

Kurzgutachten zur Aktualisierung und Fortschreibung der vorliegenden Wirtschaftlichkeitsuntersuchung sowie zu Flexibilisierungsoptionen

Endbericht

Leistung gemäß Rahmenvertrag zur Beratung der Abteilung II des BMWi

Leistungsabruf: durch Referat IIC2 am 22.09.2017

BMW-Projekt-Nr.: 102/16-19

Kassel, Dresden, Stuttgart, Hamburg, Köln, Berlin, 23. April 2018

Impressum

Autoren

Dr. Stephan Schlitzberger

Prof. Dr. Anton Maas

Prof. Dr. Bert Oschatz

Hans Erhorn

Heiko Schiller

Markus Offermann

Bernhard von Manteuffel

Oliver Krieger

Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH

Leipziger Straße 184

34123 Kassel

schlitzberger@ibh-hauser.de

+49(0)561/9499 0432

Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH

Institut für Technische Gebäudeausrüstung

Dresden Forschung und Anwendung GmbH

Fraunhofer-Institut für Bauphysik

[schiller-engineering](http://schiller-engineering.de)

Ecofys

Ecofys

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

Auftraggeber

BMWi, Abt. II, Ref. C2

Inhalt

1	Einleitung.....	8
2	Zusammenfassung	9
3	Aufgabenbeschreibung.....	11
4	Überprüfung und Aktualisierung der Berechnungsrandbedingungen	13
4.1	Vorbemerkungen.....	13
4.2	Energiepreise	13
4.3	Energiepreisssteigerungen	14
4.4	Baukosten	15
4.5	Anlagenkosten	16
4.5.1	Photovoltaikpreise	16
4.5.2	Batteriespeicherpreise	18
4.6	Investitionskostenanpassung	20
4.7	Betriebsgebundene Kosten für PV Anlagen	20
4.8	Bilanzierung und Wirtschaftlichkeitsbewertungen von BHKW-Varianten	21
4.9	Kalkulationszinssatz	22
5	Untersuchung zum Anteil der Energieeffizienz an Kostensteigerungen im Wohnungsbau	23
5.1	Einleitung	23
5.2	Daten zur Kostenentwicklung im Wohnungsbau.....	24
5.2.1	Baukostensenkungskommission der Bundesregierung.....	24
5.2.2	Gutachten zur Vorbereitung der EnEV-Novelle bzw. des Gebäudeenergiegesetzes (GEG).....	26
5.2.3	FIW - Energetische Standards als Kostentreiber für den Neubau	28
5.2.4	Energiekonzepte und Empfehlungen für die Stadt Freiburg	30
5.2.5	Gutachten zum Thema Baukosten in Hamburg	32
5.2.6	Verbändebündnis Wohnungsbau – Das Baujahr 2018 im Fakten-Check	33
5.2.7	Ursachen für Preissteigerungen	34
5.3	Weitere Aspekte.....	35
5.3.1	Investitionen, Energiekosten, Gesamtkosten	35
5.3.2	Betriebswirtschaftliche versus volkswirtschaftliche Kostenbetrachtung	35
5.3.3	Förderprogramme, Anforderungshöhe	35
5.3.4	Bautätigkeit.....	36

5.4	Ergebnisse der Untersuchung	37
6	Aktualisierung der Kostenoptimalitätsbetrachtung.....	39
6.1	Einleitung	39
6.2	Berechnungsmethodik.....	39
6.3	Ergebnisse	40
6.3.1	Wohngebäude	41
6.3.2	Nichtwohngebäude	43
6.4	Zusammenfassung.....	44
7	Aktualisierung Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.....	46
7.1	Auswertungen Wohngebäude	46
7.1.1	Energiebedingte Investitionskosten und Investitionsmehrkosten bezogen auf das Anforderungsniveau der EnEV 2014 bis 31.12.2015	46
7.1.2	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	50
7.1.3	Sensitivitätsbetrachtung zum Einsatz nicht brennbarer Dämmmaterialien	59
7.1.4	Exkurs zur Perspektive der Immobilienwirtschaft	60
7.1.5	Exkurs zur Perspektive von Mietern: Auswirkungen möglicher Verschärfungen des energetischen Anforderungsniveaus auf Mieter	62
7.2	Auswertungen zu Wohngebäuden unter Einbeziehung der vorgesehenen Flexibilisierungsoptionen	63
7.2.1	Erläuterungen zur Vorgehensweise bei der Anwendung der PV-Bonusregelung	63
7.2.2	Randbedingungen der Wirtschaftlichkeitsberechnungen	65
7.2.3	Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Ausführungen mit PV-Anlage sowie mit PV-Anlage und elektrischem Speicher für Installationsdichten von $0,04 \text{ kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2 A_N$ (EFH/ZFH) und $0,03 \text{ kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2 A_N$ (MFH)	66
7.2.4	Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für kleiner dimensionierte PV-Anlagen mit Installationsdichten von $0,02 \text{ kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2 A_N$	71
7.3	Auswertungen Nichtwohngebäude	73
7.3.1	Energiebedingte Investitionskosten und Investitionsmehrkosten bezogen auf das Anforderungsniveau der EnEV 2014 bis 31.12.2015	73
7.3.2	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	75
7.4	Auswertungen zu Nichtwohngebäuden unter Einbeziehung der vorgesehenen Flexibilisierungsoptionen bzw. zur Anwendung des § 5 der EnEV 2014.....	82
7.4.1	Erläuterungen zur Vorgehensweise	82
7.4.2	Anwendung der PV-Bonusregelung und des § 5 EnEV 2014 im Vergleich.....	83
7.4.3	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Ausführungen mit PV-Anlage	87

8	Beschreibung neuer Referenzgebäude	89
8.1	Wohngebäude.....	89
8.1.1	Vorbemerkungen	89
8.1.2	Auswertung der gebäudespezifischen Erfüllungsoptionen für das gegenwärtige Anforderungsniveau QP75 HT100	90
8.1.3	Baubare Referenzen für das gegenwärtige Anforderungsniveau	92
8.1.4	Zusammenfassung der Ausarbeitung zu baubaren Referenzen für das Niveau QP75 HT100 und Konsequenzen für die Anforderungssystematik.....	93
8.1.5	Varianten zur Ausführung des Referenzgebäudes mit Gas-Brennwertkessel und PV und Stromspeicher (mit Anrechnung nach § 25 GEG).....	97
8.1.6	Möglichkeit zur Vorgabe einer Luft-Wasser-Wärmepumpe als Wärmeerzeuger in einer Referenzausführung.....	98
8.2	Nichtwohngebäude	99
8.2.1	Vorbemerkungen	99
8.2.2	Auswertung zu den baulichen Qualitäten für die gebäudespezifischen Erfüllungsoptionen zum gegenwärtigen Anforderungsniveau	99
8.2.3	Überlegungen zur Fortschreibung der Anforderungen an neu zu errichtende Nichtwohngebäude	102
8.2.4	Formulierung einer baubaren Referenz für Nichtwohngebäude	102
9	Untersuchungen zur Anforderungssystematik	110
9.1	Untersuchung zur Notwendigkeit unterschiedlicher Anforderungsniveaus für Ein-/Zweifamilienhäuser und Mehrfamilienhäuser	110
9.2	Berücksichtigung solarer Wärmegegewinne bei den Anforderungen an die Qualität der Gebäudehülle sowie bei Einzelmaßnahmen bei Wohn- und Nichtwohngebäuden	113
9.3	Vorschlag zur Ergänzung der Referenzausführung für Wohngebäude bei der Fortschreibung der Anforderungen.....	115
9.4	Private Nichtwohngebäude	116
9.4.1	Untersuchung zu differenzierten Lösungsansätzen für unterschiedliche Typen privater Nichtwohngebäude	116
9.4.2	Betrachtungen zum baulichen Wärmeschutz von Gebäuden, bei denen die Nutzung von Strom für Lüftung, Kühlung, Beleuchtung und Warmwasserversorgung die Energienutzung für die Beheizung überwiegt ..	119
9.5	Optionen zu weitergehenden Flexibilisierungsoptionen	121
9.5.1	Quartiersbetrachtung	122
9.5.2	Mieterstrom- und Quartiersstromanwendung	122
9.5.3	Saisonale Wärmespeicherung	122
9.5.4	Sektorkopplung.....	123

9.5.5	Smart Home und Smart Building Systeme	123
9.5.6	Nachhaltige Konstruktionen	123
9.5.7	Qualitätsgesicherte Inbetriebnahme	124
9.5.8	Langzeitmonitoring	124
10	Abbildungsverzeichnis	126
11	Tabellenverzeichnis.....	130
13	Anhang A – Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen Wohngebäude	143
13.1	Nutzflächenbezogene Auswertungen zu niveauspezifischen Investitionskosten und Investitionsmehrkosten.....	143
13.2	Annuitäten der kapitalgebundene, bedarfsgebundene und betriebsgebundenen für die Varianten der Wohngebäude.....	145
13.2.1	Annuitäten der kapitalgebundenen Kosten	145
13.2.2	Annuitäten der bedarfsgebundenen Kosten.....	147
13.2.3	Annuitäten der betriebsgebundenen Kosten	150
14	Anhang B – Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen Nichtwohngebäude	152
14.1	Annuitäten der kapitalgebundenen, bedarfsgebundenen und betriebsgebundenen Kosten sowie Annuitäten der Erträge für die Varianten der Nichtwohngebäude	152
14.1.1	Annuitäten der kapitalgebundenen Kosten	152
14.1.2	Annuitäten der bedarfsgebundenen Kosten.....	153
14.1.3	Annuitäten der betriebsgebundenen Kosten	155
14.1.4	Annuitäten der Erträge.....	156
14.2	Detailergebnisse zur Bilanzierung von PV-Anlagen bei Nichtwohngebäuden...157	
14.2.1	Endenergiebedarfe und Endenergiebedarfsanteile zur Ermittlung der Anwendbarkeit der PV-Bonusregelung	157
14.2.2	Anwendung der PV-Bonusregelung für eine Ausführung mit 0,03 kWp/m ² A _{NGF} 160	
15	Anhang C – Ergebnisse der Kostenoptimalitätsbetrachtungen	162
15.1	Wohngebäude.....	162
15.2	Nichtwohngebäude	166
16	Anhang D – Detailergebnisse zur Entwicklung baubarer Referenzausführungen für Wohngebäude	171
16.1	Bauliche Qualitäten, die für unterschiedliche anlagentechnische Konzepte und Fensterausführungen gebäudeweise zur Erfüllung des Anforderungsniveaus der EnEV 2014 ab 1.1.2016 führen	171

16.2	Primärenergiebedarfe und Kennwerte der Gebäudehülle	174
16.3	Erfüllungsgrade bezüglich der Bedarfswerte der Referenzausführung nach EnEV 2014	178
17	Anhang E – Detailergebnisse zur Entwicklung baubarer Referenzausführungen für Nichtwohngebäude.....	182
17.1	Bauliche Qualitäten der niveauspezifischen Erfüllungsoptionen im Vergleich zur Referenzausführung EnEV 2014	182
17.1.1	Erläuterungen/Vorbemerkungen	182
17.1.2	Gebäudebezogene Ergebnisse	183

1 Einleitung

Im Rahmen des vorliegenden Kurzgutachtens zur Aktualisierung und Fortschreibung der Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen sowie Flexibilisierungsoptionen zur EnEV werden zunächst die bestehenden Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsberechnungen aus Kapitel 5 des Berichts „EnEV – Vorbereitende Untersuchungen“ [1] geprüft. Als Ergebnis dieser Prüfung gehen aktualisierte Rechenrandbedingungen für die im Rahmen des vorliegenden Gutachtens neu angestellten Untersuchungen zur Kostenoptimalität sowie zur Wirtschaftlichkeitsbewertung hervor. Für das im Rahmen der Vorgängeruntersuchung nicht betrachtete Anforderungsniveau der EnEV 2014 mit Stand 2016 erfolgen Bewertungen der Wirtschaftlichkeit sowie der Kostenoptimalität. Als Ergänzung zur Vorgängeruntersuchung wird im Rahmen dieses Gutachtens auch die Wirtschaftlichkeitsbewertung unter Berücksichtigung der im Referentenentwurf des GEG [2] in § 25 vorgesehenen Flexibilisierungsoptionen vorgenommen.

Ergänzend zur Aktualisierung der Wirtschaftlichkeitsbewertungen erfolgt eine Untersuchung zum Anteil der Energieeffizienz an Kostensteigerungen im Wohnungsbau.

Ein weiterer wesentlicher Inhalt der Bearbeitung betrifft die Entwicklung baubarer Referenzen für das Anforderungsniveau der EnEV 2014 mit Stand 2016.

Über die vorbeschriebenen Inhalte hinaus werden Detailfragen aus dem Bereich der Wirtschaftlichkeit und zur Anforderungssystematik behandelt. Einen Gesamtüberblick zu den im Rahmen des Gutachtens behandelten Aufgabenstellungen kann Abschnitt 3 entnommen werden.

2 Zusammenfassung

Die folgenden Ausführungen fassen die wesentlichen Ergebnisse der Projektbearbeitung zusammen und nennen die aus der Bearbeitung heraus abgeleiteten Empfehlungen für die Fortschreibung der Anforderungen.

Nach Überprüfung und Aktualisierung der Berechnungsrandbedingung im Sinne der Aufgabenstellung wurden die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen für unterschiedliche Anforderungsniveaus für das Bezugsjahr 2020 unter Berücksichtigung der vorgesehenen Flexibilisierungsoptionen durchgeführt.

Als wesentliches Ergebnis der Neubewertung der Wirtschaftlichkeit geht aus den Untersuchungen hervor, dass das seit dem 1.1.2016 geltende Anforderungsniveau EnEV 2014 durchweg wirtschaftlich darstellbar ist. Darüberhinausgehende Verschärfungspotenziale sind dabei für Wohngebäude im Bereich der Einfamilienhäuser gegeben. Die Einbeziehung der regenerativen Stromerzeugung durch PV-Anlagen in die Wirtschaftlichkeitsbewertungen zeigt bei Wohngebäuden durchweg Verbesserungen der Amortisationszeiten.

Für Wohngebäude wurden vier unterschiedliche baubare Referenzausführungen erarbeitet, die im Mittel über alle betrachteten Gebäude jeweils Erfüllungsoptionen für das gegenwärtige Anforderungsniveau der EnEV 2014 darstellen. Die Untersuchung zu einer möglichen Differenzierung der Anforderungen zwischen Ein-/ Zweifamilienhäusern und Mehrfamilienhäusern zeigt dabei allerdings, dass die Mehrfamilienhäuser durch die beschriebenen baubaren Referenzausführungen eine Verschärfung gegenüber der gegenwärtigen Anforderung erfahren und deshalb eine Differenzierung bei der Anforderungsformulierung als erforderlich angesehen wird. Diese differenzierten Anforderungen können mit unterschiedlichen anlagentechnischen Konfigurationen erreicht werden, z.B. Berücksichtigung der Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung bei Ein-/Zweifamilienhäusern und die (energetisch weniger wirksame) solarthermische Heizungsunterstützung bei Mehrfamilienhäusern. In beiden Fällen wären zusätzlich moderate Verbesserungen des baulichen Wärmeschutzes vorzusehen.

Die Bildung von Erfüllungsoptionen für die betrachteten Anforderungsniveaus führt bei den Nichtwohngebäuden aufgrund ihrer Heterogenität nicht zu einer befriedigenden einheitlichen Lösung hinsichtlich der Entwicklung einer baubaren Referenzausführung, sodass als Empfehlung für die Fortschreibung der Anforderungen an Nichtwohngebäude eine Neubeschreibung der Referenzausführung empfohlen wird, die sich an den technischen Möglichkeiten von energetisch verbesserten Einzelelementen der Referenzausführung orientiert. Als Alternative dazu bleibt die Beibehaltung der gegenwärtigen Anforderungsformulierung.

Als weitere Empfehlungen bezüglich der Fortschreibung der Anforderungen werden folgende Punkte benannt:

- Erweiterung des Bilanzrahmens für Wohngebäude um den Strombedarf für Nutzeranwendungen nach Festlegung auf eine neue baubare Referenzausführung und energetische Bilanzierung regenerativer Erträge auf Basis der DIN V 18599-9.

- Beibehaltung der § 5-Regelung bei Nichtwohngebäuden zur Bilanzierung regenerativer Erträge und dabei „Deckelung“ der Anrechenbarkeit regenerativ erzeugten Stroms auf 75 % der monatlich anfallenden Strombedarfe für Ausführungen ohne elektrischen Speicher.
- Berücksichtigung solarer Wärmegewinne bei transparenten Bauteilen in den Anforderungen an die Ausführung der wärmeübertragenden Umfassungsfläche bei Wohn- und Nichtwohngebäuden für die Nachweisführung über die Gesamtbilanz sowie bei der Vorgabe von Mindestqualitäten für den Bauteilnachweis.
- Entwicklung eines Berechnungsverfahrens für die Nutzung von regenerativ erzeugtem Strom für Nichtwohngebäude analog zum Berechnungsverfahren für Wohngebäude.

In Bezug auf weitere Ergebnisse der Projektbearbeitung wird an dieser Stelle auf die Zusammenfassungen in den einzelnen Kapiteln verwiesen.

3 Aufgabenbeschreibung

Auf Grundlage der derzeit gültigen Anforderungssystematik [3] werden im Rahmen des vorliegenden Kurzgutachtens gemäß ursprünglicher Leistungsbeschreibung sowie im Zuge der Bearbeitung mit dem Auftraggeber abgestimmter Konkretisierungen folgende Aufgaben behandelt:

- 1) Überprüfung und ggf. Aktualisierung der Annahmen des vorliegenden Wirtschaftlichkeitsgutachtens (Energiepreise, Baukosten, Zinsen) sowie Einbeziehung der im GEG-Entwurf vorgesehenen Flexibilisierungsoptionen und neuer Festlegungen zur Nutzung erneuerbarer Energien (Anrechenbarkeit von PV und Zulassung von PV als Option zur Erfüllung der EE-Anforderung; „Übererfüllung EnEV“ nur primärenergetisch und ohne verschärften baulichen Wärmeschutz) [...].
 - a) Die Berechnungen des kostenoptimalen Niveaus und der Wirtschaftlichkeit sind entsprechend anzupassen.
 - b) Die Überprüfung der Baukosten beinhaltet einen Abgleich sowie eine kritische Würdigung mit den bzw. der Annahmen von Walberg, Dietmar/ Gniechwitz, Timo/ Halstenberg, Michael (ARGE – Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V.): „Kostentreiber für den Wohnungsbau – Untersuchung und Betrachtung der wichtigsten Einflussfaktoren auf die Gesteungskosten und auf die Kostenentwicklung von Wohnraum in Deutschland“: Bauforschungsbericht Nr. 67, Kiel, 2015.
 - c) Es ist eine zusätzliche Sensitivitätsberechnung der anzunehmenden Baukosten für ein Szenario durchzuführen, in dem Wärmedämmverbundsysteme mit Polystyrol durch andere, als nicht brennbar eingestufte Dämmmaterialien (z.B. Wärmedämmverbundsysteme mit Mineralwolle) ersetzt werden.
 - d) Bei der Überprüfung der anzusetzenden Zinsen ist eine Variante aufzunehmen, die eine in der Immobilienwirtschaft übliche Verzinsung als Durchschnittswert bei Neubau von Vermietungsobjekten unterstellt.
 - e) Untersucht werden auch Auswirkungen der betrachteten Anforderungsniveaus auf Mieter im Falle der Vermietung eines Wohngebäudes.
- 2) Nichtwohngebäude der öffentlichen Hand: Neben Schulen und Kitas sind auch folgende weitere Gebäudetypen zu untersuchen: Verwaltungsgebäude; typische Schulsporthalle; typisches Hochschulgebäude (Büros, Seminarräume, Hörsäle, keine Labor- oder andere Spezialbereiche).
- 3) Private Nichtwohngebäude:
 - a) Untersuchung eines weiteren Gebäudetyps: Shopping-Mall.
 - b) Untersuchung, ob und inwieweit differenzierte Lösungsansätze (d.h. unterschiedliche Referenzgebäude) für die unterschiedlichen Typen privater Nichtwohngebäude möglich und bei wirtschaftlicher und energetischer Betrachtung sinnvoll sind.
 - c) Untersuchung, welches Niveau des baulichen Wärmeschutzes technisch und wirtschaftlich geeignet/ erforderlich ist, wenn die Nutzung von Strom für Lüftung, Kühlung, Beleuchtung und Warmwasserversorgung die Energienutzung für die Beheizung überwiegt.

- 4) Wohngebäude: Untersuchung ob und inwieweit unterschiedliche Anforderungsniveaus für Ein-/Zweifamilienhäuser und Mehrfamilienhäuser möglich und sinnvoll sind.
- 5) Für alle Gebäude: Untersuchung, ob weitere (über den GEG-Entwurf hinausgehende) Flexibilisierungsoptionen möglich sind.
- 6) Beschreibung neuer Referenzgebäude.
 - a) Standard „EnEV 2016“: Baubares Referenzgebäude ohne Minderungsfaktor (wie jetzt in Zeile 1.0 der Tabelle 1 der Anlagen 1 und 2 der EnEV).
 - b) Private Nichtwohngebäude: Standard „EnEV 2016“ / Möglichkeit der Differenzierung zwischen Gebäuden mit überwiegend auf die Wärmebereitstellung entfallenden Endenergiebedarf und übrigen Gebäuden gemäß Nr. 3. c.
 - c) Wohngebäude: Standard „EnEV 2016“ / Möglichkeit der Differenzierung zwischen Ein-/Zweifamilienhäusern und Mehrfamilienhäusern.
 - d) In die Ausgestaltung neuer Referenzgebäude (a) sind neben der Variante Gas-BW/ST aus a) noch 2 weitere Varianten unter Einbeziehung folgender Technologien zu bilden:
 - i) Referenzgebäude mit Luft-Wasser-Wärmepumpe
 - ii) Referenzgebäude mit Gas Brennwert mit PV und Stromspeicher (mit Anrechnung nach § 25 GEG).

Als Variante zu ii) sind zudem eine Absenkung der Deckelung des PV-Bonus auf 15/20 % (ohne/mit Stromspeicher) zu betrachten und jeweils die Implikationen für das Qp-Bilanzergebnis bei Bilanzierung allein nach DIN V 18599 (ohne Nutzerstrom) im Vergleich zum Referenzgebäude nach a) zu bestimmen und zu diskutieren.

4 Überprüfung und Aktualisierung der Berechnungsrandbedingungen

4.1 Vorbemerkungen

Bei den Berechnungen des Vorgängergutachtens [1] wurden die Energiepreise als Mischpreise, d.h. inkl. Grundpreisanteil, berücksichtigt. Wir gehen davon aus, dass der Grundpreis für die betrachteten Varianten eines Referenzgebäudes i.d.R. konstant bleibt, so dass bei den Einsparungen durch Effizienzmaßnahmen nur der Arbeitspreis relevant ist. Bei einer Mischpreisbetrachtung wird der anteilige Grundpreis entweder über- oder unterschätzt, je nachdem ob der berechnete Energieverbrauch den dem Mischpreis zu Grunde gelegten Normverbrauch über- oder unterschreitet. Daher wird vorgeschlagen, bei den aktuellen Berechnungen eine differenziertere Betrachtung, die eine Aufteilung in Grund- und Arbeitspreise vorsieht, zu berücksichtigen. Diesem Vorschlag wird seitens des Auftraggebers zugestimmt. Als weitere wesentliche Änderungen gegenüber den Berechnungsrandbedingungen der Vorgängeruntersuchung können folgende Punkte benannt werden:

- Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen erfolgen für das vorliegende Gutachten ausgehend von dem Jahr 2020.
- Die Kosten baulicher und anlagentechnischer Maßnahmen werden ausgehend von den für die Vorgängeruntersuchung zugrunde gelegten Kostenannahmen auf das Jahr 2020 hochgerechnet.
- Die gegenwärtigen Energiepreise werden ebenfalls auf das Jahr 2020 hochgerechnet. Eine Differenzierung der Energiepreisentwicklung wird erst ab dem Jahr 2020 über die zwei Energiepreissteigerungsszenarien „Bundesregierung (Prognos)“ sowie „EU“ abgebildet
- Als Energiebezugspreise werden je Energieträger Kostenfunktionen entwickelt, die den Energiepreis abhängig von der Höhe des Energiebedarfs in die Berechnungen einfließen lassen. Die Energiepreise werden dabei als linear von dem tatsächlichen Bedarf abhängig abgebildet.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der detaillierten Prüfung und Diskussion der Randbedingungen zusammenfassend dargestellt. Elemente, auf die dabei nicht explizit eingegangen wird, werden im Vergleich zu der Vorgängeruntersuchung [1] unverändert in die neuen Bewertungen übernommen.

4.2 Energiepreise

Für die Hochrechnung der Energiepreise von dem Preisniveau 2016 auf das Preisniveau 2020, von dem ausgehend die Wirtschaftlichkeitsbewertungen vorgenommen werden sollen, wird in Abstimmung mit dem Auftraggeber von den in Tabelle 4-1 wiedergegebenen Preissteigerungsraten sowie unter zusätzlicher Berücksichtigung einer Verbraucherpreissteigerungsrate von 1,5 %/a ausgegangen.

Tabelle 4-1. Hochrechnung der Energiepreise von 2016 auf 2020

Hochrechnung Energiepreise 2016 -> 2020				
Prognos, angepasst BMWi 26.1.2018				
		Strom	Gas	Bio
2016 ->	2017	0,6%	0,7%	1,5%
2017 ->	2018	0,6%	0,7%	1,5%
2018 ->	2019	0,6%	0,7%	1,5%
2019 ->	2020	0,6%	0,7%	1,5%

Auf der Grundlage der zuvor beschriebenen Methodik werden für das Jahr 2020 die in Tabelle 4-2 wiedergegebenen Energiepreise ermittelt.

Tabelle 4-2: Energiepreise 2020 Szenario „Bundesregierung (Prognos)“

Energiepreise (Arbeitspreise)	Linearisierung der Energiepreise					
	untere Grenze			obere Grenze		
	Bedarf [kWh/a]	2016 (Ar.+Gr.)	2020 (Ar.+Gr.)	Bedarf [kWh/a]	2016 (Ar.+Gr.)	2020 (Ar.+Gr.)
Gas	56.000	0,059	0,064	278.000	0,053	0,058
Strom	5.000	0,270	0,294	500.000	0,197	0,214
Strom WP	5.000	0,220	0,239	15.000	0,200	0,217
Biomasse (Pellets)	10.800	0,047	0,053	108.000	0,041	0,046
Energiepreise (Grundpreise)						
Gas			127,4			127,4
Strom			106,1			106,1
Strom WP			106,1			106,1
Biomasse (Pellets)			34,0			34,0

In der Abstimmungsbesprechung vom 19.12.2017 wurde festgelegt, dass für die Hochrechnung der Energiepreise von 2016 auf 2020, wie oben dargestellt, das Energiepreisszenario „Bundesregierung (Prognos)“ berücksichtigt werden soll.

4.3 Energiepreissteigerungen

Für die vorliegende Untersuchung wird die Energiepreisentwicklung ab dem Jahr 2020 in zwei Szenarien berücksichtigt:

1. Szenario „Bundesregierung (Prognos)“
2. Szenario „EU-Kommission (EU)“

Die Energiepreisentwicklung im Szenario „Bundesregierung (Prognos)“ baut auf der aktuellen Energiereferenzprognose auf, die für das BMWi erstellt wurde. Folgende Preissteigerungsraten werden gemäß Tabelle 4-3 in Abstimmung mit dem Auftraggeber angesetzt.

Tabelle 4-3: Reale Preissteigerungsraten, Szenario „Bundesregierung (Prognos)“

Energieträger	2020-2035	2036-2045
Erdgas	1,1 %	1,0 %
Strom	0,25 %	0,1 %
	2020-2035	2035-2050

Das Szenario „EU“ orientiert sich an den Vorgaben der Leitlinien der delegierten Verordnung [4]¹. Die hiernach angesetzten Preissteigerungsraten ab dem Jahr 2020 sind in Tabelle 4-4² wiedergegeben.

Tabelle 4-4: Reale Preissteigerungsraten, Szenario „EU“

Energieträger	2020-2035	2036-2045
Erdgas	2,8 %	2,8 %
Strom	0,6 %	0,1 %
Holzpellets	2,8 %	2,8 %

¹ 2012/C 115/01 (siehe [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52012XC0419\(02\)&from=DE](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52012XC0419(02)&from=DE))

² Anmerkung: Die Preisentwicklung für Holzpellets wurde in diesem Szenario an die der Erdgaspreise gekoppelt (Grund: fehlende Datenlage).

4.4 Baukosten

Aktualisierungen der Baukosten werden für das vorliegende Gutachten ausschließlich für die Fenster und Dachflächenfenster berücksichtigt. Zum Vergleich werden in Tabelle 4-5 und Tabelle 4-6 zunächst die Fensterpreise beschrieben, wie sie im Rahmen der Vorgängeruntersuchung [1] zugrunde gelegt wurden.

Tabelle 4-5: Fensterpreise 2015

U-Wert	[W/(m ² K)]		1,30	1,00	0,80
Bauteilkosten	[€/m ²]	2015	242,00	279,30	397,40

Tabelle 4-6: Dachfensterpreise 2015

U-Wert	[W/(m ² K)]		1,20	1,00	0,80
Bauteilkosten	[€/m ²]	2015	381,1	650,9	748,9

Die aktuellen Preise für Fassadenfenster wurden der Studie [5] entnommen und beschreiben das Preisniveau 2016. Informationen zu aktuellen Dachfensterpreisen wurden nach telefonischer Anfrage durch die Fa. Velux Deutschland GmbH mitgeteilt und beschreiben das Preisniveau 2017. Diese entsprechenden Kostenannahmen werden in Tabelle 4-7 und Tabelle 4-8 beschrieben. Die Hochrechnung der Fassadenfensterpreise auf das Preisniveau 2020 erfolgt unter Ansatz einer Preissteigerung von 6,98 %. Die Dachfensterpreise werden unter Ansatz einer Preissteigerung von 5,19 % auf das Preisniveau 2020 hochgerechnet.

Tabelle 4-7: Fensterpreise 2016 und Hochrechnung auf das Jahr 2020

U-Wert	[W/(m ² K)]		1,30	1,00	0,80
Bauteilkosten	[€/m ²]	2016	238,50	283,40	337,00
		2020	255,14	303,17	360,51

Tabelle 4-8: Dachfensterpreise 2017 und Hochrechnung auf das Jahr 2020

U-Wert	[W/(m ² K)]		1,20	1,00	0,80
Bauteilkosten	[€/m ²]	2017	445,1	695,0	789,0
		2020	468,15	731,01	829,90

4.5 Anlagenkosten

4.5.1 Photovoltaikpreise

In [6] wurden die historischen und zukünftigen Photovoltaikkostenentwicklungen (Netto-Systempreise) dargestellt (s. Bild 4-1 und Bild 4-2).

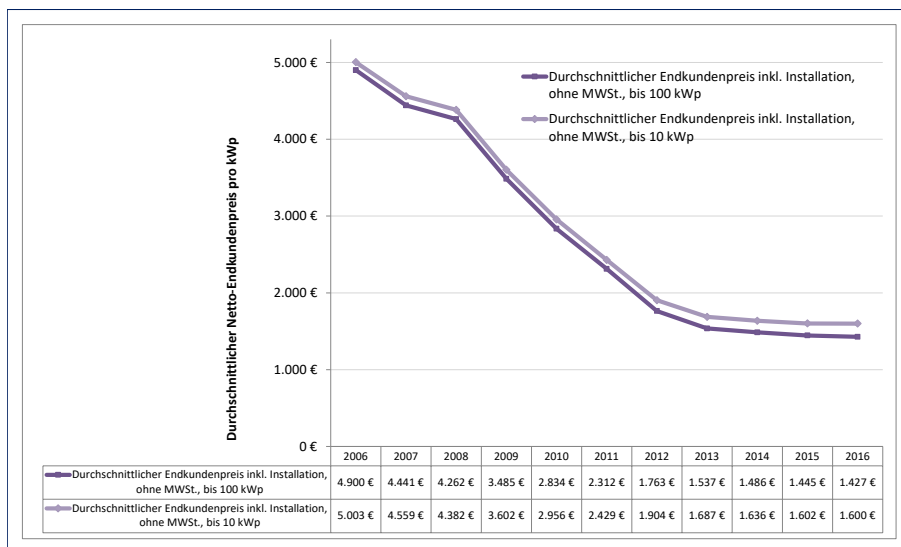


Bild 4-1: Entwicklung der Netto-Systempreise für PV-Aufdachanlagen in Euro/kWp, gesplittet nach Anlagengrößen <10 kWp und <100 kWp, 2006-2016 (Quelle: [7])

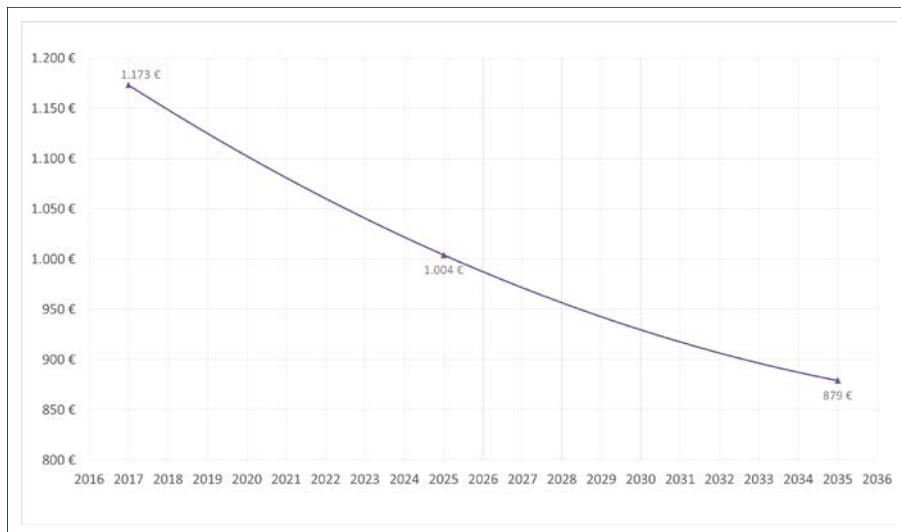


Bild 4-2: Prognose der Entwicklung der Netto-Systempreise für ein PV-Aufdachsystem mit 30 kW installierter Leistung in Euro/kWp, 2016-2035 (Quelle: eigene Darstellung auf Basis [8])

Aus der historischen Kostenentwicklung ergeben sich somit aktuelle Brutto-Investitionskosten für 2016 von:

- < 10 kWp: 1.904 Euro/kWp
- < 100 kWp: 1.698 Euro/kWp

Aus der zukünftigen Kostenentwicklung ergeben sich die Brutto-Investitionskosten für 2020 von:

- 30 kWp: 1.309 Euro/kWp

In [9] wurde Mitte 2017 eine Angebotsrecherche über ein PV-Onlineportal³ durchgeführt. In [9] wurden die Kosten über die Baupreisindizes auf 2015 zurückgerechnet. Um hier die Vergleichbarkeit herzustellen werden die vorliegenden Daten auf die gleiche Weise auf das Jahr 2016 zurückgerechnet (Bild 4-3).

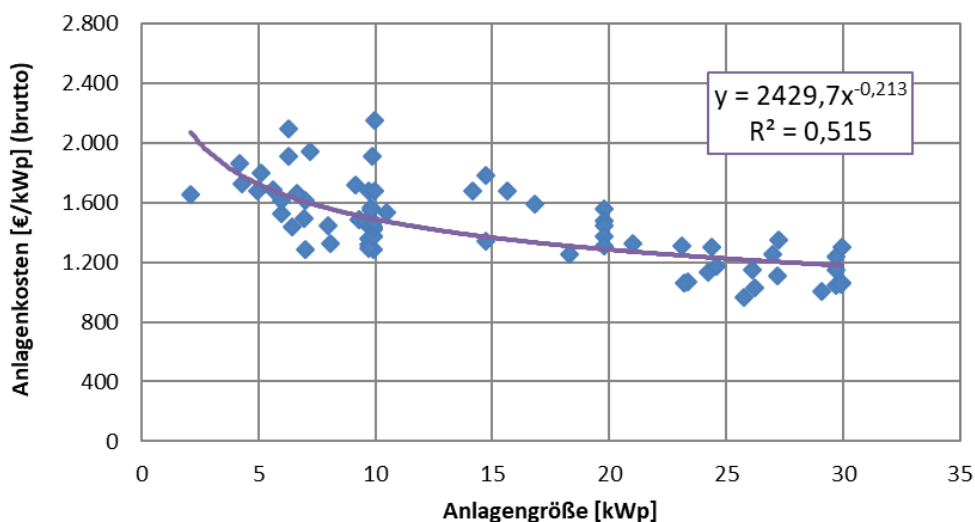


Bild 4-3: Brutto-Systempreise für ein PV-Aufdachsystem in Euro/kWp, 2016 (Quelle: eigene Darstellung auf Basis [9])

Hinsichtlich der Investitionskosten von Photovoltaikanlagen wird die Weiterverwendung der Daten aus [9] vorgesehen, da die Kostenfunktionen genauere Zahlen für die unterschiedlichen Anlagengrößen ermöglichen und nicht sehr stark von den Kosten in [6] abweichen (Tabelle 4-9).

Tabelle 4-9: Vergleich der Investitionskostenansätze Photovoltaik

	Bisheriger Ansatz (brutto) [9]	Möglicher Ansatz (brutto) [6]
		Primärquellen: - [7] - [8]
Kostenermittlung	<u>2016:</u> $y = 2429,7x^{-0,213}$ <u>2020:</u> $y = 2139,4x^{-0,213}$ (5 % Kostendegression) $y = 1974,9x^{-0,213}$ (7,5 % Kostendegression) $y = 1819,1x^{-0,213}$ (10 % Kostendegression)	<u>2016:</u> < 10 kWp: 1.904 Euro/kWp < 100 kWp: 1.698 Euro/kWp <u>2020:</u> 30 kWp: 1.309 Euro/kWp

Abweichend von den in [9] behandelten jährlichen Degressionssätzen ist allerdings von einer deutlich geringeren jährlichen Degressionssatz auszugehen.

³ www.photovoltaikforum.de

Unter Berücksichtigung einer jährlichen Degression von 2 %⁴ erfolgt die Hochrechnung auf das Jahr 2020. Ab dem Jahr 2020 wird mit einer jährlichen Degression von 1 %⁵ gerechnet, um hieraus den Wert der Ersatzbeschaffungen innerhalb des Betrachtungszeitraums sowie Restewerte zum Ende des Betrachtungszeitraums zu bestimmen.

4.5.2 Batteriespeicherpreise

In [9] wurde der BSW Speicherpreismonitor⁶ ausgewertet und es wurden die Kosten über die Bau- preisindizes auf 2015 zurückgerechnet. Um hier die Vergleichbarkeit herzustellen, erfolgt eine Rück- rechnung der vorliegenden Daten auf das Jahr 2016 auf die gleiche Weise (s. Bild 4-4).

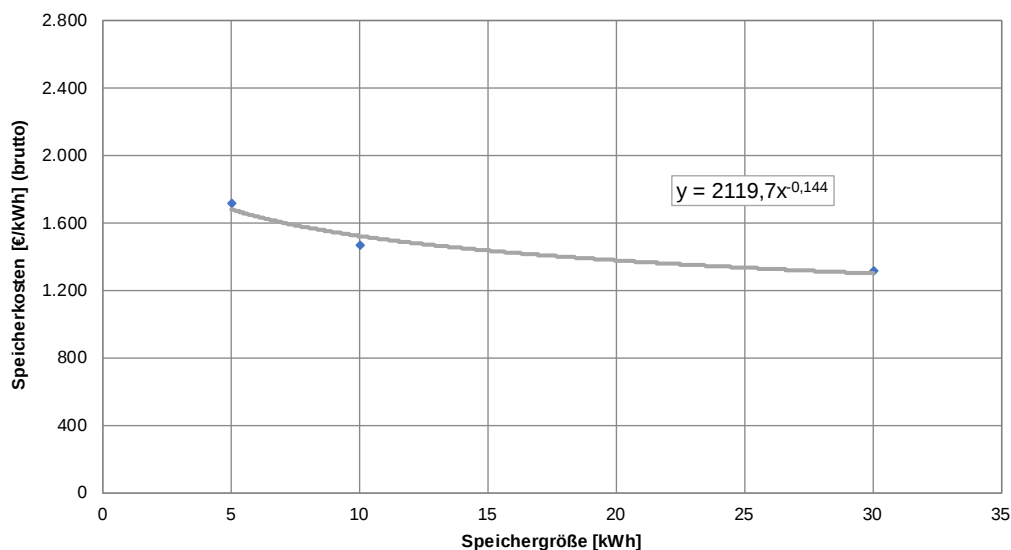


Bild 4-4: Brutto-Batteriespeicherkosten in €/kWh in Abhängigkeit von der Speicherkapazität in kWh, 2016 (Quelle: eigene Darstellung auf Basis [9])

Für die Kostendegression bis zum Jahr 2020 wird der Jahresbericht 2017 über das „Wissenschaftliche Mess- und Evaluierungsprogramm für Solarstromspeicher 2.0“ der RWTH Aachen und iSEA herangezogen. Demnach sind die mittleren spezifischen Systempreise [€/kWh] von Lithium Ionen Speichersystemen seit 2013 von über 2500 €/kWh innerhalb von 3 Jahren um über 45 % auf ca. 1500 €/kWh gesunken. Gemäß dem Bericht wird davon ausgegangen, dass dieser Trend auch in den kommenden Jahren anhalten wird.

In der folgenden Grafik (Bild 4-5) sind neben der Entwicklung der durchschnittlichen Speicherkosten seit 2013 auch die exponentielle Trendfunktion (blau gestrichelt) sowie eine angepasste Entwicklung unter Annahme einer Degression von 18 %/a dargestellt.

⁴ gemäß Bild 4-3, Prognose der PV-Systempreise für 2017-2020

⁵ Die Degression für 30 kWp-Anlagen in der Prognose der PV-Systempreise (Bild 4-3) beträgt 1,2%/a, die Degression bei der Entwicklung der PV-Systempreise (Bild 4-2) zeigt eine starke Sättigung mit lediglich noch 2014 auf 2016 1,1%/a.

⁶ https://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/user_upload/BSW_Speicherpreismonitor_1hj_2016.pdf, abgerufen: 16.11.2017

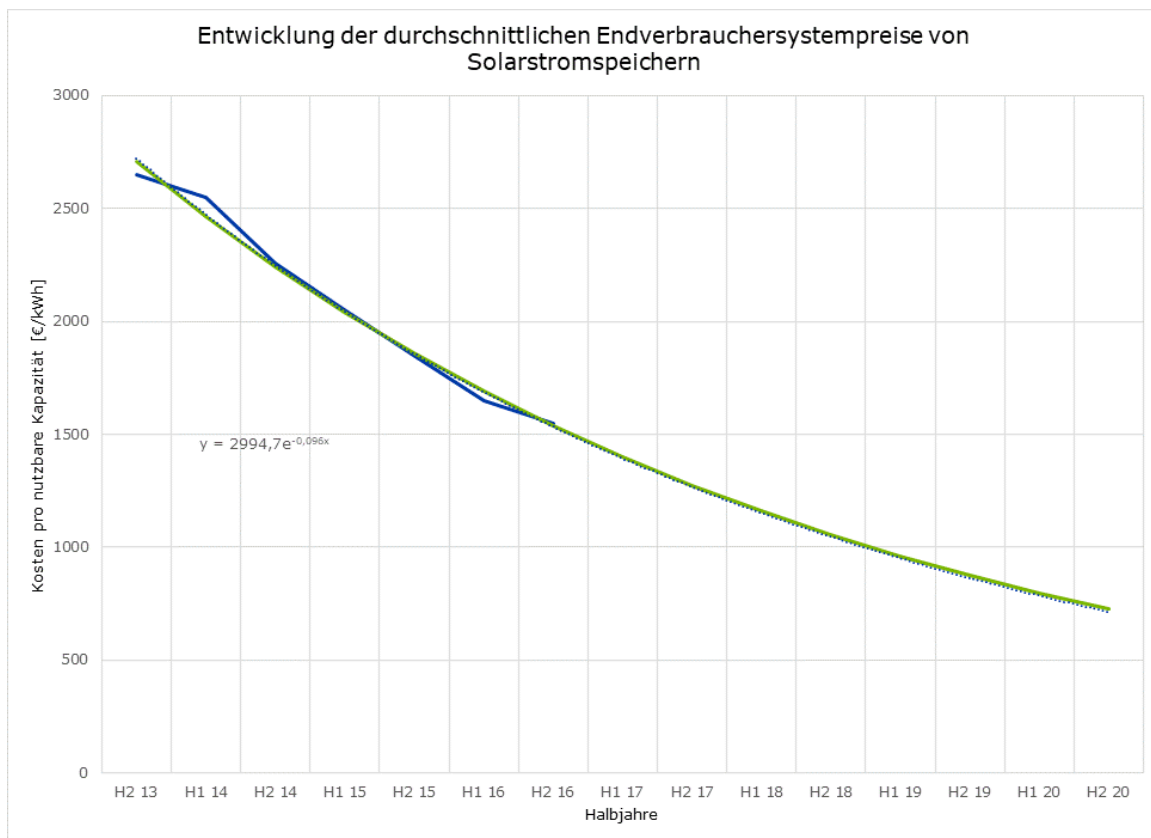


Bild 4-5: Batteriespeicherkosten in €/kWh in Abhängigkeit von der Zeit mit Kostendegressionsannahmen bis 2020 (Quelle: Speichermonitoring Jahresbericht 2017 ISEA RWTH Aachen [10])

Unter Berücksichtigung der mittleren Degression von 18 %/a ergibt sich für die größenabhängigen Speicherkosten in 2020 somit folgender für das vorliegende Gutachten verwendete Ansatz:

$$y = 2119,7 \cdot (0,82)^4 \cdot x^{-0,144} = 958,4 \cdot x^{-0,144}$$

4.6 Investitionskostenanpassung

Für die Berechnungen im Rahmen dieses Gutachtens wird in Abstimmung mit dem Auftraggeber eine Preissteigerung bis zum Jahr 2020 in Höhe von 1,7 % festgelegt. Auf Basis dieser Hochrechnung ergeben sich die Investitionskosten für das Jahr 2020. Zur Berechnung der Kostenermittlung für Ersatzbeschaffungen innerhalb des Betrachtungszeitraums sowie zur Bestimmung der Restwerte zum Ende des Betrachtungszeitraums wird eine Preissteigerung in Höhe von 1,5 % p.a. ab dem Jahr 2020 zugrunde gelegt.

4.7 Betriebsgebundene Kosten für PV Anlagen

In Bezug auf betriebsgebundene Kosten für PV-Anlagen wurde bislang in [9] der in Tabelle 4-10 beschriebene Ansatz gewählt.

Tabelle 4-10: Ansatz betriebsgebundene Kosten gem. [9]

Kostensätze für Wartung, Instandhaltung und Inspektion von PV-Anlagen (Bruttokosten)

jährliche Kosten für Wartung, Instandhaltung und Inspektion		
Investitionszeitpunkt	2015	2020
Anlagen bis 10 kW _p	124,90 € (pauschal)	150,06 € (pauschal)
Anlagen größer 10 bis 20 kW _p	17,03 €/kW _p	20,46 €/kW _p
Anlagen größer 20 bis 50 kW _p	14,76 €/kW _p	17,73 €/kW _p
Anlagen größer 50 bis 200 kW _p	12,49 €/kW _p	15,01 €/kW _p
Anlagen größer 200 kW _p	10,22 €/kW _p	12,28 €/kW _p

Kostensätze für Reinigung der PV-Anlagen (Bruttokosten)

Kosten für Reinigung der PV-Anlagen (alle zwei Jahre anfallend)		
Investitionszeitpunkt	2015	2020
Anlagen bis 10 kW _p	2,92 €/m ²	3,51 €/m ²
Anlagen größer 10 bis 40 kW _p	1,90 €/m ²	2,29 €/m ²
Anlagen größer 40 bis 100 kW _p	1,50 €/m ²	1,81 €/m ²
Anlagen größer 100 kW _p	1,33 €/m ²	1,60 €/m ²

Alternativen zu diesen Kosten wurden in [6] und [11] Ansätze gemäß Tabelle 4-11 verwendet.

Tabelle 4-11: Vergleich der Ansätze für betriebsgebundene Kosten der Photovoltaik

	Bisheriger Ansatz in [9]	Ansatz in [6]	Ansatz in [11]
Wartung / Instandhaltung / Inspektion	S.O.	1 % der Investitionskosten / Jahr	Wartung: k.A. aber in Anlehnung an BTGA-Regel 3.001 Instandhaltung: k.A. aber Berücksichtigung von Versicherungs- und Rücklagekosten
Reinigung	S.O.		k.A.

Die bisherigen Kostenannahmen in [9] liegen zwischen den Annahmen der beiden anderen genannten Studien und werden für die Berechnungen im Rahmen des vorliegenden Gutachtens verwendet.

Um der erwarteten Kostenentwicklung bis 2020 Rechnung zu tragen, werden die o.g. betriebsgebundenen Kosten (Bezug 2015) unter Ansatz der allgemeinen Kostenentwicklung auf das Jahr 2020 hochgerechnet. Für die Berechnung der betriebsgebundenen Kosten erfolgt keine Kopplung an die Kostenentwicklung der PV-Kosten, da die betriebsgebundenen Kosten gegenüber den PV-Investitionskosten keiner degressiven Kostenentwicklung unterliegen werden.

4.8 Bilanzierung und Wirtschaftlichkeitsbewertungen von BHKW-Varianten

Bei der annuitätischen Bewertung von BHKW-Varianten werden Annuitäten der Erlöse unter Berücksichtigung folgender Elemente in die Bewertungen der Wirtschaftlichkeit einbezogen:

- Einsparung durch Eigennutzung BHKW-Strom
- Einnahmen aus Vergütung durch Einspeisung des nicht eigengenutzten BHKW-Stroms (Vergütungssatz: 35 €/MWh_{el.})
- Energiesteuererstattung (Erstattungssatz: 5,5 €/MWh_{Gas})
- KWK-Bonus (Einspeisung)
- KWK-Bonus (Eigenverbrauch)
- Erstattung Netznutzungsentgelt (Erstattungssatz: 8 €/MWh_{el.})

Für den selbst genutzten Anteil des BHKW-Stroms werden folgende pauschalisierte gebäudespezifische Annahmen getroffen:

- | | |
|-----------------------|-------|
| • Büro klein: | 50 % |
| • Büro groß: | 67 % |
| • KiTa: | 33 % |
| • Schule: | 67 % |
| • Hotel: | 100 % |
| • Verbrauchermarkt: | 100 % |
| • Fertigungshallen: | 100 % |
| • Verwaltungsgebäude: | 67 % |
| • Schulsporthalle: | 33 % |
| • Hochschulgebäude: | 100 % |
| • Shopping-Mall: | 67 % |

Der Aufwand für Wartung, Inspektion und Instandhaltung wird bei der Berechnung der betriebsgebundenen Annuitäten berücksichtigt. Im Rahmen der Vorgängeruntersuchung wurden die vorbeschriebenen Erträge aus BHKW-Anlagen ungerechtfertigterweise nicht annuitätisch bewertet. Diese Nichtberücksichtigung führte deshalb für die Varianten mit BHKW im Rahmen der Vorgängeruntersuchung zu insgesamt unwirtschaftlichen Ausführungsoptionen.

4.9 Kalkulationszinssatz

Bei der Festlegung des Kalkulationszinssatzes wird vorgeschlagen, sowohl die aktuelle Situation als auch mittelfristige Trends bis zum Jahr 2020 zu berücksichtigen. Die nominalen Zinssätze für Baudarlehen mit 10-jähriger Zinsbindungsfrist sind in den letzten zwei Jahren weiter leicht gesunken und liegen derzeit (Stand Oktober 2017) bei knapp über 1 %. Die Prognose für den Anstieg der Verbraucherpreise in Deutschland für das Jahr 2017 liegt bei 1,8 %⁷, nachdem dieser in den letzten Jahren unter 1 % lag⁸.

Unter Berücksichtigung der Gleichung zur Bestimmung des Kalkulationssatzes⁹:

$$\text{Kalkulationszinssatz} = (1 + \text{nominaler Baudarlehenzinssatz}) / (1 + \text{Verbrauchspreisindex}) - 1$$

wäre in Anbetracht der aktuellen Situation ein weiteres Absenken des Kalkulationszinssatzes unter 0 % zu rechtfertigen. Es ist aus unserer Sicht jedoch wahrscheinlich, dass bei einer Stabilisierung der Inflation im Bereich von 2 % das Zinsniveau wieder ansteigen wird.

Um einerseits der aktuellen Situation Rechnung zu tragen und andererseits auch einen möglichen Anstieg der Zinssätze in den nächsten Jahren abbilden zu können, wird in Abstimmung mit dem Auftraggeber ein Kalkulationszinssatz von 0 %¹⁰ zugrunde gelegt.

⁷ https://www.destatis.de/EN/PressServices/Press/pr/2017/10/PE17_361_611.html

⁸ https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Preise/Verbraucherpreisindizes/Tabellen/_VerbraucherpreiseKategorien.html?cms_gtp=145112_list%253D2#Fussnote1j

⁹ Der Kalkulationszinssatz entspricht dem realen Zinssatz

¹⁰ In Kapitel 7.1.4 wurde im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse (Investorenperspektive) ein Kalkulationszinssatz von 3 % berücksichtigt.

5 Untersuchung zum Anteil der Energieeffizienz an Kostensteigerungen im Wohnungsbau

5.1 Einleitung

Bei der Errichtung neuer Wohngebäude sind energiesparrechtliche Vorgaben der Energieeinsparverordnung [3] einzuhalten. Die aktuell gültige EnEV trat 2014 in Kraft. 2016 wurde der zulässige Primärenergiebedarf im Neubau um 25 % verringert, gleichzeitig wurden die Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz um durchschnittlich 20 % angehoben. Für Bestandsgebäude blieben die Anforderungen im Jahr 2016 praktisch weitestgehend unverändert. Neue Wohngebäude müssen neben der EnEV auch das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz [12] erfüllen, welches die Nutzung Erneuerbarer Energien¹¹ oder die Einhaltung geeigneter Ersatzmaßnahmen fordert.

Verordnung und Gesetz führen in der Baurealität dazu, dass gegenüber einem nicht näher definierten Zustand ohne energetische Anforderungen (dies könnte z.B. der bauliche Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 sein) zusätzliche Investitionen zur Erreichung der in Gesetz und Verordnung vorgegebenen Ziele getätigt werden müssen. Diesen höheren Anfangsinvestitionen stehen Energiekosteneinsparungen in der Nutzungsphase des Gebäudes gegenüber.

Das nachfolgende Kapitel beschäftigt sich mit der Frage, welche Auswirkungen die genannten energiesparrechtlichen Vorgaben auf die Baukosten haben und in welchem Maße sie für den Baukostenanstieg der letzten Jahre verantwortlich gemacht werden müssen. Dafür werden im Wesentlichen verfügbare Quellen mit belastbaren Kostendaten ausgewertet. Da die EnEV nur vergleichsweise geringe Auswirkungen auf den Bestand hat und die Bestandsanforderungen 2016 praktisch unverändert blieben, beschränken sich die Auswertungen auf den Neubau.

¹¹ Das Adjektiv *erneuerbare* wird im EEWärmeG in der Formulierung Erneuerbare Energien großgeschrieben, diese Schreibweise wird hier übernommen.

5.2 Daten zur Kostenentwicklung im Wohnungsbau

5.2.1 Baukostensenkungskommission der Bundesregierung

Die deutsche Bundesregierung hat im Juli 2014 unter der Leitung der Bundesbauministerin Barbara Hendricks ein Bündnis für bezahlbares Wohnen und Bauen ins Leben gerufen. Dieses Bündnis verfolgte das Ziel, *„die Voraussetzungen für den Bau und die Modernisierung von Wohnraum in guter Qualität vorzugsweise im bezahlbaren Marktsegment zu verbessern und wirkungsvoll zur Angebotserweiterung in den Ballungsgebieten mit Wohnraummangel beizutragen. Insbesondere die Bezahlbarkeit des Bauens spielt eine wichtige Rolle. Der Koalitionsvertrag fordert, preistreibende und überdimensionierte Standards und Kosten zu überprüfen mit besonderem Fokus auf die energetische Sanierung.“* [13]

Die Effekte der EnEV 2014 einschließlich der erhöhten Anforderungen 2016 und des EEWärmeG werden im Abschlussbericht der Baukostensenkungskommission wie folgt zusammengefasst:

„Die beschlossenen Änderungen der EnEV (2014), die zum 1. Januar 2016 wirksam werden, führen in den Kostengruppen 300 und 400¹² zu Mehrkosten zwischen voraussichtlich 6 und 7 %. Das aus volkswirtschaftlicher Sicht „kostenoptimale Niveau“ im Sinne der europäischen Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (2010/31/EU vom 19. Mai 2010) wird unter den gegenwärtigen Rahmenbedingungen als im Wesentlichen erreicht angesehen.“ [13]

Diese Einschätzung ist bemerkenswert, wenn man berücksichtigt, dass die Baukostensenkungskommission mit dem Ziel initiiert wurde, *„überdimensionierte Standards und Kosten zu überprüfen mit besonderem Fokus auf die energetische Sanierung“*. Offensichtlich ist die Kommission nach umfangreichen Detailanalysen und intensiven Diskussionen mit allen Beteiligten, u.a. auch der Wohnungswirtschaft, zu dem Ergebnis gekommen, dass das EnEV-Anforderungsniveau 2016 anders als eingangs vermutet nicht als preistreibender und überdimensionierter Standard bezeichnet werden kann. Zudem ist anzumerken, dass die zitierten 6 bis 7 % Mehrkosten sich nur auf die Kostengruppen 300 und 400 beziehen, bei Betrachtung der Gesamtkosten des Bauens ist der Einfluss der energiebedingten Kosten deutlich geringer. Außerdem sind die 6 bis 7 % ein Prognosewert, der durch die Baukostensenkungskommission nicht durch statistische Daten belegt werden konnte, da diese zum Zeitpunkt ihrer Tätigkeit nicht vorlagen.

Eine Grafik aus dem Abschlussbericht (Bild 5-1) veranschaulicht die gesamten realen Kostensteigerungen seit Inkrafttreten der ersten EnEV 2002 bis zur letzten Baupreisindexauswertung 2014, die Originalgrafik stammt aus einem Gutachten der ARGE Kiel [14].

¹² Anmerkungen der Autoren: Die Kostengruppe 300 umfasst das Bauwerk – Baukonstruktionen, die Kostengruppe 400 das Bauwerk – technische Anlagen. In diesen beiden Kostengruppen können energiebedingte Mehrkosten auftreten. Die anderen Kostengruppen 100 (Grundstück), 200 (Herrichten und Erschließen), 500 (Außenanlagen), 600 (Ausstattung und Kunstwerke) sowie 700 (Baunebenkosten) werden durch energiebedingte Anforderungen i.d.R. nicht berührt. Ein Bezug der energiebedingten Mehrkosten auf die Kostengruppen 300 und 400 führt daher zu vergleichsweise hohen relativen Mehrkosten. Bei Bezug auf die Gesamtkosten entsprechend Kostengruppen 100 bis 700 werden geringere relative Mehrkosten ausgewiesen.

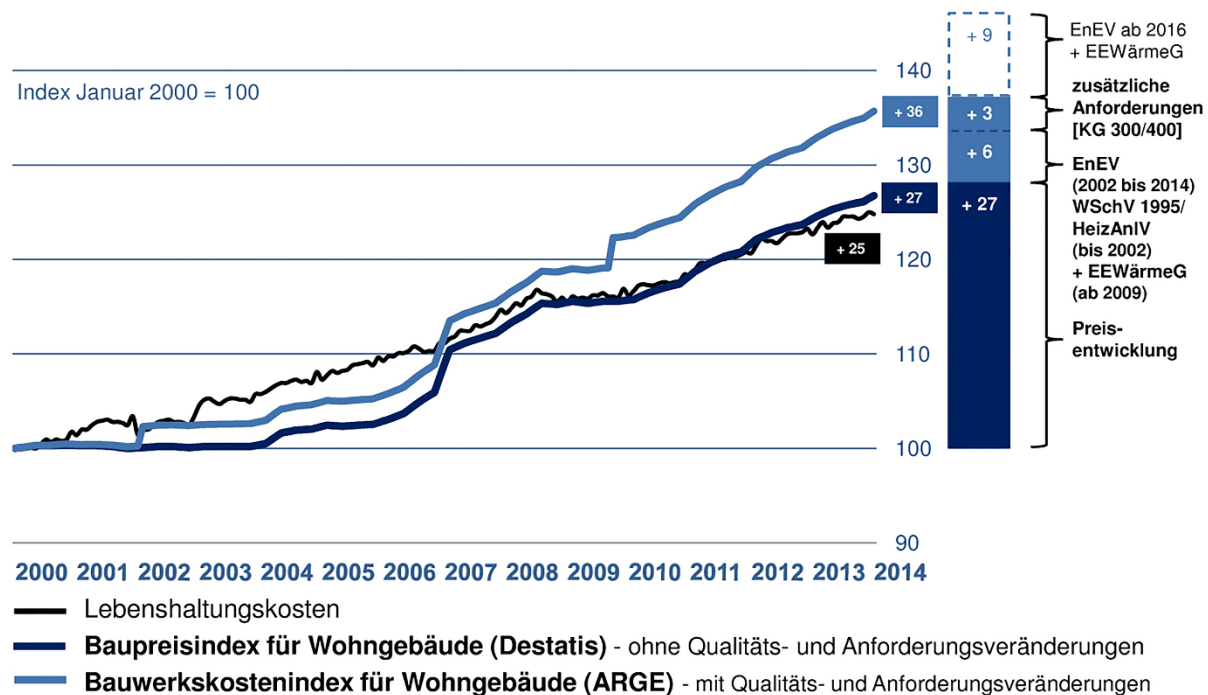


Bild 5-1: Entwicklung von Kosten für den Bau von Wohngebäuden nach ARGE-Kostenindex und DESTATIS-Preisindex unter Berücksichtigung der Umsatzsteuer und im Vergleich zu den allgemeinen Lebenshaltungskosten [13], Originalgrafik aus [14]

Hinweis zur Datenquelle ARGE Kiel: im vorliegenden Abschnitt werden die innerhalb der Baukosten-senkungskommission diskutierten und abgestimmten Unterlagen der ARGE Kiel verwendet.

Die kostenmäßigen Auswirkungen der EnEV-Einführung 2002 und der EnEV-Novellierung im Jahr 2009 sind in den abgebildeten Kostenkurven der ARGE durch kleine Sprünge in der hellblauen Kurve (Bauwerkskostenindex ARGE) sichtbar, werden jedoch durch die allgemeine Kostenentwicklung deutlich überlagert – sie können daher keinesfalls als Hauptursache der Kostensteigerungen bezeichnet werden. Nach den Auswertungen der ARGE sind die geänderten Anforderungen durch EnEV und EE-WärmeG nur für ca. 6 %-Punkte des Anstiegs um insgesamt 36 % im Zeitraum von 2000 bis 2014 verantwortlich. Der weitaus überwiegende Anteil des Preisanstiegs von ca. 27 % wird durch die allgemeine Preissteigerung verursacht. Dies zeigt in der Grafik die dunkelblaue Kurve, die den für eine gleichbleibende Bauqualität ermittelten Baupreisindex von Destatis wiedergibt.

Ca. 3 %-Punkte werden durch nicht energiebedingte erhöhte Anforderungen bzw. Nutzererwartungen in den Kostengruppen 300 und 400 verursacht, wie z. B. erhöhten Schallschutz, Barriere-Reduktion, Einbau von Aufzügen, Tiefgaragen-Stellplätze, großzügige Verkehrs- und Nebenflächen, Außenanlagen mit höherer Aufenthaltsqualität, Mehrung der Ausstattung (Bad und Gäste-WC).

Insgesamt sind die Baupreise im Betrachtungszeitraum 2000 bis 2014 etwa so schnell gestiegen wie das durch den Verbraucherpreisindex (VPI) veranschaulichte allgemeine Preisniveau (Bild 5-2).

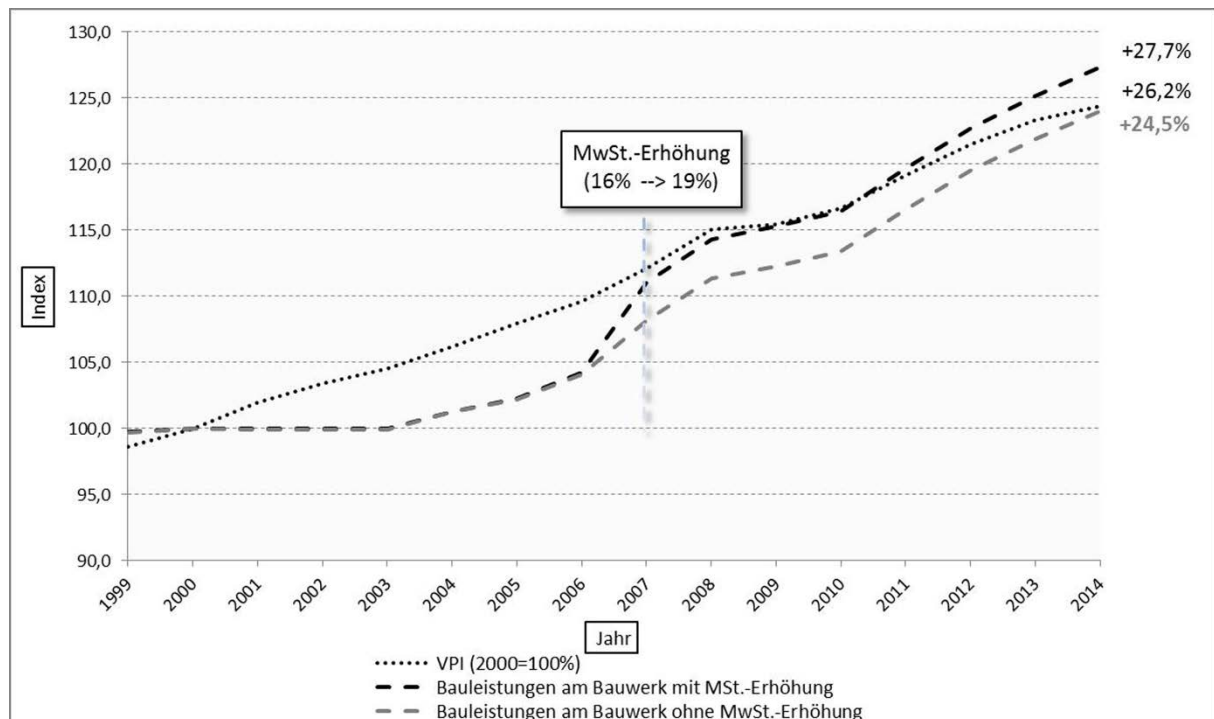


Bild 5-2: Allgemeine Teuerung im Vergleich zu den Preisen für Bauleistungen am Bauwerk [13]

Die Mehrwertsteuererhöhung um 3 Prozentpunkte von 16 % auf 19 % zum 01. Januar 2007 ist in der Grafik deutlich zu erkennen – anders als die höheren energetischen Anforderungen durch die EnEV-Novellen in den Jahren 2002 bzw. 2009.

5.2.2 Gutachten zur Vorbereitung der EnEV-Novelle bzw. des Gebäudeenergiegesetzes (GEG)

Energiesparrechtliche Anforderungen auf Basis des Energieeinsparungsgesetz [15] müssen gemäß § 5 „nach dem Stand der Technik erfüllbar und für Gebäude gleicher Art und Nutzung wirtschaftlich vertretbar sein“¹³. Bei Änderungen des Anforderungsniveaus der Energieeinsparverordnung werden deshalb durch den Bund regelmäßig Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen beauftragt. Die Ergebnisse der umfangreichen Gutachten [16, 17] bezüglich der Auswirkungen der Verschärfung der Anforderungen der EnEV 2016 können wie folgt exemplarisch wiedergegeben werden¹⁴:

- Bei einem Einfamilienhaus (Bungalow; Nutzfläche 128 m², beheizte Wohnfläche 105 m²) ergeben sich bei einer Verminderung des Jahres-Primärenergiebedarfs um rd. 12 % Mehrkosten von ca. 30,49 €/m² Nutzfläche und bei einer Verminderung um 23 % von ca. 58,49 €/m² Nutzfläche.

¹³ Die technische Erfüllbarkeit der Anforderungen der EnEV 2016 wird üblicherweise nicht in Frage gestellt, da für den Bereich der Wohngebäude eine Vielzahl unterschiedlicher baulicher und anlagentechnischer Lösungen marktverfügbar ist, mit denen die Anforderungen erfüllt werden können.

¹⁴ Es werden nur die Daten des aktuelleren Ergänzungsgutachtens angegeben.

- Für ein großes Mehrfamilienhaus mit einer Nutzfläche von 3.811 m² belaufen sich die Mehrkosten auf 26,00 €/m² Nutzfläche (Verminderung des Jahres-Primärenergiebedarfs um 15 %) bzw. 40 €/m² Nutzfläche (Verminderung des Jahres-Primärenergiebedarfs um 26 %).

Das Institut für Wohnungswesen, Immobilienwirtschaft, Stadt- und Regionalentwicklung (InWis) rechnet diese Zahlen in prozentuale Mehrkosten um. Geht man von Baukosten der Kostengruppen 300 und 400 in Höhe von rd. 1.630 €/m² Wohnfläche aus, so bewegen sich die Mehrkosten für das Einfamilienhaus in einer Größenordnung von ca. 2,2 bzw. 4,2 % und für das Mehrfamilienhaus von 2,1 bzw. 3,3 % [18].

Die Mehrkosten zur Erreichung des EnEV-2016-Standards hängen von einer Reihe von Faktoren ab – beispielsweise davon, ob anlagentechnische oder bauliche Maßnahmen zur Energieeinsparung gewählt werden, und davon, welches Anlagenkonzept für Heizung und Lüftung vorgesehen wird. Wählt man eine kostenoptimierte Variante zur Erfüllung der Anforderungen, dann lassen sich die Mehrkosten deutlich verringern:

- Für das Einfamilienhaus verringern sich die Mehrkosten der Kostengruppen 300 und 400 in der kostenoptimierten Variante auf 1,3 bzw. 1,4 %.
- Für das große Mehrfamilienhaus kann es – je nach gewählter Alternative – sowohl zu Mehrkosten, zu Kostenneutralität als auch zu geringeren Investitionskosten kommen. Bei optimiertem baulichem Wärmeschutz und Einsatz einer optimalen Regelung der Abluftanlage belaufen sich die Mehrkosten auf 35,58 €/m² (EnEV 2016).

In den bisher nicht veröffentlichten Gutachten zur Vorbereitung des geplanten Gebäudeenergiegesetzes (GEG) werden die Berechnungen aktualisiert und durch die von der EU bzw. der Gebäudeeffizienzrichtlinie [19] geforderten Kostenoptimalitätsbetrachtungen ergänzt. Als kostenoptimal zeigt sich dabei teilweise ein Anforderungsniveau entsprechend KfW-Effizienzhaus 55 und teilweise auch entsprechend EnEV 2016. In Ausnahmefällen wird auch das Anforderungsniveau der EnEV 2014 als optimal ermittelt. Die Berechnungsergebnisse reagieren jedoch insgesamt wegen des sehr flach verlaufenden Kostenoptimums vergleichsweise sensibel auf geänderte Randbedingungen (vgl. Bild 5-3). Dies bedeutet einerseits, dass bei ungünstigen Randbedingungen für weitere Energiesparmaßnahmen (z.B. geringe Energiepreisssteigerungen) kaum noch Potenzial für eine Erhöhung der EnEV-Anforderungen über das EnEV 2016-Niveau hinaus besteht. Andererseits sind aber auch mögliche Gesamtkostensteigerungen bei einer über die EnEV 2016 hinausgehenden weiteren Anhebung der energetischen Anforderungen gering. Mit einer möglichen geringen Gesamtkostensteigerung ist eine wirksame Absicherung gegen zukünftige Energiepreisssteigerungen verbunden. Geringere Energieeffizienz birgt jedoch ein hohes Energiepreissrisiko für Mieter und Eigennutzer.

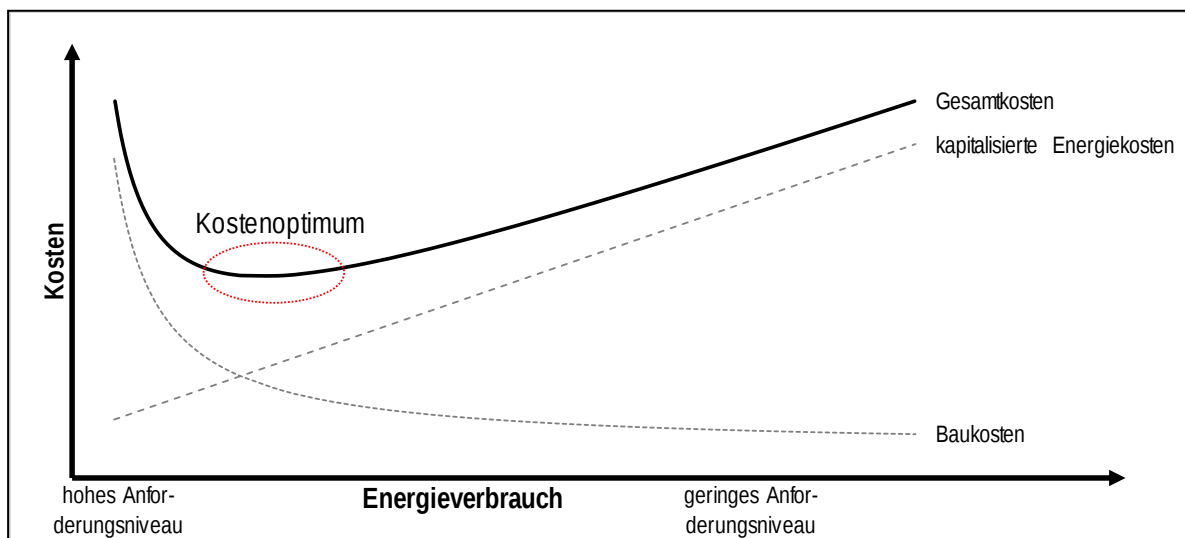


Bild 5-3: Kostenverlauf über Energieverbrauch, vereinfachte qualitative Darstellung

Bei entsprechend günstigen Annahmen für die Wirtschaftlichkeit von Effizienzmaßnahmen (Entwicklung der Energiepreise, Besteuerung von CO₂-Emissionen, Berücksichtigung von Lerneffekten für energieeffiziente Bau- und Anlagenkomponenten) weisen Wohngebäude, die den aktuellen EnEV 2016-Anforderungen entsprechen, höhere Gesamtkosten aus, als hocheffiziente Gebäude, wie beispielsweise KfW-Effizienzhaus 40.

5.2.3 FIW - Energetische Standards als Kostentreiber für den Neubau

In einem Vortrag vom 10. November 2017 beschäftigt sich Andreas Holm vom Forschungsinstitut für Wärmeschutz in München mit der Frage, ob energetische Standards als Kostentreiber für den Neubau anzusehen sind [20].

Auch hier wird der Zusammenhang zwischen Baupreissteigerung und höheren energetischen Anforderungen thematisiert. Bild 5-4 zeigt für ein Mehrfamilienhaus, dass nur ein sehr geringer Teil der zwischen dem Jahr 2000 und dem Jahr 2014 zu verzeichnenden Baukostensteigerung von 871 € je Quadratmeter Wohnfläche auf energiebedingte Kosten zurückzuführen sind; konkret handelt es sich um 12,5 % bzw. knapp 110 €/m²a. Dabei ist bereits eine Ausführung entsprechend Anforderungsniveau 2016 berücksichtigt. Die restlichen 87,5 % der Gesamtkostensteigerung werden durch andere – nicht energiebedingte – Faktoren verursacht. Wenn man den durch alle EnEV-Vorgaben von 2002 bis einschließlich Verschärfung 2016 verursachten Kostenanstieg von ca. 110 €/m²a auf die Baukosten von mehr als 3.000 €/m²a bezieht, dann ergibt sich ein Kostenanteil von 3 %!

Neubau eines MFH im mittleren Preissegment mit gutem Wohnkomfort

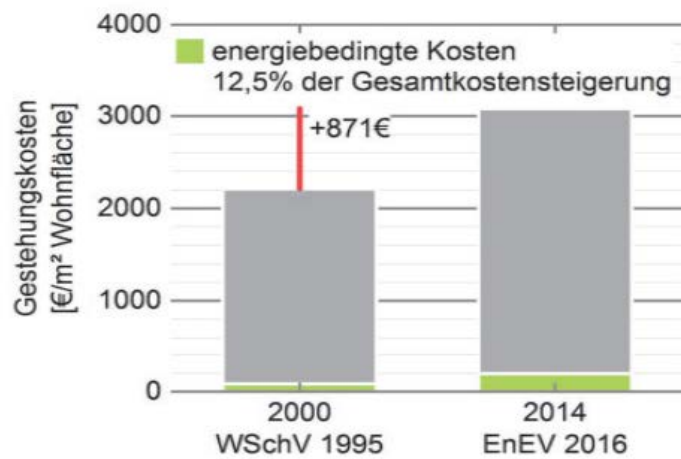


Bild 5-4: Gestehungskosten für den Neubau eines Mehrfamilienhauses und Anteile der energiebedingten Kosten in 2000 und 2014 [20]

Die genannten 12,5 % der Gesamtkostensteigerung eines Neubaus bzw. rund 3 % der Gesamtkosten haben zu einer Verringerung des Endenergieverbrauchs von ca. 50 % gegenüber dem Bau im Jahr 2000 geführt – mit einer entsprechenden Energiekosteneinsparung [20].

5.2.4 Energiekonzepte und Empfehlungen für die Stadt Freiburg

Die Stadt Freiburg hat ein umfangreiches Gutachten „Energiekonzept & Empfehlungen zum städtebaulichen Wettbewerb“ erarbeiten lassen. Im Arbeitspaket 3.0 des Gutachtens nehmen die Gutachter eine ökonomische Analyse und Bewertung baulich-energetischer Standards vor [21].

Anders als bei den bisher ausgewerteten Quellen werden hier wirtschaftliche Analysen für ambitionierte energetische Standards im Vergleich zur EnEV 2016 vorgenommen und dabei aktuelle Fördermöglichkeiten (Stand des Gutachtens ist April 2016) in die Bewertung einbezogen.

5.2.4.1 Mehrfamilienhäuser

Die zusammenfassende Grafik für Mehrfamilienhäuser wird hier als Bild 5-5 wiedergegeben.

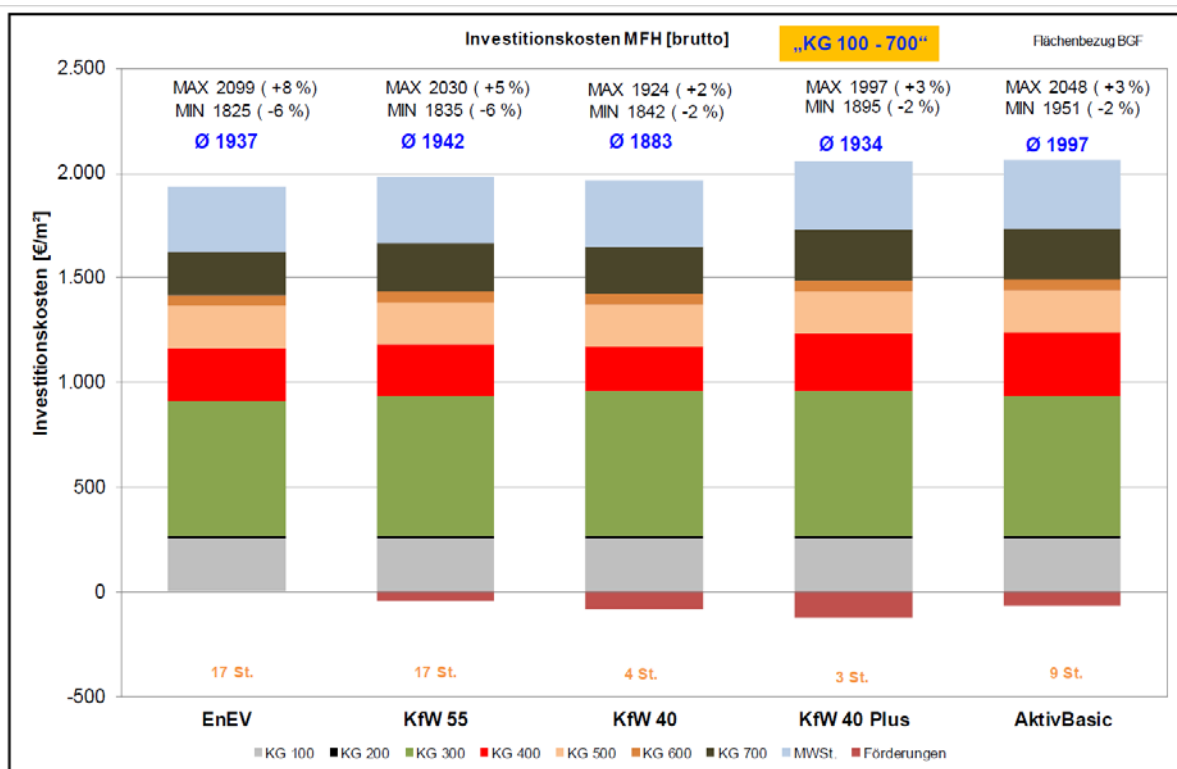


Bild 5-5: Mittlere Investitionskosten für ein Mehrfamilienhaus bei unterschiedlichen energetischen Standards [21]

Die durchschnittlichen Brutto-Investitionskosten für ein Mehrfamilienhaus entsprechend EnEV 2016 werden mit 1.937 €/m²_{BGF}¹⁵ angegeben. Für den KfW-55-Standard steigt der Wert bei gleicher Anzahl der betrachteten Varianten nur geringfügig auf 1.942 €/m²_{BGF}, dabei sind die in der Grafik als negative Werte eingetragenen Förderungen bereits berücksichtigt.

Die drei weiteren angegebenen Standards (KfW 40, KfW 40 Plus, Aktiv Basic) sind ebenfalls mit vergleichbaren Kosten realisierbar, allerdings sind hier die betrachteten Variantenzahlen deutlich geringer.

¹⁵ Hinweis: In der hier ausgewerteten Quelle wird eine andere Bezugsfläche verwendet als beispielsweise von der ARGE Kiel.

Die Autoren werten die Investitionskosten wie folgt aus:

„Die Investitionskosten der 17 Varianten, die den Standard KfW 55 einhalten, liegen im Mittel um 0,3 % über den 17 Varianten, die die EnEV 2016 einhalten. Die KfW-40-Gebäude sind infolge Förderung und kleinerer Anlagentechnik um 2,3 % günstiger als die EnEV-Varianten.“

5.2.4.2 Einfamilienhäuser

Die analoge Grafik für Einfamilienhäuser ist hier als Bild 5-6 dargestellt.

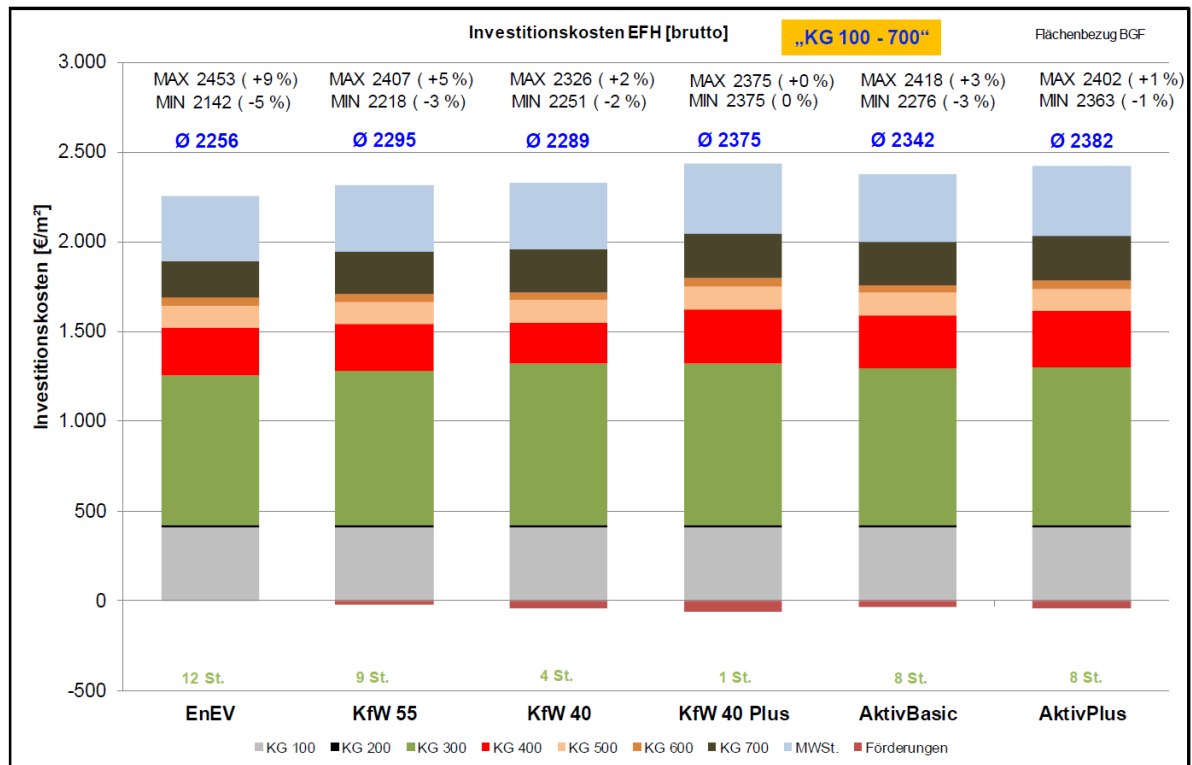


Bild 5-6: Mittlere Investitionskosten für ein Einfamilienhaus bei unterschiedlichen energetischen Standards [21]

Die durchschnittlichen Brutto-Investitionskosten für ein Einfamilienhaus entsprechend EnEV 2016 werden mit 2.256 €/m²_{BGF} angegeben. Für den KfW-55-Standard steigt der Wert auf 2.295 €/m²_{BGF}, was einer relativen Steigerung von 1,7 % entspricht.

Offensichtlich lassen sich bei Wahl geeigneter baulicher und anlagentechnischer Konzepte und Nutzung der verfügbaren Fördermittel auch deutlich über die EnEV 2016 hinausgehende energetische Standards mit geringen oder sogar ohne spürbare Mehrkosten realisieren.

5.2.5 Gutachten zum Thema Baukosten in Hamburg

Die Stadt Hamburg hat ein „Gutachten zum Thema Baukosten in Hamburg - Erhebung, Erfassung und Feststellung der Herstellungskosten in Hamburg sowie konkreter baulicher Einsparpotenziale einschließlich einer Vergleichsanalyse zur Bestimmung des aktuellen Kostenniveaus in anderen Großstädten“ bei der Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen Kiel erstellen lassen [22]. Dieses kommt bei der Bewertung der energetischen Standards in Hamburg zu folgender Einschätzung:

„Basierend auf den vorstehend aufgeführten Ergebnissen für den Wohnungsneubau in Hamburg ist festzustellen, dass die Kosten für höhere energetische Standards aufgrund der Vielzahl von Realisierungsvarianten bezüglich der Gebäudehülle und Anlagentechnik, insbesondere vor dem Hintergrund individueller Projektparameter (projektabhängig) und Versorgungsmöglichkeiten (standortabhängig), die folgenden großen Kostenspannen hinsichtlich der Herstellungskosten aufweisen:

- *Effizienzhaus 70: 0,2 bis 2,1 %; rund 0,5 % im Median*
- *Effizienzhaus 55: 1,8 bis 5,9 %; rund 3,5 % im Median*
- *Effizienzhaus 40: 4,1 bis 10,2 %; rund 7 % im Median*
- *Passivhaus: 5,1 bis 10,9 %; rund 8 % im Median*

(Basisbezug: HmbKliSchVO¹⁶ inkl. EnEV ab 2016)

Demnach können auch hohe energetische Standards mit vergleichsweise geringen Mehraufwendungen erstellt werden, wenn hierfür die Rahmenbedingungen und der Standort besonders förderlich und die Planung und Ausführung entsprechend optimiert sind, d.h. allerdings auch, dass sich beispielsweise nicht alle Grundstücke in Hamburg für die Realisierung hoher energetischer Standards anbieten.“

Im Abschnitt „Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen“ machen die Gutachter eine Reihe von Vorschlägen zur Erschließung von Kosteneinsparpotenzialen, diese betreffen z.B. eine dichtere Bebauung, kompakteres Bauen (günstigeres A/V-Verhältnis) oder weniger Tiefgaragen. Zur energetischen Qualität von Neubauten, die durch die Anforderungen der Hamburgischen Klimaschutzverordnung bereits über den Anforderungen der EnEV 2016 liegen, geben die Gutachter folgende Empfehlung:

„Über die bisher aufgeführten Handlungsempfehlungen hinaus sind bezüglich der Herstellungskosten des Wohnungsneubaus in Hamburg noch weitere Einsparpotenziale zum Beispiel durch eine Veränderung des energetischen Anforderungs- bzw. Umsetzungsniveaus, der Fassadengestaltung oder der Aspekte des Barrierefreien Bauens grundsätzlich vorhanden, würden aber in dessen Folge zu einer Verringerung der aktuell vorhandenen baulichen Qualität in Hamburg führen. Insofern wird empfohlen, den derzeitigen Qualitätsstandard des Wohnungsneubaus in Hamburg beizubehalten und auf dessen Grundlage kostenoptimierend weiterzuentwickeln.“

Die energetischen bzw. Klimaschutz-Anforderungen sollen also beibehalten und kostenoptimiert weiterentwickelt werden, obwohl die Anforderungen bereits über die EnEV 2016 hinausgehen.

¹⁶ Hamburgische Klimaschutzverordnung

5.2.6 Verbändebündnis Wohnungsbau – Das Baujahr 2018 im Fakten-Check

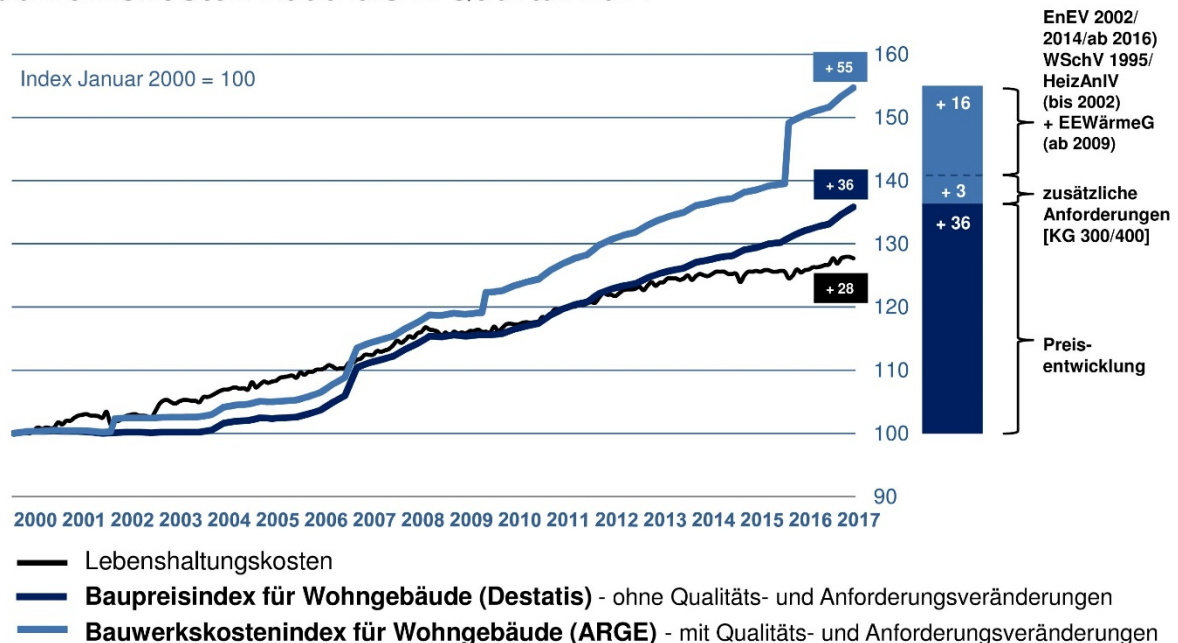
Auf dem Wohnungsbautag im Februar 2018 wurde eine neue im Auftrag des Verbändebündnis Wohnungsbau erstellte Unterlage „Das Baujahr 2018 im Fakten-Check“ [23] vorgestellt, die sich in einem plakativen Stil mit aktuellen Thesen zum Bauen und Wohnen auseinandersetzt.

Der These „Die bauen heute einfach viel zu teuer: völlig überhöhte Bauwerkskosten!“ wird folgendes Statement der Autoren entgegengehalten:

„Die Verantwortung für die erhöhten Kosten trägt im Wesentlichen der Gesetzgeber über die verschärften energetischen Anforderungen und die grundsätzlich höheren Anforderungen im Wohnungsbau.“

Die im Bericht der Baukostensenkungskommission enthaltene Grafik (Bild 5-1) aus Abschnitt 5.2.1 wird dabei durch Bild 5-7 aktualisiert.

Kostenentwicklung Bauwerkskosten 2000 bis 2. Quartal 2017



Quelle: Statistisches Bundesamt, Controlling ARGE eV und Erhebungen in Zusammenarbeit mit der Wohnungswirtschaft

Bild 5-7: Kostenentwicklung für die Herstellung eines m² Wohnraums vom Jahr 2000 bis zum 2. Quartal 2017 [23]

In der Grafik wird der Anhebung der EnEV-Anforderungen Anfang 2016 ein sprunghafter Anstieg der Bauwerkskosten in Höhe von 10 %-Punkten bezogen auf das Preisniveau von 2000 zugeordnet. Die Höhe des Kostenanstiegs deckt sich - anders als in der Vergangenheit - nicht mit den eigenen Untersuchungen im vorliegenden Kurzgutachten. Die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen sind in Tabelle 7-1 aufgeführt. Gegenüber dem Anforderungsniveau 2014 werden für die Anforderungen 2016 bezogen auf die Grundkosten nur Mehrkosten i.H.v. 2,2 % für die betrachteten EFHs und 2,7 % für die betrachteten MFHs ausgewiesen. Auch die anderen in diesem Kapitel ausgewerteten Quellen kommen zu einer grundlegend anderen Einschätzung.

Die Berechnungsgrundlagen sind in der Ausarbeitung für das Verbändebündnis Wohnungsbau nicht detailliert beschrieben. Es ist jedoch offensichtlich, dass der Kostensprung von 10% einer rechnerischen Abschätzung entstammt. Reale Baukosten reagieren mit einer gewissen Zeitverzögerung auf geänderte rechtliche Anforderungen, u.a. deshalb, weil für das EnEV-Anforderungsniveau das Datum der Bauantragstellung maßgeblich ist und dieser bei praktisch allen Anfang 2016 errichteten Gebäuden im Jahr 2015 liegen dürfte.

Weiterhin ist anzumerken, dass sich die Ausführungen auf ausgewählte Typgebäude aus dem mehrgeschossigen Wohnungsbau mit spezifischen Versorgungslösungen beziehen dürften. Damit sind sie vermutlich nicht repräsentativ für den Durchschnitt der in Deutschland gebauten Gebäude. So sind beispielsweise alle Gebäude, die mit elektrischen Wärmepumpen versorgt werden, von der Verringerung des zulässigen Primärenergiebedarfs um 25% nicht betroffen, da der PE-Faktor von Strom zeitgleich um 25% abgesenkt wurde. Hier ergeben sich nur Auswirkungen bezüglich der baulichen Nebenanforderung. Mit elektrischen Wärmepumpen werden nach statistischen Angaben etwa ein Viertel aller neuen Wohnungen mit Wärme versorgt. Gleiches gilt beim Anschluss neuer Gebäude an ein Wärmenetz mit kleinem Primärenergiefaktor, hier ergeben sich ebenfalls nur Auswirkungen auf den baulichen Wärmeschutz.

Tabelle 1 der oben genannten Unterlage des Verbändebündnisses Wohnungsbau gibt für die Kostensteigerung von EnEV 2014 auf „EnEV ab 2016“ einen Anstieg in den KG 300 und 400 von 1.405 €/m² auf 1.499 €/m² an, dies entspricht einer Steigerung von 6,7% - bezogen auf das Bezugsjahr 2014 (und nicht wie in Bild 5-7 bezogen auf das Jahr 2000).

5.2.7 Ursachen für Preissteigerungen

Die bisherigen Analysen im vorliegenden Abschnitt beschäftigen sich mit dem Einfluss der energiebedingten Mehrkosten auf die Gesamtkostensteigerungen. Da die Anhebung der energetischen Standards nur zu einem geringen Teil für den Kostenanstieg im Wohnungsbau verantwortlich ist, sollen hier andere Faktoren angesprochen werden, die zum Kostenanstieg betragen.

In der Publikation des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung „Bauland als Engpassfaktor für mehr bezahlbaren Wohnraum“ [24] wird ausgeführt:

„Entscheidender Engpassfaktor für mehr bezahlbaren Wohnungsneubau ist in vielen Regionen und Städten der Mangel an geeigneten Flächen und fehlendes Baurecht für vorhandene Grundstücke. Dabei geht es sowohl um die quantitative Verfügbarkeit als auch um das vielerorts sehr hohe Preisniveau. Hohe Grundstückspreise lassen einen freifinanzierten Wohnungsneubau zu bezahlbaren Mieten vielfach nicht mehr zu. Steigende Grundstückspreise bestimmen vor allem in den Wachstumsregionen zu einem erheblichen Anteil die Erstellungskosten. Das verteuert Wohnimmobilien. Besonders in den städtischen Wachstumsräumen mit angespannten Wohnungsmärkten hemmen hohe Baulandpreise den bezahlbaren Wohnungsbau. In den Großstädten mit angespannten Wohnungsmärkten sind nach einer bereits vor einiger Zeit durchgeführten Auswertung des BBSR für die Jahre 2011 bis 2014 die Grundstückspreise für den Geschosswohnungsbau um 16 % gestiegen, in den wachsenden Großstädten mit über 500.000 Einwohnern sogar um 31 %.“

Die ARGE Kiel identifiziert in ihrem Gutachten „Kostentreiber für den Wohnungsbau“ [14] insgesamt 42 Faktoren, die zum Preisanstieg der vergangenen Jahre beigetragen haben. Eine Verringerung der

energetischen Anforderungen beeinflusst nur einen der 42 Faktoren und führt – wenn überhaupt – nur zu geringen Investitionskosteneinsparungen. Gleichzeitig würde sie jedoch für die nächsten Jahrzehnte zu deutlich höheren Energiekosten führen.

5.3 Weitere Aspekte

5.3.1 Investitionen, Energiekosten, Gesamtkosten

Wie eingangs geschrieben, stehen den meist höheren Investitionskosten für zusätzliche Energiesparmaßnahmen verringerte Energieverbräuche und damit Energieverbrauchskosten gegenüber. Für die gemeinsame Betrachtung von Investitionen und laufenden Energie- und Betriebskosten stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung, wie z.B. die Barwertmethode, die Annuitätsmethode oder die Berechnung von Amortisationszeiten.

Baukostensenkungskommission, EnEV-Gutachter und EGS kommen zur Einschätzung, dass das Anforderungsniveau der EnEV 2016 für Wohngebäude im Regelfall wirtschaftlich vertretbar und technisch realisierbar ist – die Anforderungen nach § 5 EnEG sind damit erfüllt.

5.3.2 Betriebswirtschaftliche versus volkswirtschaftliche Kostenbetrachtung

Die bisher ausgewerteten Kosten- und Wirtschaftlichkeitsanalysen werden alle aus betriebswirtschaftlicher Sicht vorgenommen. Zusätzliche Kosten, welche die durch die Nutzung fossiler Energien und die Freisetzung von Treibhausgasen verursachten Umweltschäden hervorrufen, werden in diesen (individuellen) betriebswirtschaftlichen Bilanzen nicht erfasst. Aus volkswirtschaftlicher Sicht sind diese Kosten natürlich trotzdem zu bezahlen, sie werden jedoch bisher nicht dem Verursachen zugeordnet. Dadurch verzerrt sich das individuelle Kostenoptimum.

Eine Möglichkeit zur Internalisierung dieser bisher externen Kosten wäre die Besteuerung von Treibhausgasemissionen in dem vom Emissionshandel aktuell nicht betroffenen Bereich, zu dem die Wärmeversorgung von Gebäuden zählt (mit der Ausnahme großer Fernwärmenetze). Dies würde die Wirtschaftlichkeit energiesparender Maßnahmen bzw. des Einsatzes erneuerbarer Energien verbessern.

5.3.3 Förderprogramme, Anforderungshöhe

Die Energieeinsparverordnung und das EEWärmeG stellen energetische Mindestanforderungen an neue Gebäude. Für die Erreichung ambitionierterer energetischer Ziele gibt es eine Reihe unterschiedlicher Förderprogramme. Das bedeutendste Förderprogramm für den Neubau ist das KfW-Programm 153 *Energieeffizient Bauen*.

Das Programm bietet für die Förderstandards KfW-Effizienzhaus 55, 40 oder 40 Plus einen zinsvergünstigten Kredit von maximal 100.000 € je Wohnungseinheit mit einer Laufzeit von bis zu 30 Jahren bei bis zu 20 Jahren Zinsbindung. Zusätzlich gibt es einen Tilgungszuschuss in Höhe von 5 % der Darlehenssumme beim Effizienzhaus 55, also maximal 5.000 €. Für das Effizienzhaus 40 beträgt der Tilgungszuschuss 10 % bzw. max. 10.000 €, für ein Effizienzhaus 40 Plus 15 % / 15.000 €.

Gegenwärtig wird mehr als die Hälfte des Wohngebäude-Neubauvolumens durch die KfW als Effizienzhaus gefördert. Das KfW-Effizienzhaus 55 ist dabei der mit Abstand am häufigsten in Anspruch genommene Förderstandard. Zur Erreichung dieses Standards darf der Primärenergiebedarf des

Gebäudes maximal 55 % des Referenzgebäude-Wertes betragen. Zur Veranschaulichung: dies sind noch einmal 20 %-Punkte weniger als das Anforderungsniveau der EnEV 2016 von 75 % des Referenzgebäude-Wertes. Gleichzeitig muss auch der bauliche Wärmeschutz gegenüber den EnEV-Anforderungen verbessert werden – der spezifische Transmissionswärmeverlust darf maximal 70 % des Anforderungswertes der EnEV 2016 betragen. Obwohl die Zinsverbilligung gegenüber marktüblichen Konditionen vergleichsweise gering und der Tilgungszuschuss von 5.000 € je Wohneinheit im Verhältnis zu den gesamten Baukosten ebenfalls überschaubar ist, wird das Programm von den Bauherren sehr gut angenommen. Offensichtlich werden die Mehrkosten für ein KfW-Effizienzhaus 55 gegenüber dem EnEV-Standard durch die Summe der Vorteile (Förderung, geringere Energiekosten, Zukunftssicherheit, Vermietbarkeit etc.) ausgeglichen.

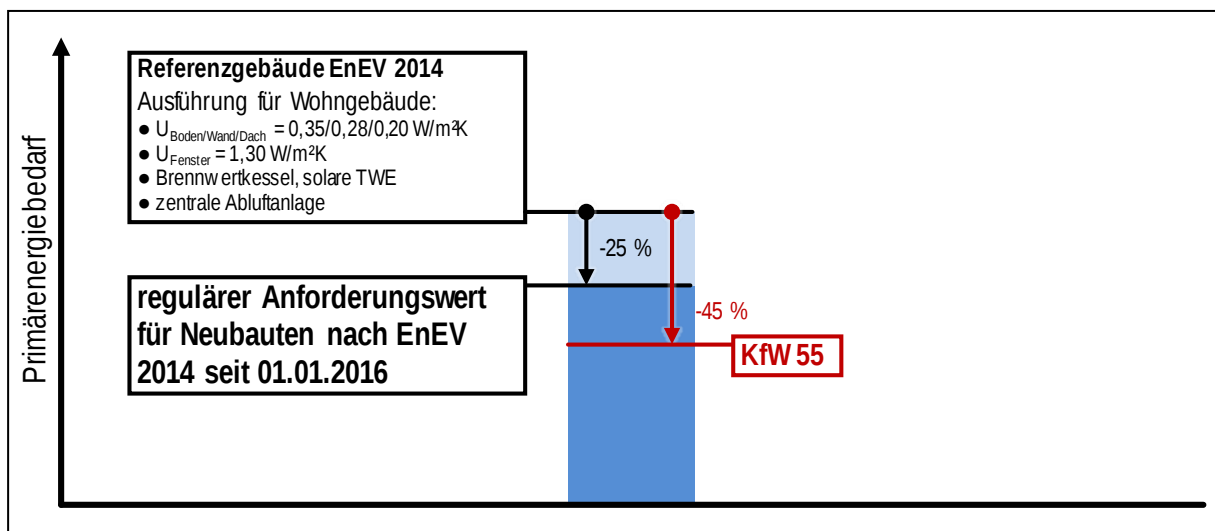


Bild 5-8: Primärenergie-Anforderungswerte nach EnEV und bei Förderung als KfW-Effizienzhaus 55

Neben der auf die Gesamteffizienz des Gebäudes ausgerichteten KfW-Effizienzhausförderung wird im Rahmen des Marktanreizprogrammes (MAP) [25] des BMWi der Einsatz erneuerbarer Energien im Wärmemarkt gefördert. Das MAP kann sowohl im Bestand als auch im Neubau zur Anwendung kommen.

5.3.4 Bautätigkeit

Die Anzahl der fertiggestellten Wohnungen und Wohngebäude hat in den letzten Jahren kontinuierlich zugenommen. Exemplarisch wird dies durch die Zahlen der seit 2000 in Deutschland fertiggestellten neuen Wohnungen in Tabelle 5-1 veranschaulicht.

Tabelle 5-1: Baufertigstellungen von Wohnungen in Deutschland, Quelle: destatis¹⁷

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Wohnungen insgesamt	159.832	183.110	200.466	214.817	245.325	247.722	277.691

¹⁷ Statistisches Bundesamt, destatis, Fachserie 5 Reihe 1, 19.07.2017

Offensichtlich gibt es eine deutliche Zunahme der Bautätigkeit im abgebildeten Zeitraum zwischen 2010 und 2016. Dafür ist eine Vielzahl von Faktoren verantwortlich, u.a. dürften die niedrigen Zinsen maßgeblich zur guten Baukonjunktur beitragen.

Es ist jedoch keinerlei Rückgang der Bautätigkeit festzustellen, den man auf höhere energetische Anforderungen im Neubau zurückführen könnte.

5.4 Ergebnisse der Untersuchung

Die Anteile der energiebedingten Mehrkosten an den Gesamtkostensteigerungen im Bau von 2000 bis 2014 bzw. 2016 sind als gering einzuschätzen. Die Baukostensenkungskommission ordnet mit Bezug auf die ARGE Kiel nur 6 Prozentpunkte von insgesamt 36 % Baupreissteigerung den Wirkungen der EnEV 2002 bis 2014 zu – 30 Prozentpunkte sind nicht energiebedingt.

Das FIW München spricht von 12,5 % energiebedingten Anteilen an der Gesamtkostensteigerung zwischen dem Jahr 2000 und dem Anforderungsniveau EnEV 2016 – 87,5 % der Kostensteigerung sind nicht energiebedingt. Eine Umrechnung zeigt, dass die EnEV einschließlich Anhebung 2016 nur für etwa 3 % der Gestehungskosten eines Mehrfamilienhauses verantwortlich ist.

Die Anhebung der EnEV-Anforderungen zum 1. Januar 2016 führt nach Einschätzung der Baukostensenkungskommission in den Kostengruppen 300 (Bauwerk – Baukonstruktionen) und 400 (Bauwerk – technische Anlagen) zu Mehrkosten zwischen voraussichtlich 6 und 7 % (siehe Abschnitt 5.2.1). Die Auswirkungen auf die Gesamtkosten eines Bauwerks (Kostengruppen 100 bis 700) sind deutlich geringer, da andere Kostengruppen durch energetische Anforderungen kaum oder gar nicht berührt werden. Bei günstiger Wahl der baulichen und anlagentechnischen Komponenten lassen sich die Anforderungen mit deutlich geringeren Mehraufwendungen realisieren. Das aus volkswirtschaftlicher Sicht „kostenoptimale Niveau“ im Sinne der europäischen Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden wird von der Baukostensenkungskommission als im Wesentlichen erreicht angesehen.

Geht man von Baukosten der Kostengruppen 300 und 400 in Höhe von rd. 1.630 €/m² Wohnfläche aus, so bewegen sich die Mehrkosten der EnEV 2016-Anhebung für ein Einfamilienhaus in einer Größenordnung von ca. 2,2 bzw. 4,2 % und für ein Mehrfamilienhaus von 2,1 bzw. 3,3 % [18, 26]. Wählt man eine kostenoptimierte Variante zur Erfüllung der Anforderungen, dann lassen sich diese Mehrkosten deutlich verringern.

Es gibt eine Vielzahl von Faktoren, die in der Summe zu steigenden Baukosten geführt haben. Der Versuch, den energetischen Anforderungen die Rolle des alleinigen oder hauptsächlichen Kostentreibers zuzuweisen, reduziert die Vielzahl der Ursachen in unsachgemäßer Weise.

Die Baupraxis zeigt, dass über die EnEV 2016 hinausgehende energetische Standards unkompliziert und mit marktüblichen Technologien problemlos erreichbar sind. Zum Teil werden dabei für hocheffiziente Gebäude geringere Kosten realisiert, als bei Einhaltung der EnEV-Mindestanforderungen. Offensichtlich lassen sich bei Wahl geeigneter baulicher und anlagentechnischer Konzepte und Nutzung der verfügbaren Fördermittel auch deutlich über die EnEV 2016 hinausgehende energetische Standards mit geringen oder sogar ohne spürbare Mehrkosten realisieren. Die KfW fördert mehr als die Hälfte des Wohnungsneubaus als KfW-Effizienzhaus. Trotz überschaubarer Förderanreize wird

insbesondere das KfW-Effizienzhaus 55 vom Markt sehr gut angenommen. Negative Auswirkungen der energetischen Anforderungen auf das Neubauvolumen sind nicht zu verzeichnen. Es ist keinerlei Rückgang der Bautätigkeit festzustellen, den man auf höhere energetische Anforderungen im Neubau zurückführen könnte.

Die Auswirkungen von EnEV und EEWärmeG auf den Gebäudebestand sind im Vergleich zum Neubau gering – eine Verschärfung der Anforderungen für den Bestand hat im Jahr 2016 praktisch nicht stattgefunden.

Aus wirtschaftlicher Sicht gibt es keine sachlich begründbare Veranlassung, dass im Jahr 2016 eingeführte Anforderungsniveau der Energieeinsparverordnung für neue Wohngebäude abzusenken.

6 Aktualisierung der Kostenoptimalitätsbetrachtung

6.1 Einleitung

Bei den im Folgenden beschriebenen Berechnungen zur Kostenoptimalität wurden die zuvor genannten, gegenüber dem Vorgängergutachten [1] aktualisierten Rahmenbedingungen berücksichtigt. Die Untersuchungen sollen Hinweise geben, ob und in wieweit dabei auf der Grundlage von Artikel 4 der Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden Verschärfungen notwendig sind. Die Methodik der durchgeführten Berechnungen entspricht grundsätzlich der Richtlinie 2010/31/EU zur Bestimmung der kostenoptimalen Niveaus sowie der Delegierte Verordnung Nr. 244/2012 [4] der Europäischen Kommission und den flankierenden Leitlinien¹⁸.

Das kostenoptimale Niveau ist dabei derjenige energetische Gebäudestandard, der über den gewählten Betrachtungszeitraum den geringsten Kapitalwert aufweist. Weisen mehrere Varianten gleiche oder sehr ähnliche Kapitalwerte auf, sollte gemäß Leitlinien zur delegierten Verordnung zur Festlegung des kostenoptimalen Niveaus möglichst die Variante mit dem geringsten Primärenergiebedarf herangezogen werden. Bei nennenswerten Abweichungen des aktuellen Anforderungswertes vom kostenoptimalen Niveau (mehr als 15 %) sollten die Mitgliedstaaten die Abweichungen begründen oder geeignete Maßnahmen zur Verringerung der Diskrepanzen vorsehen (vergleiche Erwägungsgrund 14 der EU-Gebäuderichtlinie).

6.2 Berechnungsmethodik

Die Berechnungen zur Kostenoptimalität im Neubau erfolgen nach der Kapitalwertmethode. Gemäß den Anforderungen aus Artikel 4 der Richtlinie 2010/31/EU werden dabei die kostenoptimalen Niveaus der untersuchten Varianten bestimmt.

Während für Wohngebäude ein Betrachtungszeitraum von 30 Jahren zu wählen ist, beträgt dieser für Nichtwohngebäude 20 Jahre. Analog zu dem Vorgängergutachten werden bei der Bestimmung des Kapitalwertes (Global Costs) neben den Investitionskosten auch die Energie-, Wartungs- und Instandhaltungskosten sowie die Kosten für Ersatzmaßnahmen und Restwerte nach Beendigung des Betrachtungszeitraumes berücksichtigt. Die Berechnung findet zu realen Kosten und Preisen des Bezugsjahres 2020 statt. Die Berechnungen der Kapitalwerte werden aus einer mikroökonomischen Perspektive (privatwirtschaftliche Perspektive) dargestellt. Förderungen werden, abgesehen von der BHKW Einspeisevergütung (siehe Abschnitt 4.8), nicht berücksichtigt.

Die Ergebnisse sind als indikativ zu betrachten, da u.a. im Gegensatz zur letzten umfassenden Kostenoptimalitätsuntersuchung aus dem Jahre 2013 [1] nur eine begrenzte Anzahl von Varianten für 3 unterschiedliche primärenergetische Anforderungsniveaus (QP100 (EnEV2014), QP75 (EnEV2016) und QP55) untersucht wurde und z. B. weder ambitioniertere Anforderungsniveaus betrachtet noch

¹⁸ Delegierte Verordnung (EU) Nr. 244/2012 (Vergleichsmethode zur Berechnung kostenoptimaler Niveaus) der Kommission vom 16. Januar 2012 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/31/EU (EPBD) und Leitlinien zur delegierten Verordnung (EU) Nr. 244/2012 (Vergleichsmethode zur Berechnung kostenoptimaler Niveaus) der Kommission vom 16. Januar 2012 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/31/EU (EPBD)

dezidierte Kostenoptimierungen der möglichen Ausführungen der Gebäudehülle vorgenommen wurden. Bei den dargestellten Ergebnissen der Kostenoptimalitätsberechnungen blieben außerdem auch Lösungen mit PV sowie die makroökonomische Perspektive unberücksichtigt.

6.3 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen ausgewählter Gebäudetypen in Tabellenform angegeben. Zum besseren Verständnis werden dabei die Ergebnisse beispielhaft erläutert. Die Ergebnisse der übrigen Gebäudetypen sind in Anhang C (Abschnitt 15.1 für Wohngebäude und Abschnitt 15.2 für Nichtwohngebäude) dargestellt.

In den Tabellen werden dabei die absoluten Abweichungen der spezifischen Kapitalwerte¹⁹ (Global Costs) der Varianten in Bezug auf die Referenzvariante (d.h. die kapitalkostengünstigste Variante, die den aktuellen Anforderungen entspricht) dargestellt.

Negative Werte bedeuten dabei, dass die entsprechende Variante geringere Global Costs als die Bezugsvariante aufweist.

Neben den Kapitalkostenabweichungen ist in der zweiten Spalte auch der Primärenergiekennwert dargestellt. Dieser kann kleiner sein als es die Variantenbezeichnung vermuten lässt. Dies ist beispielsweise bei vielen Varianten mit Pelletkesseln und einigen Varianten mit Wärmepumpe der Fall, wenn nicht die Hauptanforderung an den Primärenergiekennwert, sondern die Nebenanforderung an den Transmissionswärmeverlust die maßgebliche Grenzbedingung des entsprechenden Anforderungsniveaus darstellt.

Das Kostenoptimum und die Bezugsvariante sind jeweils farbig hervorgehoben. Für diejenigen Gebäudetypen, bei denen das QP55 Niveau als kostenoptimal im Rahmen der untersuchten Varianten ausgewiesen wird, liegt eine deutliche Abweichung vom gegenwärtigen Anforderungsniveau vor, die gem. Erwägungsgrund 14 der EU-Gebäuderichtlinie über der „nennenswerten“ Abweichung von 15 % liegt. Bei der Bewertung dieser Abweichung muss allerdings darauf hingewiesen werden, dass dieses Kostenoptimum nur für die Wärmepumpenlösung steht und eine Technologieoffenheit nicht gewährleistet wäre, würde die primärenergetische Performance von (Sole-) Wärmepumpen als Maßstab für die Festlegung eines neuen Anforderungsniveaus herangezogen. Nur wenn über alle betrachteten technischen Ausstattungen hinweg eine signifikante bzw. nennenswerte Abweichung festgestellt würde, müssten geeignete Maßnahmen zur Verringerung der Diskrepanzen vorgesehen (Anpassung der entsprechenden Anforderungswerte) oder eine Begründung der Abweichungen gegeben werden.

Die Ergebnisse der Auswertungen sind in den folgenden Kapiteln exemplarisch dargestellt; weitere Ergebnisse sind in Anhang C (Kapitel 15) aufgenommen.

¹⁹ über den jeweiligen Betrachtungszeitraum (20 Jahre bei Nichtwohngebäuden /30 Jahre bei Wohngebäuden, jeweils bezogen auf die Energiebezugsfläche (bei Wohngebäuden: A_n , bei Nichtwohngebäuden: A_{NGF}))

6.3.1 Wohngebäude

Bei untersuchten Einfamilienhausvarianten wird das kostenoptimale Niveau, unabhängig vom Energiepreissteigerungsszenario, durch die Varianten „QP55“ definiert (Beispiel in Tabelle 6-1). Je nach Gebäudetyp ist dabei entweder die Variante mit einer Begrenzung des spezifischen Transmissionswärmekoeffizienten auf 85 % oder 70 % des derzeit zulässigen Niveaus kostenoptimal. Aufgrund des berücksichtigten Primärenergiefaktors für Strom (1,8) wird das Kostenoptimum durch die Varianten mit Wärmepumpen beschrieben. Ohne Berücksichtigung von Wärmepumpen wäre das aktuelle Anforderungsniveau bzw. das Anforderungsniveau 2014 mit Gasbrennwertkessel das Kostenoptimum.

Bei dem kleinen Mehrfamilienhaus (Tabelle 6-2) stellt die Variante „QP55 HT70“ mit Solewärmepumpe das Kostenoptimum dar. Bei dem großen Mehrfamilienhaus (Tabelle 6-3) weist unter Berücksichtigung des Energiekostenszenarios „Bundesregierung“ das bestehende Anforderungsniveau höhere Kapitalkosten als das Anforderungsniveau 2014 auf. Bei dem Energiekostenszenario „EU“ stellt hingegen, wie beim kleinen Mehrfamilienhaus, die Variante „QP55 HT70“ mit Solewärmepumpe das Kostenoptimum dar. Folgende Kennzeichnungen werden in diesen Tabellen verwendet: Blau hervorgehoben die Bezugsvariante des aktuellen Anforderungsniveaus, grün hervorgehoben das Kostenoptimum. Orange hervorgehoben sind Varianten, die das Zielniveau unter Berücksichtigung der betrachteten Parametervariation²⁰ nicht erreichen. Grau hinterlegte Variantenbezeichnungen wurden zwar energetisch bilanziert, jedoch (aufgrund nicht vorliegender Kostenfunktionen für Luft-Wärmepumpen mit einer thermischen Leistung größer 50 kW) keiner Wirtschaftlichkeitsbewertung zugeführt.

Tabelle 6-1: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das kleine Einfamilienhaus mit Keller

Einfamilienhaus klein, mit Keller	Primär- energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive	
		Preissteigerungsszenarien	
		Angaben in Differenz des spezifischen Kapitalwertes zum minQp75 HT100 (EnEV 2016) [€/m² _{An}]	
		Bundesregierung	EU
Bezug (Referenz 2014, GasBW)	79,3	7	54
Qp75 HT100 GasBW	59,4	7	40
Qp75 HT100 WP Luft	48,0	10	13
Qp75 HT100 WP Sole	38,0	0	0
Qp75 HT100 Pellet	22,8	151	181
QP65 HT90 GasBW	51,3	80	108
QP65 HT90 WP Luft	45,1	-7	-6
QP65 HT90 WP Sole	35,5	-16	-17
QP65 HT90 Pellet	20,6	140	167
QP60 HT85 GasBW	47,6	82	107
QP60 HT85 WP Luft	43,6	-8	-7
QP60 HT85 WP Sole	34,5	-14	-16
QP60 HT85 Pellet	20,1	142	169
QP55 HT85 GasBW	43,5	82	104
QP55 HT85 WP Luft	43,6	-13	-12
QP55 HT85 WP Sole	34,5	-19	-21
QP55 HT85 Pellet	20,1	138	165
QP55 HT70 GasBW	43,5	82	104
QP55 HT70 WP Luft	39,3	-18	-18
QP55 HT70 WP Sole	36,7	4	3
QP55 HT70 Pellet	18,5	145	168

²⁰ Keine Optimierung von Beleuchtung und/oder Kühlung sowie keine Berücksichtigung von PV

Tabelle 6-2: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das kleine Mehrfamilienhaus ohne Keller

Mehrfamilienhaus klein, ohne Keller	Primär- energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive	
		Preissteigerungsszenarien Angaben in Differenz des spezifischen Kapitalwertes zum minQp75 HT100 (EnEV 2016) [€/m² _{An}]	
		Bundesregierung	EU
Bezug (Referenz 2014, GasBW)	68,8	-2	37
Qp75 HT100 GasBW	51,6	11	39
Qp75 HT100 WP Luft	41,9	25	27
Qp75 HT100 WP Sole	33,2	0	0
Qp75 HT100 Pellet	20,7	75	107
QP65 HT90 GasBW	44,7	65	88
QP65 HT90 WP Luft	40,4	21	22
QP65 HT90 WP Sole	32,1	-3	-3
QP65 HT90 Pellet	20,1	74	105
QP60 HT85 GasBW	41,2	72	92
QP60 HT85 WP Luft	38,9	19	21
QP60 HT85 WP Sole	31,1	-2	-3
QP60 HT85 Pellet	19,6	76	106
QP55 HT85 GasBW	37,7	63	81
QP55 HT85 WP Luft	37,8	14	15
QP55 HT85 WP Sole	31,1	-2	-3
QP55 HT85 Pellet	19,5	76	105
QP55 HT70 GasBW	37,2	69	87
QP55 HT70 WP Luft	34,5	13	13
QP55 HT70 WP Sole	27,9	-3	-5
QP55 HT70 Pellet	17,7	78	103

Tabelle 6-3: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das große Mehrfamilienhaus ohne Keller

Mehrfamilienhaus groß, ohne Keller	Primär- energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive	
		Preissteigerungsszenarien Angaben in Differenz des spezifischen Kapitalwertes zum minQp75 HT100 (EnEV 2016) [€/m² _{An}]	
		Bundesregierung	EU
Bezug (Referenz 2014, GasBW)	59,8	-17	12
Qp75 HT100 GasBW	44,8	6	27
Qp75 HT100 WP Luft		+	+
Qp75 HT100 WP Sole	31,0	0	0
Qp75 HT100 Pellet	15,2	7	26
QP65 HT90 GasBW	38,9	63	80
QP65 HT90 WP Luft		+	+
QP65 HT90 WP Sole	30,2	-1	-2
QP65 HT90 Pellet	14,8	5	23
QP60 HT85 GasBW	35,9	65	80
QP60 HT85 WP Luft		+	+
QP60 HT85 WP Sole	29,3	-1	-2
QP60 HT85 Pellet	14,3	4	22
QP55 HT85 GasBW	32,9	65	78
QP55 HT85 WP Luft		+	+
QP55 HT85 WP Sole	29,3	-1	-2
QP55 HT85 Pellet	14,3	4	22
QP55 HT70 GasBW	32,2	67	79
QP55 HT70 WP Luft		+	+
QP55 HT70 WP Sole	26,9	-2	-3
QP55 HT70 Pellet	13,0	2	17

6.3.2 Nichtwohngebäude

Bei den untersuchten Nichtwohngebäudevarianten ergibt sich ein anderes Bild (Tabelle 6-4 bis Tabelle 6-6). Überwiegend stellt das QP75-Niveau bereits das Kostenoptimum dar. Für den Verbrauchermarkt, das Hochschulgebäude und die Shopping Mall ist das Anforderungsniveau „Referenz 2014“ kostengünstiger als das aktuelle Anforderungsniveau, das bei dem Hochschulgebäude und der Shopping Mall erst gar nicht erreicht wurde. Unter Berücksichtigung der Energiepreissteigerungsvariante „EU“ ist für die Schulsporthalle das QP65-Niveau und für die KiTa das QP55 -Niveau jeweils die kostengünstigste der untersuchten Varianten. Folgende Kennzeichnungen werden in diesen Tabellen verwendet: Blau hervorgehoben die Bezugsvariante des aktuellen Anforderungsniveaus, grün hervorgehoben das Kostenoptimum. Orange hervorgehoben sind Varianten, die das Zielniveau nicht erreichen.

Tabelle 6-4: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für die Schule

Schule	Primär- energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive	
		Preissteigerungsszenarien Angaben in Differenz des spezifischen Kapitalwertes zum minQp75 HT100 (EnEV 2016) [€/m² _{An}]	
		Bundesregierung	EU
Bezug (Referenz 2014, GasBW)	79,7	48	47
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	58,8	0	0
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	59,8	-	-
QP75 Ü80 WP Sole	42,5	68	59
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	59,3	58	56
QP65 Ü80 BHKW / GasBW	51,8	15	13
QP65 Ü80 WP Luft / GasBW	51,8	-	-
QP65 Ü80 WP Sole	42,5	68	59
QP65 Ü80 Pellet / GasBW	51,8	59	56
QP55 Ü70 BHKW / GasBW	43,8	50	45
QP55 Ü70 WP Luft / GasBW	44,0	-	-
QP55 Ü70 WP Sole	41,3	67	58
QP55 Ü70 Pellet / GasBW	43,8	82	77

Tabelle 6-5: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das Hotel.

Hotel	Primär- energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive	
		Preissteigerungsszenarien Angaben in Differenz des spezifischen Kapitalwertes zum minQp75 HT100 (EnEV 2016) [€/m² _{An}]	
		Bundesregierung	EU
Bezug (Referenz 2014, GasBW)	170,4	63	65
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	127,7	0	0
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	133,3	-	-
QP75 Ü80 WP Sole / GasBW	128,5	172	172
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	127,8	157	162
QP65 Ü80 BHKW / GasBW	123,0	31	25
QP65 Ü80 WP Luft / GasBW	133,3	-	-
QP65 Ü80 WP Sole / GasBW	128,5	172	172
QP65 Ü80 Pellet / GasBW	122,5	161	165
QP55 Ü70 BHKW / GasBW	123,0	31	25
QP55 Ü70 WP Luft / GasBW	133,3	-	-
QP55 Ü70 WP Sole / GasBW	128,5	172	172
QP55 Ü70 Pellet / GasBW	122,5	161	165

Tabelle 6-6: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für die Shopping-Mall

Shopping-Mall	Primär- energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive	
		Preissteigerungsszenarien	
		Angaben in Differenz des spezifischen Kapitalwertes zum minQp75 HT100 (EnEV 2016) [€/m² _{An}]	
		Bundesregierung	EU
Bezug (Referenz 2014, GasBW)	146,9	-15	-13
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	123,6	0	0

6.4 Zusammenfassung

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden unter Berücksichtigung der mikroökonomischen Perspektive verschiedene Gebäudetypen mit unterschiedlichen energetischen Ausführungsniveaus untersucht. In Übereinstimmung mit der Vorgängeruntersuchung ergibt sich für alle untersuchten Einfamilienhausvarianten und das kleine Mehrfamilienhaus eine erhebliche Diskrepanz zu dem seit 1.1.2016 gültigen Anforderungsniveau. Bei dem großen Mehrfamilienhaus tritt eine erhebliche Diskrepanz nur noch bei der Energiepreissteigerungsvariante „EU“ auf. Bei der Energiepreissteigerungsvariante „Bundesregierung“ ist das Anforderungsniveau 2014 das kostengünstigste. Das Kostenoptimum wird jeweils immer durch Varianten mit Wärmepumpe beschrieben.

Bei den Nichtwohngebäuden führen die neuen Rahmenbedingungen dazu, dass überwiegend das aktuelle Anforderungsniveau das Kostenoptimum der untersuchten Varianten darstellt. Bei dem Verbrauchermarkt, dem Hochschulgebäude und der Shopping Mall ist das Anforderungsniveau 2014 das kostengünstigste. Lediglich für die KiTa besteht in der Energiepreissteigerungsvariante „EU“ noch eine erhebliche Diskrepanz zu dem aktuellen Anforderungsniveau.

Die Ergebnisse legen nahe, bei einer künftigen Anpassung der Anforderungen über Möglichkeiten der Differenzierung in der Anforderungsformulierung zwischen Einfamilienhäusern, Mehrfamilienhäusern und Nichtwohngebäuden, ggf. mit weiteren Subkategorien zu unterscheiden. Alternativ zu einer nutzungsbezogenen Differenzierung der Anforderungen wäre auch die (Wieder-)Einführung einer Abhängigkeit des Anforderungswertes vom A/V-Verhältnis denkbar bzw. zu prüfen.

Insgesamt wird die Erkenntnis der Vorgängeruntersuchung bestätigt, dass im Verhältnis zu den teilweise großen Unterschieden beim Primärenergiebedarf viele der untersuchten Varianten hinsichtlich der Global Costs nur sehr geringe Abweichungen aufweisen.

Hinweise:

Bei der ganzheitlichen Betrachtung neuer Gebäude ist das Kostenoptimum von zahlreichen Stell-schrauben abhängig.

Damit kann schon systematisch – selbst wenn es gelänge, alle kostenrelevanten Parameter zu variieren – allenfalls ein Bereich des Kostenoptimums erwartet werden. Da sich darüber hinaus eine Untersuchung dieser Art stets auf eine übersichtliche Anzahl Energieeffizienzniveaus und Varianten zur Erreichung der selbigen beschränken muss, ist keine eindeutige Identifikation eines Kostenoptimums möglich.

Das aus den Untersuchungen ableitbare Kostenoptimum gilt somit nur für die untersuchten Rahmenbedingungen²¹, Varianten und Parameter.

Geringe Veränderungen der Grundlagen können zu einer signifikanten Verschiebung des kostenoptimalen Primärenergiekennwertes führen.

Diese Umstände sollten bei der weitergehenden Verwendung und Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden.

²¹ Bei den Kostenannahmen wurde angestrebt, deutschlandweite Mittelwerte zu berücksichtigen. Aufgrund der Datenlage sind diese jedoch nicht statistisch belastbar. Auch regionale Unterschiede wurden, weder hinsichtlich der Kosten, noch hinsichtlich des Klimas berücksichtigt.

7 Aktualisierung Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

7.1 Auswertungen Wohngebäude

Dargestellt werden zunächst die energiebedingten Investitionskosten und Investitionsmehrkosten für unterschiedliche Anforderungsniveaus (Abschnitt 7.1.1). Anschließend erfolgt die Auswertung zu den resultierenden Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträgen für unterschiedliche Energiepreiserhöhungsszenarien unter Zugrundelegung eines Betrachtungszeitraums von 30 Jahren (Abschnitt 7.1.2).

7.1.1 Energiebedingte Investitionskosten und Investitionsmehrkosten bezogen auf das Anforderungsniveau der EnEV 2014 bis 31.12.2015

In Tabelle 7-1 bis Tabelle 7-5 sind energiebedingte Investitionskosten und Investitionsmehrkosten der Kostengruppen 300 und 400 für Wohngebäude bei unterschiedlichen energetischen Niveaus aufgeführt. Die Tabellen weisen zusätzlich jeweils die Grundkosten sowie die darin enthaltenen energiebedingten Kosten auf. Eine zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse erfolgt im Anschluss an die niveauspezifischen Auswertungen in Tabelle 7-6 mit Bezug auf die Wohnfläche sowie informativ zusätzlich in Tabelle 7-7 mit Bezug auf die Nutzfläche A_N .

Tabelle 7-1: Grundkosten und energiebedingte Investitionskosten (€/m² Wohnfläche) EnEV 2014 sowie Investitionsmehrkosten für das Niveau Q_P 75 % H_T 100 % (Anforderungsniveau EnEV 2014 ab 1.1.2016)

Niveau	EnEV 2014		Q _P 75 % H _T 100 %					
System	Gas-BW-Kessel		Gas-BW-Kessel	WP Luft/ Wasser	WP Sole/ Wasser	Pelletkessel	Mehrkosten	
Gebäude	Grundkosten (GK)	energiebedingter Kostenanteil (eGK)	Investitionsmehr- und -minderkosten				Ø	% von GK
EFH klein mit Keller	1850 €/m ²	625 €/m ²	41 €/m ²	6 €/m ²	69 €/m ²	49 €/m ²	41 €/m ²	2,2%
EFH klein ohne Keller	1645 €/m ²	835 €/m ²	56 €/m ²	-32 €/m ²	60 €/m ²	85 €/m ²	42 €/m ²	2,6%
EFH groß mit Keller	1850 €/m ²	521 €/m ²	37 €/m ²	24 €/m ²	69 €/m ²	24 €/m ²	39 €/m ²	2,1%
DHH ohne Keller	1397 €/m ²	670 €/m ²	42 €/m ²	-32 €/m ²	48 €/m ²	73 €/m ²	33 €/m ²	2,4%
RMH mit Keller	1573 €/m ²	398 €/m ²	38 €/m ²	-2 €/m ²	46 €/m ²	39 €/m ²	30 €/m ²	1,9%
Durchschnitt EFH	1663 €/m ²	610 €/m ²	43 €/m ²	-7 €/m ²	58 €/m ²	54 €/m ²	37 €/m ²	2,2%
MFH klein	1514 €/m ²	542 €/m ²	40 €/m ²	38 €/m ²	80 €/m ²	19 €/m ²	44 €/m ²	2,9%
MFH groß	1514 €/m ²	451 €/m ²	33 €/m ²	k. A.	66 €/m ²	16 €/m ²	38 €/m ²	2,5%
Durchschnitt MFH	1514 €/m ²	497 €/m ²	37 €/m ²	38 €/m ²	73 €/m ²	17 €/m ²	41 €/m ²	2,7%

Die in Tabelle 7-1 aufgeführten Investitionsmehrkosten (rote Schriftfarbe) bzw. -minderkosten (grüne Schriftfarbe) gegenüber einer Ausführung entsprechend den Anforderungen der EnEV 2014 betragen für das gegenwärtige Niveau QP75 HT100 im Mittel für die betrachteten Einfamilienhäuser 37 € pro m² Wohnfläche und für die betrachteten Mehrfamilienhäuser 41 € pro m² Wohnfläche. Zusätzlich zu den gebäudespezifischen Grundkosten sind die reinen energiebedingten Investitionskosten bezogen auf die Wohnfläche entsprechend einer Referenzausführung nach EnEV 2014 aufgenommen. Dies sind die Kosten für Bauteile und Anlagentechnik, die im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsberechnungen betrachtet und fallweise variiert werden. Bei den betrachteten Einfamilienhäusern betragen die energiebedingten Investitionskosten im Mittel 610 € und bei den betrachteten Mehrfamilienhäusern im Mittel 497 € pro m². Bezogen auf die oben angegebenen Grundkosten für Neubauten entspricht die energiebedingte Kostenerhöhung bei den Einfamilienhäusern maximal 2,2 % bei den Einfamilienhäusern

und 2,7 % bei den Mehrfamilienhäusern. Analoge Auswertungen erfolgen in Tabelle 7-2 bis Tabelle 7-5 für die Niveaus QP65 HT90, QP65 HT85, QP55 HT85 und QP55 HT70 (EH 55).

Tabelle 7-2: Grundkosten und energiebedingte Investitionskosten (€/m² Wohnfläche) EnEV 2014 sowie Investitionsmehrkosten für das Niveau Q_P 65 % H_T 90 %

Niveau	EnEV 2014		Q _P 65 % H _T 90 %					
System	Gas-BW-Kessel		Gas-BW-Kessel	WP Luft/ Wasser	WP Sole/ Wasser	Pelletkessel	Mehrkosten	
Gebäude	Grundkosten (GK)	energiebedingter Kostenanteil (eGK)	Investitionsmehr- und -minderkosten				Ø	% von GK
EFH klein mit Keller	1850 €/m²	625 €/m²	70 €/m²	11 €/m²	73 €/m²	55 €/m²	52 €/m²	2,8%
EFH klein ohne Keller	1645 €/m²	835 €/m²	72 €/m²	-28 €/m²	64 €/m²	92 €/m²	50 €/m²	3,1%
EFH groß mit Keller	1850 €/m²	521 €/m²	66 €/m²	28 €/m²	71 €/m²	28 €/m²	49 €/m²	2,6%
DHH ohne Keller	1397 €/m²	670 €/m²	72 €/m²	-24 €/m²	56 €/m²	83 €/m²	47 €/m²	3,3%
RMH mit Keller	1573 €/m²	398 €/m²	55 €/m²	0 €/m²	49 €/m²	43 €/m²	37 €/m²	2,3%
Durchschnitt EFH	1663 €/m²	610 €/m²	67 €/m²	-3 €/m²	63 €/m²	60 €/m²	47 €/m²	2,8%
MFH klein	1514 €/m²	542 €/m²	46 €/m²	43 €/m²	83 €/m²	25 €/m²	49 €/m²	3,2%
MFH groß	1514 €/m²	451 €/m²	40 €/m²	k. A.	72 €/m²	20 €/m²	44 €/m²	2,9%
Durchschnitt MFH	1514 €/m²	497 €/m²	43 €/m²	43 €/m²	78 €/m²	22 €/m²	47 €/m²	3,1%

Tabelle 7-3: Grundkosten und energiebedingte Investitionskosten (€/m² Wohnfläche) EnEV 2014 sowie Investitionsmehrkosten für das Niveau Q_P 60 % H_T 85 %

Niveau	EnEV 2014		Q _P 60 % H _T 85 %					
System	Gas-BW-Kessel		Gas-BW-Kessel	WP Luft/ Wasser	WP Sole/ Wasser	Pelletkessel	Mehrkosten	
Gebäude	Grundkosten (GK)	energiebedingter Kostenanteil (eGK)	Investitionsmehr- und -minderkosten				Ø	% von GK
EFH klein mit Keller	1850 €/m²	625 €/m²	90 €/m²	23 €/m²	84 €/m²	68 €/m²	66 €/m²	3,6%
EFH klein ohne Keller	1645 €/m²	835 €/m²	103 €/m²	-12 €/m²	79 €/m²	110 €/m²	70 €/m²	4,2%
EFH groß mit Keller	1850 €/m²	521 €/m²	85 €/m²	36 €/m²	77 €/m²	36 €/m²	59 €/m²	3,2%
DHH ohne Keller	1397 €/m²	670 €/m²	113 €/m²	-24 €/m²	55 €/m²	84 €/m²	57 €/m²	4,1%
RMH mit Keller	1573 €/m²	398 €/m²	62 €/m²	8 €/m²	54 €/m²	50 €/m²	43 €/m²	2,8%
Durchschnitt EFH	1663 €/m²	610 €/m²	91 €/m²	6 €/m²	70 €/m²	70 €/m²	59 €/m²	3,6%
MFH klein	1514 €/m²	542 €/m²	67 €/m²	51 €/m²	90 €/m²	34 €/m²	61 €/m²	4,0%
MFH groß	1514 €/m²	451 €/m²	52 €/m²	k. A.	78 €/m²	26 €/m²	52 €/m²	3,4%
Durchschnitt MFH	1514 €/m²	497 €/m²	60 €/m²	51 €/m²	84 €/m²	30 €/m²	56 €/m²	3,7%

Tabelle 7-4: Grundkosten und energiebedingte Investitionskosten (€/m² Wohnfläche) EnEV 2014 sowie Investitionsmehrkosten für das Niveau Q_P 55 % H_T 85 %

Niveau	EnEV 2014		Q _P 55 % H _T 85 %					
System	Gas-BW-Kessel		Gas-BW-Kessel	WP Luft/ Wasser	WP Sole/ Wasser	Pelletkessel	Mehrkosten	
Gebäude	Grundkosten (GK)	energiebedingter Kostenanteil (eGK)	Investitionsmehr- und -minderkosten				Ø	% von GK
EFH klein mit Keller	1850 €/m²	625 €/m²	106 €/m²	14 €/m²	75 €/m²	60 €/m²	64 €/m²	3,4%
EFH klein ohne Keller	1645 €/m²	835 €/m²	141 €/m²	-5 €/m²	82 €/m²	113 €/m²	83 €/m²	5,0%
EFH groß mit Keller	1850 €/m²	521 €/m²	93 €/m²	36 €/m²	77 €/m²	36 €/m²	61 €/m²	3,3%
DHH ohne Keller	1397 €/m²	670 €/m²	113 €/m²	-20 €/m²	55 €/m²	84 €/m²	58 €/m²	4,2%
RMH mit Keller	1573 €/m²	398 €/m²	90 €/m²	14 €/m²	54 €/m²	50 €/m²	52 €/m²	3,3%
Durchschnitt EFH	1663 €/m²	610 €/m²	109 €/m²	8 €/m²	69 €/m²	69 €/m²	63 €/m²	3,8%
MFH klein	1514 €/m²	542 €/m²	65 €/m²	50 €/m²	92 €/m²	36 €/m²	61 €/m²	4,0%
MFH groß	1514 €/m²	451 €/m²	61 €/m²	k. A.	78 €/m²	26 €/m²	55 €/m²	3,6%
Durchschnitt MFH	1514 €/m²	497 €/m²	63 €/m²	50 €/m²	85 €/m²	31 €/m²	58 €/m²	3,8%

Tabelle 7-5: Grundkosten und energiebedingte Investitionskosten (€/m² Wohnfläche) EnEV 2014 sowie Investitionsmehrkosten für das Niveau Q_P 55 % H_T' 70 % (EH 55)

Niveau	EnEV 2014		Q _p 55 % H _T ' 70 % (EH 55)					
System	Gas-BW-Kessel		Gas-BW-Kessel	WP Luft/ Wasser	WP Sole/ Wasser	Pelletkessel	Mehrkosten	
	Grundkosten (GK)	energiebedingter Kostenanteil (eGK)	Investitionsmehr- und -minderkosten				Ø	% von GK
Gebäude								
EFH klein mit Keller	1850 €/m²	625 €/m²	106 €/m²	52 €/m²	111 €/m²	102 €/m²	93 €/m²	5,0%
EFH klein ohne Keller	1645 €/m²	835 €/m²	141 €/m²	23 €/m²	111 €/m²	151 €/m²	107 €/m²	6,5%
EFH groß mit Keller	1850 €/m²	521 €/m²	93 €/m²	55 €/m²	95 €/m²	60 €/m²	76 €/m²	4,1%
DHH ohne Keller	1397 €/m²	670 €/m²	113 €/m²	19 €/m²	96 €/m²	132 €/m²	90 €/m²	6,4%
RMH mit Keller	1573 €/m²	398 €/m²	90 €/m²	26 €/m²	74 €/m²	74 €/m²	66 €/m²	4,2%
Durchschnitt EFH	1663 €/m²	610 €/m²	109 €/m²	35 €/m²	97 €/m²	104 €/m²	86 €/m²	5,2%
MFH klein	1514 €/m²	542 €/m²	75 €/m²	76 €/m²	111 €/m²	62 €/m²	81 €/m²	5,4%
MFH groß	1514 €/m²	451 €/m²	64 €/m²	k. A.	90 €/m²	41 €/m²	65 €/m²	4,3%
Durchschnitt MFH	1514 €/m²	497 €/m²	70 €/m²	76 €/m²	101 €/m²	51 €/m²	73 €/m²	4,8%

Die folgenden Auswertungen in Tabelle 7-6 fassen die mittleren niveauspezifischen Mehrkosten jeweils für die betrachteten Ein- und Mehrfamilienhäuser zusammen. Zusätzlich folgt in Tabelle 7-7 eine Auswertung, bei der die Nutzfläche A_N als Bezugsfläche für die Kostenangaben gewählt ist.

Tabelle 7-6: Zusammenfassung der mittleren niveauspezifischen Mehrkosten bezogen auf die Referenzausführung nach EnEV 2014. Angabe jeweils bezogen auf die Wohnfläche.

			mittlere Mehrkosten bezogen auf EnEV 2014	
	Grundkosten (GK)	energiebedingter Kostenanteil (eGK)	absolut	% von GK
EnEV 2014				
Durchschnitt EFH	1663 €/m²	610 €/m²		
Durchschnitt MFH	1514 €/m²	497 €/m²		
Q_P 75 % H_T' 100 %				
Durchschnitt EFH	1700 €/m²	647 €/m²	37 €/m²	2,2%
Durchschnitt MFH	1555 €/m²	538 €/m²	41 €/m²	2,7%
Q_P 65 % H_T' 90 %				
Durchschnitt EFH	1710 €/m²	657 €/m²	47 €/m²	2,8%
Durchschnitt MFH	1561 €/m²	543 €/m²	47 €/m²	3,1%
Q_P 60 % H_T' 85 %				
Durchschnitt EFH	1722 €/m²	669 €/m²	59 €/m²	3,6%
Durchschnitt MFH	1570 €/m²	553 €/m²	56 €/m²	3,7%
Q_P 55 % H_T' 85 %				
Durchschnitt EFH	1726 €/m²	673 €/m²	63 €/m²	3,8%
Durchschnitt MFH	1572 €/m²	554 €/m²	58 €/m²	3,8%
Q_P 55 % H_T' 70 % (EH 55)				
Durchschnitt EFH	1749 €/m²	696 €/m²	86 €/m²	5,2%
Durchschnitt MFH	1587 €/m²	570 €/m²	73 €/m²	4,8%

Tabelle 7-7: Zusammenfassung der mittleren niveauspezifischen Mehrkosten bezogen auf die Referenzausführung nach EnEV 2014. Angabe jeweils bezogen auf die Nutzfläche A_N .

			mittlere Mehrkosten bezogen auf EnEV 2014	
	Grundkosten (GK)	energiebedingter Kostenanteil (eGK)	absolut	% von GK
EnEV 2014				
Durchschnitt EFH	1288 €/m ²	466 €/m ²		
Durchschnitt MFH	1262 €/m ²	386 €/m ²		
Q_p 75 % H_T' 100 %				
Durchschnitt EFH	1316 €/m ²	495 €/m ²	28 €/m ²	2,2%
Durchschnitt MFH	1299 €/m ²	422 €/m ²	37 €/m ²	2,9%
Q_p 65 % H_T' 90 %				
Durchschnitt EFH	1324 €/m ²	502 €/m ²	36 €/m ²	2,8%
Durchschnitt MFH	1301 €/m ²	424 €/m ²	39 €/m ²	3,1%
QP 60 % HT' 85 %				
Durchschnitt EFH	1333 €/m ²	511 €/m ²	45 €/m ²	3,5%
Durchschnitt MFH	1309 €/m ²	432 €/m ²	47 €/m ²	3,7%
QP 55 % HT' 85 %				
Durchschnitt EFH	1337 €/m ²	515 €/m ²	48 €/m ²	3,8%
Durchschnitt MFH	1310 €/m ²	434 €/m ²	48 €/m ²	3,8%
QP 55 % HT' 70 % (EH 55)				
Durchschnitt EFH	1354 €/m ²	532 €/m ²	66 €/m ²	5,1%
Durchschnitt MFH	1323 €/m ²	446 €/m ²	61 €/m ²	4,8%

7.1.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

7.1.2.1 Ergebnisse der annuitätischen Bewertung nach VDI 2067

Die in dem vorhergehenden Abschnitt wiedergegebenen Auswertungen enthalten lediglich Aussagen zu den zum Investitionszeitpunkt anfallenden Kosten. Um die Wirtschaftlichkeit der fallweise gebildeten Varianten zu bewerten, müssen zusätzlich die in der Nutzungsphase resultierenden bedarfs- und betriebsgebundenen Mehr- und Minderkosten einbezogen werden. Zusätzlich werden die variantenspezifischen Maßnahmen hinsichtlich der im Betrachtungszeitraum (Wohngebäude: 30 Jahre) anfallenden Ersatzinvestitionen sowie hinsichtlich ggf. zum Ende des Betrachtungszeitraums vorhandener Restwerte bewertet. Hierzu erfolgt für sämtliche energiebedingten Kostenbestandteile eine annuitätische Bewertung auf Basis der VDI 2067 [27]. In den folgenden Tabellen erfolgt die Ausweisung der niveau- und variantenspezifischen Gesamtannuitäten wie im Folgenden beschrieben:

- Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) Gesamtannuität der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die annuitätischen Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten (Tabelle 7-8 bis Tabelle 7-10 für das Preissteigerungsszenario Bundesregierung und Tabelle 7-11 bis Tabelle 7-13 für das Preissteigerungsszenario EU)

Zusätzlich erfolgt in Anhang A (Abschnitt 13.2) die Ausweisung der im Folgenden benannten Bestandteile der Gesamtannuität:

- Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte kapitalgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten
- Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte bedarfsgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten
- Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte betriebsgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten

Die in den folgenden Tabellen ausgewiesenen annuitätischen Mehr- und Minderkosten sind wie folgt zu interpretieren:

- Annuitätische Mehrkosten (positive Werte, rote Schriftfarbe) bedeuten annuitätische Verluste bezogen auf den Betrachtungszeitraum von 30 Jahren. Innerhalb des Betrachtungszeitraums ergibt sich rechnerisch keine Amortisation für diese Fälle
- Annuitätische Minderkosten (negative Werte, grüne Schriftfarbe) bedeuten annuitätische Gewinne bezogen auf den Betrachtungszeitraum von 30 Jahren. Bezogen auf den Betrachtungszeitraum amortisieren sich die Investitionen für diese Fälle.
- Keine Differenz zur Annuität der EnEV-Referenzausführung bedeutet, dass die betreffende Variante die gleiche annuitätische Bewertung hat und eine Amortisation der Investition genau nach 30 Jahren erreicht wird.

Ergebnisse für das Preissteigerungsszenario Bundesregierung

Die folgenden Tabellen weisen für die bewerteten Niveaus jeweils die Gesamtannuitäten sowie die annuitätischen Gewinne und Verluste der bilanzierten Erfüllungsoptionen aus. Tabelle 7-8 enthält dabei die Ergebnisse für das gegenwärtige Anforderungsniveau QP75 HT100, Tabelle 7-9 für die Niveaus QP 65 HT 90 und QP 60 HT85 und Tabelle 7-10 für die Niveaus QP55 HT85 und QP55 HT70 (KfW Effizienzhaus 55).

Tabelle 7-8: Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) Gesamtannuität der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie annuitätischen Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für das Niveaus QP 75 % H_T 100 % (Anforderungsniveau EnEV 2014 ab 1.1.2016), Preissteigerung Bundesregierung

Niveau	EnEV 2014	QP 75 % H _T 100 %				
System	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø
EFH klein mit Keller	706 €/m ²	0 €/m ²	3 €/m ²	-7 €/m ²	144 €/m ²	35 €/m ²
EFH klein ohne Keller	957 €/m ²	5 €/m ²	-40 €/m ²	-29 €/m ²	259 €/m ²	49 €/m ²
EFH groß mit Keller	583 €/m ²	-1 €/m ²	8 €/m ²	-9 €/m ²	65 €/m ²	16 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	893 €/m ²	12 €/m ²	-55 €/m ²	-31 €/m ²	266 €/m ²	48 €/m ²
Reihenmittelhaus mit Keller	501 €/m ²	11 €/m ²	-18 €/m ²	-12 €/m ²	131 €/m ²	28 €/m ²
Durchschnitt EFH	728 €/m²	5 €/m²	-21 €/m²	-18 €/m²	173 €/m²	35 €/m²
MFH klein	700 €/m ²	13 €/m ²	27 €/m ²	2 €/m ²	77 €/m ²	30 €/m ²
MFH groß	499 €/m ²	24 €/m ²	k. A.	17 €/m ²	24 €/m ²	22 €/m ²
Durchschnitt MFH	599 €/m²	19 €/m²	27 €/m²	10 €/m²	51 €/m²	26 €/m²

Die in Tabelle 7-8 für die Referenzausführung nach EnEV 2014 ausgewiesenen Gesamtannuitäten sowie die annuitätischen Mehr- und Minderkosten für das gegenwärtige Anforderungsniveau QP75 HT100 zeigen, wie bereits die in Abschnitt 7.1.1 ausgewerteten Investitionskosten, dass sich für die untersuchten Erfüllungsoptionen bezogen auf die Annuitäten der Referenz 2014 nur vergleichsweise geringe Differenzen ergeben. Für die Einfamilienhäuser liegen die annuitätischen Verluste bei der Erfüllungsoption mit Gas-BW-Kessel als Wärmeerzeuger bei nur 5 €/m² bei einer Gesamtannuität der Referenzausführung von im Mittel 728 €/a. Die Wärmepumpenlösungen erreichen im Mittel annuitätische Gewinne von 21 €/m² (Luft-Wärmepumpe) und 18 €/m² (Sole-Wärmepumpe). Bedingt durch die vergleichsweise hohen kapitalgebundenen und betriebsbedingten Kosten ergeben sich für die Varianten mit Pelletkessel als Wärmeerzeuger vergleichsweise hohe annuitätische Verluste. Im Fall der betrachteten Mehrfamilienhäuser mit einer durchschnittlichen Gesamtannuität von 599 €/m² für die Referenzausführung ergeben sich durchweg annuitätische Verluste. Diese liegen bei der Brennwertlösung bei 19 €/m², bei der Luft-Wärmepumpe bei 27 €/m², bei der Sole-Wärmepumpe bei 10 €/m² und bei dem Pelletkessel bei 51 €/m² liegen.

Analog zur obigen Auswertung für das Niveau QP75 HT100 folgen in Tabelle 7-9 und Tabelle 7-10 die Auswertungen zu den Erfüllungsoptionen für die übrigen vier Niveaus.

Tabelle 7-9: Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) Gesamtannuität der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie annuitätischen Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für die Niveaus Q_p 65 % H_T 90 % und Q_p 60 % H_T 85 %, Preissteigerung Bundesregierung

Niveau	EnEV 2014	Q_p 65 % H_T 90 %					Q_p 60 % H_T 85 %				
System	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø
EFH klein mit Keller	706 €/m²	73 €/m²	-14 €/m²	-23 €/m²	132 €/m²	42 €/m²	75 €/m²	-15 €/m²	-22 €/m²	135 €/m²	43 €/m²
EFH klein ohne Keller	957 €/m²	65 €/m²	-47 €/m²	-32 €/m²	257 €/m²	61 €/m²	64 €/m²	-50 €/m²	-33 €/m²	257 €/m²	60 €/m²
EFH groß mit Keller	583 €/m²	78 €/m²	4 €/m²	-10 €/m²	63 €/m²	34 €/m²	79 €/m²	2 €/m²	-10 €/m²	64 €/m²	34 €/m²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	893 €/m²	94 €/m²	-59 €/m²	-32 €/m²	266 €/m²	67 €/m²	115 €/m²	-68 €/m²	-38 €/m²	264 €/m²	68 €/m²
Reihenmittelhaus mit Keller	501 €/m²	85 €/m²	-27 €/m²	-14 €/m²	129 €/m²	43 €/m²	84 €/m²	-27 €/m²	-13 €/m²	130 €/m²	44 €/m²
Durchschnitt EFH	728 €/m²	79 €/m²	-28 €/m²	-22 €/m²	170 €/m²	49 €/m²	84 €/m²	-32 €/m²	-23 €/m²	170 €/m²	50 €/m²
MFH klein	700 €/m²	67 €/m²	23 €/m²	0 €/m²	76 €/m²	42 €/m²	74 €/m²	22 €/m²	0 €/m²	78 €/m²	43 €/m²
MFH groß	499 €/m²	80 €/m²	k. A.	16 €/m²	22 €/m²	40 €/m²	82 €/m²	k. A.	16 €/m²	22 €/m²	40 €/m²
Durchschnitt MFH	599 €/m²	74 €/m²	23 €/m²	8 €/m²	49 €/m²	41 €/m²	78 €/m²	22 €/m²	8 €/m²	50 €/m²	42 €/m²

Tabelle 7-10: Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) Gesamtannuität der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie annuitätischen Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für die Niveaus Q_p 55 % H_T 85 % und Q_p 55 % H_T 70 % (EH 55), Preissteigerung Bundesregierung

Niveau	EnEV 2014	Q_p 55 % H_T 85 %					Q_p 55 % H_T 70 % (EH 55)				
System	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø
EFH klein mit Keller	706 €/m²	75 €/m²	-20 €/m²	-26 €/m²	131 €/m²	40 €/m²	75 €/m²	-25 €/m²	-3 €/m²	138 €/m²	46 €/m²
EFH klein ohne Keller	957 €/m²	81 €/m²	-50 €/m²	-28 €/m²	258 €/m²	65 €/m²	81 €/m²	-63 €/m²	-32 €/m²	262 €/m²	62 €/m²
EFH groß mit Keller	583 €/m²	77 €/m²	2 €/m²	-10 €/m²	64 €/m²	33 €/m²	77 €/m²	-7 €/m²	-15 €/m²	63 €/m²	30 €/m²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	893 €/m²	104 €/m²	-72 €/m²	-38 €/m²	264 €/m²	64 €/m²	104 €/m²	-67 €/m²	-28 €/m²	281 €/m²	73 €/m²
Reihenmittelhaus mit Keller	501 €/m²	95 €/m²	-33 €/m²	-13 €/m²	130 €/m²	45 €/m²	95 €/m²	-27 €/m²	-10 €/m²	138 €/m²	49 €/m²
Durchschnitt EFH	728 €/m²	87 €/m²	-35 €/m²	-23 €/m²	170 €/m²	50 €/m²	87 €/m²	-38 €/m²	-18 €/m²	176 €/m²	52 €/m²
MFH klein	700 €/m²	65 €/m²	16 €/m²	0 €/m²	78 €/m²	40 €/m²	71 €/m²	15 €/m²	-1 €/m²	80 €/m²	41 €/m²
MFH groß	499 €/m²	82 €/m²	k. A.	16 €/m²	22 €/m²	40 €/m²	84 €/m²	k. A.	16 €/m²	19 €/m²	40 €/m²
Durchschnitt MFH	599 €/m²	74 €/m²	16 €/m²	8 €/m²	50 €/m²	40 €/m²	77 €/m²	15 €/m²	7 €/m²	50 €/m²	40 €/m²

Ausgehend von den vergleichsweise geringen annuitätischen Verlusten für die Varianten mit Gas-Brennwertkessel bei dem Niveau Q_{p75} H_{T100} (Tabelle 7-8) zeigen die Ergebnisse in Tabelle 7-9 und Tabelle 7-10 mit zunehmender primärenergetischen Anforderungshöhe deutlich höhere annuitätische Verluste. Dies ist im Wesentlichen darauf zurückzuführen, dass hier im Vergleich zu den Erfüllungsoptionen für das Niveau Q_{p75} H_{T100} der Einsatz einer Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung vorgesehen wird, um den primärenergetischen Zielwert zu erreichen. Dadurch fallen einerseits höhere kapitalgebundene Kosten und andererseits höhere betriebsgebundene Kosten an. Die Einsparungen bei den bedarfsgebundenen Kosten können diese Mehrkosten nicht kompensieren, woraus sich insgesamt für diese Varianten höhere annuitätische Verluste ergeben.

Gebäudevarianten mit Wärmepumpenlösungen hingegen, deren bauliche Ausführung sich jeweils an der Nebenanforderung (Anforderung an den mittleren Transmissionswärmeverlust H_T) orientiert, profitieren von einer verbesserten baulichen Ausführung durch geringere bedarfsgebundene annuitätischen Kosten, sodass sich mit steigenden Anforderungen tendenziell höhere annuitätische Gewinne

ergeben. Im Fall der Erfüllungsoptionen für die Varianten mit Pelletkessel als Wärmeerzeuger ergeben für alle betrachteten Niveaus vergleichsweise hohe annuitätische Verluste.

Ergebnisse für das Preissteigerungsszenario EU

Analog zu den obigen Auswertungen für das Preissteigerungsszenario Bundesregierung folgen in Tabelle 7-11 bis Tabelle 7-13 die entsprechenden Auswertungen für das Preissteigerungsszenario EU.

Tabelle 7-11: Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) Gesamtannuität der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie annuitätischen Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für das Niveau Q_p 75 % H_T 100 % (Anforderungsniveau EnEV 2014 ab 1.1.2016), Preissteigerung EU

Niveau	EnEV 2014	Q_p 75 % H_T 100 %				
System	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø
EFH klein mit Keller	767 €/m ²	-14 €/m ²	-41 €/m ²	-54 €/m ²	128 €/m ²	5 €/m ²
EFH klein ohne Keller	1032 €/m ²	-11 €/m ²	-96 €/m ²	-87 €/m ²	242 €/m ²	12 €/m ²
EFH groß mit Keller	635 €/m ²	-14 €/m ²	-31 €/m ²	-50 €/m ²	51 €/m ²	-11 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	960 €/m ²	-2 €/m ²	-105 €/m ²	-83 €/m ²	252 €/m ²	15 €/m ²
Reihenmittelhaus mit Keller	545 €/m ²	2 €/m ²	-50 €/m ²	-46 €/m ²	121 €/m ²	7 €/m ²
Durchschnitt EFH	788 €/m²	-8 €/m²	-65 €/m²	-64 €/m²	159 €/m²	6 €/m²
MFH klein	750 €/m ²	2 €/m ²	-10 €/m ²	-37 €/m ²	70 €/m ²	6 €/m ²
MFH groß	538 €/m ²	15 €/m ²	k. A.	-12 €/m ²	15 €/m ²	6 €/m ²
Durchschnitt MFH	644 €/m²	8 €/m²	-10 €/m²	-24 €/m²	42 €/m²	6 €/m²

Tabelle 7-12: Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) Gesamtannuität der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie annuitätischen Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für die Niveaus Q_p 65 % H_T 90 % und Q_p 60 % H_T 85 %, Preissteigerung EU

Niveau	EnEV 2014	Q_p 65 % H_T 90 %					Q_p 60 % H_T 85 %				
System	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø
EFH klein mit Keller	767 €/m ²	54 €/m ²	-60 €/m ²	-71 €/m ²	113 €/m ²	9 €/m ²	53 €/m ²	-61 €/m ²	-70 €/m ²	115 €/m ²	9 €/m ²
EFH klein ohne Keller	1032 €/m ²	42 €/m ²	-103 €/m ²	-92 €/m ²	239 €/m ²	22 €/m ²	38 €/m ²	-107 €/m ²	-92 €/m ²	237 €/m ²	19 €/m ²
EFH groß mit Keller	635 €/m ²	61 €/m ²	-35 €/m ²	-51 €/m ²	47 €/m ²	5 €/m ²	60 €/m ²	-38 €/m ²	-51 €/m ²	48 €/m ²	5 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	960 €/m ²	74 €/m ²	-110 €/m ²	-85 €/m ²	251 €/m ²	33 €/m ²	92 €/m ²	-120 €/m ²	-91 €/m ²	247 €/m ²	32 €/m ²
Reihenmittelhaus mit Keller	545 €/m ²	72 €/m ²	-59 €/m ²	-47 €/m ²	118 €/m ²	21 €/m ²	69 €/m ²	-60 €/m ²	-47 €/m ²	119 €/m ²	20 €/m ²
Durchschnitt EFH	788 €/m²	61 €/m²	-73 €/m²	-69 €/m²	154 €/m²	18 €/m²	63 €/m²	-77 €/m²	-70 €/m²	153 €/m²	17 €/m²
MFH klein	750 €/m ²	51 €/m ²	-15 €/m ²	-40 €/m ²	68 €/m ²	16 €/m ²	55 €/m ²	-16 €/m ²	-40 €/m ²	68 €/m ²	17 €/m ²
MFH groß	538 €/m ²	68 €/m ²	k. A.	-13 €/m ²	12 €/m ²	22 €/m ²	68 €/m ²	k. A.	-13 €/m ²	10 €/m ²	22 €/m ²
Durchschnitt MFH	644 €/m²	60 €/m²	-15 €/m²	-27 €/m²	40 €/m²	19 €/m²	62 €/m²	-16 €/m²	-27 €/m²	39 €/m²	19 €/m²

Tabelle 7-13: Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) Gesamtannuität der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie annuitätischen Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für die Niveaus Q_p 55 % H_T 85 % und Q_p 55 % H_T 70 % (EH 55), Preissteigerung EU

Niveau	EnEV 2014	Q_p 55 % H_T 85 %					Q_p 55 % H_T 70 % (EH 55)				
System	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø
EFH klein mit Keller	767 €/m²	51 €/m²	-66 €/m²	-74 €/m²	111 €/m²	5 €/m²	51 €/m²	-72 €/m²	-51 €/m²	114 €/m²	10 €/m²
EFH klein ohne Keller	1032 €/m²	51 €/m²	-108 €/m²	-87 €/m²	238 €/m²	24 €/m²	51 €/m²	-122 €/m²	-93 €/m²	237 €/m²	18 €/m²
EFH groß mit Keller	635 €/m²	56 €/m²	-38 €/m²	-51 €/m²	48 €/m²	3 €/m²	56 €/m²	-48 €/m²	-57 €/m²	44 €/m²	-1 €/m²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	960 €/m²	79 €/m²	-124 €/m²	-91 €/m²	247 €/m²	28 €/m²	79 €/m²	-120 €/m²	-82 €/m²	261 €/m²	34 €/m²
Reihenmittelhaus mit Keller	545 €/m²	78 €/m²	-66 €/m²	-47 €/m²	119 €/m²	21 €/m²	78 €/m²	-61 €/m²	-44 €/m²	125 €/m²	25 €/m²
Durchschnitt EFH	788 €/m²	63 €/m²	-80 €/m²	-70 €/m²	153 €/m²	16 €/m²	63 €/m²	-84 €/m²	-66 €/m²	156 €/m²	17 €/m²
MFH klein	750 €/m²	44 €/m²	-22 €/m²	-40 €/m²	68 €/m²	12 €/m²	49 €/m²	-24 €/m²	-42 €/m²	66 €/m²	12 €/m²
MFH groß	538 €/m²	67 €/m²	k. A.	-13 €/m²	10 €/m²	21 €/m²	68 €/m²	k. A.	-15 €/m²	5 €/m²	19 €/m²
Durchschnitt MFH	644 €/m²	55 €/m²	-22 €/m²	-27 €/m²	39 €/m²	17 €/m²	59 €/m²	-24 €/m²	-28 €/m²	36 €/m²	16 €/m²

Im Vergleich zu den Bewertungen für das Preissteigerungsszenario Bundesregierung ergeben sich für das Preissteigerungsszenario EU durchweg günstigere annuitätische Ergebnisse. Dies ist auf die im Szenario EU höheren Preissteigerungsraten für die Energieträger zurückzuführen, was bei sonst gleichen Randbedingungen zu höheren Einsparungen bei den bedarfsgebundenen Kosten führt. Somit resultieren auch in der Gesamtannuität der betrachteten Fälle günstigere Werte.

7.1.2.2 Amortisationszeiten unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten für einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren

Auf Basis der im vorherigen Abschnitt wiedergegebenen Auswertungen werden im aktuellen Abschnitt Amortisationszeiten auf Basis der folgenden Berechnungsvorschrift angegeben:

$$\text{Amortisationszeit} = \frac{(\text{Annuität der kapitalgebundene Mehrkosten} \cdot \text{Länge Betrachtungszeitraum})}{(\text{Annuität der bedarfsgebundenen Mehr-/Minderkosten} + \text{Annuität der betriebsgebundenen Mehr-/Minderkosten})}$$

Die Ergebnisse dieser Berechnung können wie folgt ausfallen:

- sofort** Im Vergleich zu der Bezugsvariante fallen geringere kapitalgebundene Kosten an und zugleich ist die Summe der Annuität der bedarfsgebundenen und betriebsgebundenen Kosten geringer als bei der Bezugsvariante (Minderinvestition bei gleichzeitiger Senkung der bedarfs- und betriebsbedingten Kosten im Betrachtungszeitraum).
- keine** Im Vergleich zu der Bezugsvariante fallen höhere kapitalgebundene Kosten an und zugleich ist die Summe der Annuität der bedarfsgebundenen und betriebsgebundenen Kosten höher als bei der Bezugsvariante (Mehrinvestition für nicht zu einer Einsparung bei bedarfs- und betriebsbedingten Kosten).
- > 30 Jahre** Eine Mehreininvestition kann im Betrachtungszeitraum nicht durch Einsparung bedarfs- und betriebsbedingter Kosten amortisiert werden. Fälle mit einer ausgewiesenen Amortisationszeit größer 30 Jahre entsprechen den Fällen, für die in der Gesamtannuität (vgl. Tabelle 7-8 bis Tabelle 7-10 für das Preissteigerungsszenario

Bundesregierung bzw. Tabelle 7-11 bis Tabelle 7-13 für das Preissteigerungsszenario EU) positive Werte (bedeutet annuitätische Verluste gegenüber der Bezugsvariante) ausgewiesen sind.

< 30 Jahre

Eine Mehrinvestition amortisiert sich während des Betrachtungszeitraums. Fälle mit einer ausgewiesenen Amortisationszeit kleiner 30 Jahre entsprechen den Fällen, für die in der Gesamtannuität (vgl. Tabelle 7-8 bis Tabelle 7-10 für das Preissteigerungsszenario Bundesregierung bzw. Tabelle 7-11 bis Tabelle 7-13 für das Preissteigerungsszenario EU) negative Werte (bedeutet annuitätische Gewinne gegenüber der Bezugsvariante) ausgewiesen sind.

Für Varianten, die gegenüber der Referenzausführung EnEV 2014 annuitätische Verluste aufweisen, eine Amortisation also nicht innerhalb der Länge des Betrachtungszeitraums erreicht wird, entspricht der fallweise ausgewiesene Deckungsfehlbetrag dem Betrag, um den die Annuität der kapitalgebundenen Kosten geringer ausfallen müsste, um eine Amortisationszeit von 30 Jahren zu erreichen. Eine Amortisationszeit von 30 Jahren bedeutet dabei eine Gesamtannuität, welche der Referenzausführung EnEV 2014 entspricht.

Ergebnisse für das Preissteigerungsszenario Bundesregierung

Die in Tabelle 7-14 bis Tabelle 7-16 enthaltenen Auswertungen enthalten die Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die betrachteten Anforderungsniveaus. Ergänzend zu den bereits in Abschnitt 7.1.2.1 enthaltenen Auswertungen werden für das gegenwärtige Anforderungsniveau QP75 HT100 zwei unterschiedliche Erfüllungsoptionen für den Gas-Brennwert-Kessel als Wärmeerzeuger ausgewertet. Die Variante mit Abluftanlage und Solarthermie Heizung + Trinkwarmwasser entspricht dabei den in Abschnitt 7.1.2.1 bewerteten Ausführungen. Die Alternative dazu beschreibt eine Ausführung mit Zu-/Abluftanlage (80 % WRG) und Solarthermie TWW.

Tabelle 7-14: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q_p 75 % H_r 100 % (Anforderungsniveau EnEV 2014 ab 1.1.2016), Preissteigerung Bundesregierung

Niveau		Q _p 75 % H _r 100 %				
System		Gas-BW-Kessel Abluft + ST Hz + TWW	Gas-BW-Kessel Zu-/Abluft + ST TWW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel
EFH klein mit Keller	Amort.	30,0 a	> 100 a	40,4 a	25,2 a	keine
	Deckf.		81,0 €/m ²	3,2 €/m ²		
EFH klein ohne Keller	Amort.	33,1 a	> 100 a	sofort	17,5 a	keine
	Deckf.	5,3 €/m ²	72,2 €/m ²			
EFH groß mit Keller	Amort.	28,9 a	> 100 a	45,3 a	23,3 a	> 100 a
	Deckf.		87,3 €/m ²	7,7 €/m ²		65,2 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	38,3 a	keine	sofort	15,3 a	keine
	Deckf.	12,0 €/m ²				
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	41,3 a	> 100 a	sofort	17,7 a	keine
	Deckf.	11,2 €/m ²	90,8 €/m ²			
MFH klein	Amort.	40,2 a	keine	94,8 a	31,5 a	keine
	Deckf.	13,3 €/m ²		26,8 €/m ²	2,1 €/m ²	
MFH groß	Amort.	53,8 a	keine	k. A.	72,9 a	> 100 a
	Deckf.	23,9 €/m ²			17,5 €/m ²	24,5 €/m ²

Der Vergleich der beiden Erfüllungsoptionen für den Wärmeerzeuger Gas-Brennwertkessel in Tabelle 7-14 zeigt, dass die Erfüllungsoptionen mit Zu-/Abluftanlage und Solarthermie TWW durchweg keine Amortisationen innerhalb des Betrachtungszeitraums erreichen. Ursächlich verantwortlich dafür sind die im Vergleich zu der alternativen Ausführung mit Abluftanlage und Solarthermie Heizung + Trinkwarmwasser höheren kapitalgebundenen und betriebsbedingten Kosten. Bezüglich der Interpretation der übrigen Erfüllungsoptionen wird an dieser Stelle auf die Erläuterungen im vorherigen Abschnitt 7.1.2.1 verwiesen, da es sich im Fall der im aktuellen Abschnitt wiedergegebenen Auswertungen lediglich um eine alternative Darstellung zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit handelt.

Tabelle 7-15: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Niveaus Q_P 65 % H_T 90 % und Q_P 60 % H_T 85 %, Preissteigerung Bundesregierung

Niveau		Q_P 65 % H_T 90 %				Q_P 60 % H_T 85 %			
System		Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel
EFH klein mit Keller	Amort.	98,0 a	15,0 a	19,1 a	> 100 a	84,9 a	16,7 a	20,4 a	> 100 a
	Deckf.	73,2 €/m ²			132,5 €/m ²	75,0 €/m ²			135,4 €/m ²
EFH klein ohne Keller	Amort.	88,7 a	sofort	17,0 a	keine	68,3 a	sofort	18,0 a	keine
	Deckf.	65,2 €/m ²				64,5 €/m ²			
EFH groß mit Keller	Amort.	99,2 a	36,9 a	22,7 a	> 100 a	85,9 a	32,0 a	23,5 a	> 100 a
	Deckf.	77,7 €/m ²	4,4 €/m ²		62,8 €/m ²	79,3 €/m ²	1,7 €/m ²		64,4 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	> 100 a	sofort	15,9 a	keine	> 100 a	sofort	14,8 a	keine
	Deckf.	94,2 €/m ²				114,9 €/m ²			
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	> 100 a	sofort	17,4 a	keine	> 100 a	sofort	18,5 a	keine
	Deckf.	85,0 €/m ²				84,4 €/m ²			
MFH klein	Amort.	> 100 a	67,2 a	29,7 a	keine	> 100 a	57,0 a	30,0 a	keine
	Deckf.	67,4 €/m ²	22,7 €/m ²			73,8 €/m ²	21,6 €/m ²		
MFH groß	Amort.	keine	k. A.	60,8 a	86,5 a	> 100 a	k. A.	55,5 a	70,8 a
	Deckf.			16,0 €/m ²	22,3 €/m ²	82,1 €/m ²		16,2 €/m ²	21,8 €/m ²

Tabelle 7-16: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Niveaus Q_P 55 % H_T 85 % und Q_P 55 % H_T 70 % (EH 55), Preissteigerung Bundesregierung

Niveau		Q_P 55 % H_T 85 %				Q_P 55 % H_T 70 % (EH 55)			
System		Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel
EFH klein mit Keller	Amort.	74,4 a	12,8 a	18,4 a	> 100 a	74,4 a	15,8 a	28,4 a	> 100 a
	Deckf.	75,0 €/m ²			131,0 €/m ²	75,0 €/m ²			137,7 €/m ²
EFH klein ohne Keller	Amort.	73,0 a	1,3 a	19,4 a	keine	73,0 a	5,0 a	20,3 a	keine
	Deckf.	81,0 €/m ²				81,1 €/m ²			
EFH groß mit Keller	Amort.	75,9 a	32,0 a	23,5 a	> 100 a	75,9 a	24,9 a	22,4 a	> 100 a
	Deckf.	77,3 €/m ²	1,7 €/m ²		64,4 €/m ²	77,3 €/m ²			63,3 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	> 100 a	sofort	14,8 a	keine	> 100 a	1,4 a	20,9 a	keine
	Deckf.	104,4 €/m ²				104,4 €/m ²			
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	> 100 a	sofort	18,5 a	keine	> 100 a	6,5 a	23,2 a	keine
	Deckf.	94,9 €/m ²				94,9 €/m ²			
MFH klein	Amort.	> 100 a	46,9 a	29,8 a	keine	> 100 a	40,9 a	29,5 a	> 100 a
	Deckf.	65,4 €/m ²	16,1 €/m ²			70,9 €/m ²	15,2 €/m ²		80,1 €/m ²
MFH groß	Amort.	> 100 a	k. A.	55,5 a	70,8 a	> 100 a	k. A.	46,2 a	51,0 a
	Deckf.	82,4 €/m ²		16,2 €/m ²	21,8 €/m ²	84,1 €/m ²		15,6 €/m ²	19,3 €/m ²

Ergebnisse für das Preissteigerungsszenario EU

Die in Tabelle 7-17 bis Tabelle 7-19 enthaltenen Auswertungen stellen analog zu den zuvor diskutierten Auswertungen die Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge dar, die sich unter Zugrundelegung des Energiepreissteigerungsszenarios EU aus der annuitätischen Bewertung ergeben. Im Vergleich zu den Auswertungen für das Energiepreissteigerungsszenario Bundesregierung ergeben sich durchweg geringere Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge aufgrund der im Szenario EU höheren Energiepreissteigerungen.

Tabelle 7-17: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q_P 75 % H_T 100 % (Anforderungsniveau EnEV 2014 ab 1.1.2016), Preissteigerung EU

Niveau		Q_P 75 % H_T 100 %				
System		Gas-BW-Kessel Abluft + ST Hz.+TWW	Gas-BW-Kessel Zu-/Abluft + ST TWW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel
EFH klein mit Keller	Amort.	22,8 a	> 100 a	6,9 a	12,2 a	> 100 a
	Deckf.		67,5 €/m ²			127,7 €/m ²
EFH klein ohne Keller	Amort.	25,0 a	> 100 a	sofort	9,4 a	keine
	Deckf.		56,0 €/m ²			
EFH groß mit Keller	Amort.	22,2 a	> 100 a	12,6 a	11,5 a	> 100 a
	Deckf.		75,4 €/m ²			50,9 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	28,8 a	> 100 a	sofort	8,3 a	keine
	Deckf.		79,7 €/m ²			
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	31,2 a	> 100 a	sofort	8,4 a	keine
	Deckf.	1,6 €/m ²	80,5 €/m ²			
MFH klein	Amort.	30,9 a	> 100 a	23,7 a	16,1 a	keine
	Deckf.	1,5 €/m ²	42,5 €/m ²			
MFH groß	Amort.	41,7 a	keine	k. A.	21,6 a	55,6 a
	Deckf.	15,2 €/m ²				14,9 €/m ²

Tabelle 7-18: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Niveaus Q_P 65 % H_T 90 % und Q_P 60 % H_T 85 %, Preissteigerung EU

Niveau		Q_P 65 % H_T 90 %				Q_P 60 % H_T 85 %			
System		Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel
EFH klein mit Keller	Amort.	61,6 a	5,7 a	10,8 a	> 100 a	55,6 a	7,1 a	11,9 a	> 100 a
	Deckf.	54,1 €/m ²			113,5 €/m ²	53,4 €/m ²			115,3 €/m ²
EFH klein ohne Keller	Amort.	52,6 a	sofort	9,5 a	keine	44,8 a	sofort	10,4 a	keine
	Deckf.	42,3 €/m ²				37,9 €/m ²			
EFH groß mit Keller	Amort.	66,1 a	12,2 a	11,6 a	90,8 a	59,0 a	12,6 a	12,5 a	80,8 a
	Deckf.	60,8 €/m ²			47,1 €/m ²	59,9 €/m ²			47,8 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	83,5 a	sofort	9,0 a	keine	81,4 a	sofort	8,7 a	keine
	Deckf.	74,2 €/m ²				92,2 €/m ²			
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	> 100 a	sofort	8,6 a	keine	88,8 a	sofort	9,4 a	keine
	Deckf.	71,6 €/m ²				69,3 €/m ²			
MFH klein	Amort.	93,4 a	22,0 a	15,9 a	keine	77,4 a	22,0 a	16,7 a	> 100 a
	Deckf.	50,9 €/m ²				54,9 €/m ²			68,3 €/m ²
MFH groß	Amort.	> 100 a	k. A.	21,1 a	45,9 a	> 100 a	k. A.	21,7 a	41,2 a
	Deckf.	68,3 €/m ²			11,8 €/m ²	68,1 €/m ²			10,3 €/m ²

Tabelle 7-19: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Niveaus Q_P 55 % H_T' 85 % und Q_P 55 % H_T' 70 % (EH 55), Preissteigerung EU

Niveau		Q _P 55 % H _T ' 85 %				Q _P 55 % H _T ' 70 % (EH 55)			
System		Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel
EFH klein mit Keller	Amort.	50,2 a	5,5 a	10,7 a	> 100 a	50,2 a	8,3 a	15,8 a	> 100 a
	Deckf.	50,6 €/m ²			110,9 €/m ²	50,7 €/m ²			114,3 €/m ²
EFH klein ohne Keller	Amort.	47,9 a	0,6 a	11,0 a	keine	47,9 a	2,8 a	12,6 a	> 100 a
	Deckf.	51,4 €/m ²				51,5 €/m ²			236,9 €/m ²
EFH groß mit Keller	Amort.	53,1 a	12,6 a	12,5 a	80,8 a	53,1 a	12,3 a	13,1 a	59,3 a
	Deckf.	55,6 €/m ²			47,8 €/m ²	55,6 €/m ²			43,7 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	65,3 a	sofort	8,7 a	keine	65,3 a	0,8 a	13,1 a	> 100 a
	Deckf.	78,8 €/m ²				78,8 €/m ²			261,1 €/m ²
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	83,4 a	sofort	9,4 a	keine	83,4 a	3,3 a	12,9 a	> 100 a
	Deckf.	77,9 €/m ²				77,9 €/m ²			125,3 €/m ²
MFH klein	Amort.	59,3 a	20,0 a	16,6 a	> 100 a	61,6 a	21,1 a	18,0 a	> 100 a
	Deckf.	44,2 €/m ²			68,1 €/m ²	49,4 €/m ²			66,2 €/m ²
MFH groß	Amort.	> 100 a	k. A.	21,7 a	41,2 a	> 100 a	k. A.	22,6 a	33,7 a
	Deckf.	66,6 €/m ²			10,3 €/m ²	67,9 €/m ²			5,2 €/m ²

7.1.3 Sensitivitätsbetrachtung zum Einsatz nicht brennbarer Dämmmaterialien

Zur Berücksichtigung der Mehrkosten bei Ausführung des Wärmedämmverbundsystems (WDVS) mit Mineralwolle wird ausgehend von den Kosten bei Ausführung des WDVS mit Polystyrol ein Kostenaufschlag von 50 % bezogen auf die fallweise betrachteten Dämmschichten zugrunde gelegt. Die im Folgenden wiedergegebenen Auswertungen beinhalten diesen Kostenaufschlag für die Dämmung der Außenwände aller Gebäude sowohl für die Referenzausführung EnEV 2014 als auch für die fallweise gebildeten Erfüllungsoptionen der einzelnen Anforderungsniveaus.

Tabelle 7-20: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q_p 75 % H_r 100 % (Anforderungsniveau EnEV 2014 ab 1.1.2016), Preissteigerung Bundesregierung. Links: Ausführung WDVS mit Polystyrol, rechts: Ausführung WDVS mit Mineralwolle

Niveau		Q_p 75 % H_r 100 % (WDVS mit Polystyrol)				Q_p 75 % H_r 100 % (WDVS mit Mineralwolle)			
System		Gas-BW-Kessel Abluft + ST TWV	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	Gas-BW-Kessel Abluft + ST TWV	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel
EFH klein mit Keller	Amort.	30,0 a	40,4 a	25,2 a	keine	31,0 a	40,4 a	25,2 a	keine
	Deckf.		3,2 €/m ²			1,4 €/m ²	3,2 €/m ²		
EFH klein ohne Keller	Amort.	33,1 a	sofort	17,5 a	keine	35,4 a	sofort	17,5 a	keine
	Deckf.	5,3 €/m ²				9,2 €/m ²			
EFH groß mit Keller	Amort.	28,9 a	45,3 a	23,3 a	> 100 a	31,1 a	45,3 a	23,3 a	> 100 a
	Deckf.		7,7 €/m ²		65,2 €/m ²	1,5 €/m ²	7,7 €/m ²		65,2 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	38,3 a	sofort	15,3 a	keine	40,4 a	sofort	15,3 a	keine
	Deckf.	12,0 €/m ²				15,2 €/m ²			
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	41,3 a	sofort	17,7 a	keine	42,3 a	sofort	17,7 a	keine
	Deckf.	11,2 €/m ²				12,1 €/m ²			
MFH klein	Amort.	40,2 a	94,8 a	31,5 a	keine	41,8 a	94,8 a	31,5 a	keine
	Deckf.	13,3 €/m ²	26,8 €/m ²	2,1 €/m ²		15,5 €/m ²	26,8 €/m ²	2,1 €/m ²	
MFH groß	Amort.	53,8 a	k. A.	72,9 a	> 100 a	59,8 a	k. A.	72,9 a	> 100 a
	Deckf.	23,9 €/m ²		17,5 €/m ²	24,5 €/m ²	30,0 €/m ²		17,5 €/m ²	24,5 €/m ²

Tabelle 7-21: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q_p 60 % H_r 85 %, Preissteigerung Bundesregierung. Links: Ausführung WDVS mit Polystyrol, rechts: Ausführung WDVS mit Mineralwolle

Niveau		Q_p 60 % H_r 85 % (WDVS mit Polystyrol)				Q_p 60 % H_r 85 % (WDVS mit Mineralwolle)			
System		Gas-BW-Kessel Abluft + ST TWV	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	Gas-BW-Kessel Abluft + ST TWV	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel
EFH klein mit Keller	Amort.	84,9 a	16,7 a	20,4 a	> 100 a	87,8 a	20,2 a	22,1 a	> 100 a
	Deckf.	75,0 €/m ²			135,4 €/m ²	79,0 €/m ²			139,3 €/m ²
EFH klein ohne Keller	Amort.	68,3 a	sofort	18,0 a	keine	70,6 a	1,1 a	19,1 a	keine
	Deckf.	64,5 €/m ²				68,4 €/m ²			
EFH groß mit Keller	Amort.	85,9 a	32,0 a	23,5 a	> 100 a	89,0 a	37,2 a	26,3 a	> 100 a
	Deckf.	79,3 €/m ²	1,7 €/m ²		64,4 €/m ²	83,8 €/m ²	6,2 €/m ²		68,8 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	> 100 a	sofort	14,8 a	keine	> 100 a	sofort	15,6 a	keine
	Deckf.	114,9 €/m ²				124,5 €/m ²			
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	> 100 a	sofort	18,5 a	keine	> 100 a	sofort	19,8 a	keine
	Deckf.	84,4 €/m ²				85,8 €/m ²			
MFH klein	Amort.	> 100 a	57,0 a	30,0 a	keine	> 100 a	62,7 a	32,7 a	keine
	Deckf.	73,8 €/m ²	21,6 €/m ²			81,9 €/m ²	26,2 €/m ²	4,6 €/m ²	
MFH groß	Amort.	> 100 a	k. A.	55,5 a	70,8 a	> 100 a	k. A.	58,8 a	74,8 a
	Deckf.	82,1 €/m ²		16,2 €/m ²	21,8 €/m ²	86,3 €/m ²		18,3 €/m ²	23,9 €/m ²

Tabelle 7-22: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q_P 55 % H_T 70 % (EH 55), Preissteigerung Bundesregierung. Links: Ausführung WDVS mit Polystyrol, rechts: Ausführung WDVS mit Mineralwolle

Niveau		Q _P 55 % H _T 70 % (WDVS mit Polystyrol)				Q _P 55 % H _T 70 % (WDVS mit Mineralwolle)			
System		Gas-BW-Kessel Abluft + ST TWW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	Gas-BW-Kessel Abluft + ST TWW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel
EFH klein mit Keller	Amort.	74,4 a	15,8 a	28,4 a	> 100 a	76,7 a	18,0 a	30,3 a	> 100 a
	Deckf.	75,0 €/m ²			137,7 €/m ²	79,0 €/m ²		0,6 €/m ²	141,6 €/m ²
EFH klein ohne Keller	Amort.	73,0 a	5,0 a	20,3 a	keine	78,4 a	8,4 a	22,9 a	keine
	Deckf.	81,1 €/m ²				91,4 €/m ²			
EFH groß mit Keller	Amort.	75,9 a	24,9 a	22,4 a	> 100 a	78,6 a	28,3 a	24,6 a	> 100 a
	Deckf.	77,3 €/m ²			63,3 €/m ²	81,8 €/m ²			67,8 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	> 100 a	1,4 a	20,9 a	keine	> 100 a	5,5 a	24,0 a	keine
	Deckf.	104,4 €/m ²				114,0 €/m ²			
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	> 100 a	6,5 a	23,2 a	keine	> 100 a	7,7 a	25,2 a	keine
	Deckf.	94,9 €/m ²				97,7 €/m ²			
MFH klein	Amort.	> 100 a	40,9 a	29,5 a	> 100 a	> 100 a	45,7 a	32,7 a	> 100 a
	Deckf.	70,9 €/m ²	15,2 €/m ²		80,1 €/m ²	77,7 €/m ²	21,9 €/m ²	5,7 €/m ²	86,9 €/m ²
MFH groß	Amort.	> 100 a	k. A.	46,2 a	51,0 a	> 100 a	k. A.	52,4 a	57,5 a
	Deckf.	84,1 €/m ²		15,6 €/m ²	19,3 €/m ²	90,2 €/m ²		21,6 €/m ²	25,4 €/m ²

Die Gegenüberstellungen der Ausführungen der Außenwanddämmungen als WDVS mit Polystyrol zu einer Ausführung mit Mineralwolle zeigen eine moderate Verschlechterung der Amortisationszeiten bzw. Deckungsfehlbeträge. Für das Anforderungsniveau QP75 HT100 ergeben sich für die Wärmepumpen und den Pelletkessel keine Verschlechterungen der Amortisationszeiten, da sich in diesen Fällen die wärmeschutztechnische Qualität der Außenwände zwischen Referenzausführung nach EnEV 2014 und den Erfüllungsoptionen nicht unterscheidet (jeweils $U_{AW} = 0,28 \text{ W/(m}^2\text{K)}$) und die Mehrkosten infolge der Ausführung des WDVS mit Mineralwolle sowohl für die Bezugsvariante als auch für die Erfüllungsoption in gleicher Höhe anfallen.

7.1.4 Exkurs zur Perspektive der Immobilienwirtschaft

7.1.4.1 Bestimmung eines Kapitalzinssatzes, der die Perspektive der Immobilienwirtschaft berücksichtigt

Die Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit, die im Rahmen der Voruntersuchungen zur Überarbeitung der EnEV durchgeführt werden, berücksichtigen die Perspektive eines Eigentümers, der auch gleichzeitig der Nutzer des Gebäudes ist. Mögliche Mehrkosten für Effizienzmaßnahmen können dabei direkt mit den daraus resultierenden Einsparungen gegengerechnet werden.

Aus der Perspektive der Immobilienwirtschaft stellt sich die Situation jedoch anders dar. Ein Investor kann nur einen Nutzen aus Effizienzmaßnahmen ziehen, wenn er die Kaltmieten entsprechend erhöhen kann und/oder langfristig der Wert der Immobilie entsprechend steigt. Damit eine zusätzliche Belastung des Mieters durch Effizienzmaßnahmen ausbleibt, müsste die Steigerung der Kaltmieten warmmietenneutral (d.h. die Mehrkosten für den Mieter entsprechen in der Höhe den

Betriebskosteneinsparungen) erfolgen. Seitens der Wohnungswirtschaft besteht jedoch an die getätigten Investitionen eine bestimmte Renditeerwartung.²²

Aus unserer Sicht ist davon auszugehen, dass durch einen Aufschlag von 3 % auf den Kapitalzins, die Gewinnerwartung für kapitalmarktorientierte Eigentümer geeignet berücksichtigt wird. Bei dieser Betrachtung bleibt aufgrund fehlender Datenlage die mögliche Wertsteigerung der Immobilien durch die Implementierung von Effizienzmaßnahmen unberücksichtigt. Aufgrund der aktuellen Situation am Immobilienmarkt ist jedoch gerade die Wertentwicklung der wichtigste Parameter für Wirtschaftlichkeit von Investitionen in Immobilien. Geht man davon aus, dass sich Effizienzmaßnahmen positiv auf die Wertentwicklung von Immobilien auswirken, ist der genannte Kapitalzinsaufschlag von 3 % als Obergrenze zu betrachten.

7.1.4.2 Auswirkung eines Veränderten Kapitalzinssatzes auf die Wirtschaftlichkeit

Die folgenden Auswertungen stellen dar, wie sich eine Erhöhung des im Rahmen des vorliegenden Gutachtens angesetzten Kapitalzinssatzes von 0 % auf 3 % hinsichtlich der Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge auswirkt.

Dabei zugrunde gelegt wird das Energiepreissteigerungsszenario Bundesregierung (Prognos). Betrachtet werden bei den Auswertungen exemplarisch die Anforderungsniveaus QP75 HT100 (gegenwärtiges Anforderungsniveau), QP60 HT85 sowie QP55 HT70 (KfW EH 55) jeweils für das kleine und das große Mehrfamilienhaus.

Tabelle 7-23: Auswirkungen der Veränderung des Kapitalzinssatzes von 0 % auf 3 % auf die Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge bei dem kleinen und großen MFH für das Anforderungsniveau QP75 HT 100. Links: Ansatz 0 % Kapitalzins, Rechts: Ansatz 3 % Kapitalzins

Niveau		Q _p 75 % H _t 100 % (Kapitalzins 0 %)				Q _p 75 % H _t 100 % (Kapitalzins 3 %)			
System		Gas-BW-Kessel Abluft + ST TWW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	Gas-BW-Kessel Abluft + ST TWW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel
MFH klein	Amort.	40,2 a	94,8 a	31,5 a	keine	49,2 a	> 100 a	70,3 a	keine
	Deckf.	13,3 €/m²	26,8 €/m²	2,1 €/m²		24,7 €/m²	44,7 €/m²	49,8 €/m²	
MFH groß	Amort.	53,8 a	k. A.	72,9 a	> 100 a	71,9 a	k. A.	> 100 a	> 100 a
	Deckf.	23,9 €/m²		17,5 €/m²	24,5 €/m²	41,2 €/m²		60,1 €/m²	23,0 €/m²

Tabelle 7-24: Auswirkungen der Veränderung des Kapitalzinssatzes von 0 % auf 3 % auf die Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge bei dem kleinen und großen MFH für das Anforderungsniveau QP60 HT 85. Links: Ansatz 0 % Kapitalzins, Rechts: Ansatz 3 % Kapitalzins

Niveau		Q _p 60 % H _t 85 % (Kapitalzins 0 %)				Q _p 60 % H _t 85 % (Kapitalzins 3 %)			
System		Gas-BW-Kessel Abluft + ST TWW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	Gas-BW-Kessel Abluft + ST TWW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel
MFH klein	Amort.	> 100 a	57,0 a	30,0 a	keine	> 100 a	> 100 a	64,5 a	keine
	Deckf.	73,8 €/m²	21,6 €/m²			91,6 €/m²	47,0 €/m²	53,1 €/m²	
MFH groß	Amort.	> 100 a	k. A.	55,5 a	70,8 a	> 100 a	k. A.	> 100 a	79,5 a
	Deckf.	82,1 €/m²		16,2 €/m²	21,8 €/m²	89,8 €/m²		64,3 €/m²	27,1 €/m²

²²Die Studie „Wirtschaftlichkeitsberechnungen bei verschärften energetischen Standards für Wohnungsneubauten aus den Perspektiven von Eigentümern und Mietern“ des BID aus dem Jahre 2016 behandelt das Thema.

Tabelle 7-25: Auswirkungen der Veränderung des Kapitalzinssatzes von 0 % auf 3 % auf die Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge bei dem kleinen und großen MFH für das Anforderungsniveau QP55 HT 70 (KfW EH 55). Links: Ansatz 0 % Kapitalzins, Rechts: Ansatz 3 % Kapitalzins

Niveau		Q _p 55 % H _t 70 % (Kapitalzins 0 %)				Q _p 55 % H _t 70 % (Kapitalzins 3 %)			
System		Gas-BW-Kessel Abluft + ST TWW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	Gas-BW-Kessel Abluft + ST TWW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel
MFH klein	Amort.	> 100 a	40,9 a	29,5 a	> 100 a	> 100 a	73,5 a	61,5 a	> 100 a
	Deckf.	70,9 €/m ²	15,2 €/m ²		80,1 €/m ²	92,4 €/m ²	54,9 €/m ²	63,1 €/m ²	93,4 €/m ²
MFH groß	Amort.	> 100 a	k. A.	46,2 a	51,0 a	> 100 a	k. A.	> 100 a	65,2 a
	Deckf.	84,1 €/m ²		15,6 €/m ²	19,3 €/m ²	97,6 €/m ²		69,7 €/m ²	32,5 €/m ²

7.1.5 Exkurs zur Perspektive von Mietern: Auswirkungen möglicher Verschärfungen des energetischen Anforderungsniveaus auf Mieter

Mieter können von Einsparungen, die sich aus Verschärfungen des energetischen Anforderungsniveaus ergeben profitieren. Dies ist jedoch häufig nicht der Fall.

Wie in Abschnitt 7.1.4.1 dargestellt, besteht seitens der Vermieter/Investoren eine Gewinnerwartung an die getätigten Investitionen. Da diese Gewinnerwartung auch auf Investitionen für Effizienzmaßnahmen übertragen wird, wird verhindert, dass privatwirtschaftlich eigentlich kostenneutrale Effizienzmaßnahmen, warmmietenneutral umgesetzt werden. Nur bei sehr wirtschaftlichen Effizienzmaßnahmen ist davon auszugehen, dass diese unter Berücksichtigung der üblichen Gewinnerwartung der Vermieter/Investoren warmmietenneutral oder sogar warmmietenmindernd sein können. Eine warmmietenneutrale Kostenweitergabe von privatwirtschaftlich kostenneutrale Effizienzmaßnahmen wäre mit einer geringfügigen Schmälerung der Renditen möglich, die, wie zuvor beschrieben, aufgrund der aktuellen Marktsituation derzeit verhältnismäßig hoch sind.

Insgesamt ist aber zu bedenken, dass die Höhe der Mieten maßgeblich abhängig von der lokalen Marktlage und den Gewinnerwartungen des Vermieters/Investors sind. Der Einfluss einer möglichen Verschärfung des energetischen Niveaus ist dabei als gering einzustufen.

7.2 Auswertungen zu Wohngebäuden unter Einbeziehung der vorgesehenen Flexibilisierungsoptionen

7.2.1 Erläuterungen zur Vorgehensweise bei der Anwendung der PV-Bonusregelung

In dem Entwurf des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) [2] ist die primärenergetische Bonifizierung für PV-Anlagen ab einer Größe von $0,01 \text{ m}^2 \text{ kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2 \text{ A}_\text{N}$ wie folgt vorgesehen:

- für Anlagen ohne elektrischen Speicher:
Bonus in Höhe von 150 kWh/a je kW_{peak} zuzüglich dem 0,7-fachen des Strombedarfs bis zu einer maximalen Höhe des Bonus von 20 % des berechneten Primärenergiebedarf ohne PV
Hinweis: Abweichend von der gegenwärtigen Formulierung im GEG sollte sich die Begrenzung des PV-Bonus nach Abschluss der Bearbeitung des Projekts [9] auf 20 % der Primärenergiebedarfs der Referenzausführung nach EnEV 2014 und nicht auf den variantenspezifischen Energiebedarf beziehen.
- für Anlagen mit elektrischem Speicher:
primärenergetischer Bonus in Höhe von 200 kWh/a je kW_{peak} zuzüglich dem 1,0-fachen des Strombedarfs bis zu einer maximalen Höhe des Bonus von 25 % des berechneten Primärenergiebedarfs ohne PV
Hinweis: Abweichend von der gegenwärtigen Formulierung im GEG sollte sich die Begrenzung des PV-Bonus nach Abschluss der Bearbeitung des Projekts [9] auf 25 % der Primärenergiebedarfs der Referenzausführung nach EnEV 2014 und nicht auf den variantenspezifischen Energiebedarf beziehen.

Vor dem Hintergrund obiger Hinweise bezüglich der Begrenzung der maximalen Bonushöhe und davon ausgehend, dass der intendierte Bezug auf eine Referenzausführung nach EnEV 2014 nicht mehr herstellbar ist, wenn eine neue baubare Referenz das gegenwärtige Anforderungsniveau beschreibt, wird für die im Folgenden dokumentierten Berechnungen von einer Begrenzung der Bonushöhe auf 20 % bzw. 25 % des aktuellen Anforderungsniveaus (also 75 % des Primärenergiebedarfs der gegenwärtigen Referenz nach EnEV 2014) ausgegangen. Hiernach wird implizit eine Reduzierung der maximalen Bonushöhe, wie in der Leistungsbeschreibung unter 6) d) ii) gefordert, abgebildet.

Unter Berücksichtigung der je Gebäude für PV-Installationen zur Verfügung stehenden Dachflächen werden für alle Gebäude die im Folgenden betrachteten Varianten bezüglich der PV-Installationen betrachtet:

EFH/ZFH:	$0,04 \text{ kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2 \text{ A}_\text{N}$	Standard, Ausrichtung/Neigung: Ost/West 45°
MFH:	$0,03 \text{ kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2 \text{ A}_\text{N}$	Standard, Ausrichtung/Neigung: Ost/West 10°

Die hiernach resultierenden Anlagengrößen entsprechen vergleichsweise großen, aber immer noch üblichen Anlagen, die als Aufdachanlagen auf Wohngebäuden installiert werden. Um auch die Wirtschaftlichkeit kleiner dimensionierter Anlagen zu bewerten, werden zusätzliche exemplarische Berechnungen für eine Installationsdichte von $0,02 \text{ kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2 \text{ A}_\text{N}$ durchgeführt und hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit bewertet.

Für die Installationsdichten $0,04 \text{ kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2 \text{ A}_\text{N}$ (EFHs/ZFHs) und $0,03 \text{ kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2 \text{ A}_\text{N}$ (MFHs) resultieren die in Tabelle 7-26 benannten Anlagengrößen und maximalen Boni. Die anwendbaren Bonushöhen

werden in Tabelle 7-27 für die Varianten mit PV-Anlagen ohne elektrischen Speicher und in Tabelle 7-28 für die Varianten mit PV-Anlage und elektrischem Speicher ausgewiesen.

Tabelle 7-26: PV-Anlagengrößen für die berechneten Varianten zum Niveau QP75 HT100 und maximale Bonushöhen für PV-Anlagen ohne und mit elektrischem Speicher bei $0,04 \text{ kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2\text{A}_\text{N}$ (EFHs/ZFHs) und $0,03 \text{ kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2\text{A}_\text{N}$ (MFHs)

Gebäude	PV-Anlagengröße		maximaler Bonus [kWh/a]	
			ohne Speicher	mit Speicher
	$[\text{kW}_\text{p}/(\text{m}^2\text{A}_\text{N})]$	$[\text{kW}_\text{p}]$	20 % von $0,75 * Q_{\text{P,ref,2014}}$	25 % von $0,75 * Q_{\text{P,ref,2014}}$
EFH klein mit Keller	0,04	9,4	2.795	3.493
EFH klein ohne Keller	0,04	6,0	2.130	2.663
EFH groß mit Keller	0,04	16,3	4.335	5.419
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	0,04	5,8	1.797	2.246
Reihenmittelhaus mit Keller	0,04	10,5	2.195	2.744
MFH klein	0,03	14,2	4.890	6.112
MFH groß	0,03	114,3	34.167	42.708

Tabelle 7-27: Rechnerische Bonushöhe ($150 \text{ kWh}/(\text{kWp} \cdot \text{a}) + 0,7 * Q_{\text{e,Strom}}$) und anwendbarer Bonus unter Berücksichtigung der maximalen Bonushöhe (20 % von $0,75 * Q_{\text{P,ref,2014}}$) für Systeme mit PV-Anlage und ohne elektrischen Speicher bei $0,04 \text{ kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2\text{A}_\text{N}$ (EFHs/ZFHs) und $0,03 \text{ kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2\text{A}_\text{N}$ (MFHs)

Gebäude	Bonushöhe variantenspezifisch ohne Speicher				anwendbarer Bonus ohne Speicher [kWh/a]			
	150 kWh/(kWp*a) + 0,7 * Q _{e,Strom}							
	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
EFH klein mit Keller	1.942	6.427	5.568	2.055	1.942	2.795	2.795	2.055
EFH klein ohne Keller	1.325	4.567	4.041	1.325	1.325	2.130	2.130	1.325
EFH groß mit Keller	3.170	9.782	8.679	3.142	3.170	4.335	4.335	3.142
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	1.278	4.026	3.618	1.269	1.278	1.797	1.797	1.269
Reihenmittelhaus mit Keller	2.098	5.628	5.111	2.046	2.098	2.195	2.195	2.046
MFH klein	2.975	10.627	9.086	2.923	2.975	4.890	4.890	2.923
MFH groß	21.587	75.894	68.351	21.577	21.587	34.167	34.167	21.577

Tabelle 7-28: Rechnerische Bonushöhe ($200 \text{ kWh}/(\text{kWp} \cdot \text{a}) + 1,0 * Q_{\text{e,Strom}}$) und anwendbarer Bonus unter Berücksichtigung der maximalen Bonushöhe (25 % von $0,75 * Q_{\text{P,ref,2014}}$) für Systeme mit PV-Anlage und mit elektrischem Speicher bei $0,04 \text{ kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2\text{A}_\text{N}$ (EFHs/ZFHs) und $0,03 \text{ kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2\text{A}_\text{N}$ (MFHs)

Gebäude	Bonushöhe variantenspezifisch mit Speicher				anwendbarer Bonus mit Speicher [kWh/a]			
	200 kWh/(kWp*a) + 1,0 * Q _{e,Strom}							
	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
EFH klein mit Keller	2.640	9.047	7.820	2.802	2.640	3.493	3.493	2.802
EFH klein ohne Keller	1.808	6.439	5.688	1.808	1.808	2.663	2.663	1.808
EFH groß mit Keller	4.296	13.742	12.167	4.256	4.296	5.419	5.419	4.256
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	1.743	5.669	5.086	1.731	1.743	2.246	2.246	1.731
Reihenmittelhaus mit Keller	2.848	7.890	7.152	2.773	2.744	2.744	2.744	2.744
MFH klein	4.048	14.978	12.778	3.973	4.048	6.112	6.112	3.973
MFH groß	29.206	106.787	96.012	29.191	29.206	42.708	42.708	29.191

Sämtliche Erfüllungsoptionen, bei denen die Anwendung der PV-Bonusregelung angewendet wird, werden ohne solarthermische Anlage ausgeführt. Für die energetische Bilanzierung zur Bildung der einzelnen Erfüllungsoptionen inklusive PV werden die gebäudespezifischen Anforderungswerte (75 % $Q_{\text{P,ref,2014}}$) um die in Tabelle 7-27 bzw. Tabelle 7-28 ausgewiesenen anwendbaren Bonushöhen erhöht. Dies betrifft auch die Bildung der Erfüllungsoptionen bei kleineren PV-Anlagen in Abschnitt 7.2.4 und die dort angegebenen anrechenbaren Boni.

7.2.2 Randbedingungen der Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Bei den Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit in Abschnitt 7.1 erfolgt grundsätzlich keine Berücksichtigung von Energiebedarfen aus Nutzeranwendungen sowie dafür anfallenden Energiebezugskosten. Sollen hingegen PV-Anlagen in die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen einbezogen werden, ist es unerlässlich, die fallweise anfallenden Energiebedarfsanteile aus Nutzeranwendungen sowie die dafür anfallenden Strombezugskosten in die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen einzubeziehen, da je nach Variante unter realen Verhältnissen ein Großteil der Energiebedarfe aus Nutzeranwendungen durch die regenerativen Erträge gedeckt und auf diese Weise ein Netzbezug vermieden wird. Für bilanzierte Varianten, die aufgrund der abgebildeten Anlagentechnik nur einen geringen Strombedarf in der Energiebilanz aufweisen (z.B. die Gas-Brennwert-Varianten), würde ohne Berücksichtigung eines Strombedarfs für Nutzeranwendungen von einem real nicht vorhandenen und zu hohen Einspeiseanteil ausgegangen, wodurch eine hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit deutlich schlechtere als real vorhandenen Situation abgebildet würde. Deshalb erfolgt die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Ausführungen mit PV bzw. mit PV und elektrischem Speicher sowohl in der Bezugsvarianten (EnEV-Referenz 2014) als auch bei den Erfüllungsoptionen unter Einbeziehung des Strombedarfs aus Nutzeranwendungen.

Die Energiebedarfe aus Anlagentechnik sowie aus Nutzeranwendungen werden in der Wirtschaftlichkeitsberechnung unter Zugrundelegung der im Folgenden genannten Deckungsanteile durch regenerative Erträge gedeckt und beschreiben vermiedenen Netzbezug. Darüberhinausgehende Erträge werden als Einspeiseanteile in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung berücksichtigt.

Deckungsanteile Strom Anlagentechnik:

ohne elektrischen Speicher:

EFH/ZFH: 35 % (bei Wärmepumpen 17,5 %)

MFH: 30 % (bei Wärmepumpen 15 %)

mit elektrischem Speicher:

EFH/ZFH: 75 % (bei Wärmepumpen 37,5 %)

MFH: 60 % (bei Wärmepumpen 30 %)

Deckungsanteile Strom Nutzeranwendungen:

ohne elektrischen Speicher:

EFH/ZFH: 35 %

MFH: 30 %

mit elektrischem Speicher:

EFH/ZFH: 75 %

MFH: 60 %

7.2.3 Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Ausführungen mit PV-Anlage sowie mit PV-Anlage und elektrischem Speicher für Installationsdichten von $0,04 \text{ kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2 A_N$ (EFH/ZFH) und $0,03 \text{ kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2 A_N$ (MFH)

Zugunsten einer besseren Vergleichbarkeit gegenüber einer Ausführung ohne PV-Anlagen erfolgt in Tabelle 7-29 die erneute Ausweisung der Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge aus Abschnitt 7.1.2.2 für die Erfüllungsoptionen des hier betrachteten Niveaus QP75 HT100. Tabelle 7-30 stellt die Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für Ausführungen mit PV-Anlage sowie mit PV-Anlage und elektrischem Speicher gegenüber.

Tabelle 7-29: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Erfüllungsoptionen zum Niveau QP75 HT100 ohne PV

Niveau		Q _p 75 % H _t ' 100 %			
System		Gas-BW-Kessel Abluft + ST Hz.+TWW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel
EFH klein mit Keller	Amort.	30,0 a	40,4 a	25,2 a	keine
	Deckf.		3,2 €/m ²		
EFH klein ohne Keller	Amort.	33,1 a	sofort	17,5 a	keine
	Deckf.	5,3 €/m ²			
EFH groß mit Keller	Amort.	28,9 a	45,3 a	23,3 a	> 100 a
	Deckf.		7,7 €/m ²		65,2 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	38,3 a	sofort	15,3 a	keine
	Deckf.	12,0 €/m ²			
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	41,3 a	sofort	17,7 a	keine
	Deckf.	11,2 €/m ²			
MFH klein	Amort.	40,2 a	94,8 a	31,5 a	keine
	Deckf.	13,3 €/m ²	26,8 €/m ²	2,1 €/m ²	
MFH groß	Amort.	53,8 a	k. A.	72,9 a	> 100 a
	Deckf.	23,9 €/m ²		17,5 €/m ²	24,5 €/m ²

Tabelle 7-30: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Erfüllungsoptionen zum Niveau QP75 HT100 mit PV (links) sowie mit PV und elektrischem Speicher (rechts) bei $0,04 \text{ kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2 A_N$ (EFHs/ZFHs) und $0,03 \text{ kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2 A_N$ (MFHs)

Niveau		Q _p 75 % H _t ' 100 % mit PV				Q _p 75 % H _t ' 100 % mit PV+elekt. Speicher			
System		Gas-BW-Kessel Abluft	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	Gas-BW-Kessel Abluft	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel
EFH klein mit Keller	Amort.	13,1 a	19,8 a	20,8 a	88,6 a	11,9 a	12,2 a	14,6 a	60,6 a
	Deckf.				123,8 €/m ²				103,9 €/m ²
EFH klein ohne Keller	Amort.	17,5 a	13,5 a	19,8 a	> 100 a	15,6 a	9,2 a	13,9 a	> 100 a
	Deckf.				251,6 €/m ²				231,8 €/m ²
EFH groß mit Keller	Amort.	13,2 a	21,7 a	19,8 a	49,9 a	11,4 a	13,1 a	13,6 a	36,5 a
	Deckf.				47,1 €/m ²				24,0 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	16,6 a	9,9 a	18,6 a	> 100 a	13,9 a	7,9 a	13,5 a	> 100 a
	Deckf.				253,1 €/m ²				230,3 €/m ²
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	18,7 a	15,3 a	19,9 a	> 100 a	15,2 a	10,3 a	13,8 a	63,5 a
	Deckf.				118,1 €/m ²				97,2 €/m ²
MFH klein	Amort.	18,8 a	25,2 a	20,7 a	62,4 a	16,9 a	16,8 a	16,0 a	46,1 a
	Deckf.				50,2 €/m ²				39,7 €/m ²
MFH groß	Amort.	16,5 a	k. A.	19,1 a	24,9 a	13,2 a	k. A.	12,4 a	19,7 a
	Deckf.								

Der Vergleich der Ergebnisse aus Tabelle 7-29 und Tabelle 7-30 zeigt eine deutliche Verbesserung der ausgewiesenen Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Varianten mit PV bzw. mit PV und elektrischem Speicher. Die Varianten mit Pelletkessel als Wärmeerzeuger liegen mit ihren Amortisationszeiten nicht innerhalb des Betrachtungszeitraums und weisen somit annuitätische Verluste auf, erreichen aber deutlich reduzierte Deckungsfehlbeträge. Zur Erklärung der günstiger ausfallenden Ergebnisse für die Systeme mit PV-Anlagen werden im Folgenden die Einzelelemente der Gesamtannuitäten wie folgt gegenübergestellt und diskutiert:

- Tabelle 7-31 und Tabelle 7-32: Annuitäten der kapitalgebundenen Kosten
- Tabelle 7-33 und Tabelle 7-34: Annuitäten der bedarfsgebundenen Kosten
- Tabelle 7-35 und Tabelle 7-36: Annuitäten der betriebsbedingten Kosten
- Tabelle 7-37 und Tabelle 7-38: Gesamtannuitäten

Die jeweils erste Tabelle der Gegenüberstellung beschreibt den Vergleichsfall ohne PV.

Tabelle 7-31: Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte kapitalgebundene Kosten der Referenzausführung gemäß EnEV 2014 sowie Mehr- und Minderkosten für das Niveau QP75 HT100. Varianten ohne PV.

Niveau	EnEV 2014	Q _p 75 % H _t 100 %				
System	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø
EFH klein mit Keller	446 €/m ²	43 €/m ²	12 €/m ²	37 €/m ²	130 €/m ²	56 €/m ²
EFH klein ohne Keller	621 €/m ²	57 €/m ²	-7 €/m ²	40 €/m ²	219 €/m ²	77 €/m ²
EFH groß mit Keller	368 €/m ²	39 €/m ²	23 €/m ²	31 €/m ²	67 €/m ²	40 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	583 €/m ²	56 €/m ²	-22 €/m ²	32 €/m ²	220 €/m ²	72 €/m ²
Reihenmittelhaus mit Keller	304 €/m ²	41 €/m ²	-8 €/m ²	18 €/m ²	111 €/m ²	40 €/m ²
Durchschnitt EFH	464 €/m²	47 €/m²	0 €/m²	32 €/m²	149 €/m²	57 €/m²
MFH klein	475 €/m ²	53 €/m ²	39 €/m ²	43 €/m ²	58 €/m ²	48 €/m ²
MFH groß	339 €/m ²	54 €/m ²	k. A.	30 €/m ²	32 €/m ²	39 €/m ²
Durchschnitt MFH	407 €/m²	53 €/m²	39 €/m²	36 €/m²	45 €/m²	43 €/m²

Tabelle 7-32: Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte kapitalgebundene Kosten der Referenzausführung gemäß EnEV 2014 sowie Mehr- und Minderkosten für das Niveau QP75 HT100. Varianten mit PV (links) sowie mit PV und elektrischem Speicher (rechts) bei 0,04 kW_{peak}/m²A_N (EFHs/ZFHs) und 0,03 kW_{peak}/m²A_N (MFHs)

Niveau	EnEV 2014	Q _p 75 % H _t 100 % + PV					Q _p 75 % H _t 100 % + PV + el. Speicher				
System	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø
EFH klein mit Keller	446 €/m ²	49 €/m ²	70 €/m ²	95 €/m ²	187 €/m ²	100 €/m ²	57 €/m ²	88 €/m ²	113 €/m ²	206 €/m ²	116 €/m ²
EFH klein ohne Keller	621 €/m ²	70 €/m ²	57 €/m ²	105 €/m ²	283 €/m ²	129 €/m ²	80 €/m ²	78 €/m ²	126 €/m ²	305 €/m ²	147 €/m ²
EFH groß mit Keller	368 €/m ²	44 €/m ²	73 €/m ²	81 €/m ²	118 €/m ²	79 €/m ²	50 €/m ²	89 €/m ²	98 €/m ²	134 €/m ²	93 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	583 €/m ²	66 €/m ²	43 €/m ²	97 €/m ²	286 €/m ²	123 €/m ²	73 €/m ²	67 €/m ²	121 €/m ²	309 €/m ²	143 €/m ²
Reihenmittelhaus mit Keller	304 €/m ²	58 €/m ²	48 €/m ²	74 €/m ²	167 €/m ²	87 €/m ²	63 €/m ²	65 €/m ²	91 €/m ²	184 €/m ²	101 €/m ²
Durchschnitt EFH	464 €/m²	58 €/m²	58 €/m²	90 €/m²	208 €/m²	104 €/m²	64 €/m²	78 €/m²	110 €/m²	228 €/m²	120 €/m²
MFH klein	475 €/m ²	64 €/m ²	78 €/m ²	82 €/m ²	97 €/m ²	80 €/m ²	69 €/m ²	95 €/m ²	100 €/m ²	114 €/m ²	95 €/m ²
MFH groß	339 €/m ²	46 €/m ²	k. A.	54 €/m ²	57 €/m ²	52 €/m ²	51 €/m ²	k. A.	67 €/m ²	69 €/m ²	62 €/m ²
Durchschnitt MFH	407 €/m²	55 €/m²	78 €/m²	68 €/m²	77 €/m²	66 €/m²	60 €/m²	95 €/m²	83 €/m²	92 €/m²	79 €/m²

Die Annuitäten der kapitalgebundenen Kosten unterscheiden sich bei der Referenzausführung nach EnEV 2014 in Tabelle 7-31 und Tabelle 7-32 nicht, da die Bautechnik und die anlagentechnische Ausstattung sich hier nicht unterscheidet. Bei den jeweils gebildeten Erfüllungsoptionen zu den vier unterschiedlichen Wärmeerzeugern resultieren die Unterschiede zwischen Tabelle 7-31 und Tabelle 7-32 bei den Gas-BW-Varianten aus dem Wegfall der Kosten für die solarthermische Anlage (in Tabelle 7-31 enthalten: Kosten für Solarthermie Hz. + TWW) und den hinzukommenden Kosten für die PV-Anlage bzw. die PV-Anlage und den elektrischen Speicher. Mit Ausnahme des großen Mehrfamilienhauses ergeben sich für die Varianten mit PV dabei geringfügig höhere Annuitäten der kapitalgebundenen Kosten. Im Fall der Wärmepumpen- und Pellet-Varianten erhöhen sich die Annuitäten der kapitalgebundenen Kosten durch die hinzukommenden PV-Anlagen und elektrischen Speicher.

Es folgt die Gegenüberstellung der bedarfsgebundenen Annuitäten, wobei in Tabelle 7-33 gegenüber Tabelle 7-34 keine Kostenanteile aus Strombedarf für Nutzeranwendungen berücksichtigt sind.

Tabelle 7-33: Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte bedarfsgebundene Kosten der Referenzausführung gemäß EnEV 2014 ohne Anteil Strombedarf aus Nutzeranwendungen sowie Mehr- und Minderkosten für das Niveau QP75 HT100. Varianten ohne PV.

Niveau	EnEV 2014	Q _p 75 % H _t 100 %				
System	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø
EFH klein mit Keller	226 €/m ²	-47 €/m ²	-1 €/m ²	-36 €/m ²	-18 €/m ²	-26 €/m ²
EFH klein ohne Keller	282 €/m ²	-57 €/m ²	-20 €/m ²	-56 €/m ²	-11 €/m ²	-36 €/m ²
EFH groß mit Keller	194 €/m ²	-42 €/m ²	-10 €/m ²	-35 €/m ²	-21 €/m ²	-27 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	254 €/m ²	-49 €/m ²	-21 €/m ²	-50 €/m ²	-8 €/m ²	-32 €/m ²
Reihenmittelhaus mit Keller	167 €/m ²	-33 €/m ²	-3 €/m ²	-23 €/m ²	-9 €/m ²	-17 €/m ²
Durchschnitt EFH	224 €/m²	-46 €/m²	-11 €/m²	-40 €/m²	-14 €/m²	-28 €/m²
MFH klein	188 €/m ²	-41 €/m ²	-7 €/m ²	-36 €/m ²	5 €/m ²	-20 €/m ²
MFH groß	142 €/m ²	-31 €/m ²	k. A.	-11 €/m ²	-11 €/m ²	-18 €/m ²
Durchschnitt MFH	165 €/m²	-36 €/m²	-7 €/m²	-24 €/m²	-3 €/m²	-19 €/m²

Tabelle 7-34: Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte bedarfsgebundene Kosten der Referenzausführung gemäß EnEV 2014 inklusive Anteil Strombedarf aus Nutzeranwendungen sowie Mehr- und Minderkosten für das Niveau QP75 HT100. Varianten mit PV (links) sowie mit PV und elektrischem Speicher (rechts) bei 0,04 kW_{peak}/m²A_N (EFHs/ZFHs) und 0,03 kW_{peak}/m²A_N (MFHs)

Niveau	EnEV 2014	Q _p 75 % H _t 100 % + PV					Q _p 75 % H _t 100 % + PV + el. Speicher				
System	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø
EFH klein mit Keller	393 €/m ²	-142 €/m ²	-134 €/m ²	-165 €/m ²	-132 €/m ²	-143 €/m ²	-194 €/m ²	-267 €/m ²	-284 €/m ²	-194 €/m ²	-235 €/m ²
EFH klein ohne Keller	469 €/m ²	-159 €/m ²	-163 €/m ²	-195 €/m ²	-132 €/m ²	-162 €/m ²	-218 €/m ²	-319 €/m ²	-335 €/m ²	-200 €/m ²	-268 €/m ²
EFH groß mit Keller	361 €/m ²	-133 €/m ²	-134 €/m ²	-156 €/m ²	-127 €/m ²	-137 €/m ²	-184 €/m ²	-258 €/m ²	-269 €/m ²	-186 €/m ²	-224 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	469 €/m ²	-158 €/m ²	-168 €/m ²	-193 €/m ²	-136 €/m ²	-164 €/m ²	-227 €/m ²	-321 €/m ²	-334 €/m ²	-212 €/m ²	-273 €/m ²
Reihenmittelhaus mit Keller	333 €/m ²	-124 €/m ²	-124 €/m ²	-142 €/m ²	-116 €/m ²	-126 €/m ²	-177 €/m ²	-241 €/m ²	-249 €/m ²	-175 €/m ²	-210 €/m ²
Durchschnitt EFH	405 €/m²	-143 €/m²	-145 €/m²	-170 €/m²	-128 €/m²	-147 €/m²	-200 €/m²	-281 €/m²	-294 €/m²	-194 €/m²	-242 €/m²
MFH klein	375 €/m ²	-124 €/m ²	-116 €/m ²	-142 €/m ²	-89 €/m ²	-118 €/m ²	-167 €/m ²	-215 €/m ²	-231 €/m ²	-139 €/m ²	-188 €/m ²
MFH groß	329 €/m ²	-102 €/m ²	k. A.	-105 €/m ²	-92 €/m ²	-100 €/m ²	-151 €/m ²	k. A.	-197 €/m ²	-144 €/m ²	-164 €/m ²
Durchschnitt MFH	352 €/m²	-113 €/m²	-116 €/m²	-123 €/m²	-91 €/m²	-109 €/m²	-159 €/m²	-215 €/m²	-214 €/m²	-142 €/m²	-176 €/m²

Infolge der Berücksichtigung eines Kostenanteils aus dem Strombedarf für Nutzeranwendungen ergeben sich bereits für die Referenzausführungen nach EnEV 2014 unterschiedliche Annuitäten der bedarfsgebundenen Kosten in Tabelle 7-33 (Annuitäten ohne Strombedarf aus Nutzeranwendungen) und Tabelle 7-34 (Annuitäten inklusive Strombedarf aus Nutzeranwendungen).

Der Vergleich zwischen Varianten ohne PV und Varianten mit PV bzw. mit PV und Speicher zeigt deutlich verringerte bedarfsgebundene Annuitäten gegenüber einer Ausführung ohne PV-Anlagen. Dabei fallen die Einsparungen deutlich größer aus als die Erhöhungen der kapitalgebundenen Kosten (vgl. Tabelle 7-32).

Es folgt in Tabelle 7-35 und Tabelle 7-36 die Ausweisung der betriebsgebundenen Annuitäten.

Tabelle 7-35: Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte betriebsgebundene Kosten der Referenzausführung gemäß EnEV 2014 sowie Mehr- und Minderkosten für das Niveau QP75 HT100. Varianten ohne PV.

Niveau	EnEV 2014	Q _p 75 % H _t 100 %				
System	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø
EFH klein mit Keller	34 €/m²	4 €/m²	-8 €/m²	-8 €/m²	33 €/m²	5 €/m²
EFH klein ohne Keller	54 €/m²	6 €/m²	-13 €/m²	-13 €/m²	52 €/m²	8 €/m²
EFH groß mit Keller	20 €/m²	2 €/m²	-5 €/m²	-5 €/m²	19 €/m²	3 €/m²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	56 €/m²	6 €/m²	-13 €/m²	-13 €/m²	53 €/m²	8 €/m²
Reihenmittelhaus mit Keller	31 €/m²	3 €/m²	-7 €/m²	-7 €/m²	29 €/m²	5 €/m²
Durchschnitt EFH	39 €/m²	4 €/m²	-9 €/m²	-9 €/m²	37 €/m²	6 €/m²
MFH klein	37 €/m²	2 €/m²	-5 €/m²	-5 €/m²	15 €/m²	2 €/m²
MFH groß	18 €/m²	1 €/m²	k. A.	-1 €/m²	3 €/m²	1 €/m²
Durchschnitt MFH	27 €/m²	1 €/m²	-5 €/m²	-3 €/m²	9 €/m²	1 €/m²

Tabelle 7-36: Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte betriebsgebundene Kosten der Referenzausführung gemäß EnEV 2014 sowie Mehr- und Minderkosten für das Niveau QP75 HT100. Varianten mit PV (links) sowie mit PV und elektrischem Speicher (rechts) bei 0,04 kW_{peak}/m²A_N (EFHs/ZFHs) und 0,03 kW_{peak}/m²A_N (MFHs)

Niveau	EnEV 2014	Q _p 75 % H _t 100 % + PV					Q _p 75 % H _t 100 % + PV + el. Speicher				
System	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø
EFH klein mit Keller	34 €/m²	29 €/m²	28 €/m²	28 €/m²	69 €/m²	38 €/m²	51 €/m²	51 €/m²	51 €/m²	92 €/m²	61 €/m²
EFH klein ohne Keller	54 €/m²	38 €/m²	36 €/m²	36 €/m²	100 €/m²	53 €/m²	64 €/m²	63 €/m²	63 €/m²	127 €/m²	79 €/m²
EFH groß mit Keller	20 €/m²	33 €/m²	33 €/m²	33 €/m²	56 €/m²	39 €/m²	53 €/m²	53 €/m²	53 €/m²	76 €/m²	59 €/m²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	56 €/m²	38 €/m²	37 €/m²	37 €/m²	103 €/m²	54 €/m²	68 €/m²	66 €/m²	67 €/m²	133 €/m²	84 €/m²
Reihenmittelhaus mit Keller	31 €/m²	31 €/m²	30 €/m²	30 €/m²	67 €/m²	39 €/m²	52 €/m²	52 €/m²	52 €/m²	88 €/m²	61 €/m²
Durchschnitt EFH	39 €/m²	34 €/m²	33 €/m²	33 €/m²	79 €/m²	45 €/m²	58 €/m²	57 €/m²	57 €/m²	103 €/m²	69 €/m²
MFH klein	37 €/m²	23 €/m²	23 €/m²	23 €/m²	43 €/m²	28 €/m²	44 €/m²	44 €/m²	44 €/m²	64 €/m²	49 €/m²
MFH groß	18 €/m²	19 €/m²	k. A.	19 €/m²	23 €/m²	20 €/m²	34 €/m²	k. A.	35 €/m²	39 €/m²	36 €/m²
Durchschnitt MFH	27 €/m²	21 €/m²	23 €/m²	21 €/m²	33 €/m²	24 €/m²	39 €/m²	44 €/m²	40 €/m²	52 €/m²	43 €/m²

Im Vergleich zur Auswertung der Fälle ohne PV in Tabelle 7-35 ergeben sich für die Ausführungen mit PV sowie mit PV und elektrischem Speicher die Tabelle 7-36 ausgewiesenen Erhöhungen für die betriebsgebundenen Kostenanteile in der annuitätischen Bewertung.

Aus den zuvor ausgewiesenen kapital-, bedarfs- und betriebsgebundenen Annuitäten resultieren die in Tabelle 7-37 und Tabelle 7-38 ausgewiesenen Gesamtannuitäten der betrachteten Fälle.

Tabelle 7-37: Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) Gesamtannuitäten der Referenzausführung gemäß EnEV 2014 sowie Mehr- und Minderkosten für das Niveau QP75 HT100. Varianten ohne PV.

Niveau	EnEV 2014	Q _p 75 % H _T 100 %				
System	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø
EFH klein mit Keller	706 €/m ²	0 €/m ²	3 €/m ²	-7 €/m ²	144 €/m ²	35 €/m ²
EFH klein ohne Keller	957 €/m ²	5 €/m ²	-40 €/m ²	-29 €/m ²	259 €/m ²	49 €/m ²
EFH groß mit Keller	583 €/m ²	-1 €/m ²	8 €/m ²	-9 €/m ²	65 €/m ²	16 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	893 €/m ²	12 €/m ²	-55 €/m ²	-31 €/m ²	266 €/m ²	48 €/m ²
Reihenmittelhaus mit Keller	501 €/m ²	11 €/m ²	-18 €/m ²	-12 €/m ²	131 €/m ²	28 €/m ²
Durchschnitt EFH	728 €/m²	5 €/m²	-21 €/m²	-18 €/m²	173 €/m²	35 €/m²
MFH klein	700 €/m ²	13 €/m ²	27 €/m ²	2 €/m ²	77 €/m ²	30 €/m ²
MFH groß	499 €/m ²	24 €/m ²	k. A.	17 €/m ²	24 €/m ²	22 €/m ²
Durchschnitt MFH	599 €/m²	19 €/m²	27 €/m²	10 €/m²	51 €/m²	26 €/m²

Tabelle 7-38: Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) Gesamtannuitäten der Referenzausführung gemäß EnEV 2014 sowie Mehr- und Minderkosten für das Niveau QP75 HT100. Varianten mit PV (links) sowie mit PV und elektrischem Speicher (rechts) bei 0,04 kW_{peak}/m²A_N (EFHs/ZFHs) und 0,03 kW_{peak}/m²A_N (MFHs)

Niveau	EnEV 2014	Q _p 75 % H _T 100 % + PV					Q _p 75 % H _T 100 % + PV + el. Speicher				
System	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø
EFH klein mit Keller	873 €/m ²	-63 €/m ²	-36 €/m ²	-42 €/m ²	124 €/m ²	-4 €/m ²	-86 €/m ²	-128 €/m ²	-119 €/m ²	104 €/m ²	-57 €/m ²
EFH klein ohne Keller	1144 €/m ²	-51 €/m ²	-70 €/m ²	-54 €/m ²	252 €/m ²	19 €/m ²	-74 €/m ²	-178 €/m ²	-146 €/m ²	232 €/m ²	-41 €/m ²
EFH groß mit Keller	749 €/m ²	-56 €/m ²	-28 €/m ²	-42 €/m ²	47 €/m ²	-20 €/m ²	-82 €/m ²	-115 €/m ²	-118 €/m ²	24 €/m ²	-73 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	1108 €/m ²	-53 €/m ²	-88 €/m ²	-59 €/m ²	253 €/m ²	13 €/m ²	-85 €/m ²	-188 €/m ²	-147 €/m ²	230 €/m ²	-47 €/m ²
Reihenmittelhaus mit Keller	668 €/m ²	-35 €/m ²	-46 €/m ²	-38 €/m ²	118 €/m ²	0 €/m ²	-61 €/m ²	-124 €/m ²	-107 €/m ²	97 €/m ²	-49 €/m ²
Durchschnitt EFH	908 €/m²	-52 €/m²	-54 €/m²	-47 €/m²	159 €/m²	2 €/m²	-78 €/m²	-147 €/m²	-127 €/m²	137 €/m²	-54 €/m²
MFH klein	887 €/m ²	-38 €/m ²	-15 €/m ²	-37 €/m ²	50 €/m ²	-10 €/m ²	-54 €/m ²	-75 €/m ²	-87 €/m ²	40 €/m ²	-44 €/m ²
MFH groß	686 €/m ²	-37 €/m ²	k. A.	-31 €/m ²	-12 €/m ²	-27 €/m ²	-65 €/m ²	k. A.	-95 €/m ²	-36 €/m ²	-65 €/m ²
Durchschnitt MFH	787 €/m²	-38 €/m²	-15 €/m²	-34 €/m²	19 €/m²	-18 €/m²	-59 €/m²	-75 €/m²	-91 €/m²	2 €/m²	-55 €/m²

Die Gegenüberstellung von Ausführungen ohne PV in Tabelle 7-37 zu Ausführungen mit PV bzw. mit PV und elektrischem Speicher in Tabelle 7-38 zeigt, dass in allen betrachteten Fällen die Einsparungen bei den bedarfsgebundenen Kosten größer sind als die Erhöhungen der kapital- und betriebsbedingten Kosten, was zu einer insgesamt besseren Gesamtannuität der betrachteten PV-Varianten führt.

7.2.4 Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für kleiner dimensionierte PV-Anlagen mit Installationsdichten von $0,02 \text{ kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2 A_N$

Die in diesem Abschnitt enthaltenen Auswertungen ergänzen die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Erfüllungsoptionen unter Zugrundelegung von kleiner dimensionierten PV-Anlagen.

Für die Installationsdichten $0,04 \text{ kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2 A_N$ (EFHs/ZFHs) und $0,03 \text{ kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2 A_N$ (MFHs) resultieren die in Tabelle 7-39 benannten Anlagengrößen und maximalen Boni. Die anwendbaren Bonushöhen werden in Tabelle 7-40 für die Varianten mit PV-Anlagen ohne elektrischen Speicher und in Tabelle 7-41 für die Varianten mit PV-Anlage und elektrischem Speicher ausgewiesen.

Tabelle 7-39: PV-Anlagengrößen für die berechneten Varianten zum Niveau QP75 HT100 und maximale Bonus-höhen für PV-Anlagen ohne und mit elektrischem Speicher bei $0,02 \text{ kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2$

Gebäude	PV-Anlagengröße		maximaler Bonus [kWh/a]	
	$[\text{kW}_p/(\text{m}^2 A_N)]$	$[\text{kW}_p]$	ohne Speicher	mit Speicher
EFH klein mit Keller	0,02	4,7	20 % von $0,75 * Q_{P,\text{ref},2014}$	25 % von $0,75 * Q_{P,\text{ref},2014}$
MFH klein	0,02	9,5	2.795	3.493
			4.890	6.112

Tabelle 7-40: Rechnerische Bonushöhe ($150 \text{ kWh}/(\text{kWp} \cdot \text{a}) + 0,7 * Q_{e,\text{Strom}}$) und anwendbarer Bonus unter Berücksichtigung der maximalen Bonushöhe ($20 \% \text{ von } 0,75 * Q_{P,\text{ref},2014}$) für Systeme mit PV-Anlage und ohne elektrischen Speicher bei $0,02 \text{ kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2$

Gebäude	Bonushöhe variantenspezifisch ohne Speicher				anwendbarer Bonus ohne Speicher [kWh/a]			
	$150 \text{ kWh}/(\text{kWp} \cdot \text{a}) + 0,7 * Q_{e,\text{Strom}}$							
	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
EFH klein mit Keller	1.236	5.722	4.863	1.350	1.236	2.795	2.795	1.350
MFH klein	2.265	9.916	8.376	2.213	2.265	4.890	4.890	2.213

Tabelle 7-41: Rechnerische Bonushöhe ($200 \text{ kWh}/(\text{kWp} \cdot \text{a}) + 1,0 * Q_{e,\text{Strom}}$) und anwendbarer Bonus unter Berücksichtigung der maximalen Bonushöhe ($25 \% \text{ von } 0,75 * Q_{P,\text{ref},2014}$) für Systeme mit PV-Anlage und mit elektrischem Speicher bei $0,02 \text{ kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2$

Gebäude	Bonushöhe variantenspezifisch mit Speicher				anwendbarer Bonus mit Speicher [kWh/a]			
	$200 \text{ kWh}/(\text{kWp} \cdot \text{a}) + 1,0 * Q_{e,\text{Strom}}$							
	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
EFH klein mit Keller	1.699	8.106	6.880	1.861	1.699	3.493	3.493	1.861
MFH klein	3.100	14.031	11.830	3.026	3.100	6.112	6.112	3.026

Den Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit kleinerer PV-Anlagen wird zugunsten einer besseren Vergleichbarkeit zunächst in Tabelle 7-39 die Ausweisung der Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge aus Abschnitt 7.1.2.2 für die Erfüllungsoptionen ohne PV vorangestellt. Die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbewertung für die in diesem Abschnitt behandelten Anlagengrößen von $0,02 \text{ m}^2 \text{ kW}_p/\text{m}^2 A_N$ werden in Tabelle 7-41 ausgewiesen. Zusätzlich werden in Tabelle 7-40 erneut die Ergebnisse für die größeren PV-Anlagen aus dem vorhergehenden Abschnitt 7.2.3 ausgewiesen.

Tabelle 7-42: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Erfüllungsoptionen zum Niveau QP75 HT100 ohne PV

Niveau		Q _p 75 % H _T 100 %			
System		Gas-BW-Kessel Abluft + ST Hz.+TWW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel
EFH klein mit Keller	Amort.	30,0 a	40,4 a	25,2 a	keine
	Deckf.		3,2 €/m ²		
MFH klein	Amort.	40,2 a	94,8 a	31,5 a	keine
	Deckf.	13,3 €/m ²	26,8 €/m ²	2,1 €/m ²	

Tabelle 7-43: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Erfüllungsoptionen zum Niveau QP75 HT100 mit PV (links) sowie mit PV und elektrischem Speicher (rechts) bei 0,04 kW_{peak}/m²A_N (EFHs/ZFHs) und 0,03 kW_{peak}/m²A_N (MFHs)

Niveau		Q _p 75 % H _t ' 100 % mit PV				Q _p 75 % H _t ' 100 % mit PV+elekt. Speicher			
System		Gas-BW-Kessel Abluft	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	Gas-BW-Kessel Abluft	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel
EFH klein mit Keller	Amort.	13,1 a	19,8 a	20,8 a	88,6 a	11,9 a	12,2 a	14,6 a	60,6 a
	Deckf.				123,8 €/m ²				103,9 €/m ²
MFH klein	Amort.	18,8 a	25,2 a	20,7 a	62,4 a	16,9 a	16,8 a	16,0 a	46,1 a
	Deckf.				50,2 €/m ²				39,7 €/m ²

Tabelle 7-44: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Erfüllungsoptionen zum Niveau QP75 HT100 mit PV (links) sowie mit PV und elektrischem Speicher (rechts) bei 0,02 kW_{peak}/m²

Niveau		Q _p 75 % H _t ' 100 % mit PV 0,02 kW _p /m ² A _N				Q _p 75 % H _t ' 100 % mit PV 0,02 kW _p /m ² A _N +elekt. Speicher			
System		Gas-BW-Kessel Abluft	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	Gas-BW-Kessel Abluft	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel
EFH klein mit Keller	Amort.	11,8 a	16,8 a	18,8 a	> 100 a	11,7 a	10,0 a	12,9 a	69,3 a
	Deckf.				123,3 €/m ²				103,4 €/m ²
MFH klein	Amort.	17,9 a	22,7 a	18,7 a	59,7 a	16,6 a	15,7 a	14,9 a	44,6 a
	Deckf.				43,0 €/m ²				33,9 €/m ²

Die Gegenüberstellung der Ergebnisse aus Tabelle 7-43 (für die größeren PV-Anlagen) zu den Auswertungen in Tabelle 7-44 (für die kleineren PV-Anlagen) zeigt, dass aus der Ausstattung mit PV-Anlagen (und elektrischen Speichern) im Vergleich zu einer Ausführung ohne PV deutlich geringere Amortisationszeiten ergeben. Für kleine und große PV-Anlagen sind die Amortisationszeiten vergleichbar.

7.3 Auswertungen Nichtwohngebäude

Dargestellt werden zunächst die energiebedingten Investitionskosten und Investitionsmehrkosten für unterschiedliche Anforderungsniveaus (Abschnitt 7.3.1). Anschließend erfolgt die Auswertung zu den resultierenden Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträgen für unterschiedliche Energiepreiserhöhungsszenarien unter Zugrundelegung eines Betrachtungszeitraums von 20 Jahren (Abschnitt 7.3.2).

7.3.1 Energiebedingte Investitionskosten und Investitionsmehrkosten bezogen auf das Anforderungsniveau der EnEV 2014 bis 31.12.2015

In Tabelle 7-45 sind energiebedingte Investitionskosten und Investitionsmehrkosten für Nichtwohngebäude bei unterschiedlichen energetischen Niveaus aufgeführt.

Tabelle 7-45: Energiebedingte Investitionskosten (€/m² Nettogrundfläche) EnEV 2014 (O_P 100 %, Ü 100 %) sowie Investitionsmehr- und mindernden Kosten für die untersuchten Niveaus der Nichtwohngebäude

Niveau	EnEV 2014	Q _p 75 % Ü 80 % [EnEV 2016]				Q _p 65 % Ü 80 %				Q _p 55 % Ü 70 %			
1. Wärmeerzeuger	Gas-BW-Kessel	BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel
2. Wärmeerzeuger	-	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel
Büro klein, nicht gekühlt	325 €/m²	16 €/m²	12 €/m²	60 €/m²	4 €/m²	69 €/m²	62 €/m²	60 €/m²	26 €/m²	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	64 €/m²	98 €/m²
Büro groß, gekühlt	688 €/m²	49 €/m²	k. A.	62 €/m²	11 €/m²	Ausf. n. möglich	k. A.	101 €/m²	127 €/m²	Ausf. n. möglich	k. A.	116 €/m²	Ausf. n. möglich
Kindertagesstätte	674 €/m²	6 €/m²	15 €/m²	110 €/m²	12 €/m²	34 €/m²	23 €/m²	69 €/m²	6 €/m²	120 €/m²	94 €/m²	71 €/m²	48 €/m²
Schule	358 €/m²	0 €/m²	k. A.	52 €/m²	1 €/m²	25 €/m²	k. A.	52 €/m²	18 €/m²	61 €/m²	k. A.	53 €/m²	57 €/m²
Hotel groß, gekühlt	269 €/m²	43 €/m²	k. A.	114 €/m²	56 €/m²	Ausf. n. möglich	k. A.	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	k. A.	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich
Verbrauchermarkt	486 €/m²	100 €/m²	137 €/m²	52 €/m²	68 €/m²	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich
Verwaltungsgebäude	647 €/m²	-17 €/m²	k. A.	49 €/m²	-16 €/m²	60 €/m²	k. A.	61 €/m²	51 €/m²	115 €/m²	k. A.	141 €/m²	156 €/m²
Schulsporthalle	612 €/m²	6 €/m²	19 €/m²	76 €/m²	0 €/m²	33 €/m²	59 €/m²	83 €/m²	16 €/m²	112 €/m²	177 €/m²	127 €/m²	73 €/m²
Hochschulgebäude	406 €/m²	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet
Shopping-Mall	253 €/m²	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet

Niveau	EnEV 2014	Q _p 75 % Ü 80 % [EnEV 2016]				Q _p 65 % Ü 80 %				Q _p 55 % Ü 70 %			
1. Wärmeerzeuger	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW
2. Wärmeerzeuger	-	-	-	-	Gas-BW-Kessel	-	-	-	Gas-BW-Kessel	-	-	-	Gas-BW-Kessel
Fertigungshalle (zentrale Erzeuger)	229 €/m²	0 €/m²	34 €/m²	50 €/m²	4 €/m²	Ausf. n. möglich	34 €/m²	50 €/m²	4 €/m²	Ausf. n. möglich	48 €/m²	61 €/m²	21 €/m²

Niveau	EnEV 2014	Q _p 100 % Ü 100 % [EnEV 2016]				Q _p 85 % Ü 100 %				Q _p 75 % Ü 85 %			
Wärmeerzeuger	Wärmeluft-Erzeuger STD	Wärmeluft-Erzeuger TOP	Hellstrahler TOP	Dunkelstrahler STANDARD	Dunkelstrahler TOP	Wärmeluft-Erzeuger TOP	Hellstrahler TOP	Dunkelstrahler STANDARD	Dunkelstrahler TOP	Wärmeluft-Erzeuger TOP	Hellstrahler TOP	Dunkelstrahler STANDARD	Dunkelstrahler TOP
Fertigungshalle (dezentrale Erzeuger)	229 €/m²	-21 €/m²	-20 €/m²	-23 €/m²	-22 €/m²	-15 €/m²	-18 €/m²	-20 €/m²	-21 €/m²	-1 €/m²	-1 €/m²	-4 €/m²	-4 €/m²

k. A.	System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar
Ausf. n. möglich	Niveau kann durch System nicht erreicht werden

Die Ergebnisse in Tabelle 7-45 zeigen hinsichtlich der niveauspezifischen Mehr- bzw. in Einzelfällen auch Mindernden Kosten ein sehr unterschiedliches Bild. Dass sich diese Kosten von Gebäude zu Gebäude erheblich unterscheiden, ist letztlich auf die Heterogenität der Gebäude und die fallweise sehr unterschiedliche „Wirksamkeit“ von Einzelmaßnahmen zurückzuführen. Diesbezüglich wird hier auf die unterschiedlichen endenergetischen Bedarfsanteile der betrachteten Varianten verwiesen, die in Abschnitt 14.2.1 im Zusammenhang mit der Anwendbarkeit der PV-Bonusregelung differenziert betrachtet werden.

Ergänzend zur Ausweisung der reinen energiebedingten Investitionskosten in Tabelle 7-45 folgt in Tabelle 7-46 die Angabe der kapitalgebundenen annuitätische Kosten, die über die Investitionskosten hinaus auch die Bewertung von innerhalb des Betrachtungszeitraums (hier: 20 Jahre) anfallenden Ersatzinvestitionen sowie Restwerte sämtlicher Komponenten zum Ende des Betrachtungszeitraums mit erfassen.

Tabelle 7-46: Spezifische annualisierte kapitalgebundene Kosten (€/m² Nettogrundfläche) EnEV 2014 (O_P 100 %, Ü 100 %) sowie Mehr- und Minderkosten unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten, Betrachtungszeitraum 20 Jahre

Niveau	EnEV 2014	Q _p 75 % Ü 80 % [EnEV 2016]				Q _p 65 % Ü 80 %				Q _p 55 % Ü 70 %			
1. Wärmeerzeuger	Gas-BW-Kessel	BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel
2. Wärmeerzeuger	-	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel
Büro klein, nicht gekühlt	257 €/m ²	24 €/m ²	15 €/m ²	38 €/m ²	13 €/m ²	70 €/m ²	58 €/m ²	38 €/m ²	30 €/m ²	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	40 €/m ²	85 €/m ²
Büro groß, gekühlt	670 €/m ²	57 €/m ²	k. A.	27 €/m ²	21 €/m ²	Ausf. n. möglich	k. A.	75 €/m ²	119 €/m ²	Ausf. n. möglich	k. A.	89 €/m ²	Ausf. n. möglich
Kindertagesstätte	266 €/m ²	25 €/m ²	11 €/m ²	43 €/m ²	19 €/m ²	39 €/m ²	21 €/m ²	43 €/m ²	19 €/m ²	98 €/m ²	73 €/m ²	44 €/m ²	46 €/m ²
Schule	311 €/m ²	8 €/m ²	k. A.	30 €/m ²	6 €/m ²	24 €/m ²	k. A.	30 €/m ²	21 €/m ²	63 €/m ²	k. A.	31 €/m ²	57 €/m ²
Hotel groß, gekühlt	252 €/m ²	54 €/m ²	k. A.	92 €/m ²	61 €/m ²	Ausf. n. möglich	k. A.	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	k. A.	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich
Verbrauchermarkt	319 €/m ²	71 €/m ²	85 €/m ²	44 €/m ²	52 €/m ²	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich
Verwaltungsgebäude	608 €/m ²	-15 €/m ²	k. A.	13 €/m ²	-6 €/m ²	-3 €/m ²	k. A.	-14 €/m ²	-14 €/m ²	103 €/m ²	k. A.	110 €/m ²	141 €/m ²
Schulsporthalle	451 €/m ²	24 €/m ²	18 €/m ²	47 €/m ²	13 €/m ²	42 €/m ²	46 €/m ²	54 €/m ²	25 €/m ²	91 €/m ²	123 €/m ²	79 €/m ²	61 €/m ²
Hochschulgebäude	353 €/m ²	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet
Shopping-Mall	246 €/m ²	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet

Niveau	EnEV 2014	Q _p 75 % Ü 80 % [EnEV 2016]				Q _p 65 % Ü 80 %				Q _p 55 % Ü 70 %			
1. Wärmeerzeuger	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW
2. Wärmeerzeuger	-	-	-	-	Gas-BW-Kessel	-	-	-	Gas-BW-Kessel	-	-	-	Gas-BW-Kessel
Fertigungshalle (zentrale Erzeuger)	168 €/m ²	-8 €/m ²	55 €/m ²	26 €/m ²	17 €/m ²	Ausf. n. möglich	55 €/m ²	26 €/m ²	17 €/m ²	Ausf. n. möglich	60 €/m ²	33 €/m ²	26 €/m ²

Niveau	EnEV 2014	Q _p 100 % Ü 100 % [EnEV 2016]				Q _p 85 % Ü 100 %				Q _p 75 % Ü 85 %			
Wärmeerzeuger	Wärmeluft-Erzeuger STD	Wärmeluft-Erzeuger TOP	Hellstrahler TOP	Dunkelstrahler STANDARD	Dunkelstrahler TOP	Wärmeluft-Erzeuger TOP	Hellstrahler TOP	Dunkelstrahler STANDARD	Dunkelstrahler TOP	Wärmeluft-Erzeuger TOP	Hellstrahler TOP	Dunkelstrahler STANDARD	Dunkelstrahler TOP
Fertigungshalle (dezentrale Erzeuger)	168 €/m ²	-9 €/m ²	-12 €/m ²	-16 €/m ²	-15 €/m ²	-3 €/m ²	-11 €/m ²	-14 €/m ²	-14 €/m ²	2 €/m ²	-3 €/m ²	-5 €/m ²	-6 €/m ²

k. A.	System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar
Ausf. n. möglich	Niveau kann durch System nicht erreicht werden

Wie bereits die Auswertungen zu den reinen Investitionskosten zeigen auch die Auswertungen der annualisierten kapitalgebunden Kosten in Tabelle 7-46 sehr große Unterschiede innerhalb der betrachteten Varianten. Diesbezüglich wird nochmals auf die ausgeprägte Heterogenität in der Zusammensetzung der Energiebedarfsanteile und insofern auf die ebenso unterschiedliche Wirksamkeit von Einzelmaßnahmen hingewiesen.

7.3.2 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die in Abschnitt 7.3.1 enthaltenen Auswertungen betrachten lediglich die Investitionen, welche jeweils erforderlich sind, um die fallweise zu untersuchenden energetischen Niveaus mit den gebildeten Varianten zu erreichen. Zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit müssen zusätzlich die Veränderung in den betriebsbedingten Kosten sowie die im Fall der BHKW-Varianten resultierenden Erträge wie im folgenden Abschnitt 7.3.2.1 berücksichtigt werden.

7.3.2.1 Ergebnisse der annuitätischen Bewertung nach VDI 2067

Die in dem vorhergehenden Abschnitt 7.3.1 wiedergegebenen Auswertungen enthalten lediglich Aussagen zu den zum Investitionszeitpunkt anfallenden Kosten sowie die annuitätische Bewertung dieser Investitionskosten unter Einbeziehung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten. Um die Wirtschaftlichkeit der fallweise gebildeten Varianten zu bewerten, müssen zusätzlich die in der Nutzungsphase resultierenden bedarfs- und betriebsgebundenen Mehr- und Minderkosten sowie die im Fall der BHKW-Varianten anfallenden Erträge (vgl. Erläuterungen in Abschnitt 4.8) einbezogen werden. Wie zuvor bereits geschrieben, werden zusätzlich die variantenspezifischen Maßnahmen hinsichtlich der im Betrachtungszeitraum (Nichtwohngebäude: 20 Jahre) anfallenden Ersatzinvestitionen sowie hinsichtlich ggf. zum Ende des Betrachtungszeitraums vorhandener Restwerte bewertet. Hierzu erfolgt für sämtliche energiebedingten Kostenbestandteile eine annuitätische Bewertung auf Basis der VDI 2067 [27]. In den folgenden Tabellen erfolgt die Ausweisung der niveau- und variantenspezifischen Gesamtannuitäten wie nachstehend beschrieben:

- Spezifische (auf die Nettogrundfläche bezogene) Gesamtannuität der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die annuitätischen Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten (Tabelle 7-47 für das Preissteigerungsszenario Bundesregierung und Tabelle 7-48 für das Preissteigerungsszenario EU)

Zusätzlich erfolgt in Anhang B (Abschnitt 14.1) die Ausweisung der Bestandteile der Gesamtannuität:

- Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte kapitalgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten (Abschnitt 14.1.1)
- Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte bedarfsgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten (Abschnitt 14.1.2)
- Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte betriebsgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten (Abschnitt 14.1.3)
- Spezifische (auf die Nettogrundfläche bezogene) annualisierte Erträge der Referenzausführung (in allen Fällen gleich Null) nach EnEV 2014 sowie die Erträge der BHKW-Varianten für die unterschiedlichen Niveaus (Abschnitt 14.1.4)

Die in den weiteren Tabellen ausgewiesenen annuitätischen Mehr- und Minderkosten sind wie folgt zu interpretieren:

- Annuitätische Mehrkosten (positive Werte, rote Schriftfarbe) bedeuten annuitätische Verluste bezogen auf den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren. Innerhalb des Betrachtungszeitraums ergibt sich rechnerisch keine Amortisation für diese Fälle.
- Annuitätische Minderkosten (negative Werte, grüne Schriftfarbe) bedeuten annuitätische Gewinne bezogen auf den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren. Bezogen auf den Betrachtungszeitraum amortisieren sich die Investitionen für diese Fälle.
- Keine Differenz zur Annuität der EnEV-Referenzausführung bedeutet, dass die betreffende Variante die gleiche annuitätische Bewertung hat und eine Amortisation der Investition genau nach 20 Jahren erreicht wird.

Ergebnisse für das Preissteigerungsszenario Bundesregierung

In Tabelle 7-47 folgt die Ausweisung der Gesamtannuitäten der Referenzausführung EnEV 2014 sowie der annuitätischen Gewinne und Verluste der niveauspezifischen Erfüllungsoptionen für das Preissteigerungsszenario Bundesregierung.

Tabelle 7-47: Spezifische (auf die Nettogrundfläche bezogene) Gesamtannuität der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie annuitätischen Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für die Niveaus QP75 Ü80 (Anforderungsniveau EnEV 2014 ab 1.1.2016), QP65 Ü80 und QP55 Ü70, Preissteigerung Bundesregierung

Niveau	EnEV 2014	Q _p 75 % Ü 80 % [EnEV 2016]				Q _p 65 % Ü 80 %				Q _p 55 % Ü 70 %			
1. Wärmeerzeuger	Gas-BW-Kessel	BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel
2. Wärmeerzeuger	-	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel
Büro klein, nicht gekühlt	484 €/m ²	-35 €/m ²	-1 €/m ²	5 €/m ²	11 €/m ²	4 €/m ²	21 €/m ²	5 €/m ²	17 €/m ²	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	4 €/m ²	49 €/m ²
Büro groß, gekühlt	1000 €/m ²	-19 €/m ²	k. A.	-10 €/m ²	17 €/m ²	Ausf. n. möglich	k. A.	43 €/m ²	91 €/m ²	Ausf. n. möglich	k. A.	45 €/m ²	Ausf. n. möglich
Kindertagesstätte	485 €/m ²	-21 €/m ²	-11 €/m ²	-13 €/m ²	13 €/m ²	-17 €/m ²	-14 €/m ²	-13 €/m ²	13 €/m ²	29 €/m ²	16 €/m ²	-16 €/m ²	18 €/m ²
Schule	464 €/m ²	-48 €/m ²	k. A.	20 €/m ²	10 €/m ²	-33 €/m ²	k. A.	20 €/m ²	11 €/m ²	2 €/m ²	k. A.	19 €/m ²	35 €/m ²
Hotel groß, gekühlt	501 €/m ²	-63 €/m ²	k. A.	109 €/m ²	94 €/m ²	Ausf. n. möglich	k. A.	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	k. A.	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich
Verbrauchermarkt	599 €/m ²	19 €/m ²	58 €/m ²	37 €/m ²	34 €/m ²	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich
Verwaltungsgebäude	874 €/m ²	-99 €/m ²	k. A.	24 €/m ²	-6 €/m ²	-36 €/m ²	k. A.	32 €/m ²	28 €/m ²	6 €/m ²	k. A.	80 €/m ²	93 €/m ²
Schulsporthalle	797 €/m ²	-52 €/m ²	-10 €/m ²	54 €/m ²	-4 €/m ²	-50 €/m ²	-15 €/m ²	51 €/m ²	-7 €/m ²	-19 €/m ²	30 €/m ²	33 €/m ²	-7 €/m ²
Hochschulgebäude	617 €/m ²	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet
Shopping-Mall	498 €/m ²	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet

Niveau	EnEV 2014	Q _p 75 % Ü 80 % [EnEV 2016]				Q _p 65 % Ü 80 %				Q _p 55 % Ü 70 %			
1. Wärmeerzeuger	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW
2. Wärmeerzeuger	-	-	-	-	Gas-BW-Kessel	-	-	-	Gas-BW-Kessel	-	-	-	Gas-BW-Kessel
Fertigungshalle (zentrale Erzeuger)	371 €/m ²	-53 €/m ²	38 €/m ²	8 €/m ²	-45 €/m ²	Ausf. n. möglich	38 €/m ²	8 €/m ²	-45 €/m ²	Ausf. n. möglich	27 €/m ²	0 €/m ²	-39 €/m ²

Niveau	EnEV 2014	Q _p 100 % Ü 100 % [EnEV 2016]				Q _p 85 % Ü 100 %				Q _p 75 % Ü 85 %			
Wärmeerzeuger	Wärmeluft-Erzeuger STD	Wärmeluft-Erzeuger TOP	Hellstrahler TOP	Dunkelstrahler STANDARD	Dunkelstrahler TOP	Wärmeluft-Erzeuger TOP	Hellstrahler TOP	Dunkelstrahler STANDARD	Dunkelstrahler TOP	Wärmeluft-Erzeuger TOP	Hellstrahler TOP	Dunkelstrahler STANDARD	Dunkelstrahler TOP
Fertigungshalle (dezentrale Erzeuger)	371 €/m ²	-14 €/m ²	-35 €/m ²	-38 €/m ²	-46 €/m ²	-24 €/m ²	-42 €/m ²	-47 €/m ²	-48 €/m ²	-27 €/m ²	-44 €/m ²	-48 €/m ²	-51 €/m ²

k. A.	System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar
Ausf. n. möglich	Niveau kann durch System nicht erreicht werden

Die annuitätische Bewertung in Tabelle 7-47 bezieht über die Investitionskosten, Ersatzbeschaffungen und Restwerte hinaus die bedarfsgebundenen und betriebsgebundenen Kostenveränderungen sowie die bei den BHKW-Varianten erzielbaren Erträge in die Wirtschaftlichkeitsbewertung mit ein. Die Auswertungen zeigen, wie bereits die Betrachtungen in Abschnitt 7.3.1, ein uneinheitliches Bild bei dem

Vergleich der betrachteten Gebäude untereinander. Aus den Auswertungen geht allerdings sehr wohl hervor, dass für das gegenwärtige Anforderungsniveau QP75 Ü100 mit Ausnahme des Verbrauchermarktes in der überwiegenden Zahl der gebildeten Erfüllungsoptionen annuitätische Gewinne (d.h. Amortisationszeiten innerhalb des Betrachtungszeitraums, vgl. Auswertungen in Abschnitt 7.3.2.2) erreicht werden können. Außerdem zeigen die Auswertungen, dass im Fall des Hochschulgebäudes und der Shopping-Mall keine Bildung einer Erfüllungsoption möglich ist. Dies ist darauf zurückzuführen, dass im Rahmen der Bearbeitung des vorliegenden Gutachtens für das Erreichen der Anforderungsniveaus lediglich Maßnahmen abgebildet werden, die mit den bekannten bzw. zur Verfügung stehenden Kostenfunktionen auch im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bewertet werden können. Diese Maßnahmen beschränken sich auf die Betrachtung unterschiedlicher Wärmeerzeuger, die Veränderung der wärmeschutztechnischen Eigenschaften von Bauteilen der Gebäudehülle sowie auf Verbesserungen im Bereich der Lüftungstechnik der Gebäude. Sehr wohl ist es möglich, auch für das Hochschulgebäude und die Shopping-Mall Erfüllungsoptionen für das gegenwärtige Anforderungsniveau auf energetischer Ebenen zu bilden, indem z.B. die Lampenart von stabförmigen Leuchtstofflampen auf LED-Technik umgestellt wird (vgl. Abschnitt 8.2.4.3) wonach sich für Hochschulgebäude und Shopping-Mall bereits eine etwa 10 prozentige Reduktion des Primärenergiebedarfs erreichen lässt. Ebenso kommen Maßnahmen im Bereich der Kühltchnik infrage, um energetisch verbesserte Ausführungen abzubilden. Diese genannten Maßnahmen waren im Rahmen des vorliegenden Gutachtens wie bereits im Rahmen der Vorgängeruntersuchung [1] nicht Gegenstand der Betrachtungen. Für Gebäude, deren Wärmebedarf vergleichsweise gering ist, ergeben sich insofern „erschwerte Bedingungen“ was das Bilden der Erfüllungsoptionen betrifft, dass durch Veränderungen der baulichen Qualitäten nur ein geringer Einfluss auf den Gesamtprimärenergiebedarf resultiert. Dies geht im Fall des Hochschulgebäudes und im Fall der Shopping-Mall so weit, dass für diese Gebäude keine Erfüllungsoptionen für das gegenwärtige Anforderungsniveau gebildet werden können.

Bezüglich der gebildeten Erfüllungsoptionen für die Niveaus QP65 Ü80 und QP55 Ü70 kann an dieser Stelle ebenfalls festgehalten werden, dass die Zusammensetzung der Energiebedarfsanteile und hierbei der jeweils auf den Heizwärmebedarf fallende Anteil entscheidend ist, ob jeweils Erfüllungsoptionen gebildet werden können oder nicht. Sowohl für das Niveau QP65 Ü80 als auch für das Niveau QP55 Ü70 können im Rahmen der Auswertung wirtschaftliche Lösungen nachgewiesen werden. Zusätzlich zeigen die Auswertungen, dass im Vergleich zu den für die Referenzausführungen bestimmten Gesamtannuitäten vergleichsweise geringe annuitätische Verluste ausgewiesen werden.

Im Vergleich zu obigen Auswertungen folgt in Tabelle 7-48 die Ausweisung der Gesamtannuitäten sowie der annuitätischen Gewinnen und Verluste für das Preissteigerungsszenario EU.

Ergebnisse für das Preissteigerungsszenario EU

In Tabelle 7-48 folgt die Ausweisung der Gesamtannuitäten der Referenzausführung EnEV 2014 sowie der annuitätischen Gewinne und Verluste der niveauspezifischen Erfüllungsoptionen für das Preissteigerungsszenario EU.

Tabelle 7-48: Spezifische (auf die Nettogrundfläche bezogene) Gesamtannuität der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie annuitätischen Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für die Niveaus QP75 Ü80 (Anforderungsniveau EnEV 2014 ab 1.1.2016), QP65 Ü80 und QP55 Ü70, Preissteigerung EU

Niveau	EnEV 2014	Q _p 75 % Ü 80 % [EnEV 2016]				Q _p 65 % Ü 80 %				Q _p 55 % Ü 70 %			
1. Wärmeerzeuger	Gas-BW-Kessel	BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel
2. Wärmeerzeuger	-	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel
Büro klein, nicht gekühlt	511 €/m ²	-36 €/m ²	-9 €/m ²	-11 €/m ²	8 €/m ²	-1 €/m ²	11 €/m ²	-11 €/m ²	13 €/m ²	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	-13 €/m ²	41 €/m ²
Büro groß, gekühlt	1029 €/m ²	-22 €/m ²	k. A.	-24 €/m ²	14 €/m ²	Ausf. n. möglich	k. A.	29 €/m ²	84 €/m ²	Ausf. n. möglich	k. A.	30 €/m ²	Ausf. n. möglich
Kindertagesstätte	515 €/m ²	-23 €/m ²	-21 €/m ²	-34 €/m ²	9 €/m ²	-21 €/m ²	-26 €/m ²	-34 €/m ²	9 €/m ²	21 €/m ²	2 €/m ²	-37 €/m ²	11 €/m ²
Schule	478 €/m ²	-47 €/m ²	k. A.	12 €/m ²	9 €/m ²	-34 €/m ²	k. A.	12 €/m ²	9 €/m ²	-2 €/m ²	k. A.	11 €/m ²	30 €/m ²
Hotel groß, gekühlt	526 €/m ²	-65 €/m ²	k. A.	107 €/m ²	97 €/m ²	Ausf. n. möglich	k. A.	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	k. A.	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich
Verbrauchermarkt	621 €/m ²	15 €/m ²	52 €/m ²	29 €/m ²	31 €/m ²	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich
Verwaltungsgebäude	900 €/m ²	-99 €/m ²	k. A.	13 €/m ²	-8 €/m ²	-40 €/m ²	k. A.	20 €/m ²	23 €/m ²	-1 €/m ²	k. A.	67 €/m ²	84 €/m ²
Schulsporthalle	835 €/m ²	-54 €/m ²	-22 €/m ²	35 €/m ²	-7 €/m ²	-57 €/m ²	-30 €/m ²	32 €/m ²	-13 €/m ²	-31 €/m ²	12 €/m ²	12 €/m ²	-18 €/m ²
Hochschulgebäude	636 €/m ²	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet
Shopping-Mall	515 €/m ²	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet

Niveau	EnEV 2014	Q _p 75 % Ü 80 % [EnEV 2016]				Q _p 65 % Ü 80 %				Q _p 55 % Ü 70 %			
1. Wärmeerzeuger	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW
2. Wärmeerzeuger	-	-	-	-	Gas-BW-Kessel	-	-	-	Gas-BW-Kessel	-	-	-	Gas-BW-Kessel
Fertigungshalle (zentrale Erzeuger)	394 €/m ²	-59 €/m ²	31 €/m ²	-4 €/m ²	-42 €/m ²	Ausf. n. möglich	31 €/m ²	-4 €/m ²	-42 €/m ²	Ausf. n. möglich	18 €/m ²	-12 €/m ²	-39 €/m ²

Niveau	EnEV 2014	Q _p 100 % Ü 100 % [EnEV 2016]				Q _p 85 % Ü 100 %				Q _p 75 % Ü 85 %			
Wärmeerzeuger	Wärmeluft-Erzeuger STD	Wärmeluft-Erzeuger TOP	Hellstrahler TOP	Dunkelstrahler STANDARD	Dunkelstrahler TOP	Wärmeluft-Erzeuger TOP	Hellstrahler TOP	Dunkelstrahler STANDARD	Dunkelstrahler TOP	Wärmeluft-Erzeuger TOP	Hellstrahler TOP	Dunkelstrahler STANDARD	Dunkelstrahler TOP
Fertigungshalle (dezentrale Erzeuger)	394 €/m ²	-15 €/m ²	-36 €/m ²	-39 €/m ²	-48 €/m ²	-28 €/m ²	-46 €/m ²	-50 €/m ²	-52 €/m ²	-32 €/m ²	-50 €/m ²	-54 €/m ²	-57 €/m ²

k. A.	System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar
Ausf. n. möglich	Niveau kann durch System nicht erreicht werden

Aufgrund der in dem Szenario EU im Vergleich zum Preissteigerungsszenario Bundesregierung höheren Preissteigerungsraten ergeben sich nach Tabelle 7-48 gegenüber Tabelle 7-47 durchweg höhere annuitätische Gewinne bzw. reduzierte annuitätische Verluste für die betrachteten Erfüllungsoptionen.

In Abschnitt 7.3.2.2 erfolgt eine aus obigen Gesamtannuitäten bzw. deren Eingangsgrößen abgeleitete Auswertung der Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge.

7.3.2.2 Amortisationszeiten unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten für einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren

Auf Basis der im vorherigen Abschnitt wiedergegebenen Auswertungen werden im aktuellen Abschnitt Amortisationszeiten auf Basis der folgenden Berechnungsvorschrift angegeben:

$$\text{Amortisationszeit} = \frac{(\text{Annuität der kapitalgebundene Mehrkosten} * \text{Länge Betrachtungszeitraum})}{(\text{Annuität der bedarfsgebundenen Mehr-/Minderkosten} + \text{Annuität der betriebsgebundenen Mehr-/Minderkosten})}$$

Die Ergebnisse dieser Berechnung können wie folgt ausfallen:

sofort	wenn im Vergleich zu der Bezugsvarianten geringere kapitalgebundene Kosten anfallen und zugleich die Summe der Annuität der bedarfsgebundenen und betriebsgebundenen Kosten geringer ist als bei der Bezugsvariante (Minderinvestition bei gleichzeitiger Senkung der bedarfs- und betriebsbedingten Kosten im Betrachtungszeitraum)
keine	wenn im Vergleich zu der Bezugsvarianten höhere kapitalgebundene Kosten anfallen und zugleich die Summe der Annuität der bedarfsgebundenen und betriebsgebundenen Kosten höher ist als bei der Bezugsvariante (Mehrinvestition für nicht zu einer Einsparung bei bedarfs- und betriebsbedingten Kosten)
> 20 Jahre	Mehrinvestition kann im Betrachtungszeitraum nicht durch Einsparung bedarfs- und betriebsbedingter Kosten amortisiert werden. Fälle mit einer ausgewiesenen Amortisationszeit größer 20 Jahre entsprechen den Fällen, für die in der Gesamtannuität (vgl. Tabelle 7-47 für das Preissteigerungsszenario Bundesregierung bzw. Tabelle 7-48 für das Preissteigerungsszenario EU) positive Werte (bedeutet annuitätische Verluste gegenüber der Bezugsvariante) ausgewiesen sind.
< 20 Jahre	Mehrinvestition amortisiert sich während des Betrachtungszeitraums. Fälle mit einer ausgewiesenen Amortisationszeit kleiner 20 Jahre entsprechen den Fällen, für die in der Gesamtannuität vgl. Tabelle 7-47 für das Preissteigerungsszenario Bundesregierung bzw. Tabelle 7-48 für das Preissteigerungsszenario EU) negative Werte (bedeutet annuitätische Gewinne gegenüber der Bezugsvariante) ausgewiesen sind.

Für Varianten, die gegenüber der Referenzausführung EnEV 2014 annuitätische Verluste aufweisen, eine Amortisation also nicht innerhalb der Länge des Betrachtungszeitraums erreicht wird, entspricht der fallweise ausgewiesene Deckungsfehlbetrag dem Betrag, um den die Annuität der kapitalgebundenen Kosten geringer ausfallen müsste, um eine Amortisationszeit von 20 Jahren zu erreichen. Eine Amortisationszeit von 20 Jahren bedeutet dabei eine Gesamtannuität, welche der Referenzausführung EnEV 2014 entspricht.

Auswertungen zur Preissteigerung Bundesregierung

Die Auswertungen in Tabelle 7-49 und Tabelle 7-50 weisen Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge der gebildeten Erfüllungsoptionen aus. Da es sich dabei um eine alternative Darstellung zur Ausweisung der Annuitäten handelt, wird auf die Erläuterungen in Abschnitt 7.3.2.1 verwiesen.

Tabelle 7-49: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten (ohne Fertigungshallen), Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung Bundesregierung

Niveau		Q _p 75 % Ü 80 % [EnEV 2016]				Q _p 65 % Ü 80 %				Q _p 55 % Ü 70 %			
1. Wärmeerzeuger		BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel
2. Wärmeerzeuger		Gas-BW- Kessel	Gas-BW- Kessel	nur Hotel: Gas-BW- Kessel	Gas-BW- Kessel	Gas-BW- Kessel	Gas-BW- Kessel	nur Hotel: Gas-BW- Kessel	Gas-BW- Kessel	Gas-BW- Kessel	Gas-BW- Kessel	nur Hotel: Gas-BW- Kessel	Gas-BW- Kessel
Büro klein, nicht gekühlt	Amortisationsz.	8,1 a	19,2 a	23,2 a	> 100 a	21,2 a	31,5 a	23,2 a	45,6 a	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	22,1 a	47,4 a
	Deckungsfehlb.			5,3 €/m²	11,0 €/m²	3,9 €/m²	21,2 €/m²	5,3 €/m²	17,1 €/m²			3,8 €/m²	48,9 €/m²
Büro groß, gekühlt	Amortisationsz.	15,0 a	k. A.	14,7 a	99,7 a	Ausf. n. möglich	k. A.	47,4 a	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	k. A.	40,6 a	Ausf. n. möglich
	Deckungsfehlb.				16,5 €/m²			43,1 €/m²				45,0 €/m²	
Kindertagesstätte	Amortisationsz.	10,8 a	10,3 a	15,3 a	59,2 a	13,9 a	12,0 a	15,3 a	59,2 a	28,5 a	25,6 a	14,7 a	33,1 a
	Deckungsfehlb.				12,9 €/m²				12,9 €/m²	29,4 €/m²	16,0 €/m²		18,3 €/m²
Schule	Amortisationsz.	2,9 a	k. A.	63,7 a	keine	8,4 a	k. A.	63,7 a	44,6 a	20,6 a	k. A.	50,9 a	50,4 a
	Deckungsfehlb.			20,5 €/m²				20,5 €/m²	11,4 €/m²	2,0 €/m²		18,9 €/m²	34,6 €/m²
Hotel groß, gekühlt	Amortisationsz.	9,2 a	k. A.	keine	keine	Ausf. n. möglich	k. A.	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	k. A.	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich
	Deckungsfehlb.												
Verbrauchermarkt	Amortisationsz.	27,1 a	63,8 a	> 100 a	59,2 a	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich
	Deckungsfehlb.	18,6 €/m²	58,3 €/m²	36,9 €/m²	34,1 €/m²								
Verwaltungsgebäude	Amortisationsz.	sofort	k. A.	keine	sofort	12,5 a	k. A.	keine	43,7 a	21,2 a	k. A.	74,3 a	58,6 a
	Deckungsfehlb.								28,5 €/m²	5,9 €/m²		80,3 €/m²	93,0 €/m²
Schulsporthalle	Amortisationsz.	6,3 a	12,8 a	keine	15,6 a	9,1 a	15,1 a	> 100 a	15,7 a	16,6 a	26,5 a	34,6 a	18,1 a
	Deckungsfehlb.							51,0 €/m²			30,4 €/m²	33,5 €/m²	
Hochschulgebäude	Amortisationsz.	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet
	Deckungsfehlb.												
Shopping-Mall	Amortisationsz.	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet
	Deckungsfehlb.												

keine	keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr
sofort	System weist im Vergleich zum Bezugsfall Gesamt-Minderkosten auf. Gleichzeitig größere Energiekosteneinsparung als Wartungsmehrkosten
Ausf. n. möglich	Niveau kann durch System nicht erreicht werden
k. A.	System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar

Tabelle 7-50: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten (Fertigungshallen), Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung Bundesregierung

Niveau		Q _p 75 % Ü 80 % [EnEV 2016]				Q _p 65 % Ü 80 %				Q _p 55 % Ü 70 %			
1. Wärmeerzeuger		Gas-BW- Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW	Gas-BW- Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW	Gas-BW- Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW
2. Wärmeerzeuger		-	-	-	Gas-BW- Kessel	-	-	-	Gas-BW- Kessel	-	-	-	Gas-BW- Kessel
Fertigungshalle (zentrale Erzeuger)	Amortisationsz.	sofort	62,4 a	29,1 a	5,5 a	Ausf. n. möglich	62,4 a	29,1 a	5,5 a	Ausf. n. möglich	36,0 a	20,2 a	8,1 a
	Deckungsfehlb.		37,6 €/m²	8,0 €/m²			37,6 €/m²	8,0 €/m²			26,6 €/m²	0,4 €/m²	
Niveau		Q _p 100 % Ü 100 % [EnEV 2016]				Q _p 85 % Ü 100 %				Q _p 75 % Ü 85 %			
Erzeuger		Wärmeluft- Erzeuger TOP	Hellstrahler TOP	Dunkelstrahler STANDARD	Dunkelstrahler TOP	Wärmeluft- Erzeuger TOP	Hellstrahler TOP	Dunkelstrahler STANDARD	Dunkelstrahler TOP	Wärmeluft- Erzeuger TOP	Hellstrahler TOP	Dunkelstrahler STANDARD	Dunkelstrahler TOP
Fertigungshalle (dezentrale Erzeuger)	Amortisationsz.	sofort	sofort	sofort	sofort	sofort	sofort	sofort	sofort	1,5 a	sofort	sofort	sofort
	Deckungsfehlb.												

sofort	System weist im Vergleich zum Bezugsfall Gesamt-Minderkosten auf. Gleichzeitig größere Energiekosteneinsparung als Wartungsmehrkosten
Ausf. n. möglich	Niveau kann durch System nicht erreicht werden

Auswertungen zur Preissteigerung EU

Die Auswertungen in Tabelle 7-51 und Tabelle 7-52 ergänzen Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge der gebildeten Erfüllungsoptionen für das Preissteigerungsszenario EU. Auch hier wird auf die Erläuterungen in Abschnitt 7.3.2.1 verwiesen.

Tabelle 7-51: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten (ohne Fertigungshallen), Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung EU

Niveau		Q _p 75 % Ü 80 % [EnEV 2016]				Q _p 65 % Ü 80 %				Q _p 55 % Ü 70 %			
		BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel
1. Wärmeerzeuger													
2. Wärmeerzeuger		Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel
Büro klein, nicht gekühlt	Amortisationsz.	8,0 a	12,6 a	15,6 a	55,5 a	19,7 a	24,5 a	15,6 a	34,1 a	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	15,2 a	38,7 a
	Deckungsfehlb.				8,2 €/m²		10,7 €/m²		12,6 €/m²				41,0 €/m²
Büro groß, gekühlt	Amortisationsz.	14,4 a	k. A.	10,6 a	58,3 a	Ausf. n. möglich	k. A.	32,6 a	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	k. A.	30,3 a	Ausf. n. möglich
	Deckungsfehlb.				13,6 €/m²			28,9 €/m²				30,1 €/m²	
Kindertagesstätte	Amortisationsz.	10,5 a	7,0 a	11,1 a	36,4 a	13,0 a	9,0 a	11,1 a	36,4 a	25,5 a	20,5 a	10,8 a	26,2 a
	Deckungsfehlb.				8,8 €/m²				8,8 €/m²	21,3 €/m²	1,6 €/m²		10,9 €/m²
Schule	Amortisationsz.	3,0 a	k. A.	34,0 a	keine	8,2 a	k. A.	34,0 a	34,6 a	19,4 a	k. A.	30,2 a	42,1 a
	Deckungsfehlb.			12,3 €/m²				12,3 €/m²	8,7 €/m²			10,5 €/m²	30,1 €/m²
Hotel groß, gekühlt	Amortisationsz.	9,1 a	k. A.	keine	keine	Ausf. n. möglich	k. A.	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	k. A.	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich
	Deckungsfehlb.												
Verbrauchermarkt	Amortisationsz.	25,2 a	51,4 a	59,6 a	49,1 a	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich
	Deckungsfehlb.	14,6 €/m²	51,9 €/m²	29,0 €/m²	30,6 €/m²								
Verwaltungsgebäude	Amortisationsz.	sofort	k. A.	> 100 a	sofort	12,0 a	k. A.	64,3 a	35,9 a	19,9 a	k. A.	50,9 a	49,5 a
	Deckungsfehlb.			12,8 €/m²				20,4 €/m²	23,2 €/m²			66,7 €/m²	84,1 €/m²
Schulsporthalle	Amortisationsz.	6,1 a	9,0 a	80,5 a	12,7 a	8,5 a	12,1 a	48,2 a	13,2 a	15,0 a	22,1 a	23,5 a	15,4 a
	Deckungsfehlb.			35,1 €/m²				31,8 €/m²			11,7 €/m²	11,8 €/m²	
Hochschulgebäude	Amortisationsz.	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet
	Deckungsfehlb.												
Shopping-Mall	Amortisationsz.	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet
	Deckungsfehlb.												

keine	keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr
sofort	System weist im Vergleich zum Bezugsfall Gesamt-Minderkosten auf. Gleichzeitig größere Energiekosteneinsparung als Wartungsmehrkosten
Ausf. n. möglich	Niveau kann durch System nicht erreicht werden
k. A.	System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar

Tabelle 7-52: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten (Fertigungshallen), Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung EU

Niveau		Q _p 75 % Ü 80 % [EnEV 2016]				Q _p 65 % Ü 80 %				Q _p 55 % Ü 70 %			
		Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW
Fertigungshalle (zentrale Erzeuger)	1. Wärmeerzeuger												
	2. Wärmeerzeuger	-	-	-	Gas-BW-Kessel	-	-	-	Gas-BW-Kessel	-	-	-	Gas-BW-Kessel
	Amortisationsz.	sofort	45,1 a	17,4 a	5,8 a	Ausf. n. möglich	45,1 a	17,4 a	5,8 a	Ausf. n. möglich	28,6 a	14,6 a	8,0 a
	Deckungsfehlb.		30,8 €/m²				30,8 €/m²				18,0 €/m²		
Niveau		Q _p 100 % Ü 100 % [EnEV 2016]				Q _p 85 % Ü 100 %				Q _p 75 % Ü 85 %			
		Warmluft-Erzeuger TOP	Hellstrahler TOP	Dunkelstrahler STANDARD	Dunkelstrahler TOP	Warmluft-Erzeuger TOP	Hellstrahler TOP	Dunkelstrahler STANDARD	Dunkelstrahler TOP	Warmluft-Erzeuger TOP	Hellstrahler TOP	Dunkelstrahler STANDARD	Dunkelstrahler TOP
Fertigungshalle (dezentrale Erzeuger)	Amortisationsz.	sofort	sofort	sofort	sofort	sofort	sofort	sofort	sofort	1,2 a	sofort	sofort	sofort
	Deckungsfehlb.												

sofort	System weist im Vergleich zum Bezugsfall Gesamt-Minderkosten auf. Gleichzeitig größere Energiekosteneinsparung als Wartungsmehrkosten
Ausf. n. möglich	Niveau kann durch System nicht erreicht werden

7.4 Auswertungen zu Nichtwohngebäuden unter Einbeziehung der vorgesehenen Flexibilisierungsoptionen bzw. zur Anwendung des § 5 der EnEV 2014

7.4.1 Erläuterungen zur Vorgehensweise

In dem Entwurf des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) [2] ist die primärenergetische Berücksichtigung in der Energiebilanz in § 25 wie bei den Wohngebäuden durch Anrechnung eines primärenergetischen Bonus vorgesehen, wenn die Energienutzung für Heizung die Nutzung von Strom für Lüftung, Kühlung, Beleuchtung und Warmwasserbereitung überwiegt. Diese Regelung ist wie folgt:

- für Anlagen ohne elektrischen Speicher:
Bonus in Höhe von 150 kWh/a je kW_{peak} zuzüglich dem 0,7-fachen des Strombedarfs bis zu einer maximalen Höhe des Bonus von 20 % des berechneten Primärenergiebedarfs ohne PV
- für Anlagen mit elektrischem Speicher:
primärenergetischer Bonus in Höhe von 200 kWh/a je kW_{peak} zuzüglich dem 1,0-fachen des Strombedarfs bis zu einer maximalen Höhe des Bonus von 25 % des berechneten Primärenergiebedarfs ohne PV

Wenn hingegen die Nutzung von Strom für Lüftung, Kühlung, Beleuchtung und Warmwasserbereitung die Energienutzung für die Beheizung überwiegt, ist die Anwendung der in § 5 der EnEV vorgesehenen Bilanzierung vorgesehen. Die Auswertungen hierzu sind diesem Bericht in Anhang B, Abschnitt 14.2.1, beigefügt. Diese Auswertungen stellen die Endenergiebedarfe sowie deren Anteile für die berechneten Varianten differenziert dar. Hieraus abgeleitet werden die Anwendbarkeit der Bonusregelung bzw. die Notwendigkeit, die Bilanzierung nach § 5 der EnEV durchzuführen. Die Ermittlung der sich fallweise infolge der Anwendung der Bonusregelung ergebenden Bonushöhen ist in Anhang B Abschnitt 14.2.2 dokumentiert. Die Ermittlung der Bonushöhe auf Basis oben beschriebener Berechnungsvorschriften erfolgt dabei getrennt für eine Ausführung ohne und mit elektrischem Speicher. Hierbei wird für sämtliche Gebäude eine spezifische nettogrundflächenbezogene PV-Anlagengröße von 0,03 kW_p/m² angenommen. In Abschnitt 7.4.2 folgt eine Gegenüberstellung der Bonushöhen nach Anwendung der Bonusregelung gegenüber einer für alle Varianten durchgeführten Bilanzierung nach § 5 der EnEV.

Abschließend folgt in Abschnitt 0 die Darstellung der Ergebnisse einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unter Einbeziehung einer Ausstattung aller Gebäude mit PV-Anlagen sowie mit PV-Anlagen und elektrischen Speicher. Ausgangsvarianten zur Bildung der PV-Varianten sind dabei jeweils die Erfüllungsoptionen, die ohne PV für das Niveau QP75 Ü80 gebildet wurden. Unter Beibehaltung dieser Ausführungen werden alle Gebäude zusätzlich mit einer PV-Anlage bzw. mit einer PV-Anlagen und elektrischem Speicher ausgestattet. Die gebildeten Varianten führen hiernach zu einer Übererfüllung der QP75-Anforderung. „Erleichterungen“ der baulichen oder anlagentechnischen Ausführungen, die infolge dieser Übererfüllung abgebildet werden könnten, sind in den Auswertungen demgemäß nicht enthalten. Die Wirtschaftlichkeitsbewertung lässt daher eine Aussage zur Auswirkung auf die Wirtschaftlichkeit zu, die sich allein aus der zusätzlichen Ausstattung der Gebäude mit PV-Anlagen ergibt. Zusätzliche Auswertungen, die explizit die Anwendung der Flexibilisierungsoption und entsprechende „Erleichterungen“ hinsichtlich der baulichen bzw. anlagentechnischen Erfüllungsoptionen abbilden und

hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit bewerten, müssten im Rahmen einer gesonderten Untersuchung durchgeführt werden.

7.4.2 Anwendung der PV-Bonusregelung und des § 5 EnEV 2014 im Vergleich

Anhand der Auswertungen in Tabelle 7-53 bis Tabelle 7-64 erfolgt für das gegenwärtige Anforderungsniveau QP75 Ü80 die Gegenüberstellung der Anwendung der PV-Bonusregelung zur Anwendung des § 5 der EnEV. Varianten, für welchen die Anwendung der PV-Bonusregelung nicht zulässige ist, enthalten jeweils nur Informationen zur Anwendung des § 5 der EnEV. Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass bei der Anwendung der Regelungen nach § 5 der EnEV nicht in Bezug auf das Vorhandensein eines elektrischen Speichers differenziert wird.

Tabelle 7-53: Anwendung PV-Bonusregelung und § 5 EnEV 2014 im Vergleich, Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Büro klein

Büro klein	anwendb. PV-Bonus ohne Speicher	% von Q _{p, Variante}	% von Q _{p, Ref.2014}	anwendb. PV-Bonus mit Speicher	% von Q _{p, Variante}	% von Q _{p, Ref.2014}	Anwend. § 5, Reduktion Q _e	Anwend. § 5, Reduktion Q _p	% von Q _{p, Variante}	% von Q _{p, Ref.2014}
	[kWh/a]	[%]	[%]	[kWh/a]	[%]	[%]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[%]
Referenz EnEV 2014	29.128	12%	12%	40.893	18%	18%				
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	28.971	17%	12%	40.669	23%	17%	22.955	41.319	24%	18%
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	28.971	17%	12%	40.669	23%	17%	24.864	44.755	26%	19%
QP75 Ü80 WP Sole	28.971	24%	12%	40.669	34%	17%	24.649	44.368	37%	19%
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	28.971	18%	12%	40.669	25%	17%	23.032	41.457	25%	18%

Aus den Auswertungen für das kleine Büro in Tabelle 7-53 geht hervor, dass die Anwendung der § 5-Regelung bezüglich der primärenergetischen Anrechenbarkeit des PV-Stroms in etwa der nach Anwendung der PV-Bonusregelung für den Fall mit elektrischem Speicher entspricht. Bezogen auf den Primärenergiebedarf der Referenzausführung liegt der nach § 5 anrechenbare Anteil zwischen 18 und 19 %. Demgegenüber entspricht die anrechenbare Bonushöhe bei Ausführung mit elektrischem Speicher 17 % des Primärenergiebedarfs der Referenzausführung. Bei einer Ausführung ohne elektrischen Speicher ergibt sich aus der Anwendung der Bonusregelung ein primärenergetisch anrechenbarer Anteil in Höhe von 12 %.

Tabelle 7-54: Anwendung PV-Bonusregelung und § 5 EnEV 2014 im Vergleich, Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Büro groß

Büro groß	anwendb. PV-Bonus ohne Speicher	% von Q _{p, Variante}	% von Q _{p, Ref.2014}	anwendb. PV-Bonus mit Speicher	% von Q _{p, Variante}	% von Q _{p, Ref.2014}	Anwend. § 5, Reduktion Q _e	Anwend. § 5, Reduktion Q _p	% von Q _{p, Variante}	% von Q _{p, Ref.2014}
	[kWh/a]	[%]	[%]	[kWh/a]	[%]	[%]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[%]
Referenz EnEV 2014	144.814	15%	15%	181.018	19%	19%				
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	144.814	20%	15%	181.018	25%	19%	143.377	258.078	36%	27%
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW							143.377	258.078	36%	27%
QP75 Ü80 WP Sole							121.421	218.558	38%	23%
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	144.814	20%	15%	181.018	25%	19%	142.047	255.685	35%	26%

Für das große Büro zeigen die Ergebnisse in Tabelle 7-54, dass eine Anwendbarkeit der Bonusregelung hier nur für die anlagentechnischen Ausführungen BHKW/GasBW sowie Pellet/GasBW gegeben ist. Für diese Fälle ergibt sich aus der Anwendung der Bonusregelung eine deutlich geringere primärenergetische Anrechenbarkeit (15 % ohne Speicher, 19 % mit Speicher) gegenüber der § 5-Regelung (26 % und 27 %).

Tabelle 7-55: Anwendung PV-Bonusregelung und § 5 EnEV 2014 im Vergleich, Varianten zum Niveau QP75 Ü80, KiTa

KiTa	anwendb. PV-Bonus ohne Speicher [kWh/a]	% von Q _{p, Variante} [%]	% von Q _{p, Ref.2014} [%]	anwendb. PV-Bonus mit Speicher [kWh/a]	% von Q _{p, Variante} [%]	% von Q _{p, Ref.2014} [%]	Anwend. § 5, Reduktion Q _e [kWh/a]	Anwend. § 5, Reduktion Q _p [kWh/a]	% von Q _{p, Variante} [%]	% von Q _{p, Ref.2014} [%]
Referenz EnEV 2014	10.708	8%	8%	14.886	11%	11%				
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	10.708	11%	8%	14.886	15%	11%	7.959	14.327	14%	10%
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	10.708	11%	8%	14.886	15%	11%	11.939	21.310	21%	15%
QP75 Ü80 WP Sole	10.708	19%	8%	14.886	27%	11%	11.395	20.512	37%	15%
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	10.708	12%	8%	14.886	17%	11%	8.222	14.800	17%	11%

Im Fall der KiTa ergeben sich gemäß Auswertung in Tabelle 7-55 Bewertungen ähnlich wie bei dem kleinen Büro: die anrechenbaren primärenergetischen Anteile des PV-Stroms entsprechen bei Anwendung der § 5-Regelung (11 bis 15 %) in etwa dem nach Anwendung der Bonusregelung für den Fall mit elektrischem Speicher (11 %) anrechenbaren Anteil. Bei den Wärmepumpenvarianten resultieren aus der Anwendung der § 5-Regelung leicht höhere anrechenbare Anteile (15 %).

Tabelle 7-56: Anwendung PV-Bonusregelung und § 5 EnEV 2014 im Vergleich, Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Schule

Schule	anwendb. PV-Bonus ohne Speicher [kWh/a]	% von Q _{p, Variante} [%]	% von Q _{p, Ref.2014} [%]	anwendb. PV-Bonus mit Speicher [kWh/a]	% von Q _{p, Variante} [%]	% von Q _{p, Ref.2014} [%]	Anwend. § 5, Reduktion Q _e [kWh/a]	Anwend. § 5, Reduktion Q _p [kWh/a]	% von Q _{p, Variante} [%]	% von Q _{p, Ref.2014} [%]
Referenz EnEV 2014	124.727	15%	15%	155.909	19%	19%				
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	124.727	20%	15%	155.909	25%	19%	103.955	187.119	30%	23%
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	124.727	20%	15%	155.909	25%	19%	109.019	196.235	31%	24%
QP75 Ü80 WP Sole							116.329	209.391	47%	25%
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	124.727	20%	15%	155.909	25%	19%	104.656	188.380	30%	23%

Aufgrund des nicht überwiegenden (End-) Energiebedarfsanteils für Heizen kann die PV-Bonusregelung im Fall der Schule bei Ausstattung mit einer Sole-Wärmepumpe nicht zur Anwendung kommen. Nach Tabelle 7-56 ergibt sich aus der für diese Fälle vorgesehenen Anwendung der § 5-Regelung ein anrechenbarer primärenergetischer Anteil von 25 % bezogen auf den Primärenergiebedarf der Referenzausführung. Für die übrigen Erfüllungsoptionen, bei denen die PV-Bonusregelung vorgesehen ist, würden die anrechenbaren Anteile nach § 5 mit 23 % und 24 % höher ausfallen als nach Anwendung der Bonusregelung (mit Speicher: 19 %, ohne Speicher: 15 %). Für diese Fälle stellt sich die Anwendung der PV-Bonusregelung im Vergleich zur Anwendung der §5-Regelung also nachteilig dar, da die Differenz in der primärenergetischen Anrechenbarkeit durch andere Maßnahmen kompensiert werden muss.

Tabelle 7-57: Anwendung PV-Bonusregelung und § 5 EnEV 2014 im Vergleich, Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Hotel

Hotel	anwendb. PV-Bonus ohne Speicher [kWh/a]	% von Q _{p, Variante} [%]	% von Q _{p, Ref.2014} [%]	anwendb. PV-Bonus mit Speicher [kWh/a]	% von Q _{p, Variante} [%]	% von Q _{p, Ref.2014} [%]	Anwend. § 5, Reduktion Q _e [kWh/a]	Anwend. § 5, Reduktion Q _p [kWh/a]	% von Q _{p, Variante} [%]	% von Q _{p, Ref.2014} [%]
Referenz EnEV 2014	220.768	15%	15%	275.960	19%	19%				
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	220.768	20%	15%	275.960	25%	19%	185.051	333.091	30%	23%
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW							200.685	361.233	31%	25%
QP75 Ü80 WP Sole / GasBW							197.278	355.101	32%	24%
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	220.768	20%	15%	275.960	25%	19%	190.196	342.352	31%	23%

Die primärenergetische Anrechenbarkeit von PV-Strom ist im Fall des Hotels nach Tabelle 7-57 vergleichbar mit den Auswertungen des großen Büros (Nichtanwendbarkeit der PV-Bonusregelung auf die Wärmepumpenvarianten. Für die Varianten BHKW/GasBW und Pellet/GasBW mit, für welche die PV-Bonusregelung vorgesehen ist, würde die Anwendung der § 5-Regelung zu einem primärenergetisch anrechenbaren Anteil von 23 % führen. Demgegenüber ergibt die Anwendung der Bonusregelung für diese beiden Varianten der Wärmeerzeugung primärenergetisch anrechenbare Anteile von 15 % bei Ausführung ohne elektrischen Speicher und 19 % mit elektrischem Speicher. Bei den

Wärmepumpenvarianten, für die die PV-Bonusregelung nicht infrage kommt, liegen die anrechenbaren Anteile bei Anwendung der § 5-Regelung bei 24 bzw. 25 % bezogen auf den Primärenergiebedarf der Referenz.

Tabelle 7-58: Anwendung PV-Bonusregelung und § 5 EnEV 2014 im Vergleich, Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Verbrauchermarkt

Verbrauchermarkt	anwendb. PV-Bonus ohne Speicher [kWh/a]	% von Q _{p, Variante} [%]	% von Q _{p, Ref. 2014} [%]	anwendb. PV-Bonus mit Speicher [kWh/a]	% von Q _{p, Variante} [%]	% von Q _{p, Ref. 2014} [%]	Anwend. § 5, Reduktion Q _e [kWh/a]	Anwend. § 5, Reduktion Q _p [kWh/a]	% von Q _{p, Variante} [%]	% von Q _{p, Ref. 2014} [%]
Referenz EnEV 2014	40.219	15%	15%	50.274	19%	19%				
QP75 Ü80 BHKW / GasBW							52.297	94.134	47%	35%
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW							53.724	96.703	48%	36%
QP75 Ü80 WP Sole							53.158	95.684	48%	36%
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	40.219	20%	15%	50.274	25%	19%	52.610	94.697	47%	35%

Nutzungsbedingt ergeben sich im Fall des Verbrauchermarktes vergleichsweise hohe Bedarfsanteile für die Kühlung, Lüftung und Beleuchtung. Die Anwendbarkeit der Bonusregelung ist dabei nach Tabelle 7-58 nur für die anlagentechnische Variante Pellet/GasBW gegeben. Hier liegen die anrechenbaren Anteile bei Anwendung der Bonusregelung mit 15 % ohne elektrischen Speicher sowie 19 % mit elektrischem Speicher deutlich unter dem nach § 5 anrechenbaren Anteil, der bei 35 % liegen würde.

Tabelle 7-59: Anwendung PV-Bonusregelung und § 5 EnEV 2014 im Vergleich, Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Fertigungshalle (zentral)

Fertigungshalle (zentral)	anwendb. PV-Bonus ohne Speicher [kWh/a]	% von Q _{p, Variante} [%]	% von Q _{p, Ref. 2014} [%]	anwendb. PV-Bonus mit Speicher [kWh/a]	% von Q _{p, Variante} [%]	% von Q _{p, Ref. 2014} [%]	Anwend. § 5, Reduktion Q _e [kWh/a]	Anwend. § 5, Reduktion Q _p [kWh/a]	% von Q _{p, Variante} [%]	% von Q _{p, Ref. 2014} [%]
Referenz EnEV 2014	38.083	14%	14%	50.045	19%	19%				
QP75 Ü80 GasBW + LH	38.083	19%	14%	50.045	25%	19%				
QP75 Ü80 Pellet + DSP	38.083	35%	14%	50.045	47%	19%				
QP75 Ü80 WP Sole + LH	38.083	25%	14%	50.045	33%	19%				
QP75 Ü80 BHKW / GasBW + DSP	38.083	24%	14%	50.045	32%	19%				

Tabelle 7-60: Anwendung PV-Bonusregelung und § 5 EnEV 2014 im Vergleich, Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Fertigungshalle (dezentral)

Fertigungshalle (dezentral)	anwendb. PV-Bonus ohne Speicher [kWh/a]	% von Q _{p, Variante} [%]	% von Q _{p, Ref. 2014} [%]	anwendb. PV-Bonus mit Speicher [kWh/a]	% von Q _{p, Variante} [%]	% von Q _{p, Ref. 2014} [%]	Anwend. § 5, Reduktion Q _e [kWh/a]	Anwend. § 5, Reduktion Q _p [kWh/a]	% von Q _{p, Variante} [%]	% von Q _{p, Ref. 2014} [%]
Referenz EnEV 2014	38.083	14%	14%	50.045	19%	19%				
QP100 Ü100 WLE opt. TOP	35.316	14%	13%	49.466	19%	19%				
QP100 Ü100 Hellstrahler TOP	35.316	14%	13%	49.466	20%	19%				
QP100 Ü100 Dunkelstrahler STD	35.316	14%	13%	49.466	20%	19%				
QP100 Ü100 Dunkelstrahler TOP	35.316	15%	13%	49.466	21%	19%				

Im Fall der beiden Fertigungshallen, deren Auswertungen in Tabelle 7-59 und Tabelle 7-60 aufgeführt sind, liegen die monatlichen Strombedarfe nicht vor, die für eine Anwendung der § 5-Regelung erforderlich wären. Für sämtliche Varianten überwiegt hier der Energiebedarf für Heizen, wofür die Anwendung der PV-Bonusregelung vorgesehen ist. Es ergeben sich anrechenbare primärenergetische Anteile von 13 % ohne elektrischen Speicher und 19 % mit elektrischem Speicher.

Tabelle 7-61: Anwendung PV-Bonusregelung und § 5 EnEV 2014 im Vergleich, Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Verwaltungsgebäude

Verwaltungsgebäude	anwendb. PV-Bonus ohne Speicher [kWh/a]	% von Q _{p, Variante} [%]	% von Q _{p, Ref. 2014} [%]	anwendb. PV-Bonus mit Speicher [kWh/a]	% von Q _{p, Variante} [%]	% von Q _{p, Ref. 2014} [%]	Anwend. § 5, Reduktion Q _e [kWh/a]	Anwend. § 5, Reduktion Q _p [kWh/a]	% von Q _{p, Variante} [%]	% von Q _{p, Ref. 2014} [%]
Referenz EnEV 2014	125.470	15%	15%	156.837	19%	19%				
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	125.470	20%	15%	156.837	25%	19%	107.723	193.902	31%	23%
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	125.470	20%	15%	156.837	25%	19%	106.982	192.567	31%	23%
QP75 Ü80 WP Sole							112.890	203.201	35%	24%
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	125.470	20%	15%	156.837	25%	19%	103.361	186.050	30%	22%

Mit Ausnahme der Sole-Wärmepumpe ist im Fall des Verwaltungsgebäudes die PV-Bonusregelung anzuwenden. Dabei ergeben sich ohne elektrischen Speicher 15 % und mit elektrischem Speicher 19 % anrechenbarer Anteil bezogen auf den Primärenergiebedarf der Referenzausführung. Für die Sole-Wärmepumpe liegt der nach § 5 anrechenbare primärenergetische Anteile gemäß Tabelle 7-61 bei 24 %. Eine Anwendung des §5 für die Fälle, auf welchen die PV-Bonusregelung anzuwenden ist, ergäbe anrechenbare Anteile von 22 % bzw. 23 %.

Tabelle 7-62: Anwendung PV-Bonusregelung und § 5 EnEV 2014 im Vergleich, Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Sporthalle

Schulsporthalle	anwendb. PV-Bonus ohne Speicher	% von Q _{p, Variante}	% von Q _{p, Ref.2014}	anwendb. PV-Bonus mit Speicher	% von Q _{p, Variante}	% von Q _{p, Ref.2014}	Anwend. § 5, Reduktion Q _e	Anwend. § 5, Reduktion Q _p	% von Q _{p, Variante}	% von Q _{p, Ref.2014}
	[kWh/a]	[%]	[%]	[kWh/a]	[%]	[%]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[%]
Referenz EnEV 2014	26.145	12%	12%	36.858	17%	17%				
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	24.232	15%	11%	34.125	21%	15%	19.030	34.254	21%	15%
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	24.232	15%	11%	34.126	21%	15%	20.921	37.658	23%	17%
QP75 Ü80 WP Sole	24.232	16%	11%	34.126	23%	15%	21.017	37.830	26%	17%
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	24.232	16%	11%	34.126	22%	15%	19.099	34.378	22%	15%

Im Fall der Sporthalle würden sich nach Tabelle 7-62 bei Anwendung der § 5-Regelung primärenergetisch anrechenbare Anteile zwischen 15 % und 17 % ergeben. Die aufgrund des überwiegenden Energiebedarfs für Heizen vorgesehene Anwendung der PV-Bonusregelung führt zu anrechenbaren Anteilen bei Ausführung mit elektrischem Speicher von 15 %, was in etwa der Anwendung der § 5-Regelung entspricht. Bei Ausführung ohne elektrischen Speicher ergeben sich aus der Anwendung der PV-Bonusregelung anrechenbare Anteile in Höhe von 11 %.

Tabelle 7-63: Anwendung PV-Bonusregelung und § 5 EnEV 2014 im Vergleich, Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Hochschulgebäude

Hochschulgebäude	anwendb. PV-Bonus ohne Speicher	% von Q _{p, Variante}	% von Q _{p, Ref.2014}	anwendb. PV-Bonus mit Speicher	% von Q _{p, Variante}	% von Q _{p, Ref.2014}	Anwend. § 5, Reduktion Q _e	Anwend. § 5, Reduktion Q _p	% von Q _{p, Variante}	% von Q _{p, Ref.2014}
	[kWh/a]	[%]	[%]	[kWh/a]	[%]	[%]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[%]
Referenz EnEV 2014										
QP75 Ü80 BHKW / GasBW							155.166	279.299	44%	35%

Tabelle 7-64: Anwendung PV-Bonusregelung und § 5 EnEV 2014 im Vergleich, Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Shopping-Mall

Shopping Mall	anwendb. PV-Bonus ohne Speicher	% von Q _{p, Variante}	% von Q _{p, Ref.2014}	anwendb. PV-Bonus mit Speicher	% von Q _{p, Variante}	% von Q _{p, Ref.2014}	Anwend. § 5, Reduktion Q _e	Anwend. § 5, Reduktion Q _p	% von Q _{p, Variante}	% von Q _{p, Ref.2014}
	[kWh/a]	[%]	[%]	[kWh/a]	[%]	[%]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[%]
Referenz EnEV 2014										
QP75 Ü80 BHKW / GasBW							1.145.244	2.061.439	35%	30%

Die Auswertungen in Tabelle 7-63 und Tabelle 7-64 zeigen, dass die Anwendung der § 5-Regelung bei dem Hochschulgebäude 35 % und bei der Shopping-Mall 30 % anrechenbaren Primärenergiebedarf bringen. Unter Berücksichtigung einer PV-Anlage wäre somit eine Erfüllungsoption für das Niveau QP75 Ü80 ohne weitere Veränderungen der Referenzausführung nach EnEV 2014 beschrieben.

Im nächsten Abschnitt folgt die Auswertung zur Wirtschaftlichkeit der Nichtwohngebäude bei zusätzlicher Ausstattung der bislang betrachteten Varianten mit PV sowie mit PV und elektrischem Speicher.

7.4.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Ausführungen mit PV-Anlage

Die Wirtschaftlichkeitsbewertung von PV-Anlagen bei Nichtwohngebäuden wird auf Basis folgender Grundlagen vorgenommen:

- PV-Installation $0,03 \text{ kW}_p/\text{m}^2 A_N$
- Deckungsanteil Strombedarf ohne Speicher: 35 % (Wärmepumpensysteme 17,5 %)
- Deckungsanteil Strombedarf mit Speicher: 65 % (Wärmepumpensysteme 32,5 %)

Für die im Weiteren dargestellten Ergebnisse der Varianten mit PV sowie mit PV und elektrischem Speicher wurde die bauliche und anlagentechnische Ausführung wie für die Erfüllungsoption ohne PV zugrunde gelegt. Die Veränderungen in den Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträgen ergeben sich insofern allein durch die Ausstattung aller Varianten mit einer PV-Anlage der Größe $0,03 \text{ kW}_p/\text{m}^2 A_N$ sowie den daraus resultierenden Erhöhungen der kapitalgebundenen und betriebsbedingten Kosten und den Einsparungen der bedarfsbedingten Kosten durch Eigennutzung und Einspeisung. Die Auswertung in Tabelle 7-65 stellt im linken Teil die Ergebnisse ohne PV, im mittleren Teil mit PV und im rechten Teil mit PV und elektrischem Speicher dar.

Tabelle 7-65: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau QP75 Ü80 bei Ausführung ohne PV (links), mit PV (Mitte) und mit PV und elektrischem Speicher (rechts). Preissteigerung Bundesregierung

Niveau		Q _p 75 % Ü 80 % [EnEV 2016]				Q _p 75 % Ü 80 % +PV				Q _p 75 % Ü 80 % +PV+Speicher			
1. Wärmeerzeuger		BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel
2. Wärmeerzeuger		Gas-BW- Kessel	Gas-BW- Kessel	nur Hotel: Gas-BW- Kessel	Gas-BW- Kessel	Gas-BW- Kessel	Gas-BW- Kessel	nur Hotel: Gas-BW- Kessel	Gas-BW- Kessel	Gas-BW- Kessel	Gas-BW- Kessel	nur Hotel: Gas-BW- Kessel	Gas-BW- Kessel
Büro klein, nicht gekühlt	Amortisationsz.	8,1 a	19,2 a	23,2 a	> 100 a	9,6 a	19,9 a	23,3 a	16,6 a	10,1 a	24,1 a	26,4 a	16,0 a
	Deckungsfehlb.			5,3 €/m²	11,0 €/m²			8,9 €/m²			9,2 €/m²	19,7 €/m²	
Büro groß, gekühlt	Amortisationsz.	15,0 a	k. A.	14,7 a	99,7 a	10,8 a	k. A.	11,0 a	12,2 a	10,9 a	k. A.	14,3 a	12,0 a
	Deckungsfehlb.				16,5 €/m²								
Kindertagesstätte	Amortisationsz.	10,8 a	10,3 a	15,3 a	59,2 a	11,9 a	15,7 a	18,0 a	19,1 a	12,6 a	20,6 a	21,7 a	19,7 a
	Deckungsfehlb.				12,9 €/m²						1,4 €/m²	6,8 €/m²	
Schule	Amortisationsz.	2,9 a	k. A.	63,7 a	keine	5,5 a	k. A.	24,0 a	14,9 a	6,0 a	k. A.	25,9 a	14,2 a
	Deckungsfehlb.			20,5 €/m²				7,8 €/m²				12,6 €/m²	
Hotel groß, gekühlt	Amortisationsz.	9,2 a	k. A.	keine	keine	8,7 a	k. A.	> 100 a	> 100 a	9,0 a	k. A.	95,0 a	55,2 a
	Deckungsfehlb.							88,8 €/m²	63,2 €/m²			95,8 €/m²	56,2 €/m²
Verbrauchermarkt	Amortisationsz.	27,1 a	63,8 a	> 100 a	59,2 a	16,1 a	31,9 a	29,8 a	18,2 a	15,4 a	33,5 a	32,5 a	16,7 a
	Deckungsfehlb.	18,6 €/m²	58,3 €/m²	36,9 €/m²	34,1 €/m²		40,4 €/m²	22,0 €/m²			50,7 €/m²	33,6 €/m²	
Verwaltungsgebäude	Amortisationsz.	sofort	k. A.	keine	sofort	0,6 a	k. A.	17,8 a	5,1 a	2,0 a	k. A.	23,4 a	6,8 a
	Deckungsfehlb.											7,5 €/m²	
Schulsporthalle	Amortisationsz.	6,3 a	12,8 a	keine	15,6 a	7,5 a	15,0 a	88,4 a	10,5 a	8,6 a	21,2 a	94,8 a	11,9 a
	Deckungsfehlb.							56,9 €/m²			3,8 €/m²	82,5 €/m²	
Hochschulgebäude	Amortisationsz.	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	17,4 a	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	16,3 a	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet
	Deckungsfehlb.												
Shopping-Mall	Amortisationsz.	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	13,4 a	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	12,9 a	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet
	Deckungsfehlb.												

Ob sich im Fall der betrachteten Nichtwohngebäude die zusätzliche Berücksichtigung einer PV-Anlage bzw. einer PV-Anlage mit elektrischem Speicher positiv oder negativ auf die Wirtschaftlichkeit auswirkt, hängt von der Höhe des gebäude- bzw. variantenspezifischen Strombedarfs ab. Die in Tabelle 7-65 ausgewiesenen Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge erhöhen sich im Fall derjenigen

Gebäude, bei denen ein vergleichsweise geringer Strombedarf vorhanden ist und deshalb ein großer Anteil der Erträge in die Einspeisung fließt. Die Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge verringern sich hingegen bei Gebäuden mit vergleichsweise hohem Strombedarf, da entsprechend hohe Anteile der Erträge in die Eigennutzung fließen und hierdurch Einspeisung bzw. Netzbezug vermieden wird.

8 Beschreibung neuer Referenzgebäude

Das Ziel der in diesem Abschnitt dokumentierten Untersuchungen ist die Entwicklung baubarer Referenzausführungen für das gemäß EnEV 2014 seit dem 1.1.2016 geltende Anforderungsniveau. Gegenwärtig ergibt sich sowohl für Wohngebäude als auch für Nichtwohngebäude der primärenergetische Anforderungswert aus dem Primärenergiebedarf der Referenzausführung nach EnEV 2014, multipliziert mit dem Faktor 0,75. Zur Anforderungserfüllung besteht somit die Notwendigkeit, gegenüber der Referenzausführung primärenergetische Einsparungen in Höhe von 25 % zu erreichen. Je nach anteiliger Zusammensetzung des Gesamtenergiebedarfs sind die für das Erreichen dieser Zielvorgabe erforderlichen Maßnahmen sehr unterschiedlich. So haben Änderungen der baulichen Qualitäten einen vergleichsweise kleinen Einfluss auf den Primärenergiebedarf des Gebäudes, wenn der Nutzenergiebedarf Heizen, auf den sich Veränderungen in der baulichen Qualität in erster Linie auswirken, z.B. aufgrund eines günstigen A/V_e-Verhältnisses bei kompakten Gebäuden, einen geringen Anteil am Gesamt-Primärenergiebedarf ausmacht. Besonders bei Nichtwohngebäuden ist dies von besonderer Bedeutung, da hier schon aufgrund des Bilanzanteils für Beleuchtung der „Hebel“ einer Veränderung der baulichen Qualität bezüglich der Verringerung des Primärenergiebedarfs kürzer ist.

8.1 Wohngebäude

8.1.1 Vorbemerkungen

Die für die Untersuchungen im Rahmen der Projektbearbeitung zugrunde gelegten Gebäude der Modellgebäudetypologie [28] wurden für die Entwicklung baubarer Referenzausführungen wie im Folgenden beschrieben modifiziert/erweitert:

- ergänzend zu den bisherigen Berechnungen der Modellgebäude wurde eine Betrachtung unter zusätzlicher Variation der Fensterflächenanteile durchgeführt
- Auswertung/Variantenbildung für jedes Gebäude für grundflächenbezogene Fensterflächenanteile von 10, 20, 30 und 40 %

Für jedes Gebäude der Modellgebäudetypologie werden zunächst Erfüllungsoptionen für das gegenwärtige Anforderungsniveau QP75 HT100 für die in Tabelle 8-1 beschriebenen 4 „Grundkonfigurationen“ gebildet. Hierbei wird hinsichtlich einer möglichen der Ausführung der Fenster in einer aus den Berechnungen abzuleitenden baubaren Referenzausführung unterschieden zwischen:

- Fenster wie in bisheriger Referenzausführung nach EnEV 2014 mit $U_w = 1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ und $g = 0,60$
- Fenster mit $U_w = 1,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ und $g = 0,50$

Anlagentechnische Varianten werden unterschieden nach:

- Beibehaltung der Abluftanlage wie in der Referenz 2014, jedoch mit Solarthermie Heizung + Trinkwarmwasser
- Beibehaltung der Solarthermie Trinkwarmwasser, jedoch mit Zu-/Abluftanlage mit 80 % Wärmerückgewinnung

Tabelle 8-1: Variantenbildung für die Erfüllungsoptionen

	Fenster	Solarthermie	Lüftung	Bezeichnung
1.1	U = 1,3 W/(m²K) g = 0,60	Trinkwasser + Heizung	Abluft	V00-130-060 (solare RH)
1.2		Trinkwasser	Zu-/Abluft mit 80 % WRG	V00-130-060 (WRG)
2.1	U = 1,1 W/(m²K) g = 0,50	Trinkwasser + Heizung	Abluft	Vneu-110-050 (solare RH)
2.2		Trinkwasser	Zu-/Abluft mit 80 % WRG	Vneu-110-050 (WRG)

Für die vorbeschriebenen Grundkonfigurationen werden durch Anpassung der wärmeschutztechnischen Qualitäten der Bauteile in einem ersten Schritt jeweils Erfüllungsoptionen gebildet, mit denen variantenspezifisch jeweils die Erfüllung der aktuellen Anforderungen erreicht wird. Dabei wird in allen Fällen von dem Gas-Brennwertkessel als Wärmeerzeuger ausgegangen. Die Ergebnisse dieser Auswertungen folgten in Abschnitt 8.1.2.

Ausgehend von diesen gebäudespezifischen Erfüllungsoptionen werden in einem weiteren Schritt jeweils die baulichen Qualitäten abgeleitet, mit denen im Mittel über alle betrachteten Gebäude und Fensterflächenanteile die geforderte 25 prozentige Unterschreitung des Primärenergiebedarfs der Referenzausführung nach EnEV 2014 erreicht wird. Für jede der in Tabelle 8-1 benannten Grundkonfigurationen resultiert somit ein U-Wert-Satz (vgl. Tabelle 8-2), der im Mittel zur Anforderungserfüllung für das Niveau QP75 HT100 führt. Die Auswertungen dazu sind in Abschnitt 8.1.3 enthalten.

Die aus den Erfüllungsoptionen abgeleiteten U-Werte-Kombinationen für die vier Grundkonfigurationen werden in einem weiteren Berechnungsschritt als bauliche Qualitäten aller Gebäudemodelle zugrunde gelegt, um die gebäudespezifisch für diese Konfigurationen erreichten Primärenergiebedarfe zu bestimmen und ins Verhältnis zu dem Primärenergiebedarf der jeweils zugehörigen Referenzausführung nach EnEV 2014 zu setzen. Diese Auswertungen ermöglichen variantenspezifische Aussagen zur prozentualen Unterschreitung des Primärenergiebedarfs der Referenzausführung 2014. Bedingt durch die Mittelwertbildung bei den U-Werten ergeben sich hier fallweise Über- oder Untererfüllungen des 25 %-Unterschreitungsziels.

Eine zusammenfassende Darstellung der Ausarbeitung zu möglichen baubaren Referenzausführungen erfolgt in Abschnitt 8.1.4.

8.1.2 Auswertung der gebäudespezifischen Erfüllungsoptionen für das gegenwärtige Anforderungsniveau QP75 HT100

Die Darstellungen in Bild 8-1 zeigen am Beispiel des kleinen Einfamilienhauses (ohne Keller) die Ergebnisse der Variantenbildung für die Erfüllungsoptionen zum Niveau QP75 HT100. Die Bezeichnungen in der Legende sind wie folgt zu verstehen:

- U_Wand steht für den U-Wert der Außenwände
- U_Dach steht für den oberen Gebäudeabschluss, also für den U-Wert der Dachflächen, der obersten Geschossdecken sowie ggf. vorhandenen Kehlbalkenlagen.
- U_Keller steht für den unteren Gebäudeabschluss, also für den U-Wert von erdberührten Bauteilen sowie Kellerdecken zum unbeheizten Keller.

Für alle weiteren Gebäude erfolgt die Darstellung der Ergebnisse der Variantenbildung in Anhang D, Abschnitt 16.1.

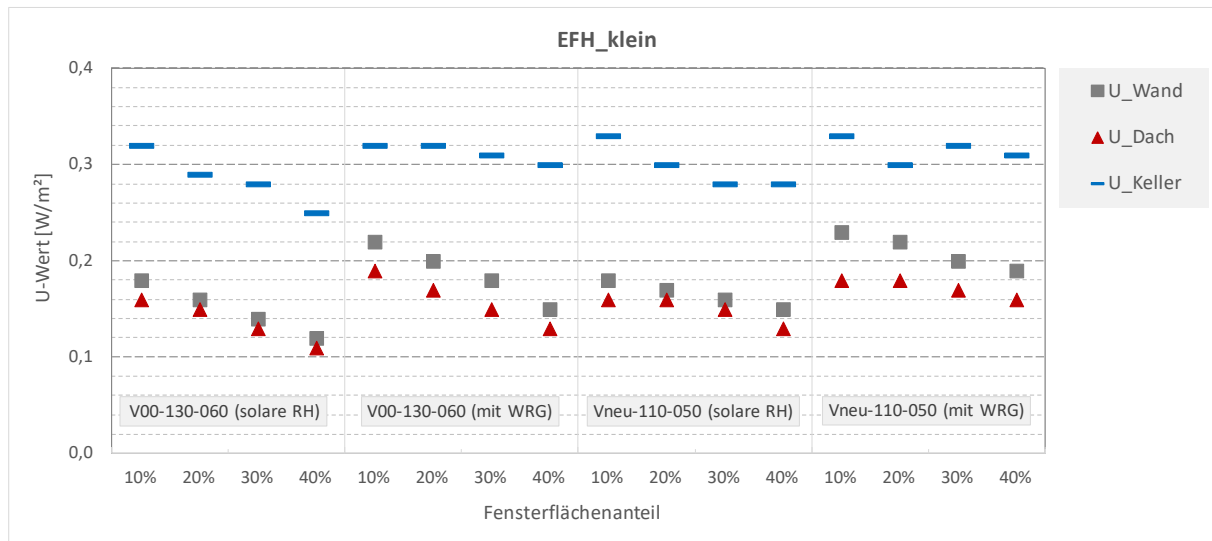


Bild 8-1: U-Werte der Erfüllungsoptionen für das Niveau QP75 HT100 für das EFH klein

Aus den gebäudespezifischen Aufwertungen ergibt sich die in Bild 8-2 enthaltene Darstellung zu den mittleren U-Werten. Hieraus kann insbesondere die Abhängigkeit der erforderlichen U-Werte von dem jeweils zugrundeliegenden Fensterflächenanteil abgelesen werden.

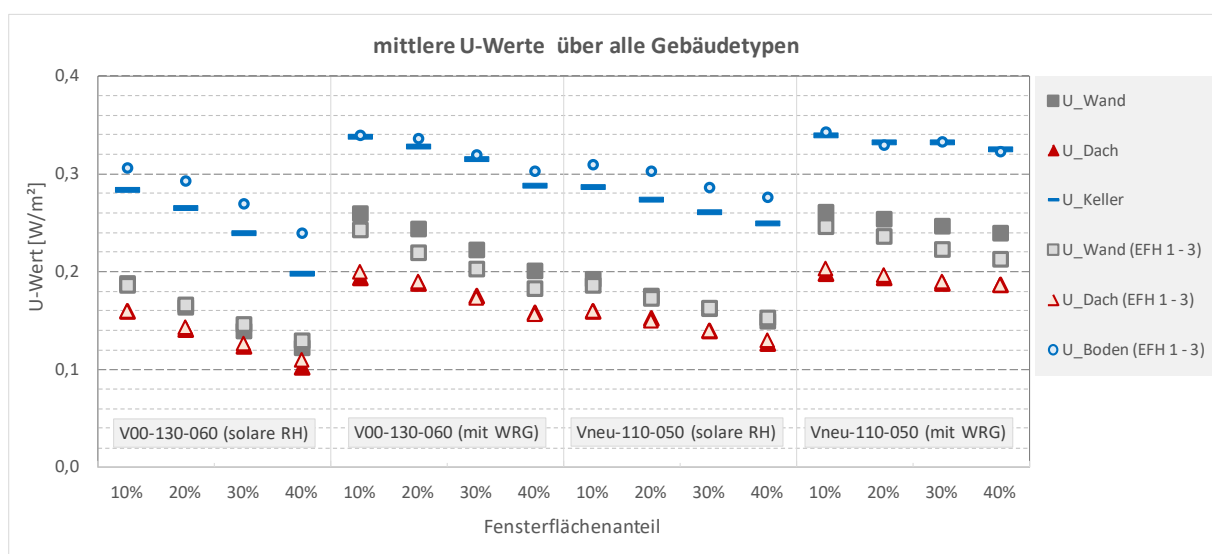


Bild 8-2: Mittlere U-Werte der Erfüllungsoptionen für das Niveau QP75 HT100 für alle Gebäude

Vor dem Hintergrund, dass eine neue baubare Referenzausführung die U-Werte nicht abhängig von dem Fensterflächenanteil formulieren kann/wird, folgt für die Benennung von U-Werten eine Mittelwertbildung über alle betrachteten Fensterflächenanteile. Das Ergebnis dieser Mittelwertbildung sowie die Ergebnisse der Bilanzierung aller Gebäude unter Zugrundelegung dieser mittleren U-Werte werden im folgenden Abschnitt diskutiert.

8.1.3 Baubare Referenzen für das gegenwärtige Anforderungsniveau

Aus den variantenspezifischen Erfüllungsoptionen für das Niveau QP75 HT100 ergeben sich die in Tabelle 8-2 wiedergegebenen U-Wert-Kombinationen, die im Mittel über alle Gebäude und alle Fensterflächenanteile zum Erreichen des QP75-Ziels führen.

Tabelle 8-2: U-Wert-Kombinationen für unterschiedliche anlagentechnische Varianten und unterschiedliche Fenster für baubare Referenzen

Fenster: V00 (130-060)		mit solarer Raumheizung	Lüftung mit WRG
U_Wand	[W/(m²K)]	0,15	0,23
U_Dach	[W/(m²K)]	0,13	0,18
U_Keller	[W/(m²K)]	0,25	0,32
Fenster: Vneu (110-050)		mit solarer Raumheizung	Lüftung mit WRG
U_Wand	[W/(m²K)]	0,17	0,25
U_Dach	[W/(m²K)]	0,15	0,19
U_Keller	[W/(m²K)]	0,27	0,33

Unter Zugrundelegung der in Tabelle 8-2 aufgeführten U-Wert-Kombinationen ergeben sich die in Bild 8-3 dargestellten Primärenergiebedarfe Q_p und mittleren Transmissionswärmeverluste $H_{T'}$. Informativ sind ebenfalls die mittleren äquivalenten Transmissionswärmeverluste $H_{T'eq}$ ausgewiesen (siehe hierzu Ausführungen in Abschnitt 9.2).

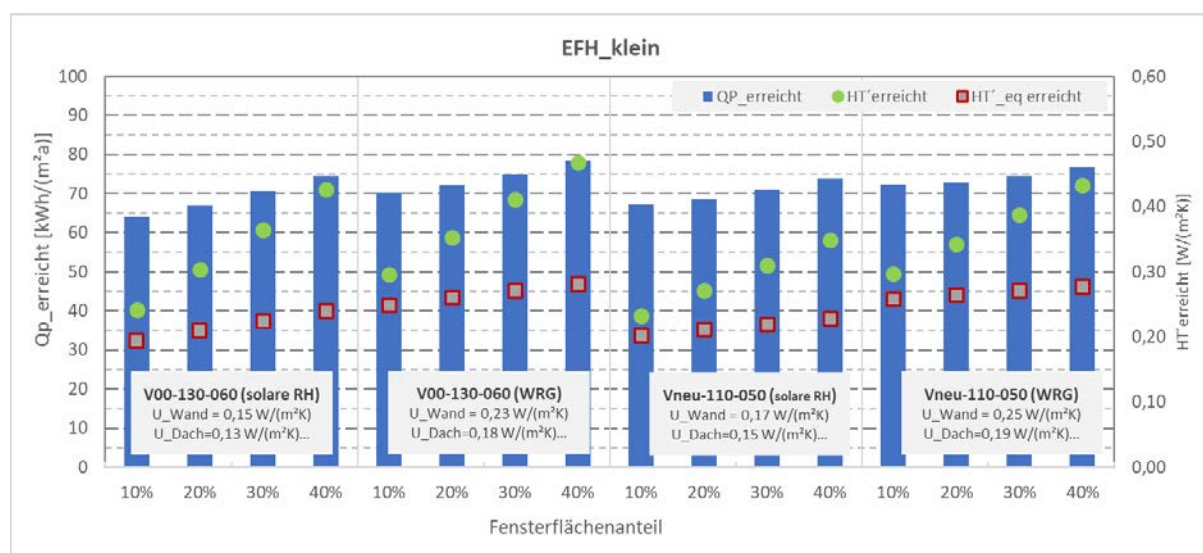


Bild 8-3: Bilanzierung der Varianten mit den festgelegten mittleren U-Werten – Auswertungen von Primärenergiebedarf Q_p , spezifischem Transmissionswärmeverlust $H_{T'}$ und spezifischem äquivalenten Transmissionswärmeverlust $H_{T'eq}$ für das EFH klein

Die Auswertungen für die übrigen betrachteten Gebäude sind in Anhang D, Abschnitt 16.2 enthalten.

Ergänzend zu den in Bild 8-3 enthalten Auswertungen folgt mit Bild 8-4 eine Auswertung, in der die fallweise erreichten Primärenergiebedarfe ins Verhältnis zu dem Primärenergiebedarf der Referenz 2014 gesetzt werden (blaue Säulen, linke Ordinate). Zusätzlich erfolgt die Ausweisung der fallweise erreichten H_T' -Werte im Verhältnis zu dem H_T' -Wert der Referenzausführung (grüne Punkte, rechte Ordinate).

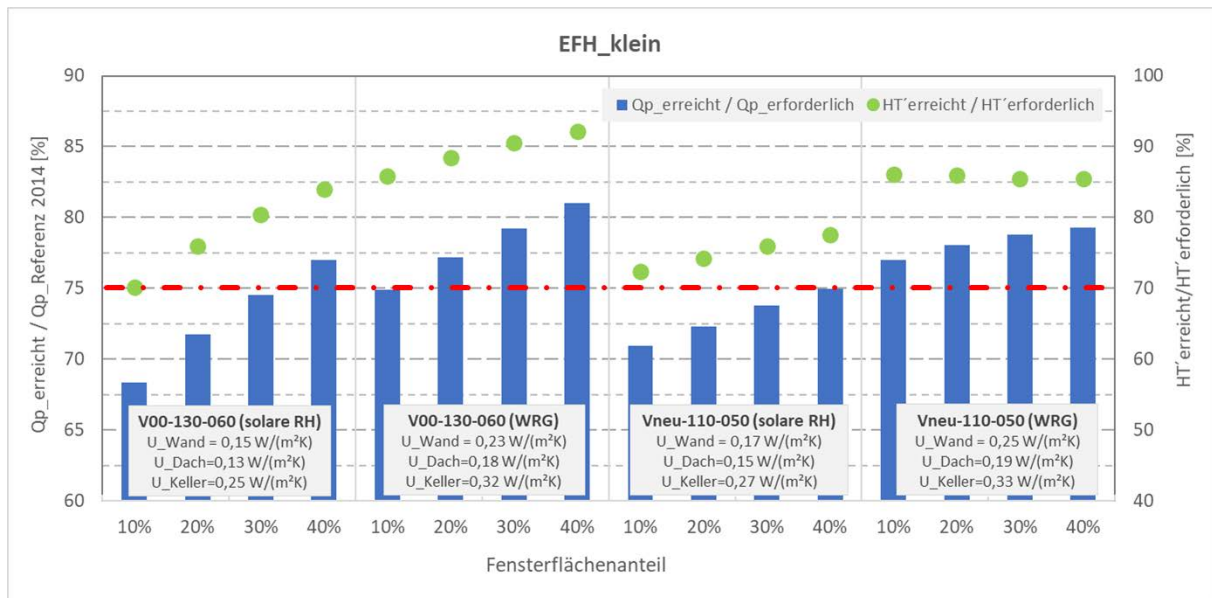


Bild 8-4: Erfüllungsggrade Primärenergie und Transmissionswärmeverlust bezogen auf die Referenzausführung EnEV 2014 für das EFH klein

Die Auswertungen in Bild 8-4 zeigen, dass der Ansatz der gewählten mittleren U-Werte für kleine Fensterflächenanteile tendenziell zu einer Übererfüllung des 25 %-Ziels und für große Fensterflächenanteile tendenziell zu einer Nichterfüllung des 25 %-Ziels führt. Dies ist zwangsläufige Folge der Mittelwertbildung und insofern unvermeidbar.

Eine zusammenfassende Auswertung sämtlicher Gebäude ist in dem folgenden Abschnitt enthalten.

8.1.4 Zusammenfassung der Ausarbeitung zu baubaren Referenzen für das Niveau QP75 HT100 und Konsequenzen für die Anforderungssystematik

Am Beispiel des kleinen Einfamilienhauses ohne Keller werden im vorherigen Abschnitt die prinzipiellen Effekten der Veränderung des Fensterflächenanteils in Bezug auf die Ergebnisse in der Energiebilanz und bezogen auf die mittleren Transmissionswärmeverluste aufgezeigt. Eine zusammenfassende Auswertung für alle betrachteten Gebäude zeigt Bild 8-5. Für die vier „Grundkonfigurationen“ erfolgt hier gebäudeweise die Darstellung der spezifischen Primärenergiebedarfe. Ausgewiesen sind hier jeweils der mittleren Energiebedarfe sowie die aus der Variation der Fensterfläche resultierende Bandbreite. Ergänzend folgt in Bild 8-6 die Auswertung zu den gebäudeweise erreichten primärenergetischen Erfüllungsgraden (in % bezogen auf den Primärenergiebedarf der Referenz 2014). Eine über alle Gebäude gemittelte Auswertung zur Unterschreitung des EnEV 2014-Niveaus zeigt Bild 8-7. In Bild 8-8 ist die Zusammenfassung der Erfüllungsgrade H_T' bezogen auf die Referenzausführung EnEV 2014 für alle Gebäude dargestellt.

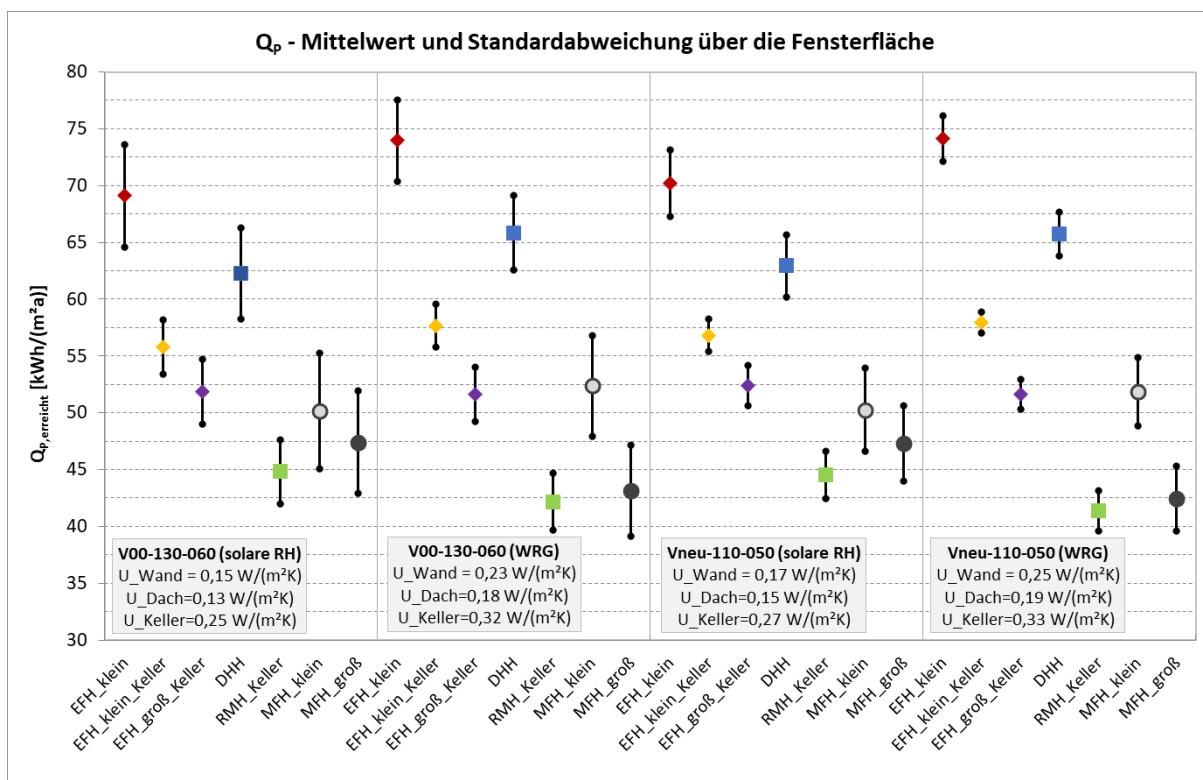


Bild 8-5: Zusammenfassung der Primärenergiebedarfe aller Gebäude

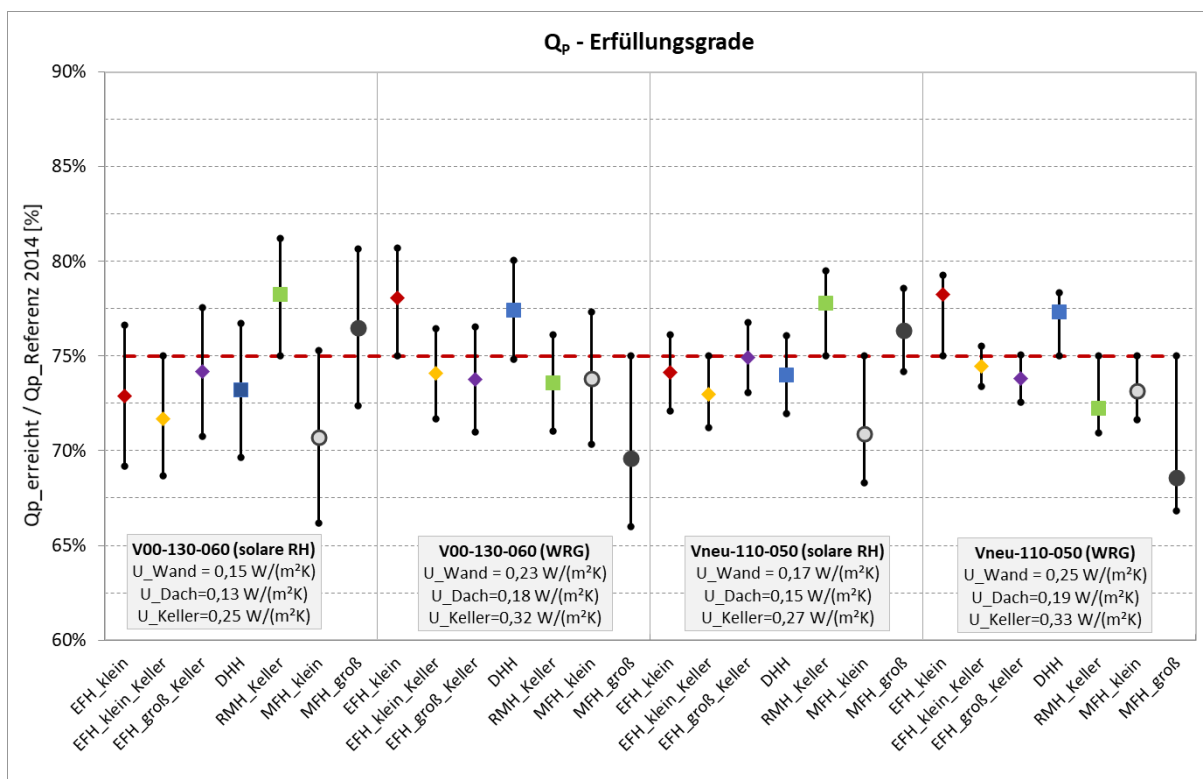


Bild 8-6: Zusammenfassung der Erfüllungsgrade Primärenergie bezogen auf die Referenzausführung EnEV 2014 für alle Gebäude

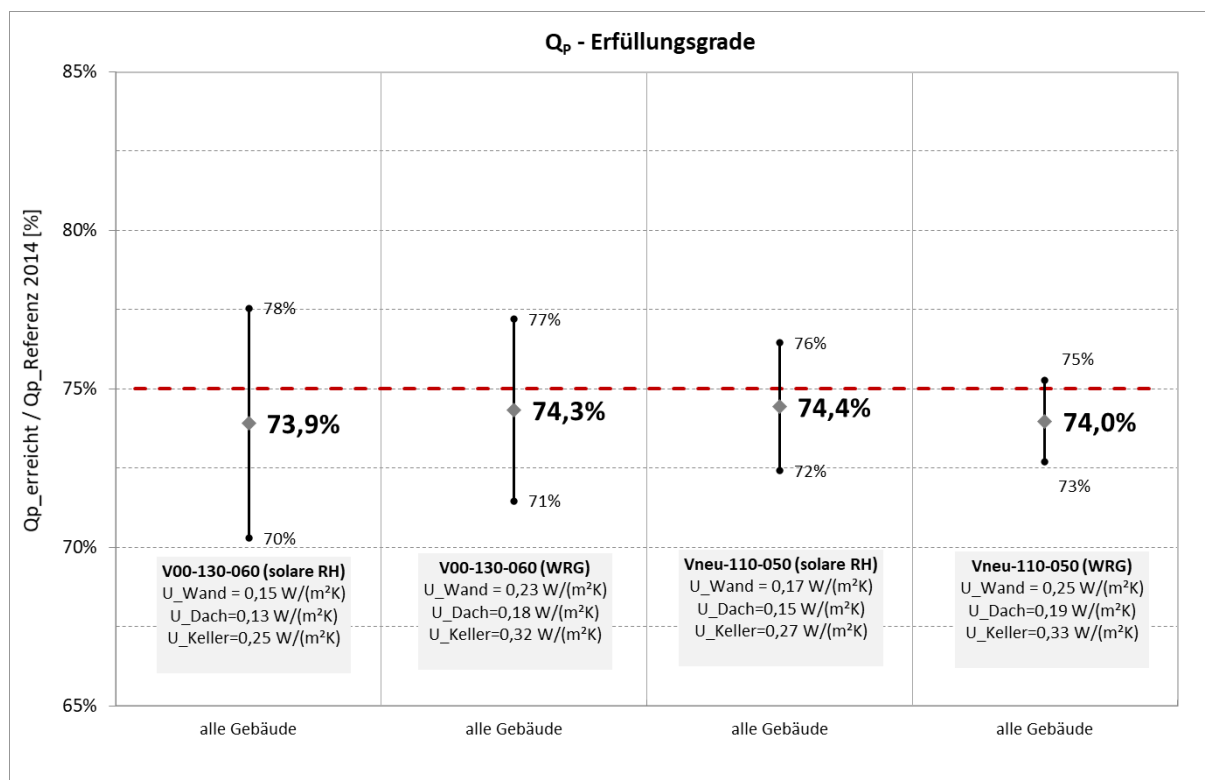


Bild 8-7: Zusammenfassung der Erfüllungsgrade Primärenergie bezogen auf die Referenzausführung EnEV 2014 für alle Gebäude

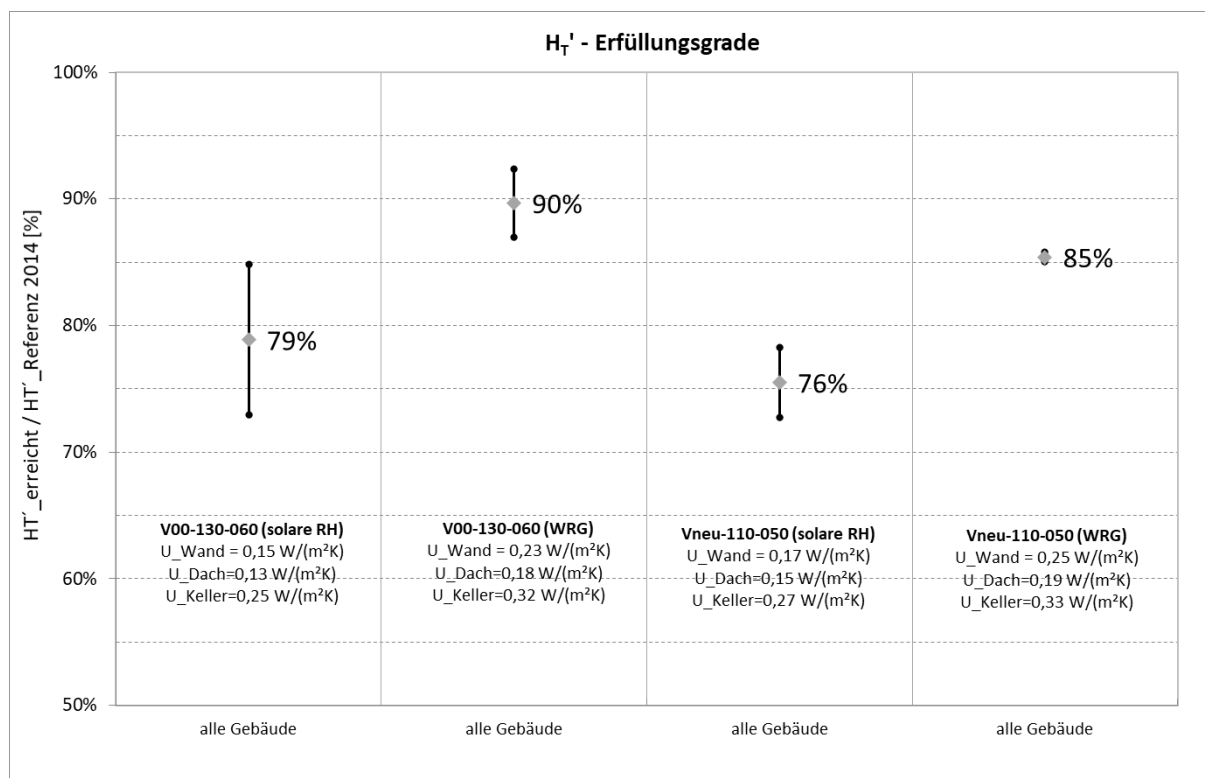


Bild 8-8: Zusammenfassung der Erfüllungsgrade H_{T'} bezogen auf die Referenzausführung EnEV 2014 für alle Gebäude

Die Darstellung der primärenergetischen Erfüllungsgrade in Bild 8-7 zeigt, dass die gewählten Kombinationen der U-Werte im Mittel über alle betrachteten Gebäude und Fensterflächenanteile zu einer leichten Übererfüllung des QP75-Niveaus führen. Hinsichtlich der Vorgabe einer baubaren Referenz kommen somit alle vier beschriebenen Varianten infrage.

Darüber hinaus zeigen die Auswertungen in Bild 8-8, dass in allen Fällen eine Übererfüllung der H_T -Anforderung erforderlich ist. Um die Anforderung der EnEV 2014 mit Stand 2016 an die mindestens erforderliche bauliche nicht zu verschärfen, bestehen grundsätzlich 2 Optionen:

1. der aus einer neu formulierten baubaren Referenzausführung abgeleitete H_T -Wert müsste mit einem Aufschlagsfaktor versehen werden, wobei der Aufschlagsfaktor aus den Reziprokwerten der in Bild 8-8 angegebenen H_T -Erfüllungsgraden abgeleitet werden kann.
2. Die gegenwärtige Referenz-Bautechnik wird (ausschließlich) zur Bestimmung des neuen H_T -Anforderungswertes eigens aufgenommen.

8.1.5 Varianten zur Ausführung des Referenzgebäudes mit Gas-Brennwertkessel und PV und Stromspeicher (mit Anrechnung nach § 25 GEG)

Die Möglichkeit zur Entwicklung einer Referenzausführung mit Gas-Brennwertkessel und PV und Stromspeicher (mit Anrechnung nach § 25 GEG) wird im Folgenden anhand der für diese Anlagenkonfiguration gebildeten und in Abschnitt 7.2 bereits behandelten Erfüllungsoptionen für das gegenwärtige Anforderungsniveau QP75 HT100 diskutiert bzw. bewertet.

Ausgangspunkt für die Bildung der vorgenannten Erfüllungsoptionen sind die Varianten, die bei einer Ausstattung mit solarthermischer Anlage für Heizung und Trinkwarmwasser sowie Abluftanlage zur Erfüllung der QP75 HT100 Anforderung führen. Ausgehend von den für diese Varianten bestimmten Primärenergiebedarfswerten (Tabelle 8-3, Spalte 2) wurden in einem ersten Bearbeitungsschritt die solarthermischen Anlagen dieser Varianten entfernt, um für die zu bildenden Erfüllungsoptionen mit PV keine gleichzeitige Berücksichtigung der Solarthermie abzubilden. Die hieraus resultierenden Primärenergiebedarfe sind in Tabelle 8-3, Spalte 3 ausgewiesen. Spalte 4 gibt die Erhöhung des Primärenergiebedarfs an und Spalte 5 weist den Primärenergiebedarfsanteil bezogen auf den Primärenergiebedarf der Referenzausführung nach EnEV 2014 aus. Spalte 6 enthält den anrechenbaren Bonus nach Anwendung des § 25 GEG (bei Installation von $0,04 \text{ kW}_p/\text{m}^2 A_N$ für die Einfamilienhäuser und $0,03 \text{ kW}_p/\text{m}^2 A_N$ für die Mehrfamilienhäuser) und Spalte 7 weist den prozentualen Anteil des PV-Bonus bezogen auf den Primärenergiebedarf der Referenzausführung nach EnEV 2014 aus. Spalte 8 gibt schließlich an, welcher primärenergetische Zielwert für die Bildung der Erfüllungsoptionen unter Berücksichtigung der PV-Bonusregelung als reduzierter primärenergetischer Anforderungswert zugrunde gelegt werden muss.

Tabelle 8-3: Primärenergiebedarfskennwerte bei der Bildung von Erfüllungsoptionen für das Anforderungsniveau QP75 HT100 mit Gas-Brennwertkessel und PV und Stromspeicher

Gebäude	Q_p für Niveau QP75 HT100 mit ST Hz.+TWW und Abluft	Q_p wie zuvor ohne Solarthermie	ΔQ_p infolge Wegfall Solarthermie		anrechenbarer PV-Bonus nach §25 GEG		Zielwert Q_p unter Berücksichtigung PV-Bonus
	[kWh/(m ² a)]	[kWh/(m ² a)]	[kWh/(m ² a)]	[%] bzgl. $Q_{p, \text{Ref. 2014}}$	[kWh/(m ² a)]	[%] bzgl. $Q_{p, \text{Ref. 2014}}$	[kWh/(m ² a)]
EFH klein mit Keller	59,4	75,1	15,7	20%	11,3	14%	70,7
EFH klein ohne Keller	71,6	91,2	19,6	21%	12,2	13%	83,8
EFH groß	53,3	66,2	12,9	18%	10,5	15%	63,8
DHH	62,4	81,6	19,2	23%	12,2	15%	74,6
RMH	41,9	56,4	14,5	26%	10,4	19%	52,3
MFH klein	51,6	66,1	14,5	21%	8,5	12%	60,1
MFH groß	44,8	51,8	7,0	12%	7,4	12%	52,2

Die in Tabelle 8-3 enthaltenen Primärenergiebedarfe zeigen, dass der Wegfall der Solarthermischen Anlage bzw. die damit verbundene Erhöhung des Primärenergiebedarfs größer ist (mit Ausnahme des großen MFH) als der infolge der Anwendung von § 25 GEG anrechenbare PV-Bonus. Dies führt dazu, dass die Erfüllungsoptionen mit PV und elektrischem Speicher nur unter Zugrundelegung einer gegenüber der Ausführung mit Solarthermie nochmals verbesserten baulichen Ausführung gebildet werden können. In Anbetracht der für die Solarthermie-Varianten schon ambitionierten baulichen Ausführung (vgl. Tabelle 8-2) werden weitergehende Untersuchungen zur Entwicklung einer baubaren Referenzausführung mit Gas-Brennwertkessel und PV und Stromspeicher im Rahmen des vorliegenden Gutachtens nicht angestellt.

8.1.6 Möglichkeit zur Vorgabe einer Luft-Wasser-Wärmepumpe als Wärmeerzeuger in einer Referenzausführung

Die Beschreibung einer baubaren Referenz für das gegenwärtige Anforderungsniveau QP75 HT100, bei der eine Luft-Wärmepumpe als Wärmeerzeuger zum Einsatz kommt, ist aus den im Folgenden genannten Gründen nicht möglich.

Bei Einsatz einer Luft/Wasser-Wärmepumpe anstelle des Gas-Brennwertkessels und der solarthermischen Anlage zur Trinkwarmwasserbereitung werden die Primärenergiebedarfswerte des Referenzgebäudes auf folgende Unterschreitungen reduziert:

- EFH klein mit beheiztem Keller: 61 %
- EFH klein, Keller unbeheizt: 59 %
- EFH groß: 59 %
- DHH: 60 %
- RMH: 64 %
- MFH klein: 61 %
- MFH groß: 61 %

Allein aufgrund des Einsatzes der Luft-Wärmepumpe ergibt sich also eine deutliche primärenergetische Übererfüllung. Um diese Übererfüllung zu kompensieren (also das Bilanzergebnis zu verschlechtern), um das Niveau QP75 zu beschreiben, müssten die Gebäude mit einer Gebäudehülle ausgestattet werden, die deutlich höhere U-Werte als die gegenwärtig in der Referenz nach EnEV 2014 beschriebene Qualität aufweist. Abgesehen davon, dass die Vermittelbarkeit hier nicht gegeben wäre, würde hierdurch eine bauliche Qualität beschrieben, welche die gegenwärtige Anforderung an H_T' der Referenzausführung 2014 nicht erfüllt und somit auch keine baubare Referenz darstellen würde.

8.2 Nichtwohngebäude

8.2.1 Vorbemerkungen

Die für das gegenwärtige Anforderungsniveau QP75 Ü80 gebildeten Erfüllungsoptionen unterscheiden sich hinsichtlich der fallweise erforderlichen Maßnahmen erheblich. Grund hierfür ist, dass je nach anteiliger Zusammensetzung der Energiebedarfe für die Bereiche Heizung, Warmwasser, Beleuchtung, Kühlung und Belüftung die Maßnahmen jeder einzelnen Erfüllungsoption, die zum Erreichen der erforderlichen 25 prozentigen primärenergetischen Einsparung führt, als individuelle und nicht auf abweichende Zusammensetzungen der Energiebedarfsanteile übertragbare Maßnahmen anzusehen sind. Um dies zu verdeutlichen, erfolgt in Abschnitt 8.2.2 anhand ausgewählter Gebäude die Auswertung bezüglich der fallweise für das Erreichen der betrachteten Anforderungsniveaus erforderlichen baulichen Ausführungen. Ausgehend von dieser Auswertung werden in Abschnitt 8.2.3 die grundsätzlichen Optionen für die Behandlung der Nichtwohngebäude bei der Fortschreibung der Anforderungen bzw. der Anforderungssystematik diskutiert. Neben der Option der Beibehaltung der gegenwärtigen Anforderungssystematik unter Einarbeitung redaktioneller Anpassungen bei der Beschreibung der Referenzausführung kommt alternativ die Neuformulierung einer baubaren Referenz infrage. Elemente, die im Fall dieser Alternative Berücksichtigung finden sollten, werden in Abschnitt 8.2.4 beschrieben.

8.2.2 Auswertung zu den baulichen Qualitäten für die gebäudespezifischen Erfüllungsoptionen zum gegenwärtigen Anforderungsniveau

Anhand der Ausführungen in diesem Abschnitt soll am Beispiel der erforderlichen Ausführungen der wärmeschutztechnischen Qualitäten der Gebäudehülle aufgezeigt werden, weshalb Einzelmaßnahmen, die gebäudeweise zum Erreichen einer 25 prozentigen primärenergetischen Einsparung gegenüber der Referenzausführung 2014 führen, nicht zu vereinheitlichen bzw. nicht auf andere Gebäude übertragbar sind.

Die Auswertungen werden beispielhaft für die Gebäude KiTa und Hotel diskutiert. Für beide Gebäude erfolgt zunächst eine tabellarische Zusammenstellung der Endenergiebedarfsanteile Heizung, Warmwasser, Beleuchtung, Kühlung und Belüftung gefolgt von einer grafischen Darstellung der jeweils erforderlichen U-Werte der Gebäudehülle. Bei dieser Darstellung der U-Werte erfolgt für die KiTa informativ zusätzlich die Ausweisung der fallweise modellierten Qualitäten der Gebäudehülle für die ebenfalls betrachteten Anforderungsniveaus QP65 Ü80 und QP55 Ü70. Im Fall des Hotels werden für diese ambitionierteren Niveaus keine U-Werte ausgewiesen, da die primärenergetischen Zielwerte dieser Anforderungsniveaus hier nicht erreicht werden können.

Für die KiTa folgt in Tabelle 8-4 die Angabe der Endenergiebedarfsanteile als Absolutwerte und prozentual bezogen auf den Gesamt-Endenergiebedarf sowie in Tabelle 8-5 für den Primärenergiebedarf und die Bedarfsanteile.

Tabelle 8-4: Endenergiebedarfe und Endenergiebedarfsanteile, Referenzausführung EnEV 2014 und Varianten zum Niveau QP75 Ü80, KiTa

KiTa	Endenergie Heizung	Endenergie Warmwasser	Endenergie Beleuchtung	Endenergie Kühlung	Endenergie Belüftung	Endenergie Heizung	Endenergie Warmwasser	Endenergie Beleuchtung	Endenergie Kühlung	Endenergie Belüftung
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
Referenz EnEV 2014	122.952		7.422		1.700	93,1%		5,6%		1,3%
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	117.389		7.422		1.700	92,8%		5,9%		1,3%
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	70.011		7.422		1.700	88,5%		9,4%		2,1%
QP75 Ü80 WP Sole	21.032		7.422		1.700	69,7%		24,6%		5,6%
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	125.962		7.422		1.700	93,2%		5,5%		1,3%

Tabelle 8-5: Primärenergiebedarfe und Primärenergiebedarfsanteile, Referenzausführung EnEV 2014 und Varianten zum Niveau QP75 Ü80, KiTa

KiTa	Primärenergie Heizung	Primärenergie Warmwasser	Primärenergie Beleuchtung	Primärenergie Kühlung	Primärenergie Belüftung	Primärenergie Heizung	Primärenergie Warmwasser	Primärenergie Beleuchtung	Primärenergie Kühlung	Primärenergie Belüftung
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
Referenz EnEV 2014	123.795		13.359		3.061	88,3%		9,5%		2,2%
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	85.001		13.359		3.061	83,8%		13,2%		3,0%
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	82.787		13.359		3.061	83,4%		13,5%		3,1%
QP75 Ü80 WP Sole	39.697		13.359		3.061	70,7%		23,8%		5,5%
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	71.703		13.359		3.061	81,4%		15,2%		3,5%

Für die Referenzausführung ergibt sich im Fall der KiTa gemäß Tabelle 8-4 ein Bedarfsanteil der Endenergie Heizung von über 93 % und bezogen auf den Primärenergiebedarf gemäß Tabelle 8-5 von über 88 %. Veränderungen in der baulichen Qualität der Gebäudehülle wirken insofern auf den dominierenden Bedarfsanteil, die primärenergetischen Auswirkungen und Einsparpotenziale infolge einer verbesserten Ausführung der Gebäudehülle sind entsprechend hoch. Für das gegenwärtige Anforderungsniveau QP75 Ü80 kann aufgrund des hohen Energiebedarfsanteils für Heizung für alle betrachteten Anlagenvarianten eine bauliche Ausführung gewählt werden, die sich aus den Mindestanforderungen an die mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten $\bar{U}$ ergibt (siehe Bild 8-9). Dies ist darauf zurückzuführen, dass die gewählten Anlagenvarianten bezogen auf die Versorgung des Gebäudes mit Heizwärme (Wärmelieferung jeweils zu 50 % bei den Varianten mit 2 Wärmeerzeugern) als dominierendem Bedarfsanteil bereits zu einer Übererfüllung des primärenergetischen Anforderungswertes führen.

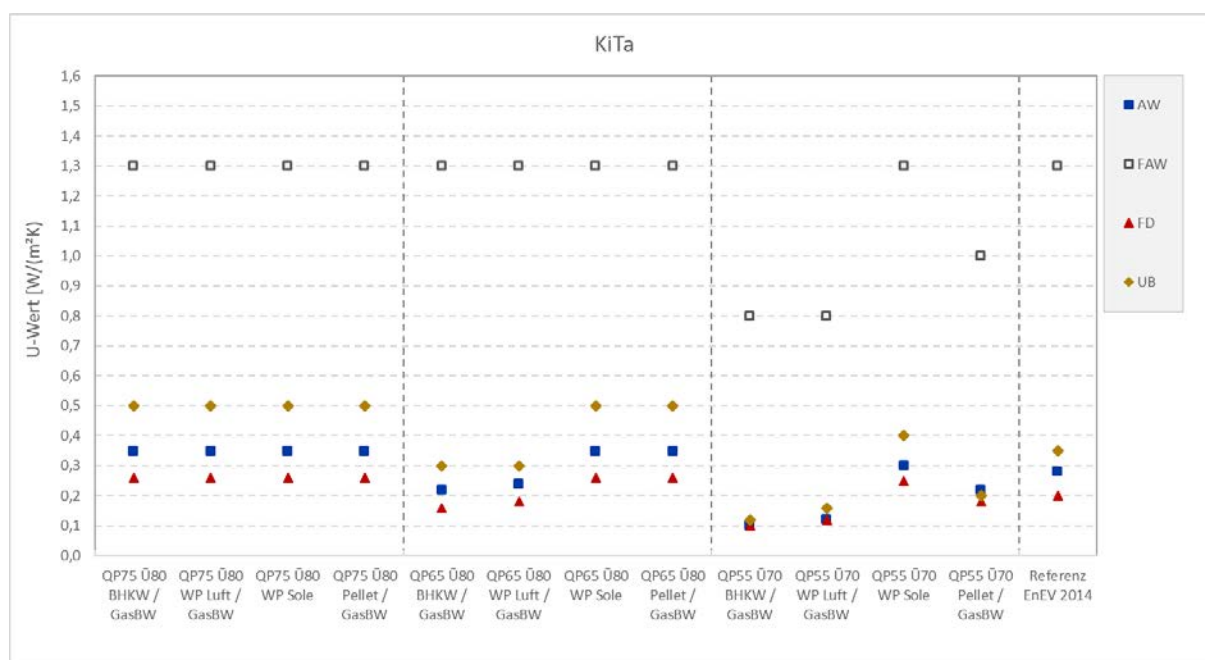


Bild 8-9: U-Werte von Bauteilen der Gebäudehülle für die niveauspezifischen Erfüllungsoptionen im Vergleich zur Referenzausführung EnEV 2014 für die KiTa

Im Vergleich zu den obigen Auswertungen für die KiTa folgen in Tabelle 8-6, Tabelle 8-7 und Bild 8-10 die Ergebnisse für das Hotel.

Tabelle 8-6: Endenergiebedarfe und Endenergiebedarfsanteile, Referenzausführung EnEV 2014 und Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Hotel

Hotel	Endenergie Heizung	Endenergie Warmwasser	Endenergie Beleuchtung	Endenergie Kühlung	Endenergie Belüftung	Endenergie Heizung	Endenergie Warmwasser	Endenergie Beleuchtung	Endenergie Kühlung	Endenergie Belüftung
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
Referenz EnEV 2014	791.522	282.473	83.924	84.257	46.900	61,4%	21,9%	6,5%	6,5%	3,0%
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	707.042	282.473	83.924	78.725	36.053	59,5%	23,8%	7,1%	6,6%	3,0%
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	412.288	282.474	83.924	80.379	36.053	46,1%	31,6%	9,4%	9,0%	4,0%
QP75 Ü80 WP Sole / GasBW	389.042	282.474	83.924	80.379	36.053	44,6%	32,4%	9,6%	9,2%	4,1%
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	801.840	282.474	83.924	92.436	36.053	61,8%	21,8%	6,5%	7,1%	2,8%

Tabelle 8-7: Primärenergiebedarfe und Primärenergiebedarfsanteile, Referenzausführung EnEV 2014 und Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Hotel

Hotel	Primärenergie Heizung	Primärenergie Warmwasser	Primärenergie Beleuchtung	Primärenergie Kühlung	Primärenergie Belüftung	Primärenergie Heizung	Primärenergie Warmwasser	Primärenergie Beleuchtung	Primärenergie Kühlung	Primärenergie Belüftung
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
Referenz EnEV 2014	790.131	294.512	151.063	151.662	84.420	53,7%	20,0%	10,3%	10,3%	5,7%
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	450.804	294.511	151.063	141.706	64.896	40,9%	26,7%	13,7%	12,8%	5,9%
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	495.955	294.513	151.063	144.681	64.896	43,1%	25,6%	13,1%	12,6%	5,6%
QP75 Ü80 WP Sole / GasBW	454.211	294.513	151.063	144.681	64.896	40,9%	26,5%	13,6%	13,0%	5,8%
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	426.957	294.513	151.063	166.385	64.896	38,7%	26,7%	13,7%	15,1%	5,9%

Während im Fall der KiTa die Bedarfsanteile für Heizung vergleichsweise hoch sind, ergibt sich für das Hotel nur ein Bedarfsanteil in Höhe von rund 61 % endenergetisch bzw. rund 54 % primärenergetisch. Anhand der in Bild 8-10 enthaltenen Ausweisung der bauteilspezifischen U-Werte, die für das Erreichen des primärenergetischen Anforderungswertes zugrunde gelegt werden müssen, geht anschaulich hervor, welche Konsequenz der im Fall des Hotels vergleichsweise niedrige Endenergiebedarf Heizung auf die notwendige bauliche Ausführung hat.

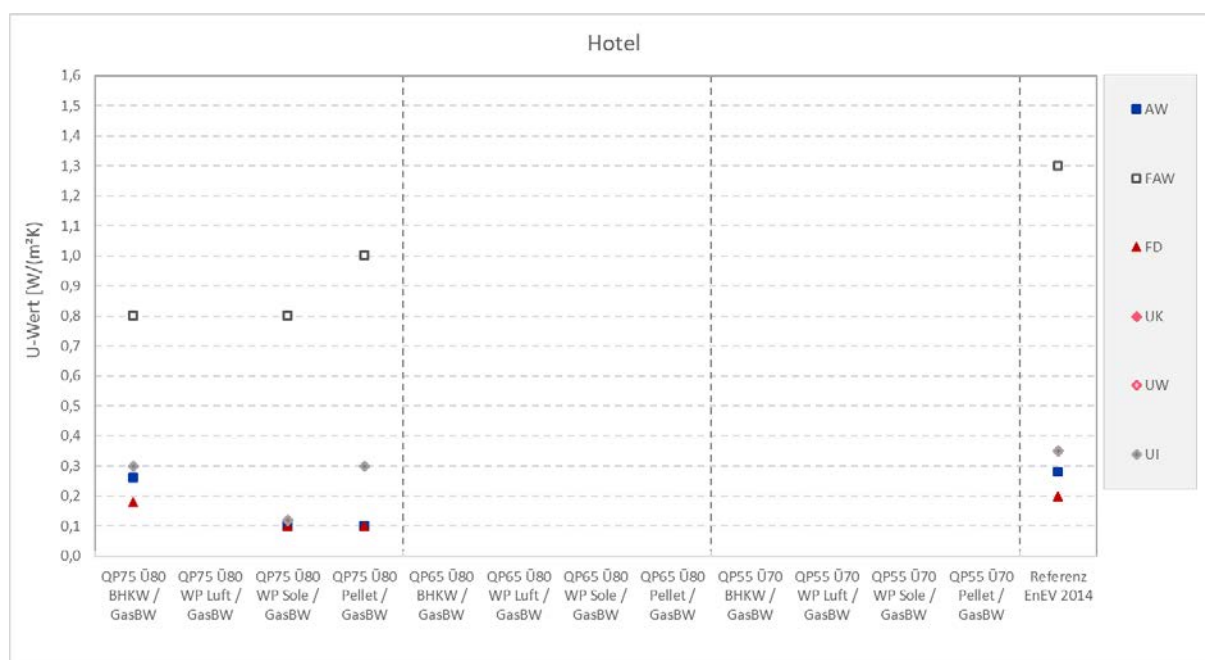


Bild 8-10: U-Werte von Bauteilen der Gebäudehülle für die niveauspezifischen Erfüllungsoptionen im Vergleich zur Referenzausführung EnEV 2014 für das Hotel

Während im Fall der KiTa eine bauliche Ausführung für das Niveau QP75 Ü80 an der Nebenanforderung angelehnt werden kann, ist nach Bild 8-10 im Fall des Hotels bereits eine sehr ambitionierte Ausführung der Gebäudehülle für das Erreichen des primärenergetischen Anforderungswertes erforderlich. Das Bilden einer Erfüllungsoption für das primärenergetische Niveau QP65 ist unter Ausschöpfung der infrage kommenden Maßnahmen (bauliche Verbesserungen und Optimierung der Lüftungsanlage durch verbesserte SFP-Werte) nicht mehr möglich.

Die geringen Bedarfsanteile für Heizen sind im Fall des Hochschulgebäudes (44 % end- und 31 % primärenergetisch in der Referenzausführung gemäß EnEV 2014) und der Shopping-Mall (34 % end- und 22 % primärenergetisch in der Referenzausführung gemäß EnEV 2014) sogar so gering, dass für diese Gebäude das Bilden einer Erfüllungsoption für das gegenwärtige Anforderungsniveau QP75 Ü80 nicht möglich ist.

Aus den für Nichtwohngebäude angestellten Untersuchungen ergeben sich hinsichtlich der Fortschreibung von Anforderungen an neu zu errichtende Nichtwohngebäude sowie hinsichtlich einer neuen baubaren Referenzausführung die in folgendem Abschnitt beschriebenen Optionen.

8.2.3 Überlegungen zur Fortschreibung der Anforderungen an neu zu errichtende Nichtwohngebäude

Im Vergleich zur Herleitung von Optionen baubarer Referenzausführungen für Wohngebäude, welche im Mittel und mit vergleichsweise geringen Standardabweichungen dem gegenwärtigen Anforderungsniveau QP75 HT100 entsprechen, ist eine analoge Vorgehensweise bei den Nichtwohngebäuden aufgrund der Heterogenität in der Zusammensetzung der Bedarfsanteile nur bedingt sinnvoll.

Grundsätzlich ergeben sich aus der Sicht der Gutachter folgende Optionen für die Formulierung/Fortschreibung der Anforderungen an neu zu errichtende Nichtwohngebäude im GEG:

1. Beibehaltung der aktuellen Anforderungssystematik bei unveränderter Übernahme der gegenwärtigen Referenzausführung und Beibehaltung der 75 %-Regel zur Ermittlung des Anforderungswertes.
2. Anpassungen der Referenzausführungen durch sinnvolle Änderungen baulicher und anlagentechnischer Referenzeigenschaften, bei denen die „isolierte“ Betrachtung einzelner Bilanzanteile bzw. -einflüsse die Grundlage der Neufestlegung(en) darstellt.

Bezüglich vorgenannter Option 1 und erforderlicher bzw. empfohlener Anpassungen in der Beschreibung der Referenzausführung wird an dieser Stelle auf die Ausführungen in [9] verwiesen. Vorschläge für Anpassungen, die vorgenannte Option 2 betreffen, werden im folgenden Abschnitt 8.2.4 erläutert und konkretisiert.

8.2.4 Formulierung einer baubaren Referenz für Nichtwohngebäude

Als Grundlage für die im Folgenden vorgeschlagene Vorgehensweise sollen die Bilanzanteile Heizung, Warmwasser, Beleuchtung, Kühlung und Lüftung jeweils einzeln betrachtet werden.

8.2.4.1 Reduzierung des Energiebedarfs für Heizung

Ausgehend von den für Wohngebäude ermittelten vier Optionen zu Vorgaben von baulichen Qualitäten einer neuen baubaren Referenzausführung besteht die Möglichkeit, dieses wärmeschutztechnische Qualitätsverbesserung auf die U-Werte der Referenz-Bautechnik der Nichtwohngebäude zu übertragen. Diese Analogie (bei normal beheizten Zonen) besteht auch in den aktuellen baulichen Referenzen von Wohn- und Nichtwohngebäuden. Als Wärmeerzeuger kann allerdings nicht wie im Fall der Wohngebäude an einem Gas-Brennwertkessel festgehalten werden. Zusätzlich zur Vorgabe einer verbesserten baulichen Ausführung wäre eine als „Erzeuger“ am ehesten eine Fernwärmeversorgung

in Verbindung mit der Festlegung eines für diese Referenz ebenfalls festzulegenden Primärenergiefaktors $f_{p, \text{Fernwärme, Referenz}}$ erforderlich.

Als Alternative käme die Beibehaltung der aktuellen Referenz-Bautechnik ebenfalls in Verbindung mit der Neufestlegung eines Wärmeerzeugers für Heizen infrage, bei welcher der festzulegenden Primärenergiefaktor $f_{p, \text{Fernwärme, Referenz}}$ einen im Vergleich zur vorbeschriebenen Option (einer verbesserten baulichen Referenz) entsprechend niedriger ausfallen müsste.

8.2.4.2 Reduzierung des Energiebedarfs für Warmwasserbereitung

Hinsichtlich einer möglichen Reduzierung des Energiebedarfs für Warmwasserbereitung muss unterschieden werden zwischen zentralen und dezentralen Systemen. Während eine (anteilige) Reduzierung des Energiebedarfs bei zentraler Warmwasserbereitung indirekt mit der Neufestlegung eines Wärmeerzeugers für Heizwärme erreicht wird, bestehend für dezentrale Warmwasserbereitung praktisch keine Möglichkeit, primärenergetisch Einsparpotenziale abzubilden.

8.2.4.3 Reduzierung des Energiebedarfs für Beleuchtung

Zur Abschätzung der primärenergetischen Potenziale infolge einer Umstellung der Lampenart von stabförmigen Leuchtstofflampen auf LEDs in LED-Leuchten enthält Tabelle 8-8 die entsprechenden Auswertungen für zehn der betrachteten Nichtwohngebäude. Ausgewiesen werden jeweils die primärenergetischen Bedarfsanteile unter Zugrundelegung einer Referenzausführung gemäß EnEV 2014. Ausgehend von dem für diese Fälle berechneten Bedarfsanteil für Beleuchtung unter Einsatz stabförmiger Leuchtstofflampen erfolgt in einer weiteren Spalte die Angabe des primärenergetischen Bilanzanteils für Beleuchtung infolge Umstellung auf LEDs in LED-Leuchten (grüner Zellhintergrund). Diese Bedarfsanteile ergeben sich hierbei durch Multiplikation des Bedarfsanteils für stabförmige Leuchtstofflampen mit dem in DIN V 18599-4:2016-10 für LEDs in LED-Leuchten beschriebenen Anpassungsfaktors $k_L = 0,58$. Für die Ausführung mit stabförmigen Leuchtstofflampen und für die Ausführung mit LEDs wird schließlich der Gesamt-Primärenergiebedarf angegeben. Die infolge des LED-Einsatzes erzielbaren primärenergetischen Verbesserungen werden zusätzlich in Prozent bezogen auf den Primärenergiebedarf der Referenzausführung angegeben. Bei dieser Abschätzung unberücksichtigt bleiben die infolge der Umstellung auf LED verringerten unregelmäßigen Wärmeeinträge.

Tabelle 8-8: Abschätzung zur primärenergetischen Auswirkung einer Umstellung der Lampenart von stabförmigen Leuchtstofflampen auf LEDs in LED-Leuchten

	Primärenergie								
	Heizung	Warmwasser	Beleuchtung mit stabf. Leuchtstoff-lampen	Beleuchtung mit LEDs in LED-Leuchten	Kühlung	Belüftung	gesamt mit stabf. Leuchtstoff-lampen	gesamt mit LEDs in LED-Leuchten	Reduktion Q _p durch LEDs in LED-Leuchten
Gebäude	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[%]
Büro klein	177.906		53.889	31.256		1.616	233.410	210.777	10%
Büro groß	534.175		159.182	92.326	129.236	142.835	965.429	898.572	7%
KiTa	123.795		13.359	7.748		3.061	140.215	134.604	4%
Schule	605.636		103.960	60.297		121.916	831.512	787.849	5%
Hotel	790.131	294.512	151.063	87.617	151.662	84.420	1.471.788	1.408.341	4%
Verbrauchermarkt	109.644		80.361	46.609	26.313	51.808	268.126	234.375	13%
Verwaltungsgebäude	534.448		159.182	92.326		142.835	836.466	769.609	8%
Schulsporthalle	168.241		31.371	18.195		22.581	222.193	209.017	6%
Hochschulgebäude	245.948	30.287	156.068	90.519	223.792	138.674	794.769	729.220	8%
Shopping-Mall	1.535.008	1.448.208	1.818.103	1.054.500	817.432	1.359.774	6.978.525	6.214.922	11%

Die Auswertungen in Tabelle 8-8 zeigen ein primärenergetisches Einsparpotenzial durch Umstellung von stabförmigen Leuchtstofflampen auf LEDs in LED-Leuchten zwischen 4 % (KiTa, Hotel) und 13 % (Verbrauchermarkt).

8.2.4.4 Reduzierung des Energiebedarfs für Kühlung

Die Referenzbeschreibung Kältetechnik wird durch den Sonderfall überlagert, dass bei bestimmten Nutzungsarten (hier entscheidend: Büronutzungen und die häufig verwendete Nutzungsart 17 „Sonstige Aufenthaltsräume“) der Referenzprimärenergiebedarf mit der 50-%-Regel pauschal reduziert wird. Diese Regel wurde mit der EnEV 2009 in Ermangelung geeigneter Technologien zur regenerativen Kälteerzeugung eingeführt.

Es wäre aktuell möglich, die 50-%-Regel durch die Beschreibung baubarer anlagentechnischer Lösungen zu ersetzen.

Zwischenzeitlich haben alternative Kühlverfahren wie:

- indirekte Verdunstungskühlung im RLT-Prozess
- freie Kühlung bei der Kaltwassererzeugung
- geothermische Kühlung bei der Kaltwassererzeugung

Eingang in die Normenteile 3 und 7 der DIN V 18599 gefunden.

Wenn eine möglichst gleichmäßige Absenkung des Anforderungsniveaus angestrebt wird, ließe sich dies über eine effizientere Kältemaschine (Schrauben- oder Turboverdichter) realisieren. Zwar sind diese Maschinen nur für größere Leistungen verfügbar, letztendlich geht es aber nur um die Errechnung des Anforderungswertes.

Indirekte Verdunstungskühlung und freie Kühlung würden sich bei unterschiedlichen Nutzungsarten deutlich unterschiedlich auswirken. So ist der Einsatz der indirekten Verdunstungskühlung in Anwendungen mit hohen Raumlufthechseln besonders wirksam und würde einen deutlichen Sprung im Anforderungswert (bis zu ca. 50 %) nach sich ziehen. Die freie Kühlung erzielt nennenswerte Effekte lediglich in Zonen mit hohen internen Wärmequellen und würde beispielsweise bei einer reinen Büronutzung im Vergleich zum Rechenzentrum nur geringe Effekte bewirken.

Vor diesem Hintergrund scheint der Wechsel von der bisherigen Referenztechnik „Kolben- oder Scrollverdichter“ zu z. B. „Turboverdichter“ eher empfehlenswert zu sein. Blicke man bei luftgekühlten Maschinen, würde die Effizienzverbesserung sowohl bei Kaltwassertemperatur 6 °C als auch bei 14 °C ca. 20 % betragen.

8.2.4.5 Reduzierung des Energiebedarfs für Raumluftechnik

Die Definition der Referenztechnik RLT tangiert die Ecodesign-Richtlinie²³ 1253/2014 bei der Effizienz von Wärmerückgewinnungssystemen und der spezifischen Ventilatorleistung.

Ab dem 01.01.2018 gelten für Wärmerückgewinnungssysteme (WRS) folgende Mindestanforderungen:

- Kreislauf-Verbund-WRS: mindestens 68 %
- alle übrigen Systeme: 73 %.

Da Kreislauf-Verbund-Wärmerückgewinnungssysteme in einigen Anwendungen aus lufthygienischer Sicht zwingend einzusetzen sind (Krankenhäuser, Labore) und kaum räumlichen Einschränkungen unterliegen wird vorgeschlagen, diese als Referenztechnik zu verwenden.

Um den Hilfsenergiebedarf nach DIN V 18599-7 berechnen zu können, ist der ergänzende Hinweis: „Pumpe drehzahl geregelt“ notwendig.

Beim elektrischen Energiebedarf für Ventilatoren wird gegenwärtig nicht zwischen Anlagen unterschiedlicher Komplexität unterschieden. Aktuell bestehen diese nur hinsichtlich der WRG-Klassen H2 / H1 und bei Sonderfiltern HEPA und Gasfiltern. Insbesondere bei komplexen Anlagen mit ausgedehnten Kanalnetzen und zahlreichen Luftbehandlungsfunktionen wie in Krankenhäusern führt die 25-%ige Unterschreitung der Referenzwerte in der Praxis zu Problemen. Einfache Anlagen bieten dagegen weitere Spielräume.

Die Ecodesign-Richtlinie definiert „die innere spezifische Ventilatorleistung“ SLV_{int} . Dahinter verbergen sich Teil-SFP-Werte (specific fan power), die auf eine definierte Basisausstattung des Lüftungsgerätes nach Bild 8-11 beschränkt ist. Nicht enthalten sind

- SFP-Anteile für externe Kanalnetze
- SFP-Anteile zusätzlicher geräteinterner Bauteile („additional components“) wie weitere Filterstufen, Erhitzern, Kühlern, Befeuchter usw.

Es wird vorgeschlagen, die Basiswerte der Ecodesign-RL als Referenzwerte heranzuziehen und durch variable Zuschläge zu Anlagenkennwerten zu ergänzen.

Die Basisausstattung im Zusammenhang mit der Ecodesign-RL besteht aus dem Gerät mit Wärmerückgewinnung sowie jeweils einem mechanischen Filter auf der Zuluft- und Abluftseite.

²³ VERORDNUNG (EU) Nr. 1253/2014 DER KOMMISSION vom 7. Juli 2014 zur Durchführung der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich der Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Lüftungsanlagen

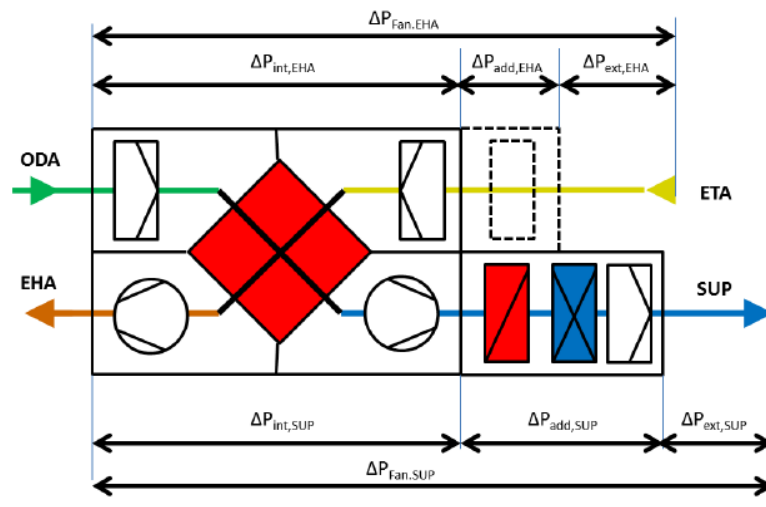


Bild 8-11: Abgrenzung der nach Ecodesign-RL relevanten Druckverlust-Anteile zu den „additional components“ (Abbildung: FGK)

Bezogen auf den Einzelventilator (Aufteilung von SLV_{int} zu gleichen Teilen auf Zuluft- und Abluftventilator) lässt sich ein Basiswert von ca. 650 Ws/m³ je Ventilator ableiten.

In der Ecodesign-RL werden die Basis-SFP-Werten nach Bild 8-11 durch Zuschläge für Hocheffizienz-WRS und Abschläge für den Entfall einer Filterstufe korrigieren. Diese Effekte sollen nachfolgend nicht weiter betrachtet werden

Für die Definition von Zuschlägen für weitere Komponenten kann auf DIN EN 13779²⁴ Anhang A Tabelle A.8 zurückgegriffen werden. Dort werden Druckverluste verschiedener Anlagenkomponenten nach den Kategorien „hoch“, „normal“ und „niedrig“ aufgeführt.

Um von Druckverlusten zu effizienten SFP-Zuschlägen zu gelangen, wird vorgeschlagen:

- die Kategorie „niedrig“ heranzuziehen,
- einen Systemwirkungsgrad von 60 % anzusetzen und
- die Zuschläge zu runden.

Damit lässt sich der Vorschlag für die Komponentenzuschläge entsprechend Tabelle 8-9 herleiten. Abgewichen von der DIN EN 13779 wurde beim Kanalnetz. Einerseits ist der Unterschied zwischen Zuluft und Abluft in der Höhe nicht plausibel zu begründen. Andererseits erfordern Variabel-Volumenstromregler entsprechende Vordrücke und Druckverluste, die nachfolgend gesondert Berücksichtigung finden. Vorgeschlagen wird weiterhin eine Begrenzung der Anzahl von Zuschlägen nach Tabelle 8-9.

²⁴ DIN EN 13779: Lüftung von Nichtwohngebäuden; Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlage und Raumkühlsysteme, Deutsche Fassung EN 13779: 2007; 09-2007

Tabelle 8-9: Ermittlung von Komponentenzuschlägen für SFP-Werte in Anlehnung an DIN EN 13779

Systemwirkungsgrad:			60%	
	max. Anzahl	Δp [Pa]	SFP-Anteil [Ws/m ³]	gewählt [Ws/m ³]
Lufterhitzer	1	40	67	60
Luftkühler	1	100	167	150
Luftbefeuchter	2	40	67	60
Schalldämpfer	4	30	50	50
zus. Filterstufe F5-F7	1	100	167	160
zus. Filterstufe F8-F9	1	150	250	250
HEPA-Filter	1	400	667	700
Gasfilter	1	100	167	160
Variabel-Volumenstromregler	2	100	167	160
Luftkanalnetz mit Durchlässen	2	200	333	330

Für zwei unterschiedlich komplexe Anlagentypen erfolgt in Tabelle 8-10 und Tabelle 8-11 die Berechnung des Referenz-SFP-Wertes und die Gegenüberstellung zum Referenzwert nach EnEV 2014. Beim Referenzwert 2014 wird der WRG-Zuschlag berücksichtigt, da dieser durch die Ecodesign-RL zum Standardfall wird.

Tabelle 8-10: Beispielrechnung – Referenz-SFP-Wert einer Klimaanlage mit Variabel-Volumenstromreglern

	[Ws/m ³]	Zuluftventilator		Abluftventilator	
		Anzahl	Zuschlag	Anzahl	Zuschlag
			[Ws/m ³]		[Ws/m ³]
Basiswert	650	1	650	1	650
Lufterhitzer	60	1	60	-	-
Luftkühler	150	1	150	-	-
Luftbefeuchter	60	1	60	-	-
Schalldämpfer	50	2	100	2	100
zus. Filterstufe F5-F7	160	1	160	-	-
zus. Filterstufe F8-F9	250	-	-	-	-
HEPA-Filter	700	-	-	-	-
Gasfilter	160	-	-	-	-
Variabel-Volumenstromregler	160	1	160	1	160
Luftkanalnetz mit Durchlässen	330	1	330	1	330
resultierender Referenz-SFP-Wert			1.670		1.240
Referenz EnEV 2014 inkl. Zuschlag WRG H2			1.800		1.300

Tabelle 8-11: Beispielrechnung – Referenz-SFP-Wert einer Lüftungsanlage mit konstantem Volumenstrom

	[Ws/m ³]	Zuluftventilator		Abluftventilator	
		Anzahl	Zuschlag	Anzahl	Zuschlag
			[Ws/m ³]		[Ws/m ³]
Basiswert	650	1	650	1	650
Lufterhitzer	60	1	60	-	-
Luftkühler	150	-	-	-	-
Luftbefeuchter	60	-	-	-	-
Schalldämpfer	50	2	100	2	100
zus. Filterstufe F5-F7	160	1	160	-	-
zus. Filterstufe F8-F9	250	-	-	-	-
HEPA-Filter	700	-	-	-	-
Gasfilter	160	-	-	-	-
Variabel-Volumenstromregler	160	-	-	-	-
Luftkanalnetz mit Durchlässen	330	1	330	1	330
resultierender Referenz-SFP-Wert			1.300		1.080
Referenz EnEV 2014 inkl. Zuschlag WRG H2			1.800		1.300

Der Vergleich von Tabelle 8-10 und Tabelle 8-11 verdeutlicht, dass sich das Ergebnis für komplexere Anlagen gut deckt, wogegen bei einfacheren Systemen Spielräume für Verschärfungen des Anforderungsniveaus bestehen. Das vorgeschlagene Verfahren würde dies differenziert berücksichtigen und könnte Ausgangspunkt für weitere Anpassungen sein, die deutlich differenzierter als bisher ausfallen würden.

Tabelle 8-12: Formulierungsvorschlag für die Referenzbeschreibung Raumluftechnik

5.2	Raumluftechnik	Soweit für Zonen der Nutzungen 4, 8, 9, 12, 13, 23, 24, 35, 37 und 40 ** eine Zu- und Abluftanlage vorgesehen wird, ist diese mit bedarfsabhängiger Luftvolumenstromregelung gemäß DIN V 18599-7: 2011-12 Abschnitt 5.8.1 ausulegen.
	- Zu- und Abluftanlage	Spezifische elektrische Leistungsaufnahme - Basiswert Zuluftventilator (WRG, 1 Filter) - Basiswert Abluftventilator (WRG, 1 Filter) - Zuschläge je Ventilator, soweit vorhanden: Lufterhitzer Luftkühler Luftbefeuchter Schalldämpfer zus. Filterstufe F5-F7 zus. Filterstufe F8-F9 HEPA-Filter Gasfilter Variabel-Volumenstromregler Luftkanalnetz mit Durchlässen $P_{SFP} = 650 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$ $P_{SFP} = 650 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$ $\Delta P_{SFP} = 60 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$ $\Delta P_{SFP} = 150 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$ $\Delta P_{SFP} = 60 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$ $\Delta P_{SFP} = 100 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$ $\Delta P_{SFP} = 160 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$ $\Delta P_{SFP} = 250 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$ $\Delta P_{SFP} = 700 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$ $\Delta P_{SFP} = 160 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$ $\Delta P_{SFP} = 160 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$ $\Delta P_{SFP} = 330 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s})$ Wärmerückgewinnung über Kreislauf-Verbund-System mit geregelter Pumpe; Rückwärmzahl Φ_{rec} bzw. $\eta_t = 0,68$ bei geregelter Luftkonditionierung: Zulufttemperatur 18 °C Druckverhältniszahl: $f_p = 0,4$ Luftkanalführung: innerhalb des Gebäudes

Neben der ausführlichen Beschreibung der Referenztechnik wäre auch eine normative Beschreibung in DIN V 18599-7 möglich, auf die durch das GEG verwiesen werden könnte. Die sinnvolle Platzierung wäre in DIN V 18599-7, Abschnitt 5.2, der bereits Standardwerte für die spezifische Ventilatorleistung enthält.

9 Untersuchungen zur Anforderungssystematik

9.1 Untersuchung zur Notwendigkeit unterschiedlicher Anforderungsniveaus für Ein-/ Zweifamilienhäuser und Mehrfamilienhäuser

Die in Abschnitt 8.1 dokumentierte Entwicklung baubarer Referenzgebäude für das Niveau QP75 HT100 basiert auf einer Mittelwertbildung der Bauteilqualitäten über die untersuchten Gebäude und führt auch im Mittel über alle betrachteten Gebäude zum Erreichen der primärenergetischen Anforderung (siehe Bild 8-7). Zur Beurteilung, ob ausgehend von den beschriebenen U-Wert-Sätzen (siehe Tabelle 8-2) eine Differenzierung der Anforderungen zwischen Ein-/ Zweifamilienhäusern und Mehrfamilienhäusern sinnvoll bzw. ratsam ist, erfolgt im Weiteren am Beispiel des kleinen Einfamilienhauses mit Keller und des großen Mehrfamilienhauses. Dabei erfolgt ein detaillierter Blick auf

- die gebäudespezifisch erforderlichen U-Werte, um für die vier „Grundkonfigurationen“ jeweils eine Erfüllungsoption zu bilden (siehe Bild 9-1 für das EFH klein und Bild 9-2 für das MFH groß sowie Abschnitt 16.1 für sämtliche Gebäude) und
- die gebäudespezifisch resultierenden primärenergetischen Erfüllungsgrade, die aus der Anwendung der U-Wert-Sätze resultieren (siehe Bild 9-3 für das EFH klein und Bild 9-4 für das MFH groß sowie Abschnitt 16.3 für sämtliche Gebäude).

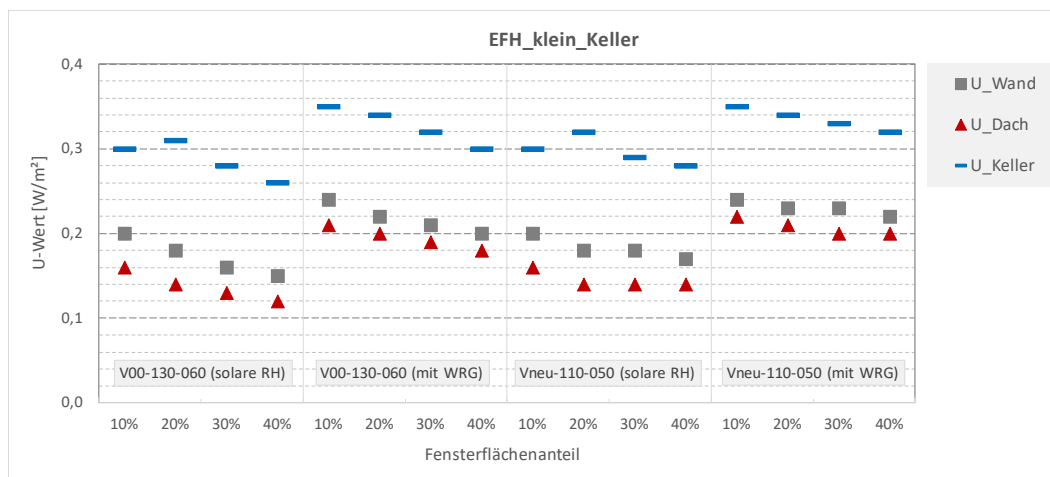


Bild 9-1: U-Werte der Erfüllungsoptionen für das Niveau QP75 HT100 für das EFH klein mit Keller

Die fallweise erforderlichen U-Werte, die bei dem kleinen EFH umgesetzt werden müssen, um für jede der betrachteten Grundkonfigurationen das Niveau QP75 HT100 zu erreichen, zeigen, dass für die Varianten mit Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung (zweite und vierte Grundkonfiguration) jeweils gegenüber der Referenzausführung nach EnEV 2014 verbesserte bauliche Ausführungen umgesetzt werden müssen.

Hierzu folgt mit Bild 9-2 die analoge Auswertung für das große MFH.

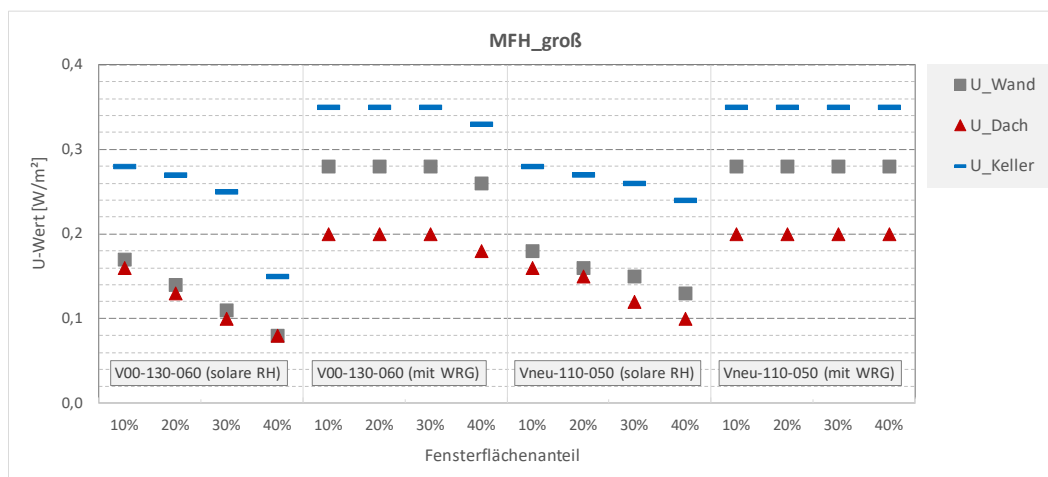


Bild 9-2: U-Werte der Erfüllungsoptionen für das Niveau QP75 HT100 für das MFH groß

Anders als zuvor für das kleine Einfamilienhaus zeigt Bild 9-2, dass die Zu-/Abluftanlage mit WRG im Fall des großen Mehrfamilienhauses bereits dazu führt, dass die für das Niveau QP75 HT100 gebildeten Erfüllungsoptionen bereits unter Zugrundelegung einer baulichen Ausführung erreicht wird, welche der gegenwärtigen Referenzausführung nach EnEV 2014 entspricht. Die hohe Wirksamkeit der Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung ist im Wesentlichen darauf zurückzuführen, dass Mehrfamilienhäuser aufgrund ihrer in der Regel kompakten Bauweise und dem dadurch günstigen A/V-Verhältnis einen vergleichsweise geringen Heizwärmebedarf haben. Bereits aus diesen Auswertungen kann abgeleitet werden, dass aus der Anwendung der in Abschnitt 8.1 entwickelten mittleren U-Wert-Sätze bei Mehrfamilienhäusern höhere Anforderungen als bei Ein-/Zweifamilienhäusern resultieren würden. Dazu folgen in Bild 9-3 und Bild 9-4 die Auswertungen der Erfüllungsgrade für die vier baubaren Referenzoptionen.

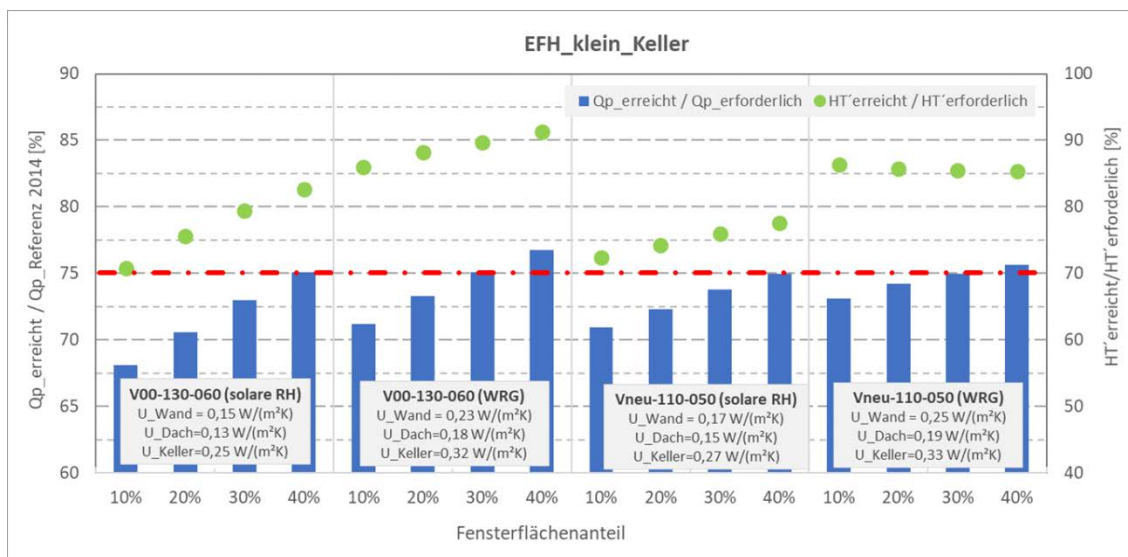


Bild 9-3: Erfüllungsgrade Primärenergie und Transmissionswärmeverlust bezogen auf die Referenzausführung EnEV 2014 für das EFH klein mit Keller

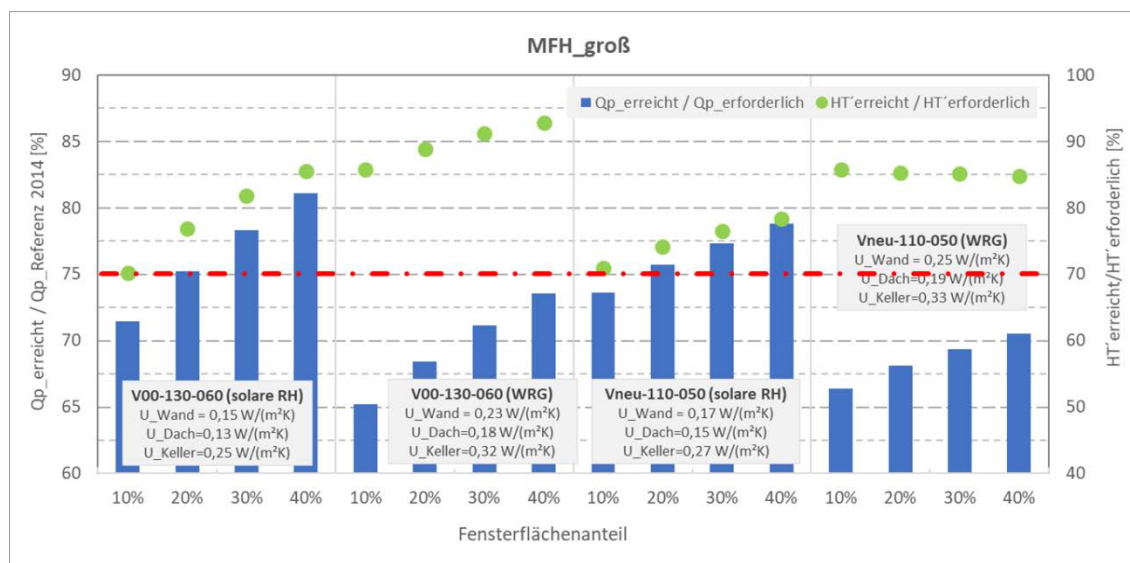


Bild 9-4: Erfüllungsgrade Primärenergie und Transmissionswärmeverlust bezogen auf die Referenzausführung EnEV 2014 für das MFH groß

Die Anwendung der für die im Mittel über alle betrachteten Gebäude generierten U-Wer-Sätze zeigt bei einer Gegenüberstellung der Auswertungen in Bild 9-3 und Bild 9-4 die oben bereits beschriebenen Konsequenz für das große Mehrfamilienhaus: hier wird infolge des verbesserten baulichen Wärmeschutzes gegenüber der Referenzausführung nach EnEV 2014 in Verbindung mit der Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung eine deutliche Übererfüllung des primärenergetischen Anforderungswertes erreicht. Für Gebäude, die aufgrund ihres günstigen A/V-Verhältnisses ohnehin schon auf einen vergleichsweise niedrigen primärenergetischen Niveau liegen, bedeuten die in Abschnitt 8.1 entwickelten baubaren Referenzausführungen mit Zu-/Abluftanlage letztlich eine Verschärfung der Anforderungen, für Gebäude mit ungünstigerem A/V-Verhältnis tendenziell eine Erleichterung.

Die Konsequenz dieser Bewertung ist, dass eine differenzierte Anforderung zwischen Ein-/Zweifamilienhäusern und Mehrfamilienhäusern nicht nur möglich, sondern erforderlich ist. Diese differenzierten Anforderungen können mit unterschiedlichen anlagentechnischen Konfigurationen erreicht werden, z.B. Berücksichtigung der Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung bei Ein-/Zweifamilienhäusern und die (energetisch weniger wirksame) solarthermische Heizungsunterstützung bei Mehrfamilienhäusern. In beiden Fällen wären zusätzlich moderate Verbesserungen des baulichen Wärmeschutzes in der Größenordnung gemäß Tabelle 8-2 vorzusehen.

9.2 Berücksichtigung solarer Warmegewinne bei den Anforderungen an die Qualität der Gebäudehülle sowie bei Einzelmaßnahmen bei Wohn- und Nichtwohngebäuden

Neben der primärenergetischen Anforderung wird für Wohngebäude in der gegenwärtigen Anforderungssystematik über einen mindestens einzuhaltenden mittleren Transmissionswärmeverlust H_T' eine weitere Anforderung formuliert, die sich auf die Ausführung der Gebäudehülle und eine mindestens vorzusehende wärmeschutztechnische Qualität bezieht. Diese auch als „Nebenanforderung“ bezeichnete Anforderung ergibt sich aus der durch die Referenzausführung beschriebenen wärmeschutztechnischen Qualität der Gebäudehülle und ist in der gegenwärtigen Fassung der EnEV „gedeckelt“ durch die in der Anlage 1, Tabelle 2 beschriebenen gebäudespezifischen Höchstwerte des auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlusts. In der Entwurfsfassung des GEG [2] ist diese Tabelle mit „Deckelwerten“ nicht mehr vorgesehen, sodass sich hiernach perspektivisch die Nebenanforderung nur noch aus der Referenz-Bautechnik ergibt. Diese Nebenanforderung greift in Bezug auf die umzusetzende bauliche Ausführung immer dann, wenn der für die Wärmebereitstellung vorgesehene Wärmeerzeuger zu einer primärenergetischen Übererfüllung führt (z.B. bei Wärmepumpen oder Pelletkesseln).

Entscheidender Nachteil der Anforderungsgröße H_T' ist, dass in die Bestimmung dieses Kennwertes nur die U-Werte der Bauteile der wärmeübertragenden Umfassungsfläche einfließen. Transparente Bauteile, die hinsichtlich der Transmissionswärmeverluste das „schwächste Glied“ in der wärmeübertragenden Umfassungsfläche darstellen, werden dabei auch nur über den U-Wert des transparenten Bauteils erfasst und heizwärmebedarfsreduzierende solare Wärmeeinträge bleiben in dem Kennwert H_T' unberücksichtigt. Am Beispiel der Auswertung in Bild 9-5 soll exemplarisch gezeigt werden, dass die Anforderungsgröße H_T' im Sinne einer Verbesserung der Anforderungssystematik perspektivisch durch einen sog. äquivalenten mittleren Transmissionswärmeverlust $H_{T'eq}$ ersetzt werden sollte. Die Ergebnisse in Bild 9-5 beschreiben folgende Situation:

- Grundlage der exemplarischen Auswertungen stellt das kleine Einfamilienhaus dar
- ausgehend von einer für das Niveau QP75 HT100 unter Verwendung des gegenwärtigen Referenzfensters ($U_w = 1,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}$; $g = 0,60$) gebildeten Erfüllungsoption erfolgt die energetische Bilanzierung unter ansonsten unveränderten Randbedingungen für ein Fenster mit den Kennwerten: $U_w = 1,0 \text{ W/(m}^2\text{K)}$; $g = 0,53$
- jeweils für grundflächenbezogene Fensterflächenanteile von 10, 20, 30 und 40 % erfolgt die Ausweisung der Größen
 1. Primärenergiebedarf
 2. H_T' -Wert
 3. $H_{T'eq}$ -Wert
- die $H_{T'eq}$ -Wert-Bestimmung erfolgt auf Basis der wie folgt beschriebenen Methodik:
 1. anstelle des U-Wertes fließt in die Berechnung des $H_{T'eq}$ -Wertes ein äquivalenter U-Wert U_{eq} ein.
 2. Die Berechnung von U_{eq} erfolgt dabei mit: $U_{eq} = U_w - g \cdot S_F$
 3. mit S_F -Werten orientierungsweise wie folgt: Nord: $0,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$; Ost/West: $1,2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$; Süd: $2,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

- es wird eine Verteilung der Fensterflächen auf die Fassaden wie folgt angenommen:
Nord: 15%; Ost/West jeweils 25 %; Süd: 35 %

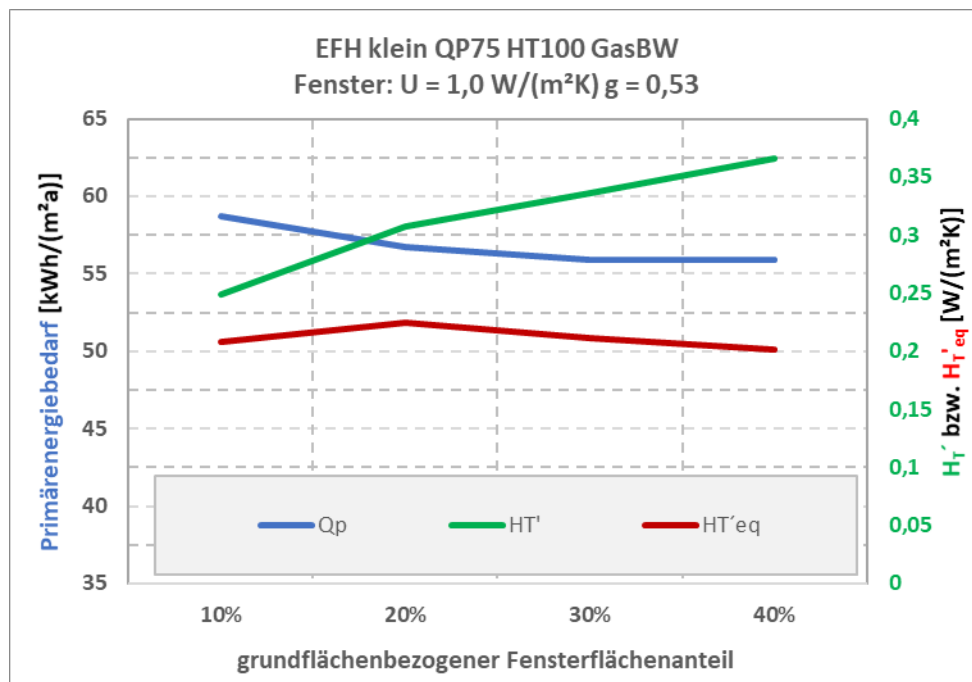


Bild 9-5: Primärenergiebedarf, mittlerer spezifischer Transmissionswärmeverlust $H_{T'}$ sowie mittlerer äquivalenter Transmissionswärmeverlust $H_{T'eq}$ in Abhängigkeit von dem Fensterflächenanteil

Der Darstellung in Bild 9-5 kann für das Berechnungsbeispiel Folgendes entnommen werden:

- mit steigendem Fensterflächenanteil sinkt der Primärenergiebedarf von 58,7 kWh/(m²a) bei 10 % Fensterflächenanteil auf 55,9 kWh/(m²a) bei 40 % Fensterflächenanteil
- die $H_{T'}$ -Werte erhöhen sich von 0,249 W/(m²K) 10 % Fensterflächenanteil auf 0,366 W/(m²K) bei 40 % Fensterflächenanteil
- die $H_{T'eq}$ -Werte beschreiben, wie auch die Auswertung der Primärenergiebedarfe zeigt, eine tendenzielle energetische Verbesserung der Qualität der Gebäudehülle mit steigendem Fensterflächenanteil

Für primärenergetisch günstige Konzepte zur Energieversorgung von Gebäuden (z.B. Wärmepumpen oder Pelletkessel), die sich bezüglich der erforderlichen baulichen Qualität an der Nebenanforderung orientieren, kann die bislang verwendete Anforderungsgröße $H_{T'}$ zu Fehloptimierungen führen. Die Auswertungen in Bild 9-5 zeigen, dass die durch $H_{T'}$ suggerierte Verschlechterung der Qualität der Gebäudehülle bei steigendem Fensterflächenanteil eine falsche Bewertung der Hüllqualität darstellt, da sich im primärenergetischen Bilanzergebnis mit Vergrößerung des Fensterflächenanteils eine Verringerung des Primärenergiebedarfs einstellt. Deshalb wird empfohlen, die Nebenanforderung perspektivisch auf die beschriebene Kenngröße $H_{T'eq}$ umzustellen.

Eine Umstellung der Anforderungssystematik auf $H_{T'eq}$ durch Einbeziehung der äquivalenten U-Werte U_{eq} von transparenten Bauteilen wird insbesondere auch für die Umstellung der Anforderungen für den Bauteilnachweis bei Maßnahmen im Bestand empfohlen, da hier die alleinige Vorgabe von nicht zu überschreitenden U-Werten die solaren Wärmegewinne nicht einbezieht und zu den gleichen

Fehlbewertungen führt wie in Bild 9-5 anhand der Größe H_T' beschrieben. Gleiches gilt für die Vorgabe von $\bar{U}_{\max}$ -Werten für transparente Bauteile und Vorhangfassaden bei Nichtwohngebäuden.

9.3 Vorschlag zur Ergänzung der Referenzausführung für Wohngebäude bei der Fortschreibung der Anforderungen

Im Zuge der Fortschreibung der Anforderungen und insbesondere für weitergehende Verschärfungen der Anforderungsniveaus wird vorgeschlagen eine Berücksichtigung von Sondergläsern in der Beschreibung der Referenzausführung analog zu der Beschreibung bei Nichtwohngebäuden auch bei den Wohngebäuden einzuführen.

Zum Einsatz kommende Sondergläser, z. B. Schallschutzgläser mit geringen g-Werten, bei weichen eine energetische „Performance“ auf, die schlechter ist als in der Referenzausführung. Folglich müssen für Situationen, bei denen äußere Zwänge, wie z.B. erhöhte Schallschutzanforderungen oder Anforderungen an eine Absturzsicherung vorliegen, gegenwärtig Kompensationen in der Energiebilanz erfolgen.

Die Behandlung von Sondergläsern in einer Referenzausführung sollte folgende Einsatzfälle berücksichtigen

- Isolierglas-Sonderaufbauten zur Absturzsicherung;
- Schallschutzgläser;
- Isolierglas-Sonderaufbauten zur Durchschusshemmung, Durchbruchhemmung oder Sprengwirkungshemmung;
- Isolierglas-Sonderaufbauten als Brandschutzglas und
- Sonnenschutzgläser.

Eine gesonderte Behandlung der genannten Fälle, wie zuvor beschrieben, wird insbesondere bei einer weitergehenden Verschärfung der Anforderungen von Bedeutung sein und empfohlen, da die Möglichkeiten zur Kompensation der gegenwärtigen Benachteiligung von Sondergläsern mit zunehmender Anforderungshöhe geringer werden.

Die Umsetzung der Regelungen für Sondergläser kann in der Beschreibung der Ausführung des Referenzgebäudes analog zur bereits in der EnEV Anlage 2, Tabelle 1, Zeile 1.14 aufgenommenen Lösung sowohl für Wohngebäude als auch für Nichtwohngebäude erfolgen. Dabei können die o.g. Einsatzfälle auch differenziert behandelt werden.

9.4 Private Nichtwohngebäude

9.4.1 Untersuchung zu differenzierten Lösungsansätzen für unterschiedliche Typen privater Nichtwohngebäude

Private Nichtwohngebäude lassen sich kaum definierten Typen zuordnen, da eindeutige Kriterien analog zum Bauwerkszuordnungskatalog (BWZK) der öffentlichen Gebäude fehlen. Häufig sind Mischformen wie Büro- und Geschäftshäuser anzutreffen und auch innerhalb einer Nutzungskategorie können große Unterschiede in Ausstattung, Nutzung und Energiebedarf auftreten (z. B. Gesundheitsbauten: Bettenhaus – OP-Zentrum).

Wesentliche Unterschiede zwischen Sonderbauten im Bereich der Nichtwohngebäude zu Wohngebäuden bzw. Büro- und Verwaltungsgebäuden können durch folgende Effekte entstehen:

- Zonen mit größeren Geschosstiefen oder innen liegende Zonen führen dazu, dass die Einflüsse von Kühlung (Verhältnis Wärmequellen zu Wärmesenken) und künstlicher Beleuchtung an Bedeutung gewinnen und die Bedeutung der Raumheizung zurückgeht.
- Zonen mit intensiverer Flächennutzung bzw. -belegung bewirken höhere interne Wärmegewinne, einen steigenden Kühlenergiebedarf und einen sinkenden Heizenergiebedarf sowie höhere Luftwechsel (Beispiele: Produktionsküchen, Theater, Kinos und Konferenzcenter).
- Sicherheitsanforderungen führen in bestimmten Zonen zu erhöhten Luftwechseln, wie z. B. in Laborzonen, bestimmten Krankenhausbereichen, industriellen Nutzungen, was dazu führen kann, dass der Primärenergiebedarf für die Luftförderung eine dominierende Rolle beim Jahres-Primärenergiebedarf einnimmt.

Ein verschärftes Anforderungsniveau würde sich in manchen Fällen nicht oder nicht vollständig durch verbesserten Wärmeschutz und Einsatz primärenergetisch verbesserter Wärme erzeugungsanlagen erzielen lassen. Vielmehr wäre dies nur möglich, wenn effizientere Anlagentechnik in den Bereichen Lüftung, Kühlung und Beleuchtung geplant und bilanziert werden würde.

Das Referenzgebäudeverfahren hat sich aus Sicht der Verfasser in der Vergangenheit bewährt, da den individuellen Nutzungsanforderungen und den daraus resultierenden verschobenen Wichtungen der Energiebedarfsanteile hinreichend Rechnung getragen wurde und das Nachweisverfahren zu einer nachvollziehbaren Lenkungswirkung führte.

Die Einführung eines aktualisierten Referenzgebäudes würde hier anknüpfen und einige Probleme beseitigen, die durch den seit 2016 geltenden pauschalen Abschlag entstanden sind.

Als Beispiele für die gegenwärtigen Probleme bei der Beschäftigung mit dem Gebäudetyp Shoppingmall wurden identifiziert:

- Die bestehende Regelung besagt, dass bei nachträglich eingebauter Beleuchtung (z. B. Mieterausbau) der Nachweis mit der Referenztechnik zu führen ist. Dieser Passus führt vor dem 01.01.2016 quasi zu einer Nichtberücksichtigung. Die Einführung des pauschalen Abschlags von -25 % erzwingt gegenwärtig in derartigen Fällen eine Kompensation durch andere Energiebedarfsanteile, was im Einzelfall zur Nichterfüllung führen kann.

- Bei der ausgewerteten Shopping-Mall wurde aus verschiedenen Gründen die TWW-Erwärmung dezentral elektrisch ausgeführt. Nachvollziehbare Gründe dafür sind die hohe Flexibilität in der wechselnden Nutzung der Mietflächen, Aspekte der Trinkwasserhygiene und das Missverhältnis zwischen Bedarf und Zirkulationsverlusten angesichts der großen räumlichen Netzausdehnung. Bei Beibehaltung einer dezentral elektrischen Erzeugung ist jedoch ebenfalls keine pauschale 25- %-ige Reduzierung möglich, so dass auch hier eine Verlagerung auf andere Bedarfsanteile stattfinden muss.

Das Potenzial für die Anpassung der Referenzgebäudebeschreibung über den Heizenergiebedarf hinaus wird folgendermaßen eingeschätzt:

- Im Bereich der künstlichen Beleuchtung besteht das Potenzial aus dem Einsatz der mit der 2016er-Normausgabe fortgeschriebenen LED-Technik.
- Im Bereich der Kühlung / Kälteerzeugung stehen mit effizienteren Kältemaschinen, ergänzt durch freie und geothermische Kühlung, zusätzliche Optionen zur Verfügung.
- Raumluftechnische Anlagen sollten differenzierter betrachtet werden. Die Wärmereduzierung durch Wärmerückgewinnung sinkt zwar degressiv, bietet aber noch etwas Verbesserungspotenzial. Der Elektroenergiebedarf für die Luftförderung kann in bestimmten Gebäudenutzungen einen ganz maßgeblichen Einfluss auf den gesamten Jahres-Primärenergiebedarf haben. Die gegenwärtige Referenzbeschreibung berücksichtigt dabei die Komplexität der Anlagen nur eingeschränkt (HEPA-Filter und Wärmerückgewinnungsklassen H2 bzw. H1), die räumliche Ausdehnung gar nicht. Dadurch lässt sich das gegenwärtige Anforderungsniveau in einfachen, kleinen Gebäuden problemlos und in ausgedehnten und hochkomplexen Anlagen mit mehreren Filterstufen und Luftaufbereitungsfunktionen kaum noch verbessern. Auch zwischen Anlagen mit und ohne geregelter Luftkonditionierung besteht an dieser Stelle kein Unterschied. In der früheren Untersuchung [9] ²⁵ wurde ein praktikabler Vorschlag erarbeitet, der zu einer stärkeren Differenzierung der Ventilatorleistungen in Abhängigkeit von der Ausstattung und der Luftbehandlungsfunktionen führt. Infolgedessen würden mögliche Anforderungsverschärfungen bei einfachen Anlagen höher und bei komplexen Anlagen moderater ausfallen.

Um mit dem Referenzgebäudeverfahren zu der gewünschten Lenkungswirkung zu gelangen, sind realistische Randbedingungen wichtig. Bei den privaten Nichtwohngebäuden sind dies vor allem die Wärmeeinträge durch Arbeitshilfen, die durch die DIN V 18599 Teil 10 standardisiert vorgegeben werden.

Für die untersuchte Shopping-Mall ergab der bilanzierte Referenzfall folgende Strombedarfsanteile:

Heizung	0,1 kWh/(m²a)
Warmwasser	16,9 kWh/(m²a)
Beleuchtung	20,6 kWh/(m²a)
Belüftung	16,0 kWh/(m²a)
Kühlung	9,5 kWh/(m²a)
<u>Arbeitshilfen (DIN V V18599-10)</u>	<u>4,9 kWh/(m²a)</u>
Gesamt	68,1 kWh/(m²a)

²⁵ Endbericht, Teil 1 zu den Projekten BfEE 01/2016 und BfEE 03/2017; 03-2017

Parallel zur Berechnung wurden reale Verbrauchswerte aus 6 Shopping-Malls ausgewertet. Der Stromverbrauch schwankt zwischen 120 und 230 kWh/(m²a) bei einem flächengewichteten Mittelwert von 200 kWh/(m²a).

Die Abweichungen entstehen aus den Annahmen für Arbeitshilfen, die nach der DIN V 18599-10 für Einzelhandelsflächen mit lediglich 2 W/m² angenommen werden. Wärmelastintensive Flächen wie z. B. Elektronikmärkte werden überhaupt nicht repräsentiert. Anlagentechnisch findet dann eine Verstärkung des Stromverbrauches statt, da die höheren nutzungsbedingten Wärmelasten zu erhöhten Luftvolumenströmen (Ventilatorstrom) und zu einem erhöhten Kälteverbrauch führen.

Mit der Definition der Wärmelast-Randbedingungen ergeben sich Verschiebungen zwischen dem Heizwärmebedarf auf der einen Seite und elektrischen Bedarfsanteilen für Lüftung und Kühlung auf der anderen Seite.

Bei der Definition der Randbedingungen wird folgender Widerspruch gesehen:

- Einerseits sollten die Wärmelastannahmen eher konservativ erfolgen, was nach unserer Einschätzung gegenwärtig durchaus der Fall ist. Das Beispiel der Shopping-Mall belegt dies. Die Höhe der internen Wärmequellen beeinflusst das Wärmeschutzniveau. Das Niveau des baulichen Wärmeschutzes muss sich aber an der Langzeitperspektive von 50 – 70 Jahren orientieren und nicht an einer kurzfristigen Momentaufnahme.
- Die Wirtschaftlichkeit von anlagentechnischen Maßnahmen muss kürzeren Betrachtungszeiträumen genügen. Die Lebensdauer eines BHKWs beläuft sich eher auf 10 – 15 Jahre. Nach ca. 60.000 Betriebsstunden ist in der Regel eine Grundrevision oder Erneuerung des Motors erforderlich. Die wirtschaftliche Auslegung eines BHKWs ist also eher von den realistischen Lastannahmen mit kurz- bis mittelfristiger Perspektive abhängig.

Die sehr deutlichen Unterschiede zwischen elektrischem Bedarf und Verbrauch am Beispiel der Shopping-Mall zeigen, dass trotz der vorgenannten Widersprüche eine Unausgewogenheit vorliegt. Auf ähnliche Diskrepanzen wurde bereits bei der Untersuchung von Krankenhäusern²⁶ und anderen Nichtwohngebäuden hingewiesen.

Die Empfehlungen der Verfasser lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- Für die unterschiedliche Behandlung privater und öffentlicher Gebäude wird keine Begründung gesehen.
- Eine Einteilung von Nichtwohngebäuden in Gebäudetypen ist nicht zweckmäßig, weil gerade bei den privaten Gebäuden eine eindeutige Kategorisierung nicht möglich ist.
- Das mittelfristige Ziel sollte darin bestehen, wieder zu einer baubaren Referenzbeschreibung zu gelangen und auf pauschale Abschlagsfaktoren zu verzichten. Mit der Fortschreibung der DIN V 18599 sind verbesserte technische Referenzbeschreibungen möglich.

²⁶ „EnEV 2017 – Vorbereitende Untersuchungen“, Endbericht vom 29. Februar 2016

- Wenn die Berechnungsrandbedingungen realistisch sind, wichtet das Referenzgebäudeverfahren die Energiebedarfsanteile automatisch in realistische Größenordnungen und führt zu der gewünschten Lenkungswirkung, die in bestimmten Fällen dazu führen kann, auch energieeffiziente Beleuchtung, Klimatisierung usw. zu planen und zu installieren.
- Letztendlich bietet die bestehende § 5-Regelung gerade bei den Gebäuden, bei denen der Strombedarf überwiegt, die zusätzliche alternative Möglichkeit, eigenerzeugten Strom in Größenordnungen zu bilanzieren, mit denen sich das Anforderungsniveau erreichen lässt.

9.4.2 Betrachtungen zum baulichen Wärmeschutz von Gebäuden, bei denen die Nutzung von Strom für Lüftung, Kühlung, Beleuchtung und Warmwasserversorgung die Energienutzung für die Beheizung überwiegt

Die nachfolgende Tabelle 9-1 fasst die Ergebnisse für die untersuchten Nichtwohngebäude bezüglich der Aufteilung zwischen Brennstoffbedarf und Strombedarf zusammen. Zugrunde gelegt wurde die Referenzvariante EnEV 2014. Für die Gebäudetypen Hochschulgebäude und Shopping-Mall überstieg der Strombedarf den Endenergiebedarf für die Beheizung. Dort verteilt sich der Strombedarf in erster Näherung relativ gleichmäßig auf die Bedarfsanteile Beleuchtung, Kühlung und Lüftung. Deutlich wird auch, dass es einen Zusammenhang zwischen hohem Strombedarf und niedrigem Heizenergiebedarf gibt.

Tabelle 9-1: Gegenüberstellung der Endenergien Strom und Brennstoff für die untersuchten Nichtwohngebäude – Referenzfall (EnEV 2014 GasBW)

Gebäudetyp	Endenergie Strom [kWh/(m²a)]	Endenergie Erdgas [kWh/(m²a)]	Anteil Beleuchtung am Strombedarf	Anteil Kühlung am Strombedarf	Anteil Lüftung am Strombedarf
Büro klein	19,2	105,7	93%		3%
Büro groß	40,7	89,8	37%	30%	33%
KiTa	10,6	128,0	73%		17%
Schule	12,4	57,8	45%		52%
Hotel	26,2	91,7	37%	37%	21%
Verbrauchermarkt	39,7	48,5	50%	16%	32%
Fertigungshalle(zentral)	18,2	84,1	95%		
Fertigungshalle(dezentral)	18,2	84,1	95%		
Verwaltungsgebäude	28,6	89,9	52%		47%
Schulsporthalle	27,3	145,9	56%		40%
Hochschulgebäude	43,7	36,6	30%	43%	27%
Shopping Mall	46,9	32,4	45%	20%	34%

Bei der Fragestellung sollte unterschieden werden zwischen den Strombedarfsanteilen die die Transmissionswärmeströme der Gebäudehülle decken können und denen, die den baulichen Wärmeschutz nicht tangieren.

1. Die elektrische Energie für die Beleuchtung wird in voller Höhe als Wärmequelle im Bilanzgebiet berücksichtigt. Ergänzend müssen hier der Strombedarf für Arbeitshilfen sowie weitere nutzerspezifischen Prozesse innerhalb der bilanzierten Zone betrachtet werden.
2. Dagegen werden die Strombedarfe für Kühlung, Trinkwarmwassererzeugung und Luftförderung nicht oder nur in vernachlässigbarem Umfang in einer Zonenbilanz wirksam. Der relative Einfluss des baulichen Wärmeschutzes auf den Jahres-Primärenergiebedarf geht zwar in Gebäuden mit hohem Ventilatorstrombedarf oder elektrisch basierter Wärmeerzeugung zurück.

Die Wirtschaftlichkeit des baulichen Wärmeschutzes wird aber kaum durch die Frage beeinträchtigt, ob die Trinkwarmwasserzeugung elektrisch erfolgt oder ob im Sommer ein hoher Kühlbedarf entsteht.

Reduziert man die Betrachtung auf den Strombedarf für Beleuchtung und Arbeitshilfen, besteht über die Energiebilanz einer Zone ein Zusammenhang zum baulichen Wärmeschutz. Der Vollständigkeit halber müsste auch die Personenwärme berücksichtigt werden, die in Hörsälen, Kinos usw. deutliche Einflüsse haben kann. Dies führt zu der Fragestellung, ob die Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz einer Zone durch das Verhältnis der Wärmequellen und Wärmesenken beeinflusst werden sollten. Deutlich wird dies an den nachfolgenden Beispielen, nach denen Rechenzentren und gewerbliche Küchen mit internen Wärmeeinträgen von $>1.800 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \text{ d})$ in der DIN V 18599 bilanziert werden.

- Gruppenbüro: 73 $\text{Wh}/(\text{m}^2 \text{ d})$
- Restaurant: 247 $\text{Wh}/(\text{m}^2 \text{ d})$
- Hörsaal: 444 $\text{Wh}/(\text{m}^2 \text{ d})$
- Rechenzentrum: 1.814 $\text{Wh}/(\text{m}^2 \text{ d})$
- Küche: 1.856 $\text{Wh}/(\text{m}^2 \text{ d})$

Ab einer Summe im Bereich von 700 bis $1000 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \text{ d})$ dürften übliche Transmissionswärmeströme über die Hüllflächen an den Nutzungstagen vollständig kompensiert werden. In der Praxis betragen die internen Wärmeeinträge z. B. in Rechenzentren häufig ein Vielfaches.

- Die Grenzbetrachtung, ob der Strombedarf eines Gebäudes für Lüftung, Kühlung, Beleuchtung und Warmwasserversorgung die Energienutzung für die Beheizung überwiegt, wird nicht als geeignetes Kriterium für Veränderungen beim baulichen Wärmeschutz angesehen.
- Einflüsse auf die Wirtschaftlichkeit des baulichen Wärmeschutzes können entstehen, wenn das Verhältnis von Wärmequellen zu Wärmesenken deutlich von Regelnutzungen üblicher Aufenthaltsräume wie Wohnen oder Büro abweicht. Die Auswirkungen würden sich aber nicht automatisch auf das gesamte Gebäude einstellen, sondern lediglich auf die betroffenen Zonen.
- Im vorgenannten Fall würde der bilanzielle Einfluss des baulichen Wärmeschutzes für die betroffenen Zonen mit dem bestehenden Verfahren automatisch zurückgehen. Eine Verschlechterung des Wärmeschutzes gegenüber der Referenzausführung hätte keine oder nur eine geringe Auswirkung auf die Gebäudeenergiebilanz.
- Hätte die wärmelastintensive Zone einen maßgeblichen Flächenanteil am Gebäude, könnte der Wärmeschutz bis auf die Nebenanforderung nach Anlage 3 EnEV (höchstzulässige mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten) reduziert werden. Im Extremfall, wenn die mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten durch andere Zonen kompensiert werden, könnte der Wärmeschutz einzelner Zonen mit den bestehenden Regeln sogar bis zum Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2 reduziert werden.

- Somit bestehen bereits Flexibilisierungsoptionen durch die bestehende Methodik. Dringender weitergehender Handlungsbedarf wird aus Sicht der Verfasser nicht gesehen, zumal für Ausnahmefälle immer die Härtefallregel nach § 25 herangezogen werden kann.
- Wenn eine Öffnungsoption gewünscht wird, könnte dies dadurch erfolgen, dass die Hüllflächen der betroffenen Zonen:
 - a) analog zu den Gebäudezonen >4 m behandelt werden (Ausnahme von der Verschärfung der Nebenanforderung ab dem 01.01.2016) oder
 - b) analog zu den niedrig beheizten Zonen behandelt werden oder
 - c) ganz aus der Nebenanforderung ausgeklammert werden.

Als Anwendungskriterium sollte entweder die das Niveau der flächenspezifischen Wärmegegewinne aus Personen und Arbeitshilfen oder das Verhältnis der absoluten Wärmegegewinne zum absoluten Transmissionswärmeverlust der Zone herangezogen werden. Aus verfahrenstechnischen Gründen sollte die Beleuchtung pauschal berücksichtigt werden, damit eine Beurteilung ohne vorangegangene Bilanzierung möglich wird.

Letztlich sollte aber abgewogen werden, ob die erzielbaren Akzeptanzvorteile (Einzelfallgerechtigkeit) die Nachteile einer weiter zunehmenden Verfahrenskomplexität überwiegen. Berücksichtigt werden sollte auch die lange Lebensdauer des baulichen Wärmeschutzes im Verhältnis zu den sich im Lebenszyklus eines Gebäudes ändernden Flächennutzungen und Raumaufteilungen.

9.5 Optionen zu weitergehenden Flexibilisierungsoptionen

Im Entwurf des Gebäudeenergiegesetzes waren bereits erste Flexibilisierungsansätze eingepflegt, die es erlaubten den bilanziellen Rahmen der EnEV zu erweitern. Hierzu gehört insbesondere die Anrechnung von Strom aus Erneuerbaren Energien in der energetischen Bilanzierung. Während in der aktuellen EnEV monatlich höchstens so viel Strommenge in Ansatz gebracht werden darf, die dem berechneten monatlichen Strombedarf der jeweiligen Nutzung (Heizung, Lüftung, Warmwasser, Kälte und ggf. Beleuchtung) entspricht, darf im Entwurf des GEG eine über den Strombedarf der jeweiligen Nutzung hinausgehende Strommenge aus Erneuerbaren Energien angerechnet werden. Diese definiert sich aus der installierten Anlagenleistung, wird jedoch auf 20 % (ohne elektrochemischen Speicher) bzw. 25 % (mit elektrochemischen Speicher) des Jahresprimärenergiebedarfs begrenzt.

Eine andere Flexibilisierungsoption ist die Besserstellung des Primärenergiefaktors für erdgasversorgte Gebäude, die mit einer hocheffizienten KWK Anlage betrieben werden und die neben dem betrachteten Gebäude auch weitere bestehende Gebäude versorgen (Quartiersansatz).

Neben diesen bereits berücksichtigten Optionen, ergeben sich aus Sicht der Verfasser insbesondere weitere Potentiale für Flexibilisierungsoptionen in den Bereichen Quartiersbetrachtung, Mieterstromanwendung, saisonale Wärmespeicherung, Sektorkopplungssysteme, smarte Steuerungssysteme und qualitätsgesicherte Inbetriebnahme bzw. Langzeitmonitoring von Betriebsanlagen sowie nachhaltige Konstruktionen.

9.5.1 Quartiersbetrachtung

Besonders aus dem Bereich der Wohnungswirtschaft wird der Wunsch geäußert, Gebäude im Quartier gemeinschaftlich bewerten zu können. Dieser Ansatz wird auch als Flottenverbrauch bezeichnet. Hierdurch sollen Synergien genutzt und partielle Übererfüllungen einzelner Gebäude durch Mindererfüllungen anderer Gebäude ausgeglichen werden können. Die Wohnungswirtschaft erwartet sich hierdurch günstigere investive Lösungen für das Gesamtquartier. Die Planungsfreiheit wird darüber hinaus dadurch erhöht. Grundsätzlich ist gegen diesen Ansatz nichts einzuwenden, solange sichergestellt werden kann, dass die Mindestanforderungen an den Primärenergiebedarf in Summe und an den baulichen Wärmeschutz im Mittel eingehalten werden. Die zentrale Wärmeversorgung in Quartieren ist schon heute mit den Ansätzen von Nahwärmesystemen bewertbar. Die Mindestvorgaben zum energiesparenden Wärmeschutz könnten sich an denen des Referenzgebäudes orientieren oder müssten als nutzflächengemittelter Transmissionswärmeverlust definiert werden. Zu bedenken ist jedoch, dass bei diesem Ansatz die rechtsverbindliche Sicherstellung (und nicht nur Inaussichtstellung) der erhöhten energetischen Qualität der zur Substitution herangezogenen Gebäude gewährleistet ist. Daher wird sich die Realisierung wahrscheinlich nur auf Quartiereinheiten eines einzelnen Eigentümers begrenzen lassen. Darüber hinaus ist zu bedenken, dass die Potentiale der KfW-Förderprogramme als Substitutionspotential verwendet werden können, sprich einzelne Investoren auf Kosten der Allgemeinheit wirtschaftliche Vorteile ziehen können. Ein energetisch hochwertiges, mit KfW-Mitteln gefördertes Gebäude, könnte einem anderen in der Siedlung stehendem Gebäude zu vermindernden Anforderungen verhelfen. Die Hebelwirkung der KfW-Förderung könnte damit wirkungslos werden.

9.5.2 Mieterstrom- und Quartiersstromanwendung

Mit der Erlassung des Mieterstromgesetzes wird die Generierung von Strom aus Erneuerbaren Energien im Geschosswohnungsbau gefördert und deren wirtschaftliche Vermarktung erleichtert. Daneben sind durch die Systemkonfiguration einer zentralen Energieerzeugung, mehrerer paralleler Verbraucher mit unterschiedlichen Nutzungsprofilen und einer zentralen Einspeisung ins öffentliche Netz erhöhte Eigennutzungsgrade durch unterschiedliche Gleichzeitigkeit im Verbrauchsverhalten gegenüber wohnungsweiser singulären Lösungen (ein fixes PV Feld je Wohnung) zu erzielen (siehe BMUB Effizienzhaus Plus Projekt). Analoge Ergebnisse konnten bei Quartiersnetzlösungen in Siedlungen erzielt werden. Der Eigennutzungsgrad konnte in Demonstrationsvorhaben um 15 bis 20 % erhöht werden. Die hierdurch erlösbaren Minderungen bei den Primärenergiebedarfen könnten bonifiziert werden. Da die bisherigen Flexibilisierungsansätze im GEG sowohl für den Kleinhausbau als auch für den Geschosswohnungsbau anwendbar sind, ist die Mieterstromanwendung bereits grundsätzlich gewürdigt. Erweiterungsoptionen für den „genossenschaftlich“ genutzten Strom aus Erneuerbaren Systemen im Geschosswohnungsbau oder für Siedlungsnetze sind aber noch erforderlich.

9.5.3 Saisonale Wärmespeicherung

Besonders im Kleinhausbau kommen partiell solare saisonale Wärmespeicher für innovative Gebäudekonzepte zur Anwendung (z.B. Sonnenhaus). Die hiermit erschließbaren, über die Monatsbilanz hinausgehenden Solargewinne für Heizzwecke sind mit den Nachweismethoden (DIN V 18599 und DIN V 4108-6/4701-10) nicht bewertbar. Dieser Einschränkung kann aber mit dem § 7 des GEG entgegengewirkt werden. Für diese Speichersysteme können mittels dynamischer Simulation die monatlich überschüssigen im Langzeitspeicher eingespeicherten Wärmepotentiale ermittelt und zusätzlich

zu den normativen Berechnungen in Anrechnung gebracht werden. Hierzu empfiehlt es sich, entweder eine Bekanntmachung gemäß § 7 Abs. 3 zu erlassen oder die Würdigung der saisonalen Speichereffekte normativ voran zu treiben. Wärmespeicher in Infrastruktursystemen werden bereits heute über die primärenergetische Bilanzierung der Nah- und Fernwärmenetze in Anrechnung gebracht. Hierfür bietet sich kein weiteres Flexibilisierungspotential.

9.5.4 Sektorkopplung

Gebäude stellen über die sog. Sektorkopplung ein besonderes Potential für die Stabilisierung des Stromnetzes bei zunehmenden Anteilen Erneuerbarer Energie dar. Überschüssiger Strom kann gezielt in den Gebäuden als Wärme oder Kälte eingespeichert werden; eine Überbrückung von Stromengpässen kann durch zeitweise Abschaltung der Erzeugersysteme erfolgen. Die haustechnischen Anlagen können auf dem Regelenergiemarkt gezielt eingebunden werden. Somit lassen sich Gebäudekonzepte mit derartigen Komponenten gezielt zur Erhöhung der nutzbaren Erneuerbaren Energien im Strommarkt verwenden. Diese Tendenz wird auch mit der Novellierung der europäischen Gebäude-richtlinie (EPBD) unterstützt. Anlagentechnische Konzepte, welche z.B. die Elektromobilität im Gebäudekonzept integrieren oder Transformationssysteme im Wärmemarkt wie Power to heat (Pth) oder Power to gas (Ptg), sorgen für bessere Primärenergiefaktoren im Netz und könnten hierfür eine primärenergetische Gutschrift erhalten. Derzeit werden von der EU Kommission Smart Building Indikatoren (SBI) entwickelt. Diese könnten als Bewertungsgrundlage einer Bonifizierung herangezogen werden. Aber auch neue konzeptionelle Gebäudeansätze wie z.B. die Windheizungsansätze, bei denen Gebäude nur eine Stromlieferung erhalten, wenn Überschüsse im Netz vorhanden sind, die verbleibende Zeit aus der eingespeicherten Energie betrieben werden, können über Bonifizierungen beim Primärenergiefaktor als Flexibilisierungsoption Anwendung finden. Ein mögliches Bonifizierungssystem müsste aber erst erarbeitet werden und könnte daher erst mittelfristig zum Einsatz gelangen.

9.5.5 Smart Home und Smart Building Systeme

In den letzten Jahren wurden Smart Home Technologien vermehrt im Wohnungsbau appliziert. Hierbei werden vorrangig Komfortfunktionen, wie Fernbedienung von Geräten und haustechnischen Anlagen bedient. Seit geraumer Zeit ist aber zu beobachten, dass diese Systeme zunehmend auf die Energieeffizienzverbesserung abzielen. Im Wesentlichen erfolgt dies durch die Individualisierung des Nutzerprofils und durch die Einbindung der Wettervorhersage in die Definition der anlagentechnischen Kennwerte. Derartige Potentiale sind derzeit nicht in den normativen Berechnungen abgebildet. Dynamische Simulationen derartiger Systeme weisen Einsparpotentiale des Heizenergiebedarfs von bis zu 25 % auf (z.B. Single-Haushalte). Im Mittel betragen sie etwa 10 %. Dieses Potential könnte durch einen entsprechenden Flexibilisierungsansatz im GEG erschlossen werden. Es wäre jedoch vorher zu prüfen, welche Potentiale bereits heute über die Ansätze in den normativen Regelwerken berücksichtigt sind.

9.5.6 Nachhaltige Konstruktionen

Mit steigender Energieeffizienz der Gebäude verschiebt sich der Anteil des Energieeinsatzes zwischen erforderlicher Bauteilgestehungsenergie (graue Energie) und Gebäudebetriebsenergie (EnEV-Rahmen plus Nutzer) während der Gebäudelebensdauer. Bei Niedrigstenergiegebäuden kann die graue Energie bereits die Betriebsenergie in 50 Jahren Betrieb von der Größenordnung her erreichen oder

übersteigen. Bei Plusenergiebauten ist die graue Energie die bestimmende Größe. Daher ist es sinnvoll, nachhaltige Gebäudekonzepte als Flexibilisierungsoption anzudenken. Als Einstieg hierzu könnte die Zertifizierung von öffentlichen Gebäuden nach dem BNB System dienen. Je nach Zertifizierungsgüte kann eine Bonifizierung des Primärenergiebedarfs zwischen 0 % und 10 % erfolgen.

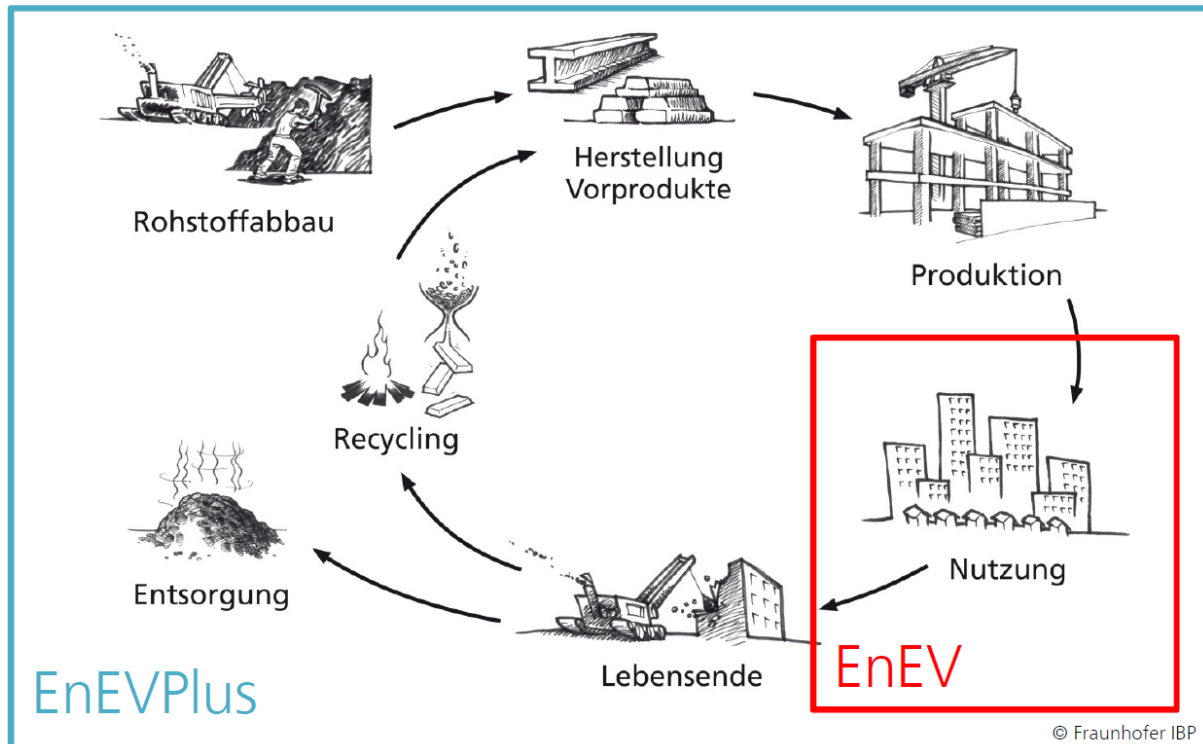


Bild 9-6: Bilanzrahmen der EnEV im Lebenszyklus, Quelle: Fraunhofer IBP

9.5.7 Qualitätsgesicherte Inbetriebnahme

Forschungsprojekte zur Potentialermittlung von Qualitätsanforderungen bei der Inbetriebnahme (z.B.: QUALICHeCK) oder das Umweltbildungsprojekt Energiepartnerschaft, haben das erschließbare Potential einer qualitätsgesicherten Inbetriebnahme aufgezeigt. Unter dem Motto »Die Speisekarte ist nicht die Speise« konnte im BMWi-geförderten naerco-Umweltbildungsprojekt Energiepartnerschaft eindrucksvoll aufgezeigt werden, dass die Erfolgskontrolle komplexer technischer Bauleistungen erhebliche Potentiale verschließt, wenn diese nicht Performance basiert durchgeführt wird. Hierzu müsste jedoch erst einmal eine Handlungsanweisung für die Durchführung einer qualitätsgesicherten Inbetriebnahme auf Performance Basis entwickelt werden, die allgemeingültig verwendbar ist. Darauf aufbauend könnte ein Flexibilisierungsansatz für Nichtwohngebäude mit qualitätsgesicherter Inbetriebnahmephase in Form einer pauschalen Gutschrift von z.B. 5 % des Primärenergiebedarfs eingeführt werden.

9.5.8 Langzeitmonitoring

Technisches Monitoring ist eine wichtige Voraussetzung für die Erreichung und Erhaltung des optimalen Betriebs eines Gebäudes. Dabei teilt sich das technische Monitoring auf in Energie- und Anlagenmonitoring. Seit 2017 wird dem Planer wie auch dem Eigentümer mit der VDI 6041 "Technisches Anlagenmonitoring" eine Hilfe an die Hand gegeben, um Rechtssicherheit für die Planung eines

technischen Monitorings zu gewinnen. Aufzeichnungen des Amts für Umweltschutz der Landeshauptstadt Stuttgart belegen, dass ein eingeführtes Langzeitmonitoring in Verbindung mit einem kommunalen Energiemanagement den Energiebedarf der städtischen Liegenschaften ohne weitere investive Maßnahmen um etwa 10 % reduzieren konnte. Das mehrjährige Abschalten dieses Dienstes erhöhte den Verbrauch wieder entsprechend. Daher könnte die Sicherstellung eines Langzeitmonitorings auf Basis der VDI 6041, zumindest für die öffentlichen Liegenschaften, eine Flexibilisierungsoption sein.

10 Abbildungsverzeichnis

Bild 4-1:	Entwicklung der Netto-Systempreise für PV-Aufdachanlagen in Euro/kWp, gesplittet nach Anlagengrößen <10 kWp und <100 kWp, 2006-2016 (Quelle: [7])	16
Bild 4-2:	Prognose der Entwicklung der Netto-Systempreise für ein PV-Aufdachsystem mit 30 kW installierter Leistung in Euro/kWp, 2016-2035 (Quelle: eigene Darstellung auf Basis [8])	16
Bild 4-3:	Brutto-Systempreise für ein PV-Aufdachsystem in Euro/kWp, 2016 (Quelle: eigene Darstellung auf Basis [9]).....	17
Bild 4-4:	Brutto-Batteriespeicherkosten in €/kWh in Abhängigkeit von der Speicherkapazität in kWh, 2016 (Quelle: eigene Darstellung auf Basis [9]).....	18
Bild 4-5:	Batteriespeicherkosten in €/kWh in Abhängigkeit von der Zeit mit Kostendegressionsannahmen bis 2020 (Quelle: Speichermonitoring Jahresbericht 2017 ISEA RWTH Aachen [10])	19
Bild 5-1:	Entwicklung von Kosten für den Bau von Wohngebäuden nach ARGE-Kostenindex und DESTATIS-Preisindex unter Berücksichtigung der Umsatzsteuer und im Vergleich zu den allgemeinen Lebenshaltungskosten [13], Originalgrafik aus [14]	25
Bild 5-2:	Allgemeine Teuerung im Vergleich zu den Preisen für Bauleistungen am Bauwerk [13]	26
Bild 5-3:	Kostenverlauf über Energieverbrauch, vereinfachte qualitative Darstellung	28
Bild 5-4:	Gestehungskosten für den Neubau eines Mehrfamilienhauses und Anteile der energiebedingten Kosten in 2000 und 2014 [20]	29
Bild 5-5:	Mittlere Investitionskosten für ein Mehrfamilienhaus bei unterschiedlichen energetischen Standards [21]	30
Bild 5-6:	Mittlere Investitionskosten für ein Einfamilienhaus bei unterschiedlichen energetischen Standards [21].....	31
Bild 5-7:	Kostenentwicklung für die Herstellung eines m ² Wohnraums vom Jahr 2000 bis zum 2. Quartal 2017 [23]	33
Bild 5-8:	Primärenergie-Anforderungswerte nach EnEV und bei Förderung als KfW-Effizienzhaus 55.....	36
Bild 8-1:	U-Werte der Erfüllungsoptionen für das Niveau QP75 HT100 für das EFH klein	91
Bild 8-2:	Mittlere U-Werte der Erfüllungsoptionen für das Niveau QP75 HT100 für alle Gebäude	91
Bild 8-3:	Bilanzierung der Varianten mit den festgelegten mittleren U-Werten – Auswertungen von Primärenergiebedarf Q_p , spezifischem Transmissionswärmeverlust $H_{T'}$ und spezifischem äquivalenten Transmissionswärmeverlust $H_{T'eq}$ für das EFH klein.....	92

Bild 8-4:	Erfüllungsgrade Primärenergie und Transmissionswärmeverlust bezogen auf die Referenzausführung EnEV 2014 für das EFH klein	93
Bild 8-5:	Zusammenfassung der Primärenergiebedarfe aller Gebäude	94
Bild 8-6:	Zusammenfassung der Erfüllungsgrade Primärenergie bezogen auf die Referenzausführung EnEV 2014 für alle Gebäude	94
Bild 8-7:	Zusammenfassung der Erfüllungsgrade Primärenergie bezogen auf die Referenzausführung EnEV 2014 für alle Gebäude	95
Bild 8-8:	Zusammenfassung der Erfüllungsgrade H_T' bezogen auf die Referenzausführung EnEV 2014 für alle Gebäude	95
Bild 8-9:	U-Werte von Bauteilen der Gebäudehülle für die niveauspezifischen Erfüllungsoptionen im Vergleich zur Referenzausführung EnEV 2014 für die KiTa ..	100
Bild 8-10:	U-Werte von Bauteilen der Gebäudehülle für die niveauspezifischen Erfüllungsoptionen im Vergleich zur Referenzausführung EnEV 2014 für das Hotel	101
Bild 8-11:	Abgrenzung der nach Ecodesign-RL relevanten Druckverlust-Anteile zu den „additional components“ (Abbildung: FGK)	106
Bild 9-1:	U-Werte der Erfüllungsoptionen für das Niveau QP75 HT100 für das EFH klein mit Keller	110
Bild 9-2:	U-Werte der Erfüllungsoptionen für das Niveau QP75 HT100 für das MFH groß.....	111
Bild 9-3:	Erfüllungsgrade Primärenergie und Transmissionswärmeverlust bezogen auf die Referenzausführung EnEV 2014 für das EFH klein mit Keller	111
Bild 9-4:	Erfüllungsgrade Primärenergie und Transmissionswärmeverlust bezogen auf die Referenzausführung EnEV 2014 für das MFH groß.....	112
Bild 9-5:	Primärenergiebedarf, mittlerer spezifischer Transmissionswärmeverlust H_T' sowie mittlerer äquivalenter Transmissionswärmeverlust $H_{T'}'_{eq}$ in Abhängigkeit von dem Fensterflächenanteil	114
Bild 9-6:	Bilanzrahmen der EnEV im Lebenszyklus, Quelle: Fraunhofer IBP	124
Bild 16-1:	U-Werte der Erfüllungsoptionen für das Niveau QP75 HT100 für das EFH klein	171
Bild 16-2:	U-Werte der Erfüllungsoptionen für das Niveau QP75 HT100 für das EFH klein mit Keller	171
Bild 16-3:	U-Werte der Erfüllungsoptionen für das Niveau QP75 HT100 für das EFH groß	172
Bild 16-4:	U-Werte der Erfüllungsoptionen für das Niveau QP75 HT100 für die DHH	172
Bild 16-5:	U-Werte der Erfüllungsoptionen für das Niveau QP75 HT100 für das RMH.....	172
Bild 16-6:	U-Werte der Erfüllungsoptionen für das Niveau QP75 HT100 für das MFH klein.....	173
Bild 16-7:	U-Werte der Erfüllungsoptionen für das Niveau QP75 HT100 für das MFH groß.....	173

Bild 16-8:	Bilanzierung der Varianten mit den festgelegten mittleren U-Werten – Auswertungen von Primärenergiebedarf Q_p , spezifischem Transmissionswärmeverlust $H_{T'}$ und spezifischem äquivalenten Transmissionswärmeverlust $H_{T'eq}$ für das EFH klein.....	174
Bild 16-9:	Bilanzierung der Varianten mit den festgelegten mittleren U-Werten – Auswertungen von Primärenergiebedarf Q_p , spezifischem Transmissionswärmeverlust $H_{T'}$ und spezifischem äquivalenten Transmissionswärmeverlust $H_{T'eq}$ für das EFH klein mit Keller	174
Bild 16-10:	Bilanzierung der Varianten mit den festgelegten mittleren U-Werten – Auswertungen von Primärenergiebedarf Q_p , spezifischem Transmissionswärmeverlust $H_{T'}$ und spezifischem äquivalenten Transmissionswärmeverlust $H_{T'eq}$ für das EFH groß.....	175
Bild 16-11:	Bilanzierung der Varianten mit den festgelegten mittleren U-Werten – Auswertungen von Primärenergiebedarf Q_p , spezifischem Transmissionswärmeverlust $H_{T'}$ und spezifischem äquivalenten Transmissionswärmeverlust $H_{T'eq}$ für die DHH.....	175
Bild 16-12:	Bilanzierung der Varianten mit den festgelegten mittleren U-Werten – Auswertungen von Primärenergiebedarf Q_p , spezifischem Transmissionswärmeverlust $H_{T'}$ und spezifischem äquivalenten Transmissionswärmeverlust $H_{T'eq}$ für das RMH	176
Bild 16-13:	Bilanzierung der Varianten mit den festgelegten mittleren U-Werten – Auswertungen von Primärenergiebedarf Q_p , spezifischem Transmissionswärmeverlust $H_{T'}$ und spezifischem äquivalenten Transmissionswärmeverlust $H_{T'eq}$ für das MFH klein	176
Bild 16-14:	Bilanzierung der Varianten mit den festgelegten mittleren U-Werten – Auswertungen von Primärenergiebedarf Q_p , spezifischem Transmissionswärmeverlust $H_{T'}$ und spezifischem äquivalenten Transmissionswärmeverlust $H_{T'eq}$ für das MFH groß	177
Bild 16-15:	Erfüllungsgrade Primärenergie und Transmissionswärmeverlust bezogen auf die Referenzausführung EnEV 2014 für das EFH klein	178
Bild 16-16:	Erfüllungsgrade Primärenergie und Transmissionswärmeverlust bezogen auf die Referenzausführung EnEV 2014 für das EFH klein mit Keller	178
Bild 16-17:	Erfüllungsgrade Primärenergie und Transmissionswärmeverlust bezogen auf die Referenzausführung EnEV 2014 für das EFH groß	179
Bild 16-18:	Erfüllungsgrade Primärenergie und Transmissionswärmeverlust bezogen auf die Referenzausführung EnEV 2014 für die DHH	179
Bild 16-19:	Erfüllungsgrade Primärenergie und Transmissionswärmeverlust bezogen auf die Referenzausführung EnEV 2014 für das RMH.....	180
Bild 16-20:	Erfüllungsgrade Primärenergie und Transmissionswärmeverlust bezogen auf die Referenzausführung EnEV 2014 für das MFH klein.....	180
Bild 16-21:	Erfüllungsgrade Primärenergie und Transmissionswärmeverlust bezogen auf die Referenzausführung EnEV 2014 für das MFH groß.....	181

Bild 17-1:	U-Werte von Bauteilen der Gebäudehülle für die niveauspezifischen Erfüllungsoptionen im Vergleich zur Referenzausführung EnEV 2014 für das kleine Bürogebäude	183
Bild 17-2:	U-Werte von Bauteilen der Gebäudehülle für die niveauspezifischen Erfüllungsoptionen im Vergleich zur Referenzausführung EnEV 2014 für das große Bürogebäude	183
Bild 17-3:	U-Werte von Bauteilen der Gebäudehülle für die niveauspezifischen Erfüllungsoptionen im Vergleich zur Referenzausführung EnEV 2014 für die KiTa ..	184
Bild 17-4:	U-Werte von Bauteilen der Gebäudehülle für die niveauspezifischen Erfüllungsoptionen im Vergleich zur Referenzausführung EnEV 2014 für die Schule	184
Bild 17-5:	U-Werte von Bauteilen der Gebäudehülle für die niveauspezifischen Erfüllungsoptionen im Vergleich zur Referenzausführung EnEV 2014 für das Hotel	185
Bild 17-6:	U-Werte von Bauteilen der Gebäudehülle für die niveauspezifischen Erfüllungsoptionen im Vergleich zur Referenzausführung EnEV 2014 für den Verbrauchermarkt	185
Bild 17-7:	U-Werte von Bauteilen der Gebäudehülle für die niveauspezifischen Erfüllungsoptionen im Vergleich zur Referenzausführung EnEV 2014 für die Fertigungshalle (zentrale Wärmeerzeuger)	186
Bild 17-8:	U-Werte von Bauteilen der Gebäudehülle für die niveauspezifischen Erfüllungsoptionen im Vergleich zur Referenzausführung EnEV 2014 für die Fertigungshalle (dezentrale Wärmeerzeuger)	186
Bild 17-9:	U-Werte von Bauteilen der Gebäudehülle für die niveauspezifischen Erfüllungsoptionen im Vergleich zur Referenzausführung EnEV 2014 für das Verwaltungsgebäude	187
Bild 17-10:	U-Werte von Bauteilen der Gebäudehülle für die niveauspezifischen Erfüllungsoptionen im Vergleich zur Referenzausführung EnEV 2014 die Schulsporthalle	187

11 Tabellenverzeichnis

Tabelle 4-1:	Hochrechnung der Energiepreise von 2016 auf 2020	13
Tabelle 4-2:	Energiepreise 2020 Szenario „Bundesregierung (Prognos)“	14
Tabelle 4-3:	Reale Preissteigerungsraten, Szenario „Bundesregierung (Prognos)“	14
Tabelle 4-4:	Reale Preissteigerungsraten, Szenario „EU“	14
Tabelle 4-5:	Fensterpreise 2015	15
Tabelle 4-6:	Dachfensterpreise 2015	15
Tabelle 4-7:	Fensterpreise 2016 und Hochrechnung auf das Jahr 2020	15
Tabelle 4-8:	Dachfensterpreise 2017 und Hochrechnung auf das Jahr 2020	15
Tabelle 4-9:	Vergleich der Investitionskostenansätze Photovoltaik	17
Tabelle 4-10:	Ansatz betriebsgebundene Kosten gem. [9]	20
Tabelle 4-11:	Vergleich der Ansätze für betriebsgebundene Kosten der Photovoltaik	20
Tabelle 5-1:	Baufertigstellungen von Wohnungen in Deutschland, Quelle: destatis	36
Tabelle 6-1:	Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das kleine Einfamilienhaus mit Keller	41
Tabelle 6-2:	Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das kleine Mehrfamilienhaus ohne Keller	42
Tabelle 6-3:	Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das große Mehrfamilienhaus ohne Keller	42
Tabelle 6-4:	Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für die Schule	43
Tabelle 6-5:	Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das Hotel.	43
Tabelle 6-6:	Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für die Shopping-Mall	44
Tabelle 7-1:	Grundkosten und energiebedingte Investitionskosten (€/m ² Wohnfläche) EnEV 2014 sowie Investitionsmehrkosten für das Niveau Q _P 75 % H _T 100 % (Anforderungsniveau EnEV 2014 ab 1.1.2016)	46
Tabelle 7-2:	Grundkosten und energiebedingte Investitionskosten (€/m ² Wohnfläche) EnEV 2014 sowie Investitionsmehrkosten für das Niveau Q _P 65 % H _T 90 %	47
Tabelle 7-3:	Grundkosten und energiebedingte Investitionskosten (€/m ² Wohnfläche) EnEV 2014 sowie Investitionsmehrkosten für das Niveau Q _P 60 % H _T 85 %	47
Tabelle 7-4:	Grundkosten und energiebedingte Investitionskosten (€/m ² Wohnfläche) EnEV 2014 sowie Investitionsmehrkosten für das Niveau Q _P 55 % H _T 85 %	47

Tabelle 7-5:	Grundkosten und energiebedingte Investitionskosten (€/m ² Wohnfläche) EnEV 2014 sowie Investitionsmehrkosten für das Niveau Q _P 55 % H _T ' 70 % (EH 55)	48
Tabelle 7-6:	Zusammenfassung der mittleren niveauspezifischen Mehrkosten bezogen auf die Referenzausführung nach EnEV 2014. Angabe jeweils bezogen auf die Wohnfläche.	48
Tabelle 7-7:	Zusammenfassung der mittleren niveauspezifischen Mehrkosten bezogen auf die Referenzausführung nach EnEV 2014. Angabe jeweils bezogen auf die Nutzfläche A _N	49
Tabelle 7-8:	Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) Gesamtannuität der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie annuitätischen Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für das Niveau Q _P 75 % H _T ' 100 % (Anforderungsniveau EnEV 2014 ab 1.1.2016), Preissteigerung Bundesregierung	51
Tabelle 7-9:	Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) Gesamtannuität der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie annuitätischen Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für die Niveaus Q _P 65 % H _T ' 90 % und Q _P 60 % H _T ' 85 %, Preissteigerung Bundesregierung.....	52
Tabelle 7-10:	Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) Gesamtannuität der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie annuitätischen Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für die Niveaus Q _P 55 % H _T ' 85 % und Q _P 55 % H _T ' 70 % (EH 55) , Preissteigerung Bundesregierung	52
Tabelle 7-11:	Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) Gesamtannuität der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie annuitätischen Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für das Niveau Q _P 75 % H _T ' 100 % (Anforderungsniveau EnEV 2014 ab 1.1.2016), Preissteigerung EU.....	53
Tabelle 7-12:	Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) Gesamtannuität der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie annuitätischen Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für die Niveaus Q _P 65 % H _T ' 90 % und Q _P 60 % H _T ' 85 %, Preissteigerung EU	53
Tabelle 7-13:	Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) Gesamtannuität der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie annuitätischen Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für die Niveaus Q _P 55 % H _T ' 85 % und Q _P 55 % H _T ' 70 % (EH 55) , Preissteigerung EU	54
Tabelle 7-14:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q _P 75 % H _T ' 100 % (Anforderungsniveau EnEV 2014 ab 1.1.2016), Preissteigerung Bundesregierung ...	55
Tabelle 7-15:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Niveaus Q _P 65 % H _T ' 90 % und Q _P 60 % H _T ' 85 %, Preissteigerung Bundesregierung.....	56
Tabelle 7-16:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Niveaus Q _P 55 % H _T ' 85 % und Q _P 55 % H _T ' 70 % (EH 55), Preissteigerung Bundesregierung	56

Tabelle 7-17:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q_P 75 % H_T 100 % (Anforderungsniveau EnEV 2014 ab 1.1.2016), Preissteigerung EU.....	57
Tabelle 7-18:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Niveaus Q_P 65 % H_T 90 % und Q_P 60 % H_T 85 %, Preissteigerung EU	57
Tabelle 7-19:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Niveaus Q_P 55 % H_T 85 % und Q_P 55 % H_T 70 % (EH 55), Preissteigerung EU.....	58
Tabelle 7-20:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q_P 75 % H_T 100 % (Anforderungsniveau EnEV 2014 ab 1.1.2016), Preissteigerung Bundesregierung. Links: Ausführung WDVS mit Polystyrol, rechts: Ausführung WDVS mit Mineralwolle	59
Tabelle 7-21:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q_P 60 % H_T 85 %, Preissteigerung Bundesregierung. Links: Ausführung WDVS mit Polystyrol, rechts: Ausführung WDVS mit Mineralwolle.....	59
Tabelle 7-22:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q_P 55 % H_T 70 % (EH 55), Preissteigerung Bundesregierung. Links: Ausführung WDVS mit Polystyrol, rechts: Ausführung WDVS mit Mineralwolle	60
Tabelle 7-23:	Auswirkungen der Veränderung des Kapitalzinssatzes von 0 % auf 3 % auf die Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge bei dem kleinen und großen MFH für das Anforderungsniveau Q_{P75} H_T 100. Links: Ansatz 0 % Kapitalzins, Rechts: Ansatz 3 % Kapitalzins	61
Tabelle 7-24:	Auswirkungen der Veränderung des Kapitalzinssatzes von 0 % auf 3 % auf die Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge bei dem kleinen und großen MFH für das Anforderungsniveau Q_{P60} H_T 85. Links: Ansatz 0 % Kapitalzins, Rechts: Ansatz 3 % Kapitalzins	61
Tabelle 7-25:	Auswirkungen der Veränderung des Kapitalzinssatzes von 0 % auf 3 % auf die Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge bei dem kleinen und großen MFH für das Anforderungsniveau Q_{P55} H_T 70 (KfW EH 55). Links: Ansatz 0 % Kapitalzins, Rechts: Ansatz 3 % Kapitalzins	62
Tabelle 7-26:	PV-Anlagengrößen für die berechneten Varianten zum Niveau Q_{P75} H_T 100 und maximale Bonushöhen für PV-Anlagen ohne und mit elektrischem Speicher bei 0,04 $\text{kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2 A_N$ (EFHs/ZFHs) und 0,03 $\text{kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2 A_N$ (MFHs)	64
Tabelle 7-27:	Rechnerische Bonushöhe ($150 \text{ kWh}/(\text{kWp} \cdot \text{a}) + 0,7 \cdot Q_{e,\text{Strom}}$) und anwendbarer Bonus unter Berücksichtigung der maximalen Bonushöhe (20 % von $0,75 \cdot Q_{P,\text{ref},2014}$) für Systeme mit PV-Anlage und ohne elektrischen Speicher bei 0,04 $\text{kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2 A_N$ (EFHs/ZFHs) und 0,03 $\text{kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2 A_N$ (MFHs)	64
Tabelle 7-28:	Rechnerische Bonushöhe ($200 \text{ kWh}/(\text{kWp} \cdot \text{a}) + 1,0 \cdot Q_{e,\text{Strom}}$) und anwendbarer Bonus unter Berücksichtigung der maximalen Bonushöhe (25 % von $0,75 \cdot Q_{P,\text{ref},2014}$) für Systeme mit PV-Anlage und mit elektrischem Speicher bei 0,04 $\text{kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2 A_N$ (EFHs/ZFHs) und 0,03 $\text{kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2 A_N$ (MFHs)	64

Tabelle 7-29:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Erfüllungsoptionen zum Niveau QP75 HT100 ohne PV	66
Tabelle 7-30:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Erfüllungsoptionen zum Niveau QP75 HT100 mit PV (links) sowie mit PV und elektrischem Speicher (rechts) bei 0,04 kW _{peak} /m ² A _N (EFHs/ZFHs) und 0,03 kW _{peak} /m ² A _N (MFHs)	66
Tabelle 7-31:	Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte kapitalgebundene Kosten der Referenzausführung gemäß EnEV 2014 sowie Mehr- und Minderkosten für das Niveau QP75 HT100. Varianten ohne PV	67
Tabelle 7-32:	Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte kapitalgebundene Kosten der Referenzausführung gemäß EnEV 2014 sowie Mehr- und Minderkosten für das Niveau QP75 HT100. Varianten mit PV (links) sowie mit PV und elektrischem Speicher (rechts) bei 0,04 kW _{peak} /m ² A _N (EFHs/ZFHs) und 0,03 kW _{peak} /m ² A _N (MFHs)	67
Tabelle 7-33:	Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte bedarfsgebundene Kosten der Referenzausführung gemäß EnEV 2014 ohne Anteil Strombedarf aus Nutzeranwendungen sowie Mehr- und Minderkosten für das Niveau QP75 HT100. Varianten ohne PV.	68
Tabelle 7-34:	Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte bedarfsgebundene Kosten der Referenzausführung gemäß EnEV 2014 inklusive Anteil Strombedarf aus Nutzeranwendungen sowie Mehr- und Minderkosten für das Niveau QP75 HT100. Varianten mit PV (links) sowie mit PV und elektrischem Speicher (rechts) bei 0,04 kW _{peak} /m ² A _N (EFHs/ZFHs) und 0,03 kW _{peak} /m ² A _N (MFHs)	68
Tabelle 7-35:	Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte betriebsgebundene Kosten der Referenzausführung gemäß EnEV 2014 sowie Mehr- und Minderkosten für das Niveau QP75 HT100. Varianten ohne PV.	69
Tabelle 7-36:	Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte betriebsgebundene Kosten der Referenzausführung gemäß EnEV 2014 sowie Mehr- und Minderkosten für das Niveau QP75 HT100. Varianten mit PV (links) sowie mit PV und elektrischem Speicher (rechts) bei 0,04 kW _{peak} /m ² A _N (EFHs/ZFHs) und 0,03 kW _{peak} /m ² A _N (MFHs)	69
Tabelle 7-37:	Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) Gesamtannuitäten der Referenzausführung gemäß EnEV 2014 sowie Mehr- und Minderkosten für das Niveau QP75 HT100. Varianten ohne PV.	70
Tabelle 7-38:	Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) Gesamtannuitäten der Referenzausführung gemäß EnEV 2014 sowie Mehr- und Minderkosten für das Niveau QP75 HT100. Varianten mit PV (links) sowie mit PV und elektrischem Speicher (rechts) bei 0,04 kW _{peak} /m ² A _N (EFHs/ZFHs) und 0,03 kW _{peak} /m ² A _N (MFHs)	70
Tabelle 7-39:	PV-Anlagengrößen für die berechneten Varianten zum Niveau QP75 HT100 und maximale Bonushöhen für PV-Anlagen ohne und mit elektrischem Speicher bei 0,02 kW _{peak} /m ²	71

Tabelle 7-40:	Rechnerische Bonushöhe ($150 \text{ kWh}/(\text{kWp} \cdot \text{a}) + 0,7 \cdot Q_{e,\text{Strom}}$) und anwendbarer Bonus unter Berücksichtigung der maximalen Bonushöhe (20 % von $0,75 \cdot Q_{P,\text{ref},2014}$) für Systeme mit PV-Anlage und ohne elektrischen Speicher bei $0,02 \text{ kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2$	71
Tabelle 7-41:	Rechnerische Bonushöhe ($200 \text{ kWh}/(\text{kWp} \cdot \text{a}) + 1,0 \cdot Q_{e,\text{Strom}}$) und anwendbarer Bonus unter Berücksichtigung der maximalen Bonushöhe (25 % von $0,75 \cdot Q_{P,\text{ref},2014}$) für Systeme mit PV-Anlage und mit elektrischem Speicher bei $0,02 \text{ kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2$	71
Tabelle 7-42:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Erfüllungsoptionen zum Niveau QP75 HT100 ohne PV	71
Tabelle 7-43:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Erfüllungsoptionen zum Niveau QP75 HT100 mit PV (links) sowie mit PV und elektrischem Speicher (rechts) bei $0,04 \text{ kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2 A_N$ (EFHs/ZFHs) und $0,03 \text{ kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2 A_N$ (MFHs)	72
Tabelle 7-44:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Erfüllungsoptionen zum Niveau QP75 HT100 mit PV (links) sowie mit PV und elektrischem Speicher (rechts) bei $0,02 \text{ kW}_{\text{peak}}/\text{m}^2$	72
Tabelle 7-45:	Energiebedingte Investitionskosten ($\text{€}/\text{m}^2$ Nettogrundfläche) EnEV 2014 (O_P 100 %, $\bar{U}$ 100 %) sowie Investitionsmehr- und minderkosten für die untersuchten Niveaus der Nichtwohngebäude	73
Tabelle 7-46:	Spezifische annualisierte kapitalgebundene Kosten ($\text{€}/\text{m}^2$ Nettogrundfläche) EnEV 2014 (O_P 100 %, $\bar{U}$ 100 %) sowie Mehr- und Minderkosten unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten, Betrachtungszeitraum 20 Jahre	74
Tabelle 7-47:	Spezifische (auf die Nettogrundfläche bezogene) Gesamtannuität der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie annuitätischen Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für die Niveaus QP75 $\bar{U}80$ (Anforderungsniveau EnEV 2014 ab 1.1.2016), QP65 $\bar{U}80$ und QP55 $\bar{U}70$, Preissteigerung Bundesregierung	76
Tabelle 7-48:	Spezifische (auf die Nettogrundfläche bezogene) Gesamtannuität der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie annuitätischen Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für die Niveaus QP75 $\bar{U}80$ (Anforderungsniveau EnEV 2014 ab 1.1.2016), QP65 $\bar{U}80$ und QP55 $\bar{U}70$, Preissteigerung EU.....	78
Tabelle 7-49:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten (ohne Fertigungshallen), Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung Bundesregierung	80
Tabelle 7-50:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten (Fertigungshallen), Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung Bundesregierung	80
Tabelle 7-51:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten (ohne Fertigungshallen), Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung EU	81

Tabelle 7-52:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten (Fertigungshallen), Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung EU.....	81
Tabelle 7-53:	Anwendung PV-Bonusregelung und § 5 EnEV 2014 im Vergleich, Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Büro klein.....	83
Tabelle 7-54:	Anwendung PV-Bonusregelung und § 5 EnEV 2014 im Vergleich, Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Büro groß.....	83
Tabelle 7-55:	Anwendung PV-Bonusregelung und § 5 EnEV 2014 im Vergleich, Varianten zum Niveau QP75 Ü80, KiTa.....	84
Tabelle 7-56:	Anwendung PV-Bonusregelung und § 5 EnEV 2014 im Vergleich, Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Schule.....	84
Tabelle 7-57:	Anwendung PV-Bonusregelung und § 5 EnEV 2014 im Vergleich, Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Hotel	84
Tabelle 7-58:	Anwendung PV-Bonusregelung und § 5 EnEV 2014 im Vergleich, Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Verbrauchermarkt	85
Tabelle 7-59:	Anwendung PV-Bonusregelung und § 5 EnEV 2014 im Vergleich, Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Fertigungshalle (zentral).....	85
Tabelle 7-60:	Anwendung PV-Bonusregelung und § 5 EnEV 2014 im Vergleich, Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Fertigungshalle (dezentral).....	85
Tabelle 7-61:	Anwendung PV-Bonusregelung und § 5 EnEV 2014 im Vergleich, Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Verwaltungsgebäude	85
Tabelle 7-62:	Anwendung PV-Bonusregelung und § 5 EnEV 2014 im Vergleich, Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Sporthalle.....	86
Tabelle 7-63:	Anwendung PV-Bonusregelung und § 5 EnEV 2014 im Vergleich, Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Hochschulgebäude	86
Tabelle 7-64:	Anwendung PV-Bonusregelung und § 5 EnEV 2014 im Vergleich, Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Shopping-Mall.....	86
Tabelle 7-65:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau QP75 Ü80 bei Ausführung ohne PV (links), mit PV (Mitte) und mit PV und elektrischem Speicher (rechts). Preissteigerung Bundesregierung	87
Tabelle 8-1:	Variantenbildung für die Erfüllungsoptionen	90
Tabelle 8-2:	U-Wert-Kombinationen für unterschiedliche anlagentechnische Varianten und unterschiedliche Fenster für baubare Referenzen	92
Tabelle 8-3:	Primärenergiebedarfskennwerte bei der Bildung von Erfüllungsoptionen für das Anforderungsniveau QP75 HT100 mit Gas-Brennwertkessel und PV und Stromspeicher	97

Tabelle 8-4:	Endenergiebedarfe und Endenergiebedarfsanteile, Referenzausführung EnEV 2014 und Varianten zum Niveau QP75 Ü80, KiTa.....	99
Tabelle 8-5:	Primärenergiebedarfe und Primärenergiebedarfsanteile, Referenzausführung EnEV 2014 und Varianten zum Niveau QP75 Ü80, KiTa.....	100
Tabelle 8-6:	Endenergiebedarfe und Endenergiebedarfsanteile, Referenzausführung EnEV 2014 und Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Hotel	101
Tabelle 8-7:	Primärenergiebedarfe und Primärenergiebedarfsanteile, Referenzausführung EnEV 2014 und Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Hotel	101
Tabelle 8-8:	Abschätzung zur primärenergetischen Auswirkung einer Umstellung der Lampenart von stabförmigen Leuchtstofflampen auf LEDs in LED-Leuchten	103
Tabelle 8-9:	Ermittlung von Komponentenzuschlägen für SFP-Werte in Anlehnung an DIN EN 13779	107
Tabelle 8-10:	Beispielrechnung – Referenz-SFP-Wert einer Klimaanlage mit Variabel-Volumenstromreglern.....	107
Tabelle 8-11:	Beispielrechnung – Referenz-SFP-Wert einer Lüftungsanlage mit konstantem Volumenstrom	108
Tabelle 8-12:	Formulierungsvorschlag für die Referenzbeschreibung Raumluftechnik	108
Tabelle 9-1:	Gegenüberstellung der Endenergien Strom und Brennstoff für die untersuchten Nichtwohngebäude – Referenzfall (EnEV 2014 GasBW).....	119
Tabelle 13-1:	Energiebedingte Investitionskosten (€/m ² Nutzfläche) EnEV 2014 und Investitionsmehrkosten für das Niveaus Q _P 75 % H _T ' 100 % (Anforderungsniveau EnEV 2014 ab 1.1.2016)	143
Tabelle 13-2:	Energiebedingte Investitionskosten (€/m ² Nutzfläche) EnEV 2014 und Investitionsmehrkosten für das Niveau Q _P 65 % H _T ' 90 %	143
Tabelle 13-3:	Energiebedingte Investitionskosten (€/m ² Nutzfläche) EnEV 2014 und Investitionsmehrkosten für das Niveau Q _P 60 % H _T ' 85 %	143
Tabelle 13-4:	Energiebedingte Investitionskosten (€/m ² Nutzfläche) EnEV 2014 und Investitionsmehrkosten für das Niveau Q _P 55 % H _T ' 85 %	144
Tabelle 13-5:	Energiebedingte Investitionskosten (€/m ² Nutzfläche) EnEV 2014 und Investitionsmehrkosten für das Niveau Q _P 55 % H _T ' 70 % (EH 55)	144
Tabelle 13-6:	Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte kapitalgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für das Niveaus Q _P 75 % H _T ' 100 % (Anforderungsniveau EnEV 2014 ab 1.1.2016).....	145
Tabelle 13-7:	Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte kapitalgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für die Niveaus Q _P 65 % H _T ' 90 % und Q _P 60 % H _T ' 85 %	145

Tabelle 13-8:	Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte kapitalgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für die Niveaus Q_P 55 % H_T 85 % und Q_P 55 % H_T 70 % (EH 55)	146
Tabelle 13-9:	Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte betriebsgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für das Niveaus Q_P 75 % H_T 100 % (Anforderungsniveau EnEV 2014 ab 1.1.2016).....	147
Tabelle 13-10:	Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte betriebsgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für die Niveaus Q_P 65 % H_T 90 % und Q_P 60 % H_T 85 %	147
Tabelle 13-11:	Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte betriebsgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für die Niveaus Q_P 55 % H_T 85 % und Q_P 55 % H_T 70 % (EH 55)	148
Tabelle 13-12:	Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte betriebsgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für das Niveaus Q_P 75 % H_T 100 % (Anforderungsniveau EnEV 2014 ab 1.1.2016).....	148
Tabelle 13-13:	Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte betriebsgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für die Niveaus Q_P 65 % H_T 90 % und Q_P 60 % H_T 85 %	149
Tabelle 13-14:	Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte betriebsgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für die Niveaus Q_P 55 % H_T 85 % und Q_P 55 % H_T 70 % (EH 55)	149
Tabelle 13-15:	Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte betriebsgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für das Niveaus Q_P 75 % H_T 100 % (Anforderungsniveau EnEV 2014 ab 1.1.2016).....	150
Tabelle 13-16:	Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte betriebsgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für die Niveaus Q_P 65 % H_T 90 % und Q_P 60 % H_T 85 %	150
Tabelle 13-17:	Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte betriebsgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für die Niveaus Q_P 55 % H_T 85 % und Q_P 55 % H_T 70 % (EH 55)	151

Tabelle 14-1:	Spezifische (auf die Nettogrundfläche bezogene) annualisierte kapitalgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten die unterschiedlichen Niveaus.....	152
Tabelle 14-2:	Spezifische (auf die Nettogrundfläche bezogene) annualisierte bedarfsgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten die unterschiedlichen Niveaus, Preissteigerung Bundesregierung.....	153
Tabelle 14-3:	Spezifische (auf die Nettogrundfläche bezogene) annualisierte bedarfsgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten die unterschiedlichen Niveaus, Preissteigerung EU.....	154
Tabelle 14-4:	Spezifische (auf die Nettogrundfläche bezogene) annualisierte betriebsgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten die unterschiedlichen Niveaus.....	155
Tabelle 14-5:	Spezifische (auf die Nettogrundfläche bezogene) annualisierte Erträge der Referenzausführung (in allen Fällen gleich Null) nach EnEV 2014 sowie die Erträge der BHKW-Varianten für die unterschiedlichen Niveaus	156
Tabelle 14-6:	Endenergiebedarfe und Endenergiebedarfsanteile, Referenzausführung EnEV 2014 und Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Büro klein.....	157
Tabelle 14-7:	Endenergiebedarfe und Endenergiebedarfsanteile, Referenzausführung EnEV 2014 und Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Büro groß.....	157
Tabelle 14-8:	Endenergiebedarfe und Endenergiebedarfsanteile, Referenzausführung EnEV 2014 und Varianten zum Niveau QP75 Ü80, KiTa.....	157
Tabelle 14-9:	Endenergiebedarfe und Endenergiebedarfsanteile, Referenzausführung EnEV 2014 und Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Schule.....	157
Tabelle 14-10:	Endenergiebedarfe und Endenergiebedarfsanteile, Referenzausführung EnEV 2014 und Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Hotel	158
Tabelle 14-11:	Endenergiebedarfe und Endenergiebedarfsanteile, Referenzausführung EnEV 2014 und Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Verbrauchermarkt.....	158
Tabelle 14-12:	Endenergiebedarfe und Endenergiebedarfsanteile, Referenzausführung EnEV 2014 und Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Fertigungshalle (zentral).....	158
Tabelle 14-13:	Endenergiebedarfe und Endenergiebedarfsanteile, Referenzausführung EnEV 2014 und Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Fertigungshalle (dezentral).....	158
Tabelle 14-14:	Endenergiebedarfe und Endenergiebedarfsanteile, Referenzausführung EnEV 2014 und Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Verwaltungsgebäude	158
Tabelle 14-15:	Endenergiebedarfe und Endenergiebedarfsanteile, Referenzausführung EnEV 2014 und Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Sporthalle	158

Tabelle 14-16: Endenergiebedarfe und Endenergiebedarfsanteile, Referenzausführung EnEV 2014 und Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Hochschulgebäude.....	159
Tabelle 14-17: Endenergiebedarfe und Endenergiebedarfsanteile, Referenzausführung EnEV 2014 und Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Shopping-Mall.....	159
Tabelle 14-18: Anwendung der PV-Bonusregelung auf Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Büro klein	160
Tabelle 14-19: Anwendung der PV-Bonusregelung auf Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Büro groß	160
Tabelle 14-20: Anwendung der PV-Bonusregelung auf Varianten zum Niveau QP75 Ü80, KiTa	160
Tabelle 14-21: Anwendung der PV-Bonusregelung auf Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Schule ..	160
Tabelle 14-22: Anwendung der PV-Bonusregelung auf Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Hotel....	160
Tabelle 14-23: Anwendung der PV-Bonusregelung auf Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Verbrauchermarkt	160
Tabelle 14-24: Anwendung der PV-Bonusregelung auf Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Fertigungshalle (zentral)	161
Tabelle 14-25: Anwendung der PV-Bonusregelung auf Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Fertigungshalle (dezentral)	161
Tabelle 14-26: Anwendung der PV-Bonusregelung auf Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Verwaltungsgebäude	161
Tabelle 14-27: Anwendung der PV-Bonusregelung auf Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Sporthalle	161
Tabelle 14-28: Anwendung der PV-Bonusregelung auf Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Hochschulgebäude	161
Tabelle 14-29: Anwendung der PV-Bonusregelung auf Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Shopping-Mall	161
Tabelle 15-1: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das kleine Einfamilienhaus mit Keller	162
Tabelle 15-2: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das kleine Einfamilienhaus ohne Keller	163
Tabelle 15-3: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das große Einfamilienhaus.....	163
Tabelle 15-4: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für die Doppelhaushälfte.....	164
Tabelle 15-5: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das Reihenmittelhaus.....	164
Tabelle 15-6: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das kleine Mehrfamilienhaus.....	165
Tabelle 15-7: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das große Mehrfamilienhaus.....	165
Tabelle 15-8: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das kleine Büro.....	166

Tabelle 15-9: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das große Büro.....	166
Tabelle 15-10: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für die KiTa.....	167
Tabelle 15-11: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für die Schule	167
Tabelle 15-12: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das Hotel	168
Tabelle 15-13: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für den Verbrauchermarkt.....	168
Tabelle 15-14: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für die Fertigungshalle (zentral)....	169
Tabelle 15-15: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für die Fertigungshalle (dezentral)	169
Tabelle 15-16: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das Verwaltungsgebäude	170
Tabelle 15-17: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für die Schulsporthalle	170
Tabelle 15-18: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das Hochschulgebäude.....	170
Tabelle 15-19: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für die Shopping-Mall.....	170
Tabelle 17-1: Abkürzungen für die bauteilbezogene Ausweisung von U-Werten	182

12 Literaturverzeichnis

- [1] Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH, Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden Forschung und Anwendung GmbH, Fraunhofer-Institut für Bauphysik und Ecofys Deutschland, "EnEV 2017 - Vorbereitende Untersuchungen" Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Hg., Bonn, BBSR-Online-Publikation 16/2017, Sep. 2017.
- [2] *Referentenentwurf Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung Erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden: GEG*, 2017.
- [3] *EnEV 2014. Zweite Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung*, 2013.
- [4] *Leitlinien zur delegierten Verordnung (EU) Nr. 244/2012 der Kommission vom 16. Januar 2012*, 2012.
- [5] Verband Fenster + Fassade und Bundesverband Flachglas e.V., "Mehr Energie sparen mit neuen Fenstern: Aktualisierung September 2017 der Studie „Im neuen Licht: Energetische Modernisierung von alten Fenstern"" Verband Fenster + Fassade (VFF) und Bundesverband Flachglas e.V. (BF), Hg., Frankfurt am Main / Troisdorf, Sep. 2017.
- [6] Ecofys/Dena, "Komparative Analyse von Solarthermie- bzw. Photovoltaikanlagen. Vorläufiger Endbericht.: unveröffentlicht", BMWi, 2017.
- [7] BSW Solar, "Fahrplan Solarwärme. Strategie und Maßnahmen der Solarwärme-Branche für ein beschleunigtes Marktwachstum bis 2030", 2017.
- [8] Fraunhofer ISI und i. Consentec GmbH, "Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland, Modul 2: Modelle und Modellverbund.: Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie", 2017.
- [9] Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH, Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden Forschung und Anwendung GmbH, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, H. Schiller und Ecofys Deutschland, "Begleitenden Untersuchung zur Weiterentwicklung der energetischen Mindestanforderungen an Gebäude mit der EnEV 2017. Endbericht, Teil 1 von 2 zu den Projekten BfEE 01/2016 und BfEE 03/2017: unveröffentlicht", Kassel, Sep. 2017.
- [10] RWTH Aachen und iSEA, "Speichermonitoring Jahresbericht 2017", 2017.
- [11] B. Mailach und B. Oschatz, "BDEW-Heizkostenvergleich Altbau 2017: Ein Vergleich der Gesamtkosten verschiedener Systeme zur Heizung und Warmwasserbereitung in Altbauten" BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V., Hg., Berlin, Jan. 2017.
- [12] *Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz): EEWärmeG*, 2008.
- [13] Baukostensenkungskommission, "Bericht der Baukostensenkungskommission im Rahmen des Bündnisses für bezahlbares Wohnen und Bauen: Endbericht", Nov. 2015.
- [14] D. Walberg, T. Gniechwitz und M. Halstenberg, "Kostentreiber für den Wohnungsbau: Untersuchung und Betrachtung der wichtigsten Einflussfaktoren auf die Gestehungskosten und auf die Kostenentwicklung von Wohnraum in Deutschland" Bauforschungsbericht Nr. 67 ARGE – Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V., Hg., Kiel, 2015.
- [15] "Energieeinsparungsgesetz v. 1. September 2005: EnEG" in *BGBI. I S. 2684; BGBI. I S. 2197*, 2005.

- [16] A. Maas, H. Erhorn, J. de Boer, B. Oschatz und H. Schiller, "Untersuchung zur weiteren Verschärfung der energetischen Anforderungen an Gebäude mit der EnEV 2012 – Anforderungsmethodik, Regelwerk und Wirtschaftlichkeit" BMVBS-Online-Publikation 05/2012. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Hg., Bonn, Jun. 2012.
- [17] _____, "Ergänzungsuntersuchungen zum Wirtschaftlichkeitsgutachten für die Fortschreibung der Energieeinsparverordnung" Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Hg., Bonn, Dez. 2012.
- [18] inWIS, "Übersicht zu kostengünstigen Projekten im sozialen Wohnungsbau: Ergebnisvorstellung im Rahmen der 6. Sitzung der Baukostensenkungskommission", Apr. 2015.
- [19] *Energy Performance of Buildings Directive: EPBD*.
- [20] A. Holm, "Energetische Standards als Kostentreiber für den Neubau?", Nov. 2017.
- [21] Joachim Eble, "Energiekonzept & Empfehlung zum städtebaulichen Wettbewerb: AP 3.0 Ökonomische Analyse und Bewertung baulich-energetischer Standards", Apr. 2016.
- [22] ARGE – Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V., "Erhebung, Erfassung und Feststellung der Herstellungskosten in Hamburg sowie konkreter baulicher Einsparpotenziale einschließlich einer Vergleichsanalyse zur Bestimmung des aktuellen Kostenniveaus in anderen Großstädten: Gutachten zum Thema Baukosten in Hamburg", Okt. 2017.
- [23] ARGE – Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V. und Pestel Institut, "Das Baujahr 2018 im Fakten-Check", Hannover, 2018.
- [24] BBSR, "Bauland als Engpassfaktor für mehr bezahlbaren Wohnraum", Bonn, Sep. 2017.
- [25] BMWi, "Richtlinien zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt – Marktanreizprogramm MAP"
- [26] M. Neitzel, "Baukosten und Energieeffizienz: Nachweis des Einflusses von Energieeffizienzstandards auf die Höhe von Baukosten", Jan. 2017.
- [27] *VDI 2067 Blatt 1. Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen, Grundlagen und Kostenberechnung*, 2012.
- [28] S. Klauß und W. Kirchhof, "Entwicklung einer Datenbank mit Modellgebäuden für energiebezogene Untersuchungen, insbesondere der Wirtschaftlichkeit" Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e.V., Hg., Kassel, 2010.

13 Anhang A – Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen Wohngebäude

13.1 Nutzflächenbezogene Auswertungen zu niveauspezifischen Investitionskosten und Investitionsmehrkosten

Tabelle 13-1: Energiebedingte Investitionskosten (€/m² Nutzfläche) EnEV 2014 und Investitionsmehrkosten für das Niveau Q_P 75 % H_T' 100 % (Anforderungsniveau EnEV 2014 ab 1.1.2016)

Niveau	EnEV 2014		Q _P 75 % H _T ' 100 %					
System	Gas-BW-Kessel		Gas-BW-Kessel	WP Luft/ Wasser	WP Sole/ Wasser	Pelletkessel	Mehrkosten	
Gebäude	Grundkosten (GK)	energiebedingter Kostenanteil (eGK)	Investitionsmehr- und -minderkosten				Ø	% von GK
EFH klein mit Keller	1371 €/m²	463 €/m²	30 €/m²	5 €/m²	51 €/m²	36 €/m²	31 €/m²	2,2%
EFH klein ohne Keller	1371 €/m²	618 €/m²	41 €/m²	-24 €/m²	45 €/m²	63 €/m²	31 €/m²	2,3%
EFH groß mit Keller	1371 €/m²	386 €/m²	28 €/m²	18 €/m²	51 €/m²	18 €/m²	29 €/m²	2,1%
DHH ohne Keller	1164 €/m²	570 €/m²	36 €/m²	-27 €/m²	41 €/m²	62 €/m²	28 €/m²	2,4%
RMH mit Keller	1164 €/m²	295 €/m²	28 €/m²	-1 €/m²	34 €/m²	29 €/m²	22 €/m²	1,9%
Durchschnitt EFH	1288 €/m²	466 €/m²	33 €/m²	-6 €/m²	44 €/m²	42 €/m²	28 €/m²	2,2%
MFH klein	1262 €/m²	451 €/m²	33 €/m²	32 €/m²	66 €/m²	16 €/m²	37 €/m²	2,9%
MFH groß	1262 €/m²	320 €/m²	41 €/m²	k. A.	56 €/m²	12 €/m²	36 €/m²	2,9%
Durchschnitt MFH	1262 €/m²	386 €/m²	37 €/m²	32 €/m²	61 €/m²	14 €/m²	37 €/m²	2,9%

Tabelle 13-2: Energiebedingte Investitionskosten (€/m² Nutzfläche) EnEV 2014 und Investitionsmehrkosten für das Niveau Q_P 65 % H_T' 90 %

Niveau	EnEV 2014		Q _P 65 % H _T ' 90 %					
System	Gas-BW-Kessel		Gas-BW-Kessel	WP Luft/ Wasser	WP Sole/ Wasser	Pelletkessel	Mehrkosten	
Gebäude	Grundkosten (GK)	energiebedingter Kostenanteil (eGK)	Investitionsmehr- und -minderkosten				Ø	% von GK
EFH klein mit Keller	1371 €/m²	463 €/m²	52 €/m²	8 €/m²	54 €/m²	41 €/m²	39 €/m²	2,8%
EFH klein ohne Keller	1371 €/m²	618 €/m²	53 €/m²	-20 €/m²	48 €/m²	68 €/m²	37 €/m²	2,7%
EFH groß mit Keller	1371 €/m²	386 €/m²	49 €/m²	21 €/m²	53 €/m²	21 €/m²	36 €/m²	2,6%
DHH ohne Keller	1164 €/m²	570 €/m²	62 €/m²	-21 €/m²	47 €/m²	70 €/m²	40 €/m²	3,4%
RMH mit Keller	1164 €/m²	295 €/m²	41 €/m²	0 €/m²	36 €/m²	32 €/m²	27 €/m²	2,3%
Durchschnitt EFH	1288 €/m²	466 €/m²	51 €/m²	-2 €/m²	48 €/m²	46 €/m²	36 €/m²	2,8%
MFH klein	1262 €/m²	451 €/m²	38 €/m²	36 €/m²	69 €/m²	21 €/m²	41 €/m²	3,2%
MFH groß	1262 €/m²	320 €/m²	34 €/m²	k. A.	60 €/m²	17 €/m²	37 €/m²	2,9%
Durchschnitt MFH	1262 €/m²	386 €/m²	36 €/m²	36 €/m²	65 €/m²	19 €/m²	39 €/m²	3,1%

Tabelle 13-3: Energiebedingte Investitionskosten (€/m² Nutzfläche) EnEV 2014 und Investitionsmehrkosten für das Niveau Q_P 60 % H_T' 85 %

Niveau	EnEV 2014		Q _P 60 % H _T ' 85 %					
System	Gas-BW-Kessel		Gas-BW-Kessel	WP Luft/ Wasser	WP Sole/ Wasser	Pelletkessel	Mehrkosten	
Gebäude	Grundkosten (GK)	energiebedingter Kostenanteil (eGK)	Investitionsmehr- und -minderkosten				Ø	% von GK
EFH klein mit Keller	1371 €/m²	463 €/m²	66 €/m²	17 €/m²	62 €/m²	51 €/m²	49 €/m²	3,6%
EFH klein ohne Keller	1371 €/m²	618 €/m²	76 €/m²	-9 €/m²	58 €/m²	81 €/m²	52 €/m²	3,8%
EFH groß mit Keller	1371 €/m²	386 €/m²	63 €/m²	27 €/m²	57 €/m²	27 €/m²	44 €/m²	3,2%
DHH ohne Keller	1164 €/m²	570 €/m²	97 €/m²	-21 €/m²	47 €/m²	72 €/m²	49 €/m²	4,2%
RMH mit Keller	1164 €/m²	295 €/m²	46 €/m²	6 €/m²	40 €/m²	37 €/m²	32 €/m²	2,8%
Durchschnitt EFH	1288 €/m²	466 €/m²	70 €/m²	4 €/m²	53 €/m²	53 €/m²	45 €/m²	3,5%
MFH klein	1262 €/m²	451 €/m²	56 €/m²	43 €/m²	75 €/m²	28 €/m²	51 €/m²	4,0%
MFH groß	1262 €/m²	320 €/m²	43 €/m²	k. A.	65 €/m²	22 €/m²	43 €/m²	3,4%
Durchschnitt MFH	1262 €/m²	386 €/m²	50 €/m²	43 €/m²	70 €/m²	25 €/m²	47 €/m²	3,7%

Tabelle 13-4: Energiebedingte Investitionskosten (€/m² Nutzfläche) EnEV 2014 und Investitionsmehrkosten für das Niveau Q_p 55 % H_r' 85 %

Niveau	EnEV 2014		Q _p 55 % H _r ' 85 %					
System	Gas-BW-Kessel		Gas-BW-Kessel	WP Luft/ Wasser	WP Sole/ Wasser	Pelletkessel	Mehrkosten	
Gebäude	Grundkosten (GK)	energiebedingter Kostenanteil (eGK)	Investitionsmehr- und -minderkosten				Ø	% von GK
EFH klein mit Keller	1371 €/m²	463 €/m²	78 €/m²	11 €/m²	56 €/m²	44 €/m²	47 €/m²	3,4%
EFH klein ohne Keller	1371 €/m²	618 €/m²	105 €/m²	-3 €/m²	61 €/m²	84 €/m²	61 €/m²	4,5%
EFH groß mit Keller	1371 €/m²	386 €/m²	69 €/m²	27 €/m²	57 €/m²	27 €/m²	45 €/m²	3,3%
DHH ohne Keller	1164 €/m²	570 €/m²	96 €/m²	-17 €/m²	47 €/m²	72 €/m²	49 €/m²	4,2%
RMH mit Keller	1164 €/m²	295 €/m²	67 €/m²	10 €/m²	40 €/m²	37 €/m²	38 €/m²	3,3%
Durchschnitt EFH	1288 €/m²	466 €/m²	83 €/m²	5 €/m²	52 €/m²	53 €/m²	48 €/m²	3,8%
MFH klein	1262 €/m²	451 €/m²	55 €/m²	41 €/m²	76 €/m²	30 €/m²	51 €/m²	4,0%
MFH groß	1262 €/m²	320 €/m²	51 €/m²	k. A.	65 €/m²	22 €/m²	46 €/m²	3,6%
Durchschnitt MFH	1262 €/m²	386 €/m²	53 €/m²	41 €/m²	71 €/m²	26 €/m²	48 €/m²	3,8%

Tabelle 13-5: Energiebedingte Investitionskosten (€/m² Nutzfläche) EnEV 2014 und Investitionsmehrkosten für das Niveau Q_p 55 % H_r' 70 % (EH 55)

Niveau	EnEV 2014		Q _p 55 % H _r ' 70 % (EH 55)					
System	Gas-BW-Kessel		Gas-BW-Kessel	WP Luft/ Wasser	WP Sole/ Wasser	Pelletkessel	Mehrkosten	
Gebäude	Grundkosten (GK)	energiebedingter Kostenanteil (eGK)	Investitionsmehr- und -minderkosten				Ø	% von GK
EFH klein mit Keller	1371 €/m²	463 €/m²	78 €/m²	39 €/m²	82 €/m²	75 €/m²	69 €/m²	5,0%
EFH klein ohne Keller	1371 €/m²	618 €/m²	105 €/m²	17 €/m²	82 €/m²	112 €/m²	79 €/m²	5,8%
EFH groß mit Keller	1371 €/m²	386 €/m²	69 €/m²	41 €/m²	70 €/m²	44 €/m²	56 €/m²	4,1%
DHH ohne Keller	1164 €/m²	570 €/m²	96 €/m²	16 €/m²	81 €/m²	112 €/m²	76 €/m²	6,6%
RMH mit Keller	1164 €/m²	295 €/m²	67 €/m²	20 €/m²	55 €/m²	55 €/m²	49 €/m²	4,2%
Durchschnitt EFH	1288 €/m²	466 €/m²	83 €/m²	26 €/m²	74 €/m²	80 €/m²	66 €/m²	5,1%
MFH klein	1262 €/m²	451 €/m²	63 €/m²	63 €/m²	93 €/m²	52 €/m²	68 €/m²	5,4%
MFH groß	1262 €/m²	320 €/m²	54 €/m²	k. A.	75 €/m²	34 €/m²	54 €/m²	4,3%
Durchschnitt MFH	1262 €/m²	386 €/m²	58 €/m²	63 €/m²	84 €/m²	43 €/m²	61 €/m²	4,8%

13.2 Annuitäten der kapitalgebundene, bedarfsgebundene und betriebsgebundenen für die Varianten der Wohngebäude

13.2.1 Annuitäten der kapitalgebundenen Kosten

Tabelle 13-6: Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte kapitalgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für das Niveau Q_P 75 % H_T 100 % (Anforderungsniveau EnEV 2014 ab 1.1.2016)

Niveau	EnEV 2014	Q_P 75 % H_T 100 %				
System	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø
EFH klein mit Keller	446 €/m ²	43 €/m ²	12 €/m ²	37 €/m ²	130 €/m ²	56 €/m ²
EFH klein ohne Keller	621 €/m ²	57 €/m ²	-7 €/m ²	40 €/m ²	219 €/m ²	77 €/m ²
EFH groß mit Keller	368 €/m ²	39 €/m ²	23 €/m ²	31 €/m ²	67 €/m ²	40 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	583 €/m ²	56 €/m ²	-22 €/m ²	32 €/m ²	220 €/m ²	72 €/m ²
Reihenmittelhaus mit Keller	304 €/m ²	41 €/m ²	-8 €/m ²	18 €/m ²	111 €/m ²	40 €/m ²
Durchschnitt EFH	464 €/m²	47 €/m²	0 €/m²	32 €/m²	149 €/m²	57 €/m²
MFH klein	475 €/m ²	53 €/m ²	39 €/m ²	43 €/m ²	58 €/m ²	48 €/m ²
MFH groß	339 €/m ²	54 €/m ²	k. A.	30 €/m ²	32 €/m ²	39 €/m ²
Durchschnitt MFH	407 €/m²	53 €/m²	39 €/m²	36 €/m²	45 €/m²	43 €/m²

Tabelle 13-7: Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte kapitalgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für das Niveau Q_P 65 % H_T 90 % und Q_P 60 % H_T 85 %

Niveau	EnEV 2014	Q_P 65 % H_T 90 %					Q_P 60 % H_T 85 %				
System	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø
EFH klein mit Keller	446 €/m ²	105 €/m ²	14 €/m ²	40 €/m ²	134 €/m ²	73 €/m ²	116 €/m ²	19 €/m ²	46 €/m ²	142 €/m ²	81 €/m ²
EFH klein ohne Keller	621 €/m ²	98 €/m ²	-6 €/m ²	42 €/m ²	223 €/m ²	89 €/m ²	115 €/m ²	-1 €/m ²	49 €/m ²	232 €/m ²	99 €/m ²
EFH groß mit Keller	368 €/m ²	111 €/m ²	24 €/m ²	32 €/m ²	70 €/m ²	59 €/m ²	122 €/m ²	28 €/m ²	37 €/m ²	76 €/m ²	66 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	583 €/m ²	116 €/m ²	-19 €/m ²	36 €/m ²	227 €/m ²	90 €/m ²	146 €/m ²	-20 €/m ²	37 €/m ²	230 €/m ²	98 €/m ²
Reihenmittelhaus mit Keller	304 €/m ²	99 €/m ²	-5 €/m ²	19 €/m ²	113 €/m ²	57 €/m ²	105 €/m ²	-2 €/m ²	21 €/m ²	117 €/m ²	60 €/m ²
Durchschnitt EFH	464 €/m²	106 €/m²	2 €/m²	34 €/m²	153 €/m²	74 €/m²	121 €/m²	5 €/m²	38 €/m²	159 €/m²	81 €/m²
MFH klein	475 €/m ²	75 €/m ²	41 €/m ²	45 €/m ²	62 €/m ²	56 €/m ²	90 €/m ²	46 €/m ²	50 €/m ²	68 €/m ²	63 €/m ²
MFH groß	339 €/m ²	77 €/m ²	k. A.	32 €/m ²	34 €/m ²	48 €/m ²	86 €/m ²	k. A.	35 €/m ²	38 €/m ²	53 €/m ²
Durchschnitt MFH	407 €/m²	76 €/m²	41 €/m²	38 €/m²	48 €/m²	52 €/m²	88 €/m²	46 €/m²	43 €/m²	53 €/m²	58 €/m²

Tabelle 13-8: Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte kapitalgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für die Niveaus Q_P 55 % H_T' 85 % und Q_P 55 % H_T' 70 % (EH 55)

Niveau	EnEV 2014	Q _P 55 % H _T ' 85 %					Q _P 55 % H _T ' 70 % (EH 55)				
System	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø
EFH klein mit Keller	446 €/m ²	126 €/m ²	15 €/m ²	41 €/m ²	137 €/m ²	80 €/m ²	126 €/m ²	28 €/m ²	57 €/m ²	159 €/m ²	92 €/m ²
EFH klein ohne Keller	621 €/m ²	138 €/m ²	2 €/m ²	51 €/m ²	233 €/m ²	106 €/m ²	138 €/m ²	12 €/m ²	67 €/m ²	257 €/m ²	119 €/m ²
EFH groß mit Keller	368 €/m ²	128 €/m ²	28 €/m ²	37 €/m ²	76 €/m ²	67 €/m ²	128 €/m ²	33 €/m ²	44 €/m ²	89 €/m ²	73 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	583 €/m ²	146 €/m ²	-18 €/m ²	37 €/m ²	230 €/m ²	99 €/m ²	146 €/m ²	3 €/m ²	64 €/m ²	263 €/m ²	119 €/m ²
Reihenmittelhaus mit Keller	304 €/m ²	122 €/m ²	0 €/m ²	21 €/m ²	117 €/m ²	65 €/m ²	122 €/m ²	7 €/m ²	33 €/m ²	132 €/m ²	74 €/m ²
Durchschnitt EFH	464 €/m ²	132 €/m ²	5 €/m ²	37 €/m ²	159 €/m ²	83 €/m ²	132 €/m ²	17 €/m ²	53 €/m ²	180 €/m ²	95 €/m ²
MFH klein	475 €/m ²	90 €/m ²	45 €/m ²	50 €/m ²	68 €/m ²	63 €/m ²	96 €/m ²	57 €/m ²	63 €/m ²	87 €/m ²	76 €/m ²
MFH groß	339 €/m ²	92 €/m ²	k. A.	35 €/m ²	38 €/m ²	55 €/m ²	95 €/m ²	k. A.	44 €/m ²	47 €/m ²	62 €/m ²
Durchschnitt MFH	407 €/m ²	91 €/m ²	45 €/m ²	43 €/m ²	53 €/m ²	59 €/m ²	96 €/m ²	57 €/m ²	54 €/m ²	67 €/m ²	69 €/m ²

13.2.2 Annuitäten der bedarfsgebundenen Kosten

13.2.2.1 Preissteigerung Bundesregierung

Tabelle 13-9: Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte betriebsgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für das Niveau Q_P 75 % H_T 100 % (Anforderungsniveau EnEV 2014 ab 1.1.2016)

Niveau	EnEV 2014	Q_P 75 % H_T 100 %				
System	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø
EFH klein mit Keller	34 €/m²	4 €/m²	-8 €/m²	-8 €/m²	33 €/m²	5 €/m²
EFH klein ohne Keller	54 €/m²	6 €/m²	-13 €/m²	-13 €/m²	52 €/m²	8 €/m²
EFH groß mit Keller	20 €/m²	2 €/m²	-5 €/m²	-5 €/m²	19 €/m²	3 €/m²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	56 €/m²	6 €/m²	-13 €/m²	-13 €/m²	53 €/m²	8 €/m²
Reihenmittelhaus mit Keller	31 €/m²	3 €/m²	-7 €/m²	-7 €/m²	29 €/m²	5 €/m²
Durchschnitt EFH	39 €/m²	4 €/m²	-9 €/m²	-9 €/m²	37 €/m²	6 €/m²
MFH klein	37 €/m²	2 €/m²	-5 €/m²	-5 €/m²	15 €/m²	2 €/m²
MFH groß	18 €/m²	1 €/m²	k. A.	-1 €/m²	3 €/m²	1 €/m²
Durchschnitt MFH	27 €/m²	1 €/m²	-5 €/m²	-3 €/m²	9 €/m²	1 €/m²

Tabelle 13-10: Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte betriebsgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für die Niveaus Q_P 65 % H_T 90 % und Q_P 60 % H_T 85 %

Niveau	EnEV 2014	Q_P 65 % H_T 90 %					Q_P 60 % H_T 85 %				
System	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø
EFH klein mit Keller	34 €/m²	21 €/m²	-8 €/m²	-8 €/m²	33 €/m²	9 €/m²	21 €/m²	-8 €/m²	-8 €/m²	33 €/m²	9 €/m²
EFH klein ohne Keller	54 €/m²	33 €/m²	-13 €/m²	-13 €/m²	52 €/m²	15 €/m²	33 €/m²	-13 €/m²	-13 €/m²	52 €/m²	15 €/m²
EFH groß mit Keller	20 €/m²	12 €/m²	-5 €/m²	-5 €/m²	19 €/m²	5 €/m²	12 €/m²	-5 €/m²	-5 €/m²	19 €/m²	5 €/m²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	56 €/m²	35 €/m²	-13 €/m²	-13 €/m²	53 €/m²	15 €/m²	35 €/m²	-13 €/m²	-13 €/m²	53 €/m²	15 €/m²
Reihenmittelhaus mit Keller	31 €/m²	19 €/m²	-7 €/m²	-7 €/m²	29 €/m²	9 €/m²	19 €/m²	-7 €/m²	-7 €/m²	29 €/m²	9 €/m²
Durchschnitt EFH	39 €/m²	24 €/m²	-9 €/m²	-9 €/m²	37 €/m²	11 €/m²	24 €/m²	-9 €/m²	-9 €/m²	37 €/m²	11 €/m²
MFH klein	37 €/m²	37 €/m²	-5 €/m²	-5 €/m²	15 €/m²	10 €/m²	37 €/m²	-5 €/m²	-5 €/m²	15 €/m²	10 €/m²
MFH groß	18 €/m²	30 €/m²	k. A.	-1 €/m²	3 €/m²	11 €/m²	30 €/m²	k. A.	-1 €/m²	3 €/m²	11 €/m²
Durchschnitt MFH	27 €/m²	34 €/m²	-5 €/m²	-3 €/m²	9 €/m²	11 €/m²	34 €/m²	-5 €/m²	-3 €/m²	9 €/m²	11 €/m²

Tabelle 13-11: Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte betriebsgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für die Niveaus Q_P 55 % H_T' 85 % und Q_P 55 % H_T' 70 % (EH 55)

Niveau	EnEV 2014	Q _P 55 % H _T ' 85 %					Q _P 55 % H _T ' 70 % (EH 55)				
System	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø
EFH klein mit Keller	34 €/m²	21 €/m²	-8 €/m²	-8 €/m²	33 €/m²	9 €/m²	21 €/m²	-8 €/m²	-8 €/m²	33 €/m²	9 €/m²
EFH klein ohne Keller	54 €/m²	33 €/m²	-13 €/m²	-13 €/m²	52 €/m²	15 €/m²	33 €/m²	-13 €/m²	-13 €/m²	52 €/m²	15 €/m²
EFH groß mit Keller	20 €/m²	12 €/m²	-5 €/m²	-5 €/m²	19 €/m²	5 €/m²	12 €/m²	-5 €/m²	-5 €/m²	19 €/m²	5 €/m²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	56 €/m²	35 €/m²	-13 €/m²	-13 €/m²	53 €/m²	15 €/m²	35 €/m²	-13 €/m²	-13 €/m²	53 €/m²	15 €/m²
Reihenmittelhaus mit Keller	31 €/m²	19 €/m²	-7 €/m²	-7 €/m²	29 €/m²	9 €/m²	19 €/m²	-7 €/m²	-7 €/m²	29 €/m²	9 €/m²
Durchschnitt EFH	39 €/m²	24 €/m²	-9 €/m²	-9 €/m²	37 €/m²	11 €/m²	24 €/m²	-9 €/m²	-9 €/m²	37 €/m²	11 €/m²
MFH klein	37 €/m²	37 €/m²	-5 €/m²	-5 €/m²	15 €/m²	10 €/m²	37 €/m²	-5 €/m²	-5 €/m²	15 €/m²	10 €/m²
MFH groß	18 €/m²	30 €/m²	k. A.	-1 €/m²	3 €/m²	11 €/m²	30 €/m²	k. A.	-1 €/m²	3 €/m²	11 €/m²
Durchschnitt MFH	27 €/m²	34 €/m²	-5 €/m²	-3 €/m²	9 €/m²	11 €/m²	34 €/m²	-5 €/m²	-3 €/m²	9 €/m²	11 €/m²

13.2.2.2 Preissteigerung EU

Tabelle 13-12: Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte betriebsgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für das Niveau Q_P 75 % H_T' 100 % (Anforderungsniveau EnEV 2014 ab 1.1.2016)

Niveau	EnEV 2014	Q _P 75 % H _T ' 100 %				
System	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø
EFH klein mit Keller	286 €/m²	-61 €/m²	-45 €/m²	-83 €/m²	-35 €/m²	-56 €/m²
EFH klein ohne Keller	357 €/m²	-73 €/m²	-76 €/m²	-115 €/m²	-28 €/m²	-73 €/m²
EFH groß mit Keller	247 €/m²	-55 €/m²	-49 €/m²	-76 €/m²	-35 €/m²	-54 €/m²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	320 €/m²	-64 €/m²	-71 €/m²	-102 €/m²	-22 €/m²	-65 €/m²
Reihenmittelhaus mit Keller	210 €/m²	-42 €/m²	-35 €/m²	-56 €/m²	-19 €/m²	-38 €/m²
Durchschnitt EFH	284 €/m²	-59 €/m²	-55 €/m²	-86 €/m²	-28 €/m²	-57 €/m²
MFH klein	238 €/m²	-53 €/m²	-45 €/m²	-75 €/m²	-3 €/m²	-44 €/m²
MFH groß	181 €/m²	-40 €/m²	k. A.	-40 €/m²	-21 €/m²	-34 €/m²
Durchschnitt MFH	209 €/m²	-46 €/m²	-45 €/m²	-58 €/m²	-12 €/m²	-39 €/m²

Tabelle 13-13: Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte betriebsgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für die Niveaus Q_P 65 % H_T' 90 % und Q_P 60 % H_T' 85 %

Niveau	EnEV 2014	Q _P 65 % H _T ' 90 %					Q _P 60 % H _T ' 85 %				
System	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø
EFH klein mit Keller	226 €/m²	-73 €/m²	-66 €/m²	-102 €/m²	-53 €/m²	-74 €/m²	-84 €/m²	-72 €/m²	-108 €/m²	-59 €/m²	-81 €/m²
EFH klein ohne Keller	282 €/m²	-90 €/m²	-84 €/m²	-121 €/m²	-35 €/m²	-83 €/m²	-111 €/m²	-93 €/m²	-129 €/m²	-47 €/m²	-95 €/m²
EFH groß mit Keller	194 €/m²	-63 €/m²	-54 €/m²	-79 €/m²	-42 €/m²	-60 €/m²	-74 €/m²	-61 €/m²	-84 €/m²	-47 €/m²	-66 €/m²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	254 €/m²	-76 €/m²	-78 €/m²	-108 €/m²	-29 €/m²	-73 €/m²	-88 €/m²	-87 €/m²	-115 €/m²	-36 €/m²	-82 €/m²
Reihenmittelhaus mit Keller	167 €/m²	-47 €/m²	-48 €/m²	-58 €/m²	-24 €/m²	-44 €/m²	-54 €/m²	-51 €/m²	-61 €/m²	-27 €/m²	-48 €/m²
Durchschnitt EFH	224 €/m²	-70 €/m²	-66 €/m²	-94 €/m²	-37 €/m²	-67 €/m²	-82 €/m²	-73 €/m²	-99 €/m²	-43 €/m²	-74 €/m²
MFH klein	188 €/m²	-61 €/m²	-51 €/m²	-80 €/m²	-9 €/m²	-50 €/m²	-72 €/m²	-57 €/m²	-85 €/m²	-15 €/m²	-57 €/m²
MFH groß	142 €/m²	-40 €/m²	k. A.	-44 €/m²	-26 €/m²	-36 €/m²	-48 €/m²	k. A.	-47 €/m²	-31 €/m²	-42 €/m²
Durchschnitt MFH	165 €/m²	-50 €/m²	-51 €/m²	-62 €/m²	-17 €/m²	-43 €/m²	-60 €/m²	-57 €/m²	-66 €/m²	-23 €/m²	-50 €/m²

Tabelle 13-14: Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte betriebsgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für die Niveaus Q_P 55 % H_T' 85 % und Q_P 55 % H_T' 70 % (EH 55)

Niveau	EnEV 2014	Q _P 55 % H _T ' 85 %					Q _P 55 % H _T ' 70 % (EH 55)				
System	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø
EFH klein mit Keller	286 €/m²	-96 €/m²	-72 €/m²	-108 €/m²	-59 €/m²	-84 €/m²	-96 €/m²	-92 €/m²	-101 €/m²	-77 €/m²	-91 €/m²
EFH klein ohne Keller	357 €/m²	-120 €/m²	-97 €/m²	-125 €/m²	-47 €/m²	-97 €/m²	-120 €/m²	-122 €/m²	-148 €/m²	-72 €/m²	-115 €/m²
EFH groß mit Keller	247 €/m²	-84 €/m²	-61 €/m²	-84 €/m²	-47 €/m²	-69 €/m²	-84 €/m²	-76 €/m²	-97 €/m²	-64 €/m²	-80 €/m²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	320 €/m²	-101 €/m²	-93 €/m²	-115 €/m²	-36 €/m²	-86 €/m²	-101 €/m²	-110 €/m²	-133 €/m²	-55 €/m²	-100 €/m²
Reihenmittelhaus mit Keller	210 €/m²	-63 €/m²	-59 €/m²	-61 €/m²	-27 €/m²	-52 €/m²	-63 €/m²	-61 €/m²	-70 €/m²	-36 €/m²	-57 €/m²
Durchschnitt EFH	284 €/m²	-93 €/m²	-76 €/m²	-98 €/m²	-43 €/m²	-78 €/m²	-93 €/m²	-92 €/m²	-110 €/m²	-61 €/m²	-89 €/m²
MFH klein	238 €/m²	-82 €/m²	-62 €/m²	-85 €/m²	-15 €/m²	-61 €/m²	-84 €/m²	-76 €/m²	-100 €/m²	-36 €/m²	-74 €/m²
MFH groß	181 €/m²	-56 €/m²	k. A.	-47 €/m²	-31 €/m²	-45 €/m²	-58 €/m²	k. A.	-58 €/m²	-45 €/m²	-54 €/m²
Durchschnitt MFH	209 €/m²	-69 €/m²	-62 €/m²	-66 €/m²	-23 €/m²	-53 €/m²	-71 €/m²	-76 €/m²	-79 €/m²	-41 €/m²	-64 €/m²

13.2.3 Annuitäten der betriebsgebundenen Kosten

Tabelle 13-15: Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte betriebsgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für das Niveau Q_P 75 % H_T 100 % (Anforderungsniveau EnEV 2014 ab 1.1.2016)

Niveau	EnEV 2014	Q_P 75 % H_T 100 %				
System	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø
EFH klein mit Keller	226 €/m ²	-47 €/m ²	-1 €/m ²	-36 €/m ²	-18 €/m ²	-26 €/m ²
EFH klein ohne Keller	282 €/m ²	-57 €/m ²	-20 €/m ²	-56 €/m ²	-11 €/m ²	-36 €/m ²
EFH groß mit Keller	194 €/m ²	-42 €/m ²	-10 €/m ²	-35 €/m ²	-21 €/m ²	-27 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	254 €/m ²	-49 €/m ²	-21 €/m ²	-50 €/m ²	-8 €/m ²	-32 €/m ²
Reihenmittelhaus mit Keller	167 €/m ²	-33 €/m ²	-3 €/m ²	-23 €/m ²	-9 €/m ²	-17 €/m ²
Durchschnitt EFH	224 €/m²	-46 €/m²	-11 €/m²	-40 €/m²	-14 €/m²	-28 €/m²
MFH klein	188 €/m ²	-41 €/m ²	-7 €/m ²	-36 €/m ²	5 €/m ²	-20 €/m ²
MFH groß	142 €/m ²	-31 €/m ²	k. A.	-11 €/m ²	-11 €/m ²	-18 €/m ²
Durchschnitt MFH	165 €/m²	-36 €/m²	-7 €/m²	-24 €/m²	-3 €/m²	-19 €/m²

Tabelle 13-16: Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte betriebsgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für die Niveaus Q_P 65 % H_T 90 % und Q_P 60 % H_T 85 %

Niveau	EnEV 2014	Q_P 65 % H_T 90 %					Q_P 60 % H_T 85 %				
System	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø
EFH klein mit Keller	226 €/m ²	-53 €/m ²	-20 €/m ²	-54 €/m ²	-34 €/m ²	-41 €/m ²	-62 €/m ²	-26 €/m ²	-59 €/m ²	-39 €/m ²	-47 €/m ²
EFH klein ohne Keller	282 €/m ²	-67 €/m ²	-28 €/m ²	-62 €/m ²	-17 €/m ²	-44 €/m ²	-84 €/m ²	-36 €/m ²	-69 €/m ²	-27 €/m ²	-54 €/m ²
EFH groß mit Keller	194 €/m ²	-46 €/m ²	-15 €/m ²	-38 €/m ²	-26 €/m ²	-31 €/m ²	-55 €/m ²	-21 €/m ²	-42 €/m ²	-31 €/m ²	-37 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	254 €/m ²	-56 €/m ²	-28 €/m ²	-55 €/m ²	-14 €/m ²	-38 €/m ²	-66 €/m ²	-36 €/m ²	-62 €/m ²	-19 €/m ²	-46 €/m ²
Reihenmittelhaus mit Keller	167 €/m ²	-33 €/m ²	-15 €/m ²	-25 €/m ²	-13 €/m ²	-22 €/m ²	-39 €/m ²	-18 €/m ²	-28 €/m ²	-16 €/m ²	-25 €/m ²
Durchschnitt EFH	224 €/m²	-51 €/m²	-21 €/m²	-47 €/m²	-21 €/m²	-35 €/m²	-61 €/m²	-28 €/m²	-52 €/m²	-26 €/m²	-42 €/m²
MFH klein	188 €/m ²	-44 €/m ²	-13 €/m ²	-41 €/m ²	0 €/m ²	-25 €/m ²	-53 €/m ²	-19 €/m ²	-45 €/m ²	-5 €/m ²	-30 €/m ²
MFH groß	142 €/m ²	-27 €/m ²	k. A.	-15 €/m ²	-15 €/m ²	-19 €/m ²	-34 €/m ²	k. A.	-18 €/m ²	-19 €/m ²	-24 €/m ²
Durchschnitt MFH	165 €/m²	-36 €/m²	-13 €/m²	-28 €/m²	-8 €/m²	-22 €/m²	-43 €/m²	-19 €/m²	-32 €/m²	-12 €/m²	-27 €/m²

Tabelle 13-17: Spezifische (auf die Nutzfläche bezogene) annualisierte betriebsgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten für die Niveaus Q_P 55 % H_T' 85 % und Q_P 55 % H_T' 70 % (EH 55)

Niveau	EnEV 2014	Q _P 55 % H _T ' 85 %					Q _P 55 % H _T ' 70 % (EH 55)				
System	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø	Gas-BW-Kessel	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pellet-kessel	Ø
EFH klein mit Keller	226 €/m ²	-72 €/m ²	-26 €/m ²	-59 €/m ²	-39 €/m ²	-49 €/m ²	-72 €/m ²	-45 €/m ²	-53 €/m ²	-54 €/m ²	-56 €/m ²
EFH klein ohne Keller	282 €/m ²	-90 €/m ²	-40 €/m ²	-66 €/m ²	-27 €/m ²	-56 €/m ²	-90 €/m ²	-63 €/m ²	-87 €/m ²	-47 €/m ²	-72 €/m ²
EFH groß mit Keller	194 €/m ²	-63 €/m ²	-21 €/m ²	-42 €/m ²	-31 €/m ²	-39 €/m ²	-63 €/m ²	-35 €/m ²	-55 €/m ²	-44 €/m ²	-49 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	254 €/m ²	-76 €/m ²	-41 €/m ²	-62 €/m ²	-19 €/m ²	-50 €/m ²	-76 €/m ²	-58 €/m ²	-79 €/m ²	-35 €/m ²	-62 €/m ²
Reihenmittelhaus mit Keller	167 €/m ²	-46 €/m ²	-25 €/m ²	-28 €/m ²	-16 €/m ²	-29 €/m ²	-46 €/m ²	-28 €/m ²	-36 €/m ²	-23 €/m ²	-33 €/m ²
Durchschnitt EFH	224 €/m²	-69 €/m²	-31 €/m²	-51 €/m²	-26 €/m²	-44 €/m²	-69 €/m²	-46 €/m²	-62 €/m²	-41 €/m²	-54 €/m²
MFH klein	188 €/m ²	-61 €/m ²	-23 €/m ²	-45 €/m ²	-5 €/m ²	-34 €/m ²	-62 €/m ²	-37 €/m ²	-59 €/m ²	-22 €/m ²	-45 €/m ²
MFH groß	142 €/m ²	-40 €/m ²	k. A.	-18 €/m ²	-19 €/m ²	-26 €/m ²	-42 €/m ²	k. A.	-28 €/m ²	-31 €/m ²	-34 €/m ²
Durchschnitt MFH	165 €/m²	-51 €/m²	-23 €/m²	-32 €/m²	-12 €/m²	-30 €/m²	-52 €/m²	-37 €/m²	-43 €/m²	-27 €/m²	-39 €/m²

14 Anhang B – Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen Nichtwohngebäude

14.1 Annuitäten der kapitalgebundenen, bedarfsgebundenen und betriebsgebundenen Kosten sowie Annuitäten der Erträge für die Varianten der Nichtwohngebäude

14.1.1 Annuitäten der kapitalgebundenen Kosten

Tabelle 14-1: Spezifische (auf die Nettogrundfläche bezogene) annualisierte kapitalgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten der unterschiedlichen Niveaus

Niveau	EnEV 2014	Q _p 75 % Ü 80 % [EnEV 2016]				Q _p 65 % Ü 80 %				Q _p 55 % Ü 70 %			
1. Wärmeerzeuger	Gas-BW-Kessel	BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel
2. Wärmeerzeuger	-	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel
Büro klein, nicht gekühlt	257 €/m²	24 €/m²	15 €/m²	38 €/m²	13 €/m²	70 €/m²	58 €/m²	38 €/m²	30 €/m²	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	40 €/m²	85 €/m²
Büro groß, gekühlt	670 €/m²	57 €/m²	k. A.	27 €/m²	21 €/m²	Ausf. n. möglich	k. A.	75 €/m²	119 €/m²	Ausf. n. möglich	k. A.	89 €/m²	Ausf. n. möglich
Kindertagesstätte	266 €/m²	25 €/m²	11 €/m²	43 €/m²	19 €/m²	39 €/m²	21 €/m²	43 €/m²	19 €/m²	98 €/m²	73 €/m²	44 €/m²	46 €/m²
Schule	311 €/m²	8 €/m²	k. A.	30 €/m²	6 €/m²	24 €/m²	k. A.	30 €/m²	21 €/m²	63 €/m²	k. A.	31 €/m²	57 €/m²
Hotel groß, gekühlt	252 €/m²	54 €/m²	k. A.	92 €/m²	61 €/m²	Ausf. n. möglich	k. A.	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	k. A.	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich
Verbrauchermarkt	319 €/m²	71 €/m²	85 €/m²	44 €/m²	52 €/m²	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich
Verwaltungsgebäude	608 €/m²	-15 €/m²	k. A.	13 €/m²	-6 €/m²	-3 €/m²	k. A.	-14 €/m²	-14 €/m²	103 €/m²	k. A.	110 €/m²	141 €/m²
Schulsporthalle	451 €/m²	24 €/m²	18 €/m²	47 €/m²	13 €/m²	42 €/m²	46 €/m²	54 €/m²	25 €/m²	91 €/m²	123 €/m²	79 €/m²	61 €/m²
Hochschulgebäude	353 €/m²	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet
Shopping-Mall	246 €/m²	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet

Niveau	EnEV 2014	Q _p 75 % Ü 80 % [EnEV 2016]				Q _p 65 % Ü 80 %				Q _p 55 % Ü 70 %			
1. Wärmeerzeuger	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW
2. Wärmeerzeuger	-	-	-	-	Gas-BW-Kessel	-	-	-	Gas-BW-Kessel	-	-	-	Gas-BW-Kessel
Fertigungshalle (zentrale Erzeuger)	168 €/m²	-8 €/m²	55 €/m²	26 €/m²	17 €/m²	Ausf. n. möglich	55 €/m²	26 €/m²	17 €/m²	Ausf. n. möglich	60 €/m²	33 €/m²	26 €/m²

Niveau	EnEV 2014	Q _p 100 % Ü 100 % [EnEV 2016]				Q _p 85 % Ü 100 %				Q _p 75 % Ü 85 %			
Wärmeerzeuger	Wärmeluft-Erzeuger STD	Wärmeluft-Erzeuger TOP	Hellstrahler TOP	Dunkelstrahler STANDARD	Dunkelstrahler TOP	Wärmeluft-Erzeuger TOP	Hellstrahler TOP	Dunkelstrahler STANDARD	Dunkelstrahler TOP	Wärmeluft-Erzeuger TOP	Hellstrahler TOP	Dunkelstrahler STANDARD	Dunkelstrahler TOP
Fertigungshalle (dezentrale Erzeuger)	168 €/m²	-9 €/m²	-12 €/m²	-16 €/m²	-15 €/m²	-3 €/m²	-11 €/m²	-14 €/m²	-14 €/m²	2 €/m²	-3 €/m²	-5 €/m²	-6 €/m²

k. A.	System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar
Ausf. n. möglich	Niveau kann durch System nicht erreicht werden

14.1.2 Annuitäten der bedarfsgebundenen Kosten

14.1.2.1 Preissteigerung Bundesregierung

Tabelle 14-2: Spezifische (auf die Nettogrundfläche bezogene) annualisierte bedarfsgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten der unterschiedlichen Niveaus, Preissteigerung Bundesregierung

Niveau	EnEV 2014	Q _p 75 % Ü 80 % [EnEV 2016]				Q _p 65 % Ü 80 %				Q _p 55 % Ü 70 %			
1. Wärmeerzeuger	Gas-BW-Kessel	BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel
2. Wärmeerzeuger	-	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel
Büro klein, nicht gekühlt	217 €/m²	-6 €/m²	-18 €/m²	-48 €/m²	-4 €/m²	-28 €/m²	-39 €/m²	-48 €/m²	-16 €/m²	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	-50 €/m²	-38 €/m²
Büro groß, gekühlt	275 €/m²	-12 €/m²	k. A.	-55 €/m²	-13 €/m²	Ausf. n. möglich	k. A.	-57 €/m²	-36 €/m²	Ausf. n. möglich	k. A.	-68 €/m²	Ausf. n. möglich
Kindertagesstätte	206 €/m²	-10 €/m²	-25 €/m²	-73 €/m²	-11 €/m²	-28 €/m²	-37 €/m²	-73 €/m²	-11 €/m²	-51 €/m²	-60 €/m²	-76 €/m²	-32 €/m²
Schule	121 €/m²	3 €/m²	k. A.	-22 €/m²	2 €/m²	-10 €/m²	k. A.	-22 €/m²	-11 €/m²	-27 €/m²	k. A.	-25 €/m²	-26 €/m²
Hotel groß, gekühlt	215 €/m²	-18 €/m²	k. A.	2 €/m²	26 €/m²	Ausf. n. möglich	k. A.	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	k. A.	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich
Verbrauchermarkt	247 €/m²	-29 €/m²	-32 €/m²	-24 €/m²	-22 €/m²	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich
Verwaltungsgebäude	228 €/m²	-2 €/m²	k. A.	-6 €/m²	-5 €/m²	-30 €/m²	k. A.	-18 €/m²	-28 €/m²	-44 €/m²	k. A.	-47 €/m²	-51 €/m²
Schulsporthalle	304 €/m²	-15 €/m²	-22 €/m²	-6 €/m²	-12 €/m²	-45 €/m²	-54 €/m²	-16 €/m²	-27 €/m²	-76 €/m²	-85 €/m²	-53 €/m²	-61 €/m²
Hochschulgebäude	224 €/m²	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet
Shopping-Mall	206 €/m²	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet

Niveau	EnEV 2014	Q _p 75 % Ü 80 % [EnEV 2016]				Q _p 65 % Ü 80 %				Q _p 55 % Ü 70 %			
1. Wärmeerzeuger	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW
2. Wärmeerzeuger	-	-	-	-	Gas-BW-Kessel	-	-	-	Gas-BW-Kessel	-	-	-	Gas-BW-Kessel
Fertigungshalle (zentrale Erzeuger)	186 €/m²	-34 €/m²	-27 €/m²	-23 €/m²	16 €/m²	Ausf. n. möglich	-27 €/m²	-23 €/m²	16 €/m²	Ausf. n. möglich	-39 €/m²	-35 €/m²	-3 €/m²

Niveau	EnEV 2014	Q _p 100 % Ü 100 % [EnEV 2016]				Q _p 85 % Ü 100 %				Q _p 75 % Ü 85 %			
Wärmeerzeuger	Wärmeluft-Erzeuger STD	Wärmeluft-Erzeuger TOP	Hellstrahler TOP	Dunkelstrahler STANDARD	Dunkelstrahler TOP	Wärmeluft-Erzeuger TOP	Hellstrahler TOP	Dunkelstrahler STANDARD	Dunkelstrahler TOP	Wärmeluft-Erzeuger TOP	Hellstrahler TOP	Dunkelstrahler STANDARD	Dunkelstrahler TOP
Fertigungshalle (dezentrale Erzeuger)	186 €/m²	-8 €/m²	-16 €/m²	-13 €/m²	-22 €/m²	-23 €/m²	-25 €/m²	-24 €/m²	-25 €/m²	-32 €/m²	-35 €/m²	-34 €/m²	-37 €/m²

k. A.	System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar
Ausf. n. möglich	Niveau kann durch System nicht erreicht werden

14.1.2.2 Preissteigerung EU

Tabelle 14-3: Spezifische (auf die Nettogrundfläche bezogene) annualisierte bedarfsgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten die unterschiedlichen Niveaus, Preissteigerung EU

Niveau	EnEV 2014	Q _p 75 % Ü 80 % [EnEV 2016]				Q _p 65 % Ü 80 %				Q _p 55 % Ü 70 %			
1. Wärmeerzeuger	Gas-BW-Kessel	BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel
2. Wärmeerzeuger	-	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel
Büro klein, nicht gekühlt	244 €/m²	-7 €/m²	-26 €/m²	-64 €/m²	-7 €/m²	-33 €/m²	-49 €/m²	-64 €/m²	-20 €/m²	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	-67 €/m²	-46 €/m²
Büro groß, gekühlt	304 €/m²	-14 €/m²	k. A.	-69 €/m²	-16 €/m²	Ausf. n. möglich	k. A.	-71 €/m²	-43 €/m²	Ausf. n. möglich	k. A.	-83 €/m²	Ausf. n. möglich
Kindertagesstätte	236 €/m²	-11 €/m²	-35 €/m²	-94 €/m²	-15 €/m²	-32 €/m²	-49 €/m²	-94 €/m²	-15 €/m²	-59 €/m²	-74 €/m²	-97 €/m²	-40 €/m²
Schule	136 €/m²	4 €/m²	k. A.	-30 €/m²	1 €/m²	-12 €/m²	-30,7 a	-30 €/m²	-13 €/m²	-31 €/m²	k. A.	-33 €/m²	-30 €/m²
Hotel groß, gekühlt	240 €/m²	-21 €/m²	k. A.	-1 €/m²	29 €/m²	Ausf. n. möglich	k. A.	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	k. A.	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich
Verbrauchermarkt	270 €/m²	-33 €/m²	-38 €/m²	-32 €/m²	-26 €/m²	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich
Verwaltungsgebäude	254 €/m²	-2 €/m²	k. A.	-17 €/m²	-6 €/m²	-34 €/m²	k. A.	-29 €/m²	-33 €/m²	-50 €/m²	k. A.	-60 €/m²	-60 €/m²
Schulsporthalle	342 €/m²	-16 €/m²	-34 €/m²	-25 €/m²	-16 €/m²	-51 €/m²	-69 €/m²	-35 €/m²	-33 €/m²	-88 €/m²	-103 €/m²	-75 €/m²	-73 €/m²
Hochschulgebäude	244 €/m²	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet
Shopping-Mall	223 €/m²	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet

Niveau	EnEV 2014	Q _p 75 % Ü 80 % [EnEV 2016]				Q _p 65 % Ü 80 %				Q _p 55 % Ü 70 %			
1. Wärmeerzeuger	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW
2. Wärmeerzeuger	-	-	-	-	Gas-BW-Kessel	-	-	-	Gas-BW-Kessel	-	-	-	Gas-BW-Kessel
Fertigungshalle (zentrale Erzeuger)	208 €/m²	-39 €/m²	-34 €/m²	-34 €/m²	19 €/m²	Ausf. n. möglich	-34 €/m²	-34 €/m²	19 €/m²	Ausf. n. möglich	-48 €/m²	-48 €/m²	-3 €/m²

Niveau	EnEV 2014	Q _p 100 % Ü 100 % [EnEV 2016]				Q _p 85 % Ü 100 %				Q _p 75 % Ü 85 %			
Wärmeerzeuger	Wärmeluft- Erzeuger STD	Wärmeluft- Erzeuger TOP	Hellstrahler TOP	Dunkelstrahler STANDARD	Dunkelstrahler TOP	Wärmeluft- Erzeuger TOP	Hellstrahler TOP	Dunkelstrahler STANDARD	Dunkelstrahler TOP	Wärmeluft- Erzeuger TOP	Hellstrahler TOP	Dunkelstrahler STANDARD	Dunkelstrahler TOP
Fertigungshalle (dezentrale Erzeuger)	208 €/m²	-9 €/m²	-17 €/m²	-14 €/m²	-25 €/m²	-27 €/m²	-29 €/m²	-28 €/m²	-29 €/m²	-37 €/m²	-41 €/m²	-40 €/m²	-43 €/m²

k. A.	System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar
Ausf. n. möglich	Niveau kann durch System nicht erreicht werden

14.1.3 Annuitäten der betriebsgebundenen Kosten

Tabelle 14-4: Spezifische (auf die Nettogrundfläche bezogene) annualisierte betriebsgebundene Kosten der Referenzausführung nach EnEV 2014 sowie die Mehr- und Minderkosten der gebildeten Varianten die unterschiedlichen Niveaus

Niveau	EnEV 2014	Q _p 75 % Ü 80 % [EnEV 2016]				Q _p 65 % Ü 80 %				Q _p 55 % Ü 70 %			
1. Wärmeerzeuger	Gas-BW-Kessel	BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel
2. Wärmeerzeuger	-	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel
Büro klein, nicht gekühlt	10 €/m²	16 €/m²	3 €/m²	14 €/m²	2 €/m²	12 €/m²	2 €/m²	14 €/m²	2 €/m²	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	14 €/m²	2 €/m²
Büro groß, gekühlt	55 €/m²	16 €/m²	k. A.	18 €/m²	9 €/m²	Ausf. n. möglich	k. A.	25 €/m²	8 €/m²	Ausf. n. möglich	k. A.	24 €/m²	Ausf. n. möglich
Kindertagesstätte	13 €/m²	18 €/m²	3 €/m²	17 €/m²	5 €/m²	16 €/m²	3 €/m²	17 €/m²	5 €/m²	12 €/m²	2 €/m²	16 €/m²	4 €/m²
Schule	32 €/m²	15 €/m²	k. A.	13 €/m²	2 €/m²	11 €/m²	k. A.	13 €/m²	1 €/m²	10 €/m²	k. A.	12 €/m²	3 €/m²
Hotel groß, gekühlt	35 €/m²	25 €/m²	k. A.	16 €/m²	8 €/m²	Ausf. n. möglich	k. A.	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	k. A.	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich
Verbrauchermarkt	33 €/m²	8 €/m²	5 €/m²	17 €/m²	5 €/m²	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich
Verwaltungsgebäude	38 €/m²	18 €/m²	k. A.	16 €/m²	4 €/m²	17 €/m²	k. A.	20 €/m²	4 €/m²	13 €/m²	k. A.	17 €/m²	3 €/m²
Schulsporthalle	42 €/m²	16 €/m²	-5 €/m²	13 €/m²	-5 €/m²	9 €/m²	-7 €/m²	12 €/m²	-5 €/m²	3 €/m²	-8 €/m²	8 €/m²	-6 €/m²
Hochschulgebäude	40 €/m²	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet
Shopping-Mall	47 €/m²	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet

Niveau	EnEV 2014	Q _p 75 % Ü 80 % [EnEV 2016]				Q _p 65 % Ü 80 %				Q _p 55 % Ü 70 %			
1. Wärmeerzeuger	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW
2. Wärmeerzeuger	-	-	-	-	Gas-BW-Kessel	-	-	-	Gas-BW-Kessel	-	-	-	Gas-BW-Kessel
Fertigungshalle (zentrale Erzeuger)	18 €/m²	-12 €/m²	9 €/m²	5 €/m²	18 €/m²	Ausf. n. möglich	9 €/m²	5 €/m²	18 €/m²	Ausf. n. möglich	6 €/m²	2 €/m²	12 €/m²

Niveau	EnEV 2014	Q _p 100 % Ü 100 % [EnEV 2016]				Q _p 85 % Ü 100 %				Q _p 75 % Ü 85 %			
Wärmeerzeuger	Wärmeluft-Erzeuger STD	Wärmeluft-Erzeuger TOP	Hellstrahler TOP	Dunkelstrahler STANDARD	Dunkelstrahler TOP	Wärmeluft-Erzeuger TOP	Hellstrahler TOP	Dunkelstrahler STANDARD	Dunkelstrahler TOP	Wärmeluft-Erzeuger TOP	Hellstrahler TOP	Dunkelstrahler STANDARD	Dunkelstrahler TOP
Fertigungshalle (dezentrale Erzeuger)	18 €/m²	3 €/m²	-7 €/m²	-9 €/m²	-8 €/m²	3 €/m²	-7 €/m²	-9 €/m²	-8 €/m²	3 €/m²	-7 €/m²	-9 €/m²	-8 €/m²

k. A.	System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar
Ausf. n. möglich	Niveau kann durch System nicht erreicht werden

14.1.4 Annuitäten der Erträge

Tabelle 14-5: Spezifische (auf die Nettogrundfläche bezogene) annualisierte Erträge der Referenzausführung (in allen Fällen gleich Null) nach EnEV 2014 sowie die Erträge der BHKW-Varianten für die unterschiedlichen Niveaus

Niveau	EnEV 2014	Q _p 75 % Ü 80 % [EnEV 2016]				Q _p 65 % Ü 80 %				Q _p 55 % Ü 70 %			
1. Wärmeerzeuger	Gas-BW-Kessel	BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel	BHKW	WP Luft/Wasser	WP Sole/Wasser	Pelletkessel
2. Wärmeerzeuger	-	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel
Büro klein, nicht gekühlt	0 €/m²	-69 €/m²	0 €/m²	0 €/m²	0 €/m²	-50 €/m²	0 €/m²	0 €/m²	0 €/m²	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	0 €/m²	0 €/m²
Büro groß, gekühlt	0 €/m²	-81 €/m²	k. A.	0 €/m²	0 €/m²	Ausf. n. möglich	k. A.	0 €/m²	0 €/m²	Ausf. n. möglich	k. A.	0 €/m²	Ausf. n. möglich
Kindertagesstätte	0 €/m²	-55 €/m²	0 €/m²	0 €/m²	0 €/m²	-44 €/m²	0 €/m²	0 €/m²	0 €/m²	-29 €/m²	0 €/m²	0 €/m²	0 €/m²
Schule	0 €/m²	-74 €/m²	k. A.	0 €/m²	0 €/m²	-57 €/m²	k. A.	0 €/m²	0 €/m²	-44 €/m²	k. A.	0 €/m²	0 €/m²
Hotel groß, gekühlt	0 €/m²	-123 €/m²	k. A.	0 €/m²	0 €/m²	Ausf. n. möglich	k. A.	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	k. A.	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich
Verbrauchermarkt	0 €/m²	-31 €/m²	0 €/m²	0 €/m²	0 €/m²	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich
Verwaltungsgebäude	0 €/m²	-100 €/m²	k. A.	0 €/m²	0 €/m²	-83 €/m²	k. A.	0 €/m²	0 €/m²	-67 €/m²	k. A.	0 €/m²	0 €/m²
Schulsporthalle	0 €/m²	-77 €/m²	0 €/m²	0 €/m²	0 €/m²	-57 €/m²	0 €/m²	0 €/m²	0 €/m²	-37 €/m²	0 €/m²	0 €/m²	0 €/m²
Hochschulgebäude	0 €/m²	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet
Shopping-Mall	0 €/m²	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	System n. betrachtet	System n. betrachtet	System n. betrachtet

Niveau	EnEV 2014	Q _p 75 % Ü 80 % [EnEV 2016]				Q _p 65 % Ü 80 %				Q _p 55 % Ü 70 %			
1. Wärmeerzeuger	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW
2. Wärmeerzeuger	-	-	-	-	Gas-BW-Kessel	-	-	-	Gas-BW-Kessel	-	-	-	Gas-BW-Kessel
Fertigungshalle (zentrale Erzeuger)	0 €/m²	0 €/m²	0 €/m²	0 €/m²	-96 €/m²	Ausf. n. möglich	0 €/m²	0 €/m²	-96 €/m²	Ausf. n. möglich	0 €/m²	0 €/m²	-74 €/m²

Niveau	EnEV 2014	Q _p 100 % Ü 100 % [EnEV 2016]				Q _p 85 % Ü 100 %				Q _p 75 % Ü 85 %			
Wärmeerzeuger	Wärmeluft-Erzeuger STD	Wärmeluft-Erzeuger TOP	Hellstrahler TOP	Dunkelstrahler STANDARD	Dunkelstrahler TOP	Wärmeluft-Erzeuger TOP	Hellstrahler TOP	Dunkelstrahler STANDARD	Dunkelstrahler TOP	Wärmeluft-Erzeuger TOP	Hellstrahler TOP	Dunkelstrahler STANDARD	Dunkelstrahler TOP
Fertigungshalle (dezentrale Erzeuger)	0 €/m²	0 €/m²	0 €/m²	0 €/m²	0 €/m²	0 €/m²	0 €/m²	0 €/m²	0 €/m²	0 €/m²	0 €/m²	0 €/m²	0 €/m²

k. A.	System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar
Ausf. n. möglich	Niveau kann durch System nicht erreicht werden

14.2 Detaillierergebnisse zur Bilanzierung von PV-Anlagen bei Nichtwohngebäuden

14.2.1 Endenergiebedarfe und Endenergiebedarfsanteile zur Ermittlung der Anwendbarkeit der PV-Bonusregelung

Die in Tabelle 14-6 bis Tabelle 14-17 folgenden Auswertungen beinhalten die Endenergiebedarfe und Endenergiebedarfsanteile für die Bereiche Heizung, Warmwasser, Beleuchtung, Kühlung und Belüftung. Varianten, bei denen nach obiger Erläuterung die PV-Bonusregelung anzuwenden wäre, sind in diesen Tabellen gekennzeichnet durch einen roten Zellhintergrund in der Spalte des anteiligen Endenergiebedarfs für Heizung. Fälle, für welche nach obigen Ausführungen die § 5-Regelung der EnEV anzuwenden ist, sind durch blauen Zellhintergrund kenntlich gemacht.

Tabelle 14-6: Endenergiebedarfe und Endenergiebedarfsanteile, Referenzausführung EnEV 2014 und Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Büro klein

Büro klein	Endenergie Heizung [kWh/a]	Endenergie Warmwasser [kWh/a]	Endenergie Beleuchtung [kWh/a]	Endenergie Kühlung [kWh/a]	Endenergie Belüftung [kWh/a]	Endenergie Heizung [%]	Endenergie Warmwasser [%]	Endenergie Beleuchtung [%]	Endenergie Kühlung [%]	Endenergie Belüftung [%]
Referenz EnEV 2014	177.220		29.938		898	85,2%		14,4%		0,4%
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	165.697		29.938		673	84,4%		15,3%		0,3%
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	101.783		29.938		673	76,9%		22,6%		0,5%
QP75 Ü80 WP Sole	35.041		29.938		673	53,4%		45,6%		1,0%
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	184.300		29.938		673	85,8%		13,9%		0,3%

Tabelle 14-7: Endenergiebedarfe und Endenergiebedarfsanteile, Referenzausführung EnEV 2014 und Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Büro groß

Büro groß	Endenergie Heizung [kWh/a]	Endenergie Warmwasser [kWh/a]	Endenergie Beleuchtung [kWh/a]	Endenergie Kühlung [kWh/a]	Endenergie Belüftung [kWh/a]	Endenergie Heizung [%]	Endenergie Warmwasser [%]	Endenergie Beleuchtung [%]	Endenergie Kühlung [%]	Endenergie Belüftung [%]
Referenz EnEV 2014	534.288		88.435	71.798	79.353	69,0%		11,4%	9,3%	10,3%
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	426.303		88.435	87.097	79.070	62,6%		13,0%	12,8%	11,6%
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	232.369		88.435	92.076	70.874	48,0%		18,3%	19,0%	14,7%
QP75 Ü80 WP Sole	140.085		88.435	14.394	70.874	44,6%		28,2%	4,6%	22,6%
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	559.141		88.435	69.915	68.220	71,2%		11,3%	8,9%	8,7%

Tabelle 14-8: Endenergiebedarfe und Endenergiebedarfsanteile, Referenzausführung EnEV 2014 und Varianten zum Niveau QP75 Ü80, KiTa

KiTa	Endenergie Heizung [kWh/a]	Endenergie Warmwasser [kWh/a]	Endenergie Beleuchtung [kWh/a]	Endenergie Kühlung [kWh/a]	Endenergie Belüftung [kWh/a]	Endenergie Heizung [%]	Endenergie Warmwasser [%]	Endenergie Beleuchtung [%]	Endenergie Kühlung [%]	Endenergie Belüftung [%]
Referenz EnEV 2014	122.952		7.422		1.700	93,1%		5,6%		1,3%
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	117.389		7.422		1.700	92,8%		5,9%		1,3%
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	70.011		7.422		1.700	88,5%		9,4%		2,1%
QP75 Ü80 WP Sole	21.032		7.422		1.700	69,7%		24,6%		5,6%
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	125.962		7.422		1.700	93,2%		5,5%		1,3%

Tabelle 14-9: Endenergiebedarfe und Endenergiebedarfsanteile, Referenzausführung EnEV 2014 und Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Schule

Schule	Endenergie Heizung [kWh/a]	Endenergie Warmwasser [kWh/a]	Endenergie Beleuchtung [kWh/a]	Endenergie Kühlung [kWh/a]	Endenergie Belüftung [kWh/a]	Endenergie Heizung [%]	Endenergie Warmwasser [%]	Endenergie Beleuchtung [%]	Endenergie Kühlung [%]	Endenergie Belüftung [%]
Referenz EnEV 2014	603.401		57.756		67.731	82,8%		7,9%		9,3%
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	638.422		57.756		67.731	83,6%		7,6%		8,9%
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	365.565		57.756		67.731	74,4%		11,8%		13,8%
QP75 Ü80 WP Sole	117.292		57.756		67.731	48,3%		23,8%		27,9%
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	685.036		57.756		67.731	84,5%		7,1%		8,4%

Tabelle 14-10: Endenergiebedarfe und Endenergiebedarfsanteile, Referenzausführung EnEV 2014 und Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Hotel

Hotel	Endenergie Heizung [kWh/a]	Endenergie Warmwasser [kWh/a]	Endenergie Beleuchtung [kWh/a]	Endenergie Kühlung [kWh/a]	Endenergie Belüftung [kWh/a]	Endenergie Heizung [%]	Endenergie Warmwasser [%]	Endenergie Beleuchtung [%]	Endenergie Kühlung [%]	Endenergie Belüftung [%]
Referenz EnEV 2014	791.522	282.473	83.924	84.257	46.900	61,4%	21,9%	6,5%	6,5%	3,6%
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	707.042	282.473	83.924	78.725	36.053	59,5%	23,8%	7,1%	6,6%	3,0%
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	412.288	282.474	83.924	80.379	36.053	46,1%	31,6%	9,4%	9,0%	4,0%
QP75 Ü80 WP Sole / GasBW	389.042	282.474	83.924	80.379	36.053	44,6%	32,4%	9,6%	9,2%	4,1%
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	801.840	282.474	83.924	92.436	36.053	61,8%	21,8%	6,5%	7,1%	2,8%

Tabelle 14-11: Endenergiebedarfe und Endenergiebedarfsanteile, Referenzausführung EnEV 2014 und Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Verbrauchermarkt

Verbrauchermarkt	Endenergie Heizung [kWh/a]	Endenergie Warmwasser [kWh/a]	Endenergie Beleuchtung [kWh/a]	Endenergie Kühlung [kWh/a]	Endenergie Belüftung [kWh/a]	Endenergie Heizung [%]	Endenergie Warmwasser [%]	Endenergie Beleuchtung [%]	Endenergie Kühlung [%]	Endenergie Belüftung [%]
Referenz EnEV 2014	108.710		44.645	14.619	28.782	55,3%		22,7%	7,4%	14,6%
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	71.562		44.645	16.344	22.450	46,2%		28,8%	10,5%	14,5%
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	41.724		44.645	16.818	22.450	33,2%		35,5%	13,4%	17,9%
QP75 Ü80 WP Sole	29.331		44.645	14.370	22.450	26,5%		40,3%	13,0%	20,3%
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	94.506		44.645	15.915	22.450	53,2%		25,1%	9,0%	12,6%

Tabelle 14-12: Endenergiebedarfe und Endenergiebedarfsanteile, Referenzausführung EnEV 2014 und Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Fertigungshalle (zentral)

Fertigungshalle (zentral)	Endenergie Heizung [kWh/a]	Endenergie Warmwasser [kWh/a]	Endenergie Beleuchtung [kWh/a]	Endenergie Kühlung [kWh/a]	Endenergie Belüftung [kWh/a]	Endenergie Heizung [%]	Endenergie Warmwasser [%]	Endenergie Beleuchtung [%]	Endenergie Kühlung [%]	Endenergie Belüftung [%]
Referenz EnEV 2014	193.317		39.619			83,0%		17,0%		
QP75 Ü80 GasBW + LH	125.897		39.619			76,1%		23,9%		
QP75 Ü80 Pellet + DSP	186.995		39.619			82,5%		17,5%		
QP75 Ü80 WP Sole + LH	40.977		39.619			50,8%		49,2%		
QP75 Ü80 BHKW / GasBW + DSP	162.997		39.619			80,4%		19,6%		

Tabelle 14-13: Endenergiebedarfe und Endenergiebedarfsanteile, Referenzausführung EnEV 2014 und Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Fertigungshalle (dezentral)

Fertigungshalle (dezentral)	Endenergie Heizung [kWh/a]	Endenergie Warmwasser [kWh/a]	Endenergie Beleuchtung [kWh/a]	Endenergie Kühlung [kWh/a]	Endenergie Belüftung [kWh/a]	Endenergie Heizung [%]	Endenergie Warmwasser [%]	Endenergie Beleuchtung [%]	Endenergie Kühlung [%]	Endenergie Belüftung [%]
Referenz EnEV 2014	193.317		39.619			83,0%		17,0%		
QP100 Ü100 WLE opt. TOP	190.702		35.666			84,2%		15,8%		
QP100 Ü100 Hellstrahler TOP	184.654		35.666			83,8%		16,2%		
QP100 Ü100 Dunkelstrahler STD	189.437		35.666			84,2%		15,8%		
QP100 Ü100 Dunkelstrahler TOP	169.401		35.666			82,6%		17,4%		

Tabelle 14-14: Endenergiebedarfe und Endenergiebedarfsanteile, Referenzausführung EnEV 2014 und Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Verwaltungsgebäude

Verwaltungsgebäude	Endenergie Heizung [kWh/a]	Endenergie Warmwasser [kWh/a]	Endenergie Beleuchtung [kWh/a]	Endenergie Kühlung [kWh/a]	Endenergie Belüftung [kWh/a]	Endenergie Heizung [%]	Endenergie Warmwasser [%]	Endenergie Beleuchtung [%]	Endenergie Kühlung [%]	Endenergie Belüftung [%]
Referenz EnEV 2014	534.562		88.435		79.353	76,1%		12,6%		11,3%
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	530.482		88.435		79.070	76,0%		12,7%		11,3%
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	282.277		88.435		79.070	62,8%		19,7%		17,6%
QP75 Ü80 WP Sole	150.643		88.435		79.070	47,3%		27,8%		24,9%
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	608.954		88.435		68.220	79,5%		11,6%		8,9%

Tabelle 14-15: Endenergiebedarfe und Endenergiebedarfsanteile, Referenzausführung EnEV 2014 und Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Sporthalle

Schulsporthalle	Endenergie Heizung [kWh/a]	Endenergie Warmwasser [kWh/a]	Endenergie Beleuchtung [kWh/a]	Endenergie Kühlung [kWh/a]	Endenergie Belüftung [kWh/a]	Endenergie Heizung [%]	Endenergie Warmwasser [%]	Endenergie Beleuchtung [%]	Endenergie Kühlung [%]	Endenergie Belüftung [%]
Referenz EnEV 2014	167.389		17.429		12.545	84,8%		8,8%		6,4%
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	161.505		17.428		9.812	85,6%		9,2%		5,2%
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	93.858		17.429		9.812	77,5%		14,4%		8,1%
QP75 Ü80 WP Sole	51.100		17.429		9.812	65,2%		22,2%		12,5%
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	179.699		17.429		9.812	86,8%		8,4%		4,7%

Tabelle 14-16: Endenergiebedarfe und Endenergiebedarfsanteile, Referenzausführung EnEV 2014 und Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Hochschulgebäude

Hochschulgebäude	Endenergie Heizung [kWh/a]	Endenergie Warmwasser [kWh/a]	Endenergie Beleuchtung [kWh/a]	Endenergie Kühlung [kWh/a]	Endenergie Belüftung [kWh/a]	Endenergie Heizung [%]	Endenergie Warmwasser [%]	Endenergie Beleuchtung [%]	Endenergie Kühlung [%]	Endenergie Belüftung [%]
Referenz EnEV 2014	243.581	16.826	86.705	124.329	77.041	44,4%	3,1%	15,8%	22,7%	14,0%
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	153.444	16.779	86.705	125.239	60.707	34,6%	3,8%	19,6%	28,3%	13,7%
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW										
QP75 Ü80 WP Sole										
QP75 Ü80 Pellet / GasBW										

Tabelle 14-17: Endenergiebedarfe und Endenergiebedarfsanteile, Referenzausführung EnEV 2014 und Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Shopping-Mall

Shopping Mall	Endenergie Heizung [kWh/a]	Endenergie Warmwasser [kWh/a]	Endenergie Beleuchtung [kWh/a]	Endenergie Kühlung [kWh/a]	Endenergie Belüftung [kWh/a]	Endenergie Heizung [%]	Endenergie Warmwasser [%]	Endenergie Beleuchtung [%]	Endenergie Kühlung [%]	Endenergie Belüftung [%]
Referenz EnEV 2014	1.536.727	804.560	1.010.057	454.129	755.430	33,7%	17,6%	22,1%	10,0%	16,6%
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	1.203.373	804.560	1.010.057	510.679	589.235	29,2%	19,5%	24,5%	12,4%	14,3%
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW										
QP75 Ü80 WP Sole										
QP75 Ü80 Pellet / GasBW										

14.2.2 Anwendung der PV-Bonusregelung für eine Ausführung mit 0,03 kWp/m²A_{NGF}

Tabelle 14-18: Anwendung der PV-Bonusregelung auf Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Büro klein

Büro klein	Endenergie Heizung	Primärenergie gesamt	PV-Anlage bei 0,03 kW _p /m ² A _{NGF}	PV-Bonus ohne Speicher (150+0,7*Q _e)	max. PV-Bonus ohne Speicher (20 % * 0,75*Q _{p,Ref})	PV-Bonus mit Speicher (200+1,0*Q _e)	max. PV-Bonus mit Speicher (25 % * 0,75*Q _{p,Ref})
	[%]	[kWh/a]	[kWp]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Referenz EnEV 2014	85,2%	233.410	50,3	29.128	35.012	40.893	43.764
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	84,4%	175.079	50,3	28.971	35.012	40.669	43.764
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	76,9%	174.890	50,3	28.971	35.012	40.669	43.764
QP75 Ü80 WP Sole	53,4%	119.665	50,3	28.971	35.012	40.669	43.764
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	85,8%	162.899	50,3	28.971	35.012	40.669	43.764

Tabelle 14-19: Anwendung der PV-Bonusregelung auf Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Büro groß

Büro groß	Endenergie Heizung	Primärenergie gesamt	PV-Anlage bei 0,03 kW _p /m ² A _{NGF}	PV-Bonus ohne Speicher (150+0,7*Q _e)	max. PV-Bonus ohne Speicher (20 % * 0,75*Q _{p,Ref})	PV-Bonus mit Speicher (200+1,0*Q _e)	max. PV-Bonus mit Speicher (25 % * 0,75*Q _{p,Ref})
	[%]	[kWh/a]	[kWp]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Referenz EnEV 2014	69,0%	965.429	178,4	194.477	144.814	275.275	181.018
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	62,6%	723.517	178,4	204.989	144.814	290.292	181.018
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	48,0%	726.697	178,4				
QP75 Ü80 WP Sole	44,6%	568.001	178,4				
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	71,2%	724.004	178,4	185.366	144.814	262.259	181.018

Tabelle 14-20: Anwendung der PV-Bonusregelung auf Varianten zum Niveau QP75 Ü80, KiTa

KiTa	Endenergie Heizung	Primärenergie gesamt	PV-Anlage bei 0,03 kW _p /m ² A _{NGF}	PV-Bonus ohne Speicher (150+0,7*Q _e)	max. PV-Bonus ohne Speicher (20 % * 0,75*Q _{p,Ref})	PV-Bonus mit Speicher (200+1,0*Q _e)	max. PV-Bonus mit Speicher (25 % * 0,75*Q _{p,Ref})
	[%]	[kWh/a]	[kWp]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Referenz EnEV 2014	93,1%	140.215	28,8	10.708	21.032	14.886	26.290
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	92,8%	101.420	28,8	10.708	21.032	14.886	26.290
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	88,5%	99.207	28,8	10.708	21.032	14.886	26.290
QP75 Ü80 WP Sole	69,7%	56.117	28,8	10.708	21.032	14.886	26.290
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	93,2%	88.122	28,8	10.708	21.032	14.886	26.290

Tabelle 14-21: Anwendung der PV-Bonusregelung auf Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Schule

Schule	Endenergie Heizung	Primärenergie gesamt	PV-Anlage bei 0,03 kW _p /m ² A _{NGF}	PV-Bonus ohne Speicher (150+0,7*Q _e)	max. PV-Bonus ohne Speicher (20 % * 0,75*Q _{p,Ref})	PV-Bonus mit Speicher (200+1,0*Q _e)	max. PV-Bonus mit Speicher (25 % * 0,75*Q _{p,Ref})
	[%]	[kWh/a]	[kWp]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Referenz EnEV 2014	82,8%	831.512	313,1	134.799	124.727	188.098	155.909
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	83,6%	613.595	313,1	134.799	124.727	188.098	155.909
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	74,4%	624.236	313,1	134.799	124.727	188.098	155.909
QP75 Ü80 WP Sole	48,3%	443.340	313,1				
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	84,5%	618.803	313,1	134.799	124.727	188.098	155.909

Tabelle 14-22: Anwendung der PV-Bonusregelung auf Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Hotel

Hotel	Endenergie Heizung	Primärenergie gesamt	PV-Anlage bei 0,03 kW _p /m ² A _{NGF}	PV-Bonus ohne Speicher (150+0,7*Q _e)	max. PV-Bonus ohne Speicher (20 % * 0,75*Q _{p,Ref})	PV-Bonus mit Speicher (200+1,0*Q _e)	max. PV-Bonus mit Speicher (25 % * 0,75*Q _{p,Ref})
	[%]	[kWh/a]	[kWp]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Referenz EnEV 2014	61,4%	1.471.788	259,1	387.150	220.768	549.370	275.960
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	59,5%	1.102.980	259,1	375.685	220.768	532.991	275.960
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	46,1%	1.151.108	259,1				
QP75 Ü80 WP Sole / GasBW	44,6%	1.109.364	259,1				
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	61,8%	1.103.814	259,1	385.283	220.768	546.704	275.960

Tabelle 14-23: Anwendung der PV-Bonusregelung auf Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Verbrauchermarkt

Verbrauchermarkt	Endenergie Heizung	Primärenergie gesamt	PV-Anlage bei 0,03 kW _p /m ² A _{NGF}	PV-Bonus ohne Speicher (150+0,7*Q _e)	max. PV-Bonus ohne Speicher (20 % * 0,75*Q _{p,Ref})	PV-Bonus mit Speicher (200+1,0*Q _e)	max. PV-Bonus mit Speicher (25 % * 0,75*Q _{p,Ref})
	[%]	[kWh/a]	[kWp]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Referenz EnEV 2014	55,3%	268.126	67,3	71.725	40.219	101.502	50.274
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	46,2%	200.533	67,3				
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	33,2%	201.769	67,3				
QP75 Ü80 WP Sole	26,5%	200.842	67,3				
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	53,2%	200.971	67,3	68.200	40.219	96.467	50.274

Tabelle 14-24: Anwendung der PV-Bonusregelung auf Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Fertigungshalle (zentral)

Fertigungshalle (zentral)	Endenergie Heizung [%]	Primärenergie gesamt [kWh/a]	PV-Anlage bei 0,03 kW _p /m ² A _{NGF} [kWp]	PV-Bonus ohne Speicher (150+0,7*Q _e) [kWh/a]	max. PV-Bonus ohne Speicher (20 % * 0,75*Q _{p,Ref}) [kWh/a]	PV-Bonus mit Speicher (200+1,0*Q _e) [kWh/a]	max. PV-Bonus mit Speicher (25 % * 0,75*Q _{p,Ref}) [kWh/a]
Referenz EnEV 2014	83,0%	266.907	69,0	38.083	40.036	53.419	50.045
QP75 Ü80 GasBW + LH	76,1%	198.014	69,0	38.083	40.036	53.419	50.045
QP75 Ü80 Pellet + DSP	82,5%	107.360	69,0	38.083	40.036	53.419	50.045
QP75 Ü80 WP Sole + LH	50,8%	151.480	69,0	38.083	40.036	53.419	50.045
QP75 Ü80 BHKW / GasBW + DSP	80,4%	157.084	69,0	38.083	40.036	53.419	50.045

Tabelle 14-25: Anwendung der PV-Bonusregelung auf Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Fertigungshalle (dezentral)

Fertigungshalle (dezentral)	Endenergie Heizung [%]	Primärenergie gesamt [kWh/a]	PV-Anlage bei 0,03 kW _p /m ² A _{NGF} [kWp]	PV-Bonus ohne Speicher (150+0,7*Q _e) [kWh/a]	max. PV-Bonus ohne Speicher (20 % * 0,75*Q _{p,Ref}) [kWh/a]	PV-Bonus mit Speicher (200+1,0*Q _e) [kWh/a]	max. PV-Bonus mit Speicher (25 % * 0,75*Q _{p,Ref}) [kWh/a]
Referenz EnEV 2014	83,0%	266.907	69,0	38.083	40.036	53.419	50.045
QP100 Ü100 WLE opt. TOP	84,2%	258.213	69,0	35.316	40.036	49.466	50.045
QP100 Ü100 Hellstrahler TOP	83,8%	247.937	69,0	35.316	40.036	49.466	50.045
QP100 Ü100 Dunkelstrahler STD	84,2%	253.125	69,0	35.316	40.036	49.466	50.045
QP100 Ü100 Dunkelstrahler TOP	82,6%	233.269	69,0	35.316	40.036	49.466	50.045

Tabelle 14-26: Anwendung der PV-Bonusregelung auf Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Verwaltungsgebäude

Verwaltungsgebäude	Endenergie Heizung [%]	Primärenergie gesamt [kWh/a]	PV-Anlage bei 0,03 kW _p /m ² A _{NGF} [kWp]	PV-Bonus ohne Speicher (150+0,7*Q _e) [kWh/a]	max. PV-Bonus ohne Speicher (20 % * 0,75*Q _{p,Ref}) [kWh/a]	PV-Bonus mit Speicher (200+1,0*Q _e) [kWh/a]	max. PV-Bonus mit Speicher (25 % * 0,75*Q _{p,Ref}) [kWh/a]
Referenz EnEV 2014	76,1%	836.466	178,4	144.219	125.470	203.477	156.837
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	76,0%	627.342	178,4	144.021	125.470	203.195	156.837
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	62,8%	621.767	178,4	144.021	125.470	203.195	156.837
QP75 Ü80 WP Sole	47,3%	576.013	178,4				
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	79,5%	627.155	178,4	136.426	125.470	192.344	156.837

Tabelle 14-27: Anwendung der PV-Bonusregelung auf Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Sporthalle

Schulsportthalle	Endenergie Heizung [%]	Primärenergie gesamt [kWh/a]	PV-Anlage bei 0,03 kW _p /m ² A _{NGF} [kWp]	PV-Bonus ohne Speicher (150+0,7*Q _e) [kWh/a]	max. PV-Bonus ohne Speicher (20 % * 0,75*Q _{p,Ref}) [kWh/a]	PV-Bonus mit Speicher (200+1,0*Q _e) [kWh/a]	max. PV-Bonus mit Speicher (25 % * 0,75*Q _{p,Ref}) [kWh/a]
Referenz EnEV 2014	84,8%	222.193	34,4	26.145	33.329	36.858	41.661
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	85,6%	166.394	34,4	24.232	33.329	34.125	41.661
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	77,5%	166.377	34,4	24.232	33.329	34.126	41.661
QP75 Ü80 WP Sole	65,2%	148.255	34,4	24.232	33.329	34.126	41.661
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	86,8%	154.132	34,4	24.232	33.329	34.126	41.661

Tabelle 14-28: Anwendung der PV-Bonusregelung auf Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Hochschulgebäude

Hochschulgebäude	Endenergie Heizung [%]	Primärenergie gesamt [kWh/a]	PV-Anlage bei 0,03 kW _p /m ² A _{NGF} [kWp]	PV-Bonus ohne Speicher (150+0,7*Q _e) [kWh/a]	max. PV-Bonus ohne Speicher (20 % * 0,75*Q _{p,Ref}) [kWh/a]	PV-Bonus mit Speicher (200+1,0*Q _e) [kWh/a]	max. PV-Bonus mit Speicher (25 % * 0,75*Q _{p,Ref}) [kWh/a]
Referenz EnEV 2014	44,4%	794.769	199,7				
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	34,6%	630.077	199,7				
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW							
QP75 Ü80 WP Sole							
QP75 Ü80 Pellet / GasBW							

Tabelle 14-29: Anwendung der PV-Bonusregelung auf Varianten zum Niveau QP75 Ü80, Shopping-Mall

Shopping Mall	Endenergie Heizung [%]	Primärenergie gesamt [kWh/a]	PV-Anlage bei 0,03 kW _p /m ² A _{NGF} [kWp]	PV-Bonus ohne Speicher (150+0,7*Q _e) [kWh/a]	max. PV-Bonus ohne Speicher (20 % * 0,75*Q _{p,Ref}) [kWh/a]	PV-Bonus mit Speicher (200+1,0*Q _e) [kWh/a]	max. PV-Bonus mit Speicher (25 % * 0,75*Q _{p,Ref}) [kWh/a]
Referenz EnEV 2014	33,7%	6.978.525	1.425,0				
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	29,2%	5.873.015	1.425,0				
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW							
QP75 Ü80 WP Sole							
QP75 Ü80 Pellet / GasBW							

15 Anhang C – Ergebnisse der Kostenoptimalitätsbetrachtungen

15.1 Wohngebäude

Tabelle 15-1: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das kleine Einfamilienhaus mit Keller

Einfamilienhaus klein, mit Keller	Primär- energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive	
		Preissteigerungsszenarien	
		Angaben in Differenz des spezifischen Kapitalwertes zum minQp75 HT100 (EnEV 2016) [€/m² _{An}]	
		Bundesregierung	EU
Bezug (Referenz 2014, GasBW)	79,3	7	54
Qp75 HT100 GasBW	59,4	7	40
Qp75 HT100 WP Luft	48,0	10	13
Qp75 HT100 WP Sole	38,0	0	0
Qp75 HT100 Pellet	22,8	151	181
QP65 HT90 GasBW	51,3	80	108
QP65 HT90 WP Luft	45,1	-7	-6
QP65 HT90 WP Sole	35,5	-16	-17
QP65 HT90 Pellet	20,6	140	167
QP60 HT85 GasBW	47,6	82	107
QP60 HT85 WP Luft	43,6	-8	-7
QP60 HT85 WP Sole	34,5	-14	-16
QP60 HT85 Pellet	20,1	142	169
QP55 HT85 GasBW	43,5	82	104
QP55 HT85 WP Luft	43,6	-13	-12
QP55 HT85 WP Sole	34,5	-19	-21
QP55 HT85 Pellet	20,1	138	165
QP55 HT70 GasBW	43,5	82	104
QP55 HT70 WP Luft	39,3	-18	-18
QP55 HT70 WP Sole	36,7	4	3
QP55 HT70 Pellet	18,5	145	168

Tabelle 15-2: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das kleine Einfamilienhaus ohne Keller

Einfamilienhaus klein, ohne Keller	Primär- energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive	
		Preissteigerungsszenarien	
		Angaben in Differenz des spezifischen Kapitalwertes zum minQp75 HT100 (EnEV 2016) [€/m² _{an}]	
		Bundesregierung	EU
Bezug (Referenz 2014, GasBW)	95,6	40	96
Qp75 HT100 GasBW	71,6	45	85
Qp75 HT100 WP Luft	56,9	0	0
Qp75 HT100 WP Sole	47,4	11	9
Qp75 HT100 Pellet	28,8	299	338
QP65 HT90 GasBW	62,1	105	138
QP65 HT90 WP Luft	55,1	-7	-7
QP65 HT90 WP Sole	46,1	8	4
QP65 HT90 Pellet	28,2	297	335
QP60 HT85 GasBW	57,4	104	134
QP60 HT85 WP Luft	53,3	-10	-11
QP60 HT85 WP Sole	44,6	7	4
QP60 HT85 Pellet	27,3	297	333
QP55 HT85 GasBW	52,3	121	147
QP55 HT85 WP Luft	52,4	-10	-12
QP55 HT85 WP Sole	45,0	12	9
QP55 HT85 Pellet	27,3	298	334
QP55 HT70 GasBW	52,3	121	148
QP55 HT70 WP Luft	47,4	-23	-26
QP55 HT70 WP Sole	40,5	8	3
QP55 HT70 Pellet	25,1	301	333

Tabelle 15-3: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das große Einfamilienhaus

Einfamilienhaus groß, mit Keller	Primär- energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive	
		Preissteigerungsszenarien	
		Angaben in Differenz des spezifischen Kapitalwertes zum minQp75 HT100 (EnEV 2016) [€/m² _{an}]	
		Bundesregierung	EU
Bezug (Referenz 2014, GasBW)	71,0	9	50
Qp75 HT100 GasBW	53,3	7	36
Qp75 HT100 WP Luft	41,8	16	18
Qp75 HT100 WP Sole	34,7	0	0
Qp75 HT100 Pellet	18,7	74	100
QP65 HT90 GasBW	46,2	86	110
QP65 HT90 WP Luft	40,8	13	15
QP65 HT90 WP Sole	33,8	-2	-2
QP65 HT90 Pellet	18,1	72	97
QP60 HT85 GasBW	42,5	88	109
QP60 HT85 WP Luft	39,1	11	12
QP60 HT85 WP Sole	32,8	-1	-2
QP60 HT85 Pellet	17,6	73	97
QP55 HT85 GasBW	39,1	86	105
QP55 HT85 WP Luft	39,1	11	12
QP55 HT85 WP Sole	32,8	-1	-2
QP55 HT85 Pellet	17,6	73	97
QP55 HT70 GasBW	39,1	86	105
QP55 HT70 WP Luft	35,6	2	2
QP55 HT70 WP Sole	29,9	-6	-8
QP55 HT70 Pellet	16,2	72	93

Tabelle 15-4: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für die Doppelhaushälfte

Doppelhaushälfte Süd, ohne Keller	Primär- energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive	
		Preissteigerungsszenarien Angaben in Differenz des spezifischen Kapitalwertes zum minQp75 HT100 (EnEV 2016) [€/m² _{An}]	
		Bundesregierung	EU
Bezug (Referenz 2014, GasBW)	83,3	55	105
Qp75 HT100 GasBW	62,4	67	103
Qp75 HT100 WP Luft	50,3	0	0
Qp75 HT100 WP Sole	42,7	25	23
Qp75 HT100 Pellet	26,3	321	357
QP65 HT90 GasBW	54,0	150	180
QP65 HT90 WP Luft	48,8	-4	-4
QP65 HT90 WP Sole	41,4	23	21
QP65 HT90 Pellet	25,8	322	357
QP60 HT85 GasBW	50,0	170	198
QP60 HT85 WP Luft	47,0	-13	-14
QP60 HT85 WP Sole	40,1	18	15
QP60 HT85 Pellet	25,2	319	353
QP55 HT85 GasBW	45,8	160	184
QP55 HT85 WP Luft	45,8	-17	-19
QP55 HT85 WP Sole	40,1	18	15
QP55 HT85 Pellet	25,2	319	353
QP55 HT70 GasBW	45,8	160	184
QP55 HT70 WP Luft	42,2	-12	-14
QP55 HT70 WP Sole	36,5	27	23
QP55 HT70 Pellet	23,5	337	367

Tabelle 15-5: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das Reihenmittelhaus

Reihenmittelhaus, mit Keller	Primär- energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive	
		Preissteigerungsszenarien Angaben in Differenz des spezifischen Kapitalwertes zum minQp75 HT100 (EnEV 2016) [€/m² _{An}]	
		Bundesregierung	EU
Bezug (Referenz 2014, GasBW)	55,8	18	50
Qp75 HT100 GasBW	41,9	29	51
Qp75 HT100 WP Luft	35,5	0	0
Qp75 HT100 WP Sole	30,3	6	4
Qp75 HT100 Pellet	16,9	149	171
QP65 HT90 GasBW	36,0	103	121
QP65 HT90 WP Luft	33,0	-9	-9
QP65 HT90 WP Sole	29,8	5	3
QP65 HT90 Pellet	16,5	147	168
QP60 HT85 GasBW	33,5	102	119
QP60 HT85 WP Luft	32,3	-9	-10
QP60 HT85 WP Sole	29,2	5	3
QP60 HT85 Pellet	16,3	148	169
QP55 HT85 GasBW	30,7	113	128
QP55 HT85 WP Luft	30,7	-15	-16
QP55 HT85 WP Sole	29,2	5	3
QP55 HT85 Pellet	16,3	148	169
QP55 HT70 GasBW	30,7	113	128
QP55 HT70 WP Luft	30,2	-9	-11
QP55 HT70 WP Sole	27,5	8	6
QP55 HT70 Pellet	15,5	156	175

Tabelle 15-6: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das kleine Mehrfamilienhaus

Mehrfamilienhaus klein, ohne Keller	Primär- energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive	
		Preissteigerungsszenarien Angaben in Differenz des spezifischen Kapitalwertes zum minQp75 HT100 (EnEV 2016) [€/m² _{An}]	
		Bundesregierung	EU
Bezug (Referenz 2014, GasBW)	68,8	-2	37
Qp75 HT100 GasBW	51,6	11	39
Qp75 HT100 WP Luft	41,9	25	27
Qp75 HT100 WP Sole	33,2	0	0
Qp75 HT100 Pellet	20,7	75	107
QP65 HT90 GasBW	44,7	65	88
QP65 HT90 WP Luft	40,4	21	22
QP65 HT90 WP Sole	32,1	-3	-3
QP65 HT90 Pellet	20,1	74	105
QP60 HT85 GasBW	41,2	72	92
QP60 HT85 WP Luft	38,9	19	21
QP60 HT85 WP Sole	31,1	-2	-3
QP60 HT85 Pellet	19,6	76	106
QP55 HT85 GasBW	37,7	63	81
QP55 HT85 WP Luft	37,8	14	15
QP55 HT85 WP Sole	31,1	-2	-3
QP55 HT85 Pellet	19,5	76	105
QP55 HT70 GasBW	37,2	69	87
QP55 HT70 WP Luft	34,5	13	13
QP55 HT70 WP Sole	27,9	-3	-5
QP55 HT70 Pellet	17,7	78	103

Tabelle 15-7: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das große Mehrfamilienhaus

Mehrfamilienhaus groß, ohne Keller	Primär- energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive	
		Preissteigerungsszenarien Angaben in Differenz des spezifischen Kapitalwertes zum minQp75 HT100 (EnEV 2016) [€/m² _{An}]	
		Bundesregierung	EU
Bezug (Referenz 2014, GasBW)	59,8	-17	12
Qp75 HT100 GasBW	44,8	6	27
Qp75 HT100 WP Luft		+	+
Qp75 HT100 WP Sole	31,0	0	0
Qp75 HT100 Pellet	15,2	7	26
QP65 HT90 GasBW	38,9	63	80
QP65 HT90 WP Luft		+	+
QP65 HT90 WP Sole	30,2	-1	-2
QP65 HT90 Pellet	14,8	5	23
QP60 HT85 GasBW	35,9	65	80
QP60 HT85 WP Luft		+	+
QP60 HT85 WP Sole	29,3	-1	-2
QP60 HT85 Pellet	14,3	4	22
QP55 HT85 GasBW	32,9	65	78
QP55 HT85 WP Luft		+	+
QP55 HT85 WP Sole	29,3	-1	-2
QP55 HT85 Pellet	14,3	4	22
QP55 HT70 GasBW	32,2	67	79
QP55 HT70 WP Luft		+	+
QP55 HT70 WP Sole	26,9	-2	-3
QP55 HT70 Pellet	13,0	2	17

15.2 Nichtwohngebäude

Tabelle 15-8: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das kleine Büro

Büro klein	Primär- energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive	
		Preissteigerungsszenarien	
		Angaben in Differenz des spezifischen Kapitalwertes zum minQp75 HT100 (EnEV 2016) [€/m² _{An}]	
		Bundesregierung	EU
Bezug (Referenz 2014, GasBW)	139,2	35	36
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	104,4	0	0
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	104,3	35	28
QP75 Ü80 WP Sole	71,4	40	25
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	97,2	46	45
QP65 Ü80 BHKW / GasBW	90,5	39	35
QP65 Ü80 WP Luft / GasBW	90,5	56	47
QP65 Ü80 WP Sole	71,4	40	25
QP65 Ü80 Pellet / GasBW	90,5	52	49
QP55 Ü70 BHKW / GasBW	86,0	55	50
QP55 Ü70 WP Luft / GasBW	84,5	70	60
QP55 Ü70 WP Sole	70,1	39	24
QP55 Ü70 Pellet / GasBW	78,0	84	77

Tabelle 15-9: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das große Büro

Büro groß	Primär- energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive	
		Preissteigerungsszenarien	
		Angaben in Differenz des spezifischen Kapitalwertes zum minQp75 HT100 (EnEV 2016) [€/m² _{An}]	
		Bundesregierung	EU
Bezug (Referenz 2014, GasBW)	162,3	19	24
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	121,6	0	2
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	122,2	-	-
QP75 Ü80 WP Sole	95,5	10	0
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	121,7	36	37
QP65 Ü80 BHKW / GasBW	111,8	66	65
QP65 Ü80 WP Luft / GasBW	122,2	-	-
QP65 Ü80 WP Sole	94,7	62	53
QP65 Ü80 Pellet / GasBW	107,3	111	108
QP55 Ü70 BHKW / GasBW	111,8	66	65
QP55 Ü70 WP Luft / GasBW	122,2	-	-
QP55 Ü70 WP Sole	89,3	64	54
QP55 Ü70 Pellet / GasBW	107,3	111	108

Tabelle 15-10: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für die KiTa

KiTa	Primär- energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive	
		Preissteigerungsszenarien Angaben in Differenz des spezifischen Kapitalwertes zum minQp75 HT100 (EnEV 2016) [€/m² _{An}]	
		Bundesregierung	EU
Bezug (Referenz 2014, GasBW)	146,0	21	34
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	105,6	0	11
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	103,3	11	13
QP75 Ü80 WP Sole	58,4	8	0
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	91,7	34	43
QP65 Ü80 BHKW / GasBW	94,8	4	13
QP65 Ü80 WP Luft / GasBW	94,8	7	9
QP65 Ü80 WP Sole	58,4	8	0
QP65 Ü80 Pellet / GasBW	91,7	34	43
QP55 Ü70 BHKW / GasBW	80,2	51	55
QP55 Ü70 WP Luft / GasBW	80,2	37	36
QP55 Ü70 WP Sole	57,0	6	-3
QP55 Ü70 Pellet / GasBW	80,3	40	45

Tabelle 15-11: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für die Schule

Schule	Primär- energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive	
		Preissteigerungsszenarien Angaben in Differenz des spezifischen Kapitalwertes zum minQp75 HT100 (EnEV 2016) [€/m² _{An}]	
		Bundesregierung	EU
Bezug (Referenz 2014, GasBW)	79,7	48	47
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	58,8	0	0
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	59,8	-	-
QP75 Ü80 WP Sole	42,5	58	59
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	59,3	58	56
QP65 Ü80 BHKW / GasBW	51,8	15	13
QP65 Ü80 WP Luft / GasBW	51,8	-	-
QP65 Ü80 WP Sole	42,5	68	59
QP65 Ü80 Pellet / GasBW	51,8	59	56
QP55 Ü70 BHKW / GasBW	43,8	50	45
QP55 Ü70 WP Luft / GasBW	44,0	-	-
QP55 Ü70 WP Sole	41,3	67	58
QP55 Ü70 Pellet / GasBW	43,8	82	77

Tabelle 15-12: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das Hotel

Hotel	Primär- energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive	
		Preissteigerungsszenarien Angaben in Differenz des spezifischen Kapitalwertes zum minQp75 HT100 (EnEV 2016) [€/m² _{An}]	
		Bundesregierung	EU
Bezug (Referenz 2014, GasBW)	170,4	63	65
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	127,7	0	0
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	133,3	-	-
QP75 Ü80 WP Sole / GasBW	128,5	172	172
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	127,8	157	162
QP65 Ü80 BHKW / GasBW	123,0	31	25
QP65 Ü80 WP Luft / GasBW	133,3	-	-
QP65 Ü80 WP Sole / GasBW	128,5	172	172
QP65 Ü80 Pellet / GasBW	122,5	161	165
QP55 Ü70 BHKW / GasBW	123,0	31	25
QP55 Ü70 WP Luft / GasBW	133,3	-	-
QP55 Ü70 WP Sole / GasBW	128,5	172	172
QP55 Ü70 Pellet / GasBW	122,5	161	165

Tabelle 15-13: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für den Verbrauchermarkt

Verbrauchermarkt	Primär- energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive	
		Preissteigerungsszenarien Angaben in Differenz des spezifischen Kapitalwertes zum minQp75 HT100 (EnEV 2016) [€/m² _{An}]	
		Bundesregierung	EU
Bezug (Referenz 2014, GasBW)	119,5	-19	-15
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	89,4	0	0
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	90,0	40	37
QP75 Ü80 WP Sole	89,5	18	14
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	89,6	16	16
QP65 Ü80 BHKW / GasBW	87,7	21	20
QP65 Ü80 WP Luft / GasBW	90,0	40	37
QP65 Ü80 WP Sole	80,2	58	52
QP65 Ü80 Pellet / GasBW	86,1	43	43
QP55 Ü70 BHKW / GasBW	87,7	21	20
QP55 Ü70 WP Luft / GasBW	90,0	40	37
QP55 Ü70 WP Sole	80,2	58	52
QP55 Ü70 Pellet / GasBW	86,1	43	43

Tabelle 15-14: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für die Fertigungshalle (zentral)

Fertigungshalle (zentral)	Primär- energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive	
		Preissteigerungsszenarien	
		Angaben in Differenz des spezifischen Kapitalwertes zum minQp75 HT100 (EnEV 2016) [€/m² _{An}]	
		Bundesregierung	EU
Bezug (Referenz 2014, GasBW)	116,0	53	59
QP75 Ü80 GasBW + LH	86,1	0	0
QP75 Ü80 Pellet + DSP	46,7	91	90
QP75 Ü80 WP Sole + LH	65,9	61	55
QP75 Ü80 BHKW / GasBW + DSP	68,3	9	17
QP65 Ü80 GasBW + LH	78,3	14	12
QP65 Ü80 Pellet + DSP	46,7	91	90
QP65 Ü80 WP Sole + LH	65,9	61	55
QP65 Ü80 BHKW / GasBW + DSP	68,3	9	17
QP55 Ü70 GasBW + LH	0,0	-	-
QP55 Ü70 Pellet + DSP	44,1	80	77
QP55 Ü70 WP Sole + LH	59,8	54	47
QP55 Ü70 BHKW / GasBW + DSP	61,8	-	-

Tabelle 15-15: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für die Fertigungshalle (dezentral)

Fertigungshalle (dezentral)	Primär- energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive	
		Preissteigerungsszenarien	
		Angaben in Differenz des spezifischen Kapitalwertes zum minQp75 HT100 (EnEV 2016) [€/m² _{An}]	
		Bundesregierung	EU
Bezug (Referenz 2014, WLE Standard)	116,0	46	48
QP100 Ü100 WLE opt. TOP	112,3	32	34
QP100 Ü100 Hellstrahler TOP	107,8	11	12
QP100 Ü100 Dunkelstrahler STD	110,1	8	9
QP100 Ü100 Dunkelstrahler TOP	101,4	0	0
QP85 Ü100 WLE opt. TOP	94,4	22	21
QP85 Ü100 Hellstrahler TOP	95,1	4	2
QP85 Ü100 Dunkelstrahler STD	95,4	-1	-2
QP85 Ü100 Dunkelstrahler TOP	94,2	-2	-3
QP75 Ü85 WLE opt. TOP	87,0	19	16
QP75 Ü85 Hellstrahler TOP	85,8	1	-2
QP75 Ü85 Dunkelstrahler STD	86,3	-2	-5
QP75 Ü85 Dunkelstrahler TOP	84,1	-5	-9

Tabelle 15-16: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das Verwaltungsgebäude

Verwaltungsgebäude	Primär- energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive	
		Preissteigerungsszenarien Angaben in Differenz des spezifischen Kapitalwertes zum minQp75 HT100 (EnEV 2016) [€/m² _{An}]	
		Bundesregierung	EU
Bezug (Referenz 2014, GasBW)	140,6	99	99
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	105,5	0	0
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	104,5	-	-
QP75 Ü80 WP Sole	96,8	122	112
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	105,4	92	91
QP65 Ü80 BHKW / GasBW	91,3	62	58
QP65 Ü80 WP Luft / GasBW	94,3	-	-
QP65 Ü80 WP Sole	91,4	131	119
QP65 Ü80 Pellet / GasBW	91,4	127	122
QP55 Ü70 BHKW / GasBW	83,7	104	98
QP55 Ü70 WP Luft / GasBW	94,3	-	-
QP55 Ü70 WP Sole	77,3	179	165
QP55 Ü70 Pellet / GasBW	77,6	192	183

Tabelle 15-17: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für die Schulsporthalle

Schulsporthalle	Primär- energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive	
		Preissteigerungsszenarien Angaben in Differenz des spezifischen Kapitalwertes zum minQp75 HT100 (EnEV 2016) [€/m² _{An}]	
		Bundesregierung	EU
Bezug (Referenz 2014, GasBW)	193,6	52	54
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	145,0	0	0
QP75 Ü80 WP Luft / GasBW	145,0	42	32
QP75 Ü80 WP Sole	129,2	106	89
QP75 Ü80 Pellet / GasBW	134,3	49	46
QP65 Ü80 BHKW / GasBW	125,8	2	-3
QP65 Ü80 WP Luft / GasBW	125,4	38	24
QP65 Ü80 WP Sole	124,7	103	86
QP65 Ü80 Pellet / GasBW	125,8	45	41

Tabelle 15-18: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das Hochschulgebäude

Hochschulgebäude	Primär- energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive	
		Preissteigerungsszenarien Angaben in Differenz des spezifischen Kapitalwertes zum minQp75 HT100 (EnEV 2016) [€/m² _{An}]	
		Bundesregierung	EU
Bezug (Referenz 2014, GasBW)	119,4	-30	-27
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	94,7	0	0

Tabelle 15-19: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für die Shopping-Mall

Shopping-Mall	Primär- energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive	
		Preissteigerungsszenarien Angaben in Differenz des spezifischen Kapitalwertes zum minQp75 HT100 (EnEV 2016) [€/m² _{An}]	
		Bundesregierung	EU
Bezug (Referenz 2014, GasBW)	146,9	-15	-13
QP75 Ü80 BHKW / GasBW	123,6	0	0

16 Anhang D – Detailergebnisse zur Entwicklung baubarer Referenzausführungen für Wohngebäude

16.1 Bauliche Qualitäten, die für unterschiedliche anlagentechnische Konzepte und Fensterausführungen gebäudeweise zur Erfüllung des Anforderungsniveaus der EnEV 2014 ab 1.1.2016 führen

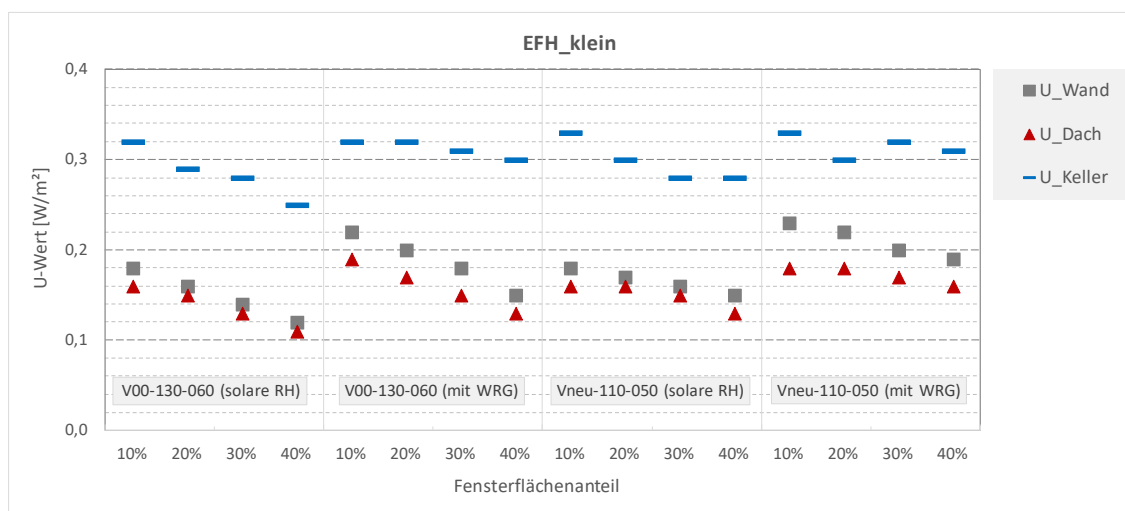


Bild 16-1: U-Werte der Erfüllungsoptionen für das Niveau QP75 HT100 für das EFH klein

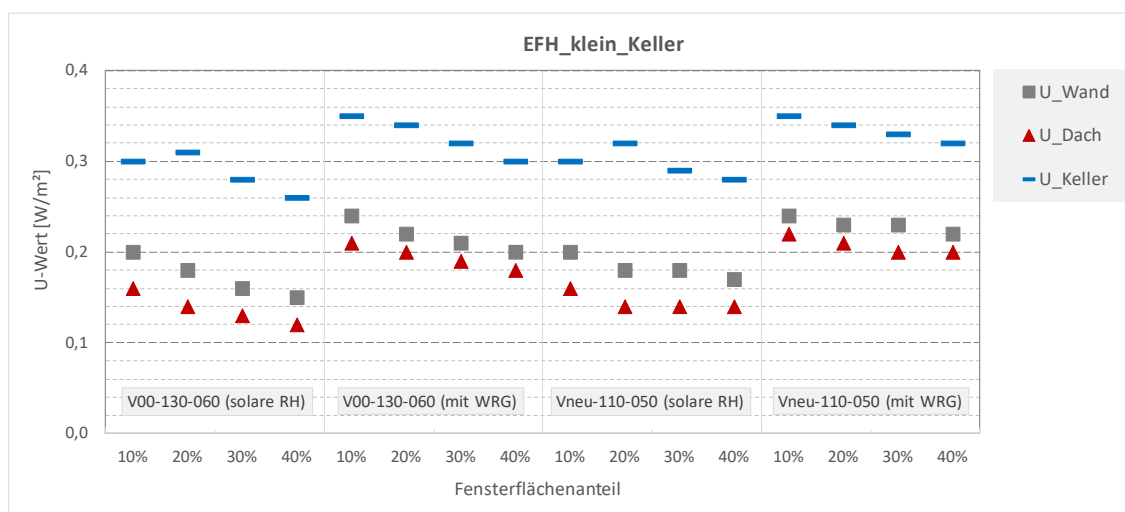


Bild 16-2: U-Werte der Erfüllungsoptionen für das Niveau QP75 HT100 für das EFH klein mit Keller

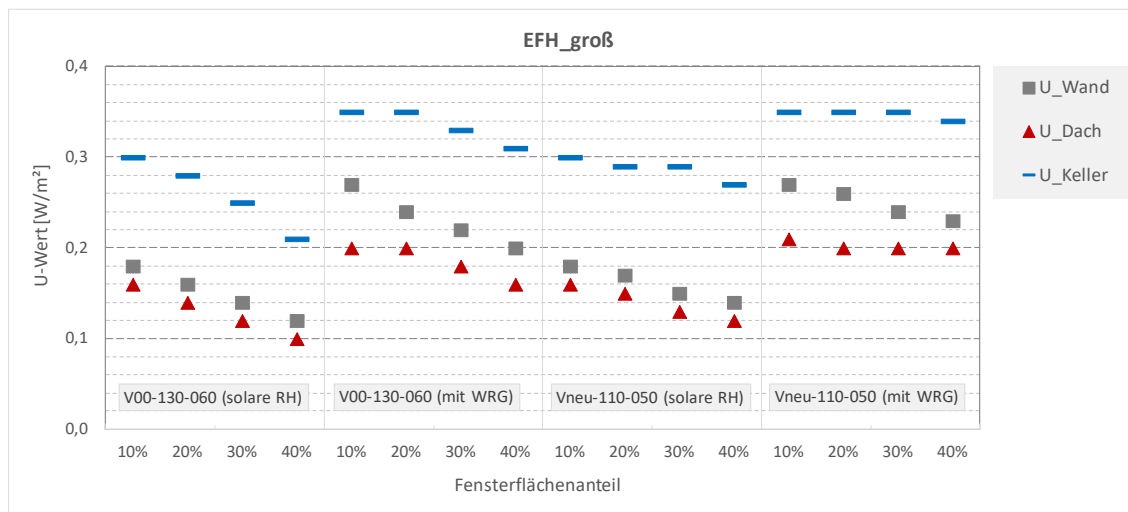


Bild 16-3: U-Werte der Erfüllungsoptionen für das Niveau QP75 HT100 für das EFH groß

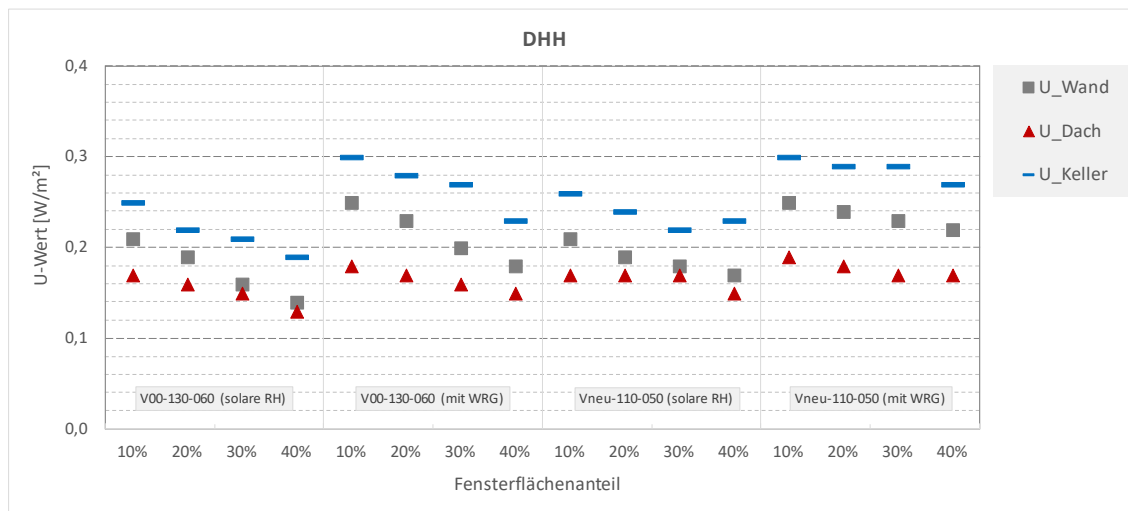


Bild 16-4: U-Werte der Erfüllungsoptionen für das Niveau QP75 HT100 für die DHH

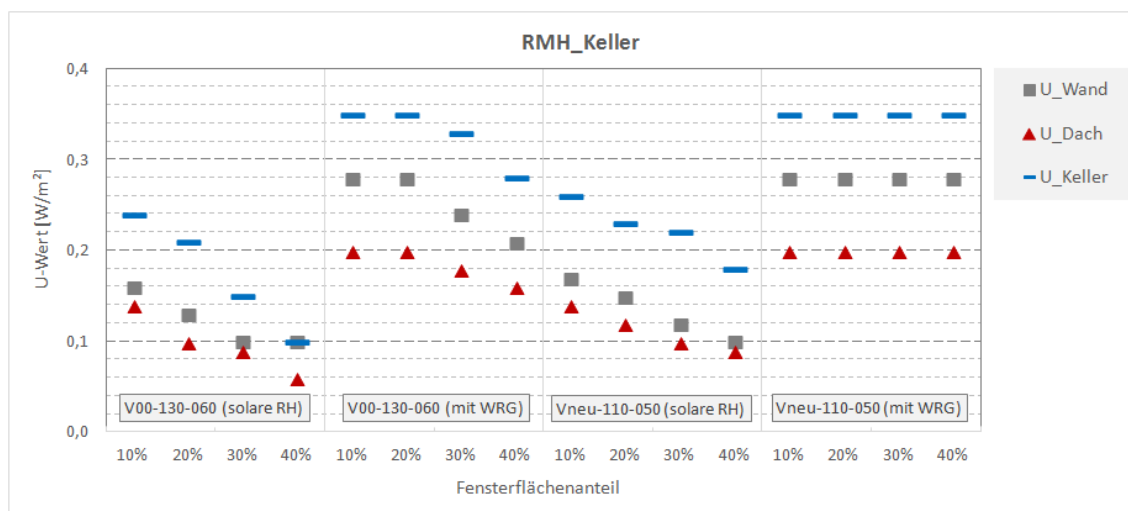


Bild 16-5: U-Werte der Erfüllungsoptionen für das Niveau QP75 HT100 für das RMH

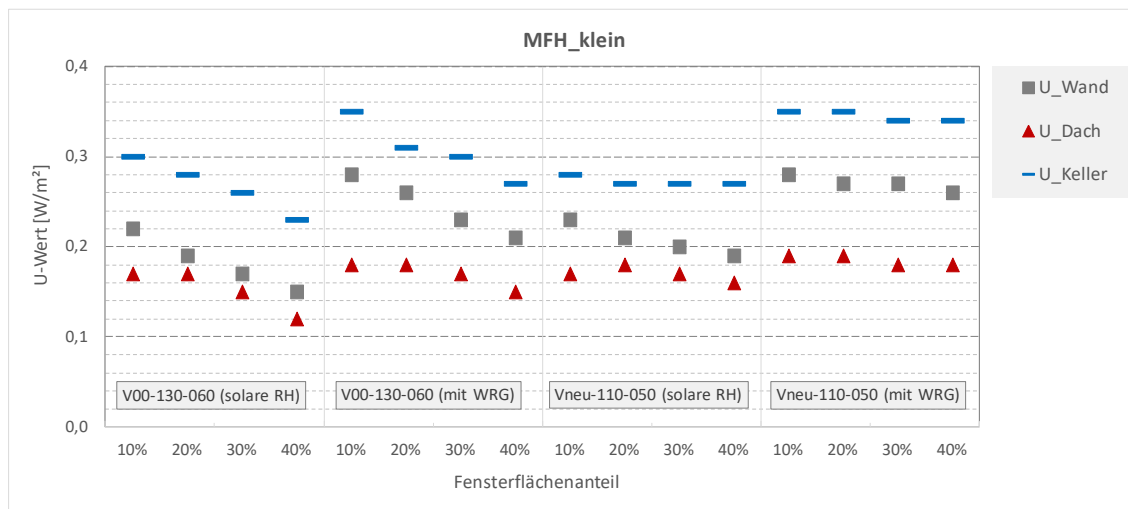


Bild 16-6: U-Werte der Erfüllungsoptionen für das Niveau QP75 HT100 für das MFH klein

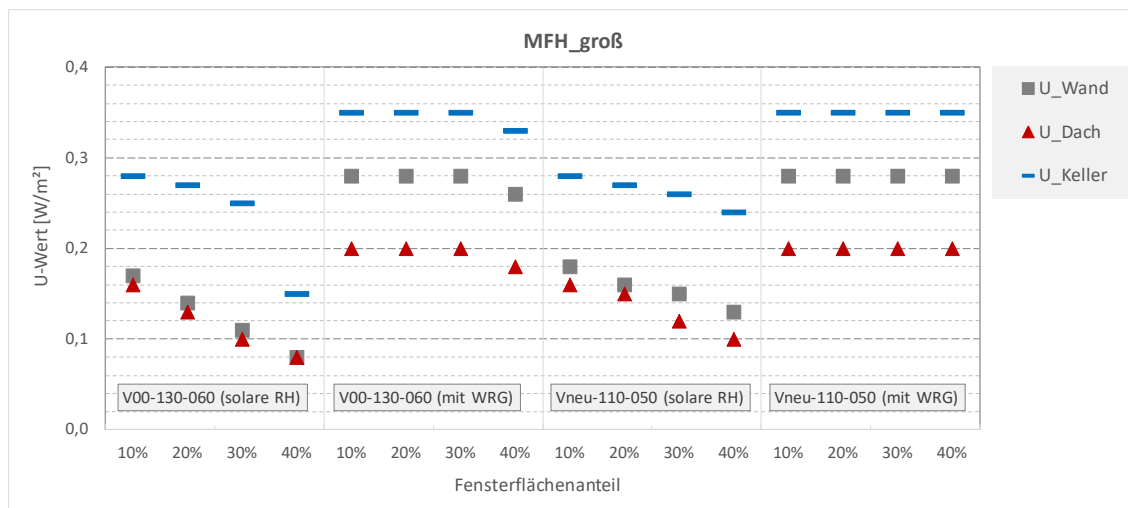


Bild 16-7: U-Werte der Erfüllungsoptionen für das Niveau QP75 HT100 für das MFH groß

16.2 Primärenergiebedarfe und Kennwerte der Gebäudehülle

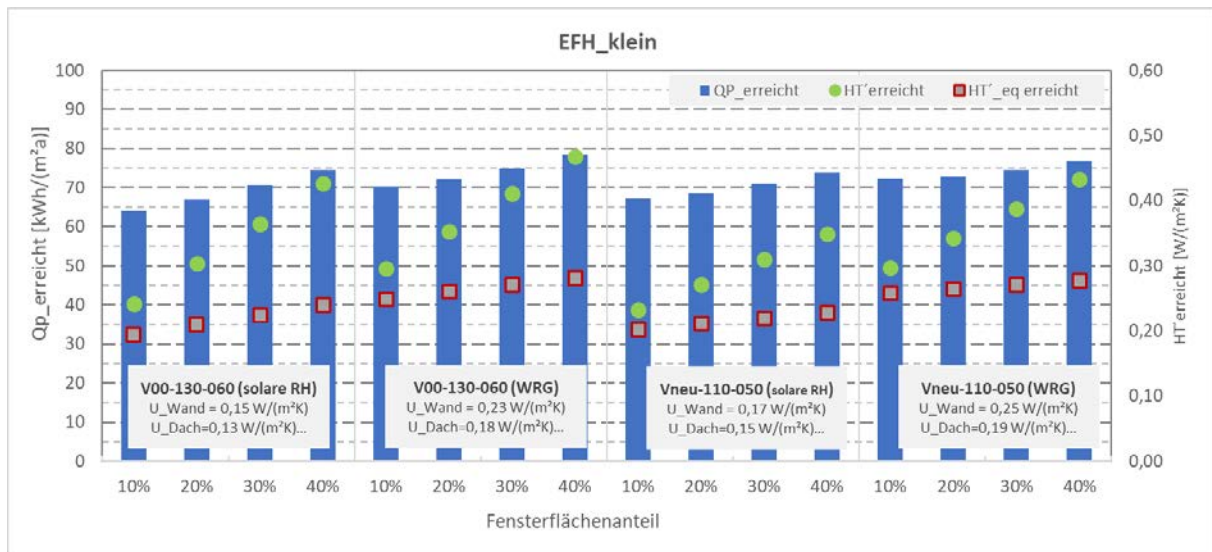


Bild 16-8: Bilanzierung der Varianten mit den festgelegten mittleren U-Werten – Auswertungen von Primärenergiebedarf Q_p , spezifischem Transmissionswärmeverlust HT' und spezifischem äquivalenten Transmissionswärmeverlust HT'_{eq} für das EFH klein

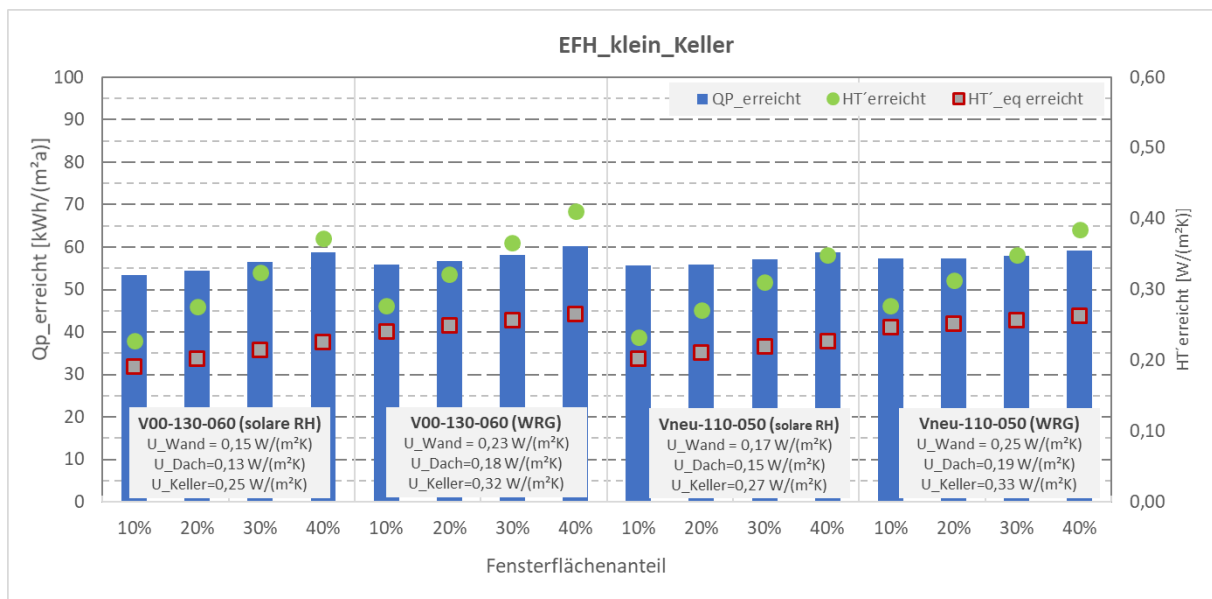


Bild 16-9: Bilanzierung der Varianten mit den festgelegten mittleren U-Werten – Auswertungen von Primärenergiebedarf Q_p , spezifischem Transmissionswärmeverlust HT' und spezifischem äquivalenten Transmissionswärmeverlust HT'_{eq} für das EFH klein mit Keller

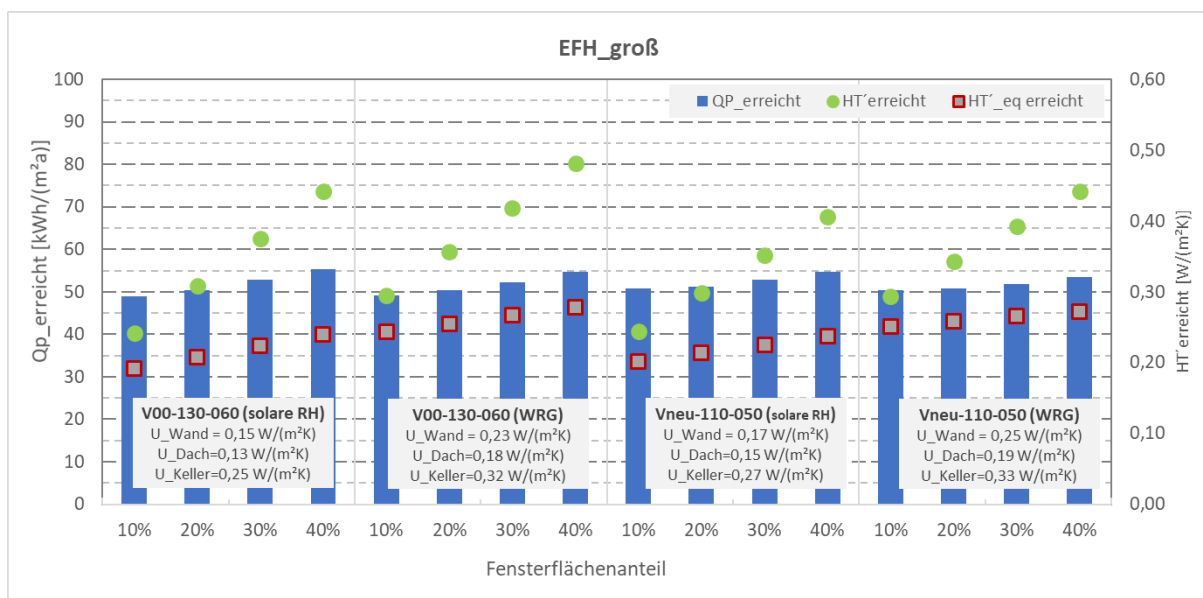


Bild 16-10: Bilanzierung der Varianten mit den festgelegten mittleren U-Werten – Auswertungen von Primärenergiebedarf Qp, spezifischem Transmissionswärmeverlust HT' und spezifischem äquivalenten Transmissionswärmeverlust HT'_eq für das EFH groß

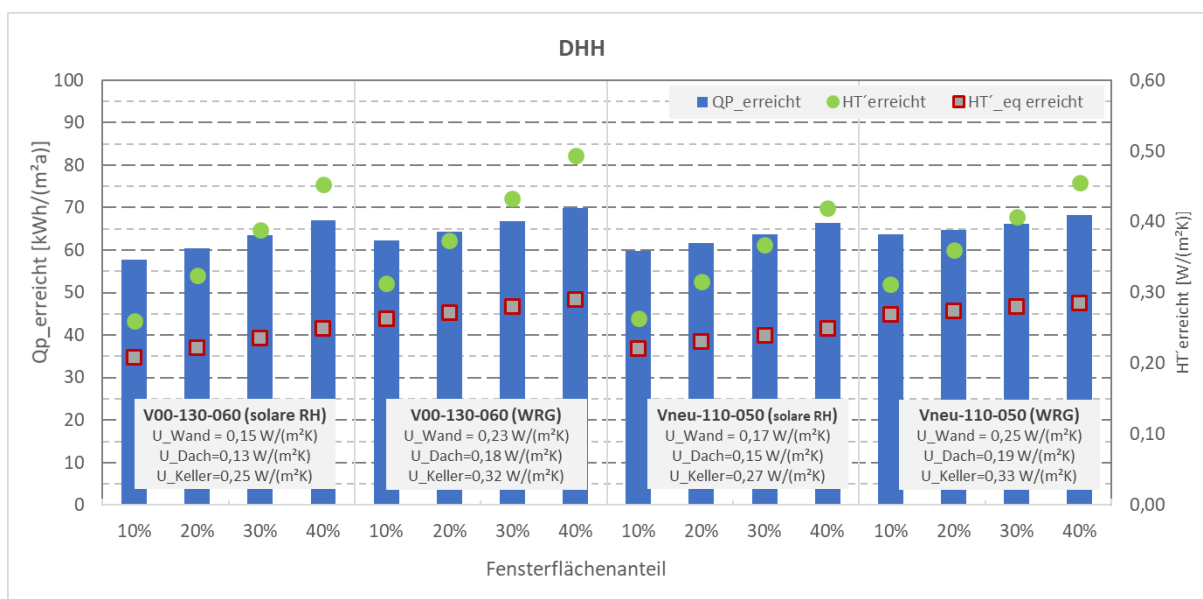


Bild 16-11: Bilanzierung der Varianten mit den festgelegten mittleren U-Werten – Auswertungen von Primärenergiebedarf Qp, spezifischem Transmissionswärmeverlust HT' und spezifischem äquivalenten Transmissionswärmeverlust HT'_eq für die DHH

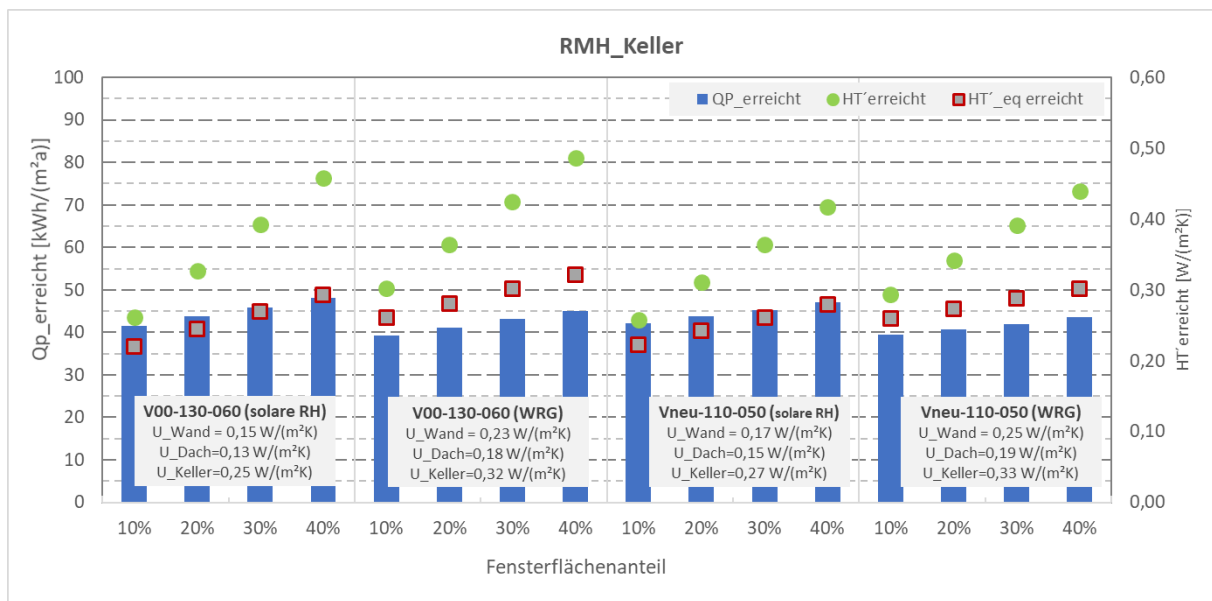


Bild 16-12: Bilanzierung der Varianten mit den festgelegten mittleren U-Werten – Auswertungen von Primär-energiebedarf Qp, spezifischem Transmissionswärmeverlust HT' und spezifischem äquivalenten Transmissionswärmeverlust HT'_eq für das RMH

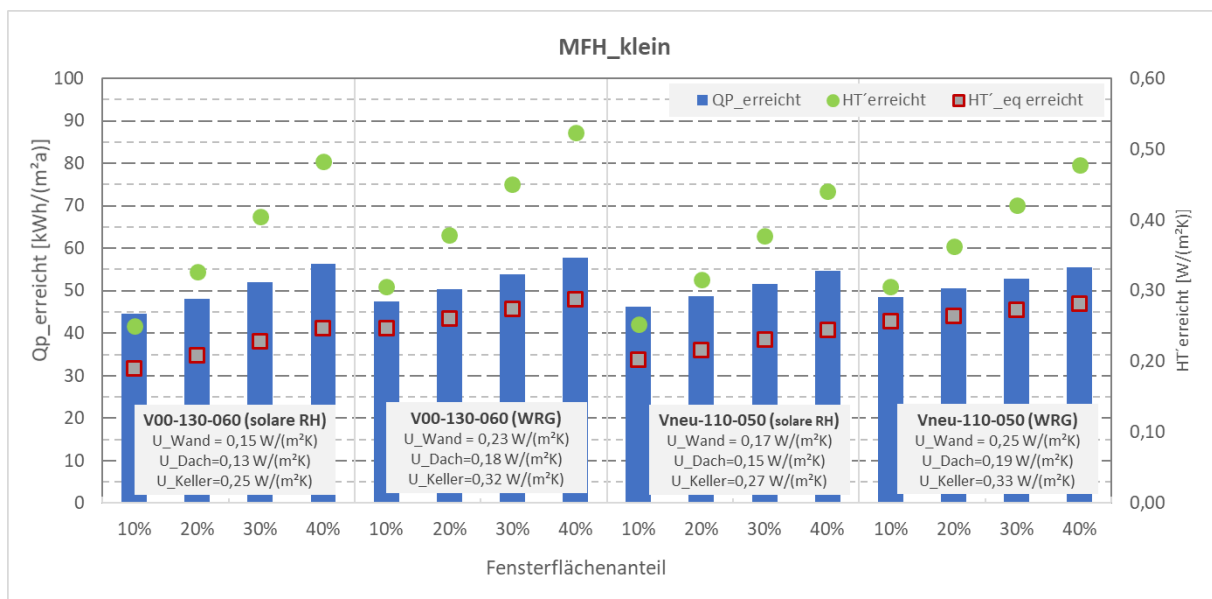


Bild 16-13: Bilanzierung der Varianten mit den festgelegten mittleren U-Werten – Auswertungen von Primär-energiebedarf Qp, spezifischem Transmissionswärmeverlust HT' und spezifischem äquivalenten Transmissionswärmeverlust HT'_eq für das MFH klein

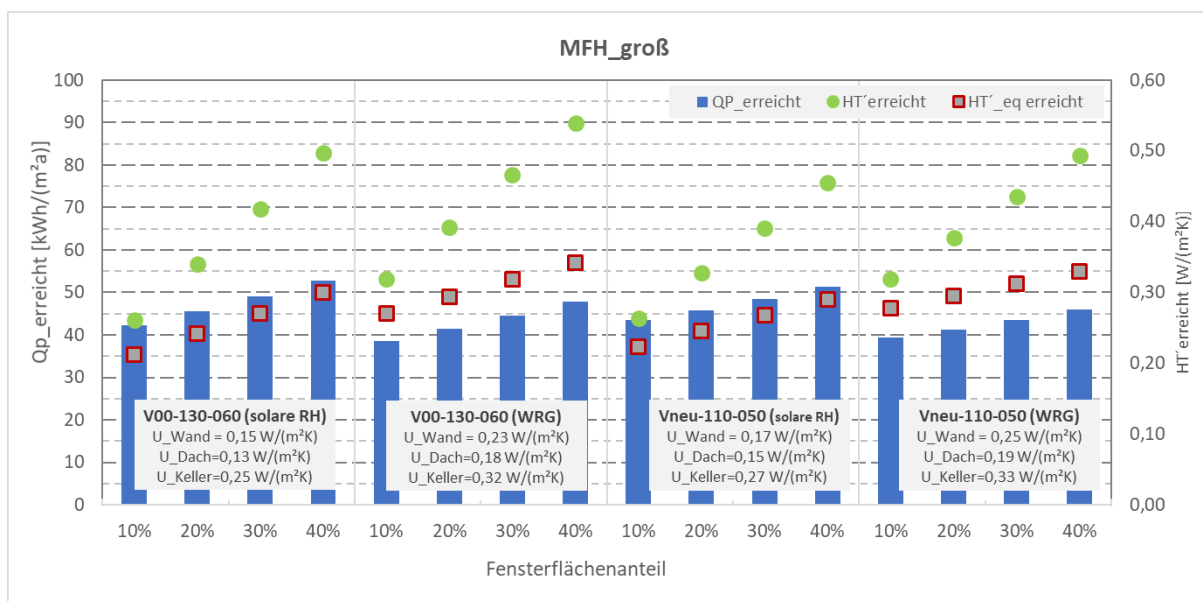


Bild 16-14: Bilanzierung der Varianten mit den festgelegten mittleren U-Werten – Auswertungen von Primärenergiebedarf Q_p , spezifischem Transmissionswärmeverlust HT' und spezifischem äquivalenten Transmissionswärmeverlust HT'_{eq} für das MFH groß

16.3 Erfüllungsgrade bezüglich der Bedarfswerte der Referenzausführung nach EnEV 2014

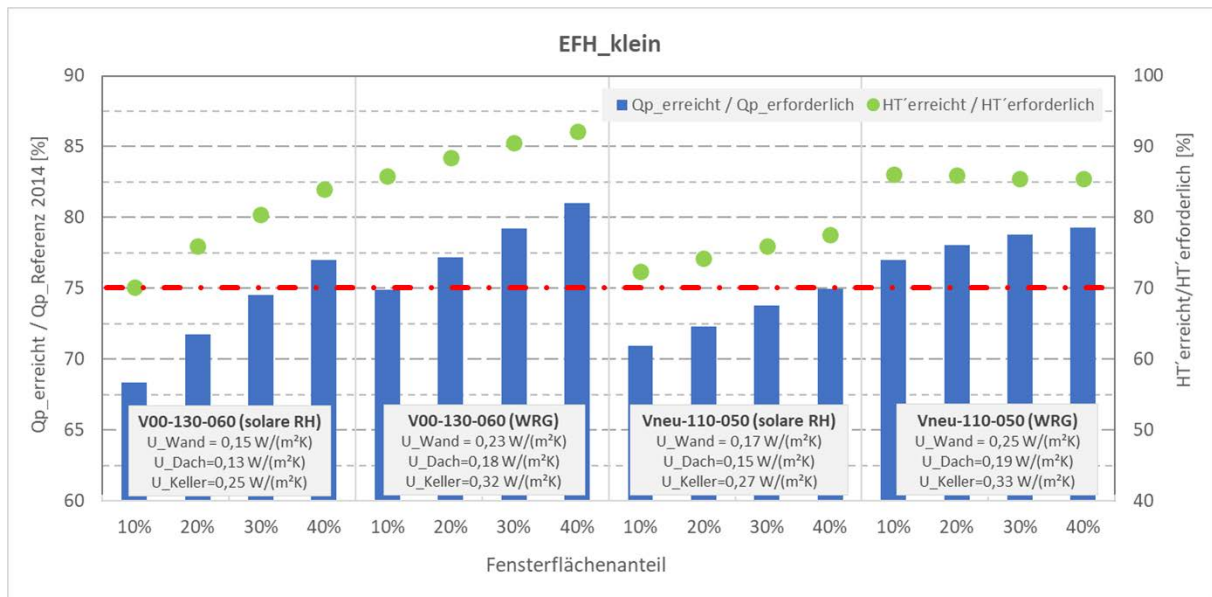


Bild 16-15: Erfüllungsgrade Primärenergie und Transmissionswärmeverlust bezogen auf die Referenzausführung EnEV 2014 für das EFH klein

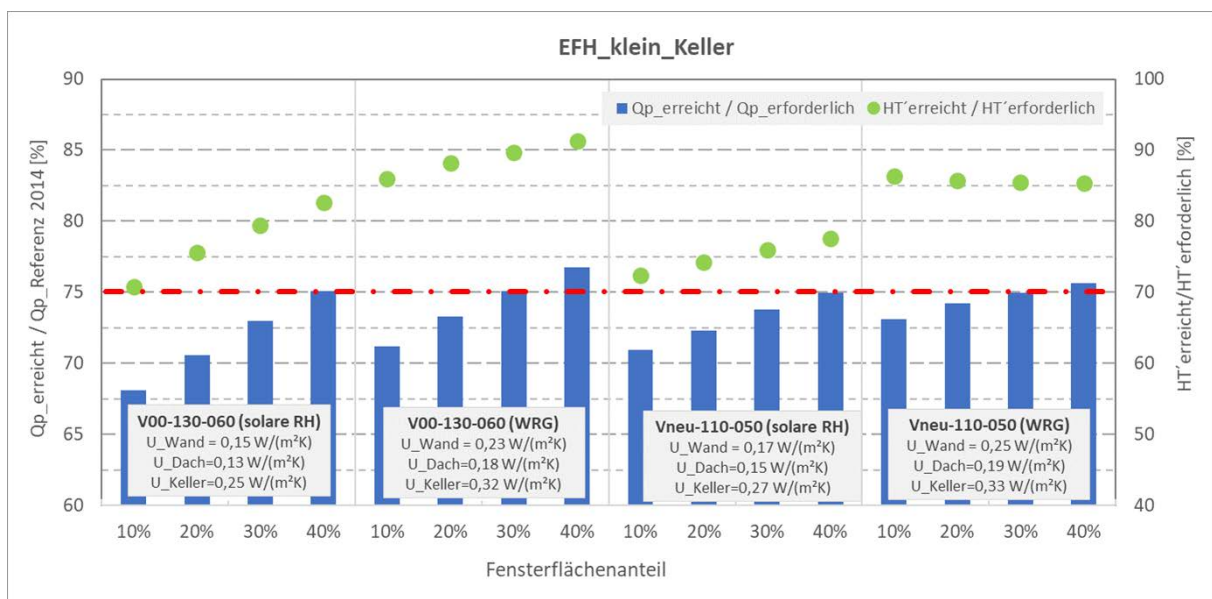


Bild 16-16: Erfüllungsgrade Primärenergie und Transmissionswärmeverlust bezogen auf die Referenzausführung EnEV 2014 für das EFH klein mit Keller

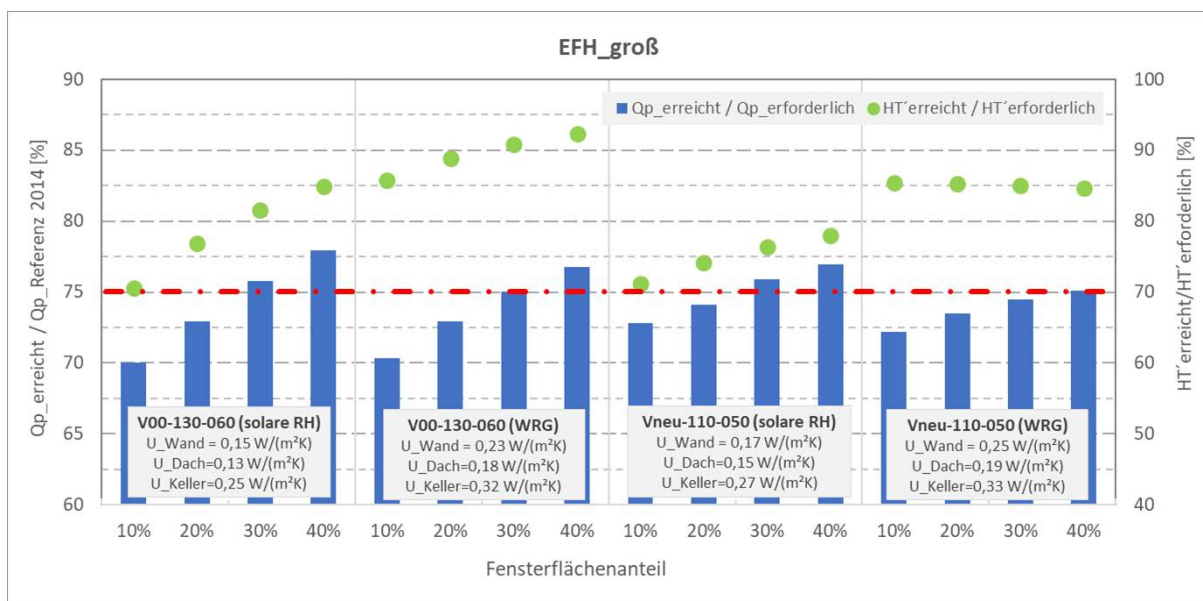


Bild 16-17: Erfüllungsgrade Primärenergie und Transmissionswärmeverlust bezogen auf die Referenzausführung EnEV 2014 für das EFH groß

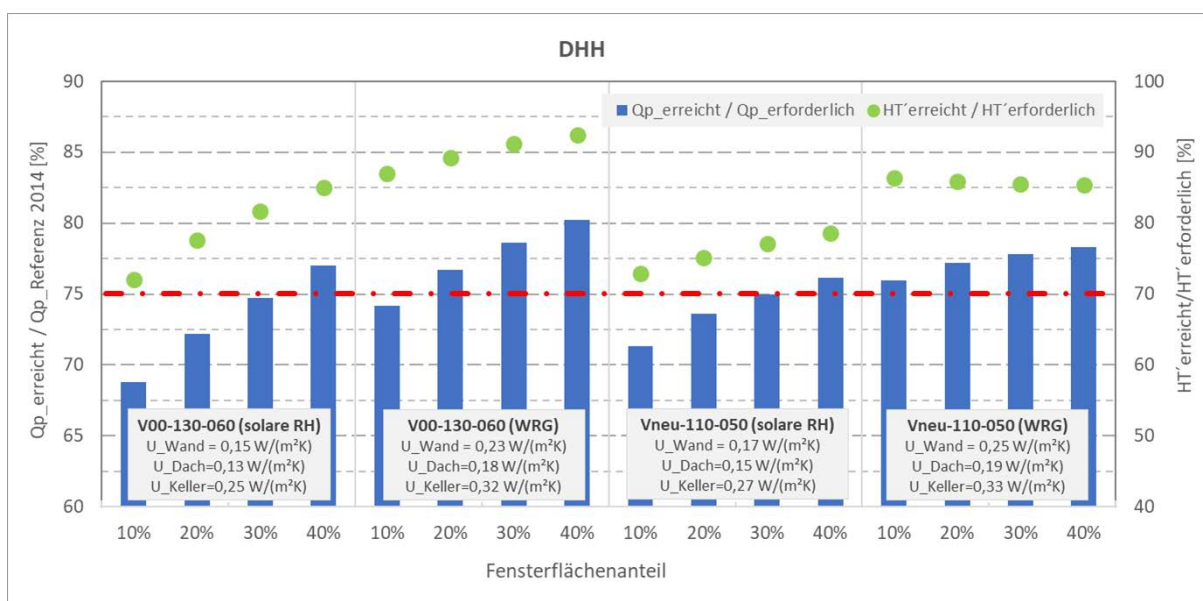


Bild 16-18: Erfüllungsgrade Primärenergie und Transmissionswärmeverlust bezogen auf die Referenzausführung EnEV 2014 für die DHH

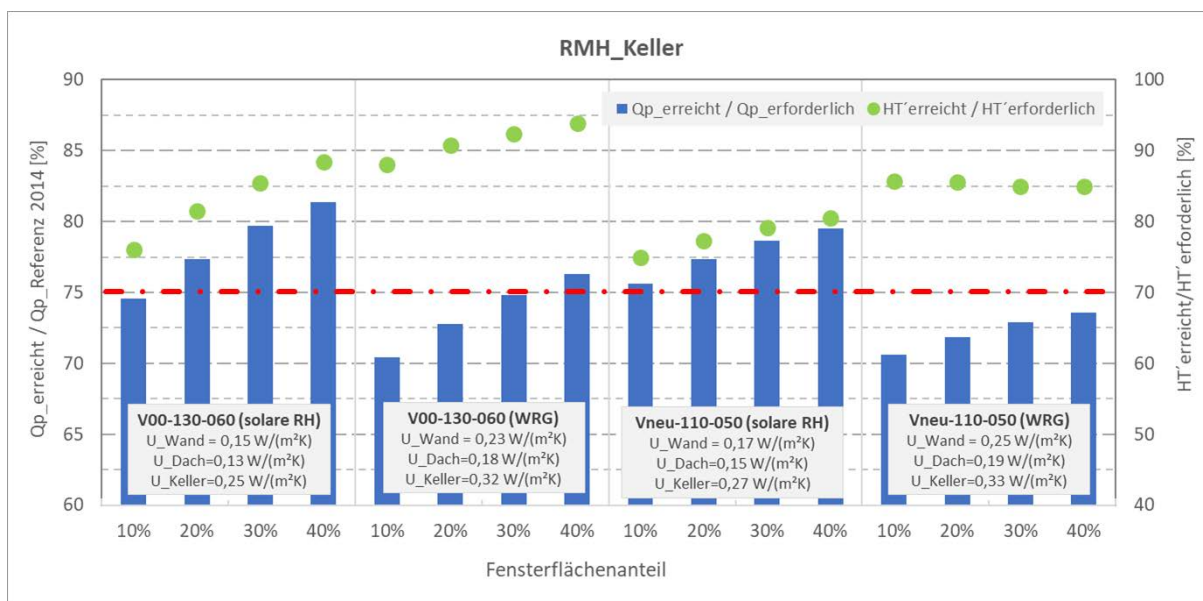


Bild 16-19: Erfüllungsgrade Primärenergie und Transmissionswärmeverlust bezogen auf die Referenzausführung EnEV 2014 für das RMH

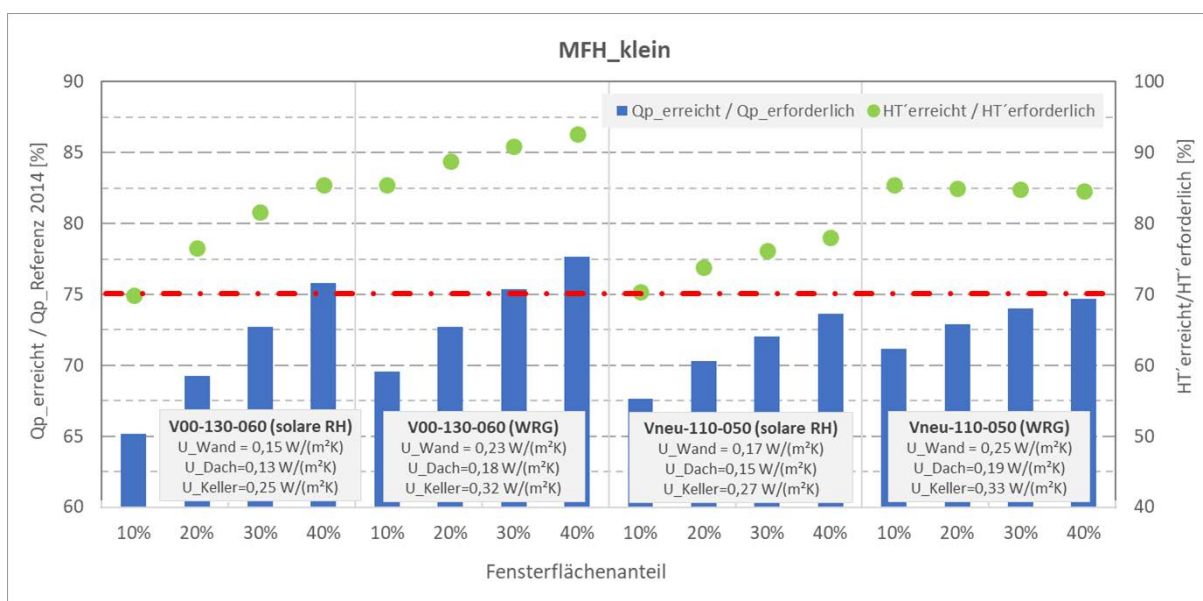


Bild 16-20: Erfüllungsgrade Primärenergie und Transmissionswärmeverlust bezogen auf die Referenzausführung EnEV 2014 für das MFH klein

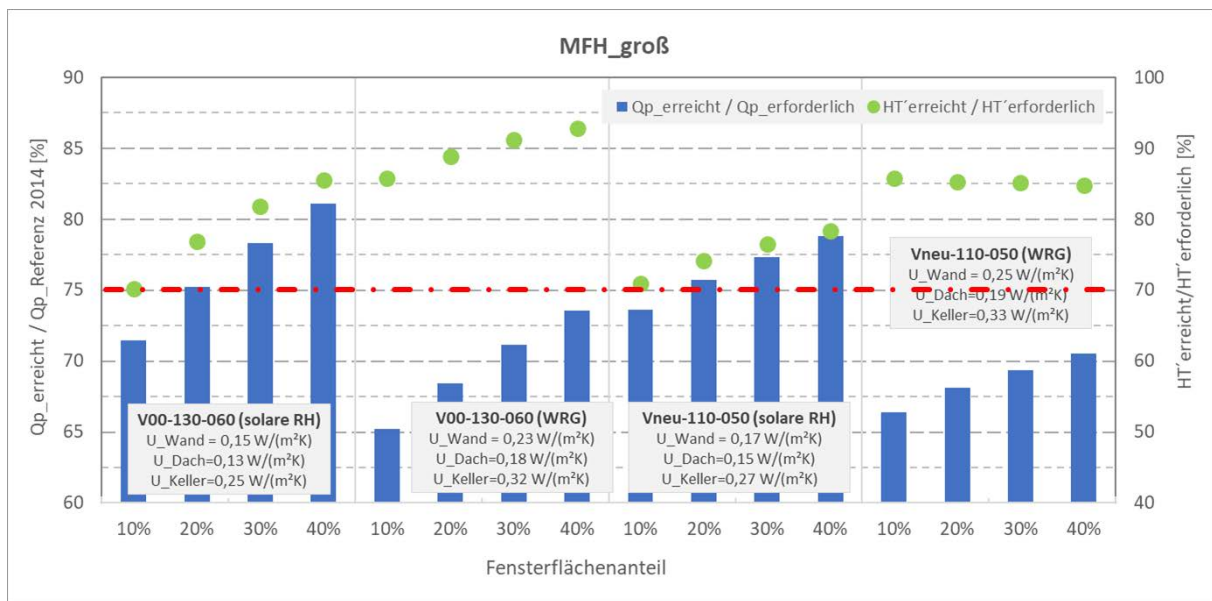


Bild 16-21: Erfüllungsgrade Primärenergie und Transmissionswärmeverlust bezogen auf die Referenzausführung EnEV 2014 für das MFH groß

17 Anhang E – Detaillierergebnisse zur Entwicklung baubarer Referenzausführungen für Nichtwohngebäude

17.1 Bauliche Qualitäten der niveauspezifischen Erfüllungsoptionen im Vergleich zur Referenzausführung EnEV 2014

17.1.1 Erläuterungen/Vorbemerkungen

In den in Abschnitt 17.1.2 enthaltenen Abbildungen werden zur Kennzeichnung der bauteilspezifischen U-Werte die in Tabelle 17-1 genannten Abkürzungen verwendet.

Tabelle 17-1: Abkürzungen für die bauteilbezogene Ausweisung von U-Werten

Bauteil	Abkürzung
Außenwand	AW
Vorhangsfassade	VF
Sandwich-Elemente	SE
Fenster Außenwand	FAW
Stahltrapezdach	TD
Lichtband	LB
Flachdach	FD
Oberste Geschossdecke	OG
Kellerdecke (an unbeh. Keller)	UK
Kelleraußenwände	UW
Kellerinnenwände	UI
Boden an Erdreich	UB

Die Einträge 1 bis 4 in den Abbildungen beschreiben die Erfüllungsoptionen für das Niveau QP75 Ü80, die Einträge 5 bis 8 für das Niveau QP65 Ü80, die Einträge 9 bis 12 für das Niveau QP55 Ü70. Der 13. Eintrag stellt jeweils die U-Werte der Referenzausführung zum Vergleich dar.

Wenn einzelne Einträge unbesetzt sind, bedeutet dies, dass das entsprechende Niveau unter Ausschöpfung baulicher und anlagentechnischer Maßnahmen nicht zu erreichen ist. Darüber hinaus sind Einträge nicht dargestellt für die Varianten mit Luft-Wärmepumpen, für die ab einer Größe von 50 kW keine Kostenfunktionen verfügbar sind.

17.1.2 Gebäudebezogene Ergebnisse

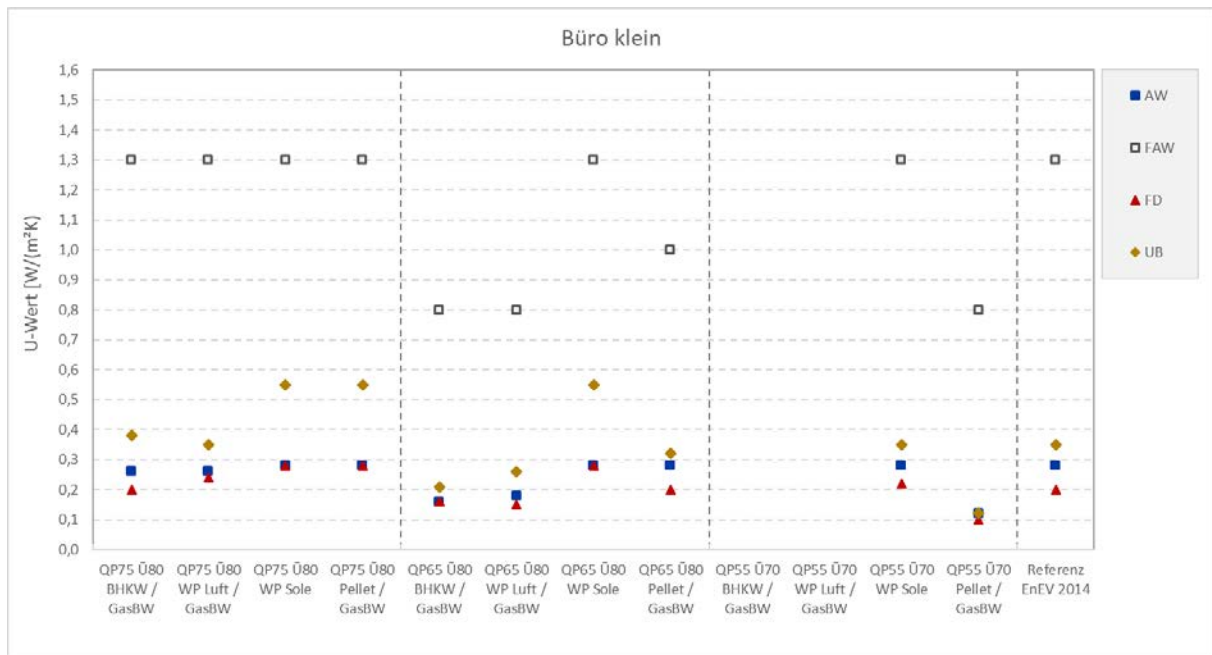


Bild 17-1: U-Werte von Bauteilen der Gebäudehülle für die niveauspezifischen Erfüllungsoptionen im Vergleich zur Referenzausführung EnEV 2014 für das kleine Bürogebäude

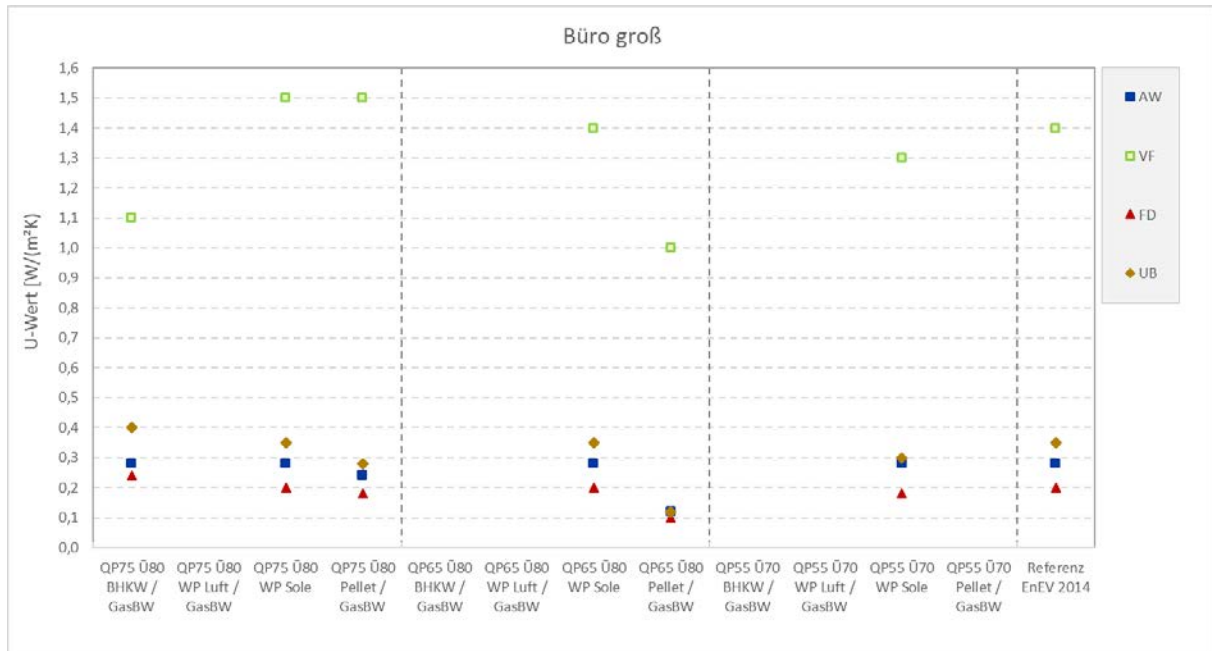


Bild 17-2: U-Werte von Bauteilen der Gebäudehülle für die niveauspezifischen Erfüllungsoptionen im Vergleich zur Referenzausführung EnEV 2014 für das große Bürogebäude

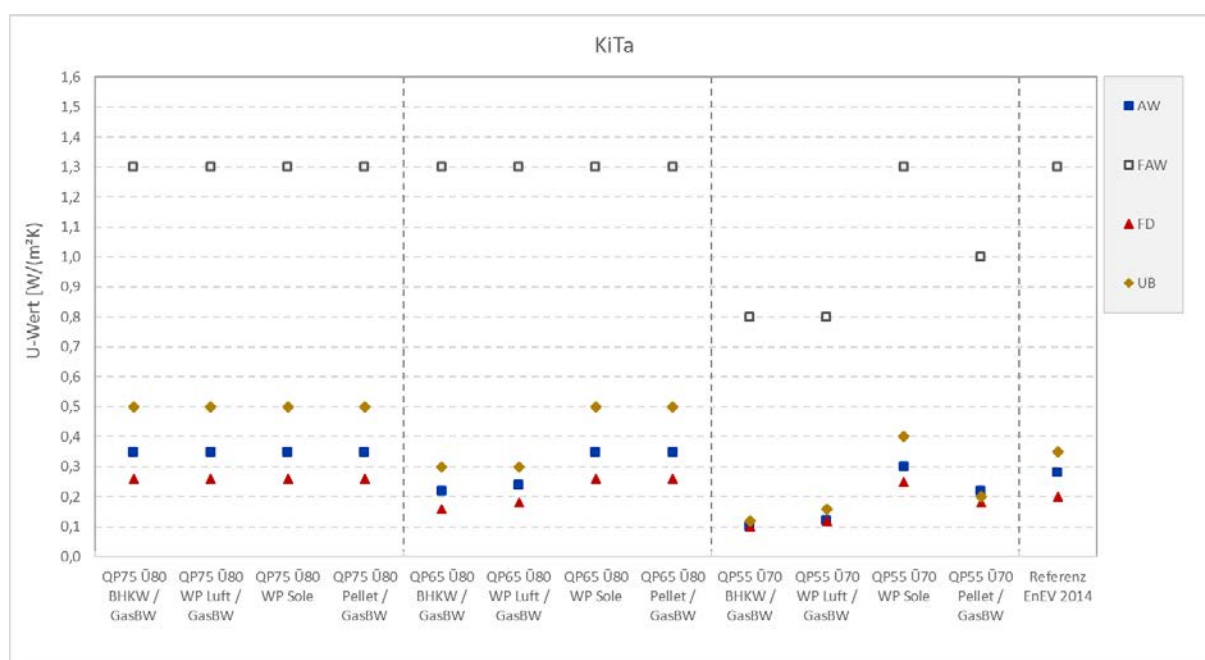


Bild 17-3: U-Werte von Bauteilen der Gebäudehülle für die niveauspezifischen Erfüllungsoptionen im Vergleich zur Referenzausführung EnEV 2014 für die KiTa

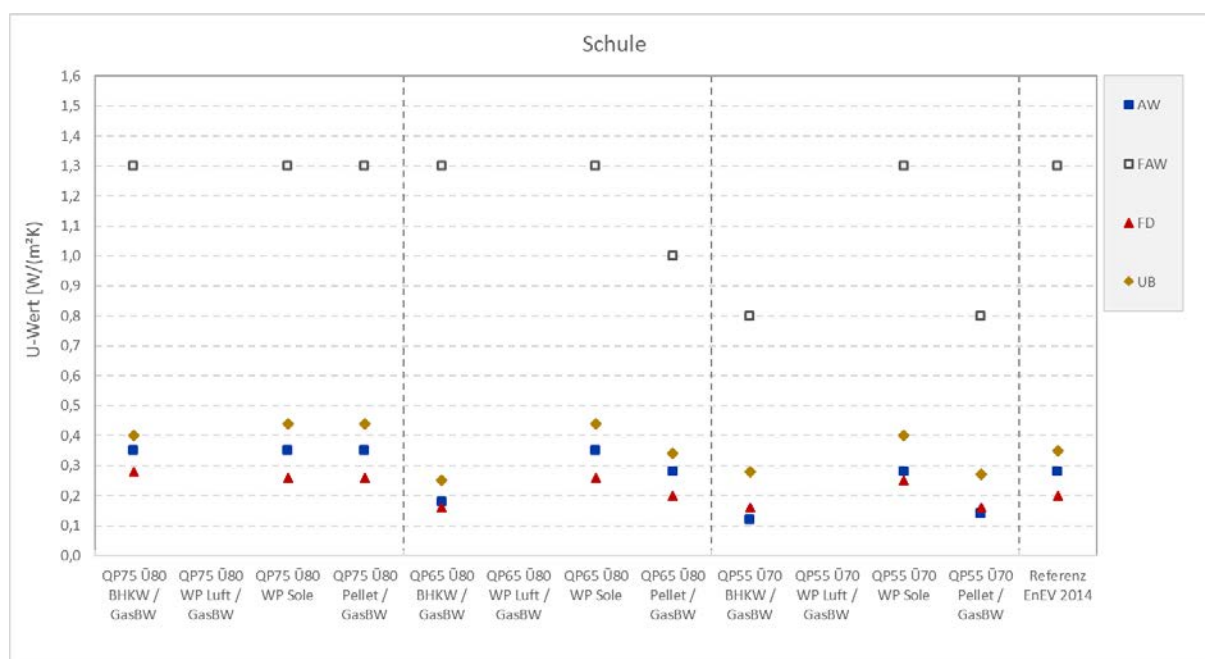


Bild 17-4: U-Werte von Bauteilen der Gebäudehülle für die niveauspezifischen Erfüllungsoptionen im Vergleich zur Referenzausführung EnEV 2014 für die Schule

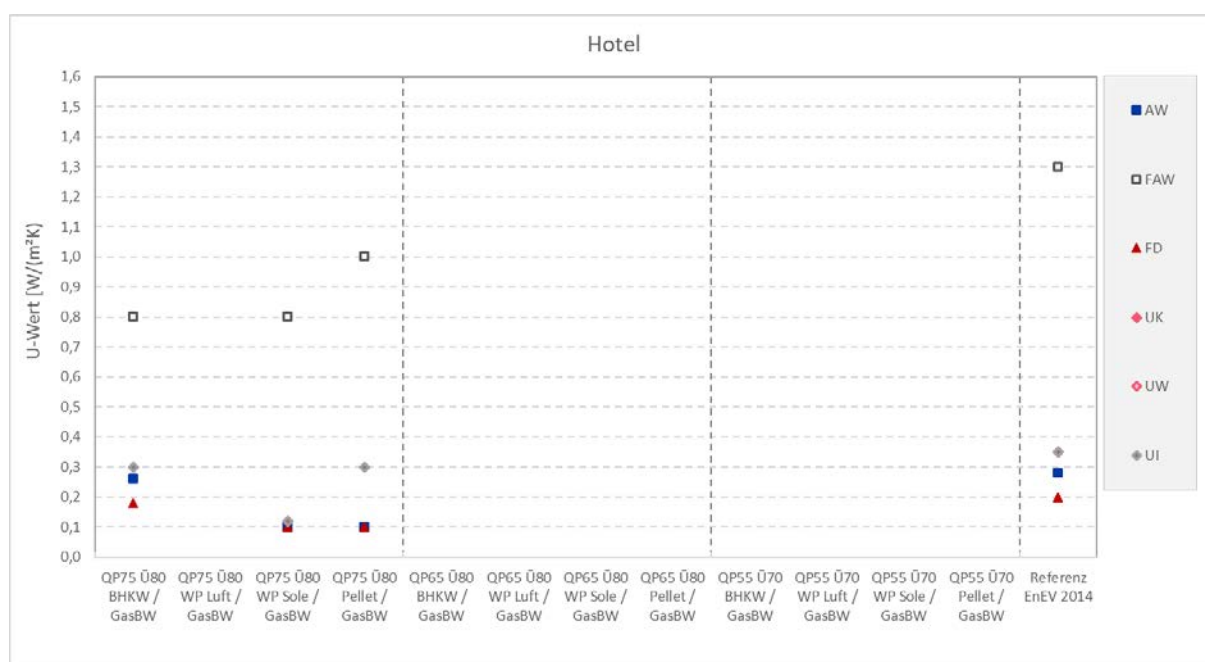


Bild 17-5: U-Werte von Bauteilen der Gebäudehülle für die niveauspezifischen Erfüllungsoptionen im Vergleich zur Referenzausführung EnEV 2014 für das Hotel

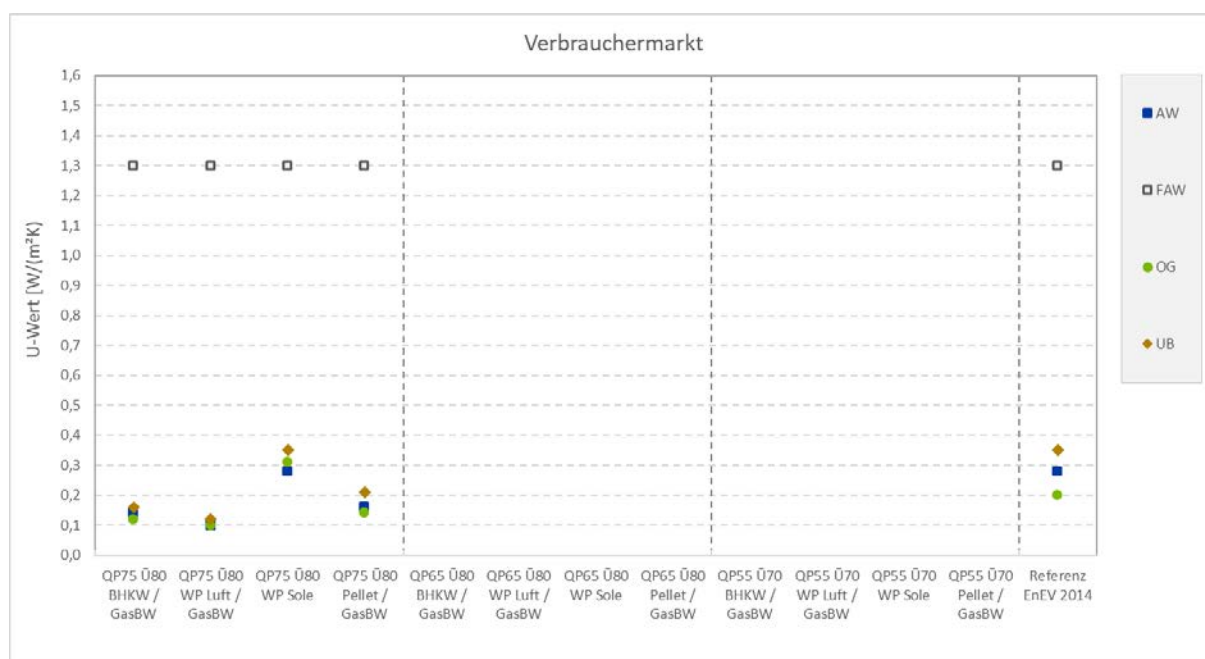


Bild 17-6: U-Werte von Bauteilen der Gebäudehülle für die niveauspezifischen Erfüllungsoptionen im Vergleich zur Referenzausführung EnEV 2014 für den Verbrauchermarkt

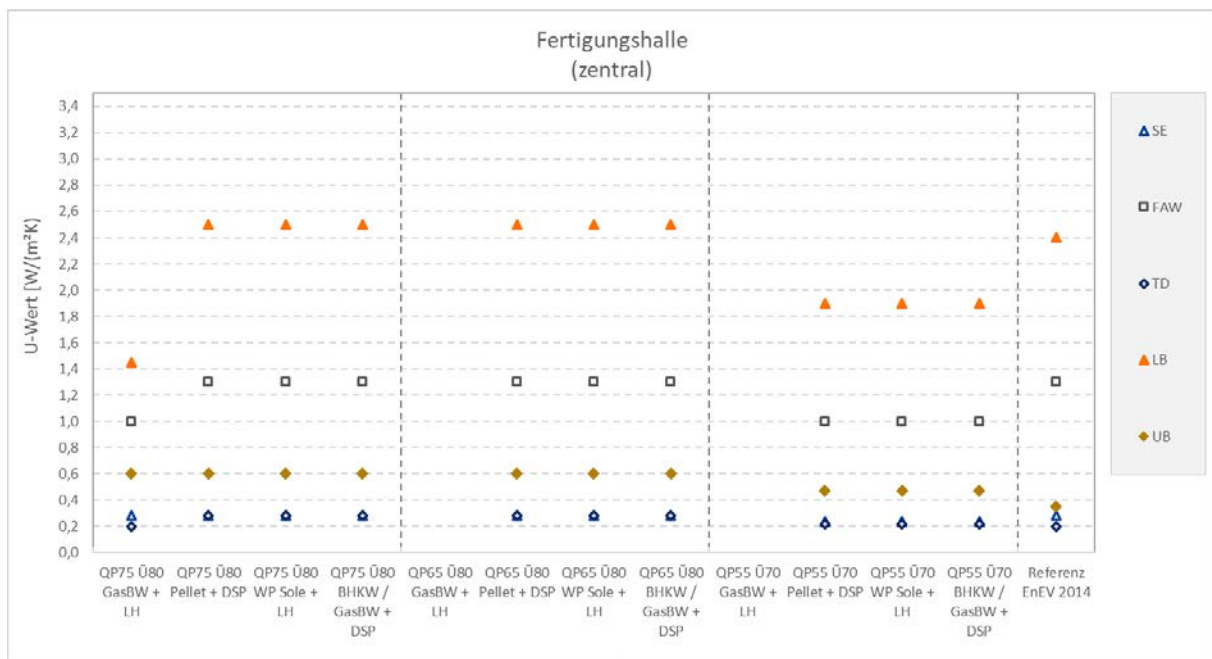


Bild 17-7: U-Werte von Bauteilen der Gebäudehülle für die niveauspezifischen Erfüllungsoptionen im Vergleich zur Referenzausführung EnEV 2014 für die Fertigungshalle (zentrale Wärmeerzeuger)

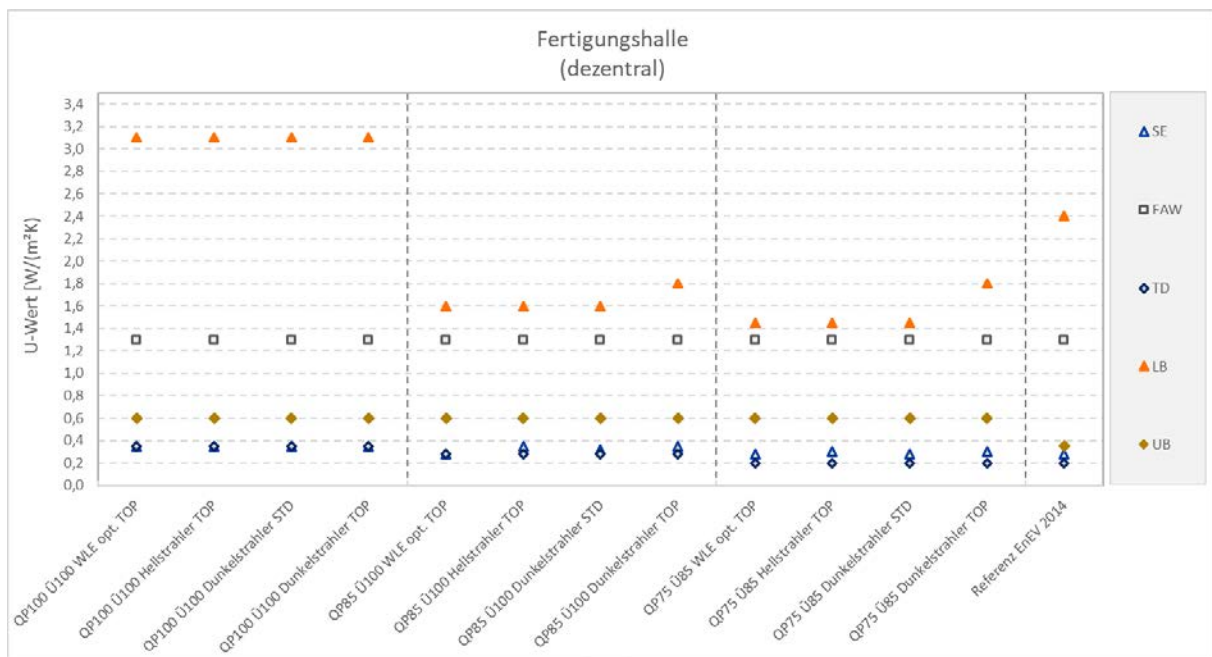


Bild 17-8: U-Werte von Bauteilen der Gebäudehülle für die niveauspezifischen Erfüllungsoptionen im Vergleich zur Referenzausführung EnEV 2014 für die Fertigungshalle (dezentrale Wärmeerzeuger)

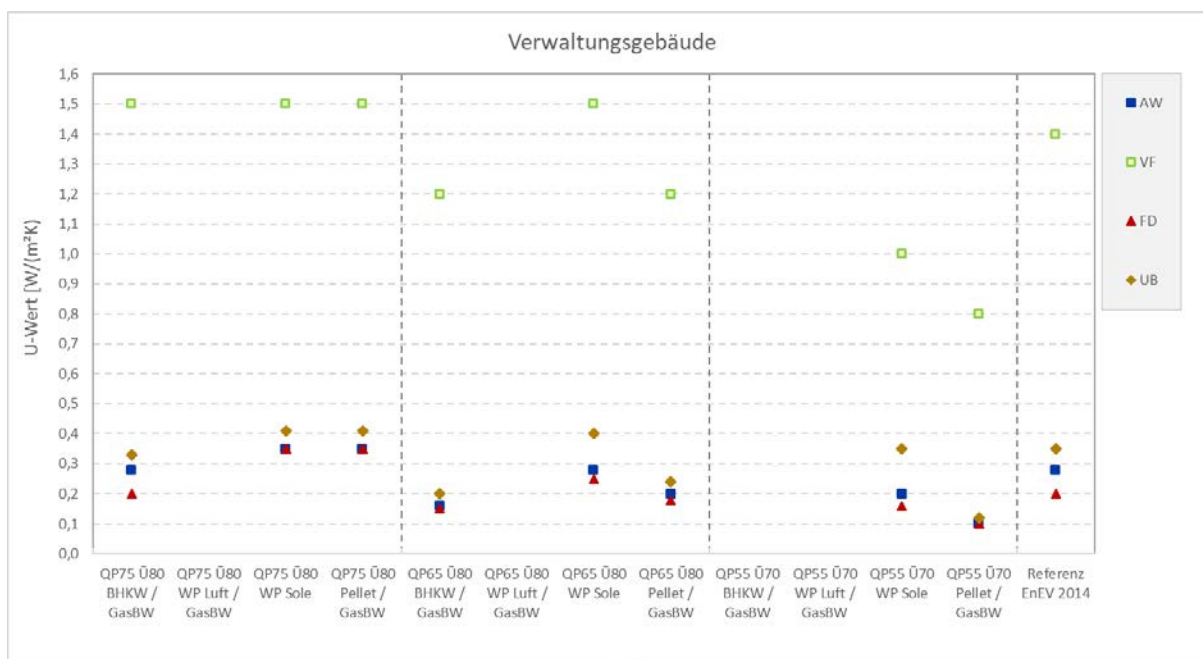


Bild 17-9: U-Werte von Bauteilen der Gebäudehülle für die niveauspezifischen Erfüllungsoptionen im Vergleich zur Referenzausführung EnEV 2014 für das Verwaltungsgebäude

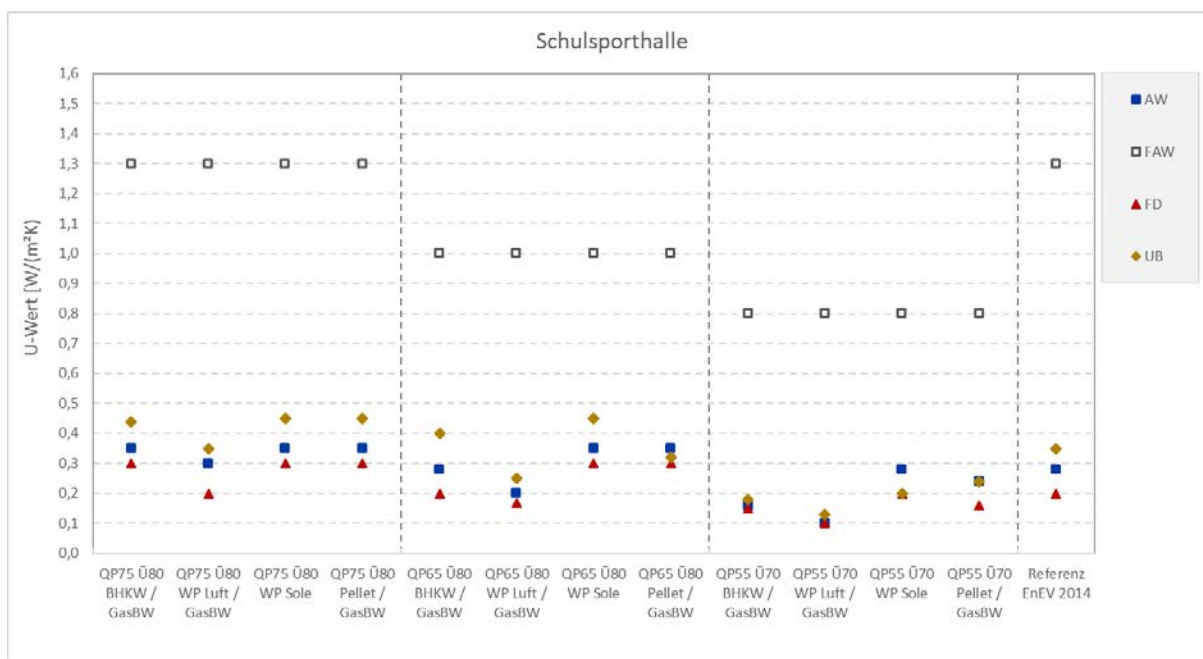


Bild 17-10: U-Werte von Bauteilen der Gebäudehülle für die niveauspezifischen Erfüllungsoptionen im Vergleich zur Referenzausführung EnEV 2014 die Schulsporthalle