



Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung

im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung



BBSR-Online-Publikation Nr. 16/2017

EnEV 2017 – Vorbereitende Untersuchungen

Ein Projekt des Forschungsprogramms „Zukunft Bau“ des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) betreut vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR).

ISSN 1868-0097

IMPRESSUM

Herausgeber

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

Wissenschaftliche Begleitung

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
Referat II 2 – Energiesparung, Klimaschutz
Isabel Ahlke
isabel.ahlke@bbr.bund.de

Auftragnehmer

Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH, Kassel
Prof. Dr. Anton Maas, Dr. Stephan Schlitzberger

Stand

Februar 2016

Vervielfältigung

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

Zitierweise

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
(Hrsg.): EnEV 2017 – Vorbereitende Untersuchungen. BBSR-Online-Publikation 16/2017, Bonn, September 2017.

Inhalt

1	Einführung	7
1.1	Projektdarstellung	7
1.2	Arbeitsschritte und behandelte Fragestellungen.....	8
2	Anforderungssystematik (AS 1).....	11
2.1	Ziele der energetischen Anforderungen	11
2.2	Bisherige Entwicklung der Anforderungs- und Zielwerte	11
2.3	Rechtlicher Rahmen für Anforderungsgrößen.....	14
2.4	Ansätze für zukünftige Anforderungsgrößen in EnEV und EEWärmeG	15
2.4.1	Zweck-/Problemhintergrund.....	15
2.4.2	Option A1: „Beibehaltung der bisherigen Anforderungsgrößen“	16
2.4.3	Option A2: „Primärenergiebedarf statt Wärmeenergiebedarf im EEWärmeG“..	17
2.4.4	Option A3: „Wärmeenergiebedarf als Nebenanforderung der EnEV“	17
2.4.5	Option A4: „CO ₂ -Emissionen und Kombination Wärmeenergiebedarf“.....	18
2.4.6	Gesamteinschätzung.....	19
2.5	Empfehlung für die EnEV 2017.....	20
2.6	Referenzgebäudeverfahren	20
2.7	Analyse der Umsetzungen bzw. Interpretationen der EPBD (Gebäude-RL) in den anderen EU-Mitgliedsländern	23
3	Beleuchtungssysteme und Tageslichtversorgung, Nichtwohngebäude	26
3.1	Übersicht	26
3.2	Referenztechnik Beleuchtung im Kontext pauschaler Abschlagsfaktoren	26
3.2.1	Aktuelle Referenztechnik	26
3.2.2	Vorschlag Anpassung	27
3.2.3	Wirtschaftlichkeit	27
3.3	Mögliche Anforderungen an Inbetriebnahme, Inspektion und Fachplanung.....	28
3.3.1	Inbetriebnahme	30
3.3.2	Inspektion.....	34
3.3.3	Fachplanung	35
4	Technische Randbedingungen (AS 2).....	36
4.1	Lüftungszeiten und Luftwechsel für NWG bei Fensterlüftung.....	36
4.2	Interne Wärmequellen / Strom für Arbeitshilfen	39
4.3	Nutzenergiebedarf für die Trinkwarmwassererwärmung	41
4.3.1	Wohngebäude.....	41

4.3.2	Nichtwohngebäude.....	42
4.4	Regeln zur Bestimmung von Deckungsanteilen bei mehreren Wärmeerzeugern....	43
4.5	Thermische Solaranlagen bei großen Gebäuden	44
4.6	Veränderungen in der Gebäudenutzung während der Bauausführung	45
4.7	Bilanz-Innentemperatur und Berücksichtigung räumlicher Teilbeheizung bei Wohngebäuden.....	45
4.8	Vereinfachte Ermittlung der Nettogrundfläche bei Wohngebäuden	48
5	Dokumentation der Berechnungsrandbedingungen.....	49
5.1	Auswahl Modellgebäude (AS 3)	49
5.1.1	Wohngebäude.....	49
5.1.2	Nichtwohngebäude.....	49
5.2	Kostenansätze und -funktionen für die Untersuchungen zum kostenoptimalen Niveau (AP 4) sowie zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit bei Neubauten (AP 5) ..	50
5.2.1	Kosten baulicher Komponenten bzw. Maßnahmen im Neubau.....	50
5.2.2	Kosten anlagentechnischer Komponenten bzw. Maßnahmen im Neubau	52
5.3	Beschreibung der Bezugs- und Systemvarianten sowie der betrachteten Niveaus .	56
5.3.1	Wohngebäude.....	56
5.3.2	Nichtwohngebäude.....	57
5.3.3	Behandlung des EEG in den Bezugs- und Systemvarianten.....	58
5.3.4	Primärenergiefaktoren.....	58
5.4	Randbedingungen der Berechnungen zur Kostenoptimalität und zur Wirtschaftlichkeit nach EnEG	59
5.4.1	Allgemeines.....	59
5.4.2	Lebensdauern und Instandhaltungskosten von energetisch relevanten Bau- und Anlagenkomponenten.....	59
5.4.3	Grundkosten für Neubauten	61
5.4.4	Energiekosten	62
5.4.5	Energiepreisentwicklung	63
5.4.6	CO ₂ -Kosten und -Faktoren	64
5.4.7	Kalkulationszinssätze	64
6	Kostenoptimales Niveau Neubau (AS 4)	65
6.1	Hintergrund und Aufgabenstellung.....	65
6.2	Berechnungsmethodik	65
6.3	Ergebnisse	66
6.3.1	Wohngebäude.....	67

6.3.2	Nichtwohngebäude.....	70
6.3.3	Zusammenfassung und Diskussion	71
6.4	Zusammenfassung.....	73
7	Anforderungsniveau Neubau, Nachweis der Wirtschaftlichkeit nach EnEG (AS 5) ..	75
7.1	Auswertungen Wohngebäude	76
7.1.1	Energiebedingte Investitionskosten und Investitionsmehrkosten bezogen auf das Niveau EnEV 2014	76
7.1.2	Amortisationszeiten unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten für einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren	79
7.2	Auswertungen Nichtwohngebäude	85
7.2.1	Energiebedingte Investitionskosten und Investitionsmehrkosten bezogen auf das Niveau EnEV 2014	85
7.2.2	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten für einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren.....	87
7.3	Zusammenfassung.....	92
7.3.1	Wohngebäude.....	92
7.3.2	Nichtwohngebäude.....	94
8	Berechnungsverfahren / Vereinfachungspotenziale / Öffnungsklauseln (AS 6)	97
8.1	Welche Berechnungsverfahren mit welchen Vereinfachungen sollten für die künftigen Anforderungsniveaus Anwendung finden und warum?	97
8.1.1	Wohngebäude.....	97
8.1.2	Nichtwohngebäude.....	101
8.2	Öffnungsklauseln.....	101
9	Sensitivitätsuntersuchungen (AS 7) und weitergehende Auswertungen	103
9.1	Auswertungen Wohngebäude	103
9.1.1	Dezentrale Lüftungsgeräte.....	103
9.1.2	Aufstellung Wärmeerzeuger im Dach und außenliegende Abgasführung	104
9.1.3	Verzicht auf Zirkulation.....	105
9.1.4	Energieträger: Ansatz von Grund- und Arbeitspreisen anstelle von Mischpreisen.....	107
9.1.5	Gegenüberstellung mit/ohne WP-Tarif Strom.....	109
9.1.6	Gegenüberstellung mit/ohne Planungsmehrkosten für verbesserte Wärmebrückenausführungen	110
9.1.7	Betrachtung einer Variante, die als Ausgangsjahr 2020 zugrunde legt.....	112
9.2	Auswertungen Nichtwohngebäude	115

9.2.1	Monovalente Erzeugung Büro klein und KiTa.....	115
9.2.2	Energieträger: Ansatz von Grund- und Arbeitspreisen anstelle von Mischpreisen.....	116
9.2.3	Gegenüberstellung mit/ohne WP-Tarif Strom.....	119
9.2.4	Betrachtung einer Variante, die als Ausgangsjahr 2020 zugrunde legt.....	120
9.3	Auswertungen zur Umstellung der Anforderung an die bauliche Ausführung auf H_T' anstelle von \bar{U} bei Nichtwohngebäuden	122
10	Anforderungen an Bestandsgebäude (AS 8).....	125
10.1	Energetische Qualität von Außenbauteilen	125
10.1.1	Berechnungsmethode.....	125
10.1.2	Datengrundlagen	125
10.1.3	Ergebnisse der Untersuchung	128
10.1.4	Bewertung der Ergebnisse	131
10.2	Vergleich mit den Anforderungen in anderen EU Mitgliedsstaaten	132
11	Zusammenfassung.....	133
	Quellenverzeichnis.....	137
	Abbildungsverzeichnis	140
	Tabellenverzeichnis	142
Anhang A	Geometrie der Fertigungshallen	147
Anhang B	Ergebnistabellen zum kostenoptimalen Niveau Neubau.....	148
Anhang C	Konfigurationen der Bezugs- und Systemvarianten und Ergebnistabellen der Wirtschaftlichkeitsberechnungen. Betrachtungszeitraum Wohngebäude: 30 Jahre, Nichtwohngebäude: 20 Jahre	154
Anhang D	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für Betrachtungszeiträume von 20 Jahren bei Wohn- und 30 Jahren bei Nichtwohngebäuden	271

1 Einführung

1.1 Projektdarstellung

In Artikel 9 der europäischen Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD bzw. Gebäude-RL) werden die Mitgliedstaaten dazu verpflichtet dafür Sorge zu tragen, dass ab 2021 alle neuen Gebäude als Niedrigstenergiegebäude errichtet werden. Für Gebäude die von Behörden als Eigentümer genutzt werden, soll dies bereits ab 2019 gelten. Die Bundesregierung muss „durch eine Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrats die Anforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Niedrigstenergiegebäuden“ regeln und diese Vorschrift für neue Gebäude, die von Behörden als Eigentümer genutzt werden, vor dem 1. Januar 2017 erlassen, für die übrigen Neubauten vor dem 1. Januar 2019.

Im vorliegenden Bericht werden die Anforderungen der Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden herausgestellt. Des Weiteren werden die Ausgangsbedingungen in Deutschland analysiert, die sich durch die bisherige Anforderungsmethodik der Energieeinsparverordnung (EnEV) und Erneuerbare-Energien-Wärmegegesetz (EEWärmeG) ergeben. Das betrifft neben den Hauptanforderungen auch bauliche und anlagentechnische Nebenanforderungen. Dieses Anforderungspaket wird dahingehend untersucht, ob es eine geeignete Grundlage für die Umsetzung des Niedrigenergiegebäude-Standards der EnEV sein kann. Es werden Empfehlungen hinsichtlich der Gestaltung der Anforderungssystematik und der Anforderungsformulierung (Referenzgebäude) gegeben. Letztgenannter Punkt wird hinsichtlich der Beleuchtungssysteme in Nichtwohngebäuden in einem separaten Kapitel ausführlich behandelt. Darüber hinaus wird in diesem Kapitel auf mögliche Anforderungen an Inbetriebnahme, Inspektion und Fachplanung von Beleuchtungseinrichtungen eingegangen.

Technische Randbedingungen werden hinsichtlich ihres Einflusses auf das Ergebnis und hinsichtlich der Zweckmäßigkeit der hergebrachten Ansätze für das künftige Anforderungsniveau untersucht und bewertet. Dabei werden auch die Ergebnisse einer im Herbst 2014 abgeschlossenen Untersuchung über den aktuellen, auf die Gebäudenutzfläche bezogenen Nutzwärmebedarf für Warmwasser in Wohngebäuden analysiert.

Die Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen werden an Modellgebäuden durchgeführt. Im Interesse der Kontinuität zu früheren Untersuchungen dienen hierzu die Modellgebäude aus dem vorhandenen Modellgebäudekatalog [1]. Für die Untersuchungen werden 7 unterschiedliche Wohngebäude mit Variation ausschlaggebender Parameter und 7 Nichtwohngebäude unterschiedlicher Nutzung, Form und Größe ausgewählt.

Unter Anwendung des Verfahrens, das durch die Delegierte Verordnung (EU) Nr. 244/2012 der Kommission für die Bestimmung des "kostenoptimalen Anforderungsniveaus" vorgegeben ist, werden in dieser Untersuchung zunächst die Möglichkeiten und Grenzen der Anhebung der Anforderungen an Neubauten auf der Grundlage von neubaurelevanten Kostendaten aufgezeigt. Der Bericht der Bundesregierung vom 15. August 2013 zu Artikel 5 der Gesamtenergieeffizienz-Richtlinie („Kostenoptimales Niveau“) wird als Ausgangsbasis herangezogen.

Die in den Untersuchungen zum kostenoptimalen Niveau betrachteten Varianten für ein künftiges Anforderungsniveau werden in einem weiteren Schritt einer Untersuchung der generellen Wirtschaftlichkeit gemäß § 5 Energieeinsparungsgesetz (EnEG) unterzogen. Die Wirtschaftlichkeit der Anforderungen an neue Gebäude wird unter Verwendung derselben wirtschaftlichen Randbedingungen parametriert, die auch den Untersuchungen zum kostenoptimalen Niveau zugrunde liegen. Vergleichsbasis ist dabei eine

Gebäudeausführung, die nach den Anforderungen der Energieeinsparverordnung 2014 (Anforderungsniveau bis 31.12.2015) möglich wäre. Der Nachweis der Wirtschaftlichkeit erfolgt mittels der Kapitalwertmethode unter Berücksichtigung der Restwerte von Bau- und Anlagenkomponenten.

Im Rahmen von Sensitivitätsuntersuchungen wird gezeigt, welche Abweichungen von den zuvor angestellten Berechnungen aufgrund veränderter Randbedingungen resultieren können.

Weiterhin wird aufgezeigt, welche Berechnungsverfahren mit welchen Vereinfachungen beim künftigen Anforderungsniveau Anwendung finden können und es wird diskutiert, welche Möglichkeiten der Öffnung für Quartierslösungen künftig einbezogen werden können.

Abschließend wird darauf eingegangen, in welchem Maß die bedingten Anforderungen der EnEV, Anlage 3 (Anforderungen bei Änderung von Außenbauteilen und bei Errichtung kleiner Gebäude) unter Berücksichtigung des Wirtschaftlichkeitsgebots angehoben werden können.

1.2 Arbeitsschritte und behandelte Fragestellungen

Für die inhaltliche Projektbearbeitung sind gemäß Leistungsbeschreibung die im Folgenden beschriebenen Arbeitsschritte vorgesehen:

1. Arbeitsschritt: Anforderungssystematik herausarbeiten

- a) Welche Notwendigkeiten ergeben sich aus der Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden hinsichtlich der Hauptanforderungen an neue Wohn- und Nichtwohngebäude, der baulichen und anlagentechnischen Nebenanforderungen und der Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz?
- b) Eignet sich die bestehende Anforderungssystematik der EnEV und des EEWärmeG als Grundlage zur Umsetzung des Niedrigstenergiegebäude-Standards?
- c) Wenn nein zu b: welche Veränderungen sind unabdingbar? Wenn ja zu b: sind dennoch irgendwelche Anpassungen sachdienlich?
- d) Welches sind die im Lichte der Richtlinie am besten geeigneten Indikatoren für die Festlegungen zum Niedrigstenergiegebäude-Standard (z.B.: „unbewertete Primärenergie“, Endenergie, Wärmebedarf, gegenwärtige (bewertete) Primärenergie)? Welche Auswirkungen hätte ein Abweichen von der gegenwärtigen (bewerteten) Primärenergie als Indikator?
- e) Inwieweit werden die vorgeschlagenen Änderungen in der Anforderungssystematik durch das bisher verwendete Regelwerk unterstützt? Bedarf es ergänzender Regelungen und Definitionen?

2. Arbeitsschritt: Technische Randbedingungen

- a) Inwieweit sind (außer dem Nutzwärmebedarf für Warmwasser) weitere der bisher verwendeten Nutzungsrandbedingungen (Innentemperaturen, Luftwechsel, Nutzungszeiten u.s.w.) bei verschärftem Anforderungsniveau anzupassen?
- b) Wie sind die erarbeiteten Änderungsvorschläge in Bezug auf die Vergleichbarkeit mit älteren Energieausweisen zu bewerten?
- c) Welche Konsequenzen ergeben sich für das Regelwerk zur Bilanzierung? Erfordern die vorgeschlagenen Anpassungen der Randbedingungen dort Veränderungen?

3. Arbeitsschritt: Auswahl Modellgebäude

- a) Welche mindestens sieben unterschiedlichen Wohngebäude mit Variationen ausschlaggebender Parameter (Fensterflächenanteil, Ausrichtung, wärmetechnische Systemgrenze) sollten zu Grunde gelegt werden?
- b) Welche mindestens sieben unterschiedlichen Nichtwohngebäude unterschiedlicher Nutzung, Form und Größe sind auszuwählen?

- c) Inwieweit sollten Modifikationen an den Modellgebäuden vorgenommen werden und mit welchem Ziel?

4. Arbeitsschritt: Kostenoptimales Niveau Neubau

- a) Welche belastbaren neubaurelevanten Kostendaten sind den Berechnungen zu Grunde zu legen?
- b) Welche drei oder mehr Energiepreisseigerungsszenarien sollten für die Untersuchung herangezogen werden? Mindestens erwartet werden ein lineares Szenario (analog zu den Untersuchungen 2012) und ein Szenario entsprechend den Vorgaben der Delegierten Verordnung 244/2012 2. Welche Strompreisszenarien (Unterschiede bei der Entwicklung von Haushaltsstrompreisen und gewerblichen Strompreisen sind zu berücksichtigen) sind der Betrachtung zu Grunde zu legen? Wie sind diese unterschiedlichen Szenarien zu bewerten?
- c) Welche Ergebnisse liefert mit diesen Szenarien die Berechnung des „kostenoptimalen Niveaus“ für Neubauten entsprechend der Delegierten Verordnung (EU) Nr. 244/2012 der Kommission? Für Wohngebäude sind die überarbeiteten, aus einer laufenden Studie ab Herbst zur Verfügung stehenden Daten zum Nutzwärmebedarf für Warmwasser zugrunde zu legen.

5. Arbeitsschritt: Anforderungsniveaus Neubau, Nachweis der Wirtschaftlichkeit nach EnEG

- a) Welche Vorschläge zu Festlegungen von differenzierten Referenzanforderungen lassen sich aus den Untersuchungen zum kostenoptimalen Niveau („finanzielle Perspektive“) ableiten?
- b) Unter welchen Voraussetzungen kann hierfür die Wirtschaftlichkeit nach § 5 Absatz 1 EnEG nachgewiesen werden? Die Wirtschaftlichkeitsrechnung soll, soweit mit der gesetzlichen Vorschrift vereinbar, nach der Kapitalwertmethode unter Einrechnung von Restwerten von Bau- und Anlagenteilen erfolgen, Amortisationszeiten sind jedoch auszuweisen (§ 5 Absatz 1 EnEG).
- c) In welchen Fällen und in welcher Weise scheint es sinnvoll in Deutschland bei Nichtwohngebäuden von der Ausnahmemöglichkeit nach Artikel 9 Absatz 6 EPBD Gebrauch zu machen?
- d) Inwieweit besteht Bedarf, die Festlegungen für Referenzgebäude zu präzisieren oder zusammenzuführen, um Anwendungsproblemen Rechnung zu tragen?

6. Arbeitsschritt: Berechnungsverfahren / Vereinfachungspotenziale / Öffnungsklauseln

- a) Welche Berechnungsverfahren mit welchen Vereinfachungen sollten für die künftigen Anforderungsniveaus Anwendung finden und warum?
- b) Wenn künftig auf ein bisher verwendetes Berechnungsverfahren verzichtet werden soll: ist der Berechnungsaufwand angemessen?
- c) Welche Ergebnisabweichungen sind zu Gunsten von Vereinfachungsansätzen akzeptabel?
- d) Welche sinnvollen Möglichkeiten zur Öffnung für Quartierslösungen sind wie möglich und warum ratsam?

7. Arbeitsschritt: Sensitivitätsuntersuchung

- a) Welche Einflüsse hat die Verwendung der unterschiedlichen Berechnungsverfahren (siehe 6.a) auf
 - o das Berechnungsergebnis
 - o die Zulässigkeit von Bauausführungen?
- b) Inwieweit ist die Wirtschaftlichkeit unabhängig vom gewählten Berechnungsverfahren gegeben?

8. Arbeitsschritt: Anforderungen an Bestandsgebäude

- a) In welchem Maß können die bedingten Anforderungen der EnEV verschärft werden, ohne zu einem Sanierungshemmnis zu werden (die Kostensituation ist detailliert zu beleuchten)?
- b) Welche Nachrust- und Sanierungspflichten könnten zusätzlich gestellt werden oder verschärft werden? Wie ist das Energieeinsparpotenzial dieser zusätzlichen Pflichten zu bewerten? In welchem Verhältnis steht dies zu den zu erwartenden Kosten (§ 4 EnEG)?
- c) Sollte im Interesse einer schlankerer Verordnung auf irgendwelche bisherigen Anforderungen verzichtet werden?
- d) Inwieweit besteht Bedarf, die Anforderungen an modernisierte Bauteile zu präzisieren, anders zu fokussieren oder zusammenzuführen, um Anwendungsproblemen Rechnung zu tragen?
- e) Kann die EnEV auf andere Weise als durch die bisher tradierten Anforderungen zur Verbesserung der energetischen Qualität des Bestandes beitragen?

2 Anforderungssystematik (AS 1)

2.1 Ziele der energetischen Anforderungen

Mit der Formulierung von energetischen Anforderungen an Gebäude und gebäudetechnische Systeme werden in der Regel mehrere Ziele verfolgt. So sollen vor allem negative Umweltauswirkungen wie CO₂-Emissionen begrenzt werden, der Ressourcenverbrauch eingeschränkt und ein wirtschaftlicher Betrieb über die Lebensdauer sichergestellt werden. Eine geeignete Bewertungsgröße soll daher zur Erfüllung folgender Hauptziele beitragen:

- Senkung des Primärenergiebedarfes
- Einsparung von CO₂-Emissionen
- Sicherung eines nachhaltigen Umgangs sowohl mit fossilen als auch mit handelbaren erneuerbaren Energieträger, z.B. Holz, Bioöl und Biogas
- Verringerung der Energiekosten und der Gesamtkosten für die Konditionierung von Gebäuden

Zusätzlich soll eine geeignete Bewertungsgröße möglichst wenige technische Vorgaben beinhalten, also technologieoffen sein.

2.2 Bisherige Entwicklung der Anforderungs- und Zielwerte

Bereits in der Vergangenheit wurde versucht, eine geeignete Anforderungsgröße zu finden, mit der die zuvor genannten Ziele vereinbart werden können. Die in den relevanten Verordnungen enthaltenen Anforderungs- bzw. Zielgrößen haben sich in den letzten Jahrzehnten daher verändert:

- In der ersten Fassung der Wärmeschutzverordnung von 1977 erfolgte eine Begrenzung des mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten über alle Außenbauteile, zusätzlich wurden Höchstwerte für einzelne Bauteile vorgegeben. Diese Anforderungen wurden 1982 verschärft.
- Bei der zweiten Novellierung der Wärmeschutzverordnung im Jahr 1994 wurden die Anforderungen auf den Heizwärmeverbrauch bezogen. Diese rein bauliche Größe berücksichtigt Transmissions- und Lüftungswärmeverluste sowie innere und solare Wärmeeinträge. Energetische Anforderungen an die Heizungs- und Warmwassertechnik wurden unabhängig davon in der Heizungsanlagenverordnung definiert.
- Mit Erlass der ersten Energieeinsparverordnung im Jahr 2001 wurden Anlagentechnik und Baukörper erstmalig gemeinsam bewertet. Die energetische Hauptanforderungsgröße ist seitdem der Primärenergiebedarf.

Inzwischen ist der Primärenergiebedarf auch auf europäischer und internationaler Ebene als sinnvolle energetische Anforderungsgröße für Gebäude weitgehend widerspruchsfrei akzeptiert. Diskussionen gibt es allerdings im Detail, wenn es um die Festlegung der Primärenergiefaktoren geht. Diese sind für das gesamte Bewertungskonzept „Primärenergie“ von überaus wichtiger Bedeutung, da sie die Ergebnisse der umfangreichen energetischen Berechnung aller Einflüsse von Gebäude und Anlagentechnik überlagern bzw. im Extremfall bedeutungslos werden lassen (z.B. bei Fernwärme aus sehr effizienter KWK mit Primärenergiefaktor 0).

Bei der normativen Berechnung des Primärenergiebedarfs von Gebäuden nach DIN V 18599 bzw. DIN V 4108-6/4701-10 kann der gesamte Primärenergiebedarf und/oder der nicht erneuerbare Anteil des Primärenergiebedarfs ermittelt werden. Der gesamte Primärenergiebedarf besteht dabei näherungsweise aus der Summe von erneuerbaren und

nicht erneuerbaren Anteilen. Bei Kraft-Wärme-Kopplungssystemen ist im Primärenergiefaktor außerdem eine Gutschrift für den als Koppelprodukt erzeugten Strom berücksichtigt¹.

Die Bewertung von Gebäuden und gebäudetechnischen Anlagen im Rahmen der Energieeinsparverordnung 2014 zielt gegenwärtig allein auf den nicht erneuerbaren Anteil des Primärenergiebedarfs zur Bewertung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden.

Diese Bewertung ist aktuell mit gewissen Nachteilen verbunden:

- Energieträger mit einem niedrigen nicht erneuerbaren Primärenergiefaktor stehen ebenso wie andere Energieträger nicht uneingeschränkt zur Verfügung. Folglich sollte auch bei ihnen ein effizienter Einsatz sichergestellt werden. Durch die bisherige Bewertung gibt es jedoch im Rahmen der EnEV kaum Anreize dafür, wenn der nicht erneuerbare Anteil des Primärenergiefaktors sehr klein ist. Dies betrifft vor allem Holz und Fern-/Nahwärme mit sehr effizienter KWK.
- Der nicht erneuerbare Primärenergiebedarf steht nicht immer in einem direkten Zusammenhang zu den Brennstoffkosten. Insbesondere bei den erneuerbaren Brennstoffen (z. B. Holzpellets), Fernwärme und Elektro-Wärmepumpen ist die häufig vermutete Korrelation zwischen Primärenergiebedarf und zu erwartenden Brennstoffkosten kaum gegeben und führt daher häufig zu Missverständnissen. Ganz plakativ formuliert heißt das: Der Betrieb eines Gebäudes mit einer nach EnEV hervorragenden Primärenergiebewertung kann mit hohen Heizkosten verbunden sein. Dies ist der Mehrzahl der Gebäudenutzer kaum zu vermitteln und verursacht Akzeptanzprobleme für den Energieausweis.
- Um trotz der heutigen Beschränkung der EnEV auf den nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf zu vermeiden, dass völlig unzureichend gedämmte Gebäude gebaut werden, enthält die EnEV 2014, wie ihre Vorgängerversionen, eine Nebenanforderung an die Mindestdämmqualität der Gebäudehülle. Diese Mindestanforderung kann die Technologieoffenheit einschränken, da der Planer/Bauherr nicht mehr frei entscheiden kann, ob er das vorgegebene energetische Niveau durch besonders hochwertige Anlagentechnik, besonders hochwertige Dämmung oder durch eine beliebige Kombination erreichen kann. Bei primärenergetisch günstigen Anlagentechniken tritt zunehmend die Situation ein, dass die Nebenanforderung an die Gebäudehülle zur maßgeblichen energetischen Anforderung für das Gebäude wird.

Die Einführung der Primärenergie als Anforderungsgröße in der ersten EnEV 2001 unterstützte die eingangs genannten Ziele in ausreichendem Maße. Die zwischenzeitliche Umstellung auf den nicht erneuerbaren Primärenergiebedarf und die wesentliche Änderung der Stromerzeugungsstruktur in Deutschland führt jedoch zu gewissen Schwierigkeiten. So korreliert beispielsweise der nicht erneuerbare Primärenergiefaktor bei Strom nicht mehr ausreichend mit der Entwicklung der CO₂-Emissionsfaktoren und der Energiepreise, bei Holz bleibt der Aspekt der nachhaltigen Verfügbarkeit völlig unberücksichtigt. Exemplarisch wird dies in Tabelle 2-1 für Strom dargestellt. Aus primärenergetischer Sicht (nicht erneuerbarer Anteil) wird der Energieträger Strom immer günstiger, da in zunehmendem Maße erneuerbare Anteile in die Erzeugung einfließen. Bei den Energiekosten wird allerdings eine stark gegenläufige Tendenz verzeichnet.

¹ Die aktuelle Bewertung vom KWK-Strom sorgt für viele Diskussionen. Im Rahmen der 49. Sitzung des NA 041-05-01 AA „Energetische Bewertung heiz- und raumlufttechnischer Anlagen“ wurde die Gründung einer Ad-hoc-Gruppe zum Thema zukünftige KWK Bewertung beschlossen. Die Aufgabe der Ad-hoc-Gruppe war die Erarbeitung eines Vorschages für ein einheitliches Bewertungsverfahren von KWK-Anlagen, das zukünftig in DIN V 18599 einfließen soll. Trotz vorhandener Kritikpunkte an der aktuellen Allokationsmethode (Stromgutschrift mit einem Verdrängungsmixfaktor von 2,8) konnte im Verlauf der Arbeiten der Ad-hoc-Gruppe keine neue Methode gefunden werden, die einvernehmlich als besser angesehen wird. Daher wird von Seiten der DIN-Ausschüsse keine Veränderung der bisherigen KWK-Bewertung angestrebt.

Tabelle 2-1: Veränderung der Kennwerte für den Energieträger Strom (Primärenergiefaktor, CO₂-Emissionsfaktor, Arbeitspreis) bezogen auf die Kennwerte der EnEV 2002

	Primärenergiefaktor	Veränderung des Kennwertes bezogen auf EnEV 2002			
		Primärenergiefaktor	CO ₂ - Emissionsfaktor nach UBA [2]	CO ₂ - Emissionsfaktor nach Statista [3]	Strompreis für Haushalte nach BDEW [4]
EnEV 2002	3	0 %	0 %	0 %	0 %
EnEV 2007	2,7	-10 %	-4 %	-1 %	+28 %
EnEV 2009	2,6	-13 %	-12 %	-10 %	+44 %
EnEV 2014	2,4	-20 %	-13 %	-7 %	+81 %
EnEV 2016	1,8	-40 %	-12 %*	-6 %*	+86 %*

*Eigene Schätzung der Kennwerte für das Jahr 2016 unter Berücksichtigung aktueller Tendenzen

Ein weiterer Aspekt, der mit dem gegenwärtigen Bezug auf den nicht erneuerbaren Anteil des Primärenergiefaktors nur unzureichend erfasst wird, ist die Abhängigkeit des Primärenergiefaktors vom Bedarfsprofil und sonstigen Annahmen. So wird für Heizzwecke² eingesetzter Strom mit dem Primärenergiefaktor des durchschnittlichen Erzeugungsmixes als Jahresmittelwert bewertet. Denkbar und möglicherweise energiewirtschaftlich sinnvoller wäre die Verwendung eines wärmegewichteten Durchschnittsmixes oder aber auch die Verwendung des Marginalmixes. Der Marginalmix ergibt sich aus dem Grenzkraftwerkspark, der zusätzlich in Betrieb genommen wird, um einen neuen Verbraucher zu versorgen.

Der Marginalmix ist wiederum von Annahmen abhängig, die exemplarisch wie folgt beschrieben werden können (Quelle: Pehnt, Martin, Vortrag Primärenergiefaktoren, 27.08.2015, Dena Berlin):

Szenario 1: Zubau 1 GW Wärmepumpenleistung³, keine zusätzlich EE-Leistung gegenüber dem ohnehin stattfindenden Ausbau der EE im Strombereich

- *Stündliche Bilanzierung: $f_p = 2,5$ (Marginaler Mix: 42 % Steinkohle-Kondensationskraftwerk, 23 % Gas-Kondensationskraftwerk, 26 % Braunkohle-Kondensationskraftwerk)*

Szenario 2: Zubau 1 GW Wärmepumpenleistung, zusätzliche Installation von PV-Leistung zu einer jahresbilanziellen Abdeckung des Wärmepumpenstrombedarfs

- Jahresbilanz: $f_p = 0,1$
- Stündliche Bilanzierung: $f_p = 0,49$ (Deckungsanteil 20 %)

Szenario 3: Zubau 1 GW Wärmepumpenleistung, zusätzliche Installation von Windkraftleistung zur jahresbilanziellen Abdeckung des Wärmepumpenstrombedarfs

- Jahresbilanz: $f_p = 0,02$
- *Stündlich: $f_p = 0,06$ (Deckungsanteil 56 %, weniger Speicherverluste, Verdrängung Braunkohle)*

In Abhängigkeit von den gewählten Randbedingungen der Betrachtung ergeben sich Primärenergiefaktoren zwischen 0,06 und 2,5! Dabei sind mögliche Wechselwirkungen mit dem Emissionshandel noch nicht berücksichtigt. Interessant ist dabei der im Szenario 1

² Analoge Überlegungen lassen sich auch für andere Stromanwendungen im Gebäude durchführen, wie beispielsweise Kühlung, Lüftung, Beleuchtung, Trinkwasserwärme oder Hilfsenergien. Bei einer gleichmäßigen Abnahme über das gesamte Jahr ist eine gute Übereinstimmung des Primärenergiefaktors mit dem des jahresmittleren Netzmixes zu erwarten. Für solarstrahlungsabhängige Kühlanwendungen ist möglicherweise ein geringerer Primärenergiefaktor zutreffend.

³ 1 GW Wärmepumpenleistung entspricht einer zusätzlich installierten Anzahl von 100.000 Wärmepumpen, wenn man eine mittlere Leistung von 1 kW unterstellt.

ermittelte Primärenergiefaktor von 2,5, der dann bilanziert wird, wenn zusätzlicher Wärmepumpenstrom dem Netz entnommen wird, ohne dass es einen an die zusätzlichen Wärmepumpen gekoppelten Ausbau der erneuerbaren Stromerzeuger gibt. Dies ist gegenwärtig in Deutschland übliche Praxis.

2.3 Rechtlicher Rahmen für Anforderungsgrößen

Wird die Anforderungsgröße geändert, muss sie aus rechtlicher Sicht mit den Vorgaben der Gebäude-RL 2010/31/EU und der EE-RL 2009/28/EU zu vereinbaren sein⁴.

Entsprechend EE-RL 2009/28/EU Art. 13 Abs. 4 UAbs. 3 sollen die Mitgliedsstaaten geeignete Regelungen schaffen, nach denen, sofern angemessen, die Nutzung eines Mindestmaßes an Energie aus erneuerbaren Quellen in Gebäuden gefordert wird:

„Bis spätestens 31. Dezember 2014 schreiben die Mitgliedstaaten in ihren Bauvorschriften und Regelwerken oder auf andere Weise mit vergleichbarem Ergebnis, sofern angemessen, vor, dass in neuen Gebäuden und in bestehenden Gebäuden, an denen größere Renovierungsarbeiten vorgenommen werden, ein Mindestmaß an Energie aus erneuerbaren Quellen genutzt wird.“

Für die Berechnung der Gesamtenergieeffizienz sind Art. 3 und Anhang I Nr. 1 und 2 der Gebäude-RL 2010/31/EU maßgeblich. Art. 3 lautet:

„Zur Berechnung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden wenden die Mitgliedstaaten eine Methode an, die mit dem in Anhang I festgelegten gemeinsamen allgemeinen Rahmen im Einklang steht.

Diese Methode wird auf nationaler oder regionaler Ebene verabschiedet.“

Im Anhang I Nr. 1 und 2 heißt es dazu:

„1. Die Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes ist anhand der berechneten oder tatsächlichen Energiemenge zu bestimmen, die jährlich verbraucht wird, um den unterschiedlichen Erfordernissen im Rahmen der üblichen Nutzung des Gebäudes gerecht zu werden, und wird durch den Energiebedarf für Heizung und Kühlung (Vermeidung von übermäßiger Erwärmung) zur Aufrechterhaltung der gewünschten Gebäudetemperatur und durch den Wärmebedarf für Warmwasser dargestellt.

2. Die Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes ist auf transparente Weise darzustellen und muss zudem einen Indikator für die Gesamtenergieeffizienz und einen numerischen Indikator für den Primärenergieverbrauch auf der Grundlage von Primärenergiefaktoren je Energieträger enthalten, die auf gewichtete nationale oder regionale Jahresschnittswerte oder einen spezifischen Wert für die Erzeugung am Standort gestützt werden können.

Bei der Methode zur Berechnung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden sollten die Europäischen Normen berücksichtigt werden, und die Methode sollte mit den einschlägigen Vorschriften des Unionsrechts einschließlich der Richtlinie 2009/28/EG im Einklang stehen.“

Nach [2] „können die Mitgliedstaaten für die Gesamtenergieeffizienz des Gebäudes auf die Ebene des Primärenergiebedarfs abstellen. Möglich ist aber auch die Wahl des Endenergiebedarfs als zentrale Berechnungsgröße unter (zusätzlicher) Ausweisung eines numerischen Indikators für den Primärenergieverbrauch. Auf welche Weise die maßgebenden Bedarfswerte im Einzelnen ermittelt werden, lässt die Bestimmung ebenso offen, wie sie die Mitgliedstaaten nicht darin beschränkt vorzuschreiben, dass bestimmte technische Mindestanforderungen einzuhalten sind, um sicherzustellen, dass die angestrebte Gesamtenergieeffizienz auch erreicht oder hierzu bestimmte Energieträger einzusetzen sind (namentlich EE) – wie es z.B. bei Anforderungen an den

⁴ Die Ausführungen in diesem Abschnitt bezüglich des rechtlichen Rahmens beziehen sich auf die Ausführungen von Klinski in: Keimeyer/Bürger/Kenkmann/Klinski/von Oppen/Oschatz/Pehnt/von Oehsen/Mellwig/Steinbach: Abgleich der Regelwerke EEWärmeG und EnEV/EnEG, Endbericht zu Phase 2: Separates Bestehenbleiben von EEWärmeG und EnEV/EnEG und Phase 3: Zusammenführung von EEWärmeG und EnEV/EnEG in ein Regelwerk (2015) [2]

Transmissionswärmeverlust oder Mindestanteilen EE der Fall ist/wäre. Dies entspricht auch der Wertung des Art. 3 der Richtlinie, wonach die Berechnungsmethode grundsätzlich national zu regeln ist.

Für Änderungen an der Berechnungsweise, insb. für einen Austausch einzelner maßgebender Größen hinsichtlich der Ermittlung der Gesamtenergieeffizienz, sowie für die Aufstellung bestimmter konkreter Mindestanforderungen an das Bauwerk, an einzelne Bauteile oder an die Wahl von Energieträgern verfügen die Mitgliedstaaten folglich über einen relativ großen Gestaltungsspielraum. Die in der EnEV angelegte Berechnungsweise ist eine der Möglichkeiten zur Ausfüllung dieses Gestaltungsspielraums, EU-rechtlich aber nicht vorgegeben“.

2.4 Ansätze für zukünftige Anforderungsgrößen in EnEV und EEWärmeG⁵

2.4.1 Zweck-/Problemhintergrund

Die Hauptanforderungen von EnEV und EEWärmeG beziehen sich derzeit auf unterschiedliche, weitgehend voneinander unabhängige Kennwerte. Derzeit werden die in Tabelle 2-2 Anforderungsgrößen verwendet:

Tabelle 2-2: Anforderungsgrößen in EnEV und EEWärmeG

EnEV 2014	Hauptanforderung	Primärenergiebedarf q_p bezogen auf den nicherneuerbaren Anteil der Primärenergie
	Nebenanforderung	<i>Wohngebäude:</i> spezifischer, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Transmissionswärmeverlust H'_T
		<i>Nichtwohngebäude:</i> mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche \overline{U}
EEWärmeG		Deckungsanteile erneuerbarer Energie (bzw. Ersatzmaßnahmen) am Wärmeenergiebedarf

Für eine mögliche Weiterentwicklung der Anforderungsgrößen sind generell sowohl für die EnEV als auch für das EEWärmeG andere Bezugsgrößen denkbar. Die folgenden Ausführungen beinhalten nur eine Auswahl an Bezugsgrößen, die sich an den Diskussionen in Fachkreisen und der Realisierbarkeit aus Sicht der Autoren orientiert.

Für die EnEV-Hauptanforderung kommen in Betracht:

- nicht erneuerbarer Anteil des Primärenergiebedarfs
- gesamter Primärenergiebedarf als Summe aus erneuerbaren und nicht erneuerbaren Anteilen (ggf. könnte der erneuerbare Anteil auch nur teilweise angerechnet werden)
- CO₂-Emissionen
- Endenergie Wärme für Heizung und Warmwasser

Für die EnEV-Nebenanforderung kommen in Betracht:

- Transmissionswärmeverlust für Gesamtgebäude oder Bauteilgruppen, bezogen auf Referenzgebäude („Ankerwert“) oder als fixer Wert
- Lüftungswärmeverlust
- Wärmeenergiebedarf
- Heizwärmeverbedarf des Gebäudes

Für das EEWärmeG kommen in Betracht:

⁵ Die Darstellungen in diesem Abschnitt bauen auf den Ausführungen von Oschatz in: Keimeyer/Bürger/Kenkmann/Klinski/von Oppen/Oschatz/Pehnt/von Oehsen/Mellwig/Steinbach: Abgleich der Regelwerke EEWärmeG und EnEV/EnEG, Endbericht zu Phase 2: Separates Bestehenbleiben von EEWärmeG und EnEV/EnEG und Phase 3: Zusammenführung von EEWärmeG und EnEV/EnEG in ein Regelwerk (2015) [2] auf. Sie sind jedoch um die Meinung der anderen Autoren dieser Studie ergänzt.

- Spezifischer Mindestdeckungsanteil erneuerbarer Energien am Wärmeenergiebedarf
- Anteil erneuerbarer Energie am gesamten Primärenergiebedarf

Aus den vielfältigen Optionen werden neben der Beibehaltung der bisherigen Anforderungsgrößen (Option A1) drei weitere Kombinationen für weitere Betrachtungen ausgewählt, vgl. Tabelle 2-3.⁶

Tabelle 2-3: Optionen zur Weiterentwicklung der zentralen Anforderungsgrößen

	EnEV-Hauptanforderung	EnEV-Nebenanforderung	EEWärmeG
Option A1	Primärenergiebedarf nicherneuerbarer Anteil	Transmissionswärmeverlust H_T' bzw. Wärmedurchgangskoeffizient \bar{U}	spezifischer Mindestdeckungsanteil erneuerbarer Energie am Wärmeenergiebedarf q_{outg}
Option A2	Primärenergiebedarf nicherneuerbarer Anteil	Transmissionswärmeverlust H_T' bzw. Wärmedurchgangskoeffizient \bar{U} (oder andere)	Anteil erneuerbarer Energie am gesamten Primärenergiebedarf
Option A3	Primärenergiebedarf nicherneuerbarer Anteil	Wärmeenergiebedarf q_{outg}	spezifischer Mindestdeckungsanteil erneuerbarer Energie am Wärmeenergiebedarf q_{outg}
Option A4	CO ₂ -Emissionen	Wärmeenergiebedarf q_{outg}	spezifischer Mindestdeckungsanteil erneuerbarer Energie am Wärmeenergiebedarf q_{outg}

Die ausgewählten Optionen werden näher auf ihre Vor- und Nachteile untersucht und daraus ihre Eignung zur Weiterentwicklung der EnEV abgeleitet, dies schließt ggf. rechtliche Konsequenzen ein.

2.4.2 Option A1: „Beibehaltung der bisherigen Anforderungsgrößen“

Kurzbeschreibung

EnEV	Hauptanforderung Nebenanforderung	Primärenergiebedarf nicherneuerbarer Anteil Transmissionswärmeverlust H_T' / Wärmedurchgangskoeffizient \bar{U}
EEWärmeG		spezifischer Mindestdeckungsanteil erneuerbarer Energie am Wärmeenergiebedarf q_{outg}

Vorteile

- Die bisherigen Anforderungsgrößen von EnEV und EEWärmeG sind seit einiger Zeit eingeführt und akzeptiert. Sie werden sowohl von Planern und Baubehörden als auch von Herstellern und sonstigen betroffenen Kreisen im Wesentlichen verstanden.

Nachteile

- Die Anforderungsgrößen von EnEV und EEWärmeG sind weitgehend unabhängig voneinander.
- Anlagentechnische Verluste werden beim Einsatz erneuerbarer Energien oder von Wärme aus Wärmenetzen mit kleinem Primärenergiefaktor unzureichend begrenzt, da die bauliche Nebenanforderung immer die schärfere Anforderung stellt und der Primärenergiebedarf deutlich unter dem zulässigen Wert liegt. Dies betrifft beispielsweise die Verteilverluste von Heizungs- und Warmwasserleitungen oder die

⁶ Es wird unterstellt, dass es weiterhin eine Kombination aus Haupt- und Nebenanforderung gibt. Grundsätzlich denkbar ist auch, dass nur eine Anforderungsgröße formuliert wird, welche bei entsprechender Gestaltung die Einführung einer Nebenanforderung entbehrlich macht.

Regelung an der Wärmeübergabe. Mit der Verringerung des Primärenergiefaktors für Strom gilt dies ebenso für elektrische Wärmepumpen.

- Die Bezugsgrößen weisen nur eine eingeschränkte Klimaschutzwirkung auf, d.h. klimaschutzrelevante Aspekte wie emittierte CO₂-Emissionen werden bei der Bewertung nicht berücksichtigt.
- Die Nebenanforderung der EnEV ist ausschließlich auf den baulichen Wärmeschutz (Dämmung) der Gebäudehülle fokussiert. Effizienzverbesserungen durch Lüftung mit Wärmerückgewinnung werden nicht angerechnet.
- Die Anforderungen des EEWärmeG bezüglich der Anteile der einzusetzenden erneuerbaren Energien unterscheiden sich je nach Anlagensystem und eingesetztem Energieträger.

Einschätzung

In Summe der vorgenannten Punkte wird die Option A1: Beibehaltung der bisherigen Anforderungsgrößen für eine alleinige Fortschreibung der EnEV als möglich angesehen, wird jedoch dem Ziel einer besseren Angleichung von EnEV und EEWärmeG nicht gerecht.

2.4.3 Option A2: „Primärenergiebedarf statt Wärmeenergiebedarf im EEWärmeG“

Kurzbeschreibung

EnEV	Hauptanforderung	Primärenergiebedarf nicherneuerbarer Anteil
	Nebenanforderung	Transmissionswärmeverlust H_T' / Wärmedurchgangskoeffizient \bar{U}
EEWärmeG		Anteil erneuerbarer Energie am gesamten Primärenergiebedarf

Die Berechnung des Anteils erneuerbarer Energie am gesamten Primärenergiebedarf berücksichtigt neben der vor Ort genutzten erneuerbaren Energie den erneuerbaren Anteil des oder der eingesetzten Energieträger.

Diese Option beinhaltet ausschließlich Änderungen im EEWärmeG, sie wird daher im vorliegenden Gutachten nicht weiter diskutiert.

2.4.4 Option A3: „Wärmeenergiebedarf als Nebenanforderung der EnEV“

Kurzbeschreibung

EnEV	Hauptanforderung	Primärenergiebedarf nicherneuerbarer Anteil
	Nebenanforderung	Wärmeenergiebedarf q_{outg}
EEWärmeG		spezifischer Mindestdeckungsanteil erneuerbarer Energie am Wärmeenergiebedarf q_{outg}

Vorteile

- Es erfolgt eine teilweise Angleichung der Anforderungsgrößen von EnEV und EEWärmeG.
- Anlagentechnische Verluste werden beim Einsatz erneuerbarer Energien sinnvoll begrenzt. Dies betrifft beispielsweise die Verteilverluste von Heizungs- und Warmwasserleitungen oder die Regelung an der Wärmeübergabe.
- Anteile von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung und solare Gewinne werden in die Nebenanforderung der EnEV einbezogen. Damit eröffnen sich dem Planer zusätzliche Möglichkeiten zur Optimierung neben der Verbesserung der U-Werte.

- Die eingeführte Hauptanforderungsgröße der EnEV und die Anforderungsgröße des EEWärmeG bleiben erhalten, es entsteht nur Änderungsbedarf bei der Nebenanforderung.
- Die Änderungen gegenüber den bisherigen Anforderungsgrößen sind aus technischer Sicht (z.B. Softwarehersteller) leicht vermittelbar, da kaum neue Berechnungsalgorithmen erforderlich werden

Nachteile

- Weiterhin bleiben klimaschutzrelevante Aspekte, wie CO₂-Emissionen, bei der Bewertung unberücksichtigt.
- Die Anforderungen des EEWärmeG bezüglich der Anteile der einzusetzenden erneuerbaren Energien unterscheiden sich je nach Anlagensystem und eingesetztem Energieträger.
- Für die Festlegung der KfW-Effizienzhausniveaus sind Anpassungen erforderlich, da sich die Anforderungen sowohl auf die Haupt- als auch die Nebenanforderung des EnEV-Referenzgebäudes beziehen.
- Die Änderung des Bilanzumfangs in der EnEV-Nebenanforderung bedingt zunächst umfangreiche Überlegungen bei der Festlegung des Anforderungsniveaus, später müssen sich Planer/Energieberater neu orientieren.

Einschätzung

Unter Berücksichtigung der Vor- und Nachteile wird Option A3 ebenfalls als eine geeignete Möglichkeit zur Angleichung der zentralen Anforderungsgrößen angesehen.

Grundlegende rechtliche Bedenken sind auch gegenüber dieser Option in Ansehung des großen Gestaltungsspielraumes der Mitgliedstaaten nicht ersichtlich.

Hinzuweisen ist bei einer Wahl dieser Option darauf, dass ggf. eine umfangreichere fachlich-politische Vorklärung erforderlich ist, da sich wesentliche Auswirkungen auf die technischen Möglichkeiten zur Erfüllung der EnEV und die Wirtschaftlichkeit ergeben. So ist beispielsweise sorgfältig zu analysieren, in welchem Maße der Transmissionswärmeschutz rechnerisch durch andere Maßnahmen substituiert werden kann und ob auch bei dieser Variante u.U. die Beibehaltung der in Anlage 1 Tabelle 2 zur EnEV geforderte gebäudespezifische Transmissionswärmeverlust weiterhin erforderlich ist.

2.4.5 Option A4: „CO₂-Emissionen und Kombination Wärmeenergiebedarf“

Kurzbeschreibung

EnEV	Hauptanforderung Nebenanforderung	CO ₂ -Emissionen Wärmeenergiebedarf q_{outg}
EEWärmeG		spezifischer Mindestdeckungsanteil erneuerbarer Energie am Wärmeenergiebedarf q_{outg}

Die Änderung ist als solche nicht mit den Vorgaben des EnEG zu vereinbaren. Ggf. müssten §§ 1 und 2 EnEG angepasst werden.

Vorteile

- Mit Bezug auf die CO₂-Emissionen wird eine sehr gute Klimaschutzwirkung erzielt.
- Es erfolgt eine teilweise Angleichung der Anforderungsgrößen von EnEV und EEWärmeG.
- Anlagentechnische Verluste werden beim Einsatz erneuerbarer Energien sinnvoll begrenzt. Dies betrifft beispielsweise die Verteilverluste von Heizungs- und

- Warmwasserleitungen oder die Regelung an der Wärmeübergabe, nicht jedoch den Wärmeerzeuger.
- Anteile von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung und solare Gewinne werden in die Anforderung der EnEV einbezogen.

Nachteile

- Einführung völlig neuer Anforderungsgrößen in der EnEV. Dies erfordert massiven Aufwand bei der Information aller Baubeteiligten (Planer, Baubehörden, Herstellen etc.). Die erforderlichen Umstellungen im Berechnungsverfahren sind hingegen gering, die CO₂-Emissionen lassen sich mit energieträgerspezifischen Faktoren leicht aus dem ohnehin ermittelten Endenergiebedarf berechnen.
- Die Anforderungen des EEG bezüglich der Anteile der einzusetzenden erneuerbaren Energien unterscheiden sich je nach Anlagensystem und eingesetztem Energieträger.
- Für die Festlegung des Mindestwärmeschutzes der KfW-Effizienzhausniveaus sind Anpassungen erforderlich.
- Die Effizienz des Wärmeerzeugers wird nur in der Nebenanforderung der EnEV berücksichtigt.

Einschätzung

Bei Option A4 sind aus funktionaler Sicht Vor- und Nachteile ausgeglichen, diese Option wird daher zumindest kurz- und mittelfristig als wenig geeignet zur Angleichung der zentralen Anforderungsgrößen angesehen. Andererseits könnte mit der Einführung eines CO₂-basierten Kennwertes dem Ziel, einen nahezu klimaneutralen Gebäudebestand im Jahr 2050 zu erreichen, Rechnung getragen werden. Dieser Kennwert muss aber keine Anforderung darstellen, sondern könnte als feste Kenngröße eingeführt werden (in Energieausweis bislang optional ausweisbar).

Aus rechtlicher Sicht sind in Ansehung des großen Gestaltungsspielraums der Mitgliedstaaten keine grundlegenden Bedenken ersichtlich, zumindest wird dies in [2] so ausgeführt. Anhang I Nr. 1 der Gebäude-RL 2010/31/EU lässt es ohne weiteres zu, den Wärmeenergiebedarf (Bedarf für Heizung und Warmwasser) als zentrale Bemessungsgröße für die Gesamtenergieeffizienz zu verwenden.⁷ In der Funktion einer zusätzlichen Anforderung (Nebenanforderung) steht es den Mitgliedstaaten frei, weitergehende Klimaschutzanforderungen zu formulieren. Hierfür könnten (ausweisbare) Primärenergiefaktoren herangezogen werden, die ggf. durch klimapolitisch begründete Zusatzfaktoren modifiziert werden.

Ein völliger Verzicht auf den Primärenergiebedarf erscheint angesichts des in Anhang I Nr. 2 der Gebäude-RL 2010/31/EU geforderten numerischen Indikators für den Primärenergieverbrauch auf der Grundlage von Primärenergiefaktoren hingegen schwierig.

2.4.6 Gesamteinschätzung

Insgesamt erscheinen die Optionen A2 und A3 vorzugswürdig. Von dem einmaligen Umstellungsaufwand abgesehen, erscheint auch Option A4 als zukunftsfähige Lösung, da sie die Klimaziele am besten abbildet.

Daher sollte zumindest mittelfristig eine Alternative zur jetzigen EnEV-Nebenanforderung gefunden und umgesetzt werden. Die Vielzahl der Regelungsmöglichkeiten und die je nach Sichtweise unterschiedlich zu gewichtenden Vor- und Nachteile lassen es allerdings

⁷ Der Kühlungsbedarf könnte/müsste einbezogen werden, ebenso (bei Nichtwohngebäuden) eingebaute Beleuchtung (und weitere Einflüsse nach Maßgabe von Anhang I Nr. 3 der Gebäude-RL 2010/31/EU).

ambitioniert erscheinen, in sehr kurzer Zeit zu einem einvernehmlich getragenen und langfristig akzeptierten Ergebnis zu gelangen.

Bei einer Umstellung der Nebenanforderung auf die Größe Wärmeenergiebedarf ist zu beachten, dass die Mindestqualität des baulichen Wärmeschutzes (spezifischer Transmissionswärmeverlust H_T' / Wärmedurchgangskoeffizient \bar{U}) gegenüber dem geltenden Anforderungsniveau nicht abgeschwächt wird. Ggf. ist dafür die Beibehaltung der in Anlage 1 Tabelle 2 zur EnEV geforderte gebäudespezifische Transmissionswärmeverlust weiterhin erforderlich ist.

2.5 Empfehlung für die EnEV 2017

Für die EnEV 2017 wird empfohlen, den aktuell verwendenden primärenergetischen Ansatz weiterhin zu verwenden, allerdings wird von einer weiteren Senkung des Primärenergiefaktors für Strom - unabhängig von der Entwicklung des deutschen Stromerzeugungsmixes – abgeraten. Neben den im Abschnitt 2.2 diskutierten Gründen ist hier anzuführen, dass der ursprünglich⁸ für 2015 prognostizierte Primärenergiefaktor von 1,8 nach aktuelleren Berechnungen⁹ erst später erreicht wird.

Tabelle 2-4: Empfehlungen Haupt- und Nebenanforderung EnEV 2017

EnEV 2017	Hauptanforderung	Primärenergiebedarf q_p bezogen auf den nichterneuerbaren Anteil der Primärenergie, Einfrieren des Primärenergiefaktors für Strom
	Nebenanforderung	<i>Wohngebäude:</i> spezifischer, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Transmissionswärmeverlust H_T'
		<i>Nichtwohngebäude:</i> mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche \bar{U} oder spezifischer, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Transmissionswärmeverlust H_T' . (vgl. Abschnitt 9.3)

Falls die Novellierung der EnEV später erfolgt, und damit mehr Zeit für detailliertere Überlegungen zur Verfügung steht, wird eine Änderung der bisherigen Systematik empfohlen. Diese sollte entweder eine teilweise Einbeziehung der handelbaren und daher mit Kosten verbundenen erneuerbaren Anteile der Primärenergie oder die Festlegung von Bewertungsfaktoren für die Energieträger beinhalten, die neben der Primärenergie und CO₂-Emissionen, Kosten und Nachhaltigkeitsaspekte einbezieht. Die Ergebnisse derartiger Überlegungen könnten in alle angeführten Optionen A1 bis A4 einfließen.

2.6 Referenzgebäudeverfahren

Seit der EnEV 2007 wird das Referenzgebäudeverfahren zur Ermittlung des maximal zulässigen Primärenergiebedarfs für Nichtwohngebäude verwendet. Angesichts der Vielzahl unterschiedlicher Nutzungen ist ein derartiger Ansatz jedenfalls im Bereich der Nichtwohngebäude alternativlos, wenn man primärenergetische Anforderungen formulieren will, die ambitioniert sind und trotzdem dem Wirtschaftlichkeitsgebot entsprechen¹⁰.

Mit der EnEV 2009 wurde der Referenzgebäudeansatz für Wohngebäude übernommen. Die Notwendigkeit ergab sich insbesondere aus der Zulässigkeit von zwei unterschiedlichen

⁸ Fritzsche, U., Rausch, L.: Der nichterneuerbare Primärenergieverbrauch des nationalen Strommix in Deutschland im Jahr 2010 - aktualisierte Endfassung -, Darmstadt Juli 2011

⁹ Fritzsche, U., Greß, H.-W.: Der nichterneuerbare kumulierte Energieverbrauch des deutschen Strommix im Jahr 2014 sowie Ausblicke auf 2015 und 2020, Darmstadt September 2015

¹⁰ Absolute Anforderungen, etwa in kWh/(m²a), müssten nutzungs- und letztendlich objektspezifisch definiert werden. Auch wenn derartige Anforderungen sehr detailliert und differenziert aufgestellt werden, würde es immer Fälle geben, in denen entweder wirtschaftliche Potenziale nicht ausgenutzt werden, oder unwirtschaftliche Anforderungen gestellt werden.

Verfahren zur Berechnung des Energiebedarfs (DIN V 4108-6/4701-10 und DIN V 18599), die zum Teil differierende Berechnungsergebnisse liefern.

Die grundsätzlichen Vorteile des Referenzgebäude-Verfahrens sind:

- Das Verfahren ermöglicht eine objekt- und nutzungsspezifische Formulierung von Anforderungen, damit kann der wirtschaftlich vertretbare Bereich gut ausgenutzt werden.
- Das Verfahren enthält einen praktisch umsetzbaren Vorschlag zur Ausführung der Bau- und Anlagentechnik (mit zusätzlicher Beachtung der Nebenanforderung), sofern der Anforderungswert direkt, d.h. ohne Abschlagsfaktoren, aus dem Referenzgebäude abgeleitet wird.
- Die Methode ist einheitlich für Wohngebäude und Nichtwohngebäude anwendbar. Sie kann daher problemlos auch bei gemischt genutzten Gebäuden Anwendung finden.
- Das Verfahren ist vergleichsweise robust gegenüber dem Berechnungsverfahren, kann also beispielsweise auch bei mehreren Berechnungsalternativen verwendet werden. Es muss bei Änderung von Randbedingungen (z.B. Klimadaten) nicht angepasst werden.
- Durch die Einführung von Abschlagsfaktoren kann das Anforderungsniveau beliebig skaliert werden, ohne Änderungen am Referenzgebäude vorzunehmen. Detaillierte Überlegungen zum Referenzgebäude sind damit auch bei Verschärfungen entbehrlich, gleichzeitig werden Verschärfungen auch zahlenmäßig sofort offensichtlich.
- Das Verfahren kann sowohl für die Hauptanforderung (Primärenergiebedarf) als auch für die aktuelle Nebenanforderung (baulicher Wärmeschutz) verwendet werden.

Die wesentlichen Nachteile des Referenzgebäude-Verfahrens sind:

- Der exemplarische Ausführungsvorschlag der Referenz wird teilweise als verbindliche Vorgabe missverstanden oder ohne weiteres Nachdenken in die Planung/Ausführung übernommen, dadurch bleiben wirtschaftliche und energetische Alternativen und Optimierungsmöglichkeiten ungenutzt.
- Der Gebäudeentwurf findet im Hinblick auf die Gebäudeorientierung und die Gebäudekompaktheit keine Berücksichtigung.
- Mit der Einführung von Abschlagsfaktoren erfüllt das Referenzgebäude die Anforderungen der EnEV nicht mehr, beschreibt also keine direkt umsetzbare Ausführungsvariante.
- Durch die Einführung von Abschlagsfaktoren ergibt sich in Sonderfällen mit einem hohen Einfluss technischer Komponenten, die nicht im Referenzgebäude beschrieben sind und die daher vom ausgeführten Gebäude übernommen werden, eine größere prozentuale Verschärfung als intendiert.
- Das Referenzgebäude sollte nicht nur die Anforderungen der EnEV, sondern auch sonstige rechtliche Vorgaben, wie z.B. das EEGWärmeG, erfüllen. Dies erfordert zusätzliche Abstimmungen und Überlegungen.

Mögliche Ansätze zur Einbeziehung der Gebäudeorientierung und der Gebäude-Kompaktheit werden bereits im Gutachten „Untersuchung zur weiteren Verschärfung der energetischen Anforderungen an Gebäude mit der EnEV 2012 – Anforderungsmethodik, Regelwerk und Wirtschaftlichkeit“ (BMVBS-Online-Publikation, Nr. 05/2012) [3] diskutiert und hier nicht nochmals ausgeführt.

Empfehlungen für die EnEV 2017 zum Referenzgebäude

Angesichts der dargestellten Vor- und Nachteile sowie möglicher Gestaltungsoptionen des Referenzgebäudeverfahrens wird aufgrund

- der Kontinuität in der EnEV-Fortschreibung,
- der transparenten Formulierung einer ausführlichen und eingeführten Referenz,
- des Umstandes, dass für Wohngebäude weiterhin zwei Nachweisverfahren (zumindest für eine Übergangszeit) zur Anwendung kommen sollen (Diskussionsstand bei Berichtsabfassung),
- der Verwendung einer einheitlichen Methodik für Wohn- und Nichtwohngebäude

empfohlen, sowohl die Anforderungsmethodik des Referenzgebäudeverfahrens als auch die technische Ausgestaltung des Referenzgebäudes im Rahmen der geplanten EnEV-Novellierung beizubehalten. Gewünschte Verschärfungen der Haupt- und ggf. auch der Nebenanforderung sollten durch Abschlagsfaktoren einbezogen werden. Dabei könnte der Abschlagsfaktor, anders als bisher, auch gewerkespezifisch festgelegt werden. Dies würde eine bessere Ausnutzung der unterschiedlich hohen wirtschaftlich erschließbaren Einsparpotenziale in den einzelnen Gewerken ermöglichen, wäre jedoch schwieriger zu kommunizieren.

Die in Anlage 1 Tabelle 2 der aktuellen EnEV formulierten Höchstwerte des spezifischen Transmissionswärmeverlustes könnten beibehalten werden. Die Werte verlieren jedoch bei einer ambitionierteren Nebenanforderung zunehmend an Einfluss, die bisherige Begrenzung bspw. hinsichtlich des Fensterflächenanteils wird geringer. Alternativ können die Werte abgesenkt werden und damit eine Kontinuität bei der Begrenzung des Fensterflächenanteils erreicht werden.

Wenn abweichend von der ausgesprochenen Empfehlung ein neues Referenzgebäude beschrieben wird, dann sind dabei folgende Randbedingungen zu berücksichtigen:

- Die technische Ausführung für die Beleuchtung und den baulichen Wärmeschutz sind an den aktuellen Stand der Technik anzupassen.
- Aus Sicht des Primärenergiebedarfs hat in Gebäuden mit hohem Heizanteil der Wärmeerzeuger eine zentrale Bedeutung. Primärenergetisch effiziente Lösungen sind häufig nicht für alle Fälle sinnvoll und/oder wirtschaftlich einsetzbar, dies betrifft bspw. Wärmepumpen, BHKW und auch die Kombinationen aus Gas-Kessel und Pelletkessel. Außerdem lassen sich nur wenige baubare Erzeuger im Sinne des gewünschten Anforderungsniveaus bezüglich der Effizienz skalieren, die hier geeignete Versorgung mit Nah-Fernwärme ist in der Mehrzahl der Neubaufälle nicht verfügbar. Elektrische Wärmepumpen insbesondere mit Wärmequelle Luft erscheinen angesichts der im Abschnitt 2.2 geführten Diskussion ohne genauere Überlegungen zum anzusetzenden Primärenergiefaktor problematisch.

2.7 Analyse der Umsetzungen bzw. Interpretationen der EPBD (Gebäude-RL) in den anderen EU-Mitgliedsländern

Die Neufassung der Gebäude-RL enthält Anforderungen hinsichtlich des allgemeinen Rahmens für eine Methode zur Berechnung der integrierten Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und Gebäudeteilen; der Anwendung von Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz neuer Gebäude und Gebäudeteile; sowie der Anwendung von Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von

- bestehenden Gebäuden, Gebäudeteilen und Gebäudekomponenten, die einer größeren Renovierung unterzogen werden,
- Gebäudekomponenten, die Teil der Gebäudehülle sind und sich erheblich auf die Gesamtenergieeffizienz der Gebäudehülle auswirken, wenn sie nachträglich eingebaut oder ersetzt werden und
- gebäudetechnischen Systemen, wenn diese neu installiert, ersetzt oder modernisiert werden.

Bei den Anforderungen dieser Richtlinie handelt es sich um Mindestanforderungen; sie hindern die einzelnen Mitgliedstaaten nicht daran, verstärkte Maßnahmen beizubehalten oder zu ergreifen. Die betreffenden Maßnahmen müssen mit dem Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union vereinbar sein. Sie werden der Kommission notifiziert. Diese Rahmenanforderungen waren bereits Bestandteil der Erstveröffentlichung der Richtlinie (Richtlinie 2002/91/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2002) und sind im Rahmen der EnEV Novellierungen bereits zum früheren Zeitpunkt national umgesetzt worden.

Ergänzend wurde mit der Neufassung von 2010 aber eine perspektivische Anforderung an Gebäude aufgenommen, die besagt, dass die Mitgliedsstaaten gewährleisten müssen, dass

- bis 31. Dezember 2020 alle neuen Gebäude, Niedrigstenergiegebäude sind und
- nach dem 31. Dezember 2018 neue Gebäude, die von Behörden als Eigentümer genutzt werden, Niedrigstenergiegebäude sind.

Ein „Niedrigstenergiegebäude“ im Sinne der Richtlinie ist ein Gebäude, das eine sehr hohe, nach Anhang I der Richtlinie bestimmte Gesamtenergieeffizienz aufweist. Der fast bei Null liegende oder sehr geringe Energiebedarf sollte zu einem ganz wesentlichen Teil durch Energie aus erneuerbaren Quellen — einschließlich Energie aus erneuerbaren Quellen, die am Standort oder in der Nähe erzeugt wird — gedeckt werden. Zur Berechnung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden haben die Mitgliedstaaten eine Methode anzuwenden, die mit dem in Anhang I der Richtlinie festgelegten gemeinsamen allgemeinen Rahmen im Einklang steht.

Die Mitgliedsstaaten haben die praktische Umsetzung der Definition der Niedrigstenergiegebäude, in der die nationalen, regionalen oder lokalen Gegebenheiten erläutert werden, einschließlich eines numerischen Indikators für den Primärenergieverbrauch in kWh/m² pro Jahr, in den der Kommission zu übermittelnden nationalen Plänen spätestens im März 2018 ausführlich darzulegen.

Deutschland hat die praktische Umsetzung der Definition bisher noch nicht vollzogen. Die beiden Komponenten der Definition lauten

- Ein fast bei Null liegender oder sehr geringer Energiebedarf (Anforderungscharakter),
- welcher zu einem ganz wesentlichen Teil durch Energie aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden sollte (anzustrebender Charakter).

Die Anforderungen des Niedrigstenergiegebäudes (Art 9 der RL) müssen natürlich auch die Mindestanforderungen zum kostenoptimalen Niveau (Art. 4 der RL) erfüllen. Das kostenoptimale Niveau definiert (aus energetischer Sicht) jedoch lediglich das Minimum, das eingeführt werden muss. Es besteht also keine Herausforderung darin, beiden Vorschriften gerecht zu werden, denn Art. 4 der RL kann nicht die Einführung des Niedrigstenergiegebäudes behindern (das kann nur Art. 9 Abs. 6 der RL, der die wirtschaftliche Ausnahmeregelung beschreibt, die von den Mitgliedsstaaten angewendet werden kann).

Da die Anforderungen perspektivisch (2019 bzw. 2021) zu definieren sind, bestehen hohe Unsicherheiten in der Entwicklung der zugrunde zu legenden Randbedingungen, wie z.B. Energiepreise, Kostenentwicklungen, Effizienzoptimierungen, etc.. Dies führt dazu, dass erst wenige Mitgliedsstaaten die praktische Umsetzung der Definitionen vollzogen haben. Viele Länder planen erst zu einem sehr späten Zeitpunkt die Anforderungen zu definieren, um die zugrunde liegenden Unsicherheiten soweit wie möglich zu reduzieren. Bild 1 zeigt die im Rahmen des EU Concerted Action EPBD Projektes analysierten vorgesehenen Zeitpläne der Nationalstaaten zur Festlegung des Niveaus von Niedrigstenergiegebäuden.

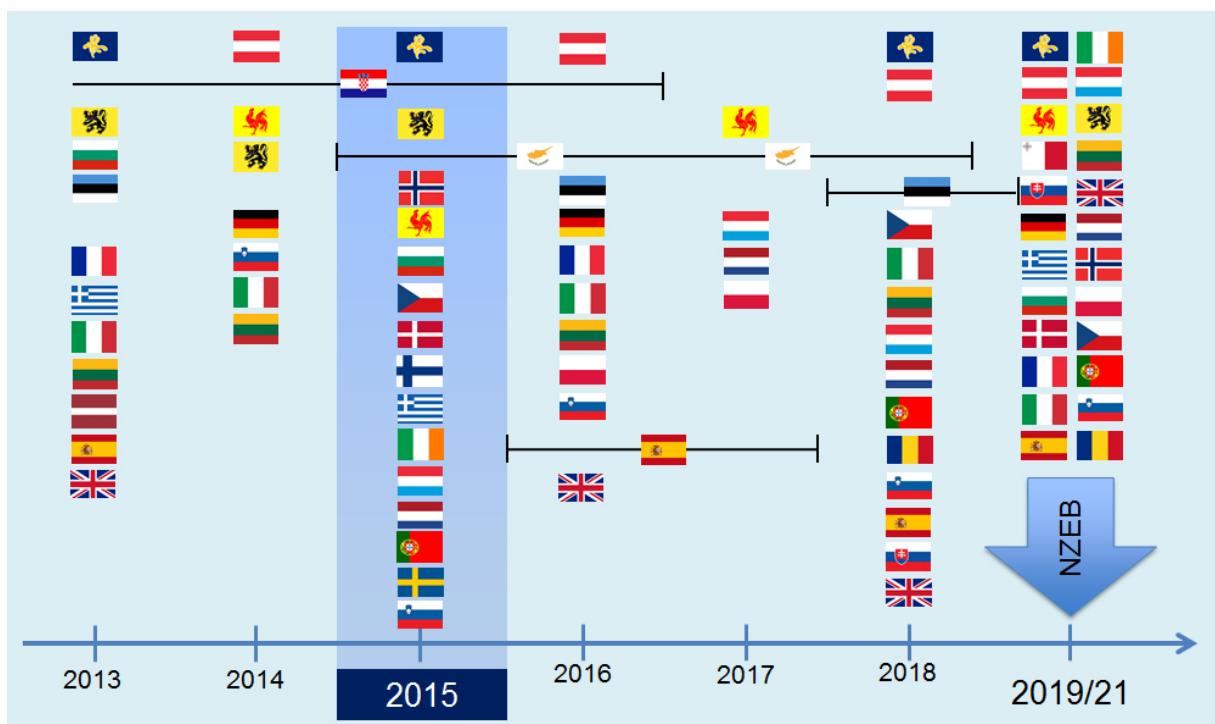


Bild 2-1: Zeitpläne zur Festlegung der Anforderungen und der Zwischenziele für die praktische Umsetzung der Definition der Niedrigstenergiegebäude in den verschiedenen Mitgliedsstaaten und die Deadline für Niedrigstenergiegebäude in 2019/2021. Die schwarzen Linien zeigen die Zeitspanne in denen eine Verschärfung der derzeitigen Anforderungen in den Mitgliedsstaaten geplant sind. Die Graphik entstand im Rahmen des EU Projektes Concerted Action EPBD

Die Analyse des Status der nationalen Umsetzungen im Rahmendes des EU Concerted Action Projektes ergab (Stand April 2015), das derzeit etwa 60 % der Mitgliedsstaaten in Europa die nationale Definition des Niedrigstenergiehaus-Niveaus gesetzgeberisch verankert haben. Fast alle verwendeten hierbei einen Primärenergieindikator in kWh/m²a. Während viele Mitgliedsstaaten ergänzend Anforderungen an einen „Mindestanteil Erneuerbare Energie“ in Prozent oder einen „Minimalen Beitrag an Erneuerbaren Energien“ in kWh/m²a stellen, formulieren einige Mitgliedsstaaten nur indirekte Anforderungen über niedrige (nichterneuerbare) Primärenergiebedarfswerte, die nur realisiert werden können, wenn erneuerbare Energiesysteme in das Gebäudekonzept integriert sind. Diese Mitgliedsstaaten weisen explizit darauf hin, dass der in der EPBD aufgeführte Hinweis auf

zu verwendende Energie aus erneuerbaren Quellen nach ihrer Auffassung nur einen empfehlenden (anzustrebenden) Charakter hat.

Die Analyse im Rahmen des EU Concerted Action EPBD Projektes ergab ferner, dass es keinen Mainstream bei der nationalen Umsetzung der Definition in Europa gibt, im Gegenteil kein vollkommen vergleichbarer Ansatz zwischen zwei Mitgliedsstaaten erkennbar ist. Es gibt einige Länder, die nur eine einzige Anforderung an Niedrigstenergiehäuser planen (Primärenergie, CO₂ Emission oder Endenergie), die meisten Mitgliedsstaaten streben aber (bis zu 6) ergänzende Anforderungen (mittlere U-Werte, Transmissionswärmeverluste, Effizienzkennzahlen für das Gesamtsystem oder Anlagenbereiche) an.

Ein weiterer in der nationalen Umsetzung festzulegender Definitionsteil ist die Anrechenbarkeit der Energie aus erneuerbaren Quellen — einschließlich der Energie aus erneuerbaren Quellen, die am Standort oder in der Nähe erzeugt wird. Auch hier besteht keine eindeutige Tendenz bei den Mitgliedsstaaten. Einige Länder begrenzen die Anrechenbarkeit auf Anlagen, die am Gebäude montiert sind (z.B. Großbritannien und Frankreich - für PV Paneele) andere auf das Grundstück (z.B. Österreich, Slowenien, Slowakei) einige sogar auf das gesamte Land (Malta). In den Niederlanden und Bulgarien dürfen Energien aus erneuerbaren Systemen angerechnet werden, wenn diese nicht weiter als 10 bzw. 15 km vom zu bewertenden Gebäude entfernt aufgestellt sind. In Dänemark werden Systeme zur Gewinnung erneuerbarer Energie akzeptiert, die in der eigenen Gemeinde oder einer Nachbargemeinde aufgestellt sind, solange der Eigentümer in diese mit investiert hat. Litauen akzeptiert jegliche Art von erneuerbarer Energie, unabhängig davon, wo diese generiert wurde. Mehr als die Hälfte der Mitgliedsstaaten hat die Definition des Begriffs „in der Nähe“ bisher noch nicht vollzogen.

3 Beleuchtungssysteme und Tageslichtversorgung, Nichtwohngebäude

3.1 Übersicht

Installierte Leistungen und damit die Energiebedarfe für Allgemeinbeleuchtungssysteme (z.B. Büros, Industrie, Einzelhandel) sind in den letzten 20 Jahren um mehr als den Faktor drei gesunken. Mit der entsprechenden Nutzung von Lichtmanagementsystemen sind die realisierbaren Einsparungen in Teilen noch größer. Generell steht der Markt im Zeichen des disruptiven Technologiewandels hin zu LED basierten Beleuchtungssystemen. Neue Leuchten für die Allgemeinbeleuchtung werden heute bei fast allen Herstellern nur noch auf Basis der LED Technologie entwickelt. Der Umsatz der Lichtbranche mit LED Technik liegt mittlerweile bei über 50 %. Der heutige Stand der LED Technik liegt im Bereich von $\eta_{Leuchte} = 120 \text{ lm/W}$ und hat sich somit um einen Faktor von ca. 2 vom momentanen Referenzniveau der EnEV entfernt.

Im Bereich der Fassadentechnik haben sich lichtlenkende Systeme als energetisch vorteilhaft erwiesen.

Im Folgenden wird vor diesem Hintergrund die aktuelle Referenztechnik hinsichtlich Potentialen bzgl. des Einsatzes pauschaler Abschlagfaktoren auf den Gesamtprimärenergiebedarf (vgl. Abschnitt 2.6) diskutiert. Des Weiteren wird die Einführung von Anforderungen an die Inbetriebnahme, Inspektion und Fachplanung von Beleuchtungseinrichtungen vorgeschlagen. Die Ausführungen beziehen sich ausschließlich auf Beleuchtungssysteme für „Nicht-Wohngebäude“.

3.2 Referenztechnik Beleuchtung im Kontext pauschaler Abschlagsfaktoren

3.2.1 Aktuelle Referenztechnik

Die Vorgaben an die Referenztechnik für die elektrische Beleuchtung basieren auf Kennwerten, die vor etwa 10 Jahren (im Vorfeld der EnEV 2007) festgelegt wurden. Als Referenz wird „Stabförmige Leuchtstofflampe, EVG, Beleuchtungsart direkt/indirekt“ angeführt, zu bewerten gemäß Tabellenverfahren DIN V 18599-4. Dies entspricht dem damaligen Stand der Technik mit einer Leuchtenlichtausbeute von $\eta_{Leuchte} = 64 \text{ lm/W}$, die sich aus 80 lm/W Systemlichtausbeute (Lampe und elektronisches Vorschaltgerät, was damaliger T8 Technologie entspricht) und einem Leuchtenbetriebswirkungsgrad von $\eta_{LB} = 0,8$ ergibt [4]. Basierend hierauf werden die installierten Leistungen $p_{j,Lx}$ für Beleuchtung in DIN V 18599 parametriert / ermittelt. Die Lichtausbeute wird daher in der EnEV zurzeit nicht expressis verbis vorgegeben, sondern indirekt über die Referenztechnik vorgeben.

Der heutige Stand der LED Technik liegt im Bereich von $\eta_{Leuchte} = 120 \text{ lm/W}$ (für Lichtbänder bis 130 lm/W) und ist damit etwa doppelt so effizient wie die momentane Referenztechnik der EnEV. Dies bedeutet:

- Ein zu niedriger, nicht repräsentativer Referenzwert für Beleuchtung gibt teils hohe Potentiale frei für andere Gewerke. Durch Unterschreiten des Niveaus der in anderen Gewerken aktueller - am Stand der Technik befindlichen - Referenztechnik, kann die energetische Ausführung der Gebäude schlechter als beabsichtigt werden.
- Die Verschiebungspotentiale sind z.T. erheblich: z.B. in Industriehallen mit 64 lm/W gegenüber aktuell 130 lm/W kann dies Unterschiede von $\Delta Q_{l,f} = 10 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, $\Delta Q_{l,primär} = 24$ (ab 2016 18) $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ ausmachen.

Eine Anpassung der Referenztechnik Beleuchtung sollte daher in Erwägung gezogen werden.

3.2.2 Vorschlag Anpassung

Neben den dargestellten Steigerungen der Effizienzen ist bei Festlegung einer Referenz, alternativ zur Verwendung von Abschlagsfaktoren, die Situation am Markt mit einzubeziehen. Hier hat die Leuchtstofflampentechnologie eine noch immer erhebliche Verbreitung, dies aufgrund:

- zurzeit noch niedrigerer Anfangsinvestitionen,
- genereller Marktträgeheiten beim Technologiewechsel (mangelnde Kenntnis über neue Lösungen, Einsatz "altbewährter" Lösungen).

Eine Anpassung von der bisherigen Referenz der älteren Leuchtstofflampentechnologie auf T5 Leuchtstofflampentechnik, EVG und $\eta_{lb} > 0,9$ (effiziente Reflektrooptik) mit Leuchtenlichtausbeuten zwischen 80-85 lm/W entspricht einer Anhebung gegenüber dem bisherigen Niveau von etwa 25 % bis 30 %. Die Verbesserung stünde somit im Einklang mit dem gemäß Anforderungsniveau EnEV 2016 vorgesehenen Abschlagsfaktor von 0,75. Ebenso könnte eine direkte Anpassung auf den Stand der Technik erfolgen. Auf Basis der momentanen Marksituation, d.h. der o.g. noch immer starken Verbreitung der Leuchtstofflampentechnik und nicht alle LED Produkte auf dem Niveau des Standes der Technik, kann eine spätere Anpassung erwogen werden. Bei der aber zu erwartenden Marktentwicklung könnte eine zweite Anhebung (Größenordnung 100 lm/W (entspräche Abschlagsfaktor von 0,65) bis 115 lm/W (entspräche Abschlagsfaktor von 0,55) für eine folgende Novellierung der EnEV betrachtet werden.

3.2.3 Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit der Anhebung des Referenzniveaus auf 80-85 lm/W ist gegeben. Erzielbare diskontierte Einsparungen liegen in Büroräumen (Nutzung mit vergleichsweise geringer Nutzungszeit, d.h. in den meisten anderen Anwendungen höhere Einsparungen) bei über 100 €/Leuchte. Für den Wechsel von T8 (überwiegende Lampen Effizienzklasse A) auf T5 (überwiegende Lampen Effizienzklasse A+) konnten in einer Marktrecherche keine strukturellen Mehrkosten von T5 Lampen gegenüber der T8 Technologie gefunden werden. In Teilen wird T5 Technik sogar günstiger angeboten als T8 Technologie. Gemäß der Erhebung liegt der Mittelwert stabförmiger Leuchtstofflampen vom Typ T5 bei 0,93 €/klm; für den Typ T8 bei 1,77 €/klm, vgl. Bild 5-1.

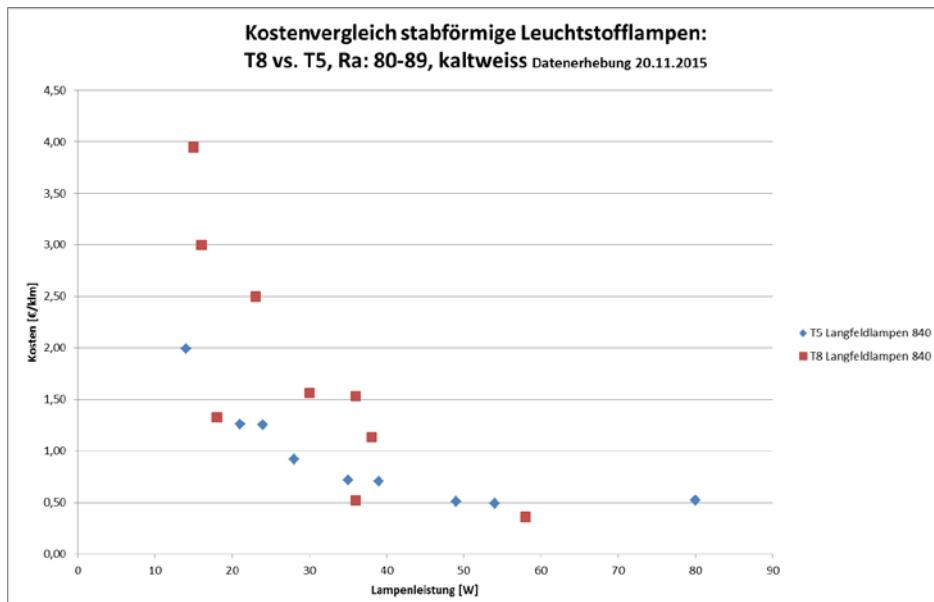


Bild 3-1:

Kostenvergleich stabförmige Leuchtstofflampen: T8 vs. T5, Ra: 80-89, kaltweiß

Bzgl. Leuchtenbetriebswirkungsgraden wurden geringe maximale Mehrkosten von 25 €/Leuchte (auf Basis Listenpreise) für höhere Leuchtenbetriebswirkungsgrade $\eta_{LB} \geq 0,9$ gegenüber Leuchten mit geringerem Leuchtenbetriebswirkungsgrad mit $\eta_{LB} \leq 0,8$ ermittelt. Erheblich stärker Preis differenzierend ist bei Leuchten das Design.

Abstimmung mit geplanten Anpassungen mit Tabellenverfahren DIN V 18599-4

Damit Abschlagsfaktoren auch im Bereich der Beleuchtung einfach genutzt werden können, kann die Planungspraxis durch folgende geplante Anpassungen der DIN V 18599-4 unterstützt werden. Es werden weitere Lampenklassen im Tabellenverfahren aufgenommen:

- "T5 stabförmig, EVG, eingebaut in effiziente Leuchten mit $\eta_{LB} \geq 0,9$ " mit einem hinterlegten Abschlagsfaktor $k_L = 0,8$. Diese Technik kann direkt ausgewählt werden und entspräche etwa einem Abschlagsfaktor von 0,75.
- Entsprechend werden die Werte für die LED Technik aktualisiert, so dass durch direkte Auswahl einfach die Abschlagsfaktoren der Größenordnung 0,65-0,55 parametrieren werden können.

Des Weiteren ist in der Überarbeitung geplant, das Tabellenverfahren derart zu erweitern, dass die Leuchtenlichtausbeute zukünftig direkt eingegeben werden kann, über:

$$k_L = \eta_{Leuchte} \frac{1}{64 \frac{lm}{W}} = \frac{\eta_{Lampe} \eta_{LB}}{f_{VG}} \frac{1}{64 \frac{lm}{W}}$$

k_L kann in Abhängigkeit davon ermittelt werden, welche Kennwerte vorliegen:

- nur $\eta_{Leuchte}$ bei neuen integrierten LED Produkten oder
- η_{Lampe} , f_{VG} und η_{LB} (oder $\eta_{System} = \eta_{Lampe}/f_{VG}$) bei konventionellen Leuchten, getrennt, nach Lampe, Betriebsgerät und Leuchte.

Sämtliche Größen $\eta_{Leuchte}$ bzw. η_{Lampe} , f_{VG} (oder $\eta_{System} = \eta_{Lampe}/f_{VG}$) und η_{LB} sind einfach zu beschaffende Größen. Somit kann der nach wie vor großen Dynamik der LED Entwicklung Rechnung getragen werden. Jeweils aktuellere, bessere Kennwerte können dann auch zwischen den einzelnen Versionen der DIN V 18599 mit dem Tabellenverfahren berücksichtigt werden.

3.3 Mögliche Anforderungen an Inbetriebnahme, Inspektion und Fachplanung

Anforderungen im Bereich Beleuchtung beziehen sich zurzeit ausschließlich auf die Referenztechnik. Damit handelt es sich um verrechenbare Vorgaben. Es ist daher ein Ausgleich über andere technische Gewerke möglich. Mindestanforderungen liegen im Bereich Beleuchtung nicht vor. Generelle Ansätze sind in Tabelle 3-1 gegenübergestellt. Vor dem Hintergrund der teilweise erheblichen, technisch einfach und auch wirtschaftlich gut zu allozierenden Einsparpotentiale, werden im Folgenden als umsetzbar erachtete Nebenanforderungen vorgeschlagen und diskutiert. Diese sind in Tabelle 3-1 grün markiert.

Tabelle 3-1: Zusammenstellung unterschiedlicher möglicher Maßnahmen. Grün markierte Maßnahmen werden zur Umsetzung empfohlen.

Art der Maßnahme			Kurzbeschreibung	Kurzdiskussion		
Inbetriebnahme (Neubau und Sanierung)	Komponenten-bezug	elektrische Beleuchtung	Vorgaben an Mindestlichtausbeuten für Leuchten	Einfache „Ein Kriterium Anforderung“ Keine Vorberechnung erforderlich.		
			Vorgaben an die installierte Leistung gemäß Verfahren DIN V 18599-4	Erfordert Vorberechnung gemäß Tabellenverfahren DIN V 18599-4.		
		Tageslicht	Lichtlenkender Sonnen- / Blendschutz zur Raumtiefenbeleuchtung, bei Ost-Süd-West-Fassaden	Einfache „Ein Kriterium Anforderung“. Keine Vorberechnung erforderlich.		
		Licht-managemen-t	Tageslichtabhängiges Lichtmanagement und präsenzabhängiges Schalten, vgl. EnEV-Anforderungen (siehe auch DIN V 18599-4, Anlage 5)	Bereits Referenztechnik. Anforderung nur für Neubau geeignet. Für Sanierung Aufwand oft zu großer Installationsaufwand.		
	Verfahrensbezug		Vorgabe Energiebedarf auf Basis eines Vielfachen der Referenztechnik (z. B. 1,0 bei aktualisierter Referenztechnik)	Erfordert Vorberechnung gemäß Tabellenverfahren DIN V 18599-4.		
			Vorgabe einer maximalen Gesamtaufwandszahl für die eingesetzten technischen Komponenten (Leuchten, Lichtmanagement)	Erfordert Vorberechnung gemäß Tabellenverfahren DIN V 18599-4. Aufwandszahlen Beleuchtung noch nicht breit genug in Praxis eingeführt.		
	Komponenten-bezug	elektrische Beleuchtung	Benennung ineffizienter Techniken(gruppen), z. B. Prismenwannenleuchten mit T8, KVG	Da Einschaltzeiten nicht mit einfließen, kann Wirtschaftlichkeit in der Sanierung (Austausch Leuchten!) nicht automatisch sichergestellt werden.		
Außerbetriebnahme			Pauschale Altersbeschränkung (vgl. Heizkessel)	Alter von Beleuchtungsanlagen oft schwer ermittelbar. Dezentral über Gebäude verteilt.		
			Gesamtaufwandszahl, siehe auch Inbetriebnahme Vorgabe an Energiebedarf	Erfordert Vorberechnung gemäß Tabellenverfahren DIN V 18599-4. Aufwandszahlen Beleuchtung noch nicht breit genug in Praxis eingeführt.		
Inspektion			Qualifizierte Inspektion der Beleuchtungsanlage (technischer Zustand, Einsparpotentiale) ähnlich Klimaanlagen EnEV §12	Kann im Rahmen von „Sowieso Gebäudebegehungen“ wie BGV A3 durch Elektrofachkräfte erfolgen.		
Fachplanung			Abforderung einer qualifizierten Lichtplanung (Fachplanung) bei z.B. zahlreichen gleichen Typräumen	Einfache Verbesserungsmöglichkeit der oft energetisch unzureichenden Planungsqualität.		

3.3.1 Inbetriebnahme

Eine Anforderung an die Inbetriebnahme von Beleuchtungsanlagen kann helfen, die realisierte Energieeffizienz im Bereich der Beleuchtung sowohl im Neubau als auch in der Bestandsertüchtigung erheblich zu steigern. Im Folgenden werden mögliche eigenständige Anforderungen an Leuchten, Fassade und / oder Lichtmanagement vorgestellt.

3.3.1.1 *Mindestlichtausbeute für das System „Leuchte“*

Betrachtete Fälle

Die Leuchtenlichtausbeute wird ein direkter Eingangswert der in der Überarbeitung befindlichen DIN V 18599-4, vgl. auch Kapitel 3.2.2. Bild 3-2 enthält Leuchtenlichtausbeuten für ausgewählten Hauptnutzungsarten

- Verkehrswege,
- Büros / Klassenräume / Besprechung,
- Industrie (vergleichbar auch z.B. Lager).

mit dort üblicherweise eingesetzten Leuchtenklassen, welche jeweils auch in anderen Nutzungsarten zum Einsatz kommen. Die Leuchtenlichtausbeute ist jeweils angegeben in einer „niedrig-effizienten Ausführung“ und in einer „Stand der Technik Ausführung“, in Teilen sind relevante Zwischenlösungen mit aufgeführt. Bild 3-2 ist des Weiteren das bisherige EnEV Referenzniveau (64 lm/W) und das vorgeschlagene neue Referenzniveau (80 lm/W) (entspricht Abschlagfaktor von 0,75) zu entnehmen.

Die Parametrierung der Räume erfolgte auf Grundlage [5]. Die jeweilige installierte Leistung der elektrischen Beleuchtung wurde entsprechend angepasst.

Vorgeschlagene Anforderung

Als Inbetriebnahmeanforderung wird vorgeschlagen, die Referenz T5, EVG, Beleuchtungsart direkt / indirekt (entspricht Abschlagsfaktor 0,75) geteilt durch 1,2, d.h. auf 66 lm/W abzusenken. Bild 3-2 ist zu entnehmen, dass für Leuchtensysteme die von der Anforderung betroffen wären, d.h. die nicht mehr in Betrieb zu nehmen wären,

- jeweils Alternativlösungen verfügbar sind und
- diese Alternativlösungen geringere Kapitalwerte über 20 a aufweisen, die Inbetriebnahmeanforderung somit wirtschaftlich ist.

Leuchtensysteme (System aus Lampe, Betriebsgerät und Leuchte), die nicht mehr in Betrieb genommen werden können, sind u.a.: Downlights mit Kompakteuchtstofflampen, Leuchten auf Basis von Langfeldleuchtstofflampen mit Reflektoren niedriger Effizienz und „High Bay“ Leuchtenysteme mit Reflektoren niedriger Effizienz.

Des Weiteren wird ersichtlich, dass in den meisten Bereichen, in denen der Einsatz von LEDs möglich ist (übliche Umgebungstemperaturen) bereits heute die LED die wirtschaftlichste Lichtquelle ist. Bei den untersuchten Varianten ist lediglich im Fall von Büros, oder büroähnlichen Nutzungen die konventionelle T5 Lampentechnik mit effizienten Reflektoren zurzeit noch wirtschaftlicher.

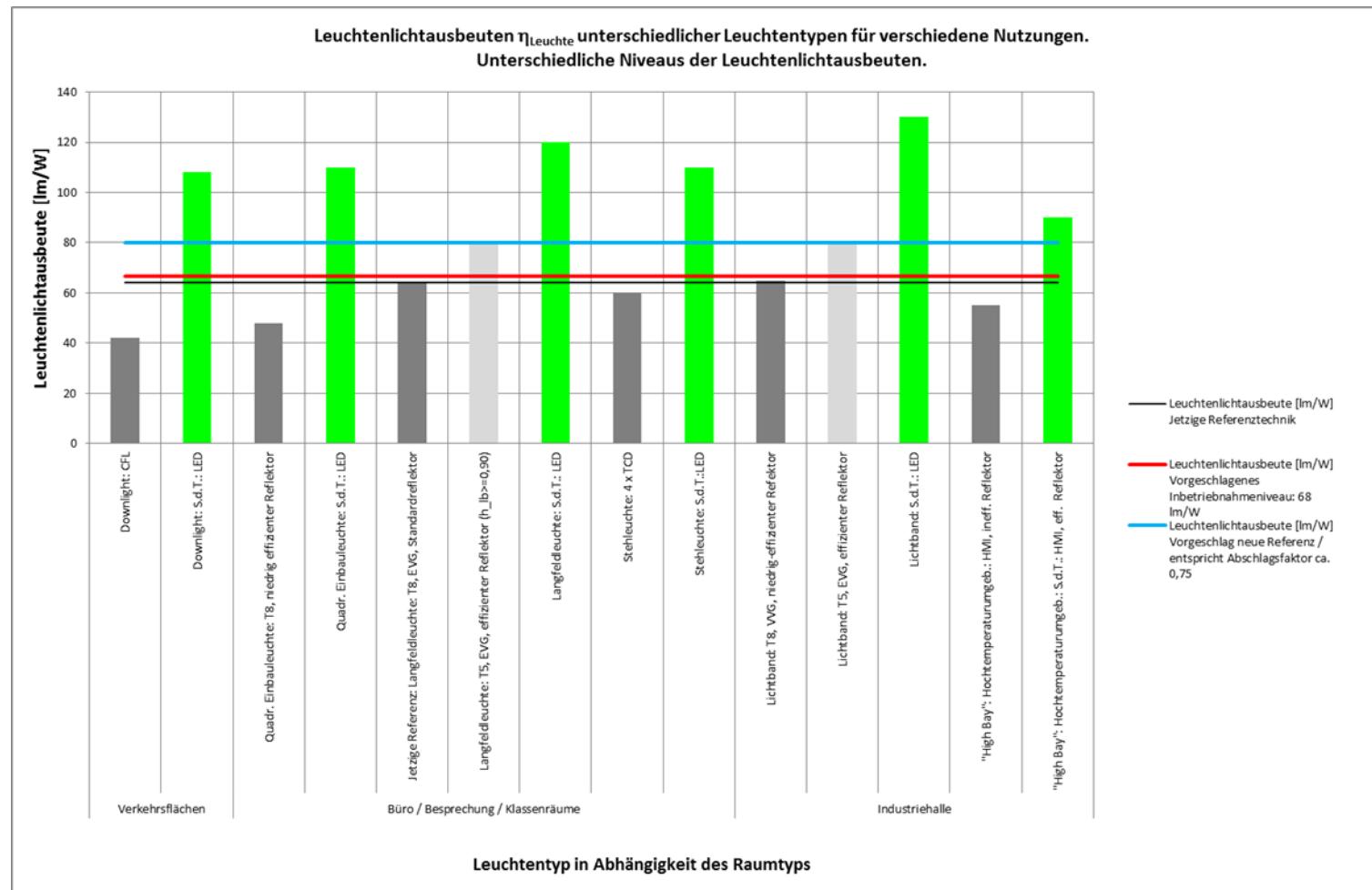


Bild 3-2: Leuchtenlichtausbeuten typischer elektrischer Beleuchtungslösungen (repräsentative niedrigeffiziente Leuchten: dunkelgrau. Stand der Technik Leuchten (S.d.T.): grün), Angabe verschiedener Niveaus der Leuchtenlichtausbeute.

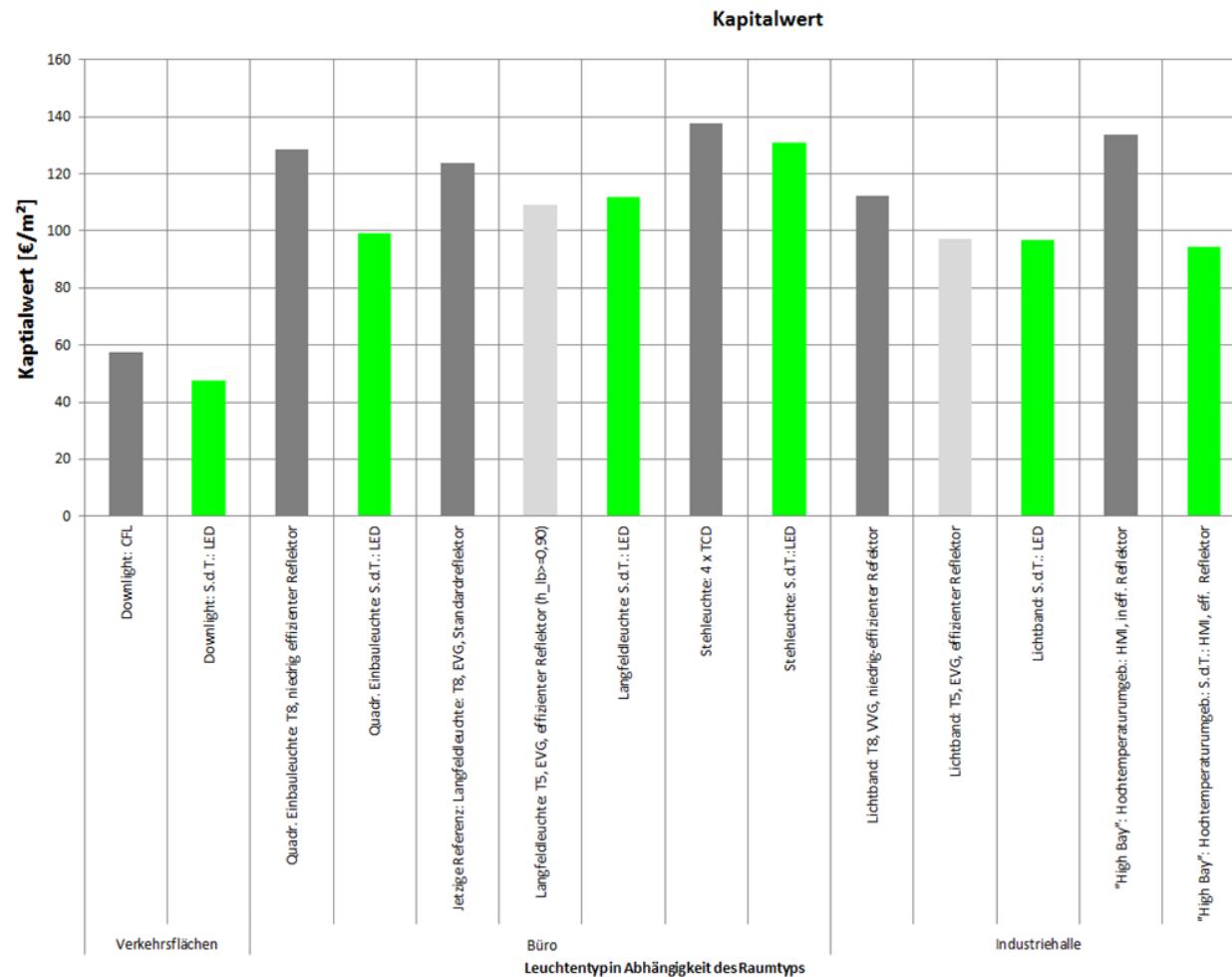


Bild 3-3: Kapitalwerte unterschiedlicher Beleuchtungslösungen. Annahmen Strompreis 0,298 €/m², Kalkulationszinssatz 1 %, Preissteigerungsrate 0,1 %, Betrachtungszeit 20 a.

Auslösetatbestand

Die Inbetriebnahmeanforderung wird für Neubau und Sanierung, hierbei für jede Veränderungsmaßnahme empfohlen (Leuchtenbezug: d.h. bei Austausch jeder Leuchte, alternativ Raumbezug: d.h. bei Austausch des Beleuchtungssystems in einem Raum (-bereich), gemäß Begrifflichkeit DIN V 18599-4 „Beleuchtungsbereich“). Die erforderlichen Kennwerte sind einfach zu ermitteln (Herstellerkataloge, Webseiten, direkt in Planungsprogrammen).

Bezug zu ERP-Richtlinien

Die Leuchte als System aus den Komponenten Lampe, Betriebsgerät, Reflektor mit Angabe einer Mindestlichtausbeute fällt nicht unter eine bestehende ERP Richtlinie (wie EG 244/2009). Eine Vorgabe an ein Labelling von Leuchten besteht lediglich darin, die Effizienz der für den Einsatz in der Leuchten geeigneten Leuchtmittel anzugeben. Die mit maßgebliche Effizienz der Leuchte (Leuchtenbetriebswirkungsgrad η_{LB}) ist nicht mit einbezogen.

3.3.1.2 *Lichtlenkender Sonnen- und Blendschutz*

An Ost- über Süd- bis Westfassaden bietet sich der Einsatz lichtlenkender Sonnen- / Blendschutzlösungen an, vgl. Bild 3-4. Hierdurch kann die Tageslichtversorgung in den Räumen erhöht und der Kunstlichteinsatz gesenkt werden. Einfache Ausführungen lichtlenkender Systeme nach DIN V 18599-4 sind konventionelle Raffstoren, die im sogenannten Cut-Off-Modus betrieben werden. Auch gesamtenergetisch verhalten sich die Systeme effizienter [6], [7]. Bei ausgewählten Herstellern ist dieser Betriebsmodus bereits standardmäßig in die Behangansteuerung integriert, d. h. mit keinen weiteren Mehrkosten verbunden. Auch andere Lösungen, wie zweigeteilte Behänge, vgl. Bild 3-4 rechts, haben gegenüber konventionellen Raffstoren nur moderate Mehrkosten von ca. 10 € / Behang, was bei einem üblichen Büroum unter 1 € pro Quadratmeter Nutzfläche entspricht und damit durch die erzielbaren Energieeinsparungen wirtschaftlich ist. „Lichtlenkender Sonnen- und Blendschutz“ wird zur Umsetzung in einer Inbetriebnahmeanforderung für die gleichen Nutzungen für die bereits tageslichtabhängige Beleuchtungskontrolle gilt, empfohlen: Nutzungen 1 bis 4, 8, 12, 28, 31 und 36.

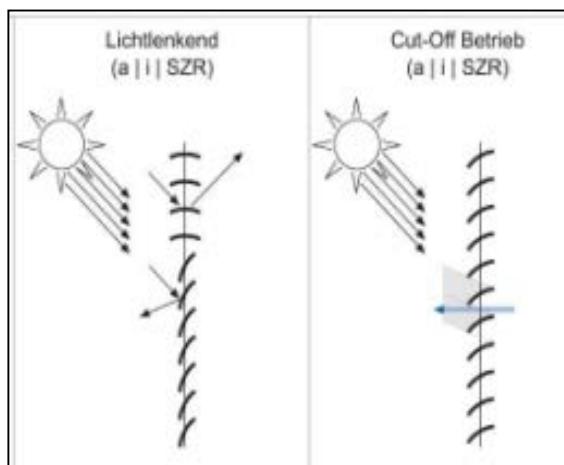


Bild 3-4: Beispielhafte Sonnen- und Blendschutzsysteme mit Lichtlenkung nach DIN V 18599-4. (Bildquelle: FHG-IBP)

3.3.1.3 *Lichtmanagement*

Die jetzige Referenztechnik im Bereich des Lichtmanagements (vgl. Tabelle 3-2) kann als Vorlage für Mindestanforderungen dienen. Allerdings ist bei Altbauten ein zum Teil nicht unerheblicher Aufwand bei der Nachinstallation von Lichtmanagementsystemen zu beachten, so dass diese Maßnahme nur für Neubauten empfohlen wird. Der Wirtschaftlichkeitsnachweis ist bereits bei Einführung des Lichtmanagement als Referenztechnik geführt worden.

Tabelle 3-2: Referenzanforderungen im Bereich des Lichtmanagements gemäß EnEV 2014

2.2	Regelung der Beleuchtung	<p>Präsenzkontrolle:</p> <ul style="list-style-type: none"> – in Zonen der Nutzungen 4, 15 bis 19, 21 und 31** – im Übrigen: <p>Konstantlichtkontrolle/tageslichtabhängige Kontrolle</p> <ul style="list-style-type: none"> – in Zonen der Nutzungen 5, 9, 10, 14, 22.1 bis 22.3, 29, 37 bis 40***: Konstantlichtkontrolle gemäß DIN V 18599-4: 2011-12 Abschnitt 5.4.6 – in Zonen der Nutzungen 1 bis 4, 8, 12, 28, 31 und 36***: tageslichtabhängige Kontrolle, Kontrollart „gedimmt, nicht ausschaltend“ gemäß DIN V 18599-4: 2011-12 Abschnitt 5.5.4 (einschließlich Konstantlichtkontrolle) – im Übrigen: 	mit Präsenzmelder manuell
-----	--------------------------	---	------------------------------

3.3.2 *Inspektion*

Als weitere Maßnahme bietet sich die Inspektion von Beleuchtungsanlagen an (EU-rechtlich nicht vorgegeben). Hierdurch kann zunächst vor allem Transparenz über den technischen und energetischen Zustand der Beleuchtungsanlage hergestellt werden. Nachfolgend kann dies bei aufgezeigten Effizienzpotentialen der untersuchten Objekte zu verstärkten Sanierungsaktivitäten führen.

Analog der energetischen Inspektion von Klimaanlagen (EnEV §12) könnte eine Inspektion von Beleuchtungsanlagen die Prüfung der Komponenten und Feststellung derer Effizienz und die Feststellung der Anlagendimensionierung umfassen. Bei Neuanlagen könnte eine Inspektion beispielsweise erstmalig 4 Jahre nach Inbetriebnahme der Anlage und dann alle weiteren 4 Jahre durch qualifiziertes Personal erfolgen. Dies kann durch qualifiziertes Personal, z. B. durch eine Elektrofachkraft im Rahmen der sicherheitstechnischen Prüfung gemäß BGV A3, elektrische Anlagen und Betriebsmittel, im Rahmen von raumweisen Begehungen durchgeführt werden, vgl. Tabelle 3-3. Diese Prüfungen erfolgen im 4-Jahres-Turnus.

Erste vereinzelte privatwirtschaftliche Initiativen (Servicetechniker für Beleuchtungsanlagen) können hierdurch erheblich verstärkt werden. Auf vorgeschriebenes analoges Vorgehen in anderen Gewerken wie Kälte wird hingewiesen.

Eine direkte Aussage über die Wirtschaftlichkeit lässt sich wie auch im bei der Inspektion von Klimaanlagen nicht treffen. Bei dem Sanierungsstau im Bereich von Beleuchtungsanlagen ist allerdings davon auszugehen, dass die Inspektionen eine erhebliche Anzahl veralteter, ineffizienter Anlagen identifizieren werden und allein durch die Potentialidentifikation der Inspektion eine Vielzahl in sich wirtschaftlicher Sanierungsvorgänge angestoßen werden.

Tabelle 3-3: Wiederholungsprüfungen ortsfester elektrischer Anlagen und Betriebsmittel.

Anlage/Betriebsmittel	Prüffrist	Art der Prüfung	Prüfer
Elektrische Anlagen und ortsfeste Betriebsmittel	4 Jahre	auf ordnungsgemäßen Zustand	Elektrofachkraft
Errichten von Niederspannungsanlagen; Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art (DIN VDE 0100-701)	1 Jahr		
Schutzmaßnahmen mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen in nicht stationären Anlagen	1 Monat	auf Wirksamkeit	Elektrofachkraft oder elektrotechnisch unterwiesene Person bei Verwendung geeigneter Mess- und Prüfgeräte
Fehlerstrom-, Differenzstrom- und Fehlerspannungs-Schutzschalter • In stationären Anlagen • In nicht stationären Anlagen	6 Monate arbeits-täglich	Auf einwandfreie Funktion durch betätigen der Prüfeinrichtung	Benutzer

3.3.3 Fachplanung

80 % der neu gebauten Nichtwohngebäude wurden gemäß Branchenerhebungen in Bezug auf die Anordnung der Beleuchtung und Einsatz verfügbarer Beleuchtungstechnologien nicht ausreichend geplant. Verordnungsseitig könnte eine bessere Planung abgefordert werden. So könnte z. B. gefordert werden, ab x (z. B. x = 20) typgleichen Räumen (oder ab 200 m² typgleicher Fläche) wie z. B. Büroräume eine Fachplanung durch eine qualifizierte Person (wie DIN geprüfter Lichttechniker) für einen Tyraum durchzuführen.

4 Technische Randbedingungen (AS 2)

Im Arbeitsschritt 2 werden Fragen zu sinnvollen Anpassungen der technischen Randbedingungen für die Nachweisverfahren zum Jahres-Primärenergiebedarf und für die Festlegung des Anforderungsniveaus beantwortet. Dazu gehörten die Fragen, inwieweit die bisher verwendeten Nutzungsrandbedingungen (Innentemperaturen, Luftwechsel, Nutzungszeiten usw.) bei einem verschärften Anforderungsniveau anzupassen sind. Welche Konsequenzen ergeben sich für das Regelwerk zur Bilanzierung? Erfordern die vorgeschlagenen Anpassungen der Randbedingungen dort Veränderungen?

Bei Wohngebäuden werden die technischen Randbedingungen grundsätzlich als erprobter und besser evaluiert als bei der Vielfalt der Nichtwohngebäude angesehen.

Im Rahmen dieses Projektes werden Hinweise auf Fehlstellen, Unstimmigkeiten und Verbesserungsmöglichkeiten im technischen Regelwerk zur EnEV gegeben. Die konkrete Umsetzung in der Normung ist jedoch i. d. R. nicht durch den Gesetz- und Verordnungsgeber lösbar, da dies Aufgabe der entsprechenden Normungsausschüsse ist und dort meist vertiefende Untersuchungen notwendig sind.

Nachfolgend wird auf die Rechenregel DIN V 18599 Bezug genommen, die Nutzungsrandbedingungen der DIN V 18599 – 10 mit den Präzisierungen der EnEV für Wohngebäude Anlage 1 und Nichtwohngebäude Anlage 2.

Grundsätzlich ist von der Tendenz auszugehen, dass mit zunehmendem Wärmeschutzniveau der Einfluss vor allem der Nutzungsrandbedingungen Warmwasserbedarf, Luftwechselraten, Lüftungsdauer und interne Wärmegewinne auf das Ergebnis zunehmen wird, während der Einfluss von Transmissionswärmeströmen und teilweise auch der Luftinfiltration auf den Heizwärmeverbrauch zurückgehen werden. Abweichungen zwischen Bedarf und Verbrauch sind zwar unvermeidlich. Angestrebt werden sollte jedoch, die Abweichungen klein zu halten, da sie sich negativ auf die Akzeptanz des Verfahrens auswirken. Die Ergebnisse der Nachweisrechnungen werden in der Praxis auch Investitionsentscheidungen beeinflussen. Weichen die Bedarfswerte stärker ab, besteht die Gefahr, Fehlanreize zu setzen.

Beispiele:

- Zu hohe TWW-Nutzenergiebedarfe können z. B. zu überdimensionierten Solaranlagen führen, durch höhere Investitionskosten deren Wirtschaftlichkeit verringern und die öffentliche Akzeptanz negativ beeinflussen.
- Zu hohe Außenluftvolumenströme und Lüftungszeiten bei natürlicher Lüftung wirken sich bei hochgedämmten Gebäuden spürbar erhöhend auf den Heizbedarf aus. Da die mittleren monatlichen Außentemperaturen unterhalb der Soll-Innentemperaturen für den Kühlfall liegen, ergibt sich gleichzeitig ein mindernder Einfluss auf den Kühlbedarf
- Zu niedrig angesetzte interne Wärmegewinne aus der Nutzung (Arbeitshilfen u. ä.) wirken sich bedarfserhöhend auf die Nutzenergie Heizen und bedarfssenkend auf die Nutzenergie Raumkühlung aus. Geringe Bedarfswerte für die Raumkühlung und das gleichzeitige Absenken des Primärenergiefaktors für Strom ab 2016 verringern die Anreize für den Einsatz energieeffizienter Kälte- und Klimatechnik.

4.1 Lüftungszeiten und Luftwechsel für NWG bei Fensterlüftung

Nach dem gegenwärtigen Stand wird bei Nichtwohngebäuden beim Mindest-Außenluftwechsel nicht zwischen natürlicher und mechanischer Lüftung unterschieden.

Grund ist die Annahme vergleichbarer „Nutzen“, also in diesem Fall einer vergleichbaren, systemunabhängigen Raumluftqualität.

Tatsächlich beinhaltet die DIN V 18599 – 10 erhebliche Unterschiede bei den personenbezogenen Mindest-Außenluftvolumenströmen. Beispiele:

- Für die Nutzungsart 3 Großraumbüro wird der personenbezogene Luftvolumenstrom mit $60 \text{ m}^3/(\text{h Pers.})$ angesetzt.
- Bei der Nutzungsart 4 Besprechung / Sitzung / Seminar wird der personenbezogene Luftvolumenstrom mit lediglich $20 \text{ m}^3/(\text{h Pers.})$ angesetzt.

Auch wenn in dem vorgenannten Beispiel unterschiedliche Belegungsdichten und flächenbezogene Grundluftwechsel zu berücksichtigen sind, bleiben Unterschiede bestehen und von einem einheitlichen Nutzen „Raumluftqualität“ kann nur bedingt ausgegangen werden. Vielmehr ist zu vermuten, dass hier Erfahrungswerte aus der Planungspraxis Eingang gefunden haben. Dies muss auch nicht in Frage gestellt werden. In Frage gestellt werden muss dagegen, ob der natürliche Fensterluftwechsel in jedem Fall mit dem mechanisch erzeugten Luftwechsel gleichgesetzt werden soll, wenn dieser teilweise aus der anlagentechnischen Praxis abgeleitet wurde. Grundlage sollte tatsächlich der Nutzen „Raumluftqualität“ und damit eine Beschränkung auf den für eine akzeptable Raumluftqualität notwendigen hygienischen Mindestluftwechsel sein. Die Erfahrungen z. B. bei Schulen zeigen, dass in der Praxis mit Fensterlüftung teilweise sogar deutlich niedrigere Luftwechsel realisiert werden als hygienisch notwendig.

Ein zweiter Widerspruch wird in der Lüftungsdauer gesehen. Die überwiegende Zahl raumlufttechnischer Anlagen verfügt über keine Möglichkeit, den Volumenstrom einzelraumweise bedarfsgerecht zu schalten oder zu regeln. Zentrale raumlufttechnische Anlagen werden nach festem Zeitprogramm zu- und abgeschaltet. Um auch bei gleitenden Arbeitszeiten eine ausreichende Raumluftqualität in allen Räumen sicherzustellen, orientieren sich die Betriebszeiten von RLT-Anlagen häufig an dem frühesten Beginn und dem spätesten Ende der Arbeitszeit im gesamten Versorgungsbereich. Das energetisch nachteilige „Überlüften“ von Räumen ist deshalb als eine Folge des anlagentechnischen Konzeptes anzusehen und nicht als Nutzen, der durch bei natürlicher Lüftung ebenfalls zu decken wäre.

Die Lüftungszeit bei Fensterlüftung hängt dagegen tatsächlich von der tatsächlichen Anwesenheitszeit der Personen ab. Hier findet sich in den technischen Regeln der Widerspruch, dass

- einerseits als (Fenster-)Lüftungsdauer die tägliche Nutzungszeit anzunehmen ist (beim Beispiel Gruppenbüro: 11 h/d)
- andererseits die Wärmeabgabe der Personen und Arbeitshilfen lediglich mit einer deutlich reduzierten Vollnutzungstundenzahl (Beispiel Gruppenbüro: 6 h/d) bilanziert wird.

Tabelle 4-1: Randbedingen Betriebszeit und Nutzungsstunden Gruppenbüro nach DIN V 18599-10

Gruppenbüro (zwei bis sechs Arbeitsplätze)				Nr. 2	
Nutzungszeiten	Uhr d/a	von	bis		
		7:00	18:00		
		250			
Interne Wärmequellen					
Personen (70 W je Person) Arbeitshilfen	Vollnutzungs-Stunden (h/d)	max. spezifische Leistung (W/m^2)			
	tief	mittel	hoch		
	6	4	5	7	
	6	3	7	15	

Mit der 2011 novellierten Berechnungsnorm DIN V 18599 – 2 wurde der Ansatz verfolgt, die Fensterlüftung grundsätzlich auch als „bedarfsabhängige Lüftung“ anzusehen:

„Für Nichtwohngebäude ohne mechanische Lüftung und ohne bedarfsabhängige Volumenstromregelung wird für den nutzungsbedingten Mindestaußenluftwechsel eine automatisierte, bedarfsgeregelte Fensterlüftung in Ansatz gebracht (Präsenzmelder nach DIN V 18599-7). Dabei wird der personenabhängige Teil des Außenluftvolumenstroms ($\dot{V}_A - \dot{V}_{A,Geb}$) mit dem Teilbetriebsfaktor F_{RLT} nach dem Nutzungsprofil nach DIN V 18599-10 beaufschlagt.“

Dies ist zunächst nachvollziehbar, da das manuelle Öffnen der Fenster an die Personenanzahl und einen entsprechenden Bedarf gekoppelt ist.

Entgegen der obigen generellen Regelung kann die folgende Formulierung in der DIN V 18599 – 7

„Die Berechnung des mittleren Außenluftvolumenstroms \dot{V}_{dc} ist sinngemäß auch für die automatisierte, bedarfsgeregelte Fensterlüftung mit motorisierten Beschlägen oder Klappen und Sensoren nach Tabelle 11 anwendbar, wenn bei Kategorien IDA-C4 und IDA-C5 der Außenluftvolumenstrom durch eine geeignete Messgröße quantifiziert werden kann. Bei den Kategorien IDA-C6 ist der Ansatz uneingeschränkt anwendbar.“

so verstanden werden, dass die Berechnung des bedarfsabhängig reduzierten Luftwechsels an das Vorhandensein aktiver Regelungstechnischer Komponenten gekoppelt ist. Hier besteht ein Widerspruch zwischen den beiden Normenteilen, der einer Präzisierung bedarf.

Ein alternativer Ansatz zur „bedarfsgerechten Lüftung“ wäre, die Anzahl der Vollnutzungsstunden zwischen Personenwärmeabgabe und der Fensterlüftung zu vereinheitlichen.

Die nachfolgende Tabelle verdeutlicht am Beispiel Gruppenbüro, dass zwischen beiden Vorschlägen (bedarfsgerecht geregelt innerhalb der Nutzungszeit gegenüber der Vereinheitlichung Lüftungszeit = Personenanzahl) ein erheblicher Unterschied besteht. Bei Berechnung mit dem Modell der bedarfshängigen Lüftung ergibt sich ein tägliches Außenluftvolumen von $39 \text{ m}^3/\text{m}^2$. Würde man die volle Außenluftrate mit der Anwesenheitszeit 6 h/d bewerten, reduziert sich das tägliche Außenluftvolumen um 38 % auf $24 \text{ m}^3/\text{m}^2$.

Tabelle 4-2: Vergleichsrechnung der Luftwechselraten bei bedarfsabhängiger Lüftung und Anpassung der Lüftungsdauer an die Personenanzahl am Beispiel der Nutzungsart Gruppenbüro

		Ansatz als bedarfsgerechte Lüftung	Ansatz mit reduzierter Lüftungszeit
Nutzungszeit	[h]	11,0	6,0
\dot{V}_A	[$\text{m}^3/(\text{h m}^2)$]	4,0	4,0
$\dot{V}_{A,Geb}$	[$\text{m}^3/(\text{h m}^2)$]	2,5	
F_{RLT}	[–]	0,7	
\dot{V}_{dc}	[$\text{m}^3/(\text{h m}^2)$]	3,6	4,0
spez. Luftvolumen je Tag	[$\text{m}^3/(\text{m}^2 \text{ d})$]	39,1	24,0

Im Rechengang berücksichtigt der Bilanzvolumenstrom den nutzerunabhängigen Infiltrationsvolumenstrom. Die Einflüsse des Lüftungsverhaltens werden also bei luftdicht ausgeführten Gebäuden (Hüllflächenbezug der Infiltration) und bei großen Gebäuden stärker sein als bei undichten und kleineren Gebäuden.

Die Anregung für die Normungsarbeit wäre also, die Modellansätze für die Fensterlüftung zu prüfen und eindeutiger zu formulieren. Die Gleichsetzung bzw. Kopplung von personenabhängiger Wärmeabgabe und personenabhängigem Außenluftbedarf erscheint sinnvoller und realitätsnäher.

4.2 Interne Wärmequellen / Strom für Arbeitshilfen

Die nachfolgende Tabelle nimmt Bezug auf ein Mustergebäude aus der Studie zur EnEV 2014 [3]. Dabei handelt es sich um ein mechanisch belüftetes und gekühltes Bürohochhaus mit insgesamt 8 Nutzungszenen und einer Nettogrundfläche von 20.561 m². Im oberen Teil der Tabelle 4-3 wird der Strombedarf der Arbeitshilfen zonenweise mit den Nutzungszeiten und Leistungsansätzen nach DIN V 18599 zu jährlichen Energien hochgerechnet. Der aus den Betriebsstunden und –tagen resultierende Jahresbedarf ergibt sich zu 7,2 kWh/m². Hinzuzurechnen ist der rechnerische Jahresbedarf an elektrischer Endenergie für Heizung, Beleuchtung, Lüftung, Kühlung und Trinkwarmwassererzeugung bei Ausführung als Referenzgebäude. Dieser beträgt 25,6 kWh/m², so dass sich eine Summe an elektrischer Endenergie für das Gebäude einschließlich Nutzung von 32,8 kWh/m² ergibt.

Diesem Bedarfskennwert stehen Verbrauchskennwerte aus der Bekanntmachung für die Ausstellung von Energieverbrauchsausweisen für Nichtwohngebäude in der Kategorie „Bürogebäude, temperiert und mechanisch belüftet“ von 120 kWh/m² nach EnEV 2007 und 85 kWh/m² nach EnEV 2009 gegenüber. Die Verbrauchswerte basieren auf der empirischen Auswertung von Bestandsgebäuden, die auch ältere Baualtersklassen enthalten. Der Vergleichswert 2009 wurde durch einen Abschlagsfaktor gegenüber dem Stand 2007 ermittelt. Insofern kann diese Gegenüberstellung nur eine erste Indikation geben, jedoch sind die Unterschiede erheblich. Allein die Differenz zwischen den Vergleichswerten nach EnEV 2007 und 2009 aufgrund des Abschlagsfaktors ist höher als der gesamte Bedarfswert.

Tabelle 4-3: Gegenüberstellung des rechnerischen Endenergiebedarfs Strom + Arbeitshilfen mit Vergleichswerten für den Verbrauch am Beispiel des Mustergebäudes „Bürohochhaus“ aus [3]

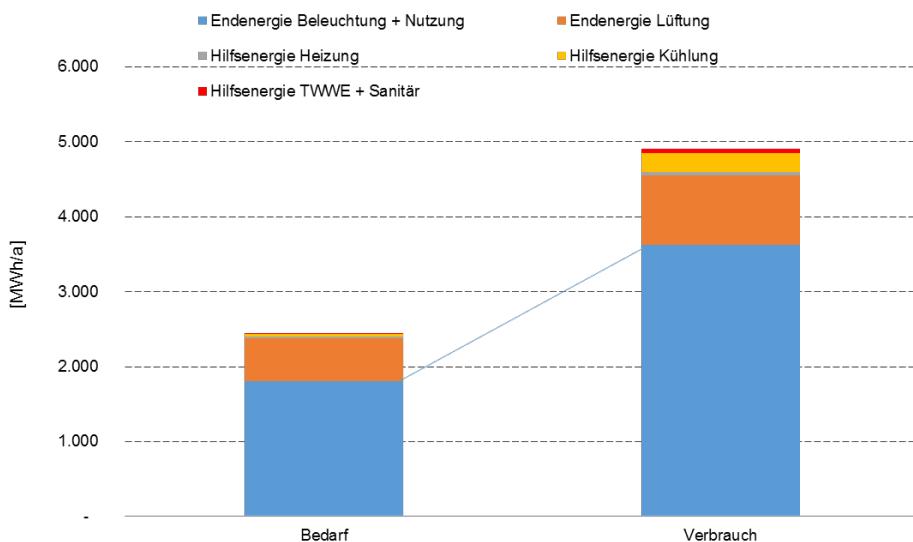
Zone	Nutzung	NF [m ²]	Arbeitshilfen W/m ²	Stunden h/d	Nutzungstage d/a	Jahressumme kWh
1,0	Großraumbüro	2.806		10	6	250 42.090
2,0	Einzelbüro	7.605		7	6	250 79.853
3,0	Besprechung	1.040		2	4	250 2.080
4,0	Verkehrsflächen	6.664		0	0	250 -
5,0	Technik / Lager	1.642		0	0	250 -
6,0	Sanitär	554		0	0	250 -
7,0	Küche	43	300	6	300	23.188
8,0	Restaurant	207		2	5	250 518
		20.561				147.727
Kennwert:		Jahres-Strombedarf für Arbeitshilfen		[kWh/m ²]	7,2	
		Elektr. End- und Hilfsenergiebedarf (EnEV-Referenz 2009)			25,6	
		Jahres-Strombedarf gesamt		[kWh/m ²]	32,8	
Kategorie:		Bürogebäude temperiert + belüftet				
		Verbrauchs-Vergleichswert EnEV 2007		[kWh/m ²]	120,0	
		Verbrauchs-Vergleichswert EnEV 2009		[kWh/m ²]	85,0	
					266%	
					159%	

Wie sich die vorgenannten Differenzen an einem praktischen Beispiel auswirken können, zeigt ein anderes Beispiel aus dem vom BMWi geförderten Projekt Krankenhaus plus. Gegenübergestellt wurden die nach DIN V 18599 mit Standardrandbedingungen berechneten Bedarfswerte und die verursachungsgerecht gemessenen Verbräuche für ein reales Krankenhaus. Bild 4-1 zeigt den Vergleich der Stromkennwerte, Bild 4-2 der Wärmekennwerte.

Der Stromverbrauch für Beleuchtung und Nutzung (eine getrennte Erfassung lag nicht vor) überstieg den abgeleiteten Bedarfswert inkl. Arbeitshilfen um ca. 100 %.

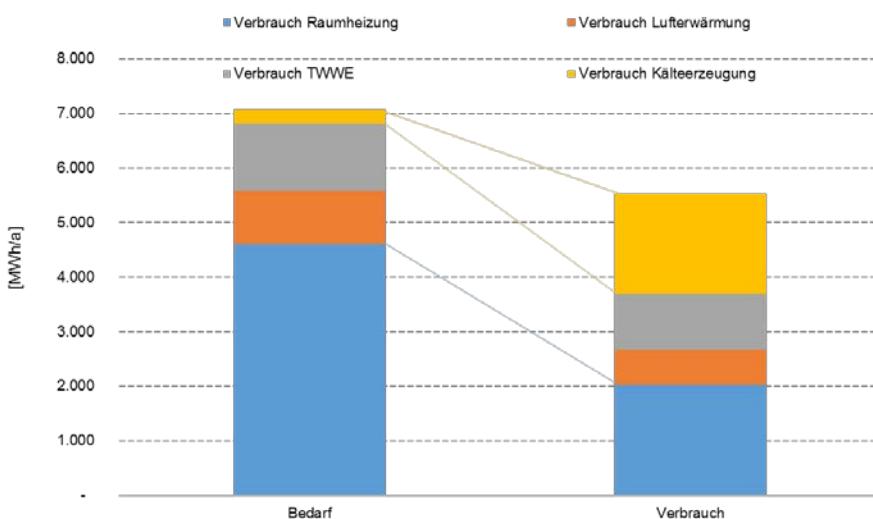
Der erhöhte Stromverbrauch wirkt sich auf die Verbräuche an Heizwärme nach Bild 4-2 folgendermaßen aus:

- Der Heizwärmeverbrauch lag deutlich unterhalb des Bedarfswertes, was zumindest teilweise eine Folge der höheren internen Wärmegewinne durch elektrische Verbraucher sein dürfte.
- Gleichzeitig ergibt sich ein deutlich höherer Wärmeverbrauch für den Antrieb der Absorptionskältemaschinen, als rechnerisch bilanziert wurde. Auch diese Tendenz dürfte durch die erhöhten internen Wärmegewinne verstärkt worden sein.



^{*)} Strombedarf inkl. nutzungsbedingter Anteile (Arbeitshilfen) nach DIN V 18599-10

Bild 4-1: Gegenüberstellung von Bedarf und Verbrauch von Strom am Beispiel eines realen Krankenhauses



^{*)} inkl. Anteil für Absorptionskältemaschine

Bild 4-2: Gegenüberstellung von Bedarf und Verbrauch von Wärme am Beispiel eines realen Krankenhauses

Man kann erkennen, dass die Unterschiede erheblich sein können. Zu geringe Ansätze für die internen Wärmegewinne führen bei gutem Wärmeschutz zu Verschiebungen vom Nutzkältebedarf zum Nutzwärmebedarf mit erheblichen Abweichungen gegenüber dem späteren Verbrauch. Am Beispiel des Krankenhauses würden falsche Anreize zur Effizienzverbesserung gesetzt werden. Mit weiter zunehmenden Wärmeschutzniveau würden sich die Widersprüche noch verschärfen.

Aktuelle systematische Untersuchungen, die zu verallgemeinerungsfähigen Aussagen führen, liegen derzeit nicht vor und müssten initiiert werden, um im zweiten Schritt die Ergebnisse in die Normung (hier: DIN V 18599 – 10) einfließen zu lassen.

4.3 Nutzenergiebedarf für die Trinkwarmwassererwärmung

4.3.1 Wohngebäude

Die Berücksichtigung der Erkenntnisse aus der Ecofys-Studie „Nutzenergiebedarf für Warmwasser in Wohngebäuden“ [8] wird empfohlen. Hiernach wird zur Ermittlung des nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarfs q_{tw} folgende Berechnungsvorschrift vorgeschlagen:

$$q_{tw} = \max \{15 - (A_{N,WE,m} * 0,04); 7\}$$

mit:

q_{tw} nutzflächenbezogener Trinkwarmwasserwärmebedarf in kWh/(m²a)
 $A_{N,WE,m}$ mittlere Nutzfläche der Wohneinheiten des Gebäudes in m²

Für die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung behandelten Wohngebäude ergeben sich diesem Berechnungsansatz folgend im Vergleich zu DIN V 4108-6/DIN V 4701-10 und DIN V 18599 die in Tabelle 4-4 zusammengestellten Nutzenergiebedarfe für Trinkwarmwasser sowie die in Tabelle 4-5 dokumentierten primärenergetischen Auswirkungen für die Ausführung der Modellgebäude gemäß Beschreibung der Bezugsvarianten in Abschnitt 5.3.1. Zur Berechnung der Nettogrundfläche A_{NGF} aus der Nutzfläche A_N werden folgende vereinfachte Berechnungsansätze zugrunde gelegt (1. und 2. nach § 19, Abs. 2 EnEV [9]; 3. nach [10]):

1. $A_N = 1,35 * A_{Wo}$ für Wohngebäude mit bis zu 2 WE und Keller bzw.
 2. $A_N = 1,2 * A_{Wo}$ für alle anderen Wohngebäude
- und
3. $A_{NGF} = 1,1 * A_{Wo}$

Tabelle 4-4: Gegenüberstellung der nutzflächen- und nettogrundflächenbezogenen spezifischen Nutzenergiebedarfe für Trinkwarmwasser für DIN V 4108-6/DIN V 4701-10, DIN V 18599 und Ansatz Ecofys [8]

Gebäude	$A_{N,WE}$ [m ²]	$A_{NGF,WE}$ [m ²]	spezifische Nutzenergiebedarfe $q_{tw,b}$ Trinkwarmwasser					
			DIN V 4108-6/DIN V 4701-10		DIN V 18599		Ecofys	
Bezug A_N [kWh/(m ² a)]	Bezug A_{NGF} [kWh/(m ² a)]	Bezug A_N [kWh/(m ² a)]	Bezug A_{NGF} [kWh/(m ² a)]	Bezug A_N [kWh/(m ² a)]	Bezug A_{NGF} [kWh/(m ² a)]	Bezug A_N [kWh/(m ² a)]	Bezug A_{NGF} [kWh/(m ² a)]	
12,50	235,2	191,6	15,34	8,96	11,00	7,00	8,59	
	148,8	136,4	13,64	10,08		9,05	9,87	
	407,0	331,6	15,34	8,96		7,00	8,59	
	165,4	151,6	13,64	10,08	15,00	8,38	9,15	
	262,1	213,6	15,34	8,96		7,00	8,59	
	78,9	72,4	13,64	13,75		11,84	12,92	
MFH groß ohne Keller	95,3	87,3	13,64	13,75		11,19	12,21	

Tabelle 4-5: Primärenergetische Auswirkungen der unterschiedlichen Ansätze zur Bestimmung der Nutzenergiebedarfe für Trinkwarmwasser aus Tabelle 4-4

Gebäude	A_N [m ²]	spezifischer Primärenergiebedarf (Bezug A_N) nach DIN V 18599			Veränd. zu (a)	Veränd. zu (b)
		Ansatz $q_{tw,b}$ nach DIN V 4108-6 / DIN V 4701-10 (a) [kWh/(m ² a)]	Ansatz $q_{tw,b}$ nach DIN V 18599 (b) [kWh/(m ² a)]	Ansatz $q_{tw,b}$ nach Ecofys [kWh/(m ² a)]		
EFH klein mit Keller	235,2	83,30	80,50	79,30	-4,8%	-1,5%
EFH klein ohne Keller	148,8	98,20	96,30	95,60	-2,6%	-0,7%
EFH groß mit Keller	407,0	75,00	72,20	71,00	-5,3%	-1,7%
DHH ohne Keller	165,4	79,70	77,70	76,40	-4,1%	-1,7%
RMH mit Keller	262,1	60,10	57,30	55,70	-7,3%	-2,8%
MFH klein ohne Keller	473,6	61,30	62,30	60,70	-1,0%	-2,6%
MFH groß ohne Keller	3811,2	60,80	61,80	59,90	-1,5%	-3,1%

Die Ergebnisse der Studie berücksichtigen den Effekt, dass die Personenanzahl statistisch nicht proportional zur Wohnungsgröße ansteigt. Wenn dann unterstellt wird, dass der Warmwasserverbrauch in erster Linie von der Personenanzahl und nicht von der Fläche abhängt, ergibt sich eine Degression des Nutzenergiebedarfs für die TWWE bei steigender Wohnungsgröße. Im Ergebnis der Studie hat dies keinen nennenswerten Einfluss auf den Mittelwert bei Einfamilienhäusern, differenziert jedoch stärker und führt zu deutlich verringerten Bedarfswerten in Mehrfamilienhäusern. Insofern erscheinen die Ergebnisse plausibel und praxisgerecht.

Den zum vorliegenden Bericht angestellten energetischen Bilanzierungen der Wohngebäude wird daher der vorbeschriebene Ansatz zur Bestimmung des Nutzenergiebedarfs für Warmwasser aus [8] zugrunde gelegt, welcher aller Voraussicht nach in die zur Veröffentlichung anstehende Neufassung der Normenreihe DIN V 18599 aufgenommen wird.

4.3.2 Nichtwohngebäude

Bei der Ermittlung des Nutzenergiebedarfs für die Trinkwarmwassererwärmung beziehen sich die Kennwerte immer auf den Gebäudetyp bzw. dessen Hauptnutzungsart.

Nicht genau geregelt ist die Vorgehensweise bei gemischten Nutzungen.

Beispiel: Ist die Küche im Nutzenergiebedarf TWWE je Bett im Krankenhaus / Hotel bereits anteilig enthalten oder nicht? Gleicher gilt für die Nutzungsarten Restaurant und Fitnessraum bei Hotels. Wie kann der Unterschied in den Bedarfswerten „Hotel mittel“ und „Hotel Luxus“ anders erklärt werden als durch einen höheren Anteil an Sondernutzungen Restaurant, Wellness u. ä. Die Rechenregeln sollten klarer formuliert werden.

Gemäß § 1 der EnEV sind energetische Aufwendungen für Produktionsprozesse nicht von der Verordnung betroffen. Bezogen auf den Trinkwarmwasserbedarf würde dies bedeuten, die Bedarfsermittlung auf die Anteile zu beschränken, die unmittelbar mit der persönlichen Hygiene sowie haushaltsnahen Nutzungen wie Speisenzubereitung und Reinigungstätigkeiten zusammenhängen.

Dann stellt sich die Frage, wie mit den in DIN V 18599 – 10 Tabelle 7 (vgl. Tabelle 4-6) aufgeführten Bedarfsanteilen für gewerbliche Küchen, Wäschereien, Brauereien, Molkereien bei öffentlich-rechtlichen Nachweisen umzugehen ist. Unbestritten treten auch bei diesen Nutzungsarten Bedarfe auf, die nicht der Produktion zuzuordnen sind. Allerdings bezieht sich die Tabelle 7 ausdrücklich auf Produktionsmengen wie Menüs, Wäsche, Bier und Milch. Eine Präzisierung bei der Abgrenzung zu Produktionsprozessen wird empfohlen.

Tabelle 4-6: Produktionsmengenabhängige Bedarfsanteile nach DIN V 18599-10, Tabelle 7

Sportanlage mit Dusche	1,8	kWh je Person und Tag
Gewerbeküchen, Kantine	0,4	kWh je Menü
Bäckerei	5	kWh je Beschäftigte und Tag
Friseure	6	kWh je Beschäftigte und Tag
Fleischerei mit Produktion	18	kWh je Beschäftigte und Tag
Wäscherei	20	kWh je 100 kg Wäsche
Brauerei	15	kWh je 100 l Bier
Molkerei	10	kWh je 100 l Milch

Wenn technische Anlagen für duale Nutzungen (Produktion / Nichtproduktion) dimensioniert werden, stellt sich die Frage nach eindeutigen Verfahrensregelungen bei der Berechnung. Wie werden Auslastungsgrade ermittelt und zugeordnet, wenn beispielsweise thermische Solaranlagen Warmwasser für Nichtproduktion und Produktion gleichzeitig erzeugen. Gleiches gilt für die gemeinsame Kälteerzeugung zur Kühlung von Räumen und Prozessen. Wie werden zudem die Deckungsanteile für das EEWärmeG ermittelt?

4.4 Regeln zur Bestimmung von Deckungsanteilen bei mehreren Wärmeerzeugern

Mit zunehmender Anhebung des primärenergetischen Anforderungsniveaus durch die EnEV und durch die Verknüpfung mit dem EEWärmeG wird eine Zunahme von bivalenten Wärmeerzeugungsanlagen erwartet. Dies gilt auch vor dem Hintergrund, dass in größeren Gebäuden aus Redundanzgründen in der Vergangenheit häufig eine Aufteilung der Heizleistung auf mehrere Erzeuger üblich war. Typische Anwendungsfälle dürften entstehen, wenn vergleichsweise teure Grundlastwärmeerzeuger wie z. B. BHKWs, Wärmepumpen oder Pelletkessel mit konventionellen preiswerteren Spitzenlastwärmeerzeugern kombiniert werden.

Für derartige Fälle beinhalten die technischen Berechnungsregeln für Nichtwohngebäude kein durchgängiges Verfahren, das den Zusammenhang zwischen Leistungsaufteilung und Bedarfsdeckung beschreibt. Für Wohngebäude findet sich eine entsprechende Regelung in der DIN 4701 – 10.

Wärme- und Kälteenergiebedarf die Summe

- der zur Deckung des Wärmebedarfs für Heizung und Warmwasserbereitung jährlich benötigten Wärmemenge und
- der zur Deckung des Kältebedarfs für Raumkühlung jährlich benötigten Kältemenge, jeweils einschließlich des thermischen Aufwands für Übergabe, Verteilung und Speicherung. Der Wärme- und Kälteenergiebedarf wird nach den technischen Regeln berechnet, die den Anlagen 1 und 2 zur Energieeinsparverordnung zugrunde gelegt werden. Soweit diese Anlagen keine technischen Regeln für die Berechnung bestimmter Anteile des Wärme- und Kälteenergiebedarfs enthalten, wird der Wärme- und Kälteenergiebedarf nach den anerkannten Regeln der Technik berechnet; das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit kann im Einvernehmen mit dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung durch Bekanntmachung im Bundesanzeiger auf Veröffentlichungen sachverständiger Stellen über diese anerkannten Regeln der Technik hinweisen,

Bild 4-3: Auszug aus dem EEWärmeG – Definition des Wärme- und Kälteenergiebedarfs

Die im EEWärmeG aufgeführte technische Regel stellt für Nichtwohngebäude die DIN V 18599 dar. Der gegenwärtige Zustand ist unbefriedigend, weil

- die Nachprüfbarkeit der Einhaltung des EEWärmeG und letztlich auch der EnEV bei späteren Abnahmen von Neubauten mit klaren Leistungsdaten kaum objektiv möglich ist
- für die beteiligten Fachplaner und Bauherren ohne Bezug auf technische Regeln und eindeutige Leistungsdefinitionen Rechtsunsicherheit besteht.

Das Ziel sollte grundsätzlich darin bestehen, dass aus den öffentlich-rechtlichen Nachweisen eindeutige Dimensionierungsangaben abgeleitet werden können, die für alle am Bau Beteiligten einschließlich der zuständigen Behörden als rechtsverbindlich und abschließend angesehen werden können.

In der DIN V 18599 gibt es unterschiedliche Ansätze:

- Für den Einsatz von Wärmepumpen gibt es ein Verfahren zur Ermittlung der Deckungsanteile. Dieses Verfahren basiert auf den Grundannahmen, dass sich die Heizlast proportional zur Temperaturdifferenz Gebäude – Außenluft verändert und die Heizleistung der Wärmepumpe von der Quellen- und Senkentemperatur abhängig ist. Die Deckungsanteile werden über statistische Häufigkeitsverteilungen der Außentemperatur ermittelt. Für die verschiedenen Betriebsweisen, z. B. bivalent-parallel oder bivalent-alternativ, werden die Umschaltpunkte über die Planungsgröße Bivalenztemperatur festgelegt. Eine Bivalenztemperatur ist aber keine Größe, die rechtssicher und verbindlich nachprüfbar ist, da die tatsächliche Bivalenztemperatur im Betrieb sich am Verbrauch und nicht am Bedarf orientiert. Das Verfahren sollte so weiterentwickelt werden, dass aus der Bivalenztemperatur eine Erzeugerleistung abgeleitet werden kann.
- Die Bestimmung der Deckungsanteile für Mikro-BHKWs ist in DIN V 18599 – 9 geregelt. Für alle anderen BHKWs existieren keine Rechenregeln.
- Für Mehrkesselanlagen gibt DIN V 18599 - 5 einen Rechenweg an, der auf der Bestimmung von Deckungsanteilen nach den Zwischenergebnissen der Monatsbilanzierung aufbaut. Dieses Verfahren erscheint durch die Monatsmittelwerte für andere Wärmeerzeuger zu ungenau, um die Aufteilung bei sehr großen Leistungsunterschieden realistisch genau abzubilden.
- Für mehrere Kälteerzeuger lässt sich eine gemeinsame saisonale Leistungsziffer SEER nach DIN V 18599 – 7 errechnen. Der Zusammenhang zwischen Leistung und Bedarfsanteil bei Kombinationen aus regenerativen und nichtregenerativen Erzeugern kann aus der Norm nicht abgeleitet werden. Erschwerend kommt hinzu, dass die Kälteerzeuger häufig auch Prozesskälte für z. B. Rechenzentren liefern und die Leistungsanteile schwer abzugrenzen sind.

Fazit: Es sollte angestrebt werden, verbindliche und durchgängig Rechenregeln zu entwickeln, die den Zusammenhang zwischen der Bedarfsdeckung und der Leistungsaufteilung multivalenter Wärme- und Kälteerzeugungssysteme eindeutig beschreiben. Nur dadurch ist die Nachprüfbarkeit im Vollzug der EnEV und des EEG möglich und Rechtssicherheit für Bauherren und Fachplaner herzustellen. Im Rahmen der Novellierung Anfang 2016 wird dies voraussichtlich nicht der Fall sein.

4.5 Thermische Solaranlagen bei großen Gebäuden

Die Referenzausführung der EnEV 2014 beinhaltet bei zentralen Trinkwarmwasseranlagen eine solarthermische Unterstützung und verweist auf die DIN V 18599 – 8, Abschnitt 6.4.2.3. Enthalten ist der explizite Hinweis auf große Flächen mit Nettogrundfläche > 3.000 m²:

„Wenn die zur Berechnung einer Solaranlage benötigten Größen nicht bekannt sind, kann der solare Deckungsanteil einer Solaranlage bis A_{NGF} = 3.000 m² vereinfachend mit den Standardwerten nach Tabelle 15 bestimmt werden. Der Wärmebeitrag von Solaranlagen, die A_{NGF} > 3.000 m² versorgen, müssen stets detailliert nach den Vorgaben dieses Abschnitts gerechnet werden.“

Dies würde beispielsweise Hotels, Sportstätten oder Krankenhäuser betreffen.

Die Beschreibung der Referenzausführung ohne weitere Details impliziert die Verwendung von Standardwerten für die Berechnung. Im Abschnitt 6.4.2.3 der DIN V 18599 – 8 wird jedoch die Verwendung von Standardwerten für die technische Ausführung von großen Anlagen ausgeschlossen und auf das detaillierte Verfahren verwiesen. Dies kann für die Nachweisrechnung sinnvoll sein, nicht jedoch für die Bestimmung des Referenzwertes.

Der entsprechende Satz in der EnEV Anlage 2 Tabelle 1

Wärmeerzeuger: Solaranlage mit Flachkollektor in Standardausführung nach DIN V 18599-8: 2011-12, berichtigt durch DIN V 18599-8 Berichtigung 1: 2013-05, jedoch abweichend auch für zentral warmwasserversorgte Nettogrundflächen über 3 000 m²

betrifft die großen Solaranlagen, ist jedoch missverständlich formuliert. Gemeint ist möglicherweise, dass die Standardwerte abweichend zur Norm auch für große Anlagen anzusetzen sind.

Das Problem könnte einfacher gelöst werden, wenn der solare Deckungsanteil durch die EnEV direkt vorgegeben werden würde. Denkbar wäre z. B. ein jährlicher Deckungsanteil von 40 – 50 % mit Verweis auf den monatlichen Verteilungsschlüssel gemäß DIN V 18599-8 Tabelle 13.

4.6 Veränderungen in der Gebäudenutzung während der Bauausführung

Öffentlich-rechtliche Nachweise werden auf Basis der Entwurfs- oder Genehmigungsplanung erstellt. Kommt es während der Bauausführung zu wie auch immer gearteten Veränderungen gegenüber der Planung, muss durch qualitätssichernde Maßnahmen, z.B. qualifizierte Bauleitung durch den Architekten oder baubegleitendes Qualitätscontrolling durch den TÜV, sichergestellt werden, dass in den nachfolgenden Planungs- und Ausführungsphasen gesamtheitlich keine baulich bedingten energetischen Verschlechterungen eintreten und die Einhaltung der EnEV-Anforderungen zum Zeitpunkt der Baufertigstellung gegeben ist.

Unklarer ist die Situation, wenn die fortgeschriebene Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs durch einen flexiblen Mieterausbau und daraus resultierenden Veränderungen zum Zeitpunkt der Fertigstellung beeinflusst wird und dann den höchstzulässigen Wert überschreitet. Die könnte z. B. bei mieterseitigen Beleuchtungs- oder Klimaanlagen der Fall sein. Welche baurechtlichen Konsequenzen ergeben sich in derartigen Fällen bzw. wie kann Rechts- und Planungssicherheit hergestellt werden? Verallgemeinert stellt sich die Frage, in welchen Punkten sich die Anforderungen an „zu errichtendem Gebäude“ auf dem Stand des Bauantrags oder in welchen Fällen auf den Stand der Fertigstellung beziehen.

4.7 Bilanz-Innentemperatur und Berücksichtigung räumlicher Teilbeheizung bei Wohngebäuden

In einer zu bilanzierenden Zone ist ausgehend von einer Raum-Solltemperatur $\theta_{r,h,soll}$ (aus DIN V 18599-10) die Bilanz-Innentemperatur für den Heizfall $\theta_{r,h}$ unter Berücksichtigung von räumlich und/oder zeitlich eingeschränktem Heizbetrieb zu bestimmen. Bei zeitlich eingeschränktem Heizbetrieb (Nachtabsenkung bzw. -abschaltung) resultieren monatlich unterschiedliche Bilanz-Innentemperaturen. Ein räumlich eingeschränkter Heizbetrieb ist mit den Rechenansätzen in DIN V 18599-2 nur für Wohngebäude vorgesehen. Für Nichtwohngebäude ist eine räumliche Teilbeheizung über eine entsprechende Zonierung zu erfassen.

Die Bilanz-Innentemperatur ergibt sich bei zeitlich eingeschränktem Heizbetrieb monatsweise in Abhängigkeit von der Außentemperatur und vom Summanden zur Berücksichtigung der Gebäudeautomation. Mindestens ist jedoch der zeitlich gewichtete

Mittelwert der Temperatur bei Normalbetrieb und bei maximaler Temperaturabsenkung im unterbrochenen Betrieb (nachts) in die Bilanzgleichungen einzusetzen.

Die Ermittlung der Bilanz-Innentemperatur für den Fall der räumlichen Teilbeheizung wird nach DIN V 18599 mit Hilfe des Korrekturfaktors f_{tb} vorgenommen. Der Korrekturfaktor wird in Abhängigkeit von der maximalen Heizleistung in der Gebäudezone, der Fläche der Gebäudezone (Bezugsfläche) und dem Anteil der mitbeheizten Fläche a_{tb} bestimmt.

Im Rahmen des öffentlich-rechtlichen Nachweises sind für die Anteile der mitbeheizten Fläche die Pauschalwerte $a_{tb,EFH} = 0,25$ und $a_{tb,MFH} = 0,15$ zu verwenden.

Bei Ermittlung des Anteils der mitbeheizten Fläche mithilfe des detaillierten Berechnungsansatzes in DIN V 18599-2 ergeben sich die in Abbildung 1 wiedergegebenen Bilanz-Innentemperaturen. Der zeitlich eingeschränkte Heizbetrieb findet hierbei keine Berücksichtigung.

Zur Ermittlung des Einflusses der Teilbeheizung auf den Energiebedarf von Gebäuden wurden Beispielrechnungen nach DIN V 18599 an drei verschiedenen Wohngebäuden durchgeführt. Hierbei handelt es sich um ein kleines EFH, ein großes EFH und ein kleines MFH mit drei Wohneinheiten.

Für die Gebäude werden mehrere Nutzungsprofile mit verschiedenen Werten für den Anteil der mitbeheizten Fläche a_{tb} erstellt. Zunächst erfolgt eine Berechnung des Energiebedarfs bei pauschaler Annahme für a_{tb} (EFH: 0,25/MFH: 0,15) und anschließend bei detaillierter Ermittlung der a_{tb} -Werte für die drei Wohngebäude.

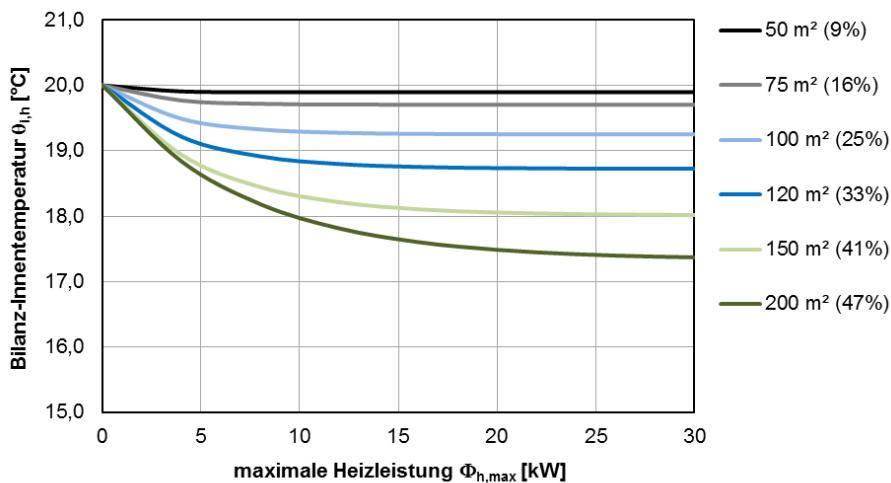


Bild 4-4: Bilanz-Innentemperaturen $\theta_{i,h}$ bei räumlich eingeschränkter Beheizung für unterschiedliche maximale Heizleistungen $\Phi_{h,max}$ gemäß DIN V 18599-2. Kein zeitlich eingeschränkter Heizbetrieb.

Die Energiebedarfe werden weiterhin für zwei unterschiedliche Wärmeschutzniveaus ermittelt: für ein Wärmeschutzniveau, das der Bauweise vor der 1. WSVO entspricht, und für eine modernisierte Variante, welche die Anforderungen der EnEV für Bestandsgebäude (140 %-Regel EnEV) erfüllt. Da die Berechnungen nach DIN V 18599 erfolgten, gingen die Auswirkungen des Wärmeschutzniveaus auf die Bilanz-Innentemperatur automatisch in die Berechnung ein.

Bild 4-5 veranschaulicht den spezifischen Endenergiebedarf für die drei Wohngebäude mit der detaillierten Berücksichtigung des a_{tb} -Wertes im Vergleich zur pauschalen Berücksichtigung. Ein zeitlich eingeschränkter Heizbetrieb wurde bei den Berechnungen berücksichtigt.

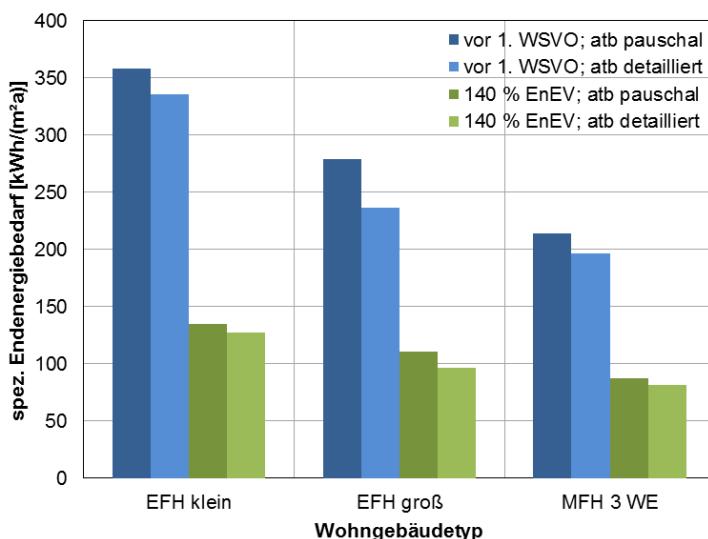


Bild 4-5: Spezifischer Endenergiebedarf der drei Wohngebäude bei pauschaler und detaillierter Berücksichtigung der räumlichen Teilbeheizung für zwei Wärmeschutzniveaus. Mit zeitlich eingeschränktem Heizbetrieb.

Um zu verdeutlichen, welchen Einfluss der Anteil der mitbeheizten Fläche a_{tb} und das Wärmeschutzniveau auf die Bilanz-Innentemperatur haben, ist diese in Bild 4-6 dargestellt. Die sich ergebende monatliche Bilanz-Innentemperatur nach DIN V 18599 wurde für die Darstellung gemittelt.

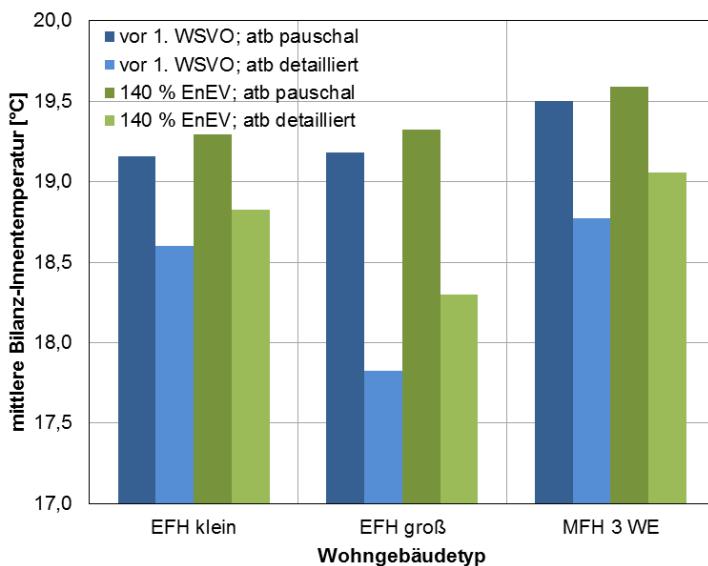


Bild 4-6: Mittlere Bilanz-Innentemperatur der drei Wohngebäude bei pauschaler und detaillierter Berücksichtigung der räumlichen Teilbeheizung für zwei Wärmeschutzniveaus. Mit zeitlich eingeschränktem Heizbetrieb.

Wie zu erwarten, wird die Bilanz-Innentemperatur mit dem detaillierten Ansatz für a_{tb} bei großer Wohnungsgröße deutlich nach unten angepasst, so dass sich beispielsweise beim großen EFH bei schlechtem Wärmeschutzniveau eine über das Jahr gemittelte Bilanz-Innentemperatur von 17,8 °C im Vergleich zu 19,2 °C pauschal und bei verbessertem Wärmeschutz von 18,3 °C im Vergleich zu 19,3 °C pauschal ergibt.

Aus der Verminderung der Bilanz-Innentemperatur ergibt sich eine Reduktion des Energiebedarfs, wie in Bild 4-5 dargestellt. Insbesondere bei großer Wohnungsgröße (EFH groß) und schlechtem Wärmeschutz sind die Abweichungen des Endenergiebedarfs bei detaillierterem Ansatz vom pauschalen Ansatz mit 15,3 % sehr ausgeprägt. Wird das Gebäude

auf ein besseres Wärmeschutzniveau gebracht, ist die Abweichung mit 12,9 % dennoch hoch.

Auch beim kleinen EFH liegt eine deutliche Senkung des Endenergiebedarfs durch die detaillierte Berücksichtigung der Teilbeheizung um 6,3 % bei schlechtem Wärmeschutz und um 5,6 % bei verbessertem Wärmeschutz vor. Das kleine MFH mit 3 WE weist ebenfalls deutliche Abweichungen auf, was auf den hohen a_{tb} -Wert zurückzuführen ist.

Die Untersuchungen weisen darauf hin, dass die oftmals kritisierten Abweichungen zwischen Bedarfs- und Verbrauchswerten (prebound-Effekt: geringerer Verbrauch als Bedarf) mit der detaillierten Betrachtung der räumlichen Teilbeheizung reduziert werden können. Für die EnEV-Bilanzierung von Neubauten ist die Berücksichtigung pauschaler a_{tb} -Werte sicherlich akzeptabel, bei der Energieausweiserstellung für Bestandsbauten und vor allem bei der Energieberatung sollte die Abhängigkeit der Bilanzinnentemperatur von der Größe der Wohneinheit Berücksichtigung finden. Die Konsequenzen wären allerdings, dass geringere Einsparpotenziale und damit eine verringerte Wirtschaftlichkeit von Wärmeschutzmaßnahmen bei Bestandsgebäuden ausgewiesen werden würde.

4.8 Vereinfachte Ermittlung der Nettogrundfläche bei Wohngebäuden

Die Gebäudenutzfläche A_N wird bei Wohngebäuden aus dem beheizten Gebäudevolumen entsprechend EnEV Anhang 1 Nr. 1.3.3 ermittelt und stellt die einheitliche Bezugsfläche für Energiekennwerte und Energieausweise dar. Abweichend davon werden die Randbedingungen nach DIN V 18599 – 10 in Anlehnung an die Nichtwohngebäude auf die Nettogrundfläche bezogen. Diese zu ermitteln erhöht den Bearbeitungsaufwand und stellt die vorgenannte Vereinfachung in Frage.

Für Verbrauchsausweise gibt § 19 (2) eine einfache Rechenvorschrift zur Bestimmung der Gebäudenutzfläche in Abhängigkeit von der Wohnfläche an, falls sie anderweitig nicht bekannt ist. Eine analoge einfache Umrechnungsregelung für den Zusammenhang zwischen Nettogrundfläche und Gebäudenutzfläche wäre wünschenswert und würde die Bearbeitung vereinfachen.

Empfohlen wird, eine entsprechende Regelung in der Berechnungsnorm DIN V 18599 – 10 Abschnitt 5 aufzunehmen.

5 Dokumentation der Berechnungsrandbedingungen

5.1 Auswahl Modellgebäude (AS 3)

Den Berechnungen zum vorliegenden Bericht werden Modellgebäude aus dem Forschungsbericht „Entwicklung einer Datenbank mit Modellgebäuden für energiebezogene Untersuchungen, insbesondere der Wirtschaftlichkeit“ [1] zugrunde gelegt.

Die ausgewählten Modellgebäude sind für die Anwendungsbereiche Wohngebäude und Nichtwohngebäude in den folgenden Abschnitten 5.1.1 und 5.1.2 zusammenfassend beschrieben. Detaillierte Informationen zu den Gebäudegeometrien können [1] entnommen werden.

5.1.1 Wohngebäude

Für den Bereich Wohngebäude werden folgende Modellgebäude aus [1] für die Untersuchungen herangezogen:

1. Einfamilienhaus klein, beheizter Keller
2. Einfamilienhaus klein, ohne Keller
3. Einfamilienhaus groß, beheizter Keller
4. Doppelhaushälfte Süd, ohne Keller
5. Reihenmittelhaus, beheizter Keller
6. Mehrfamilienhaus klein, unbeheizter Keller
7. Mehrfamilienhaus groß, unbeheizter Keller

Die Auswahl berücksichtigt die Bautätigkeit im Bereich der Wohngebäude, die gem. Statistischem Bundesamt (Fachserie 5, Reihe 1) in den Jahren 2007 bis 2014 im Mittel zu rd. 90 % Gebäude mit 1 und 2 Wohnungen (o.g. Typen 1 bis 5) sowie rd. 10 % Gebäude mit 3 und mehr Wohnungen, also Mehrfamilienhäuser und Wohnheime (o.g. Typen 6 und 7), umfasst. Die Gebäude wurden bereits in den Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zur EnEV 2014 [11] herangezogen. Somit wird eine Kontinuität mit der Vorgängeruntersuchung erreicht. Ausführliche Dokumentationen der Modellgebäude sind in [1] enthalten.

5.1.2 Nichtwohngebäude

Für den Bereich Nichtwohngebäude wurden folgende Modellgebäude aus [1] für die Untersuchungen herangezogen. Für die Fertigungshallen (Nr. 7 und Nr. 8) erfolgt die Gebäudemodellierung abweichend von [1], da die in [12] beschriebenen Kostenfunktionen für dezentrale Hallenheizsysteme für keine der beiden in [1] beschriebenen Größen der Fertigungshallen anwendbar sind. Eine zeichnerische Darstellung der Fertigungshallen mit Angaben der Gebäudeabmessungen ist in Anhang A aufgenommen.

1. Büro klein, nicht gekühlt
2. Büro groß, gekühlt
3. Kindertagesstätte
4. Schule
5. Hotel groß, gekühlt
6. Verbrauchermarkt
7. Fertigungshalle (zentrale Wärmeerzeuger)
8. Fertigungshalle (dezentrale Wärmeerzeuger)

Ausführliche Dokumentationen dieser Gebäude ist mit Ausnahme der beiden Fertigungshallen in [1] enthalten.

5.2 Kostenansätze und -funktionen für die Untersuchungen zum kostenoptimalen Niveau (AP 4) sowie zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit bei Neubauten (AP 5)

Die Erläuterungen in diesem Abschnitt dokumentieren die unterschiedlichen Kostenansätze und -funktionen zur Ermittlung von Bau- und Anlagenkosten, für Fachplanung und Baubegleitung sowie für Wartung und Instandhaltung. Die beschriebenen Kostenfunktionen baulicher Komponenten bzw. Maßnahmen werden für das Kostenniveau 2011 dargestellt.

Die Hochrechnung auf das Kostenniveau 2015 erfolgt unter Ansatz von mittleren Baupreisindizes auf Basis von Werten aus [13] wie in Tabelle 5-1 beschrieben. Hierbei unberücksichtigt bleiben im Einzelfall eventuell auftretende Kostenreduktionen einzelner Komponenten höherer energetischer Qualität, z.B. aufgrund gestiegener Nachfrage. Nach [13] decken die Preisindizes in der Regel nur die „Bauleistungen am Bauwerk“ ab. Diese sind in den Kostengruppen 300 (Bauwerk – Baukonstruktionen) und 400 (Bauwerk – Technische Anlagen) der DIN 276 abgegrenzt.

Ansätze und Funktionen zur Ermittlung von Kosten anlagentechnischer Komponenten bzw. Maßnahmen werden für das Kostenniveau 2015 beschrieben, da die Quellen der einzelnen Ansätze unterschiedliche Preisniveaus beschreiben und eine einheitliche Hochrechnung wie bei den baulichen Maßnahmen hier nicht möglich war.

Tabelle 5-1: Ermittlung mittlerer Baupreisindizes auf Basis von Daten aus [13]

Jahr	Quartal	Wohnen	Büro	Gewerbe	Wohnen	Büro	Gewerbe	MW alle (Veränd. z. Vorjahr)
		[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	
2015	II	1,6	1,6	1,6	1,600	1,600	1,600	1,600%
	I	1,6	1,6	1,6				
2014	IV	1,6	1,7	1,8	1,750	1,850	1,825	1,808%
	III	1,7	1,8	1,8				
	II	1,7	1,8	1,7				
	I	2	2,1	2				
2013	IV	2	2	1,8	2,050	2,000	1,950	2,000%
	III	2	2	2				
	II	2,1	2	2				
	I	2,1	2	2				
2012	IV	2,4	2,3	2,4	2,550	2,475	2,450	2,492%
	III	2,4	2,3	2,2				
	II	2,6	2,6	2,5				
	I	2,8	2,7	2,7				
2011	IV	2,9	3,1	3	2,750	2,975	3,200	2,975%
	III	2,9	3,1	3,3				
	II	2,6	2,8	3,2				
	I	2,6	2,9	3,3				
2010	IV	1,5	1,7	2	1,000	1,175	1,000	1,058%
	III	1,3	1,5	1,4				
	II	1,1	1,2	0,8				
	I	0,1	0,3	-0,2				
2009	IV	0,3	0,3	0,1	0,850	0,975	1,150	0,992%
	III	0,1	0,2	0,1				
	II	0,9	1,2	1,5				
	I	2,1	2,2	2,9				

5.2.1 Kosten baulicher Komponenten bzw. Maßnahmen im Neubau

Zur Ermittlung von Kosten einzelner Bauteile werden die im Folgenden dargestellten Kostenfunktionen zugrunde gelegt. Grundsätzlich erfolgt für jede im Rahmen der Untersuchungen abgebildete Bezugs- oder Systemvariante die Bestimmung von Vollkosten entsprechend der jeweiligen Ausführung. Die Bewertungen zum kostenoptimalen Niveau

und zur Wirtschaftlichkeit erfolgen hierbei jeweils durch Betrachtung der Differenzkosten zwischen der Bezugs- und Systemvariante (siehe hierzu Beschreibung der Bezugsniveaus und Varianten in Abschnitt 5.3). Bei diesen Kostenfunktionen handelt es sich um fortgeschriebene Kostenfunktionen aus [3] und [11], teilweise ergänzt durch Kostenangaben aus [12]. Die in Bild 5-1 und Bild 5-2 beschriebenen Kostenfunktionen beschreiben das Preisniveau 2011. Zur Kostenbewertung für das Preisniveau 2015 erfolgt eine Hochrechnung unter Ansatz der mittleren Baupreisindizes, was einer Kostensteigerung um 8,13 Prozent bezogen auf das Preisniveau 2011 entspricht.

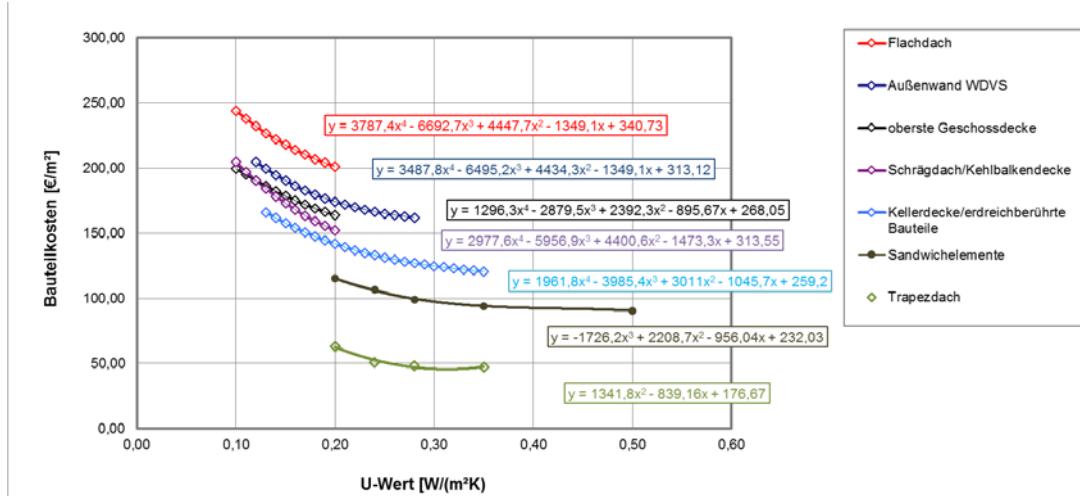


Bild 5-1: Bauteilkosten in €/m² für die baulichen Komponenten Flachdach, Außenwand (WDVS), oberste Geschossdecke, Schrägdach/Kehlbalkendecke, Kellerdecke/erdberührte Bauteile, Sandwichelemente und Trapezdach; fortgeschrieben aus [3], [11] und [12]

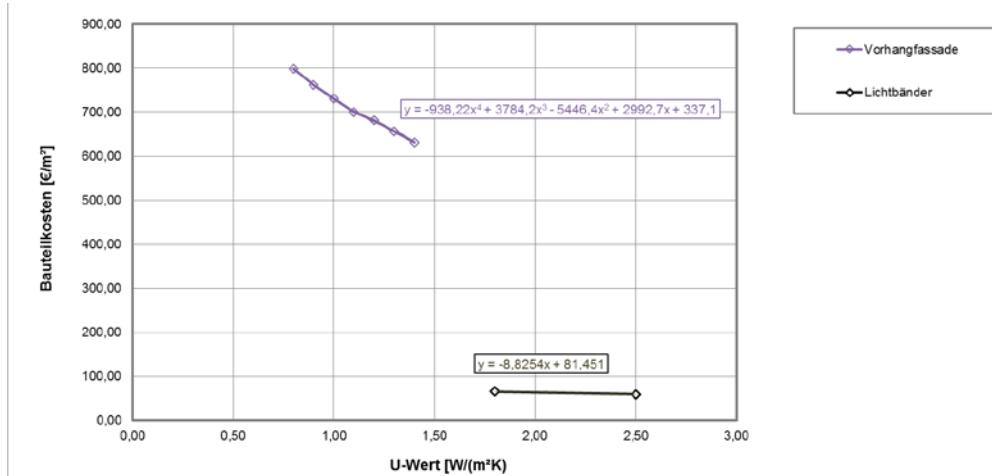


Bild 5-2: Bauteilkosten in €/m² für die baulichen Komponenten Vorhangsfassaden und Lichtbänder; fortgeschrieben aus [12]

Für die Bauteile Fenster und Dachflächenfenster werden die in Tabelle 5-2 zusammengestellten Preisannahmen (Preisniveau 2015, aus [14] in Verbindung mit [15]) zugrunde gelegt.

Tabelle 5-2: Bauteilkosten Fenster und Dachflächenfenster aus [14], [15]

Fenster-U-Wert	[W/(m ² K)]	1,30	0,95	0,80
Preis	[€/m ²]	242,0	279,3	397,4
Dachfenster-U-Wert	[W/(m ² K)]	1,20	1,00	0,80
Preis	[€/m ²]	381,1	650,9	748,9

Als weitere Kosten baulicher Maßnahmen werden Mehrkosten bei verbesserter Ausführung der Bauteilanschlüsse ($\Delta U_{WB} < 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) zugrunde gelegt. Diese Mehrkosten setzen sich zusammen aus Mehrkosten aufgrund einer notwendigen verbesserten baulichen Ausführung und Planungsmehrkosten (detaillierter Wärmebrückennachweis) und werden nach folgender Berechnungsvorschrift bestimmt: **$254 \text{ €}/\text{WE} * \text{Anz. WE} + 2388 \text{ €}$** (hochgerechneter Berechnungsansatz aus [16], wonach bei $\Delta U_{WB} < 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ für einen detaillierten WB-Nachweis Kosten in Höhe von $254 \text{ €}/\text{WE} + 762 \text{ €}$ zuzüglich 1.626 € Zusatzkosten für eine verbesserte bauliche Ausführung, z.B. Kimmsteinlage, anfallen). Um zuvor beschriebenen Ansatz auch für Nichtwohngebäude anzuwenden, wird die Anzahl der Wohneinheiten über folgenden vereinfachten Ansatz bestimmt: **Anz. WE = $A_{NGF}/50$** .

5.2.2 Kosten anlagentechnischer Komponenten bzw. Maßnahmen im Neubau

Den anlagentechnischen Investitionen der einzelnen für Wohngebäude berechneten Varianten liegen Kostenfunktionen sowie gebäudespezifische feste Kostenkennwerte zu Grunde. Sie basieren auf Angaben in [12], [16] und [17] sowie auf einer in Rahmen dieses Gutachtens durchgeführten Auswertung von Listenpreisen führender Hersteller und umfassen neben den Materialkosten auch die Lieferung, Montage, Inbetriebnahme typische Rabatte und Preisaufschläge. In Bezug auf die Kostenfunktionen für unterschiedliche Wärmeerzeuger werden diese Kostenfunktionen nur bis zu einer Erzeugerleistung von 32 kW angesetzt. Für das große Mehrfamilienhaus (40-Familienhaus) und die Nichtwohngebäude wurden die Kostenansätze mit den Angaben für Nichtwohngebäude nach [12] (Preisstand 2009) unter Berücksichtigung einer Preisanpassung auf 2015 (siehe Tabelle 5-1) erstellt und mit eigenen Ansätzen abgeglichen. Kostenfunktionen für Blockheizkraftwerke werden [18] entnommen.

5.2.2.1 Wärmeerzeuger bis 32 kW (thermisch)

Die Kostenangaben zu Wärmeerzeugern umfassen den Wärmeerzeuger als Gerät sowie die anlagentechnische Peripherie (z.B. Armaturen, Ausdehnungsgefäß, Umwälzpumpen, Regelung und Montage usw.).

Die Unterschiede mit/ohne Trinkwarmwassererwärmung (TWW) resultieren aus Mehrkosten für thermische Speicher, Armaturen und Verrohrung für den Fall der kombinierten TWW.

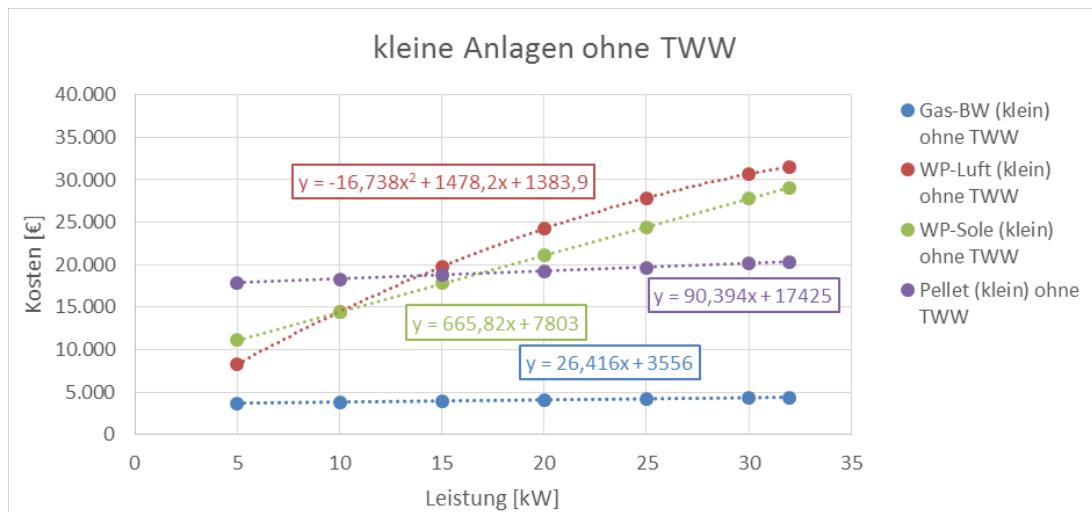


Bild 5-3:

Kostenfunktionen für Wärmeerzeuger im Leistungsbereich bis 32 kW ohne TWW-Bereitung [16]

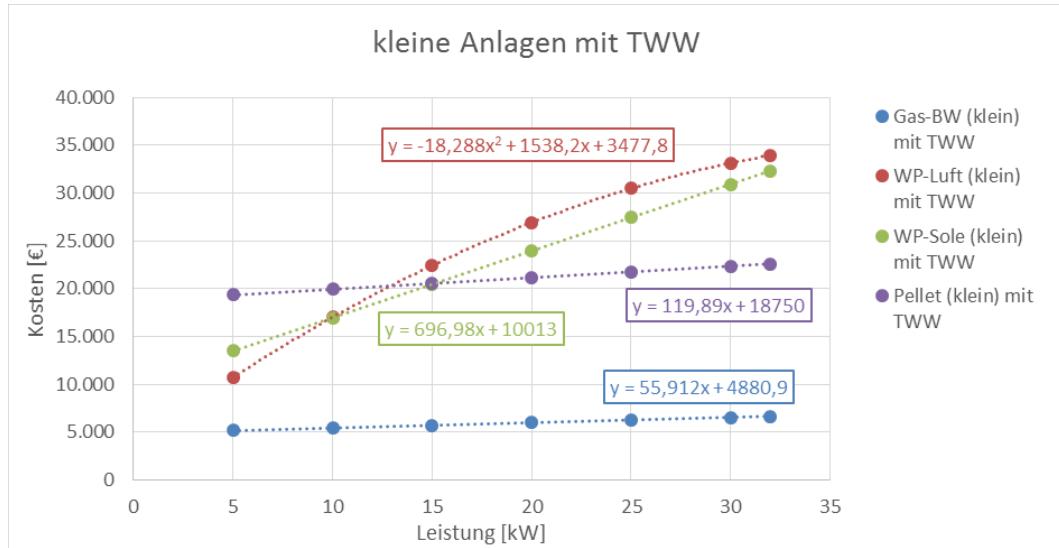


Bild 5-4: Kostenfunktionen für Wärmeerzeuger im Leistungsbereich bis 32 kW mit TWW-Bereitung [16]

5.2.2.2 Wärmeerzeuger ab 32 kW (thermisch)

Für die Angaben in Bild 5-5 gelten die gleichen Rahmenbedingungen wie für Wärmeerzeuger bis 32 kW (Abschnitt 5.2.2.1).

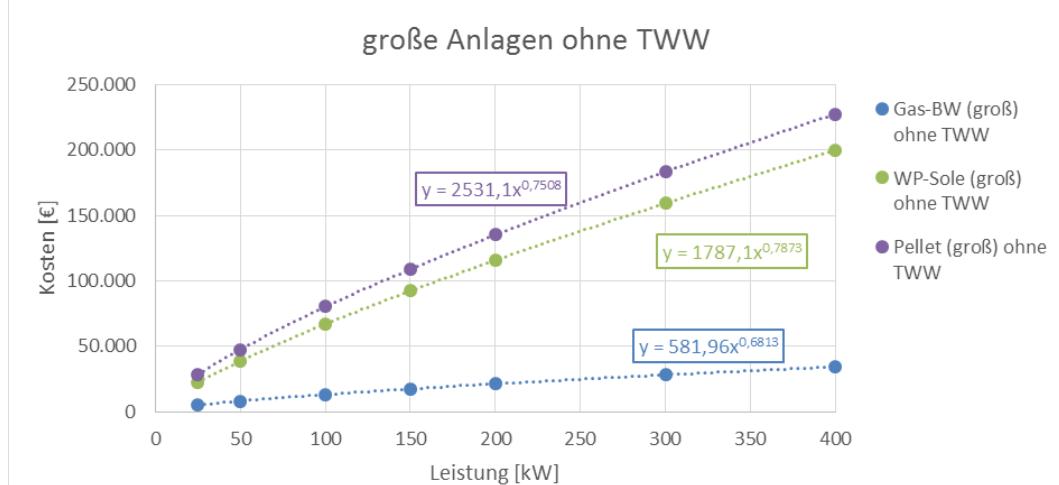


Bild 5-5: Kostenfunktionen für Wärmeerzeuger im Leistungsbereich ab 32 kW ohne TWW-Bereitung [12], [16]

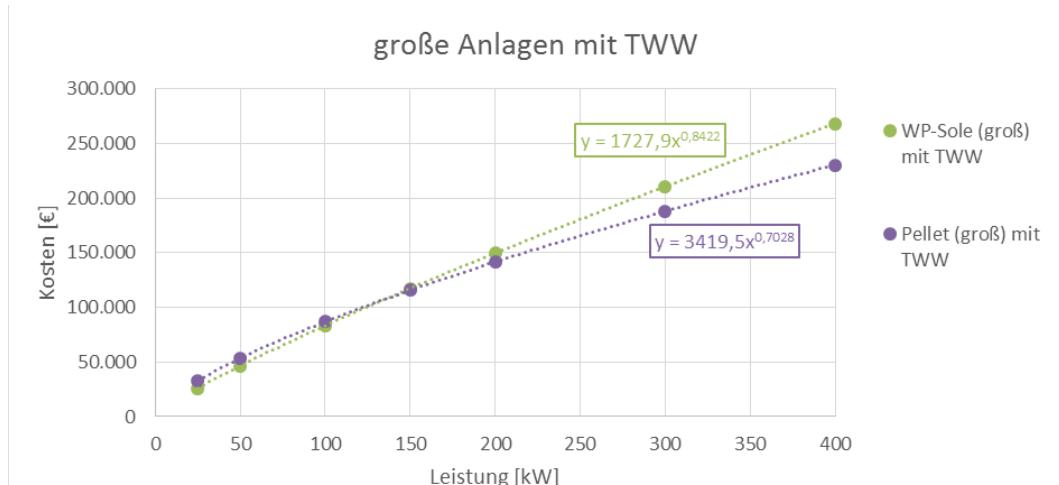


Bild 5-6: Kostenfunktionen für Wärmeerzeuger im Leistungsbereich ab 32 kW mit TWW-Bereitung [12], [16]

5.2.2.3 Blockheizkraftwerke bis 400 kW (elektrisch)

Die im Folgenden dargestellten Kostenfunktionen werden in [18] als Nettokosten für den Preisstand 2014 beschrieben. Die in Bild 5-7 und Bild 5-8 beschriebenen Kostenfunktionen beschreiben Bruttokosten mit Preisstand 2015. Die Kostensprünge (Bild 5-7 bei 10 kW_{el}, Bild 5-8 bei 100 kW_{el}) resultieren aus unterschiedlichen Kostenfunktionen in o.g. Quelle.

Bild 5-7: BHKW-Kosten im Leistungsbereich bis 100 kW_{el} [18]

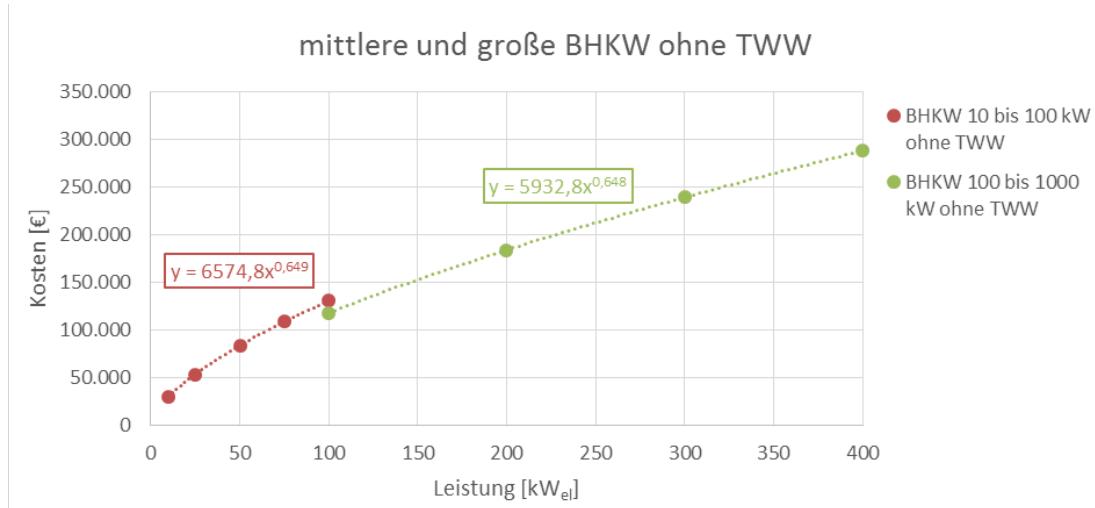


Bild 5-8: BHKW-Kosten für den Leistungsbereich 10 – 400 kW_{el} [18]

5.2.2.4 Dezentrale Hallenheizsysteme

Als dezentrale Hallenheizsysteme werden in den Varianten der Fertigungshalle folgende Hallenheizungsanlagen betrachtet:

- Warmlufterzeuger
- Hellstrahler
- Dunkelstrahler

Kostenansätze für diese Anlagen werden übernommen aus [12]. Im Hinblick auf die energetische Qualität der Geräte wird für die oben genannten Anlagen jeweils unterschieden zwischen einer Standard- und einer Top-Ausführung. Für die im Rahmen dieser Untersuchung betrachtete Fertigungshalle (Höhe 10 m) ergeben sich die in beschriebenen Bruttokosten für das Preisniveau 2015.

Tabelle 5-3: Kosten dezentraler Hallenheizsysteme nach [12] bei einer Hallenhöhe von 10 m, Preisniveau (brutto) 2015

Anlage	Typ Verteilung	Ausführung	Funktion (x = A _{NGF})
			[€]
Gas-Warmlufterzeuger	Luftverteilung mit normalem Induktionsverhältnis	Standard	= 13,86 * x
		Top	= 14,73 * x
	Luftverteilung mit geregelter vertikaler Rezirkulation	Standard	= 14,73 * x
		Top	= 16,07 * x
Gasinfrarot-Hellstrahler		Standard	= 15,40 * x
		Top	= 17,41 * x
Gasinfrarot-Dunkelstrahler		Standard	= 13,97 * x
		Top	= 14,66 * x

5.2.2.5 Weitere Kosten anlagentechnischer Maßnahmen und Komponenten

Tabelle 5-4: Zusammenstellung weiterer Kostenansätze anlagentechnischer Maßnahmen und Komponenten, nach [3], [11], [16] und [17] fortgeschrieben und ergänzt durch eigene Untersuchungen

Anlage	Komponen	Bezugsgröße X	Betrag oder Funktion
Gas-Brennwert	Gas-Hausanschluss	je Gebäude	2.032 €
	Schornstein	Kosten je Gebäude	(siehe separate Tabelle)
Solarthermie	solare TWE (Flachkollektor)	m² Nutzfläche	= 1124,3 * x^0,1624
	solare TWE/HeizU (Flachkollektor)	m² Nutzfläche	= 1971,6 * x^0,1096
Sole/Wasser WP	Bohrung bei Kesselleistung kleiner 50 kW	kW Kesselleistung	= 1122,4 * X + 914,4
	Bohrung bei Kesselleistung ab 50 kW	kW Kesselleistung	= 857,1 * X + 13280
Pelletkessel	notwendige Fläche für Brennstofflagerung (Neubau)	kW Kesselleistung	= 193,0 * X
	Schornstein	Kosten je Gebäude	(siehe separate Tabelle)
Abluftanlage Wohngebäude	EFH/ZFH	je Gebäude	2.540 €
	EFH/ZFH bedarfsgeführt	je Gebäude	3.048 €
Abluftanlage Nichtwohngebäude	MFH	Anzahl Wohneinheiten	= 2032 * X
	MFH bedarfsgeführt	Anzahl Wohneinheiten	= 2032 * X + 508
Zu-/Abluftanlage Nichtwohngebäude WRG 90 %	900 - 1.800	m³ Volumenstrom	= 9,37 * X
	1.800 - 3.500	m³ Volumenstrom	= 8,04 * X
Zu-/Abluftanlage Nichtwohngebäude, nur Heizfunktion	3.500 - 7.000	m³ Volumenstrom	= 9,37 * X
	7.000 - 14.000	m³ Volumenstrom	= 6,70 * X
Zu-/Abluftanlage Nichtwohngebäude, Heiz- und Kühlfunktion	14.000 - 28.000	m³ Volumenstrom	= 5,36 * X
	EFH/ZFH	je m² zu Wohnfläche	= 57,5 * X
Zu-/Abluftanlage Wohngebäude WRG 90 %	EFH/ZFH bedarfsgeführt	je m² zu Wohnfläche	= 57,5 * X + 508
	MFH	je m² zu Wohnfläche	= 50,8 * X
Zu-/Abluftanlage Nichtwohngebäude, Kostenerhöhung bei verbessertem SFP: - bei zentraler Regelung: 15 % - bei zonenweise Regelung: 25 %	MFH bedarfsgeführt	je m² zu Wohnfläche	= 50,8 * X + 508
	900 - 1.800	m³ Volumenstrom	= 20,09 * X
Zu-/Abluftanlage Nichtwohngebäude, Heiz- und Kühlfunktion	1.800 - 3.500	m³ Volumenstrom	= 20,09 * X
	3.500 - 7.000	m³ Volumenstrom	= 20,09 * X
Zu-/Abluftanlage Nichtwohngebäude, Kostenerhöhung bei verbessertem SFP: - bei zentraler Regelung: 15 % - bei zonenweise Regelung: 25 %	7.000 - 14.000	m³ Volumenstrom	= 18,75 * X
	14.000 - 28.000	m³ Volumenstrom	= 13,39 * X
Heizflächen/Rohrleitungen	55/45°C	kW Leistung, Funktion je Gebäude	= A * X + B (Parameter A und B siehe separate Tabelle)
	45/35°C	kW Leistung, Funktion je Gebäude	
FBH (WP-Anlagen im Neubau)	35/28°C	m² zu beheizende Fläche	= 61 * X
Luftheizer		kW Leistung	= 213,0 * X
Deckenstrahlplatten		kW Leistung	= 266,3 * X

Die Ermittlung der Kosten für Heizflächen / Rohrleitungen folgt gemäß Tabelle 5-4 der Berechnungsvorschrift $A * x + B$. Für die behandelten Wohngebäude werden die gebäudespezifischen Parameter A und B in Tabelle 5-5 und für Nichtwohngebäude in Tabelle 5-6 beschrieben.

Tabelle 5-5: Gebäudespezifische Kosten für Schornsteine und Heizflächen/Rohrleitungen bei den Wohngebäuden, nach [3], [11] und [16] fortgeschrieben und ergänzt durch eigene Untersuchungen

System/Komponente	EFH klein	EFH groß	DHH süd	RMH	MFH klein (6-FH)	MFH groß (40-FH)
Schornsteinkosten Neubau	3.251	3.658	3.251	3.658	3.251	4.064
Heizflächen/ Rohrleitungen 55/45°C	Parameter A	104,6	116,8	104,6	108,7	112,8
	Parameter B	5.435	8.759	5.435	5.908	10.756
Heizflächen/ Rohrleitungen 45/35°C	Parameter A	194,1	177,8	194,1	189,0	184,9
	Parameter B	5.983	9.246	5.678	6.117	11.757

Tabelle 5-6: Gebäude spezifische Kosten für Schornsteine und Heizflächen/Rohrleitungen bei den Nichtwohngebäuden, nach [3], [11] und [16] fortgeschrieben und ergänzt durch eigene Untersuchungen

System/Komponente		Büro klein	Büro groß	KiTa	Schule	Hotel	Fertigungshalle	Verbrauchermarkt
Schornsteinkosten Neubau		4.064	4.064	4.064	4.064	4.064	4.064	4.064
Heizflächen/ Rohrleitungen 55/45°C	Parameter A	128,3	143,1	115,2	150,2	147,7	131,9	131,6
	Parameter B	43.596	150.647	12.824	261.177	217.035	59.424	57.982
Heizflächen/ Rohrleitungen 45/35°C	Parameter A	190,7	191,9	189,5	192,4	192,2	191,0	190,9
	Parameter B	45.560	155.454	13.571	268.001	223.127	61.906	60.419

5.3 Beschreibung der Bezugs- und Systemvarianten sowie der betrachteten Niveaus

5.3.1 Wohngebäude

Als Bezugsvarianten werden die ausgewählten Modellgebäude jeweils entsprechend der durch die aktuell gültige EnEV [9] skizzierten Ausführung des Referenzgebäudes modelliert (Anforderungsniveau bis 31.12.2015) und der energetischen Bilanzierung zugeführt.

Abweichend von den Vorgaben aus [9]

- wird in der Bezugsvariante anstelle eines Öl-Brennwertkessels ein Gas-Brennwertkessel zugrunde gelegt. Dies vor dem Hintergrund, dass Gas-Brennwertkessel häufiger (rd. 98 %) eingesetzt werden als Öl-Brennwertkessel (rd. 2 %; Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 5 Reihe 1, Bautätigkeit und Wohnungen).
- erfolgt die primärenergetische Bewertung des Energieträgers Strom mit dem Primärenergiefaktor $f_p = 1,8$.

Diesen Bezugsvarianten werden Berechnungen unterschiedlicher Systemvarianten gegenübergestellt, durch welche jeweils die im Folgenden beschriebenen energetischen Niveaus (Die Prozentangaben für Primärenergiebedarf Q_p und spezifischen Transmissionswärmeverlust H_T' sind jeweils bezogen auf die bis zum 31.12.2015 geltenden Anforderungswerte der zum Zeitpunkt der Erstellung des Forschungsberichts gültigen EnEV [9] angegeben. 100 % entsprechen hiernach den für die Referenzausführung ermittelten Bedarfs- bzw. Kennwerten) eingehalten werden:

- Niveau 0: Q_p 75 %; $H_T'_{Ref}$ (entspricht Anforderungsniveau EnEV ab 1.1.2016, nur im Rahmen der Untersuchungen zur Kostenoptimalität (AS 4) untersucht und bewertet. $H_T'_{Ref}$ bedeutet somit H_T' 100 %)
- Niveau 1: Q_p 55 %; H_T' 85 %
- Niveau 2: Q_p 55 %; H_T' 70 % (entspricht einem KfW-Effizienzhaus 55, kurz „EH 55“)
- Niveau 3: Q_p 40 %; H_T' 55 % (entspricht einem KfW-Effizienzhaus 40, kurz „EH 40“)
- Niveau 4: Q_p 40 %; $H_T'_{Ref}$

Die Systemvarianten (Technik) werden baulich und anlagentechnisch jeweils so ausgeführt, dass die Anforderungen der vorbeschriebenen Niveaus eingehalten werden. Es wird zwischen vier Systemvarianten unterschieden, wobei folgende Wärmeerzeuger berücksichtigt werden:

- Variante 1: Gas-Brennwertkessel
- Variante 2: Luft/Wasser Wärmepumpe
- Variante 3: Sole/Wasser Wärmepumpe
- Variante 4: Pelletkessel

5.3.2 Nichtwohngebäude

Wie bei den Wohngebäuden erfolgt die Modellierung der Bezugsvarianten entsprechend den Vorgaben der aktuellen EnEV (2014) [9] und der dort beschriebenen Referenzgebäudeausführung (Anforderungsniveau bis zum 31.12.2015). Gegenübergestellt werden den Bezugsvarianten jeweils Systemvarianten, durch welche die Anforderungen der im Folgenden beschriebenen energetischen Niveaus eingehalten werden. Die Prozentangaben für Primärenergiebedarf Q_p und Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten \bar{U}_{max} werden bezogen auf die Anforderungswerte der zum Zeitpunkt der Erstellung des Forschungsberichts gültigen EnEV [9] angegeben. 100 % entsprechen hiernach dem für die Referenzausführung ermittelten spezifischen Primärenergiebedarf sowie den in Anlage 2, Tabelle 2 der EnEV [9] angegebenen Höchstwerten der Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Umfassungsfläche von Nichtwohngebäuden.

Die Ermittlung der Anforderungswerte erfolgt unter Berücksichtigung von

- Anlage 2, Tabelle 1, Zeile 7 (50 %-Anrechnung des Primärenergiebedarfs für das Kühlsystem bei den Nutzungen 1 bis 3, 8, 10, 16 bis 20 und 31 nach DIN V 18599-10:2011-12) sowie
- Anlage 2, Absatz 1.1.2 und Absatz 1.3 (im Fall der Fertigungshallen mit dezentralen Heizungen: keine Multiplikation des Jahres-Primärenergiebedarfs mit dem Faktor 0,75 sowie keine Verschärfung der Anforderungen an die Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten ab 1.1.2016)

der EnEV [9]. Die betrachteten Niveaus der Nichtwohngebäude mit Ausnahme der Fertigungshallen mit dezentralen Heizungen sind somit wie folgt:

- Niveau 1: 75 % Q_p ; 80 % \bar{U}_{max} (entspricht EnEV-Anforderung ab 1.1.2016)
- Niveau 2: 65 % Q_p ; 80 % \bar{U}_{max}
- Niveau 3: 55 % Q_p ; 70 % \bar{U}_{max}

Für die Fertigungshallen mit dezentralen Heizungen (Gebläse- oder Strahlungsheizungen) resultieren aufgrund der vorgenannten Ausnahmeregelungen (EnEV-Anlage 2, Absatz 1.1.2 und Absatz 1.3) folgende Niveaubezeichnungen:

- Niveau 1: 100 % Q_p ; 100 % \bar{U}_{max} (entspricht EnEV-Anforderung ab 1.1.2016)
- Niveau 2: 85 % Q_p ; 100 % \bar{U}_{max} (Anhebung Niveau Q_p um 15 % bezüglich Niveau 1)
- Niveau 3: 75 % Q_p ; 85 % \bar{U}_{max} (Anhebung Niveau Q_p um 25 % und Niveau \bar{U}_{max} um 15 % bezüglich Niveau 1)

Mit Ausnahme der Fertigungshallen werden die im Folgenden beschriebenen technischen Systemvarianten abgebildet:

- Variante 1: 1. Wärmeerzeuger: BHKW
 2. Wärmeerzeuger: Gas-Brennwertkessel
- Variante 2: 1. Wärmeerzeuger: Luft-Wasser-Wärmepumpe
 2. Wärmeerzeuger: Gas-Brennwertkessel
- Variante 3: 1. Wärmeerzeuger: Sole-Wasser-Wärmepumpe
 2. Wärmeerzeuger (nur Hotel): Gas-Brennwertkessel
- Variante 4: 1. Wärmeerzeuger: Pelletkessel
 2. Wärmeerzeuger: Gas-Brennwertkessel

Für alle Varianten, bei denen zwei Wärmeerzeuger vorgesehen sind, wird hinsichtlich der gelieferten Wärme ein Verhältnis von 50 %/50 % unterstellt.

Im Fall der Fertigungshallen mit zentralen Erzeugern werden folgende technische Systemvarianten betrachtet:

- Variante 1: 1. Wärmeerzeuger: Gas-Brennwertkessel
 2. Wärmeerzeuger: -
 Wärmeübergabesystem: Luftheizer
- Variante 2: 1. Wärmeerzeuger: Pelletkessel,
 2. Wärmeerzeuger: -
 Wärmeübergabesystem: Deckenstrahlplatten
- Variante 3: 1. Wärmeerzeuger: Sole-Wasser-Wärmepumpe,
 2. Wärmeerzeuger: -
 Wärmeübergabesystem: Luftheizer
- Variante 4: 1. Wärmeerzeuger: BHKW,
 2. Wärmeerzeuger: Gas-Brennwertkessel
 Wärmeübergabesystem: Deckenstrahlplatten

Hinsichtlich der von beiden Erzeugern gelieferten Wärme wird auch hier ein Verhältnis 50 %/50 % angenommen.

Die technischen Systemvarianten der Fertigungshallen mit dezentralen Erzeugern werden wie folgt modelliert:

- Variante 1: Gas-Warmlufterzeuger, optimierte Verteilung,
TOP-System (detaillierte Beschreibung siehe [12])
- Variante 2: Gasinfrarot-Hellstrahler,
TOP-System (detaillierte Beschreibung siehe [12])
- Variante 3: Gasinfrarot-Dunkelstrahler,
Standard-System (detaillierte Beschreibung siehe [12])
- Variante 4: Gasinfrarot-Dunkelstrahler,
TOP-System (detaillierte Beschreibung siehe [12])

5.3.3 Behandlung des EEWärmeG in den Bezugs- und Systemvarianten

Bei der Bildung der Systemvarianten für die betrachteten Gebäude erfolgt grundsätzlich keine Berücksichtigung des EEWärmeG.

Für die Berechnungen der Wohngebäude wird allerdings unterstellt, dass die Ausführung einer solarthermischen Anlage zur Warmwasserbereitung bei den Systemvarianten Gas-BW stets zur Einhaltung der durch das EEWärmeG formulierten Anforderungen führt.

5.3.4 Primärenergiefaktoren

Es werden die Primärenergiefaktoren für die Berechnungen gem. der derzeit gültigen EnEV [9] angenommen. Diese sind in der folgenden Tabelle 5-7 aufgeführt.

Tabelle 5-7: Primärenergiefaktoren

Energieträger		Primärenergiefaktor
Fossile Brennstoffe	Erdgas	1,1
Biogene Brennstoffe	Holzpellets	0,2
Umweltenergie	Solarenergie, Umweltwärme und PV	0,0
Strom	Strom – Verdrängungsmix bei Einspeisung	2,8
	Strom-Mix Bezug	1,8

5.4 Randbedingungen der Berechnungen zur Kostenoptimalität und zur Wirtschaftlichkeit nach EnEG

Die folgenden Teilabschnitte dokumentieren weitere grundlegende Berechnungsrandbedingungen, die den Untersuchungen und Berechnungen im Rahmen der Projektbearbeitung zugrunde liegen.

5.4.1 Allgemeines

Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit von Energiesparmaßnahmen und zum kostenoptimalen energetischen Niveau hängen von den verwendeten Randbedingungen ab.

Die in den Berechnungen angesetzten Investitionskosten sind das Ergebnis umfangreicher Recherchen, dokumentiert in Kap 5-2. Trotz großer Sorgfalt bei der Ermittlung typischer Werte werden sich im konkreten Einzelfall Abweichungen in Abhängigkeit vom Hersteller, Anbieter, von der Region und der Jahreszeit oder auch von der Auftragslage ergeben. Abweichungen von den gewählten Annahmen ergeben sich im Einzelfall auch bei den sonstigen Randbedingungen wie Energiepreisen, Zinssätzen oder Wartungskosten. Die Auswirkungen wesentlicher Einflussgrößen wie z.B. unterschiedlicher Energiepreisentwicklungen werden durch Parametervariationen erfasst.

Steuerliche Aspekte und Fördermaßnahmen bleiben unberücksichtigt, obwohl sie die Kostensituation aus betriebswirtschaftlicher Sicht deutlich beeinflussen können. Dafür können folgende Gründe angeführt werden:

- Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen sollen zunächst die reale betriebswirtschaftliche Kostensituation beschreiben. Diese ergibt sich ohne Fördereinfluss.
- Die steuerlichen Rahmenbedingungen bestimmen sich entscheidend durch die rechtliche und wirtschaftliche Situation des jeweiligen Bauherrn und sind deshalb nicht ohne weiteres zu verallgemeinern.
- Fördermaßnahmen sind ebenso wie steuerliche Anreize zeitlichen Veränderungen unterworfen. Sie können daher nicht als Grundlage für längerfristig geltende Anforderungen sein.
- Fördermaßnahmen hängen zum Teil von den gesetzlichen bzw. verordnungsrechtlichen Anforderungen ab, damit ergeben sich Rückkopplungen auf die Förderhöhe.

Eine detaillierte Aufschlüsselung auf diese unterschiedlichen Situationen ist im Rahmen des vorliegenden Gutachtens nicht möglich und auch nicht Aufgabe dieser Untersuchung. Aus Sicht der Autoren ist sie jedoch auch nicht erforderlich, da sich in der Summe aller Akteure die in diesem Gutachten betrachtete finanzielle Gesamtbilanz ergibt.

Sollte in Betracht gezogen werden künftige Anforderungsniveaus der EnEV, ggfs. auch einzelne Techniken oder Komponenten, mit einer Förderung zu versehen, können als Indikator für eine mögliche Förderhöhe die in Kap. 7 fallweise ausgewiesenen Deckungsfehlbeträge als Kriterium herangezogen werden.

5.4.2 Lebensdauern und Instandhaltungskosten von energetisch relevanten Bau- und Anlagenkomponenten

Für die Berechnungen zur Ermittlung des kostenoptimalen Niveaus (AS 4) und zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit im Neubau (AP 5) ist es erforderlich, die Lebensdauern von einzelnen energetisch relevanten Komponenten festzulegen, um hieraus, bezogen auf einen bestimmten Betrachtungszeitraum, den Zeitpunkt ggf. anfallender

Ersatzbeschaffungen zu bestimmen und in den Rechengang einfließen lassen zu können. Abhängig von der Lebensdauer von Einzelkomponenten werden hieraus die Höhe der erforderlichen Kapitaleinsätze für Ersatzbeschaffungen sowie Restwertansätze zum Ende eines bestimmten Betrachtungszeitraums ermittelt. Die Zusammenstellung der Lebensdauern zeigt Tabelle 5-8.

Tabelle 5-8 Berücksichtigte Lebensdauern für bauliche und anlagentechnische Komponenten [19], (Anmerkung: die Lebensdauer von 50 a ist die angesetzte Obergrenze)

Komponente	Lebensdauer [Jahre]
bauliche Komponenten	
Außenwand WDVS	40
Vorhangfassade	50
Sandwich-Elemente	50
Fenster Fassade	30
Außentüren	30
Schrägdach	40
Trapezblechdach	50
Lichtband	30
Fenster Dachflächen	30
Flachdach	40
Kehlbalkendecke	50
Oberste Geschossdecke	50
Unterer Gebäudeabschluss	50
Schornstein	50
Brennstofflager Pellets	50
anlagentechnische Komponenten	
Gas-Brennwertkessel	18
Luft-Wasser Wärmeerpumpe	18
Sole-Wasser Wärmeerpumpe	20
Bohrung Sole-Wasser WP	50
Pelletkessel	15
BHKW	15
Warmlufterzeuger	15
Hellstrahler	18
Dunkelstrahler	18
Heizflächen/Rohrleitungen 55/45, 45/35	30
Flächenheizung	50
Luftheizer	30
Deckenstrahlplatten	20
Abluftanlage	15
Zu-/Abluftanlage	15
Solarthermische Anlage	15

Zur Berücksichtigung der laufenden jährlichen betriebsgebundenen Kosten ist der Aufwand für Instandsetzung, Wartung und Inspektion in die Berechnungen einzubeziehen. Bezogen auf den Wartungsaufwand werden für die im Rahmen der Projektbearbeitung durchgeführten Berechnungen bei Wohn- und Nichtwohngebäuden jeweils unterschiedliche Berechnungsansätze zugrunde gelegt. Diese sind in den folgenden Abschnitten beschrieben.

5.4.2.1 **Wohngebäude**

Die für Wohngebäude verwendeten Ansätze für Instandsetzung, Wartung und Inspektion sind in Tabelle 5-9 dokumentiert. Hierbei handelt es sich um gebäudespezifische, den jeweiligen anlagentechnischen Komponenten zugeordnete Kosten. Die Angaben basieren auf Auswertungen von [19] und [20] sowie eigenen Untersuchungen im Rahmen dieses Gutachtens.

Tabelle 5-9: Pauschale Ansätze für Instandsetzung, Wartung und Inspektion bei Wohngebäuden

Einheit	EFH klein	EFH groß	DHH süd	RMH	MFH klein (6-FH)	MFH groß (40-FH)
Gas-Kessel	101,6 €/a	101,6 €/a	101,6 €/a	101,6 €/a	152,4 €/a	304,8 €/a
solare TWE	40,6 €/a	40,6 €/a	40,6 €/a	40,6 €/a	61,0 €/a	121,9 €/a
solare TWE/HeizU	61,0 €/a	61,0 €/a	61,0 €/a	61,0 €/a	81,3 €/a	193,0 €/a
Abluftanlage	30,5 €/a	30,5 €/a	30,5 €/a	30,5 €/a	182,9 €/a	1.219,2 €/a
Zu-/Abluftanlage	152,4 €/a	152,4 €/a	152,4 €/a	152,4 €/a	609,6 €/a	4.064,0 €/a
Wärmepumpe	121,9 €/a	121,9 €/a	121,9 €/a	121,9 €/a	182,9 €/a	365,8 €/a
Pelletkessel	254,0 €/a	254,0 €/a	254,0 €/a	254,0 €/a	304,8 €/a	609,6 €/a

Zusätzlich zu den vorgenannten Aufwendungen für Instandsetzung, Wartung und Inspektion fallen bei Systemvarianten mit Gas-Brennwertkessel und Pelletkessel Schornsteinfegergebühren an. Diese werden sowohl für Wohngebäude als auch für Nichtwohngebäude auf Grundlage der Kehr- und Überprüfungsgebührenordnung [21] berechnet, sie stellen mittlere Werte für Deutschland dar und sind in Tabelle 5-10 beispielhaft für die betrachteten Wohngebäude zusammengestellt.

Tabelle 5-10: Schornsteinfegergebühren nach [21] bei Wohngebäuden

System	EFH klein	EFH groß	DHH süd	RMH	MFH klein (6-FH)	MFH groß (40-FH)
Gas-BW	25,4 €/a	25,4 €/a	25,4 €/a	25,4 €/a	28,4 €/a	35,6 €/a
Pellet	101,6 €/a	101,6 €/a	101,6 €/a	101,6 €/a	111,8 €/a	152,4 €/a

5.4.2.2 Nichtwohngebäude

Für die Berechnungen der Nichtwohngebäude werden die jährlichen Instandhaltungs- und Wartungskosten als prozentuale Anteile der Anfangsinvestition gemäß Tabelle 5-11 verwendet. Die Werte basieren auf Angaben aus [19] und [20] sowie eigenen Untersuchungen.

Tabelle 5-11 Instandhaltungskosten, Gebäudehülle und Anlagentechnik für Nichtwohngebäude nach [19] und [20] ergänzt durch eigene Untersuchungen

Komponente	jährlicher Aufwand für Instandhaltung [% der Anfangsinvestition]	jährlicher Aufwand für Wartung und Inspektion [% der Anfangsinvestition]
Gas-Brennwertkessel	1,0	1,0
Luft-Wasser Wärmepumpe	1,0	1,0
Sole-Wasser Wärmepumpe	1,0	1,0
Bohrung Sole-Wasser WP	0,0	-
Pelletkessel	1,0	1,0
BHKW	3,0	1,0
Warmlufterzeuger	4,0	2,0
Hellstrahler	1,5	1,5
Dunkelstrahler	1,5	1,5
Heizflächen/Rohrleitungen 55/45, 45/35	0,5	-
Flächenheizung	0,5	-
Luftheizer	2,0	-
Deckenstrahlplatten	1,5	0,5
Abluftanlage	1,2	3,6
Zu-/Abluftanlage	1,3	4,0
Solarthermische Anlage	0,5	1,0

5.4.3 Grundkosten für Neubauten

Ausgehend von den Investitionskosten für die Referenzvarianten wurden bei den Kapitalwertberechnungen die Mehr- oder Minderkosten der einzelnen Varianten, die durch Austausch bzw. die Verbesserung einzelner Komponenten entstehen, bestimmt.

Um eine Einordnung der Verhältnismäßigkeit der Mehr- oder Minderkosten der einzelnen Varianten zu erreichen, wurden bei den Berechnungen die Grundkosten für Neubauten berücksichtigt. Die Ergebnisse der Berechnungen zur Kostenoptimalität sind jedoch grundsätzlich unabhängig von den im Folgenden spezifizierten Grundkosten. Im Gegensatz zu den betrachteten Mehr- oder Minderaufwendungen der energetisch wirksamen Varianten wurden für die Grundkosten vereinfachend die Investitionskosten der Kostengruppen 300 und 400 (gemäß HOAI), ohne Berücksichtigung von gesonderten Instandhaltungs- oder Restwerten etc. berücksichtigt.

Bei den Wohngebäuden wurde für von folgenden spezifischen Kosten für die EnEV 2014 Grundvarianten (inklusive Wärmeerzeugungssystem) ausgegangen¹¹:

- Einfamilienhäuser: 1.260 EUR/m² A_N
 bzw. 1.701 EUR/m² A_{W0} für EFH klein und EFH groß mit Keller
 bzw. 1.512 EUR/m² A_{W0} für EFH klein ohne Keller
- Doppelhaushälften: 1.070 EUR/m² A_N
 bzw. 1.284 EUR/m² A_{W0}
- Reihenmittelhaus: 1.070 EUR/m² A_N
 bzw. 1.446 EUR/m² A_{W0}
- Mehrfamilienhäuser: 1.160 EUR/m² A_N
 bzw. 1.392 EUR/m² A_{W0}

Bei den Nichtwohngebäuden wurde von folgenden spezifischen Kosten für die EnEV 2014 Grundvarianten ausgegangen¹²:

- Schule: 1.570 EUR/m² A_{NGF}
- Verbrauchermarkt: 1.120 EUR/m² A_{NGF}
- Hotel: 2.390 EUR/m² A_{NGF}
- Büro, klein: 1.770 EUR/m² A_{NGF}
- Büro, groß: 1.650 EUR/m² A_{NGF}
- Kindertagesstätte: 1.750 EUR/m² A_{NGF}
- Fertigungshalle: 1.120 EUR/m² A_{NGF}

5.4.4 Energiekosten

Die bei den Berechnungen berücksichtigten und mit dem Auftraggeber abgestimmten Energiekosten sind in Tabelle 5-12 zusammengestellt (Preisniveau 2015). Die Bandbreiten bei den individuellen Energiekosten sind groß und können im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht abgebildet werden. Im Rahmen der Sensitivitätsuntersuchung (Abschnitte 9.1.7 und 9.2.4) werden zusätzlich abweichende Energiepreisniveaus für das Bezugsjahr 2020 gewählt und ausgewertet.

Tabelle 5-12: Energiepreise (Mischpreise, für Erdgas und Holzpellets brennwertbezogen). Quellen: EUROSTAT [22] (Erdgas/Strom), DEPV [23] (Holzpellets); Preise gemäß Abstimmung mit dem Auftraggeber (BBSR/BMWi)

Energieträger	Energiepreise [€/kWh]	
	Wohngebäude (brutto)	Nichtwohngebäude brutto/netto
Erdgas	0,075	0,075 / 0,063
Strom	0,298	0,298 / 0,250
Wärmepumpenstrom	0,248	0,283 / 0,238
Holzpellets	0,051	0,051 / 0,043

¹¹ Quelle: Gerundete und auf A_N bezogenen Werte nach [42]; massive Bauweise mittlerer Standard; mittels Baukostenindex auf 2015-Preisniveau angehoben, inkl. Mehrwertsteuer. Auf A_{W0} bezogenen Werte nach pauschaler Umrechnung wie in Abschnitt 4.3.1

¹² Quelle: Gerundete auf die A_{NGF} bezogene Werte in Anlehnung an [43]; massive Bauweise mittlerer Standard, ohne Mehrwertsteuer

Bei den Kostenoptimalitätsberechnungen (Abschnitt 6) wird unterschieden zwischen einer mikroökonomischen und einer makroökonomischen Betrachtung. Der mikroökonomischen Perspektive sowie den Wirtschaftlichkeitsberechnungen nach EnEG (Abschnitt 7) werden die in Tabelle 5-12 beschriebenen Energiepreise zugrunde gelegt. Für die makroökonomische Betrachtung erfolgt der Ansatz der in Tabelle 5-13 angegebenen Energiepreise.

Tabelle 5-13: Energiepreise (Mischpreise) für die Untersuchungen zur Kostenoptimalität

Energieträger	Preise, makroökonomisch ¹³ [€/kWh]	
	Wohngebäude	Nichtwohngebäude
Erdgas	0,056	
Strom	0,146	
Wärmepumpenstrom	0,146	
Holzpellets	0,043	

5.4.5 Energiepreisentwicklung

Um Unsicherheiten bezüglich der Entwicklung der Energiepreise Rechnung zu tragen, sollen laut Vorgaben der EU mehrere Szenarien gerechnet werden. In Abstimmung mit dem Auftraggeber werden dabei ein Modell mit linearer realer Energiepreisentwicklung und zwei Modelle mit nichtlinearer Steigerung entsprechend dem der Internationalen Energieagentur betrachtet:

1. Szenario „Bundesregierung“
2. Szenario „EU-Kommission“ bzw. kurz „EU“
3. Szenario „1 Prozent“

Die bei den Berechnungen berücksichtigte Energiepreisentwicklung im Szenario „Bundesregierung“ orientiert sich an der aktuellen Energierreferenzprognose, die für das BMWi erstellt wurde, und ist konform mit dem parallelen BMWi-Vorhaben zur wissenschaftlichen Begleitung der Erarbeitung der Energieeffizienzstrategie Gebäude: Aufbauend auf der aktuellen Energierreferenzprognose „Entwicklung der Energiemarkte – Energierreferenzprognose“ (Prognos/EWI/GWS 2014) unter Berücksichtigung der aktuellen Entwicklungen am Rohölmarkt. Die hierbei in Ansatz gebrachten Preissteigerungsszenarien sind in Tabelle 5-14 beschrieben.

Tabelle 5-14: Preissteigerungsraten, Szenario „Bundesregierung (Prognos)“

Energieträger	2015-2035	2036-2045
Erdgas	1,2 %	1,0 %
Holzpellets	1,5 %	1,3 %
Strom	0,1 %	0,0 %

Anmerkung: Da die jährlichen Steigerungen der genannten Quelle sehr variabel sind wurden diese zur besseren Übersicht für die o.g. Zeiträume linearisiert.

Im Szenario „EU-Kommission“ werden die Preissteigerungsannahmen in Anlehnung an die Vorgaben der delegierten Verordnung [24] berücksichtigt. Die zugehörigen Preissteigerungsraten sind in Tabelle 5-15 dokumentiert.

Die Preisentwicklungsprognose für Holzpellets wurde in diesem Szenario, aufgrund fehlender Datenlage, an die Entwicklung der Erdgaspreise gekoppelt.

Tabelle 5-15: Preissteigerungsraten, Szenario „EU“ (Vorgaben der delegierten Verordnung). [24]

Energieträger	2015-2019	2020-2029	2030-2042
Erdgas/Holzpellets	2,8 %	2,8 %	2,8 %
Strom	2,2 %	0,6 %	0,1 %

Das dritte Szenario, Szenario „1 Prozent“, dient dem Vergleich und wurde mit einer fiktiven steten Preissteigerung von 1,0 % jährlich für alle Energieträger berechnet.

Tabelle 5-16: Preissteigerungsraten, Szenario „1 Prozent“

Energieträger	2015-2045
Erdgas/Holzpellets/Strom	1,0 %

5.4.6 CO₂-Kosten und -Faktoren

Gemäß [24] werden bei der makroökonomischen Betrachtung im Rahmen der Untersuchungen zur Kostenoptimalität (Abschnitt 6) die in Tabelle 5-17 angegebenen CO₂-Kosten berücksichtigt:

Tabelle 5-17: CO₂-Kosten für die Zeiträume gemäß [24]

Zeitraum	CO ₂ -Kosten [EUR/t]
bis 2025	20
bis 2030	35
ab 2030	50

Die jeweiligen Emissionen pro Gebäudevariante werden durch Multiplikation der Endenergieverbräuche mit den in Tabelle 5-18 aufgeführten CO₂-Faktoren errechnet. Eine mögliche künftige Reduktion des Emissionsfaktors für Strom wurde nicht berücksichtigt.

Tabelle 5-18: CO₂-Faktoren

Energieträger	CO ₂ -Faktor [g/kWh]
Erdgas	224
Strom	559 ¹³
Holzpellets	41

5.4.7 Kalkulationszinssätze

Als Kalkulationszinssatz, wird bei den Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit nach EnEG (Abschnitt 7) ein mittlerer Real-Zinssatz von 1 % zugrunde gelegt. Dieser Zinssatz beschreibt dabei die aktuelle Niedrigzinssituation. Die nominalen Zinssätze für Baudarlehen mit 10 jähriger Zinsbindungsfrist liegen derzeit (Stand Juli 2015) bei knapp über 1,5 %. Die Inflationsrate ist von 1,5 % im Jahr 2013 auf 0,9 % im Jahr 2014 gesunken. Seit Beginn des Jahres 2015 bewegt sich die Inflation nahe 0,5 %.

Als Kalkulationszinssätze über die nächsten 20 bzw. 30 Jahre, werden bei den Berechnungen zum kostenoptimalen Niveau (Abschnitt 6) – differenziert nach mikro- bzw. makroökonomischer Perspektive – Kalkulationszinssätze als mittlere Real-Zinssätze zugrunde gelegt. Der Zinssatz für die mikroökonomische Betrachtung entspricht dabei den vorbeschriebenen Randbedingungen, die auch bei den Wirtschaftlichkeitsberechnungen gem. EnEG verwendet wurden. Der Zinssatz für die makroökonomische Perspektive wurde entsprechend der Leitlinien zur delegierten Verordnung Nr. 244/2012 mit 3,0 % berücksichtigt.

Tabelle 5-19: Kalkulationszinssätze (Realzinssätze)

	mikroökonomisch	makroökonomisch
Zinssatz	1,0 %	3,0 %

6 Kostenoptimales Niveau Neubau (AS 4)

6.1 Hintergrund und Aufgabenstellung

Zur Erreichung der europäischen und nationalen Klimaschutzziele spielt der Gebäudesektor eine zentrale Rolle bei der Verminderung des Energieverbrauchs, der Reduktion von Treibhausgasemissionen, aber auch für die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien. Um die bereits erreichten Erfolge zu sichern und den Weg zur Erreichung eines nahezu klimaneutralen Gebäudebestandes im Jahr 2050 zu bereiten, soll in Deutschland eine erneute Überarbeitung der Energieeinsparverordnung (EnEV) stattfinden.

Die vorliegenden Berechnungen zur Kostenoptimalität 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. Nach Artikel 4 werden die Mitgliedstaaten aufgefordert erforderliche Maßnahmen zu ergreifen, um sicherzustellen, dass im Hinblick auf die Erreichung kostenoptimaler Niveaus Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden oder Gebäudeteilen festgelegt werden.

In der Richtlinie 2010/31/EU wird die Methodik zur Bestimmung der kostenoptimalen Niveaus beschrieben. Diese wird durch die Delegierte Verordnung Nr. 244/2012 der Europäischen Kommission¹³ sowie die Leitlinien¹⁴ zur Flankierung des Rahmens für eine Vergleichsmethode konkretisiert.

Das kostenoptimale Niveau ist dabei derjenige energetische Gebäudestandard, der über den gewählten Betrachtungszeitraum den geringsten Kapitalwert aufweist. Im Rahmen der Berechnungen kann für die vorgegebenen Rahmenbedingungen jeweils eine kostenoptimale Variante bestimmt werden. In der Regel weisen jedoch mehrere Varianten ähnliche Kapitalwerte auf. Gemäß der Leitlinien zur delegierten Verordnung sollte zur Festlegung des kostenoptimalen Niveaus bei gleichen oder sehr ähnlichen Kapitalwerten möglichst die Variante mit dem geringsten Primärenergieverbrauch herangezogen werden.

Sollten hierbei nennenswerte Diskrepanzen, das heißt mehr als 15 % zwischen den berechneten kostenoptimalen Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz und den geltenden Mindestanforderungen an die Gesamtenergieeffizienz zu verzeichnen sein, so sollten die Mitgliedstaaten die Abweichungen begründen oder geeignete Maßnahmen zur Verringerung der Diskrepanzen vorsehen (vergleiche Erwägungsgrund 14 der EU-Gebäuderichtlinie).

Das kostenoptimale Niveau ist im Rahmen der vorliegenden Untersuchung zu bestimmen und somit die Ergebnisse der Untersuchung der Kostenoptimalität aus dem Jahr 2013 [25] zu aktualisieren.

6.2 Berechnungsmethodik

Die Berechnungen zur Kostenoptimalität im Neubau werden nach der Kapitalwertmethode durchgeführt. Gemäß den Anforderungen aus Artikel 4 der Richtlinie 2010/31/EU werden dabei die kostenoptimalen Niveaus bestimmt. Die Methodik wird durch die delegierte Verordnung Nr. 244/2012 der Europäischen Kommission¹⁵ sowie die Leitlinien¹⁶

¹³ 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)

¹⁴ 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)

¹⁵ 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)

¹⁶ 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)

konkretisiert. Während für Wohngebäude ein Betrachtungszeitraum von 30 Jahren zu wählen ist, beträgt dieser für Nichtwohngebäude 20 Jahre. In den Kapitalwert (Global Costs) werden neben den Investitionskosten (getrennt nach Anlagentechnik und Gebäudehülle) auch die Energie-, Wartungs- und Instandhaltungskosten, sowie die Kosten für Ersatzmaßnahmen sowie ggf. Entsorgungskosten mit einberechnet. Die Kosten der Anlagentechnik, die bei einer Wärmeerzeugererneuerung anfallen, setzen sich aus einem Teil dauerhafter Investitionen (z.B. Gasanschluss, Abgassystem, Sonden von Solewärmepumpen, Brunnen von Wasserwärmepumpen) und einem Teil mit kürzeren Lebensdauern zusammen (z.B. Kessel oder Wärmepumpe inkl. Installation). Entsprechend ihrer Lebensdauer (siehe Tabelle 5-11) werden nach Ablauf der selbigen bei den Berechnungen die betreffenden Kosten der Ersatzinvestitionen berücksichtigt. Falls die jeweilige Lebensdauer den Betrachtungszeitraum übersteigt, wird ein Restwert berücksichtigt. Die Restwertberechnung erfolgt in Einklang mit der delegierten Verordnung Nr. 244/2012 über einen linearen Ansatz unter Berücksichtigung der Diskontierung am Ende des Betrachtungszeitraums. Für die Kosten und Qualitäten der Ersatzmaßnahmen werden, soweit nicht ausdrücklich anders beschrieben, die aktuellen Preise sowie die aktuellen Qualitäten angenommen.

Die Berechnung findet zu realen Kosten und Preisen des Bezugsjahres 2015 statt.

Die Berechnungen der Kapitalwerte wird aus einer sogenannten makro- und einer mikroökonomischen Perspektive (volks- und privatwirtschaftliche Perspektive) dargestellt. Mögliche Förderungen werden, soweit nicht gesondert erwähnt, nicht berücksichtigt. Bei der makroökonomischen Perspektive bleiben Steuern und Abgaben unberücksichtigt, wohingegen die Preise für CO₂-Zertifikate mit einbezogen werden.

Bei Kostenberechnungen werden hinsichtlich der künftigen Energiepreisentwicklung mehrere Szenarien berücksichtigt.

Durch die Berücksichtigung von Szenarien wird ein Ergebnisraum aufgespannt, der sowohl die in der Realität vorhanden Preispannen als auch die Unsicherheiten bei der künftigen Entwicklung der Energiepreise und Zinsen berücksichtigen soll.

Die Berechnungen des Beurteilungsparameters „spezifischer jährlicher Primärenergiebedarf“ (bezogen auf die Energiebezugsfläche, bei Wohngebäuden: A_n, bei Nichtwohngebäuden: A_{NGF}) erfolgten sowohl für Wohngebäude als auch für Nichtwohngebäude auf der Grundlage der DIN V 18599. Die Energiebedarfsberechnungen wurden mit den Softwarelösungen „ZUB Helena“ der Firma ZUB Systems, „Energieberater 18599“ der Firma Hottgenroth Software GmbH & Co. KG sowie „IBP:18599“ des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik durchgeführt. Um die Konformität zu gewährleisten, wurden für die vorliegenden Untersuchungen zur Kostenoptimalität, soweit möglich, die gleichen Varianten und Randbedingungen verwendet, wie für den im folgenden Kapitel beschriebenen Untersuchungen zum Nachweis der Wirtschaftlichkeit nach EnEG. Diese Grundlagen werden in den vorherigen Kapiteln sowie im Anhang beschrieben.

Im Folgenden werden die zusätzlichen Grundlagen aufgeführt, die bei den Untersuchungen zur Kostenoptimalität berücksichtigt wurden.

6.3 Ergebnisse

Je Variante wurden, wie zuvor beschrieben, drei Energiepreis-Szenarien und diese jeweils noch einmal aus mikro- und makroökonomischer Perspektive untersucht.

Damit ergeben sich für jede Variante 6 Szenarien.

Je Gebäudetyp ergeben sich in Abhängigkeit vom gewählten Energiepreisszenario und der Perspektive daher zum Teil unterschiedliche kostenoptimale Lösungen.

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 im Anhang dargestellt.

In der jeweils ersten Ergebniszeile der Tabellen werden dabei Global Costs (d.h. die Kapitalwerte über den jeweiligen Betrachtungszeitraum) der sogenannten Bezugsvarianten dargestellt. Bei den Bezugsvarianten handelt es sich, abgesehen von der Fertigungshalle, jeweils um eine mit einem zentralen Gaskessel versorgte Lösung, die, in Anlehnung an Anlage 1 und Anlage 2 der EnEV, die bis 31.12.2015 geltenden Anforderungswerte erfüllt. In der ersten Ergebnisspalte der Tabellen wird der errechnete spezifische Primärenergiekennwert der untersuchten Varianten dargestellt. Eine detaillierte Zusammenstellung von Systemkonfigurationen und energetischen Kennwerten der Varianten ist diesem Bericht in Anhang C beigefügt. Um den möglichen Einfluss des berücksichtigten Wärmepumpentarifs aufzuzeigen, wurden die Wärmepumpenvarianten auch ohne Wärmepumpentarif berechnet. Darüber hinaus wurde jeweils auch eine Variante untersucht, die von einem fiktiven verbesserten Pauschalwert für Wärmebrücken ($0,02 \text{ W/m}^2\text{K}$ anstelle von $0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$), ohne hierfür Planungsmehrkosten (z.B. durch eine Erstellung und Implementierung eines erweiterten Wärmebrückenkatalogs) zu berücksichtigen. Die zuvor genannten zusätzlichen Varianten sind jeweils am Ende der Tabellen aufgeführt und hervorgehoben.

In den Tabellen werden die prozentualen Abweichungen der Global Costs der sechs Szenarien der jeweiligen Varianten in Relation zur Bezugsvariante dargestellt. Negative Werte bedeuten dabei, dass die entsprechende Variante geringere Global Costs als die Bezugsvariante aufweist.

Das Kostenoptimum sowie diejenigen Werte, die geringere Globale Costs als die Bezugsvariante aufweisen, sind jeweils farbig hervorgehoben.

6.3.1 Wohngebäude

Bei den Einfamilienhäusern wird das kostenoptimale Niveau durch die Varianten „Qp55 mit Luftwärmepumpe“ definiert. Je nach Gebäudetyp, Perspektive oder Energiepreisszenario ist dabei entweder die Variante mit einer Begrenzung des spezifischen Transmissionswärmekoeffizienten auf 85 % oder 70 % des derzeit zulässigen Niveaus kostenoptimal. Bei den Mehrfamilienhäusern unterscheiden sich die Ergebnisse sowohl zu den Ergebnissen der Einfamilienhäuser als auch untereinander.

6.3.1.1 Kleines Einfamilienhaus mit Keller

Tabelle 6-1: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das Referenzgebäude „Kleines EFH mit Keller“

Einfamilienhaus klein, mit Keller	Primär-energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive			Makroökonomische Perspektive		
		Preissteigerungsszenarien (Angaben in %)			Preissteigerungsszenarien (Angaben in %)		
		Prognos	EU	1 %	Prognos	EU	1 %
Global Costs - Bezugsvariante (EUR/m²)		1.435	1.497	1.434	1.175	1.206	1.174
18599_Bezug_GasBW+ST_EFHklein_mKe	79,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EnEV 2016_GasBW+ST_EFHklein_mKe	59,8	-1,5	-2,4	-1,4	-0,4	-1,1	-0,4
Qp55,HT'85%_GasBW+ST_EFHklein_mKe	44,0	1,0	-1,0	1,4	2,3	1,0	2,5
Qp55,HT'85%_Luft-WP_EFHklein_mKe	43,4	-4,2	-6,8	-2,2	-3,9	-5,7	-2,9
Qp55,HT'85%_Sole-WP_EFHklein_mKe	34,2	-2,3	-5,3	-0,8	-1,2	-3,2	-0,4
Qp55,HT'85%_Pellet_EFHklein_mKe	19,9	3,3	1,6	2,9	4,2	3,3	3,9
Qp55,HT'70%_GasBW+ST_EFHklein_mKe	44,0	1,0	-1,0	1,4	2,2	0,9	2,4
Qp55,HT'70%_Luft-WP_EFHklein_mKe	39,6	-4,1	-6,8	-2,3	-3,3	-5,1	-2,4
Qp55,HT'70%_Sole-WP_EFHklein_mKe	31,5	-2,0	-5,0	-0,5	-0,5	-2,5	0,3
Qp55,HT'70%_Pellet_EFHklein_mKe	18,6	3,9	1,9	3,5	5,1	4,0	4,8
Qp40,HT'55%_GasBW+ST_EFHklein_mKe	32,0	4,4	1,7	4,8	6,5	4,7	6,7
Qp40,HT'55%_Luft-WP_EFHklein_mKe	32,0	-1,9	-4,9	-0,4	0,3	-1,8	1,0
Qp40,HT'55%_Sole-WP_EFHklein_mKe	28,7	-0,1	-3,3	1,2	2,0	-0,1	2,7
Qp40,HT'55%_Pellet_EFHklein_mKe	17,2	6,0	3,8	5,6	7,7	6,5	7,5
Qp40,HT'ohne_GasBW+ST_EFHklein_mKe	32,0	4,4	1,7	4,8	6,5	4,7	6,7
Qp40,HT'ohne_Luft-WP_EFHklein_mKe	32,0	-1,2	-4,2	0,3	0,1	-1,9	0,9
Qp40,HT'ohne_Sole-WP_EFHklein_mKe	32,0	1,3	-1,9	2,8	2,3	0,2	3,0
Qp40,HT'ohne_Pellet_EFHklein_mKe	21,8	3,6	2,2	3,1	4,1	3,4	3,8
Qp55,HT'85%_Luft-WP_oWPT_EFHklein_mKe	43,4	-2,2	-4,7	0,0	-3,9	-5,7	-2,9
Qp55,HT'85%_Sole-WP_oWPT_EFHklein_mKe	34,2	-0,9	-3,7	0,9	-1,2	-3,2	-0,4
Qp55,HT'70%_Luft-WP_oWPT_EFHklein_mKe	39,6	-2,3	-4,9	-0,2	-3,3	-5,1	-2,4
Qp55,HT'70%_Sole-WP_oWPT_EFHklein_mKe	31,5	-0,6	-3,6	1,0	-0,5	-2,5	0,3
Qp40,HT'55%_Luft-WP_oWPT_EFHklein_mKe	32,0	-0,4	-3,4	1,2	0,3	-1,8	1,0
Qp40,HT'55%_Sole-WP_oWPT_EFHklein_mKe	28,7	1,1	-2,0	2,6	2,0	-0,1	2,7
Qp40,HT'ohne_Luft-WP_oWPT_EFHklein_mKe	32,0	0,0	-2,9	1,7	0,1	-1,9	0,9
Qp40,HT'ohne_Sole-WP_oWPT_EFHklein_mKe	32,0	2,4	-0,6	4,1	2,3	0,2	3,0
Qp55,HT'85%_GasBW+ST_EFHklein_mKe_oWB-Kosten	44,0	0,3	-1,7	0,6	1,5	0,2	1,7

Das kostenoptimale Niveau wird abhängig vom Preissteigerungsszenario entweder durch die Variante „Qp55 HT'85“ oder die Variante „Qp55 HT'70“ mit Luftwärmepumpe definiert. Die Differenz des Kapitalwertes (der Global Costs) dieser Variante gegenüber der Bezugsvariante variiert dabei zwischen -2,3 % und -6,8 %, wobei die Global Costs dieser beiden Varianten sehr nahe beieinander liegen. Da bei der makroökonomischen Perspektive kein gesonderter Wärmepumpentarif berücksichtigt wurde, werden die entsprechenden Varianten ohne Wärmepumpentarif ebenfalls zum Kostenoptimum. Abgesehen von den Preissteigerungsszenarien „Prognos“ und „1 %“ der makroökonomischen Perspektive gibt es für jedes der betrachteten Energieniveaus Varianten, die geringere Global Costs aufweisen als die Bezugsvariante. Der Wegfall des Wärmepumpentarifs führt zwar zu höheren Global Costs dieser Varianten, in den meisten Fällen jedoch nicht dazu, dass Bezugsniveau unterschritten wird. Die Berücksichtigung der verbesserten Wärmebrücken führt zu einer Verbesserung der Global Costs von knapp unter einem Prozent.

6.3.1.2 Kleines Mehrfamilienhaus

Tabelle 6-2: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das Referenzgebäude „Kleines Mehrfamilienhaus“

Mehrfamilienhaus klein, ohne Keller	Primär-energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive			Makroökonomische Perspektive		
		Preissteigerungsszenarien (Angaben in %)			Preissteigerungsszenarien (Angaben in %)		
		Prognos	EU	1 %	Prognos	EU	1 %
Global Costs - Bezugsvariante (EUR/m²)	0	1.314	1.362	1.314	1.075	1.099	1.075
18599_Bezug_GasBW+ST_MFHklein_oKe	60,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EnEV_2016_GasBW+ST_MFHklein_oKe	46,0	-0,8	-1,6	-0,7	0,0	-0,5	0,1
Qp55,HT'85%_GasBW+ST_MFHklein_oKe	33,7	1,5	-0,2	1,8	2,4	1,2	2,5
Qp55,HT'85%_Luft-WP_MFHklein_oKe	33,5	-1,5	-3,7	0,2	-1,1	-2,6	-0,2
Qp55,HT'85%_Sole-WP_MFHklein_oKe	30,8	0,8	-1,6	2,3	1,5	-0,1	2,3
Qp55,HT'85%_Pellet_MFHklein_oKe	16,5	2,2	1,1	1,8	3,0	2,5	2,7
Qp55,HT'70%_GasBW+ST_MFHklein_oKe	33,7	1,4	-0,3	1,8	2,3	1,1	2,5
Qp55,HT'70%_Luft-WP_MFHklein_oKe	32,2	-1,4	-3,7	0,1	-0,8	-2,3	0,0
Qp55,HT'70%_Sole-WP_MFHklein_oKe	28,2	0,2	-2,3	1,6	1,2	-0,4	1,9
Qp55,HT'70%_Pellet_MFHklein_oKe	15,1	1,9	0,5	1,5	2,9	2,3	2,7
Qp40,HT'55%_GasBW+ST_MFHklein_oKe	25,2	6,1	3,7	6,4	7,6	6,0	7,8
Qp40,HT'55%_Luft-WP_MFHklein_oKe	24,5	4,0	1,3	5,3	5,4	3,6	6,1
Qp40,HT'55%_Sole-WP_MFHklein_oKe	24,5	2,9	0,2	4,1	4,6	2,8	5,2
Qp40,HT'55%_Pellet_MFHklein_oKe	14,1	4,6	3,0	4,2	6,1	5,3	5,9
Qp40,HT'ohne_GasBW+ST_MFHklein_oKe	25,2	6,1	3,7	6,4	7,6	6,0	7,8
Qp40,HT'ohne_Luft-WP_MFHklein_oKe	24,5	4,0	1,2	5,2	5,3	3,5	6,0
Qp40,HT'ohne_Sole-WP_MFHklein_oKe	24,5	3,1	0,3	4,3	4,8	3,0	5,4
Qp40,HT'ohne_Pellet_MFHklein_oKe	17,7	1,8	0,8	1,2	2,2	1,8	1,9
Qp55,HT'85%_Luft-WP_oWPT_MFHklein_oKe	33,5	0,2	-1,9	2,1	-1,1	-2,6	-0,2
Qp55,HT'85%_Sole-WP_oWPT_MFHklein_oKe	30,8	2,2	-0,1	3,9	1,5	-0,1	2,3
Qp55,HT'70%_Luft-WP_oWPT_MFHklein_oKe	32,2	0,2	-2,0	2,0	-0,8	-2,3	0,0
Qp55,HT'70%_Sole-WP_oWPT_MFHklein_oKe	28,2	1,5	-0,9	3,1	1,2	-0,4	1,9
Qp40,HT'55%_Luft-WP_oWPT_MFHklein_oKe	24,5	5,1	2,4	6,5	5,4	3,6	6,1
Qp40,HT'55%_Sole-WP_oWPT_MFHklein_oKe	24,5	4,0	1,4	5,4	4,6	2,8	5,2
Qp40,HT'ohne_Luft-WP_oWPT_MFHklein_oKe	24,5	5,0	2,3	6,4	5,3	3,5	6,0
Qp40,HT'ohne_Sole-WP_oWPT_MFHklein_oKe	24,5	4,2	1,5	5,6	4,8	3,0	5,4
Qp55,HT'85%_GasBW+ST_MFHklein_oKe_oWB-Kosten	33,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Das kostenoptimale Niveau wird bis auf das Energiepreisszenario „1 %“ bei der mikroökonomischen Perspektive durch die Variante „Qp55 HT'85“ mit Luftwärmepumpe beschrieben. Beim Energiepreisszenario „1 %“ der mikroökonomischen Perspektive ist die Variante EnEV2016 kostenoptimal. Für die Energiepreisentwicklungsszenarien „Prognos“ und „EU“ weisen auch einige der „Q_p 55 % H_T 70 %“ Varianten geringere Global Costs als die Bezugsvariante auf.

6.3.1.3 Großes Mehrfamilienhaus

Tabelle 6-3: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das Referenzgebäude „großes Mehrfamilienhaus“

Mehrfamilienhaus groß, ohne Keller	Primär-energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive			Makroökonomische Perspektive		
		Preissteigerungsszenarien (Angaben in %)			Preissteigerungsszenarien (Angaben in %)		
		Prognos	EU	1 %	Prognos	EU	1 %
Global Costs - Bezugsvariante (EUR/m ²)		1.291	1.339	1.290	1.060	1.084	1.059
18599_Bezug_GasBW+ST_MFHgross_oKe	59,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EnEV_2016_GasBW+ST_MFHgross_oKe	44,0	1,4	0,3	1,8	1,4	0,7	1,6
Qp55,HT'85%_GasBW+ST_MFHgross_oKe	34,6	0,8	-0,9	1,2	1,3	0,3	1,5
Qp55,HT'85%_Sole-WP_MFHgross_oKe	27,1	-0,9	-3,4	0,5	0,0	-1,7	0,8
Qp55,HT'85%_Pellet_MFHgross_oKe	14,3	-0,7	-2,0	-1,0	0,4	-0,3	0,1
Qp55,HT'70%_GasBW+ST_MFHgross_oKe	32,3	1,1	-0,6	1,5	1,9	0,8	2,1
Qp55,HT'70%_Sole-WP_MFHgross_oKe	24,8	-1,0	-3,6	0,3	0,2	-1,5	0,9
Qp55,HT'70%_Pellet_MFHgross_oKe	13,0	-1,0	-2,5	-1,3	0,3	-0,5	0,1
Qp40,HT'55%_GasBW+ST_MFHgross_oKe	25,1	3,9	1,6	4,4	5,3	3,8	5,5
Qp40,HT'55%_Sole-WP_MFHgross_oKe	23,0	0,9	-1,8	2,1	2,6	0,8	3,2
Qp40,HT'55%_Pellet_MFHgross_oKe	11,8	0,7	-1,1	0,5	2,5	1,5	2,3
Qp40,HT'ohne_GasBW+ST_MFHgross_oKe	25,1	3,9	1,6	4,4	5,3	3,8	5,5
Qp40,HT'ohne_Sole-WP_MFHgross_oKe	25,2	-0,9	-3,5	0,4	0,1	-1,6	0,8
Qp40,HT'ohne_Pellet_MFHgross_oKe	15,6	-0,2	-1,3	-0,6	0,5	0,0	0,2
Qp55,HT'85%_Sole-WP_oWPT_MFHgross_oKe	27,1	0,5	-1,9	2,1	0,0	-1,7	0,8
Qp55,HT'70%_Sole-WP_oWPT_MFHgross_oKe	24,8	0,2	-2,3	1,7	0,2	-1,5	0,9
Qp40,HT'55%_Sole-WP_oWPT_MFHgross_oKe	23,0	2,0	-0,6	3,5	2,6	0,8	3,2
Qp40,HT'ohne_Sole-WP_oWPT_MFHgross_oKe	25,2	0,3	-2,2	1,9	0,1	-1,6	0,8
Qp55,HT'85%_GasBW+ST_MFHgross_oKe_oWB-Kosten	34,6	0,8	-0,9	1,2	1,3	0,3	1,5

Während bei der mikroökonomischen Perspektive das Kostenoptimum durch Varianten „Qp55 HT'70%“ repräsentiert wird, variiert das Kostenoptimum bei der makroökonomischen Perspektive. Je nach Preissteigerungsszenario wird es entweder durch die Variante „Qp55 HT'70%“ mit Sole Wärmepumpe (Preissteigerungsszenario „EU“) oder den Bezugsfall definiert.

6.3.2 Nichtwohngebäude

Aufgrund der unterschiedlichen Nutzungsrandbedingungen ergeben sich bei den Nichtwohngebäuden noch größere Unterschiede bei den kostenoptimalen Niveaus als bei den Wohngebäuden. Häufig weisen die Varianten mit Sole-Wärmepumpe oder Holzpelletkesseln im Verhältnis zur Referenz niedrigere Global Costs auf.

6.3.2.1 Schule

Tabelle 6-4: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das Referenzgebäude „Schule“

Schule	Primär-energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive			Makroökonomische Perspektive		
		Preissteigerungsszenarien (Angaben in %)			Preissteigerungsszenarien (Angaben in %)		
		Prognos	EU	1 %	Prognos	EU	1 %
Global Costs - Bezugsvariante (EUR/m ²)		1.996	2.031	2.002	1.943	1.962	1.945
SCH_Bezug_EnEV2009/2014_GasBW	82,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SCH_EnEV2016_Pellet_GasBW	63,4	0,1	-0,1	0,0	0,1	0,1	0,1
SCH_EnEV2016_SoleWP	54,0	1,4	0,8	2,2	0,6	0,2	1,0
SCH_Qp65_U80_Pellet_GasBW	54,0	0,0	-0,4	-0,1	0,7	0,5	0,7
SCH_Qp65_U80_SoleWP	54,0	1,4	0,8	2,2	0,6	0,2	1,0
SCH_Qp55_U70_Pellet_GasBW	47,6	0,4	-0,2	0,3	1,8	1,5	1,7
SCH_Qp55_U70_SoleWP	47,3	1,2	0,5	1,8	1,1	0,5	1,3
SCH_EnEV2016_SoleWP_oWPT	54,0	1,7	1,1	2,5	0,6	0,2	1,0
SCH_Qp65_U80_SoleWP_oWPT	54,0	1,7	1,1	2,5	0,6	0,2	1,0
SCH_Qp55_U70_SoleWP_oWPT	47,3	1,5	0,7	2,1	1,1	0,5	1,3

Bei dem Referenzgebäude „Schule“ stellt, unabhängig vom Energiepreisszenario bei der mikroökonomischen Perspektive, die Variante „QP65_U80“ mit Pelletkessel das Kostenoptimum der untersuchten Varianten dar. Bei dieser Perspektive ergeben sich für das Preissteigerungsszenario „EU“ auch für die Varianten „QP65_U80“ und „EnEV2016“ mit Pelletkessel geringere Global Costs als bei der Ausgangsvariante. Bei der makroökonomischen Perspektive ist das Ausgangsniveau bereits das Kostenoptimum.

6.3.2.2 Hotel groß

Tabelle 6-5: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das Referenzgebäude „Hotel groß“

Hotel groß	Primär-energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive			Makroökonomische Perspektive		
		Preissteigerungsszenarien (Angaben in %)			Preissteigerungsszenarien (Angaben in %)		
		Prognos	EU	1 %	Prognos	EU	1 %
Global Costs - Bezugsviariante (EUR/m²)		3.303	3.385	3.326	3.100	3.142	3.108
HOT_Bezug_EnEV2009/2014_GasBW+ST	191,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
HOT_EnEV2016_GasBW_BHKW+ST	151,9	0,2	0,0	-0,2	2,1	2,0	1,9
HOT_EnEV2016_Pellet_GasBW	124,0	0,1	-0,2	-0,1	0,5	0,4	0,4
HOT_EnEV2016_GasBW_SoleWP+ST	147,6	-0,9	-1,4	-0,5	-0,6	-1,0	-0,5
HOT_Qp65_U80_Pellet_GasBW	124,0	0,0	-0,3	-0,2	0,4	0,3	0,3
HOT_Qp65_U80_GasBW_SoleWP+ST	129,0	0,9	0,1	1,1	2,4	1,9	2,5
HOT_Qp55_U70_Pellet_GasBW	113,1	1,4	0,9	1,1	2,3	2,1	2,1
HOT_EnEV2016_GasBW_SoleWP+ST_oWPT	147,6	-0,7	-1,2	-0,4	-0,6	-1,0	-0,5
HOT_Qp65_U80_GasBWSoleWP+ST_oWPT	129,0	1,0	0,2	1,2	2,4	1,9	2,5

Bei dem Referenzgebäude „Hotel groß“ stellt, unabhängig von der gewählten Perspektive und dem Energiepreisszenario, die Variante „EnEV2016“ mit Solewärmepumpe, Gasbrennwertkessel und Solarthermie das Kostenoptimum dar. Bei der mikroökonomischen Perspektive ergeben sich für die Preissteigerungsszenarien „EU“ und „1 %“ auch für die Varianten „QP65_U80“ und „EnEV2016“ mit Pelletkessel und Gasbrennwertkessel sowie für die Variante „EnEV2016“ mit BHKW und Gasbrennwertkessel geringere Global Costs als bei der Ausgangsvariante.

6.3.3 Zusammenfassung und Diskussion

Zur Beurteilung der Ergebnisse werden die Leitlinien zur delegierten Verordnung (EU) Nr. 244/2012 der Kommission vom 16. Januar 2012 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/31/EU [24] herangezogen.

Darin wird spezifiziert: „Entsprechend Anhang I Nummer 6 Absatz 2 der Verordnung sollte zur Festlegung des kostenoptimalen Niveaus möglichst das Maßnahmenbündel mit dem geringeren Primärenergieverbrauch (= linker Rand des kostenoptimalen Spektrums) herangezogen werden, wenn sich für Maßnahmenbündel die gleichen oder sehr ähnliche Kosten ergeben.“ Da hierbei keine weitere Spezifizierung von „sehr ähnlichen Kosten“ vorgenommen wird, obliegt es den Mitgliedsstaaten hierfür eine geeignete Festlegung zu treffen. Bei der Auswertung der Ergebnisse wurde als Minimalanforderungen in diesem Sinne der kostenoptimale Punkt bestimmt.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Ergebnisse dieser Untersuchung auf den beschriebenen aktuellen Randbedingungen basieren und neben adressierten Unsicherheiten hinsichtlich der Energiepreisentwicklung mit weiteren unvermeidbaren Unsicherheiten behaftet sind.

In [24] heißt es: „Im Einklang mit Erwägungsgrund 14 der Richtlinie 2010/31/EU besteht eine erhebliche Diskrepanz zwischen den berechneten kostenoptimalen Mindestanforderungen und den in einem Mitgliedstaat geltenden Mindestanforderungen, wenn letztere 15 % unter dem Kostenoptimum liegen“.

Die folgenden Tabellen zeigen Übersichten der resultierenden Diskrepanzen des Primärenergiekennwertes für die unterschiedlichen untersuchten Gebäudetypen zwischen

dem am 1.1.2016 geltenden Anforderungsniveau und dem bestimmten Kostenoptimum. Positive Werte bedeuten dabei, dass das Kostenoptimum geringere Global Costs aufweist. Rot markiert sind die Werte, für die eine erhebliche Diskrepanz von über 15 % bestimmt wurde.

Tabelle 6-6: Übersicht der ermittelten Diskrepanzen zum Primärenergiebedarfskennwert des kostenoptimalen Niveaus bei Wohngebäuden

Gebäudetyp	Anforderungs-niveau [kWh/(m ² a)]	Diskrepanz zum kostenoptimalen Niveau					
		Perspektive	Mikroökonomische Perspektive			Makroökonomische Perspektive	
			Preisentwicklung	Prognos	EU	1 %	Prognos
EFH klein, mKe	59,8	38%	51 %	51 %	38%	38%	38%
EFH klein, oKe	71,8	51 %	51 %	51 %	36%	36%	36%
EFH gross, mKe	53,9	50%	50%	50%	50%	50%	50%
DHH süd, oKe	57,4	46%	46%	46%	36%	36%	36%
RMH, mKe	40,3	30%	30%	30%	30%	30%	30%
MFH klein, oKe	46,0	37%	37%	0%	37%	37%	37%
MFH groß, oKe	44,0	77%	77%	238%	-27%	62%	-27%

Unabhängig vom Szenario ergibt sich für die Einfamilienhäuser eine derartige „erhebliche Abweichung“, da hier das Niveau „Qp55“ das Kostenoptimum der untersuchten Varianten darstellt. Die Abweichung zur Anforderung der EnEV2016 liegt im Bereich zwischen 30 % und 51 %. Die Bandbreite ergibt sich aus den unterschiedlichen Nebenaforderungen, die teilsweise bewirken, dass der resultierende Primärenergiebedarf unter den eigentlich zulässigen Maximalwert für das entsprechende Effizienzniveau sinkt.

Etwas anders verhält es sich bei den Mehrfamilienhäusern. In den meisten Fällen liegt auch hier ein erhebliche Abweichung vor. Bei dem großen Mehrfamilienhaus wird das Kostenoptimum bei der Mikroökonomischen Perspektive und dem Energiepreisseigerungsszenario „1 %“ durch eine Variante mit Pelletkessel beschrieben. Hierdurch erreicht die Diskrepanz sogar 238 %. Bei dem selben Gebäude ergibt sich jedoch unter berücksichtigung der makroökonomischen Perspektive für die Energiepreisseigerungsszenarien „Prognos“ und „1 %“ eine negative Diskrepanz. Hier ist das bis 31.12.2015 geltende Energieniveau kostenoptimal. Bei dem kleinen Mehrfamilienhaus beträgt die Diskrepanz in den meisten Fällen 37 %. Lediglich bei der mikroökonomischen Perspektive und dem Energiepreisseigerungsszenario „1 %“ ist das ab 1.1.2016 geltende Anforderungsniveau bereits kostenoptimal.

Bei Nichtwohngebäuden ergibt sich ein differenziertes Ergebnis. Bei der makroökonomischen Perspektive stellt bei der Schule, dem Verbrauchermarkt und den beiden Bürogebäuden das aktuelle Anforderungsniveau (EnEV2014 bzw. EnEV2016) bereits das Kostenoptimum dar. Bei der mikroökonomischen Perspektive liegen die Diskrepanzen für Schule und beiden Bürogebäuden mit Werten von 17 % bis 20 % nur knapp über der Erheblichkeitsschwelle. Bei dem Verbrauchermarkt ist die Abweichung mit 33 % dagegen deutlicher. Beim Hotel wird das kostenoptimale Niveau bereits durch das ab 1.1.2016 geltende Anforderungsniveau bestimmt. Für die Kindertagesstätte ergibt sich dahingegen ein differenzierteres Bild. Bei der mikroökonomischen Perspektive sowie beim Energiepreisseigerungsszenario „EU“ bei der makroökonomischen Perspektive ist die Diskrepanz erheblich (25 % bzw. 96 %). Bei den übrigen zwei Szenarien ist die Diskrepanz hingegen nicht erheblich. Da die Fertigungshallen von der ab 1.1.2016 gültigen Verschärfung befreit wurden, ergibt sich durch das abgeschwächte Beurteilungsniveau für diese bei allen Szenarien eine erhebliche Diskrepanz von 35 % im Falle der Fertigungshalle mit zentralem Wärmeerzeuger und 38 % bei der Fertigungshalle mit dezentralen Wärmeerzeugern.

Tabelle 6-7: Übersicht der ermittelten Diskrepanzen zum Primärenergiebedarfskennwert des kostenoptimalen Niveaus bei Nichtwohngebäuden

Gebäudetyp	Anforderungs-niveau [kWh/(m ² a)]	Diskrepanz zum kostenoptimalen Niveau					
		Perspektive	Mikroökonomische Perspektive			Makroökonomische Perspektive	
			Preisentwicklung	Prognos	EU	1 %	Prognos
Bürogebäude klein	105,6	18%	18%	18%	-24%	0%	-24%
Bürogebäude groß	107,2	20%	20%	20%	0%	0%	0%
Kindertagesstätte	161,7	96%	96%	25%	10%	96%	10%
Schule	63,4	17%	17%	17%	-23%	-23%	-23%
Hotel groß	151,9	3%	3%	3%	3%	3%	3%
Verbrauchermarkt	103,0	33%	33%	33%	-25%	4%	-25%
Fertigungshalle zentral	116,0	35%	35%	35%	35%	35%	35%
Fertigungshalle dezentral	116,0	38%	38%	38%	38%	38%	38%

6.4 Zusammenfassung

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden für verschiedene Gebäudetypen Ausführungen untersucht, die die geltenden Anforderungen der aktuellen Energieeinsparverordnung (EnEV 2014) in unterschiedlichem Maße übertreffen. Ziel der Untersuchung ist die Bestimmung des Kostenoptimums gemäß Richtlinie 2010/31/EU.

Bei der angewendeten Kapitalwert- (bzw. Global-Cost-) Methode werden neben den Investitionskosten -getrennt nach Anlagentechnik und Gebäudehülle- auch die Energie-, Wartungs- und Instandhaltungskosten berücksichtigt. Entsprechend ihrer Lebensdauer werden die Kosten für Ersatzinvestitionen sowie ein sich ergebender Restwert berücksichtigt. Für Wohngebäude ist dabei gemäß Richtlinie 2010/31/EU ein Betrachtungszeitraum von 30 Jahren zu wählen, für Nichtwohngebäude von 20 Jahren. Bei dem „Kostenoptimum“ handelt es sich um den Punkt, bzw. die Variante, die über den Betrachtungszeitraum den geringsten Kapitalwert aufweist.

Zur Beurteilung der Ergebnisse sind die Leitlinien zur delegierten Verordnung (EU) Nr. 244/2012 der Kommission vom 16. Januar 2012 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/31/EU [24] heranzuziehen. Gemäß der Leitlinien sollte zur Festlegung des kostenoptimalen Niveaus bei gleichen oder sehr ähnlichen Kapitalwerten möglichst die Variante mit dem geringsten Primärenergieverbrauch herangezogen werden. Des Weiteren wird in den Leitlinien ausgeführt: „Im Einklang mit Erwägungsgrund 14 der Richtlinie 2010/31/EU besteht eine erhebliche Diskrepanz zwischen den berechneten kostenoptimalen Mindestanforderungen und den in einem Mitgliedstaat geltenden Mindestanforderungen, wenn letztere 15 % unter dem Kostenoptimum liegen“.

Je Gebäudetyp ergeben sich in Abhängigkeit vom gewählten Energiepreisszenario und der Perspektive zum Teil sehr unterschiedliche kostenoptimale Niveaus.

Bei der mikroökonomischen Perspektive ergibt sich abgesehen vom Hotel und dem kleinen Mehrfamilienhaus im Preissteigerungsszenario „1 %“ für alle untersuchten Varianten eine erhebliche Diskrepanz zu dem ab 1.1.2016 gültigen Anforderungsniveau. Bei der makroökonomischen Perspektive ergibt sich ein differenzierteres Bild. Hier ist die Diskrepanz bei vielen Szenarien bei den meisten Nichtwohngebäuden und beim großen Mehrfamilienhaus nicht erheblich.

Eine erhebliche Diskrepanz in allen untersuchten Szenarien ergibt sich für die Einfamilienhäuser (inkl. Reihen und Doppelhäuser) sowie für die Fertigungshallen.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass im Verhältnis zu den teilweise großen Unterschieden beim Primärenergiebedarf viele der untersuchten Varianten hinsichtlich der Global Costs nur sehr geringe Abweichungen aufweisen.

Hinweise:

Aufgrund der gewählten Gebäudevarianten und der grundsätzlich vorhandenen Unsicherheiten sind die Berechnungen eines Kostenoptimums mit einer gewissen Unschärfe verbunden. Diese wird teilweise durch die Berücksichtigung der unterschiedlichen Energiepreisseigerungsraten adressiert.

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.

7 Anforderungsniveau Neubau, Nachweis der Wirtschaftlichkeit nach EnEG (AS 5)

Die Auswertungen in diesem Abschnitt dienen der Bewertung der Wirtschaftlichkeit einzelner im Rahmen des Forschungsvorhabens untersuchter Systemvarianten (vgl. Abschnitt 5.3). Hierbei werden jeweils die im Vergleich zu einer den Anforderungen der EnEV entsprechenden Ausführung (Anforderungsniveau EnEV 2014 bis 31.12.2015) zur Erreichung eines ambitionierteren Niveaus anfallenden baulichen und anlagentechnischen Mehrkosten sowie die damit einhergehenden Kosteneinsparungen aufgrund der Energieeinsparung berücksichtigt. Darüber hinaus werden fallspezifische Kosten für Wartung und Instandhaltung sowie eventuell anfallende Ersatzbeschaffungen innerhalb und Restwerte zum Ende eines Betrachtungszeitraums in die Bewertung einbezogen. Wie bei den in Abschnitt 6 beschriebenen Auswertungen, wird den Berechnungen für Wohngebäude ein Betrachtungszeitraum von 30 Jahren (Abschnitt 7.1) und für Nichtwohngebäude ein Betrachtungszeitraum von 20 Jahren (Abschnitt 7.2) zugrunde gelegt. Zusätzlich erfolgen Bewertungen für Wohngebäude mit einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren und für Nichtwohngebäude mit einem Betrachtungszeitraum von 30 Jahren. Die Ergebnisse dieser zusätzlichen Bewertungen werden in den Anhängen D 1 und D 2 dargelegt.

Eine Wirtschaftlichkeit wird immer dann unterstellt, wenn sich für eine Variante unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen innerhalb und Restwerten zum Ende des jeweils zugrunde gelegten Betrachtungszeitraums eine Amortisationszeit ergibt, die kleiner als der Betrachtungszeitraum ist.

Zur Einbeziehung von Ersatzbeschaffungen innerhalb und Restwerten zum Ende des Betrachtungszeitraums erfolgt eine vollständige annuitätische Berechnung auf Grundlage der in VDI 2067 [19] beschriebenen Berechnungsgrundlagen. Zur Ermittlung der Amortisationszeiten werden die für die kapitalgebundenen Kosten berechneten Annuitäten auf den Betrachtungszeitraum hochgerechnet und ins Verhältnis zu den bedarfs- und betriebsgebundenen Annuitäten gesetzt. Fälle mit Amortisationszeiten kleiner als der jeweils zugrunde liegende Betrachtungszeitraum ergeben im Vergleich zu den Bezugsfällen annuitätische Gewinne und sind somit wirtschaftlich. Fälle, deren Amortisationszeit die Länge des Betrachtungszeitraums überschreitet, ergeben annuitätische Verluste. Für derartige Fälle erfolgt eine iterative Bestimmung von Deckungsfehlbeträgen, indem die auf den Betrachtungszeitraum hochgerechneten Annuitäten der kapitalgebundenen Kosten um einen in 10 €-Schritten ansteigenden Betrag verringert wird, bis die jeweils neu bestimmte Amortisationszeit die Dauer des Betrachtungszeitraums unterschreitet. Der auf diese Weise ermittelte Deckungsfehlbetrag entspricht somit der Höhe nach dem Betrag, um den die kapitalgebundenen Kosten aus der annuitätischen Betrachtung reduziert werden müssen, damit sich eine Amortisation innerhalb des Betrachtungszeitraums ergibt.

Den Auswertungen liegen die in Abschnitt 5 dokumentierten Berechnungsrandbedingungen zugrunde. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass veränderte Randbedingungen zu deutlich abweichenden Bewertungen hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit führen können. Dies betrifft insbesondere die zugrunde gelegten Energiebezugspreise sowie das Verhältnis der Bezugspreise für unterschiedliche Energieträger untereinander. Zusätzliche Auswertungen unter Ansatz veränderter Randbedingungen werden im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse (siehe Abschnitt 9) untersucht und bewertet.

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 Energiepreisseigerungsszenarien unter Zugrundelegung eines Betrachtungszeitraums von 30 Jahren (Abschnitt 7.1.2).

7.1.1 Energiebedingte Investitionskosten und Investitionsmehrkosten bezogen auf das Niveau EnEV 2014

In Tabelle 7-1 und Tabelle 7-2 sind energiebedingten Investitionskosten und Investitionsmehrkosten (Angabe jeweils als auf die Wohnfläche bezogene spezifische Kosten, ergänzend in Tabelle 7-3 und Tabelle 7-4 als spezifische auf die Nutzfläche A_N bezogene Kosten) für Wohngebäude bei unterschiedlichen energetischen Niveaus aufgeführt. Bei den angegebenen Kosten handelt es sich um die reinen energiebedingten Kosten (EnEV 2014-Ausführung) bzw. um die energiebedingten Mehrkosten im Fall der untersuchten Niveaus und Varianten. Die energiebedingten Kosten sind als Kostenanteil der in Abschnitt 5.4.3 angegebenen Grundkosten für Neubauten zu verstehen, die je nach Gebäude auf die Wohnfläche bezogen zwischen 1.284 €/m² und 1.701 €/m² betragen und zugunsten einer besseren Lesbarkeit hier noch einmal aufgeführt werden:

- Einfamilienhäuser: 1.701 EUR/m² A_{Wo} für EFH klein und EFH groß mit Keller bzw. 1.512 EUR/m² A_{Wo} für EFH klein ohne Keller
- Doppelhaushälften: 1.284 EUR/m² A_{Wo}
- Reihenmittelhaus: 1.446 EUR/m² A_{Wo}
- Mehrfamilienhäuser: 1.392 EUR/m² A_{Wo}

Tabelle 7-1: Energiebedingte Investitionskosten (€/m² Wohnfläche) EnEV 2014 und Investitionsmehrkosten 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)					
		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	576 €/m ²	102 €/m ²	30 €/m ²	84 €/m ²	66 €/m ²	70 €/m ²	101 €/m ²	53 €/m ²	110 €/m ²	97 €/m ²	90 €/m ²	
EFH klein ohne Keller	770 €/m ²	140 €/m ²	16 €/m ²	101 €/m ²	124 €/m ²	95 €/m ²	144 €/m ²	41 €/m ²	123 €/m ²	154 €/m ²	116 €/m ²	
EFH groß mit Keller	463 €/m ²	92 €/m ²	43 €/m ²	82 €/m ²	43 €/m ²	65 €/m ²	93 €/m ²	53 €/m ²	91 €/m ²	57 €/m ²	74 €/m ²	
Doppelhaushälften Süd ohne Keller	646 €/m ²	137 €/m ²	17 €/m ²	79 €/m ²	98 €/m ²	83 €/m ²	137 €/m ²	64 €/m ²	137 €/m ²	163 €/m ²	125 €/m ²	
Reihenmittelhaus mit Keller	366 €/m ²	112 €/m ²	62 €/m ²	68 €/m ²	61 €/m ²	76 €/m ²	112 €/m ²	62 €/m ²	93 €/m ²	89 €/m ²	89 €/m ²	
Durchschnitt EFH:							78 €/m ²	Durchschnitt EFH:				
MFH klein	416 €/m ²	64 €/m ²	53 €/m ²	91 €/m ²	42 €/m ²	62 €/m ²	62 €/m ²	63 €/m ²	94 €/m ²	52 €/m ²	68 €/m ²	
MFH groß	354 €/m ²	45 €/m ²	k. A.	70 €/m ²	23 €/m ²	46 €/m ²	58 €/m ²	k. A.	80 €/m ²	35 €/m ²	58 €/m ²	

k. A. System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar

Aufz. n. möglich Niveau kann durch System nicht erreicht werden

Die in Tabelle 7-1 aufgeführten Investitionsmehrkosten gegenüber einer Ausführung entsprechend den Anforderungen der EnEV 2014 betragen für das Niveau Q_p 55 % H_{T'} 85 % im Mittel für die betrachteten Einfamilienhäuser 78 €/m². Für das kleine Mehrfamilienhaus werden Mehrkosten für dieses Niveau in Höhe von 62 €/m² und für das große Mehrfamilienhaus in Höhe von 46 €/m² ermittelt. Bezogen auf die energiebedingten Investitionskosten, die bei einer Ausführung entsprechend EnEV 2014 anfallen, entsprechen diese Mehrkosten einer gebäudespezifischen Kostenerhöhung zwischen 12 und 15 %. Eine Anhebung der Anforderungen an die bauliche Ausführung (Niveau Q_p 55 % H_{T'} 70 %, entspricht einer Ausführung gemäß Anforderungen KfW für ein Effizienzhaus 55), so

erhöhen sich die mittleren Mehrkosten bei den Einfamilienhäusern auf 99 €/m², im Fall des kleinen Mehrfamilienhauses auf 68 €/m² und für das große Mehrfamilienhaus auf 58 €/m². Prozentual bedeutet dies gebäudespezifisch eine Anhebung der energiebedingten Investitionskosten im Vergleich zu einer EnEV 2014 Ausführung um 15 bis 24 %.

Tabelle 7-2 ergänzt die Auswertungen für die Niveaus Q_P 40 % H_{T'} 55 % (entspricht einer Ausführung gemäß Anforderungen KfW für ein Effizienzhaus 40) und Q_P 40 % H_{T' Ref}. Letztgenanntes Niveau beschreibt einen Fall, bei dem die primärenergetische Anforderung bei wie beim vorherigen Niveau bei 40 % des Referenz-Primärenergiebedarfs liegt und die Anforderung an die bauliche Ausführung durch den für die Referenzausführung ermittelten H_{T'}-Wert ohne Abschlagsfaktor gebildet wird.

Tabelle 7-2: Energiebedingte Investitionskosten (€/m² Wohnfläche) EnEV 2014 und Investitionsmehrkosten für die Niveaus Q_P 40 % H_{T'} 55 % (EH 40) und Q_P 40 % H_{T' Ref}

Niveau	EnEV 2014	Q _P 40 % H _{T'} 55 % (EH 40)						Q _P 40 % H _{T' Ref}					
		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	576 €/m ²	206 €/m ²	156 €/m ²	173 €/m ²	167 €/m ²	175 €/m ²	206 €/m ²	116 €/m ²	131 €/m ²	46 €/m ²	125 €/m ²		
EFH klein ohne Keller	770 €/m ²	279 €/m ²	155 €/m ²	201 €/m ²	240 €/m ²	219 €/m ²	279 €/m ²	120 €/m ²	118 €/m ²	81 €/m ²	149 €/m ²		
EFH groß mit Keller	463 €/m ²	188 €/m ²	144 €/m ²	140 €/m ²	112 €/m ²	146 €/m ²	188 €/m ²	124 €/m ²	87 €/m ²	23 €/m ²	106 €/m ²		
Doppelhaushälften Süd ohne Keller	646 €/m ²	235 €/m ²	160 €/m ²	195 €/m ²	226 €/m ²	204 €/m ²	235 €/m ²	138 €/m ²	152 €/m ²	69 €/m ²	149 €/m ²		
Reihenmittelhaus mit Keller	366 €/m ²	Auf. n. möglich	Auf. n. möglich	163 €/m ²	118 €/m ²	141 €/m ²	Auf. n. möglich	Auf. n. möglich	166 €/m ²	37 €/m ²	101 €/m ²		
Durchschnitt EFH:							Durchschnitt EFH:						
MFH klein	416 €/m ²	156 €/m ²	150 €/m ²	157 €/m ²	113 €/m ²	144 €/m ²	156 €/m ²	148 €/m ²	161 €/m ²	17 €/m ²	121 €/m ²		
MFH groß	354 €/m ²	121 €/m ²	k. A.	125 €/m ²	82 €/m ²	109 €/m ²	121 €/m ²	k. A.	75 €/m ²	14 €/m ²	70 €/m ²		

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

Gemäß Tabelle 7-2 ergeben sich für das Niveau Q_P 40 % H_{T'} 55 % mittlere Mehrkosten bei den Einfamilienhäusern in Höhe von 177 €/m², beim kleinen Mehrfamilienhaus zu mittleren Mehrkosten von 144 €/m² und beim großen Mehrfamilienhaus von 103 €/m².

Gebäudespezifisch liegen die energiebedingten Mehrkosten bei diesem Niveau zwischen 28 und 39 % über den energiebedingten Kosten für eine Ausführung gemäß EnEV 2014. Die „Lockierung“ der baulichen Anforderung im Fall des Niveaus Q_P 40 % H_{T' Ref} führt zu mittleren Mehrkosten bei den Einfamilienhäusern von 126 €/m², bei dem kleinen Mehrfamilienhaus in Höhe von 121 €/m² und bei dem großen Mehrfamilienhaus in Höhe von 44 €/m², was Mehrkosten gegenüber einer EnEV 2014-Ausführung zwischen 19 und 27 % entspricht. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die Systeme, bei denen ein Gas-Brennwert-Kessel zum Einsatz kommt, von der Lockerung der baulichen Anforderung auf das Niveau H_{T' Ref} nicht profitieren, da hier eine besonders ambitionierte bauliche Ausführung erforderlich ist, um die primärenergetische Anforderung zu erfüllen.

Die folgenden Auswertungen in Tabelle 7-3 in Tabelle 7-4 liefern ergänzend die Auswertungen der spezifischen energiebedingten Investitionskosten und Investitionsmehrkosten bezogen auf die Nutzfläche A_N der betrachteten Gebäude. Die Nutzfläche A_N ist die nach EnEV für Wohngebäude relevante Bezugsfläche für die Ausweisung der Energiekennwerte, die z.B. im Energieausweis dargestellt werden. Werden im Weiteren flächenspezifische Kennwerte ausgewiesen (z.B. Primär- und Endenergiebedarfswerte) gilt hier ebenfalls der Flächenbezug zur Nutzfläche A_N.

Es wird an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, dass es sich bei den dargestellten Investitionskosten und Investitionsmehrkosten um reine energiebedingte Kostenanteile handelt. Die Investitionskosten sind hiernach als Kostenbestandteil der in Abschnitt 5.4.3 bereits beschriebenen Grundkosten (Investitionskosten der Kostengruppen 300 und 400) zu

verstehen. Zugunsten einer besseren Lesbarkeit im Folgenden die erneute Auflistung dieser Grundkosten:

- Einfamilienhäuser: 1.260 EUR/m² A_N
- Doppelhaushälften: 1.070 EUR/m² A_N
- Reihenmittelhaus: 1.070 EUR/m² A_N
- Mehrfamilienhäuser: 1.160 EUR/m² A_N

Tabelle 7-3: Energiebedingte Investitionskosten (€/m² Nutzfläche) EnEV 2014 und Investitionsmehrkosten 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)				
		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	426 €/m ²	75 €/m ²	22 €/m ²	62 €/m ²	49 €/m ²	52 €/m ²	75 €/m ²	39 €/m ²	81 €/m ²	72 €/m ²	67 €/m ²
EFH klein ohne Keller	570 €/m ²	103 €/m ²	12 €/m ²	75 €/m ²	92 €/m ²	70 €/m ²	106 €/m ²	30 €/m ²	91 €/m ²	114 €/m ²	86 €/m ²
EFH groß mit Keller	343 €/m ²	68 €/m ²	32 €/m ²	61 €/m ²	32 €/m ²	48 €/m ²	69 €/m ²	39 €/m ²	67 €/m ²	42 €/m ²	54 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	478 €/m ²	102 €/m ²	12 €/m ²	59 €/m ²	73 €/m ²	61 €/m ²	102 €/m ²	47 €/m ²	101 €/m ²	120 €/m ²	93 €/m ²
Reihenmittelhaus mit Keller	271 €/m ²	83 €/m ²	46 €/m ²	51 €/m ²	45 €/m ²	56 €/m ²	83 €/m ²	46 €/m ²	69 €/m ²	66 €/m ²	66 €/m ²
Durchschnitt EFH:						58 €/m ²	Durchschnitt EFH:				
MFH klein	346 €/m ²	53 €/m ²	44 €/m ²	75 €/m ²	35 €/m ²	52 €/m ²	52 €/m ²	52 €/m ²	78 €/m ²	43 €/m ²	56 €/m ²
MFH groß	295 €/m ²	37 €/m ²	k. A.	59 €/m ²	20 €/m ²	38 €/m ²	48 €/m ²	k. A.	67 €/m ²	30 €/m ²	48 €/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

Tabelle 7-4: Energiebedingte Investitionskosten (€/m² Nutzfläche) EnEV 2014 und Investitionsmehrkosten für die Niveaus Q_p 40 % H_{T'} 55 % (EH 40) und Q_p 40 % H_{T'} Ref

Niveau	EnEV 2014	Q _p 40 % H _{T'} 55 % (EH 40)					Q _p 40 % H _{T'} Ref				
		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	426 €/m ²	153 €/m ²	115 €/m ²	128 €/m ²	124 €/m ²	130 €/m ²	153 €/m ²	86 €/m ²	97 €/m ²	34 €/m ²	92 €/m ²
EFH klein ohne Keller	570 €/m ²	207 €/m ²	115 €/m ²	149 €/m ²	177 €/m ²	162 €/m ²	207 €/m ²	89 €/m ²	87 €/m ²	60 €/m ²	111 €/m ²
EFH groß mit Keller	343 €/m ²	139 €/m ²	107 €/m ²	104 €/m ²	83 €/m ²	108 €/m ²	139 €/m ²	92 €/m ²	65 €/m ²	17 €/m ²	78 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	478 €/m ²	174 €/m ²	119 €/m ²	144 €/m ²	168 €/m ²	151 €/m ²	174 €/m ²	102 €/m ²	112 €/m ²	51 €/m ²	110 €/m ²
Reihenmittelhaus mit Keller	271 €/m ²	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	121 €/m ²	88 €/m ²	104 €/m ²	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	123 €/m ²	27 €/m ²	75 €/m ²
Durchschnitt EFH:						131 €/m ²	Durchschnitt EFH:				
MFH klein	346 €/m ²	130 €/m ²	125 €/m ²	131 €/m ²	94 €/m ²	120 €/m ²	130 €/m ²	124 €/m ²	134 €/m ²	14 €/m ²	101 €/m ²
MFH groß	295 €/m ²	101 €/m ²	k. A.	104 €/m ²	68 €/m ²	91 €/m ²	101 €/m ²	k. A.	62 €/m ²	12 €/m ²	58 €/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

Bezüglich der in Abschnitt 7.1.2 ausgewiesenen Deckungsfehlbeträge wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass diese nicht im Vergleich zu den zuvor ausgewiesenen Investitionskosten und Investitionsmehrkosten zu bewerten sind, da die in Tabelle 7-3 und Tabelle 7-4 ausgewiesenen Kosten lediglich die Anfangsinvestitionen und nicht etwaige Kosten für Ersatzbeschaffungen innerhalb und Restwerte zum Ende eines definierten Betrachtungszeitraums erfassen. Um einen derartigen Vergleich zu ermöglichen, werden in Tabelle 7-5 und Tabelle 7-6 die spezifischen kapitalgebundenen Kosten und die niveaubezogenen spezifischen Mehrkosten angegeben, welche analog zu den Deckungsfehlbeträgen neben den Anfangsinvestitionen auch die Ersatzbeschaffungen und Restwerte berücksichtigen.

Tabelle 7-5: Spezifische energiebedingte kapitalgebundene Kosten ($\text{€}/\text{m}^2$ Nutzfläche) und kapitalgebundene Mehrkosten unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten für die Niveaus $Q_p 55 \% H_T' 85 \%$ und $Q_p 55 \% H_T' 70 \% (\text{EH } 55)$; Betrachtungszeitraum 30 Jahre

Niveau System	EnEV 2014 Gas-BW- Kessel	$Q_p 55 \% H_T' 85 \%$					$Q_p 55 \% H_T' 70 \% (\text{EH } 55)$				
		Gas-BW- Kessel	WP Luft/ Wasser	WP Sole/ Wasser	Pellet-kessel	\emptyset	Gas-BW- Kessel	WP Luft/ Wasser	WP Sole/ Wasser	Pellet-kessel	\emptyset
EFH klein mit Keller	474 €/m ²	115 €/m ²	26 €/m ²	56 €/m ²	119 €/m ²	79 €/m ²	115 €/m ²	38 €/m ²	73 €/m ²	140 €/m ²	92 €/m ²
EFH klein ohne Keller	653 €/m ²	135 €/m ²	17 €/m ²	73 €/m ²	207 €/m ²	108 €/m ²	137 €/m ²	31 €/m ²	89 €/m ²	230 €/m ²	122 €/m ²
EFH groß mit Keller	385 €/m ²	116 €/m ²	33 €/m ²	50 €/m ²	68 €/m ²	67 €/m ²	117 €/m ²	40 €/m ²	57 €/m ²	79 €/m ²	73 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	549 €/m ²	141 €/m ²	12 €/m ²	55 €/m ²	176 €/m ²	96 €/m ²	141 €/m ²	47 €/m ²	100 €/m ²	227 €/m ²	129 €/m ²
Reihenmittelhaus mit Keller	315 €/m ²	127 €/m ²	36 €/m ²	42 €/m ²	107 €/m ²	78 €/m ²	127 €/m ²	36 €/m ²	61 €/m ²	128 €/m ²	88 €/m ²
Durchschnitt EFH:						86 €/m²	Durchschnitt EFH:				
MFH klein	413 €/m ²	75 €/m ²	47 €/m ²	63 €/m ²	64 €/m ²	62 €/m ²	74 €/m ²	52 €/m ²	66 €/m ²	74 €/m ²	67 €/m ²
MFH groß	352 €/m ²	67 €/m ²	k. A.	45 €/m ²	34 €/m ²	48 €/m ²	85 €/m ²	k. A.	54 €/m ²	43 €/m ²	61 €/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

Tabelle 7-6: Spezifische energiebedingte kapitalgebundene Kosten ($\text{€}/\text{m}^2$ Nutzfläche) und kapitalgebundene Mehrkosten unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten für die Niveaus $Q_p 40 \% H_T' 55 \% (\text{EH } 40)$ und $Q_p 40 \% H_T' \text{Ref}$; Betrachtungszeitraum 30 Jahre

Niveau System	EnEV 2014 Gas-BW- Kessel	$Q_p 40 \% H_T' 55 \% (\text{EH } 40)$					$Q_p 40 \% H_T' \text{Ref}$				
		Gas-BW- Kessel	WP Luft/ Wasser	WP Sole/ Wasser	Pellet-kessel	\emptyset	Gas-BW- Kessel	WP Luft/ Wasser	WP Sole/ Wasser	Pellet-kessel	\emptyset
EFH klein mit Keller	474 €/m ²	207 €/m ²	109 €/m ²	120 €/m ²	192 €/m ²	157 €/m ²	207 €/m ²	123 €/m ²	133 €/m ²	105 €/m ²	142 €/m ²
EFH klein ohne Keller	653 €/m ²	255 €/m ²	141 €/m ²	142 €/m ²	289 €/m ²	207 €/m ²	255 €/m ²	118 €/m ²	85 €/m ²	178 €/m ²	159 €/m ²
EFH groß mit Keller	385 €/m ²	200 €/m ²	104 €/m ²	91 €/m ²	118 €/m ²	128 €/m ²	200 €/m ²	136 €/m ²	54 €/m ²	55 €/m ²	111 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	549 €/m ²	225 €/m ²	148 €/m ²	139 €/m ²	271 €/m ²	196 €/m ²	225 €/m ²	131 €/m ²	108 €/m ²	156 €/m ²	155 €/m ²
Reihenmittelhaus mit Keller	315 €/m ²	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	154 €/m ²	148 €/m ²	151 €/m ²	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	155 €/m ²	89 €/m ²	122 €/m ²
Durchschnitt EFH:						168 €/m²	Durchschnitt EFH:				
MFH klein	413 €/m ²	173 €/m ²	155 €/m ²	130 €/m ²	128 €/m ²	146 €/m ²	173 €/m ²	154 €/m ²	133 €/m ²	46 €/m ²	126 €/m ²
MFH groß	352 €/m ²	147 €/m ²	k. A.	93 €/m ²	83 €/m ²	107 €/m ²	147 €/m ²	k. A.	56 €/m ²	28 €/m ²	77 €/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

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

In diesem Abschnitt sind die Amortisationszeiten und ggf. resultierende Deckungsfehlbeträge für die betrachteten energetischen Niveaus (Tabelle 7-7 für die Niveaus $Q_p 55 \% H_T' 85 \%$ und $Q_p 55 \% H_T' 70 \%$) und Tabelle 7-8 für die Niveaus $Q_p 40 \% H_T' 55 \%$ und $Q_p 40 \% H_T' \text{Ref}$) dargestellt. Das Niveau der Bezugsvariante entspricht für alle untersuchten Fälle der Anforderung der EnEV 2014 (bis 31.12.2015) mit $Q_p 100 \%$ und einer baulichen Ausführung gemäß Referenzgebäude (vgl. Abschnitt 5.3.1). Die in den Varianten angegebenen Prozentwerte bei H_T' beziehen sich auf die Veränderungen gegenüber dem H_T' -Wert des Referenzgebäudes, welches als $H_T' 100 \%$ zu interpretieren ist. Hinsichtlich der Energiepreisentwicklung ist in diesen Auswertungen das Preissteigerungsszenario „Bundesregierung“ zugrunde gelegt. Tabelle 7-12 und Tabelle 7-13 zeigen die resultierenden Ergebnisse für das Preissteigerungsszenario „EU“. Die Ergebnisse zum Preissteigerungsszenario „1 Prozent“ werden in Tabelle 7-14 und Tabelle 7-15 aufgeführt.

Zusätzlich zu den Auswertungen dieses Abschnitts, die für einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren erläutert werden, sind in Anhang D 1 analoge Auswertungen für die drei vorgenannten Preissteigerungsszenarien unter Zugrundelegung eines Betrachtungszeitraums von 20 Jahren dokumentiert.

Tabelle 7-7: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Niveaus $Q_p 55\% H_T' 85\%$ und $Q_p 55\% H_T' 70\%$ (EH 55), Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung Bundesregierung

Niveau		$Q_p 55\% H_T' 85\%$				$Q_p 55\% H_T' 70\%$			
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.	50,8 a	16,5 a	19,9 a	> 100 a	50,8 a	18,1 a	22,6 a	> 100 a
	Deckf.	48,0 €/m ²			95,9 €/m ²	47,8 €/m ²			104,7 €/m ²
EFH klein ohne Keller	Amort.	51,6 a	8,9 a	21,4 a	keine	52,1 a	11,6 a	22,5 a	> 100 a
	Deckf.	57,2 €/m ²				58,9 €/m ²			220,1 €/m ²
EFH groß mit Keller	Amort.	53,3 a	27,6 a	20,8 a	72,0 a	53,3 a	23,3 a	20,7 a	58,3 a
	Deckf.	51,4 €/m ²			39,3 €/m ²	51,8 €/m ²			38,4 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	73,4 a	7,1 a	21,5 a	keine	73,4 a	23,0 a	33,3 a	keine
	Deckf.	83,8 €/m ²				83,8 €/m ²			12,8 €/m ²
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	91,7 a	31,5 a	26,7 a	keine	91,7 a	31,5 a	33,5 a	> 100 a
	Deckf.	85,8 €/m ²	3,3 €/m ²			85,8 €/m ²	3,3 €/m ²	8,5 €/m ²	127,6 €/m ²
MFH klein	Amort.	69,1 a	41,2 a	43,4 a	> 100 a	68,3 a	39,0 a	36,1 a	88,8 a
	Deckf.	42,6 €/m ²	14,3 €/m ²	21,1 €/m ²	53,0 €/m ²	41,8 €/m ²	13,6 €/m ²	13,1 €/m ²	49,2 €/m ²
MFH groß	Amort.	63,2 a	k. A.	25,4 a	29,4 a	64,1 a	k. A.	25,9 a	27,6 a
	Deckf.	35,4 €/m ²				45,6 €/m ²			

keine keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr

k. A. System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar

Ausf. n. möglich Niveau kann durch System nicht erreicht werden

Für die in Tabelle 7-7 beim Niveau $Q_p 55\% H_T' 85\%$ ausgewiesenen Amortisationszeiten kann zunächst festgehalten werden, dass im Fall der Systemvarianten, bei denen als Wärmeerzeuger einen Wärmepumpe zugrunde gelegt ist, weitgehend Amortisationszeiten ermittelt werden, die innerhalb des Betrachtungszeitraums von 30 Jahren liegen. Lediglich im Fall des Reihenmittelhauses bei der Luft/Wasser Wärmepumpe und im Fall des kleinen Mehrfamilienhauses ergibt sich keine Amortisation innerhalb des Betrachtungszeitraums. Zur Bewertung der fallweise ausgewiesenen Deckungsfehlbeträge müssen diese im Vergleich zu den in Tabelle 7-5 aufgeführten spezifischen kapitalgebundenen Kosten sowie den für die Erreichung des Niveaus $Q_p 55\% H_T' 85\%$ anfallenden kapitalgebundenen Mehrkosten (ebenfalls in Tabelle 7-5 enthalten) betrachtet werden. Dies erfolgt im Weiteren exemplarisch anhand der Systemvarianten Wärmepumpe Luft/Wasser beim Reihenmittelhaus und beim kleinen Mehrfamilienhaus. Für das Reihenmittelhaus wird eine Amortisationszeit von 31,5 Jahren sowie ein Deckungsfehlbetrag in Höhe von 3,3 €/m² ausgewiesen. Die kapitalgebundenen Mehrkosten, die bezogen auf das Anforderungsniveau EnEV 2014 (Grundkosten Reihenmittelhaus gemäß Abschnitt 5.4.3 von 1.070 €/m², davon energiebedingte Investitionskosten 271 €/m² und niveaubezogenen Investitionsmehrkosten von 46 €/m², vgl. Tabelle 7-3) für diese Variante zur Erreichung des Niveaus $Q_p 55\% H_T' 85\%$ anfallen, betragen 36 €/m² (siehe Tabelle 7-5). Würden diese niveaubezogenen Mehrkosten um den ausgewiesenen Deckungsfehlbetrag auf 32,7 €/m² reduziert, ergäbe sich eine Amortisationsdauer von genau 30 Jahren. Bei dem kleinen Mehrfamilienhaus (Grundkosten EnEV 2014 in Höhe von 1.160 €/m², davon energiebedingte Investitionskosten von 346 €/m² und niveaubezogene Mehrkosten von 44 €/m²) wird im Vergleich für das System Wärmepumpe Luft/Wasser eine Amortisationszeit von 41,2 Jahren ausgewiesen. Für das Erreichen einer Amortisationszeit von 30 Jahren müssten die für diesen Fall ermittelten spezifischen kapitalgebundenen Mehrkosten von 47 €/m² (siehe Tabelle 7-5) um den ausgewiesenen Deckungsfehlbetrag in Höhe von 14,3 €/m² auf 32,7 €/m² reduziert werden.

Für Systemvarianten, bei denen als Wärmeerzeuger ein Gas-Brennwert Kessel zugrunde gelegt ist, kann für das Niveau $Q_p 55\% H_T' 85\%$ ergeben sich in allen untersuchten Fällen Amortisationszeiten >30 Jahre. Zur Einhaltung der primärenergetischen Anforderung wird bei den Gas-Brennwert Systemen ein vergleichsweise hoher Wärmeschutz der Gebäudehülle erforderlich. Die hierfür anfallenden Kosten sind vergleichsweise hoch im Verhältnis zu den erzielbaren endenergiebezogenen Kosteneinsparungen, weshalb deutlich

höhere Amortisationszeiten als bei den Wärmepumpen resultieren. Die zur Einhaltung einer Amortisationszeit von 30 Jahren für das Niveau $Q_p 55\% H_T' 85\%$ ausgewiesenen Deckungsfehlbeträge liegen zwischen 48 €/m² (EFH klein mit Keller) und 85,8 €/m² (RMH).

Neben den Wärmepumpen und dem Gas-Brennwert Kessel wird als vierte Systemvariante der Einsatz eines Pelletkessels bewertet. Nach Tabelle 7-7 treten bei dieser Systemvariante mit Ausnahme des großen Mehrfamilienhauses Amortisationszeiten >30 Jahre auf. Anders als bei den Systemen mit Gas-Brennwert Kessel sind diese Ergebnisse bei den Pelletkesseln darauf zurückzuführen, dass relativ hohe Investitionskosten für den Erzeuger anfallen und dabei vergleichsweise geringe Kosteneinsparungen aufgrund eines reduzierten Endenergiebedarfs bei gleichzeitig höherem jährlichen Wartungsaufwand anfallen (vergleiche hierzu detaillierte Auswertungen energetischer und wirtschaftlicher Kenngrößen zu den berechneten Fällen in Anhang C 1). Ergeben sich für eine untersuchte Variante Wartungsmehrkosten, die höher sind als die Energiekosteneinsparung, so ergibt sich zwangsläufig keine Amortisation wie im Fall des kleinen Einfamilienhauses mit Keller, der Doppelhaushälfte und des Reihenmittelhauses.

Die über alle betrachteten Systemvarianten hinweg hohen Amortisationszeiten im Fall der Mittelhäuser (RMH und kleines MFH) sind darauf zurückzuführen, dass die Bezugsvarianten aufgrund der relativ kleinen wärmetauschenden Hüllfläche bereits vergleichsweise geringe Energiebedarfe aufweisen und daher bei einem verbesserten Niveau nur noch geringe Kosteneinsparungen erzielt werden können.

Der direkte Vergleich der einzelnen Auswertungen für die Niveaus $Q_p 55\% H_T' 85\%$ und $Q_p 55\% H_T' 70\%$ in Tabelle 7-7 führt zu folgenden Bewertungen:

- Die für die Systemvarianten Gas-BW-Kessel ausgewiesenen Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unterscheiden sich nicht, da die bauliche Ausführung zur Einhaltung der primären energetischen Anforderung bereits im Fall des Niveaus $Q_p 55\% H_T' 85\%$ besser ausgeführt werden muss als es die angehobene Anforderung an die bauliche Ausführung bei dem Niveau $Q_p 55\% H_T' 70\%$ erfordert.
- Im Fall der Systemvarianten der Wärmepumpen liegen die ausgewiesenen Amortisationszeiten bei dem Niveau $Q_p 55\% H_T' 70\%$ tendenziell etwas höher als bei dem Niveau $Q_p 55\% H_T' 85\%$. Lediglich im Fall des kleinen Mehrfamilienhauses ergeben sich für die ambitioniertere Anforderung an den baulichen Wärmeschutz geringfügig niedrigere Amortisationszeiten. Für die Fälle, bei denen sich im Vergleich zum Niveau $Q_p 55\% H_T' 70\%$ längere Amortisationszeiten ergeben, kann festgehalten werden, dass die Mehrkosten infolge der verbesserten baulichen Ausführung nicht durch entsprechende Energiekosteneinsparungen kompensiert werden können.
- Bei den Systemvarianten mit einem Pelletkessel als Wärmeerzeuger wirkt sich die Anhebung der Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz im Fall des Niveaus $Q_p 55\% H_T' 70\%$ hinsichtlich der ermittelten Amortisationsdauern in allen Fällen leicht positiv aus. Mit Ausnahme des großen Mehrfamilienhauses liegen die Amortisationszeiten aber im Bereich >30 Jahre.

Ergänzend zu den zuvor erläuterten Auswertungen für die Niveaus $Q_p 55\% H_T' 85\%$ und $Q_p 55\% H_T' 70\%$ werden in Tabelle 7-8 die Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Niveaus $Q_p 40\% H_T' 55\%$ (KfW Effizienzhaus 40) und $Q_p 40\% H_T'_{Ref}$ dargestellt.

Tabelle 7-8: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Niveaus $Q_p 40\% H_T' 55\%$ (EH 40) und $Q_p 40\% H_T'_{Ref}$, Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung Bundesregierung

Niveau		$Q_p 40\% H_T' 55\%$				$Q_p 40\% H_T'_{Ref}$			
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.	63,3 a	34,2 a	33,0 a	> 100 a	63,3 a	49,9 a	54,4 a	> 100 a
	Deckf.	110,2 €/m ²	16,7 €/m ²	14,4 €/m ²	144,3 €/m ²	110,3 €/m ²	51,5 €/m ²	62,1 €/m ²	99,3 €/m ²
EFH klein ohne Keller	Amort.	68,5 a	43,5 a	31,1 a	> 100 a	68,5 a	39,9 a	21,6 a	keine
	Deckf.	144,8 €/m ²	46,7 €/m ²	9,2 €/m ²	261,7 €/m ²	144,8 €/m ²	32,1 €/m ²		
EFH groß mit Keller	Amort.	64,1 a	37,9 a	28,8 a	66,0 a	64,1 a	59,8 a	20,0 a	> 100 a
	Deckf.	107,7 €/m ²	24,5 €/m ²		64,5 €/m ²	107,7 €/m ²	70,2 €/m ²		39,5 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	79,5 a	62,2 a	40,4 a	> 100 a	79,3 a	56,7 a	33,4 a	keine
	Deckf.	141,0 €/m ²	78,5 €/m ²	39,0 €/m ²	262,7 €/m ²	140,9 €/m ²	63,7 €/m ²	14,1 €/m ²	
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	89,5 a	> 100 a	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	91,5 a	keine
	Deckf.			104,0 €/m ²	137,9 €/m ²			105,7 €/m ²	
MFH klein	Amort.	94,4 a	> 100 a	54,9 a	> 100 a	94,4 a	> 100 a	55,9 a	keine
	Deckf.	118,4 €/m ²	117,3 €/m ²	61,2 €/m ²	93,8 €/m ²	118,4 €/m ²	116,5 €/m ²	63,8 €/m ²	
MFH groß	Amort.	76,2 a	k. A.	39,6 a	42,4 a	76,2 a	k. A.	27,5 a	37,4 a
	Deckf.	89,8 €/m ²		24,9 €/m ²	24,1 €/m ²	89,8 €/m ²			5,4 €/m ²

keine
k. A.
Ausf. n. möglich

keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr

System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar

Niveau kann durch System nicht erreicht werden

Zu den Auswertungen der Niveaus $Q_p 40\% H_T' 55\%$ und $Q_p 40\% H_T'_{Ref}$ in Tabelle 7-8 können zusammenfassend folgende Bewertungen festgehalten werden:

- Die geringsten Amortisationszeiten ergeben sich beim Niveau $Q_p 40\% H_T' 55\%$ für die Systemvarianten Sole/Wasser Wärmepumpe. Mit Ausnahme des großen Einfamilienhauses (Amortisationszeit 28,8 Jahre bei der Systemvariante Sole/Wasser Wärmepumpe) resultieren allerdings für die untersuchten Varianten Amortisationszeiten >30 Jahre.
- Aus der im Fall des Niveaus $Q_p 40\% H_T'_{Ref}$ an der Referenzausführung orientierten Anforderung an die bauliche Ausführung ergeben sich fallweise unterschiedliche Auswirkungen auf die ermittelten Amortisationszeiten. Während sich für die Systeme mit Gas-BW-Kessel keine Veränderungen der Amortisationszeiten ergeben, da eine verbesserte bauliche Ausführung bei diesen Varianten zur Einhaltung der primären energetischen Anforderung erforderlich ist, ergeben sich in den übrigen Fällen teilweise kürzere und teilweise längere Amortisationszeiten. Lediglich bei dem kleinen Einfamilienhaus ohne Keller und bei dem großen Mehrfamilienhaus resultieren im Vergleich zum Niveau $Q_p 40\% H_T' 55\%$ Amortisationszeiten kleiner 30 Jahre.

Tabelle 7-9: Preissteigerungsraten, Szenario „Bundesregierung (Prognos)“

Energioträger	2015-2035	2036-2045
Erdgas	1,2 %	1,0 %
Holzpellets	1,5 %	1,3 %
Strom	0,1 %	0,0 %

Tabelle 7-10: Preissteigerungsraten, Szenario „EU“ (Vorgaben der delegierten Verordnung). [24]

Energioträger	2015-2019	2020-2029	2030-2042
Erdgas/Holzpellets	2,8 %	2,8 %	2,8 %
Strom	2,2 %	0,6 %	0,1 %

Tabelle 7-11: Preissteigerungsraten, Szenario „1 Prozent“

Energioträger	2015-2045
Erdgas/Holzpellets/Strom	1,0 %

Im Vergleich zum Szenario „Bundesregierung“ unterstellt das Szenario „EU“ einen stärkeren Anstieg der Energiepreise. Konsequenz von über die Dauer des Betrachtungszeitraums starker steigenden Energiepreisen sind gegenüber dem Szenario „Bundesregierung“

verkürzte Amortisationszeiten. Der Vergleich der beiden Szenarien zeigt unterschiedliche relative Veränderungen der energieträgerspezifischen Preissteigerungsraten. Das dritte betrachtete Preissteigerungsszenario „1 Prozent“ unterstellt für die Energieträger Gas, Strom und Pellets eine über den gesamten Betrachtungszeitraum einheitliche Preissteigerung in Höhe von jährlich 1 Prozent. Im Vergleich zum Szenario „Bundesregierung“ ist demnach die Preissteigerung für Erdgas nahezu gleich, für Pellets leicht stärker ausgeprägt und für Strom deutlich stärker ausgeprägt. Die Diskussion zum Vergleich der Bewertungen aus den drei Szenarien erfolgt im Anschluss an die tabellarische Darstellung der Ergebnisse. Die Auswertungen unter Ansatz des Szenarios „EU“ folgen in Tabelle 7-12 und Tabelle 7-13, zum Szenario „1 Prozent“ in Tabelle 7-14 und Tabelle 7-15.

Tabelle 7-12: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Niveaus $Q_p 55\% H_t' 85\%$ und $Q_p 55\% H_t' 70\%$ (EH 55), Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung EU

Niveau		$Q_p 55\% H_t' 85\%$				$Q_p 55\% H_t' 70\%$			
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.	36,0 a	8,5 a	12,8 a	79,7 a	36,0 a	10,5 a	15,1 a	70,4 a
	Deckf.	15,9 €/m ²			72,0 €/m ²	15,8 €/m ²			77,7 €/m ²
EFH klein ohne Keller	Amort.	36,1 a	4,7 a	13,8 a	> 100 a	36,5 a	6,9 a	15,2 a	> 100 a
	Deckf.	19,3 €/m ²			194,9 €/m ²	20,8 €/m ²			194,5 €/m ²
EFH groß mit Keller	Amort.	38,5 a	13,2 a	13,1 a	42,9 a	38,5 a	13,0 a	13,6 a	38,0 a
	Deckf.	22,2 €/m ²			17,4 €/m ²	22,4 €/m ²			13,2 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	49,8 a	3,8 a	13,6 a	keine	49,8 a	13,5 a	22,2 a	> 100 a
	Deckf.	53,7 €/m ²				53,7 €/m ²			218,9 €/m ²
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	61,6 a	16,7 a	16,0 a	> 100 a	61,6 a	16,7 a	21,1 a	> 100 a
	Deckf.	63,1 €/m ²			101,5 €/m ²	63,1 €/m ²			114,5 €/m ²
MFH klein	Amort.	41,2 a	20,8 a	24,2 a	79,3 a	40,8 a	21,0 a	22,0 a	54,5 a
	Deckf.	18,7 €/m ²			38,7 €/m ²	17,9 €/m ²			31,4 €/m ²
MFH groß	Amort.	38,2 a	k. A.	15,1 a	19,9 a	41,1 a	k. A.	16,4 a	19,6 a
	Deckf.	12,3 €/m ²				20,8 €/m ²			

keine
k. A.
Ausf. n. möglich

keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr

System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar

Niveau kann durch System nicht erreicht werden

Tabelle 7-13: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Niveaus $Q_p 40\% H_t' 55\%$ (EH 40) und $Q_p 40\% H_t'_{Ref}$, Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung EU

Niveau		$Q_p 40\% H_t' 55\%$				$Q_p 40\% H_t'_{Ref}$			
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.	46,1 a	22,8 a	22,8 a	76,8 a	46,1 a	30,4 a	33,0 a	> 100 a
	Deckf.	69,7 €/m ²			114,4 €/m ²	69,8 €/m ²	4,3 €/m ²	15,0 €/m ²	80,1 €/m ²
EFH klein ohne Keller	Amort.	49,3 a	27,3 a	21,8 a	> 100 a	49,3 a	24,2 a	14,6 a	keine
	Deckf.	97,2 €/m ²			231,7 €/m ²	97,2 €/m ²			
EFH groß mit Keller	Amort.	47,5 a	24,9 a	19,7 a	45,3 a	47,5 a	36,8 a	13,1 a	52,0 a
	Deckf.	70,9 €/m ²			36,2 €/m ²	70,9 €/m ²	27,8 €/m ²		21,1 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	56,1 a	38,0 a	28,0 a	> 100 a	56,0 a	34,3 a	22,7 a	keine
	Deckf.	102,8 €/m ²	33,3 €/m ²		241,7 €/m ²	102,6 €/m ²	18,7 €/m ²		
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	54,6 a	> 100 a	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	55,5 a	keine
	Deckf.			71,3 €/m ²	122,2 €/m ²			73,0 €/m ²	
MFH klein	Amort.	62,5 a	61,9 a	36,3 a	73,9 a	62,5 a	61,5 a	37,0 a	> 100 a
	Deckf.	88,4 €/m ²	81,3 €/m ²	24,8 €/m ²	73,8 €/m ²	88,4 €/m ²	80,5 €/m ²	27,4 €/m ²	34,3 €/m ²
MFH groß	Amort.	51,6 a	k. A.	26,0 a	30,9 a	51,6 a	k. A.	17,3 a	23,1 a
	Deckf.	59,7 €/m ²				59,7 €/m ²			

keine
k. A.
Ausf. n. möglich

keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr

System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar

Niveau kann durch System nicht erreicht werden

Tabelle 7-14: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Niveaus Q_p 55 % H_T' 85 % und Q_p 55 % H_T' 70 % (EH 55), Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung „1 Prozent“

Niveau		Q_p 55 % H_T' 85 %				Q_p 55 % H_T' 70 %			
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.	54,3 a	35,8 a	26,1 a	> 100 a	54,3 a	28,5 a	28,0 a	> 100 a
	Deckf.	52,3 €/m ²	4,5 €/m ²		90,4 €/m ²	52,1 €/m ²			99,8 €/m ²
EFH klein ohne Keller	Amort.	54,9 a	18,8 a	28,1 a	> 100 a	55,4 a	17,6 a	27,6 a	> 100 a
	Deckf.	61,8 €/m ²			keine Angabe	63,4 €/m ²			212,8 €/m ²
EFH groß mit Keller	Amort.	57,0 a	78,4 a	28,0 a	60,4 a	56,9 a	39,9 a	25,9 a	52,1 a
	Deckf.	55,6 €/m ²	20,8 €/m ²		34,4 €/m ²	56,0 €/m ²	10,2 €/m ²		34,1 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	79,5 a	14,0 a	29,0 a	keine	79,5 a	36,0 a	41,5 a	keine
	Deckf.	88,1 €/m ²			88,1 €/m ²	8,3 €/m ²	28,7 €/m ²		
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	> 100 a	62,8 a	40,0 a	keine	> 100 a	62,8 a	45,9 a	> 100 a
	Deckf.	89,8 €/m ²	19,3 €/m ²	10,9 €/m ²		89,8 €/m ²	19,3 €/m ²	21,4 €/m ²	122,7 €/m ²
MFH klein	Amort.	79,2 a	94,9 a	74,8 a	> 100 a	78,3 a	73,1 a	51,7 a	73,6 a
	Deckf.	46,7 €/m ²	32,6 €/m ²	38,0 €/m ²	47,4 €/m ²	45,8 €/m ²	31,0 €/m ²	28,2 €/m ²	44,3 €/m ²
MFH groß	Amort.	73,6 a	k. A.	37,1 a	26,0 a	71,2 a	k. A.	34,4 a	25,5 a
	Deckf.	39,8 €/m ²		9,0 €/m ²		49,5 €/m ²		7,4 €/m ²	

keine	keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr
k. A.	System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar
Ausf. n. möglich	Niveau kann durch System nicht erreicht werden

Tabelle 7-15: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Niveaus Q_p 40 % H_T' 55 % (EH 40) und Q_p 40 % H_T' Ref, Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung „1 Prozent“

Niveau		Q_p 40 % H_T' 55 %				Q_p 40 % H_T' Ref			
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.	66,3 a	42,5 a	39,0 a	> 100 a	66,4 a	67,2 a	73,8 a	> 100 a
	Deckf.	114,6 €/m ²	32,8 €/m ²	28,7 €/m ²	140,0 €/m ²	114,7 €/m ²	68,7 €/m ²	79,4 €/m ²	92,8 €/m ²
EFH klein ohne Keller	Amort.	71,6 a	55,7 a	36,3 a	> 100 a	71,6 a	53,4 a	26,6 a	keine
	Deckf.	149,5 €/m ²	65,7 €/m ²	25,9 €/m ²	255,1 €/m ²	149,5 €/m ²	52,3 €/m ²		
EFH groß mit Keller	Amort.	67,2 a	47,8 a	34,3 a	61,1 a	67,2 a	80,5 a	25,4 a	76,9 a
	Deckf.	111,8 €/m ²	39,2 €/m ²	12,3 €/m ²	60,8 €/m ²	111,8 €/m ²	85,9 €/m ²		33,8 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	83,9 a	82,1 a	47,9 a	> 100 a	83,8 a	75,8 a	40,6 a	keine
	Deckf.	145,3 €/m ²	94,2 €/m ²	53,1 €/m ²	256,7 €/m ²	145,2 €/m ²	79,6 €/m ²	29,1 €/m ²	
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	> 100 a	> 100 a	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	> 100 a	keine
	Deckf.			115,5 €/m ²	133,5 €/m ²			117,4 €/m ²	
MFH klein	Amort.	> 100 a	> 100 a	68,8 a	98,4 a	> 100 a	> 100 a	70,1 a	> 100 a
	Deckf.	122,4 €/m ²	131,0 €/m ²	74,0 €/m ²	89,4 €/m ²	122,4 €/m ²	130,2 €/m ²	76,6 €/m ²	39,3 €/m ²
MFH groß	Amort.	82,5 a	k. A.	49,7 a	40,1 a	82,5 a	k. A.	36,9 a	30,3 a
	Deckf.	94,1 €/m ²		37,4 €/m ²	21,5 €/m ²	94,1 €/m ²		11,0 €/m ²	0,6 €/m ²

keine	keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr
k. A.	System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar
Ausf. n. möglich	Niveau kann durch System nicht erreicht werden

Für den Vergleich der Szenarien „Bundesregierung“ und „EU“ ergeben sich die im Folgenden zusammengefassten Ergebnisse:

- Für die Systemvariante Gas-BW-Kessel liegen die ausgewiesenen Amortisationszeiten zum Niveau Q_p 55 % H_T' 85 % im Fall des Szenarios „Bundesregierung“ im Bereich von etwa 50 bis 90 Jahren. Für das Szenario „EU“ werden im Vergleich Amortisationszeiten zwischen 36 und 62 Jahren ausgewiesen. Hiernach ergeben sich selbst unter Ansatz der fast verdreifachten Preissteigerungsraten keine Amortisationszeiten innerhalb des Betrachtungszeitraums. Im Fall der übrigen Niveaus resultieren vergleichbare Aussagen.
- Im Fall der Systemvarianten der Luft/Wasser-Wärmepumpen ergeben sich zum Niveau Q_p 55 % H_T' 85 % bei dem Szenario „EU“ gegenüber dem Szenario „Bundesregierung“ in etwa halbierte und bei den Systemvarianten der Sole/Wasser-Wärmepumpen um 37 bis 45 % reduzierte Amortisationszeiten. Die verkürzten

- Amortisationszeiten sind bei den Systemvarianten der Wärmepumpen in erster Linie darauf zurückzuführen, dass die Energiekosten der Bezugsvariante (wesentlicher Energieträger Gas) relativ zum Energieträger Strom einer höheren Preissteigerungsrate unterliegen. Hierdurch ergeben sich auch im Fall der ambitionierteren Niveaus Q_P 40 % H_T' 55 % und Q_P 40 % $H_{T\text{Ref}}$ bei den Wärmepumpensystemen Amortisationszeiten innerhalb des Betrachtungszeitraums.
- Im Fall der Systemvarianten Pelletkessel können ebenfalls geringfügig verbesserte Bewertungen hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit festgestellt werden. Mit Ausnahme des großen Mehrfamilienhauses ergibt sich für alle übrigen Gebäude allerdings nach wie vor keine Amortisation innerhalb des Betrachtungszeitraums.

Für den Vergleich der Szenarien „Bundesregierung“ und „1 Prozent“ ergeben sich die im Folgenden zusammengefassten Bewertungen:

- Aufgrund der für den Energieträger Gas beim Szenario „1 Prozent“ im Vergleich zum Szenario „Bundesregierung“ unterstellten geringeren Preissteigerungsrate ergeben sich für die Bezugsvariante geringere Energiekosten. Für die Systemvariante Gas-BW-Kessel, bei der als wesentlicher Energieträger wie im Fall der Bezugsvariante Gas eingesetzt wird, resultieren hieraus um 3 bis 5 Prozent höhere Amortisationszeiten.
- Für die Systemvarianten der Wärmepumpen resultieren im Vergleich zum Szenario Bundesregierung teilweise doppelt so hohe Amortisationszeiten. Dies ist einerseits auf die reduzierten Energiekosten der Bezugsvariante und andererseits auf die deutlich höhere Preissteigerung für den Energieträger Strom zurückzuführen.

7.2 Auswertungen Nichtwohngebäude

Auf Grundlage der in Abschnitt 5 aufgeführten Randbedingungen werden nachfolgend Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Nichtwohngebäude angestellt. Dargestellt werden zunächst die Investitionskosten und Investitionsmehrkosten für unterschiedliche Anforderungsniveaus (Abschnitt 7.2.1). Anschließend erfolgt die Auswertung zu den resultierenden Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträgen für unterschiedliche Energiepreissteigerungsszenarien unter Zugrundelegung eines Betrachtungszeitraums von 20 Jahren (Abschnitt 7.2.2).

7.2.1 Energiebedingte Investitionskosten und Investitionsmehrkosten bezogen auf das Niveau EnEV 2014

In Tabelle 7-16 sind energiebedingte Investitionskosten und Investitionsmehrkosten (Angabe jeweils als auf die Nettogrundfläche bezogene spezifische Kosten) für die betrachteten Nichtwohngebäude bei unterschiedlichen energetischen Niveaus aufgeführt. Bei den angegebenen Kosten handelt es sich um die reinen energiebedingten Kosten (EnEV 2014-Ausführung, entspricht O_P 100 %, \bar{U} 100 %) bzw. um die energiebedingten Mehrkosten im Fall der untersuchten Niveaus und Varianten. Die energiebedingten Kosten sind als Kostenanteil der in Abschnitt 5.4.3 angegebenen und im Folgenden zugunsten einer besseren Lesbarkeit nochmals aufgeführten Grundkosten für Neubauten zu verstehen:

- | | |
|----------------------|---|
| • Schule: | 1.570 EUR/m ² A _{NGF} |
| • Verbrauchermarkt: | 1.120 EUR/m ² A _{NGF} |
| • Hotel: | 2.390 EUR/m ² A _{NGF} |
| • Büro, klein: | 1.770 EUR/m ² A _{NGF} |
| • Büro, groß: | 1.650 EUR/m ² A _{NGF} |
| • Kindertagesstätte: | 1.750 EUR/m ² A _{NGF} |
| • Fertigungshalle: | 1.120 EUR/m ² A _{NGF} |

Tabelle 7-16: Energiebedingte Investitionskosten (€/m² Nettogrundfläche) EnEV 2014 (O_p 100 %, Ü 100 %) und Investitionsmehrkosten 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 %			
		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	Gas-BW-Kessel												
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	301 €/m ²	20 €/m ²	30 €/m ²	59 €/m ²	6 €/m ²	62 €/m ²	113 €/m ²	59 €/m ²	26 €/m ²	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	70 €/m ²	96 €/m ²
Büro groß, gekühlt	675 €/m ²	95 €/m ²	k. A.	18 €/m ²	23 €/m ²	Ausf. n. möglich	k. A.	43 €/m ²	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	k. A.	111 €/m ²	Ausf. n. möglich
Kindertagesstätte	674 €/m ²	6 €/m ²	15 €/m ²	110 €/m ²	12 €/m ²	23 €/m ²	30 €/m ²	110 €/m ²	12 €/m ²	56 €/m ²	75 €/m ²	113 €/m ²	43 €/m ²
Schule	328 €/m ²	System n. betrachtet	k. A.	32 €/m ²	-2 €/m ²	System n. betrachtet	k. A.	32 €/m ²	19 €/m ²	System n. betrachtet	k. A.	44 €/m ²	58 €/m ²
Hotel groß, gekühlt	241 €/m ²	63 €/m ²	k. A.	23 €/m ²	9 €/m ²	System n. betrachtet	k. A.	84 €/m ²	7 €/m ²	System n. betrachtet	k. A.	System n. betrachtet	22 €/m ²
Verbrauchermarkt	511 €/m ²	System n. betrachtet	50 €/m ²	31 €/m ²	30 €/m ²	System n. betrachtet	157 €/m ²	46 €/m ²	152 €/m ²	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	98 €/m ²	Ausf. n. möglich
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)	213 €/m ²	0 €/m ²	14 €/m ²	44 €/m ²	0 €/m ²	Ausf. n. möglich	14 €/m ²	44 €/m ²	0 €/m ²	Ausf. n. möglich	28 €/m ²	53 €/m ²	17 €/m ²
Niveau	EnEV 2014	Q _p 100 % Ü 100 % [EnEV 2016]				Q _p 85 % Ü 100 %				Q _p 75 % Ü 85 %			
Wärmeerzeuger	Warmluft-Erzeuger STD	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)	212 €/m ²	-19 €/m ²	-18 €/m ²	-22 €/m ²	-20 €/m ²	-14 €/m ²	-17 €/m ²	-19 €/m ²	-19 €/m ²	-1 €/m ²	-1 €/m ²	-4 €/m ²	-4 €/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

Bezüglich der in Abschnitt 7.2.2 ausgewiesenen Deckungsfehlbeträge wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass diese nicht im Vergleich zu den zuvor ausgewiesenen Investitionskosten und Investitionsmehrkosten zu bewerten sind, da die in Tabelle 7-16 ausgewiesenen Kosten lediglich die Anfangsinvestitionen und nicht etwaige Kosten für Ersatzbeschaffungen innerhalb und Restwerte zum Ende eines definierten Betrachtungszeitraums erfassen. Um einen derartigen Vergleich zu ermöglichen, werden in Tabelle 7-17 die spezifischen kapitalgebundenen Kosten und die niveaubezogenen spezifischen Mehrkosten angegeben.

Tabelle 7-17: Spezifische energiebedingte kapitalgebundene Kosten (€/m² NGF) EnEV 2014 (O_p 100 %, Ü 100 %) und Mehrkosten unter Berücksichtigung von Ersatzbesch. 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 %			
		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	Gas-BW-Kessel												
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	277 €/m ²	23 €/m ²	30 €/m ²	45 €/m ²	11 €/m ²	63 €/m ²	111 €/m ²	45 €/m ²	30 €/m ²	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	58 €/m ²	101 €/m ²
Büro groß, gekühlt	718 €/m ²	100 €/m ²	k. A.	7 €/m ²	36 €/m ²	Ausf. n. möglich	k. A.	33 €/m ²	Ausf. n. möglich	k. A.	102 €/m ²	Ausf. n. möglich	
Kindertagesstätte	564 €/m ²	26 €/m ²	11 €/m ²	74 €/m ²	33 €/m ²	37 €/m ²	20 €/m ²	74 €/m ²	33 €/m ²	69 €/m ²	56 €/m ²	77 €/m ²	54 €/m ²
Schule	321 €/m ²	System n. betrachtet	k. A.	24 €/m ²	3 €/m ²	System n. betrachtet	k. A.	24 €/m ²	26 €/m ²	System n. betrachtet	k. A.	41 €/m ²	57 €/m ²
Hotel groß, gekühlt	253 €/m ²	65 €/m ²	k. A.	19 €/m ²	15 €/m ²	System n. betrachtet	k. A.	86 €/m ²	13 €/m ²	System n. betrachtet	k. A.	System n. betrachtet	34 €/m ²
Verbrauchermarkt	433 €/m ²	System n. betrachtet	53 €/m ²	26 €/m ²	39 €/m ²	System n. betrachtet	122 €/m ²	48 €/m ²	119 €/m ²	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	85 €/m ²	Ausf. n. möglich
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)	184 €/m ²	-4 €/m ²	32 €/m ²	30 €/m ²	11 €/m ²	Ausf. n. möglich	32 €/m ²	30 €/m ²	11 €/m ²	Ausf. n. möglich	41 €/m ²	38 €/m ²	24 €/m ²
Niveau	EnEV 2014	Q _p 100 % Ü 100 % [EnEV 2016]				Q _p 85 % Ü 100 %				Q _p 75 % Ü 85 %			
Wärmeerzeuger	Warmluft-Erzeuger STD	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)	183 €/m ²	-11 €/m ²	-13 €/m ²	-18 €/m ²	-16 €/m ²	-6 €/m ²	-12 €/m ²	-15 €/m ²	-15 €/m ²	1 €/m ²	-2 €/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

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

In Tabelle 7-18 und Tabelle 7-19 sind die Amortisationszeiten und ggf. resultierende Deckungsfehlbeträge für die unterschiedlichen betrachteten energetischen Niveaus für einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren und das Preissteigerungsszenario „Bundesregierung“ zusammengestellt. Tabelle 7-23 und Tabelle 7-24 zeigen die Ergebnisse für das Preissteigerungsszenario „EU“. Die Ergebnisse zum Preissteigerungsszenario „1 Prozent“ werden in Tabelle 7-25 und Tabelle 7-26 aufgeführt.

Zusätzlich zu den Auswertungen dieses Abschnitts, die für einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren erläutert werden, sind in Anhang D 2 analoge Auswertungen für die drei vorgenannten Preissteigerungsszenarien unter Zugrundelegung eines Betrachtungszeitraums von 30 Jahren dokumentiert.

Tabelle 7-18: 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 %			
	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.	> 100 a	46,3 a	keine	22,8 a	36,9 a	51,1 a	keine	19,1 a	Auf. n. möglich	Auf. n. möglich	56,2 a
	Deckungsfehlb.	22,3 €/m ²	17,5 €/m ²		1,5 €/m ²	29,3 €/m ²	68,5 €/m ²					38,2 €/m ²
Büro groß, gekühlt	Amortisationsz.	> 100 a	k. A.	12,7 a	41,3 a	Auf. n. möglich	k. A.	22,8 a	Auf. n. möglich	Auf. n. möglich	k. A.	32,2 a
	Deckungsfehlb.	93,1 €/m ²			18,5 €/m ²			5,1 €/m ²				40,3 €/m ²
Kindertagesstätte	Amortisationsz.	keine	7,2 a	16,9 a	27,9 a	46,1 a	6,8 a	16,9 a	27,9 a	25,5 a	12,2 a	15,4 a
	Deckungsfehlb.				9,3 €/m ²	20,8 €/m ²			9,3 €/m ²	15,2 €/m ²		4,0 €/m ²
Schule	Amortisationsz.	System n. betrachtet	k. A.	keine	27,3 a	System n. betrachtet	k. A.	keine	25,3 a	System n. betrachtet	k. A.	84,6 a
	Deckungsfehlb.				0,8 €/m ²				5,5 €/m ²			31,7 €/m ²
Hotel groß, gekühlt	Amortisationsz.	21,5 a	k. A.	10,6 a	35,7 a	System n. betrachtet	k. A.	21,9 a	30,6 a	System n. betrachtet	k. A.	22,3 a
	Deckungsfehlb.	5,0 €/m ²			6,7 €/m ²			9,0 €/m ²	4,7 €/m ²			3,7 €/m ²
Verbrauchermarkt	Amortisationsz.	System n. betrachtet	32,9 a	> 100 a	32,3 a	System n. betrachtet	41,1 a	26,2 a	45,2 a	System n. betrachtet	Auf. n. möglich	26,7 a
	Deckungsfehlb.		21,4 €/m ²	23,3 €/m ²	15,4 €/m ²		64,4 €/m ²	12,7 €/m ²	67,2 €/m ²			23,4 €/m ²

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

Tabelle 7-19: 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 %			
	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW
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
Amortisationsz.	sofort	16,5 a	30,6 a	keine	Auf. n. möglich	16,5 a	30,6 a	keine	Auf. n. möglich	14,7 a	19,7 a	34,4 a
Deckungsfehlb.			11,3 €/m ²				11,3 €/m ²					10,0 €/m ²

keine keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrosten pro Jahr
sofort System weist im Vergleich zum Bezugsfall Gesamt-Minderkosten auf. Gleichzeitig größere Energiekosteneinsparung als Wartungsmehrosten
Auf. n. möglich Niveau kann durch System nicht erreicht werden

Im Vergleich zu Wohngebäuden handelt es sich bei den untersuchten Nichtwohngebäuden einerseits um Gebäude sehr unterschiedlicher Größe und Geometrie, andererseits weisen die Gebäude untereinander deutlich abweichende Nutzungen auf. Vor diesem Hintergrund ist zu beachten, dass sich einzelne Maßnahmen (bauliche oder anlagentechnische) zur energetischen Verbesserung je nach Gebäude unterschiedlich stark auswirken. Insofern

ergeben sich auch aus den energetischen Bilanzierungen, die Grundlage der Wirtschaftlichkeitsbewertung sind, fallweise sehr unterschiedliche Energiebedarfsanteile zum einen bezogen auf die einzelnen technischen Gewerke wie Heizung, Kühlung, Lüftung usw., zum anderen hinsichtlich der anteiligen energieträgerspezifischen Energieversorgung beim Vergleich einzelner Varianten. Insbesondere weil sich einzelne Einflüsse in Bezug auf die fallweise resultierenden Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge überlagern und dabei entweder verstärkend oder kompensatorisch wirken, ist eine zusammenfassende Interpretation der in diesem Abschnitt dargestellten Auswertungen nur schwer möglich. Teilweise lassen sich trotz der Heterogenität der untersuchten Gebäude und Ergebnisse aus Tabelle 7-18 und Tabelle 7-19 folgende Aussagen ableiten:

- Die Systemvarianten BHKW/Gas-BW-Kessel weisen für das Niveau Q_p 75 % \bar{U} 80 % durchweg Amortisationszeiten auf, die nicht innerhalb des Betrachtungszeitraums von 20 Jahren liegen. Lediglich im Fall des Hotels wird eine Amortisationszeit erreicht, die mit 21,5 Jahren nur knapp über der Länge des Betrachtungszeitraums liegt. Die im Vergleich zu den Systemvarianten Wärmepumpe/Gas-BW-Kessel und Pelletkessel/Gas-BW-Kessel deutlich höheren Amortisationszeiten sind in erster Linie darauf zurückzuführen, dass die für diese Systemvarianten errechneten Energiekosteneinsparungen nur geringfügig über den anfallenden Wartungsmehr-kosten liegen. Ferner lässt sich für die Systemvarianten BHKW/Gas-BW-Kessel festhalten, dass sich bei den ambitionierteren Niveaus Q_p 65 % \bar{U} 80 % und Q_p 55 % \bar{U} 70 % tendenziell kürzere Amortisationszeiten ergeben. Verallgemeinernde Aussagen sind jedoch nicht möglich, da die Anzahl der hierzu untersuchten Varianten nicht ausreicht.
- Für die Systemvarianten Luft/Wasser-Wärmepumpe/Gas-BW-Kessel werden nur die Gebäude Büro klein, Kindertagesstätte und Verbrauchermarkt ausgewertet, da für den Erzeuger Luft/Wasser-Wärmepumpen keine Kostenfunktionen für Anlagen mit Leistungen größer 50 kW verfügbar sind. Im Fall des kleinen Büros und im Fall des Verbrauchermarkts ergibt sich jeweils keine Amortisation innerhalb des Betrachtungszeitraums. Im Fall der Kindertagesstätte stellt sich diese Systemvariante für alle betrachteten Niveaus wirtschaftlich dar. Die kürzeste Amortisationszeit ergibt sich für das Niveau Q_p 65 % \bar{U} 80 %.
- Bei den Systemvarianten Sole/Wasser-Wärmepumpe (Hotel mit 2. Wärmeerzeuger Gas-BW-Kessel) liegen die Wartungsmehrkosten im Fall der Niveaus Q_p 75 % \bar{U} 80 % und Q_p 65 % \bar{U} 80 % über den Energiekosteneinsparungen, weshalb sich hier keine Amortisation ergibt. Für die Gebäude Büro groß, Kindertagesstätte und Hotel liegen die Amortisationszeiten beim Niveau Q_p 75 % \bar{U} 80 % zwischen 12 und 17 Jahren. Auch die Niveaus Q_p 65 % \bar{U} 80 % und Q_p 55 % \bar{U} 70 % lassen sich im Fall der Kindertagesstätte wirtschaftlich darstellen, wobei die geringste Amortisationszeit für das Niveau Q_p 65 % \bar{U} 70 % ermittelt wird.
- Bei den Systemvarianten Pelletkessel/Gas-BW-Kessel werden Amortisationszeiten bestimmt, die im Fall des Niveaus Q_p 75 % \bar{U} 80 % zwischen 22,8 und 41,3 Jahren liegen. Für das Niveau Q_p 65 % \bar{U} 80 % wird im Fall des kleinen Büros eine Amortisationszeit von 19,1 ausgewiesen. In den übrigen Fällen ergeben sich für dieses Niveau mit Ausnahme des Verbrauchermarkts im Vergleich zum Niveau Q_p 75 % \bar{U} 80 % geringfügig reduzierte Amortisationszeiten.
- Im Fall der zum Niveau Q_p 75 % \bar{U} 80 % untersuchten Varianten bei Fertigungshallen mit zentralen Erzeugern ergibt sich für die Systemvariante Gas-BW-Kessel eine sofortige Amortisation aufgrund von Energiekosteneinsparungen und Wartungsmin-derkosten bei im Vergleich zum Bezugsfall gleich hohen Anfangsinvestitionen. Die ambitionierteren Niveaus Q_p 65 % \bar{U} 80 % und Q_p 55 % \bar{U} 70 % sind als Systemvariante Gas-BW-Kessel nicht ausführbar, da bereits im Fall des Niveaus

Q_P 75 % \tilde{U} 80 % die Möglichkeiten einer verbesserten baulichen Ausführung ausgeschöpft werden.

Die Systemvarianten Pelletkessel sind für alle betrachteten Niveaus wirtschaftlich darstellbar, die kürzeste Amortisationsdauer wird für das Niveau Q_P 55 % \tilde{U} 70 % mit 14,7 Jahren ausgewiesen.

Die Systemvarianten Sole/Wasser-Wärmepumpe weisen für die Niveaus Q_P 75 % \tilde{U} 80 % und Q_P 65 % \tilde{U} 80 % keine Amortisation innerhalb des Betrachtungszeitraum auf. Erst durch die Anhebung der Anforderungen an die bauliche Ausführung beim Niveau Q_P 55 % \tilde{U} 70 % und die infolge der verbesserten Ausführung der Gebäudehülle erreichte Energieeinsparung wird mit 19,7 Jahren eine Amortisationszeit innerhalb des Betrachtungszeitraums erreicht.

- Im Fall der Fertigungshallen mit dezentralen Wärmeerzeugern wird mit einer Ausnahme eine sofortige Amortisation ermittelt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass im Fall von Fertigungshallen mit dezentralen Wärmeerzeugern die nach EnEV 2014 für alle übrigen Wärmeerzeuger geltenden angehobenen Anforderungen an den Primärenergiebedarf und die bauliche Ausführung ab dem 1.1.2016 nicht gelten. Somit entspricht das erste betrachtete Niveau Q_P 100 % \tilde{U} 100 % einem im Vergleich zur Bezugsvariante nicht angehobenen Niveau. Die sofortige Amortisation ergibt sich für alle untersuchten Varianten daraus, dass im Fall der Systemvarianten im Vergleich zur Bezugsvariante verbesserte Technologien eingesetzt werden. Die Energiekosteneinsparungen sind hierbei deutlich höher als die aufgrund des Einsatzes besserer Technologie anfallenden Mehrkosten bei der Anfangsinvestition. Dies betrifft auch die beiden weiteren untersuchten Niveaus Q_P 85 % \tilde{U} 100 % und Q_P 75 % \tilde{U} 85.

Den in Tabelle 7-18 und Tabelle 7-19 ausgewiesenen Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträgen liegt in das Preissteigerungsszenario „Bundesregierung“ zugrunde. Aussagen hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit der betrachteten Varianten hängen sehr stark von der angesetzten Energiepreisentwicklung ab, weshalb im Rahmen der vorliegenden Untersuchung zwei weitere Preissteigerungsszenarien bewertet werden. Zugunsten einer besseren Lesbarkeit werden die Preissteigerungsraten der drei betrachteten und in Abschnitt 5.4.5 bereits beschriebenen Szenarien in Tabelle 7-20 bis Tabelle 7-22 erneut aufgeführt.

Tabelle 7-20: Preissteigerungsraten, Szenario „Bundesregierung (Prognos)“

Energieträger	2015-2035	2036-2045
Erdgas	1,2 %	1,0 %
Holzpellets	1,5 %	1,3 %
Strom	0,1 %	0,0 %

Tabelle 7-21: Preissteigerungsraten, Szenario „EU“ (Vorgaben der delegierten Verordnung). [24]

Energieträger	2015-2019	2020-2029	2030-2042
Erdgas/Holzpellets	2,8 %	2,8 %	2,8 %
Strom	2,2 %	0,6 %	0,1 %

Tabelle 7-22: Preissteigerungsraten, Szenario „1 Prozent“

Energieträger	2015-2045
Erdgas/Holzpellets/Strom	1,0 %

Im Vergleich zum Szenario „Bundesregierung“ unterstellt das Szenario „EU“ einen stärkeren Anstieg der Energiepreise. Konsequenz von über die Dauer des Betrachtungszeitraums starker steigenden Energiepreisen sind gegenüber dem Szenario „Bundesregierung“ verkürzte Amortisationszeiten. Der Vergleich der beiden Szenarien zeigt unterschiedliche relative Veränderungen der energieträgerspezifischen Preissteigerungsraten. Das dritte

betrachtete Preissteigerungsszenario „1 Prozent“ unterstellt für die Energieträger Gas, Strom und Pellets eine über den gesamten Betrachtungszeitraum einheitliche Preissteigerung in Höhe von jährlich 1 Prozent. Im Vergleich zum Szenario „Bundesregierung“ ist demnach die Preissteigerung für Erdgas nahezu gleich, für Pellets leicht stärker ausgeprägt und für Strom deutlich stärker ausgeprägt. Die Diskussion zum Vergleich der Bewertungen aus den drei Szenarien erfolgt im Anschluss an die tabellarische Darstellung der Ergebnisse.

Die Auswertungen unter Ansatz des Szenarios „EU“ folgen in Tabelle 7-23 und Tabelle 7-24, zum Szenario „1 Prozent“ in Tabelle 7-25 und Tabelle 7-26.

Tabelle 7-23: 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.	> 100 a	26,3 a	80,4 a	16,0 a	30,9 a	39,2 a	80,4 a	15,4 a	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	30,5 a	31,6 a
	Deckungsfehlb.	20,5 €/m ²	6,7 €/m ²	33,8 €/m ²		20,5 €/m ²	53,4 €/m ²	33,8 €/m ²				20,7 €/m ²	34,6 €/m ²
Büro groß, gekühlt	Amortisationsz.	> 100 a	k. A.	5,8 a	32,6 a	Ausf. n. möglich	k. A.	15,0 a	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	k. A.	25,4 a	Ausf. n. möglich
	Deckungsfehlb.	87,8 €/m ²			13,3 €/m ²							22,7 €/m ²	
Kindertagesstätte	Amortisationsz.	keine	4,6 a	11,9 a	20,2 a	33,4 a	5,0 a	11,9 a	20,2 a	21,0 a	9,7 a	11,2 a	17,1 a
	Deckungsfehlb.				0,2 €/m ²	13,7 €/m ²			0,2 €/m ²	0,5 €/m ²			
Schule	Amortisationsz.	System n. betrachtet	k. A.	> 100 a	15,4 a	System n. betrachtet	k. A.	> 100 a	21,0 a	System n. betrachtet	k. A.	41,5 a	28,8 a
	Deckungsfehlb.			22,0 €/m ²				22,0 €/m ²	0,6 €/m ²			21,6 €/m ²	16,6 €/m ²
Hotel groß, gekühlt	Amortisationsz.	20,7 a	k. A.	8,0 a	21,9 a	System n. betrachtet	k. A.	18,3 a	19,0 a	System n. betrachtet	k. A.	System n. betrachtet	17,7 a
	Deckungsfehlb.	< 0,1 €/m ²			0,4 €/m ²								
Verbrauchermarkt	Amortisationsz.	System n. betrachtet	25,9 a	36,9 a	26,8 a	System n. betrachtet	34,2 a	19,1 a	38,1 a	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	21,6 a	Ausf. n. möglich
	Deckungsfehlb.		11,6 €/m ²	12,2 €/m ²	9,3 €/m ²		50,9 €/m ²		55,7 €/m ²			7,6 €/m ²	

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

Tabelle 7-24: 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	Gas-BW-Kessel	-	-	BHKW	-	-	-	Gas-BW-Kessel	-	-	-	Gas-BW-Kessel
	2. Wärmeerzeuger	-	-	-	Gas-BW-Kessel	-	-	-	Gas-BW-Kessel	-	-	-	Gas-BW-Kessel
	Amortisationsz.	sofort	13,4 a	18,0 a	keine	Ausf. n. möglich	13,4 a	18,0 a	keine	Ausf. n. möglich	12,3 a	14,3 a	34,2 a
	Deckungsfehlb.												9,0 €/m ²
Fertigungshalle (dezentrale Erzeuger)	Erzeuger	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
	Amortisationsz.	sofort	sofort	sofort	sofort	sofort	sofort	sofort	sofort	0,6 a	sofort	sofort	sofort
	Deckungsfehlb.												

keine keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrosten pro Jahr
sofort System weist im Vergleich zum Bezugsfall Gesamt-Minderosten auf. Gleichzeitig größere Energiekosteneinsparung als Wartungsmehrosten
Ausf. n. möglich Niveau kann durch System nicht erreicht werden

Aus dem direkten Vergleich der Auswertungen für die Preissteigerungsszenarien „Bundesregierung“ und „EU“ lassen sich folgende Aussagen ableiten:

- Für alle untersuchten Fälle ergeben sich im Fall des Preissteigerungsszenarios „EU“ kürzere Amortisationszeiten im Vergleich zum Szenario „Bundesregierung“.
- Die Reduktion der Amortisationszeiten liegt im Fall der Systemvarianten BHKW/Gas-BW-Kessel für das Niveau Q_p 75 % Ü 80 % bei dem einzigen bewertbaren Fall (Hotel) etwa 4 %, für das Niveau Q_p 65 % Ü 80 % bei 16 % für das kleine Büro und bei 28 %

im Fall der Kindertagesstätte sowie für das Niveau Q_p 55 % \bar{U} 70 % für die Kindertagesstätte bei etwa 18 %.

- Für die Systemvarianten Luft/Wasser-Wärmepumpe liegen die Reduktionen der Amortisationszeiten beim Niveau Q_p 75 % \bar{U} 80 % im Mittel bei etwa 40 %, für das Niveau Q_p 65 % \bar{U} 80 % im Mittel bei 19 % und beim Niveau Q_p 55 % \bar{U} 70 % bei etwa 20 %.
- Zwischen 55 % und 25 % Reduktion der Amortisationszeiten kann für die Systemvarianten Sole/Wasser-Wärmepumpe beim Niveau Q_p 75 % \bar{U} 80 % festgestellt werden, für das Niveau Q_p 65 % \bar{U} 80 % zwischen 17 und 36 % und für das Niveau Q_p 55 % \bar{U} 70 % zwischen 20 % und 45 %.
- Bei den Systemvariante Pelletkessel/Gas-BW-Kessel ergeben sich Reduktionen der Amortisationszeiten für das Niveau Q_p 75 % \bar{U} 80 % im Bereich von 18% bis 44 %, für das Niveau Q_p 65 % \bar{U} 80 % zwischen 12 % und 38 % und für das Niveau Q_p 55 % \bar{U} 70 % im Bereich von 15 % bis 21 %.

Tabelle 7-25 und Tabelle 7-26 ergänzen die Auswertungen der Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Preissteigerungsszenario „1 Prozent“.

Tabelle 7-25: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten (ohne Fertigungshallen), Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung „1 Prozent“

Niveau	Q_p 75 % \bar{U} 80 % [EnEV 2016]				Q_p 65 % \bar{U} 80 %				Q_p 55 % \bar{U} 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. Deckungsfehlb.	> 100 a 22,5 €/m ²	> 100 a 25,4 €/m ²	keine 0,4 €/m ²	20,4 a 30,1 €/m ²	37,8 a 74,9 €/m ²	60,9 a 32,2 a	keine 18,7 a	Ausf. n. möglich Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich Ausf. n. möglich	> 100 a 50,4 €/m ²	38,0 a 48,2 €/m ²
Büro groß, gekühlt	Amortisationsz. Deckungsfehlb.	> 100 a 93,9 €/m ²	k. A. 5,6 €/m ²	74,6 a 16,6 €/m ²	37,0 a 21,0 €/m ²	Ausf. n. möglich 12,8 €/m ²	k. A. 8,0 €/m ²	32,2 a 8,0 €/m ²	Ausf. n. möglich Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich k. A.	35,4 a 44,8 €/m ²	Ausf. n. möglich 20,6 a
Kindertagesstätte	Amortisationsz. Deckungsfehlb.	keine 8,0 €/m ²	12,2 a 6,6 €/m ²	22,2 a 24,8 a	24,8 a 46,3 a	46,3 a 8,7 a	22,2 a 8,0 €/m ²	24,8 a 6,6 €/m ²	25,8 a 16,0 €/m ²	25,8 a 14,0 a	25,8 a 19,2 a	20,6 a
Schule	Amortisationsz. Deckungsfehlb.	System n. betrachtet keine	k. A. keine	keine 19,7 a	19,7 a System n. betrachtet	keine keine	keine 4,4 €/m ²	23,9 a 23,9 a	System n. betrachtet keine	k. A. keine	System n. betrachtet 33,2 a	2,2 €/m ²
Hotel groß, gekühlt	Amortisationsz. Deckungsfehlb.	18,7 a keine	k. A. 3,3 €/m ²	12,8 a 25,3 a	25,3 a System n. betrachtet	22,5 a k. A.	21,9 a 10,5 €/m ²	21,9 a 1,3 €/m ²	System n. betrachtet keine	k. A. keine	System n. betrachtet 19,4 a	
Verbrauchermarkt	Amortisationsz. Deckungsfehlb.	System n. betrachtet keine	36,5 a 24,1 €/m ²	keine 13,8 €/m ²	30,4 a 66,2 €/m ²	System n. betrachtet 66,2 €/m ²	43,0 a 18,1 €/m ²	31,7 a 66,8 €/m ²	45,1 a 26,2 €/m ²	Ausf. n. möglich Ausf. n. möglich	28,6 a 26,2 €/m ²	

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 7-26: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten (Fertigungshallen), Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung „1 Prozent“

Niveau	Q_p 75 % \bar{U} 80 % [EnEV 2016]				Q_p 65 % \bar{U} 80 %				Q_p 55 % \bar{U} 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
1. Wärmeerzeuger												
2. Wärmeerzeuger	-	-	-	Gas-BW-Kessel	-	-	-	Gas-BW-Kessel	-	-	-	Gas-BW-Kessel
Fertigungshalle (zentrale Erzeuger)	Amortisationsz. Deckungsfehlb.	sofort 21,1 €/m ²	15,8 a 66,6 a	keine keine	Ausf. n. möglich 15,8 a	15,8 a 66,6 a	66,6 a keine	keine 21,1 €/m ²	Ausf. n. möglich 14,5 a	14,5 a 25,8 a	25,8 a 33,6 a	8,9 €/m ² 9,7 €/m ²
Niveau	Q_p 100 % \bar{U} 100 % [EnEV 2016]				Q_p 85 % \bar{U} 100 %				Q_p 75 % \bar{U} 85 %			
Fertigungshalle (dezentrale Erzeuger)	Erzeuger	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
Amortisationsz. Deckungsfehlb.	sofort keine	sofort keine	sofort keine	sofort keine	sofort keine	sofort keine	sofort keine	sofort keine	sofort keine	sofort keine	sofort keine	sofort keine

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

Im Vergleich zu den für das Preissteigerungsszenario „Bundesregierung“ ermittelten Amortisationszeiten ergeben sich für das Szenario „1 Prozent“ folgende Aussagen:

- Für die Systemvarianten BHKW/Gas-BW-Kessel, Luft-Wasser-Wärmepumpe/Gas-BW-Kessel und Sole/Wasser-Wärmepumpe/Gas-BW-Kessel ergeben sich unter Zugrundelegung des Szenarios „1 Prozent“ geringfügig erhöhte Amortisationszeiten.
- für die Systemvarianten Pelletkessel/Gas-BW-Kessel ergeben sich geringfügig verbesserte Amortisationszeiten.

7.3 Zusammenfassung

7.3.1 Wohngebäude

Die Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit ergeben für das Energiepreissteigerungsszenario „Bundesregierung“ bei Betrachtung des Niveaus Q_p 55 % H_T' 85 % für die Systemvarianten mit Wärmepumpe als Wärmeerzeuger weitgehend Amortisationszeiten, die innerhalb des Betrachtungszeitraums von 30 Jahren liegen. Für die Systemvarianten, bei denen als Wärmeerzeuger ein Gas-Brennwert Kessel zugrunde gelegt ist, kann für das Niveau Q_p 55 % H_T' 85 % in keiner der untersuchten Fälle eine Amortisationszeit <30 Jahre ausgewiesen werden. Aufgrund des systembedingten Einsatzes eines fossilen Energieträgers ergibt sich hier anders als bei den zuvor diskutierten Wärmepumpensystemen ein vergleichsweise hoher Primärenergiebedarf. Zur Einhaltung der primärenergetischen Anforderung wird bei den Gas-Brennwert Systemen daher ein relativ hoher Wärmeschutz der Gebäudehülle erforderlich. Die hierfür anfallenden Kosten sind vergleichsweise hoch im Verhältnis zu den erzielbaren Kosteneinsparungen, weshalb deutlich höhere Amortisationszeiten als bei den Wärmepumpen resultieren. Die zur Einhaltung einer Amortisationszeit von 30 Jahren für das Niveau Q_p 55 % H_T' 85 % ausgewiesenen Deckungsfehlbeträge liegen zwischen 48 €/m² (EFH klein mit Keller) und 85,8 €/m² (RMH). Neben den Wärmepumpen und dem Gas-Brennwert Kessel wird als vierte Systemvariante der Einsatz eines Pelletkessels bewertet. Mit Ausnahme des großen Mehrfamilienhauses lassen sich diese Systemvarianten nicht wirtschaftlich darstellen. Anders als bei den Systemen mit Gas-Brennwert Kessel sind die hohen Amortisationszeiten bei den Pelletkesseln darauf zurückzuführen, dass relativ hohe Investitionskosten und gleichzeitig ein vergleichsweise hoher Wartungsaufwand anfällt.

Die über alle betrachteten Systemvarianten hinweg hohen Amortisationszeiten im Fall der als Mittelhäuser modellierten Gebäude (RMH und kleines MFH) sind darauf zurückzuführen, dass die Bezugsvarianten aufgrund der relativ kleinen wärmetauschenden Hüllfläche bereits vergleichsweise geringe Energiebedarfe aufweisen und daher bei einem verbesserten Niveau nur noch geringe Kosteneinsparungen erzielt werden können.

Für das Szenario „Bundesregierung“ und das Niveaus Q_p 55 % H_T' 70 % können im Vergleich zum Niveau Q_p 55 % H_T' 85 % folgende Bewertungen festgehalten werden:

- Die für die Systemvarianten Gas-BW-Kessel ausgewiesenen Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unterscheiden sich nicht, da die bauliche Ausführung zur Einhaltung der primärenergetischen Anforderung bereits im Fall des Niveaus Q_p 55 % H_T' 85 % besser ausgeführt werden muss als es die angehobene Anforderung und die bauliche Ausführung bei dem Niveau Q_p 55 % H_T' 70 % erfordert.
- Im Fall der Systemvarianten der Wärmepumpen liegen die ausgewiesenen Amortisationszeiten bei dem Niveau Q_p 55 % H_T' 70 % tendenziell etwas höher als bei dem Niveau Q_p 55 % H_T' 85 %. Für Fälle, bei denen sich im Vergleich zum Niveau Q_p 55 % H_T' 85 % längere Amortisationszeiten ergeben, kann festgehalten werden,

dass die Mehrkosten infolge der verbesserten baulichen Ausführung nicht durch entsprechende Energiekosteneinsparungen kompensiert werden können.

- Bei den Systemvarianten mit einem Pelletkessel als Wärmeerzeuger wirkt sich die Anhebung der Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz auf $H_T' 70\%$ hinsichtlich der ermittelten Amortisationsdauern in allen Fällen leicht positiv aus. Mit Ausnahme des großen Mehrfamilienhauses sind diese Systemvarianten aber wie bereits bei dem Niveau $Q_P 55\% H_T' 85\%$ für keines der betrachteten Modellgebäude mit Amortisationszeiten <30 Jahre darstellbar.

Für die ebenfalls betrachteten Niveaus $Q_P 40\% H_T' 55\%$ (KfW Effizienzhaus 40) und $Q_P 40\% H_{T,Ref}$ kann nur in einigen wenigen Fällen eine Amortisationszeit unter 30 Jahren ermittelt werden.

Der Vergleich der Energiepreisseigerungsszenarien „EU“ und „1 Prozent“ führt gegenüber dem Szenario „Bundesregierung“ zusammenfassend zu folgenden Aussagen:

- Für die Systemvariante Gas-BW-Kessel liegen die ausgewiesenen Amortisationszeiten zum Niveau $Q_P 55\% H_T' 85\%$ im Fall des Szenarios „Bundesregierung“ im Bereich von etwa 50 bis 90 Jahren. Für das Szenario „EU“ werden im Vergleich Amortisationszeiten zwischen 36 und 62 Jahren ausgewiesen. Hiernach ergeben sich selbst unter Ansatz der fast verdreifachten Preissteigerungsraten keine Amortisationszeiten innerhalb des Betrachtungszeitraums und somit keine wirtschaftliche Darstellbarkeit. Im Fall der übrigen Niveaus ergeben sich vergleichbare Aussagen.
- Im Fall der Systemvarianten der Luft/Wasser-Wärmepumpen resultieren für das Niveau $Q_P 55\% H_T' 85\%$ bei dem Szenario „EU“ gegenüber dem Szenario „Bundesregierung“ in etwa halbierte und bei den Systemvarianten der Sole/Wasser-Wärmepumpen um 37 bis 45 % reduzierte Amortisationszeiten. Die verkürzten Amortisationszeiten sind bei den Systemvarianten der Wärmepumpen in erster Linie darauf zurückzuführen, dass die Energiekosten der Bezugsvariante (wesentlicher Energieträger Gas) relativ zum Energieträger Strom einer höheren Preissteigerungsrate unterliegen. Hierdurch ergeben sich auch im Fall der ambitionierteren Niveaus $Q_P 40\% H_T' 55\%$ und $Q_P 40\% H_{T,Ref}$ bei den Wärmepumpensystemen Amortisationszeiten innerhalb des Betrachtungszeitraums.
- Im Fall der Systemvarianten Pelletkessel können ebenfalls geringfügig verbesserte Bewertungen hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit festgestellt werden. Mit Ausnahme des großen Mehrfamilienhauses, bei dem sich die ausgewiesene Amortisationszeit von 29,4 Jahre auf 19,9 Jahre verkürzt, ergibt sich für alle übrigen Gebäude allerdings nach wie vor keine Amortisation innerhalb des Betrachtungszeitraums.
- Aufgrund der für den Energieträger Gas beim Szenario „1 Prozent“ im Vergleich zum Szenario „Bundesregierung“ unterstellten geringeren Preissteigerungsrate ergeben sich für die Bezugsvariante geringere Energiekosten. Für die Systemvariante Gas-BW-Kessel, bei der als primärer Energieträger wie im Fall der Bezugsvariante Gas eingesetzt wird, resultieren hieraus um 3 bis 5 Prozent höhere Amortisationszeiten.
- Für die Systemvarianten der Wärmepumpen resultieren im Vergleich zum Szenario Bundesregierung teilweise doppelt so hohe Amortisationszeiten. Dies ist einerseits auf die reduzierten Energiekosten der Bezugsvariante und andererseits auf die deutlich höhere Preissteigerung für den Energieträger Strom zurückzuführen.

Die Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit der betrachteten Systemvarianten zeigen, dass die Varianten der Wärmepumpen im Fall des Niveaus $Q_P 55\% H_T' 85\%$ und $Q_P 55\% H_T' 70\%$ fast durchweg Amortisationszeiten aufweisen, die innerhalb der jeweils gewählten Betrachtungszeiträume liegen. Systemvarianten, bei denen ein Gas-BW-Kessel als Wärmeerzeuger zum Einsatz kommt, sind zwar technisch ausführbar, weisen allerdings

Amortisationszeiten über die Länge des Betrachtungszeitraums hinaus auf. Die Auswertungen zu den Systemvarianten mit Pelletkessel als Wärmeerzeuger zeigen, dass eine an den Anforderungen an die Bautechnik orientierte Ausführung der Gebäudehülle nicht wirtschaftlich optimale Basis ist. Verbesserte Amortisationszeiten ergeben sich für diese Systeme, wenn eine verbesserte bauliche Ausführung zugrunde gelegt wird.

Diese Bewertungen zur Wirtschaftlichkeit korrelieren grundsätzlich gut mit den Ergebnissen der Kostenoptimalitätsbetrachtung, nach denen eine Wirtschaftlichkeit (Amortisation innerhalb des Betrachtungszeitraums) für alle Fälle unterstellt werden kann, wenn gegenüber der EnEV-2014-Bezugsvariante eine Verringerung der Global-Costs ausgewiesen wird (vgl. Kapitel 6). Gegenüber der EnEV-2014-Bezugsvariante geringere Global-Costs liegen in allen Fällen vor, für die in Kapitel 6 negative prozentuale Veränderungen der Global-Costs tabellarisiert sind. Die wirtschaftlichste Variante ist im Rahmen der Kostenoptimalitätsberechnung dann jeweils diejenige mit der höchsten prozentualen Verringerung der Global-Costs, jeweils hervorgehoben in den Tabellen in Kapitel 6 durch fette Schrift auf grünem Zellhintergrund. Die vorbeschriebenen guten Korrelation zwischen Kostenoptimalitätsbetrachtung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bedeutet, dass die Varianten mit der höchsten prozentualen Verringerung der Global-Costs jeweils den Varianten mit den geringsten Amortisationszeiten entsprechen.

7.3.2 Nichtwohngebäude

Im Vergleich zu Wohngebäuden handelt es sich bei den untersuchten Nichtwohngebäuden einerseits um Gebäude sehr unterschiedlicher Größe und Geometrie, andererseits weisen die Gebäude untereinander deutlich abweichende Nutzungen auf. Vor diesem Hintergrund ist zu beachten, dass sich einzelne Maßnahmen (bauliche oder anlagentechnische) zur energetischen Verbesserung je nach Gebäude unterschiedlich stark auswirken. Insofern ergeben sich auch aus den energetischen Bilanzierungen fallweise sehr unterschiedliche Energiebedarfsanteile zum einen bezogen auf die einzelnen technischen Gewerke wie Heizung, Kühlung, Lüftung usw., zum anderen hinsichtlich der anteiligen energieträger-spezifischen Energieversorgung beim Vergleich einzelner Varianten. Insbesondere weil sich einzelne Einflüsse in Bezug auf die fallweise resultierenden Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge überlagern und dabei entweder verstärkend oder kompensatorisch wirken, ist eine zusammenfassende Interpretation der Auswertungen nur schwer möglich. Teilweise lassen sich trotz der Heterogenität der untersuchten Gebäude und Ergebnisse zunächst folgende Bewertungen aus den Untersuchungen zum Energiepreissteigerungsszenario „Bundesregierung“ ableiten:

- Die Systemvarianten BHKW/Gas-BW-Kessel weisen für das Niveau Q_p 75 % \bar{U} 80 % durchweg Amortisationszeiten auf, die nicht innerhalb des Betrachtungszeitraums von 20 Jahren liegen. Lediglich im Fall des Hotels wird eine Amortisationszeit erreicht, die mit 21,5 Jahren nur knapp über der Länge des Betrachtungszeitraums liegt. Die im Vergleich zu den Systemvarianten Wärmepumpe/Gas-BW-Kessel und Pelletkessel/Gas-BW-Kessel deutlich höheren Amortisationszeiten sind in erster Linie darauf zurückzuführen, dass die für diese Systemvarianten errechneten Energiekosteneinsparungen nur geringfügig über den anfallenden Wartungsmehr-kosten liegen. Ferner lässt sich für die Systemvarianten BHKW/Gas-BW-Kessel festhalten, dass sich bei den ambitionierteren Niveaus Q_p 65 % \bar{U} 80 % und Q_p 55 % \bar{U} 70 % tendenziell kürzere Amortisationszeiten ergeben.
- Für die Systemvarianten Luft/Wasser-Wärmepumpe als Grundlast-Wärmeerzeuger mit Gas-BW-Kessel als Spitzenlastkessel ergibt sich im Fall des kleinen Büros und im Fall des Verbrauchermarkts jeweils keine Amortisation innerhalb des Betrachtungszeitraums. Im Fall der Kindertagesstätte stellt sich diese

Systemvariante für alle betrachteten Niveaus wirtschaftlich dar. Die kürzeste Amortisationszeit ergibt sich für das Niveau Q_p 65 % \bar{U} 80 %.

- Bei den Systemvarianten Sole/Wasser-Wärmepumpe (nur bei Hotel mit 2. Wärmeerzeuger Gas-BW-Kessel) liegen die Wartungsmehrkosten im Fall der Niveaus Q_p 75 % \bar{U} 80 % und Q_p 65 % \bar{U} 80 % bei den Gebäuden Büro klein und Schule über den Energiekosteneinsparungen, weshalb sich hier keine Amortisation ergibt. Für die Gebäude Büro groß, Kindertagesstätte und Hotel liegen die Amortisationszeiten beim Niveau Q_p 75 % \bar{U} 80 % zwischen 12 und 17 Jahren. Auch die Niveaus Q_p 65 % \bar{U} 80 % und Q_p 55 % \bar{U} 70 % lassen sich im Fall der Kindertagesstätte wirtschaftlich darstellen, wobei die geringste Amortisationszeit für das Niveau Q_p 65 % \bar{U} 70 % ermittelt wird.
- Bei den Systemvarianten Pelletkessel/Gas-BW-Kessel werden Amortisationszeiten bestimmt, die im Fall des Niveaus Q_p 75 % \bar{U} 80 % zwischen 22,8 und 41,3 Jahren liegen. Für das Niveau Q_p 65 % \bar{U} 80 % kann im Fall des kleinen Büros mit einer Amortisationszeit von 19,1 Jahren knapp die Wirtschaftlichkeit dargestellt werden. In den übrigen Fällen ergeben sich für dieses Niveau mit Ausnahme des Verbrauchermarkts im Vergleich zum Niveau Q_p 75 % \bar{U} 80 % geringfügig reduzierte Amortisationszeiten.
- Im Fall der zum Niveau Q_p 75 % \bar{U} 80 % untersuchten Varianten bei Fertigungshallen mit zentralen Erzeugern ergibt sich für die Systemvariante Gas-BW-Kessel eine sofortige Amortisation aufgrund von Energiekosteneinsparungen und Wartungsmindekkosten bei im Vergleich zum Bezugsfall gleich hohen Anfangsinvestitionen. Die ambitionierteren Niveaus Q_p 65 % \bar{U} 80 % und Q_p 55 % \bar{U} 70 % sind als Systemvariante Gas-BW-Kessel nicht ausführbar, da bereits im Fall des Niveaus Q_p 75 % \bar{U} 80 % die Möglichkeiten einer verbesserten baulichen Ausführung ausgeschöpft werden.
Die Systemvarianten Pelletkessel sind für alle betrachteten Niveaus wirtschaftlich darstellbar, die kürzeste Amortisationsdauer wird für das Niveau Q_p 55 % \bar{U} 70 % mit 14,7 Jahren ausgewiesen.
Die Systemvarianten Sole/Wasser-Wärmepumpe weisen für die Niveaus Q_p 75 % \bar{U} 80 % und Q_p 65 % \bar{U} 80 % keine Amortisation innerhalb des Betrachtungszeitraum auf. Erst durch die Anhebung der Anforderungen an die bauliche Ausführung beim Niveau Q_p 55 % \bar{U} 70 % und die dadurch erreichte Energieeinsparung wird mit 19,7 Jahren eine Amortisationszeit innerhalb des Betrachtungszeitraums ausgewiesen.
- Im Fall der Fertigungshallen mit dezentralen Wärmeerzeugern wird mit einer Ausnahme eine sofortige Amortisation ermittelt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in diesen Fällen die nach EnEV 2014 für alle übrigen Wärmeerzeuger angehobenen Anforderungen an den Primärenergiebedarf und die bauliche Ausführung ab dem 1.1.2016 nicht gelten. Somit entspricht das erste betrachtete Niveau Q_p 100 % \bar{U} 100 % einem im Vergleich zur Bezugsvariante nicht angehobenen Niveau. Die sofortige Amortisation ergibt sich für alle untersuchten Varianten daraus, dass im Fall der gebildeten Systemvarianten im Vergleich zur Bezugsvariante verbesserte Technologien eingesetzt werden. Die Energiekosteneinsparungen sind hierbei deutlich höher als die aufgrund des Einsatzes verbesserter Technologie anfallenden Mehrkosten bei der Anfangsinvestition. Dies betrifft auch die beiden weiteren untersuchten Niveaus Q_p 85 % \bar{U} 100 % und Q_p 75 % \bar{U} 85.

Ergänzend lassen sich für das Preissteigerungsszenario „EU“ im Vergleich zum Szenario „Bundesregierung“ folgende Bewertungen festhalten:

- Für alle untersuchten Fälle ergeben sich im Fall des Preissteigerungsszenarios „EU“ kürzere Amortisationszeiten im Vergleich zum Szenario „Bundesregierung“.

- Die Reduktion der Amortisationszeiten liegt im Fall der Systemvarianten BHKW/Gas-BW-Kessel für das Niveau Q_p 75 % \bar{U} 80 % bei dem einzigen bewertbaren Fall (Hotel) etwa 4 %, für das Niveau Q_p 65 % \bar{U} 80 % bei 16 % für das kleine Büro und bei 28 % im Fall der Kindertagesstätte sowie für das Niveau Q_p 55 % \bar{U} 70 % für die Kindertagesstätte bei etwa 18 %.
- Für die Systemvarianten Luft/Wasser-Wärmepumpe liegen die Reduktionen der Amortisationszeiten beim Niveau Q_p 75 % \bar{U} 80 % im Mittel bei etwa 40 %, für das Niveau Q_p 65 % \bar{U} 80 % im Mittel bei 19 % und beim Niveau Q_p 55 % \bar{U} 70 % bei etwa 20 %.
- Zwischen 55 % und 25 % Reduktion der Amortisationszeiten kann für die Systemvarianten Sole/Wasser-Wärmepumpe beim Niveau Q_p 75 % \bar{U} 80 % festgestellt werden, für das Niveau Q_p 65 % \bar{U} 80 % zwischen 17 und 36 % und für das Niveau Q_p 55 % \bar{U} 70 % zwischen 20 % und 45 %.
- Bei den Systemvariante Pelletkessel/Gas-BW-Kessel ergeben sich Reduktionen der Amortisationszeiten für das Niveau Q_p 75 % \bar{U} 80 % im Bereich von 18% bis 44 %, für das Niveau Q_p 65 % \bar{U} 80 % zwischen 12 % und 38 % und für das Niveau Q_p 55 % \bar{U} 70 % im Bereich von 15 % bis 21 %.

Für das Preissteigerungsszenario „1 Prozent“ kann zusammenfassend Folgendes festgehalten werden:

- Für die Systemvarianten BHKW/Gas-BW-Kessel, Luft-Wasser-Wärmepumpe/Gas-BW-Kessel und Sole/Wasser-Wärmepumpe/Gas-BW-Kessel ergeben sich unter Zugrundelegung des Szenarios „1 Prozent“ geringfügig erhöhte Amortisationszeiten.
- für die Systemvarianten Pelletkessel/Gas-BW-Kessel ergeben sich geringfügig verbesserte Amortisationszeiten.

Tendenziell ist festzustellen, dass unter den gewählten Randbedingungen für das Niveau Q_p 65 % \bar{U} 80 % teilweise kürzere Amortisationszeiten als für das Niveau Q_p 75 % \bar{U} 80 % (EnEV 2016) auftreten. Dies ist auf den fallweise verbesserten baulichen Wärmeschutz zurückzuführen, durch den die Einhaltung der primärenergetisch höheren Anforderung erreicht wird.

Diese Bewertungen zur Wirtschaftlichkeit sind auch im Fall der Nichtwohngebäude grundsätzlich gut korrelierend mit den Ergebnissen der Kostenoptimalitätsbetrachtung, nach denen eine Wirtschaftlichkeit (Amortisation innerhalb des Betrachtungszeitraums) für alle Fälle unterstellt werden kann, wenn gegenüber der EnEV-2014-Bezugsvariante eine Verringerung der Global-Costs ausgewiesen wird (vgl. Kapitel 6). Gegenüber der EnEV-2014-Bezugsvariante geringere Global-Costs liegen in allen Fällen vor, für die in Kapitel 6 negative prozentuale Veränderungen der Global-Costs tabellarisiert sind. Die wirtschaftlichste Variante ist im Rahmen der Kostenoptimalitätsberechnung dann jeweils diejenige mit der höchsten prozentualen Verringerung der Global-Costs, jeweils hervorgehoben in den Tabellen in Kapitel 6 durch fette Schrift auf grünem Zellhintergrund. Die vorbeschriebenen gute Korrelation zwischen Kostenoptimalitätsbetrachtung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bedeutet, dass die Varianten mit der höchsten prozentualen Verringerung der Global-Costs jeweils den Varianten mit den geringsten Amortisationszeiten entsprechen.

8 Berechnungsverfahren / Vereinfachungspotenziale / Öffnungsklauseln (AS 6)

8.1 Welche Berechnungsverfahren mit welchen Vereinfachungen sollten für die künftigen Anforderungsniveaus Anwendung finden und warum?

8.1.1 Wohngebäude

In der EnEV 2014 werden für die Berechnung des Energiebedarfs zwei Verfahren zugelassen, neben der an erster Stelle genannten Berechnung mit DIN V 18599 darf auch das „alte“ Berechnungsverfahren (DIN V 4108-6/DIN V 4701-10) angewendet werden. Das alte Verfahren zeichnet sich für die Anwender dadurch aus, dass es neben der mathematisch umfänglichen Beschreibung der einzelnen Prozessbereiche (Übergabe, Verteilung, Speicherung und Erzeugung) auch für die praktische Anwendung generierte Tabellenverfahren und Diagrammverfahren zur Verfügung stellte. Diese vereinfachten Nachweisverfahren wurden unter Zugrundelegung vorgegebener fester (einschränkender) Randbedingungen aus dem umfänglichen Bewertungsverfahren abgeleitet. Daher kann mit allen 3 Verfahren der gleiche Kennwert ermittelt werden, allerdings sind sowohl Tabellenverfahren als auch Diagrammverfahren für sehr viel weniger Anwendungsfälle einsetzbar als das umfängliche Bilanzierungsverfahren. Diese Einschränkung führt häufig in der Praxis dazu, dass Anwender sich auf die selektierten Anwendungsfälle der vereinfachten Fälle begrenzen und dadurch andere Alternativen schwer einen Marktzugang erhalten.

Das Verfahren nach DIN V 18599 wird in regelmäßigen Zeitabständen (ca. alle 3 Jahre) auf den Prüfstand gestellt und die aus wissenschaftlicher Sicht erforderlichen Anpassungen und Erweiterungen werden hierbei in die Norm integriert. Dieser Prozess findet beim „alten“ Verfahren auf Beschluss des zuständigen DIN-Lenkungsgremiums nicht mehr statt. Daher sind im besonderen Maße innovative Entwicklungen in dem alten Verfahren nicht enthalten. Ebenso findet ein Abgleich mit der europäischen Normenentwicklung nur im Verfahren der DIN V 18599 statt, da die zuständigen DIN Normenausschüsse einer parallelen Pflege der beiden Normenpakete nicht zugestimmt haben.

In der praktischen Anwendung wurde in den letzten 10 Jahren von den meisten Nachweisführenden trotzdem das alte Verfahren bevorzugt, nach Schätzungen werden gegenwärtig mehr als 80% aller Energieausweise damit erstellt (allerdings mit abnehmender Tendenz).

Die wesentlichen Gründe dafür sind:

- Vorhandene Erfahrungen mit Normen und Software auf Basis der DIN V 4108-6/4701-10
- Bessere Überschaubarkeit / geringerer Umfang der alten Normen
- Gefühlte Schwierigkeiten von Anwendern des alten Verfahrens bei der Anwendung der DIN V 18599

An diesem Zustand wird sich voraussichtlich nichts ändern, solange das bisherige „alte“ Verfahren angewendet werden darf. Das trotz Referenzgebäude-Verfahren (siehe Kapitel 2) verbleibende Problem der zwei Nachweisverfahren (insbesondere: unterschiedliche Kennwert-Ergebnisse) wird sich daher nicht ohne Einflussnahme des Verordnungsgebers lösen. Damit ein durch den Verordnungsgeber erzwungener Wechsel des Nachweisverfahrens zumutbar wird, muss ein (vereinfachtes) Verfahren zur DIN V 18599 verfügbar sein, das folgende Bedingungen erfüllt

- Vergleichbarer Anwendungsaufwand zur DIN V 4108-6/4701-10
- Realistische Berechnungsergebnisse auch für den Bestand

- Ausreichende Anwendungserfahrungen / Belastbarkeit der Berechnungen
- Bekanntheit in der Fachöffentlichkeit

Die bei einer sachlichen Einschätzung unbestreitbaren Vorteile der DIN V 18599 (u.a. einheitliches Berechnungsverfahren für Wohn- und Nichtwohngebäude, Abbildung neuer Technologien, bessere Beschreibung der physikalischen Verhältnisse, Abgleich mit der europäischen Normung) werden hingegen nicht als ausreichend wahrgenommen, um den mit einem gewissen Aufwand verbundenen Umstieg auf das neue Verfahren in breiter Masse vorzunehmen. Die lange von der Praxis vorgetragenen Bedenken zur softwaretechnischen Umsetzung der DIN V 18599 auf vergleichbarem Niveau bei den verschiedenen Anbietern auf dem Markt konnten mittlerweile Dank eines vom BBSR geförderten Projektes von der Gütegemeinschaft der Softwareanbieter widerlegt werden. In einer Vergleichsrechnung verschiedener Anwendungsfälle mit den marktführenden Softwareprodukten konnte eindrucksvoll belegt werden, dass sich die Berechnungsergebnisse innerhalb eines sehr schmalen Ergebniskorridors bewegen (vgl. Bild 8-1). Daher ist die Vertrauenswürdigkeit in die Softwareprodukte in den letzten Jahren stark angestiegen, Vorbehalte zu großen Ergebnisdifferenzen zwischen den Produkten sind daher unbegründet.

Prüfgebäude Wohnbau EFH			Prüfung	EKI	ENVISSYS	Fraunhofer-IBP	Hötgenroth	Kem	Lechter	Rowa-Soft	SOLAR-COMPUTER	VISION-WORLD	ZUB-Systems
Spezifischer Transmissionswärmeverlust [W/m ² K]			0,372	0,372	0,372	0,372	0,372	0,372	0,372	0,372	0,372	0,372	0,372
Berechnung nach DIN V 18599 Teil 2													
1. Fensterlüftung	11946	11946 0,0%	11948 0,0%	11946 0,0%	11946 0,0%	11945 0,0%	11946 0,0%	11946 0,0%	11946 0,0%	11946 0,0%	11946 0,0%	11946 0,0%	11946 0,0%
2. mit Abluftanlage (nicht bedarfsgeführt)	11281	11281 0,0%	11283 0,0%	11281 0,0%	11281 0,0%	11280 0,0%	11281 0,0%	11281 0,0%	11281 0,0%	11281 0,0%	11281 0,0%	11281 0,0%	11281 0,0%
3. mit Abluftanlage (bedarfsgeführt)	10897	10897 0,0%	10899 0,0%	10897 0,0%	10897 0,0%	10897 0,0%	10897 0,0%	10897 0,0%	10897 0,0%	10897 0,0%	10897 0,0%	10897 0,0%	10897 0,0%
4. mit Lüftung inkl. WRG	9308	9322 0,2%	9309 0,0%	9308 0,0%	9308 0,0%	9308 0,0%	9309 0,0%	9308 0,0%	9308 0,0%	9308 0,0%	9308 0,0%	9308 0,0%	9308 0,0%
Berechnung nach DIN V 18599 Teil 2/5/6/8													
5. Brennwertkessel	Heizung	13065	13013 -0,4%	13061 0,0%	13067 0,0%	13067 0,0%	13069 0,0%	13064 0,0%	13035 -0,2%	13065 0,0%	13065 0,0%	13065 0,0%	13067 0,0%
		4129	4129 0,0%	4134 0,1%	4129 0,0%	4129 0,0%	4127 0,0%	4129 0,0%	4127 0,0%	4129 0,0%	4129 0,0%	4129 0,0%	4129 0,0%
6. Brennwertkessel mit TW-Solar	Heizung	13206	13153 -0,4%	13205 0,0%	13208 0,0%	13208 0,0%	13206 0,0%	13206 0,0%	13155 -0,4%	13205 0,0%	13206 0,0%	13206 0,0%	13208 0,0%
		2011	2012 0,0%	2012 0,0%	2012 0,0%	2012 0,0%	2012 0,0%	2012 0,0%	2012 0,0%	2011 0,0%	2012 0,0%	2011 0,0%	2012 0,0%
7. Brennwertkessel mit TW-Solar und Abluftanlage	Heizung	12381	12341 -0,3%	12381 0,0%	12382 0,0%	12382 0,0%	12384 0,0%	12381 0,0%	12338 -0,3%	12380 0,0%	12381 0,0%	12381 0,0%	12382 0,0%
		2067	2067 0,0%	2068 0,0%	2067 0,0%	2067 0,0%	2068 0,0%	2068 0,1%	2067 0,0%	2068 0,0%	2067 0,0%	2067 0,0%	2067 0,0%
		102	102 0,0%	102 0,0%	102 0,0%	102 0,0%	102 0,0%	102 0,0%	102 0,0%	102 0,0%	102 0,0%	102 0,0%	102 0,0%
8. Referenzgebäude	Heizung	11236	11237 0,0%	11236 0,0%	11237 0,0%	11237 0,0%	11238 0,0%	11235 0,0%	11221 -0,1%	11236 0,0%	11236 0,0%	11236 0,0%	11236 0,0%
		

Bild 8-1: Auszug aus dem Prüfbericht der Gütegemeinschaft für Softwareprodukte der DIN V 18599

Für die In-Bezugnahme in der geplanten EnEV 2017 wird derzeit eine Neufassung der DIN V 18599 erarbeitet, parallel dazu wird ein mit BBSR Förderung ausgestaltetes Forschungsvorhaben zur Entwicklung eines Tabellenverfahrens durchgeführt. Dieses Tabellenverfahren könnte potenziell die Rolle des Nachfolgers für die DIN V 4108-6/4701-10 übernehmen, allerdings ist das Verfahren bisher noch nicht fertiggestellt. Es wird dennoch empfohlen, in der anstehenden Novellierung der Energieeinsparverordnung das alte Berechnungsverfahren DIN V 4108-6/4701-10 aufzugeben, da nur so die von den Planern geforderten Ergebniseindeutigkeit bei der Bewertung von Konzepten sicher gestellt werden kann. Dieses wird umso wichtiger, je weiter der Energiebedarf des Gebäudes sinkt, da

ansonsten gegenläufige Empfehlungen bei der Anwendung unterschiedlicher Bewertungsverfahren auftreten können. Dies könnte die Vertrauenswürdigkeit der EnEV stark in Frage stellen

In dem für die DIN V 4701-10 zuständigen Normenausschuss wurde daher schon mehrfach ein Zurückziehen der Norm diskutiert und mit großer Mehrheit befürwortet, aber die finale Entscheidung stets aus Rücksichtnahme auf den Verweis in der EnEV herausgeschoben. Endgültig wird man beim DIN darüber abstimmen, wenn das in Arbeit befindliche vereinfachte Verfahren zur DIN V 18599 verfügbar ist und Erfahrungen mit seiner Anwendung gesammelt wurden.

Die Entscheidung über die öffentlich-rechtliche Anwendung von Berechnungsregeln hat aber stets der Verordnungsgeber. Selbst wenn das DIN die „alten“ Vornormen offiziell zurückzieht, bestünde weiterhin die rechtliche Verpflichtung zur Verwendung dieser Regeln, solange die Verordnung darauf verweist. Dies ist wegen der archivarischen Sicherung zurückgezogener Regel auch kein wirkliches Problem, wäre aber mittelfristig schlecht vermittelbar und wirft beim Anwender Fragen auf.

Mögliche Vereinfachungen zum Berechnungsverfahren Wohngebäude:

Beibehaltung des derzeitigen Verfahrens nach DIN V 18599 und erforderliche „Verbesserungen“ des Verfahrens. Hierzu lassen sich folgende Punkte benennen:

- Einführung von Kennwerten für Prozessbereiche. Diese Prozessbereiche wurden in der aktuellen Norm neu definiert, dass sie zusammengefügt „ein Bild“ der Gesamtenergiebilanz darstellen. Neben der zahlenmäßigen Quantifizierung der Energieanteile einzelner Prozessbereiche ließen sich Sankey-Diagramme (Energieflussbilder) als Visualisierungsmöglichkeit vorstellen. Die derzeit im Rahmen von DIN V 4701 Teil 10 verwendete Anlagenaufwandszahl lässt sich aufgrund der iterativen Bestimmung von internen Wärmeeinträgen nicht allgemein gültig formulieren.
- Vorgabe von Musteranlagen für Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung. Analog zum Beiblatt der DIN V 4701 (Musteranlagen) könnten zeitgemäße Anlagen zusammengestellt werden, die als Eingabe für den Berechnungsgang herangezogen werden würden. Damit werden zwar keine Kenngrößen verbunden wie im derzeitigen Beiblatt, aber es werden exemplarische und für die Anwendung hilfreiche, sinnvolle Anlagenkombinationen vorgegeben. Auch eine Erzeugeraufwandszahl, wie sie nachfolgend in den Ausführungen zu möglichen Anforderungen bei Nichtwohngebäuden diskutiert werden, ließe sich für solche Anlagenkonfigurationen tabellarisch und grafisch darstellen.
- Insbesondere von Architekten wird zum Teil der Wunsch geäußert, ein dem Beiblatt zur DIN V 4701-10 ähnliches Verfahren zur näherungsweisen Bestimmung der Energieeffizienz verschiedener Anlagenvarianten in die DIN V 18599 einzubinden. Unter der Voraussetzung einer Modifikation der DIN V 18599 in der Art, dass ein Kennwert zur Beschreibung der Energieeffizienz der Gebäudehülle ausgewiesen wird, erscheint dies für Wohngebäude grundsätzlich möglich. Bei der praktischen Umsetzung ist allerdings zu berücksichtigen, dass infolge der in der DIN V 18599 enthaltenen alternativen Berechnungsmöglichkeiten möglicherweise die Festlegung auf ein fixes Ergebnis schwierig wird. Vorteilhaft wäre, dass das neue Beiblatt von vornherein mit dem Ziel der Anwendbarkeit auf den Gebäudebestand konzipiert werden könnte.
- In Analogie zu den Bewertungsblättern Heizung, Warmwasser, Lüftung gem. DIN V 4701 Teil 10 wird ein Vorschlag unterbreitet, wie - basierend auf DIN V 18599 - für

Wohngebäude eine Darstellung von Kennwerten erfolgen kann, was zu einer verbesserten Transparenz der Ergebnisdaten aus DIN V 18599 führt.

Trennen der Betrachtung von Gebäude und Anlagentechnik (zurück zu altem Ansatz)

Die Entwicklung eines vereinfachten Verfahrens, wie es auch in der EnEV 2007 vorgesehen war (Periodenbilanzierung), hätte wesentliche Änderungen in der Norm zur Folge. Dies wäre zum einen die Bestimmung des Heizwärmeverbrauchs ohne Iterationsschritte; die Wärmeeinträge aus der Anlagentechnik müssten mit festen Werten in internen Einträgen aufgenommen sein. Es müssten Vorgaben für die Anlagentechnik zu Heizzeit und Heizlast definiert werden und die Leitungslängen müssten abhängig von A_N definiert werden.

Der Anwendungsbereich könnte auf das Führen des öffentlich-rechtlichen Nachweises für Neubauten beschränkt werden. Diskussionen bezüglich der Anwendbarkeit des Ansatzes auch im Gebäudebestand wären sicherlich die Folge. Um die Anwendungen des Monatsbilanzverfahrens zu unterstützen, wäre es vorteilhaft, wenn die beschriebenen Vereinfachungen (das vereinfachte Verfahren) deutlich auf der sicheren Seite lägen. Die zuvor genannten Anpassungen bezüglich der „Verbesserungen“ der DIN V 18599 im Monatsbilanzverfahren sollten auch bei dieser Option angegangen/umgesetzt werden.

Vorgabe eines Kataloges mit bau- und anlagentechnischen Maßnahmen, die zur Einhaltung der EnEV- Anforderungen führen

In Anlehnung an die vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik erarbeitete Studie »EnEV easy« [26] könnten erhebliche Vereinfachung der energetischen Nachweise für Gebäude vorgesehen werden. Die Grundlage für die Untersuchungen im Rahmen dieser Studie bildete ein Datenpool aus typischen Wohngebäuden, die nach Einfamilien-, Reihen- und Mehrfamilienhäusern differenziert wurden. Den definierten Gebäudegruppen wurden zehn marktgängige Anlagensysteme zugeordnet. Die beispielhaften Anlagentechniken umfassen den Einsatz von Brennwertkesseln mit Solarkollektoren, Biomassekesseln, die verschiedenen Arten von Luft-, Wasser- und Sole-Wärmepumpen, Nah- und Fernwärme sowie in Ergänzung dazu, die kontrollierte Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung. Für alle diese Anlagentechniken existiert eine übersichtliche Tabelle mit Anforderungen an die Mindest-Wärmedurchlasskoeffizienten (U-Werte) von Dächern, Wänden, Kellerdecken, Fenstern und Türen für Einfamilienhäuser, Doppelhaushälften, Reihenmittelhäuser und Mehrfamilienhäuser. Werden diese beim Bauantrag nachgewiesen, gelten die Forderungen der EnEV und des EEG-WärmeG als erfüllt und es sind keine weiteren Berechnungen erforderlich. Da gegenwärtig im EEG-WärmeG eine dem § 3 Abs. 5 EnEV vergleichbare Vorschrift fehlt, kann ein derartiges Verfahren derzeit nur unter der Voraussetzung angewandt werden, dass die jeweils gewählte Erfüllungsoption ohne rechnerischen Nachweis auskommt. Hier besteht beim Umsetzen dieses Ansatzes Handlungsbedarf.

Eine derart vereinfachte alternative Nachweismethode »EnEV easy« ist bereits in die aktuelle EnEV eingeflossen und könnte in den Abbau der bürokratischen Lasten, besonders im Kleinhausbau, sowie zur Steigerung der Akzeptanz in der Praxis führen.

Um „auf der sicheren Seite“ zu liegen, würde »EnEV easy« für das Anforderungsniveau der EnEV 2014 teilweise zu recht hohen Anforderungen hinsichtlich des baulichen Wärmeschutzes führen. Mit der vorgeschlagenen Änderung der Nebenanforderung auf H_T^{Ref} können diesbezügliche Verwerfungen bei EnEV easy vermieden werden. Leider ist das Verfahren bisher nur als eine Bekanntmachungsermächtigung in § 3 Abs. 5 EnEV enthalten, wurde aber seitens des Verordnungsgebers noch nicht zur Anwendung gebracht. Die freiwillige Anwendung in Baden-Württemberg wurde sehr positiv bewertet.

Ein analoger Ansatz wird derzeit von der KfW eingeführt. Es wäre empfehlenswert den Bewertungsansatz zu harmonisieren. Daneben wäre die Wiedereinführung eines Jahres (oder Perioden)- Bilanzverfahrens für die Bewertung von Bestandsgebäuden eine praxisunterstützende Maßnahme, die derzeit im Rahmen der Normung aufgegriffen wird.

Abschließend sei noch angemerkt, dass das in Entwicklung befindliche Tabellenverfahren für Wohngebäude die Ansprüche, die zur Vereinfachung erhoben werden, auch als Monatsbilanzverfahren erfüllen dürfte.

8.1.2 Nichtwohngebäude

In der EnEV werden seit 2007 Nichtwohngebäude, anders als die zuvor dargelegten Berechnungen für Wohngebäude, ausschließlich mit DIN V 18599 bewertet. Vereinfachungen, wie die Anwendung von Einzonenmodellen für einfache Gebäudestrukturen mit uniformer Nutzung oder die vereinfachte Ermittlung von Bauteildaten sind ebenfalls bereits seit längerem in der EnEV verankert. Das Verfahren ist von den Planern grundsätzlich akzeptiert, Vorbehalte wie im Wohngebäudebereich gibt es daher kaum. Die Bewertungsmethode ist auch als holistischer Ansatz im sogenannten „Overarching Standard“ im CEN Normenpaket M480 verankert, so dass ein fließender Übergang nach dem Vorliegen eines vergleichbaren europäischen Normenpakets für den Anwender problemlos möglich wäre. Daher sollten außer der standardmäßigen Aktualisierung, die für das Frühjahr 2016 ansteht, derzeit keine grundlegenden Änderungen im Bewertungsverfahren erfolgen.

8.2 Öffnungsklauseln

Die EnEV beschränkt sich – in Umsetzung der Gebäude-RL - in ihrem Anwendungsbereich auf Einzelgebäude. Während in einem einzelnen Gebäude große Freiheiten in der technischen Konzeption bestehen, besonders wenn es um die Erprobung technisch interessanter, aber (noch) nicht durchgehend wirtschaftlicher Maßnahmen – bei entsprechender Förderung - geht, kann man besonders auf Quartiersebene, mit hunderten bis zu mehreren tausend Wohnungen und sonstigen Nutzungen, keine Maßnahmen umsetzen, die nicht grundsätzlich wirtschaftlich sind, es sei denn es wird mit entsprechenden Breitenfördermitteln gegensubventioniert. Umgekehrt kann es aber auf Quartiersebene Maßnahmen geben, die dort wirtschaftlich sind, aber nicht auf Gebäudeebene. Daher stellt sich die Frage, ob eine Öffnung des Anwendungsbereichs der EnEV von Einzelgebäude hin zu Siedlungen/Quartieren zu wirtschaftlich günstigeren Lösungen führen kann, als dies bei dem derzeitigen gebäudeweisen Abprüfen von Einzelgebäudeanforderungen möglich ist. Besonders die Wohnungswirtschaft postuliert seit Jahren die alternative Einführung eines sogenannte Flottenverbrauchs für größere Liegenschaften mit der Absicht, erhöhte Maßnahmen an einzelnen Gebäuden mit reduzierten Maßnahmen an anderen Gebäuden auszugleichen.

Die Bewertungsmethode nach DIN V 18599 lässt dies grundsätzlich zu, solange die Gebäude mit einer leitungsgebundenen zentralen Wärmeversorgung ausgestattet sind (Nah- oder Fernwärme). Noch nicht zufriedenstellend gelöst sind hier lediglich die Bewertung von Langzeitwärmespeichern (auch in Verbindung mit Power-to-Heat oder zentralen thermisch solaren Lösungen) und die Bewertung von dynamischen elektrischen Speichern (in Verbindung mit örtlich generiertem Photovoltaikstrom). Diesbezügliche Ergänzungen sind allerdings normativ bereits eingeleitet und werden voraussichtlich zur anstehenden Überarbeitung der DIN V 18599 umgesetzt. Ob und inwieweit eine gebäudeübergreifende Bewertung von Liegenschaften in der zu aktualisierenden EnEV aufgegriffen wird, ist also keine Frage des zugrunde zu legenden Bewertungsverfahrens sondern ggf. durch den Anwendungsbereich der EnEV oder durch Öffnungsklauseln zu reglementieren. Grundsätzlich besteht aber dabei immer die Notwendigkeit, zwischen möglicher Wirkung

solcher Klauseln und der weiteren Verkomplizierung von Nachweisen und deren Vollzug abzuwägen.

Ergänzend sei auf die Öffnungsklausel der Gebäude-RL in Artikel 9, Abs. 6 hingewiesen, in der die Mitgliedsstaaten ermächtigt werden, im Falle der Einführung des Niedrigstenergiegebäude-Niveaus beschließen zu können, in besonderen und begründeten Fällen, in denen die Kosten-Nutzen-Analyse über die wirtschaftliche Lebensdauer des betreffenden Gebäudes negativ ausfällt, die in Abs. 1 Buchstaben a und b der Gebäude-RL dargelegten Anforderungen nicht anzuwenden. Die Mitgliedstaaten unterrichten die Kommission über die Grundsätze der betreffenden gesetzlichen Regelungen. Diese Regelung ist zum Beispiel auf Gebäudetypen anwendbar, die aufgrund Ihrer Nutzung mit hohen Energiebedarfen belastet werden (Krankenhäuser, Schwimmbäder, Großküchen, etc.) und daher die der Gebäude-RL zugrundeliegenden Teildefinition des Niedrigstenergiegebäudes „Der fast bei Null liegende oder sehr geringe Energiebedarf“ nicht erfüllen kann.

9 Sensitivitätsuntersuchungen (AS 7) und weitergehende Auswertungen

Die in diesem Kapitel dokumentierten Auswertungen ermöglichen ergänzend zu den in Kapitel 7 dokumentierten Ergebnissen weitergehende Aussagen zum Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit ausgewählter Varianten bei veränderten Berechnungsrandbedingungen oder abweichenden Annahmen hinsichtlich der Konfiguration von Systemvarianten.

Für die Wohngebäude werden in Abschnitt 9.1 folgende Fälle betrachtet:

- Einsatz dezentraler anstelle zentraler Lüftungsgeräte
- Aufstellung des Wärmeerzeugers im Dach und außenliegende Abgasführung anstelle eines gemauerten innenliegenden Schornsteins
- Verzicht auf Warmwasserzirkulation bei kleinen Gebäuden
- Ansatz von Grund- und Arbeitspreisen anstelle von Mischpreisen für die Systemvarianten, bei denen Gas und Strom als Energieträger eingesetzt werden
- Gegenüberstellung von Berechnungen mit und ohne Wärmepumpentarif Strom
- Gegenüberstellung von Berechnungen mit und ohne Planungskosten für detaillierte Wärmebrückeberechnungen
- Auswertungen von Berechnungen, die als Ausgangsjahr der Betrachtung das Jahr 2020 anstelle von 2015 zugrunde legen

Für Nichtwohngebäude werden in Abschnitt 9.2 folgende Fälle betrachtet:

- Monovalente Wärmeversorgung (anstelle einer kombinierten Wärmeversorgung mit Grund- und Spitzenlastkessel)
- Ansatz von Grund- und Arbeitspreisen anstelle von Mischpreisen für die Systemvarianten, bei denen Gas und Strom als Energieträger eingesetzt werden
- Gegenüberstellung von Berechnungen mit und ohne Wärmepumpentarif Strom
- Auswertungen von Berechnungen, die als Ausgangsjahr der Betrachtung das Jahr 2020 anstelle von 2015 zugrunde legen

Zusätzlich zu den genannten Punkten der Sensitivitätsuntersuchungen werden in Abschnitt 9.3 Auswertungen zur Umstellung der Anforderung an die bauliche Ausführung bei Nichtwohngebäuden auf H_T' anstelle von \bar{U} beschrieben.

9.1 Auswertungen Wohngebäude

9.1.1 Dezentrale Lüftungsgeräte

Eine Ausstattung von Wohngebäuden mit Wohnungslüftungsanlagen wird aus Sicht der

- durch Wärmerückgewinnung und Bedarfsführung erzielbaren Verringerung des Primärenergiebedarfs
- Verbesserung der Raumlufthygiene
- Vermeidung von Bauschäden (Feuchte)

vorgesehen. Zentrale bzw. wohnungszentrale Anlagen mit Wärmerückgewinnung sind jedoch bei einer Betrachtung im Sinne des §5 EnEG in der Regel nicht wirtschaftlich ([3], [11], [16]). Die eingesparten Energiekosten reichen nicht aus, um die zusätzlichen Aufwendungen für Wartung und Instandhaltung auszugleichen und die Investitionen zu refinanzieren.

Abluftanlagen tragen zu einer Verbesserung der Raumlufthygiene und ggf. zur Vermeidung von Bauschäden bei, führen jedoch zu keiner oder nur zu einer geringen Energieeinsparung gegenüber der Fensterlüftung.

Eine denkbare Alternative stellen dezentrale Wohnungslüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung dar. Diese könnten die eingangs geschriebenen Ziele (ggf. eingeschränkt) realisieren, würden jedoch möglicherweise wirtschaftliche Vorteile aufweisen, wenn die Investitionskosten deutlich geringer als bei zentralen Lösungen mit einer Luftführung in Kanälen wären. Aus technischer Sicht sind folgende Lösungen zu unterscheiden:

- dezentrale Geräte, bei denen die Zuführung der Zuluft und die Abführung der Abluft in einem Gerät realisiert wird
- im Verbund arbeitende dezentrale Geräte mit wechselnder Strömungsrichtung („Pendellüftung“), die einen Zwischenstand zwischen zentraler kanalgebundener und dezentraler Lüftung darstellen.

Gegen den Einsatz einer dezentralen Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung sprechen folgende Argumente:

- Der erreichte Wärmerückgewinnung ist zumindest im Mittel schlechter als bei zentralen Lösungen
 - dezentral werden 45 % bis 80 % erreicht
 - zentral etwa 90 %.
- Die Investitionskosten sind für dezentrale Lösungen nicht deutlich niedriger, wenn man gleiche funktionale Anforderungen wie an zentrale Lösungen [17] stellt. Exemplarisch wird dies an Bruttopenissen deutlich
 - EFH: 8.570 € dezentral / 10.020 € zentral
 - MFH (6 WE): 19.280 € dezentral / 20.050 € zentral
- Der Strombedarf ist bei dezentralen und zentralen Lösungen vergleichbar, der Verzicht auf die kanalgebundene Luftführung bringt keine wesentlichen Vorteile.
- Die größere Anzahl der Filter sorgt bei dezentralen Lösungen für einen höheren Wartungsaufwand. Für die Wartung ist ein Zugang zu allen Räumen erforderlich.
- Dezentrale Lösungen verursachen durch den Ventilator bedingt Geräuschemissionen in den Aufstellräumen.
- Die Lüftungseffektivität der Geräte ist geringer als bei zentralen Lösungen:
 - insbesondere die Pendellüftung ist windanfällig
 - es treten Kurzschlusseffekte (Strömung) auf

Insgesamt ist der Kenntnisstand zu den technischen Details dezentraler Wohnungslüftungslösungen jedoch ungenügend. Eine Berücksichtigung als typische Lösung in den Wirtschaftlichkeitsüberlegungen erscheint daher zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht sinnvoll.

9.1.2 Aufstellung Wärmeerzeuger im Dach und außenliegende Abgasführung

Bei allen auf einer Verbrennung beruhenden Varianten der Wärmeversorgung müssen die entstehenden Verbrennungsabgase abgeführt werden. Dabei wird in den Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit und Kostenoptimalität angenommen, dass der Wärmeerzeuger im Keller des Gebäudes steht und ein gemauerter Schornstein die Abgasabführung übernimmt. Diese Variante ist bezüglich der Feuerstätte vergleichsweise flexibel kann also auch nach einem Wechsel des Kessels meist weiterverwendet werden. Außerdem eröffnet sie die Möglichkeit, eine zweite Feuerstätte (z.B. einen Kaminofen) an einem zusätzlichen zweiten Zug anzuschließen.

Alternativ ist eine Dachaufstellung des Wärmeerzeugers möglich, sie wird insbesondere bei Einsatz von Gasgeräten in Gebäuden ohne Keller vorgenommen.

Eine Dachaufstellung bietet folgende Vorteile:

- Der sonst erforderliche (gemauerte) Schornstein kann entfallen, je nach Gebäude ergibt sich eine Kosteneinsparung von ca. 3.200,- bis 4.000,- €,-. Dafür ist eine Abgasabführung über Dach erforderlich (Kosten ca. 700,- €).
- Projektabhängig können sich kürzere Heizungs- und Warmwasser-Verteilleitungen ergeben, dies ist jedoch nicht immer der Fall.
- Der BW-Kessel liegt auch dann innerhalb der thermischen Hülle, wenn der Keller nicht gedämmt wird, sofern der Dachraum gedämmt ist.

Dem stehen folgende Nachteile gegenüber:

- Die Gasleitung ist deutlich länger und damit teurer.
- Im Dach ist ein Wasser- und Abwasseranschluss erforderlich.
- Es können Probleme mit den Schallemissionen des Kessels auftreten.
- I.d.R. wird der Warmwasserspeicher neben/am Kessel aufgestellt. Daher muss der Dachraum bezüglich der Statik, des Platzes und der Raumhöhe für die Einbringung und Aufstellung von Kessel und Warmwasserspeicher geeignet sein.
- Es gibt kaum Flexibilität bei einem späteren Wechsel des Kessels.
- Es gibt keine Möglichkeit zur Erweiterung für einen Kaminanschluss.

Grundsätzlich ist auch eine Kelleraufstellung des Wärmeerzeugers bei einer Abgasabführung über ein außenliegendes Abgasrohr möglich. Diese Variante wird in der Baupraxis eher selten realisiert, da aus Sicht der meisten Bauherren der Vorteil der geringeren Kosten (im EFH ca. 1.700,- €) die Nachteile der geringeren Flexibilität hinsichtlich Kaminanschluss, Kesselwechsel und Ästhetik nicht ausgleicht.

9.1.3 Verzicht auf Zirkulation

Die Referenzausführung für Wohngebäude sieht für die Warmwasserbereitstellung die Berücksichtigung einer Warmwasserkirculation vor. Bei Mehrfamilienhäusern ist die Zirkulation aufgrund von Hygieneanforderungen i.d.R. vorgeschrieben. Bei kleineren Anlagen, die typischerweise in Einfamilienhäusern installiert sind, kann auf die Zirkulation verzichtet werden. Aus Komfortgründen kommt aber oft auch in diesen Fällen eine Zirkulation zum Einsatz.

Bei den untersuchten Systemvarianten zur Kostenoptimalität (Kapitel 6) und zur Wirtschaftlichkeit (Kapitel 7) wird in allen Fällen eine Zirkulation angenommen, da gleiche Komfortkriterien bei allen Wohngebäuden gelten sollen. Zur Darstellung der Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit bei Verzicht auf Zirkulation bei kleinen Gebäuden werden in Tabelle 9-1 (Szenario „Bundesregierung“), Tabelle 9-2 (Szenario „EU“) und Tabelle 9-3 (Szenario „1 Prozent“) die Amortisationszeiten für das Niveau Q_P 55 % H_T 85 % jeweils für die Fälle mit und ohne Zirkulation gegenübergestellt. Berechnungen für Varianten, bei denen auf die Zirkulation verzichtet wird, beschränken sich auf die Einfamilienhäuser und die hierzu gebildeten Systemvarianten Gas-BW-Kessel und Luft/Wasser-Wärmepumpe.

**Tabelle 9-1: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q_p 55 % H_{T'} 85 % mit und ohne Zirkulation.
Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerung Bundesregierung**

Niveau		Q _p 55 % H _{T'} 85 % (mit Zirkulation)				Q _p 55 % H _{T'} 85 % (ohne Zirkulation)			
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.	50,8 a	16,5 a	19,9 a	> 100 a	48,5 a	13,6 a	System n. betrachtet	System n. betrachtet
	Deckf.	48,0 €/m ²			95,9 €/m ²	43,3 €/m ²		System n. betrachtet	System n. betrachtet
EFH klein ohne Keller	Amort.	51,6 a	8,9 a	21,4 a	keine	48,4 a	6,3 a	System n. betrachtet	System n. betrachtet
	Deckf.	57,2 €/m ²				49,6 €/m ²		System n. betrachtet	System n. betrachtet
EFH groß mit Keller	Amort.	53,3 a	27,6 a	20,8 a	72,0 a	51,5 a	24,7 a	System n. betrachtet	System n. betrachtet
	Deckf.	51,4 €/m ²			39,3 €/m ²	48,0 €/m ²		System n. betrachtet	System n. betrachtet
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	73,4 a	7,1 a	21,5 a	keine	69,0 a	4,1 a	System n. betrachtet	System n. betrachtet
	Deckf.	83,8 €/m ²				76,4 €/m ²		System n. betrachtet	System n. betrachtet
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	91,7 a	31,5 a	26,7 a	keine	85,2 a	23,3 a	System n. betrachtet	System n. betrachtet
	Deckf.	85,8 €/m ²	3,3 €/m ²			77,8 €/m ²		System n. betrachtet	System n. betrachtet

**Tabelle 9-2: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q_p 55 % H_{T'} 85 % mit und ohne Zirkulation.
Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerung EU**

Niveau		Q _p 55 % H _{T'} 85 % (mit Zirkulation)				Q _p 55 % H _{T'} 85 % (ohne Zirkulation)			
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.	36,0 a	8,5 a	12,8 a	79,7 a	34,6 a	7,3 a	System n. betrachtet	System n. betrachtet
	Deckf.	15,9 €/m ²			72,0 €/m ²	11,3 €/m ²		System n. betrachtet	System n. betrachtet
EFH klein ohne Keller	Amort.	36,1 a	4,7 a	13,8 a	> 100 a	34,1 a	3,4 a	System n. betrachtet	System n. betrachtet
	Deckf.	19,3 €/m ²			194,9 €/m ²	11,8 €/m ²		System n. betrachtet	System n. betrachtet
EFH groß mit Keller	Amort.	38,5 a	13,2 a	13,1 a	42,9 a	37,4 a	12,2 a	System n. betrachtet	System n. betrachtet
	Deckf.	22,2 €/m ²			17,4 €/m ²	18,8 €/m ²		System n. betrachtet	System n. betrachtet
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	49,8 a	3,8 a	13,6 a	keine	47,2 a	2,2 a	System n. betrachtet	System n. betrachtet
	Deckf.	53,7 €/m ²				46,5 €/m ²		System n. betrachtet	System n. betrachtet
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	61,6 a	16,7 a	16,0 a	> 100 a	57,7 a	12,5 a	System n. betrachtet	System n. betrachtet
	Deckf.	63,1 €/m ²			101,5 €/m ²	55,3 €/m ²		System n. betrachtet	System n. betrachtet

keine keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr

**Tabelle 9-3: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q_p 55 % H_{T'} 85 % mit und ohne Zirkulation.
Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerung „1 Prozent“**

Niveau		Q _p 55 % H _{T'} 85 % (mit Zirkulation)				Q _p 55 % H _{T'} 85 % (ohne Zirkulation)			
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.	54,3 a	35,8 a	26,1 a	> 100 a	51,6 a	26,4 a	System n. betrachtet	System n. betrachtet
	Deckf.	52,3 €/m ²	4,5 €/m ²		90,4 €/m ²	47,4 €/m ²		System n. betrachtet	System n. betrachtet
EFH klein ohne Keller	Amort.	54,9 a	18,8 a	28,1 a	> 100 a	51,2 a	12,9 a	System n. betrachtet	System n. betrachtet
	Deckf.	61,8 €/m ²			keine Angabe	53,8 €/m ²		System n. betrachtet	System n. betrachtet
EFH groß mit Keller	Amort.	57,0 a	78,4 a	28,0 a	60,4 a	54,8 a	61,7 a	System n. betrachtet	System n. betrachtet
	Deckf.	55,6 €/m ²	20,8 €/m ²		34,4 €/m ²	51,9 €/m ²	16,5 €/m ²	System n. betrachtet	System n. betrachtet
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	79,5 a	14,0 a	29,0 a	keine	74,1 a	8,0 a	System n. betrachtet	System n. betrachtet
	Deckf.	88,1 €/m ²				80,4 €/m ²		System n. betrachtet	System n. betrachtet
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	> 100 a	62,8 a	40,0 a	keine	93,7 a	46,2 a	System n. betrachtet	System n. betrachtet
	Deckf.	89,8 €/m ²	19,3 €/m ²	10,9 €/m ²		81,5 €/m ²	9,8 €/m ²	System n. betrachtet	System n. betrachtet

keine keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr

Die Gegenüberstellung der Berechnungen für die Fälle mit und ohne Zirkulation in Tabelle 9-1 bis Tabelle 9-3 zeigt unabhängig von dem jeweils zugrunde gelegten Preissteigerungs-szenario im Fall bei den Systemvarianten Gas-BW-Kessel eine Reduktion der ausgewiesenen Amortisationszeiten. Diese liegt dabei im Mittel um etwa 4 Jahre unter den Fällen mit Zirkulation. Im Fall der Systemvarianten Luft/Wasser-Wärmepumpe, die bereits bei Ansatz einer Zirkulation Amortisationszeiten innerhalb des Betrachtungszeitraums von 30 Jahren aufweisen, ergeben sich im Mittel um 10 Jahre reduzierte Amortisationszeiten.

9.1.4 Energieträger: Ansatz von Grund- und Arbeitspreisen anstelle von Mischpreisen

Zur Kostenbewertung der fallweise ermittelten Energiebedarfe werden den Auswertungen zur Kostenoptimalität in Kapitel 6 und zur Wirtschaftlichkeit in Kapitel 7 die in Tabelle 5-12 dokumentierten Energiepreise zugrunde gelegt. Hierbei handelt es sich für die Energieträger Gas und Strom um Mischpreise, die in Anlehnung an [22] in Abstimmung mit dem Auftraggeber für die Berechnungen festgelegt wurden. Zu den als Mischpreise angegebenen Energiekosten wird in [22] eine Gas-Abnahmemenge in Höhe von 1.600 kWh pro Monat und eine Strom-Abnahmemenge von 325 kWh pro Monat angegeben. Weicht die tatsächliche Bedarfsmenge erheblich von den vorgenannten Abnahmemengen ab, kann es vor dem Hintergrund einer fallweise ggf. gewünschten genaueren Auswertung sinnvoll sein, die gegebenen Mischpreise für die Bewertung anteilig in Grund- und Arbeitspreise aufzuteilen, da der anteilige Einfluss von Grundpreisen mit Abnahme des tatsächlichen Energiebedarfs an Bedeutung zunimmt. Demgegenüber reduziert sich der anteilige Einfluss der Grundpreise bei steigenden Energiebedarfen.

Für die folgenden Auswertungen wurden als Grundpreise folgende Annahmen getroffen:

- Grundpreis Gas: 120 € pro Jahr
- Grundpreis Strom: 96 € pro Jahr

Die Gegenüberstellung von Auswertungen unter Ansatz von Grund- und Arbeitspreisen zu Auswertungen unter Ansatz von Mischpreisen erfolgt in Tabelle 9-4 bis Tabelle 9-6 für das Niveau Q_p 55 % H_T' 85 % und die drei unterschiedlichen Preissteigerungsszenarien.

Für Systemvarianten, bei denen die tatsächlichen jährlichen Energiebedarfe kleiner sind als die für die Mischpreise zugrunde gelegten mittleren Abnahmemengen (Gas: 19.200 kWh; Strom: 3.900 kWh/a) ergeben sich gegenüber dem Mischpreisansatz längere Amortisationszeiten, da der anteilige Einfluss der Grundpreise bei niedrigeren Bedarfen im Mischpreis unterbewertet wird. Eine Reduzierung der Amortisationszeiten stellt sich gegenüber dem Mischpreisansatz bei den Systemvarianten ein, bei denen die tatsächlichen Energiebedarfe über den mittleren Abnahmemengen liegen.

Tabelle 9-4: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q_p 55 % H_T' 85 %. Vergleich Mischpreise zu Grund- und Arbeitspreisen. Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerung Bundesregierung

Niveau		Q_p 55 % H_T' 85 % (Mischpreise)				Q_p 55 % H_T' 85 % (Grund- u. Arbeitspreise)			
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.	50,8 a	16,5 a	19,9 a	> 100 a	67,0 a	16,5 a	20,9 a	> 100 a
	Deckf.	48,0 €/m ²			95,9 €/m ²	64,3 €/m ²			112,1 €/m ²
EFH klein ohne Keller	Amort.	51,6 a	8,9 a	21,4 a	keine	69,3 a	8,0 a	21,0 a	keine
	Deckf.	57,2 €/m ²			76,9 €/m ²				keine Angabe
EFH groß mit Keller	Amort.	53,3 a	27,6 a	20,8 a	72,0 a	68,8 a	32,6 a	23,9 a	> 100 a
	Deckf.	51,4 €/m ²			39,3 €/m ²	65,9 €/m ²	4,1 €/m ²		59,8 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	73,4 a	7,1 a	21,5 a	keine	> 100 a	6,1 a	20,0 a	keine
	Deckf.	83,8 €/m ²			99,6 €/m ²				
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	91,7 a	31,5 a	26,7 a	keine	> 100 a	28,5 a	25,5 a	keine
	Deckf.	85,8 €/m ²	3,3 €/m ²		97,4 €/m ²				
MFH klein	Amort.	69,1 a	41,2 a	43,4 a	> 100 a	> 100 a	47,9 a	50,3 a	keine
	Deckf.	42,6 €/m ²	14,3 €/m ²	21,1 €/m ²	53,0 €/m ²	55,1 €/m ²	18,9 €/m ²	26,8 €/m ²	
MFH groß	Amort.	63,2 a	k. A.	25,4 a	29,4 a	> 100 a	k. A.	35,5 a	> 100 a
	Deckf.	35,4 €/m ²				47,1 €/m ²		8,3 €/m ²	24,5 €/m ²

keine	keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr
k. A.	System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar

Tabelle 9-5: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q_p 55 % H_{T'} 85 %. Vergleich Mischpreise zu Grund- und Arbeitspreisen. Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerung EU

Niveau		Q _p 55 % H _{T'} 85 % (Mischpreise)				Q _p 55 % H _{T'} 85 % (Grund- u. Arbeitspreise)			
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.	36,0 a	8,5 a	12,8 a	79,7 a	46,4 a	8,8 a	13,6 a	> 100 a
	Deckf.	15,9 €/m ²			72,0 €/m ²	37,9 €/m ²			93,7 €/m ²
EFH klein ohne Keller	Amort.	36,1 a	4,7 a	13,8 a	> 100 a	47,0 a	4,5 a	13,8 a	keine
	Deckf.	19,3 €/m ²			194,9 €/m ²	45,6 €/m ²			keine Angabe
EFH groß mit Keller	Amort.	38,5 a	13,2 a	13,1 a	42,9 a	48,9 a	15,2 a	15,0 a	95,8 a
	Deckf.	22,2 €/m ²			17,4 €/m ²	42,0 €/m ²			45,1 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	49,8 a	3,8 a	13,6 a	keine	66,0 a	3,5 a	13,2 a	keine
	Deckf.	53,7 €/m ²				74,7 €/m ²			
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	61,6 a	16,7 a	16,0 a	> 100 a	81,9 a	16,2 a	15,8 a	keine
	Deckf.	63,1 €/m ²			101,5 €/m ²	78,7 €/m ²			keine Angabe
MFH klein	Amort.	41,2 a	20,8 a	24,2 a	79,3 a	59,4 a	23,8 a	27,7 a	> 100 a
	Deckf.	18,7 €/m ²			38,7 €/m ²	35,8 €/m ²			62,2 €/m ²
MFH groß	Amort.	38,2 a	k. A.	15,1 a	19,9 a	54,3 a	k. A.	20,0 a	54,7 a
	Deckf.	12,3 €/m ²				28,6 €/m ²			14,1 €/m ²

keine

keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr

k. A.

System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar

Tabelle 9-6: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q_p 55 % H_{T'} 85 %. Vergleich Mischpreise zu Grund- und Arbeitspreisen. Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerung „1 Prozent“

Niveau		Q _p 55 % H _{T'} 85 % (Mischpreise)				Q _p 55 % H _{T'} 85 % (Grund- u. Arbeitspreise)			
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.	54,3 a	35,8 a	26,1 a	> 100 a	72,4 a	32,3 a	26,9 a	> 100 a
	Deckf.	52,3 €/m ²	4,5 €/m ²		90,4 €/m ²	68,0 €/m ²	2,1 €/m ²		106,1 €/m ²
EFH klein ohne Keller	Amort.	54,9 a	18,8 a	28,1 a	> 100 a	74,4 a	13,9 a	26,5 a	keine
	Deckf.	61,8 €/m ²			keine Angabe	80,9 €/m ²			keine Angabe
EFH groß mit Keller	Amort.	57,0 a	78,4 a	28,0 a	60,4 a	74,2 a	> 100 a	32,4 a	> 100 a
	Deckf.	55,6 €/m ²	20,8 €/m ²		34,4 €/m ²	69,6 €/m ²	23,9 €/m ²	4,2 €/m ²	54,2 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	79,5 a	14,0 a	29,0 a	keine	> 100 a	9,8 a	25,7 a	keine
	Deckf.	88,1 €/m ²				103,4 €/m ²			
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	> 100 a	62,8 a	40,0 a	keine	> 100 a	48,2 a	35,7 a	keine
	Deckf.	89,8 €/m ²	19,3 €/m ²	10,9 €/m ²		100,9 €/m ²	14,1 €/m ²	7,1 €/m ²	
MFH klein	Amort.	79,2 a	94,9 a	74,8 a	> 100 a	> 100 a	> 100 a	89,3 a	> 100 a
	Deckf.	46,7 €/m ²	32,6 €/m ²	38,0 €/m ²	47,4 €/m ²	58,7 €/m ²	35,4 €/m ²	42,0 €/m ²	64,3 €/m ²
MFH groß	Amort.	73,6 a	k. A.	37,1 a	26,0 a	> 100 a	k. A.	58,4 a	71,2 a
	Deckf.	39,8 €/m ²		9,0 €/m ²		51,0 €/m ²		22,0 €/m ²	19,7 €/m ²

keine

keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr

k. A.

System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar

9.1.5 Gegenüberstellung mit/ohne WP-Tarif Strom

Die zur Bewertung der Kostenoptimalität (Kapitel 6) und zur Wirtschaftlichkeit (Kapitel 7) angestellten Berechnungen unterstellen einen Strom-Sondertarif für die gebildeten Systemvarianten mit Wärmepumpen. Für die Energiekostenermittlung wird in diesen Fällen unterschieden zwischen dem Strombedarf für die Wärmebereitstellung und dem Strombedarf für Hilfsenergien. Gegenüber dem in Tabelle 5-12 genannten Strom-Normaltarif wird der Strombedarf für die Wärmebereitstellung mit einem um 0,05 €/kWh reduzierten Energiepreis angesetzt. Hiernach gelten die in Kapitel 7 dokumentierten Bewertungen nur unter der Voraussetzung der Verfügbarkeit eines Wärmepumpentarifs. Die in Tabelle 9-7 bis Tabelle 9-9 stellen die Ergebnisse von Berechnungen mit und ohne Wärmepumpentarif für das Niveau Q_p 55 % H_{T'} 85 % dar. Werden die Systemvarianten der Wärmepumpen ohne den Wärmepumpentarif bewertet, ergeben sich erwartungsgemäß längere Amortisationsdauern.

Tabelle 9-7: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q_p 55 % H_{T'} 85 %. Vergleich mit und ohne WP-Tarif Strom. Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerung Bundesregierung

Niveau		Q _p 55 % H _{T'} 85 % (mit WP-Tarif Strom)				Q _p 55 % H _{T'} 85 % (ohne WP-Tarif Strom)			
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.	50,8 a	16,5 a	19,9 a	> 100 a	50,8 a	52,4 a	27,8 a	> 100 a
	Deckf.	48,0 €/m ²			95,9 €/m ²	48,0 €/m ²	11,8 €/m ²		95,9 €/m ²
EFH klein ohne Keller	Amort.	51,6 a	8,9 a	21,4 a	keine	51,6 a	27,2 a	30,0 a	keine
	Deckf.	57,2 €/m ²				57,2 €/m ²		2,9 €/m ²	
EFH groß mit Keller	Amort.	53,3 a	27,6 a	20,8 a	72,0 a	53,3 a	> 100 a	30,0 a	72,0 a
	Deckf.	51,4 €/m ²			39,3 €/m ²	51,4 €/m ²	27,1 €/m ²	2,2 €/m ²	39,3 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	73,4 a	7,1 a	21,5 a	keine	73,4 a	19,7 a	31,7 a	keine
	Deckf.	83,8 €/m ²				83,8 €/m ²		5,0 €/m ²	
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	91,7 a	31,5 a	26,7 a	keine	91,7 a	91,2 a	45,8 a	keine
	Deckf.	85,8 €/m ²	3,3 €/m ²			85,8 €/m ²	25,1 €/m ²	15,7 €/m ²	
MFH klein	Amort.	69,1 a	41,2 a	43,4 a	> 100 a	69,1 a	> 100 a	83,6 a	> 100 a
	Deckf.	42,6 €/m ²	14,3 €/m ²	21,1 €/m ²	53,0 €/m ²	42,6 €/m ²	38,6 €/m ²	41,3 €/m ²	53,0 €/m ²
MFH groß	Amort.	63,2 a	k. A.	25,4 a	29,4 a	63,2 a	k. A.	41,2 a	29,4 a
	Deckf.	35,4 €/m ²				35,4 €/m ²		13,6 €/m ²	

keine keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr
k. A. System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar

Tabelle 9-8: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q_p 55 % H_{T'} 85 %. Vergleich mit und ohne WP-Tarif Strom. Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerung EU

Niveau		Q _p 55 % H _{T'} 85 % (mit WP-Tarif Strom)				Q _p 55 % H _{T'} 85 % (ohne WP-Tarif Strom)			
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.	36,0 a	8,5 a	12,8 a	79,7 a	36,0 a	13,6 a	15,9 a	79,7 a
	Deckf.	15,9 €/m ²			72,0 €/m ²	15,9 €/m ²			72,0 €/m ²
EFH klein ohne Keller	Amort.	36,1 a	4,7 a	13,8 a	> 100 a	36,1 a	7,5 a	17,3 a	> 100 a
	Deckf.	19,3 €/m ²			194,9 €/m ²	19,3 €/m ²			194,9 €/m ²
EFH groß mit Keller	Amort.	38,5 a	13,2 a	13,1 a	42,9 a	38,5 a	22,6 a	16,5 a	42,9 a
	Deckf.	22,2 €/m ²			17,4 €/m ²	22,2 €/m ²			17,4 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	49,8 a	3,8 a	13,6 a	keine	49,8 a	6,0 a	17,5 a	keine
	Deckf.	53,7 €/m ²				53,7 €/m ²			
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	61,6 a	16,7 a	16,0 a	> 100 a	61,6 a	26,7 a	21,8 a	> 100 a
	Deckf.	63,1 €/m ²			101,5 €/m ²	63,1 €/m ²			101,5 €/m ²
MFH klein	Amort.	41,2 a	20,8 a	24,2 a	79,3 a	41,2 a	34,4 a	33,9 a	79,3 a
	Deckf.	18,7 €/m ²			38,7 €/m ²	18,7 €/m ²	7,2 €/m ²	8,7 €/m ²	38,7 €/m ²
MFH groß	Amort.	38,2 a	k. A.	15,1 a	19,9 a	38,2 a	k. A.	20,1 a	19,9 a
	Deckf.	12,3 €/m ²				12,3 €/m ²			

keine keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr
k. A. System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar

Tabelle 9-9: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q_p 55 % H_T' 85 %. Vergleich mit und ohne WP-Tarif Strom. Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerung „1 Prozent“

Niveau		Q_p 55 % H_T' 85 % (mit WP-Tarif Strom)				Q_p 55 % H_T' 85 % (ohne WP-Tarif Strom)			
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.	54,3 a	35,8 a	26,1 a	> 100 a	54,3 a	keine	45,2 a	> 100 a
	Deckf.	52,3 €/m ²	4,5 €/m ²		90,4 €/m ²	52,3 €/m ²		19,4 €/m ²	90,4 €/m ²
EFH klein ohne Keller	Amort.	54,9 a	18,8 a	28,1 a	> 100 a	54,9 a	keine	49,1 a	> 100 a
	Deckf.	61,8 €/m ²			keine Angabe	61,8 €/m ²		29,0 €/m ²	keine Angabe
EFH groß mit Keller	Amort.	57,0 a	78,4 a	28,0 a	60,4 a	57,0 a	keine	52,7 a	60,4 a
	Deckf.	55,6 €/m ²	20,8 €/m ²		34,4 €/m ²	55,6 €/m ²		21,9 €/m ²	34,4 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	79,5 a	14,0 a	29,0 a	keine	79,5 a	keine	57,6 a	keine
	Deckf.	88,1 €/m ²				88,1 €/m ²		26,7 €/m ²	
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	> 100 a	62,8 a	40,0 a	keine	> 100 a	keine	> 100 a	keine
	Deckf.	89,8 €/m ²	19,3 €/m ²	10,9 €/m ²		89,8 €/m ²		33,0 €/m ²	keine Angabe
MFH klein	Amort.	79,2 a	94,9 a	74,8 a	> 100 a	79,2 a	keine	> 100 a	> 100 a
	Deckf.	46,7 €/m ²	32,6 €/m ²	38,0 €/m ²	47,4 €/m ²	46,7 €/m ²		61,6 €/m ²	47,4 €/m ²
MFH groß	Amort.	73,6 a	k. A.	37,1 a	26,0 a	73,6 a	k. A.	> 100 a	26,0 a
	Deckf.	39,8 €/m ²		9,0 €/m ²		39,8 €/m ²		31,9 €/m ²	

keine
k. A.

keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr
 System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar

9.1.6 Gegenüberstellung mit/ohne Planungsmehrkosten für verbesserte Wärmebrückenausführungen

Zur Berücksichtigung der Wärmebrückenwirkung in den Energiebedarfsberechnungen erfolgt standardmäßig die Erfassung der Wärmebrückenverluste über den Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} in Höhe von 0,05 W/(m²K). Dieser Ansatz bedeutet rechnerisch eine Verschlechterung aller in der Energiebilanz berücksichtigten U-Werte der einzelnen Bauteile. Insbesondere für energetisch besonders hochwertig ausgeführte Gebäudehüllen stellen die auf diese Weise in die Energiebilanz einfließenden Wärmebrückenverluste einen erheblichen Anteil der Gesamtwärmeverluste dar, die bei entsprechend guter Planung und Ausführung der Bauteilanschlüsse reduziert werden können. Hierdurch können je nach Bauart, einen detaillierten rechnerischen Nachweis vorausgesetzt, ΔU_{WB} -Werte im Bereich von etwa 0,02 W/(m²K) erreicht werden. Gegenwärtig ist mit einem detaillierten Wärmebrückennachweis je nach Gebäudegeometrie und Anzahl der zu berücksichtigenden Wärmebrücken ein nicht unerheblicher Planungs- und insofern Kostenaufwand verbunden, der wie in Abschnitt 5.2.1 beschrieben, berücksichtigt wird. Gegenwärtig erfolgt im Auftrag des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) die Erarbeitung eines neuen Beiblatts 2 zur DIN 4108 (Projekt BfEE 09/2015), dessen Anwendung zukünftig diese Planungsmehrkosten vermeiden soll.

Zur Darstellung der Auswirkungen nicht anfallender Planungsmehrkosten für den Ansatz von ΔU_{WB} -Werten < 0,05 W/(m²K) folgen in Tabelle 9-10 bis Tabelle 9-12 die entsprechenden Auswertungen. Für Systemvarianten, bei denen sich die ausgewiesenen Amortisationszeiten im linken Spaltenbereich (Spaltenüberschrift: „mit Kosten Planung Wärmebr.“) nicht von den Amortisationszeit im rechten Spaltenbereich (Spaltenüberschrift: „ohne Kosten Planung Wärmebr.“) unterscheiden, sind in der Energiebilanz hinsichtlich der Wärmebrückenverluste mit $\Delta U_{WB} = 0,05$ W/(m²K) berechnet. Für Systemvarianten, bei denen sich die ausgewiesene Amortisationszeit verkürzt, ist mit $\Delta U_{WB} = 0,02$ W/(m²K) gerechnet.

Tabelle 9-10: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q_p 55 % H_T' 85 %. Vergleich mit und ohne Planungsmehrkosten für $\Delta U_{WB} < 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerung Bundesregierung

Niveau		Q_p 55 % H_T' 85 % (mit Kosten Planung Wärmebr.)				Q_p 55 % H_T' 85 % (ohne Kosten Planung Wärmebr.)			
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.	50,8 a	16,5 a	19,9 a	> 100 a	48,6 a	16,5 a	19,9 a	> 100 a
	Deckf.	48,0 €/m ²			95,9 €/m ²	43,0 €/m ²			95,9 €/m ²
EFH klein ohne Keller	Amort.	51,6 a	8,9 a	21,4 a	keine	48,6 a	4,9 a	19,1 a	keine
	Deckf.	57,2 €/m ²			49,3 €/m ²				
EFH groß mit Keller	Amort.	53,3 a	27,6 a	20,8 a	72,0 a	52,0 a	25,2 a	19,6 a	68,9 a
	Deckf.	51,4 €/m ²			39,3 €/m ²	48,5 €/m ²			36,4 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	73,4 a	7,1 a	21,5 a	keine	69,7 a	2,7 a	18,7 a	keine
	Deckf.	83,8 €/m ²			76,7 €/m ²				
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	91,7 a	31,5 a	26,7 a	keine	88,5 a	27,6 a	23,8 a	keine
	Deckf.	85,8 €/m ²	3,3 €/m ²		81,3 €/m ²				
MFH klein	Amort.	69,1 a	41,2 a	43,4 a	> 100 a	63,9 a	36,3 a	39,5 a	> 100 a
	Deckf.	42,6 €/m ²	14,3 €/m ²	21,1 €/m ²	53,0 €/m ²	37,0 €/m ²	8,7 €/m ²	15,5 €/m ²	47,3 €/m ²
MFH groß	Amort.	63,2 a	k. A.	25,4 a	29,4 a	60,1 a	k. A.	23,5 a	26,5 a
	Deckf.	35,4 €/m ²				32,0 €/m ²			

keine keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr

k. A. System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar

Tabelle 9-11: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q_p 55 % H_T' 85 %. Vergleich mit und ohne Planungsmehrkosten für $\Delta U_{WB} < 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerung EU

Niveau		Q_p 55 % H_T' 85 % (mit Kosten Planung Wärmebr.)				Q_p 55 % H_T' 85 % (ohne Kosten Planung Wärmebr.)			
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.	36,0 a	8,5 a	12,8 a	79,7 a	34,5 a	8,5 a	12,8 a	79,7 a
	Deckf.	15,9 €/m ²			72,0 €/m ²	10,9 €/m ²			72,0 €/m ²
EFH klein ohne Keller	Amort.	36,1 a	4,7 a	13,8 a	> 100 a	34,0 a	2,5 a	12,3 a	> 100 a
	Deckf.	19,3 €/m ²			194,9 €/m ²	11,3 €/m ²			187,0 €/m ²
EFH groß mit Keller	Amort.	38,5 a	13,2 a	13,1 a	42,9 a	37,6 a	12,0 a	12,4 a	41,1 a
	Deckf.	22,2 €/m ²			17,4 €/m ²	19,2 €/m ²			14,5 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	49,8 a	3,8 a	13,6 a	keine	47,3 a	1,5 a	11,9 a	keine
	Deckf.	53,7 €/m ²				46,5 €/m ²			
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	61,6 a	16,7 a	16,0 a	> 100 a	59,4 a	14,7 a	14,3 a	> 100 a
	Deckf.	63,1 €/m ²			101,5 €/m ²	58,6 €/m ²			97,0 €/m ²
MFH klein	Amort.	41,2 a	20,8 a	24,2 a	79,3 a	38,1 a	18,3 a	22,0 a	72,4 a
	Deckf.	18,7 €/m ²			38,7 €/m ²	13,1 €/m ²			33,1 €/m ²
MFH groß	Amort.	38,2 a	k. A.	15,1 a	19,9 a	36,3 a	k. A.	14,0 a	18,0 a
	Deckf.	12,3 €/m ²				8,9 €/m ²			

keine keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr

k. A. System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar

Tabelle 9-12: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q_p 55 % H_T' 85 %. Vergleich mit und ohne Planungsmehrkosten für $\Delta U_{WB} < 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerung „1 Prozent“

Niveau		Q_p 55 % H_T' 85 % (mit Kosten Planung Wärmebr.)				Q_p 55 % H_T' 85 % (ohne Kosten Planung Wärmebr.)			
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.	54,3 a	35,8 a	26,1 a	> 100 a	52,0 a	35,8 a	26,1 a	> 100 a
	Deckf.	52,3 €/m ²	4,5 €/m ²		90,4 €/m ²	47,3 €/m ²	4,5 €/m ²		90,4 €/m ²
EFH klein ohne Keller	Amort.	54,9 a	18,8 a	28,1 a	> 100 a	51,6 a	10,2 a	25,0 a	> 100 a
	Deckf.	61,8 €/m ²			keine Angabe	53,9 €/m ²			keine Angabe
EFH groß mit Keller	Amort.	57,0 a	78,4 a	28,0 a	60,4 a	55,6 a	71,6 a	26,4 a	57,8 a
	Deckf.	55,6 €/m ²	20,8 €/m ²		34,4 €/m ²	52,7 €/m ²	17,9 €/m ²		31,5 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	79,5 a	14,0 a	29,0 a	keine	75,5 a	5,4 a	25,2 a	keine
	Deckf.	88,1 €/m ²			81,0 €/m ²				
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	> 100 a	62,8 a	40,0 a	keine	98,3 a	55,0 a	35,7 a	keine
	Deckf.	89,8 €/m ²	19,3 €/m ²	10,9 €/m ²		85,3 €/m ²	14,8 €/m ²	6,4 €/m ²	
MFH klein	Amort.	79,2 a	94,9 a	74,8 a	> 100 a	73,2 a	83,7 a	68,1 a	> 100 a
	Deckf.	46,7 €/m ²	32,6 €/m ²	38,0 €/m ²	47,4 €/m ²	41,0 €/m ²	27,0 €/m ²	32,4 €/m ²	41,8 €/m ²
MFH groß	Amort.	73,6 a	k. A.	37,1 a	26,0 a	70,0 a	k. A.	34,4 a	23,4 a
	Deckf.	39,8 €/m ²		9,0 €/m ²		36,5 €/m ²		5,6 €/m ²	

keine

keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr

k. A.

System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar

9.1.7 Betrachtung einer Variante, die als Ausgangsjahr 2020 zugrunde legt

Sowohl die Auswertungen zur Kostenoptimalität (Kapitel 6) als auch die Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit (Kapitel 7) gehen von dem Jahr 2015 als Ausgangsjahr der Betrachtung (Zeitpunkt der Investition) aus. Hieraus resultiert für die Berechnungen der Wohngebäude der Betrachtungszeitraum 2015 bis 2045. In Kapitel 5 werden die zugrunde gelegten Berechnungsrandbedingungen (Energiepreisniveau, Investitionskosten für bauliche und anlagentechnische Maßnahmen, Prognosen zur Energiepreisentwicklung usw.) dieser Auswertungen beschrieben. Begründet wird die Wahl des Ausgangsjahres 2015 mit der Unsicherheit in Bezug auf die bis zum Zeitpunkt des Inkrafttretens einer fortgeschriebenen Energieeinsparverordnung nur bedingt vorhersehbaren Entwicklungen der Berechnungsrandbedingungen, insbesondere der Investitionskosten und Energiepreise.

Die in diesem Abschnitt beschriebenen Auswertungen berücksichtigen Berechnungsrandbedingungen (Investitionskosten und Energiepreise), die auf ein Preisniveau 2020 hochgerechnet werden. Für die Hochrechnung der Investitionskosten vom Preisniveau 2015 auf das Preisniveau 2020 werden nach [27] folgende Inflationsraten berücksichtigt:

- 2015 -> 2016: 1,0 %
- 2016 -> 2017: 1,7 %
- 2017 -> 2020: 2,0 % p.a.

Ferner wird ein inflationsbereinigter mittlerer Baupreisindex von 2,0 % p.a. zugrunde gelegt. In Absprache mit dem Auftraggeber werden die Energiepreise 2020 wie folgt angesetzt:

- Gas: 9,04 ct/kWh
- Biomasse: 6,45 ct/kWh
- Strom: 30,34 ct/kWh

Bei sämtlichen Berechnungen bleiben energetisch relevante Berechnungsrandbedingungen (Klima, Primärenergiefaktoren, etc.) unverändert. Tabelle 9-13 bis Tabelle 9-15 zeigen den Vergleich der Auswertungen für die Ausgangsjahre 2015 und 2020.

Tabelle 9-13: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q_p 55 % H_{T'} 85 %. Berechnung für Ausgangsjahr Preisniveau 2020. Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerung Bundesregierung

Niveau		Q _p 55 % H _{T'} 85 % (Ausgangsjahr 2015)				Q _p 55 % H _{T'} 85 % (Ausgangsjahr 2020)			
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.	50,8 a	16,5 a	19,9 a	> 100 a	46,7 a	9,0 a	14,9 a	> 100 a
	Deckf.	48,0 €/m ²			95,9 €/m ²	50,6 €/m ²			119,0 €/m ²
EFH klein ohne Keller	Amort.	51,6 a	8,9 a	21,4 a	keine	47,0 a	5,0 a	16,0 a	keine
	Deckf.	57,2 €/m ²				59,6 €/m ²			
EFH groß mit Keller	Amort.	53,3 a	27,6 a	20,8 a	72,0 a	49,7 a	13,9 a	15,2 a	85,4 a
	Deckf.	51,4 €/m ²			39,3 €/m ²	56,2 €/m ²			52,6 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	73,4 a	7,1 a	21,5 a	keine	65,1 a	4,1 a	15,6 a	keine
	Deckf.	83,8 €/m ²				92,0 €/m ²			
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	91,7 a	31,5 a	26,7 a	keine	80,4 a	17,9 a	17,9 a	keine
	Deckf.	85,8 €/m ²	3,3 €/m ²			96,1 €/m ²			
MFH klein	Amort.	69,1 a	41,2 a	43,4 a	> 100 a	55,0 a	22,0 a	26,9 a	> 100 a
	Deckf.	42,6 €/m ²	14,3 €/m ²	21,1 €/m ²	53,0 €/m ²	41,3 €/m ²			69,6 €/m ²
MFH groß	Amort.	63,2 a	k. A.	25,4 a	29,4 a	50,7 a	k. A.	17,2 a	35,0 a
	Deckf.	35,4 €/m ²				33,2 €/m ²			5,7 €/m ²

keine	keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr
k. A.	System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar

Tabelle 9-14: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q_p 55 % H_{T'} 85 %. Berechnung für Ausgangsjahr Preisniveau 2020. Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerung EU

Niveau		Q _p 55 % H _{T'} 85 % (Ausgangsjahr 2015)				Q _p 55 % H _{T'} 85 % (Ausgangsjahr 2020)			
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.	36,0 a	8,5 a	12,8 a	79,7 a	33,8 a	5,8 a	10,4 a	89,2 a
	Deckf.	15,9 €/m ²			72,0 €/m ²	11,5 €/m ²			92,5 €/m ²
EFH klein ohne Keller	Amort.	36,1 a	4,7 a	13,8 a	> 100 a	33,7 a	3,2 a	11,2 a	> 100 a
	Deckf.	19,3 €/m ²			194,9 €/m ²	13,5 €/m ²			240,8 €/m ²
EFH groß mit Keller	Amort.	38,5 a	13,2 a	13,1 a	42,9 a	36,5 a	8,7 a	10,5 a	49,1 a
	Deckf.	22,2 €/m ²			17,4 €/m ²	20,6 €/m ²			28,4 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	49,8 a	3,8 a	13,6 a	keine	45,7 a	2,7 a	10,9 a	keine
	Deckf.	53,7 €/m ²				55,2 €/m ²			
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	61,6 a	16,7 a	16,0 a	> 100 a	56,0 a	11,7 a	12,2 a	> 100 a
	Deckf.	63,1 €/m ²			101,5 €/m ²	68,4 €/m ²			126,6 €/m ²
MFH klein	Amort.	41,2 a	20,8 a	24,2 a	79,3 a	35,6 a	14,1 a	17,7 a	> 100 a
	Deckf.	18,7 €/m ²			38,7 €/m ²	11,9 €/m ²			54,7 €/m ²
MFH groß	Amort.	38,2 a	k. A.	15,1 a	19,9 a	33,1 a	k. A.	11,6 a	23,0 a
	Deckf.	12,3 €/m ²				4,7 €/m ²			

keine	keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr
k. A.	System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar

Tabelle 9-15: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q_p 55 % H_T' 85 %. Berechnung für Ausgangsjahr Preisniveau 2020. Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerung „1 Prozent“

Niveau System	Q_p 55 % H_T' 85 % (Ausgangsjahr 2015)				Q_p 55 % H_T' 85 % (Ausgangsjahr 2020)				
	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.	54,3 a	35,8 a	26,1 a	> 100 a	49,4 a	11,8 a	17,3 a	> 100 a
	Deckf.	52,3 €/m ²	4,5 €/m ²		90,4 €/m ²	55,3 €/m ²			111,9 €/m ²
EFH klein ohne Keller	Amort.	54,9 a	18,8 a	28,1 a	> 100 a	49,5 a	6,5 a	18,6 a	keine
	Deckf.	61,8 €/m ²			keine Angabe	64,7 €/m ²			
EFH groß mit Keller	Amort.	57,0 a	78,4 a	28,0 a	60,4 a	52,6 a	18,6 a	17,8 a	68,8 a
	Deckf.	55,6 €/m ²	20,8 €/m ²		34,4 €/m ²	60,7 €/m ²			46,1 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	79,5 a	14,0 a	29,0 a	keine	69,5 a	5,2 a	18,4 a	keine
	Deckf.	88,1 €/m ²				96,8 €/m ²			
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	> 100 a	62,8 a	40,0 a	keine	87,3 a	22,9 a	21,7 a	keine
	Deckf.	89,8 €/m ²	19,3 €/m ²	10,9 €/m ²		100,5 €/m ²			
MFH klein	Amort.	79,2 a	94,9 a	74,8 a	> 100 a	60,6 a	28,8 a	33,9 a	> 100 a
	Deckf.	46,7 €/m ²	32,6 €/m ²	38,0 €/m ²	47,4 €/m ²	45,7 €/m ²		9,5 €/m ²	62,5 €/m ²
MFH groß	Amort.	73,6 a	k. A.	37,1 a	26,0 a	56,5 a	k. A.	20,7 a	30,0 a
	Deckf.	39,8 €/m ²		9,0 €/m ²		38,0 €/m ²			

keine keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr

k. A. System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar

Die Auswertungen zum Ausgangsjahr 2020 zeigen im Vergleich zum Ausgangsjahr 2015 für die Systemvarianten der Gas-BW-Kessel und der Wärmepumpen verkürzte Amortisationszeiten und im Fall der Systemvarianten Pelletkessel erhöhte Amortisationszeiten. Die verkürzten Amortisationszeiten sind im Fall der Gas-BW-Varianten darauf zurückzuführen, dass bei im Vergleich zum Ausgangsjahr 2015 erhöhten Investitionskosten gleichzeitig erhöhte Energiebezugskosten zum Tragen kommen. Im Fall der Varianten der Wärmepumpen können gegenüber den Varianten der Gas-BW-Kessel nochmals deutlich geringere Amortisationszeiten festgestellt werden. Dies ist auf das veränderte Verhältnis Gaspreis zu Strompreis zurückzuführen, woraus sich im Fall der Wärmepumpenvarianten ein deutlich größeres Einsparpotenzial der Energiekosten im Vergleich zur Bezugsvariante ergibt. Der gegenteilige Effekt kann für die Systeme der Pelletkessel festgestellt werden: das veränderte Verhältnis der Energiepreise Gas zu Pellet führt hier zu einem vergleichsweise geringeren Energiekosteneinsparungen, es resultieren somit längere Amortisationszeiten.

9.2 Auswertungen Nichtwohngebäude

9.2.1 Monovalente Erzeugung Büro klein und KiTa

Für die Bildung der Systemvarianten der Nichtwohngebäude werden sowohl bei den Auswertungen zur Kostenoptimalität (Kapitel 6) als auch bei den Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit (Kapitel 7) technische Systeme zur Wärmebereitstellung angenommen, bei denen ein Grundlast- und ein Spitzenlastkessel eingesetzt werden (Ausnahme Varianten Sole/Wasser-Wärmepumpe ohne zusätzlichen Spitzenlastkessel). Hierbei erfolgt die anteilige Wärmebereitstellung zu jeweils gleichen Teilen. Für die Auslegung der Anlagengrößen wird ausgehend von einer Heizlastberechnung ein Leistungsverhältnis Grundlast zu Spitzenlast von 20 % zu 80 % unterstellt. Abweichend von vorbeschriebener Systemkonfiguration folgen in Tabelle 9-16 bis Tabelle 9-18 Auswertungen, für die eine monovalente Wärmeerzeugung erfolgt. Diese Auswertungen beschränken sich auf die vergleichsweise kleinen Nichtwohngebäude Büro klein und Kindertagesstätte.

Tabelle 9-16: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge (Büro klein und Kita), Gegenüberstellung bivalenter und monovalenter Wärmeerzeugung. Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung Bundesregierung

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	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel
Büro klein,nicht gekühlt	Amortisationsz.	> 100 a	46,3 a	keine	22,8 a	36,9 a	51,1 a	keine	19,1 a	Auf. n. möglich	Auf. n. möglich	56,2 a
	Deckungsfehlb.	22,3 €/m ²	17,5 €/m ²		1,5 €/m ²	29,3 €/m ²	68,5 €/m ²					38,2 €/m ²
Kindertagesstätte	Amortisationsz.	keine	7,2 a	16,9 a	27,9 a	46,1 a	6,8 a	16,9 a	27,9 a	25,5 a	12,2 a	15,4 a
	Deckungsfehlb.				9,3 €/m ²	20,8 €/m ²			9,3 €/m ²	15,2 €/m ²		4,0 €/m ²

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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Büro klein,nicht gekühlt	Amortisationsz.	keine	k. A.	keine	40,9 a	79,6 a	k. A.	keine	40,9 a	Auf. n. möglich	k. A.	54,5 a
	Deckungsfehlb.				22,5 €/m ²	100,4 €/m ²			22,5 €/m ²			36,9 €/m ²
Kindertagesstätte	Amortisationsz.	keine	k. A.	16,9 a	38,8 a	98,3 a	k. A.	16,9 a	38,8 a	51,7 a	k. A.	15,4 a
	Deckungsfehlb.	keine Angabe			41,0 €/m ²	102,5 €/m ²			41,0 €/m ²	96,6 €/m ²		33,9 €/m ²

keine keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr

Auf. n. möglich Niveau kann durch System nicht erreicht werden

k. A. System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar

Tabelle 9-17: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge (Büro klein und Kita), Gegenüberstellung bivalenter und monovalenter Wärmeerzeugung. 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	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel
Büro klein,nicht gekühlt	Amortisationsz.	> 100 a	26,3 a	80,4 a	16,0 a	30,9 a	39,2 a	80,4 a	15,4 a	Auf. n. möglich	Auf. n. möglich	30,5 a
	Deckungsfehlb.	20,5 €/m ²	6,7 €/m ²	33,8 €/m ²		20,5 €/m ²	53,4 €/m ²	33,8 €/m ²				20,7 €/m ²
Kindertagesstätte	Amortisationsz.	keine	4,6 a	11,9 a	20,2 a	33,4 a	5,0 a	11,9 a	20,2 a	21,0 a	9,7 a	11,2 a
	Deckungsfehlb.				0,2 €/m ²	13,7 €/m ²			0,2 €/m ²	0,5 €/m ²		

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	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Büro klein,nicht gekühlt	Amortisationsz.	> 100 a	k. A.	76,8 a	28,7 a	62,6 a	k. A.	76,8 a	28,7 a	Auf. n. möglich	k. A.	29,8 a
	Deckungsfehlb.	60,6 €/m ²		32,5 €/m ²	11,8 €/m ²	89,5 €/m ²		32,5 €/m ²	11,8 €/m ²			19,4 €/m ²
Kindertagesstätte	Amortisationsz.	keine	k. A.	11,9 a	27,3 a	67,2 a	k. A.	11,9 a	27,3 a	40,5 a	k. A.	11,2 a
	Deckungsfehlb.	keine Angabe			20,2 €/m ²	88,9 €/m ²			20,2 €/m ²	76,9 €/m ²		11,6 €/m ²

keine keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr

Auf. n. möglich Niveau kann durch System nicht erreicht werden

k. A. System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar

Tabelle 9-18: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge (Büro klein und Kita), Gegenüberstellung bivalenter und monovalenter Wärmeerzeugung. Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung „1 Prozent“

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	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.	> 100 a	> 100 a	keine	20,4 a	37,8 a	60,9 a	keine	18,7 a	Auf. n. möglich	Auf. n. möglich	> 100 a
	Deckungsfehlb.	22,5 €/m ²	25,4 €/m ²		0,4 €/m ²	30,1 €/m ²	74,9 €/m ²					50,4 €/m ²
Kindertagesstätte	Amortisationsz.	keine	12,2 a	22,2 a	24,8 a	46,3 a	8,7 a	22,2 a	24,8 a	25,8 a	14,0 a	19,2 a
	Deckungsfehlb.			8,0 €/m ²	6,6 €/m ²	21,0 €/m ²		8,0 €/m ²	6,6 €/m ²	16,0 €/m ²		2,2 €/m ²

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	BHKW	-	-	-	BHKW	-	-	-	BHKW	-	-	-
2. Wärmeerzeuger	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Büro klein,nicht gekühlt	Amortisationsz.	keine	k. A.	keine	36,0 a	81,2 a	k. A.	keine	36,0 a	Auf. n. möglich	k. A.	> 100 a
	Deckungsfehlb.	keine Angabe			19,9 €/m ²	101,0 €/m ²		19,9 €/m ²				49,1 €/m ²
Kindertagesstätte	Amortisationsz.	keine	k. A.	22,2 a	34,4 a	> 100 a	k. A.	22,2 a	34,4 a	52,6 a	k. A.	19,2 a
	Deckungsfehlb.			8,0 €/m ²	36,0 €/m ²	103,1 €/m ²		8,0 €/m ²	36,0 €/m ²	97,8 €/m ²		29,2 €/m ²

keine keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrosten pro Jahr
Ausf. n. möglich Niveau kann durch System nicht erreicht werden
k. A. System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar

Den Auswertungen in Tabelle 9-16 bis Tabelle 9-18 kann entnommen werden, dass sich aus dem Verzicht auf einen Spitzenlastkessel und damit einhergehender Kosteneinsparung im Fall der Niveaus Q_p 75 % Ü 80 % und Q_p 65 % Ü 80 % keine Verbesserungen der Wirtschaftlichkeit ergeben. Für das Niveau Q_p 55 % Ü 70 % können teilweise verkürzte Amortisationszeiten festgestellt werden.

9.2.2 Energieträger: Ansatz von Grund- und Arbeitspreisen anstelle von Mischpreisen

Zur Kostenbewertung der fallweise ermittelten Energiebedarfe werden den Auswertungen zur Kostenoptimalität in Kapitel 6 und zur Wirtschaftlichkeit in Kapitel 7 die in Tabelle 5-12 dokumentierten Energiepreise zugrunde gelegt. Hierbei handelt es sich für die Energieträger Gas und Strom um Mischpreise, die in Anlehnung an [22] in Abstimmung mit dem Auftraggeber für die Berechnungen festgelegt wurden. Zu den als Mischpreise angegebenen Energiekosten wird in [22] eine Gas-Abnahmemenge in Höhe von 1.600 kWh pro Monat und eine Strom-Abnahmemenge von 325 kWh pro Monat angegeben. Weicht die tatsächliche Bedarfsmenge erheblich von den vorgenannten Abnahmemengen ab, kann es vor dem Hintergrund einer fallweise ggf. gewünschten genaueren Auswertung sinnvoll sein, die gegebenen Mischpreise für die Bewertung anteilig in Grund- und Arbeitspreise aufzuteilen, da der anteilige Einfluss von Grundpreisen mit Abnahme des tatsächlichen Energiebedarfs an Bedeutung zunimmt. Demgegenüber reduziert sich der anteilige Einfluss der Grundpreise bei steigenden Energiebedarfen.

Für die folgenden Auswertungen wurden als Grundpreise folgende Annahmen getroffen:

- Grundpreis Gas: 120 € pro Jahr
- Grundpreis Strom: 96 € pro Jahr

Die Darstellung der Auswertungen unter Ansatz von Grund- und Arbeitspreisen erfolgt in Tabelle 9-19 bis Tabelle 9-21 für die Niveaus Q_p 75 % Ü 80 %, Q_p 65 % Ü 80 % und Q_p 55 % Ü 70 % sowie für die drei unterschiedlichen Preissteigerungsszenarien. Auf die Auswertungen der Fertigungshallen wird an dieser Stelle verzichtet. Die korrespondierenden Auswertungen unter Ansatz von Mischpreisen sind Tabelle 7-18 (Seite 87, Preissteigerung Bundesregierung), Tabelle 7-23 (Seite 90, Preissteigerung EU) und Tabelle 7-25 (Seite 91, Preissteigerung 1 Prozent) zu entnehmen.

Für Systemvarianten, bei denen die tatsächlichen jährlichen Energiebedarfe kleiner sind als die für die Mischpreise zugrunde gelegten mittleren Abnahmemengen (Gas: 19.200 kWh;

Strom: 3.900 kWh/a) ergeben sich gegenüber dem Mischpreisansatz längere Amortisationszeiten, da der anteilige Einfluss der Grundpreise bei niedrigeren Bedarfen im Mischpreis unterbewertet wird. Eine Reduzierung der Amortisationszeiten stellt sich gegenüber dem Mischpreisansatz bei den Systemvarianten ein, bei denen die tatsächlichen Energiebedarfe über den mittleren Abnahmemengen liegen.

Tabelle 9-19: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten (ohne Fertigungshallen), Ansatz von Grund- und Arbeitspreisen anstelle von Mischpreisen, Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung Bundesregierung

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	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	
Büro klein, nicht gekühlt	Amortisationsz.	keine	38,0 a	> 100 a	83,9 a	48,0 a	56,7 a	> 100 a	28,9 a	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	47,3 a	51,9 a
	Deckungsfehlb.		14,7 €/m ²	39,3 €/m ²	8,6 €/m ²	37,2 €/m ²	72,6 €/m ²	39,3 €/m ²	9,4 €/m ²			34,3 €/m ²	62,2 €/m ²
Büro groß, gekühlt	Amortisationsz.	> 100 a	k. A.	11,0 a	92,5 a	Ausf. n. möglich	k. A.	25,1 a	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	k. A.	39,3 a	Ausf. n. möglich
	Deckungsfehlb.		98,4 €/m ²			28,0 €/m ²			7,5 €/m ²			51,1 €/m ²	
Kindertagesstätte	Amortisationsz.	keine	6,7 a	17,8 a	91,7 a	99,0 a	7,3 a	17,8 a	91,7 a	35,6 a	14,0 a	16,6 a	36,8 a
	Deckungsfehlb.				25,6 €/m ²	29,3 €/m ²			25,6 €/m ²	30,3 €/m ²			24,6 €/m ²
Schule	Amortisationsz.	System n. betrachtet	k. A.	keine	keine	System n. betrachtet	k. A.	keine	40,8 a	System n. betrachtet	k. A.	75,1 a	48,2 a
	Deckungsfehlb.											30,4 €/m ²	33,7 €/m ²
Hotel groß, gekühlt	Amortisationsz.	32,6 a	k. A.	12,0 a	keine	System n. betrachtet	k. A.	27,4 a	keine	System n. betrachtet	k. A.	System n. betrachtet	55,3 a
	Deckungsfehlb.		25,6 €/m ²						24,6 €/m ²				22,1 €/m ²
Verbrauchermarkt	Amortisationsz.	System n. betrachtet	39,9 a	66,1 a	53,4 a	System n. betrachtet	51,2 a	30,1 a	61,2 a	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	32,4 a	Ausf. n. möglich
	Deckungsfehlb.		26,8 €/m ²	18,4 €/m ²	24,9 €/m ²			75,7 €/m ²	17,1 €/m ²	80,8 €/m ²			34,1 €/m ²

keine keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr
Ausf. n. möglich Niveau kann durch System nicht erreicht werden
k. A. System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar

Tabelle 9-20: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten (ohne Fertigungshallen), Ansatz von Grund- und Arbeitspreisen anstelle von Mischpreisen, 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	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	
Büro klein, nicht gekühlt	Amortisationsz.	> 100 a	25,0 a	46,6 a	41,9 a	39,9 a	44,4 a	46,6 a	22,9 a	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	29,6 a	43,0 a
	Deckungsfehlb.		22,7 €/m ²	5,5 €/m ²	25,9 €/m ²	5,6 €/m ²	30,4 €/m ²	60,4 €/m ²	25,9 €/m ²	2,8 €/m ²		19,5 €/m ²	52,4 €/m ²
Büro groß, gekühlt	Amortisationsz.	> 100 a	k. A.	5,9 a	65,8 a	Ausf. n. möglich	k. A.	17,0 a	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	k. A.	30,9 a	Ausf. n. möglich
	Deckungsfehlb.		94,3 €/m ²			24,6 €/m ²						36,8 €/m ²	
Kindertagesstätte	Amortisationsz.	keine	4,7 a	12,9 a	50,3 a	60,0 a	5,6 a	12,9 a	50,3 a	28,7 a	11,2 a	12,4 a	28,1 a
	Deckungsfehlb.					19,2 €/m ²	23,9 €/m ²			19,2 €/m ²	19,1 €/m ²		14,0 €/m ²
Schule	Amortisationsz.	System n. betrachtet	k. A.	67,2 a	keine	System n. betrachtet	k. A.	67,2 a	33,0 a	System n. betrachtet	k. A.	42,4 a	40,4 a
	Deckungsfehlb.			17,3 €/m ²					17,3 €/m ²	9,8 €/m ²		22,0 €/m ²	28,4 €/m ²
Hotel groß, gekühlt	Amortisationsz.	31,5 a	k. A.	9,2 a	keine	System n. betrachtet	k. A.	23,0 a	keine	System n. betrachtet	k. A.	System n. betrachtet	39,3 a
	Deckungsfehlb.		21,7 €/m ²						9,3 €/m ²				16,0 €/m ²
Verbrauchermarkt	Amortisationsz.	System n. betrachtet	31,4 a	29,7 a	42,9 a	System n. betrachtet	42,5 a	22,2 a	51,2 a	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	26,2 a	Ausf. n. möglich
	Deckungsfehlb.		19,0 €/m ²	8,8 €/m ²	20,7 €/m ²			65,1 €/m ²	5,5 €/m ²	72,1 €/m ²			21,3 €/m ²

keine keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr
Ausf. n. möglich Niveau kann durch System nicht erreicht werden
k. A. System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar

Tabelle 9-21: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten (ohne Fertigungshallen), Ansatz von Grund- und Arbeitspreisen anstelle von Mischpreisen, Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung „1 Prozent“

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	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	
Büro klein, nicht gekühlt	Amortisationsz.	keine	60,9 a	keine	58,1 a	49,2 a	65,3 a	keine	28,0 a	Auf. n. möglich	Auf. n. möglich	78,1 a
	Deckungsfehlb.		20,5 €/m ²		7,4 €/m ²	37,8 €/m ²	77,4 €/m ²		8,8 €/m ²			43,3 €/m ²
Büro groß, gekühlt	Amortisationsz.	> 100 a	k. A.	23,3 a	75,8 a	Auf. n. möglich	k. A.	32,8 a	Auf. n. möglich	Auf. n. möglich	k. A.	42,7 a
	Deckungsfehlb.	99,0 €/m ²		1,2 €/m ²	26,3 €/m ²			13,2 €/m ²				54,5 €/m ²
Kindertagesstätte	Amortisationsz.	keine	9,3 a	21,9 a	66,1 a	> 100 a	8,8 a	21,9 a	66,1 a	36,1 a	15,6 a	19,8 a
	Deckungsfehlb.			7,0 €/m ²	22,9 €/m ²	29,4 €/m ²		7,0 €/m ²	22,9 €/m ²	31,0 €/m ²		
Schule	Amortisationsz.	System n. betrachtet	k. A.	keine	keine	System n. betrachtet	k. A.	keine	37,8 a	System n. betrachtet	k. A.	> 100 a
	Deckungsfehlb.											35,6 €/m ²
Hotel groß, gekühlt	Amortisationsz.	28,0 a	k. A.	14,0 a	keine	System n. betrachtet	k. A.	28,2 a	keine	System n. betrachtet	k. A.	System n. betrachtet
	Deckungsfehlb.	19,2 €/m ²							25,8 €/m ²			41,8 a
Verbrauchermarkt	Amortisationsz.	System n. betrachtet	43,8 a	> 100 a	49,0 a	System n. betrachtet	53,4 a	35,3 a	61,1 a	System n. betrachtet	Auf. n. möglich	34,5 a
	Deckungsfehlb.		28,8 €/m ²	25,2 €/m ²	23,5 €/m ²		77,1 €/m ²	21,2 €/m ²	80,5 €/m ²			36,4 €/m ²

keine keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr
Auf. n. möglich Niveau kann durch System nicht erreicht werden
k. A. System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar

9.2.3 Gegenüberstellung mit/ohne WP-Tarif Strom

Die zur Bewertung der Kostenoptimalität (Kapitel 6) und zur Wirtschaftlichkeit (Kapitel 7) angestellten Berechnungen unterstellen einen Strom-Sondertarif für die gebildeten Systemvarianten mit Wärmepumpen. Für die Energiekostenermittlung wird in diesen Fällen unterschieden zwischen dem Strombedarf für die Wärmebereitstellung und dem Strombedarf für Hilfsenergien. Gegenüber dem in Tabelle 5-12 genannten Strom-Normaltarif wird der Strombedarf für die Wärmebereitstellung mit einem um 0,05 €/kWh reduzierten Energiepreis angesetzt. Hiernach gelten die in Kapitel 7 dokumentierten Bewertungen nur unter der Voraussetzung der Verfügbarkeit eines Wärmepumpentarifs. Tabelle 9-22 bis Tabelle 9-24 stellen die Ergebnisse von Berechnungen mit und ohne Wärmepumpentarif für das Niveau Q_p 55 % H_T' 85 % dar.

Tabelle 9-22: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge (ohne Fertigungshallen), Berechnungen ohne Wärmepumpentarif, Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung Bundesregierung

Niveau		Q_p 75 % \bar{U} 80 % [EnEV 2016]				Q_p 65 % \bar{U} 80 %				Q_p 55 % \bar{U} 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.	keine	50,9 a	keine	83,9 a	48,0 a	61,7 a	keine	28,9 a	Auf. n. möglich	Auf. n. möglich	63,8 a	51,9 a
	Deckungsfehlb.		18,7 €/m²		8,6 €/m²	37,2 €/m²	75,8 €/m²		9,4 €/m²			40,4 €/m²	62,2 €/m²
Büro groß, gekühlt	Amortisationsz.	> 100 a	k. A.	25,5 a	92,5 a	Auf. n. möglich	k. A.	34,0 a	Auf. n. möglich	Auf. n. möglich	k. A.	43,7 a	Auf. n. möglich
	Deckungsfehlb.	98,4 €/m²		1,8 €/m²	28,0 €/m²			14,2 €/m²				56,3 €/m²	
Kindertagesstätte	Amortisationsz.	keine	8,2 a	20,0 a	91,7 a	99,0 a	8,1 a	20,0 a	91,7 a	35,6 a	14,9 a	18,3 a	36,8 a
	Deckungsfehlb.			2,1 €/m²	25,6 €/m²	29,3 €/m²		2,1 €/m²	25,6 €/m²	30,3 €/m²			24,6 €/m²
Schule	Amortisationsz.	System n. betrachtet	k. A.	keine	keine	System n. betrachtet	k. A.	keine	40,8 a	System n. betrachtet	k. A.	> 100 a	48,2 a
	Deckungsfehlb.								13,2 €/m²			34,2 €/m²	33,7 €/m²
Hotel groß, gekühlt	Amortisationsz.	32,6 a	k. A.	13,8 a	keine	System n. betrachtet	k. A.	28,6 a	keine	System n. betrachtet	k. A.	System n. betrachtet	55,3 a
	Deckungsfehlb.	25,6 €/m²						27,2 €/m²					22,1 €/m²
Verbrauchermarkt	Amortisationsz.	System n. betrachtet	42,7 a	> 100 a	53,4 a	System n. betrachtet	52,6 a	34,4 a	61,2 a	System n. betrachtet	Auf. n. möglich	34,2 a	Auf. n. möglich
	Deckungsfehlb.		28,5 €/m²	23,4 €/m²	24,9 €/m²		77,0 €/m²	21,0 €/m²	80,8 €/m²			36,8 €/m²	

keine keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr
Auf. n. möglich Niveau kann durch System nicht erreicht werden
k. A. System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar

Tabelle 9-23: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge (ohne Fertigungshallen), Berechnungen ohne Wärmepumpentarif, Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung EU

Niveau		Q_p 75 % \bar{U} 80 % [EnEV 2016]				Q_p 65 % \bar{U} 80 %				Q_p 55 % \bar{U} 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.	> 100 a	30,4 a	80,3 a	41,9 a	39,9 a	47,6 a	80,3 a	22,9 a	Auf. n. möglich	Auf. n. möglich	35,7 a	43,0 a
	Deckungsfehlb.	22,7 €/m²	9,9 €/m²	33,8 €/m²	5,6 €/m²	30,4 €/m²	63,8 €/m²	33,8 €/m²	2,8 €/m²			26,1 €/m²	52,4 €/m²
Büro groß, gekühlt	Amortisationsz.	> 100 a	k. A.	8,8 a	65,8 a	Auf. n. möglich	k. A.	21,0 a	Auf. n. möglich	Auf. n. möglich	k. A.	33,8 a	Auf. n. möglich
	Deckungsfehlb.	94,3 €/m²			24,6 €/m²			2,1 €/m²				42,4 €/m²	
Kindertagesstätte	Amortisationsz.	keine	5,4 a	14,2 a	50,3 a	60,0 a	6,1 a	14,2 a	50,3 a	28,7 a	11,8 a	13,4 a	28,1 a
	Deckungsfehlb.				19,2 €/m²	23,9 €/m²			19,2 €/m²	19,1 €/m²			14,0 €/m²
Schule	Amortisationsz.	System n. betrachtet	k. A.	> 100 a	keine	System n. betrachtet	k. A.	> 100 a	33,0 a	System n. betrachtet	k. A.	54,1 a	40,4 a
	Deckungsfehlb.			21,9 €/m²				21,9 €/m²	9,8 €/m²			26,1 €/m²	28,4 €/m²
Hotel groß, gekühlt	Amortisationsz.	31,5 a	k. A.	10,2 a	keine	System n. betrachtet	k. A.	23,9 a	keine	System n. betrachtet	k. A.	System n. betrachtet	39,3 a
	Deckungsfehlb.	21,7 €/m²						12,2 €/m²					16,0 €/m²
Verbrauchermarkt	Amortisationsz.	System n. betrachtet	33,3 a	43,6 a	42,9 a	System n. betrachtet	43,6 a	24,7 a	51,2 a	System n. betrachtet	Auf. n. möglich	27,4 a	Auf. n. möglich
	Deckungsfehlb.		20,9 €/m²	14,3 €/m²	20,7 €/m²		66,4 €/m²	9,7 €/m²	72,1 €/m²			24,1 €/m²	

keine keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr
Auf. n. möglich Niveau kann durch System nicht erreicht werden
k. A. System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar

Tabelle 9-24: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge (ohne Fertigungshallen), Berechnungen ohne Wärmepumpentarif, Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung „1 Prozent“

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	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.	keine	> 100 a	keine	58,1 a	49,2 a	72,8 a	keine	28,0 a	Auf. n. möglich	Auf. n. möglich	> 100 a
	Deckungsfehlb.		24,8 €/m ²		7,4 €/m ²	37,8 €/m ²	80,9 €/m ²		8,8 €/m ²			50,1 €/m ²
Büro groß, gekühlt	Amortisationsz.	> 100 a	k. A.	keine	75,8 a	Auf. n. möglich	k. A.	52,3 a	Auf. n. möglich	Auf. n. möglich	k. A.	48,6 a
	Deckungsfehlb.	99,0 €/m ²			26,3 €/m ²			20,7 €/m ²				60,2 €/m ²
Kindertagesstätte	Amortisationsz.	keine	12,9 a	25,7 a	66,1 a	> 100 a	10,2 a	25,7 a	66,1 a	36,1 a	16,9 a	22,6 a
	Deckungsfehlb.			17,2 €/m ²	22,9 €/m ²	29,4 €/m ²		17,2 €/m ²	22,9 €/m ²	31,0 €/m ²		9,5 €/m ²
Schule	Amortisationsz.	System n. betrachtet	k. A.	keine	keine	System n. betrachtet	k. A.	keine	37,8 a	System n. betrachtet	k. A.	> 100 a
	Deckungsfehlb.								12,2 €/m ²			39,8 €/m ²
Hotel groß, gekühlt	Amortisationsz.	28,0 a	k. A.	16,7 a	keine	System n. betrachtet	k. A.	29,6 a	keine	System n. betrachtet	k. A.	System n. betrachtet
	Deckungsfehlb.	19,2 €/m ²						28,7 €/m ²				18,2 €/m ²
Verbrauchermarkt	Amortisationsz.	System n. betrachtet	47,6 a	keine	49,0 a	System n. betrachtet	55,1 a	42,1 a	61,1 a	System n. betrachtet	Auf. n. möglich	36,7 a
	Deckungsfehlb.		30,7 €/m ²		23,5 €/m ²		78,5 €/m ²	25,5 €/m ²	80,5 €/m ²			39,3 €/m ²

keine keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr
Auf. n. möglich Niveau kann durch System nicht erreicht werden
k. A. System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar

Werden die Systemvarianten der Wärmepumpen ohne den Wärmepumpentarif bewertet, ergeben sich erwartungsgemäß längere Amortisationsdauern. Im Vergleich zu den Auswertungen der Wohngebäude ergeben sich vergleichsweise geringer Erhöhungen der Amortisationszeiten, da im Fall der Nichtwohngebäude der Wärmepumpentarif nur mit 1,5 ct/kWh günstiger als der Normaltarif angenommen wird.

9.2.4 Betrachtung einer Variante, die als Ausgangsjahr 2020 zugrunde legt

Sowohl die Auswertungen zur Kostenoptimalität (Kapitel 6) als auch die Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit (Kapitel 7) gehen von dem Jahr 2015 als Ausgangsjahr der Betrachtung (Zeitpunkt der Investition) aus. Hieraus resultiert für die Berechnungen der Nichtwohngebäude der Betrachtungszeitraum 2015 bis 2035. In Kapitel 5 werden die zugrunde gelegten Berechnungsrandbedingungen (Energiepreisniveau, Investitionskosten für bauliche und anlagentechnische Maßnahmen, Prognosen zur Energiepreisentwicklung usw.) dieser Auswertungen beschrieben. Begründet wird die Wahl des Ausgangsjahres 2015 mit der Unsicherheit in Bezug auf die bis zum Zeitpunkt des Inkrafttretens einer fortgeschriebenen Energieeinsparverordnung nur bedingt vorhersehbaren Entwicklungen der Berechnungsrandbedingungen, insbesondere der Investitionskosten und Energiepreise.

Die in diesem Abschnitt beschriebenen Auswertungen berücksichtigen Berechnungsrandbedingungen (Investitionskosten und Energiepreise), die auf ein Preisniveau 2020 hochgerechnet werden. Für die Hochrechnung der Investitionskosten vom Preisniveau 2015 auf das Preisniveau 2020 werden nach [27] folgende Inflationsraten berücksichtigt:

- 2015 -> 2016: 1,0 %
- 2016 -> 2017: 1,7 %
- 2017 -> 2020: 2,0 % p.a.

Ferner wird ein inflationsbereinigter mittlerer Baupreisindex von 2,0 % p.a. zugrunde gelegt. In Absprache mit dem Auftraggeber werden die Energiepreise 2020 wie folgt angesetzt (Angabe der Preise inklusive MwSt.):

- Gas: 9,04 ct/kWh
- Biomasse: 6,45 ct/kWh
- Strom: 30,34 ct/kWh

Bei sämtlichen Berechnungen bleiben energetisch relevante Berechnungsrandbedingungen (Klima, Primärenergiefaktoren, etc.) unverändert. Tabelle 9-25 bis Tabelle 9-27 zeigen die Ergebnisse der Auswertungen zum Ausgangsjahr 2020. Der Vergleich dieser Auswertungen zu den Ergebnissen mit dem Bezugsjahr 2015 erfordert eine Gegenüberstellung zu den Auswertungen in Abschnitt 7.2.2.

Tabelle 9-25: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten (ohne Fertigungshallen), Berechnung für Ausgangsjahr Preisniveau 2020, Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung Bundesregierung

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	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel
Büro klein, nicht gekühlt	Amortisationsz.	> 100 a	13,0 a	16,2 a	24,9 a	30,0 a	29,1 a	16,2 a	17,0 a	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	15,4 a
	Deckungsfehlb.	24,4 €/m ²			2,7 €/m ²	26,0 €/m ²	43,6 €/m ²					47,5 €/m ²
Büro groß, gekühlt	Amortisationsz.	> 100 a	k. A.	2,2 a	41,0 a	Ausf. n. möglich	k. A.	8,2 a	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	k. A.	18,8 a
	Deckungsfehlb.	104,7 €/m ²			22,1 €/m ²							Ausf. n. möglich
Kindertagesstätte	Amortisationsz.	keine	2,6 a	8,1 a	29,4 a	32,6 a	3,5 a	8,1 a	29,4 a	20,5 a	7,6 a	8,0 a
	Deckungsfehlb.				12,5 €/m ²	17,1 €/m ²			12,5 €/m ²	2,5 €/m ²		
Schule	Amortisationsz.	System n. betrachtet	k. A.	17,2 a	67,2 a	System n. betrachtet	k. A.	17,2 a	23,5 a	System n. betrachtet	k. A.	19,4 a
	Deckungsfehlb.				2,5 €/m ²				4,8 €/m ²			23,5 €/m ²
Hotel groß, gekühlt	Amortisationsz.	22,9 a	k. A.	5,4 a	> 100 a	System n. betrachtet	k. A.	15,9 a	82,1 a	System n. betrachtet	k. A.	24,7 a
	Deckungsfehlb.	10,5 €/m ²			14,7 €/m ²				12,2 €/m ²			8,0 €/m ²
Verbrauchermarkt	Amortisationsz.	System n. betrachtet	20,6 a	11,8 a	30,1 a	System n. betrachtet	30,7 a	13,2 a	38,5 a	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	18,0 a
	Deckungsfehlb.		3,2 €/m ²		16,3 €/m ²		53,6 €/m ²		70,0 €/m ²			Ausf. n. möglich

keine keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr
Ausf. n. möglich Niveau kann durch System nicht erreicht werden
k. A. System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar

Tabelle 9-26: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten (ohne Fertigungshallen), Berechnung für Ausgangsjahr Preisniveau 2020, 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	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel
Büro klein, nicht gekühlt	Amortisationsz.	> 100 a	10,0 a	11,5 a	16,6 a	25,3 a	23,7 a	11,5 a	13,7 a	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	11,7 a
	Deckungsfehlb.	21,7 €/m ²			13,0 €/m ²	18,9 €/m ²						28,6 €/m ²
Büro groß, gekühlt	Amortisationsz.	> 100 a	k. A.	1,7 a	31,8 a	Ausf. n. möglich	k. A.	6,5 a	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	k. A.	15,6 a
	Deckungsfehlb.	96,8 €/m ²			15,3 €/m ²							Ausf. n. möglich
Kindertagesstätte	Amortisationsz.	keine	2,1 a	6,4 a	20,4 a	24,7 a	2,8 a	6,4 a	20,4 a	17,0 a	6,3 a	6,4 a
	Deckungsfehlb.				6,5 €/m ²							
Schule	Amortisationsz.	System n. betrachtet	k. A.	11,8 a	22,6 a	System n. betrachtet	k. A.	11,8 a	19,4 a	System n. betrachtet	k. A.	14,6 a
	Deckungsfehlb.				0,3 €/m ²							13,4 €/m ²
Hotel groß, gekühlt	Amortisationsz.	22,3 a	k. A.	4,4 a	36,0 a	System n. betrachtet	k. A.	13,6 a	30,9 a	System n. betrachtet	k. A.	19,0 a
	Deckungsfehlb.	3,3 €/m ²			7,4 €/m ²				5,0 €/m ²			
Verbrauchermarkt	Amortisationsz.	System n. betrachtet	16,9 a	8,7 a	24,8 a	System n. betrachtet	25,8 a	10,6 a	32,5 a	System n. betrachtet	Ausf. n. möglich	15,0 a
	Deckungsfehlb.				8,1 €/m ²		33,3 €/m ²		53,7 €/m ²			Ausf. n. möglich

keine keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr
Ausf. n. möglich Niveau kann durch System nicht erreicht werden
k. A. System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar

Tabelle 9-27: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten (ohne Fertigungshallen), Berechnung für Ausgangsjahr Preisniveau 2020, Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung „1 Prozent“

Niveau	Q_p 75 % \bar{U} 80 % [EnEV 2016]				Q_p 65 % \bar{U} 80 %				Q_p 55 % \bar{U} 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	nur Hotel: Gas-BW-Kessel	Gas-BW-Kessel	
Büro klein, nicht gekühlt	Amortisationsz.	> 100 a	15,2 a	21,2 a	21,1 a	30,7 a	31,7 a	21,2 a	16,6 a	Auf. n. möglich	Auf. n. möglich	18,1 a
	Deckungsfehlb.	24,8 €/m²		3,5 €/m²	0,9 €/m²	27,0 €/m²	50,0 €/m²	3,5 €/m²				47,7 €/m²
Büro groß, gekühlt	Amortisationsz.	> 100 a	k. A.	2,5 a	36,2 a	Auf. n. möglich	k. A.	8,9 a	Auf. n. möglich	Auf. n. möglich	k. A.	19,6 a
	Deckungsfehlb.	105,7 €/m²			19,4 €/m²							Auf. n. möglich
Kindertagesstätte	Amortisationsz.	keine	3,0 a	9,0 a	25,1 a	32,8 a	3,9 a	9,0 a	25,1 a	20,8 a	8,2 a	8,8 a
	Deckungsfehlb.				8,4 €/m²	17,5 €/m²			8,4 €/m²	3,9 €/m²		
Schule	Amortisationsz.	System n. betrachtet	k. A.	23,5 a	29,9 a	System n. betrachtet	k. A.	23,5 a	22,1 a	System n. betrachtet	k. A.	22,7 a
	Deckungsfehlb.			4,7 €/m²	1,2 €/m²			4,7 €/m²	3,3 €/m²			6,3 €/m²
Hotel groß, gekühlt	Amortisationsz.	19,8 a	k. A.	5,8 a	40,9 a	System n. betrachtet	k. A.	16,2 a	34,9 a	System n. betrachtet	k. A.	20,7 a
	Deckungsfehlb.				9,4 €/m²				7,0 €/m²			1,8 €/m²
Verbrauchermarkt	Amortisationsz.	System n. betrachtet	21,8 a	14,5 a	28,1 a	System n. betrachtet	31,6 a	14,2 a	38,5 a	System n. betrachtet	Auf. n. möglich	18,7 a
	Deckungsfehlb.		5,7 €/m²		14,1 €/m²		55,1 €/m²		69,4 €/m²			Auf. n. möglich

keine keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr
Auf. n. möglich Niveau kann durch System nicht erreicht werden
k. A. System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft + 50 kW nicht verfügbar

Analog zu den Auswertungen der Wohngebäude ergeben sich geringere Amortisationszeiten bei den Wärmepumpensystemen und tendenziell höhere Amortisationszeiten bei den Pelletsystemen.

9.3 Auswertungen zur Umstellung der Anforderung an die bauliche Ausführung auf H_T' anstelle von \bar{U} bei Nichtwohngebäuden

Für die in diesem Abschnitt angestellten Berechnungen werden exemplarisch die Systemvarianten Sole-Wärmepumpe der drei Modellgebäude Kita, Büro klein und Büro groß herangezogen. Bei einer Ausführung dieser Gebäude gemäß Anforderungen der EnEV 2014 Q_p 100 % \bar{U}_{max} 100 % (entspricht EnEV-Anforderung bis 31.12.2015) sowie für das betrachtete Niveau Q_p 75 % \bar{U}_{max} 80 % (entspricht EnEV-Anforderung ab 1.1.2016) wird die primärenergetische Anforderung bei einer baulichen Ausführung entsprechend der maximal zulässigen Wärmedurchgangskoeffizienten (\bar{U}_{max} nach EnEV 2014, Anlage 2, Tabelle 2) eingehalten. Somit kann für diese Varianten je Gebäude eine Gegenüberstellung des für die Referenzausführung bestimmten spezifischen Transmissionswärmeverlusts $H_{T'}$ Referenz zu dem für die Systemvariante resultierenden spezifischen Transmissionswärmeverlusts $H_{T'}$ Niveau erfolgen.

Im Fall der KiTa wird die primärenergetische Anforderung auch für die beiden übrigen betrachteten Niveaus Q_p 65 % \bar{U}_{max} 80 % und Q_p 55 % \bar{U}_{max} 70 % erfüllt, wenn fallweise eine Ausführung der Bauteile entsprechend der \bar{U}_{max} -Werte erfolgt. Auch für diese Varianten kann daher die zuvor beschriebene Gegenüberstellung der $H_{T'}$ -Werte erfolgen. Im Fall der beiden Bürogebäude kann diese Gegenüberstellung für die Niveaus Q_p 65 % \bar{U}_{max} 80 % und Q_p 55 % \bar{U}_{max} 70 % nicht erfolgen, da hier der maximal zulässige Primärenergiebedarf überschritten wird, wenn eine bauliche Ausführung entsprechend der \bar{U}_{max} -Werte zugrunde gelegt wird.

Für die drei betrachteten Modellgebäude sind die Auswertungen zum spezifischen Transmissionswärmeverlusts $H_{T'}$ bei baulicher Ausführung gemäß \bar{U}_{max} -Anforderungen in Tabelle 9-28, Tabelle 9-29 und Tabelle 9-30 zusammengestellt.

Tabelle 9-28: Auswertungen zum spezifischen Transmissionswärmeverlusts H_T' bei baulicher Ausführung gemäß \bar{U}_{max} -Anforderungen für das Modellgebäude Kita

Kita	\bar{U}_{opak} [W/(m ² K)]		$\bar{U}_{transparent}$ [W/(m ² K)]		H_T' [W/(m ² K)]		
Niveau	max.	Ist	max.	Ist	Referenz	Niveau	% von Referenz
Q _P 100 % \bar{U}_{max} 100 % (EnEV 2014)	0,350	0,350	1,900	1,900	0,374	0,536	143 %
Q _P 75 % \bar{U}_{max} 80 % (EnEV 2016)	0,280	0,279	1,500	1,500	0,374	0,454	121 %
Q _P 65 % \bar{U}_{max} 80 %	0,280	0,279	1,500	1,500	0,374	0,454	121 %
Q _P 55 % \bar{U}_{max} 70 %	0,240	0,238	1,300	1,300	0,374	0,392	105 %

Tabelle 9-29: Auswertungen zum spezifischen Transmissionswärmeverlusts H_T' bei baulicher Ausführung gemäß \bar{U}_{max} -Anforderungen für das Modellgebäude Büro klein

Büro klein	\bar{U}_{opak} [W/(m ² K)]		$\bar{U}_{transparent}$ [W/(m ² K)]		H_T' [W/(m ² K)]		
Niveau	max.	Ist	max.	Ist	Referenz	Niveau	% von Referenz
Q _P 100 % \bar{U}_{max} 100 % (EnEV 2014)	0,350	0,350	1,900	1,900	0,487	0,685	141 %
Q _P 75 % \bar{U}_{max} 80 % (EnEV 2016)	0,280	0,280	1,500	1,500	0,487	0,569	117 %
Q _P 65 % \bar{U}_{max} 80 %	Anforderung Q _P nicht erfüllt, wenn Ausführung Bauteile gemäß \bar{U}_{max}						
Q _P 55 % \bar{U}_{max} 70 %	Anforderung Q _P nicht erfüllt, wenn Ausführung Bauteile gemäß \bar{U}_{max}						

Tabelle 9-30: Auswertungen zum spezifischen Transmissionswärmeverlusts H_T' bei baulicher Ausführung gemäß \bar{U}_{max} -Anforderungen für das Modellgebäude Büro groß

Büro groß	\bar{U}_{opak} [W/(m ² K)]		$\bar{U}_{Vorhangfassade}$ [W/(m ² K)]		H_T' [W/(m ² K)]		
Niveau	max.	Ist	max.	Ist	Referenz	Niveau	% von Referenz
Q _P 100 % \bar{U}_{max} 100 % (EnEV 2014)	0,350	0,350	1,900	1,900	0,676	0,930	138 %
Q _P 75 % \bar{U}_{max} 80 % (EnEV 2016)	0,280	0,279	1,500	1,500	0,676	0,760	112 %
Q _P 65 % \bar{U}_{max} 80 %	Anforderung Q _P nicht erfüllt, wenn Ausführung Bauteile gemäß \bar{U}_{max}						
Q _P 55 % \bar{U}_{max} 70 %	Anforderung Q _P nicht erfüllt, wenn Ausführung Bauteile gemäß \bar{U}_{max}						

Bezogen auf die Auswertungen zum Niveau EnEV 2014 ergeben sich bei Ausführung der Bauteile gemäß \bar{U}_{max} -Anforderungen spezifische Transmissionswärmeverluste H_T' , die zwischen 38 % (Büro groß) und 43 % (KiTa) über den H_T' -Werten der entsprechenden Referenzausführung liegen. Im Fall der Auswertungen zum Niveau EnEV 2016 ergeben sich Überschreitungen der für die Referenz bestimmten H_T' -Werte zwischen 12 % (Büro groß) und 21 % (KiTa). Die fallweise unterschiedlichen prozentualen Überschreitungen der jeweils für die Referenzausführung ermittelten H_T' -Werte sind in erster Linie auf die gebäudespezifisch unterschiedlichen Verhältnisse von transparenten zu opaken Bauteilflächen zurückzuführen.

Die für die drei Modellgebäude angestellten Berechnungen zeigen somit, dass

- die \bar{U}_{max} -Anforderungen gemäß EnEV 2014 (bis 31.12.2015) zu spezifischen Transmissionswärmeverlusten H_T' führen, die dem 1,38-fachen bis 1,43-fachen des Referenzgebäudes entsprechen;
- die \bar{U}_{max} -Anforderungen gemäß EnEV 2016 (ab 1.1.2016) zu spezifischen Transmissionswärmeverlusten H_T' führen, die dem 1,12-fachen bis 1,21-fachen des Referenzgebäudes entsprechen;

- das Verhältnis der transparenten zu den opaken Bauteilflächen für die relative Veränderung des H_T' -Wertes der Referenz im Vergleich zur jeweils betrachteten Variante entscheidenden Einfluss hat und deshalb
- die Erarbeitung eines Vorschlags zur Umstellung der Nebenanforderung bei Nichtwohngebäuden auf den (faktorisierten) spezifischen Transmissionswärmeverlust H_T' der Referenzausführung eine weitergehende Untersuchungen erfordert, in die eine hinreichende Anzahl von Gebäudetypen mit unterschiedlichen Fensterflächenanteilen einbezogen wird.

10 Anforderungen an Bestandsgebäude (AS 8)

10.1 Energetische Qualität von Außenbauteilen

10.1.1 Berechnungsmethode

Die Berechnung der möglichen Energieeinsparpotentiale durch die energetische Ertüchtigung von Außenbauteilen erfolgt auf der Basis des Heizperiodenbilanzverfahrens gemäß EnEV 2007. Dies Verfahren ermöglicht – unter der Voraussetzung angemessener Randbedingungen (s.u.) – eine bauteilspezifische Betrachtung, die mögliche Überbewertungen von Einspareffekten durch Anwendung des Monatsbilanzverfahrens auf der Basis konkreter Modellgebäude ausschließt.

Die Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen zur energetischen Gebäudemodernisierung erfolgen als dynamische Amortisationsrechnungen gemäß den Berechnungsansätzen in Kapitel 5.

In Abstimmung mit dem Auftraggeber wird hier bei einer Anforderung von deren wirtschaftlicher Vertretbarkeit ausgegangen, wenn die ermittelten Amortisationszeiten, bezogen auf eine mittlere Preissteigerungsrate für den Energiebezug (s.u.), einen Wert von 20 Jahren nicht überschreiten.

Als zusätzliches Kriterium zur Einstufung der wirtschaftlichen Rechtfertigung einer Anforderungsanhebung werden für die opaken Bauteile in Tabelle 10-3 die Kosten für Energieeinsparungen (€ pro kWh) den zu erwartenden mittleren Kosten für den Energiebezug bezogen auf eine Zeitspanne von 20 und von 25 Jahren gegenüber gestellt. Aus dieser Gegenüberstellung ergibt sich die Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme, wenn die Kosten der eingesparten Energie niedriger sind als die mittleren Kosten im Betrachtungszeitraum für die bezogene Energie.

Diese Darstellung führt zu einer wirtschaftlich günstigeren Bewertung von Maßnahmen zur Energieeinsparung, da hier die einfließende Abschreibungszeit für die getroffenen Investitionen (hier wird einheitlich eine realistische technische Abschreibungszeit von 40 Jahren angenommen), den vereinbarten Betrachtungshorizont von 20 bis 25 Jahren übersteigt. Unter Berücksichtigung der oben angesprochenen Möglichkeit, dass die Perspektiven des Bestandsgebäudes selbst geringer sein können als die der energetischen Modernisierungsmaßnahme, wird zusätzlich ein Energiepreis für vermiedenen Energiebezug bezogen auf eine technische Abschreibungszeit von 25 Jahren ausgewiesen.

Die Kosten der eingesparten Energie P_{ein} (€ pro kWh) einer baulichen Maßnahme zur energetischen Verbesserung von Gebäuden ergeben sich aus dem Verhältnis der annuitätschen Kapitalkosten, also dem Produkt aus dem Annuitätsfaktor a und den Investitionskosten I zu den jährlich eingesparten Energiekosten E_{ein} :

$$P_{ein} = a * I / E_{ein}$$

Der Annuitätsfaktor a ist vom Realzinssatz p und der Nutzungsdauer n der Investition nach folgender Formel abhängig:

$$a = p / ((1 - (1 + p)^{-n})$$

10.1.2 Datengrundlagen

10.1.2.1 Energiepreise und Energiepreisentwicklung

Siehe Kapitel 5.

10.1.2.2 Kostendaten

Die Kostendaten für die folgenden Berechnungen wurden mit Ausnahme der Kostendifferenz zwischen Fenstern mit 2-Scheiben- und mit 3-Scheibenverglasungen der vom Institut für Wohnen und Umwelt (IWU) durchgeföhrten *Untersuchung zur weiteren Verschärfung der energetischen Anforderungen an Wohngebäude mit der EnEV 2012 - Kosten energierelevanter Bau- und Anlagenteile – Stand Oktober 2010* [28] entnommen. Die Werte wurden über Baupreisindizes mit einem Gesamtfaktor von 1,11357 auf das Jahr 2015 hochgerechnet. Die verwendeten Kostendaten sind in Tabelle 10-1 zusammengefasst.

Tabelle 10-1: Kostendaten energetischer Modernisierungsmaßnahmen

	Grundkosten in €/m ²	Kosten pro cm Dämmstoff ¹⁷ nach [31] (λ = 0,035 W/(mK)) in €/m ²
Außenwand, Vollkosten	97,27	2,71
Außenwand, energiebedingte Kosten	16,70	2,71
Steildach, Vollkosten	192,42	3,01
Steildach, energiebedingte Kosten	24,50	2,46
Kellerdecke, energiebedingte Kosten	29,51	1,16
oberste Geschossdecke, energiebedingte Kosten	28,95	2,14
Fenster, Kostendifferenz 3-Scheiben zu 2-Scheibenverglasung	37,30	

Hinsichtlich der detaillierten Unterscheidung von energiebedingten Kosten und Vollkosten wird auf die o.g. Studie verwiesen.

Da sich die folgenden Betrachtungen auf Fälle der Änderung von Bauteilen im Sinne des § 9 EnEV beschränken, also an ohnehin anstehende Maßnahmen zur Änderung von Bauteilen gekoppelt sind, kann hier ausschließlich auf energiebedingte Kosten abgehoben werden.

Im Fall der obersten Geschossdecke, für die nach EnEV 2014 eine Nachrüstpflcht besteht, bleiben die Kostendaten für nicht begehbar Situationen außer Betracht, da für die Bewertung lediglich der wirtschaftlich ungünstige Fall einer begehbarer Situation relevant ist.

10.1.2.3 Annahmen zur Heizperiode und zur Anlagentechnik

Es wird davon ausgegangen, dass sich der Gebäudebestand durchschnittlich bereits in einem teilsanierten Zustand befindet (vgl. auch Energieeffizienzstrategie Gebäude BMWi 2015). Im Vergleich zur Unterstellung eines vollständig unsanierten Bestandsgebäudes ergeben bei den hier angestellten Untersuchungen durch diese Annahme auf der sicheren Seite liegende Einschätzungen in Bezug auf die Wirtschaftlichkeitsbewertung.

Um zusätzlich mögliche praktische Reduktionen der rechnerisch ermittelten Energieeinspareffekte zu berücksichtigen, die sich durch eine Anhebung der mittleren Innentemperatur durch energetische Verbesserungen von Außenbauteilen gegenüber dem Ausgangszustand ergeben können, werden die Berechnungen auf Basis eines Gradtagzahlfaktors von 66 kWh durchgeführt. Dadurch werden nicht nur die bauteilspezifischen Verluste angemessen beschrieben, die sich im Idealfall einer baulichen Komplettsanierung auf Neubauniveau einstellen. Darüber hinaus wird dadurch dem Umstand Rechnung getragen, dass die durchschnittlichen Innentemperaturen in mäßig bis schlecht gedämmten Gebäuden unter Berücksichtigung räumlicher und zeitlicher Teilbeheizung in der Regel niedriger liegen als in energetisch hochwertigen Gebäuden (In DIN V 18599-2 wird dieser Effekt durch die rechnerische Berücksichtigung der räumlichen Teilbeheizung abgebildet. Vgl. auch Abschnitt 4.7).

Das Verfahren liegt ebenfalls mit Blick auf eine mögliche Verkürzung der Heizperiode durch bauliche Modernisierungsmaßnahmen mit Blick auf eine mögliche Überbewertung der Wirtschaftlichkeit „auf der sicheren Seite“, da

$$\Delta U * 66 \text{ kWh} < U_{\text{alt}} * (66+x) \text{ kWh} - U_{\text{neu}} * 66 \text{ kWh}.$$

Auch hinsichtlich einer repräsentativen Qualität der Anlagentechnik zur Wärmeversorgung kann keine überholte Technik, z.B. in Form eines Konstanttemperaturkessels, als Referenzfall unterstellt werden. Vielmehr ist bei der Untersuchung der Wirtschaftlichkeit von baulichen Maßnahmen davon auszugehen, dass die Vorgaben der Heizungsanlagenverordnung sowie der Energieeinsparverordnung, die z.T. konkrete Austauschpflichten vorsehen, inzwischen weitgehend umgesetzt sind, so dass auch für den durchschnittlichen Gebäudebestand eine Ausstattung mit Niedertemperatur- oder Brennwertkesseln angenommen werden kann. Vor diesem Hintergrund wird in den Berechnungen von einer Erzeugeraufwandszahl von 1,1 (vgl. Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand, April 2015) ausgegangen. Der anlagentechnische Aufwand für die Trinkwassererwärmung wird dabei nicht berücksichtigt.

Tatsächlich ist bei schlechter Anlagentechnik das Einsparpotential von baulichen Verbesserungen oft höher. Dies kann aber weder allgemein noch bei Betrachtung entsprechender Fallgruppen (wegen der Wahrscheinlichkeit alsbaldiger Verbesserungen an der Anlage) zum Ansatz gebracht werden.

Der Ansatz der Erzeugeraufwandszahl von 1,1 stellt ebenfalls sicher, dass keine Überbewertung von Einspareffekten durch bauliche Modernisierungsmaßnahmen in Fällen erfolgt, in denen Bestandsanlagen schlechterer Qualität vorzufinden sind. Denn die Maßnahme geht bei solchen Anlagen auf Grund erhöhter Bereitschaftsverluste mit einer Verschlechterung der Aufwandszahl einher: Beispielsweise könnte eine Reduktion des Heizwärmebedarfs von 200 auf 140 kWh/(m²a) durchaus eine Verschlechterung der Anlagenaufwandszahl (Endenergiebezug) von 1,4 auf 1,5 mit sich bringen, so dass die effektive Energieeinsparung lediglich 70 kWh/(m²a) beträgt:

$$\Delta Q_E = 200 * 1,4 - 140 * 1,5 = 70 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}).$$

Der Ansatz einer Erzeugeraufwandszahl von 1,1 bezogen auf ein ΔQ_H durch die energetische Bauteilverbesserung von 60 kWh/(m²a) stellt somit sicher, dass die Einsparpotentiale durch bauliche Verbesserungsmaßnahmen nicht überbewertet werden:

$$\Delta Q_E = (200 - 140) * 1,1 = 66 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}).$$

10.1.2.4 Weitere Annahmen/ Randbedingungen

Bezogen auf die Dämmung der Kellerdecke wird mit einem F_x -Wert von 0,6 kalkuliert. In der Analyse der obersten Geschossdecke wird keine Abminderung durch einen F_x -Wert < 1 angesetzt, da von einer Berücksichtigung von R_u in den U-Werten gemäß DIN 6946 ausgegangen wird.

Für alle opaken Bauteile basiert die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung auf gestaffelten Ausgangs-U-Werten im Bestand von 1,5 W/(m²K), 1,3 W/(m²K), 1,1 W/(m²K), 0,9 W/(m²K) und 0,7 W/(m²K).

Es wird bei den Berechnungen davon ausgegangen, dass durch die energetische Modernisierung von Außenbauteilen erhöhte Instandhaltungsaufwendungen gegenüber dem Ausgangsfall nicht anfallen.

Bei den Fensterflächen beschränkt sich die Untersuchung auf die Fragestellung, ob aus wirtschaftlicher Sicht eine Verschärfung der bedingten Anforderung nach § 9 EnEV wirtschaftlich gerechtfertigt ist, ob also im Falle der Notwendigkeit einer Fenstererneuerung der Einbau eines Fensters mit 3-Scheiben-Wärmedämmverglasung mit

$U_w = 0,95 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ statt eines Fensters mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung mit $U_w = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ gefordert werden kann.

Für die Bestimmung der Reduktion des Heizwärmebedarfs durch Fenstererneuerung können die Wärmeverluste durch Lüftung und die Wärmegewinne aus internen Quellen unberücksichtigt bleiben.

Die nutzbaren Wärmegewinne (Q_s) aus solarer Einstrahlung müssen ebenfalls nicht berücksichtigt werden, da für 3-Scheiben-Wärmedämmverglasungen gleich hohe Gesamtenergiedurchlassgrade (g-Werte) am Markt zur Verfügung stehen wie für 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen. Es ergeben sich entsprechend keine Unterschiede zwischen den erreichbaren solaren Wärmegewinnen zwischen Fenstern mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung oder 3-Scheiben-Wärmedämmverglasung.

10.1.3 Ergebnisse der Untersuchung

Die Amortisationszeiten der Kostendifferenz zwischen Zweischeiben- und Dreischeibenverglasung für die verschiedenen Preissteigerungsraten und die Preise für eingesparte Energie zeigt Tabelle 10-2.

Tabelle 10-2: Amortisationszeiten der Kostendifferenz zwischen Fenstern mit 2-Scheiben- und mit 3-Scheibenverglasung in Jahren.

	alle Orientierungen		
Preissteigerungsrate	1,00 %	1,20 %	2,80 %
Amortisationszeit in Jahren	23,90	23,37	20,09
Abschreibungszeit der Investition	25	40	Jahre
Preis für eingesparte Energie	0,067	0,045	€/kWh

Die Auswertungen in Bild 10-1 bis Bild 10-4 zeigen die Amortisationszeiten der jeweiligen Maßnahmen zur Erfüllung bedingter Anforderungen der EnEV an opake Bauteile bezogen auf eine mittlere Preissteigerungsrate von 1,2 % (inflationsbereinigt).

Die Vergleichswerte für eine niedrigere (1 %) und eine höhere (2,8 %) Preissteigerungsrate bezogen auf die diskutierten möglichen Anforderungswerte nach EnEV 2017 sind in Tabelle 10-3 (s.u.) zu finden.

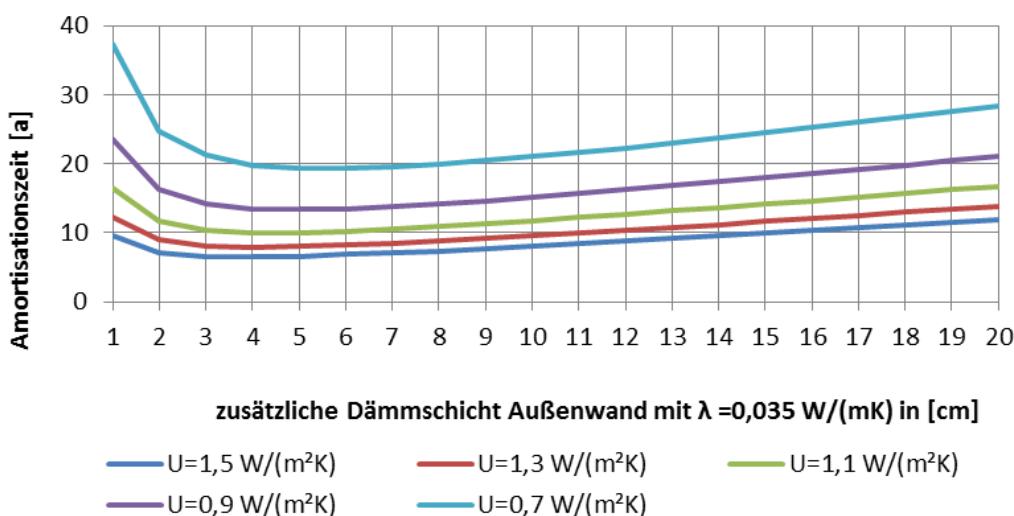


Bild 10-1: Amortisationszeiten der Außenwanddämmung

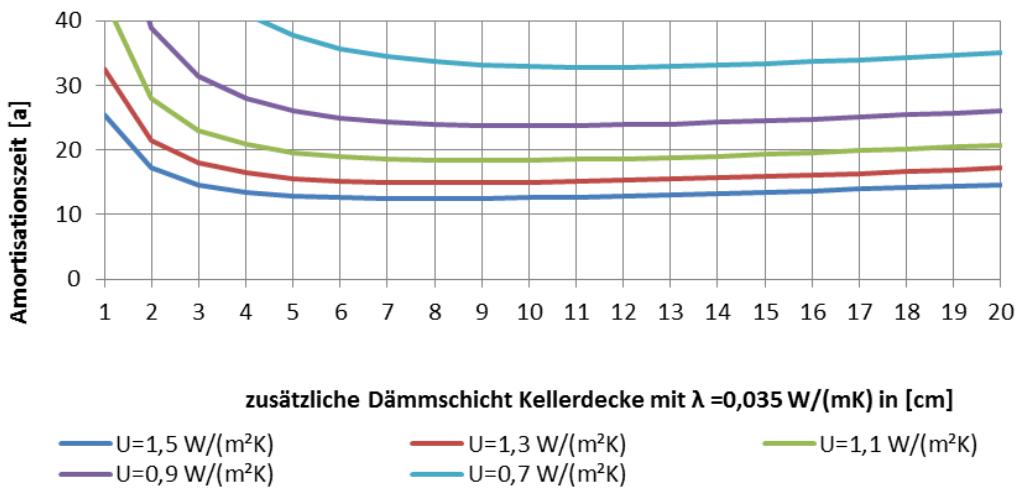


Bild 10-2: Amortisationszeiten der Kellerdeckendämmung.

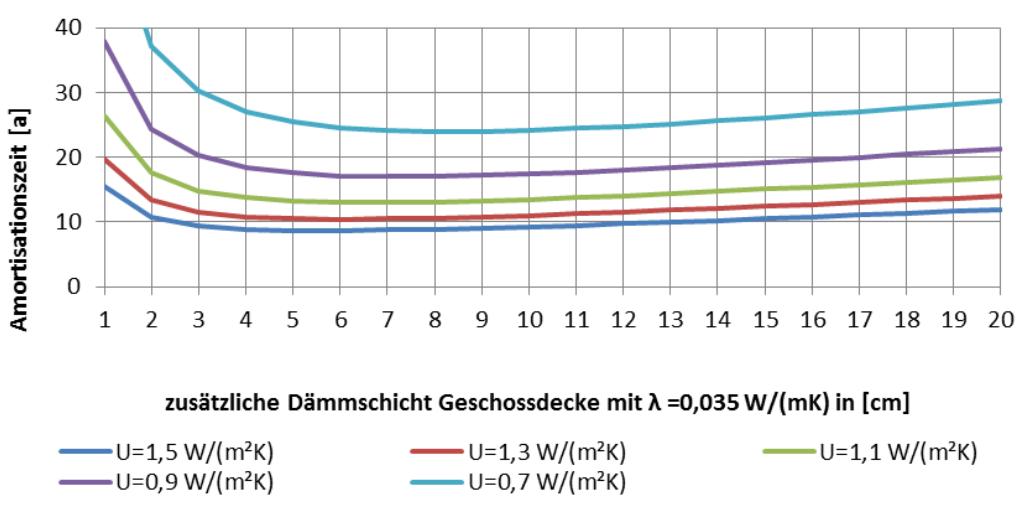


Bild 10-3: Amortisationszeiten der Geschossdeckendämmung

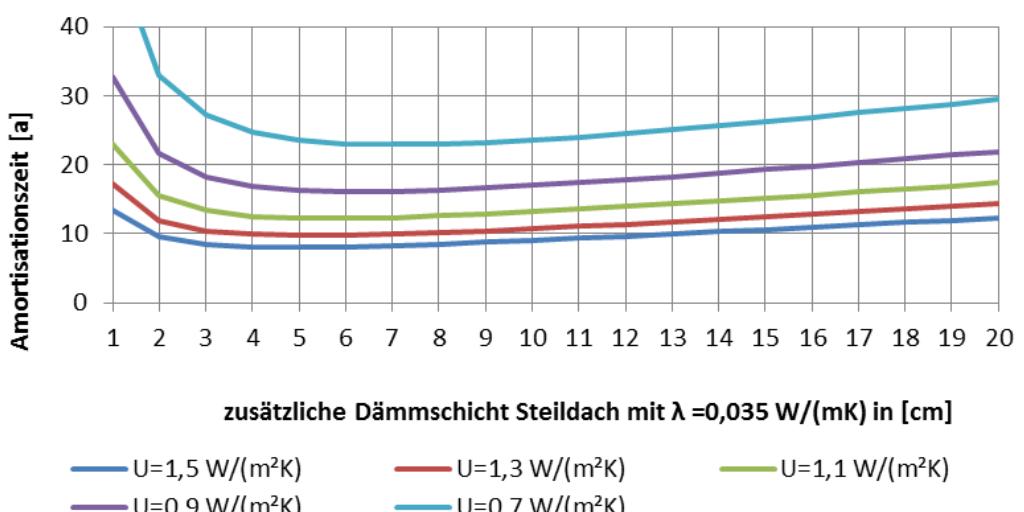


Bild 10-4: Amortisationszeiten der Steildachdämmung

Tabelle 10-3: Zusammenstellung der Berechnungsergebnisse zu Anforderungen im Gebäudebestand

		Bauteil			
		Kellerdecke	begehbarer Geschosstecke	Außenwand	Steildach
Anforderungswert nach EnEV 2014/16 in W/(m ² K)		0,3	0,24	0,24	0,24
Möglicher Anforderungswert nach EnEV 2017 in W/(m ² K)		0,25	0,2	0,2	0,2
mittlerer Energiebezugspreis, mittlere Preissteigerung, Zeithorizont 20 Jahre, in €/kWh		0,079	0,079	0,079	0,079
mittlerer Energiebezugspreis, mittlere Preissteigerung, Zeithorizont 25 Jahre, in €/kWh		0,084	0,084	0,084	0,084
Ausgangs-U-Wert 0,9 W/(m ² K)	Dämmstoffdicke in cm [$\lambda = 0,035\text{W}/(\text{mK})$]	11	14	14	14
	Amortisationszeit in a niedr./mittl./hohe Preissteigerung	24,3 / 23,7 / 20,3	18,8 / 18,4 / 16,3	17,4 / 17,1 / 15,3	18,8 / 18,4 / 16,3
	Kosten für eingesparte Energie in €/kWh n=40a/25a	0,044 0,066	0,035 0,052	0,032 0,048	0,035 0,052
Ausgangs-U-Wert 1,1 W/(m ² K)	Dämmstoffdicke in cm [$\lambda = 0,035\text{W}/(\text{mK})$]	11	15	15	15
	Amortisationszeit in a niedr./mittl./hohe Preissteigerung	19,1 / 18,7 / 16,6	15,1 / 14,9 / 13,5	14,2 / 14,0 / 12,7	15,2 / 15,0 / 13,6
	Kosten für eingesparte Energie in €/kWh n=40a/25a	0,035 0,052	0,028 0,042	0,026 0,039	0,028 0,042
Ausgangs-U-Wert 1,3 W/(m ² K)	Dämmstoffdicke in cm [$\lambda = 0,035\text{W}/(\text{mK})$]	12	15	15	15
	Amortisationszeit in a niedr./mittl./hohe Preissteigerung	15,9 / 15,7 / 14,1	12,4 / 12,3 / 11,3	11,7 / 11,5 / 10,7	12,5 / 12,4 / 11,4
	Kosten für eingesparte Energie in €/kWh n=40a/25a	0,029 0,043	0,023 0,035	0,022 0,032	0,023 0,035
Ausgangs-U-Wert 1,5 W/(m ² K)	Dämmstoffdicke in cm [$\lambda = 0,035\text{W}/(\text{mK})$]	12	16	16	16
	Amortisationszeit in a niedr./mittl./hohe Preissteigerung	13,7 / 13,5 / 12,4	10,8 / 10,7 / 10,0	10,3 / 10,2 / 9,5	10,9 / 10,8 / 10,1
	Kosten für eingesparte Energie in €/kWh n=40a/25a	0,024 0,036	0,020 0,030	0,019 0,029	0,020 0,030

10.1.4 Bewertung der Ergebnisse

- Für alle opaken Bauteile gilt, dass sich für Ausgangs- U-Werte von $0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ im Falle von EnEV- Anforderungsanhebungen um 15% gegenüber schlechteren Ausgangs-U-Werten eine signifikante Verlängerung der Amortisationszeiten ergibt, so dass sich als Schwellenwert für Anforderungen im Gebäudebestand – wie schon bisher – ein Ausgangs- U-Wert $\geq 0,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ empfiehlt.
- Das Bauteil „Decke nach unten gegen Außenluft“ wurde nicht untersucht, da in dem Gutachten der Kostenermittlung keine Daten bereitgestellt wurden. Aufgrund vergleichbarer Gegebenheiten (Temperaturdifferenzen und Wärmeschutz) kann für das Bauteil von gleichen Aussagen hinsichtlich des Ziel- U-Wertes wie für Außenwände ausgegangen werden.
- Für alle betrachteten opaken Bauteile mit Ausnahme des Bauteils Kellerdecke gilt, dass sich für alle Ausgangs- U-Werte $\geq 0,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ für Anforderungsanhebungen um 15% in weniger als 20 Jahren amortisieren. Entsprechend verschärzte Anforderungen sind somit als wirtschaftlich vertretbar einzustufen. Für das Bauteil Kellerdecke ergeben sich bei einem Ausgangs- U-Wert von $0,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ geringfügig höhere Amortisationszeiten. Die betrachteten möglichen Ziel- U-Werte sind in Verbindung mit den dafür erforderlichen Dämmstoffdicken (bezogen auf $\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{mK})$) sowie den jeweiligen Amortisationszeiten in Tabelle 10-3 zusammengefasst.
- Für die Bauteile Außenwand, Steildach und Geschossdecke zeigen sich ab einem Ausgangs- U-Wert $\geq 0,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ sogar Spielräume für Anforderungsverschärfungen, die über die oben genannten ca. 15 % hinausgehen. Der Anforderungs-U-Wert für Außenwände und Steildächer in Anlage 3 kann daher auf einen Wert von $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ abgesenkt werden.
- In allen dargestellten Fällen ergibt sich nicht nur eine deutliche Unterschreitung der Preise für eingesparte Energie gegenüber den Preisen für bezogene Energie bezogen auf beide Zeithorizonte, sondern sogar gegenüber den aktuellen Energiebezugspreisen. Das gilt nicht nur für eine technisch realistische Abschreibungszeit der Investitionen von 40 Jahren, sondern auch, wenn man unter Berücksichtigung ggf. reduzierter Gesamtperspektiven des Gebäudes lediglich eine Abschreibungszeit von 25 Jahren zugrunde legt. Lediglich im ungünstigsten Fall einer Kellerdeckendämmung bei einem Ausgangs- U-Wert von $0,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ und einer Abschreibungszeit von 25 Jahren übersteigt der Preis der eingesparten Energie den aktuellen Energiebezugspreis geringfügig.
- Für die Bauteile Kellerdeckendämmung und Geschossdeckendämmung ist die mögliche Höhe einer Anforderung allerdings durch konstruktive Aspekte oder Nutzungseinschränkungen limitiert, z.B. eine zu große Reduktion der Durchgangshöhe im Kellerbereich. Diese Aspekte lassen sich nicht dem Einzelfall gerecht abschätzen, so dass hier Anforderungen wie schon in der aktuellen EnEV durch eine Öffnungsklausel ergänzt werden müssen, die eine Unterschreitung der Anforderungswerte durch Berücksichtigung von funktionalen/nutzungstechnischen Beeinträchtigungen im Einzelfall ermöglicht.
- Im Falle der Dämmung von Steildächern stellt sich das Problem, dass eine energetische Ertüchtigung ausschließlich der „betroffenen Bauteilfläche“ im Sinne der EnEV in Form einer Kombination aus einer Zwischensparrendämmung und einer Aufsparrendämmung technisch nicht möglich ist. Dieses Problem kann gelöst werden, indem unter Beibehaltung der derzeitigen Bagatellgrenze lediglich eine energetisch nicht spezifizierte Vollsparrendämmung gefordert und eine darüber hinaus gehende Anforderung an den Fall einer Neueindeckung des Daches gebunden wird.

- Die Wirtschaftlichkeitsanalyse ergibt für Fälle des Fensterwechsels gemäß § 9 EnEV keinen eindeutigen Befund. Derzeit wird der Einbau von Fenstern mit einer 2-Scheibenverglasung und einem maximalen U_w -Wert von 1,3 W/(m²K) gefordert. Eine verschärzte Anforderung, in Zukunft Fenster mit einer 3-Scheibenverglasung und einem maximalen U_w -Wert von 0,95 W/(m²K) zu fordern, führt in Abhängigkeit von den genannten Preissteigerungsraten zu Amortisationszeiten zwischen 20 und knapp 24 Jahren.
- Der Preis für eingesparte Energie für die Investition in die höhere Fensterqualität liegt bei einer Abschreibungszeit von 25 Jahren liegt allerdings signifikant unterhalb der durchschnittlichen Energiebezugskosten in den Zeithorizonten von 20 bzw. 25 Jahren.

10.2 Vergleich mit den Anforderungen in anderen EU Mitgliedsstaaten

Die im Rahmen des EU Concerted Action EPBD Projektes von den Mitgliedstaaten 2015 erstellten Country Reports wurden hinsichtlich der energetischen Bauteilanforderungen an Sanierungen von Bestandsgebäuden analysiert. Die Dokumentation ergab, dass nur für etwa 1/3 der Mitgliedstaaten Kennwerte veröffentlicht vorliegen. Bild 1 zeigt die Übersicht über die einzuhaltenden Wärmedurchgangskoeffizienten bei energetischen Bestandssanierungen in den Mitgliedsstaaten. Im Vergleich mit den anderen Mitgliedsländern sind die Anforderungen in Deutschland hochwertig, stellen aber nicht den Spitzenwert da. Insbesondere weist Dänemark im Bereich der opaken Bauteile deutlich höhere Anforderungen aus, obwohl die klimatischen Randbedingungen in beiden Ländern vergleichbar sind (Heizgradtagszahl ca. 3.800 Kd). Das lässt darauf deuten, dass sich auch in Deutschland eine Verschärfung der Mindestanforderungen wirtschaftlich verträglich darstellen lässt.

Anforderungen an Bestandsgebäudesanierungen: Europavergleich

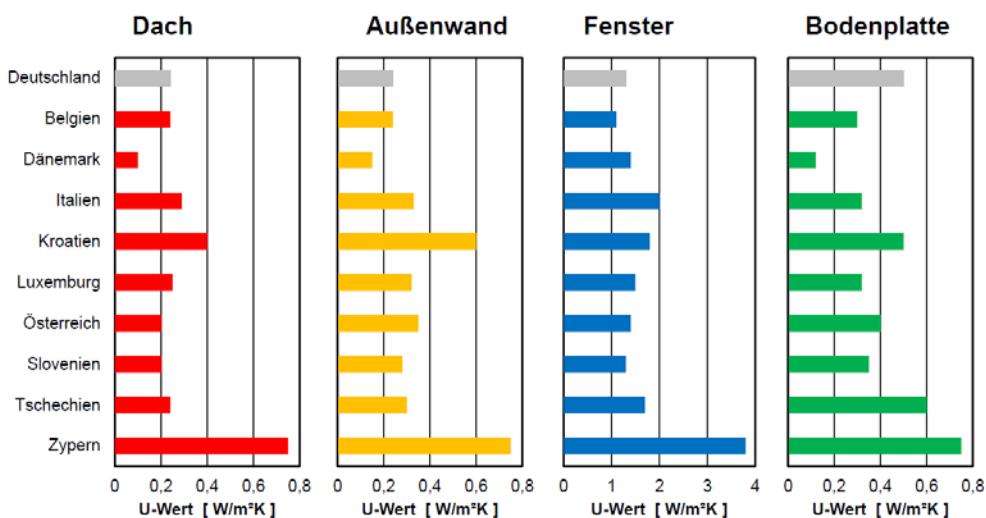


Bild 10-5: Übersicht über die einzuhaltenden Wärmedurchgangskoeffizienten bei energetischen Bestandssanierungen in verschiedenen EU Mitgliedsstaaten.

11

Zusammenfassung

Vor dem Hintergrund einer erforderlichen Neufassung der Energieeinsparverordnung zur Umsetzung der europäischen Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD) werden Untersuchungen hinsichtlich

- der Anforderungssystematik,
- der technischen Randbedingungen,
- des kostenoptimalen Niveaus für Wohn- und Nichtwohngebäude,
- des Anforderungsniveaus Neubau für Wohn- und Nichtwohngebäude und Nachweis der Wirtschaftlichkeit nach EnEG,
- Berechnungsverfahren und Vereinfachungspotenzialen sowie
- Anforderungen an Bestandsgebäude

durchgeführt.

Für die EnEV 2017 wird vor dem Hintergrund der kurzfristig erforderlichen Umsetzung der Novellierung zunächst empfohlen, den aktuell verwendenden primärenergetischen Ansatz in Verbindung mit Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz weiterhin zu verwenden, allerdings wird von einer weiteren Senkung des Primärenergiefaktors für Strom - unabhängig von der Entwicklung des deutschen Stromerzeugungsmixes – abgeraten. Falls im Rahmen EnEV-Novellierung Zeit für detailliertere Überlegungen zur Verfügung steht, wird eine Änderung der bisherigen Systematik empfohlen. Diese sollte entweder eine teilweise Einbeziehung der handelbaren und daher mit Kosten verbundenen erneuerbaren Anteile der Primärenergie oder die Festlegung von Bewertungsfaktoren für die Energieträger beinhalten, die neben der Primärenergie und CO₂-Emissionen, Kosten und Nachhaltigkeitsaspekte einbezieht.

Aufgrund der Kontinuität in der EnEV-Fortschreibung, des Umstandes, dass für Wohngebäude weiterhin zwei Nachweisverfahren (gemäß Diskussionsstand bei Berichtsabfassung zumindest für eine Übergangszeit) zur Anwendung kommen sollen sowie der Verwendung einer einheitlichen Methodik für Wohn- und Nichtwohngebäude wird empfohlen, sowohl die Anforderungsmethodik des Referenzgebäudeverfahrens als auch die technische Ausgestaltung des Referenzgebäudes im Rahmen der geplanten EnEV-Novellierung beizubehalten. Gewünschte Anhebungen der Primärenergieanforderung und auch der Anforderung an den baulichen Wärmeschutz sollten durch Abschlagsfaktoren einbezogen werden. Sollte im Anschluss an die Festlegung eines künftigen Anforderungsniveaus bzw. im Rahmen der Diskussionen dazu ausreichend Zeit für weitere Untersuchungen sein, ist auch die Gestaltung neuer Referenzgebäudeausführungen für Wohn- und Nichtwohngebäude möglich. Für Beleuchtungstechnik bei Nichtwohngebäuden werden dazu bereits Empfehlungen im Bericht gegeben.

Hinsichtlich der Behandlung technischer Randbedingungen werden Hinweise auf Fehlstellen, Unstimmigkeiten und Verbesserungsmöglichkeiten im technischen Regelwerk zur EnEV gegeben. Die konkrete Umsetzung in der Normung ist jedoch i. d. R. nicht durch den Gesetz- und Verordnungsgeber lösbar, da dies Aufgabe der entsprechenden Normungsausschüsse ist und dort meist vertiefende Untersuchungen notwendig sind. Im Einzelnen werden die Themen „Lüftungszeiten und Luftwechsel für NWG bei Fensterlüftung“, „Interne Wärmequellen / Strom für Arbeitshilfen“, „Nutzenergiebedarf für die Trinkwarmwassererwärmung“, „Thermische Solaranlagen bei großen Gebäuden“, „Bilanz-Innentemperatur und Berücksichtigung räumlicher Teilbeheizung bei Wohngebäuden“ und „Vereinfachte Ermittlung der Nettogrundfläche bei Wohngebäuden“ behandelt.

Die Untersuchungen zur Bestimmung des "kostenoptimalen Anforderungsniveaus" und zur Wirtschaftlichkeit gemäß § 5 Energieeinsparungsgesetz werden für jeweils 7 Wohn- und Nichtwohngebäude durchgeführt. Dabei werden 3 Energiepreisszenarien zugrunde gelegt.

Je Gebäudetyp ergeben sich in Abhängigkeit vom gewählten Energiepreisszenario und der Perspektive zum Teil sehr unterschiedliche kostenoptimale Niveaus.

Bei der mikroökonomischen Perspektive ergibt sich abgesehen vom Hotel und dem kleinen Mehrfamilienhaus im Preissteigerungsszenario „1 %“ für alle untersuchten Varianten eine erhebliche Diskrepanz zu dem ab 1.1.2016 gültigen Anforderungsniveau. Bei der makroökonomischen Perspektive ergibt sich ein differenzierteres Bild. Hier ist die Diskrepanz bei vielen Szenarien bei den meisten Nichtwohngebäuden und beim großen Mehrfamilienhaus nicht erheblich.

Eine erhebliche Diskrepanz in allen untersuchten Szenarien ergibt sich für die Einfamilienhäuser (inkl. Reihen und Doppelhäuser) sowie für die Fertigungshallen.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass im Verhältnis zu den teilweise großen Unterschieden beim Primärenergiebedarf viele der untersuchten Varianten hinsichtlich der Global Costs nur sehr geringe Abweichungen aufweisen. Darüber hinaus ist zu beachten, dass offensichtlich geringe Veränderungen der Grundlagen zu einer signifikanten Verschiebung des kostenoptimalen Primärenergiekennwertes führen können. Diese Umstände sollten bei der weitergehenden Verwendung und Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden.

Der Nachweis der Wirtschaftlichkeit gemäß § 5 Energieeinsparungsgesetz erfolgt mittels der Kapitalwertmethode unter Berücksichtigung der Restwerte von Bau- und Anlagenkomponenten. Vergleichsbasis ist dabei eine Gebäudeausführung, die nach den Anforderungen der Energieeinsparverordnung 2014 (Anforderungsniveau bis zum 31.12.2015) möglich wäre.

Die Untersuchungen zum Nachweis der Wirtschaftlichkeit nach EnEG zeigen für Wohngebäude, dass die Varianten der Wärmepumpen (Luft/Wasser und Sole/Wasser) im Fall der Niveaus Q_p 55 % H ‚ 85 % und Q_p 55 % H ‚ 70 % fast durchweg Amortisationszeiten aufweisen, die innerhalb der jeweils gewählten Betrachtungszeiträume liegen.

Systemvarianten, bei denen ein Gas-BW-Kessel als Wärmeerzeuger zum Einsatz kommt, sind zwar technisch ausführbar, weisen allerdings Amortisationszeiten über der Länge des Betrachtungszeitraums auf. Gleches gilt auch für die Auswertungen der Systemvarianten mit Biomasse-Wärmeerzeugern (Pelletkessel). Eine ausführliche Diskussion der für Wohngebäude angestellten Berechnungen erfolgt in Abschnitt 7.3.1.

Insbesondere weil sich einzelne Einflüsse in Bezug auf die resultierenden Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge (annuitätische Kosten, die zur Einhaltung der Amortisation innerhalb des Betrachtungszeitraums führen) überlagern und dabei entweder verstärkend oder kompensatorisch wirken, ist eine zusammenfassende Interpretation der Auswertungen zu den Nichtwohngebäuden nur schwer möglich. Eine ausführliche Diskussion der für Nichtwohngebäude angestellten Berechnungen erfolgt in Abschnitt 7.3.2. Tendenziell ist festzustellen, dass unter den gewählten Randbedingungen für das Niveau Q_p 65 % Ü 80 % teilweise kürzere Amortisationszeiten als für das Niveau Q_p 75 % Ü 80 % (EnEV 2016) auftreten. Dies ist auf den fallweise verbesserten baulichen Wärmeschutz zurückzuführen, durch den die Einhaltung der primärenergetisch höheren Anforderung erreicht wird.

Zusätzlich zu den in den Abschnitten 7.3.1 und 7.3.2 für Wohn- und Nichtwohngebäude zusammengefassten Untersuchungen zum Nachweis der Wirtschaftlichkeit nach EnEG, deren Berechnungen definierte und einheitliche Randbedingungen sowie festgelegte anlagentechnische Systemkonfigurationen zugrunde liegen, werden im Rahmen einer

Sensitivitätsuntersuchung für ausgewählte Fälle weitergehende Untersuchungen mit abweichenden Randbedingungen und anlagentechnischen Konfigurationen angestellt.

Für die Wohngebäude werden im Rahmen der Sensitivitätsuntersuchung in Abschnitt 9.1 folgende Fälle betrachtet:

- Einsatz dezentraler anstelle zentraler Lüftungsgeräte
- Aufstellung des Wärmeerzeugers im Dach und außenliegende Abgasführung anstelle eines gemauerten innenliegenden Schornsteins
- Verzicht auf Warmwasserzirkulation bei kleinen Gebäuden
- Ansatz von Grund- und Arbeitspreisen anstelle von Mischpreisen für die Systemvarianten, bei denen Gas und Strom als Energieträger eingesetzt werden
- Gegenüberstellung von Berechnungen mit und ohne Wärmepumpentarif Strom
- Gegenüberstellung von Berechnungen mit und ohne Planungskosten für detaillierte Wärmebrückeberechnungen
- Auswertungen von Berechnungen, die als Ausgangsjahr der Betrachtung das Jahr 2020 anstelle von 2015 zugrunde legen

Für Nichtwohngebäude werden in Abschnitt 9.2 folgende Fälle betrachtet:

- Monovalente Wärmeversorgung (anstelle einer kombinierten Wärmeversorgung mit Grund- und Spitzenlastkessel)
- Ansatz von Grund- und Arbeitspreisen anstelle von Mischpreisen für die Systemvarianten, bei denen Gas und Strom als Energieträger eingesetzt werden
- Gegenüberstellung von Berechnungen mit und ohne Wärmepumpentarif Strom
- Auswertungen von Berechnungen, die als Ausgangsjahr der Betrachtung das Jahr 2020 anstelle von 2015 zugrunde legen

Die Berechnungen im Rahmen der Sensitivitätsuntersuchung zeigen erwartungsgemäß, dass die ermittelten Amortisationszeiten bei veränderten Randbedingungen (teilweise deutlich) von den unter Ansatz der Standardrandbedingungen ermittelten Amortisationszeiten abweichen. Hinsichtlich der Auswirkungen vorbeschriebener Variationen von Randbedingungen und Systemkonfigurationen auf die Wirtschaftlichkeit bzw. die fallweise ermittelten Amortisationszeiten im Rahmen der Sensitivitätsuntersuchung wird an dieser Stelle auf die textlichen Interpretationen bzw. tabellarisierten Werte in Abschnitt 9 des vorliegenden Berichts verwiesen. Exemplarisch werden im Folgenden die Ergebnisse der Betrachtungen „Verzicht auf Warmwasserzirkulation bei kleinen Wohngebäuden“ sowie „Energiebezugskosten bei den Wärmepumpensystemen ohne Wärmepumpen-Tarif für Strom“ erläutert: So ergibt sich z.B. aus dem Verzicht auf eine Zirkulation unabhängig von den jeweils zugrunde gelegten Preissteigerungsszenarien im Fall der Systemvarianten Gas-BW-Kessel eine Reduktion der ausgewiesenen Amortisationszeiten um etwa 4 Jahre. Im Fall der Systemvarianten Luft/Wasser-Wärmepumpe, resultieren aus dem Verzicht auf Zirkulation im Mittel um 10 Jahre reduzierte Amortisationszeiten. Ebenso erwartungsgemäß ergeben sich unter Ansatz des Normaltarifs für Strom anstelle eines Wärmepumpentarifs für die Systemvarianten der Wärmepumpen deutlich längere Amortisationszeiten. Für das kleine Einfamilienhaus ohne Keller und die Systemvarianten Luft/Wasser-Wärmepumpe erhöht sich die Amortisationszeit beispielsweise von 8,9 auf 27,2 Jahre, bei der Systemvariante Sole/Wasser-Wärmepumpe von 21,4 auf 30 Jahre.

Die Bewertungen zur Wirtschaftlichkeit führen sowohl für Wohngebäude als auch für Nichtwohngebäude grundsätzlich zu Bewertungen, die mit den Ergebnissen der Kostenoptimalitätsbetrachtung übereinstimmen, nach denen eine Wirtschaftlichkeit (Amortisation innerhalb des Betrachtungszeitraums) für alle Fälle unterstellt werden kann, wenn gegenüber der EnEV-2014-Bezugsvariante (Anforderungsniveau bis 31.12.2015) eine

Verringerung der Global-Costs ausgewiesen wird (vgl. Kapitel 6). Gegenüber der EnEV-2014-Bezugsvariante geringere Global-Costs liegen in allen Fällen vor, für die in Kapitel 6 negative prozentuale Veränderungen der Global-Costs tabellarisiert sind. Die wirtschaftlichste Variante ist im Rahmen der Kostenoptimalitätsberechnung dann jeweils diejenige mit der höchsten prozentualen Verringerung der Global-Costs. Die vorbeschriebenen gute Korrelation zwischen Kostenoptimalitätsbetrachtung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bedeutet, dass die Varianten mit der höchsten prozentualen Verringerung der Global-Costs jeweils auch den Varianten mit den geringsten Amortisationszeiten entsprechen.

Als Berechnungsgrundlage einer künftigen Energieeinsparverordnung wird derzeit eine Neufassung der DIN V 18599 erarbeitet; parallel dazu wird ein Forschungsvorhaben zur Entwicklung eines Tabellenverfahrens für Wohngebäude durchgeführt. Dieses Tabellenverfahren soll potenziell die Rolle des Nachfolgers für die DIN V 4108-6/DIN V 4701-10 übernehmen. Es wird empfohlen, in der anstehenden Novellierung der Energieeinsparverordnung das alte Berechnungsverfahren DIN V 4108-6/4701-10 aufzugeben, da nur so die von den Planern geforderten Ergebniseindeutigkeit bei der Bewertung von Konzepten sicher gestellt werden kann. Dieses wird umso wichtiger, je weiter der Energiebedarf des Gebäudes sinkt, da ansonsten gegenläufige Empfehlungen bei der Anwendung unterschiedlicher Bewertungsverfahren auftreten können.

Es wird weiterhin empfohlen den Ansatz von "EnEV-easy" fortzuschreiben und das Verfahren mit der Methode der KfW zu harmonisieren. Daneben wäre die Wiedereinführung eines Jahres (oder Perioden)- Bilanzverfahrens für die Bewertung von Bestandsgebäuden eine praxisunterstützende Maßnahme.

Die Anforderungen für den Gebäudebestand werden hinsichtlich der Festlegung von Wärmedurchgangskoeffizienten untersucht, die im Fall der Erneuerung des Austauschs oder des erstmaligen Einsatzes einzuhalten sind. Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen führen zu dem Ergebnis, dass Wärmedurchgangskoeffizienten der Außenwand mit $U = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ und der Bauteile Decken, Dächer und Dachsrägen mit $U = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ bei einem Ausgangs- U-Wert $\geq 0,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ zu Amortisationszeiten unter 20 Jahren führen. Bei Kellerdecke mit $U = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ treten Amortisationszeiten unter 20 Jahren bei einem Ausgangs- U-Wert $\geq 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ auf.

Quellenverzeichnis

- [1] S. Klauß und W. Kirchhoff, *Entwicklung einer Datenbank mit Modellgebäuden für energiebezogene Untersuchungen, insbesondere der Wirtschaftlichkeit*, Kassel: ZUB, 2010.
- [2] F. Keimeyer, S. Klinski, M. von Oppen, B. Oschatz, M. Pehnt und J. Steinbach, „Instrumente und Rechtsfragen,“ 2015.
- [3] 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, Hrsg., 2012.
- [4] R. David, J. de Boer, H. Erhorn, J. Reiβ, L. Rouvel, H. Schiller, N. Weiß und M. Wenning, „Heizen, Kühlen, Belüften und Beleuchten, Bilanzierungsgrundlagen zur DIN V 18599,“ Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2006.
- [5] J. de Boer, S. Aydinli, W. Cornelius, R. Jakobiak, J. Minnerup, D. Schornick und R. Wershoven, „Neue Effizienzkennzahlen für Beleuchtungssysteme in Gebäuden,“ *Bauphysik*, Bd. 33 H. 4, pp. 207-224, 2011.
- [6] J. de Boer, „Lichttechnisches und energetisches Verhalten von Fassaden moderner Verwaltungsbauten, Teil 2 Energetisches Verhalten,“ *Bauphysik*, Bd. H.2, pp. 103-110, 2006.
- [7] J. de Boer, M. Eberl, I. Heusler, J. Lehn, W. Sedlmair und H. Sinnesbichler, „Entwicklung und Optimierung von Steuerungsverfahren zum energetisch effizienten Betrieb künstlicher Beleuchtungssysteme und (innovativer) Fassadensysteme. Bericht des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik, WB 171/2013,“ Stuttgart, 2013.
- [8] M. Offermann, B. von Manteuffel, A. Hermelink, A. John, K. Jahnke und K. Zastrau, „Nutzenergiebedarf für Warmwasser in Wohngebäuden. BMVBS,“ 2015, zu Redaktionsschluss noch nicht veröffentlicht.
- [9] EnEV 2014, *Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden, zuletzt geändert durch: Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung vom 01. Mai 2014.*
- [10] H.-P. Schettler-Köhler, *Die neue Energieeinsparverordnung. Erläuterungen, Änderungen, Rechtstexte*, D. D. I. f. N. e.V., Hrsg., Beuth Verlag, 2014.
- [11] A. Maas, H. Erhorn, J. de Boer, B. Oschatz und H. Schiller, *Ergänzungsuntersuchungen zum Wirtschaftlichkeitsgutachten für die Fortschreibung der Energieeinsparverordnung*, B. u. S. (Bundesministerium für Verkehr, Hrsg., 2012).
- [12] Schmidt Reuter Integrale Planung und Beratung GmbH: *Ermittlung von spezifischen Kosten energiesparender Bauteil-, Beleuchtungs-, Heizungs- und Klimatechnikausführungen bei Nichtwohngebäuden für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zur EnEV 2012*, im Auftrag des BBSR, Mai 2011.
- [13] Destatis, „Baupreisindizes Neubau (konventionelle Bauart) von Wohn- und Nichtwohngebäuden einschließlich Umsatzsteuer. Veränderungsraten zum Vorjahresquartal in %,“ [Online]. Available: https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Indikatoren/Konjunkturindikatoren/Preise/bpr110.html?cms_gtp=145848_list%253D2&https=1. [Zugriff am 31.8.2015].

- [14] M. van Elburg, N. Sack, A. Woest, K. Peeters und C. Spirinckx, *LOT 32 / Ecodesign of Window Products. Task 2 – Market Analysis. Final report.*, 2015.
- [15] *Mehr Energie Sparen mit neuen Fenstern. Aktualisierung März 2014 der Studie "Im neuen Licht: Energetische Modernisierung von alten Fenstern"*, Frankfurt am Main / Troisdorf: Verband Fenster + Fassade; Bundesverband Flachglas, 2014.
- [16] Ingenieurbüro Prof. Dr. Hauser GmbH; Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden Forschung und Anwendung GmbH, „KfW-Förderung des energieeffizienten Bauens und Sanierens für Wohngebäude im Kontext der EnEV-Anforderungen mit Stand zum 1.1.2016. Unveröffentlicht,“ 2015.
- [17] Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH, „Statistische Daten zu geförderten Wohnraumlüftungsanlagen der sächsischen Richtlinie Energie und Klima 2007, Evaluierung Anträge Wohnraumlüftung. Unveröffentlicht,“ 2007.
- [18] ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V., *BHKW-Kenndaten 2014/2015*, Berlin, 2014.
- [19] *VDI 2067 Blatt1: Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen, Grundlagen und Kostenberechnung*, September 2012.
- [20] BTGA - Bundesindustrieverband Technische Gebäudeausrüstung e.V., *Wartung heiztechnischer Anlagen*, 2015.
- [21] *Verordnung über die Kehrung und Überprüfung von Anlagen (Kehr- und Überprüfungsordnung – KÜO) vom 16.06.2009.*
- [22] EUROSTAT, „Energiepreisstatistik von Eurostat,“ [Online]. Available: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/data/database>. [Zugriff am 28 2015].
- [23] DEPV, „Entwicklung des Pelletpreises in Deutschland,“ Deutscher Energiedienst- und Pelletverband e.V., [Online]. Available: http://www.depv.de/de/home/marktdaten/pellets_preisentwicklung/. [Zugriff am 28 2015].
- [24] *Leitlinien zur delegierten Verordnung (EU) Nr. 244/2012 der Kommission vom 16. Januar 2012*, Europäische Kommission, 2012.
- [25] v. M. H. Offermann, „Begleituntersuchung zur europäischen Berichterstattung "Cost Optimal Level" - Modellrechnungen,“ BMVBS, 2013.
- [26] L. Lyslow und H. Erhorn, *EnEV easy - Entwicklung eines Anforderungskatalogs an den energiesparenden Wärmeschutz von typischen Wohngebäuden zur Einhaltung der Vorgaben der EnEV 2009 und des EEWärmeG*, Stuttgart, 2009.
- [27] TRADING ECONOMICS, „DEUTSCHLAND - VORHERSAGE - WIRTSCHAFTS-INDIKATOREN,“ TRADING ECONOMICS, [Online]. Available: <http://de.tradingeconomics.com/germany/forecast>. [Zugriff am 4.12.2015].
- [28] Institut für Wohnen und Umwelt IWU, „Untersuchung zur weiteren Verschärfung der energetischen Anforderungen an Wohngebäude mit der EnEV 2013 - Kosten energierelevanter Bau- und Anlagenteile,“ 2010.

- [29] DIN V 4108-6: 2003-06. *Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden. Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs.*
- [30] DIN V 4701-10:2003-08. *Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen - Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung.*
- [31] DIN V 18599:2011-12. *Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung (11 Normenteile).*
- [32] Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden - Wärmeschutzverordnung vom 11. August 1977.
- [33] KfW: *Anlage zu den Merkblättern, Liste der Technischen FAQ, Stand 01.06.2014.*
- [34] KfW: *Anlage zu den Merkblättern Energieeffizient Sanieren, Technische Mindestanforderungen, Stand: 06a/2014.*
- [35] KfW: *Merkblatt Energieeffizient Sanieren - Kredit (Programm 151/152), Stand: 02/2015.*
- [36] KfW: *Merkblatt Energieeffizient Sanieren - Investitionszuschuss (Programm 430), Stand: 02/2015.*
- [37] Umweltbundesamt (UBA): *Direkte CO2-Emissionsfaktoren, Stand 01/2010.*
- [38] Kosten energierelevanter Bau- und Anlagenteile bei der energetischen Modernisierung von Wohngebäuden, BMVBS-Online-Publikation, Nr. 07/2012..
- [39] Umweltbundesamt, „Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 bis 2013,“ 2014.
- [40] Statista, „Entwicklung des CO2-Emissionsfaktors für den Strommix in Deutschland in den Jahren 1990 bis 2014 (in Gramm pro Kilowattstunde),“ 2015.
- [41] BDEW, „Strompreis für Haushalte,“ 02/2015.
- [42] BKI 2012. Software BKI Kostenplaner 14. Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern GmbH., 2012.
- [43] BKI 2015. Software BKI Kostenplaner. Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern GmbH., 2015.

Abbildungsverzeichnis

Bild 2-1:	Zeitpläne zur Festlegung der Anforderungen und der Zwischenziele für die praktische Umsetzung der Definition der Niedrigstenergiegebäude in den verschiedenen Mitgliedsstaaten und die Deadline für Niedrigstenergiegebäude in 2019/2021. Die schwarzen Linien zeigen die Zeitspanne in denen eine Verschärfung der derzeitigen Anforderungen in den Mitgliedsstaaten geplant sind. Die Graphik entstand im Rahmen des EU Projektes Concerted Action EPBD	24
Bild 3-1:	Kostenvergleich stabförmige Leuchtstofflampen: T8 vs. T5, Ra: 80-89, kaltweiß	27
Bild 3-2:	Leuchtenlichtausbeuten typischer elektrischer Beleuchtungslösungen (repräsentative niedrigeffiziente Leuchten: dunkelgrau. Stand der Technik Leuchten (S.d.T.): grün), Angabe verschiedener Niveaus der Leuchtenlichtausbeute.	31
Bild 3-3:	Kapitalwerte unterschiedlicher Beleuchtungslösungen. Annahmen Strompreis 0,298 €/m ² , Kalkulationszinssatz 1 %, Preissteigerungsrate 0,1 %, Betrachtungszeit 20 a.	32
Bild 3-4:	Beispielhafte Sonnen- und Blendschutzsysteme mit Lichtlenkung nach DIN V 18599-4. (Bildquelle: FHG-IBP)	33
Bild 4-1:	Gegenüberstellung von Bedarf und Verbrauch von Strom am Beispiel eines realen Krankenhauses	40
Bild 4-2:	Gegenüberstellung von Bedarf und Verbrauch von Wärme am Beispiel eines realen Krankenhauses	40
Bild 4-3:	Auszug aus dem EEWärmeG – Definition des Wärme- und Kälteenergiebedarfs	43
Bild 4-4:	Bilanz-Innentemperaturen $\theta_{i,h}$ bei räumlich eingeschränkter Beheizung für unterschiedliche maximale Heizleistungen $\Phi_{h,max}$ gemäß DIN V 18599-2. Kein zeitlich eingeschränkter Heizbetrieb.	46
Bild 4-5:	Spezifischer Endenergiebedarf der drei Wohngebäude bei pauschaler und detaillierter Berücksichtigung der räumlichen Teilbeheizung für zwei Wärmeschutzniveaus. Mit zeitlich eingeschränktem Heizbetrieb.	47
Bild 4-6:	Mittlere Bilanz-Innentemperatur der drei Wohngebäude bei pauschaler und detaillierter Berücksichtigung der räumlichen Teilbeheizung für zwei Wärmeschutzniveaus. Mit zeitlich eingeschränktem Heizbetrieb.	47
Bild 5-1:	Bauteilkosten in €/m ² für die baulichen Komponenten Flachdach, Außenwand (WDVS), oberste Geschossdecke, Schrägdach/Kehlbalkendecke, Kellerdecke/erdberührte Bauteile, Sandwichelemente und Trapezdach; fortgeschrieben aus [3], [11] und [12].....	51
Bild 5-2:	Bauteilkosten in €/m ² für die baulichen Komponenten Vorhangsfassaden und Lichtbänder; fortgeschrieben aus [12]	51
Bild 5-3:	Kostenfunktionen für Wärmeerzeuger im Leistungsbereich bis 32 kW ohne TWW-Bereitung [16].....	52
Bild 5-4:	Kostenfunktionen für Wärmeerzeuger im Leistungsbereich bis 32 kW mit TWW-Bereitung [16]	53
Bild 5-5:	Kostenfunktionen für Wärmeerzeuger im Leistungsbereich ab 32 kW ohne TWW-Bereitung [12], [16]	53
Bild 5-6:	Kostenfunktionen für Wärmeerzeuger im Leistungsbereich ab 32 kW mit TWW-Bereitung [12], [16].....	53
Bild 5-7:	BHKW-Kosten im Leistungsbereich bis 100 kW _{el} [18].....	54
Bild 5-8:	BHKW-Kosten für den Leistungsbereich 10 – 400 kW _{el} [18].....	54
Bild 8-1:	Auszug aus dem Prüfbericht der Gütekennzeichnung für Softwareprodukte der DIN V 18599	98

Bild 10-1:	Amortisationszeiten der Außenwanddämmung	128
Bild 10-2:	Amortisationszeiten der Kellerdeckendämmung.	129
Bild 10-3:	Amortisationszeiten der Geschossdeckendämmung	129
Bild 10-4:	Amortisationszeiten der Steildachdämmung	129
Bild 10-5:	Übersicht über die einzuhaltenden Wärmedurchgangskoeffizienten bei energetischen Bestandssanierungen in verschiedenen EU Mitgliedsstaaten..	132

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Veränderung der Kennwerte für den Energieträger Strom (Primärenergiefaktor, CO ₂ -Emissionsfaktor, Arbeitspreis) bezogen auf die Kennwerte der EnEV 2002	13
Tabelle 2-2:	Anforderungsgrößen in EnEV und EEWärmeG	15
Tabelle 2-3:	Optionen zur Weiterentwicklung der zentralen Anforderungsgrößen	16
Tabelle 2-4:	Empfehlungen Haupt- und Nebenanforderung EnEV 2017.....	20
Tabelle 3-1:	Zusammenstellung unterschiedlicher möglicher Maßnahmen. Grün markierte Maßnahmen werden zur Umsetzung empfohlen.....	29
Tabelle 3-2:	Referenzanforderungen im Bereich des Lichtmanagements gemäß EnEV 2014	34
Tabelle 3-3:	Wiederholungsprüfungen ortsfester elektrischer Anlagen und Betriebsmittel.	35
Tabelle 4-1:	Randbedingungen Betriebszeit und Nutzungsstunden Gruppenbüro nach DIN V 18599-10.....	37
Tabelle 4-2:	Vergleichsrechnung der Luftwechselraten bei bedarfsabhängiger Lüftung und Anpassung der Lüftungsdauer an die Personenanzahl am Beispiel der Nutzungsart Gruppenbüro.....	38
Tabelle 4-3:	Gegenüberstellung des rechnerischen Endenergiebedarfs Strom + Arbeitshilfen mit Vergleichswerten für den Verbrauch am Beispiel des Mustergebäudes „Bürohochhaus“ aus [3].....	39
Tabelle 4-4:	Gegenüberstellung der nutzflächen- und nettogrundflächenbezogenen spezifischen Nutzenergiebedarfe für Trinkwarmwasser für DIN V 4108-6/DIN V 4701-10, DIN V 18599 und Ansatz Ecofys [8]	41
Tabelle 4-5:	Primärenergetische Auswirkungen der unterschiedlichen Ansätze zur Bestimmung der Nutzenergiebedarfe für Trinkwarmwasser aus Tabelle 4-4	42
Tabelle 4-6:	Produktionsmengenabhängige Bedarfsanteile nach DIN V 18599-10, Tabelle 7	43
Tabelle 5-1:	Ermittlung mittlerer Baupreisindizes auf Basis von Daten aus [13]	50
Tabelle 5-2:	Bauteilkosten Fenster und Dachflächenfenster aus [14], [15]	51
Tabelle 5-3:	Kosten dezentraler Hallenheizsysteme nach [12] bei einer Hallenhöhe von 10 m, Preisniveau (brutto) 2015	54
Tabelle 5-4:	Zusammenstellung weiterer Kostenansätze anlagentechnischer Maßnahmen und Komponenten, nach [3] , [11], [16] und [17] fortgeschrieben und ergänzt durch eigene Untersuchungen	55
Tabelle 5-5:	Gebäudespezifische Kosten für Schornsteine und Heizflächen/Rohrleitungen bei den Wohngebäuden, nach [3] , [11] und [16] fortgeschrieben und ergänzt durch eigene Untersuchungen	55
Tabelle 5-6:	Gebäudespezifische Kosten für Schornsteine und Heizflächen/Rohrleitungen bei den Nichtwohngebäuden, nach [3] , [11] und [16] fortgeschrieben und ergänzt durch eigene Untersuchungen	56
Tabelle 5-7:	Primärenergiefaktoren	58
Tabelle 5-8	Berücksichtigte Lebensdauern für bauliche und anlagentechnische Komponenten [19], (Anmerkung: die Lebensdauer von 50 a ist die angesetzte Obergrenze)	60
Tabelle 5-9:	Pauschale Ansätze für Instandsetzung, Wartung und Inspektion bei Wohngebäuden	61
Tabelle 5-10:	Schornsteinfegergebühren nach [21] bei Wohngebäuden	61
Tabelle 5-11	Instandhaltungskosten, Gebäudehülle und Anlagentechnik für Nichtwohngebäude nach [19] und [20] ergänzt durch eigene Untersuchungen	61
Tabelle 5-12:	Energiepreise (Mischpreise, für Erdgas und Holzpellets brennwertbezogen). Quellen: EUROSTAT [22] (Erdgas/Strom), DEPV [23] (Holzpellets); Preise gemäß Abstimmung mit dem Auftraggeber (BBSR/BMWi).....	62

Tabelle 5-13:	Energiepreise (Mischpreise) für die Untersuchungen zur Kostenoptimalität	63
Tabelle 5-14:	Preissteigerungsraten, Szenario „Bundesregierung (Prognos)“	63
Tabelle 5-15:	Preissteigerungsraten, Szenario „EU“ (Vorgaben der delegierten Verordnung). [24].....	63
Tabelle 5-16:	Preissteigerungsraten, Szenario „1 Prozent“.....	64
Tabelle 5-17:	CO ₂ -Kosten für die Zeiträume gemäß [24]	64
Tabelle 5-18:	CO ₂ -Faktoren	64
Tabelle 5-19:	Kalkulationszinssätze (Realzinssätze)	64
Tabelle 6-1:	Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das Referenzgebäude „Kleines EFH mit Keller“	68
Tabelle 6-2:	Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das Referenzgebäude „Kleines Mehrfamilienhaus“	69
Tabelle 6-3:	Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das Referenzgebäude „großes Mehrfamilienhaus“	70
Tabelle 6-4:	Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das Referenzgebäude „Schule“	70
Tabelle 6-5:	Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das Referenzgebäude „Hotel groß“.....	71
Tabelle 6-6:	Übersicht der ermittelten Diskrepanzen zum Primärenergiebedarfskennwert des kostenoptimalen Niveaus bei Wohngebäuden.....	72
Tabelle 6-7:	Übersicht der ermittelten Diskrepanzen zum Primärenergiebedarfskennwert des kostenoptimalen Niveaus bei Nichtwohngebäuden	73
Tabelle 7-1:	Energiebedingte Investitionskosten (€/m ² Wohnfläche) EnEV 2014 und Investitionsmehrkosten für die Niveaus Q _P 55 % H _{T'} 85 % und Q _P 55 % H _{T'} 70 % (EH 55)	76
Tabelle 7-2:	Energiebedingte Investitionskosten (€/m ² Wohnfläche) EnEV 2014 und Investitionsmehrkosten für die Niveaus Q _P 40 % H _{T'} 55 % (EH 40) und Q _P 40 % H _{T' Ref}	77
Tabelle 7-3:	Energiebedingte Investitionskosten (€/m ² Nutzfläche) EnEV 2014 und Investitionsmehrkosten für die Niveaus Q _P 55 % H _{T'} 85 % und Q _P 55 % H _{T'} 70 % (EH 55)	78
Tabelle 7-4:	Energiebedingte Investitionskosten (€/m ² Nutzfläche) EnEV 2014 und Investitionsmehrkosten für die Niveaus Q _P 40 % H _{T'} 55 % (EH 40) und Q _P 40 % H _{T' Ref}	78
Tabelle 7-5:	Spezifische energiebedingte kapitalgebundene Kosten (€/m ² Nutzfläche) und kapitalgebundene Mehrkosten unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten für die Niveaus Q _P 55 % H _{T'} 85 % und Q _P 55 % H _{T'} 70 % (EH 55); Betrachtungszeitraum 30 Jahre	79
Tabelle 7-6:	Spezifische energiebedingte kapitalgebundene Kosten (€/m ² Nutzfläche) und kapitalgebundene Mehrkosten unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten für die Niveaus Q _P 40 % H _{T'} 55 % (EH 40) und Q _P 40 % H _{T' Ref} ; Betrachtungszeitraum 30 Jahre	79
Tabelle 7-7:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Niveaus Q _P 55 % H _{T'} 85 % und Q _P 55 % H _{T'} 70 % (EH 55), Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung Bundesregierung	80
Tabelle 7-8:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Niveaus Q _P 40 % H _{T'} 55 % (EH 40) und Q _P 40 % H _{T' Ref} , Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung Bundesregierung	82
Tabelle 7-9:	Preissteigerungsraten, Szenario „Bundesregierung (Prognos)“	82
Tabelle 7-10:	Preissteigerungsraten, Szenario „EU“ (Vorgaben der delegierten Verordnung). [24].....	82
Tabelle 7-11:	Preissteigerungsraten, Szenario „1 Prozent“	82

Tabelle 7-12:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Niveaus Q_p 55 % H_T' 85 % und Q_p 55 % H_T' 70 % (EH 55), Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung EU	83
Tabelle 7-13:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Niveaus Q_p 40 % H_T' 55 % (EH 40) und Q_p 40 % $H_T'^{Ref}$, Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung EU	83
Tabelle 7-14:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Niveaus Q_p 55 % H_T' 85 % und Q_p 55 % H_T' 70 % (EH 55), Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung „1 Prozent“.....	84
Tabelle 7-15:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Niveaus Q_p 40 % H_T' 55 % (EH 40) und Q_p 40 % $H_T'^{Ref}$, Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung „1 Prozent“	84
Tabelle 7-16:	Energiebedingte Investitionskosten ($\text{€}/\text{m}^2$ Nettogrundfläche) EnEV 2014 (O_p 100 %, \bar{U} 100 %) und Investitionsmehrkosten für die untersuchten Niveaus der Nichtwohngebäude	86
Tabelle 7-17:	Spezifische energiebedingte kapitalgebundene Kosten ($\text{€}/\text{m}^2$ NGF) EnEV 2014 (O_p 100 %, \bar{U} 100 %) und Mehrkosten unter Berücksichtigung von Ersatzbesch. und Restwerten, Betrachtungszeitraum 20 Jahre	86
Tabelle 7-18:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten (ohne Fertigungshallen), Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung Bundesregierung.....	87
Tabelle 7-19:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten (Fertigungshallen), Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung Bundesregierung	87
Tabelle 7-20:	Preissteigerungsraten, Szenario „Bundesregierung (Prognos)“	89
Tabelle 7-21:	Preissteigerungsraten, Szenario „EU“ (Vorgaben der delegierten Verordnung). [24].....	89
Tabelle 7-22:	Preissteigerungsraten, Szenario „1 Prozent“	89
Tabelle 7-23:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten (ohne Fertigungshallen), Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung EU.....	90
Tabelle 7-24:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten (Fertigungshallen), Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung EU	90
Tabelle 7-25:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten (ohne Fertigungshallen), Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung „1 Prozent“	91
Tabelle 7-26:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten (Fertigungshallen), Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung „1 Prozent“	91
Tabelle 9-1:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q_p 55 % H_T' 85 % mit und ohne Zirkulation. Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerung Bundesregierung.....	106
Tabelle 9-2:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q_p 55 % H_T' 85 % mit und ohne Zirkulation. Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerung EU.....	106
Tabelle 9-3:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q_p 55 % H_T' 85 % mit und ohne Zirkulation. Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerung „1 Prozent“	106
Tabelle 9-4:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q_p 55 % H_T' 85 %. Vergleich Mischpreise zu Grund- und Arbeitspreisen. Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerung Bundesregierung	107
Tabelle 9-5:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q_p 55 % H_T' 85 %. Vergleich Mischpreise zu Grund- und Arbeitspreisen. Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerung EU	108

Tabelle 9-6:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q _P 55 % H _{T'} 85 %. Vergleich Mischpreise zu Grund- und Arbeitspreisen. Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerung „1 Prozent“	108
Tabelle 9-7:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q _P 55 % H _{T'} 85 %. Vergleich mit und ohne WP-Tarif Strom. Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerung Bundesregierung.....	109
Tabelle 9-8:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q _P 55 % H _{T'} 85 %. Vergleich mit und ohne WP-Tarif Strom. Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerung EU.....	109
Tabelle 9-9:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q _P 55 % H _{T'} 85 %. Vergleich mit und ohne WP-Tarif Strom. Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerung „1 Prozent“	110
Tabelle 9-10:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q _P 55 % H _{T'} 85 %. Vergleich mit und ohne Planungsmehrkosten für $\Delta U_{WB} < 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerung Bundesregierung.....	111
Tabelle 9-11:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q _P 55 % H _{T'} 85 %. Vergleich mit und ohne Planungsmehrkosten für $\Delta U_{WB} < 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerung EU.....	111
Tabelle 9-12:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q _P 55 % H _{T'} 85 %. Vergleich mit und ohne Planungsmehrkosten für $\Delta U_{WB} < 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerung „1 Prozent“	112
Tabelle 9-13:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q _P 55 % H _{T'} 85 %. Berechnung für Ausgangsjahr Preisniveau 2020. Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerung Bundesregierung.....	113
Tabelle 9-14:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q _P 55 % H _{T'} 85 %. Berechnung für Ausgangsjahr Preisniveau 2020. Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerung EU.....	113
Tabelle 9-15:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für das Niveau Q _P 55 % H _{T'} 85 %. Berechnung für Ausgangsjahr Preisniveau 2020. Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerung „1 Prozent“	114
Tabelle 9-16:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge (Büro klein und Kita), Gegenüberstellung bivalenter und monovalenter Wärmeerzeugung. Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung Bundesregierung.....	115
Tabelle 9-17:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge (Büro klein und Kita), Gegenüberstellung bivalenter und monovalenter Wärmeerzeugung. Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung EU.....	115
Tabelle 9-18:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge (Büro klein und Kita), Gegenüberstellung bivalenter und monovalenter Wärmeerzeugung. Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung „1 Prozent“	116
Tabelle 9-19:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten (ohne Fertigungshallen), Ansatz von Grund- und Arbeitspreisen anstelle von Mischpreisen, Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung Bundesregierung	117
Tabelle 9-20:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten (ohne Fertigungshallen), Ansatz von Grund- und Arbeitspreisen anstelle von Mischpreisen, Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung EU	117
Tabelle 9-21:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten (ohne Fertigungshallen), Ansatz von Grund- und Arbeitspreisen anstelle von Mischpreisen, Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung „1 Prozent“	118
Tabelle 9-22:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge (ohne Fertigungshallen), Berechnungen ohne Wärmepumpentarif, Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung Bundesregierung.....	119

Tabelle 9-23:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge (ohne Fertigungshallen), Berechnungen ohne Wärmepumpentarif, Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung EU.....	119
Tabelle 9-24:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge (ohne Fertigungshallen), Berechnungen ohne Wärmepumpentarif, Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung „1 Prozent“	120
Tabelle 9-25:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten (ohne Fertigungshallen), Berechnung für Ausgangsjahr Preisniveau 2020, Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung Bundesregierung.....	121
Tabelle 9-26:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten (ohne Fertigungshallen), Berechnung für Ausgangsjahr Preisniveau 2020, Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung EU.....	121
Tabelle 9-27:	Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten (ohne Fertigungshallen), Berechnung für Ausgangsjahr Preisniveau 2020, Betrachtungszeitraum 20 Jahre, Preissteigerung „1 Prozent“	122
Tabelle 9-28:	Auswertungen zum spezifischen Transmissionswärmeverlusts H_r' bei baulicher Ausführung gemäß \bar{U}_{max} -Anforderungen für das Modellgebäude Kita	123
Tabelle 9-29:	Auswertungen zum spezifischen Transmissionswärmeverlusts H_r' bei baulicher Ausführung gemäß \bar{U}_{max} -Anforderungen für das Modellgebäude Büro klein ..	123
Tabelle 9-30:	Auswertungen zum spezifischen Transmissionswärmeverlusts H_r' bei baulicher Ausführung gemäß \bar{U}_{max} -Anforderungen für das Modellgebäude Büro groß ..	123
Tabelle 10-1:	Kostendaten energetischer Modernisierungsmaßnahmen.....	126
Tabelle 10-2:	Amortisationszeiten der Kostendifferenz zwischen Fenstern mit 2-Scheiben- und mit 3-Scheibenverglasung in Jahren.....	128
Tabelle 10-3:	Zusammenstellung der Berechnungsergebnisse zu Anforderungen im Gebäudebestand	130

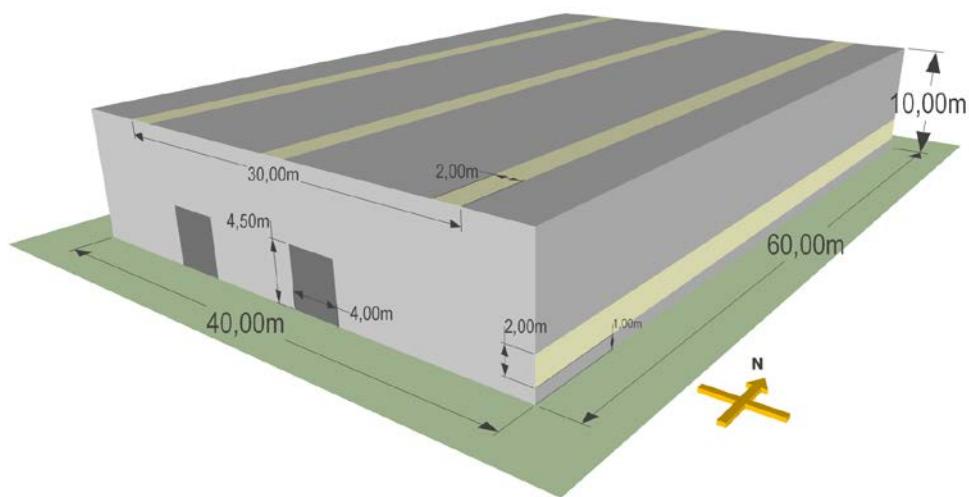
Anhang A Geometrie der Fertigungshallen

Bild A-1: Skizze Fertigungshalle

Anhang B Ergebnistabellen zum kostenoptimalen Niveau Neubau

B 1 Wohngebäude

Tabelle B-1: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das Referenzgebäude „kleines Einfamilienhaus ohne Keller“

Einfamilienhaus klein, ohne Keller	Primär-energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive			Makroökonomische Perspektive		
		Preissteigerungsszenarien (Angaben in %)			Preissteigerungsszenarien (Angaben in %)		
		Prognos	EU	1 %	Prognos	EU	1 %
Global cost - Bezugsvariante (EUR/m ²)		1.481	1.557	1.481	1.207	1.244	1.205
18599_Bezug_GasBW+ST_EFHklein_oKe	95,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EnEV_2016_GasBW+ST_EFHklein_oKe	71,8	0,9	-0,4	1,2	1,4	0,5	1,6
Qp55,HT'85%_GasBW+ST_EFHklein_oKe	52,7	1,5	-0,8	1,9	3,3	1,7	3,5
Qp55,HT'85%_Luft-WP_EFHklein_oKe	52,8	-5,6	-8,6	-3,4	-5,5	-7,5	-4,3
Qp55,HT'85%_Sole-WP_EFHklein_oKe	42,0	-2,1	-5,5	-0,3	-1,0	-3,3	-0,1
Qp55,HT'85%_Pellet_EFHklein_oKe	27,1	9,2	7,3	8,6	9,7	8,8	9,3
Qp55,HT'70%_GasBW+ST_EFHklein_oKe	52,5	1,7	-0,7	2,0	3,4	1,9	3,6
Qp55,HT'70%_Luft-WP_EFHklein_oKe	47,5	-6,0	-9,1	-4,0	-5,2	-7,3	-4,2
Qp55,HT'70%_Sole-WP_EFHklein_oKe	38,2	-2,2	-5,8	-0,6	-0,7	-3,0	0,2
Qp55,HT'70%_Pellet_EFHklein_oKe	25,1	9,2	7,1	8,7	10,2	9,0	9,8
Qp40,HT'55%_GasBW+ST_EFHklein_oKe	38,9	6,0	2,8	6,5	8,8	6,6	9,0
Qp40,HT'55%_Luft-WP_EFHklein_oKe	36,3	-2,0	-5,6	-0,4	0,1	-2,4	0,9
Qp40,HT'55%_Sole-WP_EFHklein_oKe	34,1	-0,5	-4,3	1,0	2,0	-0,5	2,8
Qp40,HT'55%_Pellet_EFHklein_oKe	23,2	11,2	8,7	10,8	13,0	11,6	12,7
Qp40,HT'ohne_GasBW+ST_EFHklein_oKe	38,9	6,0	2,8	6,5	8,8	6,6	9,0
Qp40,HT'ohne_Luft-WP_EFHklein_oKe	38,2	-2,8	-6,3	-1,2	-1,2	-3,5	-0,3
Qp40,HT'ohne_Sole-WP_EFHklein_oKe	38,4	-2,4	-5,9	-0,7	-0,8	-3,2	0,0
Qp40,HT'ohne_Pellet_EFHklein_oKe	29,4	8,6	7,1	8,0	8,7	8,0	8,2
Qp55,HT'85%_Luft-WP_oWPT_EFHklein_oKe	52,8	-3,3	-6,1	-0,7	-5,5	-7,5	-4,3
Qp55,HT'85%_Sole-WP_oWPT_EFHklein_oKe	42,0	-0,4	-3,7	1,7	-1,0	-3,3	-0,1
Qp55,HT'70%_Luft-WP_oWPT_EFHklein_oKe	47,5	-4,0	-6,9	-1,6	-5,2	-7,3	-4,2
Qp55,HT'70%_Sole-WP_oWPT_EFHklein_oKe	38,2	-0,7	-4,1	1,2	-0,7	-3,0	0,2
Qp40,HT'55%_Luft-WP_oWPT_EFHklein_oKe	36,3	-0,7	-4,1	1,2	0,1	-2,4	0,9
Qp40,HT'55%_Sole-WP_oWPT_EFHklein_oKe	34,1	0,9	-2,8	2,6	2,0	-0,5	2,8
Qp40,HT'ohne_Luft-WP_oWPT_EFHklein_oKe	38,2	-1,4	-4,8	0,5	-1,2	-3,5	-0,3
Qp40,HT'ohne_Sole-WP_oWPT_EFHklein_oKe	38,4	-0,8	-4,2	1,1	-0,8	-3,2	0,0
Qp55,HT'85%_GasBW+ST_EFHklein_oKe_oWB-Kosten	52,7	0,3	-2,0	0,7	2,0	0,5	2,2

Tabelle B-2: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das Referenzgebäude „großes Einfamilienhaus mit Keller“

Einfamilienhaus groß, mit Keller	Primär-energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive			Makroökonomische Perspektive		
		Preissteigerungsszenarien (Angaben in %)			Preissteigerungsszenarien (Angaben in %)		
		Prognos	EU	1 %	Prognos	EU	1 %
Global cost - Bezugsvariante (EUR/m²)		1.414	1.470	1.413	1.159	1.187	1.158
18599_Bezug_GasBW+ST_EFHgross_mKe	71,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EnEV 2016_GasBW+ST_EFHgross_mKe	53,9	1,7	0,6	2,0	1,8	1,1	2,0
Qp55,HT'85%_GasBW+ST_EFHgross_mKe	39,5	1,1	-0,8	1,4	2,1	0,9	2,2
Qp55,HT'85%_Luft-WP_EFHgross_mKe	39,5	-2,4	-4,8	-0,6	-2,2	-3,9	-1,3
Qp55,HT'85%_Sole-WP_EFHgross_mKe	30,9	-1,8	-4,5	-0,4	-0,8	-2,6	0,0
Qp55,HT'85%_Pellet_EFHgross_mKe	17,6	1,0	-0,4	0,6	2,0	1,2	1,7
Qp55,HT'70%_GasBW+ST_EFHgross_mKe	39,3	1,1	-0,8	1,4	2,1	0,9	2,3
Qp55,HT'70%_Luft-WP_EFHgross_mKe	35,9	-2,9	-5,4	-1,2	-2,3	-4,0	-1,5
Qp55,HT'70%_Sole-WP_EFHgross_mKe	28,3	-2,1	-4,9	-0,8	-0,8	-2,6	-0,1
Qp55,HT'70%_Pellet_EFHgross_mKe	16,3	0,8	-0,8	0,5	2,0	1,2	1,8
Qp40,HT'55%_GasBW+ST_EFHgross_mKe	28,8	4,3	1,7	4,6	6,1	4,4	6,3
Qp40,HT'55%_Luft-WP_EFHgross_mKe	28,8	-0,9	-3,8	0,4	0,9	-1,0	1,6
Qp40,HT'55%_Sole-WP_EFHgross_mKe	25,5	-1,0	-3,9	0,2	1,0	-0,9	1,6
Qp40,HT'55%_Pellet_EFHgross_mKe	14,9	2,1	0,2	1,8	3,9	2,9	3,7
Qp40,HT'ohne_GasBW+ST_EFHgross_mKe	28,8	4,3	1,7	4,6	6,1	4,4	6,3
Qp40,HT'ohne_Luft-WP_EFHgross_mKe	28,7	0,2	-2,6	1,6	1,3	-0,6	2,0
Qp40,HT'ohne_Sole-WP_EFHgross_mKe	28,7	-2,2	-5,0	-0,8	-0,9	-2,7	-0,2
Qp40,HT'ohne_Pellet_EFHgross_mKe	19,0	1,0	-0,2	0,6	1,7	1,1	1,4
Qp55,HT'85%_Luft-WP_oWPT_EFHgross_mKe	39,5	-0,6	-2,9	1,5	-2,2	-3,9	-1,3
Qp55,HT'85%_Sole-WP_oWPT_EFHgross_mKe	30,9	-0,5	-3,1	1,2	-0,8	-2,6	0,0
Qp55,HT'70%_Luft-WP_oWPT_EFHgross_mKe	35,9	-1,2	-3,6	0,7	-2,3	-4,0	-1,5
Qp55,HT'70%_Sole-WP_oWPT_EFHgross_mKe	28,3	-0,9	-3,6	0,6	-0,8	-2,6	-0,1
Qp40,HT'55%_Luft-WP_oWPT_EFHgross_mKe	28,8	0,4	-2,3	1,9	0,9	-1,0	1,6
Qp40,HT'55%_Sole-WP_oWPT_EFHgross_mKe	25,5	0,1	-2,7	1,5	1,0	-0,9	1,6
Qp40,HT'ohne_Luft-WP_oWPT_EFHgross_mKe	28,7	1,3	-1,4	2,9	1,3	-0,6	2,0
Qp40,HT'ohne_Sole-WP_oWPT_EFHgross_mKe	28,7	-0,9	-3,6	0,6	-0,9	-2,7	-0,2
Qp55,HT'85%_GasBW+ST_EFHgross_mKe_oWB-Kosten	39,5	0,6	-1,2	1,0	1,6	0,4	1,8

Tabelle B-3: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das Referenzgebäude „Reihenmittelhaus mit Keller“

Reihenmittelhaus, mit Keller	Primär-energie [kWh/ (m ² a)]	Mikroökonomische Perspektive			Makroökonomische Perspektive		
		Preissteigerungsszenarien (Angaben in %)			Preissteigerungsszenarien (Angaben in %)		
		Prognos	EU	1 %	Prognos	EU	1 %
Global cost - Bezugsvariante (EUR/m ²)		1.213	1.257	1.214	991	1.013	991
18599_Bezug_GasBW+ST_RMH_mKe	55,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EnEV 2016_GasBW+ST_RMH_mKe	40,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Qp55,HT'85%_GasBW+ST_RMH_mKe	30,8	0,7	0,0	0,7	1,4	1,1	1,5
Qp55,HT'85%_Luft-WP_RMH_mKe	30,9	-5,3	-6,3	-4,1	-4,7	-5,4	-4,0
Qp55,HT'85%_Sole-WP_RMH_mKe	27,9	-3,2	-4,5	-2,2	-2,6	-3,5	-2,1
Qp55,HT'85%_Pellet_RMH_mKe	16,4	2,9	2,9	2,1	3,2	3,5	2,7
Qp55,HT'70%_GasBW+ST_RMH_mKe	30,8	0,7	0,0	0,7	1,4	1,1	1,5
Qp55,HT'70%_Luft-WP_RMH_mKe	30,9	-5,3	-6,3	-4,1	-4,7	-5,4	-4,0
Qp55,HT'70%_Sole-WP_RMH_mKe	26,2	-3,2	-4,5	-2,3	-2,3	-3,2	-1,8
Qp55,HT'70%_Pellet_RMH_mKe	15,6	3,1	3,0	2,3	3,7	3,8	3,2
Qp40,HT'55%_GasBW+ST_RMH_mKe	24,4	3,6	2,6	3,7	4,9	4,2	4,9
Qp40,HT'55%_Luft-WP_RMH_mKe	23,3	-0,7	-2,2	0,1	0,6	-0,4	1,0
Qp40,HT'55%_Sole-WP_RMH_mKe	22,3	2,2	0,6	2,9	3,3	2,3	3,8
Qp40,HT'55%_Pellet_RMH_mKe	14,6	4,4	4,1	3,6	5,4	5,4	4,9
Qp40,HT'ohne_GasBW+ST_RMH_mKe	24,4	3,4	2,4	3,5	4,7	4,0	4,7
Qp40,HT'ohne_Luft-WP_RMH_mKe	23,3	-1,0	-2,4	-0,1	0,4	-0,6	0,8
Qp40,HT'ohne_Sole-WP_RMH_mKe	22,5	1,7	0,1	2,4	2,8	1,8	3,3
Qp40,HT'ohne_Pellet_RMH_mKe	17,1	2,4	2,6	1,6	2,6	2,9	2,0
Qp55,HT'85%_Luft-WP_oWPT_RMH_mKe	30,9	-3,7	-4,6	-2,2	-4,7	-5,4	-4,0
Qp55,HT'85%_Sole-WP_oWPT_RMH_mKe	27,9	-1,9	-3,0	-0,6	-2,6	-3,5	-2,1
Qp55,HT'70%_Luft-WP_oWPT_RMH_mKe	30,9	-3,7	-4,6	-2,2	-4,7	-5,4	-4,0
Qp55,HT'70%_Sole-WP_oWPT_RMH_mKe	26,2	-2,0	-3,1	-0,8	-2,3	-3,2	-1,8
Qp40,HT'55%_Luft-WP_oWPT_RMH_mKe	23,3	0,2	-1,1	1,2	0,6	-0,4	1,0
Qp40,HT'55%_Sole-WP_oWPT_RMH_mKe	22,3	3,0	1,6	3,9	3,3	2,3	3,8
Qp40,HT'ohne_Luft-WP_oWPT_RMH_mKe	23,3	0,0	-1,3	1,0	0,4	-0,6	0,8
Qp40,HT'ohne_Sole-WP_oWPT_RMH_mKe	22,5	2,5	1,1	3,5	2,8	1,8	3,3
Qp55,HT'85%_GasBW+ST_RMH_mKe_oWB-Kosten	30,8	-0,2	-0,7	-0,1	0,6	0,2	0,6

Tabelle B-4: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das Referenzgebäude „Doppelhaushälfte (südorientiert) ohne Keller“

Doppelhaushälfte Süd, ohne Keller	Primär-energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive			Makroökonomische Perspektive		
		Preissteigerungsszenarien (Angaben in %)			Preissteigerungsszenarien (Angaben in %)		
		Prognos	EU	1 %	Prognos	EU	1 %
Global cost - Bezugsvariante (EUR/m²)		1.256	1.316	1.256	1.022	1.052	1.021
18599_Bezug_GasBW+ST_DHHsüd_oKe	76,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EnEV 2016_GasBW+ST_DHHsüd_oKe	57,4	1,6	0,3	2,0	1,9	1,0	2,1
Qp55,HT'85%_GasBW+ST_DHHsüd_oKe	42,2	2,1	-0,2	2,5	3,5	2,0	3,7
Qp55,HT'85%_Luft-WP_DHHsüd_oKe	42,3	-5,8	-8,6	-3,8	-5,5	-7,4	-4,4
Qp55,HT'85%_Sole-WP_DHHsüd_oKe	35,4	-1,8	-5,0	-0,1	-0,9	-3,0	0,0
Qp55,HT'85%_Pellet_DHHsüd_oKe	23,3	10,0	8,4	9,4	10,2	9,5	9,8
Qp55,HT'70%_GasBW+ST_DHHsüd_oKe	42,2	2,1	-0,2	2,5	3,5	2,0	3,7
Qp55,HT'70%_Luft-WP_DHHsüd_oKe	39,4	-5,9	-8,7	-3,9	-5,1	-7,0	-4,0
Qp55,HT'70%_Sole-WP_DHHsüd_oKe	32,2	-1,6	-4,9	0,0	-0,1	-2,3	0,8
Qp55,HT'70%_Pellet_DHHsüd_oKe	21,7	10,6	8,8	10,0	11,3	10,4	10,9
Qp40,HT'55%_GasBW+ST_DHHsüd_oKe	30,8	6,6	3,5	7,1	9,0	7,0	9,3
Qp40,HT'55%_Luft-WP_DHHsüd_oKe	30,3	-1,5	-4,8	0,1	0,4	-1,8	1,2
Qp40,HT'55%_Sole-WP_DHHsüd_oKe	29,2	-0,2	-3,6	1,3	2,1	-0,2	2,9
Qp40,HT'55%_Pellet_DHHsüd_oKe	20,0	12,0	9,8	11,5	13,4	12,2	13,1
Qp40,HT'ohne_GasBW+ST_DHHsüd_oKe	30,8	6,6	3,5	7,1	9,0	6,9	9,3
Qp40,HT'ohne_Luft-WP_DHHsüd_oKe	30,7	-1,0	-4,4	0,5	0,8	-1,5	1,6
Qp40,HT'ohne_Sole-WP_DHHsüd_oKe	30,8	-1,2	-4,5	0,4	0,7	-1,6	1,5
Qp40,HT'ohne_Pellet_DHHsüd_oKe	24,7	9,4	8,1	8,7	9,3	8,8	8,8
Qp55,HT'85%_Luft-WP_oWPT_DHHsüd_oKe	42,3	-3,7	-6,3	-1,3	-5,5	-7,4	-4,4
Qp55,HT'85%_Sole-WP_oWPT_DHHsüd_oKe	35,4	-0,1	-3,2	1,9	-0,9	-3,0	0,0
Qp55,HT'70%_Luft-WP_oWPT_DHHsüd_oKe	39,4	-3,9	-6,5	-1,6	-5,1	-7,0	-4,0
Qp55,HT'70%_Sole-WP_oWPT_DHHsüd_oKe	32,2	0,0	-3,2	1,8	-0,1	-2,3	0,8
Qp40,HT'55%_Luft-WP_oWPT_DHHsüd_oKe	30,3	-0,2	-3,4	1,6	0,4	-1,8	1,2
Qp40,HT'55%_Sole-WP_oWPT_DHHsüd_oKe	29,2	1,2	-2,1	2,9	2,1	-0,2	2,9
Qp40,HT'ohne_Luft-WP_oWPT_DHHsüd_oKe	30,7	0,3	-2,9	2,1	0,8	-1,5	1,6
Qp40,HT'ohne_Sole-WP_oWPT_DHHsüd_oKe	30,8	0,3	-2,9	2,1	0,7	-1,6	1,5
Qp55,HT'85%_GasBW+ST_DHHsüd_oKe_oWB-Kosten	42,2	0,8	-1,4	1,2	2,1	0,7	2,4

B 2 Nichtwohngebäude

Tabelle B-5: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das Referenzgebäude „Verbrauchermarkt“

Verbrauchermarkt	Primär-energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive			Makroökonomische Perspektive		
		Preissteigerungsszenarien (Angaben in %)			Preissteigerungsszenarien (Angaben in %)		
		Prognos	EU	1 %	Prognos	EU	1 %
Global cost - Bezugsvariante (EUR/m ²)		1.570	1.629	1.595	1.448	1.477	1.457
VM_Bezug_EnEV2009/2014_GasBW	137,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
VM_EnEV2016_Pellet_GasBW	103,0	0,5	-0,1	0,3	1,8	1,5	1,7
VM_EnEV2016_SoleWP	99,4	1,1	0,1	2,1	0,3	-0,5	0,8
VM_EnEV2016_GasBW_LuftWP	103,5	0,6	-0,3	0,9	1,6	1,0	1,8
VM_Qp65_U80_Pellet_GasBW	88,1	3,1	1,9	3,1	6,9	6,1	6,8
VM_Qp65_U80_SoleWP	86,2	-0,3	-1,6	0,4	0,5	-0,4	0,9
VM_Qp65_U80_GasBW_LuftWP	88,1	2,7	1,3	2,9	6,3	5,3	6,4
VM_Qp55_U70_SoleWP	77,2	-0,5	-2,1	-0,1	2,0	0,9	2,3
VM_EnEV2016_SoleWP_oWPT	99,4	1,5	0,5	2,6	0,3	-0,5	0,8
VM_EnEV2016_GasBW_LuftWP_oWPT	103,5	0,7	-0,2	1,1	1,6	1,0	1,8
VM_Qp65_U80_SoleWP_oWPT	86,2	0,0	-1,3	0,8	0,5	-0,4	0,9
VM_Qp65_U80_GasBW_LuftWP_oWPT	88,1	2,8	1,4	3,0	6,3	5,3	6,4
VM_Qp55_U70_SoleWP_oWPT	77,2	-0,3	-1,9	0,2	2,0	0,9	2,3
VM_Qp55_U70_GasBW_LuftWP_oWPT	88,1	2,8	1,4	3,0	6,3	5,3	6,4

Tabelle B-6: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das Referenzgebäude „Büro klein“

Bürogebäude klein	Primär-energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive			Makroökonomische Perspektive		
		Preissteigerungsszenarien (Angaben in %)			Preissteigerungsszenarien (Angaben in %)		
		Prognos	EU	1 %	Prognos	EU	1 %
Global cost - Bezugsvariante (EUR/m ²)		2.302	2.361	2.312	2.203	2.234	2.206
Bkl_Bezug_EnEV2009/2014_GasBW	139,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bkl_EnEV2016_GasBW+LuftWP	105,6	0,4	-0,2	1,0	0,0	-0,4	0,3
Bkl_EnEV2016_SoleWP	87,7	1,9	0,9	3,0	0,9	0,2	1,4
Bkl_EnEV2016_GasBW+Pellet	99,9	0,0	-0,3	-0,1	0,3	0,2	0,2
Bkl_Qp65_U80_GasBW+LuftWP	90,0	1,5	0,6	2,0	2,5	1,8	2,7
Bkl_Qp65_U80_SoleWP	87,7	1,9	0,9	3,0	0,9	0,2	1,4
Bkl_Qp65_U80_GasBW+Pellet	89,5	-0,6	-1,1	-0,6	0,3	0,0	0,2
Bkl_Qp55_GasBW+LuftWP	90,0	1,5	0,6	2,0	2,5	1,8	2,7
Bkl_Qp55_SoleWP	79,0	0,9	-0,2	1,8	0,6	-0,2	1,1
Bkl_Qp55_GasBW+Pellet	79,4	0,6	-0,2	0,6	2,3	1,8	2,3
Bkl_EnEV2016_GasBW+LuftWP_oWPT	105,6	0,6	0,0	1,3	0,0	-0,4	0,3
Bkl_EnEV2016_SoleWP_oWPT	87,7	2,3	1,4	3,5	0,9	0,2	1,4
Bkl_Qp65_U80_GasBW+LuftWP_oWPT	90,0	1,7	0,8	2,2	2,5	1,8	2,7
Bkl_Qp65_U80_SoleWP_oWPT	87,7	2,3	1,4	3,5	0,9	0,2	1,4
Bkl_Qp55_GasBW+LuftWP_oWPT	90,0	1,7	0,8	2,2	2,5	1,8	2,7
Bkl_Qp55_SoleWP_oWPT	79,0	1,2	0,1	2,2	0,6	-0,2	1,1

Tabelle B-7: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das Referenzgebäude „Büro groß“

Bürogebäude groß	Primär-energie [kWh/(m²a)]	Mikroökonomische Perspektive			Makroökonomische Perspektive		
		Preissteigerungsszenarien (Angaben in %)			Preissteigerungsszenarien (Angaben in %)		
		Prognos	EU	1 %	Prognos	EU	1 %
Global cost - Bezugsvariante (EUR/m ²)		2.096	2.163	2.123	1.991	2.024	2.000
Bgr_Bezug_EnEV2009/2014_GasBW	155,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bgr_EnEV2016_SoleWP	107,2	-0,5	-1,5	0,3	-1,0	-1,7	-0,7
Bgr_EnEV2016_GasBW+Pellet	118,1	-0,3	-0,7	-0,5	0,4	0,2	0,3
Bgr_Qp65_U80_SoleWP	101,2	-0,8	-1,9	-0,2	-0,6	-1,3	-0,2
Bgr_Qp65_U80_GasBW+Pellet	108,0	0,4	-0,2	0,4	2,3	1,8	2,2
Bgr_Qp55_SoleWP	89,3	-1,0	-2,3	-0,5	1,0	0,2	1,3
Bgr_Qp55_GasBW+Pellet	107,6	0,8	0,1	0,7	2,7	2,3	2,6
Bgr_EnEV2016_SoleWP_oWPT	107,2	0,0	-1,0	0,8	-1,0	-1,7	-0,7
Bgr_Qp65_U80_SoleWP_oWPT	101,2	-0,4	-1,4	0,3	-0,6	-1,3	-0,2
Bgr_Qp55_SoleWP_oWPT	89,3	-0,7	-2,0	-0,2	1,0	0,2	1,3

Tabelle B-8: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das Referenzgebäude „Kindertagesstätte“

Kindertagesstätte	Primär-energie [kWh/ (m²·a)]	Mikroökonomische Perspektive			Makroökonomische Perspektive		
		Preissteigerungsszenarien (Angaben in %)			Preissteigerungsszenarien (Angaben in %)		
		Prognos	EU	1 %	Prognos	EU	1 %
Global cost - Bezugsvariante (EUR/m ²)		2.245	2.339	2.244	2.168	2.221	2.166
KT_Bezug_EnEV2009/2014_GasBW	223,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
KT_EnEV2016_GasBW+LuftWP	161,7	-0,7	-1,8	0,3	-1,3	-2,1	-0,9
KT_EnEV2016_SoleWP	86,4	-1,8	-4,2	-0,2	-0,9	-2,6	-0,2
KT_EnEV2016_GasBW+Pellet	141,3	0,5	-0,2	0,3	1,3	0,9	1,1
KT_Qp65_U80_GasBW+LuftWP	146,9	-2,0	-3,3	-1,0	-1,8	-2,7	-1,3
KT_Qp65_U80_SoleWP	86,4	-1,8	-4,2	-0,2	-0,9	-2,6	-0,2
KT_Qp65_U80_GasBW+Pellet	141,3	0,5	-0,2	0,3	1,3	0,9	1,1
KT_Qp55_GasBW+LuftWP	129,4	-2,4	-4,0	-1,6	-1,1	-2,2	-0,7
KT_Qp55_SoleWP	82,3	-2,5	-4,9	-0,9	-1,2	-2,9	-0,5
KT_Qp55_GasBW+Pellet	129,4	-0,2	-1,2	-0,4	1,3	0,8	1,2
KT_EnEV2016_GasBW+LuftWP_oWPT	161,7	-0,3	-1,4	0,7	-1,3	-2,1	-0,9
KT_EnEV2016_SoleWP_oWPT	86,4	-1,3	-3,6	0,4	-0,9	-2,6	-0,2
KT_Qp65_U80_GasBW+LuftWP_oWPT	146,9	-1,6	-2,9	-0,6	-1,8	-2,7	-1,3
KT_Qp65_U80_SoleWP_oWPT	86,4	-1,3	-3,6	0,4	-0,9	-2,6	-0,2
KT_Qp55_GasBW+LuftWP_oWPT	129,4	-2,1	-3,7	-1,3	-1,1	-2,2	-0,7
KT_Qp55_SoleWP_oWPT	82,3	-1,9	-4,4	-0,4	-1,2	-2,9	-0,5

Tabelle B-9: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das Referenzgebäude „Fertigungshalle mit zentralem Wärmeerzeuger“

Fertigungshalle zentral	Primär-energie [kWh/ (m²·a)]	Mikroökonomische Perspektive			Makroökonomische Perspektive		
		Preissteigerungsszenarien (Angaben in %)			Preissteigerungsszenarien (Angaben in %)		
		Prognos	EU	1 %	Prognos	EU	1 %
Global cost - Bezugsvariante (EUR/m ²)		1.527	1.577	1.537	1.437	1.463	1.440
FH_Bezug_EnEV2009/2014_GasBW	116,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
FH_EnEV2016_GasBW, LH+WLR	86,1	-4,7	-5,3	-4,6	-3,3	-3,8	-3,3
FH_EnEV2016_Pellet, DSP verb	46,7	-0,8	-1,8	-1,0	0,6	0,1	0,5
FH_EnEV2016_WPsole, LH+WLR	65,9	0,2	-1,1	1,4	-0,3	-1,3	0,3
FH_Qp65_U80_GasBW, LH+WLR	78,3	-4,1	-5,0	-4,0	-2,0	-2,5	-1,9
FH_Qp65_U80_Pellet, DSP verb	46,7	-0,8	-1,8	-1,0	0,6	0,1	0,5
FH_Qp65_U80_WPsole, LH+WLR	65,9	0,2	-1,1	1,4	-0,3	-1,3	0,3
FH_Qp55_Pellet, DSP verb.	44,1	-1,8	-3,0	-2,0	0,2	-0,5	0,1
FH_Qp55_WPsole, LH+WLR	59,8	-1,0	-2,5	0,0	-0,6	-1,6	-0,1
FH_EnEV2016_WPsole, LH+WLR	65,9	0,6	-0,7	1,8	-0,3	-1,3	0,3
FH_Qp65_U80_WPsole, LH+WLR	65,9	0,6	-0,7	1,8	-0,3	-1,3	0,3
FH_Qp55_WPsole, LH+WLR	59,8	-0,7	-2,1	0,4	-0,6	-1,6	-0,1

Tabelle B-10: Ergebnisse der Kostenoptimalitätsberechnungen für das Referenzgebäude „Fertigungshalle mit dezentralen Wärmeerzeugern“

Fertigungshalle dezentral	Primär-energie [kWh/ (m²·a)]	Mikroökonomische Perspektive			Makroökonomische Perspektive		
		Preissteigerungsszenarien (Angaben in %)			Preissteigerungsszenarien (Angaben in %)		
		Prognos	EU	1 %	Prognos	EU	1 %
Global cost - Bezugsvariante (EUR/m ²)		1.527	1.577	1.537	1.437	1.463	1.440
FH_Bezug_EnEV2009/2014_GasBW	116,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
FH_EnEV2016_WLE_kond+WLR	112,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,2	-1,3	-1,3
FH_EnEV2016_HS verb.	107,8	-2,8	-2,9	-2,9	-2,3	-2,4	-2,4
FH_EnEV2016_DS verb.	110,1	-2,9	-3,0	-3,0	-2,5	-2,6	-2,6
FH_EnEV2016_DS verb kond	101,4	-3,9	-4,1	-3,9	-3,2	-3,3	-3,2
FH_Qp65_U80_WLE_kond+WLR	94,4	-2,2	-2,7	-2,1	-1,4	-1,8	-1,4
FH_Qp65_U80_HS verb	95,1	-3,9	-4,4	-3,9	-3,3	-3,5	-3,2
FH_Qp65_U80_DS verb	95,4	-4,2	-4,6	-4,2	-3,5	-3,8	-3,5
FH_Qp65_U80_DS verb kond	94,2	-4,3	-4,8	-4,3	-3,6	-3,9	-3,6
FH_Qp55_WLE_kond+WLR	87,0	-3,6	-4,3	-3,5	-2,4	-2,8	-2,3
FH_Qp55_HS verb.	85,8	-4,5	-5,2	-4,4	-3,2	-3,7	-3,2
FH_Qp55_DS verb.	86,3	-4,8	-5,4	-4,7	-3,5	-3,9	-3,4
FH_Qp55_DS verb kond	84,1	-5,0	-5,7	-5,0	-3,7	-4,2	-3,6

Anhang C Konfigurationen der Bezugs- und Systemvarianten und Ergebnistabellen der Wirtschaftlichkeitsberechnungen.
Betrachtungszeitraum Wohngebäude: 30 Jahre, Nichtwohngebäude: 20 Jahre

C 1 Wohngebäude, Niveau Q_p 55 %; H_{T'} 85 %

C 1.1 Einfamilienhaus klein, beheizter Keller

Tabelle C-1: Energetische Auswertungen EFH klein, beheizter Keller, Niveau Q_p 55 %; H_{T'} 85 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit f _{p,Strom} = 1,8)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 80,1 kWh/(m ² a) %-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 44,072 kWh/(m ² a)	79,3 kWh/(m ² a) 80%	-1% -0%	44,0 kWh/(m ² a) -45%	43,4 kWh/(m ² a) -46%
Transmissionswärme H _{T'}	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 0,28645 kWh/(m ² K)	0,337 W/(m ² K) 0%	-20%	0,286 W/(m ² K) -0%	0,285 W/(m ² K) -1%
Energiekennwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
nur Wohngebäude: Nutzenergie Heizung Q _{n,b}	10.774 kWh/a	3.939 kWh/a -63%	10.362 kWh/a -4%	10.314 kWh/a -4%	5.733 kWh/a -47%
Nutzenergie Warmwasser Q _{w,b}	1.646 kWh/a	1.646 kWh/a 0%	1.646 kWh/a 0%	1.646 kWh/a 0%	1.646 kWh/a 0%
Endenergie Wärme Q _{t,Wärme}	17.356 kWh/a	8.166 kWh/a -53%	5.005 kWh/a -71%	3.736 kWh/a -78%	18.558 kWh/a 7%
Endenergie Hilfsenergie Q _{t,Hilfsernergie}	802 kWh/a	1.250 kWh/a 56%	664 kWh/a -17%	733 kWh/a -9%	696 kWh/a -13%
CO ₂ -Emissionen	4.395 kg/a	2.545 kg/a -42%	3.095 kg/a -30%	2.440 kg/a -44%	788 kg/a -82%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch	18,7 kg/(m ² a)	10,8 kg/(m ² a) -42%	13,2 kg/(m ² a) -30%	10,4 kg/(m ² a) -44%	3,4 kg/(m ² a) -82%
Primärenergiebedarf Q _p	18.643 kWh/a	10.343 kWh/a -45%	10.205 kWh/a -45%	8.044 kWh/a -57%	4.690 kWh/a -75%

Tabelle C-2: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit, EFH klein, beheizter Keller, Niveau Q_p 55 %; H_{T'} 85 %, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		50,8 a	16,5 a	19,9 a	> 100 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N		48,00 €/m ²	0 €/m ²	0 €/m ²	95,90 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.716 €/a	904 €/a 674 €/a	4.619 €/a 1.095 €/a	3.918 €/a 1.452 €/a	4.157 €/a 613 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.768 €/a	228 €/a -5.712 €/a	368 €/a -6.082 €/a	175 €/a -5.546 €/a	1.155 €/a -5.488 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten		140 €/a	-53 €/a	-166 €/a	216 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen			370 €/a	-224 €/a	752 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante					
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		36,0 a	8,5 a	12,8 a	79,7 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N		15,90 €/m ²	0 €/m ²	0 €/m ²	72,00 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.716 €/a	904 €/a 893 €/a	4.619 €/a 1.323 €/a	3.918 €/a 1.552 €/a	4.157 €/a 981 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	2.216 €/a	228 €/a -6.159 €/a	368 €/a -6.311 €/a	175 €/a -5.646 €/a	1.235 €/a -5.568 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten		140 €/a	-53 €/a	-514 €/a	216 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen			152 €/a	-592 €/a	583 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante					

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW 52,30 €/m ²	V2: WP Luft 4,50 €/m ²	V3: WP Sole 0 €/m ²	V4: Pellet 90,40 €/m ²
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		54,3 a	35,8 a	26,1 a	> 100 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N					
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.716 €/a	904 €/a	202 €/a	442 €/a	935 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.773 €/a	639 €/a	117 €/a	455 €/a	445 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	140 €/a	368 €/a	-53 €/a	216 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-5.717 €/a		-6.121 €/a		
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		405 €/a	33 €/a	-66 €/a	706 €/a

Tabelle C-3: Merkmale und Kosten EFH klein, beheizter Keller, Niveau Q_p 55 %; H_r 85 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Investitionsmehrkosten baulich		absolut spezifisch	absolut spezifisch	absolut spezifisch	absolut spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		9.402 € 40,0 €/m ²	4.393 € 18,7 €/m ²	3.825 € 16,3 €/m ²	3.825 € 16,3 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		7.269 € 30,9 €/m ²	824 € 3,5 €/m ²	10.802 € 45,9 €/m ²	7.704 € 32,8 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		1.016 € 4,3 €/m ²	0 € 0,0 €/m ²	0 € 0,0 €/m ²	0 € 0,0 €/m ²
Energiekostensparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		17.687 € 75,2 €/m ²	5.218 € 22,2 €/m ²	14.626 € 62,2 €/m ²	11.529 € 49,0 €/m ²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		555 €/a 2,36 €/(m ² a)	101 €/a 0,43 €/(m ² a)	396 €/a 1,68 €/(m ² a)	387 €/a 1,64 €/(m ² a)
Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger		122 €/a 0,52 €/(m ² a)	-46 €/a 0,19 €/(m ² a)	-46 €/a 0 €/(m ² a)	-46 €/a 0,80 €/(m ² a)
Arbeitskosten					
Endenergie Strom Normaltarif	0,298 €/kWh	802 kWh/a	238,9 €/a	664 kWh/a	197,8 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,248 €/kWh	-	-	5.005 kWh/a	1.241,4 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,075 €/kWh	17.356 kWh/a	1.301,7 €/a	8.166 kWh/a	612,5 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,051 €/kWh	-	-	-	-
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		1.540,6 €/a	-36,1%	985,1 €/a	-6,6%
				1.439,1 €/a	-25,7%
				1.144,9 €/a	-25,1%
				-	1.154,0 €/a
Merkmale und Kosten Bautechnik	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)	Fläche	U-Wert Kosten	U-Wert Kosten	U-Wert Kosten	U-Wert Kosten
Außenwand	126,40 m ²	0,28 W/(m ² K) 22.125 €	0,20 W/(m ² K) 23.821 €	0,24 W/(m ² K) 22.761 €	0,24 W/(m ² K) 22.761 €
Fenster Fassade	29,50 m ²	1,30 W/(m ² K) 7.139 €	0,95 W/(m ² K) 8.239 €	0,95 W/(m ² K) 8.239 €	0,95 W/(m ² K) 8.239 €
Außentür	2,10 m ²	1,80 W/(m ² K) 1.042 €	1,80 W/(m^{2}K) 1.042 €	1,80 W/(m^{2}K) 1.042 €	1,80 W/(m^{2}K) 1.042 €
Schrägdach	77,00 m ²	0,20 W/(m ² K) 12.657 €	0,16 W/(m ² K) 13.990 €	0,18 W/(m ² K) 13.265 €	0,19 W/(m ² K) 12.947 €
Fenster Dach					
Flachdach					
Kehlbalkendecke	41,00 m ²	0,20 W/(m ² K) 6.740 €	0,19 W/(m ² K) 6.894 €	0,14 W/(m ² K) 7.906 €	0,19 W/(m ² K) 6.894 €
oberste Geschosdecke					
Kellerdecke					
Keller Außenwand	98,00 m ²	0,35 W/(m ² K) 12.782 €	0,22 W/(m ² K) 14.521 €	0,30 W/(m ² K) 13.221 €	0,27 W/(m ² K) 13.600 €
Keller Innenwand					
Keller Boden an Erdreich	98,70 m ²	0,35 W/(m ² K) 12.873 €	0,22 W/(m ² K) 14.625 €	0,30 W/(m ² K) 13.315 €	0,27 W/(m ² K) 13.697 €
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K) 0 €	0,02 W/(m ² K) 1.626 €	0,05 W/(m ² K) 0 €	0,05 W/(m ² K) 0 €
Hüllfläche:	473 m ²	Kosten	Differenz Kosten	Differenz Kosten	Differenz Kosten
(Gesamt-)Investitionskosten baulich		0 € 75.357 €	9.402 € 84.759 €	4.393 € 79.750 €	3.825 € 79.181 €

Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
		Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	3.747 €	GasBW	3.704 €	WP Luft+TWW	12.612 €	WP Sole+TWW	14.481 €	Pellet+TWW	19.518 €
	kW thermisch	7,2 kW		5,6 kW		6,4 kW		6,4 kW		6,4 kW	
	kW elektrisch	k.A.		k.A.		k.A.		k.A.		k.A.	
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45		FBH 35/28		FBH 35/28		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	7,2 kW	6.190 €	5,6 kW	6.023 €	6,4 kW	-	6,4 kW	-	6,4 kW	6.105 €
45/35°C	kW Heizlast	7,2 kW	-	5,6 kW	-	6,4 kW	-	6,4 kW	-	6,4 kW	-
35/28°C	m² Wohnfläche	174,2 m²		174,2 m²		174,2 m²	10.621 €	174,2 m²	10.621 €	174,2 m²	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	2.032 €	1	2.032 €	1	-	1	-	1	-
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.251 €	1	3.251 €	1	-	1	-	1	3.251 €
Bohrung WP Sole	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	6,4 kW	8.109 €	-	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	6,4 kW	1.237 €
Summe Heizung, TWE			15.220 €		15.010 €		23.233 €		33.210 €		30.112 €
Art der Nutzung Solarthermie											
solare TWE	solare TWE										
m² Nutzfläche	235,2 m²	7.188 €	235,2 m²	7.188 €	235,2 m²	-	235,2 m²	-	235,2 m²	-	-
solare TWE/HU	m² Nutzfläche	235,2 m²	-	235,2 m²	-	235,2 m²	-	235,2 m²	-	235,2 m²	-
Summe Solarthermie			7.188 €		7.188 €		-	-	-	-	-
Art der Lüftung (Wohngebäude)	Abluftanlage			Zu/Abluftanlage		Abluftanlage		Abluftanlage		Abluftanlage	
Abluftanlage Wohngebäude											
EFH, ZFH	je Gebäude	1	2.540 €	1	-	1	2.540 €	1	2.540 €	1	2.540 €
MFH	je Wohneinheit	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
ZuAbluftanlage WRG 90 Wohngebäude											
EFH/ZFH	m² Wohnfläche	174,2 m²	-	174,2 m²	10.019 €	174,2 m²	-	174,2 m²	-	174,2 m²	-
MFH	m² Wohnfläche	174,2 m²	-	174,2 m²	-	174,2 m²	-	174,2 m²	-	174,2 m²	-
Lüftungsanlage optimiert (bedarfsgeführt)	je Wohneinheit	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
Summe Lüftungsanlage Wohngebäude			2.540 €		10.019 €		2.540 €		2.540 €		2.540 €

C 1.2 Einfamilienhaus klein, unbeheizter Keller

Tabelle C-4: Energetische Auswertungen EFH klein, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 55 %; H_{T'} 85 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit f _{p,Strom} = 1,8)		Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet					
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 96 kWh/(m²a)	95,6 kWh/(m²a)	-0%	52,7 kWh/(m²a)	-45%	52,8 kWh/(m²a)	-45%	42,0 kWh/(m²a)	-56%	27,1 kWh/(m²a)	-72%
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 52,817 kWh/(m²a)		81%		-0%		-0%		-20%		-49%
Transmissionswärme H _{T'}	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 0,30855 kWh/(m²a)	0,363 W/(m²K)	0%	0,230 W/(m²K)	-25%	0,301 W/(m²K)	-2%	0,301 W/(m²K)	-2%	0,301 W/(m²K)	-2%
Energiekennwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante		Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet					
nur Wohngebäude: Nutzenergie Heizung Q _{n,b}		8.180 kWh/a	2.984 kWh/a	-64%	7.751 kWh/a	-5%	4.846 kWh/a	-41%			
Nutzennergie Warmwasser Q _{w,b}		1.346 kWh/a	1.346 kWh/a	0%	1.346 kWh/a	0%	1.346 kWh/a	0%			
Endenergie Wärme Q _{t,Wärme}		13.173 kWh/a	6.244 kWh/a	-53%	3.847 kWh/a	-71%	2.895 kWh/a	-78%			
Endenergie Hilfsenergie Q _{t,Hilfsenergie}		650 kWh/a	920 kWh/a	42%	514 kWh/a	-21%	577 kWh/a	-11%			
CO ₂ -Emissionen		3.358 kg/a	1.926 kg/a	-43%	2.381 kg/a	-29%	1.896 kg/a	-44%			
CO ₂ -Emissionen, spezifisch		22,6 kg/(m²a)	12,9 kg/(m²a)	-	16,0 kg/(m²a)	-	12,7 kg/(m²a)	-			
Primärenergiebedarf Q _p		14.224 kWh/a	7.844 kWh/a	-45%	7.851 kWh/a	-45%	6.250 kWh/a	-56%			

Tabelle C-5: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit, EFH klein, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 55 %; H_{T'} 85 %, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		51,6 a 57,20 €/m ²	8,9 a 0 €/m ²	21,4 a 0 €/m ²	keine keine Angabe
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N					
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.237 €/a	668 €a 528 €a	3.904 €/a 826 €a	3.323 €/a 1.118 €a	3.600 €/a 898 €a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.355 €/a	237 €a	1.118 €/a	456 €a -53 €a	175 €a 175 €a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	140 €a	368 €/a -53 €a	175 €/a	216 €a 444 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-4.819 €/a		-5.099 €/a	-4.616 €/a	-4.673 €/a -5.889 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		280 €a	-203 €a	-146 €a	1.070 €a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		36,1 a 19,30 €/m ²	4,7 a 0 €/m ²	13,8 a 0 €/m ²	> 100 a 194,90 €/m ²
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N					
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.237 €/a	668 €a 695 €a	3.904 €/a 1.000 €a	3.323 €/a 1.195 €a	3.600 €/a 960 €a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.695 €/a	501 €a	1.275 €/a	735 €a -53 €a	276 €a 175 €a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	140 €a	368 €/a -53 €a	175 €/a	216 €a 444 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-5.160 €/a		-5.273 €/a	-4.693 €/a	-4.735 €/a -6.129 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		113 €a	-467 €a	-425 €a	969 €a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		54,9 a 61,80 €/m ²	18,8 a 0 €/m ²	28,1 a 0 €/m ²	> 100 a keine Angabe
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N					
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.237 €/a	668 €a 505 €a	3.904 €/a 854 €a	3.323 €/a 1.275 €/a	3.600 €/a 1.024 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.360 €/a	140 €a	368 €/a -53 €a	175 €/a	216 €a 444 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a		-5.127 €/a	-4.773 €/a	-4.799 €/a -5.853 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-4.824 €/a				
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		303 €a	-52 €a	-25 €a	1.029 €a

Tabelle C-6: Merkmale und Kosten EFH klein, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 55 %; H_{T'} 85 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Investitionsmehrkosten baulich		absolut spezifisch	absolut spezifisch	absolut spezifisch	absolut spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		10.775 € 72,4 €/m ²	4.041 € 27,2 €/m ²	4.041 € 27,2 €/m ²	4.041 € 27,2 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		3.595 € 24,2 €/m ²	-3.330 € -22,4 €/m ²	6.062 € 40,7 €/m ²	8.604 € 57,8 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		1.016 € 6,8 €/m ²	1.016 € 6,8 €/m ²	1.016 € 6,8 €/m ²	1.016 € 6,8 €/m ²
Energiekostenersparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		15.386 € 103,4 €/m ²	1.727 € 11,6 €/m ²	11.119 € 74,7 €/m ²	13.661 € 91,8 €/m ²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		439 €a 2,95 €/(m ² a)	74 €a 0,50 €/(m ² a)	292 €a 1,96 €/(m ² a)	188 €a 1,26 €/(m ² a)
Energiekosten	Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger				
Endenergie Strom Normaltarif	0,298 €/kWh	650 kWh/a 193,6 €a	920 kWh/a 274,1 €a	514 kWh/a 153,3 €a	577 kWh/a 171,9 €a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,248 €/kWh	-	-	3.847 kWh/a 954,1 €a	2.895 kWh/a 718,0 €a
Endenergie fossil (Gas)	0,075 €/kWh	13.173 kWh/a 988,0 €a	6.244 kWh/a 468,3 €a	-	-
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,051 €/kWh	-	-	-	16.003 kWh/a 816,2 €a
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		1.181,6 €a	-37,2% 742,4 €a	-6,3% 1.107,4 €a	-24,7% 889,9 €a

Merkmale und Kosten Bautechnik	Fläche	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
		U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)											
Außenwand	123,40 m ²	0,28 W/(m ² K)	21.600 €	0,17 W/(m ² K)	24.408 €	0,24 W/(m ² K)	22.221 €	0,24 W/(m ² K)	22.221 €	0,24 W/(m ² K)	22.221 €
Fenster Fassade	26,50 m ²	1,30 W/(m ² K)	6.413 €	0,95 W/(m ² K)	7.401 €	1,30 W/(m ² K)	6.413 €	1,30 W/(m ² K)	6.413 €	1,30 W/(m ² K)	6.413 €
Außentür	2,10 m ²	1,80 W/(m ² K)	1.042 €	1,80 W/(m^{2}K)	1.042 €	1,80 W/(m^{2}K)	1.042 €	1,80 W/(m^{2}K)	1.042 €	1,80 W/(m^{2}K)	1.042 €
Schrägdach	77,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	12.657 €	0,16 W/(m ² K)	13.990 €	0,17 W/(m ² K)	13.612 €	0,17 W/(m ² K)	13.612 €	0,17 W/(m ² K)	13.612 €
Fenster Dach											
Flachdach											
Kehlbalkendecke	41,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	6.740 €	0,14 W/(m ² K)	7.906 €	0,19 W/(m ² K)	6.894 €	0,19 W/(m ² K)	6.894 €	0,19 W/(m ² K)	6.894 €
oberste Geschossdecke											
Kellerdecke											
Keller Außenwand											
Keller Innenwand											
Keller Boden an Erdreich	98,70 m ²	0,35 W/(m ² K)	12.873 €	0,18 W/(m ² K)	15.725 €	0,28 W/(m ² K)	13.558 €	0,28 W/(m ² K)	13.558 €	0,28 W/(m ² K)	13.558 €
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K)	0 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €
Hüllfläche:	369 m ²	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz
(Gesamt-)Investionskosten baulich		0 €	61.324 €	10.775 €	72.099 €	4.041 €	65.365 €	4.041 €	65.365 €	4.041 €	65.365 €
Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
	Bezugsgröße	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	3.711 €	GasBW	3.670 €	WP Luft+TWW	10.941 €	WP Sole+TWW	13.616 €	Pellet+TWW	19.370 €
	kW thermisch	5,9 kW		4,3 kW		5,2 kW		5,2 kW		5,2 kW	
	kW elektrisch	k.A.		k.A.		k.A.		k.A.		k.A.	
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45		FBH 35/28		FBH 35/28		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	5,9 kW	6.048 €	4,3 kW	5.886 €	5,2 kW	-	5,2 kW	-	5,2 kW	5.976 €
45/35°C	kW Heizlast	5,9 kW	-	4,3 kW	-	5,2 kW	-	5,2 kW	-	5,2 kW	-
35/28°C	m ² Wohnfläche	110,2 m ²	-	110,2 m ²	-	110,2 m ²	6.719 €	110,2 m ²	6.719 €	110,2 m ²	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	2.032 €	1	-	1	-	1	-	1	-
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.251 €	1	3.251 €	1	-	1	-	1	3.251 €
Bohrung WP Sole											
	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	5,2 kW	6.717 €	-	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	5,2 kW	998 €
	Summe Heizung, TWE	15.042 €		14.839 €		17.661 €		27.053 €		27.053 €	29.595 €
Art der Nutzung Solarthermie											
solare TWE	m ² Nutzfläche	148,8 m ²	5.949 €	solare TWE	keine	keine	keine	keine	keine	keine	-
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	148,8 m ²	-	148,8 m ²	5.949 €	148,8 m ²	-	148,8 m ²	-	148,8 m ²	-
	Summe Solarthermie		5.949 €								
Art der Lüftung (Wohngebäude)		Abluftanlage		Zu/Abluftanlage		Abluftanlage		Abluftanlage		Abluftanlage	
Abluftanlage Wohngebäude											
EFH, ZFH	je Gebäude	1	2.540 €	1	-	1	2.540 €	1	2.540 €	1	2.540 €
MFH	je Wohneinheit	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
ZuAbluftanlage WRG 90 Wohngebäude											
EFH/ZFH	m ² Wohnfläche	110,2 m ²	-	110,2 m ²	6.338 €	110,2 m ²	-	110,2 m ²	-	110,2 m ²	-
MFH	m ² Wohnfläche	110,2 m ²	-	110,2 m^{2}	-	110,2 m^{2}	-	110,2 m^{2}	-	110,2 m^{2}	-
Lüftungsanlage optimiert (bedarfsgeführt)	je Wohneinheit	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
Summe Lüftungsanlage Wohngebäude		2.540 €		6.338 €		2.540 €		2.540 €		2.540 €	2.540 €

C 1.3 Einfamilienhaus groß, beheizter Keller

Tabelle C-7: Energetische Auswertungen EFH groß, beheizter Keller, Niveau Q_p 55 %; H_{T'} 85 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit $I_{p, Strom} = 1,8$)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet	
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 71,9 kWh/(m ² a)	-1%	39,5 kWh/(m ² a)	-45%	39,5 kWh/(m ² a)	-45%
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 39,562 kWh/(m ² a)	79%	-0%	-0%	-22%	-55%
Transmissionswärme H _{T'}	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 0,30855 kWh/(m ² a)	0%	0,245 W/(m ² K)	-21%	0,306 W/(m ² K)	-1%

Energiekenntwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet				
nur Wohngebäude: Nutzenergie Heizung $Q_{h,b}$	16.774 kWh/a	6.066 kWh/a	-64%	16.744 kWh/a	-0%	16.744 kWh/a	-0%	10.421 kWh/a	-38%
Nutzenergie Warmwasser $Q_{w,b}$	2.849 kWh/a	2.849 kWh/a	0%	2.849 kWh/a	0%	2.849 kWh/a	0%	2.849 kWh/a	0%
Endenergie Wärme $Q_t, \text{Wärme}$	27.079 kWh/a	12.740 kWh/a	-53%	7.961 kWh/a	-71%	5.930 kWh/a	-78%	29.344 kWh/a	8%
Endenergie Hilfsenergie $Q_t, \text{Hilfsenergie}$	1.136 kWh/a	1.923 kWh/a	69%	974 kWh/a	-14%	1.051 kWh/a	-7%	972 kWh/a	-14%
CO ₂ -Emissionen	6.794 kg/a	3.955 kg/a	-42%	4.879 kg/a	-28%	3.811 kg/a	-44%	1.176 kg/a	-83%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch	16,7 kg/(m ² a)	9,7 kg/(m ² a)	12,0 kg/(m ² a)	9,4 kg/(m ² a)				2,9 kg/(m ² a)	
Primärenergiebedarf Q_p	28.881 kWh/a	16.087 kWh/a	-44%	16.083 kWh/a	-44%	12.565 kWh/a	-56%	7.183 kWh/a	-75%

Tabelle C-8: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit, EFH groß, beheizter Keller, Niveau Q_p 55%; H_t' 85%, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		53,3 a	27,6 a	20,8 a	72,0 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		51,40 €/m ²	0 €/m ²	0 €/m ²	39,30 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	5.221 €/a	1.573 €/a	6.793 €/a	5.673 €/a	5.898 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	2.724 €/a	1.025 €/a	1.699 €/a	2.286 €/a	1.800 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	140 €/a	368 €/a	175 €/a	175 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-8.173 €/a	-8.861 €/a	-8.861 €/a	-8.134 €/a	-7.874 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		688 €/a	-39 €/a	-299 €/a	534 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		38,5 a	13,2 a	13,1 a	42,9 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		22,20 €/m ²	0 €/m ²	0 €/m ²	17,40 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	5.221 €/a	1.573 €/a	6.793 €/a	5.673 €/a	5.898 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	3.421 €/a	1.365 €/a	2.056 €/a	2.443 €/a	1.924 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	140 €/a	368 €/a	175 €/a	175 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-8.869 €/a	-9.217 €/a	-9.217 €/a	-8.292 €/a	-7.998 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		348 €/a	-577 €/a	-871 €/a	276 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		57,0 a	78,4 a	28,0 a	60,4 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		55,60 €/m ²	20,80 €/m ²	0 €/m ²	34,40 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	5.221 €/a	1.573 €/a	6.793 €/a	5.673 €/a	5.898 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	2.727 €/a	968 €/a	1.759 €/a	1.211 €/a	2.053 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	140 €/a	368 €/a	175 €/a	175 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-8.176 €/a	-8.921 €/a	-8.921 €/a	-8.455 €/a	-8.127 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		745 €/a	280 €/a	-49 €/a	461 €/a

Tabelle C-9: Merkmale und Kosten EFH groß, beheizter Keller, Niveau Q_p 55%; H_t' 85 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Investitionsmehrkosten baulich		absolut	spezifisch	absolut	spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		12.218 €	30,0 €/m ²	5.610 €	13,8 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		14.373 €	35,3 €/m ²	6.200 €	15,2 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		1.016 €	2,5 €/m ²	1.016 €	2,5 €/m ²
Energiekosteneinsparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		27.606 €	67,8 €/m ²	12.826 €	31,5 €/m ²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		841 €/a	2,07 €/(m ² a)	105 €/a	0,26 €/(m ² a)
		122 €/a	0,30 €/(m ² a)	-46 €/a	0,11 €/(m ² a)
Energiekosten	Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger				
Endenergie Strom Normaltarif	0,298 €/kWh	1.136 kWh/a	338,6 €/a	1.923 kWh/a	573,1 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,248 €/kWh	-	-	974 kWh/a	290,4 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,075 €/kWh	27.079 kWh/a	2.031,0 €/a	12.740 kWh/a	955,5 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,051 €/kWh	-	-	-	-
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		2.369,5 €/a	-35,5%	1.528,6 €/a	-4,4%
				2.264,7 €/a	-24,7%
				1.783,7 €/a	-24,6%
					1.786,1 €/a

Merkmale und Kosten Bautechnik	Fläche	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet		
		U-Wert	Kosten									
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)												
Außenwand	248,60 m ²	0,28 W/(m ² K)	43.514 €	0,19 W/(m ² K)	47.543 €	0,26 W/(m ² K)	44.056 €	0,26 W/(m ² K)	44.056 €	0,26 W/(m ² K)	44.056 €	
Fenster Fassade	53,30 m ²	1,30 W/(m ² K)	12.899 €	0,95 W/(m ² K)	14.887 €	1,30 W/(m ² K)	12.899 €	1,30 W/(m ² K)	12.899 €	1,30 W/(m ² K)	12.899 €	
Außentür	2,10 m ²	-	2.289 €	-	2.289 €	-	2.289 €	-	2.289 €	-	2.289 €	
Schrägdach	56,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	9.205 €	0,17 W/(m ² K)	9.900 €	0,16 W/(m ² K)	10.175 €	0,16 W/(m ² K)	10.175 €	0,16 W/(m ² K)	10.175 €	
Fenster Dach												
Flachdach												
Kehlbalkendecke												
oberste Geschossdecke	58,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	10.263 €	0,18 W/(m ² K)	10.593 €	0,17 W/(m ² K)	10.778 €	0,17 W/(m ² K)	10.778 €	0,17 W/(m ² K)	10.778 €	
Kellerdecke												
Keller Außenwand	103,80 m ²	0,35 W/(m ² K)	13.538 €	0,23 W/(m ² K)	15.149 €	0,28 W/(m ² K)	14.259 €	0,28 W/(m ² K)	14.259 €	0,27 W/(m ² K)	14.405 €	
Keller Innenwand												
Keller Boden an Erdreich	125,00 m ²	0,35 W/(m ² K)	16.303 €	0,23 W/(m ² K)	18.243 €	0,26 W/(m ² K)	17.541 €	0,26 W/(m ² K)	17.541 €	0,27 W/(m ² K)	17.347 €	
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K)	0 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	
Hüllfläche:	647 m ²											
(Gesamt-)Investionskosten baulich			0 €	108.011 €	12.218 €	120.228 €	5.610 €	113.621 €	5.610 €	113.621 €	5.563 €	113.574 €
Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet		
	Bezugsgröße	Bezugsgröße	Kosten									
Erzeuger												
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	3.860 €	GasBW	3.782 €	WP Luft+TWW	16.890 €	WP Sole+TWW	16.899 €	Pellet+TWW	19.936 €	
	kW thermisch	11,5 kW			8,6 kW	9,9 kW		9,9 kW		9,9 kW		
	kW elektrisch	k.A.			k.A.	k.A.		k.A.		k.A.		
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45		FBH 35/28		FBH 35/28		HK 55/45		
55/45°C	kW Heizlast	11,5 kW	10.105 €	8,6 kW	9.759 €	9,9 kW	-	9,9 kW	-	9,9 kW	9.914 €	
45/35°C	kW Heizlast	11,5 kW	-	8,6 kW	-	9,9 kW	-	9,9 kW	-	9,9 kW	-	
35/28°C	m ² Wohnfläche	301,5 m ²	-	301,5 m ²	-	301,5 m ²	18.378 €	301,5 m ²	18.378 €	301,5 m ²	-	
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	2.032 €	1	-	1	-	1	-	1	-	
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.658 €	1	3.658 €	1	-	1	-	1	3.658 €	
Bohrung WP Sole	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	9,9 kW	12.004 €	-	-	
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	9,9 kW	1.909 €	
	Summe Heizung, TWE		19.655 €		19.231 €		35.268 €		47.281 €		35.417 €	
Art der Nutzung Solarthermie												
solare TWE	m ² Nutzfläche	407,0 m ²	9.414 €	solare TWE	keine	407,0 m ²	-	keine	-	407,0 m ²	-	
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	407,0 m ²	-									
	Summe Solarthermie		9.414 €		9.414 €		-					
Art der Lüftung (Wohngebäude)		Abluftanlage		Zu/Abluftanlage		Abluftanlage		Abluftanlage		Abluftanlage		
Abluftanlage Wohngebäude												
EFH, ZFH	je Gebäude	1	2.540 €	1	-	1	2.540 €	1	2.540 €	1	2.540 €	
MFH	je Wohneinheit	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	
ZuAbluftanlage WRG 90 Wohngebäude												
EFH/ZFH	m ² Wohnfläche	301,5 m ²	-	301,5 m ²	17.337 €	301,5 m ²	-	301,5 m ²	-	301,5 m ²	-	
MFH	m ² Wohnfläche	301,5 m ²	-									
Lüftungsanlage optimiert (bedarfsgeführt)	je Wohneinheit	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	
	Summe Lüftungsanlage Wohngebäude		2.540 €		17.337 €		2.540 €		2.540 €		2.540 €	

C 1.4 Doppelhaushälften Süd, unbeheizter Keller

Tabelle C-10: Energetische Auswertungen DHH Süd, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 55 %; H_{T'} 85 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit $f_{p, Strom} = 1,8$)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet						
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 77 kWh/(m ² a)	-1%	42,2 kWh/(m ² a)	-45%	42,3 kWh/(m ² a)	-45%	35,4 kWh/(m ² a)	-54%	23,3 kWh/(m ² a)	-70%	
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 42,361 kWh/(m ² a)	80%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-16%	-	-45%	
Transmissionswärme H _{T'}	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 0,3196 kWh/(m ² a)	0,375 W/(m ² K)	0%	0,247 W/(m ² K)	-23%	0,301 W/(m ² K)	-6%	0,320 W/(m ² K)	0%	0,320 W/(m ² K)	0%

Energiekenntwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet				
nur Wohngebäude: Nutzenergie Heizung $Q_{h,b}$	6.774 kWh/a	2.168 kWh/a	-68%	6.237 kWh/a	-8%	6.633 kWh/a	-2%	3.828 kWh/a	-43%
Nutzenergie Warmwasser $Q_{w,b}$	1.387 kWh/a	1.387 kWh/a	0%	1.387 kWh/a	0%	1.387 kWh/a	0%	1.387 kWh/a	0%
Endenergie Wärme $Q_t, \text{Wärme}$	11.581 kWh/a	5.273 kWh/a	-54%	3.412 kWh/a	-71%	2.711 kWh/a	-77%	15.112 kWh/a	30%
Endenergie Hilfsenergie $Q_t, \text{Hilfsenergie}$	647 kWh/a	972 kWh/a	50%	474 kWh/a	-27%	543 kWh/a	-16%	583 kWh/a	-10%
CO ₂ -Emissionen	2.993 kg/a	1.733 kg/a	-42%	2.122 kg/a	-29%	1.777 kg/a	-41%	651 kg/a	-78%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch	18,1 kg/(m ² a)	10,5 kg/(m ² a)	12,8 kg/(m ² a)	10,7 kg/(m ² a)	3,9 kg/(m ² a)				
Primärenergiebedarf Q_p	12.640 kWh/a	6.975 kWh/a	-45%	6.994 kWh/a	-45%	5.857 kWh/a	-54%	3.849 kWh/a	-70%

Tabelle C-11: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit, DHH Süd, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 55 %; H_t' 85 %, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		73,4 a	7,1 a	21,5 a	keine
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		83,80 €/m ²	0 €/m ²	0 €/m ²	keine Angabe
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.029 €/a	775 €/a	3.805 €/a	3.093 €/a	3.333 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.213 €/a	457 €/a	756 €/a	996 €/a	842 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	140 €/a	368 €/a	175 €/a	175 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-4.471 €/a	-4.929 €/a	-4.265 €/a	-4.350 €/a	-4.350 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		459 €/a	-206 €/a	-121 €/a	1.092 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		49,8 a	3,8 a	13,6 a	keine
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		53,70 €/m ²	0 €/m ²	0 €/m ²	keine Angabe
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.029 €/a	775 €/a	3.805 €/a	3.093 €/a	3.333 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.514 €/a	607 €/a	907 €/a	1.065 €/a	900 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	140 €/a	368 €/a	175 €/a	175 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-4.772 €/a	-5.080 €/a	-4.334 €/a	-4.408 €/a	-4.408 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		309 €/a	-438 €/a	-364 €/a	1.018 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		79,5 a	14,0 a	29,0 a	keine
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		88,10 €/m ²	0 €/m ²	0 €/m ²	keine Angabe
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.029 €/a	775 €/a	3.805 €/a	3.093 €/a	3.333 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.221 €/a	433 €/a	788 €/a	1.136 €/a	960 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	140 €/a	368 €/a	175 €/a	175 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-4.479 €/a	-4.962 €/a	-4.405 €/a	-4.468 €/a	-4.468 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		483 €/a	-74 €/a	-10 €/a	1.051 €/a

Tabelle C-12: Merkmale und Kosten DHH Süd, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 55 %; H_t' 85 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Investitionsmehrkosten baulich		absolut	spezifisch	absolut	spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		11.446 €	69,2 €/m ²	4.566 €	27,6 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		4.346 €	26,3 €/m ²	-3.515 €	-21,2 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		1.016 €	6,1 €/m ²	1.016 €	6,1 €/m ²
Energiekostenersparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		16.808 €	101,6 €/m ²	2.067 €	12,5 €/m ²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		376 €/a	2,27 €/(m ² a)	74 €/a	0,45 €/(m ² a)
		122 €/a	0,74 €/(m ² a)	-46 €/a	0,28 €/(m ² a)
Investitionskosten, Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger		absolut	spezifisch	absolut	spezifisch
Endenergie Strom Normaltarif	0,298 €/kWh	647 kWh/a	192,7 €/a	972 kWh/a	289,5 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,248 €/kWh	-	-	474 kWh/a	141,3 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,075 €/kWh	11.581 kWh/a	868,6 €/a	5.273 kWh/a	395,5 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,051 €/kWh	-	-	-	-
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		1.061,2 €/a	-35,4%	685,0 €/a	-7,0%
				987,4 €/a	-21,4%
				834,1 €/a	-11,0%
					944,6 €/a

Merkmale und Kosten Bautechnik	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
		U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)	Fläche								
Außenwand	96,20 m ²	0,28 W/(m ² K)	16.839 €	0,16 W/(m ² K)	19.396 €	0,21 W/(m ² K)	17.891 €	0,24 W/(m ² K)	17.323 €
Fenster Fassade	21,70 m ²	1,30 W/(m ² K)	5.251 €	0,95 W/(m ² K)	8.624 €	1,30 W/(m ² K)	5.251 €	1,30 W/(m ² K)	5.251 €
Außentür	2,10 m ²	1,80 W/(m ² K)	1.042 €	1,80 W/(m ² K)	1.042 €	1,80 W/(m ² K)	1.042 €	1,80 W/(m ² K)	1.042 €
Schrägdach	74,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	12.164 €	0,16 W/(m ² K)	13.445 €	0,17 W/(m ² K)	13.082 €	0,20 W/(m ² K)	12.164 €
Fenster Dach	2,70 m ²	1,20 W/(m ² K)	1.029 €	1,00 W/(m ² K)	1.757 €	1,20 W/(m ² K)	1.029 €	1,20 W/(m ² K)	1.029 €
Flachdach									
Kehlbalkendecke									
oberste Geschossdecke	45,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	7.963 €	0,16 W/(m ² K)	8.517 €	0,18 W/(m ² K)	8.219 €	0,19 W/(m ² K)	8.086 €
Kellerdecke	85,50 m ²	0,35 W/(m ² K)	11.151 €	0,23 W/(m ² K)	12.478 €	0,27 W/(m ² K)	11.866 €	0,29 W/(m ² K)	11.635 €
Keller Außenwand									
Keller Innenwand									
Keller Boden an Erdreich									
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K)	0 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €
(Gesamt-)Investionskosten baulich	Hüllfläche:	327 m ²	0 €	Differenz Kosten	11.446 €	Differenz Kosten	4.566 €	Differenz Kosten	2.717 €
			55.439 €		66.885 €		60.004 €		58.155 €
(Gesamt-)Investionskosten baulich									
Merkmale und Kosten Anlagentechnik		Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet		
		Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger									
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	3.696 €	GasBW	3.664 €	WP Luft+TWW	10.180 €	WP Sole+TWW	13.359 €
	kW thermisch	5,3 kW		4,1 kW		4,6 kW		4,8 kW	
	kW elektrisch	k.A.		k.A.		k.A.		k.A.	
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45		FBH 35/28		FBH 35/28	
55/45°C	kW Heizlast	5,3 kW	5.988 €	4,1 kW	5.861 €	4,6 kW	-	4,8 kW	-
45/35°C	kW Heizlast	5,3 kW	-	4,1 kW	-	4,6 kW	-	4,8 kW	-
35/28°C	m ² Wohnfläche	122,5 m ²	-	122,5 m ²	-	122,5 m ²	7.469 €	122,5 m ²	7.469 €
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	2.032 €	1	-	1	-	1	-
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.251 €	1	3.251 €	1	-	1	3.251 €
Bohrung WP Sole									
	kW Heizlast	-	-	-	-	-	4,8 kW	6.302 €	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	4,8 kW
									927 €
	Summe Heizung, TWE		14.967 €		14.807 €		17.649 €		27.129 €
Art der Nutzung Solarthermie		solare TWE		solare TWE		keine		keine	
solare TWE	m ² Nutzfläche	165,4 m ²	6.197 €	165,4 m ²	6.197 €	165,4 m ²	-	165,4 m ²	-
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	165,4 m ²	-	165,4 m ²	-	165,4 m ²	-	165,4 m ²	-
	Summe Solarthermie		6.197 €		6.197 €				
Art der Lüftung (Wohngebäude)		Abluftanlage		Zu/Abluftanlage		Abluftanlage		Abluftanlage	
Abluftanlage Wohngebäude									
EFH, ZFH	je Gebäude	1	2.540 €	1	-	1	2.540 €	1	2.540 €
MFH	je Wohneinheit	1	-	1	-	1	-	1	-
ZuAbluftanlage WRG 90 Wohngebäude									
EFH/ZFH	m ² Wohnfläche	122,5 m ²	-	122,5 m ²	7.046 €	122,5 m ²	-	122,5 m ²	-
MFH	m ² Wohnfläche	122,5 m ²	-	122,5 m ²	-	122,5 m ²	-	122,5 m ²	-
Lüftungsanlage optimiert (bedarfsgeführt)	je Wohneinheit	1	-	1	-	1	-	1	-
	Summe Lüftungsanlage Wohngebäude		2.540 €		7.046 €		2.540 €		2.540 €

C 1.5 Reihenmittelhaus, beheizter Keller

Tabelle C-13: Energetische Auswertungen RMH, beheizter Keller, Niveau Q_p 55 %; H_{T'} 85 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit $f_{p, Strom} = 1,8$)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet						
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 56,3 kWh/(m ² a)	55,8 kWh/(m ² a)	-1%	30,8 kWh/(m ² a)	-45%	30,9 kWh/(m ² a)	-45%	27,9 kWh/(m ² a)	-51%	16,4 kWh/(m ² a)	-71%
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 30,976 kWh/(m ² a)	80%	-1%	-	-	-	-	-	-	-	-47%
Transmissionswärme H _{T'}	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 0,2975 kWh/(m ² a)	0,349 W/(m ² K)	0%	0,222 W/(m ² K)	-25%	0,219 W/(m ² K)	-26%	0,298 W/(m ² K)	0%	0,298 W/(m ² K)	0%

Energiekenntwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet				
nur Wohngebäude: Nutzenergie Heizung $Q_{h,b}$	7.197 kWh/a	1.806 kWh/a	-75%	6.266 kWh/a	-13%	7.698 kWh/a	7%	3.322 kWh/a	-54%
Nutzenergie Warmwasser $Q_{w,b}$	1.835 kWh/a	1.835 kWh/a	0%	1.835 kWh/a	0%	1.835 kWh/a	0%	1.835 kWh/a	0%
Endenergie Wärme $Q_t, \text{Wärme}$	13.331 kWh/a	5.726 kWh/a	-57%	3.947 kWh/a	-70%	3.395 kWh/a	-75%	16.717 kWh/a	25%
Endenergie Hilfsenergie $Q_t, \text{Hilfsenergie}$	779 kWh/a	1.333 kWh/a	71%	558 kWh/a	-28%	663 kWh/a	-15%	662 kWh/a	-15%
CO ₂ -Emissionen	3.465 kg/a	2.034 kg/a	-41%	2.460 kg/a	-29%	2.216 kg/a	-36%	729 kg/a	-79%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch	13,2 kg/(m ² a)	7,8 kg/(m ² a)		9,4 kg/(m ² a)		8,5 kg/(m ² a)		2,8 kg/(m ² a)	
Primärenergiebedarf Q_p	14.612 kWh/a	8.075 kWh/a	-45%	8.109 kWh/a	-45%	7.304 kWh/a	-50%	4.288 kWh/a	-71%

Tabelle C-14: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit, RMH, beheizter Keller, Niveau Q_p 55%; H_t' 85%, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		91,7 a	31,5 a	26,7 a	keine
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		85,80 €/m ²	3,30 €/m ²	0 €/m ²	keine Angabe
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	2.748 €/a	1.107 €/a	3.855 €/a	3.067 €/a	3.679 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.407 €/a	502 €/a	905 €/a	1.156 €/a	1.244 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	140 €/a	368 €/a	-53 €/a	444 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-4.384 €/a		-5.129 €/a	-4.398 €/a	-5.368 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		745 €/a	15 €/a	-45 €/a	984 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		61,6 a	16,7 a	16,0 a	> 100 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		63,10 €/m ²	0 €/m ²	0 €/m ²	101,50 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	2.748 €/a	1.107 €/a	3.855 €/a	3.067 €/a	3.679 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.754 €/a	680 €/a	1.075 €/a	1.235 €/a	1.495 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	140 €/a	368 €/a	-53 €/a	444 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-4.731 €/a		-5.298 €/a	-4.478 €/a	-5.619 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		568 €/a	-253 €/a	-320 €/a	888 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		> 100 a	62,8 a	40,0 a	keine
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		89,80 €/m ²	19,30 €/m ²	10,90 €/m ²	keine Angabe
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	2.748 €/a	1.107 €/a	3.855 €/a	3.067 €/a	3.679 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.418 €/a	466 €/a	952 €/a	1.318 €/a	1.208 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	140 €/a	368 €/a	-53 €/a	444 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-4.394 €/a		-5.175 €/a	-4.561 €/a	-5.332 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		781 €/a	166 €/a	92 €/a	938 €/a

Tabelle C-15: Merkmale und Kosten RMH, beheizter Keller, Niveau Q_p 55%; H_t' 85 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Investitionsmehrkosten baulich		absolut	spezifisch	absolut	spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		12.321 €	47,0 €/m ²	12.872 €	49,1 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		8.472 €	32,3 €/m ²	-1.881 €	-7,2 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		1.016 €	3,9 €/m ²	1.016 €	3,9 €/m ²
Energiekosteneinsparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		21.809 €	83,2 €/m ²	12.007 €	45,8 €/m ²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		405 €/a	1,55 €/(m ² a)	87 €/a	0,33 €/(m ² a)
		122 €/a	0,47 €/(m ² a)	-46 €/a	0,17 €/(m ² a)
Energiekosten	Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger				
Endenergie Strom Normaltarif	0,298 €/kWh	779 kWh/a	232,1 €/a	1.333 kWh/a	397,4 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,248 €/kWh	-	-	558 kWh/a	166,4 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,075 €/kWh	13.331 kWh/a	999,8 €/a	5.726 kWh/a	429,5 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,051 €/kWh	-	-	-	-
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)			1.231,9 €/a	-32,9%	826,8 €/a
				-7,0%	1.145,2 €/a
				-15,6%	1.039,5 €/a
				-14,8%	1.049,9 €/a

Merkmale und Kosten Bautechnik	Fläche	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
		U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)											
Außenwand	51,00 m ²	0,28 W/(m ² K)	8.927 €	0,17 W/(m ² K)	10.088 €	0,24 W/(m ² K)	9.184 €	0,24 W/(m ² K)	9.184 €	0,24 W/(m ² K)	9.184 €
Fenster Fassade	20,90 m ²	1,30 W/(m ² K)	5.058 €	0,95 W/(m ² K)	8.306 €	0,95 W/(m ² K)	8.306 €	1,30 W/(m ² K)	5.058 €	1,30 W/(m ² K)	5.058 €
Außentür	2,10 m ²	1,80 W/(m ² K)	1.042 €	1,80 W/(m^{2}K)	1.042 €	1,80 W/(m^{2}K)	1.042 €	1,80 W/(m^{2}K)	1.042 €	1,80 W/(m^{2}K)	1.042 €
Schrägdach	40,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	6.575 €	0,12 W/(m ² K)	8.237 €	0,14 W/(m ² K)	7.713 €	0,18 W/(m ² K)	6.891 €	0,18 W/(m ² K)	6.891 €
Fenster Dach	4,00 m ²	1,20 W/(m ² K)	1.524 €	1,00 W/(m ² K)	2.604 €	1,00 W/(m^{2}K)	2.604 €	1,00 W/(m^{2}K)	2.604 €	1,00 W/(m^{2}K)	2.604 €
Flachdach											
Kehlbalkendecke											
oberste Geschossdecke	45,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	7.963 €	0,13 W/(m ² K)	9.055 €	0,11 W/(m ² K)	9.480 €	0,18 W/(m ² K)	8.219 €	0,18 W/(m ² K)	8.219 €
Kellerdecke											
Keller Außenwand											
Keller Innenwand											
Keller Boden an Erdreich	28,00 m ²	0,35 W/(m ² K)	3.652 €	0,20 W/(m ² K)	4.292 €	0,18 W/(m ² K)	4.461 €	0,32 W/(m ² K)	3.720 €	0,32 W/(m ² K)	3.720 €
Wärmebrücken	79,36 m ²	0,35 W/(m ² K)	10.350 €	0,20 W/(m ² K)	12.164 €	0,18 W/(m ² K)	12.644 €	0,32 W/(m ² K)	10.545 €	0,32 W/(m ² K)	10.545 €
		0,05 W/(m ² K)	0 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €
Hüllfläche:	270 m ²										
(Gesamt-)Investionskosten baulich			0 €	45.091 €	12.321 €	57.412 €	12.872 €	57.963 €	3.796 €	48.887 €	3.796 €

Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
		Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	3.700 €	GasBW	3.670 €	WP Luft+TWW	9.726 €	WP Sole+TWW	13.505 €	Pellet+TWW	19.351 €
	kW thermisch	5,4 kW		4,3 kW		4,3 kW		5,0 kW		5,0 kW	
	kW elektrisch	k.A.		k.A.		k.A.		k.A.		k.A.	
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45		FBH 35/28		FBH 35/28		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	5,4 kW	6.499 €	4,3 kW	6.377 €	4,3 kW	-	5,0 kW	-	5,0 kW	6.453 €
45/35°C	kW Heizlast	5,4 kW	-	4,3 kW	-	4,3 kW	-	5,0 kW	-	5,0 kW	-
35/28°C	m ² Wohnfläche	194,1 m ²	-	194,1 m ²	-	194,1 m ²	11.835 €	194,1 m ²	11.835 €	194,1 m ²	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	2.032 €	1	-	1	-	1	-	1	-
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.658 €	1	3.658 €	1	-	1	-	1	3.658 €
Bohrung WP Sole	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	5,0 kW	6.538 €	-	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0 kW	967 €
	Summe Heizung, TWE		15.889 €		15.736 €		21.562 €		31.878 €		30.428 €
Art der Nutzung Solarthermie											
solare TWE	m ² Nutzfläche	262,1 m ²	7.554 €	solare TWE	keine	keine	keine	keine	keine	keine	-
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	262,1 m ²	-	262,1 m^{2}	-	262,1 m^{2}	-	262,1 m^{2}	-	262,1 m^{2}	-
	Summe Solarthermie		7.554 €		7.554 €		7.554 €		7.554 €		7.554 €
Art der Lüftung (Wohngebäude)											
Abluftanlage											
Abluftanlage Wohngebäude											
EFH, ZFH	je Gebäude	1	2.540 €	1	-	1	2.540 €	1	2.540 €	1	2.540 €
MFH	je Wohneinheit	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
ZuAbluftanlage WRG 90 Wohngebäude	m ² Wohnfläche	194,1 m ²	-	194,1 m ²	11.165 €	194,1 m ²	-	194,1 m ²	-	194,1 m ²	-
MFH	m ² Wohnfläche	194,1 m ²	-	194,1 m^{2}	-	194,1 m^{2}	-	194,1 m^{2}	-	194,1 m^{2}	-
Lüftungsanlage optimiert (bedarfsgeführt)	je Wohneinheit	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
	Summe Lüftungsanlage Wohngebäude		2.540 €		11.165 €		2.540 €		2.540 €		2.540 €

C 1.6 Mehrfamilienhaus klein, unbeheizter Keller

Tabelle C-16: Energetische Auswertungen MFH klein, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 55 %; H_{T'} 85 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit $f_{p, Strom} = 1,8$)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet					
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 61,4 kWh/(m ² a)	-1%	33,7 kWh/(m ² a)	-45%	33,5 kWh/(m ² a)	-45%	30,8 kWh/(m ² a)	-50%	16,5 kWh/(m ² a)	-73%
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 33,781 kWh/(m ² a)	80%	-0%	-1%	-9%	-51%				
Transmissionswärme H _{T'}	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 0,3638 kWh/(m ² a)	0,428 W/(m ² K)	0% 0,291 W/(m ² K)	-20% 0,324 W/(m ² K)	-11% 0,362 W/(m ² K)	-0% 0,362 W/(m ² K)				

Energiekenntwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet				
nur Wohngebäude: Nutzenergie Heizung $Q_{h,b}$	14.985 kWh/a	3.939 kWh/a	-74%	12.676 kWh/a	-15%	14.286 kWh/a	-5%	7.473 kWh/a	-50%
Nutzenergie Warmwasser $Q_{w,b}$	5.609 kWh/a	5.609 kWh/a	0%	5.609 kWh/a	0%	5.609 kWh/a	0%	5.609 kWh/a	0%
Endenergie Wärme $Q_t, \text{Wärme}$	26.774 kWh/a	12.077 kWh/a	-55%	7.927 kWh/a	-70%	6.550 kWh/a	-76%	32.852 kWh/a	23%
Endenergie Hilfsenergie $Q_t, \text{Hilfsenergie}$	1.242 kWh/a	2.209 kWh/a	78%	892 kWh/a	-28%	1.566 kWh/a	26%	974 kWh/a	-22%
CO ₂ -Emissionen	6.783 kg/a	3.960 kg/a	-42%	4.815 kg/a	-29%	4.431 kg/a	-35%	1.255 kg/a	-81%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch	14,3 kg/(m ² a)	8,4 kg/(m ² a)		10,2 kg/(m ² a)		9,4 kg/(m ² a)		2,6 kg/(m ² a)	
Primärenergiebedarf Q_p	28.768 kWh/a	15.944 kWh/a	-45%	15.874 kWh/a	-45%	14.609 kWh/a	-49%	7.838 kWh/a	-73%

Tabelle C-17: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit MFH klein, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 55%; H_T' 85%, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		69,1 a	41,2 a	43,4 a	> 100 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		42,60 €/m ²	14,30 €/m ²	21,10 €/m ²	53,00 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	6.513 €/a	1.177 €/a	7.691 €/a	7.261 €/a	7.507 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	2.729 €/a	1.002 €/a	1.727 €/a	2.252 €/a	2.110 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	489 €/a	491 €/a	980 €/a	421 €/a	421 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-9.732 €/a		-10.397 €/a		-10.038 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		666 €/a	203 €/a	306 €/a	836 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		41,2 a	20,8 a	24,2 a	79,3 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		18,70 €/m ²	0 €/m ²	0 €/m ²	38,70 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	6.513 €/a	1.177 €/a	7.691 €/a	7.261 €/a	7.507 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	3.420 €/a	1.347 €/a	2.073 €/a	2.407 €/a	2.256 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	489 €/a	491 €/a	980 €/a	421 €/a	421 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-10.422 €/a		-10.743 €/a		-10.183 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		321 €/a	-333 €/a	-239 €/a	632 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		79,2 a	94,9 a	74,8 a	> 100 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		46,70 €/m ²	32,60 €/m ²	38,00 €/m ²	47,40 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	6.513 €/a	1.177 €/a	7.691 €/a	7.261 €/a	7.507 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	2.737 €/a	937 €/a	1.800 €/a	169 €/a	2.568 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	489 €/a	491 €/a	980 €/a	421 €/a	421 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-9.739 €/a		-10.471 €/a		-10.251 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		731 €/a	511 €/a	595 €/a	744 €/a

Tabelle C-18: Merkmale und Kosten MFH klein, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 55%; H_T' 85%

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Investitionsmehrkosten baulich		absolut	spezifisch	absolut	spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		15.500 €	32,7 €/m ²	7.551 €	15,9 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		7.373 €	15,6 €/m ²	10.993 €	23,2 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		2.286 €	4,8 €/m ²	2.286 €	4,8 €/m ²
Energiekostenersparnis (+) Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		25.159 €	53,1 €/m ²	20.830 €	44,0 €/m ²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		814 €/a	1,72 €/(m ² a)	147 €/a	0,31 €/(m ² a)
		427 €/a	0,90 €/(m ² a)	-59 €/a	0,12 €/(m ² a)
Investitionskosten, Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger		absolut	spezifisch	absolut	spezifisch
Endenergie Strom Normaltarif	0,298 €/kWh	1.242 kWh/a	370,1 €/a	2.209 kWh/a	658,3 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,248 €/kWh	-	-	892 kWh/a	265,8 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,075 €/kWh	26.774 kWh/a	2.008,0 €/a	12.077 kWh/a	905,8 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,051 €/kWh	-	-	-	-
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)			2.378,2 €/a	-34,2%	1.564,0 €/a
				-6,2%	2.231,6 €/a
				-12,1%	2.091,1 €/a
				-17,3%	1.965,8 €/a

Merkmale und Kosten Bautechnik	Fläche	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
		U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)											
Außenwand	171,40 m ²	0,28 W/(m ² K)	30.001 €	0,20 W/(m ² K)	32.302 €	0,22 W/(m ² K)	31.497 €	0,24 W/(m ² K)	30.864 €	0,24 W/(m ² K)	30.864 €
Fenster Fassade	96,10 m ²	1,30 W/(m ² K)	23.256 €	0,95 W/(m ² K)	26.841 €	0,95 W/(m ² K)	26.841 €	1,30 W/(m ² K)	23.256 €	1,30 W/(m ² K)	23.256 €
Außentür	2,50 m ²	1,80 W/(m ² K)	1.240 €	1,80 W/(m ² K)	1.240 €	1,80 W/(m ² K)	1.240 €	1,80 W/(m ² K)	1.240 €	1,80 W/(m ² K)	1.240 €
Schrägdach											
Fenster Dach											
Flachdach	188,50 m ²	0,20 W/(m ² K)	41.037 €	0,16 W/(m ² K)	43.579 €	0,20 W/(m ² K)	41.037 €	0,18 W/(m ² K)	42.180 €	0,18 W/(m ² K)	42.180 €
Kehlbalkendecke											
oberste Geschossdecke											
Kellerdecke	188,50 m ²	0,35 W/(m ² K)	24.585 €	0,18 W/(m ² K)	30.033 €	0,30 W/(m ² K)	25.430 €	0,20 W/(m ² K)	28.893 €	0,20 W/(m ² K)	28.893 €
Keller Außenwand											
Keller Innenwand											
Keller Boden an Erdreich											
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K)	0 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €
Hüllfläche:	647 m ²										
(Gesamt-)Investionskosten baulich			0 €	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten
		120.120 €		15.500 €	135.620 €	7.551 €	127.671 €	7.940 €	128.059 €	7.940 €	128.059 €
Merkmale und Kosten Anlagentechnik		Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW	Bezugsgröße	V1: Gas-BW	Bezugsgröße	V2: WP Luft	Bezugsgröße	V3: WP Sole	Bezugsgröße	V4: Pellet
		Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	3.916 €	GasBW	3.824 €	WP Luft+TWW	18.648 €	WP Sole+TWW	18.530 €	Pellet+TWW	20.215 €
	kW thermisch	13,6 kW		10,2 kW		11,4 kW		12,2 kW		12,2 kW	
	kW elektrisch	k.A.		k.A.		k.A.		k.A.		k.A.	
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45		FBH 35/28		FBH 35/28		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	13,6 kW	12.294 €	10,2 kW	11.901 €	11,4 kW	-	12,2 kW	-	12,2 kW	12.135 €
45/35°C	kW Heizlast	13,6 kW	-	10,2 kW	-	11,4 kW	-	12,2 kW	-	12,2 kW	-
35/28°C	m ² Wohnfläche	394,7 m ²	-	394,7 m ²	-	394,7 m ²	24.059 €	394,7 m ²	24.059 €	394,7 m ²	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	2.032 €	1	2.032 €	1	-	1	-	1	-
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.251 €	1	3.251 €	1	-	1	-	1	3.251 €
Bohrung WP Sole	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	12,2 kW	14.630 €	-	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	12,2 kW	2.359 €
	Summe Heizung, TWE		21.493 €		21.008 €		42.707 €		57.219 €		37.960 €
Art der Nutzung Solarthermie											
solare TWE	m ² Nutzfläche	473,6 m ²	10.221 €	solare TWE	keine	473,6 m ²	-	473,6 m ²	-	473,6 m ²	-
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	473,6 m ²	-	473,6 m ²	-	473,6 m ²	-	473,6 m ²	-	473,6 m ²	-
	Summe Solarthermie		10.221 €		10.221 €		-	-	-	-	-
Art der Lüftung (Wohngebäude)		Abluftanlage		Zu/Abluftanlage		Abluftanlage		Abluftanlage		Abluftanlage	
Abluftanlage Wohngebäude											
EFH, ZFH	je Gebäude	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
MFH	je Wohneinheit	6	12.192 €	6	-	6	12.192 €	6	12.192 €	6	12.192 €
ZuAbluftanlage WRG 90 Wohngebäude											
EFH/ZFH	m ² Wohnfläche	394,7 m ²	-	394,7 m ²	-	394,7 m ²	-	394,7 m ²	-	394,7 m ²	-
MFH	m ² Wohnfläche	394,7 m ²	-	394,7 m ²	20.049 €	394,7 m ²	-	394,7 m ²	-	394,7 m ²	-
Lüftungsanlage optimiert (bedarfsgeführt)	je Wohneinheit	6	-	6	-	6	-	6	-	6	-
	Summe Lüftungsanlage Wohngebäude		12.192 €		20.049 €		12.192 €		12.192 €		12.192 €

C 1.7 Mehrfamilienhaus groß, unbeheizter Keller

Tabelle C-19: Energetische Auswertungen MFH groß, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 55 %; H_{T'} 85 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit $f_{p, Strom} = 1,8$)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 63,1 kWh/(m ² a)	-5%	34,6 kWh/(m ² a)	-45%	27,1 kWh/(m ² a)
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 34.705 kWh/(m ² a)	72%	-0%	-	-22%
Transmissionswärme H _{T'}	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 0,35275 kWh/(m ² a)	0,415 W/(m ² K)	0%	0,304 W/(m ² K)	-14%
				0%	0,353 W/(m ² K)
				0%	0%

Energiekenntwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet		
nur Wohngebäude: Nutzenergie Heizung $Q_{h,b}$	125.881 kWh/a	38.145 kWh/a	-70%	122.782 kWh/a	-2%	90.277 kWh/a	-28%
Nutzenergie Warmwasser $Q_{w,b}$	42.643 kWh/a	42.643 kWh/a	0%	42.643 kWh/a	0%	42.643 kWh/a	0%
Endenergie Wärme Q_t , Wärme	217.163 kWh/a	103.654 kWh/a	-52%	51.034 kWh/a	-76%	235.135 kWh/a	8%
Endenergie Hilfsenergie Q_t , Hilfsenergie	7.182 kWh/a	16.151 kWh/a	125%	6.346 kWh/a	-12%	6.176 kWh/a	-14%
CO ₂ -Emissionen	53.435 kg/a	32.452 kg/a	-39%	31.329 kg/a	-41%	8.545 kg/a	-84%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch	14,0 kg/(m ² a)	8,5 kg/(m ² a)		8,2 kg/(m ² a)		2,2 kg/(m ² a)	
Primärenergiebedarf Q_p	228.134 kWh/a	131.792 kWh/a	-42%	103.284 kWh/a	-55%	54.661 kWh/a	-76%

Tabelle C-20: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit MFH groß, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 55 %; H_T' 85 %, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		63,2 a		25,4 a	29,4 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		35,40 €/m ²		0 €/m ²	0 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	44.730 €/a	8.463 €/a	53.193 €/a	5.666 €/a	50.396 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	21.269 €/a	7.290 €/a	13.978 €/a	6.587 €/a	14.682 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	1.935 €/a	3.274 €/a	5.209 €/a	-111 €/a	1.824 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-67.934 €/a		-72.381 €/a		-66.902 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		4.447 €/a		-1.032 €/a	-89 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		38,2 a		15,1 a	19,9 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		12,30 €/m ²		0 €/m ²	0 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	44.730 €/a	8.463 €/a	53.193 €/a	5.666 €/a	50.396 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	26.811 €/a	9.924 €/a	16.887 €/a	11.118 €/a	15.693 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	1.935 €/a	3.274 €/a	5.209 €/a	-111 €/a	1.824 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-73.476 €/a		-75.289 €/a		-67.913 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		1.814 €/a		-5.563 €/a	-2.159 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		73,6 a		37,1 a	26,0 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		39,80 €/m ²		9,00 €/m ²	0 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	44.730 €/a	8.463 €/a	53.193 €/a	5.666 €/a	50.396 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	21.209 €/a	6.722 €/a	14.487 €/a	4.466 €/a	16.743 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	1.935 €/a	3.274 €/a	5.209 €/a	-111 €/a	1.824 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-67.874 €/a		-72.889 €/a		-68.963 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		5.015 €/a		1.089 €/a	-662 €/a

Tabelle C-21: Merkmale und Kosten MFH groß, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 55 %; H_T' 85 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Investitionsmehrkosten baulich		absolut	spezifisch	absolut	spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		55.077 €	14,5 €/m ²	28.673 €	7,5 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		75.507 €	19,8 €/m ²	184.076 €	48,3 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		10.922 €	2,9 €/m ²	10.922 €	2,9 €/m ²
Energiekostensparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		141.506 €	37,1 €/m ²	223.670 €	58,7 €/m ²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		5.840 €/a	1,53 €/(m ² a)	3.880 €/a	1,02 €/(m ² a)
		2.845 €/a	0,75 €/(m ² a)	-97 €/a	0 €/(m ² a)
Energiekosten	Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger				
Endenergie Strom Normaltarif	0,298 €/kWh	7.182 kWh/a	2.140,2 €/a	16.151 kWh/a	4.813,0 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,248 €/kWh			-	-
Endenergie fossil (Gas)	0,075 €/kWh	217.163 kWh/a	16.287,2 €/a	103.654 kWh/a	7.774,1 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,051 €/kWh	-	-	-	-
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		18.427,4 €/a	-31,7%	12.587,1 €/a	
				-21,1%	14.547,5 €/a
				-24,9%	13.832,4 €/a

Merkmale und Kosten Bautechnik	Fläche	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
		U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)											
Außenwand	2.197,00 m ²	0,28 W/(m ² K)	384.556 €	0,20 W/(m ² K)	414.048 €	0,24 W/(m ² K)	395.620 €	0,24 W/(m ² K)	395.620 €	0,24 W/(m ² K)	395.620 €
Fenster Fassade	522,00 m ²	1,30 W/(m ² K)	126.324 €	0,95 W/(m ² K)	145.795 €	1,30 W/(m ² K)	126.324 €	1,30 W/(m ² K)	126.324 €	1,30 W/(m ² K)	126.324 €
Außentür	37,00 m ²	1,80 W/(m ² K)	18.352 €	1,80 W/(m ² K)	18.352 €	1,80 W/(m ² K)	18.352 €	1,80 W/(m ² K)	18.352 €	1,80 W/(m ² K)	18.352 €
Schrägdach											
Fenster Dach											
Flachdach	1.001,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	217.922 €	0,20 W/(m ² K)	217.922 €	0,18 W/(m ² K)	223.989 €	0,18 W/(m ² K)	223.989 €	0,18 W/(m ² K)	223.989 €
Kehlbalkendecke											
oberste Geschossdecke											
Kellerdecke	1.001,00 m ²	0,35 W/(m ² K)	130.554 €	0,30 W/(m ² K)	135.043 €	0,26 W/(m ² K)	140.470 €	0,26 W/(m ² K)	140.470 €	0,26 W/(m ² K)	140.470 €
Keller Außenwand											
Keller Innenwand											
Keller Boden an Erdreich											
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K)	0 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €
(Gesamt-)Investionskosten baulich	Hüllfläche:	4.758 m ²	Kosten 0 €	Differenz 877.709 €	Kosten 55.077 €	Differenz 932.786 €	Kosten 28.673 €	Differenz 906.382 €	Kosten 28.673 €	Differenz 906.382 €	Kosten 28.673 €
Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
	Bezugsgröße	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	12.634 €	GasBW	10.734 €	WP Sole+TWW	70.751 €	Pellet+TWW	75.740 €		
	kW thermisch	91,6 kW		72,1 kW		82,1 kW		82,1 kW		82,1 kW	
	kW elektrisch	k.A.		k.A.		k.A.		k.A.		k.A.	
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45		FBH 35/28		HK 55/45			
55/45°C	kW Heizlast	91,6 kW	104.538 €	72,1 kW	101.884 €	82,1 kW	-	82,1 kW	103.243 €		
45/35°C	kW Heizlast	91,6 kW	-	72,1 kW	-	82,1 kW	-	82,1 kW	-	82,1 kW	-
35/28°C	m ² Wohnfläche	3.176,0 m ²	-	3.176,0 m ²	-	3.176,0 m ²	193.609 €	3.176,0 m ²	-	3.176,0 m ²	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	2.032 €	1	2.032 €	1	-	1	-	1	-
Schornstein	je Gebäudetyp	5	4.064 €	5	4.064 €	5	-	5	-	5	4.064 €
Bohrung WP Sole	kW Heizlast	-	-	-	-	82,1 kW	83.643 €	-	-	-	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	82,1 kW	15.847 €		
	Summe Heizung, TWE		123.267 €		118.714 €			348.003 €		198.894 €	
Art der Nutzung Solarthermie											
solare TWE	solare TWE										
solare TWE	m ² Nutzfläche	3.811,2 m ²	40.660 €	3.811,2 m ²	40.660 €	keine		3.811,2 m ²		3.811,2 m ²	-
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	3.811,2 m ²	-	3.811,2 m ²	-	3.811,2 m ²	-	3.811,2 m ²	-	3.811,2 m ²	-
	Summe Solarthermie		40.660 €		40.660 €						
Art der Lüftung (Wohngebäude)	Abluftanlage			Zu/Abluftanlage				Abluftanlage		Abluftanlage	
Abluftanlage Wohngebäude											
EFH, ZFH	je Gebäude	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
MFH	je Wohneinheit	40	81.280 €	40	-	40	81.280 €	40	81.280 €	40	81.280 €
ZuAbluftanlage WRG 90 Wohngebäude											
EFH/ZFH	m ² Wohnfläche	3.176,0 m ²	-	3.176,0 m ²	-	3.176,0 m ²	-	3.176,0 m ²	-	3.176,0 m ²	-
MFH	m ² Wohnfläche	3.176,0 m ²	-	3.176,0 m ²	161.341 €	3.176,0 m ²	-	3.176,0 m ²	-	3.176,0 m ²	-
Lüftungsanlage optimiert (bedarfsgeführt)	je Wohneinheit	40	-	40	-	40	-	40	-	40	-
	Summe Lüftungsanlage Wohngebäude		81.280 €		161.341 €			81.280 €		81.280 €	

C 2 Wohngebäude, Niveau Q_p 55 %; H_{T'} 70 %

C 2.1 Einfamilienhaus klein, beheizter Keller

Tabelle C-22: Energetische Auswertungen EFH klein, beheizter Keller, Niveau Q_p 55 %; H_{T'} 70 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit f _{p, Strom} = 1,8)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet						
Primärenergiebedarf Q _{p,A_N}	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 80,1 kWh/(m ² a)	79,3 kWh/(m ² a)	-1%	44,0 kWh/(m ² a)	-45%	39,6 kWh/(m ² a)	-51%	31,5 kWh/(m ² a)	-61%	18,6 kWh/(m ² a)	-77%
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 44,072 kWh/(m ² a)		80%		-0%		-10%		-28%		-58%
Transmissionswärme H _{T'}	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 0,2359 kWh/(m ² a)	0,337 W/(m ² K)	0%	0,228 W/(m ² K)	-3%	0,236 W/(m ² K)	0%	0,236 W/(m ² K)	0%	0,236 W/(m ² K)	0%

Energiekenntwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet				
nur Wohngebäude: Nutzenergie Heizung $Q_{h,b}$	10.774 kWh/a	3.947 kWh/a	-63%	8.938 kWh/a	-17%	8.884 kWh/a	-18%	4.545 kWh/a	-58%
Nutzenergie Warmwasser $Q_{w,b}$	1.646 kWh/a	1.646 kWh/a	0%	1.646 kWh/a	0%	1.646 kWh/a	0%	1.646 kWh/a	0%
Endenergie Wärme Q_t , Wärme	17.356 kWh/a	8.177 kWh/a	-53%	4.554 kWh/a	-74%	3.436 kWh/a	-80%	17.168 kWh/a	-1%
Endenergie Hilfsenergie Q_t , Hilfsenergie	802 kWh/a	1.251 kWh/a	56%	618 kWh/a	-23%	681 kWh/a	-15%	666 kWh/a	-17%
CO ₂ -Emissionen	4.395 kg/a	2.547 kg/a	-42%	2.824 kg/a	-36%	2.248 kg/a	-49%	741 kg/a	-83%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch	18,7 kg/(m ² a)	10,8 kg/(m ² a)		12,0 kg/(m ² a)		9,6 kg/(m ² a)		3,2 kg/(m ² a)	
Primärenergiebedarf Q_p	18.643 kWh/a	10.354 kWh/a	-44%	9.310 kWh/a	-50%	7.412 kWh/a	-60%	4.378 kWh/a	-77%

Tabelle C-23: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit, EFH klein, beheizter Keller, Niveau Q_p 55%; H_T' 70%, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		50,8 a	18,1 a	22,6 a	> 100 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		47,80 €/m ²	0 €/m ²	0 €/m ²	104,70 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.716 €/a	Veränderung absolut 902 €/a	Veränderung absolut 298 €/a	Veränderung absolut 571 €/a	Veränderung absolut 1.099 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.768 €/a	673 €/a	1.096 €/a	703 €/a	1.065 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	140 €/a	368 €/a	-53 €/a	175 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-5.712 €/a	-5.712 €/a	-6.081 €/a	-5.515 €/a	-5.526 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		369 €/a	-197 €/a	-185 €/a	821 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		36,0 a	10,5 a	15,1 a	70,4 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		15,80 €/m ²	0 €/m ²	0 €/m ²	77,70 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.716 €/a	Veränderung absolut 902 €/a	Veränderung absolut 298 €/a	Veränderung absolut 571 €/a	Veränderung absolut 1.099 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	2.216 €/a	891 €/a	1.325 €/a	1.078 €/a	1.138 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	140 €/a	368 €/a	-53 €/a	175 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-6.159 €/a	-6.159 €/a	-6.310 €/a	-5.606 €/a	-5.600 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		151 €/a	-553 €/a	-560 €/a	631 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		54,3 a	28,5 a	28,0 a	> 100 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		52,10 €/m ²	0 €/m ²	0 €/m ²	99,80 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.716 €/a	Veränderung absolut 902 €/a	Veränderung absolut 298 €/a	Veränderung absolut 571 €/a	Veränderung absolut 1.099 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.773 €/a	638 €/a	1.135 €/a	559 €/a	1.215 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	140 €/a	368 €/a	-53 €/a	175 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-5.717 €/a	-5.717 €/a	-6.120 €/a	-5.701 €/a	-5.676 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		404 €/a	-16 €/a	-41 €/a	779 €/a

Tabelle C-24: Merkmale und Kosten EFH klein, beheizter Keller, Niveau Q_p 55%; H_T' 70%

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Investitionsmehrkosten baulich		absolut 9.378 €	spezifisch 39,9 €/m ²	absolut 8.321 €	spezifisch 35,4 €/m ²
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		7.270 €	30,9 €/m ²	-70 €	-0,3 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		1.016 €	4,3 €/m ²	1.016 €	4,3 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		17.664 €	75,1 €/m ²	9.267 €	39,4 €/m ²
Energiekostenersparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		555 €/a	2,36 €/(m ² a)	227 €/a	0,96 €/(m ² a)
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		122 €/a	0,52 €/(m ² a)	-46 €/a	0,19 €/(m ² a)
Investitionskosten, Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger		absolut 802 kWh/a	spezifisch 238,9 €/a	absolut 1.251 kWh/a	spezifisch 372,7 €/a
Endenergie Strom Normaltarif	0,298 €/kWh			618 kWh/a	184,2 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,248 €/kWh			4.554 kWh/a	1.129,5 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,075 €/kWh	17.356 kWh/a	1.301,7 €/a	613,3 €/a	3.436 kWh/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,051 €/kWh	-	-	-	852,2 €/a
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		1.540,6 €/a	-36,0%	985,9 €/a	-14,7%
				1.313,7 €/a	-31,5%
				1.065,3 €/a	-30,3%
				1.074,1 €/a	-

Merkmale und Kosten Bautechnik	Fläche	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
		U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)											
Außenwand	126,40 m ²	0,28 W/(m ² K)	22.125 €	0,20 W/(m ² K)	23.821 €	0,22 W/(m ² K)	23.228 €	0,22 W/(m ² K)	23.228 €	0,22 W/(m ² K)	23.228 €
Fenster Fassade	29,50 m ²	1,30 W/(m ² K)	7.139 €	0,95 W/(m ² K)	8.239 €	0,95 W/(m ² K)	8.239 €	0,95 W/(m ² K)	8.239 €	0,95 W/(m ² K)	8.239 €
Außentür	2,10 m ²	1,80 W/(m ² K)	1.042 €	1,80 W/(m ² K)	1.042 €	1,80 W/(m ² K)	1.042 €	1,80 W/(m ² K)	1.042 €	1,80 W/(m ² K)	1.042 €
Schrägdach	77,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	12.657 €	0,17 W/(m ² K)	13.612 €	0,16 W/(m ² K)	13.990 €	0,16 W/(m ² K)	13.990 €	0,16 W/(m ² K)	13.990 €
Fenster Dach											
Flachdach											
Kehlbalkendecke	41,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	6.740 €	0,17 W/(m ² K)	7.248 €	0,17 W/(m ² K)	7.248 €	0,16 W/(m ² K)	7.449 €	0,16 W/(m ² K)	7.449 €
oberste Geschossdecke											
Kellerdecke											
Keller Außenwand	98,00 m ²	0,35 W/(m ² K)	12.782 €	0,22 W/(m ² K)	14.521 €	0,24 W/(m ² K)	14.102 €	0,24 W/(m ² K)	14.102 €	0,24 W/(m ² K)	14.102 €
Keller Innenwand											
Keller Boden an Erdreich	98,70 m ²	0,35 W/(m ² K)	12.873 €	0,22 W/(m ² K)	14.625 €	0,24 W/(m ² K)	14.203 €	0,24 W/(m ² K)	14.203 €	0,24 W/(m ² K)	14.203 €
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K)	0 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €
Hüllfläche:	473 m ²		Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten
(Gesamt-)Investionskosten baulich		0 €	75.357 €	9.378 €	84.735 €	8.321 €	83.677 €	8.522 €	83.879 €	8.522 €	83.879 €
Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
	Bezugsgröße	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	3.747 €	GasBW	3.705 €	WP Luft+TWW	11.718 €	WP Sole+TWW	14.014 €	Pellet+TWW	19.438 €
	kW thermisch	7,2 kW		5,6 kW		5,8 kW		5,7 kW		5,7 kW	
	kW elektrisch	k.A.		k.A.		k.A.		k.A.		k.A.	
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45		FBH 35/28		FBH 35/28		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	7,2 kW	6.190 €	5,6 kW	6.024 €	5,8 kW	-	5,7 kW	-	5,7 kW	6.035 €
45/35°C	kW Heizlast	7,2 kW	-	5,6 kW	-	5,8 kW	-	5,7 kW	-	5,7 kW	-
35/28°C	m ² Wohnfläche	174,2 m ²	-	174,2 m ²	-	174,2 m ²	10.621 €	174,2 m ²	10.621 €	174,2 m ²	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	2.032 €	1	-	1	-	1	-	1	-
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.251 €	1	3.251 €	1	-	1	-	1	3.251 €
Bohrung WP Sole	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	5,7 kW	7.357 €	-	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	5,7 kW	1.108 €
	Summe Heizung, TWE		15.220 €		15.012 €		22.338 €		31.991 €		29.833 €
Art der Nutzung Solarthermie											
solare TWE	solare TWE	235,2 m ²	7.188 €	235,2 m ²	7.188 €	keine	235,2 m ²	235,2 m ²	235,2 m ²	235,2 m ²	-
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	235,2 m ²	-	235,2 m ²	-	235,2 m ²	-	235,2 m ²	-	235,2 m ²	-
	Summe Solarthermie		7.188 €		7.188 €						
Art der Lüftung (Wohngebäude)	Abluftanlage			Zu/Abluftanlage		Abluftanlage		Abluftanlage		Abluftanlage	
Abluftanlage Wohngebäude											
EFH, ZFH	je Gebäude	1	2.540 €	1	-	1	2.540 €	1	2.540 €	1	2.540 €
MFH	je Wohneinheit	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
ZuAbluftanlage WRG 90 Wohngebäude	m ² Wohnfläche	174,2 m ²	-	174,2 m ²	10.019 €	174,2 m ²	-	174,2 m ²	-	174,2 m ²	-
MFH	m ² Wohnfläche	174,2 m ²	-	174,2 m ²	-	174,2 m ²	-	174,2 m ²	-	174,2 m ²	-
Lüftungsanlage optimiert (bedarfsgeführt)	je Wohneinheit	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
	Summe Lüftungsanlage Wohngebäude		2.540 €		10.019 €		2.540 €		2.540 €		2.540 €

C 2.2 Einfamilienhaus klein, unbeheizter Keller

Tabelle C-25: Energetische Auswertungen EFH klein, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 55 %; H_{T'} 70 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit $\rho_{\text{Strom}} = 1,8$)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet						
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 96 kWh/(m ² a)	-0%	52,5 kWh/(m ² a)	-45%	47,5 kWh/(m ² a)	-51%	38,2 kWh/(m ² a)	-60%	25,1 kWh/(m ² a)	-74%	
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 52,817 kWh/(m ² a)	81%	-	-1%	-10%	-	-28%	-	-52%	-	
Transmissionswärme H _{T'}	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 0,2541 kWh/(m ² a)	0,363 W/(m ² K)	0%	0,229 W/(m ² K)	-10%	0,252 W/(m ² K)	-1%	0,252 W/(m ² K)	-1%	0,252 W/(m ² K)	-1%

Energiekenntwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet				
nur Wohngebäude: Nutzenergie Heizung $Q_{h,b}$	8.180 kWh/a	2.963 kWh/a	-64%	6.491 kWh/a	-21%	6.491 kWh/a	-21%	3.715 kWh/a	-55%
Nutzenergie Warmwasser $Q_{w,b}$	1.346 kWh/a	1.346 kWh/a	0%	1.346 kWh/a	0%	1.346 kWh/a	0%	1.346 kWh/a	0%
Endenergie Wärme Q_t , Wärme	13.173 kWh/a	6.218 kWh/a	-53%	3.455 kWh/a	-74%	2.631 kWh/a	-80%	14.705 kWh/a	12%
Endenergie Hilfsenergie Q_t , Hilfsenergie	650 kWh/a	920 kWh/a	42%	473 kWh/a	-27%	529 kWh/a	-19%	565 kWh/a	-13%
CO ₂ -Emissionen	3.358 kg/a	1.920 kg/a	-43%	2.145 kg/a	-36%	1.726 kg/a	-49%	632 kg/a	-81%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch	22,6 kg/(m ² a)	12,9 kg/(m ² a)		14,4 kg/(m ² a)		11,6 kg/(m ² a)		4,2 kg/(m ² a)	
Primärenergiebedarf Q_p	14.224 kWh/a	7.817 kWh/a	-45%	7.071 kWh/a	-50%	5.689 kWh/a	-60%	3.741 kWh/a	-74%

Tabelle C-26: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit, EFH klein, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 55%; H_T' 70%, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		52,1 a	11,6 a	22,5 a	> 100 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		58,90 €/m ²	0 €/m ²	0 €/m ²	220,10 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.237 €/a	678 €/a	3.915 €/a	155 €/a	4.377 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.355 €/a	531 €/a	824 €/a	347 €/a	1.089 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	140 €/a	368 €/a	-53 €/a	444 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-4.819 €/a		-5.107 €/a	-4.574 €/a	-5.911 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		288 €/a	-246 €/a	-147 €/a	1.092 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		36,5 a	6,9 a	15,2 a	> 100 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		20,80 €/m ²	0 €/m ²	0 €/m ²	194,50 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.237 €/a	678 €/a	3.915 €/a	155 €/a	4.377 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.695 €/a	698 €/a	997 €/a	619 €/a	1.310 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	140 €/a	368 €/a	-53 €/a	444 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-5.160 €/a		-5.280 €/a	-4.643 €/a	-6.132 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		121 €/a	-517 €/a	-432 €/a	972 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		55,4 a	17,6 a	27,6 a	> 100 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		63,40 €/m ²	0 €/m ²	0 €/m ²	212,80 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.237 €/a	678 €/a	3.915 €/a	155 €/a	4.377 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.360 €/a	508 €/a	852 €/a	211 €/a	1.057 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	140 €/a	368 €/a	-53 €/a	444 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-4.824 €/a		-5.135 €/a	-4.715 €/a	-5.879 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		311 €/a	-110 €/a	-38 €/a	1.054 €/a

Tabelle C-27: Merkmale und Kosten EFH klein, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 55%; H_T' 70 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Investitionsmehrkosten baulich		absolut	spezifisch	absolut	spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		11.207 €	75,3 €/m ²	7.643 €	51,4 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		3.594 €	24,2 €/m ²	-4.160 €	-28,0 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		1.016 €	6,8 €/m ²	1.016 €	6,8 €/m ²
Energiekosteneinsparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		15.817 €	106,3 €/m ²	4.499 €	30,2 €/m ²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		441 €/a	2,96 €/(m ² a)	184 €/a	1,23 €/(m ² a)
		122 €/a	0,82 €/(m ² a)	-46 €/a	0,31 €/(m ² a)
Energiekosten	Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger				
Endenergie Strom Normaltarif	0,298 €/kWh	650 kWh/a	193,6 €/a	920 kWh/a	274,0 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,248 €/kWh	-	-	473 kWh/a	140,9 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,075 €/kWh	13.173 kWh/a	988,0 €/a	6.218 kWh/a	466,4 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,051 €/kWh	-	-	-	-
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)			1.181,6 €/a	-37,3%	740,4 €/a
				-15,6%	997,8 €/a
				-31,4%	810,2 €/a
				-22,3%	918,4 €/a

Merkmale und Kosten Bautechnik	Fläche	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
		U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)											
Außenwand	123,40 m ²	0,28 W/(m ² K)	21.600 €	0,18 W/(m ² K)	23.982 €	0,20 W/(m ² K)	23.256 €	0,20 W/(m ² K)	23.256 €	0,20 W/(m ² K)	23.256 €
Fenster Fassade	26,50 m ²	1,30 W/(m ² K)	6.413 €	0,95 W/(m ² K)	7.401 €	0,95 W/(m^{2}K)	7.401 €	0,95 W/(m^{2}K)	7.401 €	0,95 W/(m^{2}K)	7.401 €
Außentür	2,10 m ²	1,80 W/(m ² K)	1.042 €								
Schrägdach	77,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	12.657 €	0,14 W/(m ² K)	14.848 €	0,16 W/(m ² K)	13.990 €	0,16 W/(m ² K)	13.990 €	0,16 W/(m ² K)	13.990 €
Fenster Dach											
Flachdach											
Kehlbalkendecke	41,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	6.740 €	0,14 W/(m ² K)	7.906 €	0,16 W/(m ² K)	7.449 €	0,16 W/(m ² K)	7.449 €	0,16 W/(m ² K)	7.449 €
oberste Geschossdecke											
Kellerdecke											
Keller Außenwand											
Keller Innenwand											
Keller Boden an Erdreich	98,70 m ²	0,35 W/(m ² K)	12.873 €	0,18 W/(m ² K)	15.725 €	0,24 W/(m ² K)	14.203 €	0,24 W/(m ² K)	14.203 €	0,24 W/(m ² K)	14.203 €
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K)	0 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €
Hüllfläche:	369 m ²	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz
(Gesamt-)Investionskosten baulich		0 €	61.324 €	11.207 €	72.531 €	7.643 €	68.967 €	7.643 €	68.967 €	7.643 €	68.967 €
Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
	Bezugsgröße	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	3.711 €	GasBW	3.670 €	WP Luft+TWW	10.112 €	WP Sole+TWW	13.191 €	Pellet+TWW	19.297 €
	kW thermisch	5,9 kW		4,3 kW		4,6 kW		4,6 kW		4,6 kW	
	kW elektrisch	k.A.		k.A.		k.A.		k.A.		k.A.	
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45		FBH 35/28		FBH 35/28		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	5,9 kW	6.048 €	4,3 kW	5.885 €	4,6 kW	-	4,6 kW	-	4,6 kW	5.912 €
45/35°C	kW Heizlast	5,9 kW	-	4,3 kW	-	4,6 kW	-	4,6 kW	-	4,6 kW	-
35/28°C	m ² Wohnfläche	110,2 m ²	-	110,2 m ²	-	110,2 m ²	6.719 €	110,2 m ²	6.719 €	110,2 m ²	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	2.032 €	1	-	1	-	1	-	1	-
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.251 €	1	3.251 €	1	-	1	-	1	3.251 €
Bohrung WP Sole											
	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	4,6 kW	6.033 €	-	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	4,6 kW	880 €
	Summe Heizung, TWE	15.042 €		14.837 €		16.831 €		25.943 €		25.943 €	29.340 €
Art der Nutzung Solarthermie											
solare TWE	solare TWE	148,8 m ²	5.949 €	148,8 m ²	5.949 €	keine	keine	keine	keine	keine	-
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	148,8 m ²	-	148,8 m^{2}	-	148,8 m^{2}	-	148,8 m^{2}	-	148,8 m^{2}	-
	Summe Solarthermie		5.949 €		5.949 €						
Art der Lüftung (Wohngebäude)	Abluftanlage			Zu/Abluftanlage		Abluftanlage		Abluftanlage		Abluftanlage	
Abluftanlage Wohngebäude											
EFH, ZFH	je Gebäude	1	2.540 €	1	-	1	2.540 €	1	2.540 €	1	2.540 €
MFH	je Wohneinheit	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
ZuAbluftanlage WRG 90 Wohngebäude											
EFH/ZFH	m ² Wohnfläche	110,2 m ²	-	110,2 m ²	6.338 €	110,2 m ²	-	110,2 m ²	-	110,2 m ²	-
MFH	m ² Wohnfläche	110,2 m ²	-	110,2 m^{2}	-	110,2 m^{2}	-	110,2 m^{2}	-	110,2 m^{2}	-
Lüftungsanlage optimiert (bedarfsgeführt)	je Wohneinheit	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
Summe Lüftungsanlage Wohngebäude		2.540 €		6.338 €		2.540 €		2.540 €		2.540 €	2.540 €

C 2.3 Einfamilienhaus groß, beheizter Keller

Tabelle C-28: Energetische Auswertungen EFH groß, beheizter Keller, Niveau Q_p 55 %; H_{T'} 70 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit I _{p, Strom} = 1,8)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet		
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 71,9 kWh/(m ² a)	-1%	39,3 kWh/(m ² a)	-45%	36,0 kWh/(m ² a)	-50%	
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 39,562 kWh/(m ² a)	79%	-	-1%	-9%	-28%	
Transmissionswärme H _{T'}	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 0,2541 kWh/(m ² a)	0,363 W/(m ² K)	0%	0,243 W/(m ² K)	-4%	0,254 W/(m ² K)	-0%

Energiekenntwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
nur Wohngebäude: Nutzenergie Heizung $Q_{h,b}$	16.774 kWh/a	5.995 kWh/a -64%	14.383 kWh/a 0%	14.383 kWh/a -14%	8.312 kWh/a -50%
Nutzenergie Warmwasser $Q_{w,b}$	2.849 kWh/a	2.849 kWh/a 0%	2.849 kWh/a 0%	2.849 kWh/a 0%	2.849 kWh/a 0%
Endenergie Wärme $Q_t, \text{Wärme}$	27.079 kWh/a	12.648 kWh/a -53%	7.227 kWh/a -73%	5.435 kWh/a -80%	26.853 kWh/a -1%
Endenergie Hilfsenergie $Q_t, \text{Hilfsenergie}$	1.136 kWh/a	1.922 kWh/a 69%	902 kWh/a -21%	972 kWh/a -14%	922 kWh/a -19%
CO ₂ -Emissionen	6.794 kg/a	3.933 kg/a -42%	4.438 kg/a -35%	3.498 kg/a -49%	1.094 kg/a -84%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch	16,7 kg/(m ² a)	9,7 kg/(m ² a)	10,9 kg/(m ² a)	8,6 kg/(m ² a)	2,7 kg/(m ² a)
Primärenergiebedarf Q_p	28.881 kWh/a	15.994 kWh/a -45%	14.632 kWh/a -49%	11.533 kWh/a -60%	6.633 kWh/a -77%

Tabelle C-29: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit, EFH groß, beheizter Keller, Niveau Q_p 55%; H_T' 70%, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		53,3 a	23,3 a	20,7 a	58,3 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		51,80 €/m ²	0 €/m ²	0 €/m ²	38,40 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	5.172 €/a	Veränderung absolut 1.586 €/a	Veränderung absolut 541 €/a	Veränderung absolut 774 €/a	Veränderung absolut 1.074 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	2.724 €/a	1.033 €/a	6.759 €/a 1.691 €/a	5.714 €/a 2.080 €/a	5.946 €/a 1.653 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	140 €/a	368 €/a -53 €/a	175 €/a -7.969 €/a	175 €/a -7.774 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-8.125 €/a	-8.818 €/a	-8.818 €/a	-7.969 €/a	-7.969 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		693 €/a	-155 €/a	-350 €/a	521 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		38,5 a	13,0 a	13,6 a	38,0 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		22,40 €/m ²	0 €/m ²	0 €/m ²	13,20 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	5.172 €/a	Veränderung absolut 1.586 €/a	Veränderung absolut 541 €/a	Veränderung absolut 774 €/a	Veränderung absolut 1.074 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	3.421 €/a	1.376 €/a	2.045 €/a 1.197 €/a	2.223 €/a 175 €/a	1.654 €/a 1.766 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	140 €/a	368 €/a -53 €/a	175 €/a -8.113 €/a	175 €/a -7.888 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-8.821 €/a	-9.172 €/a	-9.172 €/a	-8.113 €/a	-8.113 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		351 €/a	-708 €/a	-933 €/a	226 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		56,9 a	39,9 a	25,9 a	52,1 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		56,00 €/m ²	10,20 €/m ²	0 €/m ²	34,10 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	5.172 €/a	Veränderung absolut 1.586 €/a	Veränderung absolut 541 €/a	Veränderung absolut 774 €/a	Veränderung absolut 1.074 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	2.727 €/a	976 €/a	1.751 €/a 355 €/a	2.372 €/a 1.197 €/a	1.885 €/a 1.064 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	140 €/a	368 €/a -53 €/a	175 €/a -8.261 €/a	175 €/a -8.007 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-8.128 €/a	-8.878 €/a	-8.878 €/a	-8.261 €/a	-8.261 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		751 €/a	134 €/a	-121 €/a	455 €/a

Tabelle C-30: Merkmale und Kosten EFH groß, beheizter Keller, Niveau Q_p 55%; H_T' 70 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Investitionsmehrkosten baulich		absolut 12.729 € 14.367 €	spezifisch 31,3 €/m ² 35,3 €/m ²	absolut 10.207 € 4.847 €	spezifisch 25,1 €/m ² 11,9 €/m ²
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch				absolut 16.157 € 1.016 €	spezifisch 39,7 €/m ² 2,5 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung				absolut 2.372 € 1.016 €	spezifisch 1.016 € 2,5 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		1.016 € 28.112 €	2,5 €/m ² 69,1 €/m ²	1.016 € 16.070 €	2,5 €/m ² 39,5 €/m ²
Energiekosteneinsparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		848 €/a 122 €/a	2.08 €/(m ² a) 0,30 €/(m ² a)	0,76 €/(m ² a) -46 €/a	1.80 €/(m ² a) 0,11 €/(m ² a)
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr				732 €/a -46 €/a	725 €/a 0 €/(m ² a)
Energiekosten	Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger				
Endenergie Strom Normaltarif	0,298 €/kWh	1.136 kWh/a	338,6 €/a	1.922 kWh/a	902 kWh/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,248 €/kWh	-	-	572,8 €/a	268,9 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,075 €/kWh	27.079 kWh/a	2.031,0 €/a	12.648 kWh/a	7.227 kWh/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,051 €/kWh	-	-	948,6 €/a	1.792,2 €/a
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		2.369,5 €/a	-35,8%	1.521,4 €/a	-13,0%
				2.061,1 €/a	-30,9%
				1.637,6 €/a	-30,6%
					1.644,3 €/a

Merkmale und Kosten Bautechnik	Fläche	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
		U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)											
Außenwand	248,60 m ²	0,28 W/(m ² K)	43.514 €	0,19 W/(m ² K)	47.543 €	0,20 W/(m ² K)	46.851 €	0,20 W/(m ² K)	46.851 €	0,20 W/(m ² K)	46.851 €
Fenster Fassade	53,30 m ²	1,30 W/(m ² K)	12.899 €	0,95 W/(m ² K)	14.887 €	0,95 W/(m^{2}K)	14.887 €	0,95 W/(m^{2}K)	14.887 €	0,95 W/(m^{2}K)	14.887 €
Außentür	2,10 m ²	1,80 W/(m ² K)	1.042 €								
Schrägdach	56,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	9.205 €	0,17 W/(m ² K)	9.900 €	0,18 W/(m ² K)	9.647 €	0,18 W/(m ² K)	9.647 €	0,18 W/(m ² K)	9.647 €
Fenster Dach											
Flachdach											
Kehlbalkendecke											
oberste Geschossdecke	58,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	10.263 €	0,18 W/(m ² K)	10.593 €	0,19 W/(m ² K)	10.422 €	0,19 W/(m ² K)	10.422 €	0,19 W/(m ² K)	10.422 €
Kellerdecke											
Keller Außenwand											
Keller Innenwand											
Keller Boden an Erdreich											
Wärmebrücken	125,00 m ²	0,35 W/(m ² K)	16.303 €	0,22 W/(m ² K)	18.522 €	0,25 W/(m ² K)	17.754 €	0,25 W/(m ² K)	17.754 €	0,25 W/(m ² K)	17.754 €
(Gesamt-)Investionskosten baulich	Hüllfläche:	647 m ²	0 €	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz
			106.764 €	12.729 €	119.493 €	10.207 €	116.971 €	10.207 €	116.971 €	10.207 €	116.971 €
Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
	Bezugsgröße	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	3.860 €	GasBW	3.781 €	WP Luft+TWW	15.537 €	WP Sole+TWW	16.112 €	Pellet+TWW	19.799 €
	kW thermisch	11,5 kW		8,5 kW		8,8 kW		8,8 kW		8,8 kW	
	kW elektrisch	k.A.		k.A.		k.A.		k.A.		k.A.	
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45		FBH 35/28		FBH 35/28		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	11,5 kW	10.105 €	8,5 kW	9.754 €	8,8 kW	-	8,8 kW	-	8,8 kW	9.781 €
45/35°C	kW Heizlast	11,5 kW	-	8,5 kW	-	8,8 kW	-	8,8 kW	-	8,8 kW	-
35/28°C	m ² Wohnfläche	301,5 m ²	-	301,5 m ²	-	301,5 m ²	18.378 €	301,5 m ²	18.378 €	301,5 m ²	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	2.032 €	1	-	1	-	1	-	1	-
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.658 €	1	3.658 €	1	-	1	-	1	3.658 €
Bohrung WP Sole											
	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	8,8 kW	10.735 €	-	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	8,8 kW	1.689 €
	Summe Heizung, TWE		19.655 €		19.225 €		33.915 €		45.225 €		34.927 €
Art der Nutzung Solarthermie											
solare TWE	solare TWE	407,0 m ²	9.414 €	407,0 m ²	9.414 €	407,0 m ²	-	407,0 m ²	-	407,0 m ²	-
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	407,0 m ²	-	407,0 m^{2}	-	407,0 m^{2}	-	407,0 m^{2}	-	407,0 m^{2}	-
	Summe Solarthermie		9.414 €		9.414 €						
Art der Lüftung (Wohngebäude)	Abluftanlage			Zu/Abluftanlage		Abluftanlage		Abluftanlage		Abluftanlage	
Abluftanlage Wohngebäude											
EFH, ZFH	je Gebäude	1	2.540 €	1	-	1	2.540 €	1	2.540 €	1	2.540 €
MFH	je Wohneinheit	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
ZuAbluftanlage WRG 90 Wohngebäude											
EFH/ZFH	m ² Wohnfläche	301,5 m ²	-	301,5 m ²	17.337 €	301,5 m ²	-	301,5 m ²	-	301,5 m ²	-
MFH	m ² Wohnfläche	301,5 m^{2}	-	301,5 m^{2}	-	301,5 m^{2}	-	301,5 m^{2}	-	301,5 m ²	-
Lüftungsanlage optimiert (bedarfsgeführt)	je Wohneinheit	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
	Summe Lüftungsanlage Wohngebäude		2.540 €		17.337 €		2.540 €		2.540 €		2.540 €

C 2.4 Doppelhaushälften Süd, unbeheizter Keller

Tabelle C-31: Energetische Auswertungen DHH Süd, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 55 %; H_{T'} 70 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit $f_{p, Strom} = 1,8$)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet					
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 77 kWh/(m ² a)	-1%	42,2 kWh/(m ² a)	-45%	39,4 kWh/(m ² a)	-49%	32,2 kWh/(m ² a)	-58%	21,7 kWh/(m ² a)	-72%
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 42,361 kWh/(m ² a)	80%	-0%	-7%	-24%	-49%				
Transmissionswärme H _{T'}	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 0,2632 kWh/(m ² a)	0,375 W/(m ² K)	0%	-6%	0,262 W/(m ² K)	-0%	0,262 W/(m ² K)	-0%	0,262 W/(m ² K)	-0%

Energiekenntwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet				
nur Wohngebäude: Nutzenergie Heizung $Q_{h,b}$	6.774 kWh/a	2.168 kWh/a	-68%	5.457 kWh/a	-19%	5.457 kWh/a	-19%	2.872 kWh/a	-58%
Nutzenergie Warmwasser $Q_{w,b}$	1.387 kWh/a	1.387 kWh/a	0%	1.387 kWh/a	0%	1.387 kWh/a	0%	1.387 kWh/a	0%
Endenergie Wärme $Q_t, \text{Wärme}$	11.581 kWh/a	5.273 kWh/a	-54%	3.168 kWh/a	-73%	2.463 kWh/a	-79%	14.022 kWh/a	21%
Endenergie Hilfsenergie $Q_t, \text{Hilfsenergie}$	647 kWh/a	972 kWh/a	50%	449 kWh/a	-31%	499 kWh/a	-23%	556 kWh/a	-14%
CO ₂ -Emissionen	2.993 kg/a	1.733 kg/a	-42%	1.975 kg/a	-34%	1.617 kg/a	-46%	612 kg/a	-80%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch	18,1 kg/(m ² a)	10,5 kg/(m ² a)		11,9 kg/(m ² a)		9,8 kg/(m ² a)		3,7 kg/(m ² a)	
Primärenergiebedarf Q_p	12.640 kWh/a	6.975 kWh/a	-45%	6.510 kWh/a	-49%	5.330 kWh/a	-58%	3.597 kWh/a	-72%

Tabelle C-32: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit, DHH Süd, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 55 %; H_t' 70 %, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		73,4 a	23,0 a	33,3 a	keine
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		83,80 €/m ²	0 €/m ²	12,80 €/m ²	keine Angabe
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.029 €/a	775 €/a	3.805 €/a	259 €/a	3.289 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.213 €/a	457 €/a	756 €/a	286 €/a	928 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	140 €/a	368 €/a	-53 €/a	175 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-4.471 €/a		-4.929 €/a	-4.392 €/a	-4.525 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		459 €/a	-79 €/a	54 €/a	1.298 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		49,8 a	13,5 a	22,2 a	> 100 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		53,70 €/m ²	0 €/m ²	0 €/m ²	218,90 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.029 €/a	775 €/a	3.805 €/a	259 €/a	3.289 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.514 €/a	607 €/a	907 €/a	523 €/a	992 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	140 €/a	368 €/a	-53 €/a	175 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-4.772 €/a		-5.080 €/a	-4.456 €/a	-4.578 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		309 €/a	-316 €/a	-194 €/a	1.208 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		79,5 a	36,0 a	41,5 a	keine
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		88,10 €/m ²	8,30 €/m ²	28,70 €/m ²	keine Angabe
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.029 €/a	775 €/a	3.805 €/a	259 €/a	3.289 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.221 €/a	433 €/a	788 €/a	163 €/a	1.058 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	140 €/a	368 €/a	-53 €/a	175 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-4.479 €/a		-4.962 €/a	-4.522 €/a	-4.633 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		483 €/a	44 €/a	154 €/a	1.261 €/a

Tabelle C-33: Merkmale und Kosten DHH Süd, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 55 %; H_t' 70 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Investitionsmehrkosten baulich		absolut	spezifisch	absolut	spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		11.446 €	69,2 €/m ²	10.882 €	65,8 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		4.346 €	26,3 €/m ²	-4.093 €	-24,7 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		1.016 €	6,1 €/m ²	1.016 €	6,1 €/m ²
Energiekosteneinsparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		16.808 €	101,6 €/m ²	7.805 €	47,2 €/m ²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		376 €/a	2,27 €/(m ² a)	142 €/a	0,86 €/(m ² a)
		122 €/a	0,74 €/(m ² a)	-46 €/a	0,28 €/(m ² a)
Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger					
Endenergie Strom Normaltarif	0,298 €/kWh	647 kWh/a	192,7 €/a	972 kWh/a	289,5 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,248 €/kWh	-	-	449 kWh/a	133,7 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,075 €/kWh	11.581 kWh/a	868,6 €/a	5.273 kWh/a	395,5 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,051 €/kWh	-	-	-	-
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		1.061,2 €/a	-35,4%	685,0 €/a	-13,4%
				919,3 €/a	-28,4%
				759,3 €/a	-17,0%
					880,7 €/a

Merkmale und Kosten Bautechnik	Fläche	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet		
		U-Wert	Kosten									
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)												
Außenwand	96,20 m ²	0,28 W/(m ² K)	16.839 €	0,16 W/(m ² K)	19.396 €	0,18 W/(m ² K)	18.696 €	0,18 W/(m ² K)	18.696 €	0,18 W/(m ² K)	18.696 €	
Fenster Fassade	21,70 m ²	1,30 W/(m ² K)	5.251 €	0,95 W/(m ² K)	8.624 €							
Außentür	2,10 m ²	1,80 W/(m ² K)	1.042 €									
Schrägdach	74,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	12.164 €	0,16 W/(m ² K)	13.445 €	0,14 W/(m ² K)	14.270 €	0,14 W/(m ² K)	14.270 €	0,14 W/(m ² K)	14.270 €	
Fenster Dach	2,70 m ²	1,20 W/(m ² K)	1.029 €	1,00 W/(m ² K)	1.757 €							
Flachdach												
Kehlbalkendecke												
oberste Geschossdecke	45,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	7.963 €	0,16 W/(m ² K)	8.517 €	0,14 W/(m ² K)	8.863 €	0,14 W/(m ² K)	8.863 €	0,14 W/(m ² K)	8.863 €	
Kellerdecke	85,50 m ²	0,35 W/(m ² K)	11.151 €	0,23 W/(m ² K)	12.478 €	0,31 W/(m ² K)	11.443 €	0,31 W/(m ² K)	11.443 €	0,31 W/(m ² K)	11.443 €	
Keller Außenwand												
Keller Innenwand												
Keller Boden an Erdreich												
Wärmebrücken												
(Gesamt-)Investionskosten baulich	Hüllfläche:	327 m ²	0,05 W/(m ² K)	0 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €
				0 €	55.439 €	11.446 €	66.885 €	10.882 €	66.321 €	10.882 €	66.321 €	10.882 €
Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet		
	Bezugsgröße	Bezugsgröße	Kosten									
Erzeuger												
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	3.696 €	GasBW	3.664 €	WP Luft+TWW	9.602 €	WP Sole+TWW	12.933 €	Pellet+TWW	19.252 €	
	kW thermisch	5,3 kW		4,1 kW		4,2 kW		4,2 kW		4,2 kW		
	kW elektrisch	k.A.										
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45		FBH 35/28		FBH 35/28		HK 55/45		
55/45°C	kW Heizlast	5,3 kW	5.988 €	4,1 kW	5.861 €	4,2 kW	-	4,2 kW	-	4,2 kW	5.873 €	
45/35°C	kW Heizlast	5,3 kW	-	4,1 kW	-	4,2 kW	-	4,2 kW	-	4,2 kW	-	
35/28°C	m ² Wohnfläche	122,5 m ²	-	122,5 m ²	-	122,5 m ²	7.469 €	122,5 m ²	7.469 €	122,5 m ²	-	
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	2.032 €	1	-	1	-	1	-	1	-	
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.251 €	1	3.251 €	1	-	1	-	1	3.251 €	
Bohrung WP Sole												
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	4,2 kW	5.617 €	-	-	
	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	4,2 kW	809 €	
	Summe Heizung, TWE		14.967 €		14.807 €		17.071 €		26.019 €		29.185 €	
Art der Nutzung Solarthermie												
solare TWE	m ² Nutzfläche	solare TWE	165,4 m ²	solare TWE	165,4 m ²	keine	165,4 m ²	keine	165,4 m ²	165,4 m ²	-	
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	165,4 m ²	-									
	Summe Solarthermie		6.197 €		6.197 €		6.197 €					
Art der Lüftung (Wohngebäude)		Abluftanlage		Zu/Abluftanlage		Abluftanlage		Abluftanlage		Abluftanlage		
Abluftanlage Wohngebäude												
EFH, ZFH	je Gebäude	1	2.540 €	1	-	1	2.540 €	1	2.540 €	1	2.540 €	
MFH	je Wohneinheit	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	
ZuAbluftanlage WRG 90 Wohngebäude												
EFH/ZFH	m ² Wohnfläche	122,5 m ²	-	122,5 m ²	7.046 €	122,5 m ²	-	122,5 m ²	-	122,5 m ²	-	
MFH	m ² Wohnfläche	122,5 m ²	-									
Lüftungsanlage optimiert (bedarfsgeführt)	je Wohneinheit	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	
	Summe Lüftungsanlage Wohngebäude		2.540 €		7.046 €		2.540 €		2.540 €		2.540 €	

C 2.5 Reihenmittelhaus, beheizter Keller

Tabelle C-34: Energetische Auswertungen RMH, beheizter Keller, Niveau Q_p 55 %; H_{T'} 70 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit I _{p,Strom} = 1,8)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet						
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 56,3 kWh/(m ² a)	55,8 kWh/(m ² a)	-1%	30,8 kWh/(m ² a)	-45%	30,9 kWh/(m ² a)	-45%	26,2 kWh/(m ² a)	-54%	15,6 kWh/(m ² a)	-72%
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 30,976 kWh/(m ² a)	80%	-1%	-0%	-15%	-	-	-	-15%	-	-49%
Transmissionswärme H _{T'}	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 0,245 kWh/(m ² a)	0,349 W/(m ² K)	0%	0,222 W/(m ² K)	-9%	0,219 W/(m ² K)	-11%	0,244 W/(m ² K)	-0%	0,244 W/(m ² K)	-0%

Energiekenntwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet				
nur Wohngebäude: Nutzenergie Heizung $Q_{h,b}$	7.197 kWh/a	1.806 kWh/a	-75%	6.266 kWh/a	-13%	6.717 kWh/a	-7%	2.676 kWh/a	-63%
Nutzenergie Warmwasser $Q_{w,b}$	1.835 kWh/a	1.835 kWh/a	0%	1.835 kWh/a	0%	1.835 kWh/a	0%	1.835 kWh/a	0%
Endenergie Wärme $Q_t, \text{Wärme}$	13.331 kWh/a	5.726 kWh/a	-57%	3.947 kWh/a	-70%	3.186 kWh/a	-76%	15.832 kWh/a	19%
Endenergie Hilfsenergie $Q_t, \text{Hilfenergie}$	779 kWh/a	1.333 kWh/a	71%	558 kWh/a	-28%	626 kWh/a	-20%	649 kWh/a	-17%
CO ₂ -Emissionen	3.465 kg/a	2.034 kg/a	-41%	2.460 kg/a	-29%	2.081 kg/a	-40%	703 kg/a	-80%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch	13,2 kg/(m ² a)	7,8 kg/(m ² a)		9,4 kg/(m ² a)		7,9 kg/(m ² a)		2,7 kg/(m ² a)	
Primärenergiebedarf Q_p	14.612 kWh/a	8.075 kWh/a	-45%	8.109 kWh/a	-45%	6.862 kWh/a	-53%	4.100 kWh/a	-72%

Tabelle C-35: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit, RMH, beheizter Keller, Niveau Q_p 55%; H_t' 70%, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		91,7 a	31,5 a	33,5 a	> 100 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		85,80 €/m ²	3,30 €/m ²	8,50 €/m ²	127,60 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	2.748 €/a	1.107 €/a	3.855 €/a	319 €/a	529 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.407 €/a	502 €/a	905 €/a	251 €/a	421 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	140 €/a	368 €/a	-53 €/a	175 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-4.384 €/a		-5.129 €/a		-4.398 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		745 €/a	15 €/a	55 €/a	1.114 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		61,6 a	16,7 a	21,1 a	> 100 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		63,10 €/m ²	0 €/m ²	0 €/m ²	114,50 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	2.748 €/a	1.107 €/a	3.855 €/a	319 €/a	529 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.754 €/a	680 €/a	1.075 €/a	519 €/a	701 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	140 €/a	368 €/a	-53 €/a	175 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-4.731 €/a		-5.298 €/a		-4.478 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		568 €/a	-253 €/a	-224 €/a	1.006 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		> 100 a	62,8 a	45,9 a	> 100 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		89,80 €/m ²	19,30 €/m ²	21,40 €/m ²	122,70 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	2.748 €/a	1.107 €/a	3.855 €/a	319 €/a	529 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.418 €/a	466 €/a	952 €/a	100 €/a	294 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	140 €/a	368 €/a	-53 €/a	175 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-4.394 €/a		-5.175 €/a		-4.561 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		781 €/a	166 €/a	183 €/a	1.071 €/a

Tabelle C-36: Merkmale und Kosten RMH, beheizter Keller, Niveau Q_p 55%; H_t' 70 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Investitionsmehrkosten baulich		absolut	spezifisch	absolut	spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		12.321 €	47,0 €/m ²	12.872 €	49,1 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		8.472 €	32,3 €/m ²	-1.881 €	-7,2 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		1.016 €	3,9 €/m ²	1.016 €	3,9 €/m ²
Energiekostensparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		21.809 €	83,2 €/m ²	12.007 €	45,8 €/m ²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		405 €/a	1,55 €/(m ² a)	87 €/a	0,33 €/(m ² a)
		122 €/a	0,47 €/(m ² a)	-46 €/a	0,17 €/(m ² a)
Energiekosten	Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger				
Endenergie Strom Normaltarif	0,298 €/kWh	779 kWh/a	232,1 €/a	1.333 kWh/a	397,4 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,248 €/kWh	-	-	558 kWh/a	166,4 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,075 €/kWh	13.331 kWh/a	999,8 €/a	5.726 kWh/a	3.947 kWh/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,051 €/kWh	-	-	429,5 €/a	978,8 €/a
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)			1.231,9 €/a	-32,9%	826,8 €/a
				-7,0%	1.145,2 €/a
				-20,7%	976,7 €/a
				-18,8%	1.000,8 €/a

Merkmale und Kosten Bautechnik	Fläche	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
		U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)											
Außenwand	51,00 m ²	0,28 W/(m ² K)	8.927 €	0,17 W/(m ² K)	10.088 €	0,20 W/(m ² K)	9.611 €	0,20 W/(m ² K)	9.611 €	0,20 W/(m ² K)	9.611 €
Fenster Fassade	20,90 m ²	1,30 W/(m ² K)	5.058 €	0,95 W/(m^{2}K)	8.306 €	0,95 W/(m^{2}K)	8.306 €	0,95 W/(m^{2}K)	8.306 €	0,95 W/(m ² K)	8.306 €
Außentür	2,10 m ²	1,80 W/(m ² K)	1.042 €	1,80 W/(m^{2}K)	1.042 €	1,80 W/(m^{2}K)	1.042 €	1,80 W/(m^{2}K)	1.042 €	1,80 W/(m^{2}K)	1.042 €
Schrägdach	40,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	6.575 €	0,12 W/(m ² K)	8.237 €	0,14 W/(m ² K)	7.713 €	0,15 W/(m ² K)	7.481 €	0,15 W/(m ² K)	7.481 €
Fenster Dach	4,00 m ²	1,20 W/(m ² K)	1.524 €	1,00 W/(m ² K)	2.604 €	1,00 W/(m^{2}K)	2.604 €	1,00 W/(m^{2}K)	2.604 €	1,00 W/(m^{2}K)	2.604 €
Flachdach											
Kehlbalkendecke											
oberste Geschossdecke	45,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	7.963 €	0,13 W/(m ² K)	9.055 €	0,11 W/(m ² K)	9.480 €	0,15 W/(m ² K)	8.684 €	0,15 W/(m ² K)	8.684 €
Kellerdecke											
Keller Außenwand											
Keller Innenwand											
Keller Boden an Erdreich	28,00 m ²	0,35 W/(m ² K)	3.652 €	0,20 W/(m ² K)	4.292 €	0,18 W/(m ² K)	4.461 €	0,24 W/(m ² K)	4.029 €	0,24 W/(m ² K)	4.029 €
Wärmebrücken	79,36 m ²	0,35 W/(m ² K)	10.350 €	0,20 W/(m ² K)	12.164 €	0,18 W/(m ² K)	12.644 €	0,26 W/(m ² K)	11.137 €	0,26 W/(m ² K)	11.137 €
		0,05 W/(m ² K)	0 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €
Hüllfläche:	270 m ²										
(Gesamt-)Investionskosten baulich			0 €	45.091 €	12.321 €	57.412 €	12.872 €	57.963 €	9.428 €	54.519 €	9.428 €

Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
		Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	3.700 €	GasBW	3.670 €	WP Luft+TWW	9.726 €	WP Sole+TWW	13.170 €	Pellet+TWW	19.293 €
	kW thermisch	5,4 kW		4,3 kW		4,3 kW		4,5 kW		4,5 kW	
	kW elektrisch	k.A.		k.A.		k.A.		k.A.		k.A.	
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45		FBH 35/28		FBH 35/28		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	5,4 kW	6.499 €	4,3 kW	6.377 €	4,3 kW	-	4,5 kW	-	4,5 kW	6.401 €
45/35°C	kW Heizlast	5,4 kW	-	4,3 kW	-	4,3 kW	-	4,5 kW	-	4,5 kW	-
35/28°C	m ² Wohnfläche	194,1 m ²	-	194,1 m ²	-	194,1 m ²	11.835 €	194,1 m ²	11.835 €	194,1 m ²	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	2.032 €	1	-	1	-	1	-	1	-
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.658 €	1	3.658 €	1	-	1	-	1	3.658 €
Bohrung WP Sole	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	4,5 kW	5.999 €	-	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	4,5 kW	874 €
	Summe Heizung, TWE		15.889 €		15.736 €		21.562 €		31.004 €		30.226 €
Art der Nutzung Solarthermie											
solare TWE	m ² Nutzfläche	262,1 m ²	7.554 €	solare TWE	keine	keine	keine	keine	keine	keine	-
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	262,1 m ²	-	262,1 m^{2}	-	262,1 m^{2}	-	262,1 m^{2}	-	262,1 m^{2}	-
	Summe Solarthermie		7.554 €		7.554 €		-	-	-	-	-
Art der Lüftung (Wohngebäude)											
Abluftanlage											
Abluftanlage Wohngebäude											
EFH, ZFH	je Gebäude	1	2.540 €	1	-	1	2.540 €	1	2.540 €	1	2.540 €
MFH	je Wohneinheit	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
ZuAbluftanlage WRG 90 Wohngebäude	m ² Wohnfläche	194,1 m ²	-	194,1 m ²	11.165 €	194,1 m ²	-	194,1 m ²	-	194,1 m ²	-
MFH	m ² Wohnfläche	194,1 m ²	-	194,1 m^{2}	-	194,1 m^{2}	-	194,1 m^{2}	-	194,1 m^{2}	-
Lüftungsanlage optimiert (bedarfsgeführt)	je Wohneinheit	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
	Summe Lüftungsanlage Wohngebäude		2.540 €		11.165 €		2.540 €		2.540 €		2.540 €

C 2.6 Mehrfamilienhaus klein, unbeheizter Keller

Tabelle C-37: Energetische Auswertungen MFH klein, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 55 %; H_{T'} 70 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit $f_{p, Strom} = 1,8$)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet						
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 61,4 kWh/(m ² a)	-1%	33,7 kWh/(m ² a)	-45%	32,2 kWh/(m ² a)	-48%	28,2 kWh/(m ² a)	-54%	15,1 kWh/(m ² a)	-75%	
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 33,781 kWh/(m ² a)	80%	-0%	-5%	-17%	-55%					
Transmissionswärme H _{T'}	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 0,2996 kWh/(m ² a)	0,428 W/(m ² K)	0%	0,291 W/(m ² K)	-3%	0,299 W/(m ² K)	-0%	0,299 W/(m ² K)	-0%	0,299 W/(m ² K)	-0%

Energiekenntwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet				
nur Wohngebäude: Nutzenergie Heizung $Q_{h,b}$	14.985 kWh/a	3.937 kWh/a	-74%	11.669 kWh/a	-22%	11.669 kWh/a	-22%	5.270 kWh/a	-65%
Nutzenergie Warmwasser $Q_{w,b}$	5.609 kWh/a	5.609 kWh/a	0%	5.609 kWh/a	0%	5.609 kWh/a	0%	5.609 kWh/a	0%
Endenergie Wärme $Q_t, \text{Wärme}$	26.774 kWh/a	12.074 kWh/a	-55%	7.608 kWh/a	-72%	6.001 kWh/a	-78%	29.707 kWh/a	11%
Endenergie Hilfsenergie $Q_t, \text{Hilfenergie}$	1.242 kWh/a	2.209 kWh/a	78%	861 kWh/a	-31%	1.412 kWh/a	14%	917 kWh/a	-26%
CO ₂ -Emissionen	6.783 kg/a	3.959 kg/a	-42%	4.624 kg/a	-32%	4.048 kg/a	-40%	1.154 kg/a	-83%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch	14,3 kg/(m ² a)	8,4 kg/(m ² a)		9,8 kg/(m ² a)		8,5 kg/(m ² a)		2,4 kg/(m ² a)	
Primärenergiebedarf Q_p	28.768 kWh/a	15.942 kWh/a	-45%	15.244 kWh/a	-47%	13.344 kWh/a	-54%	7.152 kWh/a	-75%

Tabelle C-38: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit MFH klein, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 55%; H_t' 70%, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		68,3 a	39,0 a	36,1 a	88,8 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		41,80 €/m ²	13,60 €/m ²	13,10 €/m ²	49,20 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	6.513 €/a	Veränderung absolut 1.165 €/a	7.678 €/a	Veränderung absolut 824 €/a	7.337 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	2.729 €/a	1.003 €/a	1.727 €/a	566 €/a	803 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	489 €/a	491 €/a	980 €/a	-68 €/a	421 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-9.732 €/a		-10.385 €/a		-9.921 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		653 €/a	190 €/a	176 €/a	776 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		40,8 a	21,0 a	22,0 a	54,5 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		17,90 €/m ²	0 €/m ²	0 €/m ²	31,40 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	6.513 €/a	Veränderung absolut 1.165 €/a	7.678 €/a	Veränderung absolut 824 €/a	7.337 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	3.420 €/a	1.348 €/a	2.072 €/a	1.108 €/a	2.312 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	489 €/a	491 €/a	980 €/a	-68 €/a	421 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-10.422 €/a		-10.730 €/a		-10.070 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		308 €/a	-352 €/a	-382 €/a	527 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		78,3 a	73,1 a	51,7 a	73,6 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		45,80 €/m ²	31,00 €/m ²	28,20 €/m ²	44,30 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	6.513 €/a	Veränderung absolut 1.165 €/a	7.678 €/a	Veränderung absolut 824 €/a	7.337 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	2.737 €/a	937 €/a	1.800 €/a	270 €/a	2.467 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	489 €/a	491 €/a	980 €/a	-68 €/a	421 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-9.739 €/a		-10.458 €/a		-10.225 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		719 €/a	486 €/a	439 €/a	694 €/a

Tabelle C-39: Merkmale und Kosten MFH klein, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 55%; H_t' 70 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Investitionsmehrkosten baulich		absolut 14.838 €	spezifisch 31,3 €/m ²	absolut 12.665 €	spezifisch 26,7 €/m ²
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		7.374 €	15,6 €/m ²	9.772 €	20,6 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		2.286 €	4,8 €/m ²	2.286 €	4,8 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		24.498 €	51,7 €/m ²	24.723 €	52,2 €/m ²
Energiekostenersparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		814 €/a	1,72 €/(m ² a)	235 €/a	0,50 €/(m ² a)
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		427 €/a	0,90 €/(m ² a)	-59 €/a	0,12 €/(m ² a)
Energiekosten	Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger				
Endenergie Strom Normaltarif	0,298 €/kWh	1.242 kWh/a	370,1 €/a	2.209 kWh/a	658,3 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,248 €/kWh	-	-	861 kWh/a	256,6 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,075 €/kWh	26.774 kWh/a	2.008,0 €/a	12.074 kWh/a	905,6 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,051 €/kWh	-	-	-	-
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)			2.378,2 €/a	-34,2%	1.563,8 €/a
				-9,9%	2.143,4 €/a
				-19,7%	1.909,1 €/a
				-24,8%	1.788,4 €/a

Merkmale und Kosten Bautechnik	Fläche	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
		U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)											
Außenwand	171,40 m ²	0,28 W/(m ² K)	30.001 €	0,19 W/(m ² K)	32.779 €	0,20 W/(m ² K)	32.302 €	0,20 W/(m ² K)	32.302 €	0,20 W/(m ² K)	32.302 €
Fenster Fassade	96,10 m ²	1,30 W/(m ² K)	23.256 €	0,95 W/(m ² K)	26.841 €	0,95 W/(m ² K)	26.841 €	0,95 W/(m ² K)	26.841 €	0,95 W/(m ² K)	26.841 €
Außentür	2,50 m ²	1,80 W/(m ² K)	1.240 €	1,80 W/(m ² K)	1.240 €	1,80 W/(m ² K)	1.240 €	1,80 W/(m ² K)	1.240 €	1,80 W/(m ² K)	1.240 €
Schrägdach											
Fenster Dach											
Flachdach	188,50 m ²	0,20 W/(m ² K)	41.037 €	0,16 W/(m ² K)	43.579 €	0,17 W/(m ² K)	42.845 €	0,17 W/(m ² K)	42.845 €	0,17 W/(m ² K)	42.845 €
Kehlbalkendecke											
oberste Geschossdecke											
Kellerdecke	188,50 m ²	0,35 W/(m ² K)	24.585 €	0,20 W/(m ² K)	28.893 €	0,22 W/(m ² K)	27.932 €	0,22 W/(m ² K)	27.932 €	0,22 W/(m ² K)	27.932 €
Keller Außenwand											
Keller Innenwand											
Keller Boden an Erdreich											
Wärmebrücken											
Hüllfläche:	647 m ²	0,05 W/(m ² K)	0 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €
(Gesamt-)Investionskosten baulich			0 €	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten
			120.120 €		14.838 €	134.957 €		12.665 €	132.785 €		12.665 €
Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
	Bezugsgröße	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	3.916 €	GasBW	3.824 €	WP Luft+TWW	17.428 €	WP Sole+TWW	17.220 €	Pellet+TWW	19.990 €
	kW thermisch	13,6 kW		10,2 kW		10,3 kW		10,3 kW		10,3 kW	
	kW elektrisch	k.A.		k.A.		k.A.		k.A.		k.A.	
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45		FBH 35/28		FBH 35/28		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	13,6 kW	12.294 €	10,2 kW	11.902 €	10,3 kW	-	10,3 kW	-	10,3 kW	11.922 €
45/35°C	kW Heizlast	13,6 kW	-	10,2 kW	-	10,3 kW	-	10,3 kW	-	10,3 kW	-
35/28°C	m ² Wohnfläche	394,7 m ²		394,7 m ²		394,7 m ²	24.059 €	394,7 m ²	24.059 €	394,7 m ²	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	2.032 €	1	-	1	-	1	-	1	-
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.251 €	1	3.251 €	1	-	1	-	1	3.251 €
Bohrung WP Sole											
	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	10,3 kW	12.520 €	-	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	10,3 kW	1.996 €
	Summe Heizung, TWE		21.493 €		21.010 €		41.486 €		53.799 €		37.159 €
Art der Nutzung Solarthermie											
solare TWE	m ² Nutzfläche	473,6 m ²	10.221 €	solare TWE	473,6 m ²	10.221 €	keine	keine	keine	keine	-
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	473,6 m ²	-	473,6 m ²	-	473,6 m ²	-	473,6 m ²	-	473,6 m ²	-
	Summe Solarthermie		10.221 €		10.221 €		-	-	-	-	-
Art der Lüftung (Wohngebäude)											
Abluftanlage Wohngebäude											
EFH, ZFH	je Gebäude	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
MFH	je Wohneinheit	6	12.192 €	6	-	6	12.192 €	6	12.192 €	6	12.192 €
ZuAbluftanlage WRG 90 Wohngebäude											
EFH/ZFH	m ² Wohnfläche	394,7 m ²	-	394,7 m ²	-	394,7 m ²	-	394,7 m ²	-	394,7 m ²	-
MFH	m ² Wohnfläche	394,7 m ²	-	394,7 m ²	20.049 €	394,7 m ²	-	394,7 m ²	-	394,7 m ²	-
Lüftungsanlage optimiert (bedarfsgeführt)	je Wohneinheit	6	-	6	-	6	-	6	-	6	-
	Summe Lüftungsanlage Wohngebäude		12.192 €		20.049 €		12.192 €		12.192 €		12.192 €

C 2.7 Mehrfamilienhaus groß, unbeheizter Keller

Tabelle C-40: Energetische Auswertungen MFH groß, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 55 %; H_{T'} 70 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit $f_{p, Strom} = 1,8$)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet					
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 63,1 kWh/(m ² a)	59,9 kWh/(m ² a)	-5%	32,3 kWh/(m ² a)	-49%	24,8 kWh/(m ² a)	-61%	13,0 kWh/(m ² a)	-79%	
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 34.705 kWh/(m ² a)		72%		-7%			-28%	-63%	
Transmissionswärme H _{T'}	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 0,2905 kWh/(m ² a)	0,415 W/(m ² K)	0%	0,289 W/(m ² K)	-1%	-1%	0,289 W/(m ² K)	-1%	0,289 W/(m ² K)	-1%

Energiekenntwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet			
nur Wohngebäude: Nutzenergie Heizung $Q_{h,b}$	125.881 kWh/a	33.809 kWh/a	-73%		102.330 kWh/a	-19%	72.092 kWh/a	-43%
Nutzenergie Warmwasser $Q_{w,b}$	42.643 kWh/a	42.643 kWh/a	0%		42.643 kWh/a	0%	42.643 kWh/a	0%
Endenergie Wärme Q_t , Wärme	217.163 kWh/a	97.864 kWh/a	-55%		46.519 kWh/a	-79%	210.318 kWh/a	-3%
Endenergie Hilfsenergie Q_t , Hilfsenergie	7.182 kWh/a	14.420 kWh/a	101%		6.037 kWh/a	-16%	5.916 kWh/a	-18%
CO ₂ -Emissionen	53.435 kg/a	30.186 kg/a	-44%		28.695 kg/a	-46%	7.857 kg/a	-85%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch	14,0 kg/(m ² a)	7,9 kg/(m ² a)			7,5 kg/(m ² a)		2,1 kg/(m ² a)	
Primärenergiebedarf Q_p	228.134 kWh/a	122.939 kWh/a	-46%		94.599 kWh/a	-59%	49.596 kWh/a	-78%

Tabelle C-41: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit MFH groß, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 55 %; H_T' 70 %, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet			
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		64,1 a		25,9 a	27,6 a			
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		45,60 €/m ²		0 €/m ²	0 €/m ²			
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	44.730 €/a	10.780 €/a	55.510 €/a		6.844 €/a	51.574 €/a	50.247 €/a	
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	21.269 €/a	8.320 €/a	12.948 €/a		7.810 €/a	13.459 €/a	6.345 €/a	14.924 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	1.935 €/a	3.274 €/a	5.209 €/a		-111 €/a	1.824 €/a	345 €/a	2.280 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-67.934 €/a		-73.667 €/a			-66.857 €/a		-67.452 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		5.733 €/a		-1.077 €/a		-482 €/a		
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet			
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		41,1 a		16,4 a	19,6 a			
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		20,80 €/m ²		0 €/m ²	0 €/m ²			
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	44.730 €/a	10.780 €/a	55.510 €/a		6.844 €/a	51.574 €/a	50.247 €/a	
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	26.811 €/a	11.133 €/a	15.677 €/a		12.425 €/a	14.385 €/a	8.773 €/a	18.038 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	1.935 €/a	3.274 €/a	5.209 €/a		-111 €/a	1.824 €/a	345 €/a	2.280 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-73.476 €/a		-76.396 €/a			-67.784 €/a		-70.566 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		2.921 €/a		-5.692 €/a		-2.910 €/a		
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet			
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		71,2 a		34,4 a	25,5 a			
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		49,50 €/m ²		7,40 €/m ²	0 €/m ²			
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	44.730 €/a	10.780 €/a	55.510 €/a		6.844 €/a	51.574 €/a	50.247 €/a	
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	21.209 €/a	7.815 €/a	13.393 €/a		5.860 €/a	15.348 €/a	6.835 €/a	14.374 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	1.935 €/a	3.274 €/a	5.209 €/a		-111 €/a	1.824 €/a	345 €/a	2.280 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-67.874 €/a		-74.113 €/a			-68.747 €/a		-66.902 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		6.239 €/a		873 €/a		-972 €/a		

Tabelle C-42: Merkmale und Kosten MFH groß, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 55 %; H_T' 70 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Investitionsmehrkosten baulich		absolut	spezifisch	absolut	spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		77.010 €	20,2 €/m ²	77.010 €	20,2 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		95.739 €	25,1 €/m ²	167.613 €	44,0 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		10.922 €	2,9 €/m ²	10.922 €	2,9 €/m ²
Energiekostensparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		183.671 €	48,2 €/m ²	255.544 €	67,1 €/m ²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		6.790 €/a	1,78 €/(m ² a)	5.092 €/a	1,34 €/(m ² a)
		2.845 €/a	0,75 €/(m ² a)	-97 €/a	0 €/(m ² a)
Energiekosten	Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger				
Endenergie Strom Normaltarif	0,298 €/kWh	7.182 kWh/a	2.140,2 €/a	14.420 kWh/a	4.297,2 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,248 €/kWh				
Endenergie fossil (Gas)	0,075 €/kWh	217.163 kWh/a	16.287,2 €/a	97.864 kWh/a	7.339,8 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,051 €/kWh	-	-	-	-
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		18.427,4 €/a	-36,8%	11.637,0 €/a	-27,6%

Merkmale und Kosten Bautechnik	Fläche	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
		U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)											
Außenwand	2.197,00 m ²	0,28 W/(m ² K)	384.556 €	0,18 W/(m ² K)	426.980 €	0,18 W/(m ² K)	426.980 €	0,18 W/(m ² K)	426.980 €	0,18 W/(m ² K)	426.980 €
Fenster Fassade	522,00 m ²	1,30 W/(m ² K)	126.324 €	0,95 W/(m ² K)	145.795 €	0,95 W/(m ² K)	145.795 €	0,95 W/(m ² K)	145.795 €	0,95 W/(m ² K)	145.795 €
Außentür	37,00 m ²	1,80 W/(m ² K)	18.352 €	1,80 W/(m ² K)	18.352 €	1,80 W/(m ² K)	18.352 €	1,80 W/(m ² K)	18.352 €	1,80 W/(m ² K)	18.352 €
Schrägdach											
Fenster Dach											
Flachdach	1.001,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	217.922 €	0,20 W/(m ² K)	217.922 €	0,20 W/(m ² K)	217.922 €	0,20 W/(m ² K)	217.922 €	0,20 W/(m ² K)	217.922 €
Kehlbalkendecke											
oberste Geschossdecke											
Kellerdecke	1.001,00 m ²	0,35 W/(m ² K)	130.554 €	0,24 W/(m ² K)	144.043 €	0,24 W/(m ² K)	144.043 €	0,24 W/(m ² K)	144.043 €	0,24 W/(m ² K)	144.043 €
Keller Außenwand											
Keller Innenwand											
Keller Boden an Erdreich											
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K)	0 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €
Hüllfläche:	4.758 m ²										
(Gesamt-)Investionskosten baulich			0 €	877.709 €	Differenz 77.010 €	Kosten 954.719 €		Differenz 77.010 €	Kosten 954.719 €	Differenz 77.010 €	Kosten 954.719 €
Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
	Bezugsgröße	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	12.634 €	GasBW	10.696 €			WP Sole+TWW	63.160 €	Pellet+TWW	68.896 €
	kW thermisch	91,6 kW		71,7 kW				71,7 kW		71,7 kW	
	kW elektrisch	k.A.		k.A.				k.A.		k.A.	
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45				FBH 35/28		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	91,6 kW	104.538 €	71,7 kW	101.834 €			71,7 kW	-	71,7 kW	101.834 €
45/35°C	kW Heizlast	91,6 kW	-	71,7 kW	-			71,7 kW	-	71,7 kW	-
35/28°C	m ² Wohnfläche	3.176,0 m ²	-	3.176,0 m ²	-			3.176,0 m ²	193.609 €	3.176,0 m ²	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	2.032 €	1	2.032 €			1	-	1	-
Schornstein	je Gebäudetyp	5	4.064 €	5	4.064 €			5	-	5	4.064 €
Bohrung WP Sole	kW Heizlast	-	-	-	-			71,7 kW	74.771 €	-	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-			-	-	71,7 kW	13.849 €
	Summe Heizung, TWE		123.267 €		118.626 €				331.540 €		188.642 €
Art der Nutzung Solarthermie		solare TWE		solare TWE				keine		keine	
solare TWE	m ² Nutzfläche	3.811,2 m ²	40.660 €	3.811,2 m ²	40.660 €			3.811,2 m ²	-	3.811,2 m ²	-
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	3.811,2 m ²	-	3.811,2 m ²	-			3.811,2 m ²	-	3.811,2 m ²	-
	Summe Solarthermie		40.660 €		40.660 €						
Art der Lüftung (Wohngebäude)	Abluftanlage			Zu/Abluftanlage optimiert				Abluftanlage		Abluftanlage	
Abluftanlage Wohngebäude											
EFH, ZFH	je Gebäude	1	-	1	-			1	-	1	-
MFH	je Wohneinheit	40	81.280 €	40	-			40	81.280 €	40	81.280 €
ZuAbluftanlage WRG 90 Wohngebäude											
EFH/ZFH	m ² Wohnfläche	3.176,0 m ²	-	3.176,0 m ²	-			3.176,0 m ²	-	3.176,0 m ²	-
MFH	m ² Wohnfläche	3.176,0 m ²	-	3.176,0 m ²	161.341 €			3.176,0 m ²	-	3.176,0 m ²	-
Lüftungsanlage optimiert (bedarfsgeführt)	je Wohneinheit	40	-	40	20.320 €			40	-	40	-
	Summe Lüftungsanlage Wohngebäude		81.280 €		181.661 €				81.280 €		81.280 €

C 3 Wohngebäude, Niveau Q_p 40 %; H_{T'} 55 %

C 3.1 Einfamilienhaus klein, beheizter Keller

Tabelle C-43: Energetische Auswertungen EFH klein, beheizter Keller, Niveau Q_p 40 %; H_{T'} 55 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit f _{p, Strom} = 1,8)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet						
Primärenergiebedarf Q _{p,A}	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 80,1 kWh/(m ² a)	79,3 kWh/(m ² a)	-1%	32,0 kWh/(m ² a)	-60%	32,0 kWh/(m ² a)	-60%	28,7 kWh/(m ² a)	-64%	17,2 kWh/(m ² a)	-78%
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 32.052 kWh/(m ² a)		147%		-0%		-0%		-11%		-46%
Transmissionswärme H _{T'}	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 0,18535 kWh/(m ² a)	0,337 W/(m ² K)	0%	0,173 W/(m ² K)	-7%	0,166 W/(m ² K)	-10%	0,185 W/(m ² K)	-0%	0,185 W/(m ² K)	-0%

Energiekenntwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet				
nur Wohngebäude: Nutzenergie Heizung $Q_{h,b}$	10.774 kWh/a	2.568 kWh/a	-76%	6.118 kWh/a	-43%	7.369 kWh/a	-32%	3.319 kWh/a	-69%
Nutzenergie Warmwasser $Q_{w,b}$	1.646 kWh/a	1.646 kWh/a	0%	1.646 kWh/a	0%	1.646 kWh/a	0%	1.646 kWh/a	0%
Endenergie Wärme $Q_t, \text{Wärme}$	17.356 kWh/a	5.468 kWh/a	-68%	3.675 kWh/a	-79%	3.118 kWh/a	-82%	15.730 kWh/a	-9%
Endenergie Hilfsenergie $Q_t, \text{Hilfsenergie}$	802 kWh/a	1.173 kWh/a	46%	505 kWh/a	-37%	629 kWh/a	-21%	633 kWh/a	-21%
CO ₂ -Emissionen	4.395 kg/a	1.887 kg/a	-57%	2.282 kg/a	-48%	2.046 kg/a	-53%	692 kg/a	-84%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch	18,7 kg/(m ² a)	8,0 kg/(m ² a)		9,7 kg/(m ² a)		8,7 kg/(m ² a)		2,9 kg/(m ² a)	
Primärenergiebedarf Q_p	18.643 kWh/a	7.529 kWh/a	-60%	7.525 kWh/a	-60%	6.745 kWh/a	-64%	4.052 kWh/a	-78%

Tabelle C-44: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit, EFH klein, beheizter Keller, Niveau Q_p 40%; H_t' 55%, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		63,3 a	34,2 a	33,0 a	> 100 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		110,20 €/m ²	16,70 €/m ²	14,40 €/m ²	144,30 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.716 €/a	1.626 €/a	5.341 €/a	854 €/a	4.570 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.768 €/a	935 €/a	834 €/a	697 €/a	1.072 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	164 €/a	392 €/a	-53 €/a	175 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-5.712 €/a	-6.567 €/a	-6.567 €/a	-5.817 €/a	-5.798 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		855 €/a	105 €/a	86 €/a	1.131 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		46,1 a	22,8 a	22,8 a	76,8 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		69,70 €/m ²	0 €/m ²	0 €/m ²	114,40 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.716 €/a	1.626 €/a	5.341 €/a	854 €/a	4.570 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	2.216 €/a	1.222 €/a	994 €/a	1.070 €/a	1.146 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	164 €/a	392 €/a	-53 €/a	175 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-6.159 €/a	-6.727 €/a	-6.727 €/a	-5.891 €/a	-5.864 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		568 €/a	-269 €/a	-295 €/a	920 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		66,3 a	42,5 a	39,0 a	> 100 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		114,60 €/m ²	32,80 €/m ²	28,70 €/m ²	140,00 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.716 €/a	1.626 €/a	5.341 €/a	854 €/a	4.570 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.773 €/a	899 €/a	874 €/a	551 €/a	1.222 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	164 €/a	392 €/a	-53 €/a	175 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-5.717 €/a	-6.607 €/a	-6.607 €/a	-5.967 €/a	-5.934 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		891 €/a	251 €/a	217 €/a	1.093 €/a

Tabelle C-45: Merkmale und Kosten EFH klein, beheizter Keller, Niveau Q_p 40%; H_t' 55%

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Investitionsmehrkosten baulich		absolut	spezifisch	absolut	spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		24.048 €	102,2 €/m ²	27.059 €	115,0 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		10.879 €	46,3 €/m ²	-977 €	-4,2 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		1.016 €	4,3 €/m ²	1.016 €	4,3 €/m ²
Energiekosteneinsparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		35.942 €	152,8 €/m ²	27.098 €	115,2 €/m ²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		781 €/a	3,32 €/(m ² a)	479 €/a	2,03 €/(m ² a)
		142 €/a	0,60 €/(m ² a)	-46 €/a	0,19 €/(m ² a)
Investitionskosten, Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger		absolut	spezifisch	absolut	spezifisch
Endenergie Strom Normaltarif	0,298 €/kWh	802 kWh/a	238,9 €/a	1.173 kWh/a	349,4 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,248 €/kWh	-	-	505 kWh/a	150,4 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,075 €/kWh	17.356 kWh/a	1.301,7 €/a	5.468 kWh/a	410,1 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,051 €/kWh	-	-	-	-
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)			1.540,6 €/a	-50,7%	759,5 €/a
				-31,1%	1.061,9 €/a
				-37,6%	960,8 €/a
				-35,7%	990,9 €/a

Merkmale und Kosten Bautechnik	Fläche	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet		
		U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)												
Außenwand	126,40 m ²	0,28 W/(m ² K)	22.125 €	0,12 W/(m ² K)	27.961 €	0,13 W/(m ² K)	27.254 €	0,15 W/(m ² K)	26.019 €	0,15 W/(m ² K)	26.019 €	
Fenster Fassade	29,50 m ²	1,30 W/(m ² K)	7.139 €	0,80 W/(m ² K)	11.723 €	0,80 W/(m ² K)	11.723 €	0,80 W/(m ² K)	11.723 €	0,80 W/(m ² K)	11.723 €	
Außentür	2,10 m ²	1,80 W/(m ² K)	1.042 €	1,80 W/(m ² K)	1.042 €							
Schrägdach	77,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	12.657 €	0,12 W/(m ² K)	15.857 €	0,10 W/(m ² K)	17.032 €	0,10 W/(m ² K)	17.032 €	0,10 W/(m ² K)	17.032 €	
Fenster Dach												
Flachdach												
Kehlbalkendecke	41,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	6.740 €	0,15 W/(m ² K)	7.668 €	0,12 W/(m ² K)	8.443 €	0,13 W/(m ² K)	8.164 €	0,13 W/(m ² K)	8.164 €	
oberste Geschossdecke												
Kellerdecke												
Keller Außenwand	98,00 m ²	0,35 W/(m ² K)	12.782 €	0,15 W/(m ² K)	16.704 €	0,13 W/(m ² K)	17.585 €	0,19 W/(m ² K)	15.305 €	0,19 W/(m ² K)	15.305 €	
Keller Innenwand												
Keller Boden an Erdreich	98,70 m ²	0,35 W/(m ² K)	12.873 €	0,15 W/(m ² K)	16.823 €	0,13 W/(m ² K)	17.711 €	0,19 W/(m ² K)	15.415 €	0,19 W/(m ² K)	15.415 €	
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K)	0 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	
Hüllfläche:	473 m ²		Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	
(Gesamt-)Investionskosten baulich		0 €	75.357 €		24.048 €	99.405 €		27.059 €	102.416 €		20.969 €	96.326 €
Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet		
	Bezugsgröße	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	
Erzeuger												
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	3.747 €	GasBW	3.678 €	WP Luft+TWW	10.303 €	WP Sole+TWW	13.456 €	Pellet+TWW	19.342 €	
	kW thermisch	7,2 kW		4,6 kW		4,7 kW		4,9 kW		4,9 kW		
	kW elektrisch	k.A.		k.A.		k.A.		k.A.		k.A.		
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45		FBH 35/28		FBH 35/28		HK 55/45		
55/45°C	kW Heizlast	7,2 kW	6.190 €	4,6 kW	5.918 €	4,7 kW	-	4,9 kW	-	4,9 kW	5.952 €	
45/35°C	kW Heizlast	7,2 kW	-	4,6 kW	-	4,7 kW	-	4,9 kW	-	4,9 kW	-	
35/28°C	m ² Wohnfläche	174,2 m ²	-	174,2 m ²	-	174,2 m ²	10.621 €	174,2 m ²	10.621 €	174,2 m ²	-	
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	2.032 €	1	-	1	-	1	-	1	-	
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.251 €	1	3.251 €	1	-	1	-	1	3.251 €	
Bohrung WP Sole												
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	4,9 kW	6.459 €	-	-	
	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	4,9 kW	954 €	
	Summe Heizung, TWE		15.220 €		14.879 €		20.924 €		30.536 €		29.499 €	
Art der Nutzung Solarthermie												
solare TWE	m ² Nutzfläche	235,2 m ²	7.188 €	solare TWE und HU	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	235,2 m ²	-	235,2 m ²	-							
	Summe Solarthermie		7.188 €		10.421 €		10.421 €		235,2 m ²		235,2 m ²	
Art der Lüftung (Wohngebäude)												
Abluftanlage Wohngebäude												
EFH, ZFH	je Gebäude	1	2.540 €	1	-	1	2.540 €	1	2.540 €	1	2.540 €	
MFH	je Wohneinheit	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	
ZuAbluftanlage WRG 90 Wohngebäude												
EFH/ZFH	m ² Wohnfläche	174,2 m ²	-	174,2 m ²	10.019 €	174,2 m ²	-	174,2 m ²	-	174,2 m ²	-	
MFH	m ² Wohnfläche	174,2 m ²	-	174,2 m ²	-							
Lüftungsanlage optimiert (bedarfsgeführt)	je Wohneinheit	1	-	1	508 €	1	508 €	1	-	1	-	
	Summe Lüftungsanlage Wohngebäude		2.540 €		10.527 €		3.048 €		2.540 €		2.540 €	

C 3.2 Einfamilienhaus klein, unbeheizter Keller

Tabelle C-46: Energetische Auswertungen EFH klein, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 40 %; H_{T'} 55 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit $f_{p, Strom} = 1,8$)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet						
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 96 kWh/(m ² a)	-0%	38,9 kWh/(m ² a)	-59%	36,3 kWh/(m ² a)	-62%	34,1 kWh/(m ² a)	-64%	23,2 kWh/(m ² a)	-76%	
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 38,412 kWh/(m ² a)	149%	1%	-6%	-11%	-11%	-11%	-11%	-40%	-40%	
Transmissionswärme H _{T'}	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 0,19965 kWh/(m ² a)	0,363 W/(m ² K)	0%	0,177 W/(m ² K)	-11%	0,200 W/(m ² K)	0%	0,200 W/(m ² K)	0%	0,200 W/(m ² K)	0%

Energiekenntwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet				
nur Wohngebäude: Nutzenergie Heizung $Q_{h,b}$	8.180 kWh/a	1.937 kWh/a	-76%	2.828 kWh/a	-65%	5.145 kWh/a	-37%	2.626 kWh/a	-68%
Nutzenergie Warmwasser $Q_{w,b}$	1.346 kWh/a	1.346 kWh/a	0%	1.346 kWh/a	0%	1.346 kWh/a	0%	1.346 kWh/a	0%
Endenergie Wärme Q_t , Wärme	13.173 kWh/a	4.269 kWh/a	-68%	2.287 kWh/a	-83%	2.347 kWh/a	-82%	13.458 kWh/a	2%
Endenergie Hilfsenergie Q_t , Hilfsenergie	650 kWh/a	867 kWh/a	33%	711 kWh/a	10%	475 kWh/a	-27%	534 kWh/a	-18%
CO ₂ -Emissionen	3.358 kg/a	1.447 kg/a	-57%	1.637 kg/a	-51%	1.541 kg/a	-54%	588 kg/a	-83%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch	22,6 kg/(m ² a)	9,7 kg/(m ² a)		11,0 kg/(m ² a)		10,4 kg/(m ² a)		3,9 kg/(m ² a)	
Primärenergiebedarf Q_p	14.224 kWh/a	5.792 kWh/a	-59%	5.397 kWh/a	-62%	5.081 kWh/a	-64%	3.453 kWh/a	-76%

Tabelle C-47: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit, EFH klein, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 40%; H_{T'} 55%, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		68,5 a Anf. n. erf.!	43,5 a	31,1 a	> 100 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N		144,80 €/m ²	46,70 €/m ²	9,20 €/m ²	261,70 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.237 €/a	1.266 €/a	4.503 €/a	697 €/a	3.934 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.355 €/a	718 €/a	636 €/a	568 €/a	786 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	164 €/a	392 €/a	88 €/a	316 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-4.819 €/a		-5.531 €/a		-5.036 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		712 €/a		217 €/a	
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		49,3 a Anf. n. erf.!	27,3 a	21,8 a	> 100 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N		97,20 €/m ²	0 €/m ²	0 €/m ²	231,70 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.237 €/a	1.266 €/a	4.503 €/a	697 €/a	3.934 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.695 €/a	935 €/a	760 €/a	855 €/a	841 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	164 €/a	392 €/a	88 €/a	316 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-5.160 €/a		-5.655 €/a		-5.090 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		495 €/a		-70 €/a	
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		71,6 a Anf. n. erf.!	55,7 a	36,3 a	> 100 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N		149,50 €/m ²	65,70 €/m ²	25,90 €/m ²	255,10 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.237 €/a	1.266 €/a	4.503 €/a	697 €/a	3.934 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.360 €/a	694 €/a	666 €/a	463 €/a	897 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	164 €/a	392 €/a	88 €/a	316 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-4.824 €/a		-5.561 €/a		-5.146 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		736 €/a		322 €/a	

Tabelle C-48: Merkmale und Kosten EFH klein, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 40%; H_{T'} 55 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Investitionsmehrkosten baulich		absolut spezifisch	absolut spezifisch	absolut spezifisch	absolut spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		23.480 € 157,8 €/m ²	17.297 € 116,2 €/m ²	17.297 € 116,2 €/m ²	17.297 € 116,2 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		6.259 € 42,1 €/m ²	-1.219 € -8,2 €/m ²	3.824 € 25,7 €/m ²	8.090 € 54,4 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		1.016 € 6,8 €/m ²	1.016 € 6,8 €/m ²	1.016 € 6,8 €/m ²	1.016 € 6,8 €/m ²
Energiekosteneinsparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		30.755 € 206,7 €/m ²	17.094 € 114,9 €/m ²	22.137 € 148,8 €/m ²	26.403 € 177,4 €/m ²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		603 €/a 4,05 €/(m ² a)	402 €/a 2,70 €/(m ² a)	458 €/a 3,08 €/(m ² a)	336 €/a 2,26 €/(m ² a)
Energiekosten	Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger	142 €/a 0,96 €/(m ² a)	76 €/a 0,5121 €/(m ² a)	-46 €/a 0 €/(m ² a)	188 €/a 1,26 €/(m ² a)
Endenergie Strom Normaltarif	0,298 €/kWh	650 kWh/a 193,6 €/a	867 kWh/a 258,4 €/a	711 kWh/a 212,0 €/a	475 kWh/a 141,6 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,248 €/kWh	-	-	2.287 kWh/a 567,2 €/a	2.347 kWh/a 582,1 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,075 €/kWh	13.173 kWh/a 988,0 €/a	4.269 kWh/a 320,2 €/a	-	-
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,051 €/kWh	-	-	-	13.458 kWh/a 686,4 €/a
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		1.181,6 €/a	-51,0%	578,6 €/a	-34,1%
				779,2 €/a	-38,7%
				723,7 €/a	-28,5%
					845,4 €/a

Merkmale und Kosten Bautechnik	Fläche	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
		U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)											
Außenwand	123,40 m ²	0,28 W/(m ² K)	21.600 €	0,12 W/(m ² K)	27.298 €	0,14 W/(m ² K)	25.976 €	0,14 W/(m ² K)	25.976 €	0,14 W/(m ² K)	25.976 €
Fenster Fassade	26,50 m ²	1,30 W/(m ² K)	6.413 €	0,80 W/(m ² K)	10.531 €	0,95 W/(m ² K)	7.401 €	0,95 W/(m ² K)	7.401 €	0,95 W/(m ² K)	7.401 €
Außentür	2,10 m ²	1,80 W/(m ² K)	1.042 €	1,80 W/(m ² K)	1.042 €	1,80 W/(m ² K)	1.042 €	1,80 W/(m ² K)	1.042 €	1,80 W/(m ² K)	1.042 €
Schrägdach	77,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	12.657 €	0,10 W/(m ² K)	17.032 €	0,11 W/(m ² K)	16.422 €	0,11 W/(m ² K)	16.422 €	0,11 W/(m ² K)	16.422 €
Fenster Dach											
Flachdach											
Kehlbalkendecke	41,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	6.740 €	0,10 W/(m ² K)	9.069 €	0,12 W/(m ² K)	8.443 €	0,12 W/(m ² K)	8.443 €	0,12 W/(m ² K)	8.443 €
oberste Geschossdecke											
Kellerdecke											
Keller Außenwand											
Keller Innenwand											
Keller Boden an Erdreich	98,70 m ²	0,35 W/(m ² K)	12.873 €	0,12 W/(m ² K)	18.207 €	0,13 W/(m ² K)	17.711 €	0,13 W/(m ² K)	17.711 €	0,13 W/(m ² K)	17.711 €
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K)	0 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €
Hüllfläche:	369 m ²	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz
(Gesamt-)Investionskosten baulich		0 €	61.324 €	23.480 €	84.804 €	17.297 €	78.621 €	17.297 €	78.621 €	17.297 €	78.621 €
Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
	Bezugsgröße	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	3.711 €	GasBW	3.653 €	WP Luft+TWW	9.254 €	WP Sole+TWW	12.759 €	Pellet+TWW	19.222 €
	kW thermisch	5,9 kW		3,7 kW		3,9 kW		3,9 kW		3,9 kW	
	kW elektrisch	k.A.		k.A.		k.A.		k.A.		k.A.	
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45		FBH 35/28		FBH 35/28		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	5,9 kW	6.048 €	3,7 kW	5.818 €	3,9 kW	-	3,9 kW	-	3,9 kW	5.847 €
45/35°C	kW Heizlast	5,9 kW	-	3,7 kW	-	3,9 kW	-	3,9 kW	-	3,9 kW	-
35/28°C	m ² Wohnfläche	110,2 m ²		110,2 m ²		110,2 m ²	6.719 €	110,2 m ²	6.719 €	110,2 m ²	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	2.032 €	1	-	1	-	1	-	1	-
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.251 €	1	3.251 €	1	-	1	-	1	3.251 €
Bohrung WP Sole											
	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	3,9 kW	5.337 €	-	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	3,9 kW	761 €
	Summe Heizung, TWE	15.042 €		14.753 €		15.974 €		24.815 €		24.815 €	29.081 €
Art der Nutzung Solarthermie											
solare TWE	m ² Nutzfläche	148,8 m ²	5.949 €	solare TWE und HU	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	148,8 m ²	-	148,8 m ²	148,8 m ²	148,8 m ²	-	148,8 m ²	-	148,8 m ²	-
	Summe Solarthermie		5.949 €		8.190 €	8.190 €		148,8 m ²	-	148,8 m ²	-
Art der Lüftung (Wohngebäude)	Abluftanlage			Zu/Abluftanlage optimiert		Zu/Abluftanlage		Abluftanlage		Abluftanlage	
Abluftanlage Wohngebäude											
EFH, ZFH	je Gebäude	1	2.540 €	1	-	1	-	1	2.540 €	1	2.540 €
MFH	je Wohneinheit	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
ZuAbluftanlage WRG 90 Wohngebäude											
EFH/ZFH	m ² Wohnfläche	110,2 m ²	-	110,2 m ²	6.338 €	110,2 m ²	6.338 €	110,2 m ²	-	110,2 m ²	-
MFH	m ² Wohnfläche	110,2 m ²	-	110,2 m ²	-	110,2 m ²	-	110,2 m ²	-	110,2 m ²	-
Lüftungsanlage optimiert (bedarfsgeführt)	je Wohneinheit	1	-	1	508 €	1	-	1	-	1	-
	Summe Lüftungsanlage Wohngebäude		2.540 €		6.846 €		6.338 €		2.540 €		2.540 €

C 3.3 Einfamilienhaus groß, beheizter Keller

Tabelle C-49: Energetische Auswertungen EFH groß, beheizter Keller, Niveau Q_p 40 %; H_{T'} 55 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit $f_{p, Strom} = 1,8$)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet		
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 71,9 kWh/(m ² a)	-1%	28,8 kWh/(m ² a)	-60%	28,8 kWh/(m ² a)	-60%	
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 28,772 kWh/(m ² a)	147%	-0%	-0%	-11%	-48%	
Transmissionswärme H _{T'}	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 0,19965 kWh/(m ² a)	0,363 W/(m ² K)	0%	0,180 W/(m ² K)	-10%	0,175 W/(m ² K)	-12%
				0,199 W/(m ² K)	-0%	0,199 W/(m ² K)	-0%

Energiekenntwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet				
nur Wohngebäude: Nutzenergie Heizung $Q_{h,b}$	16.774 kWh/a	3.820 kWh/a	-77%	9.832 kWh/a	-41%	11.767 kWh/a	-30%	6.153 kWh/a	-63%
Nutzenergie Warmwasser $Q_{w,b}$	2.849 kWh/a	2.849 kWh/a	0%	2.849 kWh/a	0%	2.849 kWh/a	0%	2.849 kWh/a	0%
Endenergie Wärme $Q_t, \text{Wärme}$	27.079 kWh/a	8.579 kWh/a	-68%	5.781 kWh/a	-79%	4.883 kWh/a	-82%	24.291 kWh/a	-10%
Endenergie Hilfsenergie $Q_t, \text{Hilfsenergie}$	1.136 kWh/a	1.778 kWh/a	57%	722 kWh/a	-36%	882 kWh/a	-22%	869 kWh/a	-23%
CO ₂ -Emissionen	6.794 kg/a	2.927 kg/a	-57%	3.551 kg/a	-48%	3.148 kg/a	-54%	1.009 kg/a	-85%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch	16,7 kg/(m ² a)	7,2 kg/(m ² a)		8,7 kg/(m ² a)		7,7 kg/(m ² a)		2,5 kg/(m ² a)	
Primärenergiebedarf Q_p	28.881 kWh/a	11.703 kWh/a	-59%	11.706 kWh/a	-59%	10.377 kWh/a	-64%	6.063 kWh/a	-79%

Tabelle C-50: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit, EFH groß, beheizter Keller, Niveau Q_p 40%; H_T' 55%, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		64,1 a	37,9 a	28,8 a	66,0 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		107,70 €/m ²	24,50 €/m ²	0 €/m ²	64,50 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	5.172 €/a	2.717 €/a	7.889 €/a	6.577 €/a	6.411 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	2.724 €/a	1.435 €/a	1.290 €/a	1.060 €/a	1.237 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	164 €/a	392 €/a	-53 €/a	175 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-8.125 €/a		-9.571 €/a	-8.417 €/a	-8.074 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		1.446 €/a	292 €/a	-51 €/a	875 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		47,5 a	24,9 a	19,7 a	45,3 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		70,90 €/m ²	0 €/m ²	0 €/m ²	36,20 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	5.172 €/a	2.717 €/a	7.889 €/a	6.577 €/a	6.411 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	3.421 €/a	1.881 €/a	1.540 €/a	1.642 €/a	1.831 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	164 €/a	392 €/a	-53 €/a	175 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-8.821 €/a		-9.821 €/a	-8.531 €/a	-8.176 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		1.000 €/a	-290 €/a	-644 €/a	542 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		67,2 a	47,8 a	34,3 a	61,1 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		111,80 €/m ²	39,20 €/m ²	12,30 €/m ²	60,80 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	5.172 €/a	2.717 €/a	7.889 €/a	6.577 €/a	6.411 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	2.727 €/a	1.377 €/a	1.351 €/a	829 €/a	1.031 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	164 €/a	392 €/a	-53 €/a	175 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-8.128 €/a		-9.632 €/a	-8.650 €/a	-8.283 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		1.504 €/a	523 €/a	155 €/a	816 €/a

Tabelle C-51: Merkmale und Kosten EFH groß, beheizter Keller, Niveau Q_p 40%; H_T' 55 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Investitionsmehrkosten baulich		absolut	spezifisch	absolut	spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		35.946 €	88,3 €/m ²	39.192 €	96,3 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		19.690 €	48,4 €/m ²	3.180 €	7,8 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		1.016 €	2,5 €/m ²	1.016 €	2,5 €/m ²
Energiekosteneinsparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		56.653 €	139,2 €/m ²	43.388 €	106,6 €/m ²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		1.196 €/a	2,94 €/(m ² a)	721 €/a	1,77 €/(m ² a)
		142 €/a	0,35 €/(m ² a)	-46 €/a	0,11 €/(m ² a)
Energiekosten	Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger				
Endenergie Strom Normaltarif	0,298 €/kWh	1.136 kWh/a	338,6 €/a	1.778 kWh/a	530,0 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,248 €/kWh	-	-	722 kWh/a	215,3 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,075 €/kWh	27.079 kWh/a	2.031,0 €/a	8.579 kWh/a	643,4 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,051 €/kWh	-	-	-	-
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		2.369,5 €/a	-50,5%	1.173,4 €/a	-30,4%
				1.648,9 €/a	-37,8%
				1.473,8 €/a	-36,8%
					1.497,9 €/a

Merkmale und Kosten Bautechnik	Fläche	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
		U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)											
Außenwand	248,60 m ²	0,28 W/(m ² K)	43.514 €	0,12 W/(m ² K)	54.994 €	0,12 W/(m ² K)	54.994 €	0,13 W/(m ² K)	53.602 €	0,13 W/(m ² K)	53.602 €
Fenster Fassade	53,30 m ²	1,30 W/(m ² K)	12.899 €	0,80 W/(m ² K)	21.181 €	0,80 W/(m ² K)	21.181 €	0,95 W/(m ² K)	14.887 €	0,95 W/(m ² K)	14.887 €
Außentür	2,10 m ²	1,80 W/(m ² K)	1.042 €	1,80 W/(m^{2}K)	1.042 €	1,80 W/(m^{2}K)	1.042 €	1,80 W/(m^{2}K)	1.042 €	1,80 W/(m^{2}K)	1.042 €
Schrägdach	56,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	9.205 €	0,11 W/(m ² K)	11.944 €	0,10 W/(m ² K)	12.387 €	0,12 W/(m ² K)	11.532 €	0,12 W/(m ² K)	11.532 €
Fenster Dach											
Flachdach											
Kehlbalkendecke											
oberste Geschossdecke	58,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	10.263 €	0,12 W/(m ² K)	11.935 €	0,10 W/(m ² K)	12.522 €	0,14 W/(m ² K)	11.423 €	0,14 W/(m ² K)	11.423 €
Kellerdecke											
Keller Außenwand	103,80 m ²	0,35 W/(m ² K)	13.538 €	0,14 W/(m ² K)	18.142 €	0,12 W/(m ² K)	19.147 €	0,14 W/(m ² K)	18.142 €	0,14 W/(m ² K)	18.142 €
Keller Innenwand											
Keller Boden an Erdreich	125,00 m ²	0,35 W/(m ² K)	16.303 €	0,14 W/(m ² K)	21.847 €	0,12 W/(m ² K)	23.058 €	0,14 W/(m ² K)	21.847 €	0,14 W/(m ² K)	21.847 €
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K)	0 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €
Hüllfläche:	647 m ²		Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten
(Gesamt-)Investionskosten baulich		0 €	106.764 €	35.946 €	142.710 €	39.192 €	145.956 €	27.336 €	134.100 €	27.336 €	134.100 €
Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
	Bezugsgröße	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	3.860 €	GasBW	3.745 €	WP Luft+TWW	13.362 €	WP Sole+TWW	15.268 €	Pellet+TWW	19.654 €
	kW thermisch	11,5 kW		7,1 kW		7,0 kW		7,5 kW		7,5 kW	
	kW elektrisch	k.A.		k.A.		k.A.		k.A.		k.A.	
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45		FBH 35/28		FBH 35/28		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	11,5 kW	10.105 €	7,1 kW	9.593 €	7,0 kW	-	7,5 kW	-	7,5 kW	9.640 €
45/35°C	kW Heizlast	11,5 kW	-	7,1 kW	-	7,0 kW	-	7,5 kW	-	7,5 kW	-
35/28°C	m ² Wohnfläche	301,5 m ²	-	301,5 m ²	-	301,5 m ²	18.378 €	301,5 m ²	18.378 €	301,5 m ²	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	2.032 €	1	-	1	-	1	-	1	-
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.658 €	1	3.658 €	1	-	1	-	1	3.658 €
Bohrung WP Sole	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	7,5 kW	9.377 €	-	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	7,5 kW	1.456 €
	Summe Heizung, TWE	19.655 €		19.027 €		31.740 €		43.024 €		43.024 €	34.407 €
Art der Nutzung Solarthermie											
solare TWE	m ² Nutzfläche	407,0 m ²	9.414 €	solare TWE und HU	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	407,0 m ²	-	407,0 m^{2}	-	407,0 m^{2}	-	407,0 m^{2}	-	407,0 m^{2}	-
	Summe Solarthermie	9.414 €		14.427 €		14.427 €		14.427 €		14.427 €	
Art der Lüftung (Wohngebäude)											
Abluftanlage Wohngebäude											
EFH, ZFH	je Gebäude	1	2.540 €	1	-	1	2.540 €	1	2.540 €	1	2.540 €
MFH	je Wohneinheit	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
ZuAbluftanlage WRG 90 Wohngebäude	m ² Wohnfläche	301,5 m ²	-	301,5 m ²	17.337 €	301,5 m ²	-	301,5 m ²	-	301,5 m ²	-
MFH	m ² Wohnfläche	301,5 m ²	-	301,5 m^{2}	-	301,5 m^{2}	-	301,5 m^{2}	-	301,5 m^{2}	-
Lüftungsanlage optimiert (bedarfsgeführt)	je Wohneinheit	1	-	1	508 €	1	508 €	1	508 €	1	-
	Summe Lüftungsanlage Wohngebäude	2.540 €		17.845 €		3.048 €		2.540 €		2.540 €	2.540 €

C 3.4 Doppelhaushälften Süd, unbeheizter Keller

Tabelle C-52: Energetische Auswertungen DHH Süd, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 40 %; H_{T'} 55 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit $f_{p, Strom} = 1,8$)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet						
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 77 kWh/(m ² a)	-1%	30,8 kWh/(m ² a)	-60%	30,3 kWh/(m ² a)	-61%	29,2 kWh/(m ² a)	-62%	20,0 kWh/(m ² a)	-74%	
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 30,808 kWh/(m ² a)	148%	0%	-2%	-5%	-5%	-5%	-5%	-5%	-35%	
Transmissionswärme H _{T'}	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 0,2068 kWh/(m ² a)	0,375 W/(m ² K)	0%	0,181 W/(m ² K)	-12%	0,206 W/(m ² K)	-0%	0,206 W/(m ² K)	-0%	0,206 W/(m ² K)	-0%

Energiekenntwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet				
nur Wohngebäude: Nutzenergie Heizung $Q_{h,b}$	6.774 kWh/a	1.273 kWh/a	-81%	1.972 kWh/a	-71%	4.359 kWh/a	-36%	1.983 kWh/a	-71%
Nutzenergie Warmwasser $Q_{w,b}$	1.387 kWh/a	1.387 kWh/a	0%	1.387 kWh/a	0%	1.387 kWh/a	0%	1.387 kWh/a	0%
Endenergie Wärme $Q_t, \text{Wärme}$	11.581 kWh/a	3.491 kWh/a	-70%	2.051 kWh/a	-82%	2.230 kWh/a	-81%	12.654 kWh/a	9%
Endenergie Hilfsenergie $Q_t, \text{Hilfenergie}$	647 kWh/a	912 kWh/a	41%	732 kWh/a	13%	457 kWh/a	-29%	532 kWh/a	-18%
CO ₂ -Emissionen	2.993 kg/a	1.294 kg/a	-57%	1.520 kg/a	-49%	1.467 kg/a	-51%	569 kg/a	-81%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch	18,1 kg/(m ² a)	7,8 kg/(m ² a)		9,2 kg/(m ² a)		8,9 kg/(m ² a)		3,4 kg/(m ² a)	
Primärenergiebedarf Q_p	12.640 kWh/a	5.102 kWh/a	-60%	5.010 kWh/a	-60%	4.835 kWh/a	-62%	3.301 kWh/a	-74%

Tabelle C-53: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit, DHH Süd, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 40%; H_{T'} 55%, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		79,5 a Anf. n. erf.!	62,2 a	40,4 a	> 100 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N		141,00 €/m ²	78,50 €/m ²	39,00 €/m ²	262,70 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.029 €/a	1.240 €/a	4.269 €/a	3.843 €/a	3.798 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.213 €/a	632 €/a	582 €/a	734 €/a	695 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	164 €/a	392 €/a	316 €/a	175 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-4.471 €/a		-5.243 €/a	-4.892 €/a	-4.669 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		772 €/a	421 €/a	198 €/a	1.448 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		56,1 a Anf. n. erf.!	38,0 a	28,0 a	> 100 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N		102,80 €/m ²	33,30 €/m ²	0 €/m ²	241,70 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.029 €/a	1.240 €/a	4.269 €/a	3.843 €/a	3.798 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.514 €/a	827 €/a	687 €/a	784 €/a	743 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	164 €/a	392 €/a	316 €/a	175 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-4.772 €/a		-5.348 €/a	-4.942 €/a	-4.717 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		577 €/a	171 €/a	-55 €/a	1.338 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		83,9 a Anf. n. erf.!	82,1 a	47,9 a	> 100 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N		145,30 €/m ²	94,20 €/m ²	53,10 €/m ²	256,70 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.029 €/a	1.240 €/a	4.269 €/a	3.843 €/a	3.798 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.221 €/a	607 €/a	614 €/a	837 €/a	793 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	164 €/a	392 €/a	316 €/a	175 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-4.479 €/a		-5.275 €/a	-4.995 €/a	-4.767 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		797 €/a	516 €/a	288 €/a	1.414 €/a

Tabelle C-54: Merkmale und Kosten DHH Süd, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 40%; H_{T'} 55%

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Investitionsmehrkosten baulich		absolut spezifisch	absolut spezifisch	absolut spezifisch	absolut spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		20.618 € 124,7 €/m ²	18.924 € 114,4 €/m ²	18.924 € 114,4 €/m ²	18.924 € 114,4 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		7.209 € 43,6 €/m ²	-299 € -1,8 €/m ²	3.928 € 23,7 €/m ²	7.809 € 47,2 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		1.016 € 6,1 €/m ²	1.016 € 6,1 €/m ²	1.016 € 6,1 €/m ²	1.016 € 6,1 €/m ²
Energiekosteneinsparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		28.843 € 174,4 €/m ²	19.641 € 118,7 €/m ²	23.868 € 144,3 €/m ²	27.749 € 167,8 €/m ²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		528 €/a 3,19 €/(m ² a)	334 €/a 2,02 €/(m ² a)	372 €/a 2,25 €/(m ² a)	257 €/a 1,56 €/(m ² a)
Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger		142 €/a 0,86 €/(m ² a)	76 €/a 0,4607 €/(m ² a)	-46 €/a 0 €/(m ² a)	188 €/a 1,14 €/(m ² a)
Endenergie Strom Normaltarif	0,298 €/kWh	647 kWh/a 192,7 €/a	912 kWh/a 271,9 €/a	732 kWh/a 218,2 €/a	457 kWh/a 136,1 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,248 €/kWh	-	-	2.051 kWh/a 508,6 €/a	2.230 kWh/a 552,9 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,075 €/kWh	11.581 kWh/a 868,6 €/a	3.491 kWh/a 261,8 €/a	-	-
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,051 €/kWh	-	-	-	12.654 kWh/a 645,4 €/a
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		1.061,2 €/a	-49,7%	533,7 €/a	-31,5%
				726,8 €/a	-35,1%
				689,0 €/a	-24,3%
				803,8 €/a	

Merkmale und Kosten Bautechnik	Fläche	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
		U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)											
Außenwand	96,20 m ²	0,28 W/(m ² K)	16.839 €	0,12 W/(m ² K)	21.281 €	0,13 W/(m ² K)	20.742 €	0,13 W/(m ² K)	20.742 €	0,13 W/(m ² K)	20.742 €
Fenster Fassade	21,70 m ²	1,30 W/(m ² K)	5.251 €	0,80 W/(m ² K)	8.624 €	0,95 W/(m ² K)	8.624 €	0,95 W/(m ² K)	8.624 €	0,95 W/(m ² K)	8.624 €
Außentür	2,10 m ²	1,80 W/(m ² K)	1.042 €	1,30 W/(m ² K)	650 €	1,80 W/(m ² K)	1.042 €	1,80 W/(m ² K)	1.042 €	1,80 W/(m ² K)	1.042 €
Schrägdach	74,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	12.164 €	0,10 W/(m ² K)	16.369 €	0,10 W/(m ² K)	16.369 €	0,10 W/(m ² K)	16.369 €	0,10 W/(m ² K)	16.369 €
Fenster Dach	2,70 m ²	1,20 W/(m ² K)	1.029 €	0,80 W/(m ² K)	2.022 €	1,00 W/(m ² K)	1.757 €	1,00 W/(m ² K)	1.757 €	1,00 W/(m ² K)	1.757 €
Flachdach											
Kehlbalkendecke											
oberste Geschossdecke	45,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	7.963 €	0,10 W/(m ² K)	9.715 €	0,12 W/(m ² K)	9.260 €	0,12 W/(m ² K)	9.260 €	0,12 W/(m ² K)	9.260 €
Kellerdecke	85,50 m ²	0,35 W/(m ² K)	11.151 €	0,12 W/(m ² K)	15.772 €	0,14 W/(m ² K)	14.943 €	0,14 W/(m ² K)	14.943 €	0,14 W/(m ² K)	14.943 €
Keller Außenwand											
Keller Innenwand											
Keller Boden an Erdreich											
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K)	0 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €
(Gesamt-)Investionskosten baulich	Hüllfläche:	327 m ²	0 €	Differenz Kosten	20.618 €	76.057 €	Differenz Kosten	18.924 €	74.363 €	Differenz Kosten	18.924 €
			55.439 €								74.363 €

Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
		Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	3.696 €	GasBW	3.647 €	WP Luft+TWW	8.891 €	WP Sole+TWW	12.578 €	Pellet+TWW	19.191 €
	kW thermisch	5,3 kW		3,4 kW		3,7 kW		3,7 kW		3,7 kW	
	kW elektrisch	k.A.		k.A.		k.A.		k.A.		k.A.	
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45		FBH 35/28		FBH 35/28		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	5,3 kW	5.988 €	3,4 kW	5.794 €	3,7 kW	-	3,7 kW	-	3,7 kW	5.820 €
45/35°C	kW Heizlast	5,3 kW	-	3,4 kW	-	3,7 kW	-	3,7 kW	-	3,7 kW	-
35/28°C	m ² Wohnfläche	122,5 m ²	-	122,5 m ²	-	122,5 m ²	7.469 €	122,5 m ²	7.469 €	122,5 m ²	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	2.032 €	1	-	1	-	1	-	1	-
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.251 €	1	3.251 €	1	-	1	-	1	3.251 €
Bohrung WP Sole	kW Heizlast	-	-	-	-	-	3,7 kW	5.045 €	-	-	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	3,7 kW	710 €
	Summe Heizung, TWE		14.967 €		14.723 €		16.359 €		25.091 €		28.972 €
Art der Nutzung Solarthermie											
solare TWE	m ² Nutzfläche	165,4 m ²	6.197 €	solare TWE und HU	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	165,4 m ²	-	165,4 m^{2}	-	165,4 m^{2}	-	165,4 m^{2}	-	165,4 m^{2}	-
	Summe Solarthermie		6.197 €		8.636 €		8.636 €				
Art der Lüftung (Wohngebäude)											
Abluftanlage											
Abluftanlage Wohngebäude											
EFH, ZFH	je Gebäude	1	2.540 €	1	-	1	-	1	2.540 €	1	2.540 €
MFH	je Wohneinheit	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
ZuAbluftanlage WRG 90 Wohngebäude	m ² Wohnfläche	122,5 m ²	-	122,5 m ²	7.046 €	122,5 m ²	7.046 €	122,5 m ²	-	122,5 m ²	-
MFH	m ² Wohnfläche	122,5 m ²	-	122,5 m^{2}	-	122,5 m^{2}	-	122,5 m^{2}	-	122,5 m^{2}	-
Lüftungsanlage optimiert (bedarfsgeführt)	je Wohneinheit	1	-	1	508 €	1	-	1	-	1	-
	Summe Lüftungsanlage Wohngebäude		2.540 €		7.554 €		7.046 €		2.540 €		2.540 €

C 3.5 Reihenmittelhaus, beheizter Keller

Tabelle C-55: Energetische Auswertungen RMH, beheizter Keller, Niveau Q_p 40 %; H_{T'} 55 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit $f_{p, Strom} = 1,8$)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet					
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 56,3 kWh/(m ² a)	-1%	24,4 kWh/(m ² a)	-57%	23,3 kWh/(m ² a)	-59%	22,3 kWh/(m ² a)	-60%	14,6 kWh/(m ² a)	-74%
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 22,528 kWh/(m ² a)	147%	8%	3%	-1%	-35%				
Transmissionswärme H _{T'}	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 0,1925 kWh/(m ² a)	0,349 W/(m ² K)	0%	0,178 W/(m ² K)	-8%	0,178 W/(m ² K)	-8%	0,193 W/(m ² K)	0%	0,193 W/(m ² K)

Energiekenntwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet				
nur Wohngebäude: Nutzenergie Heizung $Q_{h,b}$	7.197 kWh/a	1.257 kWh/a	-83%	1.683 kWh/a	-77%	1.943 kWh/a	-73%	1.908 kWh/a	-73%
Nutzenergie Warmwasser $Q_{w,b}$	1.835 kWh/a	1.835 kWh/a	0%	1.835 kWh/a	0%	1.835 kWh/a	0%	1.835 kWh/a	0%
Endenergie Wärme $Q_t, \text{Wärme}$	13.331 kWh/a	4.187 kWh/a	-69%	2.445 kWh/a	-82%	2.151 kWh/a	-84%	14.613 kWh/a	10%
Endenergie Hilfsenergie $Q_t, \text{Hilfenergie}$	779 kWh/a	1.248 kWh/a	60%	944 kWh/a	21%	1.098 kWh/a	41%	622 kWh/a	-20%
CO ₂ -Emissionen	3.465 kg/a	1.636 kg/a	-53%	1.851 kg/a	-47%	1.774 kg/a	-49%	661 kg/a	-81%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch	13,2 kg/(m ² a)	6,2 kg/(m ² a)		7,1 kg/(m ² a)		6,8 kg/(m ² a)		2,5 kg/(m ² a)	
Primärenergiebedarf Q_p	14.612 kWh/a	6.395 kWh/a	-56%	6.101 kWh/a	-58%	5.847 kWh/a	-60%	3.826 kWh/a	-74%

Tabelle C-56: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit, RMH, beheizter Keller, Niveau Q_p 40%; H_t' 55%, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		92,7 a Anf. n. erf.!	82,7 a Anf. n. erf.!	89,5 a	> 100 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		120,40 €/m ²	86,80 €/m ²	104,00 €/m ²	137,90 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	2.748 €/a	1.545 €/a	4.294 €/a	3.916 €/a	4.094 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.407 €/a	664 €/a	744 €/a	896 €/a	868 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	164 €/a	392 €/a	88 €/a	316 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-4.384 €/a		-5.429 €/a	-5.128 €/a	-5.278 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		1.045 €/a	744 €/a	894 €/a	1.204 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		64,6 a Anf. n. erf.!	49,4 a Anf. n. erf.!	54,6 a	> 100 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		93,20 €/m ²	54,30 €/m ²	71,30 €/m ²	122,20 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	2.748 €/a	1.545 €/a	4.294 €/a	3.916 €/a	4.094 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.754 €/a	881 €/a	874 €/a	958 €/a	928 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	164 €/a	392 €/a	88 €/a	316 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-4.731 €/a		-5.559 €/a	-5.190 €/a	-5.337 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		828 €/a	459 €/a	607 €/a	1.078 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		99,7 a Anf. n. erf.!	> 100 a Anf. n. erf.!	> 100 a	> 100 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		124,20 €/m ²	98,80 €/m ²	115,50 €/m ²	133,50 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	2.748 €/a	1.545 €/a	4.294 €/a	3.916 €/a	4.094 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.418 €/a	628 €/a	789 €/a	936 €/a	902 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	164 €/a	392 €/a	88 €/a	316 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-4.394 €/a		-5.475 €/a	-5.254 €/a	-5.400 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		1.080 €/a	860 €/a	1.005 €/a	1.164 €/a

Tabelle C-57: Merkmale und Kosten RMH, beheizter Keller, Niveau Q_p 40%; H_t' 55 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Investitionsmehrkosten baulich		absolut	spezifisch	absolut	spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		18.526 €	70,7 €/m ²	18.526 €	58,8 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		12.448 €	47,5 €/m ²	6.710 €	25,6 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		1.016 €	3,9 €/m ²	1.016 €	3,9 €/m ²
Energiekostenersparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		31.991 €	122,1 €/m ²	26.252 €	100,2 €/m ²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		546 €/a	2,08 €/(m ² a)	344 €/a	1,31 €/(m ² a)
		142 €/a	0,54 €/(m ² a)	76 €/a	0,2907 €/(m ² a)
Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger					
Endenergie Strom Normaltarif	0,298 €/kWh	779 kWh/a	232,1 €/a	1.248 kWh/a	371,8 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,248 €/kWh	-	-	944 kWh/a	281,3 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,075 €/kWh	13.331 kWh/a	999,8 €/a	4.187 kWh/a	314,0 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,051 €/kWh	-	-	-	-
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)			1.231,9 €/a	-44,3%	685,8 €/a
				-27,9%	887,7 €/a
				-30,2%	860,4 €/a
				-24,4%	930,7 €/a

Merkmale und Kosten Bautechnik	Fläche	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
		U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)											
Außenwand	51,00 m ²	0,28 W/(m ² K)	8.927 €	0,12 W/(m ² K)	11.282 €	0,12 W/(m ² K)	11.282 €	0,14 W/(m ² K)	10.736 €	0,14 W/(m ² K)	10.736 €
Fenster Fassade	20,90 m ²	1,30 W/(m ² K)	5.058 €	0,80 W/(m^{2}K)	8.306 €	0,80 W/(m^{2}K)	8.306 €	0,80 W/(m^{2}K)	8.306 €	0,80 W/(m ² K)	8.306 €
Außentür	2,10 m ²	1,80 W/(m ² K)	1.042 €	1,80 W/(m^{2}K)	1.042 €	1,80 W/(m^{2}K)	1.042 €	1,80 W/(m^{2}K)	1.042 €	1,80 W/(m^{2}K)	1.042 €
Schrägdach	40,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	6.575 €	0,10 W/(m ² K)	8.848 €	0,10 W/(m ² K)	8.848 €	0,12 W/(m ² K)	8.237 €	0,12 W/(m ² K)	8.237 €
Fenster Dach	4,00 m ²	1,20 W/(m ² K)	1.524 €	0,80 W/(m^{2}K)	2.996 €	0,80 W/(m^{2}K)	2.996 €	0,80 W/(m^{2}K)	2.996 €	0,80 W/(m ² K)	2.996 €
Flachdach											
Kehlbalkendecke											
oberste Geschossdecke	45,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	7.963 €	0,10 W/(m ² K)	9.715 €	0,10 W/(m ² K)	9.715 €	0,12 W/(m ² K)	9.260 €	0,12 W/(m ² K)	9.260 €
Kellerdecke											
Keller Außenwand											
Keller Innenwand											
Keller Boden an Erdreich	28,00 m ²	0,35 W/(m ² K)	3.652 €	0,12 W/(m ² K)	5.165 €	0,12 W/(m ² K)	5.165 €	0,15 W/(m ² K)	4.773 €	0,15 W/(m ² K)	4.773 €
Wärmebrücken	79,36 m ²	0,35 W/(m ² K)	10.350 €	0,12 W/(m ² K)	14.639 €	0,12 W/(m ² K)	14.639 €	0,15 W/(m ² K)	13.527 €	0,15 W/(m ² K)	13.527 €
		0,05 W/(m ² K)	0 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €
Hüllfläche:	270 m ²										
(Gesamt-)Investionskosten baulich			0 €	45.091 €	18.526 €	63.617 €	18.526 €	63.617 €	15.410 €	60.501 €	15.410 €

Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
		Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	3.700 €	GasBW	3.659 €	WP Luft+TWW	9.185 €	WP Sole+TWW	12.822 €	Pellet+TWW	19.233 €
	kW thermisch	5,4 kW		3,9 kW		3,9 kW		4,0 kW		4,0 kW	
	kW elektrisch	k.A.		k.A.		k.A.		k.A.		k.A.	
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45		FBH 35/28		FBH 35/28		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	5,4 kW	6.499 €	3,9 kW	6.331 €	3,9 kW	-	4,0 kW	-	4,0 kW	6.346 €
45/35°C	kW Heizlast	5,4 kW	-	3,9 kW	-	3,9 kW	-	4,0 kW	-	4,0 kW	-
35/28°C	m ² Wohnfläche	194,1 m ²	-	194,1 m ²	-	194,1 m ²	11.835 €	194,1 m ²	11.835 €	194,1 m ²	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	2.032 €	1	-	1	-	1	-	1	-
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.658 €	1	3.658 €	1	-	1	-	1	3.658 €
Bohrung WP Sole	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	4,0 kW	5.438 €	-	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0 kW	778 €
	Summe Heizung, TWE		15.889 €		15.679 €		21.020 €		30.095 €		30.015 €
Art der Nutzung Solarthermie											
solare TWE	m ² Nutzfläche	262,1 m ²	7.554 €	solare TWE und HU	keine	262,1 m ²	-	262,1 m ²	-	262,1 m ²	-
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	262,1 m ²	-	262,1 m ²	11.079 €	262,1 m ²	-	262,1 m ²	-	262,1 m ²	-
	Summe Solarthermie		7.554 €		11.079 €						
Art der Lüftung (Wohngebäude)											
Abluftanlage											
Abluftanlage Wohngebäude											
EFH, ZFH	je Gebäude	1	2.540 €	1	-	1	-	1	-	1	2.540 €
MFH	je Wohneinheit	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
ZuAbluftanlage WRG 90 Wohngebäude											
EFH/ZFH	m ² Wohnfläche	194,1 m ²	-	194,1 m ²	11.165 €	194,1 m ²	11.165 €	194,1 m ²	11.165 €	194,1 m ²	-
MFH	m ² Wohnfläche	194,1 m ²	-	194,1 m^{2}	-	194,1 m^{2}	-	194,1 m^{2}	-	194,1 m^{2}	-
Lüftungsanlage optimiert (bedarfsgeführt)	je Wohneinheit	1	-	1	508 €	1	508 €	1	-	1	-
	Summe Lüftungsanlage Wohngebäude		2.540 €		11.673 €		11.673 €		11.165 €		2.540 €

C 3.6 Mehrfamilienhaus klein, unbeheizter Keller

Tabelle C-58: Energetische Auswertungen MFH klein, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 40%; H_{T'} 55 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit $I_{p, Strom} = 1,8$)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet					
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 61,4 kWh/(m ² a)	-1%	25,2 kWh/(m ² a)	-59%	24,5 kWh/(m ² a)	-60%	24,5 kWh/(m ² a)	-60%	14,1 kWh/(m ² a)	-77%
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 24,568 kWh/(m ² a)	147%	3%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-43%
Transmissionswärme H _{T'}	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 0,2354 kWh/(m ² a)	0,428 W/(m ² K)	0%	0,222 W/(m ² K)	-6%	0,235 W/(m ² K)	-0%	0,235 W/(m ² K)	-0%	0,235 W/(m ² K)

Energiekenntwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet				
nur Wohngebäude: Nutzenergie Heizung $Q_{h,b}$	14.985 kWh/a	2.171 kWh/a	-86%	3.137 kWh/a	-7%	8.237 kWh/a	-45%	3.568 kWh/a	-76%
Nutzenergie Warmwasser $Q_{w,b}$	5.609 kWh/a	5.609 kWh/a	0%	5.609 kWh/a	0%	5.609 kWh/a	0%	5.609 kWh/a	0%
Endenergie Wärme $Q_t, \text{Wärme}$	26.774 kWh/a	8.327 kWh/a	-69%	4.849 kWh/a	-82%	5.278 kWh/a	-80%	27.602 kWh/a	3%
Endenergie Hilfsenergie $Q_t, \text{Hilfsenergie}$	1.242 kWh/a	2.049 kWh/a	65%	1.603 kWh/a	29%	1.175 kWh/a	-5%	875 kWh/a	-30%
CO ₂ -Emissionen	6.783 kg/a	3.017 kg/a	-56%	3.523 kg/a	-48%	3.523 kg/a	-48%	1.085 kg/a	-84%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch	14,3 kg/(m ² a)	6,4 kg/(m ² a)		7,4 kg/(m ² a)		7,4 kg/(m ² a)		2,3 kg/(m ² a)	
Primärenergiebedarf Q_p	28.768 kWh/a	11.941 kWh/a	-58%	11.613 kWh/a	-60%	11.615 kWh/a	-60%	6.687 kWh/a	-77%

Tabelle C-59: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit MFH klein, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 40%; H_T' 55%, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		94,4 a Anf. n. erf.!	> 100 a	54,9 a	> 100 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		118,40 €/m ²	117,30 €/m ²	61,20 €/m ²	93,80 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	6.513 €/a	2.724 €/a	9.237 €/a	8.957 €/a	8.567 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	2.729 €/a	1.380 €/a	1.349 €/a	1.034 €/a	1.055 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	489 €/a	515 €/a	1.003 €/a	423 €/a	912 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-9.732 €/a		-11.590 €/a		-11.565 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		1.858 €/a	1.834 €/a	931 €/a	1.480 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		62,5 a Anf. n. erf.!	61,9 a	36,3 a	73,9 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		88,40 €/m ²	81,30 €/m ²	24,80 €/m ²	73,80 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	6.513 €/a	2.724 €/a	9.237 €/a	8.957 €/a	8.567 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	3.420 €/a	1.822 €/a	1.598 €/a	1.608 €/a	1.631 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	489 €/a	515 €/a	1.003 €/a	423 €/a	912 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-10.422 €/a		-11.839 €/a		-11.682 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		1.417 €/a	1.260 €/a	356 €/a	1.200 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		> 100 a Anf. n. erf.!	> 100 a	68,8 a	98,4 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		122,40 €/m ²	131,00 €/m ²	74,00 €/m ²	89,40 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	6.513 €/a	2.724 €/a	9.237 €/a	8.957 €/a	8.567 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	2.737 €/a	1.315 €/a	1.422 €/a	803 €/a	1.909 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	489 €/a	515 €/a	1.003 €/a	423 €/a	912 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-9.739 €/a		-11.662 €/a		-11.803 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		1.923 €/a	2.064 €/a	1.158 €/a	1.404 €/a

Tabelle C-60: Merkmale und Kosten MFH klein, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 40%; H_T' 55%

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Investitionsmehrkosten baulich		absolut	spezifisch	absolut	spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		43.353 €	91,5 €/m ²	37.963 €	80,2 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		15.867 €	33,5 €/m ²	18.969 €	40,1 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		2.286 €	4,8 €/m ²	2.286 €	4,8 €/m ²
Energiekosteneinsparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		61.506 €	129,9 €/m ²	59.218 €	125,0 €/m ²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		1.143 €/a	2,41 €/(m ² a)	698 €/a	1,47 €/(m ² a)
		447 €/a	0,94 €/(m ² a)	368 €/a	0,7766 €/(m ² a)
Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger					
Endenergie Strom Normaltarif	0,298 €/kWh	1.242 kWh/a	370,1 €/a	2.049 kWh/a	610,7 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,248 €/kWh	-	-	1.603 kWh/a	477,7 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,075 €/kWh	26.774 kWh/a	2.008,0 €/a	8.327 kWh/a	624,6 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,051 €/kWh	-	-	-	-
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)			2.378,2 €/a	-48,1%	1.235,2 €/a
				-29,3%	1.680,2 €/a
				-30,2%	1.659,0 €/a
				-29,8%	1.668,6 €/a

Merkmale und Kosten Bautechnik	Fläche	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet		
		U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)												
Außenwand	171,40 m ²	0,28 W/(m ² K)	30.001 €	0,12 W/(m ² K)	37.916 €	0,13 W/(m ² K)	36.956 €	0,13 W/(m ² K)	36.956 €	0,13 W/(m ² K)	36.956 €	
Fenster Fassade	96,10 m ²	1,30 W/(m ² K)	23.256 €	0,80 W/(m ² K)	38.190 €	0,80 W/(m ² K)	38.190 €	0,80 W/(m ² K)	38.190 €	0,80 W/(m ² K)	38.190 €	
Außentür	2,50 m ²	1,80 W/(m ² K)	1.240 €	1,80 W/(m ² K)	1.240 €	1,80 W/(m ² K)	1.240 €	1,80 W/(m ² K)	1.240 €	1,80 W/(m ² K)	1.240 €	
Schrägdach												
Fenster Dach												
Flachdach	188,50 m ²	0,20 W/(m ² K)	41.037 €	0,10 W/(m ² K)	49.730 €	0,13 W/(m ² K)	46.246 €	0,12 W/(m ² K)	47.309 €	0,12 W/(m ² K)	47.309 €	
Kehlbalkendecke												
oberste Geschossdecke												
Kellerdecke	188,50 m ²	0,35 W/(m ² K)	24.585 €	0,12 W/(m ² K)	34.771 €	0,13 W/(m ² K)	33.825 €	0,15 W/(m ² K)	32.130 €	0,15 W/(m ² K)	32.130 €	
Keller Außenwand												
Keller Innenwand												
Keller Boden an Erdreich												
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K)	0 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	
Hüllfläche:	647 m ²											
(Gesamt-)Investionskosten baulich			0 €	120.120 €	Differenz 43.353 €	Kosten 163.473 €	Differenz 37.963 €	Kosten 158.083 €	Differenz 37.331 €	Kosten 157.451 €	Differenz 37.331 €	Kosten 157.451 €
Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet		
		Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	
Erzeuger												
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	3.916 €	GasBW	3.784 €	WP Luft+TWW	15.719 €	WP Sole+TWW	16.216 €	Pellet+TWW	19.817 €	
	kW thermisch	13,6 kW		8,6 kW		8,9 kW		8,9 kW		8,9 kW		
	kW elektrisch	k.A.		k.A.		k.A.		k.A.		k.A.		
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45		FBH 35/28		FBH 35/28		HK 55/45		
55/45°C	kW Heizlast	13,6 kW	12.294 €	8,6 kW	11.729 €	8,9 kW	-	8,9 kW	-	8,9 kW	11.760 €	
45/35°C	kW Heizlast	13,6 kW	-	8,6 kW	-	8,9 kW	-	8,9 kW	-	8,9 kW	-	
35/28°C	m ² Wohnfläche	394,7 m ²		394,7 m ²		394,7 m ²	24.059 €	394,7 m ²	24.059 €	394,7 m ²	-	
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	2.032 €	1	-	1	-	1	-	1	-	
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.251 €	1	3.251 €	1	-	1	-	1	3.251 €	
Bohrung WP Sole												
	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	8,9 kW	10.904 €	-	-	
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	8,9 kW	1.718 €	
	Summe Heizung, TWE		21.493 €		20.795 €		39.778 €		51.179 €		36.546 €	
Art der Nutzung Solarthermie												
solare TWE	m ² Nutzfläche	473,6 m ²	10.221 €	solare TWE und HU	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	473,6 m ²	-	473,6 m ²	-	473,6 m ²	-	473,6 m ²	-	473,6 m ²	-	
	Summe Solarthermie		10.221 €		15.880 €		15.880 €		473,6 m ²		473,6 m ²	
Art der Lüftung (Wohngebäude)	Abluftanlage			Zu/Abluftanlage optimiert		Zu/Abluftanlage optimiert		Abluftanlage optimiert		Abluftanlage		
Abluftanlage Wohngebäude												
EFH, ZFH	je Gebäude	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	
MFH	je Wohneinheit	6	12.192 €	6	-	6	-	6	12.192 €	6	12.192 €	
ZuAbluftanlage WRG 90 Wohngebäude												
EFH/ZFH	m ² Wohnfläche	394,7 m ²	-	394,7 m ²	-	394,7 m ²	-	394,7 m ²	-	394,7 m ²	-	
MFH	m ² Wohnfläche	394,7 m ²	-	394,7 m ²	20.049 €	394,7 m ²	20.049 €	394,7 m ²	-	394,7 m ²	-	
Lüftungsanlage optimiert (bedarfsgeführt)	je Wohneinheit	6	-	6	3.048 €	6	3.048 €	6	3.048 €	6	3.048 €	
	Summe Lüftungsanlage Wohngebäude		12.192 €		23.097 €		23.097 €		15.240 €		12.192 €	

C 3.7 Mehrfamilienhaus groß, unbeheizter Keller

Tabelle C-61: Energetische Auswertungen MFH groß, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 40%; H_{T'} 55 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit $f_{p, Strom} = 1,8$)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet	
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 63,1 kWh/(m ² a)	-5%	25,1 kWh/(m ² a)	-60%	23,0 kWh/(m ² a)	-64%
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 25,24 kWh/(m ² a)	137%	-1%	-	-9%	-53%
Transmissionswärme H _{T'}	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 0,22825 kWh/(m ² a)	0,415 W/(m ² K)	0%	0,221 W/(m ² K)	-3%	-0%
				-0%	0,228 W/(m ² K)	-0%
					0,228 W/(m ² K)	-0%

Energiekenntwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet			
nur Wohngebäude: Nutzenergie Heizung $Q_{h,b}$	125.881 kWh/a	20.107 kWh/a	-84%		85.221 kWh/a	-32%	56.818 kWh/a	-55%
Nutzenergie Warmwasser $Q_{w,b}$	42.643 kWh/a	42.643 kWh/a	0%		42.643 kWh/a	0%	42.643 kWh/a	0%
Endenergie Wärme Q_t , Wärme	217.163 kWh/a	69.838 kWh/a	-68%		42.874 kWh/a	-80%	188.573 kWh/a	-13%
Endenergie Hilfsenergie Q_t , Hilfsenergie	7.182 kWh/a	14.668 kWh/a	104%		5.756 kWh/a	-20%	5.678 kWh/a	-21%
CO ₂ -Emissionen	53.435 kg/a	23.932 kg/a	-55%		26.552 kg/a	-50%	7.249 kg/a	-86%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch	14,0 kg/(m ² a)	6,3 kg/(m ² a)			7,0 kg/(m ² a)		1,9 kg/(m ² a)	
Primärenergiebedarf Q_p	228.134 kWh/a	95.610 kWh/a	-58%		87.534 kWh/a	-62%	45.141 kWh/a	-80%

Tabelle C-62: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit MFH groß, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 40 %; H_T' 55 %, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet	
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		76,2 a		39,6 a	42,4 a	
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		89,80 €/m ²		24,90 €/m ²	24,10 €/m ²	
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	44.730 €/a	18.675 €/a	63.405 €/a		10.493 €/a	55.223 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	21.269 €/a	10.712 €/a	10.556 €/a		7.775 €/a	13.493 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	1.935 €/a	3.356 €/a	5.291 €/a		345 €/a	2.280 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-67.934 €/a		-79.252 €/a		-70.794 €/a	-70.997 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		11.319 €/a		2.860 €/a	3.063 €/a	
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet	
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		51,6 a		26,0 a	30,9 a	
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		59,70 €/m ²		0 €/m ²	0 €/m ²	
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	44.730 €/a	18.675 €/a	63.405 €/a		10.493 €/a	55.223 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	26.811 €/a	14.216 €/a	12.595 €/a		10.518 €/a	16.293 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	1.935 €/a	3.356 €/a	5.291 €/a		345 €/a	2.280 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-73.476 €/a		-81.291 €/a		-71.652 €/a	-73.797 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		7.815 €/a		-1.824 €/a	321 €/a	
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet	
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		82,5 a		49,7 a	40,1 a	
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		94,10 €/m ²		37,40 €/m ²	21,50 €/m ²	
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	44.730 €/a	18.675 €/a	63.405 €/a		10.493 €/a	55.223 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	21.209 €/a	10.150 €/a	11.059 €/a		6.997 €/a	13.016 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	1.935 €/a	3.356 €/a	5.291 €/a		345 €/a	2.280 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-67.874 €/a		-79.755 €/a		-72.544 €/a	-70.520 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		11.881 €/a		4.670 €/a	2.646 €/a	

Tabelle C-63: Merkmale und Kosten MFH groß, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 40 %; H_T' 55 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Investitionsmehrkosten baulich		absolut	spezifisch	absolut	spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		251.089 €	65,9 €/m ²	234.074 €	61,4 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		123.132 €	32,3 €/m ²	151.864 €	39,8 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		10.922 €	2,9 €/m ²	10.922 €	2,9 €/m ²
Energiekostenersparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		385.142 €	101,1 €/m ²	396.860 €	104,1 €/m ²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		8.819 €/a	2,31 €/(m ² a)	6.079 €/a	1,60 €/(m ² a)
		2.916 €/a	0,77 €/(m ² a)	-97 €/a	0 €/(m ² a)
Energiekosten	Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger				
Endenergie Strom Normaltarif	0,298 €/kWh	7.182 kWh/a	2.140,2 €/a	14.668 kWh/a	4.370,9 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,248 €/kWh			-	-
Endenergie fossil (Gas)	0,075 €/kWh	217.163 kWh/a	16.287,2 €/a	69.838 kWh/a	5.237,8 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,051 €/kWh	-	-	-	-
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		18.427,4 €/a	-47,9%	9.608,8 €/a	
				-33,0%	12.348,1 €/a
				-38,6%	11.309,3 €/a

Merkmale und Kosten Bautechnik	Fläche	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
		U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)											
Außenwand	2.197,00 m ²	0,28 W/(m ² K)	384.556 €	0,12 W/(m ² K)	486.007 €	0,13 W/(m ² K)	473.704 €	0,13 W/(m ² K)	473.704 €	0,13 W/(m ² K)	473.704 €
Fenster Fassade	522,00 m ²	1,30 W/(m ² K)	126.324 €	0,80 W/(m^{2}K)	207.443 €	0,80 W/(m^{2}K)	207.443 €	0,80 W/(m^{2}K)	207.443 €	0,80 W/(m ² K)	207.443 €
Außentür	37,00 m ²	1,80 W/(m ² K)	18.352 €	1,80 W/(m^{2}K)	18.352 €	1,80 W/(m^{2}K)	18.352 €	1,80 W/(m^{2}K)	18.352 €	1,80 W/(m^{2}K)	18.352 €
Schrägdach											
Fenster Dach											
Flachdach	1.001,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	217.922 €	0,14 W/(m ² K)	240.420 €	0,15 W/(m ² K)	235.708 €	0,15 W/(m ² K)	235.708 €	0,15 W/(m ² K)	235.708 €
Kehlbalkendecke											
oberste Geschossdecke											
Kellerdecke	1.001,00 m ²	0,35 W/(m ² K)	130.554 €	0,14 W/(m^{2}K)	174.951 €	0,14 W/(m^{2}K)	174.951 €	0,14 W/(m^{2}K)	174.951 €	0,14 W/(m ² K)	174.951 €
Keller Außenwand											
Keller Innenwand											
Keller Boden an Erdreich											
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K)	0 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €
(Gesamt-)Investionskosten baulich	Hüllfläche:	4.758 m ²	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten
			0 €	877.709 €	251.089 €	1.128.798 €	234.074 €	1.111.783 €	234.074 €	1.111.783 €	234.074 €

Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
		Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	12.634 €	GasBW	9.561 €	WPSSole+TWW	55.811 €	Pellet+TWW	62.138 €		
	kW thermisch	91,6 kW		60,9 kW		61,9 kW		61,9 kW		61,9 kW	
	kW elektrisch	k.A.		k.A.		k.A.		k.A.		k.A.	
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45		FBH 35/28		HK 55/45		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	91,6 kW	104.538 €	60,9 kW	100.351 €	61,9 kW	-	61,9 kW	100.500 €	61,9 kW	-
45/35°C	kW Heizlast	91,6 kW	-	60,9 kW	-	61,9 kW	-	61,9 kW	-	61,9 kW	-
35/28°C	m ² Wohnfläche	3.176,0 m ²	-	3.176,0 m ²	-	3.176,0 m ²	193.609 €	3.176,0 m ²	-	3.176,0 m ²	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	2.032 €	1	2.032 €	1	-	1	-	1	-
Schornstein	je Gebäudetyp	5	4.064 €	5	4.064 €	5	-	5	-	5	4.064 €
Bohrung WP Sole	kW Heizlast	-	-	-	-	61,9 kW	66.371 €	-	-	61,9 kW	11.957 €
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Summe Heizung, TWE		123.267 €		116.008 €				315.791 €		178.659 €
Art der Nutzung Solarthermie											
solare TWE	solare TWE und HU	3.811,2 m ²	40.660 €	3.811,2 m ²	-	keine		keine		3.811,2 m ²	-
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	3.811,2 m ²	-	3.811,2 m ²	70.670 €	3.811,2 m ²	-	3.811,2 m ²	-	3.811,2 m ²	-
	Summe Solarthermie		40.660 €		70.670 €						
Art der Lüftung (Wohngebäude)	Abluftanlage			Zu/Abluftanlage optimiert				Abluftanlage		Abluftanlage	
Abluftanlage Wohngebäude											
EFH, ZFH	je Gebäude	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
MFH	je Wohneinheit	40	81.280 €	40	-	40	81.280 €	40	81.280 €	40	81.280 €
ZuAbluftanlage WRG 90 Wohngebäude											
EFH/ZFH	m ² Wohnfläche	3.176,0 m ²	-	3.176,0 m ²	-	3.176,0 m ²	-	3.176,0 m ²	-	3.176,0 m ²	-
MFH	m ² Wohnfläche	3.176,0 m ²	-	3.176,0 m ²	161.341 €	3.176,0 m ²	-	3.176,0 m ²	-	3.176,0 m ²	-
Lüftungsanlage optimiert (bedarfsgeführt)	je Wohneinheit	40	-	40	20.320 €	40	-	40	-	40	-
	Summe Lüftungsanlage Wohngebäude		81.280 €		181.661 €				81.280 €		81.280 €

C 4 Wohngebäude, Niveau Q_p 40 %; H_T'_{Ref}

C 4.1 Einfamilienhaus klein, beheizter Keller

Tabelle C-64: Energetische Auswertungen EFH klein, beheizter Keller, Niveau Q_p 40 %; H_T'_{Ref}

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit f _{p,Strom} = 1,8)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet						
Primärenergiebedarf Q _{p,A_N}	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 80,1 kWh/(m ² a)	79,3 kWh/(m ² a)	-1%	32,0 kWh/(m ² a)	-60%	32,0 kWh/(m ² a)	-60%	21,8 kWh/(m ² a)	-73%		
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 32.052 kWh/(m ² a)		147%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-32%		
Transmissionswärme H _T '	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 0,337 kWh/(m ² a)	0,337 W/(m ² K)	0%	0,173 W/(m ² K)	-49%	0,217 W/(m ² K)	-36%	0,301 W/(m ² K)	-11%	0,337 W/(m ² K)	0%

Energiekenntwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet				
nur Wohngebäude: Nutzenergie Heizung $Q_{h,b}$	10.774 kWh/a	2.568 kWh/a	-76%	4.406 kWh/a	-59%	6.786 kWh/a	-37%	7.262 kWh/a	-33%
Nutzenergie Warmwasser $Q_{w,b}$	1.646 kWh/a	1.646 kWh/a	0%	1.646 kWh/a	0%	1.646 kWh/a	0%	1.646 kWh/a	0%
Endenergie Wärme $Q_t, \text{Wärme}$	17.356 kWh/a	5.468 kWh/a	-68%	3.123 kWh/a	-82%	2.987 kWh/a	-83%	20.558 kWh/a	18%
Endenergie Hilfsenergie $Q_t, \text{Hilfsenergie}$	802 kWh/a	1.173 kWh/a	46%	1.060 kWh/a	32%	1.194 kWh/a	49%	735 kWh/a	-8%
CO ₂ -Emissionen	4.395 kg/a	1.887 kg/a	-57%	2.284 kg/a	-48%	2.283 kg/a	-48%	854 kg/a	-81%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch	18,7 kg/(m ² a)	8,0 kg/(m ² a)		9,7 kg/(m ² a)		9,7 kg/(m ² a)		3,6 kg/(m ² a)	
Primärenergiebedarf Q_p	18.643 kWh/a	7.529 kWh/a	-60%	7.528 kWh/a	-60%	7.525 kWh/a	-60%	5.131 kWh/a	-72%

Tabelle C-65: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit, EFH klein, beheizter Keller, Niveau Q_p 40%; H_t^{Ref} , Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		63,3 a	49,9 a	54,4 a	> 100 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		110,30 €/m ²	51,50 €/m ²	62,10 €/m ²	99,30 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.716 €/a	1.627 €/a	5.342 €/a	965 €/a	4.680 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.768 €/a	935 €/a	834 €/a	668 €/a	1.100 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	164 €/a	392 €/a	88 €/a	316 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-5.712 €/a		-6.568 €/a		-6.096 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		856 €/a	384 €/a	467 €/a	778 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		46,1 a	30,4 a	33,0 a	> 100 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		69,80 €/m ²	4,30 €/m ²	15,00 €/m ²	80,10 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.716 €/a	1.627 €/a	5.342 €/a	965 €/a	4.680 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	2.216 €/a	1.222 €/a	994 €/a	1.040 €/a	1.176 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	164 €/a	392 €/a	88 €/a	316 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-6.159 €/a		-6.728 €/a		-6.172 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		568 €/a	12 €/a	96 €/a	638 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		66,4 a	67,2 a	73,8 a	> 100 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		114,70 €/m ²	68,70 €/m ²	79,40 €/m ²	92,80 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.716 €/a	1.627 €/a	5.342 €/a	965 €/a	4.680 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.773 €/a	899 €/a	874 €/a	518 €/a	1.255 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	164 €/a	392 €/a	88 €/a	316 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-5.717 €/a		-6.608 €/a		-6.251 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		891 €/a	534 €/a	618 €/a	726 €/a

Tabelle C-66: Merkmale und Kosten EFH klein, beheizter Keller, Niveau Q_p 40%; H_t^{Ref}

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Investitionsmehrkosten baulich		absolut	spezifisch	absolut	spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		24.048 €	102,2 €/m ²	12.161 €	51,7 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		10.896 €	46,3 €/m ²	7.009 €	29,8 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		1.016 €	4,3 €/m ²	1.016 €	4,3 €/m ²
Energiekosteneinsparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		35.959 €	152,9 €/m ²	20.186 €	85,8 €/m ²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		781 €/a	3,32 €/(m ² a)	450 €/a	1,91 €/(m ² a)
		142 €/a	0,60 €/(m ² a)	76 €/a	0,3240 €/(m ² a)
Energiekosten	Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger				
Endenergie Strom Normaltarif	0,298 €/kWh	802 kWh/a	238,9 €/a	1.173 kWh/a	349,4 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,248 €/kWh	-	-	1.060 kWh/a	315,8 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,075 €/kWh	17.356 kWh/a	1.301,7 €/a	5.468 kWh/a	410,1 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,051 €/kWh	-	-	-	-
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		1.540,6 €/a	-50,7%	759,5 €/a	-29,2%
				1.090,2 €/a	-28,8%
				1.096,5 €/a	-17,7%
				1.267,6 €/a	

Merkmale und Kosten Bautechnik	Fläche	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
		U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)											
Außenwand	126,40 m ²	0,28 W/(m ² K)	22.125 €	0,12 W/(m ² K)	27.961 €	0,20 W/(m ² K)	23.821 €	0,22 W/(m ² K)	23.228 €	0,28 W/(m ² K)	22.125 €
Fenster Fassade	29,50 m ²	1,30 W/(m ² K)	7.139 €	0,80 W/(m ² K)	11.723 €	0,95 W/(m ² K)	8.239 €	1,30 W/(m ² K)	7.139 €	1,30 W/(m ² K)	7.139 €
Außentür	2,10 m ²	1,80 W/(m ² K)	1.042 €	1,80 W/(m ² K)	1.042 €	1,80 W/(m^{2}K)	1.042 €	1,80 W/(m^{2}K)	1.042 €	1,80 W/(m^{2}K)	1.042 €
Schrägdach	77,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	12.657 €	0,12 W/(m ² K)	15.857 €	0,15 W/(m ² K)	14.402 €	0,16 W/(m ² K)	13.990 €	0,20 W/(m ² K)	12.657 €
Fenster Dach											
Flachdach											
Kehlbalkendecke	41,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	6.740 €	0,15 W/(m ² K)	7.668 €	0,15 W/(m ² K)	7.668 €	0,16 W/(m ² K)	7.449 €	0,20 W/(m ² K)	6.740 €
oberste Geschossdecke											
Kellerdecke											
Keller Außenwand	98,00 m ²	0,35 W/(m ² K)	12.782 €	0,15 W/(m ² K)	16.704 €	0,19 W/(m ² K)	15.305 €	0,30 W/(m ² K)	13.221 €	0,35 W/(m ² K)	12.782 €
Keller Innenwand											
Keller Boden an Erdreich	98,70 m ²	0,35 W/(m ² K)	12.873 €	0,15 W/(m ² K)	16.823 €	0,19 W/(m ² K)	15.415 €	0,30 W/(m ² K)	13.315 €	0,35 W/(m ² K)	12.873 €
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K)	0 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,05 W/(m ² K)	0 €	0,05 W/(m ² K)	0 €
Hüllfläche:	473 m ²		Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten
(Gesamt-)Investionskosten baulich		0 €	75.357 €	24.048 €	99.405 €	12.161 €	87.518 €	4.027 €	79.384 €	0 €	75.357 €
Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
	Bezugsgröße	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	3.747 €	GasBW	3.681 €	WP Luft+TWW	11.318 €	WP Sole+TWW	14.648 €	Pellet+TWW	19.616 €
	kW thermisch	7,2 kW		4,8 kW		5,5 kW		6,7 kW		7,2 kW	
	kW elektrisch	k.A.		k.A.		k.A.		k.A.		k.A.	
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45		FBH 35/28		FBH 35/28		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	7,2 kW	6.190 €	4,8 kW	5.932 €	5,5 kW	-	6,7 kW	-	7,2 kW	6.190 €
45/35°C	kW Heizlast	7,2 kW	-	4,8 kW	-	5,5 kW	-	6,7 kW	-	7,2 kW	-
35/28°C	m ² Wohnfläche	174,2 m ²	-	174,2 m ²	-	174,2 m ²	10.621 €	174,2 m ²	10.621 €	174,2 m ²	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	2.032 €	1	-	1	-	1	-	1	-
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.251 €	1	3.251 €	1	-	1	-	1	3.251 €
Bohrung WP Sole											
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	6,7 kW	8.378 €	-	-
	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	7,2 kW	1.394 €
	Summe Heizung, TWE		15.220 €		14.896 €		21.938 €		33.647 €		30.451 €
Art der Nutzung Solarthermie											
solare TWE	m ² Nutzfläche	235,2 m ²	7.188 €	solare TWE und HU	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	235,2 m ²	-	235,2 m ²	-	235,2 m^{2}	-	235,2 m^{2}	-	235,2 m^{2}	-
	Summe Solarthermie		7.188 €		10.421 €		10.421 €		235,2 m ²		235,2 m ²
Art der Lüftung (Wohngebäude)											
Abluftanlage											
Abluftanlage Wohngebäude											
EFH, ZFH	je Gebäude	1	2.540 €	1	-	1	-	1	-	1	2.540 €
MFH	je Wohneinheit	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
ZuAbluftanlage WRG 90 Wohngebäude											
EFH/ZFH	m ² Wohnfläche	174,2 m ²	-	174,2 m ²	10.019 €	174,2 m ²	10.019 €	174,2 m ²	10.019 €	174,2 m ²	-
MFH	m ² Wohnfläche	174,2 m ²	-	174,2 m ²	-	174,2 m^{2}	-	174,2 m^{2}	-	174,2 m^{2}	-
Lüftungsanlage optimiert (bedarfsgeführt)	je Wohneinheit	1	-	1	508 €	1	-	1	-	1	-
	Summe Lüftungsanlage Wohngebäude		2.540 €		10.527 €		10.019 €		10.019 €		2.540 €

C 4.2 Einfamilienhaus klein, unbeheizter Keller

Tabelle C-67: Energetische Auswertungen EFH klein, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 40 %; H_T'_{Ref}

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit I _{p,Strom} = 1,8)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet						
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 96 kWh/(m ² a)	-0%	38,9 kWh/(m ² a)	-59%	38,2 kWh/(m ² a)	-60%	38,4 kWh/(m ² a)	-60%	29,4 kWh/(m ² a)	-69%	
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 38,412 kWh/(m ² a)	149%	1%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-23%	
Transmissionswärme H _T '	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 0,363 kWh/(m ² a)	0,363 W/(m ² K)	0%	0,177 W/(m ² K)	-51%	0,219 W/(m ² K)	-40%	0,254 W/(m ² K)	-30%	0,363 W/(m ² K)	0%

Energiekenntwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
nur Wohngebäude: Nutzenergie Heizung $Q_{h,b}$	8.180 kWh/a	1.937 kWh/a -76%	3.271 kWh/a -60%	6.550 kWh/a -20%	6.018 kWh/a -26%
Nutzenergie Warmwasser $Q_{w,b}$	1.346 kWh/a	1.346 kWh/a 0%	1.346 kWh/a 0%	1.346 kWh/a 0%	1.346 kWh/a 0%
Endenergie Wärme $Q_t, \text{Wärme}$	13.173 kWh/a	4.269 kWh/a -68%	2.431 kWh/a -82%	2.644 kWh/a -80%	17.534 kWh/a 33%
Endenergie Hilfsenergie $Q_t, \text{Hilfenergie}$	650 kWh/a	867 kWh/a 33%	731 kWh/a 13%	531 kWh/a -18%	626 kWh/a -4%
CO ₂ -Emissionen	3.358 kg/a	1.447 kg/a -57%	1.726 kg/a -49%	1.734 kg/a -48%	727 kg/a -78%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch	22,6 kg/(m ² a)	9,7 kg/(m ² a)	11,6 kg/(m ² a)	11,7 kg/(m ² a)	4,9 kg/(m ² a)
Primärenergiebedarf Q_p	14.224 kWh/a	5.792 kWh/a -59%	5.691 kWh/a -60%	5.716 kWh/a -60%	4.373 kWh/a -69%

Tabelle C-68: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit, EFH klein, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 40%; H_t^{Ref} , Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		68,5 a Anf. n. erf.!	39,9 a	21,6 a	keine
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		144,80 €/m ²	32,10 €/m ²	0 €/m ²	keine Angabe
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.237 €/a	1.266 €/a absolut	584 €/a absolut	422 €/a absolut	881 €/a absolut
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.355 €/a	718 €/a 760 €/a	526 €/a 828 €/a	533 €/a 175 €/a	70 €/a 1.284 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	164 €/a 392 €/a	88 €/a 316 €/a	-53 €/a -4.964 €/a	216 €/a 444 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-4.819 €/a	-5.531 €/a	-4.964 €/a	-163 €/a	-4.656 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		712 €/a	145 €/a	-163 €/a	1.027 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		49,3 a Anf. n. erf.!	24,2 a	14,6 a	keine
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		97,20 €/m ²	0 €/m ²	0 €/m ²	keine Angabe
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.237 €/a	1.266 €/a absolut	584 €/a absolut	422 €/a absolut	881 €/a absolut
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.695 €/a	935 €/a 760 €/a	810 €/a 885 €/a	817 €/a 175 €/a	149 €/a 444 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	164 €/a 392 €/a	88 €/a 316 €/a	-53 €/a -5.021 €/a	216 €/a -4.712 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-5.160 €/a	-5.655 €/a	-5.021 €/a	-447 €/a	-6.109 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		495 €/a	-139 €/a	-447 €/a	949 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		71,6 a Anf. n. erf.!	53,4 a	26,6 a	keine
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		149,50 €/m ²	52,30 €/m ²	0 €/m ²	keine Angabe
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.237 €/a	1.266 €/a absolut	584 €/a absolut	422 €/a absolut	881 €/a absolut
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.360 €/a	694 €/a 666 €/a	415 €/a 944 €/a	423 €/a 175 €/a	116 €/a 444 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	164 €/a 392 €/a	88 €/a 316 €/a	-53 €/a -5.080 €/a	216 €/a -4.771 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-4.824 €/a	-5.561 €/a	-5.080 €/a	-53 €/a	-5.806 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		736 €/a	256 €/a	-53 €/a	981 €/a

Tabelle C-69: Merkmale und Kosten EFH klein, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 40%; H_t^{Ref}

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Investitionsmehrkosten baulich		absolut	spezifisch	absolut	spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		23.480 € 6.259 €	157,8 €/m ² 42,1 €/m ²	13.066 € -899 €	87,8 €/m ² -6,0 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung				5.025 € 1.016 €	33,8 €/m ² 6,8 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		30.755 €	206,7 €/m ²	13.182 €	88,6 €/m ²
Energiekosteneinsparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		603 €/a 142 €/a	4,05 €/(m ² a) 0,96 €/(m ² a)	361 €/a 76 €/a	2,43 €/(m ² a) 0,5121 €/(m ² a)
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr				368 €/a -46 €/a	2,47 €/(m ² a) 0 €/(m ² a)
Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger					
Endenergie Strom Normaltarif	0,298 €/kWh	650 kWh/a	193,6 €/a	867 kWh/a -	217,8 €/a -
Endenergie Strom WP-Tarif	0,248 €/kWh			731 kWh/a 2.431 kWh/a	531 kWh/a 602,8 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,075 €/kWh	13.173 kWh/a	988,0 €/a	4.269 kWh/a 320,2 €/a	2.644 kWh/a -
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,051 €/kWh				655,7 €/a -
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)			1.181,6 €/a	-51,0% -	820,6 €/a -
				-30,6% -	-31,1% -
				814,0 €/a -	-8,5% 1.080,7 €/a

Merkmale und Kosten Bautechnik	Fläche	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
		U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)											
Außenwand	123,40 m ²	0,28 W/(m ² K)	21.600 €	0,12 W/(m ² K)	27.298 €	0,16 W/(m ² K)	24.880 €	0,20 W/(m ² K)	23.256 €	0,28 W/(m ² K)	21.600 €
Fenster Fassade	26,50 m ²	1,30 W/(m ² K)	6.413 €	0,80 W/(m ² K)	10.531 €	0,95 W/(m ² K)	7.401 €	0,95 W/(m ² K)	7.401 €	1,30 W/(m ² K)	6.413 €
Außentür	2,10 m ²	1,80 W/(m ² K)	1.042 €	1,80 W/(m^{2}K)	1.042 €	1,80 W/(m^{2}K)	1.042 €	1,80 W/(m^{2}K)	1.042 €	1,80 W/(m^{2}K)	1.042 €
Schrägdach	77,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	12.657 €	0,10 W/(m ² K)	17.032 €	0,14 W/(m ² K)	14.848 €	0,19 W/(m ² K)	12.947 €	0,20 W/(m ² K)	12.657 €
Fenster Dach											
Flachdach											
Kehlbalkendecke	41,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	6.740 €	0,10 W/(m ² K)	9.069 €	0,13 W/(m ² K)	8.164 €	0,19 W/(m ² K)	6.894 €	0,20 W/(m ² K)	6.740 €
oberste Geschossdecke											
Kellerdecke											
Keller Außenwand											
Keller Innenwand											
Keller Boden an Erdreich	98,70 m ²	0,35 W/(m ² K)	12.873 €	0,12 W/(m ² K)	18.207 €	0,16 W/(m ² K)	16.428 €	0,20 W/(m ² K)	15.129 €	0,35 W/(m ² K)	12.873 €
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K)	0 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,05 W/(m ² K)	0 €
Hüllfläche:	369 m ²	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz
(Gesamt-)Investionskosten baulich		0 €	61.324 €	23.480 €	84.804 €	13.066 €	74.390 €	6.971 €	68.295 €	0 €	61.324 €
Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
	Bezugsgröße	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	3.711 €	GasBW	3.653 €	WP Luft+TWW	9.574 €	WP Sole+TWW	13.219 €	Pellet+TWW	19.453 €
	kW thermisch	5,9 kW		3,7 kW		4,2 kW		4,6 kW		5,9 kW	
	kW elektrisch	k.A.		k.A.		k.A.		k.A.		k.A.	
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45		FBH 35/28		FBH 35/28		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	5,9 kW	6.048 €	3,7 kW	5.818 €	4,2 kW	-	4,6 kW	-	5,9 kW	6.048 €
45/35°C	kW Heizlast	5,9 kW	-	3,7 kW	-	4,2 kW	-	4,6 kW	-	5,9 kW	-
35/28°C	m ² Wohnfläche	110,2 m ²	-	110,2 m ²	-	110,2 m ²	6.719 €	110,2 m ²	6.719 €	110,2 m ²	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	2.032 €	1	-	1	-	1	-	1	-
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.251 €	1	3.251 €	1	-	1	-	1	3.251 €
Bohrung WP Sole	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	4,6 kW	6.077 €	-	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	5,9 kW	1.131 €
	Summe Heizung, TWE	15.042 €		14.753 €		16.293 €		26.016 €		26.016 €	29.883 €
Art der Nutzung Solarthermie											
solare TWE	m ² Nutzfläche	148,8 m ²	5.949 €	solare TWE und HU	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	148,8 m ²	-	148,8 m^{2}	-	148,8 m^{2}	-	148,8 m^{2}	-	148,8 m^{2}	-
	Summe Solarthermie	5.949 €		8.190 €		148,8 m ²	-	148,8 m ²	-	148,8 m ²	-
Art der Lüftung (Wohngebäude)											
Abluftanlage											
Abluftanlage Wohngebäude											
EFH, ZFH	je Gebäude	1	2.540 €	1	-	1	-	1	2.540 €	1	2.540 €
MFH	je Wohneinheit	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
ZuAbluftanlage WRG 90 Wohngebäude											
EFH/ZFH	m ² Wohnfläche	110,2 m ²	-	110,2 m ²	6.338 €	110,2 m ²	6.338 €	110,2 m ²	-	110,2 m ²	-
MFH	m ² Wohnfläche	110,2 m ²	-	110,2 m^{2}	-	110,2 m^{2}	-	110,2 m^{2}	-	110,2 m^{2}	-
Lüftungsanlage optimiert (bedarfsgeführt)	je Wohneinheit	1	-	1	508 €	1	-	1	-	1	-
	Summe Lüftungsanlage Wohngebäude	2.540 €		6.846 €		6.338 €		2.540 €		2.540 €	2.540 €

C 4.3 Einfamilienhaus groß, beheizter Keller

Tabelle C-70: Energetische Auswertungen EFH groß, beheizter Keller, Niveau Q_p 40 %; H_T'_{Ref}

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit I _{p, Strom} = 1,8)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet						
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 71,9 kWh/(m ² a)	-1%	28,8 kWh/(m ² a)	-60%	28,7 kWh/(m ² a)	-60%	28,7 kWh/(m ² a)	-60%	19,0 kWh/(m ² a)	-74%	
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 28,772 kWh/(m ² a)	147%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-34%	
Transmissionswärme H _T '	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 0,363 kWh/(m ² a)	0,363 W/(m ² K)	0%	0,180 W/(m ² K)	-50%	0,233 W/(m ² K)	-36%	0,262 W/(m ² K)	-28%	0,363 W/(m ² K)	0%

Energiekenntwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet				
nur Wohngebäude: Nutzenergie Heizung $Q_{h,b}$	16.774 kWh/a	3.820 kWh/a	-77%	6.772 kWh/a	-60%	14.765 kWh/a	-12%	12.249 kWh/a	-27%
Nutzenergie Warmwasser $Q_{w,b}$	2.849 kWh/a	2.849 kWh/a	0%	2.849 kWh/a	0%	2.849 kWh/a	0%	2.849 kWh/a	0%
Endenergie Wärme Q_t , Wärme	27.079 kWh/a	8.579 kWh/a	-68%	4.803 kWh/a	-82%	5.516 kWh/a	-80%	31.924 kWh/a	18%
Endenergie Hilfsenergie Q_t , Hilfsenergie	1.136 kWh/a	1.778 kWh/a	57%	1.694 kWh/a	49%	985 kWh/a	-13%	1.009 kWh/a	-11%
CO ₂ -Emissionen	6.794 kg/a	2.927 kg/a	-57%	3.548 kg/a	-48%	3.549 kg/a	-48%	1.253 kg/a	-82%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch	16,7 kg/(m ² a)	7,2 kg/(m ² a)		8,7 kg/(m ² a)		8,7 kg/(m ² a)		3,1 kg/(m ² a)	
Primärenergiebedarf Q_p	28.881 kWh/a	11.703 kWh/a	-59%	11.695 kWh/a	-60%	11.701 kWh/a	-59%	7.728 kWh/a	-73%

Tabelle C-71: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit, EFH groß, beheizter Keller, Niveau Q_p 40%; H_t^{Ref} , Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		64,1 a	59,8 a	20,0 a	> 100 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		107,70 €/m ²	70,20 €/m ²	0 €/m ²	39,50 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	5.172 €/a	2.717 €/a	7.889 €/a	7.018 €/a	5.908 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	2.724 €/a	1.435 €/a	1.290 €/a	1.712 €/a	1.677 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	164 €/a	392 €/a	88 €/a	316 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-8.125 €/a		-9.571 €/a		-9.045 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		1.446 €/a	920 €/a	-365 €/a	537 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		47,5 a	36,8 a	13,1 a	52,0 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		70,90 €/m ²	27,80 €/m ²	0 €/m ²	21,10 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	5.172 €/a	2.717 €/a	7.889 €/a	7.018 €/a	5.908 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	3.421 €/a	1.881 €/a	1.540 €/a	1.591 €/a	1.628 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	164 €/a	392 €/a	88 €/a	316 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-8.821 €/a		-9.821 €/a		-9.163 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		1.000 €/a	342 €/a	-946 €/a	315 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		67,2 a	80,5 a	25,4 a	76,9 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		111,80 €/m ²	85,90 €/m ²	0 €/m ²	33,80 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	5.172 €/a	2.717 €/a	7.889 €/a	7.018 €/a	5.908 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	2.727 €/a	1.377 €/a	1.351 €/a	775 €/a	815 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	164 €/a	392 €/a	88 €/a	316 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-8.128 €/a		-9.632 €/a		-9.285 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		1.504 €/a	1.158 €/a	-132 €/a	455 €/a

Tabelle C-72: Merkmale und Kosten EFH groß, beheizter Keller, Niveau Q_p 40%; H_t^{Ref}

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Investitionsmehrkosten baulich		absolut	spezifisch	absolut	spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		35.946 €	88,3 €/m ²	17.176 €	42,2 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		19.690 €	48,4 €/m ²	19.092 €	46,9 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		1.016 €	2,5 €/m ²	1.016 €	2,5 €/m ²
Energiekosteneinsparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		56.653 €	139,2 €/m ²	37.283 €	91,6 €/m ²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		1.196 €/a	2,94 €/(m ² a)	673 €/a	1,65 €/(m ² a)
		142 €/a	0,35 €/(m ² a)	76 €/a	0,1872 €/(m ² a)
Energiekosten	Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger				
Endenergie Strom Normaltarif	0,298 €/kWh	1.136 kWh/a	338,6 €/a	1.778 kWh/a	530,0 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,248 €/kWh	-	-	1.694 kWh/a	504,9 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,075 €/kWh	27.079 kWh/a	2.031,0 €/a	8.579 kWh/a	643,4 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,051 €/kWh	-	-	-	-
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		2.369,5 €/a	-50,5%	1.173,4 €/a	-28,4%
				1.696,1 €/a	-29,9%
				1.661,4 €/a	-18,6%
					1.928,8 €/a

Merkmale und Kosten Bautechnik	Fläche	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
		U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)											
Außenwand	248,60 m ²	0,28 W/(m ² K)	43.514 €	0,12 W/(m ² K)	54.994 €	0,20 W/(m ² K)	46.851 €	0,22 W/(m ² K)	45.684 €	0,28 W/(m ² K)	43.514 €
Fenster Fassade	53,30 m ²	1,30 W/(m ² K)	12.899 €	0,80 W/(m ² K)	21.181 €	0,95 W/(m ² K)	14.887 €	0,95 W/(m ² K)	14.887 €	1,30 W/(m ² K)	12.899 €
Außentür	2,10 m ²	1,80 W/(m ² K)	1.042 €	1,80 W/(m^{2}K)	1.042 €	1,80 W/(m^{2}K)	1.042 €	1,80 W/(m^{2}K)	1.042 €	1,80 W/(m^{2}K)	1.042 €
Schrägdach	56,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	9.205 €	0,11 W/(m ² K)	11.944 €	0,15 W/(m ² K)	10.474 €	0,19 W/(m ² K)	9.416 €	0,20 W/(m ² K)	9.205 €
Fenster Dach											
Flachdach											
Kehlbalkendecke											
oberste Geschossdecke	58,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	10.263 €	0,12 W/(m ² K)	11.935 €	0,16 W/(m ² K)	10.978 €	0,19 W/(m ² K)	10.422 €	0,20 W/(m ² K)	10.263 €
Kellerdecke											
Keller Außenwand	103,80 m ²	0,35 W/(m ² K)	13.538 €	0,14 W/(m ² K)	18.142 €	0,16 W/(m ² K)	17.277 €	0,25 W/(m ² K)	14.743 €	0,35 W/(m ² K)	13.538 €
Keller Innenwand											
Keller Boden an Erdreich	125,00 m ²	0,35 W/(m ² K)	16.303 €	0,14 W/(m ² K)	21.847 €	0,16 W/(m ² K)	20.806 €	0,25 W/(m ² K)	17.754 €	0,35 W/(m ² K)	16.303 €
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K)	0 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,05 W/(m ² K)	0 €
Hüllfläche:	647 m ²		Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten
(Gesamt-)Investionskosten baulich		0 €	106.764 €	35.946 €	142.710 €	17.176 €	123.940 €	8.809 €	115.573 €	0 €	106.764 €

Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
		Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	3.860 €	GasBW	3.745 €	WP Luft+TWW	14.985 €	WP Sole+TWW	16.244 €	Pellet+TWW	20.131 €
	kW thermisch	11,5 kW		7,1 kW		8,3 kW		8,9 kW		11,5 kW	
	kW elektrisch	k.A.		k.A.		k.A.		k.A.		k.A.	
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45		FBH 35/28		FBH 35/28		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	11,5 kW	10.105 €	7,1 kW	9.593 €	8,3 kW	-	8,9 kW	-	11,5 kW	10.105 €
45/35°C	kW Heizlast	11,5 kW	-	7,1 kW	-	8,3 kW	-	8,9 kW	-	11,5 kW	-
35/28°C	m ² Wohnfläche	301,5 m ²	-	301,5 m ²	-	301,5 m ²	18.378 €	301,5 m ²	18.378 €	301,5 m ²	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	2.032 €	1	-	1	-	1	-	1	-
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.658 €	1	3.658 €	1	-	1	-	1	3.658 €
Bohrung WP Sole	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	8,9 kW	10.949 €	-	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	11,5 kW	2.224 €
	Summe Heizung, TWE		19.655 €		19.027 €		33.363 €		45.571 €		36.117 €
Art der Nutzung Solarthermie											
solare TWE	m ² Nutzfläche	407,0 m ²	9.414 €	solare TWE und HU	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	407,0 m ²	-	407,0 m^{2}	-	407,0 m^{2}	-	407,0 m^{2}	-	407,0 m^{2}	-
	Summe Solarthermie		9.414 €		14.427 €		14.427 €		14.427 €		14.427 €
Art der Lüftung (Wohngebäude)											
Abluftanlage											
Abluftanlage Wohngebäude											
EFH, ZFH	je Gebäude	1	2.540 €	1	-	1	-	1	2.540 €	1	2.540 €
MFH	je Wohneinheit	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
ZuAbluftanlage WRG 90 Wohngebäude											
EFH/ZFH	m ² Wohnfläche	301,5 m ²	-	301,5 m ²	17.337 €	301,5 m ²	17.337 €	301,5 m ²	-	301,5 m ²	-
MFH	m ² Wohnfläche	301,5 m ²	-	301,5 m^{2}	-	301,5 m^{2}	-	301,5 m^{2}	-	301,5 m^{2}	-
Lüftungsanlage optimiert (bedarfsgeführt)	je Wohneinheit	1	-	1	508 €	1	-	1	-	1	-
	Summe Lüftungsanlage Wohngebäude		2.540 €		17.845 €		17.337 €		2.540 €		2.540 €

C 4.4 Doppelhaushälfte Süd, unbeheizter Keller

Tabelle C-73: Energetische Auswertungen DHH Süd, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 40 %; H_T' Ref

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit f _{p, Strom} = 1,8)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet						
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 77 kWh/(m ² a)	-1%	30,8 kWh/(m ² a)	-60%	30,7 kWh/(m ² a)	-60%	30,8 kWh/(m ² a)	-60%	24,7 kWh/(m ² a)	-68%	
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 30,808 kWh/(m ² a)	148%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-20%	
Transmissionswärme H _T '	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 0,376 kWh/(m ² a)	0,375 W/(m ² K)	0%	0,181 W/(m ² K)	-52%	0,208 W/(m ² K)	-45%	0,235 W/(m ² K)	-38%	0,375 W/(m ² K)	-0%

Energiekenntwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet				
nur Wohngebäude: Nutzenergie Heizung $Q_{h,b}$	6.774 kWh/a	1.267 kWh/a	-81%	2.076 kWh/a	-69%	4.924 kWh/a	-27%	4.735 kWh/a	-30%
Nutzenergie Warmwasser $Q_{w,b}$	1.387 kWh/a	1.387 kWh/a	0%	1.387 kWh/a	0%	1.387 kWh/a	0%	1.387 kWh/a	0%
Endenergie Wärme $Q_t, \text{Wärme}$	11.581 kWh/a	3.482 kWh/a	-70%	2.086 kWh/a	-82%	2.350 kWh/a	-80%	16.151 kWh/a	39%
Endenergie Hilfsenergie $Q_t, \text{Hilfenergie}$	647 kWh/a	912 kWh/a	41%	737 kWh/a	14%	478 kWh/a	-26%	607 kWh/a	-6%
CO ₂ -Emissionen	2.993 kg/a	1.292 kg/a	-57%	1.541 kg/a	-49%	1.544 kg/a	-48%	687 kg/a	-77%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch	18,1 kg/(m ² a)	7,8 kg/(m ² a)	9,3 kg/(m ² a)	9,3 kg/(m ² a)	4,2 kg/(m ² a)	4,084 kWh/a	-68%		
Primärenergiebedarf Q_p	12.640 kWh/a	5.093 kWh/a	-60%	5.080 kWh/a	-60%	5.091 kWh/a	-60%	4.084 kWh/a	-68%

Tabelle C-74: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit, DHH Süd, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 40%; H_t^{Ref} , Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		79,3 a	56,7 a	33,4 a	keine
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		140,90 €/m ²	63,70 €/m ²	14,10 €/m ²	keine Angabe
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.029 €/a	1.240 €/a	4.269 €/a	3.751 €/a	3.624 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.213 €/a	633 €/a	581 €/a	744 €/a	732 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	164 €/a	392 €/a	316 €/a	175 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-4.471 €/a	-5.242 €/a	-4.810 €/a	-4.532 €/a	-4.532 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		771 €/a	340 €/a	61 €/a	1.054 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		56,0 a	34,3 a	22,7 a	keine
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		102,60 €/m ²	18,70 €/m ²	0 €/m ²	keine Angabe
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.029 €/a	1.240 €/a	4.269 €/a	3.751 €/a	3.624 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.514 €/a	828 €/a	686 €/a	795 €/a	782 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	164 €/a	392 €/a	316 €/a	175 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-4.772 €/a	-5.347 €/a	-4.862 €/a	-4.582 €/a	-4.582 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		575 €/a	90 €/a	-190 €/a	995 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		83,8 a	75,8 a	40,6 a	keine
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		145,20 €/m ²	79,60 €/m ²	29,10 €/m ²	keine Angabe
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	3.029 €/a	1.240 €/a	4.269 €/a	3.751 €/a	3.624 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.221 €/a	608 €/a	613 €/a	848 €/a	835 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	164 €/a	392 €/a	316 €/a	175 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-4.479 €/a	-5.275 €/a	-4.915 €/a	-4.635 €/a	-4.635 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		796 €/a	436 €/a	156 €/a	1.010 €/a

Tabelle C-75: Merkmale und Kosten DHH Süd, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 40%; H_t^{Ref}

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Investitionsmehrkosten baulich		absolut	spezifisch	absolut	spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		20.618 €	124,7 €/m ²	16.145 €	97,6 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		7.209 €	43,6 €/m ²	-271 €	-1,6 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		1.016 €	6,1 €/m ²	1.016 €	6,1 €/m ²
Energiekosteneinsparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		28.843 €	174,4 €/m ²	16.891 €	102,1 €/m ²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		528 €/a	3,19 €/(m ² a)	324 €/a	1,96 €/(m ² a)
		142 €/a	0,86 €/(m ² a)	76 €/a	0,4607 €/(m ² a)
Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger					
Endenergie Strom Normaltarif	0,298 €/kWh	647 kWh/a	192,7 €/a	912 kWh/a	271,9 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,248 €/kWh	-	-	737 kWh/a	219,6 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,075 €/kWh	11.581 kWh/a	868,6 €/a	3.482 kWh/a	2.086 kWh/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,051 €/kWh	-	-	261,1 €/a	517,2 €/a
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)					
		1.061,2 €/a	-49,8%	533,0 €/a	-30,6%
				736,8 €/a	-31,7%
				725,3 €/a	-5,3%
					1.004,6 €/a

Merkmale und Kosten Bautechnik	Fläche	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
		U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)											
Außenwand	96,20 m ²	0,28 W/(m ² K)	16.839 €	0,12 W/(m ² K)	21.281 €	0,15 W/(m ² K)	19.803 €	0,17 W/(m ² K)	19.028 €	0,28 W/(m ² K)	16.839 €
Fenster Fassade	21,70 m ²	1,30 W/(m ² K)	5.251 €	0,80 W/(m ² K)	8.624 €	0,80 W/(m ² K)	8.624 €	0,95 W/(m ² K)	8.624 €	1,30 W/(m ² K)	5.251 €
Außentür	2,10 m ²	1,80 W/(m ² K)	1.042 €	1,30 W/(m ² K)	650 €	1,80 W/(m ² K)	1.042 €	1,80 W/(m ² K)	1.042 €	1,80 W/(m ² K)	1.042 €
Schrägdach	74,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	12.164 €	0,10 W/(m ² K)	16.369 €	0,13 W/(m ² K)	14.735 €	0,14 W/(m ² K)	14.270 €	0,20 W/(m ² K)	12.164 €
Fenster Dach	2,70 m ²	1,20 W/(m ² K)	1.029 €	0,80 W/(m ² K)	2.022 €	1,00 W/(m ² K)	1.757 €	1,20 W/(m ² K)	1.029 €	1,20 W/(m ² K)	1.029 €
Flachdach											
Kehlbalkendecke											
oberste Geschossdecke	45,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	7.963 €	0,10 W/(m ² K)	9.715 €	0,13 W/(m ² K)	9.055 €	0,17 W/(m ² K)	8.362 €	0,20 W/(m ² K)	7.963 €
Kellerdecke	85,50 m ²	0,35 W/(m ² K)	11.151 €	0,12 W/(m ² K)	15.772 €	0,14 W/(m ² K)	14.943 €	0,15 W/(m ² K)	14.574 €	0,35 W/(m ² K)	11.151 €
Keller Außenwand											
Keller Innenwand											
Keller Boden an Erdreich											
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K)	0 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,05 W/(m ² K)	0 €
Hüllfläche:	327 m ²		0 €	Differenz Kosten	20.618 €	Differenz Kosten	16.145 €	Differenz Kosten	13.115 €	Differenz Kosten	0 €
(Gesamt-)Investionskosten baulich			55.439 €		76.057 €		71.584 €		68.554 €		55.439 €
Merkmale und Kosten Anlagentechnik		Bezugsgröße		Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole	
		Bezugsgröße		Bezugsgröße		Bezugsgröße		Bezugsgröße		Bezugsgröße	
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ			GasBW	3.696 €	GasBW	3.647 €	WP Luft+TWW	8.919 €	WP Sole+TWW	12.787 €
	kW thermisch			5,3 kW		3,4 kW		4,0 kW		5,3 kW	19.384 €
	kW elektrisch			k.A.		k.A.		k.A.		k.A.	
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45		FBH 35/28		FBH 35/28		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	5,3 kW	5.988 €	3,4 kW	5.794 €	3,7 kW	-	4,0 kW	-	5,3 kW	5.988 €
45/35°C	kW Heizlast	5,3 kW	-	3,4 kW	-	3,7 kW	-	4,0 kW	-	5,3 kW	-
35/28°C	m ² Wohnfläche	122,5 m ²	-	122,5 m ²	-	122,5 m ²	7.469 €	122,5 m ²	7.469 €	122,5 m ²	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	2.032 €	1	-	1	-	1	-	1	-
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.251 €	1	3.251 €	1	-	1	-	1	3.251 €
Bohrung WP Sole											
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	4,0 kW	5.382 €	-	-
	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	5,3 kW	1.021 €
	Summe Heizung, TWE		14.967 €		14.723 €		16.388 €		25.637 €		29.645 €
Art der Nutzung Solarthermie											
solare TWE	m ² Nutzfläche	165,4 m ²	6.197 €	solare TWE und HU		keine		keine		keine	
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	165,4 m ²	-	165,4 m^{2}	-	165,4 m^{2}	-	165,4 m^{2}	-	165,4 m^{2}	-
	Summe Solarthermie		6.197 €		8.636 €	8.636 €		165,4 m ²	-	165,4 m ²	-
Art der Lüftung (Wohngebäude)											
Abluftanlage											
Abluftanlage Wohngebäude											
EFH, ZFH	je Gebäude	1	2.540 €	1	-	1	-	1	2.540 €	1	2.540 €
MFH	je Wohneinheit	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
ZuAbluftanlage WRG 90 Wohngebäude											
EFH/ZFH	m ² Wohnfläche	122,5 m ²	-	122,5 m ²	7.046 €	122,5 m ²	7.046 €	122,5 m ²	-	122,5 m ²	-
MFH	m ² Wohnfläche	122,5 m ²	-	122,5 m^{2}	-	122,5 m^{2}	-	122,5 m^{2}	-	122,5 m^{2}	-
Lüftungsanlage optimiert (bedarfsgeführt)	je Wohneinheit	1	-	1	508 €	1	-	1	-	1	-
	Summe Lüftungsanlage Wohngebäude		2.540 €		7.554 €		7.046 €		2.540 €		2.540 €

C 4.5 Reihenmittelhaus, beheizter Keller

Tabelle C-76: Energetische Auswertungen RMH, beheizter Keller, Niveau Q_p 40 %; H_{T'} Ref

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit $f_{p, Strom} = 1,8$)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet						
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 56,3 kWh/(m ² a)	-1%	24,4 kWh/(m ² a)	-57%	23,3 kWh/(m ² a)	-59%	22,5 kWh/(m ² a)	-60%	17,1 kWh/(m ² a)	-70%	
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 22,528 kWh/(m ² a)	147%	8%	3%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-24%	
Transmissionswärme H _{T'}	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 0,35 kWh/(m ² a)	0,349 W/(m ² K)	0%	0,178 W/(m ² K)	-49%	0,178 W/(m ² K)	-49%	0,205 W/(m ² K)	-41%	0,349 W/(m ² K)	-0%

Energiekenntwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet				
nur Wohngebäude: Nutzenergie Heizung $Q_{h,b}$	7.197 kWh/a	1.257 kWh/a	-83%	1.683 kWh/a	-77%	2.052 kWh/a	-71%	3.870 kWh/a	-46%
Nutzenergie Warmwasser $Q_{w,b}$	1.835 kWh/a	1.835 kWh/a	0%	1.835 kWh/a	0%	1.835 kWh/a	0%	1.835 kWh/a	0%
Endenergie Wärme Q_t , Wärme	13.331 kWh/a	4.187 kWh/a	-69%	2.445 kWh/a	-82%	2.174 kWh/a	-84%	17.602 kWh/a	32%
Endenergie Hilfsenergie Q_t , Hilfsenergie	779 kWh/a	1.248 kWh/a	60%	944 kWh/a	21%	1.102 kWh/a	41%	680 kWh/a	-13%
CO ₂ -Emissionen	3.465 kg/a	1.636 kg/a	-53%	1.851 kg/a	-47%	1.789 kg/a	-48%	759 kg/a	-78%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch	13,2 kg/(m ² a)	6,2 kg/(m ² a)		7,1 kg/(m ² a)		6,8 kg/(m ² a)		2,9 kg/(m ² a)	
Primärenergiebedarf Q_p	14.612 kWh/a	6.395 kWh/a	-56%	6.101 kWh/a	-58%	5.897 kWh/a	-60%	4.484 kWh/a	-69%

Tabelle C-77: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit, RMH, beheizter Keller, Niveau Q_p 40%; H_t' Ref, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		92,7 a Anf. n. erf.!	82,7 a Anf. n. erf.!	91,5 a	keine
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		120,40 €/m ²	86,80 €/m ²	105,70 €/m ²	keine Angabe
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	2.748 €/a	1.545 €/a	4.294 €/a	3.916 €/a	4.101 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.407 €/a	664 €/a	744 €/a	896 €/a	876 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	164 €/a	392 €/a	316 €/a	316 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-4.384 €/a		-5.429 €/a	-5.128 €/a	-5.293 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		1.045 €/a	744 €/a	909 €/a	893 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		64,6 a Anf. n. erf.!	49,4 a Anf. n. erf.!	55,5 a	keine
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		93,20 €/m ²	54,30 €/m ²	73,00 €/m ²	keine Angabe
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	2.748 €/a	1.545 €/a	4.294 €/a	3.916 €/a	4.101 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.754 €/a	881 €/a	874 €/a	958 €/a	936 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	164 €/a	392 €/a	316 €/a	316 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-4.731 €/a		-5.559 €/a	-5.190 €/a	-5.353 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		828 €/a	459 €/a	622 €/a	811 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		99,7 a Anf. n. erf.!	> 100 a Anf. n. erf.!	> 100 a	keine
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		124,20 €/m ²	98,80 €/m ²	117,40 €/m ²	keine Angabe
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	2.748 €/a	1.545 €/a	4.294 €/a	3.916 €/a	4.101 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	1.418 €/a	628 €/a	789 €/a	999 €/a	151 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	228 €/a	164 €/a	392 €/a	88 €/a	316 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-4.394 €/a		-5.475 €/a	-5.254 €/a	-5.416 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		1.080 €/a	860 €/a	1.022 €/a	845 €/a

Tabelle C-78: Merkmale und Kosten RMH, beheizter Keller, Niveau Q_p 40%; H_t' Ref

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Investitionsmehrkosten baulich		absolut	spezifisch	absolut	spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		18.526 €	70,7 €/m ²	18.526 €	59,9 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		12.448 €	47,5 €/m ²	6.710 €	25,6 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		1.016 €	3,9 €/m ²	1.016 €	3,9 €/m ²
Energiekosteneinsparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		31.991 €	122,1 €/m ²	26.252 €	100,2 €/m ²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		546 €/a	2,08 €/(m ² a)	344 €/a	1,31 €/(m ² a)
		142 €/a	0,54 €/(m ² a)	76 €/a	0,29 €/(m ² a)
Investitionskosten, Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger		absolut	spezifisch	absolut	spezifisch
Endenergie Strom Normaltarif	0,298 €/kWh	779 kWh/a	232,1 €/a	1.248 kWh/a	371,8 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,248 €/kWh	-	-	944 kWh/a	281,3 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,075 €/kWh	13.331 kWh/a	999,8 €/a	4.187 kWh/a	314,0 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,051 €/kWh	-	-	-	-
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)			1.231,9 €/a	-44,3%	685,8 €/a
				-27,9%	887,7 €/a
				-29,6%	867,6 €/a
				-10,7%	1.100,4 €/a

Merkmale und Kosten Bautechnik	Fläche	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet		
		U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)												
Außenwand	51,00 m ²	0,28 W/(m ² K)	8.927 €	0,12 W/(m ² K)	11.282 €	0,12 W/(m ² K)	11.282 €	0,15 W/(m ² K)	10.498 €	0,28 W/(m ² K)	8.927 €	
Fenster Fassade	20,90 m ²	1,30 W/(m ² K)	5.058 €	0,80 W/(m ² K)	8.306 €	0,80 W/(m ² K)	8.306 €	0,95 W/(m ² K)	8.306 €	1,30 W/(m ² K)	5.058 €	
Außentür	2,10 m ²	1,80 W/(m ² K)	1.042 €	1,80 W/(m ² K)	1.042 €	1,80 W/(m ² K)	1.042 €	1,80 W/(m ² K)	1.042 €	1,80 W/(m ² K)	1.042 €	
Schrägdach	40,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	6.575 €	0,10 W/(m ² K)	8.848 €	0,10 W/(m ² K)	8.848 €	0,12 W/(m ² K)	8.237 €	0,20 W/(m ² K)	6.575 €	
Fenster Dach	4,00 m ²	1,20 W/(m ² K)	1.524 €	0,80 W/(m ² K)	2.996 €	0,80 W/(m ² K)	2.996 €	1,00 W/(m ² K)	2.604 €	1,20 W/(m ² K)	1.524 €	
Flachdach												
Kehlbalkendecke												
oberste Geschossdecke	45,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	7.963 €	0,10 W/(m ² K)	9.715 €	0,10 W/(m ² K)	9.715 €	0,10 W/(m ² K)	9.715 €	0,20 W/(m ² K)	7.963 €	
Kellerdecke												
Keller Außenwand												
Keller Innenwand												
Keller Boden an Erdreich	28,00 m ²	0,35 W/(m ² K)	3.652 €	0,12 W/(m ² K)	5.165 €	0,12 W/(m ² K)	5.165 €	0,14 W/(m ² K)	4.894 €	0,35 W/(m ² K)	3.652 €	
Wärmebrücken	79,36 m ²	0,35 W/(m ² K)	10.350 €	0,02 W/(m ² K)	14.639 €	0,12 W/(m ² K)	14.639 €	0,14 W/(m ² K)	13.870 €	0,35 W/(m ² K)	10.350 €	
(Gesamt-)Investionskosten baulich	Hüllfläche:	270 m ²	0 €	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	
			45.091 €		18.526 €	63.617 €		18.526 €	63.617 €	15.700 €	60.791 €	
											0 €	45.091 €

Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
		Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	3.700 €	GasBW	3.659 €	WP Luft+TWW	9.185 €	WP Sole+TWW	12.892 €	Pellet+TWW	19.402 €
	kW thermisch	5,4 kW		3,9 kW		3,9 kW		4,1 kW		5,4 kW	
	kW elektrisch	k.A.		k.A.		k.A.		k.A.		k.A.	
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45		FBH 35/28		FBH 35/28		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	5,4 kW	6.499 €	3,9 kW	6.331 €	3,9 kW	-	4,1 kW	-	5,4 kW	6.499 €
45/35°C	kW Heizlast	5,4 kW	-	3,9 kW	-	3,9 kW	-	4,1 kW	-	5,4 kW	-
35/28°C	m ² Wohnfläche	194,1 m ²	-	194,1 m ²	-	194,1 m ²	11.835 €	194,1 m ²	11.835 €	194,1 m ²	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	2.032 €	1	-	1	-	1	-	1	-
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.658 €	1	3.658 €	1	-	1	-	1	3.658 €
Bohrung WP Sole	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	4,1 kW	5.550 €	-	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	5,4 kW	1.050 €
Summe Heizung, TWE		15.889 €		15.679 €		21.020 €		30.277 €		30.277 €	30.609 €
Art der Nutzung Solarthermie											
solare TWE	m ² Nutzfläche	262,1 m ²	7.554 €	solare TWE und HU	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	262,1 m ²	-	262,1 m ²	-	262,1 m ²	-	262,1 m ²	-	262,1 m ²	-
Summe Solarthermie		7.554 €		11.079 €		11.079 €		262,1 m ²		262,1 m ²	
Art der Lüftung (Wohngebäude)	Abluftanlage			Zu/Abluftanlage optimiert		Zu/Abluftanlage optimiert		Zu/Abluftanlage		Abluftanlage	
Abluftanlage Wohngebäude											
EFH, ZFH	je Gebäude	1	2.540 €	1	-	1	-	1	-	1	2.540 €
MFH	je Wohneinheit	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
ZuAbluftanlage WRG 90 Wohngebäude											
EFH/ZFH	m ² Wohnfläche	194,1 m ²	-	194,1 m ²	11.165 €	194,1 m ²	11.165 €	194,1 m ²	11.165 €	194,1 m ²	-
MFH	m ² Wohnfläche	194,1 m ²	-	194,1 m ²	-	194,1 m ²	-	194,1 m ²	-	194,1 m ²	-
Lüftungsanlage optimiert (bedarfsgeführt)	je Wohneinheit	1	-	1	508 €	1	508 €	1	-	1	-
Summe Lüftungsanlage Wohngebäude		2.540 €		11.673 €		11.673 €		11.165 €		11.165 €	2.540 €

C 4.6 Mehrfamilienhaus klein, unbeheizter Keller

Tabelle C-79: Energetische Auswertungen MFH klein, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 40 %; H_{T'} Ref

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit I _{p, Strom} = 1,8)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet						
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 61,4 kWh/(m ² a)	-1%	25,2 kWh/(m ² a)	-59%	24,5 kWh/(m ² a)	-60%	24,5 kWh/(m ² a)	-60%	17,7 kWh/(m ² a)	-71%	
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 24,568 kWh/(m ² a)	147%	3%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-0%	-28%	
Transmissionswärme H _{T'}	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 0,428 kWh/(m ² a)	0,428 W/(m ² K)	0%	0,222 W/(m ² K)	-48%	0,235 W/(m ² K)	-45%	0,234 W/(m ² K)	-45%	0,428 W/(m ² K)	0%

Energiekenntwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet				
nur Wohngebäude: Nutzenergie Heizung $Q_{h,b}$	14.985 kWh/a	2.171 kWh/a	-86%	3.124 kWh/a	-79%	8.216 kWh/a	-45%	9.581 kWh/a	-36%
Nutzenergie Warmwasser $Q_{w,b}$	5.609 kWh/a	5.609 kWh/a	0%	5.609 kWh/a	0%	5.609 kWh/a	0%	5.609 kWh/a	0%
Endenergie Wärme $Q_t, \text{Wärme}$	26.774 kWh/a	8.327 kWh/a	-69%	4.844 kWh/a	-82%	5.274 kWh/a	-80%	35.398 kWh/a	32%
Endenergie Hilfsenergie $Q_t, \text{Hilfenergie}$	1.242 kWh/a	2.049 kWh/a	65%	1.603 kWh/a	29%	1.173 kWh/a	-6%	1.025 kWh/a	-17%
CO ₂ -Emissionen	6.783 kg/a	3.017 kg/a	-56%	3.520 kg/a	-48%	3.520 kg/a	-48%	1.338 kg/a	-80%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch	14,3 kg/(m ² a)	6,4 kg/(m ² a)		7,4 kg/(m ² a)		7,4 kg/(m ² a)		2,8 kg/(m ² a)	
Primärenergiebedarf Q_p	28.768 kWh/a	11.941 kWh/a	-58%	11.605 kWh/a	-60%	11.605 kWh/a	-60%	8.400 kWh/a	-71%

Tabelle C-80: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit MFH klein, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 40 %; H_T^{Ref} , Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		94,4 a Anf. n. erf.!	> 100 a	55,9 a	> 100 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		118,40 €/m ²	116,50 €/m ²	63,80 €/m ²	45,50 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	6.513 €/a	2.724 €/a	9.237 €/a	8.945 €/a	2.097 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	2.729 €/a	1.380 €/a	1.349 €/a	1.035 €/a	1.057 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	489 €/a	515 €/a	1.003 €/a	423 €/a	912 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-9.732 €/a		-11.590 €/a		-11.551 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		1.858 €/a	1.820 €/a	972 €/a	717 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		62,5 a Anf. n. erf.!	61,5 a	37,0 a	> 100 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		88,40 €/m ²	80,50 €/m ²	27,40 €/m ²	34,30 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	6.513 €/a	2.724 €/a	9.237 €/a	8.945 €/a	2.097 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	3.420 €/a	1.822 €/a	1.598 €/a	1.609 €/a	1.632 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	489 €/a	515 €/a	1.003 €/a	423 €/a	912 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-10.422 €/a		-11.839 €/a		-11.668 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		1.417 €/a	1.246 €/a	397 €/a	551 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		> 100 a Anf. n. erf.!	> 100 a	70,1 a	> 100 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A_N		122,40 €/m ²	130,20 €/m ²	76,60 €/m ²	39,30 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	6.513 €/a	2.724 €/a	9.237 €/a	8.945 €/a	2.097 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	2.737 €/a	1.315 €/a	1.422 €/a	805 €/a	829 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	489 €/a	515 €/a	1.003 €/a	423 €/a	912 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-9.739 €/a		-11.662 €/a		-11.789 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		1.923 €/a	2.050 €/a	1.200 €/a	618 €/a

Tabelle C-81: Merkmale und Kosten MFH klein, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 40 %; H_T^{Ref}

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Investitionsmehrkosten baulich		absolut	spezifisch	absolut	spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		43.353 €	91,5 €/m ²	37.331 €	78,8 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		15.867 €	33,5 €/m ²	18.969 €	40,1 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		2.286 €	4,8 €/m ²	2.286 €	4,8 €/m ²
Energiekosteneinsparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		61.506 €	129,9 €/m ²	58.586 €	123,7 €/m ²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		1.143 €/a	2,41 €/(m ² a)	699 €/a	1,48 €/(m ² a)
		447 €/a	0,94 €/(m ² a)	368 €/a	0,7766 €/(m ² a)
Energiekosten	Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger				
Endenergie Strom Normaltarif	0,298 €/kWh	1.242 kWh/a	370,1 €/a	2.049 kWh/a	610,7 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,248 €/kWh	-	-	1.603 kWh/a	4.844 kWh/a
Endenergie fossil (Gas)	0,075 €/kWh	26.774 kWh/a	2.008,0 €/a	8.327 kWh/a	624,6 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,051 €/kWh	-	-	-	-
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)			2.378,2 €/a	-48,1%	1.235,2 €/a
				-29,4%	1.679,0 €/a
				-30,3%	1.657,6 €/a
				-11,2%	2.110,7 €/a

Merkmale und Kosten Bautechnik	Fläche	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
		U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)											
Außenwand	171,40 m ²	0,28 W/(m ² K)	30.001 €	0,12 W/(m ² K)	37.916 €	0,13 W/(m ² K)	36.956 €	0,12 W/(m ² K)	37.916 €	0,28 W/(m ² K)	30.001 €
Fenster Fassade	96,10 m ²	1,30 W/(m ² K)	23.256 €	0,80 W/(m ² K)	38.190 €	0,80 W/(m ² K)	38.190 €	0,80 W/(m ² K)	38.190 €	1,30 W/(m ² K)	23.256 €
Außentür	2,50 m ²	1,80 W/(m ² K)	1.240 €	1,80 W/(m ² K)	1.240 €	1,80 W/(m ² K)	1.240 €	1,80 W/(m ² K)	1.240 €	1,80 W/(m ² K)	1.240 €
Schrägdach											
Fenster Dach											
Flachdach	188,50 m ²	0,20 W/(m ² K)	41.037 €	0,10 W/(m ² K)	49.730 €	0,12 W/(m ² K)	47.309 €	0,14 W/(m ² K)	45.274 €	0,20 W/(m ² K)	41.037 €
Kehlbalkendecke											
oberste Geschossdecke											
Kellerdecke	188,50 m ²	0,35 W/(m ² K)	24.585 €	0,12 W/(m ² K)	34.771 €	0,15 W/(m ² K)	32.130 €	0,12 W/(m ² K)	34.771 €	0,35 W/(m ² K)	24.585 €
Keller Außenwand											
Keller Innenwand											
Keller Boden an Erdreich											
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K)	0 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,05 W/(m ² K)	0 €
Hüllfläche:	647 m ²										
(Gesamt-)Investionskosten baulich			0 €	120.120 €	Differenz 43.353 €	Kosten 163.473 €	Differenz 37.331 €	Kosten 157.451 €	Differenz 38.897 €	Kosten 159.017 €	Differenz 0 €
Merkmale und Kosten Anlagentechnik											
Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
		Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	3.916 €	GasBW	3.784 €	WP Luft+TWW	15.719 €	WP Sole+TWW	16.195 €	Pellet+TWW	20.384 €
	kW thermisch	13,6 kW		8,6 kW		8,9 kW		8,9 kW		13,6 kW	
	kW elektrisch	k.A.		k.A.		k.A.		k.A.		k.A.	
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45		FBH 35/28		FBH 35/28		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	13,6 kW	12.294 €	8,6 kW	11.729 €	8,9 kW	-	8,9 kW	-	13,6 kW	12.294 €
45/35°C	kW Heizlast	13,6 kW	-	8,6 kW	-	8,9 kW	-	8,9 kW	-	13,6 kW	-
35/28°C	m ² Wohnfläche	394,7 m ²		394,7 m ²		394,7 m ²	24.059 €	394,7 m ²	24.059 €	394,7 m ²	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	2.032 €	1	-	1	-	1	-	1	-
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.251 €	1	3.251 €	1	-	1	-	1	3.251 €
Bohrung WP Sole											
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	8,9 kW	10.870 €	-	-
	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	13,6 kW	2.631 €
	Summe Heizung, TWE		21.493 €		20.795 €		39.778 €		51.124 €		38.560 €
Art der Nutzung Solarthermie											
solare TWE	m ² Nutzfläche	473,6 m ²	10.221 €	solare TWE und HU	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	473,6 m ²	-	473,6 m ²	-	473,6 m ²	-	473,6 m ²	-	473,6 m ²	-
	Summe Solarthermie		10.221 €		15.880 €		15.880 €		473,6 m²		473,6 m²
Art der Lüftung (Wohngebäude)											
Abluftanlage											
Abluftanlage Wohngebäude											
EFH, ZFH	je Gebäude	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
MFH	je Wohneinheit	6	12.192 €	6	-	6	-	6	12.192 €	6	12.192 €
ZuAbluftanlage WRG 90 Wohngebäude											
EFH/ZFH	m ² Wohnfläche	394,7 m ²	-	394,7 m ²	-	394,7 m ²	-	394,7 m ²	-	394,7 m ²	-
MFH	m ² Wohnfläche	394,7 m ²	-	394,7 m ²	20.049 €	394,7 m ²	20.049 €	394,7 m ²	-	394,7 m ²	-
Lüftungsanlage optimiert (bedarfsgeführt)	je Wohneinheit	6	-	6	3.048 €	6	3.048 €	6	3.048 €	6	3.048 €
	Summe Lüftungsanlage Wohngebäude		12.192 €		23.097 €		23.097 €		15.240 €		12.192 €

C 4.7 Mehrfamilienhaus groß, unbeheizter Keller

Tabelle C-82: Energetische Auswertungen MFH groß, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 40 %; H_{T'} Ref

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit $f_{p, Strom} = 1,8$)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet	
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 63,1 kWh/(m ² a)	-5%	25,1 kWh/(m ² a)	-60%	25,2 kWh/(m ² a)	-60%
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 25,24 kWh/(m ² a)	137%	-1%		-0%	-38%
Transmissionswärme H _{T'}	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 0,415 kWh/(m ² a)	0,415 W/(m ² K)	0%	0,221 W/(m ² K)	-47%	-37%

Energiekennwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet		
nur Wohngebäude: Nutzenergie Heizung $Q_{h,b}$	125.881 kWh/a	20.107 kWh/a	-84%	107.082 kWh/a	-15%	107.925 kWh/a	-14%
Nutzenergie Warmwasser $Q_{w,b}$	42.643 kWh/a	42.643 kWh/a	0%	42.643 kWh/a	0%	42.643 kWh/a	0%
Endenergie Wärme $Q_{t,Wärme}$	217.163 kWh/a	69.838 kWh/a	-68%	47.570 kWh/a	-78%	259.169 kWh/a	19%
Endenergie Hilfsenergie $Q_{t,Hilfenergie}$	7.182 kWh/a	14.668 kWh/a	104%	5.690 kWh/a	-21%	6.387 kWh/a	-11%
CO ₂ -Emissionen	53.435 kg/a	23.932 kg/a	-55%	29.080 kg/a	-46%	9.189 kg/a	-83%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch	14,0 kg/(m ² a)	6,3 kg/(m ² a)		7,6 kg/(m ² a)		2,4 kg/(m ² a)	
Primärenergiebedarf Q_o	228.134 kWh/a	95.610 kWh/a	-58%	95.869 kWh/a	-58%	59.491 kWh/a	-74%

Tabelle C-83: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit MFH groß, unbeheizter Keller, Niveau Q_p 40 %; H_T'_{Ref}, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		76,2 a		27,5 a	37,4 a
Deckungfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N		89,80 €/m ²		0 €/m ²	5,40 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	44.730 €/a	Veränderung absolut 18.675 €/a	63.405 €/a		Veränderung absolut 7.123 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	21.269 €/a	10.712 €/a	10.556 €/a	51.853 €/a	3.494 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	1.935 €/a	3.356 €/a	5.291 €/a	13.618 €/a	48.224 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-67.934 €/a		-79.252 €/a	-111 €/a	3.150 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		11.319 €/a		-639 €/a	345 €/a
					-67.294 €/a
					-68.623 €/a
					689 €/a

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		51,6 a		17,3 a	23,1 a
Deckungfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N		59,70 €/m ²		0 €/m ²	0 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	44.730 €/a	Veränderung absolut 18.675 €/a	63.405 €/a		Veränderung absolut 7.123 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	26.811 €/a	14.216 €/a	12.595 €/a	51.853 €/a	3.494 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	1.935 €/a	3.356 €/a	5.291 €/a	14.555 €/a	48.224 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-73.476 €/a		-81.291 €/a	-111 €/a	3.873 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		7.815 €/a		-5.244 €/a	21.937 €/a
					2.280 €/a
					-72.441 €/a
					-1.034 €/a

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 30 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		82,5 a		36,9 a	30,3 a
Deckungfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N		94,10 €/m ²		11,00 €/m ²	0,60 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	44.730 €/a	Veränderung absolut 18.675 €/a	63.405 €/a		Veränderung absolut 7.123 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	21.209 €/a	10.150 €/a	11.059 €/a	51.853 €/a	3.494 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	1.935 €/a	3.356 €/a	5.291 €/a	15.530 €/a	48.224 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-67.874 €/a		-79.755 €/a	-111 €/a	3.806 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		11.881 €/a		1.332 €/a	21.403 €/a
					2.280 €/a
					-67.907 €/a
					33 €/a

Tabelle C-84: Merkmale und Kosten MFH groß, unbeheizter Keller, Niveau Q_D 40 %; H_T' Ref.

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: Gas-BW	V2: WP Luft	V3: WP Sole	V4: Pellet	
Investitionsmehrkosten baulich		absolut 251.089 €	spezifisch 65,9 €/m ²		absolut 25.883 €	spezifisch 6,8 €/m ²
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		123.132 €	32,3 €/m ²	200.434 €	52,6 €/m ²	
Investitionsmehrkosten Fachplanung		10.922 €	2,9 €/m ²	10.922 €	2,9 €/m ²	
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		385.142 €	101,1 €/m ²	237.239 €	62,2 €/m ²	
Energiekostensparnis (+) Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		8.819 €/a	2,31 €/(m ² a)	4.934 €/a	1,29 €/(m ² a)	
Wartungsmehrkosten (+) /-minderkosten (-) im ersten Jahr		2.916 €/a	0,77 €/(m ² a)	-97 €/a	0 €/(m ² a)	
Energiekosten	<i>Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger</i>					
Endenergie Strom Normaltarif	0,298 €/kWh	7.182 kWh/a	2.140,2 €/a	14.668 kWh/a	4.370,9 €/a	
Endenergie Strom WP-Tarif	0,248 €/kWh	-	-	-	-	
Endenergie fossil (Gas)	0,075 €/kWh	217.163 kWh/a	16.287,2 €/a	69.838 kWh/a	5.237,8 €/a	
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,051 €/kWh	-	-	-	-	
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		18.427,4 €/a	-47,9%	9.608,8 €/a	-26,8%	
				13.493,1 €/a	13.217,6 €/a	
					-17,9%	
					15.120,9 €/a	

Merkmale und Kosten Bautechnik		Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)	Fläche	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten			U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten
Außenwand	2.197,00 m ²	0,28 W/(m ² K)	384.556 €	0,12 W/(m ² K)	486.007 €			0,26 W/(m ² K)	389.343 €	0,28 W/(m ² K)	384.556 €
Fenster Fassade	522,00 m ²	1,30 W/(m ² K)	126.324 €	0,80 W/(m ² K)	207.443 €			0,95 W/(m ² K)	145.795 €	1,30 W/(m ² K)	126.324 €
Außentür	37,00 m ²	1,80 W/(m ² K)	18.352 €	1,80 W/(m ² K)	18.352 €			1,80 W/(m ² K)	18.352 €	1,80 W/(m ² K)	18.352 €
Schrägdach											
Fenster Dach											
Flachdach	1.001,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	217.922 €	0,14 W/(m ² K)	240.420 €			0,20 W/(m ² K)	217.922 €	0,20 W/(m ² K)	217.922 €
Kehlbalkendecke											
oberste Geschossdecke											
Kellerdecke	1.001,00 m ²	0,35 W/(m ² K)	130.554 €	0,14 W/(m ² K)	174.951 €			0,35 W/(m ² K)	130.554 €	0,35 W/(m ² K)	130.554 €
Keller Außenwand											
Keller Innenwand											
Keller Boden an Erdreich											
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K)	0 €	0,02 W/(m ² K)	1.626 €			0,02 W/(m ² K)	1.626 €	0,05 W/(m ² K)	0 €
(Gesamt-)Investionskosten baulich	Hüllfläche:	4.758 m ²	Kosten 0 €	Differenz 877.709 €	Kosten 251.089 €			Differenz 25.883 €	Kosten 903.592 €	Differenz 0 €	Kosten 877.709 €

Merkmale und Kosten Anlagentechnik		Bezugsgröße		Bezug: Gas-BW		V1: Gas-BW		V2: WP Luft		V3: WP Sole		V4: Pellet	
		Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger													
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	12.634 €	GasBW	9.561 €			WP Sole+TWW	68.932 €	Pellet+TWW	81.806 €		
	kW thermisch	91,6 kW		60,9 kW				79,6 kW		91,6 kW			
	kW elektrisch	k.A.		k.A.				k.A.		k.A.			
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45				FBH 35/28		HK 55/45			
55/45°C	kW Heizlast	91,6 kW	104.538 €	60,9 kW	100.351 €			79,6 kW	-	91,6 kW	104.538 €		
45/35°C	kW Heizlast	91,6 kW	-	60,9 kW	-			79,6 kW	-	91,6 kW	-		
35/28°C	m ² Wohnfläche	3.176,0 m ²	-	3.176,0 m ²	-			3.176,0 m ²	193.609 €	3.176,0 m ²	-		
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	2.032 €	1	2.032 €			1	-	1	-		
Schornstein	je Gebäudetyp	5	4.064 €	5	4.064 €			5	-	5	4.064 €		
Bohrung WP Sole	kW Heizlast	-	-	-	-			79,6 kW	81.500 €	-	-		
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-			-	-	91,6 kW	17.682 €		
	Summe Heizung, TWE		123.267 €		116.008 €					344.041 €		208.090 €	
Art der Nutzung Solarthermie													
solare TWE	m ² Nutzfläche	3.811,2 m ²	40.660 €	solare TWE und HU				keine		keine			
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	3.811,2 m ²	-	3.811,2 m ²	-			3.811,2 m ²	-	3.811,2 m ²	-		
	Summe Solarthermie		40.660 €		70.670 €			3.811,2 m ²	-	3.811,2 m ²	-		
Art der Lüftung (Wohngebäude)													
Abluftanlage Wohngebäude													
EFH, ZFH	je Gebäude	1	-	1	-			1	-	1	-		
MFH	je Wohneinheit	40	81.280 €	40	-			40	81.280 €	40	81.280 €		
Zu Abluftanlage WRG 90 Wohngebäude													
EFH/ZFH	m ² Wohnfläche	3.176,0 m ²	-	3.176,0 m ²	-			3.176,0 m ²	-	3.176,0 m ²	-		
MFH	m ² Wohnfläche	3.176,0 m ²	-	3.176,0 m ²	161.341 €			3.176,0 m ²	-	3.176,0 m ²	-		
Lüftungsanlage optimiert (bedarfsgeführt)	je Wohneinheit	40	-	40	20.320 €			40	20.320 €	40	-		
	Summe Lüftungsanlage Wohngebäude		81.280 €		181.661 €			40	20.320 €	101.600 €		81.280 €	

C 5 Nichtwohngebäude, Niveau Q_p 75 % Ü 80 %

C 5.1 Büro klein, nicht gekühlt

Tabelle C-85: Energetische Auswertungen Büro klein, nicht gekühlt, Niveau Q_p 75 % Ü 80 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit f _{p,Strom} = 1,8)		Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW					
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 141,4 kWh/(m ² a)	139,6 kWh/(m ² a)	-1%	105,3 kWh/(m ² a)	-26%	105,6 kWh/(m ² a)	-25%	87,7 kWh/(m ² a)	-38%	99,9 kWh/(m ² a)	-29%
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 106,08 kWh/(m ² a)										
opak	Anf. Niveau = 0,28 W/(m ² K)	0,229 W/(m ² K)	-18%	0,202 W/(m ² K)	-28%	0,205 W/(m ² K)	-27%	0,280 W/(m ² K)	0%	0,280 W/(m ² K)	0%
	Anf. EnEV 2014 = 0,35 W/(m ² K)		-35%		-42%		-41%		-20%		-20%
transparent	Anf. Niveau = 1,5 W/(m ² K)	1,300 W/(m ² K)	-13%	1,300 W/(m ² K)	-13%	1,300 W/(m ² K)	-13%	1,300 W/(m ² K)	-13%	1,300 W/(m ² K)	-13%
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m ² K)		-32%		-32%		-32%		-32%		-32%
Ü-Werte											
Vorhangsfassade	Anf. Niveau = 1,5 W/(m ² K)	-		-		-		-		-	
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m ² K)										
Glasdach	Anf. Niveau = 2,5 W/(m ² K)	-		-		-		-		-	
	Anf. EnEV 2014 = 3,1 W/(m ² K)										
Energiekennwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante		Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW					
Nutzenergie Warmwasser Q _{w,b}		-		0%	-	0%	-	0%	-	0%	
Endenergie Wärme Q _{l,Wärme}		176.840 kWh/a	164.735 kWh/a	-7%	98.822 kWh/a	-44%	49.680 kWh/a	-72%	190.582 kWh/a	8%	
Endenergie Beleuchtung		30.498 kWh/a	30.498 kWh/a	-	30.498 kWh/a	-	30.498 kWh/a	-	30.498 kWh/a	-	
Endenergie Kühlung		-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Endenergie Belüftung		898 kWh/a	673 kWh/a	-25%	673 kWh/a	-25%	673 kWh/a	-25%	673 kWh/a	-25%	
Endenergie Hilfsenergie Q _{l,Hilfsenergie}		1.266 kWh/a	1.835 kWh/a	45%	780 kWh/a	-38%	841 kWh/a	-34%	2.240 kWh/a	77%	
Primärenergiebedarf Q _p		234.038 kWh/a	176.539 kWh/a	-25%	176.983 kWh/a	-24%	147.046 kWh/a	-37%	167.385 kWh/a	-28%	
CO ₂ -Emissionen		41.011 kg/a	38.561 kg/a	-6%	54.383 kg/a	33%	27.584 kg/a	-33%	5.416 kg/a	-87%	
CO ₂ -Emissionen, spezifisch		24,5 kg/(m ² a)	23,0 kg/(m ² a)		32,4 kg/(m ² a)		16,5 kg/(m ² a)		3,2 kg/(m ² a)		

Tabelle C-86: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit Büro klein, nicht gekühlt, Niveau Q_p 75 % Ü 80 %, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		> 100 a	46,3 a	keine	22,8 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N		22,30 €/m ²	17,50 €/m ²	keine Angabe	1,50 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	23.181 €/a	1.913 €/a	25.094 €/a	2.536 €/a	25.717 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	20.718 €/a	766 €/a	19.952 €/a	1.164 €/a	19.553 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	737 €/a	714 €/a	1.452 €/a	68 €/a	806 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-44.636 €/a		-46.497 €/a		-46.076 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		1.861 €/a	1.440 €/a	4.138 €/a	116 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		> 100 a	26,3 a	80,4 a	16,0 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N		20,50 €/m ²	6,70 €/m ²	33,80 €/m ²	0 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	23.181 €/a	1.913 €/a	25.094 €/a	2.536 €/a	25.717 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	23.321 €/a	903 €/a	22.419 €/a	1.997 €/a	21.324 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	737 €/a	714 €/a	1.452 €/a	68 €/a	806 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-47.240 €/a		-48.965 €/a		-47.848 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		1.725 €/a	608 €/a	2.811 €/a	-231 €/a

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW 22,50 €/m ²	V2: WP Luft + Gas-BW 25,40 €/m ²	V3: WP Sole keine keine Angabe	V4: Pellet + Gas-BW 0,40 €/m ²
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		> 100 a	> 100 a	keine	20,4 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N		22,50 €/m ²	25,40 €/m ²	keine Angabe	0,40 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	23.181 €/a	1.913 €/a	25.094 €/a	2.536 €/a	25.717 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	21.205 €/a	742 €/a	20.463 €/a	484 €/a	20.721 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	737 €/a	714 €/a	1.452 €/a	68 €/a	806 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-45.124 €/a		-47.009 €/a		-47.244 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		1.885 €/a	2.120 €/a	5.397 €/a	17 €/a

Tabelle C-87: Merkmale und Kosten Büro klein, nicht gekühlt, Niveau Q_P 75 % Ü 80 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Investitionsmehrkosten baulich		absolut spezifisch	absolut spezifisch	absolut spezifisch	absolut spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		13.388 € 8,0 €/m ²	30.766 € 18,4 €/m ²	-8.970 € -5,4 €/m ²	-8.970 € -5,4 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		19.569 € 11,7 €/m ²	19.273 € 11,5 €/m ²	107.564 € 64,2 €/m ²	18.871 € 11,3 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		0 € 0,0 €/m ²	0 € 0,0 €/m^{2}	0 € 0,0 €/m^{2}	0 € 0,0 €/m^{2}
Energiekostensparens (+) / Energiekostenhöhe (-) im ersten Jahr		32.957 € 19,7 €/m ²	50.039 € 29,9 €/m ²	98.594 € 58,8 €/m ²	9.900 € 5,9 €/m ²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		677 €/a 0,40 €/(m ² a)	441 €/a 0,26 €/(m ² a)	-507 €/a -0,30 €/(m ² a)	988 €/a 0,59 €/(m ² a)
Energiekosten	Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger				
Endenergie Strom Normaltarif	0,250 €/kWh	32.662 kWh/a	8.179,2 €/a	32.013 kWh/a	8.016,6 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,238 €/kWh	-	-	26.623 kWh/a	11.814,6 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,063 €/kWh	176.840 kWh/a	11.145,4 €/a	72.199 kWh/a	4.550,3 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,043 €/kWh	-	-	-	-
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		19.324,5 €/a	-3,5%	18.647,9 €/a	-2,3%
				18.883,1 €/a	2,6%
				19.831,2 €/a	-5,1%
					18.335,5 €/a
Merkmale und Kosten Bautechnik	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)	Fläche	U-Wert Kosten	U-Wert Kosten	U-Wert Kosten	U-Wert Kosten
Außenwand	951,50 m ²	0,28 W/(m ² K) 139.956 €	0,28 W/(m ² K) 139.956 €	0,28 W/(m ² K) 139.956 €	0,36 W/(m ² K) 136.320 €
Vorhangfassade					
Sandwich-Elemente					
Fenster Fassade	616,10 m ²	1,30 W/(m ² K) 125.291 €	1,30 W/(m ² K) 125.291 €	1,00 W/(m ² K) 144.602 €	1,30 W/(m ² K) 125.291 €
Trapezdach					
Lichtband					
Flachdach	591,00 m ²	0,20 W/(m ² K) 108.121 €	0,16 W/(m ² K) 114.816 €	0,17 W/(m ² K) 112.882 €	0,24 W/(m ² K) 103.740 €
Kehlbalkendecke					
oberste Geschosdecke					
Kellerdecke					
Boden an Erdreich	591,00 m ²	0,35 W/(m ² K) 64.774 €	0,24 W/(m ² K) 71.466 €	0,24 W/(m ² K) 71.466 €	0,38 W/(m ² K) 63.820 €
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K) 0 €	0,05 W/(m^{2}K) 0 €	0,05 W/(m^{2}K) 0 €	0,05 W/(m^{2}K) 0 €
(Gesamt-)Investitionskosten baulich	Hüllfläche:	2.750 m ²	Kosten 0 €	Differenz 13.388 €	Kosten 438.141 €
			Kosten 451.529 €	Differenz 30.766 €	Kosten 468.907 €
				Differenz -8.970 €	Kosten 429.171 €
					Differenz -8.970 € Kosten 429.171 €

Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
		Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	9.298 €	BHKW	19.976 €	WP Luft	15.489 €	WP Sole	46.745 €	Pellet	15.840 €
	kW thermisch	75,4 kW k.A.		14,8 kW		13,6 kW k.A.		78,8 kW k.A.		15,8 kW k.A.	
	kW elektrisch			4,8 kW							
2. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	7.878 €	GasBW	7.459 €					GasBW	8.230 €
	kW thermisch	-		59,1 kW k.A.		54,6 kW k.A.				63,0 kW k.A.	
	kW elektrisch										
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45		HK 45/35		HK 45/35		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	75,4 kW	44.765 €	73,9 kW	44.604 €	68,2 kW		78,8 kW		78,8 kW	45.132 €
45/35°C	kW Heizlast	75,4 kW		73,9 kW		68,2 kW	49.213 €	78,8 kW	50.912 €	78,8 kW	-
35/28°C	m² Wohnfläche	1.523,8 m²		1.523,8 m²		1.523,8 m²		1.523,8 m²		1.523,8 m²	
Luftheritzer	kW Heizlast	75,4 kW		73,9 kW		68,2 kW		78,8 kW		78,8 kW	
Deckenstrahlplatten	kW Heizlast	75,4 kW		73,9 kW		68,2 kW		78,8 kW		78,8 kW	
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	1.708 €	1	1.708 €	1	1.708 €	1	1	1	1.708 €
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.415 €	1	3.415 €	1	3.415 €	1	1	1	3.415 €
Bohrung WP Sole	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	78,8 kW	67.918 €	-	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	15,8 kW	2.557 €
	Summe Heizung, TWE		59.186 €		77.581 €		77.285 €			165.575 €	76.882 €
Art der Nutzung Solarthermie		0		0		0		0		0	
solare TWE	m² Nutzfläche	1.828,6 m²		1.828,6 m²		1.828,6 m²		1.828,6 m²		1.828,6 m²	
solare TWE/HU	m² Nutzfläche	1.828,6 m²		1.828,6 m²		1.828,6 m²		1.828,6 m²		1.828,6 m²	
	Summe Solarthermie		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lüftung Nichtwohngebäude											
Abluftanlage	Art	Abluft		Abluft verb.		Abluft verb.		Abluft verb.		Abluft verb.	
	Volumenstrom [m³]	994,5 m³	7.834 €	994,5 m³	9.009 €	994,5 m³	9.009 €	994,5 m³	9.009 €	994,5 m³	9.009 €
Zu-/Abluftanlage	Art	keine		keine		keine		keine		keine	
	Volumenstrom [m³]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Summe Lüftungsanlage(n) Nichtwohngebäude		7.834 €		9.009 €		9.009 €		9.009 €		9.009 €

C 5.2 Büro groß, gekühlt

Tabelle C-88: Energetische Auswertungen Büro groß, gekühlt, Niveau Q_p 75 % Ū 80 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit $f_{\text{p}, \text{Strom}} = 1,8$)		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 158,4 kWh/(m²a)	155,9 kWh/(m²a)	-2%	117,8 kWh/(m²a)	-26%			107,2 kWh/(m²a)	-32%	118,1 kWh/(m²a)	-25%
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 118,778 kWh/(m²a)		31%		-1%				-10%		-1%
opak	Anf. Niveau = 0,28 W/(m²K)	0,196 W/(m²K)	-30%	0,095 W/(m²K)	-66%			0,279 W/(m²K)	-0%	0,211 W/(m²K)	-25%
	Anf. EnEV 2014 = 0,35 W/(m²K)		-44%		-73%				-20%		-40%
transparent	Anf. Niveau = 1,5 W/(m²K)	-		-				-		-	
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m²K)										
Vorhangsfassade	Anf. Niveau = 1,5 W/(m²K)	1,200 W/(m²K)	-20%	1,000 W/(m²K)	-33%			1,500 W/(m²K)	0%	1,200 W/(m²K)	-20%
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m²K)		-37%		-47%				-21%		-37%
Glasdach	Anf. Niveau = 2,5 W/(m²K)	-		-				-		-	
	Anf. EnEV 2014 = 3,1 W/(m²K)										
Energiekennwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
Nutzenergie Warmwasser Q _{w,b}		-		-	0%	-		-	0%	-	0%
Endenergie Wärme Q _{f,Wärme}		495.748 kWh/a		363.575 kWh/a	-27%			161.962 kWh/a	-67%	519.833 kWh/a	5%
Endenergie Beleuchtung		91.320 kWh/a		91.320 kWh/a				91.320 kWh/a		91.320 kWh/a	
Endenergie Kühlung		69.053 kWh/a		85.650 kWh/a	24%			30.085 kWh/a	-56%	67.400 kWh/a	-2%
Endenergie Belüftung		79.353 kWh/a		68.220 kWh/a	-14%			68.220 kWh/a	-14%	68.220 kWh/a	-14%
Endenergie Hilfsenergie Q _{f,Hilfsenergie}		16.293 kWh/a		26.259 kWh/a	61%			12.919 kWh/a	-21%	14.675 kWh/a	-10%
Primärenergiebedarf Q _p		927.236 kWh/a		700.420 kWh/a	-24%			637.723 kWh/a	-31%	702.522 kWh/a	-24%
CO ₂ -Emissionen		121.927 kg/a		97.232 kg/a	-20%			95.485 kg/a	-22%	19.449 kg/a	-84%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch		20,5 kg/(m²a)		16,3 kg/(m²a)				16,1 kg/(m²a)		3,3 kg/(m²a)	

Tabelle C-89: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit Büro groß, gekühlt, Niveau Q_p 75 % Ü 80 %, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		> 100 a		12,7 a	41,3 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N		93,10 €/m ²		0 €/m ²	18,50 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	213.413 €/a	29.758 €/a	243.171 €/a	2.230 €/a	215.642 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	96.149 €/a	8.321 €/a	87.828 €/a	8.922 €/a	87.227 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	14.196 €/a	6.192 €/a	20.388 €/a	5.400 €/a	19.597 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-323.758 €/a		-351.386 €/a		-322.466 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		27.629 €/a		-1.292 €/a	5.444 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		> 100 a		5,8 a	32,6 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N		87,80 €/m ²		0 €/m ²	13,30 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	213.413 €/a	29.758 €/a	243.171 €/a	2.230 €/a	215.642 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	105.878 €/a	9.810 €/a	96.068 €/a	13.084 €/a	92.794 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	14.196 €/a	6.192 €/a	20.388 €/a	5.400 €/a	19.597 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-333.487 €/a		-359.627 €/a		-328.033 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		26.140 €/a		-5.454 €/a	4.081 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		> 100 a		74,6 a	37,0 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N		93,90 €/m ²		5,60 €/m ²	16,60 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	213.413 €/a	29.758 €/a	243.171 €/a	2.230 €/a	215.642 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	100.840 €/a	8.060 €/a	92.780 €/a	5.998 €/a	94.842 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	14.196 €/a	6.192 €/a	20.388 €/a	5.400 €/a	19.597 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-328.449 €/a		-356.338 €/a		-330.081 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		27.889 €/a		1.632 €/a	4.858 €/a

Tabelle C-90: Merkmale und Kosten Büro groß, gekühlt, Niveau Q_p 75 % Ü 80 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Investitionsmehrkosten baulich		absolut spezifisch			
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		391.118 € 65,8 €/m ²		-333.065 € -56,0 €/m ²	-16.467 € -2,8 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		148.152 € 24,9 €/m ²		441.359 € 74,2 €/m ²	153.698 € 25,8 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		26.033 € 4,4 €/m ²		0 € 0,0 €/m ²	0 € 0,0 €/m ²
Energiekostenersparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		565.303 € 95,0 €/m ²		108.293 € 18,2 €/m ²	137.231 € 23,1 €/m ²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		7.345 €/a 1,23 €/(m ² a)		5.466 €/a 0,92 €/(m ² a)	7.358 €/a 1,24 €/(m ² a)
Energiekosten	Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger	5.642 €/a 0,95 €/(m ² a)		4.921 €/a 0,83 €/(m ² a)	2.158 €/a 0,36 €/(m ² a)
Endenergie Strom Normaltarif	0,250 €/kWh	242.197 kWh/a	60.651,0 €/a	246.130 kWh/a	172.458 kWh/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,238 €/kWh	-	-	61.635,9 €/a	43.187,0 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,063 €/kWh	495.748 kWh/a	31.244,6 €/a	363.576 kWh/a	181.832 kWh/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,043 €/kWh	-	-	22.914,4 €/a	43.242,4 €/a
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		91.895,6 €/a	-8,0%	84.550,4 €/a	-5,9%
				86.429,5 €/a	84.537,5 €/a

Merkmale und Kosten Bautechnik		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)	Fläche	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten
Außenwand	892,40 m ²	0,29 W/(m ² K)	130.365 €	0,12 W/(m ² K)	165.892 €	0,40 W/(m ² K)	126.954 €	0,28 W/(m ² K)	131.263 €		
Vorhangfassade	3.657,60 m ²	1,20 W/(m ² K)	2.257.081 €	1,00 W/(m ² K)	2.424.091 €	1,50 W/(m ² K)	1.973.114 €	1,20 W/(m ² K)	2.257.081 €		
Sandwich-Elemente											
Fenster Fassade											
Trapezdach											
Lichtband											
Flachdach	2.343,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	428.640 €	0,12 W/(m ² K)	494.147 €	0,34 W/(m ² K)	391.205 €	0,24 W/(m ² K)	411.275 €		
Kehlbalkendecke											
oberste Geschosdecke											
Kellerdecke											
Boden an Erdreich	3.265,50 m ²	0,35 W/(m ² K)	357.898 €	0,14 W/(m ² K)	479.606 €	0,40 W/(m ² K)	349.646 €	0,35 W/(m ² K)	357.898 €		
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K)	0 €	0,02 W/(m ² K)	1.366 €	0,05 W/(m ² K)	0 €	0,05 W/(m ² K)	0 €		
Hüllfläche:	10.159 m ²			Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	
(Gesamt-)Investionskosten baulich			0 €	3.173.985 €	391.118 €	3.565.102 €	-333.065 €	2.840.919 €	-16.467 €	3.157.517 €	
Merkmale und Kosten Anlagentechnik		Bezugsgröße		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole	
		Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	28.047 €	BHKW	69.979 €	WP Sole	138.814 €	Pellet	55.307 €		
	kW thermisch	381,2 kW		67,2 kW		314,0 kW		76,7 kW			
	kW elektrisch	k.A.		50,0 kW		k.A.		k.A.			
2. Wärmeerzeuger	Typ	-	-	GasBW	22.106 €	-	-	GasBW	24.186 €		
	kW thermisch	-	-	268,8 kW		-	-	306,7 kW			
	kW elektrisch	k.A.		k.A.		k.A.		k.A.			
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45		HK 45/35		HK 55/45		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	381,2 kW	172.429 €	336,0 kW	166.994 €	314,0 kW	-	383,4 kW	172.693 €		
45/35°C	kW Heizlast	381,2 kW	-	336,0 kW	-	314,0 kW	181.264 €	383,4 kW	-		
35/28°C	m ² Wohnfläche	5.407,5 m ²	-	5.407,5 m^{2}	-	5.407,5 m^{2}	-	5.407,5 m^{2}	-		
Luftheizer	kW Heizlast	381,2 kW	-	336,0 kW	-	314,0 kW	-	383,4 kW	-		
Deckenstrahlplatten	kW Heizlast	381,2 kW	-	336,0 kW	-	314,0 kW	-	383,4 kW	-		
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	1.708 €	1	1.708 €	1	-	1	-	1	1.708 €
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.415 €	1	3.415 €	1	-	1	-	1	3.415 €
Bohrung WPsole	kW Heizlast	-	-	-	-	314,0 kW	237.329 €	-	-	-	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	76,7 kW	12.439 €		
	Summe Heizung, TWE		205.598 €		264.202 €			557.408 €			269.748 €
Art der Nutzung Solarthermie		0	0			0	0				
solare TWE	m ² Nutzfläche	6.489,1 m ²	-	6.489,1 m ²	-	6.489,1 m^{2}	-	6.489,1 m^{2}	-	6.489,1 m^{2}	-
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	6.489,1 m ²	-	6.489,1 m ²	-	6.489,1 m^{2}	-	6.489,1 m^{2}	-	6.489,1 m^{2}	-
	Summe Solarthermie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lüftung Nichtwohngebäude											
Abluftanlage	Art	Abluft		Abluft		Abluft		Abluft		Abluft	
	Volumenstrom [m ³]	5.010,8 m ³	39.473 €	5.010,8 m ³	39.473 €						
Zu-/Abluftanlage	Art	Zu-/Abl. H+K		Zu-/Abl. H+K verb.		Zu-/Abl. H+K verb.		Zu-/Abl. H+K verb.		Zu-/Abl. H+K verb.	
	Volumenstrom [m ³]	33.155,1 m ³	596.992 €	33.155,1 m ³	686.540 €	33.155,1 m ³	686.540 €	33.155,1 m ³	686.540 €	33.155,1 m ³	686.540 €
	Summe Lüftungsanlage(n) Nichtwohngebäude		636.465 €		726.013 €			726.013 €			726.013 €

C 5.3 Kindertagesstätte

Tabelle C-91: Energetische Auswertungen KiTa, Niveau Q_p 75 % Ü 80 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit f _{p,Strom} = 1,8)		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 231 kWh/(m ² a)	223,7 kWh/(m ² a)	-3%	161,3 kWh/(m ² a)	-30%	161,7 kWh/(m ² a)	-30%	86,4 kWh/(m ² a)	-63%	141,3 kWh/(m ² a)	-39%
	%-Werte bezgl. Anforderung Niveau: 173,213 kWh/(m ² a)		29%		-7%		-7%		-50%		-18%
opak	Anf. Niveau = 0,28 W/(m ² K)	0,212 W/(m ² K)	-24%	0,279 W/(m ² K)	-0%	0,279 W/(m ² K)	-0%	0,279 W/(m ² K)	-0%	0,279 W/(m ² K)	-0%
	Anf. EnEV 2014 = 0,35 W/(m ² K)		-39%		-20%		-20%		-20%		-20%
transparent	Anf. Niveau = 1,5 W/(m ² K)	1,300 W/(m ² K)	-13%	1,300 W/(m ² K)	-13%	1,300 W/(m ² K)	-13%	1,300 W/(m ² K)	-13%	1,300 W/(m ² K)	-13%
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m ² K)		-32%		-32%		-32%		-32%		-32%
Ü-Werte	Anf. Niveau = 1,5 W/(m ² K)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vorhangsfassade	Anf. Niveau = 1,9 W/(m ² K)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Glasdach	Anf. Niveau = 2,5 W/(m ² K)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Anf. EnEV 2014 = 3,1 W/(m ² K)										
Energiekennwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
Nutzenergie Warmwasser Q _{w,b}		-	-	0%	-	0%	-	0%	-	-	0%
Endenergie Wärme Q _{r,Wärme}		98.913 kWh/a		97.325 kWh/a	-2%	59.208 kWh/a	-40%	17.817 kWh/a	-82%	106.045 kWh/a	7%
Endenergie Beleuchtung		3.370 kWh/a		3.370 kWh/a	-	3.370 kWh/a	-	3.370 kWh/a	-	3.370 kWh/a	-
Endenergie Kühlung		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Endenergie Belüftung		850 kWh/a		797 kWh/a	-6%	797 kWh/a	-6%	797 kWh/a	-6%	797 kWh/a	-6%
Endenergie Hilfsenergie Q _{r,Hilfsenergie}		1.016 kWh/a		468 kWh/a	-54%	1.083 kWh/a	7%	1.061 kWh/a	4%	827 kWh/a	-19%
Primärenergiebedarf Q _p		107.447 kWh/a		77.456 kWh/a	-28%	77.664 kWh/a	-28%	41.480 kWh/a	-61%	67.849 kWh/a	-37%
CO ₂ -Emissionen		23.107 kg/a		22.445 kg/a	-3%	32.919 kg/a	42%	10.307 kg/a	-55%	2.785 kg/a	-88%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch		48,1 kg/(m ² a)		46,7 kg/(m ² a)		68,5 kg/(m ² a)		21,5 kg/(m ² a)		5,8 kg/(m ² a)	

Tabelle C-92: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit KiTa, Niveau Q_p 75 % Ü 80 %, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung Bundesregierung)		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten				keine		7,2 a		16,9 a		27,9 a	
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N				keine Angabe		0 €/m ²		0 €/m ²		9,30 €/m ²	
Annuität der kapitalgebundenen Kosten		13.550 €/a		628 €/a	14.179 €/a	274 €/a	13.824 €/a	1.782 €/a	15.332 €/a	785 €/a	14.335 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten		8.294 €/a		264 €/a	8.030 €/a	796 €/a	7.499 €/a	2.697 €/a	5.597 €/a	773 €/a	7.521 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten		485 €/a		671 €/a	1.156 €/a	31 €/a	516 €/a	586 €/a	1.071 €/a	211 €/a	695 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen		-22.329 €/a			-23.365 €/a		-21.838 €/a		-22.000 €/a		-22.551 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante				1.036 €/a		-491 €/a		-329 €/a		222 €/a	
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung EU)		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten				keine		4,6 a		11,9 a		20,2 a	
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N				keine Angabe		0 €/m ²		0 €/m ²		0 €/m ²	
Annuität der kapitalgebundenen Kosten		13.550 €/a		628 €/a	14.179 €/a	274 €/a	13.824 €/a	1.782 €/a	15.332 €/a	785 €/a	14.335 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten		9.541 €/a		292 €/a	9.248 €/a	1.220 €/a	8.321 €/a	3.586 €/a	5.955 €/a	988 €/a	8.552 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten		485 €/a		671 €/a	1.156 €/a	31 €/a	516 €/a	586 €/a	1.071 €/a	211 €/a	695 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen		-23.575 €/a			-24.583 €/a		-22.660 €/a		-22.357 €/a		-23.582 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante				1.008 €/a		-915 €/a		-1.218 €/a		7 €/a	

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW keine keine Angabe	V2: WP Luft + Gas-BW 12,2 a 0 €/m²	V3: WP Sole 22,2 a 8,00 €/m²	V4: Pellet + Gas-BW 24,8 a 6,60 €/m²
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten					
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N					
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	13.550 €/a	628 €/a 275 €/a 671 €/a -22.315 €/a	14.179 €/a 8.004 €/a 1.156 €/a -23.339 €/a	13.824 €/a 7.799 €/a 516 €/a -22.139 €/a	15.332 €/a 6.086 €/a 1.071 €/a -22.489 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	8.280 €/a		274 €/a 481 €/a 31 €/a 1.025 €/a		785 €/a 2.194 €/a 586 €/a -176 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	485 €/a				843 €/a 211 €/a 174 €/a 152 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-22.315 €/a				
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante					

Tabelle C-93: Merkmale und Kosten KiTa, Niveau Q_p 75 % Ü 80 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Investitionsmehrkosten baulich		absolut spezifisch	absolut spezifisch	absolut spezifisch	absolut spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		-10.765 € -22,4 €/m²	-10.765 € -22,4 €/m²	-10.765 € -22,4 €/m²	-10.765 € -22,4 €/m²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		13.466 € 28,0 €/m²	17.736 € 36,9 €/m²	63.491 € 132,2 €/m²	16.349 € 34,0 €/m²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		0 € 0,0 €/m²	0 € 0,0 €/m²	0 € 0,0 €/m²	0 € 0,0 €/m²
Energiekostensparnis (+) / Energie Mehrkosten (-) im ersten Jahr		2.702 € 5,6 €/m²	6.971 € 14,5 €/m²	52.726 € 109,8 €/m²	5.584 € 11,6 €/m²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		251 €/a 0,52 €/(m²a)	438 €/a 0,91 €/(m²a)	1.999 €/a 4,16 €/(m²a)	768 €/a 1,60 €/(m²a)
Energiekosten	Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger	612 €/a 1,27 €/(m²a)	28 €/a 0,0584 €/(m²a)	534 €/a 1,11 €/(m²a)	192 €/a 0,40 €/(m²a)
Endenergie Strom Normaltarif	0,250 €/kWh	5.236 kWh/a 1.311,2 €/a	4.634 kWh/a 1.160,5 €/a	5.228 kWh/a 1.309,1 €/a	4.994 kWh/a 1.250,5 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,238 €/kWh	-	-	17.817 kWh/a 4.237,1 €/a	-
Endenergie fossil (Gas)	0,063 €/kWh	98.913 kWh/a 6.234,0 €/a	97.325 kWh/a 6.133,9 €/a	47.416 kWh/a 2.988,4 €/a	48.675 kWh/a 3.067,7 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,043 €/kWh	-	-	-	57.370 kWh/a 2.458,7 €/a
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		7.545,2 €/a -3,3%	7.294,5 €/a -5,8%	7.107,3 €/a -26,5%	5.546,2 €/a -10,2%
Merkmale und Kosten Bautechnik	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)	Fläche	U-Wert Kosten	U-Wert Kosten	U-Wert Kosten	U-Wert Kosten
Außenwand	429,80 m²	0,28 W/(m²K) 63.219 €	0,38 W/(m²K) 61.352 €	0,38 W/(m²K) 61.352 €	0,38 W/(m²K) 61.352 €
Vorhangsfassade					
Sandwich-Elemente					
Fenster Fassade	269,20 m²	1,30 W/(m²K) 54.745 €	1,30 W/(m²K) 54.745 €	1,30 W/(m²K) 54.745 €	1,30 W/(m²K) 54.745 €
Trapezdach					
Lichtband					
Flachdach	592,00 m²	0,20 W/(m²K) 108.304 €	0,28 W/(m²K) 101.153 €	0,28 W/(m²K) 101.153 €	0,28 W/(m²K) 101.153 €
Kehlbalkendecke					
oberste Geschosdecke					
Kellerdecke					
Boden an Erdreich	592,00 m²	0,35 W/(m²K) 64.883 €	0,41 W/(m²K) 63.136 €	0,41 W/(m²K) 63.136 €	0,41 W/(m²K) 63.136 €
Wärmebrücken		0,05 W/(m²K) 0 €	0,05 W/(m²K) 0 €	0,05 W/(m²K) 0 €	0,05 W/(m²K) 0 €
(Gesamt-)Investitionskosten baulich	Hüllfläche:	1.883 m² Kosten 0 € 291.151 €	Differenz -10.765 € Kosten 280.386 €	Differenz -10.765 € Kosten 280.386 €	Differenz -10.765 € Kosten 280.386 €

Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
		Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	5.735 €	BHKW	13.680 €	WP Luft	10.261 €	WP Sole	27.571 €	Pellet	15.255 €
	kW thermisch	37,1 kW k.A.		8,1 kW k.A.		8,1 kW k.A.		40,3 kW k.A.		8,1 kW k.A.	
	kW elektrisch	2,1 kW		2,1 kW							
2. Wärmeerzeuger	Typ	-	-	GasBW	5.212 €	GasBW	5.212 €	-	-	GasBW	5.212 €
	kW thermisch	-	-	32,2 kW k.A.		32,2 kW k.A.		-	-	32,2 kW k.A.	
	kW elektrisch	-	-								
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45		FBH 35/28		FBH 35/28		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	37,1 kW	14.369 €	40,3 kW	14.679 €	40,3 kW	-	40,3 kW	-	40,3 kW	14.679 €
45/35°C	kW Heizlast	37,1 kW	-	40,3 kW	-	40,3 kW	-	40,3 kW	-	40,3 kW	-
35/28°C	m² Wohnfläche	436,6 m²	-	436,6 m²	-	436,6 m²	22.368 €	436,6 m²	22.368 €	436,6 m²	-
Luftheritzer	kW Heizlast	37,1 kW	-	40,3 kW	-	40,3 kW	-	40,3 kW	-	40,3 kW	-
Deckenstrahlplatten	kW Heizlast	37,1 kW	-	40,3 kW	-	40,3 kW	-	40,3 kW	-	40,3 kW	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	1.708 €	1	1.708 €	1	1.708 €	1	1	1	1.708 €
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.415 €	1	3.415 €	1	3.415 €	1	1	1	3.415 €
Bohrung WP Sole	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	40,3 kW	38.779 €	-	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	8,1 kW	1.307 €
	Summe Heizung, TWE		25.227 €		38.694 €		42.964 €		88.718 €		41.577 €
Art der Nutzung Solarthermie		0		0		0		0		0	
solare TWE	m² Nutzfläche	524,0 m²	-	524,0 m²	-	524,0 m²	-	524,0 m²	-	524,0 m²	-
solare TWE/HU	m² Nutzfläche	524,0 m²	-	524,0 m²	-	524,0 m²	-	524,0 m²	-	524,0 m²	-
	Summe Solarthermie		-		-		-		-		-
Lüftung Nichtwohngebäude											
Abluftanlage	Art	Abluft		Abluft		Abluft		Abluft		Abluft	
	Volumenstrom [m³]	941,7 m³	7.418 €	941,7 m³	7.418 €	941,7 m³	7.418 €	941,7 m³	7.418 €	941,7 m³	7.418 €
Zu-/Abluftanlage	Art	keine		keine		keine		keine		keine	
	Volumenstrom [m³]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Summe Lüftungsanlage(n) Nichtwohngebäude		7.418 €		7.418 €		7.418 €		7.418 €		7.418 €

C 5.4 Schule

Tabelle C-94: Energetische Auswertungen Schule, Niveau Q_p 75 % Ü 80 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit f _{0, Strom} = 1,8)		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 84,8 kWh/(m²a)	82,7 kWh/(m²a)	-2%					54,0 kWh/(m²a)	-36%	63,4 kWh/(m²a)	-25%
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 63,6 kWh/(m²a)	30%							-15%		-0%
opak	Anf. Niveau = 0,28 W/(m²K)	0,221 W/(m²K)	-21%					0,279 W/(m²K)	-0%	0,279 W/(m²K)	-0%
	Anf. EnEV 2014 = 0,35 W/(m²K)		-37%						-20%		-20%
transparent	Anf. Niveau = 1,5 W/(m²K)	0,279 W/(m²K)	-81%					1,300 W/(m²K)	-13%	1,300 W/(m²K)	-13%
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m²K)		-85%						-32%		-32%
Vorhangsfassade	Anf. Niveau = 1,5 W/(m²K)	-	-						-		-
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m²K)		-						-		-
Glasdach	Anf. Niveau = 2,5 W/(m²K)	-	-						-		-
	Anf. EnEV 2014 = 3,1 W/(m²K)		-						-		-

Energiekennwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
Nutzenergie Warmwasser Q _{w,b}		-						-	0%	-	0%
Endenergie Wärme Q _{f,Wärme}		784.683 kWh/a						198.767 kWh/a	-75%	865.730 kWh/a	10%
Endenergie Beleuchtung		58.651 kWh/a						58.851 kWh/a	0%	58.651 kWh/a	
Endenergie Kühlung		-						-	-		
Endenergie Belüftung		10.602 kWh/a						10.602 kWh/a		10.602 kWh/a	
Endenergie Hilfsenergie Q _{f,Hilfsenergie}		5.478 kWh/a						4.804 kWh/a	-12%	5.743 kWh/a	5%
Primärenergiebedarf Q _p		862.975 kWh/a						563.490 kWh/a	-35%	661.579 kWh/a	-23%
CO ₂ -Emissionen		181.899 kg/a						111.150 kg/a	-39%	22.182 kg/a	-88%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch		17,4 kg/(m²a)						10,7 kg/(m²a)		2,1 kg/(m²a)	

Tabelle C-95: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit Schule, Niveau Q_P 75 % Ü 80 %, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N				keine keine Angabe	27,3 a 0,80 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten Annuität der bedarfsgebundenen Kosten Annuität der betriebsgebundenen Kosten Annuität der Jahresgesamtzahlungen annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante	167.502 €/a 77.736 €/a 14.048 €/a -259.286 €/a			Veränderung absolut 12.697 €/a 180.198 €/a 923 €/a 76.813 €/a 4.310 €/a 18.358 €/a -275.369 €/a -275.369 €/a 16.083 €/a 404 €/a	Veränderung absolut 1.510 €/a 169.012 €/a 1.714 €/a 76.022 €/a 608 €/a 14.656 €/a -259.690 €/a -259.690 €/a 404 €/a 404 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N				> 100 a 22,00 €/m ²	15,4 a 0 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten Annuität der bedarfsgebundenen Kosten Annuität der betriebsgebundenen Kosten Annuität der Jahresgesamtzahlungen annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante	167.502 €/a 87.275 €/a 14.048 €/a -268.825 €/a			Veränderung absolut 12.697 €/a 180.198 €/a 5.559 €/a 81.715 €/a 4.310 €/a 18.358 €/a -280.272 €/a -280.272 €/a 11.447 €/a -452 €/a	Veränderung absolut 1.510 €/a 169.012 €/a 2.570 €/a 84.705 €/a 608 €/a 14.656 €/a -268.373 €/a -268.373 €/a -452 €/a -452 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N				keine keine Angabe	19,7 a 0 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten Annuität der bedarfsgebundenen Kosten Annuität der betriebsgebundenen Kosten Annuität der Jahresgesamtzahlungen annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante	167.502 €/a 79.804 €/a 14.048 €/a -261.354 €/a			Veränderung absolut 12.697 €/a 180.198 €/a -3.715 €/a 83.519 €/a 4.310 €/a 18.358 €/a -282.075 €/a -282.075 €/a 20.721 €/a -25 €/a	Veränderung absolut 1.510 €/a 169.012 €/a 2.143 €/a 77.662 €/a 608 €/a 14.656 €/a -261.330 €/a -261.330 €/a -25 €/a -25 €/a

Tabelle C-96: Merkmale und Kosten Schule, Niveau Q_P 75 % Ü 80 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Investitionsmehrkosten baulich Investitionsmehrkosten anlagentechnisch Investitionsmehrkosten Fachplanung Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.) Energiekostensparnis (+) Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr				absolut spezifisch -82.436 € -7,9 €/m ² 418.598 € 40,1 €/m ² 0 € 0,0 €/m ² 336.162 € 32,2 €/m ² -3.385 €/a -0,32 €/(m ² a) 3.927 €/a 0,38 €/(m ² a)	absolut spezifisch -82.436 € -7,9 €/m ² 64.625 € 6,2 €/m ² 0 € 0,0 €/m ² -17.811 € -1,7 €/m ² 1.953 €/a 0,19 €/(m ² a) 554 €/a 0,05 €/(m ² a)
Energiekosten Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger	0,250 €/kWh 0,238 €/kWh 0,063 €/kWh 0,043 €/kWh	131.446 kWh/a - 631.635 kWh/a -	32.916,7 €/a - 39.808,9 €/a -		
Endenergie Strom Normaltarif Endenergie Strom WP-Tarif Endenergie fossil (Gas) Endenergie Biomasse (Pellets)				130.812 kWh/a 182.296 kWh/a - -	32.758,0 €/a 43.352,7 €/a - -
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		72.725,7 €/a			4,7% 76.110,7 €/a -2,7% 70.773,0 €/a

Merkmale und Kosten Bautechnik		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)	Fläche	U-Wert	Kosten					U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten
Außentwand	4.752,45 m ²	0,28 W/(m ² K)	699.037 €					0,29 W/(m ² K)	695.523 €	0,29 W/(m ² K)	695.523 €
Vorhangfassade								1,30 W/(m ² K)	574.658 €	1,30 W/(m ² K)	574.658 €
Sandwich-Elemente											
Fenster Fassade	2.825,80 m ²	1,30 W/(m ² K)	574.658 €								
Trapezdach											
Lichtband											
Flachdach	4.267,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	780.627 €					0,35 W/(m ² K)	710.593 €	0,35 W/(m ² K)	710.593 €
Kehlbalkendecke											
oberste Geschosdecke											
Kellerdecke											
Boden an Erdreich	4.267,00 m ²	0,35 W/(m ² K)	467.663 €					0,39 W/(m ² K)	458.774 €	0,39 W/(m ² K)	458.774 €
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K)	0 €					0,05 W/(m ² K)	0 €	0,05 W/(m ² K)	0 €
Hüllfläche:	16.112 m ²		Kosten					Differenz	Kosten	Differenz	Kosten
(Gesamt-)Investitionskosten baulich			0 €	2.521.985 €				-82.436 €	2.439.549 €	-82.436 €	2.439.549 €

Merkmale und Kosten Anlagentechnik		Bezugsgröße		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
		Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten					Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger													
1. Wärmeerzeuger	Typ			GasBW	24.895 €					WP Sole	154.589 €	Pellet	51.649 €
	kW thermisch			320,0 kW						360,0 kW		70,0 kW	
	kW elektrisch			k.A.						k.A.		k.A.	
2. Wärmeerzeuger	Typ			-	-					-	-	GasBW	22.730 €
	kW thermisch			-						-		280,0 kW	
	kW elektrisch			k.A.						k.A.		k.A.	
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45								HK 45/35		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	320,0 kW	259.858 €							360,0 kW		350,0 kW	263.643 €
45/35°C	kW Heizlast	320,0 kW	-							360,0 kW		350,0 kW	-
35/28°C	m ² Wohnfläche	9.486,4 m ²	-							9.486,4 m ²		9.486,4 m ²	-
Luftheritzer	kW Heizlast	320,0 kW	-							360,0 kW		350,0 kW	-
Deckenstrahlplatten	kW Heizlast	320,0 kW	-							360,0 kW		350,0 kW	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	1.708 €							1	-	1	1.708 €
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.415 €							1	-	1	3.415 €
Bohrung WP Sole	kW Heizlast	-	-							360,0 kW	270.463 €	-	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-							-	-	70,0 kW	11.355 €
Summe Heizung, TWE			289.875 €								708.473 €		354.500 €
Art der Nutzung Solarthermie		keine								0	0		
solare TWE	m ² Nutzfläche	11.383,6 m ²	-							11.383,6 m ²	-	11.383,6 m ²	-
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	11.383,6 m ²	-							11.383,6 m ²	-	11.383,6 m ²	-
	Summe Solarthermie	-	-							-	-		
Lüftung Nichtwohngebäude													
Abluftanlage	Art	Abluft								Abluft		Abluft	
	Volumenstrom [m ³]	5.313,0 m ³	41.854 €							5.313,0 m ³	41.854 €	5.313,0 m ³	41.854 €
Zu-/Abluftanlage	Art	Zu-/Abl. H								Zu-/Abl. H		Zu-/Abl. H	
	Volumenstrom [m ³]	50.347,0 m ³	566.594 €							50.347,0 m ³	566.594 €	50.347,0 m ³	566.594 €
Summe Lüftungsanlage(n) Nichtwohngebäude			608.447 €							608.447 €		608.447 €	

C 5.5 Hotel groß, gekühlt

Tabelle C-97: Energetische Auswertungen Hotel groß, gekühlt, Niveau Q_p 75 % Ü 80 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit f _{p,Strom} = 1,8)		Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole + Gas-BW	V4: Pellet + Gas-BW
Primärenergiebedarf Q _{p/A_N}	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 202,7 kWh/(m ² a) %-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 152,025 kWh/(m ² a)	191,6 kWh/(m ² a) -5%	151,9 kWh/(m ² a) -25%		147,6 kWh/(m ² a) -27%	124,0 kWh/(m ² a) -39%
opak	Anf. Niveau = 0,28 W/(m ² K) Anf. EnEV 2014 = 0,35 W/(m ² K)	0,222 W/(m ² K) -21%	0,101 W/(m ² K) -64%		0,278 W/(m ² K) -1%	0,274 W/(m ² K) -2%
transparent	Anf. Niveau = 1,5 W/(m ² K) Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m ² K)	1,300 W/(m ² K) -13%	0,900 W/(m ² K) -40%		1,300 W/(m ² K) -13%	1,300 W/(m ² K) -13%
Ü-Werte	Anf. Niveau = 1,5 W/(m ² K) Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m ² K)	- -32%	- -53%		- -32%	- -32%
Vorhangsfassade	Anf. Niveau = 1,5 W/(m ² K) Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m ² K)	- -	- -		- -	- -
Glasdach	Anf. Niveau = 2,5 W/(m ² K) Anf. EnEV 2014 = 3,1 W/(m ² K)	- -	- -		- -	- -
Energiekennwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante		Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole + Gas-BW	V4: Pellet + Gas-BW
Nutzenergie Warmwasser Q _{w,b}	424.275 kWh/a	424.275 kWh/a 0%		424.275 kWh/a 0%	424.275 kWh/a 0%	424.275 kWh/a 0%
Endenergie Wärme Q _{r,Wärme}	1.069.760 kWh/a	850.932 kWh/a -20%		656.987 kWh/a -39%	1.332.727 kWh/a 25%	
Endenergie Beleuchtung	86.040 kWh/a	86.040 kWh/a		86.040 kWh/a	86.040 kWh/a	
Endenergie Kühlung	112.454 kWh/a	114.125 kWh/a 1%		64.258 kWh/a -43%	111.435 kWh/a -1%	
Endenergie Belüftung	84.283 kWh/a	84.283 kWh/a		84.283 kWh/a	84.283 kWh/a	
Endenergie Hilfsenergie Q _{r,Hilfsenergie}	19.115 kWh/a	18.869 kWh/a -1%		24.422 kWh/a 28%	11.756 kWh/a -38%	
Primärenergiebedarf Q _p	1.654.849 kWh/a	1.311.960 kWh/a -21%		1.274.821 kWh/a -23%	1.070.988 kWh/a -35%	
CO ₂ -Emissionen	254.342 kg/a	204.315 kg/a -20%		372.049 kg/a 46%	35.739 kg/a -86%	
CO ₂ -Emissionen, spezifisch	29,4 kg/(m ² a)	23,7 kg/(m ² a)		43,1 kg/(m ² a)	4,1 kg/(m ² a)	

Tabelle C-98: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit Hotel groß, gekühlt, Niveau Q_p 75 % Ü 80 %, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung Bundesregierung)		Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole + Gas-BW	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten			21,5 a		10,6 a	35,7 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N			5,00 €/m ²		0 €/m ²	6,70 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	109.247 €/a	28.246 €/a	137.493 €/a		8.027 €/a	117.273 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	158.811 €/a	31.843 €/a	126.967 €/a		17.406 €/a	141.405 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	13.030 €/a	5.552 €/a	18.581 €/a		2.325 €/a	15.354 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-281.087 €/a		-283.042 €/a			-274.032 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		1.955 €/a			-7.055 €/a	2.879 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung EU)		Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole + Gas-BW	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten			20,7 a		8,0 a	21,9 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N			0 €/m ²		0 €/m ²	0,40 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	109.247 €/a	28.246 €/a	137.493 €/a		8.027 €/a	117.273 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	176.705 €/a	32.829 €/a	143.876 €/a		22.485 €/a	154.220 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	13.030 €/a	5.552 €/a	18.581 €/a		2.325 €/a	15.354 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-298.981 €/a		-299.950 €/a		969 €/a	-286.848 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante					-12.134 €/a	563 €/a

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW 0 €/m²	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole + Gas-BW 0 €/m²	V4: Pellet + Gas-BW 3,30 €/m²
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		18,7 a		12,8 a	25,3 a
Deckungsfeldeinführung unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N					
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	109.247 €/a	28.246 €/a	137.493 €/a		
Annuität der bedarfsgesetzten Kosten	164.679 €/a	35.702 €/a	128.977 €/a		
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	13.030 €/a	5.552 €/a	18.581 €/a		
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-286.956 €/a		-285.051 €/a		
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		-1.904 €/a		-4.484 €/a	1.368 €/a

Tabelle C-99: Merkmale und Kosten Hotel groß, gekühlt, Niveau Q_P 75 % Ü 80 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole + Gas-BW	V4: Pellet + Gas-BW
Investitionsmehrkosten baulich		absolut	spezifisch		
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		451.130 €	52,2 €/m²		
Investitionsmehrkosten Fachplanung		55.480 €	6,4 €/m²		
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		37.511 €	4,3 €/m²		
Energiekostensparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		544.121 €	63,0 €/m²		
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		32.536 €/a	3,77 €/(m²a)	13.520 €/a	1,57 €/(m²a)
Energiekosten	Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger	5.059 €/a	0,59 €/(m²a)	2.118 €/a	0,25 €/(m²a)
Endenergie Strom Normaltarif	0,250 €/kWh	329.856 kWh/a	82.602,6 €/a	286.406 kWh/a	71.721,8 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,238 €/kWh	-	163.583 kWh/a	134.013 kWh/a	31.870,3 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,063 €/kWh	1.070.521 kWh/a	67.469,8 €/a	522.973 kWh/a	32.960,5 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,043 €/kWh	-	1.214.948 kWh/a	76.572,4 €/a	-
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		150.072,4 €/a	-21,7%	117.536,9 €/a	
				-9,0%	136.552,6 €/a
					-4,0% 144.090,5 €/a
Merkmale und Kosten Bautechnik	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole + Gas-BW	V4: Pellet + Gas-BW
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)	Fläche	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten
Außenwand	2.462,30 m²	0,28 W/(m²K)	362.179 €	0,12 W/(m²K)	457.727 €
Vorhangsfassade				0,30 W/(m²K)	358.781 €
Sandwich-Elemente					0,30 W/(m²K)
Fenster Fassade	1.749,80 m²	1,30 W/(m²K)	355.842 €	0,90 W/(m²K)	584.345 €
Trapezdach				1,30 W/(m²K)	355.842 €
Lichtband					1,30 W/(m²K)
Flachdach	1.884,30 m²	0,20 W/(m²K)	344.724 €	0,10 W/(m²K)	417.742 €
Kehlbalkendecke				0,35 W/(m²K)	313.797 €
oberste Geschosdecke					0,35 W/(m²K)
Kellerdecke					
Boden an Erdreich	1.740,80 m²	0,35 W/(m²K)	190.791 €	0,16 W/(m²K)	243.486 €
Wärmebrücken		0,05 W/(m²K)	0 €	0,02 W/(m²K)	1.366 €
(Gesamt-)Investitionskosten baulich	Hüllfläche:	7.837 m²	Kosten 0 €	Differenz 451.130 €	Kosten 1.704.666 €
				Differenz -37.134 €	Kosten 1.216.402 €
					Differenz -34.325 €
					Kosten 1.219.211 €

Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole + Gas-BW		V4: Pellet + Gas-BW	
		Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	27.483 €	BHKW	61.034 €			WP Sole+TWW	104.299 €	Pellet+TWW	139.216 €
	kW thermisch	370,0 kW		72,0 kW				160,0 kW		250,0 kW	
	kW elektrisch	k.A.		40,5 kW				k.A.		k.A.	
2. Wärmeerzeuger	Typ	-	-	GasBW	23.170 €			GasBW	18.073 €	GasBW	18.073 €
	kW thermisch	-	-	288,0 kW				200,0 kW		200,0 kW	
	kW elektrisch	k.A.	-	k.A.	-			k.A.	-	k.A.	-
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45				HK 45/35		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	370,0 kW	228.320 €	360,0 kW	227.078 €			360,0 kW		450,0 kW	238.252 €
45/35°C	kW Heizlast	370,0 kW	-	360,0 kW	-			360,0 kW	245.658 €	450,0 kW	-
35/28°C	m² Wohnfläche	7.851,8 m²	-	7.851,8 m²	-			7.851,8 m²	-	7.851,8 m²	-
Luftheritzer	kW Heizlast	370,0 kW	-	360,0 kW	-			360,0 kW	-	450,0 kW	-
Deckenstrahlplatten	kW Heizlast	370,0 kW	-	360,0 kW	-			360,0 kW	-	450,0 kW	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	1.708 €	1	1.708 €			1	-	1	1.708 €
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.415 €	1	3.415 €			1	-	1	3.415 €
Bohrung WP Sole	kW Heizlast	-	-	-	-			160,0 kW	126.405 €	-	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-			-	-	250,0 kW	40.555 €
	Summe Heizung, TWE		260.926 €		316.406 €				494.436 €		441.219 €
Art der Nutzung Solarthermie		solare TWE		solare TWE				solare TWE		0	
solare TWE	m² Nutzfläche	9.422,2 m²	67.673 €	9.422,2 m²	67.673 €			9.422,2 m²	67.673 €	9.422,2 m²	-
solare TWE/HU	m² Nutzfläche	9.422,2 m²	-	9.422,2 m²	-			9.422,2 m²	67.673 €	9.422,2 m²	-
	Summe Solarthermie		67.673 €		67.673 €						
Lüftung Nichtwohngebäude											
Abluftanlage	Art	Abluft		Abluft				Abluft		Abluft	
	Volumenstrom [m³]	444,0 m³	3.498 €	444,0 m³	3.498 €			444,0 m³	3.498 €	444,0 m³	3.498 €
Zu-/Abluftanlage	Art	Zu-/Abl. H+K		Zu-/Abl. H+K				Zu-/Abl. H+K		Zu-/Abl. H+K	
	Volumenstrom [m³]	27.691,0 m³	498.605 €	27.691,0 m³	498.605 €			27.691,0 m³	498.605 €	27.691,0 m³	498.605 €
	Summe Lüftungsanlage(n) Nichtwohngebäude		502.103 €		502.103 €				502.103 €		502.103 €

C 5.6 Verbrauchermarkt

Tabelle C-100: Energetische Auswertungen Verbrauchermarkt, Niveau Q_p 75 % Ū 80 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit $f_{\text{p}, \text{Strom}} = 1,8$)		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 138,2 kWh/(m²a)	137,4 kWh/(m²a)	-1%	103,5 kWh/(m²a)	-25%	99,4 kWh/(m²a)	-28%	103,0 kWh/(m²a)	-25%		
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 103,68 kWh/(m²a)	33%			0%		-4%			-1%	
opak	Anf. Niveau = 0,28 W/(m²K)	0,202 W/(m²K)	-28%			0,156 W/(m²K)	-44%	0,279 W/(m²K)	-0%	0,187 W/(m²K)	-33%
	Anf. EnEV 2014 = 0,35 W/(m²K)		-42%				-55%		-20%		-47%
transparent	Anf. Niveau = 1,5 W/(m²K)	1,300 W/(m²K)	-13%			1,300 W/(m²K)	-13%	1,300 W/(m²K)	-13%	1,300 W/(m²K)	-13%
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m²K)		-32%				-32%		-32%		-32%
Vorhangsfassade	Anf. Niveau = 1,5 W/(m²K)	-	-				-		-		-
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m²K)		-				-		-		-
Glasdach	Anf. Niveau = 2,5 W/(m²K)	-	-				-		-		-
	Anf. EnEV 2014 = 3,1 W/(m²K)		-				-		-		-

Energiekennwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
Nutzenergie Warmwasser Q _{w,b}		-	-					0%	-	0%	-
Endenergie Wärme Q _{f,Wärme}		144.898 kWh/a			70.305 kWh/a	-51%	46.412 kWh/a	-68%	138.765 kWh/a	-4%	
Endenergie Beleuchtung		45.392 kWh/a			45.392 kWh/a				45.392 kWh/a		
Endenergie Kühlung		11.824 kWh/a			12.740 kWh/a	8%	6.825 kWh/a	-42%	12.261 kWh/a	4%	
Endenergie Belüftung		18.355 kWh/a			18.355 kWh/a				18.355 kWh/a		
Endenergie Hilfsenergie Q _{f,Hilfsenergie}		1.363 kWh/a			1.567 kWh/a	15%	1.381 kWh/a	1%	1.261 kWh/a	-7%	
Primärenergiebedarf Q _p		308.188 kWh/a			232.151 kWh/a	-25%	222.954 kWh/a	-28%	231.029 kWh/a	-25%	
CO ₂ -Emissionen		33.781 kg/a			39.242 kg/a	16%	26.095 kg/a	-23%	3.741 kg/a	-89%	
CO ₂ -Emissionen, spezifisch		15,1 kg/(m²a)			17,5 kg/(m²a)				11,6 kg/(m²a)		

Tabelle C-101: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit Verbrauchermarkt, Niveau Q_p 75 % Ü 80 %, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten			32,9 a 21,40 €/m ²	> 100 a 23,30 €/m ²	32,3 a 15,40 €/m ²
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N					
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	48.512 €/a		Veränderung absolut	Veränderung absolut	Veränderung absolut
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	32.256 €/a		5.890 €/a 4.207 €/a	54.402 €/a 28.049 €/a	52.933 €/a 28.794 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	4.408 €/a		625 €/a	5.033 €/a	3.462 €/a 729 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-85.177 €/a			-87.485 €/a	5.137 €/a -86.864 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante			2.308 €/a	2.591 €/a	1.687 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten			25,9 a 11,60 €/m ²	36,9 a 12,20 €/m ²	26,8 a 9,30 €/m ²
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N					
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	48.512 €/a		Veränderung absolut	Veränderung absolut	Veränderung absolut
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	35.479 €/a		5.890 €/a 5.179 €/a	54.402 €/a 30.300 €/a	52.933 €/a 31.456 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	4.408 €/a		625 €/a	5.033 €/a	3.422 €/a 729 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-88.399 €/a			-89.735 €/a	5.137 €/a -89.526 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante			1.336 €/a	1.330 €/a	1.127 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten			36,5 a 24,10 €/m ²	keine keine Angabe	30,4 a 13,80 €/m ²
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N					
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	48.512 €/a		Veränderung absolut	Veränderung absolut	Veränderung absolut
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	33.873 €/a		5.890 €/a 3.849 €/a	54.402 €/a 30.024 €/a	52.933 €/a 30.234 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	4.408 €/a		625 €/a	5.033 €/a	3.639 €/a 729 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-86.794 €/a			-89.459 €/a	5.137 €/a -88.304 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante			2.666 €/a	3.657 €/a	1.510 €/a

Tabelle C-102: Merkmale und Kosten Verbrauchermarkt, Niveau Q_p 75 % Ü 80 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Investitionsmehrkosten baulich			absolut spezifisch	absolut spezifisch	absolut spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch			57.707 € 25,7 €/m ²	-49.071 € -21,9 €/m ²	12.269 € 5,5 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung			44.311 € 19,8 €/m ²	117.973 € 52,6 €/m ²	43.901 € 19,6 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)			10.215 € 4,6 €/m ²	0 € 0,0 €/m ²	10.215 € 4,6 €/m ²
Energiekostenersparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr			112.234 € 50,0 €/m ²	68.903 € 30,7 €/m ²	66.386 € 29,6 €/m ²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr			3.508 €/a 1,56 €/(m ² a)	418 €/a 0,19 €/(m ² a)	3.317 €/a 1,48 €/(m ² a)
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)	Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger	82.860 kWh/a 20.749,8 €/a	569 €/a 0,2538 €/(m ² a)	1.104 €/a 0,49 €/(m ² a)	664 €/a 0,30 €/(m ² a)
Endenergie Strom Normaltarif	0,250 €/kWh		78.531 kWh/a 19.665,7 €/a	78.043 kWh/a 19.543,5 €/a	77.596 kWh/a 19.431,6 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,238 €/kWh		15.525 kWh/a 3.692,1 €/a	45.864 kWh/a 10.907,2 €/a	- -
Endenergie fossil (Gas)	0,063 €/kWh	160.551 kWh/a 10.118,8 €/a	63.513 kWh/a 4.002,9 €/a	- -	78.292 kWh/a 4.934,4 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,043 €/kWh	-	-	-	74.339 kWh/a 3.186,0 €/a

Merkmale und Kosten Bautechnik		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW		
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)		Fläche	U-Wert	Kosten		U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	
Außenwand		972,20 m ²	0,28 W/(m ² K)	143.001 €		0,16 W/(m ² K)	164.721 €	0,30 W/(m ² K)	141.659 €	0,20 W/(m ² K)	153.968 €	
Vorhangfassade						1,30 W/(m ² K)	6.752 €	1,30 W/(m ² K)	6.752 €	1,30 W/(m ² K)	6.752 €	
Sandwich-Elemente												
Fenster Fassade		33,20 m ²	1,30 W/(m ² K)	6.752 €								
Trapezdach												
Lichtband												
Flachdach		2.520,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	461.022 €		0,19 W/(m ² K)	467.106 €	0,35 W/(m ² K)	419.661 €	0,23 W/(m ² K)	446.259 €	
Kehlbalkendecke												
oberste Geschosdecke												
Kellerdecke												
Boden an Erdreich		2.520,00 m ²	0,35 W/(m ² K)	276.192 €		0,24 W/(m ² K)	304.728 €	0,40 W/(m ² K)	269.823 €	0,28 W/(m ² K)	290.891 €	
Wärmebrücken			0,05 W/(m ² K)	0 €		0,02 W/(m ² K)	1.366 €	0,05 W/(m ² K)	0 €	0,02 W/(m ² K)	1.366 €	
Hüllfläche:		6.045 m ²		Kosten		Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	
(Gesamt-)Investitionskosten baulich			0 €	886.966 €		57.707 €	944.673 €	-49.071 €	837.895 €	12.269 €	899.235 €	
Merkmale und Kosten Anlagentechnik		Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
			Bezugsgröße		Kosten		Bezugsgröße		Kosten		Bezugsgröße	
Erzeuger												
1. Wärmeerzeuger		Typ	GasBW		7.958 €		WP Luft	14.934 €		WP Sole	49.617 €	
		kW thermisch	60,0 kW				k.A.	13,0 kW		85,0 kW	11,0 kW	
		kW elektrisch	k.A.					k.A.		k.A.	k.A.	
2. Wärmeerzeuger		Typ	-		-		GasBW	5.512 €		-	-	
		kW thermisch	-		-		35,0 kW	k.A.		-	44,0 kW	
		kW elektrisch	k.A.				k.A.	k.A.			k.A.	
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)		Art	HK 55/45				HK 45/35	48,0 kW		HK 45/35	HK 55/45	
55/45°C		kW Heizlast	60,0 kW		55.358 €		48,0 kW	85,0 kW		85,0 kW	55,0 kW	
45/35°C		kW Heizlast	60,0 kW		-		48,0 kW	85,0 kW		64.411 €	55,0 kW	
35/28°C		m ² Wohnfläche	2.039,1 m ²				2.039,1 m ²	2.039,1 m ²			2.039,1 m ²	
Luftheritzer		kW Heizlast	60,0 kW		-		48,0 kW	85,0 kW		-	55,0 kW	
Deckenstrahlplatten		kW Heizlast	60,0 kW		-		48,0 kW	85,0 kW		-	55,0 kW	
Gas-Hausanschluss	je Gebäude		1		1.708 €		1	1.708 €		1	1.708 €	
Schornstein	je Gebäudetyp		1		3.415 €		1	3.415 €		1	3.415 €	
Bohrung WP Sole		kW Heizlast	-		-		-	85,0 kW		72.384 €	-	
Brennstofflager Pellets (Neubau)		kW Heizlast	-		-		-	-		-	11,0 kW	
	Summe Heizung, TWE		68.439 €				84.043 €	186.412 €		186.412 €	83.633 €	
Art der Nutzung Solarthermie			0				0	0		0	0	
solare TWE		m ² Nutzfläche	2.446,9 m ²		-		2.446,9 m ²	2.446,9 m ²		2.446,9 m ²	2.446,9 m ²	
solare TWE/HU		m ² Nutzfläche	2.446,9 m ²		-		2.446,9 m ²	2.446,9 m ²		2.446,9 m ²	2.446,9 m ²	
	Summe Solarthermie		-		-		-	-		-	-	
Lüftung Nichtwohngebäude												
Abluftanlage		Art	keine				keine	-		keine	-	
		Volumenstrom [m ³]	-		-		-	-		-	-	
Zu-/Abluftanlage		Art	Zu-/Abl. H+K				Zu-/Abl. H+K verb.	-		Zu-/Abl. H+K	-	
		Volumenstrom [m ³]	8.098,0 m ³		191.379 €		8.098,0 m ³	220.086 €		8.098,0 m ³	191.379 €	
	Summe Lüftungsanlage(n) Nichtwohngebäude		191.379 €				220.086 €	220.086 €		191.379 €	220.086 €	

C 5.7 Fertigungshalle (zentrale Erzeuger)

Tabelle C-103: Energetische Auswertungen Fertigungshalle (zentrale Erzeuger), Niveau Q_p 75 % Ü 80 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit f _{p,Strom} = 1,8)		Bezug: WLE STD		V1: Gas-BW		V2: Pellet		V3: WP Sole		V4: BHKW	
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 116 kWh/(m ² a)	116,0 kWh/(m ² a)	0%	86,1 kWh/(m ² a)	-26%	46,7 kWh/(m ² a)	-60%	65,9 kWh/(m ² a)	-43%	68,3 kWh/(m ² a)	-41%
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 87,03 kWh/(m ² a)		33%		-1%		-46%		-24%		-22%
opak	Anf. Niveau = 0,28 W/(m ² K)		-		-		-		-		-
	Anf. EnEV 2014 = 0,35 W/(m ² K)										
transparent	Anf. Niveau = 1,5 W/(m ² K)		-		-		-		-		-
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m ² K)										
Ü-Werte	Vorhangsfasade	Anf. Niveau = 1,5 W/(m ² K)		-	-		-		-		-
	Glasdach	Anf. Niveau = 2,5 W/(m ² K)		-	-		-		-		-
		Anf. EnEV 2014 = 3,1 W/(m ² K)									
Energiekennwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante		Bezug: WLE STD		V1: Gas-BW		V2: Pellet		V3: WP Sole		V4: BHKW	
Nutzenergie Warmwasser Q _{w,b}		-		-	0%	-	0%	-	0%	-	0%
Endenergie Wärme Q _{r,Wärme}		193.317 kWh/a		125.897 kWh/a	-35%	186.995 kWh/a	-3%	40.977 kWh/a	-79%	162.997 kWh/a	-16%
Endenergie Beleuchtung		39.619 kWh/a		39.619 kWh/a		39.619 kWh/a		39.619 kWh/a		39.619 kWh/a	
Endenergie Kühlung		-		-		-		-		-	
Endenergie Belüftung		-		-		-		-		-	
Endenergie Hilfsenergie Q _{r,Hilfsenergie}		2.232 kWh/a		1.076 kWh/a	-52%	787 kWh/a	-65%	3.560 kWh/a	59%	468 kWh/a	-79%
Primärenergiebedarf Q _p		266.907 kWh/a		198.014 kWh/a	-26%	107.360 kWh/a	-60%	151.480 kWh/a	-43%	157.084 kWh/a	-41%
CO ₂ -Emissionen		45.295 kg/a		29.292 kg/a	-35%	102.529 kg/a	126%	24.317 kg/a	-46%	3.842 kg/a	-92%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch		19,7 kg/(m ² a)		12,7 kg/(m ² a)		44,6 kg/(m ² a)		10,6 kg/(m ² a)		1,7 kg/(m ² a)	

Tabelle C-104: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit Fertigungshalle (zentrale Erzeuger), Niveau Q_p 75 % Ü 80 %, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung Bundesregierung)		Bezug: WLE STD		V1: Gas-BW		V2: Pellet		V3: WP Sole		V4: BHKW	
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten				sofort		16,5 a		30,6 a		keine	
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N				keine Angabe		0 €/m ²		11,30 €/m ²		keine Angabe	
Annuität der kapitalgebundenen Kosten		21.147 €/a		-440 €/a	20.707 €/a	3.734 €/a	24.881 €/a	3.445 €/a	24.592 €/a	1.260 €/a	22.407 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten		24.201 €/a		5.044 €/a	19.158 €/a	4.769 €/a	19.432 €/a	2.599 €/a	21.602 €/a	-2.665 €/a	26.867 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten		1.914 €/a		-1.171 €/a	743 €/a	256 €/a	2.169 €/a	348 €/a	2.262 €/a	-1.224 €/a	690 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen		-47.262 €/a		-6.654 €/a	-40.607 €/a	-780 €/a	-46.482 €/a	1.194 €/a	-48.456 €/a	-2.702 €/a	-49.964 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante											
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung EU)		Bezug: WLE STD		V1: Gas-BW		V2: Pellet		V3: WP Sole		V4: BHKW	
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten				sofort		13,4 a		18,0 a		keine	
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N				keine Angabe		0 €/m ²		0 €/m ²		keine Angabe	
Annuität der kapitalgebundenen Kosten		21.147 €/a		-440 €/a	20.707 €/a	3.734 €/a	24.881 €/a	3.445 €/a	24.592 €/a	1.260 €/a	22.407 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten		27.147 €/a		5.854 €/a	21.293 €/a	5.828 €/a	21.319 €/a	4.166 €/a	22.981 €/a	-3.155 €/a	30.302 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten		1.914 €/a		-1.171 €/a	743 €/a	256 €/a	2.169 €/a	348 €/a	2.262 €/a	-1.224 €/a	690 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen		-50.207 €/a		-7.465 €/a	-42.743 €/a	-1.839 €/a	-48.369 €/a	-373 €/a	-49.835 €/a	3.192 €/a	-53.399 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante											

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: WLE STD	V1: Gas-BW sofort keine Angabe	V2: Pellet 15,8 a 0 €/m²	V3: WP Sole 66,6 a 21,10 €/m²	V4: BHKW keine keine Angabe
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten					
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N					
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	21.147 €/a	-440 €/a 20.707 €/a	3.734 €/a 24.881 €/a	3.445 €/a 24.592 €/a	1.260 €/a 22.407 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	24.870 €/a	4.980 €/a 19.890 €/a	4.973 €/a 19.897 €/a	1.382 €/a 23.488 €/a	-2.568 €/a 27.438 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	1.914 €/a	-1.171 €/a 743 €/a	256 €/a 2.169 €/a	348 €/a 2.262 €/a	-1.224 €/a 690 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-47.931 €/a		-41.340 €/a	-46.947 €/a	
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		-6.591 €/a	-983 €/a	2.411 €/a	2.605 €/a

Tabelle C-105: Merkmale und Kosten Fertigungshalle (zentrale Erzeuger), Niveau Q_P 75 % Ü 80 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: WLE STD	V1: Gas-BW	V2: Pellet	V3: WP Sole	V4: BHKW
Investitionsmehrkosten baulich		absolut spezifisch	absolut spezifisch	absolut spezifisch	absolut spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		881 € 0,4 €/m²	-38.604 € -16,8 €/m²	-38.604 € -16,8 €/m²	-38.604 € -16,8 €/m²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		229 € 0,1 €/m²	70.344 € 30,6 €/m²	138.956 € 60,4 €/m²	39.294 € 17,1 €/m²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		0 € 0,0 €/m²	0 € 0,0 €/m²	0 € 0,0 €/m²	0 € 0,0 €/m²
Energiekostensparensparnis (+) Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		1.110 € 0,5 €/m²	31.740 € 13,8 €/m²	100.352 € 43,6 €/m²	690 € 0,3 €/m²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		4.539 €/a 1,97 €/(m²a)	4.532 €/a 1,97 €/(m²a)	1.260 €/a 0,55 €/(m²a)	-2.340 €/a -1.02 €/(m²a)
Energiekosten	Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger	-1.067 €/a 0 €/(m²a)	233 €/a 0,1012 €/(m²a)	318 €/a 0,14 €/(m²a)	-1.115 €/a 0 €/(m²a)
Endenergie Strom Normaltarif	0,250 €/kWh	41.851 kWh/a	10.480,3 €/a	40.406 kWh/a	10.118,5 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,238 €/kWh			40.406 kWh/a	10.118,5 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,063 €/kWh	193.317 kWh/a	12.183,8 €/a	44.537 kWh/a	10.591,5 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,043 €/kWh				
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		22.664,2 €/a	-20,0%	18.125,5 €/a	-20,0%
			-20,0%	18.132,5 €/a	-5,6%
			-20,0%	21.404,4 €/a	10,3%
			-5,6%	21.404,4 €/a	10,3%
(Gesamt-)Investitionskosten baulich	Hüllfläche:	5.300 m²	Kosten 0 €	458.625 €	Kosten 0 €

Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: WLE STD		V1: Gas-BW		V2: Pellet		V3: WP Sole		V4: BHKW	
		Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ	WLE_STD	26.790 €	GasBW	10.617 €	Pellet	72.517 €	WP Sole	60.784 €	BHKW	32.035 €
	kW thermisch	100,0 kW		91,6 kW		110,0 kW		110,0 kW		33,0 kW	
	kW elektrisch	k.A.		k.A.		k.A.		k.A.		15,0 kW	
2. Wärmeerzeuger	Typ	-	-	-	-	-	-	-	-	GasBW	9.432 €
	kW thermisch	-	-	-	-	-	-	-	-	77,0 kW	
	kW elektrisch	k.A.		k.A.		k.A.		k.A.		k.A.	
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	keine		LH		DSP		LH		DSP	
55/45°C	kW Heizlast	100,0 kW		91,6 kW		110,0 kW		110,0 kW		110,0 kW	
45/35°C	kW Heizlast	-		91,6 kW		110,0 kW		110,0 kW		110,0 kW	
35/28°C	m² Wohnfläche	2.090,9 m²		2.090,9 m²		2.090,9 m²		2.090,9 m²		2.090,9 m²	
Luftheritzer	kW Heizlast	100,0 kW		91,6 kW	16.401 €	110,0 kW		110,0 kW	19.693 €	110,0 kW	
Deckenstrahlplatten	kW Heizlast	100,0 kW		91,6 kW		110,0 kW		110,0 kW		110,0 kW	24.616 €
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	1.708 €	1	1.708 €	1	1.708 €	1	1	1	1.708 €
Schornstein	je Gebäudetyp	-	1	3.415 €	-	1	3.415 €	1	-	1	3.415 €
Bohrung WP Sole	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	110,0 kW	90.391 €	-	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	110,0 kW	-	-	-	-	-
	Summe Heizung, TWE		31.912 €		32.141 €		102.256 €		170.868 €		71.206 €
Art der Nutzung Solarthermie		0		0		0		0		0	
solare TWE	m² Nutzfläche	2.509,1 m²		2.509,1 m²		2.509,1 m²		2.509,1 m²		2.509,1 m²	
solare TWE/HU	m² Nutzfläche	2.509,1 m²		2.509,1 m²		2.509,1 m²		2.509,1 m²		2.509,1 m²	
	Summe Solarthermie		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lüftung Nichtwohngebäude											
Abluftanlage	Art	keine		keine		keine		keine		keine	
	Volumenstrom [m³]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zu-/Abluftanlage	Art	keine		keine		keine		keine		keine	
	Volumenstrom [m³]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Summe Lüftungsanlage(n) Nichtwohngebäude		-	-	-	-	-	-	-	-	-

C 5.8 Fertigungshalle (dezentrale Erzeuger)

Tabelle C-106: Energetische Auswertungen Fertigungshalle (dezentrale Erzeuger), Niveau Q_p 75 % Ü 80 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit $f_{\text{B}, \text{Strom}} = 1,8$)		Bezug: WLE STD		V1: WLE opt. TOP		V2: Hellstrahler TOP		V3: Dunkelstrahler STD		V4: Dunkelstrahler TOP	
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 116 kWh/(m²a)	116,0 kWh/(m²a)	0%	112,3 kWh/(m²a)	-3%	107,8 kWh/(m²a)	-7%	110,1 kWh/(m²a)	-5%	101,4 kWh/(m²a)	-13%
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 116,05 kWh/(m²a)	-	0%	-	-3%	-	-7%	-	-5%	-	-13%
opak	Anf. Niveau = 0,35 W/(m²K)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Anf. EnEV 2014 = 0,35 W/(m²K)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
transparent	Anf. Niveau = 1,9 W/(m²K)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m²K)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ü-Werte	Vorhangsfassade	Anf. Niveau = 1,9 W/(m²K)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m²K)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Glasdach	Anf. Niveau = 3,1 W/(m²K)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Anf. EnEV 2014 = 3,1 W/(m²K)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Energiekennwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante		Bezug: WLE STD		V1: WLE opt. TOP		V2: Hellstrahler TOP		V3: Dunkelstrahler STD		V4: Dunkelstrahler TOP	
Nutzenergie Warmwasser Q _{w,b}	-	-	-	0%	-	0%	-	0%	-	-	0%
Endenergie Wärme Q _{f,Wärme}	193.317 kWh/a	190.702 kWh/a	-1%	184.654 kWh/a	-4%	189.437 kWh/a	-2%	169.401 kWh/a	-12%	-	-
Endenergie Beleuchtung	39.619 kWh/a	35.666 kWh/a	-10%	35.666 kWh/a	-10%	35.666 kWh/a	-10%	35.666 kWh/a	-10%	-	-
Endenergie Kühlung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Endenergie Belüftung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Endenergie Hilfsenergie Q _{f,Hilfsenergie}	2.232 kWh/a	2.794 kWh/a	25%	415 kWh/a	-81%	664 kWh/a	-70%	664 kWh/a	-70%	-	-
Primärenergiebedarf Q _p	266.907 kWh/a	258.213 kWh/a	-3%	247.937 kWh/a	-7%	253.125 kWh/a	-5%	233.269 kWh/a	-13%	-	-
CO ₂ -Emissionen	45.295 kg/a	45.006 kg/a	-1%	101.048 kg/a	123%	103.795 kg/a	129%	4.089 kg/a	-91%	-	-
CO ₂ -Emissionen, spezifisch	19,7 kg/(m²a)	19,6 kg/(m²a)	-	43,9 kg/(m²a)	-	45,1 kg/(m²a)	-	1,8 kg/(m²a)	-	-	-

Tabelle C-107: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit Fertigungshalle (dezentrale Erzeuger), Niveau Q_P 75 % Ü 80 %, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: WLE STD	V1: WLE opt. TOP	V2: Hellstrahler TOP	V3: Dunkelstrahler STD	V4: Dunkelstrahler TOP
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		sofort keine Angabe	sofort keine Angabe	sofort keine Angabe	sofort keine Angabe
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N					
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	21.051 €/a	Veränderung absolut -1.304 €/a	19.747 €/a	Veränderung absolut -1.550 €/a	19.500 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	24.201 €/a	1.041 €/a	23.160 €/a	2.069 €/a	22.133 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	1.801 €/a	281 €/a	2.082 €/a	-656 €/a	1.145 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-47.053 €/a		-44.989 €/a		-42.778 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		-2.064 €/a	-4.275 €/a		-4.628 €/a
					-5.794 €/a

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung EU)	Bezug: WLE STD	V1: WLE opt. TOP	V2: Hellstrahler TOP	V3: Dunkelstrahler STD	V4: Dunkelstrahler TOP
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		sofort keine Angabe	sofort keine Angabe	sofort keine Angabe	sofort keine Angabe
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N					
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	21.051 €/a	Veränderung absolut -1.304 €/a	19.747 €/a	Veränderung absolut -1.550 €/a	19.500 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	27.147 €/a	1.127 €/a	26.020 €/a	2.263 €/a	24.883 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	1.801 €/a	281 €/a	2.082 €/a	-656 €/a	1.145 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-49.999 €/a		-47.849 €/a		-45.529 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		-2.150 €/a	-4.470 €/a		-4.762 €/a
					-6.164 €/a

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: WLE STD	V1: WLE opt. TOP	V2: Hellstrahler TOP	V3: Dunkelstrahler STD	V4: Dunkelstrahler TOP
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		sofort keine Angabe	sofort keine Angabe	sofort keine Angabe	sofort keine Angabe
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N					
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	21.051 €/a	Veränderung absolut -1.304 €/a	19.747 €/a	Veränderung absolut -1.550 €/a	19.500 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	24.870 €/a	1.113 €/a	23.758 €/a	2.185 €/a	22.686 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	1.801 €/a	281 €/a	2.082 €/a	-656 €/a	1.145 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-47.722 €/a		-45.587 €/a		-43.331 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		-2.135 €/a	-4.391 €/a		-4.745 €/a
					-5.884 €/a

Tabelle C-108: Merkmale und Kosten Fertigungshalle (dezentrale Erzeuger), Niveau Q_p 75 % Ü 80 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: WLE STD	V1: WLE opt. TOP	V2: Heißstrahler TOP	V3: Dunkelstrahler STD	V4: Dunkelstrahler TOP
		absolut spezifisch	absolut spezifisch	absolut spezifisch	absolut spezifisch
Investitionsmehrkosten baulich		-48.365 € -21,0 €/m ²	-48.365 € -21,0 €/m^{2}	-48.365 € -21,0 €/m^{2}	-48.365 € -21,0 €/m^{2}
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		4.271 € 1,9 €/m ²	6.859 € 3,0 €/m ²	-1.837 € -0,8 €/m ²	1.553 € 0,7 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		0 € 0,0 €/m ²	0 € 0,0 €/m^{2}	0 € 0,0 €/m^{2}	0 € 0,0 €/m^{2}
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		-44.094 € -19,2 €/m ²	-41.505 € -18,0 €/m ²	-50.202 € -21,8 €/m ²	-46.812 € -20,4 €/m ²
Energiekostenersparnis (+) Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		1.014 €/a 0,44 €/(m ² a)	1.991 €/a 0,87 €/(m ² a)	1.627 €/a 0,71 €/(m ² a)	2.890 €/a 1,26 €/(m ² a)
Wartungsmehrkosten (+) /- minderkosten (-) im ersten Jahr		256 €/a 0,11 €/(m ² a)	-598 €/a 0,26 €/(m ² a)	-842 €/a 0 €/(m ² a)	-757 €/a 0 €/(m ² a)
ENERGIEKOSTEN	Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger				
Endenergie Strom Normaltarif	0,250 €/kWh	41.851 kWh/a	10.480,3 €/a	38.460 kWh/a	9.631,3 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,238 €/kWh			36.082 kWh/a	9.035,6 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,063 €/kWh	193.317 kWh/a	12.183,8 €/a	184.654 kWh/a	11.637,8 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,043 €/kWh	-		189.437 kWh/a	11.939,3 €/a
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		22.664,2 €/a	-4,5%	21.650,3 €/a	-8,8%
				20.673,4 €/a	-7,2%
				21.037,1 €/a	-12,8%
					19.774,3 €/a

Merkmale und Kosten Bautechnik		Bezug: WLE STD		V1: WLE opt. TOP		V2: Hellstrahler TOP		V3: Dunkelstrahler STD		V4: Dunkelstrahler TOP	
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)	Fläche	U-Wert	Kosten								
Außenwand											
Vorhangfassade											
Sandwich-Elemente	1.724,00 m ²	0,28 W/(m ² K)	156.037 €	0,35 W/(m ² K)	147.207 €						
Fenster Fassade	240,00 m ²	1,30 W/(m ² K)	48.807 €								
Trapezdach	2.040,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	115.872 €	0,35 W/(m ² K)	87.742 €	0,35 W/(m ² K)	87.742 €	0,35 W/(m ² K)	87.742 €	0,35 W/(m ² K)	87.742 €
Lichtband	360,00 m ²	2,40 W/(m ² K)	19.715 €	3,10 W/(m ² K)	17.694 €						
Flachdach											
Kehlbalkendecke											
oberste Geschosdecke											
Kellerdecke											
Boden an Erdreich	900,00 m ²	0,35 W/(m ² K)	98.640 €	0,60 W/(m ² K)	89.256 €						
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K)	0 €								
Hüllfläche:	5.300 m ²		Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten
(Gesamt-)Investionskosten baulich		0 €	458.625 €	-48.365 €	410.261 €	-48.365 €	410.261 €	-48.365 €	410.261 €	-48.365 €	410.261 €

Merkmale und Kosten Anlagentechnik		Bezugsgröße		Bezug: WLE STD		V1: WLE opt. TOP		V2: Hellstrahler TOP		V3: Dunkelstrahler STD		V4: Dunkelstrahler TOP	
		Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger													
1. Wärmeerzeuger	Typ	WLE_STD	26.790 €	WLE_opt_TOP	31.060 €	HellS_TOP	33.649 €	DunkelS_STD	26.660 €	DunkelS_TOP	28.343 €		
	kW thermisch	100,0 kW		124,4 kW		124,4 kW		124,4 kW		124,4 kW			
	kW elektrisch	k.A.		k.A.		k.A.		k.A.		k.A.			
2. Wärmeerzeuger	Typ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	kW thermisch	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	kW elektrisch	k.A.		k.A.		k.A.		k.A.		k.A.			
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	keine		keine		keine		keine		keine			
55/45°C	kW Heizlast	100,0 kW	-	124,4 kW	-								
45/35°C	kW Heizlast	100,0 kW	-	124,4 kW	-								
35/28°C	m ² Wohnfläche	2.090,9 m ²	-	2.090,9 m^{2}	-	2.090,9 m^{2}	-	2.090,9 m^{2}	-	2.090,9 m^{2}	-		
Luftheritzer	kW Heizlast	100,0 kW	-	124,4 kW	-								
Deckenstrahlplatten	kW Heizlast	100,0 kW	-	124,4 kW	-								
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	1.708 €	1	1.708 €	1	1.708 €	1	1.708 €	1	1.708 €		
Schornstein	je Gebäudetyp	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
Bohrung WPSoIe	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Summe Heizung, TWE	28.497 €		32.768 €		35.356 €		26.660 €		30.050 €			
Art der Nutzung Solarthermie		0		0		0		0		0			
solare TWE	m ² Nutzfläche	2.509,1 m ²	-	2.509,1 m^{2}	-	2.509,1 m^{2}	-	2.509,1 m^{2}	-	2.509,1 m^{2}	-		
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	2.509,1 m ²	-	2.509,1 m^{2}	-	2.509,1 m^{2}	-	2.509,1 m^{2}	-	2.509,1 m^{2}	-		
	Summe Solarthermie	-		-		-		-		-			
Lüftung Nichtwohngebäude													
Abluftanlage	Art	keine		keine		keine		keine		keine			
	Volumenstrom [m ³]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Zu-/Abluftanlage	Art	keine		keine		keine		keine		keine			
	Volumenstrom [m ³]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Summe Lüftungsanlage(n) Nichtwohngebäude	-		-		-		-		-			

C 6 Nichtwohngebäude, Niveau Q_p 65 % Ü 80 %

C 6.1 Büro klein, nicht gekühlt

Tabelle C-109: Energetische Auswertungen Büro klein, nicht gekühlt, Niveau Q_p 65 % Ü 80 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit f _{p,Strom} = 1,8)		Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW					
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 141,4 kWh/(m ² a)	139,6 kWh/(m ² a)	-1%	90,0 kWh/(m ² a)	-36%	90,0 kWh/(m ² a)	-36%	87,7 kWh/(m ² a)	-38%	89,5 kWh/(m ² a)	-37%
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 90,17 kWh/(m ² a)										
opak	Anf. Niveau = 0,28 W/(m ² K)	0,229 W/(m ² K)	-18%	0,121 W/(m ² K)	-57%	0,098 W/(m ² K)	-65%	0,280 W/(m ² K)	0%	0,208 W/(m ² K)	-26%
	Anf. EnEV 2014 = 0,35 W/(m ² K)		-35%								
transparent	Anf. Niveau = 1,5 W/(m ² K)	1,300 W/(m ² K)	-13%	1,000 W/(m ² K)	-33%	0,800 W/(m ² K)	-47%	1,300 W/(m ² K)	-13%	1,300 W/(m ² K)	-13%
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m ² K)		-32%								
Vorhangsfassade	Anf. Niveau = 1,5 W/(m ² K)	-		-		-		-		-	
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m ² K)										
Glasdach	Anf. Niveau = 2,5 W/(m ² K)	-		-		-		-		-	
	Anf. EnEV 2014 = 3,1 W/(m ² K)										
Energiekennwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante		Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW					
Nutzenergie Warmwasser Q _{w,b}		-		0%	-	0%	-	0%	-	0%	
Endenergie Wärme Q _{l,Wärme}		176.840 kWh/a	128.957 kWh/a	-27%	77.128 kWh/a	-56%	49.080 kWh/a	-72%	160.577 kWh/a	-9%	
Endenergie Beleuchtung		30.498 kWh/a	30.498 kWh/a	-	30.498 kWh/a	-	30.498 kWh/a	-	30.498 kWh/a	-	
Endenergie Kühlung		-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Endenergie Belüftung		898 kWh/a	673 kWh/a	-25%	673 kWh/a	-25%	673 kWh/a	-25%	673 kWh/a	-25%	
Endenergie Hilfsenergie Q _{l,Hilfsenergie}		1.266 kWh/a	1.658 kWh/a	31%	686 kWh/a	-46%	841 kWh/a	-34%	2.120 kWh/a	67%	
Primärenergiebedarf Q _p		234.038 kWh/a	150.825 kWh/a	-36%	150.887 kWh/a	-36%	147.046 kWh/a	-37%	150.093 kWh/a	-36%	
CO ₂ -Emissionen		41.011 kg/a	30.308 kg/a	-26%	42.486 kg/a	4%	27.584 kg/a	-33%	4.690 kg/a	-89%	
CO ₂ -Emissionen, spezifisch		24,5 kg/(m ² a)	18,1 kg/(m ² a)		25,3 kg/(m ² a)		16,5 kg/(m ² a)		2,8 kg/(m ² a)		

Tabelle C-110: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit Büro klein, nicht gekühlt, Niveau Q_p 65 % Ü 80 %, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		36,9 a	51,1 a	keine	19,1 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N		29,30 €/m ²	68,50 €/m ²	keine Angabe	0 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	23.181 €/a	5.294 €/a	28.476 €/a	9.303 €/a	3.742 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	20.718 €/a	3.332 €/a	17.385 €/a	3.645 €/a	703 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	737 €/a	461 €/a	1.198 €/a	4 €/a	742 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-44.636 €/a		-47.059 €/a		-50.298 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		2.423 €/a	5.662 €/a	4.138 €/a	-124 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		30,9 a	39,2 a	80,4 a	15,4 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N		20,50 €/m ²	53,40 €/m ²	33,80 €/m ²	0 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	23.181 €/a	5.294 €/a	28.476 €/a	9.303 €/a	3.742 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	23.321 €/a	3.892 €/a	19.430 €/a	4.753 €/a	2.030 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	737 €/a	461 €/a	1.198 €/a	4 €/a	742 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-47.240 €/a		-49.103 €/a		-51.794 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		1.864 €/a	4.554 €/a	2.811 €/a	-745 €/a

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW 30,10 €/m²	V2: WP Luft + Gas-BW 74,90 €/m²	V3: WP Sole keine keine Angabe	V4: Pellet + Gas-BW 0 €/m²
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		37,8 a	60,9 a		18,7 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N					
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	23.181 €/a	5.294 €/a	28.476 €/a	3.742 €/a	2.518 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	21.205 €/a	3.265 €/a	17.940 €/a	-556 €/a	2.846 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	737 €/a	461 €/a	1.198 €/a	1.099 €/a	157 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-45.124 €/a		-47.614 €/a	-51.371 €/a	-50.521 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		2.490 €/a	6.247 €/a	5.397 €/a	-171 €/a

Tabelle C-111: Merkmale und Kosten Büro klein, nicht gekühlt, Niveau Q_P 65 % Ü 80 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Investitionsmehrkosten baulich		absolut spezifisch	absolut spezifisch	absolut spezifisch	absolut spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		82.224 € 49,1 €/m²	168.484 € 100,5 €/m²	-8.970 € -5,4 €/m²	27.314 € 16,3 €/m²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		14.636 € 8,7 €/m²	13.735 € 8,2 €/m²	107.564 € 64,2 €/m²	16.497 € 9,8 €/m²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		7.796 € 4,7 €/m²	7.796 € 4,7 €/m²	0 € 0,0 €/m²	0 € 0,0 €/m²
Energiekostensparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		104.656 € 62,4 €/m²	190.014 € 113,4 €/m²	98.594 € 58,8 €/m²	43.812 € 26,1 €/m²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		2.976 €/a 1.78 €/(m²a)	2.789 €/a 1.66 €/(m²a)	-507 €/a -0,30 €/(m²a)	2.593 €/a 1.55 €/(m²a)
Energiekosten	Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger				
Endenergie Strom Normaltarif	0,250 €/kWh	32.662 kWh/a	8.179,2 €/a	32.830 kWh/a	8.221,2 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,238 €/kWh	-	-	31.857 kWh/a	7.977,6 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,063 €/kWh	176.840 kWh/a	11.145,4 €/a	21.152 kWh/a	5.030,2 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,043 €/kWh	-	-	55.976 kWh/a	3.527,9 €/a
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		19.324,5 €/a	-15,4%	16.348,8 €/a	-14,4%
				16.535,7 €/a	2,6%
				19.831,2 €/a	-13,4%
					16.731,3 €/a
Merkmale und Kosten Bautechnik	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)	Fläche	U-Wert Kosten	U-Wert Kosten	U-Wert Kosten	U-Wert Kosten
Außenwand	951,50 m²	0,28 W/(m²K) 139.956 €	0,14 W/(m²K) 168.313 €	0,12 W/(m²K) 176.878 €	0,36 W/(m²K) 136.320 €
Vorhangsfassade					
Sandwich-Elemente					
Fenster Fassade	616,10 m²	1,30 W/(m²K) 125.291 €	1,00 W/(m²K) 144.602 €	0,80 W/(m²K) 205.746 €	1,00 W/(m²K) 125.291 €
Trapezdach					
Lichtband					
Flachdach	591,00 m²	0,20 W/(m²K) 108.121 €	0,14 W/(m²K) 119.282 €	0,10 W/(m²K) 131.023 €	0,24 W/(m²K) 103.740 €
Kehlbalkendecke					
oberste Geschossdecke					
Kellerdecke					
Boden an Erdreich	591,00 m²	0,35 W/(m²K) 64.774 €	0,14 W/(m²K) 86.801 €	0,12 W/(m²K) 91.612 €	0,38 W/(m²K) 63.820 €
Wärmebrücken		0,05 W/(m²K) 0 €	0,02 W/(m²K) 1.366 €	0,02 W/(m²K) 1.366 €	0,05 W/(m²K) 0 €
(Gesamt-)Investitionskosten baulich	Hüllfläche:	2.750 m²	Kosten 0 €	Differenz 82.224 €	Kosten 520.365 €
				168.484 €	606.625 €
				Differenz -8.970 €	Kosten 429.171 €
					27.314 € 465.455 €

Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
		Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	9.298 €	BHKW	17.510 €	WP Luft	13.106 €	WP Sole	46.745 €	Pellet	15.682 €
	kW thermisch	75,4 kW		12,1 kW		11,0 kW		78,8 kW		13,7 kW	
	kW elektrisch	k.A.		3,6 kW		k.A.		k.A.		k.A.	
2. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	6.867 €	GasBW	6.434 €					GasBW	7.474 €
	kW thermisch	48,3 kW		43,9 kW						54,7 kW	
	kW elektrisch	k.A.		k.A.						k.A.	
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45		HK 45/35		HK 45/35		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	75,4 kW	44.765 €	60,4 kW	43.148 €	54,9 kW		78,8 kW		68,4 kW	44.011 €
45/35°C	kW Heizlast	75,4 kW	-	60,4 kW	-	54,9 kW	47.082 €	78,8 kW	50.912 €	68,4 kW	-
35/28°C	m² Wohnfläche	1.523,8 m²	-	1.523,8 m²	-	1.523,8 m²	-	1.523,8 m²	-	1.523,8 m²	-
Luftheritzer	kW Heizlast	75,4 kW	-	60,4 kW	-	54,9 kW	-	78,8 kW	-	68,4 kW	-
Deckenstrahlplatten	kW Heizlast	75,4 kW	-	60,4 kW	-	54,9 kW	-	78,8 kW	-	68,4 kW	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	1.708 €	1	1.708 €	1	1.708 €	1	1	1	1.708 €
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.415 €	1	3.415 €	1	3.415 €	1	1	1	3.415 €
Bohrung WP Sole	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	78,8 kW	67.918 €	-	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	13,7 kW	2.219 €
	Summe Heizung, TWE		59.186 €		72.647 €		71.746 €		165.575 €		74.508 €
Art der Nutzung Solarthermie		0		0		0		0		0	
solare TWE	m² Nutzfläche	1.828,6 m²	-	1.828,6 m²	-	1.828,6 m²	-	1.828,6 m²	-	1.828,6 m²	-
solare TWE/HU	m² Nutzfläche	1.828,6 m²	-	1.828,6 m²	-	1.828,6 m²	-	1.828,6 m²	-	1.828,6 m²	-
	Summe Solarthermie		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lüftung Nichtwohngebäude											
Abluftanlage	Art	Abluft		Abluft verb.		Abluft verb.		Abluft verb.		Abluft verb.	
	Volumenstrom [m³]	994,5 m³	7.834 €	994,5 m³	9.009 €	994,5 m³	9.009 €	994,5 m³	9.009 €	994,5 m³	9.009 €
Zu-/Abluftanlage	Art	keine		keine		keine		keine		keine	
	Volumenstrom [m³]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Summe Lüftungsanlage(n) Nichtwohngebäude		7.834 €		9.009 €		9.009 €		9.009 €		9.009 €

C 6.2 Büro groß, gekühlt

Tabelle C-112: Energetische Auswertungen Büro groß, gekühlt, Niveau Q_p 65 % Ū 80 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit $f_{\text{p}, \text{Strom}} = 1,8$)		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 158,4 kWh/(m²a)	155,9 kWh/(m²a)	-2%	117,2 kWh/(m²a)	-26%			101,2 kWh/(m²a)	-36%	108,0 kWh/(m²a)	-32%
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 100,96 kWh/(m²a)	54%		16%				0%		7%	
opak	Anf. Niveau = 0,28 W/(m²K)	0,196 W/(m²K)	-30%	0,083 W/(m²K)	-70%			0,187 W/(m²K)	-33%	0,091 W/(m²K)	-68%
	Anf. EnEV 2014 = 0,35 W/(m²K)		-44%		-76%				-47%		-74%
transparent	Anf. Niveau = 1,5 W/(m²K)	-		-				-		-	
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m²K)										
Vorhangsfassade	Anf. Niveau = 1,5 W/(m²K)	1,200 W/(m²K)	-20%	1,000 W/(m²K)	-33%			1,400 W/(m²K)	-7%	1,000 W/(m²K)	-33%
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m²K)		-37%		-47%				-26%		-47%
Glasdach	Anf. Niveau = 2,5 W/(m²K)	-		-				-		-	
	Anf. EnEV 2014 = 3,1 W/(m²K)										
Energiekennwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
Nutzenergie Warmwasser Q _{w,b}		-		-	0%	-		-	0%	-	0%
Endenergie Wärme Q _{f,Wärme}		495.748 kWh/a		358.179 kWh/a	-28%			142.314 kWh/a	-71%	394.358 kWh/a	-20%
Endenergie Beleuchtung		91.320 kWh/a		91.320 kWh/a				91.320 kWh/a		91.320 kWh/a	
Endenergie Kühlung		69.053 kWh/a		85.972 kWh/a	25%			30.008 kWh/a	-57%	74.073 kWh/a	7%
Endenergie Belüftung		79.353 kWh/a		68.220 kWh/a	-14%			68.220 kWh/a	-14%	68.220 kWh/a	-14%
Endenergie Hilfsenergie Q _{f,Hilfsenergie}		16.293 kWh/a		26.367 kWh/a	62%			12.600 kWh/a	-23%	15.689 kWh/a	-4%
Primärenergiebedarf Q _p		927.236 kWh/a		697.162 kWh/a	-25%			601.925 kWh/a	-35%	642.213 kWh/a	-31%
CO ₂ -Emissionen		121.927 kg/a		96.061 kg/a	-21%			84.583 kg/a	-31%	17.242 kg/a	-86%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch		20,5 kg/(m²a)		16,1 kg/(m²a)				14,2 kg/(m²a)		2,9 kg/(m²a)	

Tabelle C-113: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit Büro groß, gekühlt, Niveau Q_p 65 % Ü 80 %, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N		> 100 a Anf. n. erf.! 94,40 €/m ²		22,8 a Anf. n. erf.! 5,10 €/m ²	52,6 a Anf. n. erf.! 61,60 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten Annuität der bedarfsgebundenen Kosten Annuität der betriebsgebundenen Kosten Annuität der Jahresgesamtzahlungen annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante	213.413 €/a 96.149 €/a 14.196 €/a -323.758 €/a	Veränderung absolut 30.640 €/a 244.053 €/a 8.622 €/a 87.527 €/a 6.011 €/a 20.207 €/a -351.787 €/a 28.029 €/a		Veränderung absolut 9.856 €/a 223.268 €/a 13.700 €/a 82.449 €/a 5.068 €/a 19.264 €/a -324.982 €/a 1.224 €/a	Veränderung absolut 29.297 €/a 242.709 €/a 13.353 €/a 82.796 €/a 2.221 €/a 16.417 €/a -341.922 €/a 18.165 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N		> 100 a Anf. n. erf.! 88,90 €/m ²		15,0 a Anf. n. erf.! 0 €/m ²	43,3 a Anf. n. erf.! 52,40 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten Annuität der bedarfsgebundenen Kosten Annuität der betriebsgebundenen Kosten Annuität der Jahresgesamtzahlungen annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante	213.413 €/a 105.878 €/a 14.196 €/a -333.487 €/a	Veränderung absolut 30.640 €/a 244.053 €/a 10.170 €/a 95.709 €/a 6.011 €/a 20.207 €/a -359.969 €/a 26.482 €/a		Veränderung absolut 9.856 €/a 223.268 €/a 18.167 €/a 87.712 €/a 5.068 €/a 19.264 €/a -330.244 €/a -3.243 €/a	Veränderung absolut 29.297 €/a 242.709 €/a 15.752 €/a 90.127 €/a 2.221 €/a 16.417 €/a -349.253 €/a 15.765 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N		> 100 a Anf. n. erf.! 95,30 €/m ²		32,2 a Anf. n. erf.! 12,80 €/m ²	51,6 a Anf. n. erf.! 60,80 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten Annuität der bedarfsgebundenen Kosten Annuität der betriebsgebundenen Kosten Annuität der Jahresgesamtzahlungen annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante	213.413 €/a 100.840 €/a 14.196 €/a -328.449 €/a	Veränderung absolut 30.640 €/a 244.053 €/a 8.348 €/a 92.493 €/a 6.011 €/a 20.207 €/a -356.753 €/a 28.304 €/a		Veränderung absolut 9.856 €/a 223.268 €/a 11.193 €/a 89.648 €/a 5.068 €/a 19.264 €/a -332.180 €/a 3.731 €/a	Veränderung absolut 29.297 €/a 242.709 €/a 13.571 €/a 87.269 €/a 2.221 €/a 16.417 €/a -346.395 €/a 17.946 €/a

Tabelle C-114: Merkmale und Kosten Büro groß, gekühlt, Niveau Q_p 65 % Ü 80 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Investitionsmehrkosten baulich Investitionsmehrkosten anlagentechnisch Investitionsmehrkosten Fachplanung Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.) Energiekostensparnis (+) Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		absolut spezifisch 442.989 € 74,5 €/m ² 138.844 € 23,3 €/m ² 26.033 € 4,4 €/m ² 607.867 € 102,2 €/m ² 7.607 €/a 1,28 €/(m ² a) 5.478 €/a 0,92 €/(m ² a)		absolut spezifisch -150.634 € -25,3 €/m ² 408.689 € 68,7 €/m ² 0 € 0,0 €/m ² 258.055 € 43,4 €/m ² 10.200 €/a 1,71 €/(m ² a) 4.618 €/a 0,78 €/(m ² a)	absolut spezifisch 417.702 € 70,2 €/m ² 138.948 € 23,4 €/m ² 26.033 € 4,4 €/m ² 582.682 € 98,0 €/m ² 12.367 €/a 2,08 €/(m ² a) 2.024 €/a 0,34 €/(m ² a)
Energiekosten Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger	Endenergie Strom Normaltarif 0,250 €/kWh Endenergie Strom WP-Tarif 0,238 €/kWh Endenergie fossil (Gas) 0,063 €/kWh Endenergie Biomasse (Pellets) 0,043 €/kWh	242.197 kWh/a 60.651,0 €/a	246.443 kWh/a 61.714,2 €/a		
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		91.895,6 €/a	-8,3% 84.288,5 €/a		-11,1% 81.695,8 €/a
					-13,5% 79.528,2 €/a

Merkmale und Kosten Bautechnik		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)	Fläche	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten
Außenwand	892,40 m ²	0,29 W/(m ² K)	130.365 €	0,12 W/(m ² K)	165.892 €	0,28 W/(m ² K)	131.263 €	0,12 W/(m ² K)	165.892 €	0,12 W/(m ² K)	165.892 €
Vorhangfassade	3.657,60 m ²	1,20 W/(m ² K)	2.257.081 €	1,00 W/(m ² K)	2.424.091 €	1,40 W/(m ² K)	2.098.837 €	1,00 W/(m ² K)	2.424.091 €	1,00 W/(m ² K)	2.424.091 €
Sandwich-Elemente											
Fenster Fassade											
Trapezdach											
Lichtband											
Flachdach	2.343,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	428.640 €	0,10 W/(m ² K)	519.435 €	0,20 W/(m ² K)	428.640 €	0,12 W/(m ² K)	494.147 €	0,12 W/(m ² K)	494.147 €
Kehlbalkendecke											
oberste Geschosdecke											
Kellerdecke											
Boden an Erdreich	3.265,50 m ²	0,35 W/(m ² K)	357.898 €	0,12 W/(m ² K)	506.190 €	0,32 W/(m ² K)	364.610 €	0,12 W/(m ² K)	506.190 €	0,12 W/(m ² K)	506.190 €
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K)	0 €	0,02 W/(m ² K)	1.366 €	0,05 W/(m ² K)	0 €	0,02 W/(m ² K)	1.366 €	0,02 W/(m ² K)	1.366 €
Hüllfläche:	10.159 m ²			Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten
(Gesamt-)Investionskosten baulich			0 €	3.173.985 €	442.989 €	3.616.974 €		-150.634 €	3.023.351 €	417.702 €	3.591.686 €

Merkmale und Kosten Anlagentechnik		Bezugsgröße		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
		Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten		
Erzeuger													
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	28.047 €	BHKW	61.034 €			WP Sole	129.505 €	Pellet	50.012 €		
	kW thermisch	381,2 kW		66,8 kW				287,5 kW		67,1 kW			
	kW elektrisch	k.A.		40,5 kW				k.A.		k.A.			
2. Wärmeerzeuger	Typ	-	-	GasBW	22.008 €			-	-	GasBW	22.075 €		
	kW thermisch	-	-	267,0 kW				-	-	268,2 kW			
	kW elektrisch	k.A.		k.A.				k.A.		k.A.			
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45				HK 45/35		HK 55/45			
55/45°C	kW Heizlast	381,2 kW	172.429 €	333,8 kW	166.729 €			287,5 kW		335,3 kW	166.910 €		
45/35°C	kW Heizlast	381,2 kW	-	333,8 kW	-			287,5 kW	176.991 €	335,3 kW	-		
35/28°C	m ² Wohnfläche	5.407,5 m ²	-	5.407,5 m ²	-			5.407,5 m ²	-	5.407,5 m ²	-		
Luftheizer	kW Heizlast	381,2 kW	-	333,8 kW	-			287,5 kW	-	335,3 kW	-		
Deckenstrahlplatten	kW Heizlast	381,2 kW	-	333,8 kW	-			287,5 kW	-	335,3 kW	-		
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	1.708 €	1	1.708 €			1	-	1	1.708 €		
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.415 €	1	3.415 €			1	-	1	3.415 €		
Bohrung WP Sole	kW Heizlast	-	-	-	-			287,5 kW	218.242 €	-	-		
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-			-	-	67,1 kW	10.878 €		
	Summe Heizung, TWE		205.598 €		254.894 €				524.739 €		254.997 €		
Art der Nutzung Solarthermie		0	0					0	0				
solare TWE	m ² Nutzfläche	6.489,1 m ²	-	6.489,1 m ²	-			6.489,1 m ²	-	6.489,1 m ²	-		
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	6.489,1 m ²	-	6.489,1 m ²	-			6.489,1 m ²	-	6.489,1 m ²	-		
	Summe Solarthermie		-	-	-			-	-	-	-		
Lüftung Nichtwohngebäude													
Abluftanlage	Art	Abluft		Abluft				Abluft		Abluft			
	Volumenstrom [m ³]	5.010,8 m ³	39.473 €	5.010,8 m ³	39.473 €			5.010,8 m ³	39.473 €	5.010,8 m ³	39.473 €		
Zu-/Abluftanlage	Art	Zu-/Abl. H+K		Zu-/Abl. H+K verb.				Zu-/Abl. H+K verb.		Zu-/Abl. H+K verb.			
	Volumenstrom [m ³]	33.155,1 m ³	596.992 €	33.155,1 m ³	686.540 €			33.155,1 m ³	686.540 €	33.155,1 m ³	686.540 €		
	Summe Lüftungsanlage(n) Nichtwohngebäude		636.465 €		726.013 €				726.013 €		726.013 €		

C 6.3 Kindertagesstätte

Tabelle C-115: Energetische Auswertungen KiTa, Niveau Q_p 65 % Ü 80 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit f _{p,Strom} = 1,8)		Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW					
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 231 kWh/(m ² a)	223,7 kWh/(m ² a)	-3%	146,5 kWh/(m ² a)	-37%	146,9 kWh/(m ² a)	-36%	86,4 kWh/(m ² a)	-63%	141,3 kWh/(m ² a)	-39%
	%-Werte bezgl. Anforderung Niveau: 147,23 kWh/(m ² a)		52%		-0%		-0%		-41%		-4%
opak	Anf. Niveau = 0,28 W/(m ² K)	0,212 W/(m ² K)	-24%	0,227 W/(m ² K)	-19%	0,216 W/(m ² K)	-23%	0,279 W/(m ² K)	-0%	0,279 W/(m ² K)	-0%
	Anf. EnEV 2014 = 0,35 W/(m ² K)		-39%		-35%		-38%		-20%		-20%
transparent	Anf. Niveau = 1,5 W/(m ² K)	1,300 W/(m ² K)	-13%	1,300 W/(m ² K)	-13%	1,300 W/(m ² K)	-13%	1,300 W/(m ² K)	-13%	1,300 W/(m ² K)	-13%
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m ² K)		-32%		-32%		-32%		-32%		-32%
Ü-Werte	Anf. Niveau = 1,5 W/(m ² K)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vorhangsfassade	Anf. Niveau = 1,5 W/(m ² K)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Glasdach	Anf. Niveau = 2,5 W/(m ² K)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Anf. EnEV 2014 = 3,1 W/(m ² K)										
Energiekennwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante		Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW					
Nutzenergie Warmwasser Q _{w,b}	-	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%
Endenergie Wärme Q _{r,Wärme}	98.913 kWh/a	87.419 kWh/a	-12%	53.043 kWh/a	-46%	17.817 kWh/a	-82%	106.045 kWh/a	7%	3.370 kWh/a	-
Endenergie Beleuchtung	3.370 kWh/a	3.370 kWh/a	-	3.370 kWh/a	-	3.370 kWh/a	-	-	-	-	-
Endenergie Kühlung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Endenergie Belüftung	850 kWh/a	797 kWh/a	-6%	797 kWh/a	-6%	797 kWh/a	-6%	797 kWh/a	-6%	-	-
Endenergie Hilfsenergie Q _{r,Hilfsenergie}	1.016 kWh/a	445 kWh/a	-56%	965 kWh/a	-5%	1.061 kWh/a	4%	827 kWh/a	-19%	-	-
Primärenergiebedarf Q _p	107.447 kWh/a	70.386 kWh/a	-34%	70.554 kWh/a	-34%	41.480 kWh/a	-61%	67.849 kWh/a	-37%	-	-
CO ₂ -Emissionen	23.107 kg/a	20.174 kg/a	-13%	29.488 kg/a	28%	10.307 kg/a	-55%	2.785 kg/a	-88%	-	-
CO ₂ -Emissionen, spezifisch	48,1 kg/(m ² a)	42,0 kg/(m ² a)	-	61,4 kg/(m ² a)	-	21,5 kg/(m ² a)	-	5,8 kg/(m ² a)	-	-	-

Tabelle C-116: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit KiTa, Niveau Q_p 65 % Ü 80 %, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung Bundesregierung)		Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten			46,1 a	6,8 a	16,9 a	27,9 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N			20,80 €/m ²	0 €/m ²	0 €/m ²	9,30 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	13.550 €/a	878 €/a	14.428 €/a	481 €/a	14.031 €/a	1.782 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	8.294 €/a	968 €/a	7.326 €/a	1.425 €/a	6.869 €/a	2.697 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	485 €/a	587 €/a	1.072 €/a	17 €/a	502 €/a	586 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-22.329 €/a	-	-22.826 €/a	-	-21.402 €/a	-22.000 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		497 €/a	-927 €/a	-	-329 €/a	222 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung EU)		Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten			33,4 a	5,0 a	11,9 a	20,2 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N			13,70 €/m ²	0 €/m ²	0 €/m ²	0 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	13.550 €/a	878 €/a	14.428 €/a	481 €/a	14.031 €/a	1.782 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	9.541 €/a	1.113 €/a	8.428 €/a	1.927 €/a	7.614 €/a	3.586 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	485 €/a	587 €/a	1.072 €/a	17 €/a	502 €/a	586 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-23.575 €/a	-	-23.927 €/a	-	-22.146 €/a	-22.357 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		352 €/a	-1.429 €/a	-	-1.218 €/a	7 €/a

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW 21,00 €/m ²	V2: WP Luft + Gas-BW 0 €/m ²	V3: WP Sole 8,00 €/m ²	V4: Pellet + Gas-BW 6,60 €/m ²
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		46,3 a	8,7 a	22,2 a	24,8 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N					
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	13.550 €/a	878 €/a	14.428 €/a	481 €/a	14.031 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	8.280 €/a	967 €/a	7.313 €/a	1.126 €/a	7.154 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	485 €/a	587 €/a	1.072 €/a	17 €/a	502 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-22.315 €/a			-22.813 €/a	
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		498 €/a		-628 €/a	

Tabelle C-117: Merkmale und Kosten KiTa, Niveau Q_p 65 % Ü 80 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW	
Investitionsmehrkosten baulich		absolut spezifisch	absolut spezifisch	absolut spezifisch	absolut spezifisch	
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		-2.398 € -5,0 €/m ²	-1.285 € -2,7 €/m ²	-10.765 € -22,4 €/m ²	-10.765 € -22,4 €/m ²	
Investitionsmehrkosten Fachplanung		10.613 € 22,1 €/m ²	15.538 € 32,4 €/m ²	63.491 € 132,2 €/m ²	16.349 € 34,0 €/m ²	
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		2.691 € 5,6 €/m ²	0 € 0,0 €/m ²	0 € 0,0 €/m ²	0 € 0,0 €/m ²	
Energiekostensparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		10.906 € 22,7 €/m ²	14.253 € 29,7 €/m ²	52.726 € 109,8 €/m ²	5.584 € 11,6 €/m ²	
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		881 €/a 1.83 €/(m ² a)	1.026 €/a 2.14 €/(m ² a)	1.999 €/a 4.16 €/(m ² a)	768 €/a 1.60 €/(m ² a)	
Energiekosten	Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger					
Endenergie Strom Normaltarif	0,250 €/kWh	5.236 kWh/a	1.311,2 €/a	4.611 kWh/a	1.154,8 €/a	
Endenergie Strom WP-Tarif	0,238 €/kWh	-	-	5.132 kWh/a	1.285,1 €/a	
Endenergie fossil (Gas)	0,063 €/kWh	98.913 kWh/a	6.234,0 €/a	10.818 kWh/a	2.572,7 €/a	
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,043 €/kWh	-	-	42.225 kWh/a	2.661,2 €/a	
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		7.545,2 €/a	-11,7%	6.664,4 €/a	-13,6%	
				6.519,0 €/a	-26,5%	
				5.546,2 €/a	-10,2%	
					6.777,0 €/a	
Merkmale und Kosten Bautechnik	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW	
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)	Fläche	U-Wert Kosten	U-Wert Kosten	U-Wert Kosten	U-Wert Kosten	
Außenwand	429,80 m ²	0,28 W/(m ² K) 63.219 €	0,30 W/(m²K)	62.626 € 63.219 €	0,38 W/(m²K)	61.352 € 61.352 €
Vorhangfassade						
Sandwich-Elemente						
Fenster Fassade	269,20 m ²	1,30 W/(m ² K) 54.745 €	1,30 W/(m²K)	54.745 € 54.745 €	1,30 W/(m²K)	54.745 € 54.745 €
Trapezdach						
Lichtband						
Flachdach	592,00 m ²	0,20 W/(m ² K) 108.304 €	0,24 W/(m²K)	103.916 € 107.018 €	0,21 W/(m²K)	101.153 € 101.153 €
Kehlbalkendecke						
oberste Geschosdecke						
Kellerdecke						
Boden an Erdreich	592,00 m ²	0,35 W/(m ² K) 64.883 €	0,32 W/(m²K)	66.100 € 64.883 €	0,41 W/(m²K)	63.136 € 63.136 €
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K) 0 €	0,02 W/(m²K)	1.366 € 0 €	0,05 W/(m²K)	0 € 0 €
(Gesamt-)Investitionskosten baulich	Hüllfläche:	1.883 m ²	Kosten 0 €	Differenz -2.398 €	Kosten 288.753 €	Differenz -1.285 €
		291.151 €			289.866 €	
					-10.765 €	
					280.386 €	
						-10.765 €
						280.386 €

Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
		Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	5.735 €	BHKW	12.747 €	WP Luft	9.626 €	WP Sole	27.571 €	Pellet	15.255 €
	kW thermisch	37,1 kW k.A.		7,3 kW		7,4 kW k.A.		40,3 kW k.A.		8,1 kW k.A.	
	kW elektrisch			1,8 kW							
2. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	3.640 €	GasBW	3.649 €					GasBW	5.212 €
	kW thermisch	-		29,4 kW k.A.		29,8 kW k.A.				32,2 kW k.A.	
	kW elektrisch										
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45		FBH 35/28		FBH 35/28		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	37,1 kW	14.369 €	36,7 kW	14.331 €	37,2 kW		40,3 kW		40,3 kW	14.679 €
45/35°C	kW Heizlast	37,1 kW	-	36,7 kW	-	37,2 kW		40,3 kW		40,3 kW	-
35/28°C	m² Wohnfläche	436,6 m²	-	436,6 m²	-	436,6 m²	22.368 €	436,6 m²	22.368 €	436,6 m²	-
Luftheritzer	kW Heizlast	37,1 kW	-	36,7 kW	-	37,2 kW		40,3 kW		40,3 kW	-
Deckenstrahlplatten	kW Heizlast	37,1 kW	-	36,7 kW	-	37,2 kW		40,3 kW		40,3 kW	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	1.708 €	1	1.708 €	1	1.708 €	1	1	1	1.708 €
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.415 €	1	3.415 €	1	3.415 €	1	1	1	3.415 €
Bohrung WP Sole	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	40,3 kW	38.779 €	-	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	8,1 kW	1.307 €
	Summe Heizung, TWE		25.227 €		35.840 €		40.765 €		88.718 €		41.577 €
Art der Nutzung Solarthermie		0		0		0		0		0	
solare TWE	m² Nutzfläche	524,0 m²	-	524,0 m²	-	524,0 m²	-	524,0 m²	-	524,0 m²	-
solare TWE/HU	m² Nutzfläche	524,0 m²	-	524,0 m²	-	524,0 m²	-	524,0 m²	-	524,0 m²	-
	Summe Solarthermie		-		-		-		-		-
Lüftung Nichtwohngebäude											
Abluftanlage	Art	Abluft		Abluft		Abluft		Abluft		Abluft	
	Volumenstrom [m³]	941,7 m³	7.418 €	941,7 m³	7.418 €	941,7 m³	7.418 €	941,7 m³	7.418 €	941,7 m³	7.418 €
Zu-/Abluftanlage	Art	keine		keine		keine		keine		keine	
	Volumenstrom [m³]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Summe Lüftungsanlage(n) Nichtwohngebäude		7.418 €		7.418 €		7.418 €		7.418 €		7.418 €

C 6.4 Schule

Tabelle C-118: Energetische Auswertungen Schule, Niveau Q_p 65 % Ü 80 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit $f_{\text{B},\text{Strom}} = 1,8$)		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 84,8 kWh/(m²a)	82,7 kWh/(m²a)	-2%					54,0 kWh/(m²a)	-36%	54,0 kWh/(m²a)	-36%
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 54,06 kWh/(m²a)	53%							-0%		-0%
opak	Anf. Niveau = 0,28 W/(m²K)	0,221 W/(m²K)	-21%					0,279 W/(m²K)	-0%	0,212 W/(m²K)	-24%
	Anf. EnEV 2014 = 0,35 W/(m²K)		-37%						-20%		-39%
transparent	Anf. Niveau = 1,5 W/(m²K)	1,300 W/(m²K)	-13%					1,300 W/(m²K)	-13%	1,300 W/(m²K)	-13%
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m²K)		-32%						-32%		-32%
Ü-Werte	Vorhangsfassade	Anf. Niveau = 1,5 W/(m²K)	-						-		-
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m²K)		-						-		-
Glasdach	Anf. Niveau = 2,5 W/(m²K)	-							-		-
	Anf. EnEV 2014 = 3,1 W/(m²K)		-						-		-
Energiekennwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
Nutzenergie Warmwasser Q _{w,b}		-						-	0%	-	0%
Endenergie Wärme Q _{f,Wärme}		784.683 kWh/a						198.767 kWh/a	-75%	828.475 kWh/a	6%
Endenergie Beleuchtung		58.651 kWh/a						58.651 kWh/a		58.651 kWh/a	
Endenergie Kühlung		-						-		-	
Endenergie Belüftung		10.602 kWh/a						10.602 kWh/a		10.602 kWh/a	
Endenergie Hilfsenergie Q _{f,Hilfsenergie}		5.478 kWh/a						4.804 kWh/a	-12%	5.569 kWh/a	2%
Primärenergiebedarf Q _p		862.975 kWh/a						563.490 kWh/a	-35%	563.490 kWh/a	-35%
CO ₂ -Emissionen		181.899 kg/a						111.150 kg/a	-39%	21.267 kg/a	-88%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch		17,4 kg/(m²a)						10,7 kg/(m²a)		2,0 kg/(m²a)	

Tabelle C-119: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit Schule, Niveau Q_P 65 % Ü 80 %, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N				keine keine Angabe	25,3 a 5,50 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten Annuität der bedarfsgebundenen Kosten Annuität der betriebsgebundenen Kosten Annuität der Jahresgesamtzahlungen annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante	167.502 €/a 77.736 €/a 14.048 €/a -259.286 €/a			Veränderung absolut 12.697 €/a 180.198 €/a 923 €/a 76.813 €/a 4.310 €/a 18.358 €/a -275.369 €/a -275.369 €/a 16.083 €/a 16.083 €/a	Veränderung absolut 13.346 €/a 180.848 €/a 12.757 €/a 64.979 €/a 2.208 €/a 16.256 €/a -262.083 €/a -262.083 €/a 2.798 €/a 2.798 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N				> 100 a 22,00 €/m ²	21,0 a 0,60 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten Annuität der bedarfsgebundenen Kosten Annuität der betriebsgebundenen Kosten Annuität der Jahresgesamtzahlungen annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante	167.502 €/a 87.275 €/a 14.048 €/a -268.825 €/a			Veränderung absolut 12.697 €/a 180.198 €/a 5.559 €/a 81.715 €/a 4.310 €/a 18.358 €/a -280.272 €/a -280.272 €/a 11.447 €/a 11.447 €/a	Veränderung absolut 13.346 €/a 180.848 €/a 14.912 €/a 72.362 €/a 2.208 €/a 16.256 €/a -269.467 €/a -269.467 €/a 642 €/a 642 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N				keine keine Angabe	23,9 a 4,40 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten Annuität der bedarfsgebundenen Kosten Annuität der betriebsgebundenen Kosten Annuität der Jahresgesamtzahlungen annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante	167.502 €/a 79.804 €/a 14.048 €/a -261.354 €/a			Veränderung absolut 12.697 €/a 180.198 €/a -3.715 €/a 83.519 €/a 4.310 €/a 18.358 €/a -282.075 €/a -282.075 €/a 20.721 €/a 20.721 €/a	Veränderung absolut 13.346 €/a 180.848 €/a 13.376 €/a 66.429 €/a 2.208 €/a 16.256 €/a -263.533 €/a -263.533 €/a 2.179 €/a 2.179 €/a

Tabelle C-120: Merkmale und Kosten Schule, Niveau Q_P 65 % Ü 80 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Investitionsmehrkosten baulich Investitionsmehrkosten anlagentechnisch Investitionsmehrkosten Fachplanung Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.) Energiekostensparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr				absolut spezifisch -82.436 € -7,9 €/m ² 418.598 € 40,1 €/m ² 0 € 0,0 €/m ² 336.162 € 32,2 €/m ² -3.385 €/a -0,32 €/(m ² a) 3.927 €/a 0,38 €/(m ² a)	absolut spezifisch 12.743 € 1,2 €/m ² 141.734 € 13,6 €/m ² 45.186 € 4,3 €/m ² 199.663 € 19,1 €/m ² 12.189 €/a 1,17 €/(m ² a) 2.012 €/a 0,19 €/(m ² a)
Energiekosten Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger	0,250 €/kWh 0,238 €/kWh 0,063 €/kWh 0,043 €/kWh	131.446 kWh/a - 631.635 kWh/a -	32.916,7 €/a - 39.808,9 €/a -		
Endenergie Strom Normaltarif Endenergie Strom WP-Tarif Endenergie fossil (Gas) Endenergie Biomasse (Pellets)				130.812 kWh/a 182.296 kWh/a - -	32.758,0 €/a 43.352,7 €/a - -
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		72.725,7 €/a			4,7% 76.110,7 €/a -16,8% 60.536,4 €/a

Merkmale und Kosten Bautechnik		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)	Fläche	U-Wert	Kosten					U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten
Außenwand	4.752,45 m ²	0,28 W/(m ² K)	699.037 €					0,29 W/(m ² K)	695.523 €	0,26 W/(m ² K)	707.738 €
Vorhangfassade								1,30 W/(m ² K)	574.658 €	1,30 W/(m ² K)	574.658 €
Sandwich-Elemente											
Fenster Fassade	2.825,80 m ²	1,30 W/(m ² K)	574.658 €					1,30 W/(m ² K)	574.658 €	1,30 W/(m ² K)	574.658 €
Trapezdach											
Lichtband											
Flachdach	4.267,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	780.627 €					0,35 W/(m ² K)	710.593 €	0,20 W/(m ² K)	780.627 €
Kehlbalkendecke											
oberste Geschosdecke											
Kellerdecke											
Boden an Erdreich	4.267,00 m ²	0,35 W/(m ² K)	467.663 €					0,39 W/(m ² K)	458.774 €	0,34 W/(m ² K)	470.338 €
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K)	0 €					0,05 W/(m ² K)	0 €	0,02 W/(m ² K)	1.366 €
Hüllfläche:	16.112 m ²		Kosten					Differenz	Kosten	Differenz	Kosten
(Gesamt-)Investionskosten baulich			0 €	2.521.985 €				-82.436 €	2.439.549 €	12.743 €	2.534.728 €

Merkmale und Kosten Anlagentechnik		Bezugsgröße		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
		Bezugsgröße	Kosten							Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger													
1. Wärmeerzeuger	Typ			GasBW	24.895 €					WP Sole	154.589 €	Pellet	48.854 €
	kW thermisch			320,0 kW						360,0 kW		65,0 kW	
	kW elektrisch			k.A.						k.A.		k.A.	
2. Wärmeerzeuger	Typ			-	-					-	-	GasBW	21.611 €
	kW thermisch			-						-		260,0 kW	
	kW elektrisch			k.A.						k.A.		k.A.	
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45								HK 45/35		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	320,0 kW	259.858 €							360,0 kW		325,0 kW	260.489 €
45/35°C	kW Heizlast	320,0 kW	-							360,0 kW	283.421 €	325,0 kW	-
35/28°C	m ² Wohnfläche	9.486,4 m ²	-							9.486,4 m ²		9.486,4 m ²	-
Luftheritzer	kW Heizlast	320,0 kW	-							360,0 kW		325,0 kW	-
Deckenstrahlplatten	kW Heizlast	320,0 kW	-							360,0 kW		325,0 kW	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	1.708 €							1	-	1	1.708 €
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.415 €							1	-	1	3.415 €
Bohrung WP Sole	kW Heizlast	-	-							360,0 kW	270.463 €	-	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-							-	-	65,0 kW	10.544 €
	Summe Heizung, TWE		289.875 €								708.473 €		346.620 €
Art der Nutzung Solarthermie		keine								0		0	
solare TWE	m ² Nutzfläche	11.383,6 m ²	-							11.383,6 m ²		11.383,6 m ²	-
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	11.383,6 m ²	-							11.383,6 m ²		11.383,6 m ²	-
	Summe Solarthermie		-							-		-	
Lüftung Nichtwohngebäude													
Abluftanlage	Art	Abluft								Abluft		Abluft	
	Volumenstrom [m ³]	5.313,0 m ³	41.854 €							5.313,0 m ³	41.854 €	5.313,0 m ³	41.854 €
Zu-/Abluftanlage	Art	Zu-/Abl. H								Zu-/Abl. H		Zu-/Abl. H verb.	
	Volumenstrom [m ³]	50.347,0 m ³	566.594 €							50.347,0 m ³	566.594 €	50.347,0 m ³	651.583 €
	Summe Lüftungsanlage(n) Nichtwohngebäude		608.447 €							608.447 €		693.436 €	

C 6.5 Hotel groß, gekühlt

Tabelle C-121: Energetische Auswertungen Hotel groß, gekühlt, Niveau Q_p 65 % Ü 80 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit f _{p,Strom} = 1,8)		Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole + Gas-BW	V4: Pellet + Gas-BW
Primärenergiebedarf Q_p/A_N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 202,7 kWh/(m ² a)	191,6 kWh/(m ² a)	-5%		129,1 kWh/(m ² a)	-36%
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 129,22 kWh/(m ² a)		48%			-0%
opak	Anf. Niveau = 0,28 W/(m ² K)	0,222 W/(m ² K)	-21%		0,101 W/(m ² K)	-64%
	Anf. EnEV 2014 = 0,35 W/(m ² K)		-37%			-71%
transparent	Anf. Niveau = 1,5 W/(m ² K)	1,300 W/(m ² K)	-13%		0,900 W/(m ² K)	-40%
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m ² K)		-32%			-53%
Ü-Werte						
Vorhangsfassade	Anf. Niveau = 1,5 W/(m ² K)	-			-	-
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m ² K)					
Glasdach	Anf. Niveau = 2,5 W/(m ² K)	-			-	-
	Anf. EnEV 2014 = 3,1 W/(m ² K)					
Energiekennwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante		Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole + Gas-BW	V4: Pellet + Gas-BW
Nutzenergie Warmwasser Q _{w,b}		424.275 kWh/a			424.275 kWh/a	0%
Endenergie Wärme Q _{r,Wärme}		1.069.760 kWh/a			586.756 kWh/a	-45%
Endenergie Beleuchtung		86.040 kWh/a			86.040 kWh/a	
Endenergie Kühlung		112.454 kWh/a			62.472 kWh/a	-44%
Endenergie Belüftung		84.283 kWh/a			84.283 kWh/a	
Endenergie Hilfsenergie Q _{r,Hilfsenergie}		19.115 kWh/a			23.199 kWh/a	21%
Primärenergiebedarf Q _p		1.654.849 kWh/a			1.114.839 kWh/a	-33%
CO ₂ -Emissionen		254.342 kg/a			333.035 kg/a	31%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch		29,4 kg/(m ² a)			38,6 kg/(m ² a)	-86%

Tabelle C-122: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit Hotel groß, gekühlt, Niveau Q_p 65 % Ü 80 %, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung Bundesregierung)		Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole + Gas-BW	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten					21,9 a	30,6 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N					9,00 €/m ²	4,70 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten		109.247 €/a			Veränderung absolut	Veränderung absolut
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten		158.811 €/a			37.293 €/a	5.787 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten		13.030 €/a			37.552 €/a	5.053 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen		-281.087 €/a			3.445 €/a	1.272 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante					3.186 €/a	2.006 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung EU)		Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole + Gas-BW	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten					18,3 a	19,0 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N					0 €/m ²	0 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten		109.247 €/a			Veränderung absolut	Veränderung absolut
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten		176.705 €/a			37.293 €/a	5.787 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten		13.030 €/a			44.105 €/a	7.369 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen		-298.981 €/a			3.445 €/a	1.272 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante					-3.366 €/a	-310 €/a

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole + Gas-BW	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten				22,5 a 10,50 €/m ²	21,9 a 1,30 €/m ²
Deckungsfeldeinfuss unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N					
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	109.247 €/a			Veränderung absolut 37.293 €/a 36.547 €/a 3.445 €/a	Veränderung absolut 5.787 €/a 6.564 €/a 1.272 €/a
Annuität der bedarfsgesetzten Kosten	164.679 €/a			146.540 €/a 128.133 €/a 16.475 €/a	115.033 €/a 158.115 €/a 14.302 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	13.030 €/a				
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-286.956 €/a				
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante				4.191 €/a	495 €/a

Tabelle C-123: Merkmale und Kosten Hotel groß, gekühlt, Niveau Q_P 65 % Ü 80 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole + Gas-BW	V4: Pellet + Gas-BW
Investitionsmehrkosten baulich				absolut spezifisch	absolut spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch				451.130 € 52,2 €/m ²	-34.325 € -4,0 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung				239.269 € 27,7 €/m ²	98.304 € 11,4 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)				37.511 € 4,3 €/m ²	0 € 0,0 €/m ²
Energiekostensparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr				727.910 € 84,3 €/m ²	63.979 € 7,4 €/m ²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr				33.305 €/a 3,86 €/(m ² a)	5.982 €/a 0,69 €/(m ² a)
Energiekosten	Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger			3.139 €/a 0,36 €/(m ² a)	1.159 €/a 0,13 €/(m ² a)
Endenergie Strom Normaltarif	0,250 €/kWh	329.856 kWh/a	82.602,6 €/a		
Endenergie Strom WP-Tarif	0,238 €/kWh	-		255.995 kWh/a 64.106,3 €/a	322.341 kWh/a 80.720,7 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,063 €/kWh	1.070.521 kWh/a	67.469,8 €/a	89.711 kWh/a 21.334,6 €/a	-
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,043 €/kWh	-	-	497.044 kWh/a 31.326,3 €/a	302.128 kWh/a 19.041,7 €/a
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		150.072,4 €/a			-22,2% 116.767,2 €/a
					-4,0% 144.090,5 €/a
Merkmale und Kosten Bautechnik	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole + Gas-BW	V4: Pellet + Gas-BW
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)	Fläche	U-Wert Kosten		U-Wert Kosten	U-Wert Kosten
Außenwand	2.462,30 m ²	0,28 W/(m ² K) 362.179 €		0,12 W/(m ² K) 457.727 €	0,30 W/(m ² K) 358.781 €
Vorhangsfassade					
Sandwich-Elemente					
Fenster Fassade	1.749,80 m ²	1,30 W/(m ² K) 355.842 €		0,90 W/(m ² K) 584.345 €	1,30 W/(m ² K) 355.842 €
Trapezdach					
Lichtband					
Flachdach	1.884,30 m ²	0,20 W/(m ² K) 344.724 €		0,10 W/(m ² K) 417.742 €	0,35 W/(m ² K) 313.797 €
Kehlbalkendecke					
oberste Geschosdecke					
Kellerdecke					
Boden an Erdreich	1.740,80 m ²	0,35 W/(m ² K) 190.791 €		0,16 W/(m ² K) 243.486 €	0,35 W/(m ² K) 190.791 €
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K) 0 €		0,02 W/(m ² K) 1.366 €	0,05 W/(m ² K) 0 €
(Gesamt-)Investitionskosten baulich	Hüllfläche:	7.837 m ²	Kosten 0 € 1.253.536 €	Differenz 451.130 €	Differenz 1.704.666 €
				Kosten	Kosten
				-34.325 €	1.219.211 €

Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole + Gas-BW		V4: Pellet + Gas-BW	
		Bezugsgröße	Kosten					Bezugsgröße	Kosten		
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	27.483 €					WP Sole	56.390 €	Pellet+TWW	135.278 €
	kW thermisch	370,0 kW						100,0 kW		240,0 kW	
	kW elektrisch	k.A.						k.A.		k.A.	
2. Wärmeerzeuger	Typ	-	-					200,0 kW		GasBW	15.524 €
	kW thermisch	-	-					k.A.		160,0 kW	
	kW elektrisch	-	-					-		k.A.	
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45						HK 45/35		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	370,0 kW	228.320 €					300,0 kW		400,0 kW	232.045 €
45/35°C	kW Heizlast	370,0 kW	-					300,0 kW	235.965 €	400,0 kW	-
35/28°C	m² Wohnfläche	7.851,8 m²	-					7.851,8 m²	-	7.851,8 m²	-
Luftheritzer	kW Heizlast	370,0 kW	-					300,0 kW	-	400,0 kW	-
Deckenstrahlplatten	kW Heizlast	370,0 kW	-					300,0 kW	-	400,0 kW	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	1.708 €					1		1	1.708 €
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.415 €					1		1	3.415 €
Bohrung WP Sole	kW Heizlast	-	-					100,0 kW	83.188 €	-	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-					-	-	240,0 kW	38.932 €
	Summe Heizung, TWE		260.926 €						375.543 €		426.902 €
Art der Nutzung Solarthermie		solare TWE						solare TWE		0	
solare TWE	m² Nutzfläche	9.422,2 m²	67.673 €					9.422,2 m²	67.673 €	9.422,2 m²	-
solare TWE/HU	m² Nutzfläche	9.422,2 m²	-					9.422,2 m²	67.673 €	9.422,2 m²	-
	Summe Solarthermie		67.673 €								
Lüftung Nichtwohngebäude											
Abluftanlage	Art	Abluft						Abluft		Abluft	
	Volumenstrom [m³]	444,0 m³	3.498 €					444,0 m³	3.498 €	444,0 m³	3.498 €
Zu-/Abluftanlage	Art	Zu-/Abl. H+K						Zu-/Abl. H+K verb.		Zu-/Abl. H+K	
	Volumenstrom [m³]	27.691,0 m³	498.605 €					27.691,0 m³	623.256 €	27.691,0 m³	498.605 €
	Summe Lüftungsanlage(n) Nichtwohngebäude		502.103 €						626.754 €		502.103 €

C 6.6 Verbrauchermarkt

Tabelle C-124: Energetische Auswertungen Verbrauchermarkt, Niveau Q_p 65 % Ū 80 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit $f_{\text{p}, \text{Strom}} = 1,8$)		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 138,2 kWh/(m²a)	137,4 kWh/(m²a)	-1%			88,1 kWh/(m²a)	-36%	86,2 kWh/(m²a)	-38%	88,1 kWh/(m²a)	-36%
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 88,13 kWh/(m²a)	56%				0%		-2%		-0%	
opak	Anf. Niveau = 0,28 W/(m²K)	0,202 W/(m²K)	-28%			0,075 W/(m²K)	-73%	0,232 W/(m²K)	-17%	0,080 W/(m²K)	-71%
	Anf. EnEV 2014 = 0,35 W/(m²K)		-42%				-79%		-34%		-77%
transparent	Anf. Niveau = 1,5 W/(m²K)	1,300 W/(m²K)	-13%			0,900 W/(m²K)	-40%	1,300 W/(m²K)	-13%	1,000 W/(m²K)	-33%
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m²K)		-32%				-53%		-32%		-47%
Vorhangsfassade	Anf. Niveau = 1,5 W/(m²K)	-	-			-	-	-	-	-	-
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m²K)		-				-	-	-		-
Glasdach	Anf. Niveau = 2,5 W/(m²K)	-	-			-	-	-	-	-	-
	Anf. EnEV 2014 = 3,1 W/(m²K)		-				-	-	-		-

Energiekennwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
Nutzenergie Warmwasser Q _{w,b}		-	-			-	0%	-	0%	-	0%
Endenergie Wärme Q _{f,Wärme}		144.898 kWh/a			48.353 kWh/a	-67%	35.232 kWh/a	-76%	91.705 kWh/a	-37%	
Endenergie Beleuchtung		45.392 kWh/a			45.392 kWh/a		45.392 kWh/a		45.392 kWh/a		
Endenergie Kühlung		11.824 kWh/a			12.017 kWh/a	2%	7.046 kWh/a	-40%	13.879 kWh/a	17%	
Endenergie Belüftung		18.355 kWh/a			18.355 kWh/a		18.355 kWh/a		18.355 kWh/a		
Endenergie Hilfsenergie Q _{f,Hilfsenergie}		1.363 kWh/a			1.423 kWh/a	4%	1.304 kWh/a	-4%	984 kWh/a	-28%	
Primärenergiebedarf Q _p		308.188 kWh/a			197.608 kWh/a	-36%	193.347 kWh/a	-37%	197.608 kWh/a	-36%	
CO ₂ -Emissionen		33.781 kg/a			27.178 kg/a	-20%	19.949 kg/a	-41%	2.555 kg/a	-92%	
CO ₂ -Emissionen, spezifisch		15,1 kg/(m²a)			12,1 kg/(m²a)		8,9 kg/(m²a)		1,1 kg/(m²a)		

Tabelle C-125: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit Verbrauchermarkt, Niveau Q_p 65 % Ü 80 %, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten			41,1 a 64,40 €/m ²	26,2 a 12,70 €/m ²	45,2 a 67,20 €/m ²
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N					
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	48.512 €/a		Veränderung absolut 13.735 €/a 62.247 €/a	Veränderung absolut 5.382 €/a 53.894 €/a	Veränderung absolut 13.347 €/a 61.859 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	32.256 €/a		7.207 €/a 25.049 €/a	5.563 €/a 26.693 €/a	6.624 €/a 25.632 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	4.408 €/a		531 €/a 4.939 €/a	1.459 €/a 5.867 €/a	718 €/a 5.127 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-85.177 €/a			-92.235 €/a	-86.454 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante			7.058 €/a	1.278 €/a	7.441 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten			34,2 a 50,90 €/m ²	19,1 a 0 €/m ²	38,1 a 55,70 €/m ²
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N					
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	48.512 €/a		Veränderung absolut 13.735 €/a 62.247 €/a	Veränderung absolut 5.382 €/a 53.894 €/a	Veränderung absolut 13.347 €/a 61.859 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	35.479 €/a		8.562 €/a 26.917 €/a	7.082 €/a 28.397 €/a	7.728 €/a 27.751 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	4.408 €/a		531 €/a 4.939 €/a	1.459 €/a 5.867 €/a	718 €/a 5.127 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-88.399 €/a			-94.103 €/a	-88.158 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante			5.704 €/a	-241 €/a	6.338 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten			43,0 a 66,20 €/m ²	31,7 a 18,10 €/m ²	45,1 a 66,80 €/m ²
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N					
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	48.512 €/a		Veränderung absolut 13.735 €/a 62.247 €/a	Veränderung absolut 5.382 €/a 53.894 €/a	Veränderung absolut 13.347 €/a 61.859 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	33.873 €/a		6.915 €/a 26.959 €/a	4.850 €/a 29.023 €/a	6.634 €/a 27.239 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	4.408 €/a		531 €/a 4.939 €/a	1.459 €/a 5.867 €/a	718 €/a 5.127 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-86.794 €/a			-94.145 €/a	-88.785 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante			7.351 €/a	1.991 €/a	7.431 €/a

Tabelle C-126: Merkmale und Kosten Verbrauchermarkt, Niveau Q_p 65 % Ü 80 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Investitionsmehrkosten baulich			absolut spezifisch	absolut spezifisch	absolut spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch			305.074 € 136,0 €/m ²	-25.534 € -11,4 €/m ²	289.100 € 128,9 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung			36.365 € 16,2 €/m ²	118.251 € 52,7 €/m ²	41.060 € 18,3 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)			10.215 € 4,6 €/m ²	10.215 € 4,6 €/m ²	10.215 € 4,6 €/m ²
Energiekostenersparnis (+) Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr			351.654 € 156,8 €/m ²	102.932 € 45,9 €/m ²	340.375 € 151,8 €/m ²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr			6.301 €/a 2,81 €/(m ² a)	4.420 €/a 1,97 €/(m ² a)	6.046 €/a 2,70 €/(m ² a)
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)			484 €/a 0,2156 €/(m ² a)	1.329 €/a 0,59 €/(m ² a)	655 €/a 0,29 €/(m ² a)
Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger					
Endenergie Strom Normaltarif	0,250 €/kWh	82.860 kWh/a	20.749,8 €/a	78.181 kWh/a	19.578,1 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,238 €/kWh	-	-	11.147 kWh/a	2.650,9 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,063 €/kWh	160.551 kWh/a	10.118,8 €/a	37.102 kWh/a	2.338,4 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,043 €/kWh	-	-	-	-
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)			30.868,6 €/a	-20,4%	24.567,4 €/a
				-14,3%	26.449,0 €/a
				-19,6%	24.822,8 €/a

Merkmale und Kosten Bautechnik		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)	Fläche	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten
Außenwand	972,20 m ²	0,28 W/(m ² K)	143.001 €	0,10 W/(m ² K)	191.172 €	0,24 W/(m ² K)	147.115 €	0,12 W/(m ² K)	180.726 €		
Vorhangfassade											
Sandwich-Elemente											
Fenster Fassade	33,20 m ²	1,30 W/(m ² K)	6.752 €	0,80 W/(m ² K)	11.087 €	1,30 W/(m ² K)	6.752 €	1,00 W/(m ² K)	7.792 €		
Trapezdach											
Lichtband											
Flachdach	2.520,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	461.022 €	0,09 W/(m ² K)	574.071 €	0,29 W/(m ² K)	428.428 €	0,10 W/(m ² K)	558.675 €		
Kehlbalkendecke											
oberste Geschosdecke											
Kellerdecke											
Boden an Erdreich	2.520,00 m ²	0,35 W/(m ² K)	276.192 €	0,10 W/(m ² K)	414.343 €	0,34 W/(m ² K)	277.772 €	0,09 W/(m ² K)	427.506 €		
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K)	0 €	0,02 W/(m ² K)	1.366 €	0,02 W/(m ² K)	1.366 €	0,02 W/(m ² K)	1.366 €		
Hüllfläche:	6.045 m ²		Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten
(Gesamt-)Investitionskosten baulich			886.966 €	305.074 €	1.192.040 €	-25.534 €	861.432 €	289.100 €	1.176.066 €		
Merkmale und Kosten Anlagentechnik		Bezugsgröße		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole	
		Bezugsgröße		Bezugsgröße		Bezugsgröße		Bezugsgröße		Bezugsgröße	
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	7.958 €			WP Luft	11.203 €	WP Sole	39.683 €	Pellet	15.327 €
	kW thermisch	60,0 kW				9,0 kW		64,0 kW		9,0 kW	
	kW elektrisch	k.A.				k.A.		k.A.		k.A.	
2. Wärmeerzeuger	Typ		-			GasBW	3.543 €		-	GasBW	5.404 €
	kW thermisch		-			25,0 kW		-		34,0 kW	
	kW elektrisch		k.A.			k.A.		k.A.		k.A.	
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45				HK 45/35		HK 45/35		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	60,0 kW	55.358 €			34,0 kW		64,0 kW		43,0 kW	53.479 €
45/35°C	kW Heizlast	60,0 kW	-			34,0 kW		64,0 kW	61.041 €	43,0 kW	-
35/28°C	m ² Wohnfläche	2.039,1 m ²				2.039,1 m ²		2.039,1 m ²		2.039,1 m ²	-
Luftheritzer	kW Heizlast	60,0 kW	-			34,0 kW		64,0 kW		43,0 kW	-
Deckenstrahlplatten	kW Heizlast	60,0 kW				34,0 kW		64,0 kW		43,0 kW	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	1.708 €			1	1.708 €	1	-	1	1.708 €
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.415 €			1	3.415 €	1	-	1	3.415 €
Bohrung WP Sole	kW Heizlast		-				-	64,0 kW	57.258 €		-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast		-				-	-	-	9,0 kW	1.460 €
	Summe Heizung, TWE		68.439 €				76.097 €		157.982 €		80.792 €
Art der Nutzung Solarthermie		0				0		0		0	
solare TWE	m ² Nutzfläche	2.446,9 m ²	-			2.446,9 m ²		2.446,9 m ²		2.446,9 m ²	-
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	2.446,9 m ²				2.446,9 m ²		2.446,9 m ²		2.446,9 m ²	
	Summe Solarthermie		-			-		-		-	
Lüftung Nichtwohngebäude											
Abluftanlage	Art	keine				keine		keine		keine	
	Volumenstrom [m ³]	-				-		-		-	
Zu-/Abluftanlage	Art	Zu-/Abl. H+K				Zu-/Abl. H+K verb.		Zu-/Abl. H+K verb.		Zu-/Abl. H+K verb.	
	Volumenstrom [m ³]	8.098,0 m ³	191.379 €			8.098,0 m ³	220.086 €	8.098,0 m ³	220.086 €	8.098,0 m ³	220.086 €
	Summe Lüftungsanlage(n) Nichtwohngebäude		191.379 €				220.086 €		220.086 €		220.086 €

C 6.7 Fertigungshalle (zentrale Erzeuger)

Tabelle C-127: Energetische Auswertungen Fertigungshalle (zentrale Erzeuger), Niveau Q_p 65 % Ü 80 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit f _{p,Strom} = 1,8)		Bezug: WLE STD	V1: Gas-BW	V2: Pellet	V3: WP Sole	V4: BHKW					
Primärenergiebedarf Q _{p/A_N}	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 116 kWh/(m ² a)	116,0 kWh/(m ² a)	0%	78,3 kWh/(m ² a)	-33%	46,7 kWh/(m ² a)	-60%	65,9 kWh/(m ² a)	-43%	68,3 kWh/(m ² a)	-41%
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 73,98 kWh/(m ² a)		57%		6%		-37%		-11%		-8%
opak	Anf. Niveau = 0,28 W/(m ² K)		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Anf. EnEV 2014 = 0,35 W/(m ² K)										
Ü-Werte transparent	Anf. Niveau = 1,5 W/(m ² K)		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m ² K)										
Vorhangsfassade	Anf. Niveau = 1,5 W/(m ² K)		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m ² K)										
Glasdach	Anf. Niveau = 2,5 W/(m ² K)		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Anf. EnEV 2014 = 3,1 W/(m ² K)										
Energiekennwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante		Bezug: WLE STD	V1: Gas-BW	V2: Pellet	V3: WP Sole	V4: BHKW					
Nutzenergie Warmwasser Q _{w,b}		-	-	0%	-	-	0%	-	-	0%	-
Endenergie Wärme Q _{r,Wärme}		193.317 kWh/a	107.535 kWh/a	-44%	186.995 kWh/a	-3%	40.977 kWh/a	-79%	162.997 kWh/a	-16%	
Endenergie Beleuchtung		39.619 kWh/a	39.862 kWh/a	1%	39.619 kWh/a		39.619 kWh/a		39.619 kWh/a		
Endenergie Kühlung		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Endenergie Belüftung		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Endenergie Hilfsenergie Q _{r,Hilfsenergie}		2.232 kWh/a	946 kWh/a	-58%	787 kWh/a	-65%	3.560 kWh/a	59%	468 kWh/a	-79%	
Primärenergiebedarf Q _p		266.907 kWh/a	180.019 kWh/a	-33%	107.360 kWh/a	-60%	151.480 kWh/a	-43%	157.084 kWh/a	-41%	
CO ₂ -Emissionen		45.295 kg/a	25.034 kg/a	-45%	102.529 kg/a	126%	24.317 kg/a	-46%	3.842 kg/a	-92%	
CO ₂ -Emissionen, spezifisch		19,7 kg/(m ² a)	10,9 kg/(m ² a)		44,6 kg/(m ² a)		10,6 kg/(m ² a)		1,7 kg/(m ² a)		

Tabelle C-128: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit Fertigungshalle (zentrale Erzeuger), Niveau Q_p 65 % Ü 80 %, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung Bundesregierung)		Bezug: WLE STD	V1: Gas-BW	V2: Pellet	V3: WP Sole	V4: BHKW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten			8,4 a Anf. n. erf. !	16,5 a	30,6 a	keine
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N			0 €/m ²	0 €/m ²	11,30 €/m ²	keine Angabe
Annuität der kapitalgebundenen Kosten		21.147 €/a	3.147 €/a	24.294 €/a	3.734 €/a	24.881 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten		24.201 €/a	6.309 €/a	17.892 €/a	4.769 €/a	19.432 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten		1.914 €/a	-1.221 €/a	692 €/a	256 €/a	2.169 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen		-47.262 €/a	-4.384 €/a	-42.878 €/a	-780 €/a	-46.482 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante					1.194 €/a	2.702 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung EU)		Bezug: WLE STD	V1: Gas-BW	V2: Pellet	V3: WP Sole	V4: BHKW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten			7,4 a Anf. n. erf. !	13,4 a	18,0 a	keine
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N			0 €/m ²	0 €/m ²	0 €/m ²	keine Angabe
Annuität der kapitalgebundenen Kosten		21.147 €/a	3.147 €/a	24.294 €/a	3.734 €/a	24.881 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten		27.147 €/a	7.334 €/a	19.813 €/a	5.828 €/a	21.319 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten		1.914 €/a	-1.221 €/a	692 €/a	256 €/a	2.169 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen		-50.207 €/a	-5.408 €/a	-44.799 €/a	-1.839 €/a	-48.369 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante					-373 €/a	3.192 €/a

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: WLE STD	V1: Gas-BW 0 €/m ²	V2: Pellet 0 €/m ²	V3: WP Sole 21,10 €/m ²	V4: BHKW keine keine Angabe
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		8,5 a Anf. n. erf. !	15,8 a	66,6 a	
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N					
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	21.147 €/a	3.147 €/a	24.294 €/a	3.734 €/a	24.881 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	24.870 €/a	6.219 €/a	18.651 €/a	4.973 €/a	19.897 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	1.914 €/a	-1.221 €/a	692 €/a	256 €/a	2.169 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-47.931 €/a		-43.637 €/a		-46.947 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		-4.294 €/a		-983 €/a	

Tabelle C-129: Merkmale und Kosten Fertigungshalle (zentrale Erzeuger), Niveau Q_P 65 % Ü 80 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: WLE STD	V1: Gas-BW	V2: Pellet	V3: WP Sole	V4: BHKW
Investitionsmehrkosten baulich		absolut spezifisch	absolut spezifisch	absolut spezifisch	absolut spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		85.166 € 37,0 €/m ²	-38.604 € -16,8 €/m ²	-38.604 € -16,8 €/m ²	-38.604 € -16,8 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		-2.074 € -0,9 €/m ²	70.344 € 30,6 €/m ²	138.956 € 60,4 €/m ²	39.294 € 17,1 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		0 € 0,0 €/m ²	0 € 0,0 €/m^{2}	0 € 0,0 €/m^{2}	0 € 0,0 €/m^{2}
Energiekostensparensparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		83.092 € 36,1 €/m ²	31.740 € 13,8 €/m ²	100.352 € 43,6 €/m ²	690 € 0,3 €/m ²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		5.668 €/a 2,46 €/(m ² a)	4.532 €/a 1,97 €/(m ² a)	1.260 €/a 0,55 €/(m ² a)	-2.340 €/a -1,02 €/(m ² a)
Energiekosten	Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger	-1.113 €/a 0 €/(m ² a)	233 €/a 0,1012 €/(m ² a)	318 €/a 0,14 €/(m ² a)	-1.115 €/a 0 €/(m ² a)
Endenergie Strom Normaltarif	0,250 €/kWh	41.851 kWh/a	10.480,3 €/a	40.406 kWh/a	10.118,5 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,238 €/kWh			40.406 kWh/a	10.118,5 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,063 €/kWh	193.317 kWh/a	12.183,8 €/a	107.535 kWh/a	6.777,4 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,043 €/kWh				
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		22.664,2 €/a	-25,0%	16.996,4 €/a	-20,0%
				18.132,5 €/a	
				-5,6%	21.404,4 €/a
					10,3% 25.004,6 €/a
Merkmale und Kosten Bautechnik	Bezug: WLE STD	V1: Gas-BW	V2: Pellet	V3: WP Sole	V4: BHKW
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)	Fläche	U-Wert Kosten	U-Wert Kosten	U-Wert Kosten	U-Wert Kosten
Außenwand					
Vorhangfassade					
Sandwich-Elemente	1.724,00 m ²	0,28 W/(m ² K)	156.037 €	0,20 W/(m ² K)	180.714 €
Fenster Fassade	240,00 m ²	1,30 W/(m ² K)	48.807 €	0,80 W/(m ² K)	80.148 €
Trapezdach	2.040,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	115.872 €	0,16 W/(m ² K)	142.276 €
Lichtband	360,00 m ²	2,40 W/(m ² K)	19.715 €	1,45 W/(m ² K)	22.458 €
Flachdach					
Kehlbalkendecke					
oberste Geschossdecke					
Kellerdecke					
Boden an Erdreich	900,00 m ²	0,35 W/(m ² K)	98.640 €	0,35 W/(m ² K)	98.640 €
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K)	0 €	0,05 W/(m ² K)	0 €
(Gesamt-)Investitionskosten baulich	Hüllfläche:	5.300 m ²	Kosten	Differenz	Kosten
		0 €	458.625 €	85.166 €	543.791 €
				-38.604 €	420.021 €
				-38.604 €	420.021 €
				-38.604 €	420.021 €

Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: WLE STD		V1: Gas-BW		V2: Pellet		V3: WP Sole		V4: BHKW	
		Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ kW thermisch kW elektrisch	WLE_STD 100,0 kW k.A.	26.790 €	GasBW 82,7 kW k.A.	9.905 €	Pellet 110,0 kW k.A.	72.517 €	WP Sole 110,0 kW k.A.	60.784 €	BHKW 33,0 kW 15,0 kW	32.035 €
2. Wärmeerzeuger	Typ kW thermisch kW elektrisch	- k.A.	-	- k.A.	-	- k.A.	-	- k.A.	-	GasBW 77,0 kW k.A.	9.432 €
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	keine		LH		DSP		LH		DSP	
55/45°C	kW Heizlast	100,0 kW	-	82,7 kW	-	110,0 kW	-	110,0 kW	-	110,0 kW	-
45/35°C	kW Heizlast	100,0 kW	-	82,7 kW	-	110,0 kW	-	110,0 kW	-	110,0 kW	-
35/28°C	m² Wohnfläche	2.090,9 m²	-	2.090,9 m²	-	2.090,9 m²	-	2.090,9 m²	-	2.090,9 m²	-
Luftheritzer	kW Heizlast	100,0 kW	-	82,7 kW	14.811 €	110,0 kW	-	110,0 kW	19.693 €	110,0 kW	-
Deckenstrahlplatten	kW Heizlast	100,0 kW	-	82,7 kW	-	110,0 kW	24.616 €	110,0 kW	-	110,0 kW	24.616 €
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	1.708 €	1	1.708 €	1	1.708 €	1	-	1	1.708 €
Schornstein	je Gebäudetyp	-	1	3.415 €	-	1	3.415 €	1	-	1	3.415 €
Bohrung WP Sole	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	110,0 kW	90.391 €	-	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	110,0 kW	-	-	-	-	-
Summe Heizung, TWE		31.912 €		29.839 €		102.256 €		170.868 €		71.206 €	
Art der Nutzung Solarthermie		0		0		0		0		0	
solare TWE	m² Nutzfläche	2.509,1 m²	-	2.509,1 m²	-	2.509,1 m²	-	2.509,1 m²	-	2.509,1 m²	-
solare TWE/HU	m² Nutzfläche	2.509,1 m²	-	2.509,1 m²	-	2.509,1 m²	-	2.509,1 m²	-	2.509,1 m²	-
Summe Solarthermie		-		-		-		-		-	
Lüftung Nichtwohngebäude											
Abluftanlage	Art Volumenstrom [m³]	keine -	keine -	keine -	keine -	keine -	keine -	keine -	keine -	keine -	keine -
Zu-/Abluftanlage	Art Volumenstrom [m³]	keine -	keine -	keine -	keine -	keine -	keine -	keine -	keine -	keine -	keine -
Summe Lüftungsanlage(n) Nichtwohngebäude		-		-		-		-		-	

C 6.8 Fertigungshalle (dezentrale Erzeuger)

Tabelle C-130: Energetische Auswertungen Fertigungshalle (dezentrale Erzeuger), Niveau Q_p 65 % Ü 80 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit $f_{\text{B}, \text{Strom}} = 1,8$)		Bezug: WLE STD		V1: WLE opt. TOP		V2: Hellstrahler TOP		V3: Dunkelstrahler STD		V4: Dunkelstrahler TOP	
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 116 kWh/(m²a)	116,0 kWh/(m²a)	0%	94,4 kWh/(m²a)	-19%	95,1 kWh/(m²a)	-18%	95,4 kWh/(m²a)	-18%	94,2 kWh/(m²a)	-19%
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 98,64 kWh/(m²a)		18%		-4%		-4%		-3%		-5%
opak	Anf. Niveau = 0,35 W/(m²K) Anf. EnEV 2014 = 0,35 W/(m²K)	-		-		-		-		-	
transparent	Anf. Niveau = 1,9 W/(m²K) Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m²K)	-		-		-		-		-	
Vorhangsfassade	Anf. Niveau = 1,9 W/(m²K) Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m²K)	-		-		-		-		-	
Glasdach	Anf. Niveau = 3,1 W/(m²K) Anf. EnEV 2014 = 3,1 W/(m²K)	-		-		-		-		-	

Energiekennwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante		Bezug: WLE STD		V1: WLE opt. TOP		V2: Hellstrahler TOP		V3: Dunkelstrahler STD		V4: Dunkelstrahler TOP	
Nutzenergie Warmwasser Q _{w,b}	-	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%
Endenergie Wärme Q _{f,Wärme}	193.317 kWh/a	143.376 kWh/a	-26%	148.080 kWh/a	-23%	148.511 kWh/a	-23%	145.557 kWh/a	-25%		
Endenergie Beleuchtung	39.619 kWh/a	39.619 kWh/a		39.619 kWh/a		39.619 kWh/a		39.619 kWh/a		39.619 kWh/a	
Endenergie Kühlung	-	-		-		-		-		-	
Endenergie Belüftung	-	-		-		-		-		-	
Endenergie Hilfsenergie Q _{f,Hilfsenergie}	2.232 kWh/a	2.101 kWh/a	-6%	330 kWh/a	-85%	515 kWh/a	-77%	567 kWh/a	-75%		
Primärenergiebedarf Q _p	266.907 kWh/a	217.180 kWh/a	-19%	218.654 kWh/a	-18%	219.414 kWh/a	-18%	216.580 kWh/a	-19%		
CO ₂ -Emissionen	45.295 kg/a	33.837 kg/a	-25%	81.032 kg/a	79%	81.368 kg/a	80%	3.512 kg/a	-92%		
CO ₂ -Emissionen, spezifisch	19,7 kg/(m²a)	14,7 kg/(m²a)		35,2 kg/(m²a)		35,4 kg/(m²a)		1,5 kg/(m²a)			

Tabelle C-131: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit Fertigungshalle (dezentrale Erzeuger), Niveau Q_P 65 % Ü 80 %, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: WLE STD	V1: WLE opt. TOP	V2: Hellstrahler TOP	V3: Dunkelstrahler STD	V4: Dunkelstrahler TOP
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		sofort keine Angabe	sofort keine Angabe	sofort keine Angabe	sofort keine Angabe
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N					
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	21.051 €/a	-663 €/a	20.388 €/a	-1.398 €/a	19.652 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	24.201 €/a	3.553 €/a	20.648 €/a	3.669 €/a	20.532 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	1.801 €/a	281 €/a	2.082 €/a	-656 €/a	1.145 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-47.053 €/a		-43.119 €/a		-41.330 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		-3.935 €/a	-5.723 €/a	-6.248 €/a	-6.371 €/a

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung EU)	Bezug: WLE STD	V1: WLE opt. TOP	V2: Hellstrahler TOP	V3: Dunkelstrahler STD	V4: Dunkelstrahler TOP
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		sofort keine Angabe	sofort keine Angabe	sofort keine Angabe	sofort keine Angabe
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N					
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	21.051 €/a	-663 €/a	20.388 €/a	-1.398 €/a	19.652 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	27.147 €/a	4.141 €/a	23.005 €/a	4.231 €/a	22.916 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	1.801 €/a	281 €/a	2.082 €/a	-656 €/a	1.145 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-49.999 €/a		-45.476 €/a		-43.713 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		-4.523 €/a	-6.285 €/a	-6.802 €/a	-6.959 €/a

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: WLE STD	V1: WLE opt. TOP	V2: Hellstrahler TOP	V3: Dunkelstrahler STD	V4: Dunkelstrahler TOP
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		sofort keine Angabe	sofort keine Angabe	sofort keine Angabe	sofort keine Angabe
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N					
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	21.051 €/a	-663 €/a	20.388 €/a	-1.398 €/a	19.652 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	24.870 €/a	3.490 €/a	21.380 €/a	3.651 €/a	21.219 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	1.801 €/a	281 €/a	2.082 €/a	-656 €/a	1.145 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-47.722 €/a		-43.850 €/a		-42.016 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		-3.872 €/a	-5.706 €/a	-6.227 €/a	-6.345 €/a

Tabelle C-132: Merkmale und Kosten Fertigungshalle (dezentrale Erzeuger), Niveau Q_P 65 % Ü 80 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: WLE STD	V1: WLE opt. TOP	V2: Heißstrahler TOP	V3: Dunkelstrahler STD	V4: Dunkelstrahler TOP
		absolut spezifisch	absolut spezifisch	absolut spezifisch	absolut spezifisch
Investitionsmehrkosten baulich		-36.006 € -15,7 €/m²	-44.835 € -19,5 €/m²	-42.120 € -18,3 €/m²	-45.413 € -19,7 €/m²
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		4.271 € 1,9 €/m²	6.859 € 3,0 €/m²	-1.837 € -0,8 €/m²	1.553 € 0,7 €/m²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		0 € 0,0 €/m²	0 € 0,0 €/m²	0 € 0,0 €/m²	0 € 0,0 €/m²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		-31.735 € -13,8 €/m²	-37.976 € -16,5 €/m²	-43.957 € -19,1 €/m²	-43.860 € -19,1 €/m²
Energiekostenersparnis (+) Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		3.180 €/a 1,38 €/(m²a)	3.327 €/a 1,45 €/(m²a)	3.254 €/a 1,41 €/(m²a)	3.427 €/a 1,49 €/(m²a)
Wartungsmehrkosten (+) /- minderkosten (-) im ersten Jahr		256 €/a 0,11 €/(m²a)	-598 €/a 0,26 €/(m²a)	-842 €/a 0 €/(m²a)	-757 €/a 0 €/(m²a)
Energiekosten	Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger				
Endenergie Strom Normaltarif	0,250 €/kWh	41.851 kWh/a	10.480,3 €/a	41.720 kWh/a	10.447,5 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,238 €/kWh			39.949 kWh/a	10.004,0 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,063 €/kWh	193.317 kWh/a	12.183,8 €/a	143.376 kWh/a	9.036,3 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,043 €/kWh			148.080 kWh/a	9.332,8 €/a
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		22.664,2 €/a	-14,0%	19.483,8 €/a	-14,7%
				19.336,8 €/a	-14,4%
				19.410,3 €/a	-15,1%
				19.237,1 €/a	-15,1%

Merkmale und Kosten Bautechnik		Bezug: WLE STD		V1: WLE opt. TOP		V2: Hellstrahler TOP		V3: Dunkelstrahler STD		V4: Dunkelstrahler TOP	
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)	Fläche	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten
Außenwand											
Vorhangfassade											
Sandwich-Elemente	1.724,00 m ²	0,28 W/(m ² K)	156.037 €	0,28 W/(m ² K)	156.037 €	0,35 W/(m ² K)	147.207 €	0,32 W/(m ² K)	149.922 €	0,35 W/(m ² K)	147.207 €
Fenster Fassade	240,00 m ²	1,30 W/(m ² K)	48.807 €	1,30 W/(m^{2}K)	48.807 €	1,30 W/(m^{2}K)	48.807 €	1,30 W/(m^{2}K)	48.807 €	1,30 W/(m^{2}K)	48.807 €
Trapezdach	2.040,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	115.872 €	0,28 W/(m ² K)	86.941 €	0,28 W/(m ² K)	86.941 €	0,28 W/(m ² K)	86.941 €	0,28 W/(m ² K)	86.941 €
Lichtband	360,00 m ²	2,40 W/(m ² K)	19.715 €	1,60 W/(m ² K)	22.025 €	1,60 W/(m ² K)	22.025 €	1,60 W/(m ² K)	22.025 €	1,80 W/(m ² K)	21.447 €
Flachdach											
Kehlbalkendecke											
oberste Geschosdecke											
Kellerdecke											
Boden an Erdreich	900,00 m ²	0,35 W/(m ² K)	98.640 €	0,60 W/(m ² K)	89.256 €	0,60 W/(m^{2}K)	89.256 €	0,60 W/(m^{2}K)	89.256 €	0,60 W/(m^{2}K)	89.256 €
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K)	0 €								
Hüllfläche:	5.300 m ²		Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten
(Gesamt-)Investionskosten baulich		0 €	458.625 €	-36.006 €	422.619 €	-44.835 €	413.790 €	-42.120 €	416.505 €	-45.413 €	413.213 €

Merkmale und Kosten Anlagentechnik		Bezugsgröße		Bezug: WLE STD		V1: WLE opt. TOP		V2: Hellstrahler TOP		V3: Dunkelstrahler STD		V4: Dunkelstrahler TOP	
		Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger													
1. Wärmeerzeuger	Typ	WLE_STD	26.790 €	WLE_opt_TOP	31.060 €	HellS_TOP	33.649 €	DunkelS_STD	26.660 €	DunkelS_TOP	28.343 €		
	kW thermisch	100,0 kW		100,3 kW		103,9 kW		102,4 kW		110,4 kW			
	kW elektrisch	k.A.		k.A.		k.A.		k.A.		k.A.			
2. Wärmeerzeuger	Typ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	kW thermisch	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	kW elektrisch	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	keine		keine		keine		keine		keine			
55/45°C	kW Heizlast	100,0 kW	-	100,3 kW	-	103,9 kW	-	102,4 kW	-	110,4 kW	-		
45/35°C	kW Heizlast	100,0 kW	-	100,3 kW	-	103,9 kW	-	102,4 kW	-	110,4 kW	-		
35/28°C	m ² Wohnfläche	2.090,9 m ²	-	2.090,9 m^{2}	-	2.090,9 m^{2}	-	2.090,9 m^{2}	-	2.090,9 m^{2}	-		
Luftheritzer	kW Heizlast	100,0 kW	-	100,3 kW	-	103,9 kW	-	102,4 kW	-	110,4 kW	-		
Deckenstrahlplatten	kW Heizlast	100,0 kW	-	100,3 kW	-	103,9 kW	-	102,4 kW	-	110,4 kW	-		
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	1.708 €	1	1.708 €	1	1.708 €	1	1.708 €	1	1.708 €		
Schornstein	je Gebäudetyp	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-		
Bohrung WPSoIe	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Summe Heizung, TWE	28.497 €		32.768 €		35.356 €		26.660 €		30.050 €			
Art der Nutzung Solarthermie		0		0		0		0		0			
solare TWE	m ² Nutzfläche	2.509,1 m ²	-	2.509,1 m^{2}	-	2.509,1 m^{2}	-	2.509,1 m^{2}	-	2.509,1 m^{2}	-		
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	2.509,1 m ²	-	2.509,1 m^{2}	-	2.509,1 m^{2}	-	2.509,1 m^{2}	-	2.509,1 m^{2}	-		
	Summe Solarthermie	-		-		-		-		-			
Lüftung Nichtwohngebäude													
Abluftanlage	Art	keine		keine		keine		keine		keine			
	Volumenstrom [m ³]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Zu-/Abluftanlage	Art	keine		keine		keine		keine		keine			
	Volumenstrom [m ³]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Summe Lüftungsanlage(n) Nichtwohngebäude	-		-		-		-		-			

C 7 Nichtwohngebäude, Niveau Q_p 55 % Ü 70 %

C 7.1 Büro klein, nicht gekühlt

Tabelle C-133: Energetische Auswertungen Büro klein, nicht gekühlt, Niveau Q_p 55 % Ü 70 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit f _{p,Strom} = 1,8)		Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW					
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 141,4 kWh/(m ² a)	139,6 kWh/(m ² a)	-1%	85,3 kWh/(m ² a)	-40%	90,0 kWh/(m ² a)	-36%	79,0 kWh/(m ² a)	-44%	79,4 kWh/(m ² a)	-44%
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 79,56 kWh/(m ² a)										
opak	Anf. Niveau = 0,238 W/(m ² K)	0,229 W/(m ² K)	-4%	0,098 W/(m ² K)	-59%	0,098 W/(m ² K)	-59%	0,211 W/(m ² K)	-11%	0,123 W/(m ² K)	-48%
	Anf. EnEV 2014 = 0,35 W/(m ² K)		-35%		-72%		-72%		-40%		-65%
transparent	Anf. Niveau = 1,275 W/(m ² K)	1,300 W/(m ² K)	2%	0,800 W/(m ² K)	-37%	0,800 W/(m ² K)	-37%	1,000 W/(m ² K)	-22%	0,800 W/(m ² K)	-37%
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m ² K)		-32%		-58%		-58%		-47%		-58%
Vorhangsfassade	Anf. Niveau = 1,275 W/(m ² K)	-		-		-		-		-	
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m ² K)										
Glasdach	Anf. Niveau = 2,125 W/(m ² K)	-		-		-		-		-	
	Anf. EnEV 2014 = 3,1 W/(m ² K)										
Energiekennwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante		Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW					
Nutzenergie Warmwasser Q _{w,b}	-	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%
Endenergie Wärme Q _{l,Wärme}	176.840 kWh/a	117.926 kWh/a	-33%	77.128 kWh/a	-56%	41.574 kWh/a	-76%	131.128 kWh/a	-26%	30.498 kWh/a	
Endenergie Beleuchtung	30.498 kWh/a	30.498 kWh/a	-	30.498 kWh/a	-	30.498 kWh/a	-	30.498 kWh/a	-	30.498 kWh/a	
Endenergie Kühlung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Endenergie Belüftung	898 kWh/a	673 kWh/a	-25%	673 kWh/a	-25%	673 kWh/a	-25%	673 kWh/a	-25%	673 kWh/a	-25%
Endenergie Hilfsenergie Q _{l,Hilfsenergie}	1.266 kWh/a	1.637 kWh/a	29%	686 kWh/a	-46%	776 kWh/a	-39%	1.929 kWh/a	52%		
Primärenergiebedarf Q _p	234.038 kWh/a	142.948 kWh/a	-39%	150.887 kWh/a	-36%	132.339 kWh/a	-43%	133.147 kWh/a	-43%		
CO ₂ -Emissionen	41.011 kg/a	27.781 kg/a	-32%	42.486 kg/a	4%	23.123 kg/a	-44%	3.938 kg/a	-90%		
CO ₂ -Emissionen, spezifisch	24,5 kg/(m ² a)	16,6 kg/(m ² a)		25,3 kg/(m ² a)		13,8 kg/(m ² a)		2,3 kg/(m ² a)			

Tabelle C-134: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit Büro klein, nicht gekühlt, Niveau Q_p 55 % Ü 70 %, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		51,7 a Anf. n. erf.!	51,1 a Anf. n. erf.!	56,2 a	37,9 a
Deckungfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N		70,70 €/m ²	68,50 €/m ²	38,20 €/m ²	48,00 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	23.181 €/a	9.592 €/a	32.773 €/a	9.303 €/a	8.432 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	20.718 €/a	4.115 €/a	16.603 €/a	3.645 €/a	4.592 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	737 €/a	403 €/a	1.141 €/a	4 €/a	939 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-44.636 €/a		-50.516 €/a	-50.298 €/a	-47.760 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		5.880 €/a	5.662 €/a	3.124 €/a	3.986 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		43,6 a Anf. n. erf.!	39,2 a Anf. n. erf.!	30,5 a	31,6 a
Deckungfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N		60,10 €/m ²	53,40 €/m ²	20,70 €/m ²	34,60 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	23.181 €/a	9.592 €/a	32.773 €/a	9.303 €/a	8.432 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	23.321 €/a	4.805 €/a	18.517 €/a	4.753 €/a	4.117 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	737 €/a	403 €/a	1.141 €/a	4 €/a	939 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-47.240 €/a		-52.430 €/a	-51.794 €/a	-48.913 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		5.191 €/a	4.554 €/a	1.673 €/a	3.096 €/a

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW 71,60 €/m²	V2: WP Luft + Gas-BW 74,90 €/m²	V3: WP Sole 50,40 €/m²	V4: Pellet + Gas-BW 48,20 €/m²
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		52,8 a Anf. n. erf. !	60,9 a Anf. n. erf. !	> 100 a	38,0 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N					
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	23.181 €/a	9.592 €/a	32.773 €/a	32.484 €/a	8.432 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	21.205 €/a	4.034 €/a	17.171 €/a	18.145 €/a	4.589 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	737 €/a	403 €/a	1.141 €/a	742 €/a	146 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-45.124 €/a		-51.085 €/a	-51.371 €/a	
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		5.961 €/a	6.247 €/a	4.213 €/a	3.989 €/a

Tabelle C-135: Merkmale und Kosten Büro klein, nicht gekühlt, Niveau Q_P 55 % Ü 70 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Investitionsmehrkosten baulich		absolut spezifisch	absolut spezifisch	absolut spezifisch	absolut spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		168.484 € 100,5 €/m²	168.484 € 100,5 €/m²	23.338 € 13,9 €/m²	139.230 € 83,1 €/m²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		13.158 € 7,8 €/m²	13.735 € 8,2 €/m²	93.341 € 55,7 €/m²	13.782 € 8,2 €/m²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		7.796 € 4,7 €/m²	7.796 € 4,7 €/m²	0 € 0,0 €/m²	7.796 € 4,7 €/m²
Energiekostensparnis (+) / Energie Mehrkosten (-) im ersten Jahr		189.438 € 113,0 €/m²	190.014 € 113,4 €/m²	116.679 € 69,6 €/m²	160.808 € 95,9 €/m²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		3.676 €/a 2,19 €/(m²/a)	2.789 €/a 1,66 €/(m²/a)	1.437 €/a 0,86 €/(m²/a)	4.182 €/a 2,50 €/(m²/a)
Energiekosten	Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger	368 €/a 0,22 €/(m²/a)	4 €/a 0,0024 €/(m²/a)	856 €/a 0,51 €/(m²/a)	133 €/a 0,08 €/(m²/a)
Endenergie Strom Normaltarif	0,250 €/kWh	32.662 kWh/a	8.179,2 €/a	32.808 kWh/a	8.215,9 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,238 €/kWh	-	-	31.857 kWh/a	7.977,6 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,063 €/kWh	176.840 kWh/a	11.145,4 €/a	21.152 kWh/a	5.030,2 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,043 €/kWh	-	-	55.976 kWh/a	3.527,9 €/a
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		19.324,5 €/a	-19,0%	15.648,2 €/a	-14,4%
				16.535,7 €/a	-7,4%
				17.887,2 €/a	-21,6%
					15.142,4 €/a
Merkmale und Kosten Bautechnik	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)	Fläche	U-Wert Kosten	U-Wert Kosten	U-Wert Kosten	U-Wert Kosten
Außenwand	951,50 m²	0,28 W/(m²K) 139.956 €	0,12 W/(m²K) 176.878 €	0,12 W/(m²K) 176.878 €	0,24 W/(m²K) 143.983 €
Vorhangsfassade					
Sandwich-Elemente					
Fenster Fassade	616,10 m²	1,30 W/(m²K) 125.291 €	0,80 W/(m²K) 205.746 €	0,80 W/(m²K) 205.746 €	1,00 W/(m²K) 144.602 €
Trapezdach					
Lichtband					
Flachdach	591,00 m²	0,20 W/(m²K) 108.121 €	0,10 W/(m²K) 131.023 €	0,10 W/(m²K) 131.023 €	0,20 W/(m²K) 108.121 €
Kehlbalkendecke					
oberste Geschossdecke					
Kellerdecke					
Boden an Erdreich	591,00 m²	0,35 W/(m²K) 64.774 €	0,12 W/(m²K) 91.612 €	0,12 W/(m²K) 91.612 €	0,35 W/(m²K) 64.774 €
Wärmebrücken		0,05 W/(m²K) 0 €	0,02 W/(m²K) 1.366 €	0,02 W/(m²K) 1.366 €	0,05 W/(m²K) 0 €
(Gesamt-)Investitionskosten baulich	Hüllfläche:	2.750 m²	Kosten 0 €	Differenz 168.484 €	Kosten 606.625 €
			438.141 €		23.338 €
				606.625 €	461.479 €
					139.230 €
					577.371 €

Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
		Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ kW thermisch kW elektrisch	GasBW 75,4 kW k.A.	9.298 €	BHKW 11,0 kW 3,4 kW	17.058 €	WP Luft 11,0 kW k.A.	13.106 €	WP Sole 68,3 kW k.A.	41.768 €	Pellet 11,3 kW k.A.	15.504 €
2. Wärmeerzeuger	Typ kW thermisch kW elektrisch	- - k.A.	-	GasBW 43,9 kW k.A.	6.434 €	GasBW 43,9 kW k.A.	6.434 €	- - k.A.	-	GasBW 45,4 kW k.A.	6.577 €
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45		HK 45/35		HK 45/35		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	75,4 kW	44.765 €	54,9 kW	42.555 €	54,9 kW	-	68,3 kW	-	56,7 kW	42.749 €
45/35°C	kW Heizlast	75,4 kW	-	54,9 kW	-	54,9 kW	47.082 €	68,3 kW	49.230 €	56,7 kW	-
35/28°C	m² Wohnfläche	1.523,8 m²	-	1.523,8 m²	-	1.523,8 m²	-	1.523,8 m²	-	1.523,8 m²	-
Luftheritzer	kW Heizlast	75,4 kW	-	54,9 kW	-	54,9 kW	-	68,3 kW	-	56,7 kW	-
Deckenstrahlplatten	kW Heizlast	75,4 kW	-	54,9 kW	-	54,9 kW	-	68,3 kW	-	56,7 kW	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	1.708 €	1	1.708 €	1	1.708 €	1	-	1	1.708 €
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.415 €	1	3.415 €	1	3.415 €	1	-	1	3.415 €
Bohrung WP Sole	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	68,3 kW	60.355 €	-	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	11,3 kW	1.840 €
Summe Heizung, TWE		59.186 €		71.169 €		71.746 €		151.352 €		71.793 €	
Art der Nutzung Solarthermie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
solare TWE	m² Nutzfläche	1.828,6 m²	-	1.828,6 m²	-	1.828,6 m²	-	1.828,6 m²	-	1.828,6 m²	-
solare TWE/HU	m² Nutzfläche	1.828,6 m²	-	1.828,6 m²	-	1.828,6 m²	-	1.828,6 m²	-	1.828,6 m²	-
Summe Solarthermie		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lüftung Nichtwohngebäude											
Abluftanlage	Art	Abluft		Abluft verb.		Abluft verb.		Abluft verb.		Abluft verb.	
	Volumenstrom [m³]	994,5 m³	7.834 €	994,5 m³	9.009 €	994,5 m³	9.009 €	994,5 m³	9.009 €	994,5 m³	9.009 €
Zu-/Abluftanlage	Art	keine	-	keine	-	keine	-	keine	-	keine	-
Summe Lüftungsanlage(n) Nichtwohngebäude		7.834 €		9.009 €		9.009 €		9.009 €		9.009 €	

C 7.2 Büro groß, gekühlt

Tabelle C-136: Energetische Auswertungen Büro groß, gekühlt, Niveau Q_p 55 % Ű 70 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit $f_{\text{p}, \text{Strom}} = 1,8$)		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 158,4 kWh/(m²a) %-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 89,08 kWh/(m²a)	155,9 kWh/(m²a)	-2%	117,2 kWh/(m²a)	-26%	89,3 kWh/(m²a)	-44%	107,6 kWh/(m²a)	-32%		
opak	Anf. Niveau = 0,238 W/(m²K) Anf. EnEV 2014 = 0,35 W/(m²K)	0,196 W/(m²K)	-18% -44%	0,083 W/(m²K)	-65% -76%	0,119 W/(m²K)	-50% -66%	0,083 W/(m²K)	-65% -76%		
transparent	Anf. Niveau = 1,275 W/(m²K) Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m²K)	-	-	-	-	-	-	-	-		
Vorhangsfassade	Anf. Niveau = 1,275 W/(m²K) Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m²K)	1,200 W/(m²K)	-6% -37%	1,000 W/(m²K)	-22% -47%	1,000 W/(m²K)	-22% -47%	1,000 W/(m²K)	-22% -47%		
Glasdach	Anf. Niveau = 2,125 W/(m²K) Anf. EnEV 2014 = 3,1 W/(m²K)	-	-	-	-	-	-	-	-		
Energiekennwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
Nutzenergie Warmwasser Q _{w,b}		-	-	0%	-	-	-	0%	-	-	0%
Endenergie Wärme Q _{f,Wärme}		495.748 kWh/a		358.179 kWh/a	-28%	103.359 kWh/a	-79%	390.554 kWh/a	-21%		
Endenergie Beleuchtung		91.320 kWh/a		91.320 kWh/a		91.320 kWh/a		91.320 kWh/a			
Endenergie Kühlung		69.053 kWh/a		85.972 kWh/a	25%	30.124 kWh/a	-56%	74.241 kWh/a	8%		
Endenergie Belüftung		79.353 kWh/a		68.220 kWh/a	-14%	68.220 kWh/a	-14%	68.220 kWh/a	-14%		
Endenergie Hilfsenergie Q _{f,Hilfsenergie}		16.293 kWh/a		26.366 kWh/a	62%	12.131 kWh/a	-26%	15.727 kWh/a	-3%		
Primärenergiebedarf Q _p		927.236 kWh/a		697.162 kWh/a	-25%	531.434 kWh/a	-43%	640.303 kWh/a	-31%		
CO ₂ -Emissionen		121.927 kg/a		96.061 kg/a	-21%	63.058 kg/a	-48%	17.179 kg/a	-86%		
CO ₂ -Emissionen, spezifisch		20,5 kg/(m²a)		16,1 kg/(m²a)		10,6 kg/(m²a)		2,9 kg/(m²a)			

Tabelle C-137: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit Büro groß, gekühlt, Niveau Q_p 55 % Ü 70 %, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		> 100 a Anf. n. erf. ! 94,40 €/m ²		32,2 a Anf. n. erf. ! 40,30 €/m ²	53,2 a Anf. n. erf. ! 63,70 €/m ²
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N					
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	213.413 €/a	30.640 €/a 8.622 €/a 6.011 €/a -323.758 €/a	244.053 €/a 87.527 €/a 20.207 €/a -351.787 €/a		243.614 €/a 73.044 €/a 18.550 €/a -335.208 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	96.149 €/a				243.511 €/a 82.610 €/a 16.412 €/a -342.533 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	14.196 €/a				
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-323.758 €/a				
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		28.029 €/a		11.451 €/a	18.775 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		> 100 a Anf. n. erf. ! 88,90 €/m ²		25,4 a Anf. n. erf. ! 22,70 €/m ²	43,8 a Anf. n. erf. ! 54,30 €/m ²
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N					
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	213.413 €/a	30.640 €/a 10.170 €/a 6.011 €/a -333.487 €/a	244.053 €/a 95.709 €/a 20.207 €/a -359.969 €/a		243.614 €/a 77.706 €/a 18.550 €/a -339.870 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	105.878 €/a				243.511 €/a 89.908 €/a 16.412 €/a -349.831 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	14.196 €/a				
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-333.487 €/a				
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		26.482 €/a		6.383 €/a	16.344 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		> 100 a Anf. n. erf. ! 95,30 €/m ²		35,4 a Anf. n. erf. ! 44,80 €/m ²	52,2 a Anf. n. erf. ! 62,90 €/m ²
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N					
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	213.413 €/a	30.640 €/a 8.348 €/a 6.011 €/a -328.449 €/a	244.053 €/a 92.493 €/a 20.207 €/a -356.753 €/a		243.614 €/a 79.421 €/a 18.550 €/a -341.585 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	100.840 €/a				243.511 €/a 87.093 €/a 16.412 €/a -347.016 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	14.196 €/a				
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-328.449 €/a				
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		28.304 €/a		13.136 €/a	18.567 €/a

Tabelle C-138: Merkmale und Kosten Büro groß, gekühlt, Niveau Q_p 55 % Ü 70 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Investitionsmehrkosten baulich		absolut spezifisch			
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		442.989 € 74,5 €/m ²		319.896 € 53,8 €/m ²	442.989 € 74,5 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		138.844 € 23,3 €/m ²		339.266 € 57,0 €/m ²	138.483 € 23,3 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		26.033 € 4,4 €/m ²		0 € 0,0 €/m ²	26.033 € 4,4 €/m ²
Energiekostenersparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		607.867 € 102,2 €/m ²		659.162 € 110,8 €/m ²	607.506 € 102,1 €/m ²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		7.607 €/a 1,28 €/(m ² a)		19.519 €/a 3,28 €/(m ² a)	12.528 €/a 2,11 €/(m ² a)
		5.478 €/a 0,92 €/(m ² a)		3.968 €/a 0,67 €/(m ² a)	2.019 €/a 0,34 €/(m ² a)
Energiekosten	Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger				
Endenergie Strom Normaltarif	0,250 €/kWh	242.197 kWh/a	60.651,0 €/a	246.443 kWh/a	171.671 kWh/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,238 €/kWh	-	-	61.714,2 €/a	42.989,8 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,063 €/kWh	495.748 kWh/a	31.244,6 €/a	358.179 kWh/a	123.570 kWh/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,043 €/kWh	-	-	22.574,3 €/a	29.386,8 €/a
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		91.895,6 €/a	-8,3%	84.288,5 €/a	-21,2%
				72.376,7 €/a	-13,6%
					79.367,7 €/a

Merkmale und Kosten Bautechnik		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)	Fläche	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten
Außenwand	892,40 m ²	0,29 W/(m ² K)	130.365 €	0,12 W/(m ² K)	165.892 €	0,14 W/(m ² K)	157.859 €	0,12 W/(m ² K)	165.892 €	0,12 W/(m ² K)	165.892 €
Vorhangfassade	3.657,60 m ²	1,20 W/(m ² K)	2.257.081 €	1,00 W/(m ² K)	2.424.091 €	1,00 W/(m^{2}K)	2.424.091 €	1,00 W/(m^{2}K)	2.424.091 €	1,00 W/(m^{2}K)	2.424.091 €
Sandwich-Elemente											
Fenster Fassade											
Trapezdach											
Lichtband											
Flachdach	2.343,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	428.640 €	0,10 W/(m ² K)	519.435 €	0,16 W/(m ² K)	455.184 €	0,10 W/(m ² K)	519.435 €	0,10 W/(m ² K)	519.435 €
Kehlbalkendecke											
oberste Geschosdecke											
Kellerdecke											
Boden an Erdreich	3.265,50 m ²	0,35 W/(m ² K)	357.898 €	0,12 W/(m ² K)	506.190 €	0,16 W/(m ² K)	456.746 €	0,12 W/(m ² K)	506.190 €	0,12 W/(m ² K)	506.190 €
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K)	0 €	0,02 W/(m ² K)	1.366 €	0,05 W/(m ² K)	0 €	0,02 W/(m ² K)	1.366 €	0,02 W/(m ² K)	1.366 €
Hüllfläche:	10.159 m ²			Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten
(Gesamt-)Investionskosten baulich			0 €	3.173.985 €	442.989 €	3.616.974 €		319.896 €	3.493.881 €	442.989 €	3.616.974 €
Merkmale und Kosten Anlagentechnik		Bezugsgröße		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole	
		Bezugsgröße		Bezugsgröße		Bezugsgröße		Bezugsgröße		Bezugsgröße	
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ			GasBW	28.047 €	BHKW	61.034 €			WP Sole	109.272 €
	kW thermisch			381,2 kW		66,8 kW				k.A.	66,8 kW
	kW elektrisch			k.A.		40,5 kW				k.A.	k.A.
2. Wärmeerzeuger	Typ			-		GasBW	22.008 €			-	GasBW
	kW thermisch			-		267,0 kW				k.A.	267,0 kW
	kW elektrisch			k.A.		k.A.				k.A.	k.A.
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45		HK 45/35		HK 45/35		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	381,2 kW	172.429 €	333,8 kW	166.729 €	231,7 kW		231,7 kW		333,8 kW	166.729 €
45/35°C	kW Heizlast	381,2 kW	-	333,8 kW	-	231,7 kW		231,7 kW		333,8 kW	-
35/28°C	m ² Wohnfläche	5.407,5 m ²	-	5.407,5 m ²	-	5.407,5 m ²		5.407,5 m ²		5.407,5 m ²	-
Luftheizer	kW Heizlast	381,2 kW	-	333,8 kW	-	231,7 kW		231,7 kW		333,8 kW	-
Deckenstrahlplatten	kW Heizlast	381,2 kW	-	333,8 kW	-	231,7 kW		231,7 kW		333,8 kW	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	1.708 €	1	1.708 €	1	-	1	-	1	1.708 €
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.415 €	1	3.415 €	1	-	1	-	1	3.415 €
Bohrung WP Sole	kW Heizlast	-	-	-	-	-		231,7 kW	178.050 €	-	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-		-	-	66,8 kW	10.830 €
	Summe Heizung, TWE		205.598 €		254.894 €				455.316 €		254.533 €
Art der Nutzung Solarthermie		0	0			0		0		0	0
solare TWE	m ² Nutzfläche	6.489,1 m ²	-	6.489,1 m^{2}	-	6.489,1 m^{2}	-	6.489,1 m^{2}	-	6.489,1 m^{2}	-
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	6.489,1 m ²	-	6.489,1 m^{2}	-	6.489,1 m^{2}	-	6.489,1 m^{2}	-	6.489,1 m^{2}	-
	Summe Solarthermie		-			-		-		-	-
Lüftung Nichtwohngebäude											
Abluftanlage	Art	Abluft		Abluft		Abluft		Abluft		Abluft	
	Volumenstrom [m ³]	5.010,8 m ³	39.473 €	5.010,8 m^{3}	39.473 €	5.010,8 m^{3}	39.473 €	5.010,8 m^{3}	39.473 €	5.010,8 m^{3}	39.473 €
Zu-/Abluftanlage	Art	Zu-/Abl. H+K		Zu-/Abl. H+K verb.		Zu-/Abl. H+K verb.		Zu-/Abl. H+K verb.		Zu-/Abl. H+K verb.	
	Volumenstrom [m ³]	33.155,1 m ³	596.992 €	33.155,1 m^{3}	686.540 €	33.155,1 m^{3}	686.540 €	33.155,1 m^{3}	686.540 €	33.155,1 m ³	686.540 €
	Summe Lüftungsanlage(n) Nichtwohngebäude		636.465 €		726.013 €			726.013 €		726.013 €	

C 7.3 Kindertagesstätte

Tabelle C-139: Energetische Auswertungen KiTa, Niveau Q_p 55 % Ü 70 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit f _{p,Strom} = 1,8)		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 231 kWh/(m ² a)	223,7 kWh/(m ² a)	-3%	129,6 kWh/(m ² a)	-44%	129,4 kWh/(m ² a)	-44%	82,3 kWh/(m ² a)	-64%	129,4 kWh/(m ² a)	-44%
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 129,91 kWh/(m ² a)		72%		-0%		-0%		-37%		-0%
opak	Anf. Niveau = 0,238 W/(m ² K)	0,212 W/(m ² K)	-11%	0,192 W/(m ² K)	-19%	0,174 W/(m ² K)	-27%	0,238 W/(m ² K)	-0%	0,185 W/(m ² K)	-22%
	Anf. EnEV 2014 = 0,35 W/(m ² K)		-39%		-45%		-50%		-32%		-47%
transparent	Anf. Niveau = 1,275 W/(m ² K)	1,300 W/(m ² K)	2%	1,000 W/(m ² K)	-22%	1,000 W/(m ² K)	-22%	1,300 W/(m ² K)	2%	1,300 W/(m ² K)	2%
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m ² K)		-32%		-47%		-47%		-32%		-32%
Ü-Werte	Vorhangsfassade	Anf. Niveau = 1,275 W/(m ² K)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m ² K)										
Glasdach	Anf. Niveau = 2,125 W/(m ² K)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Anf. EnEV 2014 = 3,1 W/(m ² K)										
Energiekennwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
Nutzenergie Warmwasser Q _{w,b}	-	-	-	0%	-	0%	-	0%	-	-	0%
Endenergie Wärme Q _{r,Wärme}	98.913 kWh/a	75.998 kWh/a	-23%	45.993 kWh/a	-54%	16.755 kWh/a	-83%	95.774 kWh/a	-3%	3.370 kWh/a	-
Endenergie Beleuchtung	3.370 kWh/a	3.370 kWh/a	-	3.370 kWh/a	-	3.370 kWh/a	-	3.370 kWh/a	-	3.370 kWh/a	-
Endenergie Kühlung	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Endenergie Belüftung	850 kWh/a	797 kWh/a	-6%	797 kWh/a	-6%	797 kWh/a	-6%	797 kWh/a	-6%	797 kWh/a	-6%
Endenergie Hilfsenergie Q _{r,Hilfsenergie}	1.016 kWh/a	418 kWh/a	-59%	892 kWh/a	-12%	1.029 kWh/a	1%	710 kWh/a	-30%	-	-
Primärenergiebedarf Q _p	107.447 kWh/a	62.231 kWh/a	-42%	62.170 kWh/a	-42%	39.510 kWh/a	-63%	62.141 kWh/a	-42%	-	-
CO ₂ -Emissionen	23.107 kg/a	17.556 kg/a	-24%	25.599 kg/a	11%	9.710 kg/a	-58%	2.495 kg/a	-89%	-	-
CO ₂ -Emissionen, spezifisch	48,1 kg/(m ² a)	36,6 kg/(m ² a)	-	53,3 kg/(m ² a)	-	20,2 kg/(m ² a)	-	5,2 kg/(m ² a)	-	-	-

Tabelle C-140: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit KiTa, Niveau Q_p 55 % Ü 70 %, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung Bundesregierung)		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten				25,5 a		12,2 a		15,4 a		21,6 a	
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N				15,20 €/m ²		0 €/m ²		0 €/m ²		4,00 €/m ²	
Annuität der kapitalgebundenen Kosten		13.550 €/a		1.647 €/a	15.197 €/a	1.352 €/a	14.902 €/a	1.850 €/a	15.400 €/a	1.290 €/a	14.840 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten		8.294 €/a		1.779 €/a	6.515 €/a	2.206 €/a	6.089 €/a	2.960 €/a	5.334 €/a	1.403 €/a	6.891 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten		485 €/a		487 €/a	972 €/a	-4 €/a	481 €/a	552 €/a	1.037 €/a	207 €/a	692 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen		-22.329 €/a		355 €/a	-22.684 €/a	-857 €/a	-21.472 €/a	-558 €/a	-21.771 €/a	-93 €/a	-22.422 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante											
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung EU)		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten				21,0 a		9,7 a		11,2 a		17,1 a	
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N				0,50 €/m ²		0 €/m ²		0 €/m ²		0 €/m ²	
Annuität der kapitalgebundenen Kosten		13.550 €/a		1.647 €/a	15.197 €/a	1.352 €/a	14.902 €/a	1.850 €/a	15.400 €/a	1.290 €/a	14.840 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten		9.541 €/a		2.059 €/a	7.481 €/a	2.797 €/a	6.743 €/a	3.866 €/a	5.675 €/a	1.711 €/a	7.829 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten		485 €/a		487 €/a	972 €/a	-4 €/a	481 €/a	552 €/a	1.037 €/a	207 €/a	692 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen		-23.575 €/a		75 €/a	-23.650 €/a	-1.449 €/a	-22.127 €/a	-1.464 €/a	-22.112 €/a	-215 €/a	-23.361 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante											

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW 16,00 €/m²	V2: WP Luft + Gas-BW 0 €/m²	V3: WP Sole 0 €/m²	V4: Pellet + Gas-BW 2,20 €/m²
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		25,8 a	14,0 a	19,2 a	20,6 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N					
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	13.550 €/a	1.647 €/a	15.197 €/a	1.352 €/a	14.902 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	8.280 €/a	1.764 €/a	6.516 €/a	1.934 €/a	6.346 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	485 €/a	487 €/a	972 €/a	-4 €/a	481 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-22.315 €/a			-22.685 €/a	
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		370 €/a		-586 €/a	

Tabelle C-141: Merkmale und Kosten KiTa, Niveau Q_p 55 % Ü 70 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Investitionsmehrkosten baulich		absolut spezifisch	absolut spezifisch	absolut spezifisch	absolut spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		14.269 € 29,7 €/m²	21.707 € 45,2 €/m²	-6.440 € -13,4 €/m²	6.701 € 14,0 €/m²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		10.109 € 21,0 €/m²	14.517 € 30,2 €/m²	60.521 € 126,0 €/m²	14.111 € 29,4 €/m²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		2.691 € 5,6 €/m²	0 € 0,0 €/m²	0 € 0,0 €/m²	0 € 0,0 €/m²
Energiekostensparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		27.069 € 56,4 €/m²	36.224 € 75,4 €/m²	54.081 € 112,6 €/m²	20.812 € 43,3 €/m²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr		1.607 €/a 3,35 €/(m²/a)	1.762 €/a 3,67 €/(m²/a)	2.260 €/a 4,70 €/(m²/a)	1.328 €/a 2,76 €/(m²/a)
Energiekosten	Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger				
Endenergie Strom Normaltarif	0,250 €/kWh	5.236 kWh/a 1.311,2 €/a	4.585 kWh/a 1.148,2 €/a	5.059 kWh/a 1.266,9 €/a	5.195 kWh/a 1.301,0 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,238 €/kWh	-	-	9.252 kWh/a 2.200,3 €/a	16.755 kWh/a 3.984,6 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,063 €/kWh	98.913 kWh/a 6.234,0 €/a	75.998 kWh/a 4.789,8 €/a	36.741 kWh/a 2.315,6 €/a	-
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,043 €/kWh	-	-	-	44.213 kWh/a 2.786,5 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)		-	-	-	51.562 kWh/a 2.209,8 €/a
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		7.545,2 €/a	-21,3%	5.938,0 €/a	-23,4%
				5.782,8 €/a	-29,9%
				5.285,6 €/a	-17,6%
					6.217,6 €/a
Merkmale und Kosten Bautechnik	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)	Fläche	U-Wert Kosten	U-Wert Kosten	U-Wert Kosten	U-Wert Kosten
Außenwand	429,80 m²	0,28 W/(m²K) 63.219 €	0,24 W/(m²K) 65.038 €	0,26 W/(m²K) 64.006 €	0,28 W/(m²K) 63.219 €
Vorhangsfassade					
Sandwich-Elemente					
Fenster Fassade	269,20 m²	1,30 W/(m²K) 54.745 €	1,00 W/(m²K) 63.183 €	1,00 W/(m²K) 63.183 €	1,30 W/(m²K) 54.745 €
Trapezdach					
Lichtband					
Flachdach	592,00 m²	0,20 W/(m²K) 108.304 €	0,19 W/(m²K) 109.733 €	0,16 W/(m²K) 115.010 €	0,25 W/(m²K) 103.097 €
Kehlbalkendecke					
oberste Geschosdecke					
Kellerdecke					
Boden an Erdreich	592,00 m²	0,35 W/(m²K) 64.883 €	0,32 W/(m²K) 66.100 €	0,25 W/(m²K) 70.658 €	0,28 W/(m²K) 63.650 €
Wärmebrücken		0,05 W/(m²K) 0 €	0,02 W/(m²K) 1.366 €	0,05 W/(m²K) 0 €	0,05 W/(m²K) 0 €
(Gesamt-)Investitionskosten baulich	Hüllfläche:	1.883 m² Kosten 0 €	291.151 € Differenz 14.269 €	305.420 € Kosten 21.707 €	312.858 € Kosten -6.440 €
					Differenz 284.711 € Kosten 6.701 €
					Kosten 297.852 €

Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
		Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger											
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	5.735 €	BHKW	12.747 €	WP Luft	8.685 €	WP Sole	26.488 €	Pellet	15.187 €
	kW thermisch	37,1 kW k.A.		6,5 kW		6,5 kW k.A.		38,3 kW k.A.		7,2 kW k.A.	
	kW elektrisch			1,8 kW							
2. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	3.562 €	GasBW	3.569 €					GasBW	3.624 €
	kW thermisch	-		25,8 kW k.A.		26,2 kW k.A.				28,6 kW k.A.	
	kW elektrisch										
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45		HK 55/45		FBH 35/28		FBH 35/28		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	37,1 kW	14.369 €	32,3 kW	13.905 €	32,7 kW	-	38,3 kW	-	35,8 kW	14.243 €
45/35°C	kW Heizlast	37,1 kW	-	32,3 kW	-	32,7 kW	-	38,3 kW	-	35,8 kW	-
35/28°C	m² Wohnfläche	436,6 m²	-	436,6 m²	-	436,6 m²	22.368 €	436,6 m²	22.368 €	436,6 m²	-
Luftheritzer	kW Heizlast	37,1 kW	-	32,3 kW	-	32,7 kW	-	38,3 kW	-	35,8 kW	-
Deckenstrahlplatten	kW Heizlast	37,1 kW	-	32,3 kW	-	32,7 kW	-	38,3 kW	-	35,8 kW	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	1.708 €	1	1.708 €	1	1.708 €	1	1	1	1.708 €
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.415 €	1	3.415 €	1	3.415 €	1	1	1	3.415 €
Bohrung WP Sole	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	38,3 kW	36.893 €	-	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	7,2 kW	1.161 €
	Summe Heizung, TWE		25.227 €		35.336 €		39.744 €		85.749 €		39.338 €
Art der Nutzung Solarthermie		0		0		0		0		0	
solare TWE	m² Nutzfläche	524,0 m²	-	524,0 m²	-	524,0 m²	-	524,0 m²	-	524,0 m²	-
solare TWE/HU	m² Nutzfläche	524,0 m²	-	524,0 m²	-	524,0 m²	-	524,0 m²	-	524,0 m²	-
	Summe Solarthermie		-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lüftung Nichtwohngebäude											
Abluftanlage	Art	Abluft		Abluft		Abluft		Abluft		Abluft	
	Volumenstrom [m³]	941,7 m³	7.418 €	941,7 m³	7.418 €	941,7 m³	7.418 €	941,7 m³	7.418 €	941,7 m³	7.418 €
Zu-/Abluftanlage	Art	keine		keine		keine		keine		keine	
	Volumenstrom [m³]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Summe Lüftungsanlage(n) Nichtwohngebäude		7.418 €		7.418 €		7.418 €		7.418 €		7.418 €

C 7.4 Schule

Tabelle C-142: Energetische Auswertungen Schule, Niveau Q_p 55 % Ü 70 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit $f_{\text{B}, \text{Strom}} = 1,8$)		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
Primärenergiebedarf Q_p/A_N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 84,8 kWh/(m²a)	82,7 kWh/(m²a)	-2%					47,3 kWh/(m²a)	-44%	47,6 kWh/(m²a)	-44%
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 47,7 kWh/(m²a)	73%							-1%		-0%
opak	Anf. Niveau = 0,238 W/(m²K)	0,221 W/(m²K)	-7%					0,236 W/(m²K)	-1%	0,107 W/(m²K)	-55%
	Anf. EnEV 2014 = 0,35 W/(m²K)		-37%								-69%
transparent	Anf. Niveau = 1,275 W/(m²K)	1,300 W/(m²K)	2%					1,300 W/(m²K)	2%	1,300 W/(m²K)	2%
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m²K)		-32%								-32%
Ü-Werte	Vorhangsfassade	Anf. Niveau = 1,275 W/(m²K)	-						-		-
		Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m²K)									
Glasdach	Anf. Niveau = 2,125 W/(m²K)	-							-		-
	Anf. EnEV 2014 = 3,1 W/(m²K)										
Energiekennwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
Nutzenergie Warmwasser $Q_{w,b}$		-						-	0%	-	0%
Endenergie Wärme $Q_f, \text{Wärme}$		784.683 kWh/a						188.482 kWh/a	-76%	709.226 kWh/a	-10%
Endenergie Beleuchtung		58.651 kWh/a						58.651 kWh/a		58.651 kWh/a	
Endenergie Kühlung		-						-		-	
Endenergie Belüftung		10.602 kWh/a						10.602 kWh/a		10.602 kWh/a	
Endenergie Hilfsenergie $Q_f, \text{Hilfsenergie}$		5.478 kWh/a						4.506 kWh/a	-18%	4.831 kWh/a	-12%
Primärenergiebedarf Q_p		862.975 kWh/a						493.576 kWh/a	-43%	496.706 kWh/a	-42%
CO ₂ -Emissionen		181.899 kg/a						105.371 kg/a	-42%	18.241 kg/a	-90%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch		17,4 kg/(m²a)						10,1 kg/(m²a)		1,7 kg/(m²a)	

Tabelle C-143: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit Schule, Niveau Q_P 55 % Ü 70 %, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten				84,6 a 31,70 €/m ²	34,0 a 23,90 €/m ²
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N				Veränderung absolut 21.392 €/a 188.894 €/a 10.512 €/a 67.223 €/a 5.457 €/a 19.505 €/a -259.286 €/a -275.622 €/a 16.336 €/a 12.287 €/a	Veränderung absolut 29.844 €/a 197.346 €/a 19.604 €/a 58.132 €/a 2.047 €/a 16.095 €/a -271.573 €/a -271.573 €/a 12.287 €/a
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	167.502 €/a				
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	77.736 €/a				
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	14.048 €/a				
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-259.286 €/a				
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante					
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten				41,5 a 21,60 €/m ²	28,8 a 16,60 €/m ²
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N				Veränderung absolut 21.392 €/a 188.894 €/a 15.761 €/a 71.514 €/a 5.457 €/a 19.505 €/a -268.825 €/a -279.913 €/a 11.088 €/a 9.095 €/a	Veränderung absolut 29.844 €/a 197.346 €/a 22.796 €/a 64.479 €/a 2.047 €/a 16.095 €/a -277.920 €/a -277.920 €/a 9.095 €/a
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	167.502 €/a				
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	87.275 €/a				
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	14.048 €/a				
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-268.825 €/a				
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante					
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten				> 100 a 38,70 €/m ²	33,2 a 23,10 €/m ²
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N				Veränderung absolut 21.392 €/a 188.894 €/a 6.712 €/a 73.092 €/a 5.457 €/a 19.505 €/a -261.354 €/a -281.491 €/a 20.137 €/a 11.852 €/a	Veränderung absolut 29.844 €/a 197.346 €/a 20.039 €/a 59.765 €/a 2.047 €/a 16.095 €/a -273.206 €/a -273.206 €/a 11.852 €/a
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	167.502 €/a				
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	79.804 €/a				
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	14.048 €/a				
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-261.354 €/a				
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante					

Tabelle C-144: Merkmale und Kosten Schule, Niveau Q_P 55 % Ü 70 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Investitionsmehrkosten baulich				absolut spezifisch -35.885 € -3,4 €/m ² 450.930 € 43,2 €/m ² 45.186 € 4,3 €/m ² 460.231 € 44,1 €/m ² 6.117 €/a 0,59 €/(m ² a) 4.973 €/a 0,48 €/(m ² a)	absolut spezifisch 433.089 € 41,5 €/m ² 125.719 € 12,0 €/m ² 45.186 € 4,3 €/m ² 603.994 € 57,9 €/m ² 18.262 €/a 1,75 €/(m ² a) 1.865 €/a 0,18 €/(m ² a)
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch					
Investitionsmehrkosten Fachplanung					
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)					
Energiekostenersparnis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr					
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr					
Energiekosten	Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger				
Endenergie Strom Normaltarif	0,250 €/kWh	131.446 kWh/a	32.916,7 €/a		
Endenergie Strom WP-Tarif	0,238 €/kWh	-		113.597 kWh/a 28.447,0 €/a 160.469 kWh/a 38.162,0 €/a	113.672 kWh/a 28.465,8 €/a -
Endenergie fossil (Gas)	0,063 €/kWh	631.635 kWh/a	39.808,9 €/a	-	249.510 kWh/a 15.725,4 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,043 €/kWh	-	-	-	239.701 kWh/a 10.272,9 €/a
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)			72.725,7 €/a	-8,4% 66.608,9 €/a	-25,1% 54.464,1 €/a

Merkmale und Kosten Bautechnik		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)	Fläche	U-Wert	Kosten					U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten
Außenwand	4.752,45 m ²	0,28 W/(m ² K)	699.037 €					0,26 W/(m ² K)	707.738 €	0,12 W/(m ² K)	883.452 €
Vorhangfassade								1,30 W/(m ² K)	574.658 €	1,30 W/(m ² K)	574.658 €
Sandwich-Elemente											
Fenster Fassade	2.825,80 m ²	1,30 W/(m ² K)	574.658 €								
Trapezdach											
Lichtband											
Flachdach	4.267,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	780.627 €					0,28 W/(m ² K)	729.086 €	0,10 W/(m ² K)	945.978 €
Kehlbalkendecke											
oberste Geschosdecke											
Kellerdecke											
Boden an Erdreich	4.267,00 m ²	0,35 W/(m ² K)	467.663 €					0,33 W/(m ² K)	473.251 €	0,20 W/(m ² K)	549.619 €
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K)	0 €					0,02 W/(m ² K)	1.366 €	0,02 W/(m ² K)	1.366 €
Hüllfläche:	16.112 m ²		Kosten					Differenz	Kosten	Differenz	Kosten
(Gesamt-)Investitionskosten baulich			0 €	2.521.985 €				-35.885 €	2.486.100 €	433.089 €	2.955.074 €

Merkmale und Kosten Anlagentechnik		Bezugsgröße		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
		Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten					Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger													
1. Wärmeerzeuger	Typ			GasBW	24.895 €					WP Sole	139.858 €	Pellet	43.095 €
	kW thermisch			320,0 kW						317,0 kW		55,0 kW	
	kW elektrisch			k.A.						k.A.		k.A.	
2. Wärmeerzeuger	Typ			-	-					-	-	GasBW	19.286 €
	kW thermisch			-						-		220,0 kW	
	kW elektrisch			k.A.						k.A.		k.A.	
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45								HK 45/35		HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	320,0 kW	259.858 €							317,0 kW	-	275,0 kW	254.179 €
45/35°C	kW Heizlast	320,0 kW	-							317,0 kW	276.469 €	275,0 kW	-
35/28°C	m ² Wohnfläche	9.486,4 m ²	-							9.486,4 m ²	-	9.486,4 m ²	-
Luftheritzer	kW Heizlast	320,0 kW	-							317,0 kW	-	275,0 kW	-
Deckenstrahlplatten	kW Heizlast	320,0 kW	-							317,0 kW	-	275,0 kW	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	1.708 €							1	-	1	1.708 €
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.415 €							1	-	1	3.415 €
Bohrung WP Sole	kW Heizlast	-	-							317,0 kW	239.490 €	-	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-							-	-	55,0 kW	8.922 €
	Summe Heizung, TWE		289.875 €								655.816 €		330.605 €
Art der Nutzung Solarthermie		keine								0	0		
solare TWE	m ² Nutzfläche	11.383,6 m ²	-							11.383,6 m ²	-	11.383,6 m ²	-
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	11.383,6 m ²	-							11.383,6 m ²	-	11.383,6 m ²	-
	Summe Solarthermie		-							-	-		
Lüftung Nichtwohngebäude													
Abluftanlage	Art	Abluft								Abluft		Abluft	
	Volumenstrom [m ³]	5.313,0 m ³	41.854 €							5.313,0 m ³	41.854 €	5.313,0 m ³	41.854 €
Zu-/Abluftanlage	Art	Zu-/Abl. H								Zu-/Abl. H verb.		Zu-/Abl. H verb.	
	Volumenstrom [m ³]	50.347,0 m ³	566.594 €							50.347,0 m ³	651.583 €	50.347,0 m ³	651.583 €
	Summe Lüftungsanlage(n) Nichtwohngebäude		608.447 €							693.436 €	693.436 €		693.436 €

C 7.5 Hotel groß, gekühlt

Tabelle C-145: Energetische Auswertungen Hotel groß, gekühlt, Niveau Q_p 55 % Ü 70 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit f _{p,Strom} = 1,8)		Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole + Gas-BW	V4: Pellet + Gas-BW
Primärenergiebedarf Q_p/A_N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 202,7 kWh/(m ² a)	191,6 kWh/(m ² a)	-5%			113,2 kWh/(m ² a) -44%
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 114,02 kWh/(m ² a)		68%			
opak	Anf. Niveau = 0,238 W/(m ² K)	0,222 W/(m ² K)	-7%			0,235 W/(m ² K) -1%
	Anf. EnEV 2014 = 0,35 W/(m ² K)		-37%			
transparent	Anf. Niveau = 1,275 W/(m ² K)	1,300 W/(m ² K)	2%			1,300 W/(m ² K) 2%
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m ² K)		-32%			
Ü-Werte						
Vorhangsfassade	Anf. Niveau = 1,275 W/(m ² K)	-				-
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m ² K)					
Glasdach	Anf. Niveau = 2,125 W/(m ² K)	-				-
	Anf. EnEV 2014 = 3,1 W/(m ² K)					
Energiekennwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante		Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole + Gas-BW	V4: Pellet + Gas-BW
Nutzenergie Warmwasser Q _{w,b}		424.275 kWh/a				424.275 kWh/a 0%
Endenergie Wärme Q _{r,Wärme}		1.069.760 kWh/a				1.259.318 kWh/a 18%
Endenergie Beleuchtung		86.040 kWh/a				86.040 kWh/a
Endenergie Kühlung		112.454 kWh/a				111.828 kWh/a -1%
Endenergie Belüftung		84.283 kWh/a				84.283 kWh/a
Endenergie Hilfsenergie Q _{r,Hilfsenergie}		19.115 kWh/a				11.475 kWh/a -40%
Primärenergiebedarf Q _p		1.654.849 kWh/a				977.372 kWh/a -41%
CO ₂ -Emissionen		254.342 kg/a				33.970 kg/a -87%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch		29,4 kg/(m ² a)				3,9 kg/(m ² a)

Tabelle C-146: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit Hotel groß, gekühlt, Niveau Q_p 55 % Ü 70 %, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung Bundesregierung)		Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole + Gas-BW	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten						22,3 a 3,70 €/m ²
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N						
Annuität der kapitalgebundenen Kosten		109.247 €/a				Veränderung absolut 14.898 €/a 124.145 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten		158.811 €/a				16.851 €/a 141.960 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten		13.030 €/a				3.500 €/a 16.530 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen		-281.087 €/a				-282.635 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante						1.548 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung EU)		Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole + Gas-BW	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten						17,7 a 0 €/m ²
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N						
Annuität der kapitalgebundenen Kosten		109.247 €/a				Veränderung absolut 14.898 €/a 124.145 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten		176.705 €/a				20.318 €/a 156.388 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten		13.030 €/a				3.500 €/a 16.530 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen		-298.981 €/a				-297.063 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante						-1.919 €/a

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole + Gas-BW	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten Deckungsfeldeinführung unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N					19,4 a 0 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten Annuität der bedarfsgesetzten Kosten Annuität der betriebsgebundenen Kosten Annuität der Jahresgesamtzahlungen annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante	109.247 €/a 164.679 €/a 13.030 €/a -286.956 €/a				Veränderung absolut 14.898 €/a 18.854 €/a 3.500 €/a -455 €/a 124.145 €/a 145.826 €/a 16.530 €/a -286.501 €/a

Tabelle C-147: Merkmale und Kosten Hotel groß, gekühlt, Niveau Q_P 55 % Ü 70 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole + Gas-BW	V4: Pellet + Gas-BW
Investitionsmehrkosten baulich Investitionsmehrkosten anlagentechnisch Investitionsmehrkosten Fachplanung Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.) Energiekostensparnis (+) Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr					absolut spezifisch -16.011 € -1,9 €/m ² 203.252 € 23,5 €/m ² 0 € 0,0 €/m ² 187.240 € 21,7 €/m ² 17.181 €/a 1,99 €/(m ² a) 3.190 €/a 0,37 €/(m ² a)
Energiekosten Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger Endenergie Strom Normaltarif Endenergie Strom WP-Tarif Endenergie fossil (Gas) Endenergie Biomasse (Pellets)	0,250 €/kWh 0,238 €/kWh 0,063 €/kWh 0,043 €/kWh	329.856 kWh/a - 1.070.521 kWh/a -	82.602,6 €/a - 67.469,8 €/a -		293.600 kWh/a - 267.603 kWh/a 991.715 kWh/a -11,4% 73.523,4 €/a - 16.865,7 €/a 42.502,1 €/a 132.891,2 €/a
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		150.072,4 €/a			
Merkmale und Kosten Bautechnik	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole + Gas-BW	V4: Pellet + Gas-BW
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten) Außenwand Vorhangsfassade Sandwich-Elemente Fenster Fassade Trapezdach Lichtband Flachdach Kehlbalkendecke oberste Geschosdecke Kellerdecke Boden an Erdreich Wärmebrücken (Gesamt-)Investitionskosten baulich	Fläche: 2.462,30 m ² 1.749,80 m ² 1.884,30 m ² 1.740,80 m ² Hüllfläche: 7.837 m ²	U-Wert: 0,28 W/(m ² K) 1,30 W/(m ² K) 0,20 W/(m ² K) 0,35 W/(m ² K) 0,05 W/(m ² K)	Kosten: 362.179 € 355.842 € 344.724 € 190.791 € 0 €		U-Wert Kosten 0,25 W/(m ² K) 369.449 € 1,30 W/(m ² K) 355.842 € 0,29 W/(m ² K) 320.352 € 0,34 W/(m ² K) 191.883 € 0,05 W/(m ² K) 0 € Differenz Kosten -16.011 € 1.237.525 €
		Kosten: 0 € 1.253.536 €			

Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole + Gas-BW	V4: Pellet + Gas-BW	
		Bezugsgröße	Kosten				Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger								
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	27.483 €				Pellet	126.168 €
	kW thermisch	370,0 kW					230,0 kW	
	kW elektrisch	k.A.					k.A.	
2. Wärmeerzeuger	Typ	-	-				GasBW	12.761 €
	kW thermisch	-	-				120,0 kW	
	kW elektrisch	k.A.					k.A.	
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45					HK 55/45	
55/45°C	kW Heizlast	370,0 kW	228.320 €				350,0 kW	225.837 €
45/35°C	kW Heizlast	370,0 kW	-				350,0 kW	-
35/28°C	m² Wohnfläche	7.851,8 m²	-				7.851,8 m²	-
Luftheritzer	kW Heizlast	370,0 kW	-				350,0 kW	-
Deckenstrahlplatten	kW Heizlast	370,0 kW	-				350,0 kW	-
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	1.708 €				1	1.708 €
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.415 €				1	3.415 €
Bohrung WP Sole	kW Heizlast	-	-				-	-
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-				230,0 kW	37.310 €
	Summe Heizung, TWE		260.926 €					407.199 €
Art der Nutzung Solarthermie		solare TWE					0	
solare TWE	m² Nutzfläche	9.422,2 m²	67.673 €				9.422,2 m²	-
solare TWE/HU	m² Nutzfläche	9.422,2 m²	-				9.422,2 m²	-
	Summe Solarthermie		67.673 €					
Lüftung Nichtwohngebäude								
Abluftanlage	Art	Abluft					Abluft	
	Volumenstrom [m³]	444,0 m³	3.498 €				444,0 m³	3.498 €
Zu-/Abluftanlage	Art	Zu-/Abl. H+K					Zu-/Abl. H+K verb	
	Volumenstrom [m³]	27.691,0 m³	498.605 €				27.691,0 m³	623.256 €
	Summe Lüftungsanlage(n) Nichtwohngebäude		502.103 €					626.754 €

C 7.6 Verbrauchermarkt

Tabelle C-148: Energetische Auswertungen Verbrauchermarkt, Niveau Q_p 55 % Ü 70 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit $f_{\text{p}, \text{Strom}} = 1,8$)		Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW			
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 138,2 kWh/(m²a)	137,4 kWh/(m²a)	-1%	88,1 kWh/(m²a)	-36%	77,2 kWh/(m²a)	-44%	90,8 kWh/(m²a)	-34%
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 77,76 kWh/(m²a)		77%		13%				17%
opak	Anf. Niveau = 0,238 W/(m²K)	0,202 W/(m²K)	-15%			0,129 W/(m²K)	-46%		-
	Anf. EnEV 2014 = 0,35 W/(m²K)		-42%				-63%		
transparent	Anf. Niveau = 1,275 W/(m²K)	1,300 W/(m²K)	2%			1,300 W/(m²K)	2%		-
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m²K)		-32%				-32%		
Vorhangsfassade	Anf. Niveau = 1,275 W/(m²K)	-							
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m²K)								
Glasdach	Anf. Niveau = 2,125 W/(m²K)	-							
	Anf. EnEV 2014 = 3,1 W/(m²K)								
Energiekennwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante		Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW			
Nutzenergie Warmwasser Q _{w,b}		144.898 kWh/a	-	48.353 kWh/a	0%	-	0%	-	0%
Endenergie Wärme Q _{f,Wärme}		45.392 kWh/a		45.392 kWh/a	-67%	24.591 kWh/a	-83%	86.064 kWh/a	-41%
Endenergie Beleuchtung		11.824 kWh/a		12.017 kWh/a	2%	7.457 kWh/a	-37%	45.392 kWh/a	22%
Endenergie Kühlung		18.355 kWh/a		18.355 kWh/a	-	18.355 kWh/a	-	18.355 kWh/a	-21%
Endenergie Belüftung		1.363 kWh/a		1.423 kWh/a	4%	1.142 kWh/a	-16%	1.070 kWh/a	-34%
Endenergie Hilfsenergie Q _{f,Hilfsenergie}		308.188 kWh/a		197.608 kWh/a	-36%	173.160 kWh/a	-44%	203.664 kWh/a	-93%
Primärenergiebedarf Q _p		33.781 kg/a		27.178 kg/a	-20%	14.050 kg/a	-58%	2.478 kg/a	-
CO ₂ -Emissionen		15,1 kg/(m²a)		12,1 kg/(m²a)	-	6,3 kg/(m²a)	-	1,1 kg/(m²a)	-

Tabelle C-149: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit Verbrauchermarkt, Niveau Q_p 55 % Ü 70 %, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten			41,1 a Anf. n. erf. !	26,7 a	42,1 a Anf. n. erf. !
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N			64,40 €/m ²	23,40 €/m ²	53,70 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	48.512 €/a		Veränderung absolut	Veränderung absolut	Veränderung absolut
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	32.256 €/a		13.735 €/a	62.247 €/a	9.559 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	4.408 €/a		7.207 €/a	25.049 €/a	8.253 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-85.177 €/a		531 €/a	4.939 €/a	1.083 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante			-92.235 €/a	-92.235 €/a	-87.566 €/a
			7.058 €/a	2.389 €/a	5.930 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung EU)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten			34,2 a Anf. n. erf. !	21,6 a	35,5 a Anf. n. erf. !
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N			50,90 €/m ²	7,60 €/m ²	43,00 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	48.512 €/a		Veränderung absolut	Veränderung absolut	Veränderung absolut
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	35.479 €/a		13.735 €/a	62.247 €/a	9.559 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	4.408 €/a		8.562 €/a	26.917 €/a	9.944 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-88.399 €/a		531 €/a	4.939 €/a	1.083 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante			-94.103 €/a	-94.103 €/a	-89.098 €/a
			5.704 €/a	699 €/a	4.924 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten			43,0 a Anf. n. erf. !	28,6 a	41,8 a Anf. n. erf. !
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N			66,20 €/m ²	26,20 €/m ²	53,00 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	48.512 €/a		Veränderung absolut	Veränderung absolut	Veränderung absolut
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	33.873 €/a		13.735 €/a	62.247 €/a	9.559 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	4.408 €/a		6.915 €/a	26.959 €/a	7.775 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-86.794 €/a		531 €/a	4.939 €/a	1.083 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante			-94.145 €/a	-94.145 €/a	-89.662 €/a
			7.351 €/a	2.868 €/a	5.889 €/a

Tabelle C-150: Merkmale und Kosten Verbrauchermarkt, Niveau Q_p 55 % Ü 70 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: Gas-BW	V1: BHKW + Gas-BW	V2: WP Luft + Gas-BW	V3: WP Sole	V4: Pellet + Gas-BW
Investitionsmehrkosten baulich			absolut 305.074 €	spezifisch 136,0 €/m ²	absolut 125.118 €
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch			36.365 €	85.006 €	55,8 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung			10.215 €	37,9 €/m ²	38.785 €
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)			351.654 €	10.215 €	17,3 €/m ²
Energiekostenspannis (+) / Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr			6.301 €/a	2,81 €/(m ² a)	10.215 €
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr			484 €/a	7.085 €/a	4,6 €/m ²
Energiekosten	<i>Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger</i>				
Endenergie Strom Normaltarif	0,250 €/kWh	82.860 kWh/a	20.749,8 €/a		
Endenergie Strom WP-Tarif	0,238 €/kWh	-	-	78.181 kWh/a	19.578,1 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,063 €/kWh	160.551 kWh/a	10.118,8 €/a	11.147 kWh/a	2.650,9 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,043 €/kWh	-	-	37.102 kWh/a	2.338,4 €/a
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)			30.868,6 €/a	-20,4%	24.567,4 €/a
				-23,0%	23.783,6 €/a
				-18,0%	25.298,9 €/a

Merkmale und Kosten Bautechnik		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)	Fläche	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten
Außenwand	972,20 m ²	0,28 W/(m ² K)	143.001 €	0,10 W/(m ² K)	191.172 €	0,12 W/(m ² K)	180.726 €	0,12 W/(m ² K)	180.726 €	0,12 W/(m ² K)	180.726 €
Vorhangfassade											
Sandwich-Elemente											
Fenster Fassade	33,20 m ²	1,30 W/(m ² K)	6.752 €	0,80 W/(m ² K)	11.087 €	1,30 W/(m ² K)	6.752 €	0,80 W/(m ² K)	11.087 €	0,80 W/(m ² K)	11.087 €
Trapezdach											
Lichtband											
Flachdach	2.520,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	461.022 €	0,09 W/(m ² K)	574.071 €	0,15 W/(m ² K)	498.647 €	0,10 W/(m ² K)	558.675 €	0,10 W/(m ² K)	558.675 €
Kehlbalkendecke											
oberste Geschosdecke											
Kellerdecke											
Boden an Erdreich	2.520,00 m ²	0,35 W/(m ² K)	276.192 €	0,10 W/(m ² K)	414.343 €	0,20 W/(m ² K)	324.594 €	0,16 W/(m ² K)	352.473 €	0,02 W/(m ² K)	1.366 €
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K)	0 €	0,02 W/(m ² K)	1.366 €	0,02 W/(m ² K)	1.366 €	0,02 W/(m ² K)	1.366 €	0,02 W/(m ² K)	1.366 €
Hüllfläche:	6.045 m ²			Differenz		Differenz		Differenz		Differenz	
(Gesamt-)Investionskosten baulich			886.966 €		305.074 €	1.192.040 €	125.118 €	1.012.084 €	217.361 €		1.104.327 €

Merkmale und Kosten Anlagentechnik		Bezugsgröße		Bezug: Gas-BW		V1: BHKW + Gas-BW		V2: WP Luft + Gas-BW		V3: WP Sole		V4: Pellet + Gas-BW	
		Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten		
Erzeuger													
1. Wärmeerzeuger	Typ	GasBW	7.958 €			WP Luft	11.203 €	WP Sole	27.948 €	Pellet	15.251 €		
	kW thermisch	60,0 kW		k.A.		9,0 kW		41,0 kW		8,0 kW			
	kW elektrisch					k.A.		k.A.		k.A.			
2. Wärmeerzeuger	Typ		-			GasBW	3.543 €			GasBW	3.699 €		
	kW thermisch		-			25,0 kW				32,0 kW			
	kW elektrisch					k.A.				k.A.			
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	HK 55/45				HK 45/35		HK 45/35		HK 55/45			
55/45°C	kW Heizlast	60,0 kW	55.358 €			34,0 kW		41,0 kW		40,0 kW	53.147 €		
45/35°C	kW Heizlast	60,0 kW	-			34,0 kW		41,0 kW		40,0 kW	-		
35/28°C	m ² Wohnfläche	2.039,1 m ²	-			2.039,1 m ²	56.227 €	2.039,1 m ²	57.351 €	2.039,1 m ²	-		
Luftheizer	kW Heizlast	60,0 kW	-			34,0 kW		41,0 kW		40,0 kW	-		
Deckenstrahlplatten	kW Heizlast	60,0 kW	-			34,0 kW		41,0 kW		40,0 kW	-		
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	1.708 €			1	1.708 €	1	-	1	1.708 €		
Schornstein	je Gebäudetyp	1	3.415 €			1	3.415 €	1	-	1	3.415 €		
Bohrung WP Sole	kW Heizlast		-				-	41,0 kW	39.439 €		-		
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast		-				-	-	-	8,0 kW	1.298 €		
	Summe Heizung, TWE		68.439 €				76.097 €		124.738 €		78.516 €		
Art der Nutzung Solarthermie		0				0		0		0			
solare TWE	m ² Nutzfläche	2.446,9 m ²	-			2.446,9 m ²		2.446,9 m ²		2.446,9 m ²	-		
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	2.446,9 m ²	-			2.446,9 m ²		2.446,9 m ²		2.446,9 m ²	-		
	Summe Solarthermie		-			-		-		-			
Lüftung Nichtwohngebäude													
Abluftanlage	Art	keine				keine		keine		keine			
	Volumenstrom [m ³]	-				-		-		-			
Zu-/Abluftanlage	Art	Zu-/Abl. H+K				Zu-/Abl. H+K verb.		Zu-/Abl. H+K verb.		Zu-/Abl. H+K verb.			
	Volumenstrom [m ³]	8.098,0 m ³	191.379 €			8.098,0 m ³	220.086 €	8.098,0 m ³	220.086 €	8.098,0 m ³	220.086 €		
	Summe Lüftungsanlage(n) Nichtwohngebäude		191.379 €				220.086 €		220.086 €		220.086 €		

C 7.7 Fertigungshalle (zentrale Erzeuger)

Tabelle C-151: Energetische Auswertungen Fertigungshalle (zentrale Erzeuger), Niveau Q_p 55 % Ü 70 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit f _{p,Strom} = 1,8)		Bezug: WLE STD	V1: Gas-BW	V2: Pellet	V3: WP Sole	V4: BHKW
Primärenergiebedarf Q _{p/A_N}	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 116 kWh/(m ² a)	116,0 kWh/(m ² a)	0%	44,1 kWh/(m ² a)	-62%	59,8 kWh/(m ² a)
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 65,28 kWh/(m ² a)		78%		-32%	-48%
opak	Anf. Niveau = 0,238 W/(m ² K)	-				61,8 kWh/(m ² a)
	Anf. EnEV 2014 = 0,35 W/(m ² K)					-47%
transparent	Anf. Niveau = 1,275 W/(m ² K)	-				-5%
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m ² K)					
Vorhangsfassade	Anf. Niveau = 1,275 W/(m ² K)	-				
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m ² K)					
Glasdach	Anf. Niveau = 2,125 W/(m ² K)	-				
	Anf. EnEV 2014 = 3,1 W/(m ² K)					
Energiekennwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante		Bezug: WLE STD	V1: Gas-BW	V2: Pellet	V3: WP Sole	V4: BHKW
Nutzenergie Warmwasser Q _{w,b}	-			0%	-	0%
Endenergie Wärme Q _{r,Wärme}	193.317 kWh/a		153.711 kWh/a	-20%	33.380 kWh/a	-83%
Endenergie Beleuchtung	39.619 kWh/a		39.862 kWh/a	1%	39.862 kWh/a	1%
Endenergie Kühlung	-		-	-	-	-
Endenergie Belüftung	-		-	-	-	-
Endenergie Hilfsenergie Q _{r,Hilfsenergie}	2.232 kWh/a		706 kWh/a	-68%	3.233 kWh/a	45%
Primärenergiebedarf Q _p	266.907 kWh/a		101.487 kWh/a	-62%	137.653 kWh/a	-48%
CO ₂ -Emissionen	45.295 kg/a		84.312 kg/a	86%	19.990 kg/a	-56%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch	19,7 kg/(m ² a)		36,7 kg/(m ² a)		8,7 kg/(m ² a)	
						1,4 kg/(m ² a)

Tabelle C-152: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit Fertigungshalle (zentrale Erzeuger), Niveau Q_p 55 % Ü 70 %, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung Bundesregierung)		Bezug: WLE STD	V1: Gas-BW	V2: Pellet	V3: WP Sole	V4: BHKW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten				14,7 a	19,7 a	34,4 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N				0 €/m ²	0 €/m ²	10,00 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	21.147 €/a			Veränderung absolut	Veränderung absolut	Veränderung absolut
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	24.201 €/a			4.679 €/a	4.369 €/a	2.715 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	1.914 €/a			6.370 €/a	4.523 €/a	284 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-47.262 €/a			19 €/a	1.933 €/a	19.678 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante				-1.671 €/a	88 €/a	-1.296 €/a
					-66 €/a	-47.196 €/a
						1.134 €/a
Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung EU)		Bezug: WLE STD	V1: Gas-BW	V2: Pellet	V3: WP Sole	V4: BHKW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten				12,3 a	14,3 a	34,2 a
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N				0 €/m ²	0 €/m ²	9,00 €/m ²
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	21.147 €/a			Veränderung absolut	Veränderung absolut	Veränderung absolut
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	27.147 €/a			4.679 €/a	4.369 €/a	2.715 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	1.914 €/a			7.646 €/a	6.212 €/a	291 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-50.207 €/a			19 €/a	1.933 €/a	26.856 €/a
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante				-2.947 €/a	88 €/a	-1.296 €/a
					-1.755 €/a	-48.452 €/a
						1.127 €/a

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: WLE STD	V1: Gas-BW	V2: Pellet	V3: WP Sole	V4: BHKW
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten			14,5 a 0 €/m ²	25,8 a 8,90 €/m ²	33,6 a 9,70 €/m ²
Deckungsfeldeinfuss unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N					
Annuität der kapitalgebundenen Kosten		21.147 €/a		Veränderung absolut 4.679 €/a 25.826 €/a	Veränderung absolut 2.715 €/a 23.862 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten		24.870 €/a		4.369 €/a 25.516 €/a	320 €/a 24.550 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten		1.914 €/a		3.474 €/a 21.396 €/a	-1.296 €/a 617 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen		-47.931 €/a		88 €/a 2.002 €/a	
annuitätsche Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante				-46.136 €/a -1.795 €/a	-48.914 €/a 984 €/a

Tabelle C-153: Merkmale und Kosten Fertigungshalle (zentrale Erzeuger), Niveau Q_P 55 % Ü 70 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: WLE STD	V1: Gas-BW	V2: Pellet	V3: WP Sole	V4: BHKW
Investitionsmehrkosten baulich				absolut spezifisch	absolut spezifisch
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch				3.912 € 1,7 €/m ²	3.912 € 1,7 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung				59.569 € 25,9 €/m ²	59.097 € 25,18 €/m ²
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)				0 € 0,0 €/m ²	0 € 0,0 €/m ²
Energiekostensparens (+) Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr				63.481 € 27,6 €/m ²	123.009 € 53,5 €/m ²
Wartungsmehrkosten (+) / -minderkosten (-) im ersten Jahr				5.918 €/a 2,57 €/(m ² a)	3.166 €/a 1,38 €/(m ² a)
Energiekosten	Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger			17 €/a 0,0075 €/(m ² a)	80 €/a 0,03 €/(m ² a)
Endenergie Strom Normaltarif	0,250 €/kWh	41.851 kWh/a	10.480,3 €/a		
Endenergie Strom WP-Tarif	0,238 €/kWh	-		40.567 kWh/a 10.158,9 €/a	43.094 kWh/a 10.791,7 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,063 €/kWh	193.317 kWh/a	12.183,8 €/a		36.612 kWh/a 8.706,9 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,043 €/kWh	-	-	153.711 kWh/a 6.587,6 €/a	-
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		22.664,2 €/a		-26,1%	16.746,5 €/a
				-14,0%	19.498,6 €/a
				-1,3%	22.372,1 €/a
Merkmale und Kosten Bautechnik	Bezug: WLE STD	V1: Gas-BW	V2: Pellet	V3: WP Sole	V4: BHKW
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)	Fläche	U-Wert Kosten	U-Wert Kosten	U-Wert Kosten	U-Wert Kosten
Außenwand					
Vorhangfassade					
Sandwich-Elemente	1.724,00 m ²	0,28 W/(m ² K) 156.037 €	0,24 W/(m²K) 165.955 €	0,24 W/(m²K) 165.955 €	0,24 W/(m²K) 165.955 €
Fenster Fassade	240,00 m ²	1,30 W/(m ² K) 48.807 €	1,00 W/(m²K) 56.329 €	1,00 W/(m²K) 56.329 €	1,00 W/(m²K) 56.329 €
Trapezdach	2.040,00 m ²	0,20 W/(m ² K) 115.872 €	0,22 W/(m²K) 105.655 €	0,22 W/(m²K) 105.655 €	0,22 W/(m²K) 105.655 €
Lichtband	360,00 m ²	2,40 W/(m ² K) 19.715 €	1,90 W/(m²K) 21.159 €	1,90 W/(m²K) 21.159 €	1,90 W/(m²K) 21.159 €
Flachdach					
Kehlbalkendecke					
oberste Geschossdecke					
Kellerdecke					
Boden an Erdreich	900,00 m ²	0,35 W/(m ² K) 98.640 €	0,47 W/(m²K) 93.886 €	0,47 W/(m²K) 93.886 €	0,47 W/(m²K) 93.886 €
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K) 0 €	0,05 W/(m ² K) 0 €	0,05 W/(m ² K) 0 €	0,05 W/(m ² K) 0 €
(Gesamt-)Investitionskosten baulich	Hüllfläche:	5.300 m ² Kosten 0 € 458.625 €	Differenz Kosten 3.912 € 462.538 €	Differenz Kosten 3.912 € 462.538 €	Differenz Kosten 3.912 € 462.538 €

Merkmale und Kosten Anlagentechnik	Bezugsgröße	Bezug: WLE STD		V1: Gas-BW		V2: Pellet		V3: WP Sole		V4: BHKW		
		Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	
Erzeuger												
1. Wärmeerzeuger	Typ	WLE_STD	26.790 €			Pellet	65.056 €	WP Sole	54.243 €	BHKW	32.035 €	
	kW thermisch	100,0 kW				95,2 kW		95,2 kW		28,6 kW		
	kW elektrisch	k.A.				k.A.		k.A.		15,0 kW		
2. Wärmeerzeuger	Typ	-	-			-	-	-	-	GasBW	8.547 €	
	kW thermisch	-	-			-	-	-	-	66,6 kW		
	kW elektrisch	k.A.				k.A.		k.A.		k.A.		
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	keine				DSP		LH		DSP		
55/45°C	kW Heizlast	100,0 kW	-			95,2 kW	-	95,2 kW	-	95,2 kW	-	
45/35°C	kW Heizlast	100,0 kW	-			95,2 kW	-	95,2 kW	-	95,2 kW	-	
35/28°C	m² Wohnfläche	2.090,9 m²	-			2.090,9 m²	-	2.090,9 m²	-	2.090,9 m²	-	
Luftheritzer	kW Heizlast	100,0 kW	-			95,2 kW	-	95,2 kW	17.042 €	95,2 kW	-	
Deckenstrahlplatten	kW Heizlast	100,0 kW	-			95,2 kW	21.302 €	95,2 kW	-	95,2 kW	21.302 €	
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	1.708 €			1	1.708 €	1		1	1.708 €	
Schornstein	je Gebäudetyp	-	1	3.415 €		-	1	3.415 €	1	-	1	3.415 €
Bohrung WP Sole	kW Heizlast	-	-			-	-	95,2 kW	79.724 €	-	-	
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-			95,2 kW	-	-	-	-	-	
	Summe Heizung, TWE		31.912 €				91.481 €		151.009 €		67.006 €	
Art der Nutzung Solarthermie		0				0		0		0		
solare TWE	m² Nutzfläche	2.509,1 m²	-			2.509,1 m²	-	2.509,1 m²	-	2.509,1 m²	-	
solare TWE/HU	m² Nutzfläche	2.509,1 m²	-			2.509,1 m²	-	2.509,1 m²	-	2.509,1 m²	-	
	Summe Solarthermie		-				-		-		-	
Lüftung Nichtwohngebäude												
Abluftanlage	Art	keine				keine		keine		keine		
	Volumenstrom [m³]	-	-			-	-	-	-	-	-	
Zu-/Abluftanlage	Art	keine				keine		keine		keine		
	Volumenstrom [m³]	-	-			-	-	-	-	-	-	
	Summe Lüftungsanlage(n) Nichtwohngebäude		-			-	-	-	-	-	-	

C 7.8 Fertigungshalle (dezentrale Erzeuger)

Tabelle C-154: Energetische Auswertungen Fertigungshalle (dezentrale Erzeuger), Niveau Q_p 55 % Ü 70 %

Auswertung bzgl. der Anforderungskennwerte (gerechnet mit $f_{\text{B}, \text{Strom}} = 1,8$)		Bezug: WLE STD		V1: WLE opt. TOP		V2: Hellstrahler TOP		V3: Dunkelstrahler STD		V4: Dunkelstrahler TOP	
Primärenergiebedarf Q _p /A _N	%-Werte bezgl. Anforderung EnEV 2014: 116 kWh/(m²a)	116,0 kWh/(m²a)	0%	87,0 kWh/(m²a)	-25%	85,8 kWh/(m²a)	-26%	86,3 kWh/(m²a)	-26%	84,1 kWh/(m²a)	-28%
	%-Werte bzgl. Anforderung Niveau: 87,03 kWh/(m²a)	33%		-0%		-1%		-1%		-3%	
opak	Anf. Niveau = 0,2975 W/(m²K)	-		-		-		-		-	
	Anf. EnEV 2014 = 0,35 W/(m²K)										
transparent	Anf. Niveau = 1,615 W/(m²K)	-		-		-		-		-	
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m²K)										
Vorhangsfassade	Anf. Niveau = 1,615 W/(m²K)	-		-		-		-		-	
	Anf. EnEV 2014 = 1,9 W/(m²K)										
Glasdach	Anf. Niveau = 2,635 W/(m²K)	-		-		-		-		-	
	Anf. EnEV 2014 = 3,1 W/(m²K)										

Energiekennwerte, Prozentangaben relativ zur Bezugsvariante		Bezug: WLE STD		V1: WLE opt. TOP		V2: Hellstrahler TOP		V3: Dunkelstrahler STD		V4: Dunkelstrahler TOP	
Nutzenergie Warmwasser Q _{w,b}		-		-	0%	-	0%	-	0%	-	0%
Endenergie Wärme Q _{f,Wärme}		193.317 kWh/a		128.297 kWh/a	-34%	126.736 kWh/a	-34%	127.900 kWh/a	-34%	122.679 kWh/a	-37%
Endenergie Beleuchtung		39.619 kWh/a		39.619 kWh/a		39.619 kWh/a		39.619 kWh/a		39.619 kWh/a	
Endenergie Kühlung		-		-		-		-		-	
Endenergie Belüftung		-		-		-		-		-	
Endenergie Hilfsenergie Q _{f,Hilfsenergie}		2.232 kWh/a		1.854 kWh/a	-17%	280 kWh/a	-87%	440 kWh/a	-80%	474 kWh/a	-79%
Primärenergiebedarf Q _p		266.907 kWh/a		200.048 kWh/a	-25%	197.229 kWh/a	-26%	198.511 kWh/a	-26%	193.369 kWh/a	-28%
CO ₂ -Emissionen		45.295 kg/a		30.264 kg/a	-33%	69.351 kg/a	53%	70.074 kg/a	55%	2.957 kg/a	-93%
CO ₂ -Emissionen, spezifisch		19,7 kg/(m²a)		13,2 kg/(m²a)		30,2 kg/(m²a)		30,5 kg/(m²a)		1,3 kg/(m²a)	

Tabelle C-155: Auswertungen zur Wirtschaftlichkeit Fertigungshalle (dezentrale Erzeuger), Niveau Q_P 55 % Ü 70 %, Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerungsszenarien Bundesregierung, EU und 1 Prozent

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung Bundesregierung)	Bezug: WLE STD	V1: WLE opt. TOP	V2: Hellstrahler TOP	V3: Dunkelstrahler STD	V4: Dunkelstrahler TOP
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		0,7 a	sofort	sofort	sofort
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N		0 €m ²	keine Angabe	keine Angabe	keine Angabe
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	21.051 €/a	Veränderung 169 €/a	absolut 21.220 €/a	Veränderung -269 €/a	absolut 20.782 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	24.201 €/a	5.123 €/a	19.078 €/a	5.233 €/a	18.969 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	1.801 €/a	281 €/a	2.082 €/a	-656 €/a	1.145 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-47.053 €/a		-42.381 €/a		-40.896 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		-4.672 €/a		-6.158 €/a	
			-6.636 €/a		-6.990 €/a

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung EU)	Bezug: WLE STD	V1: WLE opt. TOP	V2: Hellstrahler TOP	V3: Dunkelstrahler STD	V4: Dunkelstrahler TOP
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		0,6 a	sofort	sofort	sofort
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N		0 €m ²	keine Angabe	keine Angabe	keine Angabe
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	21.051 €/a	Veränderung 169 €/a	absolut 21.220 €/a	Veränderung -269 €/a	absolut 20.782 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	27.147 €/a	5.921 €/a	21.226 €/a	6.049 €/a	21.098 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	1.801 €/a	281 €/a	2.082 €/a	-656 €/a	1.145 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-49.999 €/a		-44.528 €/a		-43.025 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		-5.470 €/a		-6.974 €/a	
			-7.439 €/a		-7.854 €/a

Wirtschaftlichkeit (Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung 1 Prozent)	Bezug: WLE STD	V1: WLE opt. TOP	V2: Hellstrahler TOP	V3: Dunkelstrahler STD	V4: Dunkelstrahler TOP
Amortisationszeit unter Berücks. von Ersatzbeschaffungen und Restwerten		0,7 a	sofort	sofort	sofort
Deckungsfehlbetrag unter Berücks. von Ersatzbesch. und Restw. Bezug A _N		0 €m ²	keine Angabe	keine Angabe	keine Angabe
Annuität der kapitalgebundenen Kosten	21.051 €/a	Veränderung 169 €/a	absolut 21.220 €/a	Veränderung -269 €/a	absolut 20.782 €/a
Annuität der bedarfsgebundenen Kosten	24.870 €/a	5.084 €/a	19.786 €/a	5.192 €/a	19.678 €/a
Annuität der betriebsgebundenen Kosten	1.801 €/a	281 €/a	2.082 €/a	-656 €/a	1.145 €/a
Annuität der Jahresgesamtzahlungen	-47.722 €/a		-43.088 €/a		-41.605 €/a
annuitätische Gewinne (-) / Verluste (+) im Vergleich zur Bezugsvariante		-4.634 €/a		-6.117 €/a	
			-6.597 €/a		-6.944 €/a

Tabelle C-156: Merkmale und Kosten Fertigungshalle (dezentrale Erzeuger), Niveau Q_P 55 % Ü 70 %

Investitionskosten, Wartungskosten und energiebedingte Kosten	Bezug: WLE STD	V1: WLE opt. TOP	V2: Heißstrahler TOP	V3: Dunkelstrahler STD	V4: Dunkelstrahler TOP
		absolut spezifisch	absolut spezifisch	absolut spezifisch	absolut spezifisch
Investitionsmehrkosten baulich		-6.641 € -2,9 €/m ²	-10.109 € -4,4 €/m ²	-6.641 € -2,9 €/m ²	-11.120 € -4,8 €/m ²
Investitionsmehrkosten anlagentechnisch		4.271 € 1,9 €/m ²	6.859 € 3,0 €/m ²	-1.837 € -0,8 €/m ²	1.553 € 0,7 €/m ²
Investitionsmehrkosten Fachplanung		0 € 0,0 €/m ²	0 € 0,0 €/m^{2}	0 € 0,0 €/m^{2}	0 € 0,0 €/m^{2}
Investitionsmehrkosten gesamt (baulich + anlagentechnisch + Fachpl./Baubegl.)		-2.371 € -1,0 €/m ²	-3.250 € -1,4 €/m ²	-8.478 € -3,7 €/m ²	-9.567 € -4,2 €/m ²
Energiekostenersparnis (+) Energiemehrkosten (-) im ersten Jahr		4.633 €/a 2,01 €/(m ² a)	4.731 €/a 2,06 €/(m ² a)	4.658 €/a 2,03 €/(m ² a)	4.986 €/a 2,17 €/(m ² a)
Wartungsmehrkosten (+) /- minderkosten (-) im ersten Jahr		256 €/a 0,11 €/(m ² a)	-598 €/a 0,26 €/(m ² a)	-842 €/a 0 €/(m ² a)	-757 €/a 0 €/(m ² a)
ENERGIEKOSTEN	Arbeits- bzw. Mischpreise Energieträger				
Endenergie Strom Normaltarif	0,250 €/kWh	41.851 kWh/a	10.480,3 €/a	39.713 kWh/a	9.944,9 €/a
Endenergie Strom WP-Tarif	0,238 €/kWh			39.714 kWh/a	9.945,1 €/a
Endenergie fossil (Gas)	0,063 €/kWh	193.317 kWh/a	12.183,8 €/a	128.297 kWh/a	8.085,9 €/a
Endenergie Biomasse (Pellets)	0,043 €/kWh			126.736 kWh/a	7.987,5 €/a
Energiekosten im ersten Jahr (arbeitsbezogen)		22.664,2 €/a	-20,4%	18.030,8 €/a	-20,9%
				17.932,7 €/a	-20,6%
				18.005,8 €/a	-22,0%
				17.678,0 €/a	-22,0%

Merkmale und Kosten Bautechnik		Bezug: WLE STD		V1: WLE opt. TOP		V2: Hellstrahler TOP		V3: Dunkelstrahler STD		V4: Dunkelstrahler TOP	
baulicher Wärmeschutz (Gesamtkosten)	Fläche	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten	U-Wert	Kosten
Außenwand											
Vorhangfassade											
Sandwich-Elemente	1.724,00 m ²	0,28 W/(m ² K)	156.037 €	0,28 W/(m ² K)	156.037 €	0,30 W/(m ² K)	152.569 €	0,28 W/(m ² K)	156.037 €	0,30 W/(m ² K)	152.569 €
Fenster Fassade	240,00 m ²	1,30 W/(m ² K)	48.807 €	1,30 W/(m^{2}K)	48.807 €	1,30 W/(m^{2}K)	48.807 €	1,30 W/(m^{2}K)	48.807 €	1,30 W/(m^{2}K)	48.807 €
Trapezdach	2.040,00 m ²	0,20 W/(m ² K)	115.872 €								
Lichtband	360,00 m ²	2,40 W/(m ² K)	19.715 €	1,45 W/(m ² K)	22.458 €	1,45 W/(m ² K)	22.458 €	1,45 W/(m ² K)	22.458 €	1,80 W/(m ² K)	21.447 €
Flachdach											
Kehlbalkendecke											
oberste Geschosdecke											
Kellerdecke											
Boden an Erdreich	900,00 m ²	0,35 W/(m ² K)	98.640 €	0,60 W/(m ² K)	89.256 €	0,60 W/(m^{2}K)	89.256 €	0,60 W/(m^{2}K)	89.256 €	0,60 W/(m^{2}K)	89.256 €
Wärmebrücken		0,05 W/(m ² K)	0 €								
Hüllfläche:	5.300 m ²		Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten	Differenz	Kosten
(Gesamt-)Investionskosten baulich		0 €	458.625 €	-6.641 €	451.984 €	-10.109 €	448.516 €	-6.641 €	451.984 €	-11.120 €	447.506 €

Merkmale und Kosten Anlagentechnik		Bezugsgröße		Bezug: WLE STD		V1: WLE opt. TOP		V2: Hellstrahler TOP		V3: Dunkelstrahler STD		V4: Dunkelstrahler TOP	
		Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten	Bezugsgröße	Kosten
Erzeuger													
1. Wärmeerzeuger	Typ	WLE_STD	26.790 €	WLE_opt_TOP	31.060 €	HellS_TOP	33.649 €	DunkelS_STD	26.660 €	DunkelS_TOP	28.343 €		
	kW thermisch	100,0 kW		k.A.		94,8 kW		93,8 kW		98,6 kW			
	kW elektrisch												
2. Wärmeerzeuger	Typ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	kW thermisch												
	kW elektrisch												
	k.A.												
Wärmeübergabe (Heizflächen/Rohrleitungen)	Art	keine		keine		keine		keine		keine			
55/45°C	kW Heizlast	100,0 kW	-	93,8 kW	-	94,8 kW	-	93,8 kW	-	98,6 kW	-		
45/35°C	kW Heizlast	100,0 kW	-	93,8 kW	-	94,8 kW	-	93,8 kW	-	98,6 kW	-		
35/28°C	m ² Wohnfläche	2.090,9 m ²	-	2.090,9 m^{2}	-	2.090,9 m^{2}	-	2.090,9 m^{2}	-	2.090,9 m^{2}	-		
Luftheritzer	kW Heizlast	100,0 kW	-	93,8 kW	-	94,8 kW	-	93,8 kW	-	98,6 kW	-		
Deckenstrahlplatten	kW Heizlast	100,0 kW	-	93,8 kW	-	94,8 kW	-	93,8 kW	-	98,6 kW	-		
Gas-Hausanschluss	je Gebäude	1	1.708 €	1	1.708 €	1	1.708 €	1	1.708 €	1	1.708 €		
Schornstein	je Gebäudetyp	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-		
Bohrung WPSoIe	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Brennstofflager Pellets (Neubau)	kW Heizlast	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Summe Heizung, TWE		28.497 €		32.768 €		35.356 €		26.660 €		30.050 €		
Art der Nutzung Solarthermie		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
solare TWE	m ² Nutzfläche	2.509,1 m ²	-	2.509,1 m^{2}	-	2.509,1 m^{2}	-	2.509,1 m^{2}	-	2.509,1 m^{2}	-		
solare TWE/HU	m ² Nutzfläche	2.509,1 m ²	-	2.509,1 m^{2}	-	2.509,1 m^{2}	-	2.509,1 m^{2}	-	2.509,1 m^{2}	-		
	Summe Solarthermie		-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Lüftung Nichtwohngebäude													
Abluftanlage	Art	keine		keine		keine		keine		keine			
	Volumenstrom [m ³]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Zu-/Abluftanlage	Art	keine		keine		keine		keine		keine			
	Volumenstrom [m ³]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	Summe Lüftungsanlage(n) Nichtwohngebäude		-	-	-	-	-	-	-	-	-		

Anhang D Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für Betrachtungszeiträume von 20 Jahren bei Wohn- und 30 Jahren bei Nichtwohngebäuden

D 1 Wohngebäude

In Tabelle D-1 und Tabelle D-2 sind die Amortisationszeiten und ggf. resultierende Deckungsfehlbeträge für die unterschiedlichen betrachteten energetischen Niveaus für einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren und das Preissteigerungsszenario „Bundesregierung“ zusammengestellt. Tabelle D-3 und Tabelle D-4 zeigen die resultierenden Ergebnisse für das Preissteigerungsszenario „EU“. Die Ergebnisse zum Preissteigerungsszenario „1 Prozent“ werden in Tabelle D-5 und Tabelle D-6 aufgeführt.

Tabelle D-1: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Niveaus Q_p 55 % H_T' 85 % und Q_p 55 % H_T' 70 % (EH 55), Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung Bundesregierung

Niveau		Q_p 55 % H_T' 85 %				Q_p 55 % H_T' 70 %			
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.	38,3 a	15,7 a	15,4 a	> 100 a	38,2 a	17,0 a	18,0 a	82,7 a
	Deckf.	39,4 €/m²			66,7 €/m²	39,3 €/m²			75,4 €/m²
EFH klein ohne Keller	Amort.	40,8 a	9,5 a	16,4 a	keine	40,8 a	12,7 a	18,2 a	> 100 a
	Deckf.	51,8 €/m²				52,1 €/m²			154,6 €/m²
EFH groß mit Keller	Amort.	40,1 a	25,3 a	16,1 a	49,3 a	40,1 a	22,3 a	17,3 a	43,5 a
	Deckf.	41,5 €/m²	5,5 €/m²		28,3 €/m²	41,8 €/m²	4,2 €/m²		32,0 €/m²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	59,8 a	9,1 a	16,6 a	keine	59,8 a	25,7 a	28,7 a	keine
	Deckf.	71,9 €/m²				71,9 €/m²	10,9 €/m²	24,9 €/m²	
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	70,6 a	34,6 a	21,4 a	keine	70,6 a	34,6 a	29,1 a	> 100 a
	Deckf.	65,4 €/m²	14,4 €/m²	2,8 €/m²		65,4 €/m²	14,4 €/m²	15,4 €/m²	91,5 €/m²
MFH klein	Amort.	55,3 a	40,2 a	36,3 a	> 100 a	55,0 a	37,1 a	31,2 a	65,5 a
	Deckf.	35,5 €/m²	18,9 €/m²	20,4 €/m²	37,8 €/m²	35,2 €/m²	19,4 €/m²	18,8 €/m²	39,3 €/m²
MFH groß	Amort.	50,4 a	k. A.	20,9 a	21,7 a	50,3 a	k. A.	23,1 a	23,1 a
	Deckf.	29,7 €/m²		2,1 €/m²	2,1 €/m²	37,6 €/m²		6,6 €/m²	5,0 €/m²

keine	keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr
k. A.	System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar
Ausf. n. möglich	Niveau kann durch System nicht erreicht werden

Tabelle D-2: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Niveaus Q_p 40 % H_T' 55 % (EH 40) und Q_p 40 % H_T' Ref, Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung Bundesregierung

Niveau		Q_p 40 % H_T' 55 %				Q_p 40 % H_T' Ref			
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.	49,4 a	31,2 a	28,1 a	89,6 a	49,4 a	40,0 a	40,7 a	> 100 a
	Deckf.	91,7 €/m²	33,6 €/m²	28,5 €/m²	111,7 €/m²	91,8 €/m²	44,7 €/m²	45,7 €/m²	65,6 €/m²
EFH klein ohne Keller	Amort.	54,9 a	37,6 a	25,8 a	> 100 a	54,9 a	34,6 a	17,6 a	keine
	Deckf.	124,0 €/m²	52,1 €/m²	25,9 €/m²	189,9 €/m²	124,0 €/m²	39,3 €/m²		
EFH groß mit Keller	Amort.	50,4 a	35,5 a	24,9 a	51,5 a	50,4 a	47,4 a	16,5 a	66,6 a
	Deckf.	90,3 €/m²	39,4 €/m²	15,5 €/m²	55,9 €/m²	90,3 €/m²	55,9 €/m²		26,4 €/m²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	62,4 a	55,0 a	34,6 a	> 100 a	62,3 a	50,2 a	28,6 a	keine
	Deckf.	114,0 €/m²	74,7 €/m²	47,3 €/m²	192,6 €/m²	113,9 €/m²	62,6 €/m²	26,6 €/m²	
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	71,5 a	> 100 a	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	73,0 a	keine
	Deckf.			79,4 €/m²	100,5 €/m²			80,3 €/m²	
MFH klein	Amort.	76,6 a	> 100 a	48,8 a	90,4 a	76,6 a	> 100 a	49,9 a	> 100 a
	Deckf.	97,7 €/m²	98,8 €/m²	62,3 €/m²	81,1 €/m²	97,7 €/m²	98,2 €/m²	64,7 €/m²	29,9 €/m²
MFH groß	Amort.	62,7 a	k. A.	37,2 a	37,7 a	62,7 a	k. A.	22,4 a	24,6 a
	Deckf.	77,8 €/m²		37,2 €/m²	33,9 €/m²	77,8 €/m²		5,2 €/m²	3,6 €/m²

keine	keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr
k. A.	System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar
Ausf. n. möglich	Niveau kann durch System nicht erreicht werden

Tabelle D-3: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Niveaus Q_p 55 % H_T' 85 % und Q_p 55 % H_T' 70 % (EH 55), Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung EU

Niveau		Q_p 55 % H_T' 85 %				Q_p 55 % H_T' 70 %			
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.	30,9 a	10,0 a	11,7 a	67,0 a	30,9 a	12,0 a	14,1 a	59,5 a
	Deckf.	28,0 €/m ²			57,6 €/m ²	27,9 €/m ²			65,3 €/m ²
EFH klein ohne Keller	Amort.	32,7 a	6,2 a	12,5 a	> 100 a	32,7 a	9,1 a	14,3 a	> 100 a
	Deckf.	38,2 €/m ²			138,1 €/m ²	38,5 €/m ²			144,8 €/m ²
EFH groß mit Keller	Amort.	32,8 a	15,1 a	12,1 a	35,6 a	32,8 a	15,3 a	13,4 a	33,2 a
	Deckf.	31,2 €/m ²			20,1 €/m ²	31,4 €/m ²			22,7 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	46,9 a	6,1 a	12,5 a	keine	46,9 a	18,4 a	22,4 a	> 100 a
	Deckf.	61,1 €/m ²				61,1 €/m ²		9,4 €/m ²	162,5 €/m ²
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	55,0 a	22,8 a	15,5 a	> 100 a	55,0 a	22,8 a	21,8 a	> 100 a
	Deckf.	57,4 €/m ²	4,5 €/m ²		72,0 €/m ²	57,4 €/m ²	4,5 €/m ²	4,6 €/m ²	86,4 €/m ²
MFH klein	Amort.	39,6 a	25,3 a	24,9 a	67,2 a	39,4 a	24,7 a	22,9 a	48,2 a
	Deckf.	27,0 €/m ²	8,1 €/m ²	9,2 €/m ²	32,3 €/m ²	26,8 €/m ²	8,3 €/m ²	7,0 €/m ²	32,6 €/m ²
MFH groß	Amort.	36,5 a	k. A.	15,1 a	17,0 a	37,9 a	k. A.	17,3 a	18,7 a
	Deckf.	21,7 €/m ²				28,9 €/m ²			

keine keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr
k. A. System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar
Ausf. n. möglich Niveau kann durch System nicht erreicht werden

Tabelle D-4: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Niveaus Q_p 40 % H_T' 55 % (EH 40) und Q_p 40 % H_T' Ref, Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung EU

Niveau		Q_p 40 % H_T' 55 %				Q_p 40 % H_T' Ref			
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.	40,5 a	24,4 a	22,5 a	67,7 a	40,5 a	29,3 a	29,7 a	> 100 a
	Deckf.	77,1 €/m ²	17,2 €/m ²	11,4 €/m ²	100,5 €/m ²	77,1 €/m ²	28,5 €/m ²	29,6 €/m ²	58,3 €/m ²
EFH klein ohne Keller	Amort.	44,7 a	28,0 a	20,8 a	> 100 a	44,7 a	25,3 a	13,8 a	keine
	Deckf.	106,7 €/m ²	32,2 €/m ²	5,3 €/m ²	178,5 €/m ²	106,7 €/m ²	19,8 €/m ²		
EFH groß mit Keller	Amort.	41,8 a	27,5 a	19,8 a	40,7 a	41,8 a	34,9 a	12,7 a	42,6 a
	Deckf.	77,1 €/m ²	24,6 €/m ²		45,5 €/m ²	77,1 €/m ²	41,4 €/m ²		19,4 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	50,1 a	40,3 a	27,7 a	> 100 a	50,1 a	36,5 a	22,7 a	keine
	Deckf.	100,1 €/m ²	59,1 €/m ²	31,3 €/m ²	184,6 €/m ²	100,0 €/m ²	47,2 €/m ²	10,9 €/m ²	
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	52,4 a	> 100 a	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	53,3 a	keine
	Deckf.			68,2 €/m ²	94,5 €/m ²			69,0 €/m ²	
MFH klein	Amort.	59,0 a	70,3 a	37,9 a	69,5 a	59,0 a	69,9 a	38,7 a	> 100 a
	Deckf.	86,9 €/m ²	86,5 €/m ²	49,8 €/m ²	73,5 €/m ²	86,9 €/m ²	85,9 €/m ²	52,2 €/m ²	25,5 €/m ²
MFH groß	Amort.	49,1 a	k. A.	28,7 a	30,9 a	49,1 a	k. A.	16,8 a	18,3 a
	Deckf.	67,1 €/m ²		24,5 €/m ²	24,6 €/m ²	67,1 €/m ²			

keine keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr
k. A. System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar
Ausf. n. möglich Niveau kann durch System nicht erreicht werden

Tabelle D-5: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Niveaus Q_p 55 % H_T' 85 % und Q_p 55 % H_T' 70 % (EH 55), Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung „1 Prozent“

Niveau		Q_p 55 % H_T' 85 %				Q_p 55 % H_T' 70 %			
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.	40,4 a	28,6 a	18,8 a	89,5 a	40,3 a	23,9 a	21,1 a	76,5 a
	Deckf.	41,6 €/m ²	6,1 €/m ²		64,6 €/m ²	41,5 €/m ²	5,3 €/m ²	3,2 €/m ²	73,7 €/m ²
EFH klein ohne Keller	Amort.	43,0 a	16,8 a	20,0 a	> 100 a	42,9 a	17,3 a	21,2 a	> 100 a
	Deckf.	54,2 €/m ²		0,5 €/m ²	keine Angabe	54,5 €/m ²		4,4 €/m ²	151,8 €/m ²
EFH groß mit Keller	Amort.	42,3 a	57,7 a	20,1 a	44,6 a	42,2 a	33,5 a	20,5 a	40,8 a
	Deckf.	43,7 €/m ²	15,5 €/m ²	0,5 €/m ²	26,4 €/m ²	44,0 €/m ²	13,1 €/m ²	1,5 €/m ²	30,5 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	63,7 a	15,3 a	20,7 a	keine	63,7 a	35,9 a	33,8 a	keine
	Deckf.	74,1 €/m ²		1,6 €/m ²		74,1 €/m ²	20,1 €/m ²	32,3 €/m ²	
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	76,6 a	58,8 a	29,0 a	keine	76,6 a	58,8 a	36,7 a	> 100 a
	Deckf.	67,4 €/m ²	21,6 €/m ²	9,2 €/m ²		67,4 €/m ²	21,6 €/m ²	21,4 €/m ²	89,5 €/m ²
MFH klein	Amort.	61,5 a	76,9 a	54,8 a	84,4 a	61,2 a	59,8 a	40,8 a	58,7 a
	Deckf.	37,5 €/m ²	27,2 €/m ²	28,1 €/m ²	35,6 €/m ²	37,3 €/m ²	27,3 €/m ²	25,7 €/m ²	37,5 €/m ²
MFH groß	Amort.	56,7 a	k. A.	27,7 a	20,2 a	54,6 a	k. A.	28,4 a	22,2 a
	Deckf.	31,9 €/m ²		9,1 €/m ²	0,6 €/m ²	39,6 €/m ²		12,9 €/m ²	3,9 €/m ²

keine
k. A.
Ausf. n. möglich

keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr

System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar

Niveau kann durch System nicht erreicht werden

Tabelle D-6: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge für die Niveaus Q_p 40 % H_T' 55 % (EH 40) und Q_p 40 % H_T' Ref, Betrachtungszeitraum 20 a, Preissteigerung „1 Prozent“

Niveau		Q_p 40 % H_T' 55 %				Q_p 40 % H_T' Ref			
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.	51,4 a	36,6 a	31,9 a	85,1 a	51,4 a	49,9 a	51,1 a	> 100 a
	Deckf.	94,1 €/m ²	41,2 €/m ²	35,3 €/m ²	110,3 €/m ²	94,2 €/m ²	52,7 €/m ²	53,8 €/m ²	63,1 €/m ²
EFH klein ohne Keller	Amort.	57,1 a	45,2 a	28,9 a	> 100 a	57,1 a	43,0 a	20,5 a	keine
	Deckf.	126,6 €/m ²	61,0 €/m ²	33,9 €/m ²	187,5 €/m ²	126,6 €/m ²	48,8 €/m ²	2,2 €/m ²	
EFH groß mit Keller	Amort.	52,4 a	42,2 a	28,3 a	49,5 a	52,4 a	59,1 a	19,7 a	55,2 a
	Deckf.	92,6 €/m ²	46,3 €/m ²	21,7 €/m ²	54,7 €/m ²	92,6 €/m ²	63,3 €/m ²		24,2 €/m ²
Doppelhaushälfte Süd ohne Keller	Amort.	65,3 a	67,6 a	39,3 a	> 100 a	65,2 a	62,3 a	33,1 a	keine
	Deckf.	116,3 €/m ²	82,0 €/m ²	54,0 €/m ²	190,4 €/m ²	116,2 €/m ²	70,1 €/m ²	33,7 €/m ²	
Reihenmittelhaus mit Keller	Amort.	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	88,4 a	> 100 a	Ausf. n. möglich	Ausf. n. möglich	90,8 a	keine
	Deckf.			84,8 €/m ²	98,8 €/m ²			85,7 €/m ²	
MFH klein	Amort.	81,7 a	> 100 a	57,7 a	83,9 a	81,7 a	> 100 a	58,9 a	> 100 a
	Deckf.	99,8 €/m ²	105,1 €/m ²	68,3 €/m ²	79,4 €/m ²	99,8 €/m ²	104,5 €/m ²	70,7 €/m ²	27,4 €/m ²
MFH groß	Amort.	66,9 a	k. A.	44,0 a	36,6 a	66,9 a	k. A.	27,8 a	21,8 a
	Deckf.	80,0 €/m ²		43,1 €/m ²	33,0 €/m ²	80,0 €/m ²		11,6 €/m ²	1,7 €/m ²

keine
k. A.
Ausf. n. möglich

keine Amortisation, da Energiekosteneinsparung pro Jahr geringer als Wartungsmehrkosten pro Jahr

System nicht betrachtet. Kosten für WP Luft > 50 kW nicht verfügbar

Niveau kann durch System nicht erreicht werden

D 2 Nichtwohngebäude

In Tabelle D-7 und Tabelle D-8 sind die Amortisationszeiten und ggf. resultierende Deckungsfehlbeträge für die unterschiedlichen betrachteten energetischen Niveaus für einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren und das Preissteigerungsszenario „Bundesregierung“ zusammengestellt. Tabelle D-9 und Tabelle D-10 zeigen die resultierenden Ergebnisse für das Preissteigerungsszenario „EU“. Die Ergebnisse zum Preissteigerungsszenario „1 Prozent“ werden in Tabelle D-11 und Tabelle D-12 aufgeführt.

Tabelle D-7: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten (ohne Fertigungshallen), Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerung Bundesregierung

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.	> 100 a	46,3 a	> 100 a	39,0 a	43,4 a	53,2 a	> 100 a	24,3 a	Auf. n. möglich	Auf. n. möglich	59,7 a	42,1 a
	Deckungsfehlb.	33,6 €/m ²	15,1 €/m ²	67,5 €/m ²	4,3 €/m ²	25,0 €/m ²	58,5 €/m ²	67,5 €/m ²			43,3 €/m ²	34,0 €/m ²	
Büro groß, gekühlt	Amortisationsz.	> 100 a	k. A.	45,4 a	64,9 a	Auf. n. möglich	k. A.	38,4 a	Auf. n. möglich	Auf. n. möglich	k. A.	40,4 a	Auf. n. möglich
	Deckungsfehlb.	120,1 €/m ²		14,2 €/m ²	29,7 €/m ²			16,7 €/m ²				39,6 €/m ²	
Kindertagesstätte	Amortisationsz.	keine	11,2 a	23,5 a	47,0 a	65,9 a	9,5 a	23,5 a	47,0 a	32,1 a	15,0 a	21,3 a	31,6 a
	Deckungsfehlb.				19,2 €/m ²	29,5 €/m ²			19,2 €/m ²	6,6 €/m ²			3,9 €/m ²
Schule	Amortisationsz.	System n. betrachtet	k. A.	keine	58,1 a	System n. betrachtet	k. A.	keine	35,8 a	System n. betrachtet	k. A.	90,3 a	43,2 a
	Deckungsfehlb.				2,5 €/m ²				6,1 €/m ²			41,3 €/m ²	23,3 €/m ²
Hotel groß, gekühlt	Amortisationsz.	26,1 a	k. A.	15,0 a	66,4 a	System n. betrachtet	k. A.	26,3 a	56,2 a	System n. betrachtet	k. A.	System n. betrachtet	34,9 a
	Deckungsfehlb.				12,4 €/m ²				9,3 €/m ²				7,3 €/m ²
Verbrauchermarkt	Amortisationsz.	System n. betrachtet	41,8 a	> 100 a	45,3 a	System n. betrachtet	53,0 a	34,8 a	60,5 a	System n. betrachtet	Auf. n. möglich	34,4 a	Auf. n. möglich
	Deckungsfehlb.				22,2 €/m ²	31,3 €/m ²	19,4 €/m ²		75,9 €/m ²	13,0 €/m ²	85,1 €/m ²		19,8 €/m ²

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

Tabelle D-8: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten (Fertigungshallen), Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerung Bundesregierung

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	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	
	2. Wärmeerzeuger	-	-	-	Gas-BW-Kessel	-	-	-	Gas-BW-Kessel	-	-	Gas-BW-Kessel	
	Amortisationsz.	sofort	26,0 a	37,2 a	keine	Auf. n. möglich	26,0 a	37,2 a	keine	Auf. n. möglich	21,0 a	24,7 a	47,1 a
	Deckungsfehlb.				11,8 €/m ²			11,8 €/m ²					12,5 €/m ²
Fertigungshalle (dezentrale Erzeuger)	Q _p 100 % Ü 100 % [EnEV 2016]				Q _p 85 % Ü 100 %				Q _p 75 % Ü 85 %				
	Erzeuger	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
	Amortisationsz.	sofort	sofort	sofort	sofort	sofort	sofort	sofort	sofort	1,1 a	sofort	sofort	sofort
	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
Auf. n. möglich Niveau kann durch System nicht erreicht werden

Tabelle D-9: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten (ohne Fertigungshallen), Betrachtungszeitraum 30 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.	> 100 a	21,0 a	38,7 a	22,1 a	32,6 a	34,6 a	38,7 a	17,3 a	Auf. n. möglich	Auf. n. möglich	25,8 a	31,4 a
	Deckungsfehlb.	28,6 €/m ²		17,9 €/m ²		0,3 €/m ²	13,4 €/m ²	17,9 €/m ²					0,1 €/m ²
Büro groß, gekühlt	Amortisationsz.	> 100 a	k. A.	16,7 a	45,0 a	Auf. n. möglich	k. A.	20,4 a	Auf. n. möglich	Auf. n. möglich	k. A.	27,4 a	Auf. n. möglich
	Deckungsfehlb.	105,5 €/m ²			16,6 €/m ²								
Kindertagesstätte	Amortisationsz.	keine	5,8 a	13,6 a	28,0 a	40,2 a	5,9 a	13,6 a	28,0 a	23,6 a	10,2 a	12,8 a	21,9 a
	Deckungsfehlb.					9,8 €/m ²							
Schule	Amortisationsz.	System n. betrachtet	k. A.	45,1 a	22,1 a	System n. betrachtet	k. A.	45,1 a	26,8 a	System n. betrachtet	k. A.	35,4 a	33,2 a
	Deckungsfehlb.			13,5 €/m ²				13,5 €/m ²				10,6 €/m ²	4,3 €/m ²
Hotel groß, gekühlt	Amortisationsz.	26,2 a	k. A.	9,4 a	28,9 a	System n. betrachtet	k. A.	19,8 a	25,1 a	System n. betrachtet	k. A.	System n. betrachtet	24,4 a
	Deckungsfehlb.												
Verbrauchermarkt	Amortisationsz.	System n. betrachtet	28,3 a	26,7 a	33,9 a	System n. betrachtet	39,3 a	21,2 a	46,0 a	System n. betrachtet	Auf. n. möglich	24,4 a	Auf. n. möglich
	Deckungsfehlb.				4,1 €/m ²		39,7 €/m ²		55,1 €/m ²				

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

Tabelle D-10: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten (Fertigungshallen), Betrachtungszeitraum 30 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	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
	Amortisationsz.	sofort	18,6 a	17,5 a	keine	Auf. n. möglich	18,6 a	17,5 a	keine	Auf. n. möglich	15,7 a	14,8 a	47,2 a
	Deckungsfehlb.												9,8 €/m ²

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)	Erzeuger												
	Amortisationsz.	sofort	sofort	sofort	sofort	sofort	sofort	sofort	sofort	0,8 a	sofort	sofort	sofort
	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
Auf. n. möglich Niveau kann durch System nicht erreicht werden

Tabelle D-11: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten (ohne Fertigungshallen), Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerung „1 Prozent“

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	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.	> 100 a	> 100 a	keine	32,0 a	44,5 a	67,4 a	keine	23,4 a	Auf. n. möglich	Auf. n. möglich	> 100 a
	Deckungsfehlb.	34,1 €/m ²	32,5 €/m ²		1,3 €/m ²	26,0 €/m ²	72,1 €/m ²					69,9 €/m ²
Büro groß, gekühlt	Amortisationsz.	> 100 a	k. A.	> 100 a	54,2 a	Auf. n. möglich	k. A.	60,4 a	Auf. n. möglich	Auf. n. möglich	k. A.	45,7 a
	Deckungsfehlb.	121,6 €/m ²		34,9 €/m ²	24,7 €/m ²			33,1 €/m ²				48,1 €/m ²
Kindertagesstätte	Amortisationsz.	keine	22,3 a	33,8 a	38,4 a	65,0 a	13,2 a	33,8 a	38,4 a	32,3 a	17,9 a	28,6 a
	Deckungsfehlb.			14,4 €/m ²	12,1 €/m ²	29,2 €/m ²		14,4 €/m ²	12,1 €/m ²	7,4 €/m ²		
Schule	Amortisationsz.	System n. betrachtet	k. A.	keine	32,2 a	System n. betrachtet	k. A.	keine	32,4 a	System n. betrachtet	k. A.	> 100 a
	Deckungsfehlb.				0,4 €/m ²				3,1 €/m ²			56,7 €/m ²
Hotel groß, gekühlt	Amortisationsz.	21,0 a	k. A.	19,3 a	35,9 a	System n. betrachtet	k. A.	27,2 a	31,0 a	System n. betrachtet	k. A.	System n. betrachtet
	Deckungsfehlb.				3,9 €/m ²				0,9 €/m ²			27,7 a
Verbrauchermarkt	Amortisationsz.	System n. betrachtet	48,0 a	keine	40,7 a	System n. betrachtet	56,0 a	44,9 a	59,7 a	System n. betrachtet	Auf. n. möglich	37,6 a
	Deckungsfehlb.		27,7 €/m ²		15,1 €/m ²		78,7 €/m ²	24,2 €/m ²	83,1 €/m ²			24,7 €/m ²

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

Tabelle D-12: Amortisationszeiten und Deckungsfehlbeträge unter Berücksichtigung von Ersatzbeschaffungen und Restwerten (Fertigungshallen), Betrachtungszeitraum 30 Jahre, Preissteigerung „1 Prozent“

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	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser	BHKW	Gas-BW-Kessel	Pelletkessel	WP Sole/Wasser
	2. Wärmeerzeuger	-	-	-	Gas-BW-Kessel	-	-	-	Gas-BW-Kessel	-	-	Gas-BW-Kessel
	Amortisationsz.	sofort	24,0 a	99,6 a	keine	Auf. n. möglich	24,0 a	99,6 a	keine	Auf. n. möglich	20,2 a	35,4 a
	Deckungsfehlb.			33,0 €/m ²				33,0 €/m ²				8,9 €/m ²

Niveau	Q _p 100 % Ü 100 % [EnEV 2016]				Q _p 85 % Ü 100 %				Q _p 75 % Ü 85 %			
	Erzeuger	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
	Fertigungshalle (dezentrale Erzeuger)	Amortisationsz.	sofort	sofort	sofort	sofort	sofort	sofort	sofort	1,1 a	sofort	sofort
	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
Auf. n. möglich Niveau kann durch System nicht erreicht werden