

Kurzgutachten zur Frage einer Ergänzung oder Umstellung des Anforderungssystems

Leistung gemäß Rahmenvertrag zur Beratung der Abteilung II des BMWi

Leistungsabruf: 7-02 durch Referat IIC2 am 03.08.2017

BMW-Projekt-Nr.:

Endbericht

Köln, Freiburg, Berlin

23. April 2018

Impressum

Autoren

Bearbeiter:

Dr. Kjell Bettgenhäuser, Dr. Andreas Hermelink, Markus Offermann, Carsten Petersdorff, Bernhard von Manteuffel (Ecofys)

Dr. Veit Bürger (Öko Institut)

Nils Thamling (Prognos)

Dr. Diana Siegert (Dena)

Auftraggeber.

BMW i, Abt. II, Ref. C2

Inhalt

Zusammenfassung	5
1 Hintergrund und Aufgabenstellung	11
1.1 Hintergrund	11
1.2 Aufgabenstellung	11
2 Prüfung einer vereinfachten Parallelanforderung zum bestehenden Referenzgebäudeverfahren	12
2.1 Randbedingungen für eine vereinfachte Nachweisführung.....	12
2.2 Ausgestaltungsvorschlag für eine Parallelanforderung	14
2.3 Bewertung und Validierung des Vorschlags zur Parallelanforderung.....	22
2.3.1 Qualitative Bewertung	22
2.3.2 Quantitative Bewertung	23
3 Übersicht und Bewertung alternativer Regelungsmodelle	27
3.1 Ansatzpunkte der Anforderungen im aktuellen Ordnungsrecht und den alternativen Regelungssystemen	27
3.2 Mögliche Ausgestaltungsmöglichkeiten des Anforderungssystems mit Fokus auf Verzicht des Referenzgebäudeverfahrens.....	29
3.2.1 Beschreibung und Einordnung der Anforderungssysteme	30
3.2.2 Vor- und Nachteile der Anforderungssysteme.....	35
3.3 Auswirkungen einer Umstellung auf die Umsetzung und Verständlichkeit der Anforderungen in der Praxis für Bauherrn, Eigentümer und Planer	38
3.3.1 Qualitative Bewertung der möglichen Anforderungssysteme	38
3.3.2 Qualitative Bewertung der Kennwertkombinationen (alle Anforderungssysteme)	40
3.4 Konsistenz hinsichtlich der energiepolitischen Zielarchitektur.....	45
3.4.1 Die Zielarchitektur und ihre Schnittmenge mit der Energiewende im Gebäudebereich.....	45
3.4.2 Grundsätzliche Überlegungen zur Konsistenz des Ordnungsrechts im Gebäudebereich mit der Zielarchitektur.....	49
3.4.3 Konsistenz der alternativen Modelle zur energiepolitischen Zielarchitektur.....	51

3.4.4	Zusätzliche Option 4: Umstellung auf zwei gleichberechtigte Anforderungen (Option 1a und 3a)	54
3.4.5	Zusammenfassende Bewertung	56
3.5	Auswirkung einer Umstellung der Kennwertkombinationen auf die energetischen Standards	57
3.5.1	Konsistenz mit dem geltenden Referenzgebäudeverfahren.....	58
3.5.2	Abschätzung der quantitativen Auswirkungen auf die energetischen Standards.....	58
4	Schlussfolgerungen	63
	Anhang.....	65
	Referenzen.....	68

Zusammenfassung

Das vorliegende Kurzgutachten verfolgt zwei wesentliche Ziele zur Vorbereitung des Gebäudeenergiegesetzes. Einerseits soll eine vereinfachte Nachweisführung im Rahmen einer Öffnungsregelung geprüft werden, andererseits die Möglichkeiten einer Umstellung des Anforderungssystems und seiner Kennwerte (z.B. auf CO₂ und Endenergie) untersucht werden.

Dabei werden verschiedene Anforderungssysteme betrachtet und die mit einer Umstellung verbundenen qualitativen Vor- und Nachteile im Rahmen des politischen Kontextes aufgezeigt. Weiterhin wird auf die Auswirkungen bezüglich der energetischen Standards sowie auf die Umsetzung und Verständlichkeit der Anforderungen in der Praxis für Bauherrn, Eigentümer und Planende eingegangen.

Die Untersuchung ist in mehrere Arbeitspakete gegliedert. Im ersten Arbeitspaket „**Beibehaltung des Referenzgebäudeverfahrens**“ wird eine mögliche Öffnungsregelung für die Referenzgebäudeanforderung untersucht. Ziel dabei ist die Nachweisführung (insbesondere für Wohngebäude) zu vereinfachen und diesen Vorteil mit einem Anreiz für kompaktes Bauen zu verbinden. Dabei wird untersucht, inwieweit durch Grenzwerte für den max. Primärenergieverbrauch und eine Effizienzanforderung vereinfachte Fälle definiert werden können, die einen Verzicht auf umfangreiche Berechnungen zulassen.

Im zweiten Arbeitspaket „**Verzicht auf das Referenzgebäudeverfahren**“ (siehe Kapitel 3.2) wurden alternativen Regelungsmodelle mit Fokus auf den Verzicht auf das Referenzgebäudeverfahren (z.B. das Hamburger Verfahren) bei Wohn- und Nichtwohngebäuden geprüft, bewertet und dargestellt.

In den weiteren Arbeitspaketen werden die folgenden alternative Anforderungsgrößen untersucht:

- Wärmeenergiebedarf q_{outg} , CO₂-Emissionen und einen Mindestdeckungsanteil erneuerbarer Energien am Wärmeenergiebedarf q_{outg} ,
- Endenergiebedarf, CO₂-Emissionen und einen Mindestdeckungsanteil erneuerbarer Energien am Endenergiebedarf,
- Jahresprimärenergiebedarf q_p , den Wärmeenergiebedarf q_{outg} und einen Mindestdeckungsanteil erneuerbarer Energien am Wärmeenergiebedarf q_{outg} .

In allen drei Paketen werden dabei die Auswirkungen einer Umstellung auf die alternative Anforderungsgröße untersucht, bezogen auf die Umsetzung und Verständlichkeit der Anforderungen in der Praxis für Bauherrn, Eigentümer und Planer, auf die Konsistenz hinsichtlich der energiepolitischen Zielarchitektur und auf die Auswirkung auf die energetischen Standards.

AP1: Öffnungsregelung für die Referenzgebäudeanforderung

In Kapitel 2 wird eine **vereinfachende Parallelanforderung** für *Wohngebäude* entwickelt. Diese hat zum Ziel für Planer ergänzend zum bestehenden Referenzgebäudeverfahren Anreize zu schaffen, kompakte Gebäude zu entwerfen und einfach nachweisen zu können sowie wohnflächenoptimiertes Bauen zu fördern und gleichzeitig positiven Eigenschaften gesamtenergetisch optimierter Fenster geeignet zu honorieren.

Die genannten Anreize werden durch die Parallelanforderung „EnEVeco“ (vereinfachtes Nachweisverfahren) insbesondere durch die Einführung eines wohnflächenabhängigen Grenzwertes, dem äquivalenten Transmissionswärmeverlust ($H_{Tr}'_{aq,Wfl}$) gesetzt. Der Unterschied zur bisherigen Gleichung zur Ermittlung des Transmissionswärmeverlustes (H_{Tr}') wird im Folgenden zusammengefasst: a) die Wärmeverluste werden nicht mehr auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche (A), sondern auf die Wohnfläche (AWfl) bezogen, b) er ersetzt den bisherigen einfachen Fenster-Wärmedurchgangskoeffizient für Südfenster durch einen äquivalenten Wärmedurchgangskoeffizienten, der den Einfluss solarer Gewinne über den Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert) einfließen lässt und c) der Grenzwert wird über ein fixes wohnflächenoptimiertes Referenzgebäude definiert (Quaderförmig (EFH 2 Geschosse, MFH: 4 Geschosse), mit dem Grundflächenverhältnis 1:2 und 20 % Fensterflächenanteil, einer Geschosshöhe von 2,75 m und ohne Lufträume, Keller oder unbeheizte Dachböden innerhalb der thermischen Hülle.

Der in der Untersuchung gefundene **Lösungsansatz** zum vereinfachte Nachweisverfahren „**EnEVeco**“ wird in zwei Schritten durchgeführt: In Schritt 1 wird der Grenzwert für die neue Kenngröße „Äquivalenter Transmissionswärmeverlust“ definiert und in Schritt 2 die Anlagentechnikvarianten, die in Kombination mit Schritt 1 zu einer Erfüllung der EnEV-Anforderungen führen, definiert.

Zur Bestimmung des Grenzwertes sind drei Möglichkeiten entwickelt worden, wobei der variable Grenzwert die richtigen Anreize setzt, praktikabel erscheint und deswegen weiterverfolgt wurde. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Ausgestaltungsoptionen, ihre Vor- und Nachteile und ihre Bewertung.

Tabelle 1: Ausgestaltungsoptionen der Grenzwerte für den „äquivalenten Transmissionswärmeverlust“

Option	Ein Grenzwert unabhängig vom Gebäudotyp	Pro Gebäudotyp ¹ ein fester Grenzwert	Variabler Grenzwert abhängig von Wohnfläche und Gebäudotyp
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> - sehr einfach - Kompaktheit und Fens-tergestaltung werden berücksichtigt 	<ul style="list-style-type: none"> - Einfach - Kompaktheit und Fens-tergestaltung werden berücksichtigt 	<ul style="list-style-type: none"> - Die Anforderungen an Hüllqualität bleiben, wie bisher, unabhängig von Gebäudegröße oder -typ - Kompaktheit und Fens-tergestaltung werden zusätzlich berücksichtigt
Nach-teile	<ul style="list-style-type: none"> - Schwächere Anforderun-gen für große Gebäude - Voraussichtlich zu ambiti-onierte Anforderungen für EFHs notwendig 	<ul style="list-style-type: none"> - Schwächere Anforderun-gen für große Gebäude in einer Gebäudeklasse (e.g. für Luxus-EFHs). Lösungsmöglichkeit: Eli-minierung des Wohnflä-chenbezugs => siehe Be-schreibung im Text 	<ul style="list-style-type: none"> - Nicht so verständlich wie fester Grenzwert
Gesamt-bewer-tung	<ul style="list-style-type: none"> - Aufgrund des großen Nachteils für EFHs nicht zu empfehlen 	<ul style="list-style-type: none"> - Nicht zu empfehlen, da Zielrichtung der Anreize kritisch 	<ul style="list-style-type: none"> - Schafft die richtigen Anreize und erscheint praktikabel → Wird weiterverfolgt

¹ Es werden zwei Gebäudetypen unterschieden „Ein- und Zweifamilienhäuser“ und „Mehrfamilienhäuser bzw. Geschosswohnungsbauten“. Nicht-wohngebäude werden aus den zuvor beschriebenen Gründen nicht betrachtet.

- | | | | |
|--|--|---|--|
| | | - Bei Eliminierung des Wohnflächenbezugs würden Anforderungen für größere deutlich verschärft | |
|--|--|---|--|

Der Q_p Grenzwert des „EnEVeco kann anschließend in Abhängigkeit von zulässigen Anlagentechnikvarianten bestimmt werden. Die zulässigen Anlagentechnikvarianten sowie die zugehörigen Q_p Grenzwertrahmen müssten in weiterführenden Untersuchungen ermittelt werden.

Das neue Verfahren erfüllt sowohl die EnEV als auch die EEWärmeG Anforderungen für Wohngebäude. Es ist jedoch nicht geeignet für **Nichtwohngebäude**, da hier die Anlagentechnik gegenüber (der Kompaktheit) der Gebäudehülle i.d.R. eine deutlich wichtigere Rolle einnimmt als bei Wohngebäuden und deswegen eine Vereinfachung durch Festlegung einer zentralen Effizienz-Kenngröße nicht sinnvoll erscheint. Weiterhin sind bei Nichtwohngebäuden auch die Rückwirkungen auf den Beleuchtungs- und Kühlbedarf der unterschiedlichen Nutzungsprofile zu berücksichtigen, was einer Vereinfachung entgegensteht.

AP2: Untersuchung von alternativen Regelungsmodelle unter Verzicht auf das Referenzgebäudeverfahren bei Wohn- und Nichtwohngebäuden

In Kapitel 3.2 werden mögliche Ausgestaltungsvarianten alternativer Regelungsmodelle zusammengestellt und der Fokus auf ein Verzicht des Referenzgebäudeverfahrens bei Wohn- und Nichtwohngebäuden gelegt. Dabei werden zunächst mögliche Ausgestaltungsmöglichkeiten der Regelungsmodelle aufgezeigt (Kennwerte und Anforderungssysteme) und im Anschluss die Vor- und Nachteile abgewogen.

Die untersuchten Regelungsmodelle umfassen dabei das bestehende Tabellenverfahren „EnEVeasy“ und eine angepasste Variante von der oben beschriebenen Parallelanforderung „EnEVeco“. Weiterhin wird das sogenannte „Hamburger Modell“ und zwei Varianten zur Einführung von festen Anforderungswerten vorgestellt und bewertet.

Die Untersuchung zeigt, dass die bestehenden Anforderungssysteme Schwächen aufweisen, die durch Anpassungen aus den alternativen Regelungsmodellen adressiert werden können. Eine vollständige Umstellung des bestehenden Anforderungssystems wird nicht empfohlen.

Die Schwächen des bestehenden Referenzgebäudeverfahrens sind fehlende Anreize im Bereich Kompaktheit und Fensterflächenoptimierung und intransparente gebäudeindividuelle Grenzwerte. Diese Schwächen könnten z.B. durch eine Umstellung der Nebenanforderung (H_T') auf den äquivalenten Transmissionswärmeverlust ($H_T'_{\text{äq}}$) in Anlehnung an das im Rahmen von AP1 entwickelte „EnEVeco“ adressiert werden. Die Kompaktheit und die intransparenten Grenzwerte können durch eine Primärenergiegrenzwert-Gleichung in Abhängigkeit des A/V-Anteils (oder mittels einer A_N/A_{Wfl} -Abhängigkeit) in Anlehnung an das „Hamburger Modell“ berücksichtigt werden.

Die bestehende Parallelanforderung über das Tabellenverfahren EnEVeasy sollte weiterhin bestehen bleiben, da die obigen Anpassungen das Referenzgebäudeverfahren nicht ersetzen, sondern nur sinnvoll ergänzen.

Für **Nichtwohngebäude** schafft das bestehende Anforderungssystem hohe planerische Freiheit und die notwendige Flexibilität, um die hohe Vielfalt an Gebäudetypen und -nutzungsarten abzubilden. Es wird demnach empfohlen das Referenzgebäudeverfahren für Nichtwohngebäude beizubehalten, jedoch Maximalwerte für Fensterflächenanteile für bestimmte Nichtwohngebäude-Nutzungsprofile einzuführen.

Zusätzlich zu den oben genannten Anpassungen am bestehenden Anforderungssystem konnten auch Bereiche identifiziert werden, in denen im Zuge einer GEG-Einführung Nachbesserungsbedarf besteht, um die Energiebedarfsberechnungen der Realität und damit den Energieverbrauchswerten anzunähern. Diese Bereiche umfassen u.a. Klimadaten, interne Wärmequellen, Rauminnentemperaturen, Lüftungsverhalten und energetisch wirksame Luftwechsel und Teilbeheizung bzw. Leerstand.

AP3 bis 5: Alternative Anforderungsgrößen und Auswirkungen einer Umstellung

In Kapitel 3.2 wird eine mögliche Umstellung des bestehenden Anforderungssystems in Bezug auf zukünftige Kennwertkombinationen für die Haupt- und Nebenanforderung und den Mindestdeckungsanteil durch erneuerbare Energien gem. EEWärmeG betrachtet. Die Auswirkungen einer Umstellung der bestehenden Kennwertkombination aus Primärenergie (Hauptanforderung), Transmissionswärmeverlust ($H_{T'}$, Nebenanforderung Wohngebäude) bzw. Wärmedurchgangskoeffizient (\bar{U} , Nebenanforderung Nichtwohngebäude) und Wärmeenergiebedarf (q_{outg}) durch drei Kombinationen werden untersucht. Die drei Kombinationen umfassen, wie in folgender Tabelle dargestellt, drei Optionen: Option 1 ($CO_{2äq}$, q_{outg} , q_{outg}), Option 2 ($CO_{2äq}$, Endenergie, Endenergie) und Option 3 (Primärenergie, q_{outg} , q_{outg}).

Tabelle 2: Zu untersuchende Kennwertkombinationen für die Anforderungssysteme

Option 0	Jahresprimärenergiebedarf q_p	Transmissionswärmeverlust $H_{T'}$ bzw. Wärmedurchgangskoeffizient \bar{U}	Mindestdeckungsanteil EE am Wärmeenergiebedarf q_{outg}
Option 1	CO_2 -Emissionen	Wärmeenergiebedarf q_{outg}	Mindestdeckungsanteil EE am Wärmeenergiebedarf q_{outg}
Option 2	CO_2 -Emissionen	Endenergiebedarf	Mindestdeckungsanteil EE am Endenergiebedarf
Option 3	Jahresprimärenergiebedarf q_p	Wärmeenergiebedarf q_{outg}	Mindestdeckungsanteil EE am Wärmeenergiebedarf q_{outg}

In Kapitel 3.3 werden potentielle Auswirkungen einer Umstellung auf die beschriebenen Anforderungssysteme und der Verwendung von vier Kennwertkombinationen für die Praxis der Bauherren, Eigentümer und Planer bewertet. Deutliche Auswirkungen zeigten sich bei den Optionen 1 und 2 bei einer Hauptanforderungsumstellung auf äquivalente CO_2 -Emissionen ($CO_{2äq}$). Insbesondere für die heizöl- und stromversorgten Gebäude resultiert aus der Umstellung ein Nachteil aus den im Vergleich zu den Primärenergiefaktoren relativ höheren Emissionsfaktoren.

In Bezug auf die Nebenanforderung würde bei allen Optionen eine Abkehr von dem Transmissionswärmeverlust $H_{T'}$ (über eine Umstellung auf q_{outg} oder Endenergie) eine kritische Öffnungsoption darstellen. In diesen Fällen würde keine oder lediglich eine implizite Mindesteffizienz an die Gebäudehülle

gestellt werden. Eine Optimierung der Wärmegewinne oder der Anlagentechnik würde demnach eine schlechtere Gebäudehüllqualität als bislang ermöglichen.

Kapitel 3.4 überprüft die Anforderungssysteme auf Konsistenz in Bezug auf die energiepolitische Zielarchitektur. Das Ziel zur Steigerung des EE-Anteils am Wärmeverbrauch wird durch den Mindestdeckungsanteil direkt adressiert; dieser benötigt aber vergleichsweise viele Detailregelungen zu einzelnen Technologien. Eine primärenergetische oder treibhausgasbewertete Aufwandszahl hingegen wirkt indirekt auf den EE-Wärme-Anteil. Die CO₂-Emissionen sind gut als Anforderung an die Gesamteffizienz geeignet. Bei der Primärenergie gilt dies nur eingeschränkt, da nur nicht erneuerbare Primärenergie erfasst wird.

Als günstige Kombination mit Blick auf die Konsistenz zur Zielarchitektur erweist sich daher Option 1. Die Hauptanforderung ist direkt auf das politische Ziel der Reduktion des THG-Emissionen übertragbar. Für Option 3 gilt dies nur, wenn die Primärenergiefaktoren entsprechend des THG-Emissionsfaktors der Energieträger neu bewertet werden (vgl. paralleles Gutachten zu den Primärenergiefaktoren). Von den untersuchten alternativen Anforderungssystemen erscheint Option 2 am wenigsten geeignet, da der Endenergiebedarf aufgrund der Beschränkung auf handelbare Endenergieträger keine vollständige Information bietet und damit Fehlanreize provoziert.

Kapitel 3.5 beschreibt schließlich die Auswirkungen auf die energetischen Standards. Insgesamt ergibt sich aus der langfristigen Zielsetzung der Erreichung eines „nahezu klimaneutralen Gebäudebestandes“ eine Notwendigkeit die Klimawirksamkeit im Gebäudebereich transparenter aufzuzeigen und somit die Hauptanforderung auf die Treibhausgasemissionen umzustellen. Daher wird eine Umstellung der Hauptanforderung auf äquivalente CO₂-Emissionen (CO_{2aq}) für *Wohn- und Nichtwohngebäude* empfohlen. Um damit keine Schwächung der Neubauanforderungen zu bewirken, müsste bei einer Beibehaltung des Referenzgebäudeverfahrens gleichzeitig auch die Heizwärmeversorgung des Referenzsystems von Heizöl auf Erdgas umgestellt werden.

Schlussfolgerung

Zusammenfassend wird in dieser Studie in Arbeitspaket 1 eine Parallelanforderung „EnEVeco“ für Wohngebäude entwickelt. Diese beinhaltet eine Kombination aus dem sog. „äquivalenten Transmissionswärmeverlust“ und zulässigen Anlagentechnikvarianten für die eine vereinfachte Nachweisführung zulässig wäre. Im Vergleich zur aktuell gültigen Hr'-Ermittlung werden hierbei mögliche Solargewinne von Fenstern berücksichtigt. Zusätzlich werden die gewählten Randbedingungen zur Ermittlung der Grenzwerte für den äquivalenten Transmissionswärmeverlust Anreize für eine kompakte Bauweise darstellen. Die von der Wohnfläche abhängigen Grenzwerte könnten anhand einer einfachen Gleichung bestimmt werden. Für Nichtwohngebäude sollte auf die Öffnungsregelung verzichtet werden, da hier die Anlagentechnik gegenüber (der Kompaktheit) der Gebäudehülle i.d.R. eine deutlich wichtigere Rolle einnimmt.

In Arbeitspaket 2 werden die Vor- und Nachteile der alternativen Regelungsmodelle dargestellt und eine Abwägung zum aktuell gültigen Verfahren vorgenommen. Von einer vollständigen Umstellung des bestehenden Anforderungssystems wird abgeraten, stattdessen sind zwei sinnvolle Anpassungsmöglichkeiten des aktuellen Systems für Wohngebäude identifiziert worden: a) Ersatz der Hr'-Nebenanforderung durch Hr'_{aq} (in Anlehnung an EnEVeco aus Arbeitspaket 1), b) Festlegung der Q_p-Grenzwerte

der Hauptanforderung durch eine Formel mit A/V_e -Anteil (oder A_N/A_{Wfl} -Abhängigkeit) anstatt Ermittlung über das Referenzgebäudeverfahren (in Anlehnung an das „Hamburger Modell“). Da weiterhin eine Nachweisführung über das Referenzgebäudeverfahren benötigt würde, sollte das bestehende vereinfachte Nachweisverfahren über „EnEVeasy“ bestehen bleiben. Es wird vorgeschlagen bei Nichtwohngebäuden weiterhin das Referenzgebäudeverfahren mit seiner hohen planerischen Freiheit und der notwendigen Flexibilität, um die hohe Vielfalt an Gebäudetypen und -nutzungsarten abzubilden beizubehalten.

In den Arbeitspaketen 3 bis 5 werden unterschiedliche Kennwertkombinationen (Optionen) für die Haupt- und Nebenanforderung und den Mindestdeckungsanteil durch erneuerbare Energien (EEWärmeG) auf ihre Vor- und Nachteile hin untersucht und ihre Auswirkungen auf die energetischen Standards geprüft. Alle Kennwertkombinationen weisen dabei diverse Vor- und Nachteile auf. Insgesamt ergibt sich aus der langfristigen Zielsetzung der Erreichung eines „nahezu klimaneutralen Gebäudebestandes“ eine Notwendigkeit die Klimawirksamkeit im Gebäudebereich transparenter aufzuzeigen und somit die Hauptanforderung auf die THG-Emissionen umzustellen.

Daher wird für **Wohngebäude** eine Umstellung der Hauptanforderung von Primärenergie auf äquivalente CO_2 -Emissionen in Kombination mit einem Verzicht auf das Referenzgebäudeverfahren in Form einer transparenten Grenzwertformel und einer Nebenanforderung in Form eines äquivalenten Transmissionswärmeverlusts vorgeschlagen.

Für **Nichtwohngebäude** wird ebenfalls eine Umstellung der Hauptanforderung auf die äquivalenten CO_2 -Emissionen vorgeschlagen. Allerdings können hier die Nebenanforderungen an die Gebäudehülle (\bar{U}) beibehalten werden und nur durch die Vorgabe maximaler Fensterflächenanteile ergänzt werden. Außerdem sollte hierbei eine Umstellung der Heizwärmeversorgung des Referenzsystems von Heizöl auf Erdgas erfolgen.

1 Hintergrund und Aufgabenstellung

1.1 Hintergrund

Die Novelle des Energieeinsparrechts für Gebäude (Gebäudeenergiegesetz) wird in der 19. Legislaturperiode erneut aufgenommen. Die seitens der EU über die Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) geforderte Regelung des Niedrigstenergiegebäudes (nearly zero-energy buildings, NZEBs) muss für Neubauten im Bereich der öffentlichen Nichtwohngebäude vor 2019 und für alle Neubauten vor 2021 umgesetzt werden. Aus diesem Grund müssen die Vorschläge für alle Neubauten aufgrund zahlreicher Gebäudetypen und Akteure zeitnah in Angriff genommen werden.

Im Zuge der Ergänzung oder Umstellung des bestehenden Anforderungssystems mit der Zielsetzung EU-rechtlichen Vorgaben für Niedrigstenergiegebäude zu genügen stellt sich die Grundsatzfrage, ob an den aktuell verwendeten Kennwerten der Energieeinsparverordnung und des EEWärmeG (Primärenergie, Transmissionsverluste, Wärmeenergiebedarf) weiterhin festgehalten werden sollte.

1.2 Aufgabenstellung

Zur Vorbereitung des Gebäudeenergiegesetzes sind daher die Möglichkeiten einer Umstellung der Kennwerte (z.B. auf CO₂ und Endenergie) und des Anforderungssystems zu evaluieren. Im Rahmen dieser Studie soll in einem ersten Schritt die Einführung einer (vereinfachten) Parallelanforderung zu dem bestehenden Referenzgebäudeverfahren untersucht werden, die die Vorteile einer einfachen Nachweisführung mit dem Anreiz zum kompakten Bauen verbindet. Dann soll untersucht werden, ob und ggf. mit welchen Alternativen ein Verzicht auf das Referenzgebäudeverfahren möglich ist (für Wohngebäude).

Im dritten Schritt soll evaluiert werden, ob alternative Regelungsmodelle in Bezug auf Kennwerte und Anforderungssystematik bei einem gleichzeitigen Verzicht auf das Referenzgebäudeverfahren für Wohn- und Nichtwohngebäude möglich und sinnvoll sind. Hierbei werden neben den aktuell gültigen Kennwerten Jahresprimärenergiebedarf, Transmissionswärmeverlust und U-Wert zusätzlich die Kennwerte Wärmeenergiebedarf, Endenergiebedarf und CO₂-Emissionen in drei zu untersuchenden Kombinationen sowie jeweils ein Mindestdeckungsanteil Erneuerbarer Energien untersucht.

Für die betrachteten Anforderungssysteme sind darüber hinaus die qualitativen Auswirkungen auf die wesentlichen Akteure (Bauherren, Eigentümer, Planende) und die quantitativen Auswirkungen auf die aktuellen energetischen Standards zu untersuchen. Schließlich sollen die Anforderungssysteme hinsichtlich ihrer Konsistenz mit der energiepolitischen Zielarchitektur evaluiert werden.

2 Prüfung einer vereinfachten Parallelanforderung zum bestehenden Referenzgebäudeverfahren

Im ersten Schritt wird untersucht, ob eine vereinfachte Nachweisführung im Rahmen einer Parallelanforderung zum geltenden Referenzgebäudeverfahren möglich ist, die eine Effizianzforderung in Bezug auf die Gebäudehülle setzt und den maximalen Primärenergiebedarf festlegt. Die Vorteile und Voraussetzungen eines solchen Verfahrens werden beschrieben und mögliche Grenzwerte vor dem Hintergrund des aktuellen Anforderungssystems und dessen Grenzwerten diskutiert.

Dabei wird das Setzen von technologischen Mindeststandards mit dem Langfristziel „*nahezu klimaneutraler Gebäudebestand*“ und damit Senkung der CO₂-Emissionen als übergeordnete Zielsetzung angenommen. Hieraus leiten sich dann die folgenden beiden aufeinander aufbauenden Schritte im Rahmen der Anforderung und Nachweisführung ab:

- Zielsetzung I: Wärmenachfrage senken
- Zielsetzung II: Wärmeversorgung dekarbonisieren

2.1 Randbedingungen für eine vereinfachte Nachweisführung

Aufbauend auf diesen beiden Schritten wird die Zielsetzung für die Parallelanforderung konkretisiert. Dabei wird bei der Diskussion der methodischen Optionen auf folgende wesentliche Randbedingungen geachtet:

Eine **einfache Nachweisführung** über einen Grenzwert (bzw. eine Kombination von Grenzwerten) wird als *zentraler Anreiz* für die Nutzung der Parallelanforderung erforderlich sein. Der Nachweis soll ohne Anwendung des Referenzgebäudeverfahrens möglich sein. Dieses bleibt aber als universelle Anforderungsmethodik unverändert bestehen.

Im Gegenzug zur einfachen Nachweisführung sollten Anreize für **kompaktes Bauen als wesentliches Ziel** der Bereitstellung einer Parallelanforderung gesetzt werden. Im Unterschied zur Referenzgebäude-Geometrie, die aufgrund der Anpassung des Referenzgebäudes an die tatsächliche Geometrie gar keinen Anreiz zum kompakten Bauen bietet, sind zahlreiche Ausgestaltungsvarianten denkbar. Es wäre beispielsweise eine A/V Abhängigkeit des Primärenergiebedarfs (wie in der Hamburger Klimaschutzverordnung) denkbar, oder eine Kopplung von Nachweisgrößen an die Nutzfläche A_N oder Wohnfläche A_W . Feste spezifische Grenzwerte (z.B. 15 kWh) pro Gebäudetyp würden ebenfalls kompakte Kubaturen anreizen.

Prinzipiell sollte sich der Anreiz zum kompakten Bauen auf die Teilbereiche erstrecken, die Bauherr und Planer beeinflussen können.

Die Nachweisführung nach dem Referenzgebäudeverfahren und die Vielfalt der Einflussmöglichkeiten, die im Regelwerk – vor allem DIN V 18599 – berücksichtigt sind, haben in der Vergangenheit auch dazu geführt, dass das gesamte System immer komplexer wurde und die **Nachvollziehbarkeit und Transparenz** weniger wurden. Aus diesem Grund wird darauf geachtet, dass die Darstellung von einzuhaltenden Grenzwerten in einfacher Form (z.B. in Tabellen oder Diagrammen) vorgenommen wird.

Darüber hinaus muss sich eine mögliche Parallelverfahren ebenso wie das Hauptverfahren im Rahmen der **EU-Gesetzgebung** bewegen. Nach Maßgabe der *Energy Performance of Buildings Directive (EPBD)* ist die Angabe des spezifischen Primärenergiebedarfs als Leitindikator zur Berechnung der Gebäudeeffizienz notwendig, unabhängig davon ob dies die Hauptanforderung darstellt oder nicht. Im Rahmen der aktuellen Überarbeitung der EPBD (recast) ist auf der Grundlage des Ergebnispapiers der Trialog-Verhandlungen zwischen Europäischem Rat, der Europäischen Kommission und dem Europäischen Parlament schon absehbar, dass die Primärenergie als Hauptindikator bestehen bleibt.

Die **Erfüllung der Referenzgebäude-Anforderungen** muss auch bei einer Nachweisführung über die vereinfachte Parallelanforderung gegeben sein. Hierzu sind bei der detaillierten Ausgestaltung des Systems entsprechende Vergleichsrechnungen durchzuführen. Hierbei ist es auch möglich, die Parallelanforderung nicht immer 100% auf der „sicheren Seite“ liegend zu definieren - wie es bspw. die Prämisse beim Modellgebäudeverfahren EnEV easy war – sondern eine „mittlere Zielerfüllung“ zu gewährleisten.

Bei einer vereinfachten Nachweisführung wird die Einhaltung einer **Mindesteffizienz der Gebäudehülle** als sinnvoll angesehen. Auch wenn sich aus der Gesamtanforderungen an die Primärenergie eine Mindesteffizienz ableitet erscheint es vor dem Hintergrund der Vermeidung von Lock-in Effekten und der begrenzten Verfügbarkeit von Erneuerbaren Energien als sinnvoll eine Anforderung zu stellen. Beim Wechsel der Heizung (deutlich kürzere Lebensdauer als die Gebäudehülle) und/oder des Energieträgers kann sich bspw. der Primärenergiebedarf (auch nach oben) ändern. Wenn eine sinnvolle Mindesteffizienz nicht eingehalten würde, könnte dies dann u.U. zu Problemen mit der Gesamtanforderung führen, vor allem im Hinblick auf das Verschlechterungsverbot der EnEV.

In Bezug auf einen **Mindestanteil Erneuerbarer Energien** für Neubauten stellt sich die Frage, ob diese Anforderung explizit zu stellen ist oder implizit bei der Erfüllung des Primärenergiebedarfs-Kennwertes schon eingehalten ist. Aktuell sind je nach Art der EE unterschiedliche Mindestanteile im EE-WärmeG definiert, neben denen aber auch Ersatzmaßnahmen im Bereich Wärmerückgewinnung, Effizienz der Gebäudehülle, KWK und Wärmenetze zulässig sind. Bei Stromdirektheizungen und Wärmepumpen erscheint es jedoch sinnvoll, die zeitlichen Nachfrageprofile mit den entsprechenden Primärenergie- bzw. CO₂-Faktoren zum Zeitpunkt des Strombezugs zu berücksichtigen. Insbesondere in kritischen Winterstunden (Stichwort „Dunkelflaute“) können EE-Erzeugungs- und Netzengpässe zu nicht gewünschten Effekten führen. Aus diesem Grund könnten Stromheizungen z.B. erst ab einer Mindesteffizienz des Gebäudes (z.B. KfW55 oder besser) erlaubt werden.

Weiterhin ist es unter Umständen auch noch möglich (nach Ergebnissen aus dem Abgleichsprojekt von Oschatz und Öko Institut), ein Gebäude nach EnEV 2016-Standard ohne den Mindestanteil EE nach EEWärmeG zu entwerfen.

Die Grundsätze der **Wirtschaftlichkeit und Kostenoptimalität** der Anforderungen sind durch die Konsistenz mit dem geltenden Referenzgebäudeverfahren gegeben.

Als zentralen Punkt ist weiterhin die **politische Umsetzbarkeit** der Parallelanforderung anzusehen. Bei einer Vereinfachung der Anforderung mit bestmöglicher Transparenz und Nachvollziehbarkeit sowie einer einfachen Nachweisführung einerseits und einem Anreiz von Kompaktheit und energieeffizientem Bauen andererseits scheinen für die Umsetzbarkeit gute Voraussetzungen vorzuliegen.

Bei dieser Diskussion allerdings werden größere Gebäude (mit mehr Nutz- bzw. Wohnfläche) gegenüber kleineren Gebäuden bevorteilt. Dies ist prinzipiell auch wünschenswert. Im Hinblick auf eine Betrachtung „CO₂-Budget pro Kopf“ könnte dies besonders bei Wohn- und Einfamilienhäusern zu Fehlansätzen führen. Ein größeres Haus mit besserer Kompaktheit hätte ggf. weniger strenge Anforderungen an den Wärmeschutz z.B. der Außenwand als ein kleineres, weniger kompaktes Gebäude. Jemand der ressourcenschonend und „klein“ baut (und damit auch weniger CO₂ pro Kopf ausstößt), könnte mit strengeren Anforderungen pro m² Außenwand belegt werden als jemand der „groß“ baut (somit kompakter) und mehr CO₂ pro Kopf ausstößt.

Die Einhaltung eines Mindestmaßes an thermischem Komfort ist einerseits durch die Anforderungen an die Effizienz der Gebäudehülle gegeben, andererseits durch den Nachweis des **Sommerlichen Wärmeschutzes**. Dieser sollte auch beim vereinfachten Parallelverfahren nachgewiesen werden.

Grundsätzliche Überlegungen zur Nachhaltigkeit von vor allem Biomasse und den entsprechenden Rückwirkungen auf die Primärenergie- und CO₂-Faktoren und die primärenergetische Bewertung von Erneuerbaren Energien sind wichtige Randbedingungen. Diese werden allerdings nicht im Rahmen dieses Projektes adressiert, sondern im Parallelvorhaben zu den Primärenergiefaktoren.

2.2 Ausgestaltungsvorschlag für eine Parallelanforderung

Im Rahmen des Aufgabenverständnisses besteht die Notwendigkeit einer einfachen Nachweisführung, denn der Anreiz für kompaktes Bauen muss mit einem *offensichtlichen Vorteil* für den Anwender verbunden werden, wenn der vereinfachte Nachweis *parallel* zum Referenzgebäudeverfahren möglich sein soll.

Aus diesem Grund sollte das parallele Nachweisverfahren *ohne Softwarenutzung* oder aufwendiges Rechenprogramm auskommen, denn nur dann ist ein entsprechend großer Anreiz gegeben. Sobald eine Software eingesetzt wird, kann das Referenzgebäudeverfahren ohne weitere Eingaben angewendet werden und der Anreiz für kompaktes Bauen würde nicht greifen.

Folgende **Anreizziele** werden im Planungsprozess in Anlehnung an die oben ausgeführten Randbedingungen verfolgt:

1. Anreiz zur Kompaktheit (Wohnfläche im Bezug zur Außenfläche)
2. Hohe Qualität der Gebäudehülle (Begrenzung der Fensterflächenanteile bei ungünstigen Orientierungen)
3. Realistische Abschätzung solarer Gewinne (Anteile von südorientierten Fenstern)
4. Einfache Auswahl der möglichen Anlagentechnik

Die **Aufgabe** besteht nun darin, möglichst wenige Kenngrößen auszuwählen, die ausreichend sind die beeinflussbaren Stellgrößen abzubilden und einfach genug sind, eine Softwarelösung zu vermeiden. Das Abstellen auf die Haupt-Anforderungsgröße Primärenergie erscheint als nicht geeignet, da eine Softwarelösung notwendig wäre oder sehr viele Vereinfachungen im Rechenverfahren gemacht werden müssten.

Vielmehr führt der hier gefundene **Lösungsansatz** zum vereinfachte Nachweisverfahren „**EnEVeco**“, welches aus den folgenden 2 Schritten besteht:

- Schritt 1: Definition des Grenzwertes für die neue Kenngröße „Äquivalenter Transmissionswärmeverlust“ (Betrachtung der Stellgrößen 1-3)
- Schritt 2: Definition von Anlagentechnikvarianten, die in Kombination mit Schritt 1 zu einer Erfüllung der EnEV-Anforderungen führen (Betrachtung der Stellgröße 4)

Anmerkung: Der Heizwärmebedarf ist als mögliche Kenngröße weniger geeignet, da er zu keiner ausreichenden Vereinfachung gegenüber dem bestehenden Nachweisverfahren führt. Es müsste nach wie vor eine Software genutzt werden, um den Nachweis zu führen, da z.B. die Ermittlung der Lüftungsverluste und der anzurechnenden Wärmegewinne aus der Anlagentechnik nicht auf vereinfachtem Wege zu ermitteln sind.

Im Folgenden wird zunächst ein Vorschlag für die Kenngröße „Äquivalenter Transmissionswärmeverlust“ als Anreiz für Kompaktheit, Qualität der Gebäudehülle und solare Gewinne vorgestellt. Die Kenngröße soll ohne umfangreiche Berechnungen aus den wesentlichen Planungsgrößen ermittelbar sein. Das nun näher beschriebene neue Nachweisverfahren „EnEVeco“ erfüllt die folgenden Anforderungen:

- **Kompatibilität zu Energieausweis**
Auf Grundlage der EnEV-Gebäudehüllqualität (EnEV2016: U-Werte gem. der aktuellen EnEV, Anlage 1, Tabelle 1) und der ausgewählten Anlagentechnikkombinationen ist es möglich über EnEV-Berechnungen (gem. DIN V 18599) für maßgebliche Standardgeometrien² Maximalwerte für die für den Energieausweis notwendigen Eingangsgrößen (wie Endenergie, Primärenergie und H_{τ}) in Tabellenform in Abhängigkeit von der Gebäudenutzfläche (ähnlich EnE-Veasy) zu ermitteln.
- **Einhaltung der bestehenden gesetzlichen Anforderungen (EnEV, EEWärmeG)**
Bei der Kombination aus der neuen Kenngröße „Äquivalenter Transmissionswärmeverlust“ und der erlaubten Anlagentechnik wird sichergestellt, dass die Anforderungen an die EnEV und das EEWärmeG eingehalten werden (Erläuterungen folgen weiter unten).
- **Einhaltung des sommerlichen Wärmeschutzes**
Durch die Vorgabe von fixen Fensterflächenanteilen bei den Standardgeometrien werden grundsätzliche Anreize geschaffen die Fensterflächen zu begrenzen. Dies wirkt sich positiv auf den sommerlichen Wärmeschutz aus. Zudem soll das vereinfachte Nachweisverfahren nicht von der Nachweispflicht des sommerlichen Wärmeschutzes gem. DIN 4108-2 entbinden.

² Nähere Spezifikationen, siehe weitere Ausführungen

- **Materielle Vorteile für kompakte Gebäude**

Der Anreiz des vereinfachten Verfahrens kompakter zu bauen führt für den Bauherrn zu diversen materiellen Vorteilen. Die kompakte Bauweise reduziert den Materialverbrauch der Gebäudehülle (Außenwand, Dach, etc.) und ist dadurch auch ökonomisch attraktiver. Zudem verringern sich durch weniger wärmetauschende Flächen die Energieverluste und damit der Heizwärmebedarf und die Energiekosten. Weiterhin können bei der Wahl des vereinfachten Verfahrens Planungskosten gespart werden (Softwareeingabe, etc).

Bei Nichtwohngebäuden nimmt die Anlagentechnik gegenüber (der Kompaktheit) der Gebäudehülle i.d.R. eine deutlich wichtigere Rolle ein als bei Wohngebäuden. Da bei Nichtwohngebäuden auch der Beleuchtungs- und häufig auch der Kühlungsbedarf eine Rolle spielen, ist eine Vereinfachung durch Festlegung einer zentralen Effizienz-Kenngröße nicht sinnvoll. Nicht zuletzt ist bei Nichtwohngebäuden der Anteil des Berechnungsaufwandes für einen EnEV-Nachweis an den Gesamtkosten im Vergleich zu Ein- und Zweifamilienhäusern deutlich geringer, so dass auch die finanzielle Anreizwirkung geringer wäre. *Es wird daher vorgeschlagen für Nichtwohngebäude auf eine Öffnungsregelung in Form eines vereinfachten Rechenverfahrens zu verzichten.*

„EnEVeco“ - Schritt 1

Zunächst wird die neue Kenngröße „Äquivalente Transmissionswärmeverluste“ definiert (A) und im Anschluss beschrieben wie Grenzwerte festgelegt werden sollen (B).

A) Definition der neuen Kenngröße „Äquivalente Transmissionswärmeverluste“

Die neue Kenngröße schafft einen Anreiz für Kompaktheit, Qualität der Gebäudehülle und solare Gewinne:

$$H_{T'_{\text{äq}}, W_{\text{fl}}} = \text{„Äquivalente Transmissionswärmeverluste“} \\ = (H_{T'_{\text{s}, \text{äq}}} * A_{\text{Hülle}}) / A_{W_{\text{fl}}} \quad [\text{W}/(\text{m}^2 A_{W_{\text{fl}}}\cdot\text{K})]$$

mit Berücksichtigung von solaren Wärmegewinnen für Südfenster³ (Südost bis Südwest) über einen konservativen äquivalenten U_w -Wert⁴ bei der Ermittlung von $H_{T'_{\text{s}, \text{äq}}}$:

$$U_{w, S, \text{äq}} = \text{„Äquivalenter } U_w\text{-Wert für Südfenster“} \\ = U_{w, S} - 0,66 * g \text{ (verschattet}^5, \text{ worst case Annahmen)}$$

³ Anmerkung: Äquivalente U-Werte sind auch für Nord-, Ost- und Westfenster sinnvoll. In diesem Ansatz wurde aus Gründen der Vereinfachung zunächst der Fokus auf die Südfenster gelegt.

⁴ In Anlehnung an die Ermittlung der solaren Gewinne gem. DIN V 18599-2 und der solaren Strahlungsintensitäten der Heizmonate Oktober bis März der DIN V 18599-10. Alle Annahmen wurden „auf der sicheren Seite“ gewählt (z.B. Südweststrahlung anstatt Südstrahlung (s. Tabelle E.6 der DIN V 18599-10), Rahmenanteil der Fenster 30% anstatt geringer, bauliche Verschattung $F_h = 0,28$ aufgrund nach Norm maximal möglicher Horizontverschattung mit Horizontwinkel = 40° (s. Tabelle A.1 in DIN V 18599-2), Ausnutzungsgrad der solaren Gewinne $\mu = 0,8$ anstatt oftmals 0,9).

Die Formel zur Ermittlung des äquivalenten U-Werts der Südfenster wurde aus der folgenden Gleichung und den obigen Annahmen „auf der sicheren Seite“ hergeleitet:

$$U_{w, S, \text{äq}} = U_w - F_f * I_s * g_{\text{eff}} * \mu / G_t$$

= Fenster-U-Wert – Rahmenanteil * mittlere durchschnittliche Solarstrahlung * wirksamer g-Wert * Ausnutzungsgrad Wärmegewinne / Gradtage

Die Vorteile dieser Anforderungsgröße sind:

- Anreiz für **Kompaktheit** über Bezug auf A_{Wfl}^6 anstelle von $A_{Hülle}$ oder A/V , A_N bevorteilt im Vergleich zu A_{Wfl} jedoch Lufträume etc.
- Durch Einbeziehung der solaren Gewinne auf der Südseite ($U_{w,s,äq}$) wird der Fakt hervorgehoben, dass die Orientierung der Fenster mindestens von gleicher Bedeutung wie deren Qualität ist. (Anreiz: **sinnvolle Anordnung von Fensterflächen**)
- Erhaltung der architektonischen Freiheit, da in den Kennwert viele Kerngrößen (Fensteranteil, Fensterorientierung, Bauteilqualitäten und Geometrien) eingehen
- **Einfach nachvollziehbare Berechnung** (Im Vergleich zum Verfahren nach DIN V 18599 oder DIN 4108 / DIN 4701)

B) Festlegung der Grenzwerte für die „Äquivalenten Transmissionswärmeverluste“

Die Grenzwerte für die neue Kenngröße sollen im Einklang mit den bestehenden Anforderungen (EnEV 2016) stehen. Bei der **Ausgestaltung der Grenzwerte** für Äquivalente Transmissionsverluste gibt es grundsätzlich mehrere Möglichkeiten:

1. Einen festen Grenzwert unabhängig vom Gebäudetyp festlegen.
2. Einen festen Grenzwert pro Gebäudetyp (Ein/Zwei- oder Mehrfamilienhaus) festlegen.
3. Einen variablen Grenzwert in Abhängigkeit von der Wohnfläche⁷ (als Maß für die Gebäudegröße) und dem Gebäudetyp festlegen.

Ein Aufstellung dieser Optionen mit Vor- bzw. Nachteilen ist in

Tabelle 3 gegeben.

⁶ Bei der Wohnfläche stellt sich die Frage, ob die tatsächliche Wohnfläche nach Wohnflächenverordnung oder die beheizte Wohnfläche angenommen werden sollte. Terrassen, Loggien, Dachschrägen, aber auch beheizte Kellerräume sind ggf. Teil der Wohnfläche nach Wohnflächenverordnung (was zu Verzerrungen führen würde).

⁷ Die Wohnfläche einer Wohnung umfasst die Grundflächen der Räume, die ausschließlich zu dieser Wohnung gehören. (...)

Zur Wohnfläche gehören: (...) Wintergärten, Schwimmbädern und ähnlichen nach allen Seiten geschlossenen Räumen sowie Balkonen, Loggien, Dachgärten und Terrassen, wenn sie ausschließlich zu der Wohnung oder dem Wohnheim gehören. WoFIV §2, (2), 1.-2.

Zur Wohnfläche gehören nicht: (...) Kellerräume, Abstellräume / Kellerersatzräume außerhalb der Wohnung, Waschküchen, Bodenräume, Trockenräume, Heizungsräume, Garagen, Räume, die nicht (...) Anforderungen des Bauordnungsrechts der Länder genügen, sowie Geschäftsräume. WoFIV §2, (3), 1.-3.

Außer Betracht bleiben auch: Schornsteine, Vormauerungen, Bekleidungen, freistehende Pfeiler und Säulen (...), Treppen mit über drei Steigungen und deren Treppenabsätze, Türnischen und Fenster- und offene Wandnischen (...) WoFIV §3, (3), 1.-4.

Anrechnung der Flächen: Die Grundflächen (...) mit einer lichten Höhe von mindestens 2 Metern (...) vollständig, (...) von mindestens 1 Meter und weniger als 2 Metern (...) zur Hälfte, von unbeheizbaren Wintergärten, Schwimmbädern und ähnlichen nach allen Seiten geschlossenen Räumen (...) zur Hälfte, von Balkonen, Loggien, Dachgärten und Terrassen (...) in der Regel zu einem Viertel, höchstens jedoch zur Hälfte (...) WoFIV §4, 1.-4.

Daraus folgt, dass Kellerflächen aus der Wohnfläche ausgeschlossen sind und Laubengänge (sofern sie ausschließlich zu der Wohnung gehören) entweder zu einem Viertel oder zur Hälfte zur Wohnfläche angerechnet werden (ähnlich Balkone, Loggien). Verkehrsflächen (z.B. Treppenhäuser, Flure, Aufzugsschächte) werden unterschiedlich behandelt. Treppen (> 3 Geschosse) werden ausgeschlossen, Flure und weitere Verkehrsfläche mit mehr als 2 Metern lichter Raumhöhe eingeschlossen (zwischen 1 und 2 Metern zur Hälfte). Auch Garagen sind nicht Teil der Wohnfläche.

Tabelle 3: Ausgestaltungsoptionen der Grenzwerte für den „äquivalenten Transmissionswärmeverlust“

Option	Ein Grenzwert unabhängig vom Gebäudetyp	Pro Gebäudetyp ⁸ ein fester Grenzwert	Variabler Grenzwert abhängig von Wohnfläche und Gebäudetyp
Vorteile	- sehr einfach - Kompaktheit und Fens- tergestaltung werden be- rücksichtigt	- Einfach - Kompaktheit und Fens- tergestaltung werden be- rücksichtigt	- Die Anforderungen an Hüllqualität bleiben, wie bisher, unabhängig von Gebäudegröße oder -typ - Kompaktheit und Fens- tergestaltung werden zu- sätzlich berücksichtigt
Nach- teile	- Schwächere Anforderun- gen für große Gebäude - Voraussichtlich zu ambiti- onierte Anforderungen für EFHs notwendig	- Schwächere Anforderun- gen für große Gebäude in einer Gebäudeklasse (e.g. für Luxus-EFHs). Lösungsmöglichkeit: Eli- minierung des Wohnflä- chenbezugs => siehe Be- schreibung im Text	- Nicht so verständlich wie fester Grenzwert
Gesamt- bewer- tung	- Aufgrund des großen Nachteils für EFHs nicht zu empfehlen	- Nicht zu empfehlen, da Zielrichtung der Anreize kritisch - Bei Eliminierung des Wohnflächenbezugs wür- den Anforderungen für größere deutlich ver- schärft	- Schafft die richtigen Anreize und erscheint praktikabel → Wird weiterverfolgt

Gemäß der obigen Tabelle wird eine Grenzwertgleichung in Abhängigkeit von der Wohnfläche (und des Gebäudetyps) gewählt.

Die vorgeschlagene Grenzwertformel berücksichtigt ein Referenzgebäude mit den folgenden Randbedingungen:

- Die Anbausituation (z.B. freistehend / einseitig / beidseitig angebaut) wird entsprechend des nachzuweisenden Gebäudes berücksichtigt.
- Quaderform: Rechteckgrundfläche (L:B = 1:2) mit Flachdach
- Kein Keller oder Dachboden
- Geschossanzahl
 - 2 Geschosse (EFH, DHH, RMH, bis 2 Wohneinheiten)
 - 4 Geschosse (MFH, ab 3 Wohneinheiten)

⁸ Es werden zwei Gebäudetypen unterschieden „Ein- und Zweifamilienhäuser“ und „Mehrfamilienhäuser bzw. Geschosswohnungsbauten“. Nichtwohngebäude werden aus den zuvor beschriebenen Gründen nicht betrachtet.

- Mittlere Geschosshöhe: 2,75 m
- U-Werte gem. Referenzausführung nach EnEV 2016 Anlage 1, Tabelle 1
- Fensterflächenanteile aller Orientierungen⁹ = 20% (Fensterfläche / Bruttoaußenwandfläche)
- Berücksichtigung der solaren Gewinne durch verschattete Südfenster über einen äquivalenten U_w-Wert (s.o.)

Für das zuvor beschriebene Referenzgebäude ergibt sich die folgende Grenzwertgleichung:

$$H'_{T\text{äq},Wfl} = \{f_{AW} \cdot a \cdot A_{Wfl}^{-\frac{1}{2}} + b\} \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

mit

$H'_{T\text{äq},Wfl}$: Äquivalenter Transmissionswärmeverlust mit Wohnflächenbezug, W / (m²·K)

f_{AW} : Faktor für Anteil der nicht angebauten Außenwandflächen, %¹⁰

a : Gebäudetypspezifische Konstante (EFH: $a = 9,9$; MFH: $a = 14,0$), W / (m⁴·K)

A_{Wfl} : Wohnfläche gemäß Wohnflächenverordnung (WoFIV), m²

b : Gebäudetypspezifische Konstante (EFH: $b = 0,31$; MFH: $b = 0,16$), W / (m²·K)

Die gebäudetypspezifischen Konstanten berücksichtigen die oben genannten Randbedingungen und unterscheiden sich für EFH und MFH aufgrund der abweichenden Geschossanzahl (EFH: 2 Geschosse, MFH: 4 Geschosse).

Eine grafische Darstellung und quantitative Bewertung findet in Abschnitt 2.3.1 statt.

Alternativ zu der spezifizierten Grenzwertgleichung wäre es auch möglich wohnflächenklassenspezifische Grenzwerte einzuführen. Die Klassengrenzen könnten dabei durch die Werte für die maximalen Wohnflächen innerhalb der Klassengrenze definiert werden. Zur Berücksichtigung des Anbauanteils könnten ebenfalls entsprechende Klassen gebildet werden, die entsprechend durch die Obergrenzen der angebauten Außenwandanteile definiert werden könnten. Tabelle 4 zeigt die resultierenden Grenzwerte für Ein- und Zweifamilienhäuser.

Tabelle 4: Grenzwerttabelle $H'_{T\text{äq},Wfl}$ für Ein- und Zweifamilienhäuser

Wohnflächenklasse	Grenzwert $H'_{T\text{äq},Wfl}$ freistehend [W/m ² K]	Grenzwert $H'_{T\text{äq},Wfl}$ max. 33 % angebaut ¹¹ [W/m ² K]	Grenzwert $H'_{T\text{äq},Wfl}$ max. 67 % angebaut ¹² [W/m ² K]
-------------------	--	---	---

⁹ In Anlehnung an die TABULA EFH-Referenzgebäude für Deutschland gewählt (http://episcopo.eu/fileadmin/tabula/public/docs/report/TA-BULA_TR2_D8_NationalEnergyBalances.pdf)

¹⁰ $f_{AW} = 100\%$ entspricht einem freistehenden Gebäude

¹¹ max. 33 %, bezogen auf die Brutto-Außenwandfläche (typisch: Doppelhaushälfte oder Reihenendhaus)

¹² max. 67 %, bezogen auf die Brutto-Außenwandfläche (typisch: Reihemittelhaus)

Bis 100 m ²	1,30	0,96	0,64
>100 m ² bis 125 m ² ¹³	1,20	0,89	0,60
>125 m ² bis 150 m ²	1,12	0,84	0,58
>150 m ² bis 200 m ²	1,01	0,77	0,54
>200 m ² bis 300 m ²	0,88	0,69	0,50
Größer 300 m ²	0,75	0,60	0,46

Für Ein- und Zweifamilienhäuser mit einem angebauten Außenwandanteil von > 67 % könnte ein Grenzwert von 0,31 W/m²K, entsprechend dem Gleichungswert für $f_{AW} = 0$ berücksichtigt werden.

Tabelle 5 zeigt die resultierenden Grenzwerte für Mehrfamilienhäuser.

Tabelle 5: Grenzwerttabelle $H'_{T\ddot{a}q,Wfl}$ für Mehrfamilienhäuser

Wohnflächenklasse	Grenzwert $H'_{T\ddot{a}q,Wfl}$ freistehend [W/m ² K]	Grenzwert $H'_{T\ddot{a}q,Wfl}$ max. 33 % angebaut ¹⁴ [W/m ² K]	Grenzwert $H'_{T\ddot{a}q,Wfl}$ max. 67 % angebaut ¹⁵ [W/m ² K]
Bis 200 m ²	1,15	0,81	0,49
>200 m ² bis 300 m ²	0,97	0,69	0,43
>300 m ² bis 500 m ²	0,79	0,57	0,37
>500 m ² bis 1000 m ²	0,60	0,45	0,31
>1000 m ² bis 2000 m ²	0,47	0,37	0,26
Größer 2000 m ²	0,40	0,32	0,24

Für Mehrfamilienhäuser mit einem angebauten Außenwandanteil von > 67 % könnte ein Grenzwert von 0,16 W/m²K, entsprechend dem Gleichungswert für $f_{AW} = 0$ berücksichtigt werden.

Als weitere Alternative wäre es darüber hinaus auch denkbar jeweils nur einen Grenzwert (pro Gebäudetyp und Anbauklasse) vorzugeben. Um dabei dem in den Tabellen angedeuteten Problem der kritischen Zielrichtung (höhere Anforderungen für kleinere Gebäude) zu entgegenen, sollte dabei jedoch der Wohnflächenbezug eliminiert werden. Ausgehend von dem $H'_{T\ddot{a}q,Wfl}$ - **Grenzwert** für ein sehr kleines freistehendes Einfamilienhaus mit 100 m² Wohnfläche ergäbe sich dementsprechend ein Grenzwert für den neuen **absoluten äquivalenten Transmissionswärmeverlust** $H_{T\ddot{a}q}$ für alle **freistehenden Ein- und Zweifamilienhäuser**¹⁶ von:

Freistehend: **130 W/K** (= 1,3 W/m²K x 100 m²)

¹³ Zur Vereinfachung (5 statt 6 Klassen) wäre es auch möglich diese Klasse wegzulassen und die nächstgrößere Klasse von <100 m² bis 150 m² zu definieren

¹⁴ max. 33 %, bezogen auf die Brutto-Außenwandfläche (typisch: Einseitig Angebautes MFH)

¹⁵ max. 66 %, bezogen auf die Brutto-Außenwandfläche (typisch: MFH in Blockrandbebauung)

¹⁶ Zu klären dabei wäre, wie man mit E-,ZFHs unter 100 m² Wohnfläche umgehen sollte, für die dies ein Abschwächung der Anforderung bedeuten würde

Für **angebaute Ein- und Zweifamilienhäuser** könnten entsprechend bei
bis zu **33 % Anbauanteil: 96 W/K** und bei
bis zu **67 % Anbauanteil: 64 W/K**
als Grenzwerte definiert werden.

Für **Mehrfamilienhäuser und Geschosswohnungsbauten** könnten auf der Basis eines sehr kleinen MFHs von 280 m² Wohnfläche¹⁷ entsprechend die folgenden Grenzwerte festgelegt werden:

Freistehend: 100 W/K
bis zu **33 % Anbauanteil: 71 W/K** und bei
bis zu **67 % Anbauanteil: 44 W/K**

„EnEVeco“ - Schritt 2:

In einem zweiten Schritt müssen die zulässigen Anlagentechnikvarianten definiert werden, die in Kombination mit Schritt 1 zu einer Erfüllung der EnEV2016-Anforderungen (Q_p-Anforderungswert EnEV2014-25%) führen. Hierzu müssen in einer Folgeuntersuchung für das unter Schritt 1 beschriebene Grenzwert-Referenzgebäude entsprechende Nachweis-Berechnungen durchgeführt werden.

Mögliche Erfüllungsvarianten (ohne Nachweis) unter Berücksichtigung der Studie „*Begleitende Untersuchungen zur Weiterentwicklung der energetischen Mindestanforderungen an Gebäude mit der EnEV 2017*“ wären z.B.

- Gas-Brennwertkessel (mit Solarthermie und Lüftung mit WRG, Minimaleffizienz gem. EEWärmeG)¹⁸
- Luft-Wärmepumpe (Minimaleffizienz gem. EEWärmeG)
- Sole-Wärmepumpe (Minimaleffizienz gem. EEWärmeG)
- Pelletkessel (Minimaleffizienz gem. EEWärmeG)

Die notwendigen Eingangsgrößen für den Energieausweis (wie Endenergie, Primärenergie und H_T) könnten entweder als Maximalwerte in Tabellenform in Abhängigkeit von Gebäudenutzflächenklassen (ähnlich EnEVeasy) und/oder Wohnflächenklassen angegeben werden (siehe Abbildung 1) oder jeweils als einzelner Wert (pro Gebäudetyp und Anbauklasse) bei einer Umsetzung der zuvor beschriebenen zweiten Alternative der Einzelgrenzwerte des absoluten äquivalenten Transmissionswärmeverlustes.

¹⁷ Zu klären dabei wäre, wie man mit MFHs unter 280 m² Wohnfläche umgehen sollte, für die dies ein Abschwächung der Anforderung bedeuten würde

¹⁸ Wahrscheinlich müssten für die Erfüllungsvarianten Gas- (und Öl-)kessel strengere Anforderungen an den Grenzwert des (ggf. absoluten) äquivalenten Transmissionswärmeverlustes definiert werden

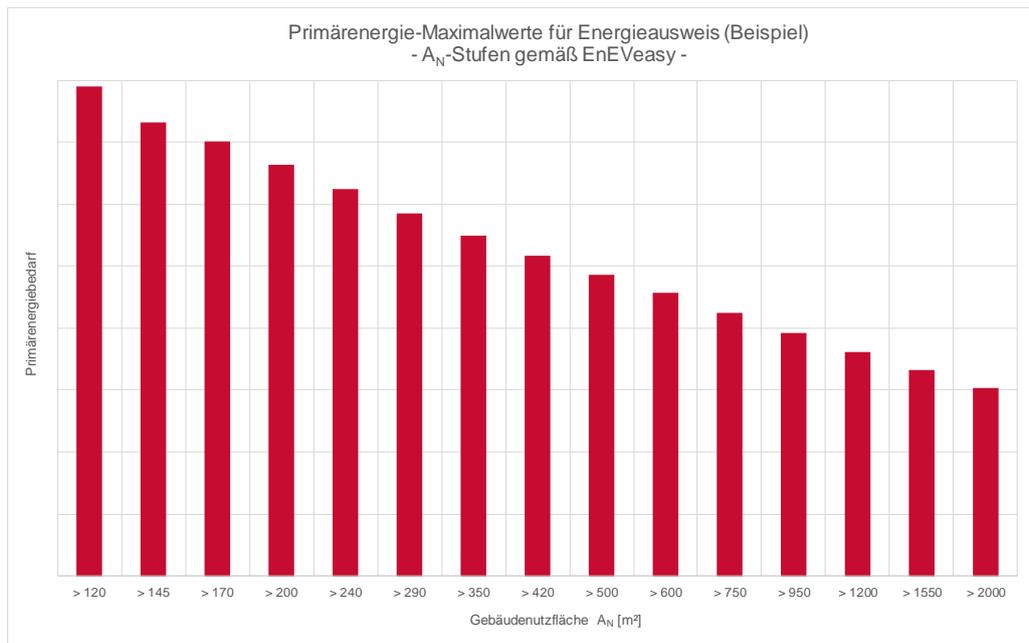


Abbildung 1: Beispielhafte Darstellung der Primärenergiemaximalwerte für die Energieausweisverwendung

Durch das neue Verfahren „EnEvec“ wäre somit sichergestellt, dass sowohl die EnEV-Anforderungen als auch die Anforderungen an das EEWärmeG sichergestellt würden.

2.3 Bewertung und Validierung des Vorschlags zur Parallelanforderung

Die vorgeschlagene Ausgestaltung der Parallelanforderung wird im Folgenden qualitativ und quantitativ bewertet. Dabei findet eine Betrachtung anhand von Typgebäuden (Beispielen) statt.

2.3.1 Qualitative Bewertung

Aus der Perspektive der Bauherren und Planer macht die Einführung der Parallelanforderung zum Referenzgebäudeverfahren nur dann Sinn, wenn sich für die betroffenen Akteure damit ein materieller Vorteil verbindet. Da sich dieser materielle Vorteil nicht in Form eines geringeren Anforderungsniveaus (und damit geringeren Bau-Ausführungskosten) manifestieren sollte, müsste der Vorteil zum Beispiel aus einem geringeren Planungsaufwand (und damit geringeren Planungskosten) resultieren. Wie oben dargestellt, liegt ein solcher Vorteil allerdings nur dann vor, wenn das parallele Nachweisverfahren ohne Softwarenutzung oder aufwendiges Rechenprogramm auskommt.

Konkret verbinden sich mit dem parallelen Nachweisverfahren für Bauherren folgende Vorteile:

- Geringere Planungskosten, da Verzicht auf die Verwendung eines aufwändigen Rechenprogramms (bezogen auf die gesamten Kosten eines Neubaufvorhabens ist dieser finanzielle Kostenvorteil allerdings gering).

- Bessere Verständlichkeit durch die Reduktion der Anforderung auf zwei Anforderungen (äquivalenter Transmissionswärmeverlust als übergreifender Indikator für die Effizienz der Gebäudehülle/Kompaktheit/solare Gewinne sowie zulässigen Anlagentechnikvarianten).

Die Vorteile aus Sicht der Planer umfassen¹⁹:

- Bewertung dessen, was der Planer konkret im Rahmen der Gebäudeplanung beeinflussen kann.
- Geringere Fehleranfälligkeit (im Gegensatz zur Komplexität des Referenzgebäudeverfahrens und der Anwendung der damit verbundenen komplexen technischen Normen).

2.3.2 Quantitative Bewertung

Im Folgenden wird der Vorschlag der neuen Öffnungsregelung konkretisiert und analysiert. Dazu wird Betrachtung der Anforderungskennwerte im Vergleich zu der in der Studie *„Begleitende Untersuchungen zur Weiterentwicklung der energetischen Mindestanforderungen an Gebäude mit der EnEV 2017: Wirtschaftlichkeit, Anforderungsmethodik und bilanzielle Randbedingungen“* durchgeführt.

Die folgende Abbildung 2 visualisiert die Grenzwertkurve exemplarisch für freistehende Einfamilienhäuser ($f_{AW} = 1$, rot gestrichelt) und veranschaulicht inwieweit eine Auswahl von Gebäuden den Grenzwert unter Berücksichtigung der U-Werte gemäß EnEV2016 Anlage 1, Tabelle 1 erreichen. Dazu werden die Einfamilienhäuser aus den Studien

- *„Begleitende Untersuchungen zur Weiterentwicklung der energetischen Mindestanforderungen an Gebäude mit der EnEV 2017“* (EFHklein_oKe, EFHklein_mKe, EFHgross_mKe) und
- *„Deutsche Wohngebäudetypologie - Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden“* (TABULA_EFH-Neubau_ab 2010)

und drei weitere realisierte Architektenhäuser gezeigt (Reales Gebäude 1-3).

¹⁹ Für den Planer wird der geringere Planungsaufwand nicht den Vorteilen zugeordnet, da ihm dann die Erlöse, die mit einem höheren Planungsaufwand einhergehen, entgehen.

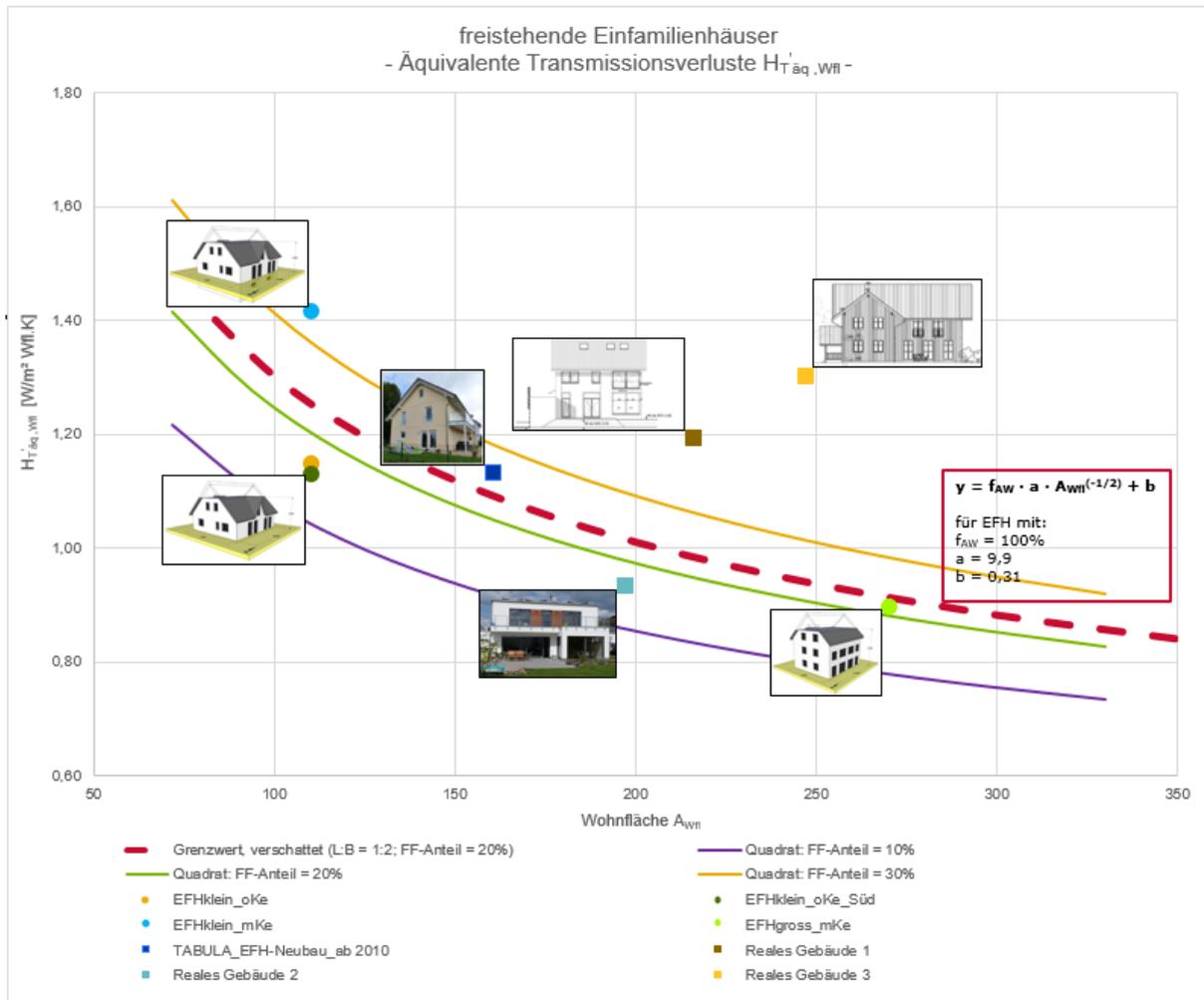


Abbildung 2: Äquivalente Transmissionsverluste für freistehende Einfamilienhäuser, Grenzwertkurve und Beispiele

Die obige Abbildung zeigt den Einfluss der für die Erreichung der neuen Kenngröße Äquivalente Transmissionsverluste maßgeblichen Faktoren auf:

- Kompaktheit (mit Bezug auf den Wohnflächenbezug)
 - Grundfläche
 - Geschosshöhen
 - Geschossanzahl
 - Mit/Ohne beheiztem Keller
Hinweis: Der Keller ist nicht Bestandteil der Wohnfläche. Kein Keller hilft der Kompaktheit.
 - Mit/Ohne gedämmter oberster Geschosdecke
Hinweis: Die Fläche im Spitzboden (Satteldach) ist erst ab 2 m voller Bestandteil der Wohnfläche. Dämmung der obersten Geschosdecke hilft der Kompaktheit.
- Fensterflächenanteile
 - Gesamt
 - Süd

Die oben genannten Randbedingungen der Grenzwertkurve bestimmen maßgeblich welche Gebäude in Abbildung 2 in der Lage sind den Grenzwert einzuhalten (wesentliche Randbedingungen des Grenzwertgebäudes: Quadergeometrie 1:2, 2 Geschosse mit 2,75m, ohne beheizten Keller und mit Flachdach, Fensterflächenanteil 20%).

Die Gebäude, die den Grenzwert einhalten sind (nach aufsteigender Wohnfläche sortiert):

- **Quadrat: FF-Anteil = 10 bzw. 20%** (Grenzwert ca. - 5 bzw. - 17%)
Gründe: Kompakt (Flachdach, niedrige Geschosshöhen, ohne Keller), FF-Anteil 10 bzw. 20 % ≤ Grenzwertgebäude 20%
- **EFHklein_oKe** (Grenzwert - 8%)
Gründe: Kompakt (niedrige Geschosshöhen, ohne Keller, mit oberster Geschossdecke), FF-Anteil 18% < Grenzwertgebäude 20%
→ Relevantestes Gebäude erfüllt Anforderung
- **Reales Gebäude 2** (Grenzwert - 7%)
Gründe: Kompakt (moderate Geschosshöhen, ohne Keller, mit Flachdach), FF-Anteil 25% > Grenzwertgebäude 20% aber fast 60% aller Fenster auf Südseite
- **EFHgross_mKe** (Grenzwert - 1%)
Gründe: Kompakt (niedrige Geschosshöhen, 3 anstatt 2 Geschosse, mit Keller, mit oberster Geschossdecke), FF-Anteil 17% < Grenzwertgebäude 20%
→ Keller ist kein Ausschlusskriterium für die Parallelanforderung

Die Gebäude, die den Grenzwert nicht einhalten sind (nach aufsteigender Wohnfläche sortiert):

- **Quadrat: FF-Anteil = 30%** (Grenzwert ca. + 10%)
Gründe: Kompakt (Flachdach, niedrige Geschosshöhen, ohne Keller) aber FF-Anteil 30 % > Grenzwertgebäude 20%
→ FF-Anteil hier entscheidender als Kompaktheit
- **EFHklein_mKe** (Grenzwert + 13%)
Gründe: Nicht kompakt (niedrige Geschosshöhen, mit Keller, mit oberster Geschossdecke), FF-Anteil 19% < Grenzwertgebäude 20%
→ Keller, der nicht zur Wohnfläche zählt entscheidender als die Geschosshöhen und der FF-Anteil
- **TABULA-EFH** (Grenzwert + 5%)
Gründe: Nicht kompakt (niedrige Geschosshöhen, ohne Keller, mit Satteldach/Dachboden), FF-Anteil 16% < Grenzwertgebäude 20%
→ Dachboden mit geringen Anteilen, die zur Wohnfläche zählen (> 2 m Höhe), verhindert gute Kompaktheit
- **Reales Gebäude 1** (Grenzwert + 22%)
Gründe: Nicht kompakt (hohe Geschosshöhen, ohne Keller, mit Satteldach/Dachboden), FF-Anteil 27% > Grenzwertgebäude 20% und nur 26% aller Fenster auf Südseite
- **Reales Gebäude 3** (Grenzwert + 39%)
Gründe: Nicht kompakt (hohe Geschosshöhen, mit Keller, mit Satteldach/Dachboden), FF-Anteil 19% < Grenzwertgebäude 20% und nur 33% aller Fenster auf Südseite

Ein nachvollziehbares Zahlenbeispiel zur Ermittlung des äquivalenten Transmissionswärmeverlustes für ein Beispielgebäude (EFHklein mit und ohne Keller) befindet sich im Anhang.

Die angebauten Gebäuden (DHH, RMH) aus der Studie „*Begleitende Untersuchungen zur Weiterentwicklung der energetischen Mindestanforderungen an Gebäude mit der EnEV 2017*“ (DHH, RMH, nicht in Abbildung 2 dargestellt) liegen leicht bis relativ stark oberhalb des errechneten Grenzwertes (ca. +6 bis +26%). Die starke Abweichung vom über die Formel festgelegten Grenzwert beim Reihemittelhaus resultiert einerseits aus der Kellerfläche, die die Außenwandfläche und damit die äquivalenten Transmissionsverluste erhöht, aber nicht zur Wohnfläche zählt und andererseits aus der Tatsache, dass keine Südfenster vorhanden sind.

Fazit: Durch die dargestellte Festlegung des Grenzwertes wird der gewünschte Effekt der Honorierung einer wohnflächenoptimierten, kompakten Bauweise und einer effizienzorientierten Fensteranordnung maßvoll Rechnung getragen. Um zu verhindern, dass die Gebäudehüllqualität bei besonders kompakten Gebäude mit geringem und sehr günstig orientierten Fensterflächenanteilen weniger ambitioniert gewählt wird, werden als Nebenanforderung die U-Werte des EnEV-Referenzgebäudes vorgeschrieben.

3 Übersicht und Bewertung alternativer Regelungsmodelle

In diesem Kapitel werden unterschiedliche alternative Regelungsmodelle untersucht und bewertet.

Zunächst werden dabei die Ansatzpunkte der Anforderungen im aktuellen Ordnungsrecht aufgezeigt (Kapitel 3.1).

In Kapitel 3.2 wird eine Übersicht möglicher Ausgestaltungsmöglichkeiten des Anforderungssystems mit Fokus auf Verzicht des Referenzgebäudeverfahrens gegeben.

Im Anschluss (Kapitel 3.2) werden die Auswirkungen einer Umstellung auf die Umsetzung und Verständlichkeit der Anforderungen in der Praxis für Bauherrn, Eigentümer und Planer diskutiert.

In Kapitel 3.4 wird Konsistenz der möglichen Ausgestaltungsmöglichkeiten und Kennwertkombinationen hinsichtlich der energiepolitischen Zielarchitektur bewertet, bevor in Kapitel 3.5 schließlich die qualitativen und quantitativen Auswirkungen einer Umstellung der Kennwertkombinationen auf die energetischen Standards durchleuchtet werden.

Ein Übersicht der wesentlichen vier im Folgenden berücksichtigten Kennwertkombinationen zeigt Tabelle 6.

Tabelle 6: Zu untersuchende Kennwertkombinationen für die Anforderungssysteme

Option 0	Jahresprimärenergiebedarf q_p	Transmissionswärmeverlust H_T bzw. Wärmedurchgangskoeffizient \bar{U}	Mindestdeckungsanteil EE am Wärmeenergiebedarf q_{outg}
Option 1	CO ₂ -Emissionen	Wärmeenergiebedarf q_{outg}	Mindestdeckungsanteil EE am Wärmeenergiebedarf q_{outg}
Option 2	CO ₂ -Emissionen	Endenergiebedarf	Mindestdeckungsanteil EE am Endenergiebedarf
Option 3	Jahresprimärenergiebedarf q_p	Wärmeenergiebedarf q_{outg}	Mindestdeckungsanteil EE am Wärmeenergiebedarf q_{outg}

3.1 Ansatzpunkte der Anforderungen im aktuellen Ordnungsrecht und den alternativen Regelungsmodellen

Abbildung 3 zeigt ein vereinfachtes Energieflussbild von Gebäuden sowie die Stellen, an denen das aktuelle Ordnungsrecht (EnEV und EEWärmeG) sowie die zu untersuchenden alternativen Modelle (Optionen 1 bis 3) greifen. Die Punkte sind jeweils mit Nummern gekennzeichnet und beschreiben folgendes:

- 1) Der Transmissionswärmeverlust adressiert ausschließlich die Qualität der Gebäudehülle (H_T). Aktive Effizienztechnologien (Lüftungsanlagen, Wärmerückgewinnung) wie passive Effizienztechnologien (Kompaktheit, solare Gewinne von Fenstern) werden außer Acht gelassen. Die Nebenanforderung der aktuellen EnEV (Option 0) adressiert den Transmissionswärmeverlust.
- 2) Der gesamte, nicht erneuerbare Primärenergiebedarf des Gebäudes (Gesamteffizienz) wird über die Hauptanforderung der aktuellen EnEV (Option 0) sowie Option 3 adressiert. Auf dieser Bilanzebene lassen sich ebenfalls die CO_2 -Emissionen nach dem Verursacherprinzip bestimmen (Optionen 1 und 2).
- 3) Derzeit werden mit der EnEV nur handelbare Energieträger bilanziert. Nicht handelbare Energieträger, die dem Gebäude von außen zugeführt werden, werden außer Acht gelassen. An diesem Punkt greift Option 2.
- 4) Der Wärmeenergiebedarf stellt die durch den Wärmeerzeuger bereit zu stellende Wärmemenge dar und berücksichtigt sämtliche energetischen Eigenschaften der Gebäudehülle inkl. aktiver (Lüftungsanlagen, Wärmerückgewinnung) und passiver (Solare Gewinne von Fenstern) Effizienztechnologien. Das EEWärmeG fordert einen Mindestanteil an erneuerbarer Energie an der vom Wärmeerzeuger bereitgestellten Wärmemenge (Wärmeenergiebedarf Q_{outg}). Dies wird in allen Optionen beibehalten. Die Optionen 1 und 3 setzen hier zusätzlich die Nebenanforderung an die Energieeffizienz.

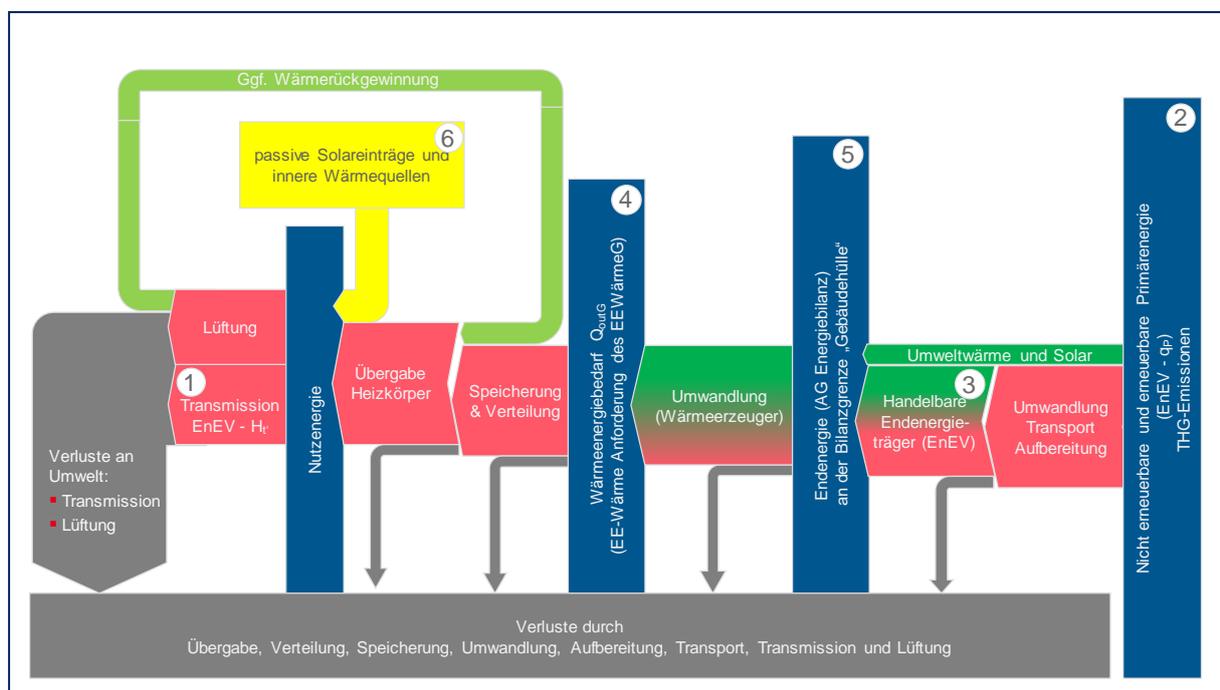


Abbildung 3: Vereinfachtes schematisches Energieflussbild von Gebäuden (Quelle: eigene Darstellung, Prognos)

- 5) Handelbare und nicht handelbare Energieträger, die dem Gebäude von außen zugeführt werden. An diesem Punkt würde Option 2 greifen, wenn der Begriff Endenergieträger auf alle Endenergieträger ausgeweitet werden würde.
- 6) Passive Solareinträge und interne Wärmequellen – Die Summe aus (1) und (6) repräsentiert den äquivalenten Transmissionswärmeverlust (Kapitel 2.2).

3.2 Mögliche Ausgestaltungsmöglichkeiten des Anforderungssystems mit Fokus auf Verzicht des Referenzgebäudeverfahrens

Die aktuell gültigen bzw. alternativen Anforderungssysteme, die in diesem Kapitel näher betrachtet werden, sind Folgende:

- A. Aktuelles EnEV-Anforderungssystem I: Referenzgebäudeverfahren
 - Aktuell gültiges Referenzgebäudeverfahren
- B. Aktuelles EnEV-Anforderungssystem II: Tabellenverfahren EnEVeasy
 - Aktuell gültiges alternatives Regelungsmodell zu Referenzgebäudeverfahren
- C. EnEV 2017 Begleitende Untersuchungen
 - Anpassungen an aktuell gültigem Referenzgebäudeverfahren
- D. Äquivalente Transmissionswärmeverluste $H_{T'_{\text{äq}}}$ (Vorschlag Ecofys)
 - Alternatives Regelungsmodell für die Nebenanforderung H_T durch $H_{T'_{\text{äq}}}$ unter Beibehaltung des Referenzgebäudeverfahrens (Hauptanforderung)
- E. Hamburger Modell: Nachweisverfahren gemäß Hamburgischer Klimaschutzverordnung (Hmb-KliSchVO)
 - Verschärfte Referenzgebäudeanforderung oder alternatives Regelungsmodell mit Kompaktheitsberücksichtigung (Haupt- und Nebenanforderung)
- F. Zusatzmöglichkeit I: Feste Anforderungswerte abhängig von DIN V 18599-Nutzungsprofilen
 - Alternatives Regelungsmodell zu Referenzgebäudeverfahren
- G. Zusatzmöglichkeit II: Fester Anforderungswert unabhängig von DIN V 18599-Nutzungsprofilen
 - Alternatives Regelungsmodell zu Referenzgebäudeverfahren

Die nächsten Kapitel beschreiben die obigen Anforderungssysteme und ordnen sie den Optionen 0 bis 3 zu und gehen auf deren Vor- und Nachteile ein.

Die im Kapitel 2.1 genannten grundsätzlichen **Randbedingungen** für eine vereinfachte Parallelanforderung gelten gleichermaßen für die Umstellung des Anforderungssystems. Zu nennen sind insbesondere die transparente und nachvollziehbare Nachweisführung über einen Grenzwert (bzw. eine Kombination von Grenzwerten), das Beachten der EU-Gesetzgebung (konkret der EPBD) und Ausgestaltung der entsprechenden Kennwerte und die Einhaltung einer Mindesteffizienz der Gebäudehülle sowie das Sicherstellen des Mindestdeckungsanteils an Erneuerbaren Energien. Weiterhin ist die politische Umsetzbarkeit dabei von mindestens so großer Bedeutung wie bei einer möglichen Parallelanforderung, die Grundsätze an Wirtschaftlichkeit und Kostenoptimalität sind gleichermaßen zu beachten. Prinzipiell sollte sich ein Anreiz zum kompakten Bauen ergeben, der sich auf die Teilbereiche erstrecken, die Bauherr und Planer beeinflussen können.

3.2.1 Beschreibung und Einordnung der Anforderungssysteme

Im Folgenden werden die einzelnen Anforderungssysteme dargestellt und jeweils in die Optionen 0 bis 3 aus Tabelle 6 eingeordnet.

A. Aktuelles EnEV-Anforderungssystem I: Referenzgebäudeverfahren

Das aktuell gültige EnEV-Anforderungssystem setzt sich aus den Kenngrößen Primärenergiebedarf (Q_p), Transmissionswärmeverluste (H_T) für Wohngebäude und mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten (\bar{U}) für Nichtwohngebäude zusammen und wird durch den Mindestdeckungsanteil von erneuerbarer Energie am Wärmeenergiebedarf q_{outg} abgerundet. Wesentliches Merkmal des aktuellen Anforderungssystems ist die individualisierte Definition der Anforderungsgrenzwerte über ein Referenzgebäude. Auf die Details des aktuellen Anforderungssystems wird an dieser Stelle nicht eingegangen, da das Anforderungssystem allgemein bekannt ist.

Das aktuell gültige EnEV-Anforderungssystem verwendet mit dem Primärenergiebedarf und dem Transmissionswärmeverlust bzw. der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten die gleichen Kenngrößen wie Option 0.

B. Aktuelles EnEV-Anforderungssystem II: Tabellenverfahren EnEVeasy

Die aktuelle EnEV ermöglicht es alternativ zum Referenzgebäudeverfahren ein Modellgebäudeverfahren für nicht gekühlte **Wohngebäude** anzuwenden (EnEV § 3 Absatz 5), das sogenannte „EnEVeasy“. Das Verfahren ermöglicht für Wohngebäude ein vereinfachtes Nachweisverfahren über Tabellen nach Gebäudegröße und Ausstattungsvariante, wobei alle Ausstattungsvarianten so ausgewählt wurden, dass sie das EEWärmeG erfüllen. Es findet zudem eine Differenzierung für den Anbaugrad der Wohngebäude statt (freistehend, einseitig und zweiseitig angebaut). Der sommerliche Wärmeschutz muss nicht gesondert nachgewiesen werden, da eine Voraussetzung für die Anwendung des EnEVeasy-Tabellenverfahrens die Erfüllung der Kriterien gemäß DIN 4108-2:2013-02 Nummer 8.2.2 Buchstabe b

ist²⁰. Weiterhin gelten einige geometrische Anwendungsvoraussetzungen für die Verwendung des EnEVeasy-Verfahrens, u.a. die Vorgabe von Gesamt- und Nord-Fensterflächenanteilen (jeweils $\leq 30\%$ ²¹).

EnEVeasy gilt für Gebäudegrößen²² A_{GS} zwischen 115 und 2300 m² und somit für alle Einfamilienhäuser und bis mittelgroße Mehrfamilienhäuser. Aus den Angaben vor den Tabellen und den Tabellen pro Ausstattungsvariante können für 15 Gebäudegrößenbereiche (z.B. $A_{GS} = 115-140$ m²) die für den Energieausweis relevanten Kenngrößen abgelesen werden:

- Wesentlicher Energieträger für Heizung und Warmwasser
- Erneuerbare Energien (Art, Verwendung)
- Art der Lüftung
- Angaben zum EEWärmeG (Art, Deckungsanteil)
- Gebäudenutzfläche
- Endenergiebedarf
- Energieeffizienzklasse
- Primärenergiebedarf (Ist- und Anforderungswert)
- Transmissionswärmeverlust H_T' (Ist- und Anforderungswert)

Je nach Ausstattungsvariante, Gebäudegröße und Anbaugrad gelten unterschiedliche Vorgaben an den baulichen Wärmeschutz (Wärmeschutzvarianten H11 bis H53).

Das EnEVeasy-Verfahren verwendet mit dem Primärenergiebedarf und dem Transmissionswärmeverlust die gleichen Kenngrößen für Wohngebäude wie Option 0.

C. EnEV 2017 Begleitende Untersuchungen

In der Studie „*Begleitende Untersuchungen zur Weiterentwicklung der energetischen Mindestanforderungen an Gebäude mit der EnEV 2017: Wirtschaftlichkeit, Anforderungsmethodik und bilanzielle Randbedingungen*“ werden u.a. Fragestellungen zum Anforderungskonzept diskutiert. Dabei konnten drei potentielle Anforderungssystemanpassungen identifiziert werden:

- „Primärenergetisch bewertete Erzeugeraufwandszahlen“
- „Heizwärmebedarf vor Iteration“
- „Erweiterte mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten“ (NW)

Diese drei Anpassungsmöglichkeiten (kein Verzicht auf das Referenzgebäudeverfahren) werden im Folgenden erläutert.

Bei der Möglichkeit „**primärenergetisch bewertete Erzeugeraufwandszahlen**“ sollen die baulichen Anforderungen erhalten bleiben und diese mit einer „offenen Referenzanlagentechnik“ kombiniert werden. Das bedeutet, dass keine Referenzausstattungsvariante der Anlagentechnik (EnEV Anlage 1, Ta-

²⁰ Anforderung: Fensterflächenanteil der kritischen Räume bezogen auf die Grundfläche des Raumes $\leq 35\%$ und außenliegende Sonnenschutzvorrichtungen ($F_c \leq 0,30$) für alle Ost- Süd- und Westfenster.

²¹ Ausnahme für Gesamtfensterflächenanteile: zweiseitig angebaut: $\leq 35\%$

²² Die „Gebäudegröße“ ist „die aufsummierte beheizte Bruttogeschossfläche des Gebäudes A_{GS} als die Summe der Bruttogeschossflächen aller beheizten Geschosse, wobei bei Gebäuden mit zwei oder mehr beheizten Geschossen nur 80 vom Hundert der Bruttogeschossfläche des obersten beheizten Geschosses eingerechnet werden, wenn der Mittelwert der nach Buchstabe c) bestimmten Geschosshöhe dieses Geschosses kleiner ist als 2,5 m“. (EnEVeasy Kapitel 3 b))

belle 1, Nr. 5) mehr in der EnEV genannt werden müsste. Die primärenergetisch bewertete Erzeugeraufwandszahl ($e_{g,p}$) berücksichtigt dabei den Quotient der Summe der Primärenergiebedarfe und Erzeugernutzenergien für Heizen und Warmwasser (ohne Hilfsenergie). Für Nichtwohngebäude wird die Kategorie Kühlen ergänzt.

Die „primärenergetisch bewerteten Erzeugeraufwandszahlen“ können aufgrund der benötigten Kenngrößen Primärenergie und Erzeugernutzenergie sowohl Option 0 als Option 3 zugeordnet werden.

Der „**Heizwärmebedarf vor Iteration**“ soll die Nebenanforderung des Transmissionswärmeverlustes (H_{tr}) ersetzen. Ziel ist es, zusätzlich zur Transmission, die Lüftungswärmeverluste adäquat zu berücksichtigen. Die DIN V 18599 bestimmt als Zwischenwert den „Heizwärmebedarf vor Iteration“ ($Q_{h,b}^*$), jedoch wird dieser softwareseitig nicht ausgewiesen. Die Verwendung der standardmäßig ausgewiesene Bilanzgröße Heizwärmebedarf („Nutzwärmebedarf Heizen“, $Q_{h,b}$) scheidet aufgrund der iterativen Bilanzierung der unregelmäßigen Wärmeeinträge der Heiz-, Kühl- und Lüftungsanlagen aus. Grundsätzlich errechnet sich der Heizwärmebedarf aus den Wärmesenken, Wärmequellen (und deren Ausnutzungsgrad) und der eingespeicherten Wärme während des reduzierten Betriebs (Wochenend- und Ferientage).

Der „Heizwärmebedarf vor Iteration“ ähnelt dem Wärmeenergiebedarf q_{outg} in den Optionen 1 und 3, beinhaltet jedoch nicht die Übergabe-/Verteil- und Speicherverluste der Anlagentechnik.

Die „**erweiterten mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten**“ sollen die Nebenanforderung für Nichtwohngebäude zu den mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten (\bar{U}) ersetzen. Die aktuelle EnEV-Nebenanforderungen der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten definieren zahlreiche Einzelgrenzwerte (normal / niedrig beheizt, opake Bauteile / Fenster / Vorhangfassaden / Glasdächer, unbeheizte Zonen, Raumhöhen > 4m) und lässt damit eine kumulierte Kenngröße für den baulichen Wärmeschutz vermissen. Zudem werden die Einzelgrenzwerte nicht nach Flächen oder Innentemperaturen gewichtet und werden somit fälschlicherweise gleichrangig behandelt. Der Vorschlag der Einführung von „**erweiterten mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten**“ sieht demnach lediglich zwei Grenzwerte für opake und transparente Bauteile vor (\bar{U}_{op} und \bar{U}_{tr}). Diese beinhalten einen neuen Temperaturkorrekturfaktor für niedrig beheizte Zonen (F_{nb}). Es werden zwei Möglichkeiten aufgezeigt, wie die Grenzwerte für \bar{U}_{op} und \bar{U}_{tr} festgelegt werden könnten:

1. Über U-Werte des Referenzgebäudes (EnEV Anlage 2, Tabelle 1) und einem durch die Verordnung festgelegten Faktor (z.B. 1,3). EnEV Anlage 2 Tabelle 2 könnte entfallen.
2. Über mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten aus EnEV Anlage 2, Tabelle 2.

Die „erweiterten mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten“ orientieren sich an den bestehenden mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten und weisen demnach am meisten Überschneidung mit Option 0 auf.

D. Äquivalente Transmissionswärmeverluste $H_{tr}'_{\text{äq}}$ gem. EnEVeco (Vorschlag Ecofys)

In Arbeitspaket 1 wurde ein vereinfachtes zweistufiges Nachweisverfahren („EnEVeco“: Kombination aus äquivalentem Transmissionswärmeverlust ($H_{tr}'_{\text{äq,wfl}}$) und zulässigen Anlagentechnikvarianten) als Parallelanforderung zur bestehenden EnEV-Nachweisführung vorgeschlagen. An dieser Stelle wird als

mögliche Anpassung der EnEV ein Ersatz der Nebenanforderung H_{τ}' durch die äquivalenten Transmissionswärmeverluste ($H_{\tau}'_{\text{äq}}$, im Gegensatz zu Arbeitspaket 1 mit Nutzflächen- anstelle von Wohnflächenbezug) vorgeschlagen.

Diese setzen im Gegensatz zu den reinen Transmissionswärmeverlusten Anreize für Kompaktheit und solare Gewinne in **Wohngebäuden**.

Als **Option** könnte diese neue Nebenanforderung auch wie in Arbeitspaket 1 auf die Wohnfläche anstelle auf die Nutzfläche bezogen werden, um das wohnflächenoptimierte Bauen (Kompaktheit) zu fördern.

Eine weitere **Option** besteht darin, zusätzlich zu den Südfenstern auch äquivalente Wärmedurchgangskoeffizienten für Nord-, Ost- und Westfenster zu definieren und in die Berechnung des Äquivalenten Transmissionswärmeverlustes einfließen zu lassen.

Die Äquivalente Transmissionswärmeverluste orientieren sich an der bestehenden Transmissionswärmeverlust-Nebenanforderung und weisen demnach am meisten Überschneidung mit Option 0 auf.

E. Hamburger Modell: Nachweisverfahren gemäß Hamburgischer Klimaschutzverordnung (HmbKliSchVO)

Das „**Hamburger Modell**“, das in der Hamburgischen Klimaschutzverordnung (HmbKliSchVO) beschrieben wird, differenziert im Anforderungsmodell nach **Wohn- und Nichtwohngebäuden**.

Für **Wohngebäude** (HmbKliSchVO, §3) basiert das Hamburger Modell auf den EnEV-Bezugsgrößen Primärenergiebedarf (Q_p) und Transmissionswärmeverlust (H_{τ}'). Der Planer hat dabei jeweils die Wahl zwischen einerseits einem verschärften EnEV-Grenzwert (70% des EnEV-Grenzwerts) und andererseits einem festen Grenzwert in Abhängigkeit von der Kompaktheit (A/V_e). Mit höherer Kompaktheit des Gebäudes ist der Grenzwert leichter zu erreichen. Das Hamburger Modell legt zudem einen Maximalwert für energieeffiziente Umwandlungstechniken fest. Dieser errechnet sich aus den mit dem jeweiligen Primärenergiefaktor multiplizierte Erzeugeraufwandszahlen der Wärmeerzeugung (1,15). Falls der Wärmebedarf überwiegend aus festgelegten Anlagentechnikvarianten²³ gedeckt wird, ist der Nachweis für energieeffiziente Umwandlungstechniken ebenfalls erbracht.

Das Hamburger Modell entspricht in Bezug auf die Wohngebäude-Kenngrößen (Q_p und H_{τ}') den Kenngrößen von Option 0.

Für **Nichtwohngebäude** (HmbKliSchVO, §4) basiert das Hamburger Modell auf Mindest-U-Werten für Außenbauteile für bestimmte Nichtwohngebäude²⁴. Für Nichtwohngebäude mit Raum-Solltemperaturen von 12 bis 19°C gilt ein von der Kompaktheit abhängiger Transmissionswärmeverlust als Grenzwert. Für die erstgenannten Nichtwohngebäude gelten die gleichen Regelungen für energieeffiziente Umwandlungstechniken wie für Wohngebäude.

²³ Dazu zählen: 1. Anschluss an ein Wärmenetz, dessen Wärme überwiegend aus Kraft-Wärme-Kopplung, Abwärmenutzung oder erneuerbaren Energien erzeugt wird; 2. Nutzung eines dezentralen Wärmeerzeugers mit Kraft-Wärme-Kopplung; 3. Nutzung von Gas- oder Öl-Brennwerttechnik in Kombination mit solarthermischen Anlagen; 4. Nutzung von biogenen Energieträgern in Anlagen mit selbsttätiger Feuerung; 5. Nutzung von Wärmepumpen.

²⁴ Büro- und Verwaltungsgebäuden, Schulen, Hochschulen, Kindertagesstätten, Bibliotheken, Sportstätten, Krankenhäusern, Hotels und Pensionen mit Raum-Solltemperaturen im Heizfall von 19° Celsius oder darüber

Für Nichtwohngebäude entspricht das Hamburger Modell ebenfalls am ehesten Option 0, da die Transmissionswärmeverluste (bzw. die U-Werte) maßgeblich für den Nachweis sind.

Schließlich sieht das Hamburger Modell auch Befreiungen (HmbKliSchVO, §5) von der Nachweispflicht für **Wohn- und Nichtwohngebäude** vor, wenn:

- die Wärmeversorgung des Gebäudes überwiegend auf Basis erneuerbarer Energieträger oder aus der Nutzung eigener Abwärme erfolgt oder
- der Jahres-Heizwärmebedarf weniger als 15 kWh/(m²a) beträgt

Damit existiert auch im Hamburger Modell ein grober Mindestdeckungsanteil aus Erneuerbaren Energieträgern wie in allen Optionen 0 bis 3 und eine von den Optionen nicht abgedeckte Größe, der Heizwärmebedarf, wird verwendet, der anders als der Wärmeenergiebedarf q_{outg} in den Optionen 1 und 3 die Übergabe-/Verteil- und Speicherverluste der Anlagentechnik nicht beinhaltet.

F. Zusatzmöglichkeit I: Feste Anforderungswerte abhängig von DIN V 18599-Nutzungsprofilen

Zusätzlich zu den oben diskutierten Anforderungssystemen besteht die Möglichkeit feste Anforderungswerte in Abhängigkeit von DIN V 18599-Nutzungsprofilen zu definieren (z.B. Primärenergie oder CO₂).

Das würde dazu führen, dass für **Wohngebäude** (gem. DIN V 18599-10, Kapitel 5: Nutzungsrandbedingungen Wohngebäude) zwei Nutzungstypen differenziert werden würden:

- Einfamilienhäuser (EFH)
- Mehrfamilienhäuser (MFH)

Diese Differenzierung ergäbe sich aus den unterschiedlichen Randbedingungen für den „Anteil der mitbeheizten Fläche an der Gesamtfläche“, die „internen Wärmequellen“ und die „Heizungsabschaltung“ (EFH) bzw. „Heizungsabsenkung“ (MFH) für den reduzierten Heizbetrieb während der Nachstunden.

Für alle 41 Nutzungsprofile der **Nichtwohngebäude** (1_Einzelbüro bis 41_Lagerhalle) würde ein Grenzwert definiert werden. Im Falle von Mischnutzungen müsste eine flächengewichtete Ermittlung des Gebäudegrenzwertes erfolgen. Die Vor- und Nachteile dieser Möglichkeit werden in 3.2.2 diskutiert.

G. Zusatzmöglichkeit II: Fester Anforderungswert unabhängig von DIN V 18599-Nutzungsprofilen

Eine Alternative zu den festen Anforderungswerten je DIN V 18599-Nutzungsprofilen ist ein fester Anforderungswert, der für alle Gebäude, unabhängig von den Nutzungsprofilen, gilt.

Denkbar ist in diesem Fall beispielsweise eine Festlegung eines Anforderungswertes für den Heizwärmebedarf (z.B. ≤ 15 kWh/m²a), aber auch ein Grenzwert für den Primärenergiebedarf oder die erlaubten CO₂-Emissionen.

3.2.2 Vor- und Nachteile der Anforderungssysteme

Die Vor- und Nachteile der im vorigen Kapitel beschriebenen Anforderungssysteme werden in diesem Kapitel dargestellt. Die folgende Tabelle zeigt den direkten Vergleich der Vor- und Nachteile, die nach der Tabelle im Detail erläutert werden.

Tabelle 7: Vor- und Nachteile der Anforderungssysteme

Anforderungssystem	Vorteile	Nachteile
A. Referenzgebäudeverfahren	<ul style="list-style-type: none"> - Allgemein anerkanntes System und Kenngrößen - Ermöglicht gute Differenzierung bei den zahlreichen individuellen Nichtwohngebäudetypen - Hohe planerische Freiheit 	<ul style="list-style-type: none"> - Kein Anreiz für Kompaktheit - Keine Anreize zur Fensterflächenoptimierung (solare Gewinne) - Intransparente gebäudeindividuelle Grenzwerte (Q_p) - Aufwändiges Rechenverfahren zur Nachweisführung (Softwarenutzung bereits für Grenzwertbestimmung notwendig) - Hohe Detaillierung des Ordnungsrechts notwendig
B. EnVEasy	<ul style="list-style-type: none"> - Einfache Nachweisführung - Keine Berechnung notwendig - Nur Bauteilanforderungen einzuhalten - Grober Rückschluss auf Energiekosten möglich (Endenergiebedarf im Sinne der EnEV wird ausgewiesen)Keine Bevorzugung großer gegenüber kleiner Gebäude 	<ul style="list-style-type: none"> - Kein Anreiz für Kompaktheit - Unterschiedliche Ambition der Anforderung an Gebäude innerhalb einer Klasse (z.B. Gebäudeklasse $A_{GS} = 115-140 \text{ m}^2$, Nachteil für kleinere Gebäude) - Eingeschränkte planerische Freiheit (Anwendungsvoraussetzungen: u.a. Vorgaben zum maximalen Fensterflächenanteil, Vorgabe von Ausstattungsvarianten der Anlagentechnik)
C. EnEV2017 Begleitende Untersuchung (1) - primärenergetisch bewertete Aufwandszahl -	<ul style="list-style-type: none"> - Keine „Bevorzugung“ einer bestimmten anlagentechnischen Ausführung durch Nennung in der Referenzanlagentechnik - Fortschreibung (weitergehende Verschärfung) des primärenergetischen Anforderungswerts durch entsprechende Anpassung der Aufwandszahl leicht möglich - Hohe Technologieoffenheit und Verzicht auf Referenzgebäudeverfahren gut umsetzbar - Nur wenige Technologie-/Detailvorgaben notwendig 	<ul style="list-style-type: none"> - Referenzgebäudeausführung weniger nachvollziehbar aufgrund fehlender Anlagentechnik - Softwareanpassung erforderlich
C. EnEV2017 Begleitende Untersuchung (2) - Heizwärmebedarf vor Iteration -	<ul style="list-style-type: none"> - Berücksichtigung von Kompaktheit und Fensterflächenoptimierung → Ist ähnlich wie der Wärmeenergiebedarf oder der Endenergiebedarf geeignet um Nebenanforderung H_T' zu ersetzen. 	<ul style="list-style-type: none"> - Kenngröße „Heizwärmebedarf vor Iteration“ in den Softwareanwendungen zur energetischen Bilanzierung nach DIN V 18599 aktuell keine ausgewiesene Bilanzgröße → Softwareanpassungen erforderlich
C. EnEV2017 Begleitende Untersuchung (3)	<ul style="list-style-type: none"> - Kumulierung zahlreicher Einzelgrenzwerte auf zwei Kennzahlen (opak und transparent) 	<ul style="list-style-type: none"> - Einführung von zwei neuen Kenngrößen - Fehlende Differenzierung für niedrig beheizte Gebäude

- <i>Erweiterte mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten</i> -	- Eine gewisse Kontinuität in der Methodik (ähnliche Kenngröße) würde erkennbar bleiben.	
D. Äquivalente Transmissionswärmeverluste gem. EnE-Veco (Vorschlag Ecofys)	- Anreiz für Kompaktheit - Anreiz für Fensterflächenoptimierung - Nur geringe Anpassungen in der Methodik notwendig - <i>Option Wohnflächenbezug: Anreiz für wohnflächenoptimiertes Bauen</i>	- Ersatz einer bestehenden Kenngröße nötig (H_T') → leicht komplexeres Verfahren - Nicht für Nichtwohngebäude geeignet - <i>Option Wohnflächenbezug: Wohnfläche muss ins Nachweisverfahren aufgenommen werden</i>
E. Hamburger Modell: Nachweisverfahren gemäß Hamburgischer Klimaschutzverordnung (Hmb-KliSchVO)	- Anreiz für Kompaktheit (A/V_e) in Haupt- und Nebenanforderung (Q_p und H_T') - Transparente Grenzwertdefinition - In Hamburg bestehendes System, das übertragen werden könnte - Wird auch für Nichtwohngebäude (12-19°C) verwendet	- A/V_e -Abhängigkeit schränkt architektonische Vielfalt ein - Kein Anreiz für Fensterflächenoptimierung
F. Zusatzmöglichkeit I: Feste Anforderungswerte abhängig von DIN V 18599-Nutzungsprofilen	- Transparenter als Referenzgebäudeverfahren - Grenzwertbestimmung ohne Referenzgebäudeberechnung möglich - Differenzierung nach Nutzungsart, daher in der Praxis für alle Nutzungen gleich leicht/schwer erreichbar	- Mehr als 40 Grenzwerte nötig (Wohn- und Nichtwohnnutzungsprofile), die erst noch festgelegt werden müssen (Forschungsvorhaben) - Bei Mischnutzung muss erst Grenzwert errechnet werden - Grenzwert unabhängig von baulichen Gegebenheiten (z.B. Außenflächenanteil des Nutzungsprofils) - Bevorzugung großer gegenüber kleiner Gebäude (hohes A/V wird benachteiligt)
G. Zusatzmöglichkeit II: Fester Anforderungswert unabhängig von DIN V 18599-Nutzungsprofilen	- Transparent und nachvollziehbar - Grenzwertbestimmung ohne Referenzgebäudeberechnung möglich	- Nutzungsarten erreichen unterschiedlich leicht/schwer die Anforderung → In der Praxis nicht für alle Nutzungen erreichbar - Bevorzugung großer gegenüber kleiner Gebäude (hohes A/V wird benachteiligt)

Das aktuelle Anforderungssystem (A.) bietet eine hohe planerische Freiheit. Insbesondere für Nichtwohngebäude bietet es die notwendige Flexibilität, um die hohe Vielfalt an Gebäudetypen und -nutzungen abzubilden. Allerdings schafft es keine Anreize für eine kompakte Bauweise oder eine Optimierung von Fensterflächen (bzgl. maßvoller Flächenanteile und deren optimierter Ausrichtung). Ein weiterer Nachteil liegt in der Intransparenz der Grenzwertanforderungen, die derzeit für jedes Gebäude individuell, mittels einer Software, ermittelt werden müssen. Bei den Anforderungen an den Primärenergiebedarf, die durch Referenzgebäude vorgegeben werden, wird zwischen Wohn- und Nicht-

wohngebäuden unterschieden. Die letzte Verschärfung (2016) sah für alle Gebäudetypen eine Reduktion des Primärenergiebedarfs von 25 % vor, ungeachtet der Tatsache, dass dies für unterschiedliche Gebäudetypen eine unterschiedlich ambitionierte Verschärfung bedeutet.

Um die zuvor genannten Schwächen des aktuellen Anforderungssystems zu adressieren, könnten verschiedene positive Aspekte von alternativen Anforderungssystemen aufgegriffen werden. Eine vollständige Umstellung des bestehenden Anforderungssystems wäre mit der Schaffung neuer Nachteile verbunden und ist daher nicht zu empfehlen.

Eine Anpassungsmöglichkeit zur Adressierung der fehlenden Anreize im Bereich Kompaktheit und Fensterflächenoptimierung, wäre der Ersatz der aktuell gültigen Nebenanforderung des Transmissionswärmeverlustes durch einen Äquivalenten Transmissionswärmeverlust (D.). Die Kompaktheits- und Fensterflächenanforderungen würden implizit aus den Randbedingungen zur Ermittlung der Grenzwerte resultieren, ohne dabei die planerische Freiheit durch feste Vorgaben unangemessen einzuschränken. Insbesondere für kleine Wohngebäude (EFH, ZFH, DHH, RMH), bei denen die Kompaktheit und die Fensterflächen einen hohen Einfluss auf den Energieverbrauch haben, ist im Vergleich zu Mehrfamilienhäusern und Nichtwohngebäuden i.d.R. eine verhältnismäßig große Planungsflexibilität gegeben. Um auch bei Mehrfamilienhäusern und Nichtwohngebäuden ineffiziente Maximalverglasungen zu vermeiden, könnten hierfür maximale Fensterflächenanteile im jeweiligen Referenzgebäude vorgegeben werden.

Der Problematik der intransparenten gebäudeindividuellen Grenzwerte könnte in Anlehnung an das Hamburger Modell (E.) durch die Vorgabe von fixen (Q_p -) Grenzwerten in Abhängigkeit von der Kompaktheit (A/V_e) oder in Abhängigkeit von der Gebäudenutzfläche oder Wohnfläche erfolgen. Aufgrund der zuvor beschriebenen hohen Vielfalt an Gebäudetypen und -nutzungsarten bei den Nichtwohngebäuden ist eine diesbezügliche Anpassung jedoch nur für Wohngebäude sinnvoll.

Mit den genannten maßvollen Anpassungen, die insbesondere das Anforderungssystem für kleine Wohngebäude betreffen, könnten die bestehenden Defizite geeignet adressiert werden, ohne dass dadurch weitere wesentliche Nachteile verbunden wären.

Der Anreiz zu einer ambitionierteren Energieeffizienz gem. EnVEasy (insbesondere für kleine Wohngebäude) durch eine einfache Alternative zur EnEV-Nachweisführung (nach DIN V 18599) auch über die Vorgabe eines sehr ambitionierten Anforderungswerts sollte erhalten bleiben.

EXKURS: Querschnittsanpassungen: Verwendung realistischer Randbedingungen

In den oben beschriebenen Anforderungssystemen wird größtenteils weiterhin die Verwendung der DIN V 18599 vorgeschlagen. Für diese Anforderungssysteme sollte über die Verwendung realistischer Randbedingungen für die DIN V 18599 Berechnung u.a. für die folgenden Bereiche nachgedacht werden:

- Klimadaten
- Interne Wärmequellen
- Rauminnentemperaturen
- Lüftungsverhalten und energetisch wirksame Luftwechsel
- Teilbeheizung / Leerstand

- Warmwasserzirkulation im Einfamilienhaus

Für **Klimadaten** könnten für den konkreten Standort des Gebäudes langjährige Mittelwerte des Deutschen Wetterdienstes (DWD) anstelle des Referenzklimas von Potsdam Anwendung finden.

Interne Wärmequellen könnten an der voraussichtlichen realistischen mittleren Personenanzahl über die Nutzungsdauer orientiert werden (Wohngebäude). Weiterhin müssten einige Standardwerte für interne Wärmegevinne in Nichtwohngebäudenutzungsprofile²⁵ überarbeitet werden.

Die **Rauminnentemperaturen** für Neubauten könnten in der DIN V 18599 auf eine realistischere Größenordnung von bspw. ca. 22 °C für Wohngebäudenutzungen angehoben werden²⁶.

Im Zuge einer aktuellen Ecofys-Parallelstudie²⁷ konnte festgestellt werden, dass die energetisch wirksamen Luftwechsel für Fensterlüftung, wie sie aktuell in der DIN V 18599 angesetzt werden, bei realistischem **Lüftungsverhalten** signifikant zu hoch sind und so den Energiebedarf gegenüber dem Energieverbrauch überschätzen.

Ein wesentlicher Faktor für den Energiebedarf eines Gebäudes ist außerdem die Annahme der mitbeheizten Fläche (Fläche mit Unterschreitung der Solltemperatur), die aus einer **Teilbeheizung** resultieren (bspw. Leerstand einer ungenutzten Dachgeschosswohnung). Es ist in der DIN V 18599-2 bereits theoretisch möglich diese Teilbeheizung zu berücksichtigen, standardmäßig finden aber wohl die pauschalen Faktoren nach DIN V 18599-10 Anwendung ($A_{NGF,mit\ beheizt} / A_{NGF} = 25\%$ für EFH bzw. 15% für MFH).

Zudem sollte zukünftig überdacht werden, ob auch bei dem Einfamilienhaus im Referenzgebäude von einer **Warmwasserzirkulation** ausgegangen werden sollte.

3.3 Auswirkungen einer Umstellung auf die Umsetzung und Verständlichkeit der Anforderungen in der Praxis für Bauherrn, Eigentümer und Planer

3.3.1 Qualitative Bewertung der möglichen Anforderungssysteme

Jede grundlegende Änderung des Anforderungssystems führt erst einmal zu einem gewissen Umstellungsaufwand, insbesondere auf Ebene der Planer, der Baurechtsbehörden sowie Energieberater. Diese müssen sich an das neue oder geänderte Anforderungssystem anpassen und lernen, mit den geänderten/neuen Anforderungen umzugehen, d.h. alle Planungen und Beratungen sowie den Vollzug an den geänderten/neuen Anforderungen auszurichten. Die Planungssoftware bzw. Rechenprogramme müssen umgeschrieben werden und die Anwender auf Ebene der Planung müssen sich auf die neuen Rechenprogramme umstellen.

Der Umstellungsaufwand erscheint gering (bzw. führt das alternative Anforderungssystem zu einer deutlichen Vereinfachung des Rechenverfahrens) bei den folgenden Anforderungssystemen:

²⁵ DIN V 18599-10: z.B. A.7 Einzelhandel / Kaufhaus (Lebensmittelabteilung mit Kühlprodukten) oder A.21 Rechenzentrum

²⁶ <https://www.enbausa.de/heizung/aktuelles/artikel/bewohner-wollen-hoehere-temperaturen-als-din-norm-3657.html>

²⁷ „Studie zur Bestimmung des energetisch wirksamen Luftwechsels bei einer kontrollierten natürlichen Lüftung mit Fensterlüftern“, 2018, noch nicht veröffentlicht, Auftraggeber: Velux Deutschland

- EnVEasy (B.), da Umstellung auf ein Tabellenverfahren, was einer starken Vereinfachung entspricht (gilt nur für Wohngebäude) und insbesondere auch den Vollzug erleichtert.
- EnEV2017 Begleitende Untersuchung (C.), da Referenzgebäudeverfahren im Kern beibehalten wird und lediglich in dessen Rahmen einige Änderungen vorgenommen werden.
- Äquivalenter Transmissionswärmeverlust gem. EnVEco (D.), da bei Wohngebäuden lediglich ein Austausch von $H_{T'}$ durch $H_{T'_{\text{äq}}}$ stattfindet.
- Hamburger Modell (E.), da Referenzgebäudeverfahren nach wie vor Kern des Berechnungsverfahrens.
- Feste Anforderungswerte abh./unabh. von Nutzungsprofilen (F./G.), da Nachweisverfahren auf Berechnung des Referenzgebäudes verzichtet, allerdings das Berechnungsverfahren für die beiden Kennwerte Q_P sowie $H_{T'}$ bzw. \dot{U} unverändert bleibt.

Anders als bei den Planern dürfte sich der Umstellungsaufwand bei vielen Bauherren in Grenzen halten. Das heute angewandte Referenzgebäudeverfahren ist sehr komplex und wird schon heute von vielen Bauherren nicht verstanden (gleiches gilt für die heute verwendeten Kennwerte, s. nachfolgender Abschnitt). Eine Umstellung auf ein anderes Anforderungssystem böte vielmehr die Chance, Bauherren transparenter zu machen, welchen Einfluss bestimmte Planungsgrößen (wie z.B. die Kompaktheit, die Ausrichtung der Fenster, die Wahl des Wärmeschutzes) darauf haben, die Mindestanforderungen zu erfüllen. Dies würde allerdings voraussetzen, dass ein neues bzw. geändertes Anforderungssystem weniger komplex ist als das Referenzgebäudeverfahren bzw. der rechnerische Nachweis nach DIN V 18599.

Aus Sicht der Bauherren zeichnen sich die folgenden Anforderungssysteme durch ein geringeres Maß an Komplexität aus:

- EnVEasy (B.), da einfach anwendbares Tabellenverfahren.

Keine wesentliche Verringerung der Komplexität ist allerdings erkennbar bei den folgenden Anforderungssystemen:

- EnEV2017 begleitende Untersuchung (C.), da das komplexe Referenzgebäudeverfahren erhalten bleibt.
- Äquivalenter Transmissionswärmeverlust gem. EnVEco (D.), da bei Wohngebäuden lediglich ein Austausch von $H_{T'}$ durch ein leicht komplexeren (inkl. äquivalentem Fenster-U-Wert) $H_{T'_{\text{äq}}}$ stattfindet.
- Hamburger Modell (E.), da Referenzgebäudeverfahren nach wie vor notwendig.
- Feste Anforderungswerte abh./unabh. von Nutzungsprofilen (F./G.): Zwar kommt das Verfahren ohne Referenzgebäudeberechnung aus (da für die jeweilige Nutzungsart ein klarer Grenzwert vorliegt, unabhängig von der spezifischen Architektur des betroffenen Gebäudes), dennoch erfordert das Verfahren die komplexen Berechnungen der energetischen Kennwerte über das technische Normenwerk.

Grundlegende Änderungen am Anforderungssystem erfordern zudem Anpassungen bei allen Förderprogrammen, die auf der Systematik des heutigen Anforderungssystems basieren. Dies gilt insbesondere für die Förderprogramme der KfW, die mit den verschiedenen, in der Öffentlichkeit etablierten Ef-

fizienzhausstandards arbeiten (z.B. „Energieeffizient Bauen“, „Energieeffizient Sanieren“). Die Anpassungen hätten v.a. dann Auswirkungen auf die Nutzer der Programme, wenn es zu Änderungen an den etablierten Standards (wie z.B. KfW-Effizienzhaus 55) käme.

Erfordert das geänderte oder neue Anforderungssystem die Wahl anderer Kennwerte, resultiert daraus ebenfalls ein Umstellungsaufwand, der im nachfolgenden Abschnitt thematisiert wird.

Diese Betrachtung bezieht sich v.a. auf das Anforderungssystem an sich. Was nicht betrachtet wird sind die möglichen Auswirkungen auf Planer, Bauherren usw., die sich daraus ergeben, dass die alternativen Anforderungssysteme auch andere Gebäude (z.B. kompaktere Gebäude) und damit ein anderes Planen erfordern.

3.3.2 Qualitative Bewertung der Kennwertkombinationen (alle Anforderungssysteme)

Im nachfolgenden Abschnitt erfolgt eine qualitative Bewertung der Vor- und Nachteile für die verschiedenen Kennwertoptionen, die für alle Anforderungssysteme denkbar sind. Die Bewertung beschränkt sich dabei auf die jeweilige Kombination an Anforderungsgrößen.

Ein Überblick über die Bewertung gibt Tabelle 8.

Tabelle 8: Zusammenfassung Qualitative Bewertung der Optionen

	PE, Hr', Mind.-EE q _{outg}	CO ₂ , q _{outg} , Mind.-EE q _{outg}	CO ₂ , Endenergie ²⁸ , Mind-EE Endenergie	PE, q _{outg} , Mind.-EE q _{outg}
	Option 0	Option 1	Option 2	Option 3 und Option 4
+	<ul style="list-style-type: none"> - Eingeführte Größen - Grundlage für KfW-Systematik 	<ul style="list-style-type: none"> - Indikator für Klimawirksamkeit - Reduktion auf zwei zentrale Kenngrößen - Erfasst bei EE-Wärme Effizienzen jenseits von Hr' (außer Erzeugerverluste) - Verfahren etabliert durch Stromabrechnungen - Anschlussfähigkeit an ESG. Dadurch unmittelbar Einordnung in die politischen Zielsetzungen möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - Indikator für Klimawirksamkeit - Reduktion auf zwei zentrale Kenngrößen - Erfasst bei EE-Wärme Effizienzen jenseits von Hr' - Gute Verständlichkeit beider Kenngrößen - Endenergie reflektiert Energiekosten 	<ul style="list-style-type: none"> - Erfasst bei EE-Wärme Effizienzen jenseits von Hr' (außer Erzeugerverluste) - Reduktion auf zwei zentrale Kenngrößen - Verfahren etabliert durch Stromabrechnungen - Anschlussfähigkeit an ESG. Dadurch unmittelbar Einordnung in die politischen Zielsetzungen möglich
-	<ul style="list-style-type: none"> - Bei EE-Wärme "blind" für Effizienzen jenseits von Hr' (z.B. Kom- 	<ul style="list-style-type: none"> - Einführung zweier neuen Größen -> Umstellungsaufwand bei Planern usw. 	<ul style="list-style-type: none"> - Einführung zweier neuen Größen → Umstellungsaufwand bei Planern usw. 	<ul style="list-style-type: none"> - Kein Indikator für Klimawirksamkeit - KfW-EFH-Anforderungen müssten auf q_{outg} umgestellt werden

²⁸ Endenergie definiert im Sinne der EnEV. Anders als bei der Endenergie definition im Sinne der Energiebilanz werden dabei die Umweltenergien (im Wesentlichen solare Strahlungsenergie, Umgebungswärme), die in einem unmittelbaren räumlichen Zusammenhang zum Gebäude gewonnen werden, gleich null gesetzt.

	<p>paktheit, Lüftungswärmeverluste, solare Gewinne)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kein Indikator für Klimawirksamkeit - Kein Rückschluss auf Energiekosten 	<ul style="list-style-type: none"> - KfW-Kennwerttandem muss angepasst werden - q_{outg} schwierig zu veranschaulichende Größe - Kein/Begrenzter Rückschluss auf Energiekosten - Umfangreiche Voruntersuchungen notwendig 	<ul style="list-style-type: none"> - KfW-Kennwerttandem muss angepasst werden 	<ul style="list-style-type: none"> - Kein/Begrenzter Rückschluss auf Energiekosten - Umfangreiche Voruntersuchungen notwendig
--	---	--	--	---

Option 0	Jahresprimärenergiebedarf q_p	Transmissionswärmeverlust H_T' bzw. Wärmedurchgangskoeffizient \bar{U}	Mindestdeckungsanteil EE am Wärmeenergiebedarf q_{outg}
-----------------	---------------------------------	--	---

Vorteile

- Die bisherigen Anforderungsgrößen von EnEV und EEWärmeG sind seit Jahren eingeführt und akzeptiert. Sie werden sowohl von Planern und Baubehörden als auch von Herstellern und sonstigen betroffenen Kreisen im Wesentlichen verstanden.
- Die Effizienzhausstandards der KfW basieren auf den beiden Kenngrößen Jahresprimärenergiebedarf q_p sowie Transmissionswärmeverlust H_T' ; die damit verbundenen Nachweisverfahren haben sich etabliert.

Nachteile

- Beim Einsatz erneuerbarer Energien oder von Wärme aus Wärmenetzen mit kleinem Primärenergiefaktor ist die bauliche Nebenanforderung (z.B. H_T') immer die schärfere der beiden Anforderungen (da q_p deutlich unter dem zulässigen Maximalwert des Referenzgebäudes liegt). Dies führt dazu, dass eine Reihe von Ausführungscharakteristika nicht begrenzt werden, insbesondere die Kompaktheit des Gebäudes, die Ausrichtung der Fenster (solare Gewinne), die Dichtheit des Gebäudes (Lüftungswärmeverluste), die Erzeugerverluste, die Verteilverluste von Heizungs- und Warmwasserleitungen sowie bei der Wärmeübergabe. Effizienzverbesserungen durch Lüftungsanlagen mit WRG werden ebenfalls nicht berücksichtigt. (Im Fall erneuerbarer Wärmeerzeuger, die zur Erfüllung des EEWärmeG eingesetzt werden, werden zumindest die anlagentechnischen Verluste durch die technologiespezifischen Anforderungen des Gesetzes begrenzt.)
- Die Bezugsgrößen weisen nur eine eingeschränkte Klimaschutzwirkung auf, d.h. klimaschutzrelevante Aspekte wie emittierte CO₂-Emissionen werden bei der Bewertung nicht berücksichtigt, da die zugrunde zulegenden Primärenergiefaktoren, wie sie heute in der DIN V 18599 festgelegt sind, die Klimawirksamkeit der verschiedenen fossilen Brennstoffe nicht ausreichend widerspiegeln (z.B. identischer Primärenergiefaktor für Heizöl und Erdgas).
- Keine der beiden Anforderungsgrößen erlaubt einen einfachen Rückschluss auf die (rechnerischen) Energiekosten eines Gebäudes (Eigentümer- bzw. Mieterperspektive).

Option 1	CO ₂ -Emissionen	Wärmeenergiebedarf q_{outg}	Mindestdeckungsanteil EE am Wärmeenergiebedarf q_{outg}
-----------------	-----------------------------	-------------------------------	---

Vorteile

- Mit der Anforderungsgröße CO₂-Emissionen wird die Klimawirkung der Gebäude direkt adressiert, damit hohe ökologische Zielgenauigkeit in Hinblick auf Klimaziele. Die zugrunde zu legenden Emissionsfaktoren spiegeln die unterschiedliche Klimawirkung der verschiedenen fossilen Brennstoffe wider. Im Vergleich zu den aktuell gültigen Referenzgrößen (q_p , H_T' , q_{outg}) Reduktion auf zwei zentrale Kerngrößen (CO₂, q_{outg}).
- Beim Einsatz erneuerbarer Energien ist der Wärmeenergiebedarf die schärfere der beiden Anforderungsgrößen (da die CO₂-Emissionen durch den EE-Einsatz und damit geringen Emissionsfaktor gering sind). Anders als bei der heutigen Nebenanforderung erfasst/begrenzt der Wärmeenergiebedarf eine Reihe von Ausführungscharakteristika (Kompaktheit, Ausrichtung der Fenster, Dichtheit, Verteilverluste von Heizungs- und Warmwasserleitungen sowie der Wärmeübergabe, Effizienzverbesserungen durch Lüftungsanlagen mit WRG), für die H_T' blind ist (s.o.). Lediglich die Erzeugerverluste werden nicht berücksichtigt.
- Mit der Ausweitung der Nebenanforderung auf eine weiter gefasste Bilanzgrenze eröffnen sich Architekten/Planern (neben den U-Werten) zusätzliche Freiheitsgrade zur Einhaltung der Effizienzanforderung. Hierzu gehören z.B. die Dichtheit des Gebäudes, die Minimierung der Verluste des Heizverteilsystems oder der Einsatz einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (vgl. Kapitel 3.4.4).
- Anforderungsgröße CO₂-Emissionen erleichtert den Vergleich der CO₂-Vermeidungskosten mit Maßnahmen in anderen Sektoren.
- Die Kombination von CO₂-Emissionen, Aufwandszahl und Wärmeenergiebedarf (vgl. Kapitel 3.4.4) weist eine große Ähnlichkeiten zur bereits langjährig eingeführten Stromkennzeichnung auf – mit der Abrechnung erhalten Kunden vom Stromanbieter eine Information über die Menge sowie die Eigenschaft (THG-Emissionsfaktor) des bezogenen Stroms. Das Produkt aus beiden ergibt die gesamten THG-Emissionen des Strombezugs.

Nachteile

- Einführung zweier neuer Anforderungsgrößen. Dies erfordert massiven Aufwand bei der Information aller Baubeteiligten (Planer, Baubehörden, Hersteller etc.). Die erforderlichen Umstellungen im Berechnungsverfahren sind hingegen gering. Die CO₂-Emissionen lassen sich mit energieträgerspezifischen Faktoren leicht aus dem ohnehin ermittelten Endenergiebedarf berechnen. Der Wärmeenergiebedarf wird ebenfalls ohnehin berechnet.
- Notwendigkeit, das Kennwerttandem der KfW-Effizienzhausniveaus an die neuen Anforderungsgrößen anzupassen.
- Verständlichkeit: Während man Nicht-Experten die Endenergie vereinfacht als die Energie beschreiben kann, die einem Gebäude von außen zugeführt wird, ist der Wärmeenergiebedarf q_{outg} eine schwieriger zu veranschaulichende Größe.

- Keine der beiden Anforderungsgrößen erlaubt einen einfachen Rückschluss auf die (rechnerischen) Energiekosten eines Gebäudes (Eigentümer- bzw. Mieterperspektive). Ein Rückschluss auf die (rechnerischen) Heizkosten eines Gebäudes (Eigentümer- bzw. Mieterperspektive) ist allenfalls grob möglich. Bei aktuellen Bedingungen liegen die Wärme-Gestehungskosten aller Technologien in einem ähnlichen Bereich um 10 Cent/kWh Wärme (vgl. Vorbereitungsbericht zum EEWärmeG (Prognos et. al 2016)). Da Bedarfsberechnungen nur ein Annäherungsverfahren an die Realität (individuelles Nutzerverhalten vs. Standardwerte der Bedarfsberechnung) darstellen, dürfte die Größe der Abweichung von der Realität vertretbar sein.

Option 2	CO ₂ -Emissionen	Endenergiebedarf	Mindestdeckungsanteil EE am Endenergiebedarf
-----------------	-----------------------------	------------------	--

Vorteile

- Mit der Anforderungsgröße CO₂-Emissionen wird die Klimawirkung der Gebäude direkt adressiert; damit hohe ökologische Zielgenauigkeit in Hinblick auf Klimaziele. Die zugrunde zu legenden Emissionsfaktoren spiegeln die unterschiedliche Klimawirkung der verschiedenen fossilen Brennstoffe wider.
- Beim Einsatz erneuerbarer Energien ist der Endenergiebedarf die schärfere der beiden Anforderungsgrößen. Anders als bei der heutigen Nebenanforderung erfasst/begrenzt der Endenergiebedarf eine Reihe von Ausführungscharakteristika (Kompaktheit, Ausrichtung der Fenster, Dichtheit, Verteilverluste von Heizungs- und Warmwasserleitungen sowie der Wärmeübergabe, Erzeugerverluste, Effizienzverbesserungen durch Lüftungsanlagen mit WRG), für die H_{Tr} blind ist (vergleichbar Option 1, allerdings hier auch inkl. Erzeugerverluste).
Anmerkung: Hier wäre je nach Endenergie-Definition (s.o.) ggf. weiter zu differenzieren.
- Mit der Ausweitung der Nebenanforderung auf eine weiter gefasste Bilanzgrenze eröffnen sich Architekten/Planern (neben den U-Werten) zusätzliche Freiheitsgrade zur Einhaltung der Effizienzanforderung. Hierzu gehören z.B. die Dichtheit des Gebäudes, die Minimierung der Verluste des Heizverteilsystems oder der Einsatz einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (vgl. Kapitel 3.4.4).
- Im Vergleich zu den aktuell gültigen Referenzgrößen (q_p , H_{Tr} , q_{outg}) Reduktion auf zwei zentrale Kerngrößen (CO₂, Endenergiebedarf).
- Verständlichkeit: Neben den CO₂-Emissionen ist auch die Endenergie eine recht einfach zu veranschaulichende Größe (vergleichbar Option 1).
- Anforderungsgröße CO₂-Emissionen erleichtert den Vergleich der CO₂-Vermeidungskosten mit Maßnahmen in anderen Sektoren.
- Aus Eigentümer- bzw. Mieterperspektive: Anforderungsgröße Endenergie erlaubt grobe Abschätzung der (rechnerischen) Energiekosten eines Gebäudes (die Endenergie-Definition im Sinne der EnEV beschränkt sich auf die Energieträger, die von außen geliefert und damit bezahlt werden müssen). Auch hier gilt, dass Bedarfsberechnungen nur ein Annäherungsverfahren an die Realität (individuelles Nutzerverhalten vs. Standardwerte der Bedarfsberechnung) darstellen und die Größe der Abweichung von der Realität vertretbar sein dürfte.

Nachteile

- Einführung zwei neuer Anforderungsgrößen. Dies erfordert massiven Aufwand bei der Information aller Baubeteiligten (Planer, Baubehörden, Hersteller etc.). Die erforderlichen Umstellungen im Berechnungsverfahren sind hingegen gering (vergleichbar Option 1).
- Notwendigkeit, das Kennwerttandem der KfW-Effizienzhausniveaus an die neuen Anforderungsgrößen anzupassen.
- Festlegung, nach welcher Allokationsmethode die Emissionen bei KWK Anlagen auf Strom/Wärme aufgeteilt werden.
- Bei Endenergie im Sinne der EnEV ist die Anforderung „Mindestdeckungsanteil EE am Endenergiebedarf“ nicht zielführend (dafür wäre die Definition der Endenergie im Sinne der Energiebilanz die geeignete Grundlage).

Option 3 & Option 4	Jahresprimärenergiebedarf q_p	Wärmeenergiebedarf q_{outg}	Mindestdeckungsanteil EE am Wärmeenergiebedarf q_{outg}
--------------------------------	---------------------------------	-------------------------------	---

Vorteile

- Beim Einsatz erneuerbarer Energien ist der Wärmeenergiebedarf die schärfere der beiden Anforderungsgrößen (s. Option 1). Anders als bei der heutigen Nebenanforderung erfasst/begrenzt der Wärmeenergiebedarf eine Reihe von Ausführungscharakteristika (Kompaktheit, Ausrichtung der Fenster, Dichtheit, Verteilverluste von Heizungs- und Warmwasserleitungen sowie der Wärmeübergabe, Effizienzverbesserungen durch Lüftungsanlagen mit WRG), für die H_T' blind ist. Lediglich die Erzeugerverluste werden nicht berücksichtigt.
- Im Vergleich zu den aktuell gültigen Referenzgrößen (q_p , H_T' , q_{outg}) Reduktion auf zwei zentrale Kerngrößen (q_p , q_{outg}).
- Einführung von nur einer neuen Anforderungsgröße. Die damit einhergehende Änderung wäre verhältnismäßig leicht zu vermitteln.
- Mit der Ausweitung der Nebenanforderung auf eine weiter gefasste Bilanzgrenze eröffnen sich Architekten/Planern (neben den U-Werten) zusätzliche Freiheitsgrade zur Einhaltung der Effizienzanforderung (vergleichbar Option 1).
- Die Kombination von nicht erneuerbarem Primärenergiebedarf, Aufwandszahl und Wärmeenergiebedarf (vgl. Kapitel 3.4.4) weist eine große Ähnlichkeiten zur bereits langjährig eingeführten Stromkennzeichnung auf – mit der Abrechnung erhalten Kunden vom Stromanbieter eine Information über die Menge sowie die Eigenschaft (THG-Emissionsfaktor) des bezogenen Stroms. Das Produkt aus beiden ergibt die gesamten THG-Emissionen des Strombezugs.

Nachteile

- Klimaschutzrelevante Aspekte, wie CO₂-Emissionen, können nur durch Anpassung der PE-Faktoren berücksichtigt werden (s. Option 0).
- Im Rahmen der KfW-Effizienzhausstandards müssten die Anforderungen an den Mindestwärmeschutz an die erweiterte Effizienzanforderung (q_{outg}) angepasst werden.

- Keine der beiden Anforderungsgrößen erlaubt einen einfachen Rückschluss auf die (rechnerischen) Energiekosten eines Gebäudes (Eigentümer- bzw. Mieterperspektive). Ein Rückschluss auf die (rechnerischen) Heizkosten eines Gebäudes (Eigentümer- bzw. Mieterperspektive) ist allenfalls grob möglich. Bei aktuellen Bedingungen liegen die Wärme-Gestehungskosten aller Technologien in einem ähnlichen Bereich um 10 Cent/kWh Wärme (vgl. Vorbereitungsbericht zum EEWärmeG (Prognos et. al 2016)). Da Bedarfsberechnungen nur ein Annäherungsverfahren an die Realität (individuelles Nutzerverhalten vs. Standardwerte der Bedarfsberechnung) darstellen, dürfte die Größe der Abweichung von der Realität vertretbar sein.

Anmerkung: Neben den zuvor genannten Optionen 0 bis 3 gibt es auch die Möglichkeit einer Option 4, der Umstellung auf zwei gleichberechtigte Anforderungen: q_{outg} und primärenergetisch gewichtete Aufwandszahl. Diese zusätzliche Option wird in Kapitel 3.4.4 näher erläutert.

3.4 Konsistenz hinsichtlich der energiepolitischen Zielarchitektur

3.4.1 Die Zielarchitektur und ihre Schnittmenge mit der Energiewende im Gebäudebereich

Mit dem ersten Fortschrittsbericht zur Energiewende (BMW i 2014) wurden die verschiedenen Energie-wendeziele nach Sektoren und Kategorien strukturiert und in eine Hierarchie nach Strategie- und Steuerungsebene gebracht. Das Ergebnis dieser Strukturierung ist die Zielarchitektur (Abbildung 4).

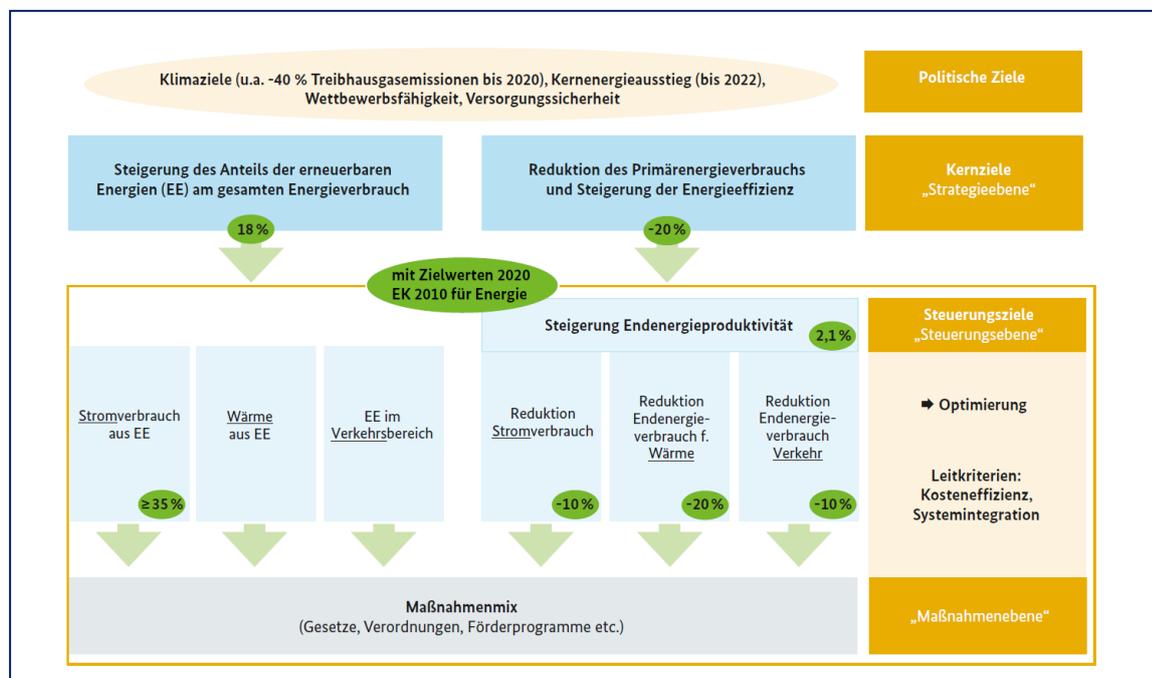


Abbildung 4: Strukturierung der Ziele des Energiekonzepts (Quelle: BMW i Fortschrittsbericht 2014)

Für die drei untersuchten Anforderungssysteme wird jeweils eine Einordnung zur Konsistenz mit der Zielarchitektur, nicht aber zu quantitativen Beiträgen zu den Zielwerten, gegeben. Relevant für den Gebäudebereich sind dabei folgende Ziele:

Steuerungsziele / Steuerungsebene

- Reduktion des Endenergieverbrauchs für Wärme in Gebäuden (um 20% ggü. 2008 bis 2020)
- Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien im Wärmesektor (auf 14% bis zum Jahr 2020)

Kernziele / Strategieebene

- Reduktion des Primärenergieverbrauchs (um 20% gü. 2008 bis 2020)
- Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien am gesamten EEV (auf 18% bis 2020)

Politische Ziele

- Senkung der Treibhausgasemissionen (um 40% ggü. 1990 bis 2020)

Für die Einordnung der Konsistenz der einzelnen Ansätze mit der Zielarchitektur sind einige bilanzielle Differenzen zwischen dem Ordnungsrecht Gebäude und der Energiebilanz Deutschland (EBIL), die die bilanzielle Grundlage der Zielarchitektur bildet, zu beachten:

- Die EBIL ordnet die Produktion von **Strom aus PV, Windkraft und anderen erneuerbaren Energien** unabhängig vom Ort der Installation und unabhängig vom Geschäftsmodell dem Umwandlungssektor zu. Auch wenn er vor Ort in einer PV-Anlage auf dem Dach eines Wohngebäudes erzeugt wird, ist er aus Sicht der EBIL ein Endenergieverbrauch des PHH-Sektors. Vor-Ort erzeugter EE-Strom reduziert folglich nicht den EEV von Gebäuden.
- **Umweltwärme, Geothermische Wärme und Solarthermie** werden in der Satellitenbilanz Erneuerbare Energien der EBIL detailliert bilanziert und dem Endenergieverbrauch als „sonstige Erneuerbare“ zugeschlagen. Das aktuelle Ordnungsrecht kategorisiert Umweltwärme, Geothermische Wärme und Solarthermie nicht als Endenergieträger, da sie nicht handelbar sind.
- Die EBIL differenziert nicht nach **erneuerbarer oder nicht erneuerbarer Primärenergie**, sondern bilanziert die Summe von beiden. Die Stromerzeugung aus PV und Wind geht einem Wirkungsgrad von 100% in die Bilanz ein (für 1 kWh PV-Strom wird eine 1 kWh Solarenergie benötigt).
- Hinsichtlich der THG Emissionen muss berücksichtigt werden, dass das nationale Emissionsinventar nach der **Quellenbilanz** arbeitet – es werden nur direkte Emissionen am Ort der Entstehung (Quelle) bilanziert. Die EnEV arbeitet nach der **Verursacherbilanz** und berücksichtigt damit auch Emissionen aus der Vorkette von Endenergieträgern.

Relevant sind obige Differenzen u.a. für das Steuerungsziel „Reduktion des Wärmeverbrauchs in Gebäuden“. Gemäß dem Energiekonzept der Bundesregierung von 2010 soll der Wärmebedarf von Gebäuden bis zum Jahr 2020 gegenüber 2008 um 20 % gesenkt werden. Der Wärmebedarf soll dabei gemäß Energieeinsparrecht bestimmt werden. Nach dieser Definition umfasst der gebäuderelevante

Endenergieverbrauch für Wärme die Bedarfswerte für Raumwärme, Raumkühlung und Warmwasserbereitung. Zusätzlich wird der Stromverbrauch für (fest installierte) Beleuchtung in Nichtwohngebäuden bilanziert (Prognos, DLR, ISI 2018).

Sehr deutlich treten die Unterschiede bei einem fiktiven Austausch eines Erdgaskessels mit 100% Nutzungsgrad gegen eine beliebige Wärmepumpe (im Beispiel in Tabelle 9 wird eine JAZ von 4 angenommen; der Wirkungsgrad liegt bei Wärmepumpen definitionsgemäß bei 100%) zu Tage. Zur Bereitstellung von 1 kWh Wärme wird im Falle des Erdgas-Kessels 1 kWh Erdgas eingesetzt. Die Wärmepumpe benötigt hierfür 0,25 kWh Strom und 0,75 kWh Umweltwärme. Endenergetisch betrachtet führt ein Austausch des Erdgas-Kessels gegen die Wärmepumpe zu einer Änderung des Endenergieverbrauchs aus Sicht der EnEV von -75% während sich aus Sicht der EBIL keine Änderung ergibt.

Tabelle 9: bilanzielle Unterschiede zwischen geltendem Ordnungsrecht und Zielarchitektur / Energiebilanz Deutschland (EBIL) am Beispiel des Tausches eines Erdgas-Kessels gegen eine Wärmepumpe

		Erdgas-Kessel	Wärmepumpe	Änderung	Kommentar
Wirkungsgrad		100%	100% (JAZ: 4)		
Nutzwärme	[kWh]	1,00	1,00		
Endenergieverbrauch					
Erdgas	[kWh]	1,00			
Strom	[kWh]		0,25		
Umweltwärme	[kWh]		0,75		
Summe, EnEV	[kWh]	1,00	0,25	-75%	Nur Strom zählt zum EEV
Summe, EBIL	[kWh]	1,00	1,00	-	Strom und Umweltwärme zählen zum EEV
Primärenergieverbrauch					
EnEV (nicht erneuerbar)	[kWh]	1,10	0,45	-59%	PEF nach EnEV (Erdgas: 1,1 & Strom: 1,8)
EBIL (gesamt)	[kWh]	ca. 1,1	ca. 1,2	+11%	PEF aus Parallelgutachten (Erdgas: 1,11 & Strom: 1,92)
Anteil EE-Wärme					
EE-WärmeG		0%	100%	+100%	Gemäß Erfahrungsbericht EE-WärmeG
EBIL		0%	83%	+83%	grobe Abschätzung: Umweltwärme + 30% EE-Strom
THG-Emissionen					
Verursacherbilanz	[kg]	0,24	0,14	-40%	THG-Faktoren aus Parallelgutachten
Emissionsinventar PHH Sektor	[kg]	0,20	0,00	-100%	THG-Faktoren gemäß UBA
Emissionsinventar Vorkette	[kg]	ca. 0,04	ca. 0,14	+294%	THG-Faktoren gemäß UBA

Quelle: eigene Berechnungen, Prognos

Primärenergetisch führt der Tausch des Erdgas-Kessels durch die WP aus Sicht der EnEV zu einer Änderung des nicht erneuerbaren Primärenergieeinsatzes von -59%. Aus Sicht der Energiebilanz ergibt sich eine leichte Steigerung des gesamten Primärenergieverbrauchs (erneuerbar + nicht erneuerbar) um +11%, wobei hier eine vereinfachende Abschätzung anhand von Primärenergiefaktoren

nach GEMIS 5.0²⁹ vorgenommen wurde. Mit einer zunehmenden Dekarbonisierung der Stromerzeugung wird der Primärenergieeinsatz aus dem Blickwinkel der EBIL aber künftig sinken.

Unterschiede ergeben sich auch bei der Bestimmung der EE-Wärme-Quote. Gemäß Bilanzierung im EE-WärmeG-Erfahrungsberichts (BMWi 2015) und in Übereinstimmung mit den Methoden von eurostat wird Strom bei der Bildung der Quote nicht berücksichtigt, wohl aber die eingesetzte Umweltwärme. Die Wärmepumpe hat folglich einen EE-Wärme-Quote von 100%. Wird der EE-Stromanteil mit einbezogen, so ergibt sich für die Wärmepumpe eine EE-Wärme-Quote grob geschätzt 83%.

Auch bei den THG-Emissionen ergeben sich methodisch bedingt Unterschiede. Bei Anwendung der Verursacherbilanz reduzieren sich die gesamten THG-Emissionen durch den Austausch um 40%. Bei Anwendung der Quellenbilanz (Emissionsinventar) werden die direkten THG-Emissionen im PHH-Sektor durch den Einsatz der Wärmepumpe um 100% reduziert. Dem stehen jedoch zusätzliche Emissionen in den vorgelagerten Sektoren (Gewinnung, Umwandlung und Transport von Energie) gegenüber, die im Beispiel bei +294% liegen – dies macht sehr deutlich, dass der Einsatz von Wärmepumpen in Summe die THG-Emissionen schon heute deutlich reduziert, allerdings auch zu einer Verschiebung von Emissionen aus dem Gebäudesektor in den Umwandlungssektor führt.

3.4.2 Grundsätzliche Überlegungen zur Konsistenz des Ordnungsrechts im Gebäudebereich mit der Zielarchitektur

Nach Einschätzung der Gutachter ist es auch weiterhin sinnvoll im Gebäudeenergiegesetz die Verursacherbilanz anzuwenden, da auf diese Weise die Wirkungen von Maßnahmen an Gebäuden sowohl für den Gebäudesektor selbst als auch für das Energiesystem (vorwiegend Umwandlungssektor) einbezogen werden. Prominentestes Beispiel ist auch hier die Wärmepumpe aber auch Fernwärme. Aus Sicht der Quellenbilanz verursachen beide keine THG-Emissionen im Gebäudebereich und reduzieren die THG-Emissionen im Gebäudesektor massiv – im Gegenzug entstehen mehr Emissionen im Umwandlungssektor. Würde das Ordnungsrecht den Einsatz der Quellenbilanz fordern, würde der zweite Aspekt vollständig ausgeblendet, was Fehlsteuerungen provoziert.

Etwas kritischer fällt die Bewertung hinsichtlich der Definition von Endenergie aus. Die Beschränkung auf handelbare Endenergieträger im aktuellen Ordnungsrecht blendet den Bedarf von nicht handelbaren, aber dennoch unter Umständen knappen Energien (Umweltwärme, Solarenergie, Geothermie) komplett aus. Dies erschwert beim Wechsel von fossil befeuerten Heizkesseln auf Wärmepumpen oder beim Einsatz von Solarthermie-Anlagen eine klare Zuordnung, ob realisierte Verbesserungen am Primärenergiebedarf eines Gebäudes aus Maßnahmen an der Gebäudehülle (Steuerungsziel 1: Reduktion des Wärmeverbrauchs) oder aus Maßnahmen an der Anlagentechnik (Steuerungsziel 2: Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien im Wärmesektor) zurückzuführen sind. Möglicherweise stellt diese Darstellungsweise ein kommunikatives Problem in Richtung Gebäudenutzer dar als auch Risiken für die Parametrisierung und Treffsicherheit ordnungsrechtlicher Vorgaben.

²⁹ Diese Vereinfachung ist insofern problematisch, als die EBIL und die nationale THG-Bilanzierung im Gegensatz zu GEMIS einem strikten Territorialprinzip folgen. Die beiden erst genannten erfassen nur Energieverbräuche und THG-Emissionen, die in Deutschland verursacht werden. GEMIS bilanziert dagegen weltweite Emissionen (z. B. für die Gewinnung von Energieträgern außerhalb Deutschlands und den Transport nach Deutschland) und geht damit über den Bilanzkreis der EBIL und der nationalen THG-Bilanzierung hinaus. Die aus GEMIS abgeleiteten globalen Vorketten und Faktoren sind daher etwas höher als bei rein nationaler Betrachtung.

Darüber hinaus bleibt zwingend geboten sowohl eine Anforderung an die Reduktion des Wärmeverbrauchs in Gebäuden (Steuerungsziel 1) als auch eine Anforderung zur Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien im Wärmesektor (Steuerungsziel 2) beizubehalten. Im aktuellen Anforderungssystem wird das Steuerungsziel 1 indirekt über die Nebenanforderung an die Gebäudehülle (H_T) adressiert, während das zweite Ziel über die Kombination von Hauptanforderung (nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf) und Nebenanforderung (H_T) adressiert wird. Insbesondere der Verzicht auf eine Anforderung zur Reduktion des Wärmeverbrauchs in Gebäuden bei alleiniger Beibehaltung der aktuellen Hauptanforderung provoziert starke Fehlsteuerungen, da die Hauptanforderung alleine durch den Einsatz von Biomasse und (bei künftig weiter sinkenden THG-Faktor von Strom) auch durch Wärmepumpen erfüllt werden kann und es zu keinen Einsparungen im Wärmebereich kommt. Die Begleitforschung zur Energieeffizienzstrategie Gebäude (Prognos/IFEU/IWU 2015) zeigen deutlich, dass die Zielsetzungen des Energiekonzepts nur durch die Kombination von Wärmeeinsparung und Steigerung des EE-Wärme-Anteils erreichbar sind.

Mit Blick auf die Verständlichkeit und Übertragbarkeit von politischen Zielsetzungen auf das eigene Gebäude könnte es sinnvoll sein, ein künftiges Anforderungssystem direkter auf die beiden Steuerungsziele der Zielarchitektur abzustellen, indem beide Steuerungsziele zu gleichberechtigten Anforderungen gemacht werden.

In diesem Abschnitt erfolgt eine qualitative Einordnung zur Konsistenz des aktuellen und der alternativen Modelle mit den Zielen der energiepolitischen Zielarchitektur auf Ebene der Steuerungsziele, der Kernziele sowie des politischen Ziels.

Die Einordnung erfolgt unter folgenden Rahmenbedingungen:

Das Ordnungsrecht Gebäude bilanziert auch weiterhin nach Verursacherbilanz und bezieht damit Rückwirkungen auf den Umwandlungssektor mit ein.

Trotz Mängeln hinsichtlich der Transparenz werden nur handelbare Endenergieträger bilanziert. Diese Setzung erfolgt aus Sicht der Gutachter mit Blick auf die Kontinuität des ordnungsrechtlichen Rahmens. Aus rein inhaltlicher Abwägung dürfte eine Ausweitung auf alle physischen Endenergieträger sinnvoller sein. Die Zielarchitektur bilanziert alle physischen Endenergieträger.

Es wird weiterhin „nicht erneuerbare Primärenergie“ bilanziert (wenn Primärenergie betrachtet wird). Auch dies erfolgt vorrangig mit Blick auf die Kontinuität für die Optionen in denen primärenergetische Anforderungen gestellt werden.

Die bestehenden Auslösetatbestände für das Greifen des Ordnungsrechts bleiben unberührt.

Die Einordnung erfolgt weiterhin unabhängig von der Beibehaltung des Referenzgebäudeverfahrens, auf dessen Effekte in den anderen Kapiteln eingegangen wird. Für die Optionen, die auf den Anforderungswert „Wärmeenergiebedarf“ aufbauen, muss jedoch beachtet werden, dass das Referenzgebäudeverfahren blind ist für Planungsgrößen wie die Kompaktheit oder die Größe, den Anteil und die Ausrichtung der Fenster.

3.4.3 Konsistenz der alternativen Modelle zur energiepolitischen Zielarchitektur

Option 0

Option 0	Jahresprimärenergiebedarf q_p	Transmissionswärmeverlust H_T' bzw. Wärmedurchgangskoeffizient \bar{U}	Mindestdeckungsanteil EE am Wärmeenergiebedarf q_{outg}
-----------------	---------------------------------	--	---

Tabelle 10: Konsistenz der bestehenden Regelungen (Option 0) zur Zielarchitektur

Option 0	Einordnung der Konsistenz mit der Zielarchitektur
Steuerungsziele	
Reduktion des EEV für Wärme	<ul style="list-style-type: none"> Die Reduktion des EEV für Wärme wird über die Nebenanforderung (H_T') adressiert. H_T' berücksichtigt jedoch nicht alle Aspekte, die zur Reduktion des Wärmeverbrauchs beitragen und liefert somit eine unvollständige Abdeckung der Zielsetzung. Die Nebenanforderung adressiert die Gebäudehülle bei Neubauten, Vollsanierungen und Einzelmaßnahmen
Steigerung des EE-Wärme-Anteils	<ul style="list-style-type: none"> Die Steigerung des EE-Wärmeanteils wird indirekt durch die Hauptanforderung (Bezug auf "nicht erneuerbare Primärenergie") adressiert. Durch den Mindestanteil EE-Wärme erfolgt eine zweite, direkte Adressierung. Einbezogen werden Wärmeerzeuger bei Neubauten und Vollsanierung Im Gegensatz zu den Bauteilen der Gebäudehülle gibt es keinen Anforderungswert für den einfachen Tausch eines Wärmeerzeugers.
Kernziele	
Reduktion des Primärenergieverbrauchs	<ul style="list-style-type: none"> Die Reduktion des Primärenergieverbrauchs wird über die Nebenanforderung (H_T') adressiert. H_T' berücksichtigt jedoch nicht alle Aspekte, die zur Reduktion des Wärmeverbrauchs beitragen und liefert somit eine unvollständige Abdeckung der Zielsetzung. Problematisch ist die Beschränkung der Hauptanforderung auf „nicht erneuerbare Primärenergie“, da damit keine vollständige Abdeckung dieses Kernziels erfolgt.
Steigerung EE-Anteils am gesamten EEV	<ul style="list-style-type: none"> Die Senkung des EE-Wärmeanteils wird direkt über die Hauptanforderung auf „nicht erneuerbare Primärenergie“) adressiert. Durch den Mindestanteil EE-Wärme erfolgt eine zweite, direkte Adressierung
Politische Ziele	
Reduktion der Treibhausgasemissionen	<ul style="list-style-type: none"> Die Reduktion der Treibhausgasemissionen wird indirekt über „nicht erneuerbare Primärenergie“ adressiert. Unsicherheiten ergeben sich aus der unterschiedliche Skalierung von Primärenergiefaktoren und THG-Faktoren Positiv: Verursacherbilanz bildet gesamtes Energiesystem ab.

Quelle: eigene Darstellung, Prognos

Option 1

Option 1	CO ₂ -Emissionen	Wärmeenergiebedarf q_{outg}	Mindestdeckungsanteil EE am Wärmeenergiebedarf q_{outg}
-----------------	-----------------------------	-------------------------------	---

Tabelle 11: Konsistenz von Option 1 zur Zielarchitektur

Option 1	Einordnung der Konsistenz mit der Zielarchitektur
Steuerungsziele	
Reduktion des EEV für Wärme	<ul style="list-style-type: none"> Die Reduktion des EEV für Wärme wird direkt über die Nebenanforderung (Wärmeenergiebedarf q_{outg}) adressiert. Ggf. Klärung zum Umgang mit Wärmerückgewinnung nötig.
Steigerung des EE-Wärme-Anteils	<ul style="list-style-type: none"> Die Steigerung des EE-Wärme-Anteils wird über die Aufwandszahl adressiert. Diese ergibt sich aus dem Quotienten von CO₂-Emissionen (Hauptanforderung) und Wärmeenergiebedarf q_{outg} (Nebenanforderung) Über den Mindestdeckungsanteil EE am Wärmeenergiebedarf q_{outg} erfolgt eine zweite Adressierung der Steigerung des EE-Wärme-Anteils
Kernziele	
Reduktion des Primärenergieverbrauchs	<ul style="list-style-type: none"> Einordnung identisch zum entsprechenden Steuerungsziel
Steigerung EE-Anteils am gesamten EEV	<ul style="list-style-type: none"> Einordnung identisch zum entsprechenden Steuerungsziel
Politische Ziele	
Reduktion der Treibhausgasemissionen	<ul style="list-style-type: none"> Direkt über die Hauptanforderung (CO₂-Emissionen)

Quelle: eigene Darstellung, Prognos

Option 2

Option 2	CO ₂ -Emissionen	Endenergiebedarf	Mindestdeckungsanteil EE am Endenergiebedarf
-----------------	-----------------------------	------------------	--

Tabelle 12: Konsistenz von Option 2 zur Zielarchitektur

Option 2	Einordnung der Konsistenz mit der Zielarchitektur
Steuerungsziele	
Reduktion des EEV für Wärme	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Unvollständige Adressierung, da nur handelbare Endenergieträger abgedeckt werden.
Steigerung des EE-Wärme-Anteils	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Unvollständige Adressierung, da nur handelbare Endenergieträger abgedeckt werden. Damit werden Umweltwärme und Solarthermie ausgeblendet. ▪ Bei Ausweitung auf physikalische Endenergieträger wäre eine indirekte Adressierung über die endenergetische Aufwandszahl (Quotienten aus CO₂-Emissionen (Hauptanforderung) und Endenergiebedarf (Nebenanforderung)) möglich. ▪ Auch beim Mindestdeckungsanteil EE am Endenergiebedarf ergibt sich das Problem der unvollständigen Abdeckung aufgrund der Begrenzung auf handelbare Endenergieträger.
Kernziele	
Reduktion des Primärenergieverbrauchs	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einordnung identisch zum entsprechenden Steuerungsziel
Steigerung EE-Anteils am gesamten EEV	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einordnung identisch zum entsprechenden Steuerungsziel
Politische Ziele	
Reduktion der Treibhausgasemissionen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Direkte Adressierung über die Hauptanforderung (CO₂-Emissionen)

Quelle: eigene Darstellung, Prognos

Option 3

Option 3	Jahresprimärenergiebedarf q_p	Wärmeenergiebedarf q_{outg}	Mindestdeckungsanteil EE am Wärmeenergiebedarf q_{outg}
-----------------	---------------------------------	-------------------------------	---

Tabelle 13: Konsistenz von Option 3 zur Zielarchitektur

Option 3	Einordnung der Konsistenz mit der Zielarchitektur
Steuerungsziele	
Reduktion des EEV für Wärme	<ul style="list-style-type: none"> Die Reduktion des EEV für Wärme wird direkt über die Nebenanforderung (Wärmeenergiebedarf q_{outg}) adressiert. Ggf. Klärung zum Umgang mit Wärmerückgewinnung nötig.
Steigerung des EE-Wärme-Anteils	<ul style="list-style-type: none"> Die Steigerung des EE-Wärme-Anteils wird über die Aufwandszahl adressiert. Diese ergibt sich aus dem Quotienten von Primärenergiebedarf (Hauptanforderung) und Wärmeenergiebedarf q_{outg} (Nebenanforderung) Über den Mindestdeckungsanteil EE am Wärmeenergiebedarf q_{outg} erfolgt eine zweite Adressierung der Steigerung des EE-Wärme-Anteils.
Kernziele	
Reduktion des Primärenergieverbrauchs	<ul style="list-style-type: none"> Problematisch ist die Beschränkung der Hauptanforderung auf „nicht erneuerbare Primärenergie“, da damit keine vollständige Abdeckung dieses Kernziels erfolgt.
Steigerung EE-Anteils am gesamten EEV	<ul style="list-style-type: none"> Einordnung identisch zum entsprechenden Steuerungsziel
Politische Ziele	
Reduktion der Treibhausgasemissionen	<ul style="list-style-type: none"> Indirekt über die Hauptanforderung (Jahresprimärenergiebedarf q_p) Unsicherheiten ergeben sich aus der unterschiedliche Skalierung von Primärenergiefaktoren und THG-Faktoren.

Quelle: eigene Darstellung, Prognos

3.4.4 Zusätzliche Option 4: Umstellung auf zwei gleichberechtigte Anforderungen (Option 1a und 3a)

Zwischen dem Wärmeenergiebedarf Q_{outg} (4) und dem Primärenergiebedarf (2) und auch den CO₂-Emissionen (2) besteht über die CO₂- oder primärenergetisch gewichtete Aufwandszahl ein direkter rechnerischer Zusammenhang:

$$\text{Aufwandszahl (PE)} = \frac{\text{Primärenergiebedarf (} q_p \text{)}}{Q_{outg}} \quad \text{bzw.} \quad \text{Aufwandszahl (CO}_2\text{)} = \frac{\text{CO}_2\text{-Emissionen}}{Q_{outg}} \quad \text{oder}$$

$$\text{allgemein: Wärmeeigenschaft} = \frac{\text{Gesamteffizienz (2)}}{\text{Wärmemenge (4)}}$$

Hierin liegt die Stärke der Optionen 1 und 3 gegenüber der aktuellen EnEV, die keinen einfach nachvollziehbaren Zusammenhang zwischen Haupt- und Nebenanforderung bietet. Dieser direkte rechnerische Zusammenhang lässt für die Optionen 1 und 3 auch eine Umstellung vom aktuellen System einer Haupt- und einer Nebenanforderung auf zwei gleichberechtigte Anforderungen (Anforderung 1: Wärmemenge und Anforderung 2: Wärmeeigenschaft) zu, deren Produkt die Gesamteffizienz des Gebäudes repräsentiert:

$$\text{Allgemein:} \quad \text{Gesamteffizienz (PE oder CO}_2\text{)} = \text{Wärmemenge} * \text{Wärmeeigenschaft}$$

$$\text{Primärenergie:} \quad \text{Primärenergiebedarf (} q_p \text{)} = Q_{outg} * \text{Aufwandszahl (PE)}$$

$$\text{CO}_2\text{-Emissionen:} \quad \text{CO}_2\text{-Emissionen} = Q_{outg} * \text{Aufwandszahl (CO}_2\text{)}$$

Der Wärmeenergiebedarf (4) berücksichtigt sämtliche energetischen Eigenschaften der Gebäudehülle inkl. aktiver (Lüftungsanlagen, Wärmerückgewinnung) und passiver (Kompaktheit, solare Gewinne von Fenstern) Effizienztechnologien. Im Kern bedeutet die Umstellung auf den Wärmeenergiebedarf eine Ausweitung des Geltungsbereichs der Effizienzanforderung von der Gebäudehülle (H_{T1}) auf Wärmegewinne und Anlagentechnik. Damit lässt dieser Anforderungswert ein hohes Maß an Technologieoffenheit zu, da er mit unterschiedlichsten Gewichtungen von Wärmedämmung sowie passiver und aktiver Effizienztechnologien erreicht werden kann. Konkrete Technologie- oder Detailvorgaben sind nicht erforderlich; ein fester Grenzwert oder besser eine transparenten Grenzwertformel (vergleichbar dem unter Kapitel 2.2 vorgestellten Konzept) sind ausreichend. Der Anforderungswert „Wärmeenergiebedarf“ kann sowohl mit als auch ohne Referenzgebäudeverfahren genutzt werden. Im Referenzgebäudeverfahren ist diese Technologieoffenheit allerdings eingeschränkt, dass das Verfahren blind ist für Planungsgrößen wie die Kompaktheit oder die Größe, den Anteil und die Ausrichtung der Fenster.

Soll das Kompensieren einer geringen energetischen Qualität der Gebäudehülle durch Wärmerückgewinnung vermieden werden, so wäre dies über eine leichte Veränderung der Bilanzierung der in der WRG gewonnenen Wärme möglich. Aktuell reduziert sie den Wärmeenergiebedarf (vor Iteration). Denkbar wäre aber auch, dass die zurückgewonnene Wärme als eine Quelle zur Deckung des Wärmeenergiebedarfs bilanziert wird. Hierfür müsste allerdings die Berechnungsregeln angepasst werden.

Die CO₂- oder primärenergetisch gewichtete Aufwandszahl berücksichtigt sämtliche energetischen Eigenschaften des Wärmeerzeugers (eingesetzte Endenergieträger, Wirkungsgrad). Auch hier besteht eine höchstmögliche Technologieoffenheit, da sich der Anforderungswert durch unterschiedliche Technologien bzw. deren Kombinationen erreichen lässt. Es ist darüber hinaus nicht notwendig, konkrete Technologievorgaben zu machen oder einzelne Technologien explizit ein- oder auszuschließen – dies geschieht technologieneutral über den Ambitionsgrad des Anforderungswertes. In Kombination mit einer regelmäßigen Neubewertung der PE- bzw. THG-Faktoren aller Endenergieträger (vgl. paralleles

GEG-Gutachten zu Primärenergiefaktoren) lassen sich auch steigende Anteile erneuerbarer synthetischer Brennstoffe (PtG, PtL, BtG, BtL) am dt. Brennstoffmix problemlos integrieren.

Ein weiterer Vorteil dieses Systems ist die hohe Anschlussfähigkeit an die Effizienzstrategie Gebäude (ESG) sowie die energiepolitische Zielarchitektur ist. Dies bedeutet auch, dass sich jedes einzelne Gebäude, für das eine Bedarfsberechnung erstellt wurde, unmittelbar in den gesamtpolitischen Kontext / die politischen Zielsetzungen einordnen kann.

Darüber hinaus wäre es in eng begrenztem Rahmen denkbar, Transfers zwischen den beiden Anforderungen für einzelne Objekte oder Quartier zuzulassen (Beispiel: Anforderung 1 um 5% übererfüllen und im Gegenzug Anforderung 2 um bis zu 5% verfehlen dürfen). Hierbei sollten aber die mit der Effizienzstrategie Gebäude festgestellten Restriktionen und Potenzialgrenzen für Energieeffizienz und erneuerbare Energien berücksichtigt werden.

Das Konzept weist weiterhin große Ähnlichkeiten zur bereits langjährig eingeführten Systematik von Stromabrechnungen für Endkunden auf – mit der Abrechnung erhalten Kunden vom Stromanbieter eine Information über die Menge sowie die Eigenschaft (THG-Emissionsfaktor) des bezogenen Stroms. Das Produkt aus beiden ergibt die gesamten THG-Emissionen des Strombezugs.

3.4.5 Zusammenfassende Bewertung

Tabelle 14 zeigt eine zusammenfassende Einordnung der Konsistenz des aktuellen und der alternativen Anforderungswerte mit der energiepolitischen Zielarchitektur. Die CO₂-Emissionen sind gut als Anforderung an die Gesamteffizienz geeignet. Bei der Primärenergie gilt dies nur eingeschränkt, da nur nicht erneuerbare Primärenergie erfasst wird.

Mit der Zielsetzung den Wärmeverbrauch zu reduzieren ist nur die Anforderung an den Wärmeenergiebedarf vollständig konsistent. Der Anforderungswert „Wärmeenergiebedarf“ kann sowohl mit als auch ohne Referenzgebäudeverfahren genutzt werden, wobei das Referenzgebäudeverfahren diese Technologieoffenheit eingeschränkt, da das Verfahren blind ist für Planungsgrößen wie die Kompaktheit oder die Größe, den Anteil und die Ausrichtung der Fenster. Der Transmissionswärmeverlust deckt nicht den vollständigen Bereich des Wärmeverbrauchs ab und der Endenergiebedarf ist aufgrund der Beschränkung auf handelbare Endenergieträger ebenfalls ungeeignet.

Das Ziel zur Steigerung des EE-Anteils am Wärmeverbrauch wird durch den Mindestdeckungsanteil direkt adressiert; dieser benötigt aber vergleichsweise viele Detailregelungen zu einzelnen Technologien. Eine primärenergetische oder treibhausgasbewertete Aufwandszahl hingegen wirkt indirekt auf den EE-Wärme-Anteil.

Tabelle 14: Zusammenfassende Einordnung der Konsistenz der alternativen Anforderungssysteme mit der energiepolitischen Zielarchitektur

		Steuerungsziele / Steuerungsebene	
		Reduktion des Wärmeverbrauchs in Gebäuden	Steigerung des EE-Anteils im Wärmesektor
Gesamt	Jahresprimärenergiebedarf q_p	unvollständig, da nur „nicht erneuerbare PE,,	ja, indirekt
	CO ₂ -Emissionen	ja, indirekt	ja, indirekt
EEV	Transmissionswärmeverlust H_T	unvollständig, da Wärmegewinne unberücksichtigt	ungeeignet
	Wärmeenergiebedarf q_{outg}	ja, direkt	ungeeignet
	Endenergiebedarf	unvollständig, da nur handelbarer EEV	ungeeignet
EE-Wärme	Mindestdeckungsanteil EE am Wärmeenergiebedarf q_{outg}	ungeeignet	ja, direkt
	Mindestdeckungsanteil EE am Endenergiebedarf	ungeeignet	ungeeignet
	PE / THG Aufwandszahl Wärmeenergiebedarf q_{outg}	ungeeignet	ja, indirekt

Quelle: eigenen Zusammenstellung, Prognos

Als günstige Kombination mit Blick auf die Konsistenz zur Zielarchitektur erweist sich daher Option 1. Die Hauptanforderung ist direkt auf das politische Ziel der Reduktion des THG-Emissionen übertragbar. Für Option 3 gilt dies nur, wenn die Primärenergiefaktoren entsprechend des THG-Emissionsfaktors der Energieträger neu bewertet werden (vgl. paralleles Gutachten zu den Primärenergiefaktoren).

Von den untersuchten alternativen Anforderungssystemen erscheint Option 2 am wenigsten geeignete, da der Endenergiebedarf aufgrund der Beschränkung auf handelbare Endenergieträger keine vollständige Information bietet und damit Fehlanreize provoziert.

3.5 Auswirkung einer Umstellung der Kennwertkombinationen auf die energetischen Standards

Da die Untersuchung auf den EnEV2016-Standard fokussiert, können an dieser Stelle keine Ergebnisse typischer anlagentechnischer Varianten aus der Studie „EnEV 2017 Vorbereitende Untersuchungen“ quantitativ besprochen werden, da diese dort nicht untersucht wurden.

Deswegen werden in diesem Kapitel qualitative Auswirkungen der Umstellung auf die jeweilige Kennwertkombination beschrieben.

Dazu wird zuerst die Konsistenz mit dem aktuellen Referenzgebäudeverfahren und anschließend eine Abschätzung der Auswirkungen auf die energetischen Standards besprochen.

3.5.1 Konsistenz mit dem geltenden Referenzgebäudeverfahren

Die in 3.2.1 beschriebenen **Anforderungssysteme** sind zu einem großen Teil konsistent mit dem aktuell gültigen Referenzgebäudeverfahren. Dazu zählen:

- A. Aktuelles EnEV-Anforderungssystem I: Referenzgebäudeverfahren
- C. EnEV 2017 Begleitende Untersuchungen
- D. Äquivalente Transmissionswärmeverluste
- E. Hamburger Modell: Nachweisverfahren gemäß Hamburgischer Klimaschutzverordnung (Hmb-KliSchVO)
- F. Zusatzmöglichkeit I: Feste Anforderungswerte abhängig von DIN V 18599-Nutzungsprofilen
- G. Zusatzmöglichkeit II: Fester Anforderungswert unabhängig von DIN V 18599-Nutzungsprofilen

Bei den oben genannten Anforderungssystemen muss der EnEV-Nachweis mit dem Referenzgebäudeverfahren erbracht werden, allerdings werden die Grenzwerte teils unterschiedlich festgelegt (s. 3.2).

Zu den Anforderungssystemen, die das Referenzgebäudeverfahren nicht in der Nachweisführung verwenden zählen:

- B. Aktuelles EnEV-Anforderungssystem II: Tabellenverfahren EnEVeasy

Für EnEVeasy wird das Referenzgebäudeverfahren lediglich für die Ermittlung der Maximalwerte der Tabellen, jedoch nicht für die Nachweisführung herangezogen.

Für die **Kennwertkombinationen** (Optionen 1-3) gilt, dass alle Optionen mit dem Referenzgebäudeverfahren kompatibel sind. Die Hauptanforderung könnte auf CO₂ und die Nebenanforderung bzw. die EEWärmeG-Anforderung auf Wärmeenergiebedarf oder Endenergiebedarf umgestellt werden.

3.5.2 Abschätzung der quantitativen Auswirkungen auf die energetischen Standards

Die Kennwertkombinationen (Optionen 1-3) werden in diesem Kapitel hinsichtlich ihrer quantitativen Auswirkungen auf die energetischen Standards eingeschätzt.

Als Grundlage für die Einschätzung dient insbesondere die folgende Tabelle mit der Gegenüberstellung von Primärenergie- und THG-Emissionsfaktoren aus dem BMWi-Parallelprojekt „Primärenergiefaktoren“.

Primärenergiefaktoren	Variante 1 THG (g CO _{2äq} /kWh)	Variante 2 PEF	Variante 3 50:50	Nachrichtlich: Vollständig THG- korrigierte PEF	
Fossile Brennstoffe					
Gas Deutschland	240	100% ← x1,0	1,1	100%	1,1
Heizöl Deutschland	310	129% ← x1,2	1,2	109%	1,3
Flüssiggas	270		1,1		1,2
Braunkohle	430		1,2		2,0
Steinkohle	350		1,1		1,6
Strom	450 - 480	200% ← x1,2	1,8	164%	1,9 - 2,0
Feste Biomasse und Abfall	40	17% ← x0,95 in Verbindung mit Budgetverfahren	0,2	18%	0,2
Gasförmige Biomasse					
Biogas in KWK und Wärmenetzen bzw. vor Ort	100		0,2		0,0
Biomethan in KWK	140		0,4 *		0,3
Biomethan (sonstige Nutzung)		Wie Gas			0,5
Flüssige Biomasse					
berücksichtigt über die Beimischung in Heizöl					
KWK					
Individuell errechnet.					
Pauschalfaktoren siehe AP 3					

Tabelle 15: Aufstellung von Primärenergie- und THG-Emissionsfaktoren (Quelle: ifeu, Parallelprojekt des BMWI zu „Primärenergiefaktoren“)

Die obige Tabelle zeigt ausgehend von Erdgas (=100%) die Auswirkungen bei einer Umstellung von den Primärenergiefaktoren zu den im Primärenergieprojekt festgelegten THG-Emissionsfaktoren. Dementsprechend ergeben sich für Heizöl und Strom eine Veränderung gegenüber Erdgas mit einem Faktor PE-Faktor / THG-Emissionsfaktor von 1,2 und bei der Biomasse von 0,95 (PE=18% / THG=17% jeweils im Verhältnis zu Erdgas).

Die quantitativen Auswirkungen auf die energetischen Standards werden für die folgenden typischen anlagentechnischen Varianten evaluiert:

- Gas-Brennwertkessel mit Solarthermie
- Heizöl-Brennwertkessel mit Solarthermie
- Luft-Wärmepumpe
- Pelletkessel

Anmerkung: Bei den folgenden Analysen wird davon ausgegangen, dass mit der Hauptanforderung „CO₂-Emissionen“ eigentlich THG-Emissionen (CO_{2äq}) gemeint sind.

Umstellung Option 0 zu Option 1:

Option 0	Jahresprimärenergiebedarf q_p	Transmissionswärmeverlust H_{tr} bzw. Wärmedurchgangskoeffizient \bar{U}	Mindestdeckungsanteil EE am Wärmeenergiebedarf q_{outg}
----------	---------------------------------	--	---

Option 1	CO ₂ -Emissionen	Wärmeenergiebedarf q_{outg}	Mindestdeckungsanteil EE am Wärmeenergiebedarf q_{outg}
-----------------	-----------------------------	-------------------------------	---

Eine Umstellung der **Hauptanforderung** von Primärenergie zu CO₂ ist dank des beschlossenen Atomausstiegs eine zukunftsfähige Option in Deutschland und kann deswegen empfohlen werden. In Ländern, in denen Atomenergie weiter eine bedeutende Rolle im Energiemix einnimmt (bspw. Frankreich), wäre CO₂ kein geeigneter Bewertungsfaktor.

Für Heizöl-BW Kesseln im Vergleich zu Gas-BW Kesseln würde sich eine Umstellung der Hauptanforderung auf CO₂ negativ auswirken (Faktor 1,2), so dass eine Erfüllung der EnEV 2016-Anforderungen für Heizöl-BW Kessel lediglich mit deutlichen baulichen oder anlagentechnischen Verschärfungen möglich wäre. Auch die Wärmepumpenvarianten würden bei einer Umstellung auf die Kenngröße CO₂ wegen des im Vergleich zur Primärenergie schlechteren CO₂-Faktors (Faktor 1,2) schlechter gestellt als jetzt. Lediglich für den Pelletkessel ergäben sich nur geringfügige Veränderungen, da beide Kennwerte (Faktor 0,95) im Vergleich zum Gas-BW Kessel sehr niedrig liegen. Das in Tabelle 15 genannte „Budgetverfahren“ für die feste Biomasse³⁰ hätte keine weiteren Auswirkungen, da ab 30 kWh/m²a Pelletbedarf in beiden Fällen (PE und CO_{2aq}) der Erdgas-Faktor verwendet werden würde.

Die Umstellung der **Nebenanforderung** von Transmissionswärmeverlust H_T' auf den Wärmeenergiebedarf q_{outg} bewirkt einen Wechsel weg von einer reinen Wärmeverlust- hin zu einer Energiebilanzbetrachtung (Wärmeverluste, Wärmegewinne, Anlagentechnikverluste außer Erzeugerverluste). Dies führt dazu, dass relevante Wärmeverluste (Lüftung, Anlagentechnik) und Wärmegewinne (solar, intern, Anlagentechnik) berücksichtigt werden und erhöht die technologischen Freiheitsgrade. Wie auch bei H_T' kann q_{outg} im Vergleich zu der Hauptanforderung CO₂ beim Einsatz erneuerbarer Energien (z.B. Pellets) zur limitierenden Anforderungsgröße werden (geringe CO₂-Emissionen bei relevantem Wärmeenergiebedarf).

Die Umstellung ist insbesondere relevant für Technologien, die die Hauptanforderung leichter erfüllen (Pellet: niedriger CO₂-Faktor, Wärmepumpe: hohe Erzeugereffizienz) und dementsprechend die Nebenanforderung zur limitierenden Anforderungsgröße wird. Die Nebenanforderung über q_{outg} kann nun nicht mehr ausschließlich über die Optimierung der Gebäudehülle, sondern auch über eine Optimierung der Wärmegewinne (Kompaktheit, Fensteranteil/-ausrichtung) und der Anlagentechnik (Dämmung der Verteilleitung, Lüftungsanlage mit WRG) erfüllt werden.

Ein zu beachtender Nebeneffekt bei einem Ersatz von H_T' durch q_{outg} als Nebenanforderung ist, dass dann keine Mindesteffizienz an die Gebäudehülle alleine mehr gestellt werden würde und durch Optimierung der Wärmegewinne oder der Anlagentechnik – je nach Parametrisierung der Anforderung – eine schlechtere Gebäudehüllqualität als bislang möglich werden kann bzw. einer solchen Folge regulatorisch schwerer zu begegnen wäre (kritische Öffnungsoption). Beispielsweise der Wegfall der bislang im Einfamilienhaus im Referenzgebäude angenommenen Warmwasserzirkulation würde dann ebenfalls eine schlechtere Hüllqualität erlauben. Diese verpassten Effizienzchancen würden durch die Langlebigkeit der Gebäudehülle noch verschärft (Lock-In Effekte).

³⁰ Budgetverfahren für feste Biomasse:

≤ 30 kWh/m²a Pelletbedarf: PE-Faktor = 0,2 bzw. CO₂-Faktor = 40 g CO_{2aq}/kWh

> 30 kWh/m²a Pelletbedarf: PE-Faktor = 1,1 bzw. CO₂-Faktor = 240 g CO_{2aq}/kWh (Anmerkung: Verwendung der Erdgas-Faktoren)

Die **EEWärmeG-Anforderung** würde sich in Option 1 weiterhin auf q_{outg} beziehen, so dass keine Effekte entstehen.

Umstellung Option 0 zu Option 2:

Option 0	Jahresprimärenergiebedarf q_p	Transmissionswärmeverlust $H_{T'}$ bzw. Wärmedurchgangskoeffizient \bar{U}	Mindestdeckungsanteil EE am Wärmeenergiebedarf q_{outg}
Option 2	CO ₂ -Emissionen	Endenergiebedarf	Mindestdeckungsanteil EE am Endenergiebedarf

Die oben genannten Ausführungen zur Umstellung der **Hauptanforderung** von Primärenergie auf CO₂ können auch auf Option 2 übertragen werden.

Die Umstellung der **Nebenanforderung** von Transmissionswärmeverlust $H_{T'}$ auf den Endenergiebedarf hat vergleichbare Auswirkungen wie die Umstellung auf den Wärmeenergiebedarf (s. Option 1). Eine Ausnahme stellen die Wärmepumpen dar, da die hohe Anlageneffizienz ($COP > 3$) durch Hinzunahme der Erzeugerverluste berücksichtigt wird. Das führt voraussichtlich dazu, dass für Wärmepumpen nicht die Nebenanforderung, sondern die CO₂-Hauptanforderung, zur limitierenden Anforderungsgröße wird.

Den Mindestdeckungsanteil für Erneuerbare Energien (**EEWärmeG-Anforderung**) von q_{outg} auf den Endenergiebedarf zu verändern führt dazu die Erzeugerverluste der Wärmeerzeuger mit zu berücksichtigen. Allerdings sollte diese Umstellung selbst für Wärmepumpen, die einen geringeren Endenergiebedarf aufweisen, nicht nachteilig sein, da der vorgeschriebene relative Anteil durch Wärmepumpen (50%) am End- bzw. Wärmeenergiebedarf sich nicht verändern würde.

Umstellung Option 0 zu Option 3:

Option 0	Jahresprimärenergiebedarf q_p	Transmissionswärmeverlust $H_{T'}$ bzw. Wärmedurchgangskoeffizient \bar{U}	Mindestdeckungsanteil EE am Wärmeenergiebedarf q_{outg}
Option 3	Jahresprimärenergiebedarf q_p	Wärmeenergiebedarf q_{outg}	Mindestdeckungsanteil EE am Wärmeenergiebedarf q_{outg}

Option 3 sieht keine Umstellung der **Hauptanforderung** gegenüber Option 0 vor und verfolgt bei der **Nebenanforderung** und der **EEWärmeG-Anforderung** den gleichen Ansatz wie Option 1.

Da im Gegensatz zu Option 1 die Hauptanforderung Primärenergie anstelle von CO₂ ist, könnte die Nebenanforderung Wärmeenergiebedarf bei Wärmepumpen (ohne Anlageneffizienz) noch früher zur limitierenden Anforderungsgröße werden, als das bei CO₂ der Fall ist (Faktor zwischen PE und CO₂ = 1,2).

Exkurs: Umstellung Option 0 auf die Anforderungsgröße „Endenergie“:

Auf Wunsch des Auftraggebers wird die weitere Option „alleinige Anforderungsgröße Endenergie“ an dieser Stelle kurz diskutiert.

Die Vorteile einer alleinigen Anforderungsgröße Endenergie sind insbesondere die Nachvollziehbarkeit der Kenngröße (Energienmenge, die bezogen/bezahlt werden muss) und der dadurch mögliche übersichtliche Rückschluss auf die Energiekosten. In Bezug auf die Nebenanforderung (Ersatz H_T' durch Endenergie) liegt der Vorteil in einer Energiebilanzbetrachtung (Gewinne und Verluste) im Gegensatz zu der reinen Wärmeverlustbetrachtung des H_T' .

Nachteil der Anforderungsgröße Endenergie ist die fehlende Berücksichtigung der Umwandlungsprozesse hin zur Primärenergie und der Klimawirksamkeit. Davon würden insbesondere die effizienten Wärmeerzeuger (z.B. Wärmepumpen) profitieren und es würde dem erneuerbaren Wärmeerzeuger (z.B. Pelletkessel) schaden.

Weiterhin ist die Endenergie im Sinne der EnEV für die EEWärmeG-Anforderung nicht zielführend, da dort die Umweltenergien, die in einem unmittelbaren räumlichen Zusammenhang zum Gebäude gewonnen werden, gleich null gesetzt (Definition der Endenergie im Sinne der Energiebilanz wäre die geeignete Grundlage).

4 Schlussfolgerungen

Ausgehend von der übergeordneten langfristigen Zielsetzung der Erreichung eines „nahezu klimaneutralen Gebäudebestandes“ und damit einer Senkung der CO₂-Emissionen wurde in Arbeitspaket 1 eine Parallelanforderung zum bestehenden Referenzgebäudeverfahren erarbeitet. In den Arbeitspaketen 2-5 wurden Alternativen zum bestehenden Anforderungssystem in Bezug auf Verfahren und Kennwertkombinationen untersucht.

Die Parallelanforderung EnEVeco, die in **Arbeitspaket 1** für Wohngebäude entwickelt wurde, erfüllt die vorher gesteckten weiteren Ziele einer einfachen Nachweisführung und Anreizen von Kompaktheit unabhängig vom Referenzgebäudeverfahren und die Berücksichtigung der Aspekte, die der Planer beeinflussen kann. Diese Aspekte umfassen u.a. eine kompakte Bauweise, die Qualität der Gebäudehülle und die Möglichkeit nutzbare solare Gewinne zu maximieren.

Konkret beinhaltet die Parallelanforderung EnEVeco eine Kombination aus einem sog. äquivalenten Transmissionswärmeverlust und zulässigen Anlagentechnikvarianten für die eine vereinfachte Nachweisführung zulässig wäre. Der äquivalente Transmissionswärmeverlust berücksichtigt dabei zusätzlich zur aktuell gültigen H_T' -Ermittlung die möglichen Solargewinne von Fenstern, woraus ein Anreiz für eine Fensterflächenoptimierung (Ausrichtung und Anteile) und für die Gebäudehüllqualität resultiert. Zudem schaffen die gewählten Randbedingungen zur Ermittlung der Grenzwerte für den äquivalenten Transmissionswärmeverlust Anreize für eine kompakte Bauweise, ohne dabei die planerische Freiheit durch feste Vorgaben unangemessen einzuschränken. Die von der Wohnfläche abhängigen Grenzwerte können anhand einer einfachen Gleichung bestimmt werden.

Es wird vorgeschlagen für Nichtwohngebäude auf eine oben beschriebene Öffnungsregelung zu verzichten, da hier die Anlagentechnik gegenüber (der Kompaktheit) der Gebäudehülle i.d.R. eine deutlich wichtigere Rolle einnimmt als bei Wohngebäuden. Zudem spielen auch der Beleuchtungs- und häufig auch der Kühlenergiebedarf eine Rolle, so dass eine entsprechende Vereinfachung nicht sinnvoll ist.

In **Arbeitspaket 2** wurden die Vor- und Nachteile der alternativen Regelungsmodelle dargestellt und eine Abwägung zum aktuell gültigen Verfahren vorgenommen. Dabei wurden die aktuell gültigen Anforderungssysteme (Referenzgebäudeverfahren und EnEVeasy) und diverse Anpassungsmöglichkeiten des aktuellen Systems und alternative Modelle dargestellt und bewertet.

Eine vollständige Umstellung des bestehenden Anforderungssystems wird nicht empfohlen. Stattdessen konnten zwei sinnvolle Anpassungsmöglichkeiten des aktuellen Systems für Wohngebäude identifiziert werden:

- Ersatz der H_T' -Nebenanforderung durch $H_{T'_{\text{äq}}}$ (in Anlehnung an EnEVeco aus Arbeitspaket 1)
- Festlegung der Q_p -Grenzwerte der Hauptanforderung durch eine Formel mit A/V_e -Anteil (oder A_N/A_{Wfl} -Abhängigkeit) anstatt Ermittlung über das Referenzgebäudeverfahren (in Anlehnung an das „Hamburger Modell“)

Diese Anpassungsmöglichkeiten adressieren die Schwächen des aktuellen Systems: fehlende Anreize im Bereich Kompaktheit und Fensterflächenoptimierung und intransparenten gebäudeindividuellen Grenzwerte.

Da der obige Vorschlag weiterhin eine Nachweisführung über das Referenzgebäudeverfahren benötigt, sollte die bestehende vereinfachte Nachweisverfahren über EnEVeasy bestehen bleiben und möglicherweise um einen sehr ambitionierten Anforderungswert ergänzt werden, bei dessen Erreichung den EnEV-Nachweis ersetzt (bspw. in Anlehnung an den Passivhaus-Grenzwert: Heizwärmebedarf $\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$).

Es wird vorgeschlagen bei Nichtwohngebäuden weiterhin das Referenzgebäudeverfahren mit seiner hohen planerischen Freiheit und der notwendigen Flexibilität, um die hohe Vielfalt an Gebäudetypen und -nutzungsarten abzubilden beizubehalten. Es erscheint jedoch sinnvoll, große und sehr große Fensterflächenanteile im Sinne einer zielführenden Anforderungssystematik zu vermeiden oder über geeignete Maximalwerte in der Referenzgebäudeausstattung eine Kompensierung an anderer Stelle zu bezwecken.

In den **Arbeitspaketen 3 bis 5** wurden unterschiedliche Kennwertkombinationen (Optionen) für die Haupt- und Nebenanforderung und den Mindestdeckungsanteil durch erneuerbare Energien (EEWärmeG) auf ihre Vor- und Nachteile hin untersucht und ihre Auswirkungen auf die energetischen Standards geprüft. Alle Kennwertkombinationen wiesen dabei diverse Vor- und Nachteile auf. Deutliche Auswirkungen zeigten sich bei einer Hauptanforderungsumstellung auf $\text{CO}_2\text{äq}$ insbesondere für die heizöl- und stromversorgten Gebäude resultierend aus den im Vergleich zu den Primärenergiefaktoren relativ höheren THG-Emissionsfaktoren. In Bezug auf die Nebenanforderung würde eine Abkehr von dem Transmissionswärmeverlust H_T eine kritische Öffnungsoption darstellen, da keine bzw. lediglich eine implizite Mindesteffizienz an die Gebäudehülle mehr gestellt werden würde. Eine Optimierung der Wärmegewinne oder der Anlagentechnik würde demnach eine schlechtere Gebäudehüllqualität als bislang ermöglichen.

Leichte Verwerfungen wird jede Umstellung auf die diskutierten Kennwertkombinationen mit sich bringen. Solange es eine Anforderung an die Effizienz und eine an die Wärmeerzeugung gibt, besteht zumindest keine große Gefahr der Fehlsteuerung.

Insgesamt ergibt sich aus der langfristigen Zielsetzung der Erreichung eines „nahezu klimaneutralen Gebäudebestandes“ eine Notwendigkeit die Klimawirksamkeit im Gebäudebereich transparenter aufzuzeigen und somit die Hauptanforderung auf die THG-Emissionen umzustellen. **Daher wird für Wohngebäude diese Option (Umstieg auf THG-Emissionen) in Kombination einer transparenten Grenzwertformel und mit einer Nebenanforderung in Form eines äquivalenten Transmissionswärmeverlusts vorgeschlagen.**

Für Nichtwohngebäude wird ebenfalls eine Änderung der Hauptanforderung auf die THG-Emissionen vorgeschlagen. Allerdings können hier die Nebenanforderungen an die Gebäudehülle (\bar{U}) beibehalten werden und nur durch die Vorgabe maximaler Fensterflächenanteile ergänzt werden.

Anhang

Zahlenbeispiel zur Ermittlung des äquivalenten Transmissionswärmeverlustes $H_T'_{\text{äq}}$

Am Beispiel des kleinen Einfamilienhauses (EFHklein) wird an dieser Stelle die Ermittlung der neuen Kenngröße des äquivalenten Transmissionswärmeverlustes $H_T'_{\text{äq}}$ und des korrespondierenden Grenzwertes erläutert.

Das Beispielgebäude (EFHklein mit und ohne Keller) mit einer Wohnfläche von 110 m² weist die folgenden Bauteil-Charakteristika auf.

Bauteil	Nettofläche (mit/ohne Keller) A_i [m ²]	Wärmedurchgangs- koeffizient U [W/m ² K]	Korrekturfaktor F_x [-]
Wohnfläche	110		
Gebäudenutz- fläche	265 / 149		
Außenwand	123,4	0,28	1,0
Dach	77,0	0,20	1,0
Oberste Geschossdecke	41,0	0,20	0,8
Bodenplatte	98,7	0,35	0,45
Keller gegen Erdreich	98,0 / 0	0,35	0,6
Fensterfläche Gesamt	29,5 / 26,5	1,30	1,0
Fensterfläche Süd	5,3	1,30	1,0
Tür	2,1	1,80	1,0
Wärmebrücken	469,7 / 368,7	0,05	1,0

Die aktuelle Berechnungsmethode des Transmissionswärmeverlustkoeffizienten H_T' ergibt sich vereinfacht dargestellt aus der Summe der oben dargestellten Nettoflächen der Bauteile (A_i) multipliziert mit dem jeweiligen Wärmedurchgangskoeffizienten (U_i) und dem Korrekturfaktor ($F_{x,i}$). Zudem wird das Ergebnis durch die wärmeübertragende Umfassungsfläche (A) geteilt. Für das kleine Einfamilienhaus mit Keller ergibt sich damit der folgende Kennwert:

$$H_T' = \frac{H_T}{A} = \frac{\sum_i A_i \cdot U_i \cdot F_{x,i}}{A} = 0,34 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Der Unterschied in der Ermittlung des angepassten äquivalenten Transmissionswärmeverlustkoeffizienten $H_{T'_{\text{äq,Wfl}}}$ aus Kapitel 2 liegt zum einen in der Berücksichtigung des äquivalenten Wärmedurchgangskoeffizienten für Südfenster³¹ ($U_{w,s,\text{äq}}$) mit Berücksichtigung solarer Gewinne. Zum anderen wird das Ergebnis des obigen Zählers durch die Wohnfläche (A_{Wfl}) anstatt durch die wärmeübertragende Umfassungsfläche geteilt. Die Gleichung und der Kennwert lauten dementsprechend:

$$H'_{T'_{\text{äq,Wfl}}} = \frac{\sum_i A_i \cdot U_i \cdot F_{x,i} (\text{ohne Südfenster}) + (A_{w,s} \cdot U_{w,s,\text{äq}} \cdot F_{x,w,s})}{A_{Wfl}} = 1,42 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Die große Diskrepanz beider Werte resultiert zum größten Teil von der Umstellung von der wärmeübertragenden Umfassungsfläche auf Wohnfläche, da das betrachtete Beispielgebäude einen Keller besitzt und deswegen ein großer Unterschied zwischen wärmeübertragender Umfassungsfläche ($A = 469 \text{ m}^2$) und Wohnfläche ($A_{Wfl} = 110 \text{ m}^2$) besteht.

Der größte Unterschied zwischen der bisherigen Methodik und dem neuen Vorschlag liegt jedoch bei der **Grenzwertfestlegung**.

Aktuell gilt das Minimum aus dem aus den Wärmedurchgangskoeffizienten des Referenzgebäudes (gem. EnEV Anlage 1, Tabelle 1) errechneten H_T' und aus festgelegten Höchstwerten für bestimmte Gebäudetypen (gem. EnEV Anlage 1, Tabelle 2) als Grenzwert für H_T' . Für das Beispielgebäude mit Keller wären in diesem Fall die Grenzwerte aus den Referenzgebäude-Wärmedurchgangskoeffizienten ($H_{T'_{\text{Grenzwert}}} = 0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$) maßgeblich.

Für die neue Kenngröße des äquivalenten Transmissionswärmeverlustkoeffizienten $H_{T'_{\text{äq,Wfl}}}$ wurde eine Grenzwertgleichung abgeleitet. Über einen Faktor wird dabei den Anteil der nicht angebauten Außenwandflächen berücksichtigt (f_{AW} , z.B. für Doppelhaushälften). Die gebäudetypspezifische Konstanten (a und b)³² wurden aus festgelegten Referenzgebäudegeometrien abgeleitet³³.

Die Gleichung führt für das kleine Einfamilienhaus mit und ohne Keller zu dem folgenden Grenzwert:

$$H'_{T'_{\text{äq,Wfl,Grenzwert}}} = \left\{ f_{AW} \cdot a \cdot A_{Wfl}^{-\frac{1}{2}} + b \right\} = \left\{ 1 \cdot 9,9 \cdot 110^{-\frac{1}{2}} + 0,31 \right\} = 1,25 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Zusammenfassend ergeben sich für das aktuell gültige Verfahren im Vergleich zu der neuen Kenngröße die folgenden Kennwerte und Grenzwerte.

	Ermittelter Kennwert [W/m²K] EFHklein mit Keller	Ermittelter Kennwert [W/m²K] EFHklein ohne Keller	Ermittelte Grenzwerte [W/m²K]
H_T' gem. EnEV	0,34	0,35	0,34 bzw. 0,35
$H_{T'_{\text{äq,Wfl}}}$ (neu)	1,42	1,15	1,25

³¹ $U_{w,s,\text{äq}}$ = „Äquivalenter U-Wert für Südfenster“ = $U_{w,s} - 0,66 \cdot g$ (verschattet, worst case Annahmen)

³² Dabei wird zwischen Einfamilienhäusern (2 Geschosse) und Mehrfamilienhäusern (4 Geschosse) unterschieden

³³ Als Anforderung an die die Vorgaben zur Kompaktheit wurde dabei von einem quaderförmigen Referenz-Gebäude (ohne Keller) mit Seitenverhältnis der Grundfläche von 2:1 ausgegangen.

Während das Beispielgebäude ohne Keller sowohl den aktuellen als auch den vorgeschlagenen neuen Anforderungen genügt, verfehlt das gleiche Gebäude mit Keller den Grenzwert bei dem neuen Verfahren (um ca. 13%). Der Keller vergrößert zwar die wärmeübertragende Umfassungsfläche, nicht aber die Wohnfläche (→ unzureichende Kompaktheit). Zum Erreichen des neuen Zielwertes müssten bei dem Gebäude mit Keller entweder die Hüllqualitäten verbessert werden und/oder die Fensterflächen optimiert werden (Fenster nach Süden verschieben) und/oder das Gebäude kompakter gestaltet werden (was in dem gegebenen Beispiel wenig Potenzial birgt).

Das aktuell gültige Verfahren honoriert, wie beschrieben, weder die Kompaktheit des Gebäudes noch eine Optimierung der Fensterflächenanteile. Dies führt u.a. dazu, dass die Nebenanforderung³⁴ für das oben genannte Beispiel selbst bei einer Erhöhung der Fensterflächen um 50% noch die aktuellen H_T -Grenzwerte einhalten würde, obwohl dabei der Heizwärme- und Primärenergiebedarf deutlich ansteigt. Dies würde durch die Vorgabe von festen Fensterflächenanteilen des Referenzgebäudes für die Grenzwertfestlegung³⁵, gemäß Vorschlag, verhindert werden können.

³⁴ Die Tabelle der H_T -Grenzwerte blieb, trotz Verschärfungen seit vielen Jahren unverändert

³⁵ Vorschlag Fensteranteil für Referenzgebäude 20 % (Anteil an der Bruttofassadenfläche)

Referenzen

- DIN V 18599-2: *DIN V 18599-2:2016-10 Teil 2: Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudезonen*
- DIN V 18599-10: *DIN V 18599-10:2016-10 Teil 10: Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten*
- EnEV 2014: *Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung*. November 2013; Online verfügbar unter: <http://www.baukammerberlin.de/wp-content/uploads/2012/07/bgbl113s3951.pdf>
- EnEV 2017 Vorbereitende Untersuchungen: *EnEV 2017 Vorbereitende Untersuchungen*; Online verfügbar unter: http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BBSROnline/2017/bbsr-online-16-2017-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=2
- EnEV 2017 Begleitende Untersuchungen: *Begleitende Untersuchungen zur Weiterentwicklung der energetischen Mindestanforderungen an Gebäude mit der EnEV 2017: Wirtschaftlichkeit, Anforderungsmethodik und bilanzielle Randbedingungen*
- EnEVeasy: *Bekanntmachung zur Anwendung von § 3 Absatz 5 der Energieeinsparverordnung (EnEV) (Modellgebäudeverfahren für nicht gekühlte Wohngebäude)*. Oktober 2016; Online verfügbar unter: http://www.bbsr-energieeinsparung.de/EnEVPortal/DE/EnEV/Bekanntmachungen/Download/BekanntmachungEnEVeasy.pdf;jsessionid=4E5B443C45087469C35CC10CDFA6A98.live21303?__blob=publicationFile&v=3
- EEWärmeG: *Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – EEWärmeG)*; Online verfügbar unter: https://www.bundesanzeiger-verlag.de/fileadmin/BIV-Portal/Dokumente/ee_waermeg.pdf
- Hamburgische Klimaschutzverordnung; *Hamburgische Klimaschutzverordnung (HmbKliSchVO)*. Dezember 2007; Online verfügbar unter: https://www.energiecontracting.de/2-politik-recht/gesetz-richtlinien/dokumente/Klimaschutzverordnung_HmbKliSchVO.pdf
- Ifeu/Ecofys (2012). „*Kennziffern für Gebäude*“. Arbeitspapier im Rahmen des Projektes „100 % Erneuerbare im Gebäudebestand“
- Öko-Institut/Klinski/ITG/Ifeu/ISI (2015): *Instrumente und Rechtsfragen EEWärmeG – Abgleich der Regelwerke EEWärmeG und EnEV/EnEG* (nicht veröffentlicht)
- TUD (2017): *Konzeptionelle Ansätze zur Umsetzung der Energiewende im Gebäudesektor – Systematisierung und Diskussion alternativer Steuerungsindikatoren für die Energie- und Klimapolitik im Gebäudesektor*. In: Pfnür (Hrsg.), Arbeitspapiere zur immobilienwirtschaftlichen Forschung und Praxis, Band Nr. 34.
- Wohnflächenverordnung (WoFIV): *Verordnung zur Berechnung der Wohnfläche (Wohnflächenverordnung - WoFIV)*. November 2003; Online verfügbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/woflv/WoFIV.pdf>

