

Kurzstudie:

Ermittlung von Mehrkosten zur Einführung eines „KfW-Effizienzhaus-Standards 55“ für alle Neubau- ten von Wohngebäude

Auftraggeber

Stadt Tecklenburg
Fachbereich Planen, Bauen und Umwelt
Landrat-Schultz-Straße 1
49545 Tecklenburg

Auftragnehmer

Öko-Zentrum NRW
Sachsenweg 8
59073 Hamm

Hamm, den 01.09.2020

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	3
2	Einführung.....	6
2.1	Aufgabenstellung	6
2.2	Ziele der Untersuchung.....	6
2.3	Untersuchungsmethode	6
2.4	Übertragbarkeit der Ergebnisse.....	9
3	Grundlagen.....	11
3.1	Gebäudetypen	11
3.2	Energetische Standards.....	14
3.3	Wärmeschutz der Gebäudehülle	14
3.4	Anlagentechnik	15
3.5	Kostenansätze	15
4	Ergebnisse Energiebedarfsberechnung.....	19
4.1	Berechnungsergebnis freistehendes Einfamilienhaus	20
4.2	Berechnungsergebnis Doppelhaushälfte.....	24
4.3	Berechnungsergebnis Mehrfamilienhaus	27
5	Fazit	31
6	Quellen.....	33
7	Anlage.....	34
7.1	Kostenansätze	34
7.2	Mehrkostenbetrachtung Freistehendes Einfamilienhaus	34
7.3	Mehrkostenbetrachtung Doppelhaushälfte	34
7.4	Mehrkostenbetrachtung Mehrfamilienhaus.....	34

1 Zusammenfassung

In der vorliegenden Untersuchung ging es um die Frage, wie hoch die Mehrkosten eines Energiestandards, der dem eines KfW-Effizienzgebäudes-55 entspricht, gegenüber den gesetzlichen Anforderungen sind. Zudem sollte geklärt werden, ob sich diese Mehrkosten durch Energiekosteneinsparungen oder unter der Berücksichtigung von Fördermitteln abgedeckt werden.

In diesem Zusammenhang wurden Modellgebäude für ein freistehendes Einfamilienhaus, eine Doppelhaushälfte und ein kleines Mehrfamilienhaus mit sechs Wohneinheiten untersucht. Diese wurden jeweils mit vier anlagentechnischen Varianten modelliert, sodass in Summe zwölf unterschiedliche Gebäudetypen als Vergleich für die zu ermittelnden Mehrkosten betrachtet wurden. Die jeweils getroffenen Kostenansätze wurden möglichst konservativ geschätzt. Beispielsweise wird durch einen besseren Dämmstandard der KfW-Effizienzhäuser-55 eine geringere Wärmeleistung der Anlagentechnik benötigt, weshalb prinzipiell eine Kostensenkung erwartet werden kann. Dieser Einspareffekt wurde mitunter in den Untersuchungen vernachlässigt, um ein möglichst allgemeingültiges Ergebnis zu erzielen.

Hierbei stellte sich heraus, dass lediglich bei einer Variante nach Abzug der Förderung tatsächlich mit Mehrkosten zu rechnen ist. Allerdings werden diese durch den geringeren Energiebedarf und einen Zinsvorteil durch den KfW-Kredit nach ca. 11 Betriebsjahren ebenfalls zu einer Einsparung führen.

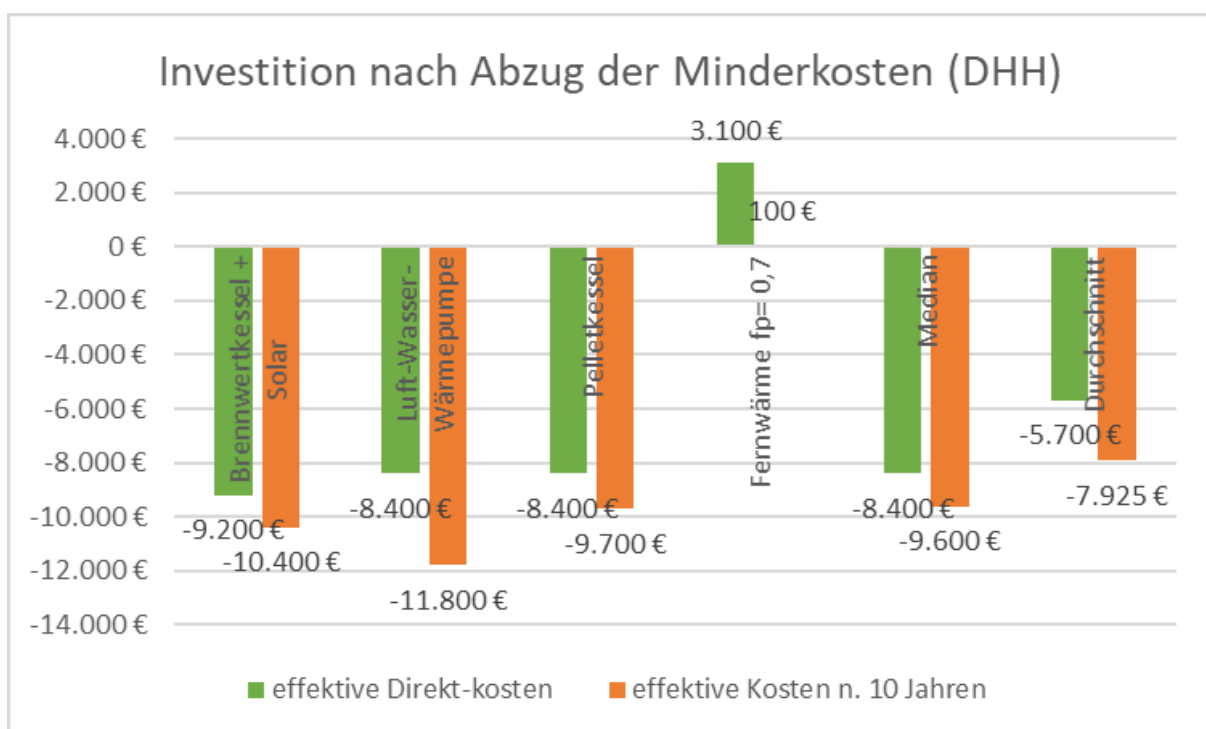


Abbildung 1: Untersuchung der Mehrkosten anhand des Modellgebäudes Doppelhaushälfte

Beim Modellgebäude Mehrfamilienhaus zeigte sich, dass die Vorteile durch den KfW-Kredit die Mehrkosten deutlich überwiegen. Es sind im Schnitt bei allen Mehrfamilienhaus-Varianten Kosteneinsparungen nach Abschluss der Baumaßnahmen von 15.000 € zu erwarten.

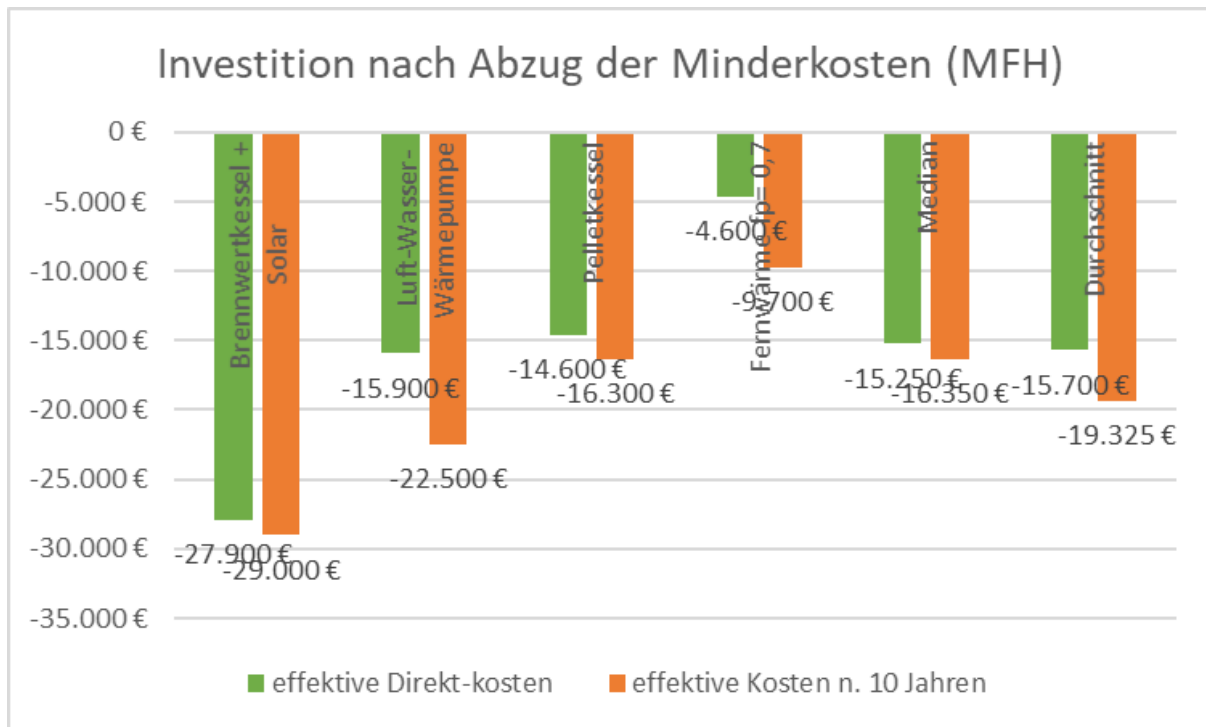


Abbildung 2: Untersuchung der Mehrkosten anhand des Modellgebäudes Mehrfamilienhaus

Die Ergebnisse der Kurzstudie zeigen, dass es in nahezu allen Fällen sinnvoll ist ein KfW-Effizienzhaus-Niveau anzustreben. Die derzeitigen Fördermittel reichen aus, um die erforderlichen Mehrkosten abzudecken und darüber hinaus weniger für die Errichtung zu bezahlen als für ein Gebäude, welches lediglich nach gesetzlichen Anforderungen errichtet wird.

Um die Kosten für effiziente Gebäudetechnik möglichst gering zu halten, wird empfohlen Neubaugebiete mit einer zentralen und möglichst regenerativen Wärmeversorgung auszustatten. So kann ein KfW-Effizienzhaus kostengünstig für alle Bauherren ermöglicht werden und damit besonders effektiv zu einem möglichst klimaneutralen Gebäudebestand beitragen.

Da die geförderten Kredite bei der KfW auf 120.000 € pro Wohneinheit begrenzt werden und auf einen Großteil der Baukosten angewendet werden können, lohnt sich die Errichtung von KfW-Effizienzhäusern besonders bei Mehrfamilienhäusern. Vor diesem Hintergrund wäre es zumutbar den Mindeststandard für Wohngebäude mit mehr als 3 Wohneinheiten auf das Niveau eines KfW-Effizienzhaus-40 vorzugeben. Hierdurch wären der Einsatz von fossilen Brennstoffen nur noch in begrenztem Maße möglich, was ebenfalls zu einer Verbesserung der Klimabilanz führt.

Zwar beruhen die wirtschaftlichen Vorteile vor allem auf den Zuschüssen der KfW-Bank, dennoch wird empfohlen, dass die Stadt Tecklenburg für Neubauten in den Grundstückskaufverträgen oder der Bauleitplanung festhält, alle Gebäude mindestens als KfW-Effizienzhaus 55 zu errichten und darüber hinaus Mehrfamilienhäuser mit mehr als 3 Wohneinheiten als KfW-Effizienzhaus 40.

Die Erfahrung bei anderen Kommunen hat zudem gezeigt, dass die Vorgabe von erhöhten Effizienzstandards stets eine Ausnahmeklausel gegenüber einem Nachweis der Wirtschaftlichkeit beinhalten sollte. Auf diese Weise haben Bauherren die Möglichkeit den Effizienzhausstandard zu umgehen, wenn sie nachweisen können, dass dies nicht wirtschaftlich darstellbar ist. Aktuell wird dies unter Berücksichtigung der staatlichen Förderung kaum möglich sein, dies kann sich jedoch ändern. Für diesen Fall muss die Stadt Tecklenburg die anzusetzenden Wirtschaftlichkeitsparameter klar definieren. Vorlagen hierfür finden sich beispielsweise bei der Stadt Frankfurt am Main. Diese veröffentlicht im Zusammenhang mit den städtischen „Leitlinien zum Wirtschaftlichen Bauen“ ein kostenloses, auf Excel basierendes Berechnungstool, welches eine Vollkostenrechnung beinhaltet und darüber hinaus einen anzusetzenden CO₂-Preis für fossile Energieträger vorgibt. [1] Ein derartiges Vorgehen wird auch in den „Richtlinien und Planungsanweisungen zum energieeffizienten, wirtschaftlichen und nachhaltigen Bauen“ des Deutschen Städtetags empfohlen. [2]

2 Einführung

2.1 Aufgabenstellung

Die Öko-Zentrum NRW GmbH wurde am 20.05.2020 von der Stadt Tecklenburg beauftragt eine Kurzstudie zu erstellen um die Mehrkosten eines Energiestandards, der dem eines KfW-Effizienzgebäudes-55 entspricht, gegenüber den gesetzlichen Anforderungen an einen Neubau zu ermitteln. Die Untersuchung erfolgt anhand von drei vorgegebenen Gebäudetypen, einem freistehenden Einfamilienhaus, einer Doppelhaushälfte sowie einem Mehrfamilienhaus. Anlagentechnisch werden für jeden Gebäudetyp jeweils vier gängige anlagentechnische Möglichkeiten betrachtet.

2.2 Ziele der Untersuchung

Anhand der Studie werden die folgenden Fragestellungen beantwortet:

- a) Welcher zusätzliche bauliche Aufwand erforderlich ist, um einen bestimmten Effizienzstandard zu erreichen?
- b) Welche energetischen Mehrkosten entstehen zur Einhaltung der jeweiligen Standards?
- c) Wie verhält es sich mit den Mehrkosten, wenn die Energiekosteneinsparungen und Fördermittel für die Umsetzung berücksichtigt werden?

2.3 Untersuchungsmethode

Die vorliegende Untersuchung basiert auf einer energetischen Berechnung der verschiedenen Varianten nach dem von der Energieeinsparverordnung (EnEV) und der entsprechend gültigen DIN V 18599: 2011 – „Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarf für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwasser und Beleuchtung“ vorgesehenen verfahren. Die Bilanzierung erfolgt mit der Software „EVA Energieberaterin“ Version 20 SP 2d des Ingenieurbüros Leuchter aus Wuppertal.

In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass die Bilanzierung keine realistische Abbildung der zu erwartenden Energieverbrauchswerte darstellt, sondern ein auf von der EnEV vorgegebenen Randbedingungen basierendes Ergebnis darstellt, welches weder den Standort des Gebäudes noch das individuelle Nutzerverhalten abbildet. Auch werden, wie von der EnEV vorgesehen, bei den Ergebnissen der Wohngebäude lediglich die Primärenergiebedarfswerte für Heizung und Trinkwarmwasserbereitung sowie den dafür erforderlichen Hilfsstrom und den Strombedarf für die Lüftungsanlagen dargestellt. Der darüberhinausgehende Strombedarf für

Beleuchtung und Haushaltsstrom wird nicht berücksichtigt. Daher sind die, unter den genannten Randbedingungen ermittelten, Endenergiebedarfswerte und den daraus abgeleiteten Energiekosten nur bedingt aussagekräftig.

Die Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen und der Anforderungen an ein KfW-Effizienzhaus-55 kann in unterschiedlicher Weise erfolgen. Es werden daher unterschiedliche Wohngebäudetypen und Anlagenvarianten untersucht.

Zur Abbildung unterschiedlicher Wohngebäudetypen werden folgende Ansätze und Variablen untersucht:

2.3.1 Gebäudetyp: Einfamilienhaus, Doppelhaushälfte und Mehrfamilienhaus

Es wird ein Einfamilienhaus in den Varianten freistehendes Haus und Doppelhaushälfte sowie ein kleines freistehendes Mehrfamilienhaus mit 6 Wohneinheiten untersucht.

Eine detailliertere Beschreibung der Typologien findet sich in Kapitel 3.1 .

2.3.2 Anlagentechnik: Wärmeerzeugung

Die Anlagentechnik der zu untersuchenden Gebäudetypen unterscheidet sich im Bereich der Wärmeerzeugung in vier Ausführungen:

1. Gas-Brennwert-Kessel und Solarthermie,
2. Wärmepumpe
3. Pelletkessel
4. Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung mit fossilem Brennstoff

Für die Wärmeerzeuger bzw. die Fernwärmeübergabe wird angenommen, dass diese sich in einem unbeheizten Keller befindet. Die daraus resultierenden Wärmeverluste werden entsprechend nicht dem Gebäudemodell angerechnet.

2.3.3 Anlagentechnik: Wärme- und Warmwasserverteilung

Zur Wärmeverteilung dienen sowohl bei den Varianten nach gesetzlichem Standard als auch nach KfW-55-Standard Hocheffizienzpumpen. Die Verteilungen sind in allen Fällen nach gesetzlichem Mindeststandard gedämmt.

Für die horizontalen Verteilungen wird angenommen, dass diese unter der Kellerdecke verläuft und sich entsprechen in einem unbeheizten Keller befindet. Die daraus resultierenden Wärmeverluste werden entsprechend nicht dem Gebäudemodell angerechnet. Steig- und Sticleitungen befinden sich entsprechend innerhalb der thermischen Hüllfläche.

Für die Warmwasserverteilung im Modell „Mehrfamilienhaus“ wird zudem eine Zirkulation vorgesehen.

2.3.4 Anlagentechnik: Wärmespeicherung

Für alle Varianten wurde sowohl ein Puffer als auch ein Warmwasserspeicher entsprechend der nach Norm vorgesehenen Größe angesetzt. Lediglich bei den Varianten, die Fernwärme als Wärmequelle vorsehen, wird kein Pufferspeicher vorgehalten.

Für alle Wärmespeicher wird angenommen, dass diese sich in einem unbeheizten Keller befinden. Die daraus resultierenden Wärmeverluste werden entsprechend nicht dem Gebäudemodell angerechnet.

2.3.5 Anlagentechnik: Wärmeübergabe

Die Wärmeübergabe unterscheidet sich anhand der betrachteten Wärmeerzeugung. Alle Gebäude mit Wärmepumpe sehen ein Flächenheizsystem (Fußbodenheizung) vor, wohingegen alle anderen Anlagentypen Radiatoren zur Wärmeübertragung vorsehen. Entsprechend unterscheiden sich die Vor- und Rücklauftemperaturen. Flächenheizungen arbeiten auf dem Temperaturniveau 35/28 während für die Radiatoren ein Niveau von 55/45 vorgesehen ist.

Ein einfacher hydraulischer Abgleich nach Verfahren A ist für alle Varianten vorgesehen.

2.3.6 Belüftung

Sofern die Einhaltung der gesetzlichen Rahmenbedingungen bzw. der KfW-Anforderungen an den Primärenergiebedarf es zulassen, wird eine natürliche Lüftung über Fenster vorgesehen.

2.3.7 Thermische Qualität der Gebäudehülle

Die thermische Qualität der Bauteile der einzelnen Varianten wird in vier energetische Niveaus (von D bis A) entsprechend des Modellgebäudeverfahrens nach GEG unterteilt. Eine Übersicht der energetischen Stufen stellt Tabelle 5 dar.

2.3.8 Energetischer Standard: EnEV und KfW-Effizienzniveau

Untersucht werden neben den durch die EnEV bestehenden öffentlich-rechtlichen Mindestanforderungen an Neubauten, die Anforderungen an die energetischen Standards von KfW-Effizienzhäusern in den Programmen KfW-Effizienzhaus 55 untersucht.

Eine Betrachtung des sommerlichen Wärmeschutz, sowie der Einhaltung des EEWärmeG erfolgt nicht bzw. nur bedingt.

2.4 Übertragbarkeit der Ergebnisse

Die EnEV stellt zwei unterschiedliche Anforderungen an Wohngebäude: eine Begrenzung des Primärenergiebedarfs (Q_P) und eine Begrenzung des spezifischen auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlust (H_T). Die Obergrenze für den Primärenergiebedarf für Neubauten wird durch den 0,75-fachen Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes definiert. Als Obergrenze für den Transmissionswärmeverlust H_T ist sowohl der Transmissionswärmeverlust des Referenzgebäudes als auch ein in Tabelle 2, Anlage 1 der EnEV definierter, absoluter Höchstwert nicht zu überschreiten.

Der Primärenergiebedarf ergibt sich aus den Transmissionswärmeverlusten über die Gebäudehülle (abhängig von der Kubatur und der Qualität der Bauteile, u.a. dem Fensterflächenanteil) sowie den Lüftungswärmeverlusten (überwiegend abhängig vom Volumen, Gebäudedichtheit und Art der Lüftung), solaren Einträgen, der Anlagentechnik und dem Energieträger. Sofern sich einer dieser Aspekte von den in dieser Studie untersuchten Gebäuden unterscheidet, sind die Ergebnisse nicht mehr direkt übertragbar.

Da die Primärenergie-Anforderung der EnEV anhand eines Referenzgebäudes ermittelt wird und dieses in der Kubatur und dem Fensterflächenanteil dem realen Gebäude entspricht (nicht jedoch in der Qualität der Bauteile und der Anlagentechnik), sind die Qualitäten zur Einhaltung der Primärenergieanforderungen zumindest begrenzt auf abweichende Wohngebäude übertragbar.

Tabelle 1: Einflüsse und Übertragbarkeit der Anforderungen an Wohngebäude

Anforderung	Einflüsse	Übertragbarkeit
<p>Anforderung an max. Primärenergiebedarf Q_P</p> <p>Ermittelt über Referenzgebäude</p>	<p>Einfluss auf Primärenergiebedarf hat: Kubatur, Flächenanteile und Qualität der Bauteile, solare Einträge (Fensterflächenanteil), Volumen und Luftwechsel, Gebäudedichtheit, Anlagentechnik und Energieträger (Primärenergiefaktor)</p>	<p>Begrenzt auf abweichende Gebäude übertragbar, da nur Kubatur, Flächenanteile der Bauteile und Volumen vom realen Gebäude im Referenzgebäude übernommen werden.</p> <p><u>Jedoch: Je kleiner der Primärenergiefaktor, desto geringer die Einflüsse der weiteren Faktoren auf den Primärenergiebedarf</u></p>
<p>Anforderung an Gebäudehülle max. H_T</p> <ol style="list-style-type: none"> Ermittelt über Referenzgebäude sowie (noch) Absolutwert aus EnEV 	<p>Einfluss auf H_T hat: Flächenanteile und Qualität der Bauteile (insbesondere Fensterflächenanteil), Wärmebrückenzuschlag</p>	<p>Gut auf abweichende Gebäude übertragbar, da sich die Nebenanforderung H_T mit dem Referenzgebäude ändert und somit die einzuhaltenden Anforderungen lediglich vom Dämmstandard abhängen. Der noch gültige Absolutwert der EnEV fällt ab 1.11.2020 mit Einführung des GEG fällt weg.</p>

Die zweite Anforderung, die Begrenzung des Transmissionswärmeverlustes, ergibt sich über den flächengewichteten Mittelwert der U-Werte der Bauteile. Sofern sich die Flächenanteile von Bauteilen unterschiedlicher Qualität ändern (insbesondere der Fensterflächenanteil) sind die Ergebnisse nichtmehr oder nur sehr begrenzt auf abweichende Wohngebäude übertragbar. Hintergrund ist, dass in der EnEV für die Anforderung H_T auch ein, vom Referenzgebäude unabhängige, absolute Anforderung definiert ist.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie lassen sich nur begrenzt auf Gebäude mit von den untersuchten Modelgebäuden abweichendem Volumen und/oder abweichender Kubatur übertragen. Die an diesen Beispielen ermittelten Mehrkosten, welche sich aus der Gebäudegröße und den Bauteilflächen ableiten, sind daher als Richtwert zu sehen. Insbesondere für große Einfamilienhäuser werden die Kosten steigen wohingegen die Fördersumme nahezu gleichbleibt.

Die Einordnung der Gebäude in die energetischen Standards EnEV und KfW-Effizienzhaus 55 erfolgt überwiegend anhand des Primärenergiebedarfs. Hierbei spielt die Art der Wärmeversorgung eine entscheidende Rolle. Hinsichtlich der Ausgestaltung der Anlagentechnik wurde daher einen konservativen Ansatz verfolgt, sodass die betrachteten Varianten prinzipiell einen relativ ungünstigen Fall darstellen und eine breite Masse an Gebäuden abdecken. Hieraus lässt sich das Erreichen des KfW Niveaus und die im schlimmsten Falle erforderlichen Maßnahmen gut bestimmen.

Die Qualität der Gebäudehülle (energetische Niveaus D bis A) ist variabel und daher ebenfalls nur sehr begrenzt übertragbar.

Die dargestellten Absolutwerte des Energiebedarfs ($Q_{Wärme}$ und Q_{Strom}) ebenso die daraus abgeleiteten Energiekosten können sich daher stark von anderen Gebäuden unterscheiden.

Des Weiteren wurde der von der KfW zugelassene Nachweis für KfW-Effizienzhäuser 55 nach Referenzbauteilverfahren nicht näher untersucht. Die hier aufgeführten Anforderungen sind jedoch überwiegend geringer als zur Erreichung des rechnerischen Niveaus erforderlich waren.

Grundsätzlich gilt: Obwohl die Berechnungen auf Grundlage der Energieeinsparverordnung durchgeführt wurde und diese ab dem 01.11.2020 durch das Gebäudeenergiegesetz abgelöst wird, behalten die Ergebnisse ihre Gültigkeit. Hinsichtlich der gesetzlichen Anforderungen stellen sich nur marginale Änderungen ein, die weiterhin auf Grundlage der neuen Berechnungsmethodik erfüllt werden.

3 Grundlagen

In der vorliegenden Studie werden drei verschiedene Gebäudetypen mit Untervarianten hinsichtlich der Erfüllung vorgegebener Energieeffizienzstandards untersucht. Dabei werden jeweils Varianten hinsichtlich der thermischen Qualität der Gebäudehülle sowie der anlagentechnischen Ausgestaltung zur Ermittlung des Primärenergiefaktors betrachtet.

3.1 Gebäudetypen

Als Gebäudetypen wurden fiktive Gebäudemodelle aus einer Studie des ZUB-Kassel zur Entwicklung von Gebäudetypologien herangezogen. [3] Die Festlegung der Randbedingungen erfolgte durch das Öko-Zentrum NRW, wie in Kapitel 2.3 beschrieben. Randbedingungen hinsichtlich Nutzerverhalten und Klimatischer Bedingungen entsprechen den gesetzlichen Vorgaben der EnEV. Angaben zu den unterschiedlichen Wärmeschutzvarianten können der Tabelle 5 entnommen werden.

In den folgenden Abschnitten sind die Gebäudetypen mit einer Auflistung der angenommenen thermischen Hüllfläche entsprechend Modellgebäuden der „Forschungsinitiative Zukunft Bau“ dargestellt.

3.1.1 Freistehendes Einfamilienhaus

Der Gebäudetyp eines freistehenden Einfamilienhauses basiert auf den in der Studie angegebenen Werten zum „EFH_klein“ sowie der Annahme, dass der Keller unbeheizt ist.

Tabelle 2 zeigt eine Übersicht über die angenommene thermische Hüllfläche:

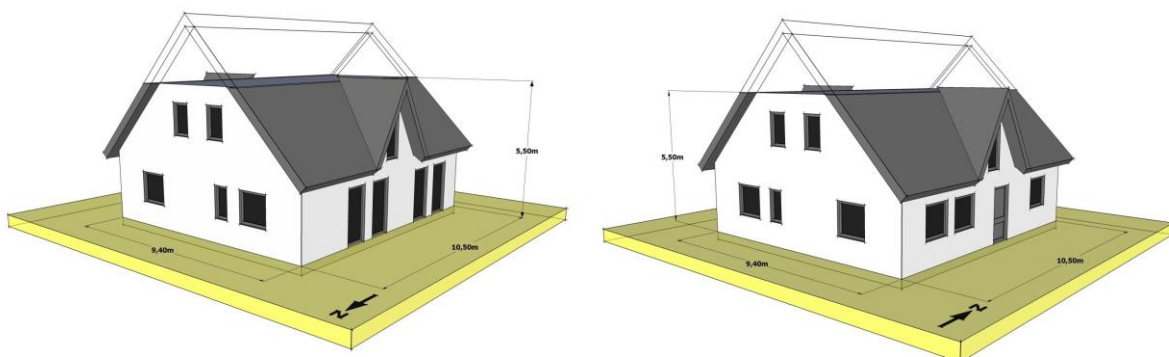


Abbildung 3: Ansichten des Modellgebäudes EFH (links: Nord-West; rechts: Süd-Ost) [3]

Tabelle 2: Kubatur des Modellgebäudes Einfamilienhaus (EFH)

Name	Fläche	Orientierung
Außenwand Nord	34,30 m ²	Nord
Fenster EG	5,70 m ²	
Außenwand Ost	28,10 m ²	Ost
Außentür Ost	2,10 m ²	
Fenster Ost	5,80 m ²	
Außenwand Süd	34,70 m ²	Süd
Fenster EG	5,30 m ²	
Außenwand West	26,30 m ²	West
Fenster West	9,70 m ²	
Dachfläche Ost	38,50 m ²	
Dachfläche West	38,50 m ²	
Oberste Geschossdecke	41,00 m ²	
Bodenplatte	188,00 m ²	

Das Gebäude wird mit einem Brutto-Volumen von 465,00 m³ angenommen. Hieraus ergibt sich die Energiebezugsfläche nach EnEV $A_N = 148,80 \text{ m}^2$.

3.1.2 Doppelhaushälfte

Der Gebäudetyp der Doppelhaushälfte basiert auf den in der Studie angegebenen Werten zum „DHH_nord“ sowie der Annahme, dass der Keller unbeheizt ist. Tabelle 3 zeigt eine Übersicht über die angenommene thermische Hüllfläche:

Tabelle 3: Flächenansätze, Doppelhaushälfte

Name	Fläche	Orientierung
Außenwand Nord	61,40 m ²	Nord
Außenwand West	20,80 m ²	West
Fenster West	9,20 m ²	
Außenwand Ost	23,90 m ²	Ost
Außentür Ost	2,10 m ²	
Fenster Ost	4,00 m ²	
Bodenplatte	85,50 m ²	
oberste Geschossdecke	45,00 m ²	
Dach West	25,50 m ²	West
Dachfenster West	2,00 m ²	
Dach Ost	26,80 m ²	Ost
Dachfenster Ost	0,70 m ²	

Das Gebäude wird, entsprechend den anderen Varianten des Einfamilienhauses mit einem Brutto-Volumen von 517,0 m³ und einem Netto-Volumen von 392,9 m³ angenommen.

Die Energiebezugsfläche nach EnEV beträgt ebenfalls A_N= 165,44 m².

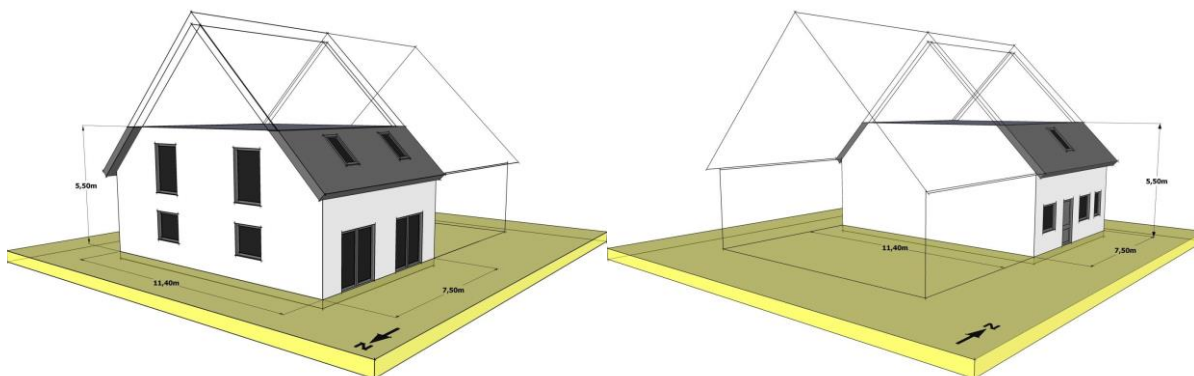


Abbildung 4: Ansichten des Modellgebäudes DHH (links: Nord-West; rechts: Süd-Ost) [3]

3.1.3 Mehrfamilienhaus

Der Gebäudetyp der Doppelhaushälfte basiert auf den in der Studie angegebenen Werten zum „MFH_klein“ mit 6 Wohneinheiten sowie der Annahme, dass der Keller unbeheizt ist. Das Mehrfamilienhaus hat ein Flachdach und ist umgeben von zwei weiteren Mehrfamilienhäusern gleicher Größe. Tabelle 4 zeigt eine Übersicht über die angenommene thermische Hüllfläche:

Tabelle 4: Flächenansätze, Mehrfamilienhaus

Name	Fläche	Orientierung
Außenwand Nord	302,64 m ²	Nord
Fenster Nord	34,13 m ²	
Verglasung Treppenhaus	21,02 m ²	
Außenwand West	143,59 m ²	West
Fenster West	31,40 m ²	
Außenwand Ost	143,59 m ²	Ost
Fenster Ost	31,40 m ²	
Kellerdecke	312,50 m ²	
Außenwand Süd	182,94 m ²	Süd
Fenster Süd	172,58 m ²	
Eingangstür	2,27 m ²	
Dachterrasse	109,20 m ²	
Flachdach	203,30 m ²	

Brutto-Volumen von 1.480 m³ und einem Netto-Luft-Volumen von 1.124,80 m³ angenommen.
Die Energiebezugsfläche nach EnEV beträgt A_N= 473,60 m².

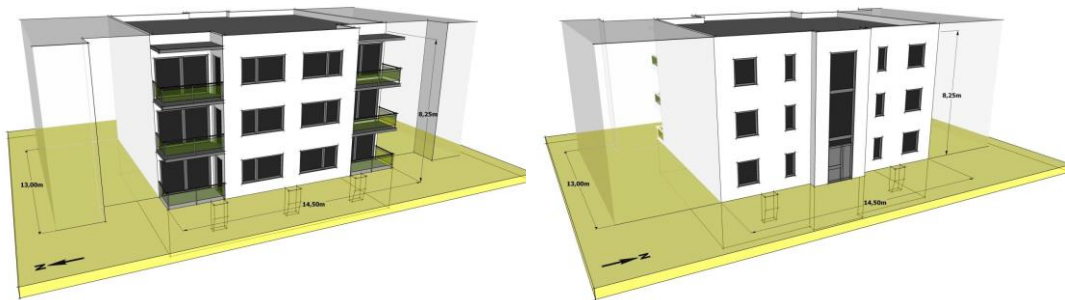


Abbildung 5: Ansichten des Modellgebäudes MFH (links: Nord-West; rechts: Süd-Ost) [3]

3.2 Energetische Standards

Insgesamt werden zwei Effizienzstandards verglichen.

Dabei werden die Anforderungen der EnEV für Neubauten sowie die erforderliche energetische Qualität für das Förderprogramm der KfW für Wohngebäude als Ziele gesetzt.

1. Erfüllung Mindestanforderungen der EnEV Neubau entsprechend EnEV 2014 mit Verschärfung von 2016 (dies entspricht nahezu auch den künftigen Anforderungen des Gebäudeenergiegesetzes)
2. Energetische Standards für ein KfW-Effizienzhaus 55 (Programm 153, Neubau)

3.3 Wärmeschutz der Gebäudehülle

Für die Qualität der Gebäudehülle werden insgesamt 4 Niveaus für die einzelnen Gebäudety-
pen angesetzt. Die Varianten A bis D in Anlehnung an das Modellgebäudeverfahren nach An-
lage 5 des Gesetzes zur Vereinheitlichung des Energieeinsparrechtes für Gebäude (Gebäu-
deenergiegesetz – GEG) vom 08.08.2020.[4] Zu Informativen Zwecken werden in Tabelle 5
auch die Höchstdämmwerte gemäß dem KfW-Programm 153 für das Referenzgebäudever-
fahren angegeben. Diese entsprechen überwiegend den Anforderungen der Kategorie B.

Tabelle 5: Dämmvarianten gemäß Anlage 5 GEG

	Bauteil	Eigenschaft	Wärmeschutz-Varianten				
			KfW55 Referenz	A	B	C	D
1	Außenwände, Geschossdecke nach unten gegen Außenluft	Höchstwert des Wärme-durch-gangs-koeffi-zienten U [W/(m²K)]	0,2	0,15	0,19	0,23	0,28
2	Außenwände gegen Erdreich, Bodenplatte, Wände und Decken nach unten zu unbeheizten Räumen		0,25	0,20	0,26	0,29	0,35
3	Dach, oberste Geschossdecke, Wände zu Abseiten		0,14	0,11	0,14	0,16	0,20
4	Fenster, Fenstertüren		0,90	0,90	0,95	1,1	1,3
5	Dachflächenfenster		1,00	1,40	1,4	1,4	1,4
6	Außentüren		1,2	1,8	1,8	1,8	1,8

3.4 Anlagentechnik

Die wesentliche Kenndaten der Anlagentechnik werden bereits in Kapitel 2.3 zur Untersuchungsmethodik (Anlagentechnik) zu den einzelnen Gebäudetypen beschrieben. Die Anlagentechnik unterscheidet sich im Allgemeinen bezüglich der Wärmeerzeugung und in Abhängigkeit zum Erzeuger auch in der Art der Wärmeübergabe (Heizkörper oder Fußbodenheizung) bzw. der Vorhaltung eines Pufferspeichers.

Die zusätzlich erforderlichen Maßnahmen zur Erreichung der jeweiligen Niveaus (EnEV bzw. KfW55) mit gesonderter Anlagentechnik, wie beispielsweise einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung wird in den Unterkapiteln von Kapitel 4 dargestellt und ist mitunter von der vorgesehenen Dämmqualität abhängig.

3.5 Kostenansätze

3.5.1 Dämmung

Für den Vergleich der Kosten der verschiedenen Wärmeschutzvarianten werden die Kosten je m² Bauteil abgeschätzt und mit den Flächenberechnungen der Varianten aufsummiert.

Als Grundlage dient jeweils die Wärmeschutzvariante D. Diese entspricht in den überwiegenden Fällen dem energetischen Mindestniveau der zu untersuchenden Neubauten.

In den Fällen A, B und C werden die Kosten für die zusätzlich erforderliche Dämmstärke zum Erreichen des jeweiligen U-Wertes je Wärmeschutzstandard und Bauteil ermittelt.

Die angenommenen Kosten basieren überwiegend auf Kostenangaben der SIRADOS Baudatenbank für Hochbau. [5] Dabei werden unterschiedliche System verglichen und durchschnittliche Kennwerte für einen mittleren Standard¹ z.B. je cm Dämmung gebildet. Auf der Grundlage einer Ermittlung der erforderlichen Mehrdämmstärke werden so die zusätzlichen Kosten für die verschiedenen Wärmeschutzstandards der jeweiligen Bauteile ermittelt. Die Kostenansätze beziehen sich jeweils auf das 2. Quartal 2019 und sind Brutto-Angaben (inkl. MwSt.).

Darüber hinaus wurden auch für einige Kostenansätze die BKI-Baupreise 2017 [6] sowie eigene Erfahrungswerte und Angaben aus einer Internet-Recherche herangezogen. Dies betrifft die Kostenansätze für die Lüftungsanlagen, Kosten für einen hydraulischen Abgleich des Heizsystems, Kosten für eine Luftdichtheitsmessung, Kosten für Wärmebrückenberechnungen sowie die Kosten für eine erforderliche Baubegleitung durch einen Energie-Effizienz-Experten bei Inanspruchnahme der KfW-Programme.

In der nachfolgenden Tabelle 6 sind die Mehr- bzw. Minderkosten je m² Bauteil für die einzelnen Wärmeschutzvarianten dargestellt.

In der nachfolgenden Tabelle 7 sind die Mehr- und Minderkosten für zusätzliche Maßnahmen wie z.B. die Lüftungsanlagen, die Luftdichtheitsmessungen oder einen hydraulischen Abgleich dargestellt. Diese Kosten sind pauschal je Gebäude angegeben.

¹ Als mittlerer Standard wird z.B. Mineralwolldämmung für Dächer, Wärmedämmverbundsystem für Außendämmungen oder XPS für Perimeterdämmungen angesehen.

Tabelle 6: Kosten für Mehrdämmstärken gegenüber der Wärmeschutzvariante D

Zirka-Kosten für zusätzliche Dämmstärke gegenüber Wärmeschutz-Variante D je m² Bauteil				
KfW-Referenz	A	B	C	D
Kosten für zusätzliche Dämmstärke an den Außenwänden (WDVS, Mineralwolle WLG 035)				
10,68 €	19,58 €	10,68 €	5,34 €	Bezug
Kosten für zusätzliche Dämmstärke an Außenwänden gegen Erdreich (XPS WLG 035)				
6,72 €	17,92 €	6,72 €	4,48 €	Bezug
Kosten für zusätzliche Dämmstärke unter Kellerdecke (Mineralwolle WLG 035)				
5,76 €	15,36 €	5,76 €	3,84 €	Bezug
Kosten für zusätzliche Dämmstärke auf Bodenplatte (EPS WLG 035)				
8,96 €	17,92 €	8,96 €	4,48 €	Bezug
Kosten für zusätzliche Dämmstärke der obersten Geschossdecke (Mineralwolle WLG 035)				
13,44 €	26,88 €	13,44 €	7,68 €	Bezug
Kosten für zusätzliche Dämmstärke bei Flachdächern (Mineralwolle WLG 035)				
16,24 €	28,42 €	16,24 €	8,12 €	Bezug
Kosten für zusätzliche Dämmstärke bei Steildächern Aufdachdämmung (Mineralwolle WLG 035)				
18,25 €	31,93 €	18,25 €	9,12 €	Bezug
Kosten für höheren Wärmeschutzstandard (niedrigeren U _w -Wert) bei Kunststofffenstern				
184,48 €	184,48 €	125,07 €	19,39 €	Bezug
Kosten für höheren Wärmeschutzstandard (niedrigeren U _w -Wert) bei Dachfenstern				
509,74 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	Bezug
Kosten für höheren Wärmeschutzstandard bei Außentüren				
457,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	Bezug

Tabelle 7: Kosten für zusätzliche Maßnahmen gegenüber der EnEV-Variante nach Gebäudetyp

Mehrkosten Anlagentechnik und Begleitmaßnahmen	EFH (frei-stehend)	EFH (DHH)	MFH (6 WE)
Lüftung dezentral (natürliche Lüftung --> Abluft o. WRG)	4.000 €	4.000 €	12.000 €
Lüftung (wohnungs-)zentral (natürliche Lüftung --> Zu- u. Abluft mit min. 80% WRG)	11.000 €	12.000 €	27.000 €
Wärmebrückennachweis (0,05 W/m ² K --> 0,035 W/m ² K)	1.000 €	1.250 €	1.750 €
Luftdichtheitstest (nein --> ja)	800 €	800 €	3.000 €
Hydraulischer Abgleich (Verfahren A --> Verfahren B)	1.200 €	1.200 €	2.000 €
KfW-Baubegleitung Einfamilienhaus (keine --> KfW)	2.500 €	2.500 €	3.000 €

3.5.2 Anlagentechnik

Um die Wahlfreiheit für verschiedene Anlagentechniken offen zu gestalten, werden diese jeweils mit einer identischen Wärmeerzeugertechnik verglichen. In diesem Zusammenhang müssen keine Mehrkosten ermittelt werden. Die Realisierung einer Fernwärmeübergabestation ist allerdings deutlich günstiger als beispielsweise die Realisierung eines Pelletkessels mit den dafür zusätzlich erforderlichen Komponenten. Die dargestellten Anlagenvarianten sind allerdings alle üblich und bereits notwendig für die Realisierung eines Gebäudes nach gesetzlichem Standard. Den Bauherren bleibt also die Wahl offen für welches Wärmeerzeugersystem sie sich entscheiden und welche Kosten hieraus resultieren. Durch den besseren Dämmstandard der KfW-Effizienzhäuser-55 wird zudem eine geringere Wärmeleistung benötigt, weshalb prinzipiell sogar von einer Kostensenkung ausgegangen werden kann. Um die Ergebnisse möglichst konservativ zu bewerten, wird ein solcher Ansatz jedoch nicht getroffen.

3.5.3 Energiekosten

Die Energiekosten werden aus den ermittelten Endenergiebedarfen (brennwertbezogen) für Wärmebereitstellung mit dem jeweiligen Energieträger und Hilfsstrom ermittelt. Hierzu werden sie entsprechend der nachstehenden Tabelle 8 mit den spezifischen Kosten je Energieträger multipliziert und über 10 Jahre aufsummiert. Es wird davon ausgegangen, dass über diesen Zeitraum keine Energiekostensteigerung stattfindet bzw. diese durch Inflationseffekte aufgehoben werden. Wie bei allen angegebenen Kosten handelt es sich um Bruttowerte inkl. der gesetzlichen Mehrwertsteuer von 19%. Der ab 2021 einzuführende CO₂-Preis gemäß Bundesemissionshandelsgesetz ist ebenfalls nicht berücksichtigt, würde allerdings zu einem deutlichen Anstieg der Energiekosteneinsparungen führen.

Tabelle 8: Kostenansatz für spezifische Energiekosten je Energieträger

Energieträger	spezifische Kosten [€/kWh]
Erdgas	0,06
Holzpellets	0,05
Fernwärme	0,07
Wärmepumpenstrom	0,22
Strom (Hilfsstrom)	0,28

3.5.4 Zinsen

Für die Berechnung des zinswerten Vorteils wird von folgenden Grundannahmen ausgegangen:

- Zins der Hausbank: 0,85 %
- Zins durch KfW-Kredit: 0,75%
- Kreditlaufzeit und Zinsbindung: 10 Jahre
- förderfähiges Kreditvolumen: 120.000 €
- Tilgung: 8%

Durch die Annahme einer hohen Tilgungsrate und einer geringen Zinsdifferenz werden die Einsparungen durch den zinswerten Vorteil möglichst geringgehalten. Für das Mehrfamilienhaus werden sie grundsätzlich vernachlässigt.

4 Ergebnisse Energiebedarfsberechnung

Im Folgenden werden, jeweils für die unterschiedlichen Gebäudetypen, in einer Matrix die bei einem bestimmten Heizsystem und bei einem zu erreichenden Wärmeschutzniveau mindestens erforderlichen Wärmeschutzvarianten dargestellt.

Zusätzlich wird zu dem jeweiligen erforderlichen Wärmeschutzniveau der Energiebedarf je Energieträger für die Nahwärme ($Q_{\text{Wärme}}$) und für den Strom (Q_{Strom}) in kWh pro Jahr angegeben. Durch die Multiplikation mit einem Energiepreis pro kWh können so die voraussichtlichen jährlichen Energiekosten grob abgeschätzt werden. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass der berechnete Bedarf unter EnEV-Randbedingungen ermittelt wurde (u.a. wird wie von der EnEV vorgesehen das Referenzklima Potsdam zugrunde gelegt). Entsprechend können die

Ergebnisse nur zur groben Einschätzung des voraussichtlichen Energieverbrauchs oder für einen groben Vergleich der Varianten herangezogen werden.

Für alle Varianten ergeben sich die folgenden gemeinsamen Schlussfolgerungen:

- Die Anforderungen an einen Neubau nach EnEV (oder einen höheren Energiestandard) können bei den Wohngebäuden nicht mit einer Wärmeversorgung ausschließlich über einen Gas-Brennwertkessel und einer thermischen Solaranlage zur Heizungsunterstützung erreicht werden. Es ist zusätzlich mindestens eine Lüftung mit Wärmerückgewinnung (oder eine zusätzliche Energieversorgung mit niedrigem Primärenergiefaktor) erforderlich.

Bei einer Versorgung mit Fernwärme aus mit fossilen Brennstoffen erzeugten Kraftwärmekopplungsanlagen (Primärenergiefaktor: $f_p = 0,7$ [-]) werden die Anforderungen an die Mindestanforderungen der EnEV bei allen Gebäuden nicht ohne zusätzliche Maßnahmen erreicht. Für die Einfamilienhäuser (freistehend und Doppelhaushälfte) muss mindestens der Wärmeschutzstandard „C“ umgesetzt werden oder ein Luftdichtheitstest erfolgen. Beim Mehrfamilienhaus reicht der niedrigste Wärmeschutzstandard „D“ gar nicht aus. Es ist sowohl der Wärmeschutzstandard „C“ und ein Luftdichtheitstest erforderlich, um die gesetzlichen Anforderungen zu erfüllen. Alternativ kann in allen Fällen auch eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung installiert werden. In diesem Fall wäre allerdings auch ein Luftdichtheitstest mit erhöhten Anforderungen obligatorisch.

Für das energetische Niveau eines KfW-Effizienzhaus 55 ist in allen Fällen mindestens das Wärmeschutzniveau „A“ erforderlich.

4.1 Berechnungsergebnis freistehendes Einfamilienhaus

Die nachstehende Tabelle 9 zeigt die Ergebnisse der einzelnen Varianten für den Gebäudetyp freistehendes Einfamilienhaus. An den Ergebnissen ist folgendes zu erkennen:

Bei einer Wärmeversorgung über einen Gas-Brennwertkessel:

- Das „EnEV-Neubau“-Niveau kann durch den zusätzlichen Einsatz einer bedarfsgeführten Zu- und Abluftanlage (Wärmerückgewinnungsgrad $> 80\%$) bei einem Wärmeschutzniveau „D“ erreicht werden. Dabei ist eine thermische Solaranlage mit einer Brutkollektorfläche von min. 7 m^2 (bei Flachkollektoren) erforderlich. Zusätzlich wird eine 20 m^2 große Photovoltaikanlage benötigt.
- Die oben beschriebenen Anforderungen bleiben auch für das KfW-Effizienzhaus 55 weiter erforderlich. Zusätzlich muss das Gebäude nach dem Dämmstandard „A“ gedämmt werden.

Bei einer Wärmeversorgung mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe:

- Es sind keine zusätzlichen Maßnahmen zur Einhaltung der gesetzlichen Maßnahmen erforderlich.
- Zur Einhaltung eines KfW-55-Niveaus muss lediglich der Dämmstandard „A“ umgesetzt werden.

Bei einer Wärmeversorgung mit einem Pelletkessel:

- Ein Pelletkessel senkt den Primärenergiebedarf erheblich, obwohl er grundsätzlich ineffizienter arbeitet als die anderen Wärmeerzeuger. Er kann sowohl für die Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen als auch für die Realisierung eines KfW-Effizienzhausniveaus genutzt werden.

Bei einer Wärmeversorgung über Fernwärme:

- Neben den Auflagen der EnEV müssen für die Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen zusätzlich die Bedingungen des EEWärmeG eingehalten werden. Diese verlangen einen Mindestanteil an Erneuerbaren Energien, die ggf. für die Fernwärme nachgewiesen werden können. Alternativ sind für die Fernwärmeversorgung noch weitere Erneuerbare Wärmeerzeuger oder ein erhöhter Dämmstandard vorzusehen.

Tabelle 9: Erforderliche Maßnahmen für ein freistehendes Einfamilienhaus nach gesetzlichen Vorgaben

EFH freistehend	Mindestanforderungen EnEV (Qp < 75%)				
	Dämmstandard	Wärmebrückenbeiwert	Lüftung	Luftdichtheitstest	Hydr. Abgleich
Brennwertkessel + Solar + 20 m ² PV	D	0,050	Zu- und Abluftanlage mit 80% WRG	ja	ja, Verfahren A
Luft-Wasser-Wärmepumpe	D	0,050	natürliche Lüftung über Fenster	nein	ja, Verfahren A
Pelletkessel	D*	0,050	natürliche Lüftung über Fenster	nein	ja, Verfahren A
Fernwärme fp= 0,7	D	0,050	natürliche Lüftung über Fenster	ja	ja, Verfahren A

Tabelle 10: Erforderliche Maßnahmen für ein freistehendes Einfamilienhaus nach KfW-55-Niveau

EFH freistehend	KfW-Effizienzhaus 55				
	Dämmstandard	Wärmebrückenbeiwert	Lüftung	Luftdichtheitstest	Hydr. Abgleich
Brennwertkessel + Solar + 20 m ² PV	A	0,050	Zu- und Abluftanlage mit 80% WRG	ja	ja, Verfahren B
Luft-Wasser-Wärmepumpe	A	0,050	natürliche Lüftung über Fenster	ja	ja, Verfahren B
Pelletkessel	A	0,050	natürliche Lüftung über Fenster	ja	ja, Verfahren B
Fernwärme fp= 0,7	A	0,050	natürliche Lüftung über Fenster	ja	ja, Verfahren B

Aus der Modellierung ergeben sich die folgenden Ergebnisse.

Tabelle 11: Ermittelte Energiekennwerte für das freistehende Einfamilienhaus (A_N= 148,8 m²)

EFH freistehend	Dämmstandard	Endenergie Wärme [kWh/m ² a]	Hilfsstrom [kWh/m ² a]	Endenergie gesamt [kWh/m ² a]	Primärenergie Wärme [kWh/m ² a]	Primärenergie Hilfsstrom [kWh/m ² a]	Primärenergie gesamt [kWh/m ² a]
EnEV Gas BWK + Solar + PV	D	74,1	7,9	82,1	73,4	14,3 / - 9,8	78,0
KfW 55 Gas BWK + Solar + PV	A	54,7	7,7	62,3	54,2	13,8 / - 9,6	58,4
EnEV Pelletkessel	D	128,6	3,2	131,8	23,8	5,8	29,6
KfW 55 Pelletkessel	A	91,8	2,9	94,6	17,0	5,1	22,1
EnEV Wärmepumpe	D	37,1	1,3	38,4	66,8	2,3	69,1
KfW 55 Wärmepumpe	A	27,0	1,2	28,2	48,6	2,2	50,8
EnEV Fernwärme 0,7	D	116,9	0,5	117,4	81,9	0,9	82,7
KfW 55 Fernwärme 0,7	A	85,4	0,2	85,6	59,8	0,3	60,1

Aus den ermittelten Energiekennwerten ergeben sich die Energiekosten, welche in die nachstehend aufgeführten variablen Minderkosten eingeflossen sind. Diese sind den ermittelten Mehrkosten gegenübergestellt, die anhand der Kostenansätze aus Kapitel 3.5 ermittelt wurden.

Tabelle 12: Mehr- und Minderkosten für die Errichtung eines freistehendes Einfamilienhaus im KfW-55-Effizienzhausniveau

Mehrkosten nach Abzug der Minderkosten für verschiedene Varianten eines EFH freistehend					
	Mehr-kosten	Direkter Zuschuss und Teilschulderlass	Betriebskosten und Zinersparnis in den ersten 10 Jahren	effektive Direktkosten	effektive Kosten n. 10 Jahren
Brennwertkessel + Solar	17.500 €	20.750 €	900 €	-3.300 €	-4.200 €
Luft-Wasser-Wärmepumpe	18.300 €	20.750 €	4.000 €	-2.500 €	-6.500 €
Pelletkessel	18.300 €	20.750 €	1.400 €	-2.500 €	-3.900 €
Fernwärme fp= 0,7	17.500 €	20.750 €	4.100 €	-3.300 €	-7.400 €
Median	17.900 €	20.750 €	900 €	-2.900 €	-3.800 €
Durchschnitt	17.900 €	20.750 €	2.600 €	-2.900 €	-5.500 €

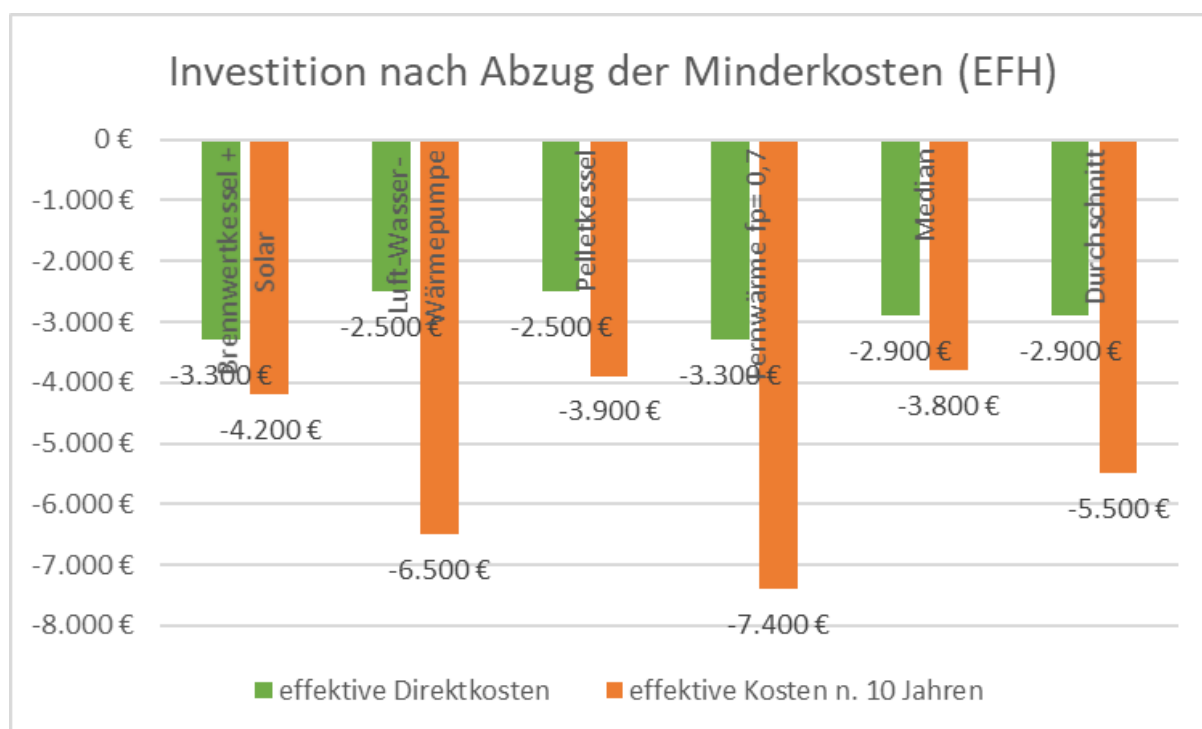


Abbildung 6: Investition nach Abzug der Minderkosten aus direkter Förderung und Energieeinsparung sowie geringerem Zinssatz in den ersten 10 Jahren

Die Ergebnisse zeigen, dass es in jedem Fall sinnvoll ist ein Gebäude nach dem KfW-Effizienzhaus-55-Niveau zu errichten. Der aktuelle Tilgungszuschuss von 15% auf die Gesamterrichtungskosten bis max. 120.000 € im Rahmen des Förderkredits 153 und der Zuschuss für die obligatorische Baubegleitung im Förderprogramm 431, welche nach Abschluss der Baumaßnahmen gewährt werden, decken die Mehrkosten in jedem Fall. Unter Berücksichtigung

des zinswerten Vorteils durch den KfW-Kredit 153 sowie den Energiekosteneinsparungen gegenüber einer vergleichbaren Anlagentechnik im EnEV-Standard, können zusätzliche Kosten in den nächsten 10 Jahren eingespart werden.

4.2 Berechnungsergebnis Doppelhaushälfte

Die Ergebnisse des Reihenendhauses sind den Ergebnissen des freistehenden Einfamilienhauses ähnlich und lassen sich folgenden zusammenfassen:

Bei einer Wärmeversorgung über einen Gas-Brennwertkessel:

- Das „EnEV-Neubau“-Niveau kann durch den zusätzlichen Einsatz einer bedarfsgeführten Zu- und Abluftanlage (Wärmerückgewinnungsgrad > 80%) bei einem Wärmeschutzniveau „D“ erreicht werden. Dabei ist eine thermische Solaranlage mit einer Bruttokollektorfläche von min. 11,3 m² (bei Flachkollektoren) erforderlich. Zusätzlich wird eine 20 m² große Photovoltaikanlage benötigt.
- Die oben beschriebenen Anforderungen bleiben auch für das KfW-Effizienzhaus 55 weiter erforderlich. Zusätzlich muss das Gebäude nach dem Dämmstandard „A“ gedämmt werden.

Bei einer Wärmeversorgung mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe:

- Es sind keine zusätzlichen Maßnahmen zur Einhaltung der gesetzlichen Maßnahmen erforderlich.
- Zur Einhaltung eines KfW-55-Niveaus muss lediglich der Dämmstandard „A“ umgesetzt werden.

Bei einer Wärmeversorgung mit einem Pelletkessel:

- Ein Pelletkessel senkt den Primärenergiebedarf erheblich, obwohl er grundsätzlich ineffizienter arbeitet als die anderen Wärmeerzeuger. Er kann sowohl für die Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen als auch für die Realisierung eines KfW-Effizienzhausniveaus genutzt werden.
- Zur Einhaltung des KfW-55-Niveaus wird zusätzlich der Dämmstandard „A“ benötigt.

Bei einer Wärmeversorgung über Fernwärme:

- Neben den Auflagen der EnEV müssen für die Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen zusätzlich die Bedingungen des EEWärmeG eingehalten werden. Diese verlangen einen Mindestanteil an Erneuerbaren Energien, die ggf. für die Fernwärme nachgewiesen werden können. Alternativ sind für die Fernwärmeversorgung noch weitere Erneuerbare Wärmeerzeuger oder ein erhöhter Dämmstandard vorzusehen.

Tabelle 13: Erforderliche Maßnahmen für eine Doppelhaushälfte nach gesetzlichen Vorgaben

DHH	Mindestanforderungen EnEV (Qp < 75%)				
	Dämmstandard	Wärmebrückenbeiwert	Lüftung	Luftdichtheitstest	Hydr. Abgleich
Brennwertkessel + Solar + 20 m ² PV	D	0,050	Zu- und Abluftanlage mit 80% WRG	ja	ja, Verfahren A
Luft-Wasser-Wärmepumpe	D	0,050	natürliche Lüftung über Fenster	nein	ja, Verfahren A
Pelletkessel	D	0,050	natürliche Lüftung über Fenster	nein	ja, Verfahren A
Fernwärme fp= 0,7	C	0,050	natürliche Lüftung über Fenster	nein	ja, Verfahren A

Tabelle 14: Erforderliche Maßnahmen für die Doppelhaushälfte nach KfW-55-Niveau

DHH	KfW-Effizienzhaus 55				
	Dämmstandard	Wärmebrückenbeiwert	Lüftung	Luftdichtheitstest	Hydr. Abgleich
Brennwertkessel + Solar + 20 m ² PV	A	0,050	Zu- und Abluftanlage mit 80% WRG	ja	ja, Verfahren B
Luft-Wasser-Wärmepumpe	A	0,050	natürliche Lüftung über Fenster	ja	ja, Verfahren B
Pelletkessel	A	0,050	natürliche Lüftung über Fenster	ja	ja, Verfahren B
Fernwärme fp= 0,7	A	0,035	Zu- und Abluftanlage mit 80% WRG	ja	ja, Verfahren B

Aus der Modellierung ergeben sich die folgenden Ergebnisse.

Tabelle 15: Ermittelte Energiekennwerte für deine Doppelhaushälfte (A_N= 165,44 m²)

DHH	Dämmstandard	Endenergie Wärme [kWh/m ² a]	Hilfsstrom [kWh/m ² a]	Endenergie gesamt [kWh/m ² a]	Primärenergie Wärme [kWh/m ² a]	Primärenergie Hilfsstrom [kWh/m ² a]	Primärenergie gesamt [kWh/m ² a]
EnEV Gas BWK + Solar + PV	D	58,9	7,9	66,8	58,4	14,2 / - 9,7	62,9
KfW 55 Gas BWK + Solar + PV	A	42,9	7,1	49,9	42,5	12,7 / - 8,7	46,5
EnEV Pelletkessel	D	106,6	3,3	110,0	19,7	6,0	25,7
KfW 55 Pelletkessel	A	78,1	2,9	81,1	14,5	5,3	19,7
EnEV Wärmepumpe	D	31,9	1,2	33,2	57,5	2,2	59,7
KfW 55 Wärmepumpe	A	24,3	1,2	25,5	43,8	2,1	45,9
EnEV Fernwärme 0,7	C	90,4	0,2	90,6	63,3	0,3	63,6
KfW 55 Fernwärme 0,7	A	54,4	4,1	58,5	38,1	7,3	45,4

Aus den ermittelten Energiekennwerten ergeben sich die Energiekosten, welche in die nachstehend aufgeführten variablen Minderkosten eingeflossen sind. Diese sind den ermittelten Mehrkosten gegenübergestellt, die anhand der Kostenansätze aus Kapitel 3.5 ermittelt wurden.

Tabelle 16: Mehr- und Minderkosten für die Errichtung einer Doppelhaushälfte im KfW-55-Niveau

Mehrkosten nach Abzug der Minderkosten für verschiedene Varianten einer Doppelhaushälfte					
	Mehr-kosten	Direkter Zuschuss und Teilschulderlass	Betriebskosten und Zinersparnis in den ersten 10 Jahren	effektive Direkt-kosten	effektive Kosten n. 10 Jahren
Brennwertkessel + Solar	12.800 €	22.000 €	1.200 €	-9.200 €	-10.400 €
Luft-Wasser-Wärmepumpe	13.600 €	22.000 €	3.400 €	-8.400 €	-11.800 €
Pelletkessel	13.600 €	22.000 €	1.300 €	-8.400 €	-9.700 €
Fernwärme fp= 0,7	25.100 €	22.000 €	3.000 €	3.100 €	100 €
Median	13.600 €	22.000 €	1.200 €	-8.400 €	-9.600 €
Durchschnitt	16.300 €	22.000 €	2.225 €	-5.700 €	-7.925 €

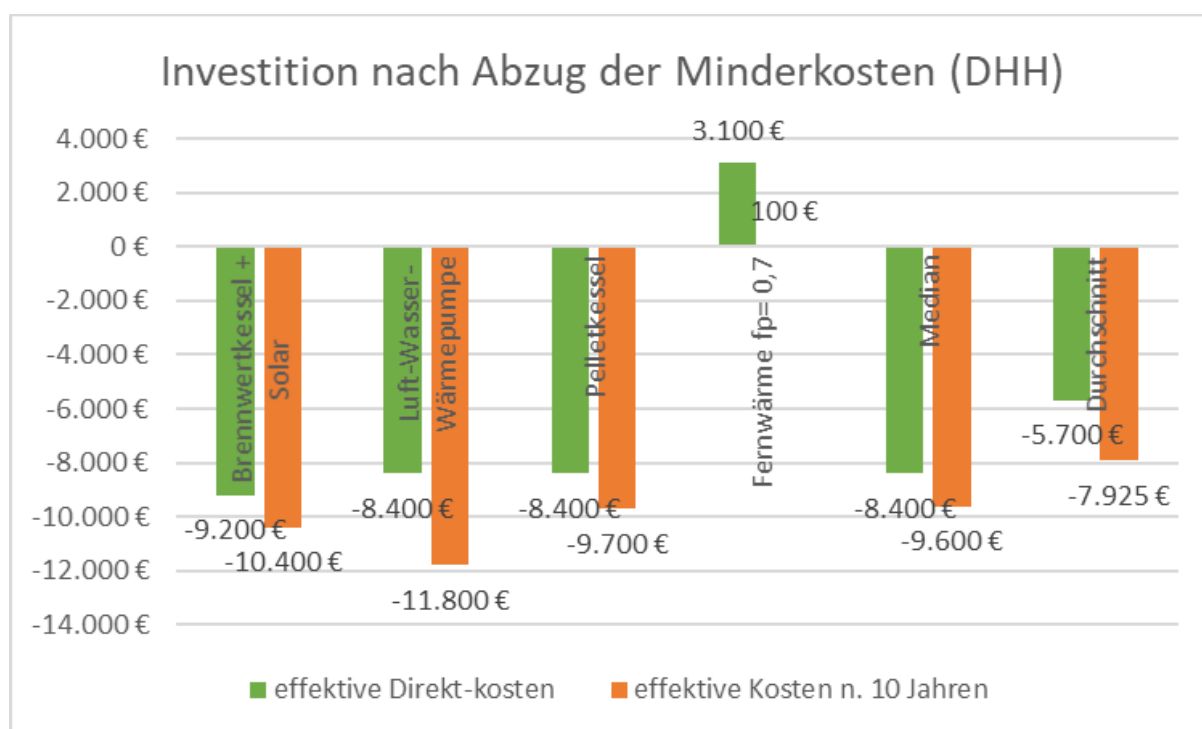


Abbildung 7: Investition nach Abzug der Minderkosten aus direkter Förderung und Energieeinsparung sowie geringerem Zinssatz in den ersten 10 Jahren

Die Ergebnisse zeigen, dass bis auf die Variante Fernwärme mit einem Primärenergiefaktor von 0,7 geringere Kosten für die Errichtung einer Doppelhaushälfte nach dem KfW-Effizienzhaus-55-Niveau zu erwarten sind. Der aktuelle Tilgungszuschuss von 15% auf die Gesamterichtungskosten bis max. 120.000 € im Rahmen des Förderkredits 153 und der Zuschuss für die obligatorische Baubegleitung im Förderprogramm 431, welche nach Abschluss der Baumaßnahmen gewährt werden, decken die Mehrkosten in der Regel.

Betrachtet man die Variante der Fernwärme so ist mit Mehrkosten von ca. 3.100 € zu rechnen. Diese resultieren vor allem durch die notwendige Installation einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Bei niedrigeren Primärenergiefaktoren, für welche in der Regel der Wärmenetzbetreiber verantwortlich ist, sind diese Mehrkosten nicht erforderlich. Zudem reduzieren sich die Mehrkosten durch die Energieeinsparung und den zinswerten Vorteil innerhalb der darauffolgenden 10 Betriebsjahre auf lediglich 100 € und werden im 11. Betriebsjahr ebenfalls zu einer Einsparung gegenüber dem gesetzlichen Standard führen. Entsprechend wäre es auch in diesem Fall sinnvoll ein KfW-Effizienzhaus zu errichten, wenn man beabsichtigt dort längerfristig zu wohnen.

4.3 Berechnungsergebnis Mehrfamilienhaus

Das untersuchte Mehrfamilienhaus lässt sich wie folgt zusammenfassen:

Bei einer Wärmeversorgung über einen Gas-Brennwertkessel:

- Das „EnEV-Neubau“-Niveau kann durch den zusätzlichen Einsatz einer bedarfsgeführten Zu- und Abluftanlage (Wärmerückgewinnungsgrad > 80%) bei einem Wärmeschutzniveau „D“ erreicht werden. Dabei ist eine thermische Solaranlage mit einer Bruttokollektorfläche von min. 26,5 m² (bei Flachkollektoren) erforderlich. Eine Photovoltaikanlage wird in diesem Fall nicht benötigt.
- Die oben beschriebenen Anforderungen bleiben auch für das KfW-Effizienzhaus 55 weiter erforderlich. Zusätzlich muss das Gebäude nach dem Dämmstandard „A“ gedämmt werden und ein Wärmebrückennachweis nach KfW zur Einhaltung der erhöhten Anforderungen (Beiwert 0,035 W/m²K) durchgeführt werden.

Bei einer Wärmeversorgung mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe:

- Ein Luftdichtheitstest ist zur Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen erforderlich.
- Zur Einhaltung eines KfW-55-Niveaus muss darüber hinaus der Dämmstandard „A“ umgesetzt werden, ein Wärmebrückennachweis nach KfW zur Einhaltung der erhöhten Anforderungen (Beiwert 0,035 W/m²K) erstellt werden und eine Abluftanlage installiert werden.

Bei einer Wärmeversorgung mit einem Pelletkessel:

- Ein Pelletkessel senkt den Primärenergiebedarf erheblich, obwohl er grundsätzlich ineffizienter arbeitet als die anderen Wärmeerzeuger. Er genügt zur Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen ohne weitere Maßnahmen vorzusehen.
- Für die Einhaltung eines KfW-55-Niveaus muss zusätzlich eine Abluftanlage installiert werden und der Dämmstandard „A“ umgesetzt werden.

Bei einer Wärmeversorgung über Fernwärme:

- Neben den Auflagen der EnEV müssen für die Einhaltung der gesetzlichen Anforderungen zusätzlich die Bedingungen des EEWärmeG eingehalten werden. Diese verlangen einen Mindestanteil an Erneuerbaren Energien, die ggf. für die Fernwärme nachgewiesen werden können. Alternativ sind für die Fernwärmeversorgung noch weitere Erneuerbare Wärmeerzeuger oder ein erhöhter Dämmstandard vorzusehen. Ebenso ist bereits für das gesetzliche Niveau ein bestandener Luftdichtheitstest erforderlich.
- Das KfW-Effizienzhaus 55 erfordert zusätzlich eine Zu- und Abluftanlage mit mindestens 80% Wärmerückgewinnungsgrad und dem Dämmstandard „A“

Tabelle 17: Erforderliche Maßnahmen für das Mehrfamilienhaus nach gesetzlichen Vorgaben

MFH	Mindestanforderungen EnEV (Qp < 75%)				
	Dämmstandard	Wärmebrückenbeiwert	Lüftung	Luftdichtheitstest	Hydr. Abgleich
Brennwertkessel + Solar	D	0,050	Zu- und Abluftanlage mit 80% WRG	ja	ja, Verfahren A
Luft-Wasser-Wärmepumpe	D	0,050	natürliche Lüftung über Fenster	ja	ja, Verfahren A
Pelletkessel	D	0,050	natürliche Lüftung über Fenster	nein	ja, Verfahren A
Fernwärme fp= 0,7	C*	0,050	natürliche Lüftung über Fenster	ja	ja, Verfahren A

Tabelle 18: Erforderliche Maßnahmen für das Mehrfamilienhaus nach den Anforderungen KfW-55

MFH	KfW-Effizienzhaus 55				
	Dämmstandard	Wärmebrückenbeiwert	Lüftung	Luftdichtheitstest	Hydr. Abgleich
Brennwertkessel + Solar	A	0,035	Zu- und Abluftanlage mit 80% WRG	ja	ja, Verfahren B
Luft-Wasser-Wärmepumpe	A	0,035	Abluftanlage ohne WRG	ja	ja, Verfahren B
Pelletkessel	A	0,050	Abluftanlage ohne WRG	ja	ja, Verfahren B
Fernwärme fp= 0,7	A	0,050	Zu- und Abluftanlage mit 80% WRG	ja	ja, Verfahren B

Aus der Modellierung ergeben sich die folgenden Ergebnisse.

Tabelle 19: Ermittelte Energiekennwerte für deine Doppelhaushälfte ($A_N = 473,6 \text{ m}^2$)

MFH	Dämmstandard	Endenergie Wärme [kWh/m ² a]	Hilfsstrom [kWh/m ² a]	Endenergie gesamt [kWh/m ² a]	Primärenergie Wärme [kWh/m ² a]	Primärenergie Hilfsstrom [kWh/m ² a]	Primärenergie gesamt [kWh/m ² a]
EnEV Gas BWK + Solar	D	41,2	5,9	47,1	40,8	10,7	51,4
KfW 55 Gas BWK + Solar	A	28,1	5,3	33,3	27,8	9,5	37,3
EnEV Pelletkessel	D	96,6	5,4	102,0	17,9	9,7	27,6
KfW 55 Pelletkessel	A	73,3	4,9	78,2	13,6	8,8	22,4
EnEV Wärmepumpe	D	26,5	0,8	27,3	47,7	1,5	49,2
KfW 55 Wärmepumpe	A	19,2	1,6	20,8	34,5	2,9	37,4
EnEV Fernwärme 0,7	C	73,3	0,3	73,6	51,3	0,6	51,9
KfW 55 Fernwärme 0,7	A	45,2	3,4	48,7	31,7	6,2	37,8

Aus den ermittelten Energiekennwerten ergeben sich die Energiekosten, welche in die nachstehend aufgeführten variablen Minderkosten eingeflossen sind. Diese sind den ermittelten Mehrkosten gegenübergestellt, die anhand der Kostenansätze aus Kapitel 3.5 ermittelt wurden.

Tabelle 20: Mehr- und Minderkosten für die Errichtung einer Doppelhaushälfte im KfW-55-Effizienzhausniveau

Mehrkosten nach Abzug der Minderkosten für verschiedene Varianten eines MFH (6 WE)					
	Mehrkosten	Direkter Zuschuss und Teilschulderlass	Betriebskosten in den ersten 10 Jahren	effektive Direktkosten	effektive Kosten n. 10 Jahren
Brennwertkessel + Solar	36.100 €	64.000 €	1.100 €	-27.900 €	-29.000 €
Luft-Wasser-Wärmepumpe	48.100 €	64.000 €	6.600 €	-15.900 €	-22.500 €
Pelletkessel	49.400 €	64.000 €	1.700 €	-14.600 €	-16.300 €
Fernwärme fp= 0,7	56.400 €	64.000 €	5.100 €	-7.600 €	-12.700 €
Median	48.750 €	64.000 €	1.100 €	-15.250 €	-16.350 €
Durchschnitt	47.500 €	64.000 €	3.625 €	-16.500 €	-20.125 €

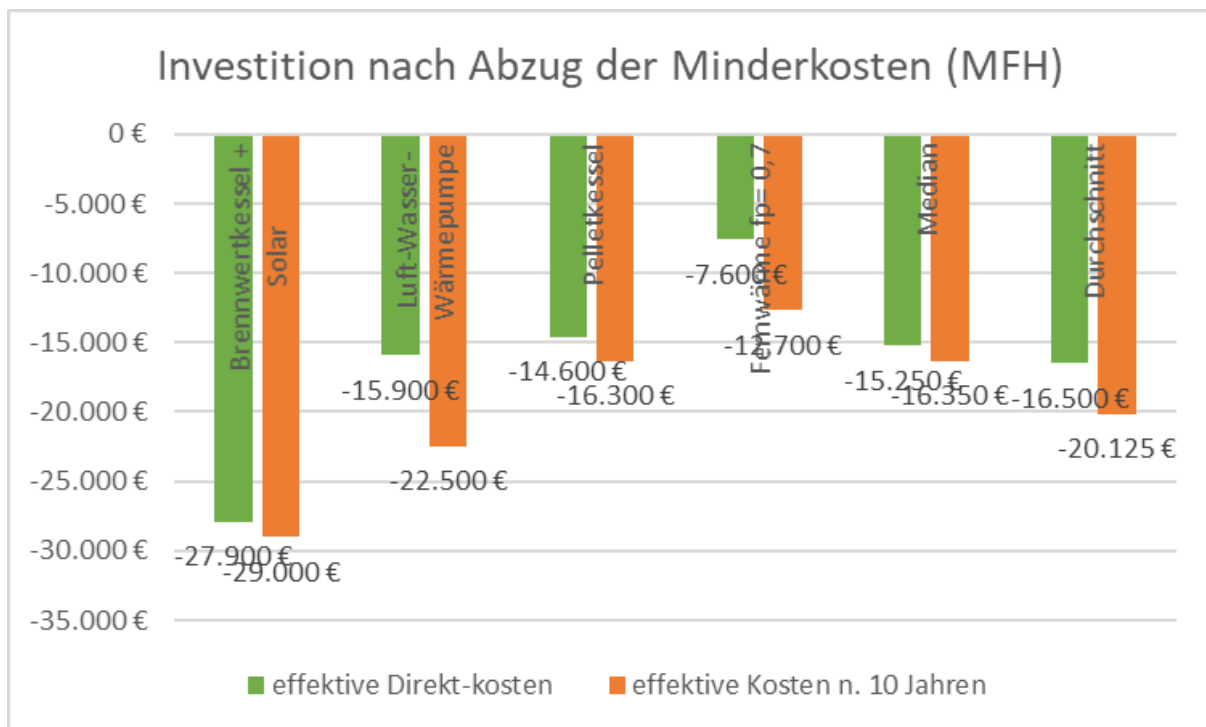


Abbildung 8: Investition nach Abzug der Minderkosten aus direkter Förderung und Energieeinsparung sowie geringerem Zinssatz in den ersten 10 Jahren

Die Ergebnisse zeigen, dass es in jedem Fall sinnvoll ist ein Mehrfamilienhaus nach dem KfW-Effizienzhaus-55-Niveau zu errichten. Der aktuelle Tilgungszuschuss von 15% auf die Gesamterrichtungskosten bis max. 120.000 € pro Wohneinheit im Rahmen des Förderkredits 153 erlaubt es nahezu alle Baukosten zu bezuschussen. Bei dem Vorliegenden Fall wurde angenommen, dass 400.000 € förderfähig sind. In der Regel können jedoch die vollen 120.000 € pro Wohneinheit angesetzt werden. In diesem Fall wären das 720.000 € von denen über 100.000 € nicht getilgt werden müssten. Nach Abzug der Mehrkosten spart der Investor bzw. Bauherr im Schnitt 15.000 € bis 16.500 €. Würde man die Förderung für alle 6 Wohneinheiten ansetzen läge der Gewinn sogar bei durchschnittlich 65.000 €. Bei Gebäuden mit mehr Wohneinheiten wird sich dieser Effekt somit weiter steigern. Der Zuschuss für die obligatorische Baubegleitung in Höhe von 4.000 € ebenso wie die Betriebskostenreduktion fällt da kaum noch ins Gewicht.

Da der Tilgungszuschuss bei Wohngebäuden mit mehr als 4 Wohneinheiten mit sehr großer Wahrscheinlichkeit immer die Mehrkosten trägt, wird empfohlen ein höheres Anforderungsniveau für diese Mehrfamilienhäuser vorzugeben.

5 Fazit

Die Ergebnisse der Kurzstudie zeigen, dass es in nahezu allen Fällen sinnvoll ist ein KfW-Effizienzhaus-Niveau anzustreben. Die derzeitigen Fördermittel reichen aus, um die erforderlichen Mehrkosten abzudecken und darüber hinaus weniger für die Errichtung zu bezahlen als für ein Gebäude welches lediglich nach gesetzlichen Anforderungen errichtet wird.

Die Förderung erfolgt in Form eines Tilgungszuschusses, der eine Reduktion der aufgenommenen Kreditsumme bedeutet. Zwar muss zunächst eine größere Kreditsumme beantragt werden, welche üblicherweise durch die Bewertung der Zahlungsfähigkeit des Kreditnehmers begrenzt wird, jedoch ist diese durch den zu erwartenden Tilgungszuschuss abgesichert. Es müssen entsprechend keine höheren Sicherheiten hinterlegt werden.

Die Kosten der Anlagentechnik wurden überwiegend vernachlässigt, da der Vergleich zu den Mehrkosten sich stets auf Varianten mit der gleichen Wärmeerzeugertechnik bezogen. Um dennoch auch diese Kosten möglichst gering zu halten, wird empfohlen Neubaugebiete mit einer zentralen und möglichst regenerativen Wärmeversorgung auszustatten. Beispielsweise mit einem Nahwärmenetz auf einem Temperaturniveau von ca. 10°C (sog. Kaltwärmenetz), sodass Hausbesitzer hieran eine Wärmepumpe anschließen können, die mit der konstanten Temperatur besonders effizient arbeiten kann.

Da die Kreditsumme bei der KfW auf 120.000 € pro Wohneinheit begrenzt ist, jedoch auf einen Großteil der Baukosten angewendet werden kann, lohnt sich die Errichtung von KfW-Effizienzhäusern besonders bei Mehrfamilienhäusern. Zudem werden Mehrfamilienhäuser meist von Unternehmen der Wohnungswirtschaft errichtet, die mit ausreichend finanziellen Mitteln und dem notwendigen Knowhow ausgestattet sind. Vor diesem Hintergrund wäre es zumutbar den Mindeststandard für Wohngebäude mit mehr als 3 Wohneinheiten auf das Niveau eines KfW-Effizienzhaus-40 vorzugeben. Zwar sind weitere Mehrkosten hierdurch zu erwarten, diese werden allerdings mit großer Wahrscheinlichkeit durch den Tilgungszuschuss abgedeckt. Hinzu kommt, dass der Zuschuss sogar um 5% erhöht wird. Des Weiteren wären überwiegend fossil befeuerte Anlagen nicht mehr einsetzbar.

Es wird daher empfohlen, dass die Stadt Tecklenburg für Neubauten in den Grundstückskaufverträgen oder in der Bauleitplanung festhält, alle Gebäude mindestens als KfW-Effizienzhaus 55 zu errichten und darüber hinaus Mehrfamilienhäuser mit mehr als 3 Wohneinheiten als KfW-Effizienzhaus 40.

Die Erfahrung bei anderen Kommunen hat zudem gezeigt, dass die Vorgabe von erhöhten Effizienzstandards stets eine Ausnahmeklausel gegenüber einem Nachweis der Wirtschaftlichkeit beinhalten sollte. Auf diese Weise haben Bauherren die Möglichkeit den Effizienzhausstandard zu umgehen, wenn sie nachweisen können, dass dies nicht wirtschaftlich darstellbar ist. Auch wenn dies entsprechend der in dieser Studie erworbenen Kenntnisse und unter Berücksichtigung der staatlichen Förderung kaum möglich sein sollte, muss die Stadt Tecklenburg die anzusetzenden Wirtschaftlichkeitsparameter klar definieren. Vorlagen hierfür finden sich beispielsweise bei der Stadt Frankfurt am Main. Diese veröffentlichte im Zusammenhang mit den städtischen „Leitlinien zum Wirtschaftlichen Bauen“ ein kostenloses, auf Excel basierendes Berechnungstool, welches eine Vollkostenrechnung beinhaltet und darüber hinaus einen anzusetzenden CO₂-Preis für fossile Energieträger vorgibt. [1] Ein derartiges Vorgehen wird auch in den „Richtlinien und Planungsanweisungen zum energieeffizienten, wirtschaftlichen und nachhaltigen Bauen“ des Deutschen Städtetags empfohlen. [2]

6 Quellen

[1]	Leitlinien zum wirtschaftlichen Bauen 2019 , <i>Magisterrat der Stadt Frankfurt am Main, Dezernat V – Bau und Immobilien, Reformprojekte (...)</i> , Mathias Linder, 01.11.2019 https://energiemanagement.stadt-frankfurt.de/Investive-Massnahmen/Leitlinien-wirtschaftliches-Bauen/Leitlinien-wirtschaftliches-Bauen.pdf
[2]	Richtlinien und Planungsanweisungen zum energieeffizienten, wirtschaftlichen und nachhaltigen Bauen und Sanieren (Energieeffizienzstandards) , 3.0 Technische Hinweise Ausgabe 3.1, <i>Deutscher Städtetag</i> , August 2019 http://www.staedtetag.de/imperia/md/content/dst/2019/hinweise_energiemanagement_3.1_%C3%BCberarbeitet_20190827.pdf
[3]	Entwicklung einer Datenbank mit Modellgebäuden für energiebezogene Untersuchungen, insbesondere der Wirtschaftlichkeit , <i>Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e.V. (ZUB)</i> , Sven Klauß, 22.10.2010 https://www.bbsr-energieeinsparung.de/EnEVPortal/DE/EnEV/EnEV2013/Begleitgutachten/Sonstiges/_gutachten/DatenbankModellgebäude/DL_Endbericht.pdf?_blob=publicationFile&v=1
[4]	Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz - GEG), <i>Bundesregierung</i> , erlassen am 08.08.2020
[5]	Gebäudekatalog Neubau/ Wohnungsbau 07/2018 , Sirados www.sirados.de
[6]	Baukosten Gebäude Neubau – Statistische Kostenkennwerte , <i>BKI Kostenplanung</i> , Rudolf Müller, 2017

7 Anlage

7.1 Kostenansätze

7.2 Mehrkostenbetrachtung Freistehendes Einfamilienhaus

7.3 Mehrkostenbetrachtung Doppelhaushälfte

7.4 Mehrkostenbetrachtung Mehrfamilienhaus