mit ggü. GEG 2020 halbierten Faktoren	119
Abbildung 142 EFH klein mit Keller, Neubau, Anforderungsniveau 40 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 40 % THG_{Ref} , Bewertung mit ggü. GEG 2020 und IINAS 2021 halbierten Werten	119
Abbildung 143 EFH klein mit Keller, PV-Anrechnung nach GEG-Bilanz (Bonusverfahren nach § 23 Abs. 2)	120
Abbildung 144 EFH klein mit Keller, PV-Anrechnung nach Monatsbilanz nach § 23 Abs. 4 GEG	121
Abbildung 145 EFH klein mit Keller, PV-Anrechnung nach DIN V 18599, mit Berücksichtigung des Nutzerstroms bei der anrechenbaren Strommenge (nicht QNG)	122
Abbildung 146 EFH klein mit Keller, PV-Anrechnung nach DIN V 18599, ohne Berücksichtigung des Nutzerstroms bei der anrechenbaren Strommenge	122
Abbildung 147 MFH klein, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Parametervariation: Faktoren für Nah-/Fernwärme	124
Abbildung 148 MFH klein, Anforderungsniveau 40 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 40 % THG_{Ref} , Parametervariation: Faktoren für Nah-/Fernwärme	124
Abbildung 149 Beispielhafter Erzeugerpark für Nah-/Fernwärme aus KWK, Brennstoff: Steinkohle, Erdgas	125
Abbildung 150 Beispielhafter Erzeugerpark für Nah-/Fernwärme aus KWK, Brennstoff: Biomethan, Erdgas	126
Abbildung 151 EFH klein mit Keller, Anforderungsniveau 55 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 55 % THG_{Ref} , Parametervariation: Allokationsmethode für KWK	127
Abbildung 152 EFH klein mit Keller, Anforderungsniveau 40 % $Q_{p,Ref}$ bzw. 40 % THG_{Ref} , Parametervariation: Allokationsmethode für KWK	127
Abbildung 153 EFH klein mit Keller, Erweiterung der GEG-Bilanz um Nutzerstrom nach DIN V 18599, keine PV-Anrechnung bzw. keine PV-Anlage vorhanden	128
Abbildung 154 EFH klein mit Keller, Erweiterung der GEG-Bilanz um Nutzerstrom nach DIN V 18599, PV-Anrechnung (Nutzerstrom und anrechenbare Strommenge) nach DIN V 18599	129
Abbildung 155 EFH klein mit Keller, Bewertung mit GEG-Faktoren, PV-Anrechnung nach GEG 2020	130

Abbildung 156 EFH klein mit Keller, Bewertung mit IINAS-Faktoren für Strom 2020, sonst GEG 2020, PV-Anrechnung nach Monatsbilanz	130
Abbildung 157 Erforderlicher Anteil regenerativer gasförmiger Energieträger an gesamter Erzeugernutzwärmeabgabe zur Erreichung der 65%-EE-Vorgabe im EFH klein, mit Keller, Neubau, Anforderungsniveau Qp55/HT70	145
Abbildung 158 Erforderlicher Anteil regenerativer gasförmiger/flüssiger Energieträger an gesamter Erzeugernutzwärmeabgabe zur Erreichung der 65%-EE-Vorgabe im EFH klein, mit unbeheiztem Keller, Bestand, Anforderungsniveau Qp85/HT115	145
Abbildung 159 Erforderlicher Anteil regenerativer gasförmiger/flüssiger Energieträger an gesamter Erzeugernutzwärmeabgabe zur Erreichung der 65%-EE-Vorgabe im EFH klein, mit unbeheiztem Keller, Bestand, Anforderungsniveau Qp55/HT85	146
Abbildung 160 Ableitung der drei bzw. vier Anforderungsgrößen für ein künftiges GEG	153
Abbildung 161 Anhang III zum Entwurf der EPBD, Anforderungen an Neubauten ([25], S.14)	167
Abbildung 162 Auszug aus Annex V zum Entwurf der EPBD vom 15.12.21 ([25], S. 18f)	168

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Anforderungssystematik des GEG 2020	13
Tabelle 2 Aspekte und Konsequenzen der Sicherung der Anschlussfähigkeit	27
Tabelle 3 Möglichkeiten zur Festlegung des Kriteriums bzw. der Kriterien für die Hauptanforderung(en)	29
Tabelle 4 Betrachtete Anforderungsniveaus im Neubau – Wohngebäude	33
Tabelle 5 Betrachtete Anforderungsniveaus im Neubau – Nichtwohngebäude	34
Tabelle 6 Betrachtete Anforderungsniveaus im Bestand – Wohngebäude	34
Tabelle 7 Betrachtete Anforderungsniveaus im Bestand – Nichtwohngebäude	35
Tabelle 8 Primärenergie- und THG-Faktoren – nach GEG 2020 sowie unter Berücksichtigung der IINAS-Faktoren für Strom 2020	36
Tabelle 9 Primärenergie- und THG-Faktoren – ggü. GEG 2020 sowie GEG 2020 und IINAS 2021 halbierte Werte	37
Tabelle 10 Betrachtete Modellgebäude und Variantenbildung unterer Gebäudeabschluss	38
Tabelle 11 Betrachtete Anlagenvarianten im Neubau – Wohngebäude, Standardvariante	39
Tabelle 12 Betrachtete Anlagenvarianten im Bestand – Wohngebäude, Standardvariante	39
Tabelle 13 Übergabesystem, Standardvariante	39
Tabelle 14 Gebäudedaten Einfamilienhaus klein, mit Keller	42
Tabelle 15 Gebäudedaten Einfamilienhaus klein, ohne Keller	47
Tabelle 16 Gebäudedaten Einfamilienhaus, groß, mit Keller	52
Tabelle 17 Gebäudedaten Reihenmittelhaus, mit Keller	57
Tabelle 18 Gebäudedaten Doppelhaushälfte, ohne Keller	62
Tabelle 19 Gebäudedaten Bungalow, ohne Keller	67
Tabelle 20 Gebäudedaten Mehrfamilienhaus klein, mit Keller	72
Tabelle 21 Gebäudedaten Apartments, mit Keller	77
Tabelle 22 Gebäudedaten Mehrfamilienhaus, groß, mit Keller	82
Tabelle 23 Gebäudedaten Büro (klein)	88
Tabelle 24 Gebäudedaten Büro groß	93
Tabelle 25 Gebäudedaten Hotel (groß)	98
Tabelle 26 Gebäudedaten Kindergarten	101
Tabelle 27 Gebäudedaten Verbrauchermarkt (mittel)	106
Tabelle 28 Gebäudedaten Fertigungshalle (klein)	109
Tabelle 29 Gebäudedaten Logistikhalle	114
Tabelle 30 Parametervariation: Faktoren für Wärmenetze in Abhängigkeit von Art und Brennstoff	123
Tabelle 31 Parametervariation: Faktoren für Wärmenetze mit KW in Abhängigkeit von der Allokationsmethode und Brennstoff	125
Tabelle 32 Kenngrößen und deren Wirkungsrahmen	136

Tabelle 33 Vorschlag für ein aktualisiertes Referenzgebäude für Ein- und Zweifamilienhaus (EZFH) und Mehrfamilienhaus (MFH) – bauliche Aspekte	143
Tabelle 34 Vorschlag für ein aktualisiertes Referenzgebäude für Ein- und Zweifamilienhaus (EZFH) und MFH – anlagentechnische Aspekte	144
Tabelle 35 Erforderlicher Anteil regenerativer gasförmiger Energieträger an gesamter Erzeugernutzwärmeabgabe zur Erreichung der 65%-EE-Vorgabe, Neubau, Anforderungsniveau Qp55/HT70	147
Tabelle 36 Erforderlicher Anteil regenerativer gasförmiger bzw. flüssiger Energieträger an gesamter Erzeugernutzwärmeabgabe zur Erreichung der 65%-EE-Vorgabe, Bestand, Anforderungsniveau Qp85/HT115	148
Tabelle 37 Erforderlicher Anteil regenerativer gasförmiger bzw. flüssiger Energieträger an gesamter Erzeugernutzwärmeabgabe zur Erreichung der 65%-EE-Vorgabe, Bestand, Anforderungsniveau Qp85/HT115	149

9 Anlage

Auszüge aus den Anhängen zum EPBD-Entwurf:

Abbildung 161

Anhang III zum Entwurf der EPBD, Anforderungen an Neubauten ([25], S.14)

ANNEX III

REQUIREMENTS FOR NEW AND RENOVATED ZERO-EMISSION BUILDINGS AND CALCULATION OF LIFE-CYCLE GLOBAL WARMING POTENTIAL (GWP)

(referred to in Article 2(2) and Article 7)

I. Requirements for zero-emission buildings

The total annual primary energy use of a new zero-emission building shall comply with the maximum thresholds indicated in the table below.

EU climatic zone¹	Residential building	Office building	Other non-residential building*
Mediterranean	<60 kWh/(m².y)	<70 kWh/(m².y)	< NZEB total primary energy use defined at national level
Oceanic	<60 kWh/(m².y)	<85 kWh/(m².y)	< NZEB total primary energy use defined at national level
Continental	<65 kWh/(m².y)	<85 kWh/(m².y)	< NZEB total primary energy use defined at national level
Nordic	<75 kWh/(m².y)	<90 kWh/(m².y)	< NZEB total primary energy use defined at national level

**Note: the threshold should be smaller than the threshold for total primary energy use established at the Member State level for nearly zero-energy non-residential buildings type other than offices*

Abbildung 162

Auszug aus Annex V zum Entwurf der EPBD vom 15.12.21 ([25], S. 18f)

ANNEX V**TEMPLATE FOR ENERGY PERFORMANCE CERTIFICATES**

(referred to in Article 16)

1. On its front page, the energy performance certificate shall display at least the following elements:

- (a) the energy performance class;
- (b) the calculated annual primary energy use in kWh/(m² year);
- (c) the calculated annual primary energy consumption in kWh or MWh;
- (d) the calculated annual final energy use in kWh/(m² year);
- (e) the calculated annual final energy consumption in kWh or MWh;
- (f) renewable energy production in kWh or MWh;
- (g) renewable energy in % of energy use;
- (h) operational greenhouse gas emissions (kg CO₂/(m² year));
- (i) the greenhouse gas emission class (if applicable).

2. In addition, the energy performance certificate may include the following indicators:

- (a) energy use, peak load, size of generator or system, main energy carrier and main type of element for each of the uses: heating, cooling, domestic hot water, ventilation and in-built lighting;
- (b) renewable energy produced on site, main energy carrier and type of renewable energy source;
- (c) a yes/no indication whether a calculation of the Global Warming Potential has been carried out for the building;
- (d) the value of the life-cycle Global Warming Potential (if available);
- (e) information on carbon removals associated to the temporary storage of carbon in or on buildings;
- (f) a yes/no indication whether a renovation passport is available for the building;
- (g) the average U-value for the opaque elements of the building envelope;
- (h) the average U-value for the transparent elements of the building envelope;
- (i) type of most common transparent element (e.g. double glazed window);
- (j) results of the analysis on overheating risk (if available);
- (k) the presence of fixed sensors that monitor the levels of indoor air quality;
- (l) the presence of fixed controls that respond to the levels of indoor air quality;
- (m) number and type of charging points for electric vehicles;
- (n) presence, type and size of energy storage systems;

(n) feasibility of adapting the heating system to operate at more efficient temperature settings;

(o) feasibility of adapting the air-conditioning system to operate at more efficient temperature settings;

p) metered energy consumption;

q) operational fine particulate matter (PM2.5) emissions.

The energy performance certificate may include the following links with other initiatives if these apply in the relevant Member State:

(a) a yes/no indication whether a smart readiness assessment has been carried out for the building;

(b) the value of the smart readiness assessment (if available);

(c) a yes/no indication whether a Digital Building Logbook is available for the building.

Persons with disabilities shall have equal access to the information in energy performance certificates.