

Fachhochschule Hildesheim / Holzminden / Göttingen
Fachbereich Bauingenieurwesen / Studiengang Holzingenieurwesen

Diplomarbeit

Energieeinsparende Maßnahmen für Gebäude
gestern - heute – morgen
Am Beispiel von Ein- und Zweifamilienwohnhäusern

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Dipl.Ing. Arch. H.-P. Leimer
2. Prüfer: Dipl.-Ing. O. Fauth

Christian Dreher, Matr.-Nr. 26 69 54

Wintersemester 2002 / 2003



Aufgabe für die Diplomarbeit

Name: Christian Dreher Matr.Nr.: 266954
Bearbeitungszeit: vom 25.10.2002 bis 20.12.2002 (8 Wochen)
Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Leimer
Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Oliver Fauth

*Thema: Energieeinsparende Maßnahmen für Gebäude
gestern - heute – morgen
Am Beispiel von Ein- und Zweifamilienwohnhäusern*

Energie einsparende Verordnungen legen politische Richtwerte für die einzuhaltenden Grenzwerte des Energiebedarfes eines Gebäudes zu einem ganz bestimmten Zeitpunkt fest. Hierbei stellt sich die Frage ob und wie ältere Gebäude einen aktuellen Niveau angepasst werden sollen und ob durchgeführte Maßnahmen überhaupt wirtschaftlich sind. Ziel ist es ein Konzept zu erarbeiten, welches es ermöglicht aus dem aktuellen Energiebedarf eines Gebäudes unterschiedlichste Verbesserungsmaßnahmen an der Ausstattung oder der Baukonstruktion unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten zu bewerten.

Im Einzelnen werden u. a. folgende Teilleistungen verlangt:

1. Beschreibung der Entwicklung der Anforderungen an den Wärmeschutz von Gebäuden und Ausblick auf einen zukünftigen ‚optimalen‘ Standard.
2. Tabellierung von typischen Bauweisen in den Entwicklungsstufen nach Pkt.1
3. Formulierung von Verbesserungsmaßnahmen aus baulicher und anlagentechnischer Sicht zum Erreichen des aktuellen Standards
4. Energetische Bestimmung der Maßnahmen mittels dynamischer Gebäudesimulation
5. Kalkulation der Verbesserungsmaßnahmen auf den heutigen Kosten
6. Bewertung der Wirtschaftlichkeit der Verbesserungsmaßnahmen
7. Erstellung eines Bewertungsprogrammes mit EXCEL

Alle Berechnungen und deren Randbedingungen sind detailliert und nachvollziehbar darzulegen.



1. Einleitung

Die im Februar 2002 in Kraft getretene Energieeinsparverordnung schreibt bei der Sanierung im Gebäudebestand Anforderungen an die Qualität der Gebäudehülle vor, sobald der Bauherr sich entscheidet die Bauteile maßgeblich zu verändern.

Welche Konsequenzen kann dies für die Sanierung im Gebäudebestand haben? Im besten Fall, dass der Bauherr die angestrebten Ziele der EnEV – die Energieeinsparung aus Umweltschutzgründen - nachvollziehen kann und Verständnis für die Anforderungen und die damit verbundenen Mehrkosten aufbringt. Die andere Konsequenz wäre: Der Bauherr wird im schlimmsten Fall keine Veränderungen vornehmen, weil er kein Einsehen in die Richtigkeit der notwendigen Mehrmaßnahmen – und Mehrkosten – aufbringt. Dieses Gedankenspiel weiterzuverfolgen, würde bedeuten, dass der Gebäudebestand zum Verfall verurteilt wird. Zugegebenermaßen sind diese beiden beschriebenen Szenarien sicherlich Extremfälle. Sie sollen jedoch verdeutlichen, dass bei der Entscheidung einer Sanierung die innere Einstellung des Bauherrn zu Änderungsmaßnahmen eine tragende Rolle übernimmt.

Motivation für eine energetische Sanierung ist mit Sicherheit in erster Linie Geld – hier gleichbedeutend mit der Einsparung an Heizkosten und somit Heizenergie. Primäres Ziel bei einer Energiesparberatung muss es sein dem Bauherrn zu veranschaulichen welches Potential der Einsparung bei seinem Gebäude besteht und wie viel Geld er „verheizt“ wenn er keine Maßnahmen ergreift. Die plastische Darstellung seiner Einsparungen wird jeden noch so kritischen Bauherrn überzeugen - und sicherlich auch überraschen. Angenehmer Effekt und eigentliches Ziel ist die Schonung von Ressourcen und die Verminderung des CO₂ – Ausstoßes. Umweltschutz beginnt im Geldbeutel.

Jeder der mit offenen Augen den Baubestand begutachtet, stellt fest welches enorme Potential der Einsparung an Geld und Heizkosten dort versteckt ist. Dies gilt nicht nur für die Kundenseite, sondern auch für die gesamte Baubranche. Das Geld „steht“ förmlich „an“ der Straße.

Hier soll durch die Aufnahme des Gebäudebestands der Nachkriegszeit, seiner energetischen Erfassung und Bewertung, Formulierung von Sanierungsmaßnahmen im Kontext der EnEV und deren wirtschaftliche Bewertung, unter Berücksichtigung der finanziellen Unterstützung des Staates, eine Entscheidungshilfe Pro – Sanierung und Pro – Umweltschutz geschaffen werden.



2. Normanalyse

2.1. Einleitung

Seit der Einführung der ersten Norm für den Wärmeschutz - der DIN 4108 - haben sich viele technische, ökonomische, ökologische und politische Veränderungen in der Bundesrepublik Deutschland ergeben. Diese Veränderung hatten in der Vergangenheit erhebliche Auswirkungen auf die Zielsetzungen der Normen, die immer wieder aktualisiert und erweitert werden mussten.

Ergänzend dazu, nahm der Staat zunehmend Einfluss auf die Entwicklung und die Anforderungen des Wärmeschutzes im Gebäudebereich. Dies äußerte sich erstmals in der Begründung des Energieeinspargesetzes, auf dessen Grundlage alle Wärmeschutzverordnungen und – im Februar des Jahres 2002 in Kraft getreten – die Energieeinsparverordnung.

Die Ziele änderten sich vom reinen Bautenschutz und der Bemühung um ein hygienisches und gesundes Wohnen hin zu der Konsequenz die CO₂ – Emissionen, im Hinblick auf die Entwicklung des Weltklimas, im Gebäudebereich drastisch zu vermindern.

Es soll ein kurzer Überblick über die Inhalte der Normen 4108 und den vom Staat erlassenen Verordnungen von damals bis heute gegeben werden. Besonders eingegangen wird auf die inhaltlichen Veränderungen und die von Ausgabe zu Ausgabe gestiegenen Anforderungen.

2.2. Die DIN 4108 – Wärmeschutz im Hochbau

2.2.1. DIN 4108 – 1952 und 1960

Trotz intensiver Suche in diversen Bibliotheken, Internetrecherche und Anfragen bei verschiedenen Professoren, waren keine Exemplare dieser beiden Normen als Original zu finden.

Eine Tabelle mit Anforderungen an Bauteile der Norm 1952 aus einem älteren Fachbuch der Baukonstruktion und eine Reihe von Tabellen aus einem Wendehorst – Bautabellenbuch aus dem Jahr 1960 lassen den Schluss zu, dass beide Normen sehr der neueren Norm von 1969 ähneln.

2.2.2. DIN 4108 – August 1969

Primäre Ziele dieser Norm waren es, dem Menschen ein gesundes Wohnklima zu verschaffen, Energie einzusparen und die Herstellungskosten der Bauten zu verringern.

Die Einsparung von Energie war nicht unter ökologischen Gesichtspunkten, sondern unter rein wirtschaftlichen Aspekten zu sehen.

Ökonomische Motive, wie die Verringerung von Instandhaltungskosten, der Einsparung an Bau- und Betriebskosten und die wirtschaftliche Optimierung von Heizungsanlagen, standen bei Inkrafttreten dieser Ausgabe der Norm im Vordergrund.

Die gestellten Anforderungen bezogen sich ausschließlich auf Neubauten.



Der Wärmeschutz wurde über Anforderungen an einzelne Bauteile definiert. Diese Anforderungen bestehen an alle Bauteile die „Aufenthaltsräume“ sind. Der Begriff des „beheizten Raumes“ mit einer definierten Temperatur existiert noch nicht.

Deutschland wurde, nach gesammelten Wetterdaten, in drei sogenannte Wärmedämmgebiete eingeteilt. Die geographischer Zuordnung in eines dieser Wärmedämmgebiete entschied über die Anforderungen an den Wärmedurchlasswiderstand $1/\Lambda$ eines Bauteils. Um dem Problem des Tauwasserausfalls zu begegnen, schrieb die Norm in Abhängigkeit des Dämmgebiets eine Mindestdicke der Außenwände (auch Wohnungstrennwände und Treppenraumwände) vor.

Des weiteren wird in der Norm zwischen Anforderungen an leichte und schwere Außenbauteile unterschieden.

Der Wärmeschutz eines Bauteils wird hinreichend über den Wärmedurchlasswiderstand $1/\Lambda$ beschrieben. Einzig für die Berechnung der Heizanlage und einer Wirtschaftlichkeitsuntersuchung ist die Berechnung der Wärmedurchgangszahl k erforderlich.

Von der Verwendung großer Fensterflächen wird abgeraten, da diese den Wärmeverlust steigern. In den Wärmedämmgebieten I und II werden Doppel- und Verbundfenster in Aufenthaltsräumen empfohlen. Im Wärmedämmgebiet III werden Doppel- und Verbundfenster in Aufenthaltsräumen gefordert. Eine spezifische Anforderung an den Wärmedurchlasswiderstand von Fenstern gibt es nicht.

An die Ausführung der Fugen im Fensterbereich bestehen keine Anforderungen, nur der Hinweis, dass auf ihre Ausführung besonders zu achten sei.

Weiter findet sich ein erster Hinweis über die Auswirkungen von Klappläden etc. auf den sommerlichen Wärmeschutz.

2.2.3. DIN 4108 – Beiblatt vom September 1974

Die Anforderungen der DIN 4108 an den Wärmeschutz, die ein hygienisches Innenraumklima und die Vermeidung von Bauschäden infolge Tauwasserbildung gewährleisten sollten, wurden - mit dem Hintergrund der Ölkrise 1973 – um die Empfehlungen zur Einsparung des Heizwärmeverbrauchs erweitert. In diesem Beiblatt wird nur der winterliche Wärmeschutz behandelt.

Primär durch den Einsatz wärmeschutztechnisch hochwertiger Fenster sollte der Heizwärmeverbrauch um 10 – 30 % gesenkt werden.

Die Anforderungen an den Wärmeschutz eines Gebäudes werden nicht nur über Anforderungen an Einzelbauteile, sondern auch über einen mittleren, maximalen Wärmeduchgangskoeffizienten $k_{m, max.}$ in Abhängigkeit vom Verhältnis der Umfassungsflächen F und dem eingeschlossenen Volumen V beschrieben. Dies hat den Hintergrund, das kompakte Gebäude mit einem kleinen F/V – Wert einen



geringeren spezifischen Wärmeverlust haben als Gebäude mit einem großen F/V – Wert. Die beschriebenen Anforderungen sind für das gesamte Anwendungsgebiet, also alle drei Dämmgebiete, gültig.

Die Einführung einer Anforderung an den mittleren, maximalen Wärmedurchgangskoeffizienten sollte zum einen ein Maß für den Heizenergieverlust des Gebäudes sein, weil er den Transmissionswärmeverlust darstellt, und zum anderen den Vorteil einer gewissen planerischen Freiheit mit sich bringen. Die Einzelmaßnahmen zum Wärmeschutz an den Bauteilen sollten individuell gestaltbar sein und eine Flexibilität in der Anwendung erforderlicher Dämmmaßnahmen ermöglichen.

Es bestand jedoch die Anforderung an den mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten von Außenwandflächen einschließlich der Fenster je Geschoss von $k_{m, W+F}$ den Wert von $1,6 \text{ kcal} / \text{h} * \text{m}^2 * ^\circ\text{C}$ nicht zu überschreiten. Der Wärmedurchgangskoeffizient von Fenstern k_F sollte $2,8 \text{ kcal} / \text{h} * \text{m}^2 * ^\circ\text{C}$ nicht überschreiten.

Zum ersten Mal werden mit der Einführung eines Fugendurchlaßkoeffizienten Anforderungen an die Dichtheit von Fenstern gestellt. Dieser Fugendurchlasskoeffizient ist noch hier noch in Abhängigkeit des Standortes definiert. Desweiteren werden Mindestanforderungen an den k_F – Werte von Fenstern in Abhängigkeit der Konstruktion und Rahmenausführung gestellt.

2.2.4. DIN 4108 – Ergänzende Bestimmungen zur Fassung von August 1969 - Oktober 1974

Diese Norm enthält „notwendige Änderungen, die auf Erfahrung der DIN 4108 vom August 1969 beruhen“. Sie enthält im wesentlichen nun bindende Anforderungen an den Wärmeschutz bei Fenstern, welche in dem Beiblatt zur DIN 4108 vom September 1974 noch als Empfehlungen formuliert waren.

Wichtigste Änderung ist der Wegfall des Wärmedämmgebietes I., welches nun dem Wärmedämmgebiet II zuzuordnen ist.

Der Wärmeschutz wird nach wie vor über den Mindestwärmeschutz von Einzelbauteilen nachgewiesen, deren Anforderung gegenüber der Norm von 1969 teilweise verschärft wurden.

Nach wie vor ist die Bezeichnung von „Aufenthaltsräumen“ geläufig.

Die Schwerpunkte der Änderungen sind die weiter verschärften Anforderungen an Fenster und ihre Anschlüsse. Es sind mindestens Fenster mit doppelter Verglasung mit einem Wärmeduchgangskoeffizient $k_F \leq 3,0 \text{ kcal} / \text{h} * \text{m}^2 * ^\circ\text{C}$ in Aufenthaltsräumen anzuordnen.



Der Fugendurchlasskoeffizient wird hier nicht mehr nur standortabhängig beschrieben, sondern auch in Abhängigkeit der Konstruktionsmerkmale des Fensters.

Der mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten von Außenwandflächen einschließlich der Fenster je Geschoss k_{m, W^*F} durfte höchstens $1,6 \text{ kcal} / \text{h} * \text{m}^2 * \text{°C}$ betragen.

2.2.5. DIN 4108 – Beiblatt vom November 1975

Dieses Beiblatt enthält Erläuterungen und Beispiele für erhöhten heizenergiesparenden Wärmeschutz, mit dem Ziel, „durch bautechnische Entwicklung zu heizenergiesparenden Bauarten zu kommen“.

Auch dieses Beiblatt behandelt ausschließlich den winterlichen Wärmeschutz.

Die beschriebenen Anforderungen sind für beide Dämmgebiete gültig.

Während sich die Mindestanforderungen nach DIN 4108 auf Einzelbauteile beziehen, bezieht sich der in diesem Beiblatt behandelte Wärmeschutz auf die gesamte wärmeübertragende Umfassungsfläche eines Gebäudes.

Zur Verminderung der Transmissionswärmeverluste sollen die angegebenen mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten nicht überschritten werden und so eine Unterschreitung gegenüber der DIN 4108 vom August 1969 von 20 – 45 % und eine Unterschreitung gegenüber den Ergänzenden Bestimmungen der DIN 4108 vom Oktober 1974 von ca. 20% erreicht werden.

Erstmals setzt sich der Heizwärmebedarf Q_{ges} nicht nur aus dem Transmissionswärmeverlust Q_T der Außenbauteile, sondern zusätzlich aus dem Anteil an Lüftungswärmeverlusten Q_L zusammen, wobei diesem eine Luftwechselzahl von $0,8 \text{ h}^{-1}$ zugrunde liegt.

Bei Fensteranschlüssen besteht die eindeutige Forderung nach einem dauerhaften und praktisch undurchlässigen Abschluss der Fuge. Bei Außenbauteilen, insbesondere bei Fertigteilen, ist diese Forderung nicht konkretisiert, sondern „es ist dafür Sorge zu tragen, dass diese Fugen dauerhaften und praktisch luftundurchlässig abgeschlossen sind“.

2.2.6. DIN 4108 – August 1981

Die Bedeutung des Wärmeschutzes wird hier noch einmal unterstrichen:

- Gesundheit der Bewohner durch hygienisches Raumklima
- Schutz der Baukonstruktion
- Geringer Energieverbrauch
- Minderung der Herstellungs- und Bewirtschaftungskosten



Der Geltungsbereich dieser Norm wird konkretisiert auf Aufenthaltsräume, die mit Innentemperaturen von $\geq 19 \text{ °C}$ beheizt werden.

Neben den Anforderungen an den Wärmedurchlasswiderstand eines Bauteils werden nun auch konkrete Anforderungen an den Wärmedurchlasskoeffizienten gestellt.

Die definierten Dämmgebiete finden sich hier nicht mehr.

Zur Kompensation der Verluste durch Transmission und Lüftung werden nun auch solare Wärmegevinne über transparente Bauteile berücksichtigt, über deren Ausrichtung zur Optimierung der Gewinne Hinweise gegeben werden.

Die Energiedurchlässigkeit der transparenten Bauteile wird beschrieben von dem Gesamtenergiedurchlassgrad g_F , welcher sich aus der Art der Verglasung (g) und einem Abminderungsfaktor (z) für Sonnenschutzsysteme zusammensetzt.

Für das Nachweisverfahren von leichten Bauteilen mit einer flächenbezogenen Gesamtmasse unter 300 kg/m^2 (Wände in Holztafelbauart, Dachkonstruktionen) ergibt sich folgendes vereinfachtes Nachweisverfahren: Wird im Gefachbereich der höchste Mindestwert des Wärmedurchlasswiderstandes bzw. der niedrigste Mindestwert des Wärmedurchgangskoeffizienten erreicht, so muss das Bauteil im Riegelbereich nicht mehr gesondert nachgewiesen werden.

2.2.7. DIN V 4108 –Teil 6 – November 2000

Diese Vornorm beschreibt die zur Wärmebilanzierung eines Gebäudes verwendeten Verfahren zur Berechnung des Jahres – Heizwärme- und Jahres – Heizenergiebedarfs. Die beiden Verfahren, das Heizperioden- und das Monatsbilanzverfahren und die dazugehörigen Randbedingungen werden dargestellt.

Im Kapitel 2.3.5. wird auf diese Verfahren näher eingegangen.

2.2.8. DIN 4108 – Teil 2 – März 2001

Die Norm legt nicht nur Mindestanforderungen an die Wärmedämmung von Außenbauteilen, sondern auch an Wärmebrücken in der Gebäudehülle fest. Der Geltungsbereich erstreckt sich nicht nur auf Gebäude mit üblichen Innentemperaturen von $\geq 19 \text{ °C}$. Es werden auch Forderungen für Gebäude mit niedrigen Innentemperaturen ($12 \text{ °C} \leq \theta_i \leq 19 \text{ °C}$) formuliert. Für Außenbauteile bei Gebäude mit niedrigen Innentemperaturen ist ein Wärmedurchlasswiderstand von $R = 0,55 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$ einzuhalten.

Verschiedene Symbole der alten Normen wurden durch neue ersetzt.



Die Anforderungen an den Mindestwärmedurchlasswiderstand R wurden verschärft. Sie gelten nicht mehr nur für massive Bauteile mit einem Flächengewicht von $\geq 300 \text{ kg/m}^2$, sondern für Bauteile mit einem Flächengewicht von $\geq 100 \text{ kg/m}^2$.

Für leichte Bauteile mit einem Flächengewicht von unter 100 kg/m^2 gelten erhöhte Anforderungen mit einem Mindestwert des Wärmedurchlasswiderstands von $R \geq 1,75 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$. Dieser Wert gilt bei Rahmen- und Skelettbauarten nur im Gefachbereich. Für das gesamte Bauteil ist zusätzlich im Mittel ein Wärmedurchlasswiderstand von $R = 1,00 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$ einzuhalten.

2.3. Verordnungen und Gesetze

2.3.1. Energieeinspargesetz (EnEG) - Juli 1976 und Novellierung Juni 1980

Die zwei großen Ölkrise der 70er Jahre führten zum Erlass des Energieeinspargesetzes. Das Ziel war, die Reduzierung der Abhängigkeit der Bundesrepublik Deutschland von importierten Energieträgern. Umweltschutz und Ressourcenschonung sind nicht die eigentlichen Ziele des Gesetzes. Nichtsdestotrotz wurden die Wärmeschutzverordnung und die Heizungsanlagenverordnung, die das Ziel der Reduzierung der CO_2 – Emissionen beinhalten, auf der Rechtsgrundlage des Energieeinspargesetzes gegründet.

2.3.2. Wärmeschutzverordnung (WschVO) – August 1977

Ziel war die Reduzierung des Energiebedarfs, bei neu errichteten Gebäuden durch Anforderungen an den energiesparenden Wärmeschutz, zu erreichen.

Die Grenzwerte der DIN 4108 – aus bauphysikalischen und hygienischen Gründen definiert – bleiben als Obergrenze grundsätzlich bestehen.

Neu ist, dass hier nicht mehr Anforderungen an „beheizte Aufenthaltsräume“ gestellt werden, sondern spezifische nutzungsabhängige Anforderungen formuliert werden.

Es werden nun unterschieden:

- Gebäude mit normalen Innentemperaturen $\theta_i \geq 19 \text{ }^\circ\text{C}$;
Sport- und Versammlungsstätten $\theta_i \geq 15 \text{ }^\circ\text{C}$ (3 Monate)
- Gebäude mit niedrigen Innentemperaturen mit $19 \text{ }^\circ\text{C} \geq \theta_i \geq 12 \text{ }^\circ\text{C}$ (4 Monate)
- Hallenbäder

Die Anforderungen an den Wärmeschutz konnten durch zwei Verfahren nachgewiesen werden. Dies sollte planerischen Spielraum auch für wirtschaftliche Konzepte offen lassen.

Bei dem k_m – Verfahren mussten die Anforderungen an den mittleren, maximalen Wärmedurchgangskoeffizient $k_{m, \text{max}}$ in Abhängigkeit des F/V – Verhältnisses – siehe auch DIN 4108, Beiblätter von 1974 und 1975 – eingehalten werden. Die Tabellenwerte der DIN 4108 wurden in der WschVO nur leicht modifiziert.



Des weiteren bestand die Anforderung, den mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der Wände und Fenster $k_{m, W+F}$ von $1,85 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$ geschossweise nicht zu überschreiten.

Bei dem Bauteilverfahren galten die Anforderungen an den Transmissionswärmeverlust als erfüllt, wenn die für Außenbauteile bestehenden Grenzwerte des Wärmedurchgangskoeffizienten nicht überschritten wurden.

Der spezifische Wärmeverlust, der abhängig von der Geometrie des Hauses ist, wurde über drei verschiedene Anforderungen an den maximalen Wärmedurchgangskoeffizienten erfasst, der von der Größe der Bauten abhing.

Diese Grenzen wurden durch ein Quadrat von $15\text{m} \times 15\text{m}$ definiert.

2.3.3. Wärmeschutzverordnung (WschVO) – Januar 1984

Ziel der 2. WschVO war es, eine 20 – 25 %ige Energieeinsparung gegenüber der WschVO 1977 zu erreichen um den gestiegenen Brennstoffpreisen entgegenzuwirken und die Wirtschaftlichkeit von Gebäuden zu sichern.

Es werden drei Gebäudegruppen unterschieden:

- Gebäude mit normalen Innentemperaturen $\theta_i \geq 19 \text{ }^\circ\text{C}$;
- Gebäude für Sport- und Versammlungszwecke einschließlich Hallenbäder
 $\theta_i \geq 15 \text{ }^\circ\text{C}$
- Betriebsgebäude mit niedrigen Innentemperaturen mit $19 \text{ }^\circ\text{C} \geq \theta_i \geq 12 \text{ }^\circ\text{C}$, sie dürfen nur nach dem k_m – Verfahren nachgewiesen werden.

Der Wärmeschutz konnte, wie in der Fassung von 1977, über das k_m – Verfahren oder das Bauteilverfahren nachgewiesen werden.

Beim k_m – Verfahren wurden die Anforderungen an den mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten verschärft. Der in der Fassung von 1977 noch geschossweise nachzuweisende mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten der Wände und Fenster $k_{m, W+F}$ musste nicht mehr nachgewiesen werden.

Beim Bauteilverfahren wurden höhere Anforderungen an den max. Wärmedurchgangskoeffizienten gestellt.

Erstmals wurden auch Anforderungen an erneuerte Bauteile bei Altbauten definiert.

2.3.4. Wärmeschutzverordnung (WschVO) – August 1994

Beim Beschluss einer Wärmeschutzverordnung standen hier erstmals ökologische Motive im Vordergrund. Die Klimaschutz – Initiative der Bundesregierung mit den Bemühungen um einen rationellen Energieeinsatz und Ressourcenschonung, waren der Anlass einer Novellierung der Fassung von 1984.



Der Nachweis des Wärmeschutzes erfolgte über eine zentrale Größe, den Jahres – Heizwärmebedarf pro m² oder pro m³, dessen zulässiger Höchstwert in Abhängigkeit zum A/V – Verhältnis (früher F/V – Verhältnis) steht. Bei seiner Ermittlung im Energiebilanzverfahren werden neben solaren Gewinnen und den Verlusten aus Transmission und Lüftung, jetzt auch interne Gewinne berücksichtigt.

Das Bauteilverfahren durfte alternativ nur noch für kleine Wohngebäude mit max. zwei Vollgeschossen und drei Wohneinheiten verwendet werden.

Bei Änderungen an bestehenden Gebäuden wurden Anforderungen an die Wärmedurchgangskoeffizienten einzelner Bauteile gestellt.

Gegenüber der Fassung von 1984 wurden die Anforderungen um ca. 30 % erhöht.

2.3.5. Energieeinsparverordnung – Februar 2002

Die EnEV stellt eine wichtige Komponente zur Minderung des Energieverbrauchs im Gebäudebereich dar. Das Ziel der CO₂ – Emissionsminderung soll erreicht werden.

Auf der Grundlage des Energieeinspargesetzes von 1976 werden die Wärmeschutzverordnung und die Heizungsanlagenverordnung zu einer Verordnung zusammengefasst. Die ganzheitliche Betrachtung der Anlagen- und Bautechnik sollen die energetische Planung fördern.

Der Gültigkeitsbereich der EnEV umfasst den Gebäudebestand und neu zu errichtende Gebäude, wobei unterschieden wird zwischen Gebäuden mit normalen Innentemperaturen ($\theta_i \geq 19 \text{ °C}$; jährlich mehr als 4 Monate beheizt) und niedrigen Innentemperaturen ($19 \text{ °C} \geq \theta_i \geq 12 \text{ °C}$; jährlich mehr als 4 Monate beheizt).

Es gelten Höchstwerte für den auf das beheizte Gebäudevolumen bzw. die Gebäudenutzfläche bezogenen Jahres – Primärenergiebedarf in Abhängigkeit des Verhältnisses A/V.

Der Jahres – Primärenergiebedarf beschreibt alle Energie, die zur Deckung des Endenergiebedarfs unter Berücksichtigung der zusätzlichen Energiemenge, die durch vorgelagerte Prozessketten außerhalb der Systemgrenze Gebäude bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung entsteht. Es entsteht eine Beurteilungsgröße, von der direkt auf die CO₂ – Emission eines Gebäudes geschlossen werden kann.

Die Ermittlung des Jahres – Primärenergiebedarfs Q_P erfolgt durch Multiplikation der Summe aus Jahres – Heizwärmebedarf Q_h und Jahres – Warmwasserbedarf Q_w mit der Anlagenaufwandszahl e_p .

$$Q_P = (Q_h + Q_w) * e_p$$



Je nach Anlagentechnik und eingesetztem Energieträger wird die Anlagenaufwandszahl e_p gebildet. Sie stellt das Verhältnis von Aufwand zu Nutzen dar und ist der Kehrwert des bislang in der Anlagentechnik verwendeten Nutzungsgrades.

Der Jahres – Warmwasserbedarf Q_w wird mit $12,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ pauschal vorgegeben. Dies entspricht einem täglichen Warmwasserbedarf von 23 Litern pro Person bei $50 \text{ }^\circ\text{C}$ Wassertemperatur.

Der Jahres – Heizwärmebedarf Q_h wird, wie in der WschVO 1995, durch Bilanzierung der Wärmeverluste (Transmission und Lüftung) und Wärmegewinne (solare und interne) nach DIN V 4108 Teil 6 ermittelt und ist ein Kennzeichen für die wärmeschutztechnische Qualität der Gebäudehülle.

Für die Ermittlung stehen zwei unterschiedliche Verfahren zu Verfügung:

Allgemein ist eine monatliche Bilanzierung (Monatsbilanzverfahren) vorzunehmen. Für Wohngebäude mit einem Fensterflächenanteil kleiner als 30% kann die Berechnung alternativ nach einem vereinfachten Verfahren (Periodenbilanzverfahren) vorgenommen werden.

Direkten Einfluss auf den Wert des Transmissionswärmeverlustes H_T haben Auswirkungen von Wärmebrücken. Wärmebrücken werden über einen Wärmebrückenkorrekturwert ΔU_{WB} erfasst. Dazu stehen drei Möglichkeiten zur Verfügung:

- Werden die Wärmebrücken nicht berücksichtigt, dann wird pauschal ein Wärmebrückenkorrekturwert $\Delta U_{WB} = 0,1 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$ angenommen.
- Entspricht die Konstruktion den dargestellten Musterlösungen der DIN 4108, Beiblatt 2, darf $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$ gesetzt werden.
- Der detaillierte Nachweis der Wärmebrücke wird geführt und der realer Wert kommt zur Berücksichtigung.



3. Baustandards

3.1. Einleitung

Bauteile

Das Kapitel der Normanalyse stellte die wesentlichen Änderungen der Inhalte und ihren Ursprung dar. Die unmittelbaren Veränderungen auf die Anforderungen an die einzelnen Bauteile werden hier dargestellt und systematisch gegliedert. Dies hat den Zweck, anhand der unterschiedlichen Anforderungen an den Mindestwärmeschutz, Zeitabschnitte und Kategorien eines zeitlich typischen Baustandards zu definieren.

Die Zeitabschnitte 1952 bis 1995 sollen in der späteren Berechnung berücksichtigt und als Ist - Zustände für die Berechnungen verwendet werden. Die Bauteilanforderungen die nach 1995 entstanden sind und Bauteile, die in der späteren Betrachtung keinen Einfluss haben, werden ergänzend im Anhang in den dort aufgeführten Tabellen Seiten 1-9 ausführlich dargestellt.

Hier werden besonders die Bauteile und ihre Anforderungen aufgeführt, die in den Bedarfsberechnungen Verwendung finden werden.

Dies sind:

- Außenwände
- Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen
- Kellerdecken
- Dächer, die die Aufenthaltsräume gegen Außenluft nach oben abgrenzen
- Fenster

Die Mindestanforderungen an die Bauteile wurden unterschiedlich formuliert. In den DIN – Normen von 1952, 1960, 1969, 1974 und 2001 werden Anforderungen an den Wärmedurchlasswiderstand eines Bauteils gestellt. In der DIN – Norm von 1981 werden die Anforderungen an die Bauteile durch den Wärmedurchgangskoeffizient formuliert.

In den Wärmeschutzverordnungen von 1977 und 1982 werden die Anforderungen im Bauteilverfahren ebenfalls durch den Wärmedurchgangskoeffizient formuliert.

Um eine einheitliche Basis und somit eine Vergleichsmöglichkeit der Normen und Wärmeschutzverordnungen zu schaffen, wurden die Wärmedurchlasswiderstände mit den damals gültigen Wärmeübergangskoeffizienten kombiniert. Die Mindestanforderungen werden nun einheitlich durch den Wärmedurchgangskoeffizienten beschreiben. Die so ermittelten Mindestanforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizienten werden im Folgenden als Berechnungsgrundlage verwendet.



Ergänzend ist zu erwähnen, dass die Einheiten des Wärmedurchlasswiderstandes, der Wärmeübergangskoeffizienten und des Wärmedurchgangskoeffizienten der Normen vor 1977 auf die heute üblich verwendeten Einheiten umgerechnet wurden.

Heizung und Trinkwassererwärmung

Die Anforderungen der Normen an die Bauteile war maßgebliches Gestaltungsinstrument zur Definition der einzelnen Epochen.

Der Ist – Zustand der Anlagentechnik wurde an die definierten Zeitabschnitte angepasst. Die angenommene Technik und ihre Parameter stammen aus Informationen von Heizungsbauern und Anlagentechnikern, die den Stand der Technik dieser Zeiträume kennen, und als durchschnittlich eingesetzten und heute im Bestand anzutreffenden Standard definierten.

Die Ermittlung der Anlagenaufwandszahl erfolgte nach dem Tabellenverfahren der DIN 4701 – 10. Verwendete Parameter und Werte werden im Anhang Seite 10 in Tabellenform dargestellt und kurz erläutert.

Die zwischen 1952 und 1977 ursprünglich eingebauten Anlagen finden sich üblicherweise nicht mehr in der Bausubstanz. Wie bei den Fenstern, wurde in den Berechnungen eine Ersetzung der Heizung angenommen, so dass die hier betrachtete Anlage sich an dem Standard Mitte der 80er Jahre orientiert.

Angenommen wurde ein NT-Kessel, welcher außerhalb der thermischen Hülle aufgestellt ist und keine solare Unterstützung erfährt. Der Energieträger ist Erdgas – für die Verteilung ist der Energieträger Strom. Die Verteilebene und die Verteilungsstränge liegen innerhalb der thermischen Hülle, sowohl für die Trinkwassererwärmung als auch für die Heizflächen. Die Vorlauf- und Rücklauftemperaturen liegen bei 70°C bzw. 55°C. Dies sind für einen NT – Kessel heutigen Standards sehr hohe Temperaturen, jedoch konnten gemäß Heizungsanlagenverordnung bis 1997 Vorlauftemperaturen bis 75°C in NT-Kesseln möglich sein. Es wurde ein Nutzungsgrad angenommen von 0,85. Die Heizflächen sind überwiegend im Außenwandbereich angeordnet und werden über Thermostatregelventile gesteuert. Die Verteilung des Trinkwassers erfolgt über Zirkulation. Die Umwälzpumpe ist fester Bestandteil des Wärmerzeugers.



3.2. Baustandard 1952 – 1969

Opake Bauteile

Die Anforderungen an die opaken Bauteile wurden in der DIN 4108 von 1952, 1960 und 1969 durch eine Mindestdurchlasswiderstand in Abhängigkeit eines WDG definiert. Die gestellten Anforderungen haben sich in den drei Normen nicht geändert, so dass sie sich zu einem Standard zusammenfassen lassen. Betrachtet wurde das Dämmgebiet II mit einer durchschnittlichen Anforderung.

Transparente Bauteile

An Fenster werden in diesen Normen keine Anforderungen hinsichtlich des winterlichen Wärmeschutzes gestellt.

Ein üblicher U_F -Wert dieser Zeit liegt bei ca. $5,2 \text{ W/m}^2\text{K}$. Bei den nachfolgenden Berechnungen wird davon ausgegangen, dass diese Fenster nach ca. 20 Jahren ausgetauscht und durch Fenster mit einem U_F -Wert von $2,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ und einem g – Wert von $0,73$ ersetzt wurden. Ein U_F -Wert von $2,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ entspricht dem Standard an Fenstern, die in den Anfängen der 80er Jahre zum Einsatz kamen.

Verwendete Wärmedurchgangskoeffizienten 1952 - 1969

Bauteil	Wärmedurchgangskoeffizient [$\text{W/m}^2\text{K}$]
Außenwände	1,59
Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen	1,59
Kellerdecken	1,01
Dächer, die die Aufenthaltsräume gegen Außenluft nach oben abgrenzen	0,81
Fenster	2,90



3.3. Baustandard 1969 – 1977

Dieser Zeitraum wird bestimmt von den Anforderungen, die in DIN 4108 von 1969 und den Beiblättern zur DIN 4108 aus 1974 stammen.

Opake Bauteile

Die Anforderungen an den Wärmedurchlasswiderstand bei Außenwänden blieb wie in den Normen vor 1969 bei 1,20 m²*K/W. Dies entspricht einem Wärmedurchgangskoeffizienten von 1,59 W/m²*K. Hier wurde ebenfalls das Wärmedämmgebiet II betrachtet.

In den Normen von 1969 und 1974 bestehen die Anforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizient von Decken unter nicht ausgebautem Dachraum und Kellerdecken von 0,98 W/m²*K bzw. 0,83 W/m²*K. Dächer, die die Aufenthaltsräume gegen Außenluft nach oben abgrenzen, müssen von 1969 an einen Wärmedurchgangskoeffizienten von 0,81 W/m²*K erfüllen. Dies entspricht der Forderungen der Normen vor 1969. 1974 wird die Anforderung an diesen Wert auf 0,69 W/m²*K verschärft. Bei den anschließenden Berechnungen wird hierfür der verschärfte Wert von 1974 verwendet.

Transparente Bauteile

Im Beiblatt zur DIN 4108 von 1974 wird eine Beschränkung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Fenstern auf höchstens 3,49 W/m²*K verlangt.

Transparente und opake Bauteile müssen zusammen den mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten von 1,86 W/m²*K erfüllen.

$$k_m = \frac{k_W * F_W + k_F * F_F}{F_W + F_F} \leq 1,86 \quad \left[\frac{W}{m^2 * K} \right]$$

Aus diesen beiden Forderung und dem ermittelten durchschnittlichen Fensterflächenanteil von ca. 15% resultiert die Wahl des Wärmedurchgangskoeffizienten des Fensters auf 3,2 W/m²*K mit einem g – Wert von 0,76.

$$k_m = 0,85 * 1,59 + 0,15 * 3,2 = 1,83 \quad \left[\frac{W}{m^2 * K} \right]$$



Verwendete Wärmedurchgangskoeffizienten 1969 – 1977

Bauteil	Wärmedurchgangskoeffizient [W/m ² *K]
Außenwände	1,59
Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen	0,98
Kellerdecken	0,83
Dächer, die die Aufenthaltsräume gegen Außenluft nach oben abgrenzen	0,69
Fenster	3,20

3.4. Baustandards 1977 – 1982

Die Anforderungen dieses Zeitraums werden ausschließlich von der Wärmeschutzverordnung 1977 bestimmt, die gegenüber der DIN 4108 erhöhte Anforderungen an den Mindestwärmeschutz eines Bauteils stellt. Die hier zum Vergleich betrachteten Anforderungen finden sich in bei der Beurteilung des Wärmeschutzes nach dem Bauteilverfahren wieder.

Opake Bauteile

Außenwände haben einschließlich der Fenster und Türen einen mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten von 1,45 W/m²*K nicht zu überschreiten. Dies gilt für Gebäude, die eine Grundfläche von nicht mehr als 15 x 15m beschreiben. Eine Forderung, die auf alle betrachteten Gebäude zutrifft.

$$k_m = \frac{k_W * F_W + k_F * F_F}{F_W + F_F} \leq 1,45 \quad \left[\frac{W}{m^2 * K} \right]$$

Aus dieser Forderung von 1,45 W/m²*K für den mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten, einem ermittelten Fensterflächenanteil von 15% und einem gewähltem Wärmedurchgangskoeffizienten des Fensters von 3,2 W/m²*K resultiert ein maximaler Wärmedurchgangskoeffizient für die Außenwand von 1,14 W/m²*K.

$$k_m = 0,85 * 1,14 + 0,15 * 3,2 = 1,45 \quad \left[\frac{W}{m^2 * K} \right]$$

Bei Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen, Decken, die Räume nach oben und unten gegen die Außenluft abgrenzen und Dächern wird ein Wärmedurchgangskoeffizient von höchstens 0,45 W/m²*K verlangt.

Kellerdecken dürfen maximal eine Wärmedurchgangskoeffizienten von 0,80 W/m²*K erreichen.



Transparente Bauteile

Es bestanden von Seiten der Wärmeschutzverordnung nur Anforderungen an den mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten von Fenstern und Außenwänden zusammen (s.o.).

Die DIN 4108 beschränkt den Wärmedurchgangskoeffizienten von Fenstern auf max. 3,49 W/m²*K.

In den Berechnungen wird ein Wärmedurchgangskoeffizient der Fenster von 3,2 W/m²*K angenommen. Dies entspricht einem damals durchschnittlich zum Einsatz gekommenen Fenster.

Verwendete Wärmedurchgangskoeffizienten 1977 - 1982

Bauteil	Wärmedurchgangskoeffizient [W/m ² *K]
Außenwände	1,14
Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen	0,45
Kellerdecken	0,80
Dächer, die die Aufenthaltsräume gegen Außenluft nach oben abgrenzen	0,45
Fenster	3,20

3.5. Baustandard 1982 - 1995

Dieser Zeitraum wird von den Anforderungen der Wärmeschutzverordnung 1982 bestimmt. Die Anforderungen der DIN 4108 von 1981 an die Bauteile liegen weit unter den im Bauteilverfahren der Wärmeschutzverordnung geforderten Anforderungen.

Opake Bauteile

Die gemeinsame Anforderung an Fenster und Außenwände wurde noch einmal verschärft. Außenwände haben einschließlich der Fenster und Türen einen mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten von 1,20 W/m²*K nicht zu überschreiten. Dies gilt für Gebäude, die eine Grundfläche von nicht mehr als 15 x 15m beschreiben. Eine Forderung, die auf alle betrachteten Gebäude zutrifft.

$$k_m = \frac{k_W * F_W + k_F * F_F}{F_W + F_F} \leq 1,20 \quad \left[\frac{W}{m^2 * K} \right]$$

Aus dieser Forderung von 1,20 W/m²*K für den mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten, einem ermittelten Fensterflächenanteil von 15% und einem gewähltem Wärmedurchgangskoeffizienten des



Fensters von 2,9 W/m²*K resultiert ein maximaler Wärmedurchgangskoeffizient für die Außenwand von 1,14 W/m²*K.

$$k_m = 0,85 * 0,9 + 0,15 * 2,9 = 1,20 \quad \left[\frac{W}{m^2 * K} \right]$$

Bei Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen, Decken, die Räume nach oben und unten gegen die Außenluft abgrenzen und Dächern wird ein Wärmedurchgangskoeffizient von höchstens 0,30 W/m²*K verlangt.

Kellerdecken dürfen maximal einen Wärmedurchgangskoeffizienten von 0,55 W/m²*K erreichen.

Transparente Bauteile

Die Wärmeschutzverordnung sieht nur Anforderungen an den mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten von Fenstern und Außenwänden gemeinsam vor (s.o.).

Die DIN 4108 von 1981 verweist auf die Anforderungen der Wärmeschutzverordnung und gibt keinen konkreten Mindestwärmeschutz für Fenster vor.

In den Berechnungen wird ein Wärmedurchgangskoeffizient der Fenster von 2,9 W/m²*K und einem g – Wert von 0,73 angenommen. Dies entspricht einem damals durchschnittlich zum Einsatz gekommenen Fenster.

Verwendete Wärmedurchgangskoeffizienten 1982 - 1995

Bauteil	Wärmedurchgangskoeffizient [W/m ² K]
Außenwände	0,90
Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen	0,30
Kellerdecken	0,55
Dächer, die die Aufenthaltsräume gegen Außenluft nach oben abgrenzen	0,30
Fenster	2,90



4. Durchschnittshäuser

4.1. Einleitung

Die Berechnungen im Kapitel 6 werden nicht auf konkreten Objekten basieren. Um ein möglichst breites Spektrum des Gebäudebestands mit typischen Eigenschaften abzudecken, war es Ziel, aus einer Vielzahl von Plänen, Objekte zu formen, welche möglichst repräsentativ für eine bestimmte Gruppe von Gebäuden sind.

4.2. Aufnahme der Grundgeometrien

Für diese Typisierung standen 15 Pläne von Einfamilienhäusern aus dem Baujahr 2002 zur Verfügung. Hierbei handelte es sich zum einen um Häuser eingeschossiger Bauart mit Bungalow – Charakter und zum anderen um zweigeschossige Einfamilienhäuser mit ausgebautem Dachraum. Zunächst wurden aus den Plänen alle für einen Nachweis nach EnEV erforderlichen Flächen der Einzelbauteile und deren Orientierung nach den Himmelsrichtungen erfasst. Hierbei ist zu erwähnen, dass vorhandene Gauben, Erker und Balkone nicht mit aufgenommen wurden, sondern die vorhandenen Geometrien vereinfacht wurden. Die untere Systemgrenze war die Oberkante Kellerdecke. Es wurden bei allen Häusern unbeheizte Nutzkeller angenommen.

Da keine Pläne von Zweifamilienhäusern zur Verfügung standen, wurden die Erdgeschosssetagen der kleineren Einfamilienhäuser mit Bungalow – Charakter in der Bauaufnahme verdoppelt, so dass fiktiv ein zweigeschossiges Objekt entstand.

4.3. Einteilung

Um die Typisierung nicht zu sehr zu verallgemeinern, mussten Grenzen gefunden werden, nach denen sich die Häuser wiederum in verschiedene Kategorien einteilen ließen. Anhand der vorhandenen Nutzflächen haben sich drei Gebäudetypen herauskristallisiert, die betrachtet werden sollen. Die Grenzen der Einteilung liegen zwischen 100 und 150m², zwischen 150 und 200 m² und zwischen 200 und 300 m² Gebäudenutzfläche.

Innerhalb dieser Grenzen wurde bei allen Flächen und Volumina ein Durchschnittswert ermittelt, sodass drei fiktive Häuser mit für ihre Kategorie jeweils typischen Parametern entstanden sind.

Die je Haustyp ermittelten Größen und deren Durchschnittswerte sind detailliert der im Anhang Seite 13 zu entnehmen.



4.4. Konstruktion der Haustypen

4.4.1. Typ I – Nutzfläche 100 – 150m²

Dieser Haustyp wurde aus acht vorhandenen Plänen konstruiert.

Die durchschnittliche Gebäudenutzfläche liegt bei diesem Typ bei 125,6 m². Er repräsentiert ein typisches eingeschossiges Einfamilienhaus im Bungalow – Charakter.

Das durchschnittliche Volumen liegt bei 392,4 m³, die dazugehörige Hüllfläche beträgt 365,72 m². Das daraus resultierende A/V – Verhältnis liegt bei 0,93 m⁻¹.

Die gesamte Außenwandfläche beträgt 179,97 m², die Fensterfläche 27,21 m² - daraus resultiert ein Fensterflächenanteil von 15,12%.

4.4.2. Typ II – Nutzfläche 150 – 200 m²

Dieser Haustyp wurde aus sieben vorhandenen Plänen konstruiert.

Die durchschnittliche Gebäudenutzfläche liegt bei diesem Typ bei 166,75 m². Er repräsentiert ein typisches mittleres zweigeschossiges Einfamilienhaus mit ausgebautem Dachgeschoss.

Das durchschnittliche Volumen liegt bei 521,09 m³, die dazugehörige Hüllfläche beträgt 431,93 m². Das daraus resultierende A/V – Verhältnis liegt bei 0,83 m⁻¹.

Die gesamte Außenwandfläche beträgt 243,45 m², die Fensterfläche 33,28 m² - daraus resultiert ein Fensterflächenanteil von 13,67%.

4.4.3. Typ III – Nutzfläche 200 – 300 m²

Dieser Haustyp wurde aus acht vorhandenen Plänen von eingeschossigen Bungalows durch Hinzufügen eines weiteren Geschosses mit der gleichen Fensterkonstellation konstruiert.

Die durchschnittliche Gebäudenutzfläche liegt bei diesem Typ bei 166,75 m². Er repräsentiert ein typisches zweigeschossiges Zweifamilienhaus.

Das durchschnittliche Volumen liegt bei 697,54 m³, die dazugehörige Hüllfläche beträgt 487,15 m². Das daraus resultierende A/V – Verhältnis liegt bei 0,70 m⁻¹.

Die gesamte Außenwandfläche beträgt 301,40 m², die Fensterfläche 47,68 m² - daraus resultiert ein Fensterflächenanteil von 15,82%.



5. Fördermittelanalyse

5.1. Einleitung

Energiesparendes Bauen wird unterstützt. Diese Tatsache ist bekannt. Wird aber auch energiesparendes Sanieren, wie in der EnEV gefordert unterstützt? Stehen Fördermittel zur Verfügung um ein altes Gebäude auf den Standard 2002 zu bringen und in welcher Form?

Dieses Kapitel listet die vom Bund und dem Land Niedersachsen zu energiesparenden Maßnahmen und Sanierungen zur Verfügung gestellten Mittel auf und geht auf die Förderungsvoraussetzungen und Fördermittel detailliert ein.

Der Vollständigkeit halber wird auch ergänzend auf Fördermaßnahmen hingewiesen, deren Schwerpunkt nicht zum eigentlichen Sanieren gezählt wird, sondern als ergänzende Maßnahmen der Sanierung zur Nutzung alternativer Energien zu verstehen sind.

Aufgrund der Vielfältigkeit und Unterschiede der Fördermittel der Städte und Gemeinden, werden diese hier nicht erfasst. In der Praxis ist jedoch unbedingt anzuraten, sich vor Ort über Zuschüsse zu informieren und deren Kumulierungsmöglichkeiten zu Bundes- und Landeszuschüssen zu prüfen.

5.2. Förderungen des Bundes

5.2.1. Förderung einer Energiesparberatung durch einen Fachingenieur

Gegenstand der Förderung

Es wird eine Energiesparberatung für Wohngebäude durch einen Fachingenieur vor Ort bezuschusst.

Voraussetzungen:

- Die Baugenehmigung des Gebäudes muss in den alten Bundesländern vor dem 01.01.1984 und in den neuen Bundesländern vor dem 01.01.1989 erteilt worden sein.
- Die Gebäudehülle darf nicht aufgrund späterer Baugenehmigungen, die nach dem 01.01.1984 bzw. dem 01.01.1989 erteilt wurden, zu mehr als 50% verändert worden sein.
- Mehr als die Hälfte der Gebäudefläche muss zu ständigen Wohnzwecken genutzt werden.

Antragsberechtigte

Eine Beratung in Anspruch nehmen können natürliche Personen; rechtlich selbstständige Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft einschließlich der Wohnungswirtschaft sowie Betriebe des Agrarbereichs; juristische Personen und sonstige Einrichtungen, sofern diese gemeinnützige, mildtätige oder kirchliche Zwecke verfolgen.

Wohnungseigentümer können dann eine Beratung in Anspruch nehmen, wenn diese sich auf das gesamte Gebäude bezieht.



Der Antrag auf Förderung wird gestellt durch Ingenieure, die sich durch ihre berufliche Tätigkeit die für eine Energieberatung notwendigen Fachkenntnisse erworben haben. Sie müssen die erforderlichen Fähigkeiten besitzen und darüber hinaus über die notwendige Zuverlässigkeit verfügen.

Ausdrücklich nicht antragsberechtigt sind Ingenieure, die für Energieversorgungsunternehmen oder für Unternehmen tätig sind, die Produkte herstellen, vertreiben oder Anlagen errichten, die bei Energiesparinvestitionen im Heizungs- oder Gebäudebereich verwendet werden, sowie Ingenieure, die Provision von solchen Unternehmen fordern oder empfangen.

Art und Höhe der Förderung

Es wird ein nichtrückzahlbarer Zuschuss zu dem in Rechnung gestellten Beratungshonorar gewährt. Das Beratungshonorar muss alle notwendigen Ausgaben und ggf. auch die Reisekosten des Beraters einschließen, der Umsatzsteueranteil daran ist nicht zuwendungsfähig.

Die Höhe des Zuschusses ist abhängig von der Anzahl der Wohneinheiten des zu bewertenden Gebäudes (siehe Tabelle).

Objekttyp	Anzahl Wohneinheiten [WE]	Zuwendungsfähige Ausgaben [€]	Bundesanteil [€]
A	Ein- / Zweifam.haus	434,60	332,34
B	bis 6 WE	613,55	357,90
C	bis 15 WE	869,20	383,47
D	bis 30 WE	1.124,84	409,03
E	bis 60 WE	1.380,49	434,60
F	bis 120 WE	1.636,13	460,16

Vom Beratungsempfänger ist jeweils ein Eigenanteil in Höhe der Differenz zwischen den sich aus vorstehender Tabelle ergebenden zuwendungsfähigen Ausgabe und dem jeweiligen Bundesanteil zu tragen.



Fallen höhere Ausgaben an, die über die der vorstehenden Tabelle genannten Beiträge hinausgehen, so erhöht sich der Eigenanteil des Beratungsempfängers um diesen Betrag in voller Höhe. Fallen geringere Ausgaben an, so werden Bundesanteil und Eigenanteil im gleichen Verhältnis gemindert.

5.2.2. KfW – Programm zur CO₂ – Minderung

Ziel des Programms ist es, CO₂ – mindernde und energieeinsparende Maßnahmen an Wohngebäuden mit zinsgünstigen und langfristigen Finanzierungen zu unterstützen.

- A. Finanziert werden alle Maßnahmen an bestehenden Wohngebäuden zum Zwecke der CO₂ – Minderung und Energieeinsparung durch:
1. Maßnahmen zur Verbesserung des Wärmeschutzes der Gebäudeaußenhülle.
 - Verbesserung des Wärmeschutzes der Außenwände
 - Verbesserung des Wärmeschutzes des Daches
 - Fenstererneuerung
 - Nachträgliche Wärmedämmung der Kellerdecke
 2. Installation von Brennwertkesseln einschließlich der unmittelbar durch die Brennwertnutzung veranlassten Maßnahmen.
 3. Installation von Niedertemperatur - Heizkesseln einschließlich der unmittelbar durch die Niedertemperatur - Nutzung veranlassten Maßnahmen.
 4. Installation von Wärmeübergabestationen für eine Fern- oder Nahwärmeversorgung aus Heizkraftwerken oder Blockheizkraftwerken einschließlich der unmittelbar durch die Fern- oder Nahwärmenutzung veranlassten Maßnahmen.
 5. Installation von solar unterstützten Nahwärmeversorgung einschließlich der unmittelbar durch die Nahwärmenutzung veranlassten Maßnahmen.
 6. Installation von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (Blockheizkraftwerken) einschließlich der unmittelbar durch die Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen veranlassten Maßnahmen.



B. Maßnahmen an bestehenden und neuen Wohngebäuden zur Nutzung erneuerbarer Energien einschließlich der unmittelbar durch die Nutzung der Anlage veranlassten Maßnahmen.

Finanziert werden:

- Wärmepumpen
- Solarthermische Anlagen
- Photovoltaik – Anlagen
- Biomasse- und Biogas – Anlagen
- Geothermische Anlagen
- Wärmetauscher und Wärmeübergabestationen
- Wärmerückgewinnungsanlagen

Antragsberechtigte

Antragsberechtigt sind alle Träger der Investitionsmaßnahmen an selbstgenutzten oder vermieteten Wohngebäuden, von der Privatperson über Wohnungsunternehmen bis hin zu Gemeinden und Kreisen.

Art und Höhe der Förderung

Es wird ein zinsgünstiges Darlehn zu den aufgeführten Konditionen gewährt.

Laufzeit / tilgungsfreie Anlaufjahre	Auszahlungskurs [%]	Zinssatz [% p.a.] nominal	Zinssatz [% p.a.] effektiv	Zusageprovision [% p.a.]
20 / 3	96	3,85	4,49	0,25

Der vertraglich festgelegte Zinssatz ist für eine Laufzeit von 10 Jahren festgelegt, nach 10 Jahren wird ein neuer Zinssatz ausgehandelt.

5.2.3. KfW – CO₂ – Gebäudesanierungsprogramm

Gegenstand der Förderung

Ziel ist es, besonders umfangreiche Investitionen zur CO₂ – Minderung und zur Energieeinsparung an Wohngebäuden des Altbaubestandes mit einem Einspareffekt von mindestens 40kg CO₂ pro m² Gebäudenutzfläche und Jahr mit zinsgünstigen und langfristigen Finanzierung zu unterstützen.

Gefördert werden Investitionen in Wohngebäuden, die im Jahr 1978 oder früher fertiggestellt worden sind.



Gefördert werden folgende Maßnahmenpakete:

- Maßnahmenpaket 1: Erneuerung des Heizung und Wärmedämmung des Daches und Wärmedämmung der Außenwand
- Maßnahmenpaket 2: Erneuerung der Heizung und Wärmedämmung des Daches und Wärmedämmung der Kellerdecke oder von erdberührten Außenflächen beheizter Räume und Erneuerung der Fenster
- Maßnahmenpaket 3: Erneuerung der Heizung, Umstellung des Heizenergieträgers und Erneuerung der Fenster
- Maßnahmenpaket 4: Es können auch von den Maßnahmenpaketen abweichende Maßnahmenkombinationen gebildet werden, wenn der Darlehensnehmer durch Bestätigung eines nach Landesrecht Bauvorlageberechtigten oder eines in Bundes- oder Landesprogrammen für den Gebäudebereich als Energieberater zugelassenen Ingenieur nachweist, dass mit den Maßnahmen eine CO₂ – Einsparung von mindestens 40kg CO₂ pro m² Gebäudenutzfläche und Jahr erreicht wird.

Berechnungsgrundlage für die Ermittlung des CO₂ – Einspareffekts:

Der CO₂ – Einspareffekt ist aus der Differenz der CO₂ – Emissionen eines Gebäudes in kg/m² Gebäudenutzfläche und Jahr vor und nach der Modernisierung zu ermitteln.

Technische Mindestanforderungen bei der Durchführung der Maßnahmenpakete 1-3:

Erneuerung der Heizung

Gefördert wird die Erneuerung von Heizkesseln, die vor dem 1. Juni 1982 eingebaut wurden sowie der Austausch von Elektrospeicherheizungen und Kohleöfen, die vor dem 1. Januar 1991 eingebaut wurden.

Neue Heizkessel müssen mit einem CE-Kennzeichen versehen und als Niedertemperatur-Heizkessel oder Brennwertkessel im Sinne von § 11 der Energieeinsparverordnung vom 16.11.2001 ausgewiesen sein.



Als Erneuerung der Heizung gilt auch der Einbau von Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien, die im Marktanreizprogramm zur Förderung erneuerbarer Energien genannt werden sowie von Wärmepumpen im Sinne von § 9 Eigenheimzulagegesetz.

Wärmedämmung der Außenwände

Folgende Kombinationen der Wärmeleitfähigkeitsgruppen und Dämmstoffdicken sind förderfähig:

WLG	025	030	035	040	045	050
Dämmstoffdicken [cm]	7	9	10	12	14	16

Die angegebenen Dämmstoffdicken sind Mindestwerte.

Wärmedämmung des Daches

Für den Einbau im Dach oder für die Wärmedämmung von oberen Geschossdecken zu nicht ausgebauten Dachräumen sind folgende Kombinationen der Wärmeleitfähigkeitsgruppe und Dämmstoffdicke förderfähig.

WLG	025	030	035	040	045	050
Dämmstoffdicken [cm]	9	10	12	14	16	18

Die angegebenen Dämmstoffdicken sind Mindestwerte.

Wärmedämmung der Kellerdecke oder von erdberührten Außenflächen beheizter Räume.

Folgende Kombinationen der Wärmeleitfähigkeitsgruppe und Dämmstoffdicke sind förderfähig.

WLG	025	030	035	040	045	050
Dämmstoffdicken [cm]	5	6	7	8	9	10

Die angegebenen Dämmstoffdicken sind Mindestwerte.

Erneuerung der Fenster

Einbau von Fenstern mit Mehrscheibenverglasung max. $U_w \leq 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ oder Austausch vorhandener Verglasung gegen Mehrscheibenisolierverglasung max. $U_w \leq 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$



Antragsberechtigte

Antragsberechtigt sind alle Träger der Investitionsmaßnahmen an selbstgenutzten oder vermieteten Wohngebäuden von der Privatperson über Wohnungsunternehmen bis hin zu Gemeinden und Kreisen.

Art und Höhe der Förderung

Es wird ein zinsgünstiges Darlehn zu den aufgeführten Konditionen gewährt.

Laufzeit / tilgungsfreie Anlaufjahre	Auszahlungskurs [%]	Zinssatz [% p.a.] nominal	Zinssatz [% p.a.] effektiv	Zusageprovision [% p.a.]
20 / 3	100	2,40	2,42	-

Gefördert werden bis zu 100% der Investitionskosten einschließlich der Nebenkosten wie Architektenleistungen und Energiesparberatung, maximal jedoch 250 € pro m² Wohnfläche.

Eine Kumulierung der KfW – Darlehen mit anderen Fördermittel ist möglich, solange die Summe aus Krediten, Zuschüssen und Zulagen die Summe der Aufwendungen nicht übersteigt.

Einzelne Teile der o.g. Maßnahmenpakete können über andere Programme der KfW, z.B. das KfW – Programm zur CO₂ – Minderung entsprechend den jeweiligen Programmbedingungen gefördert werden.

5.2.4. 100.000 Dächer Programm

Gegenstand der Förderung

Gefördert wird die Einrichtung und Erweiterung von Photovoltaik – Anlagen auf baulichen Flächen ab einer installierten Spitzenleistung von ca. 1 kWp. Mitfinanziert werden die Investitionskosten ohne Mehrwertsteuer einschließlich der Wechselrichter, der Installationskosten, der Kosten für Messeinrichtungen sowie Planungskosten.

Eigenbauanlagen, Prototypen und gebrauchte Anlagen werden nicht gefördert.

Die Vorhaben können nur dann gefördert werden, wenn der Kreditantrag vor Beginn der Maßnahmen gestellt wird.

Antragsberechtigte

Anträge können gestellt werden von Privatpersonen, freiberuflich Tätigen und von kleinen bis mittleren privaten gewerblichen Unternehmen.



Art und Höhe der Förderung

Bis einer installierten Leistung von 5 kWp sind maximal 6.230 € pro kWp förderfähig. Über einen darüber hinausgehenden Leistungsanteil wird bis zu 3.115 € pro kWp gefördert. Der Kredithöchstbetrag liegt bei 500.000 €.

Die aus diesem Programm bereitgestellten Mittel lassen sich grundsätzlich mit Fördermitteln aus öffentlichen Haushalten kombinieren. Der Kreditbetrag vermindert sich dann um die aus anderen Förderungen erhaltenen Zuschüsse oder Darlehen.

Laufzeit / tilgungsfreie Anlaufjahre	Auszahlungskurs [%]	Zinssatz [% p.a.] nominal	Zinssatz [% p.a.] effektiv	Zusageprovision [% p.a.]
10 / 2	100	4,50	1,9 (3,9)	0,25

Es entstehen aufgrund der hohen Nachfrage lange Wartezeiten. Die KfW bietet auf Grund dessen ein Sonderprogramm mit den gleichen Konditionen wie das 100.000 – Dächer – Programm an, mit einem effektiven Zinssatz von 3,9 % p.a. (siehe Tabelle).

5.2.5. Marktanreizprogramm

Gegenstand der Förderung

Gefördert wird die Errichtung von Solarkollektoranlagen und Photovoltaikanlagen.

Antragsberechtigte

Antragsberechtigt sind Privatpersonen, freiberuflich Tätige sowie kleine und mittlere private gewerbliche Unternehmen.

Art und Höhe der Förderung

Für Solarkollektoranlagen wird ein Zuschuss von 92 € je angefangenem qm Bruttokollektorfläche . Der Höchsförderbetrag liegt bei 25.000 € pro Anlage.

Bei Photovoltaikanlagen wird pauschal ein Zuschuss von 3000 € pro Einzelanlage gewährt.

Es handelt sich hierbei um Festbetragsfinanzierungen durch nicht rückzahlbare Zuschüsse. Für diesen Zuschuss gilt das Kumulierungsverbot mit anderen Fördermaßnahmen des Bundes oder den Kommunen.



5.2.6. Erneuerbare – Energien – Gesetz (EEG)

Gegenstand der Förderung

Gefördert wird die Erzeugung von Strom aus regenerativen Energien.

Antragsberechtigte

Betreiber von Anlagen zur Erzeugung von Strom aus regenerativen Energien, die ihre Anlage nach dem 01.04.2000 in Betrieb genommen haben.

Art und Höhe der Förderung

Örtliche Stromnetzanbieter sind dazu verpflichtet, den Strom zu festgelegten Vergütungen abzunehmen. Bis zu Ende des Jahres 2002 ist die Vergütung auf 48,1 Ct/kWh, für alle dann entstehenden Anlagen reduziert sich die Vergütung in den Folgejahren um jeweils 5%. Diese Vergütung wird automatisch bezahlt, es muss kein Antrag gestellt werden.

5.3. Förderungen des Landes

5.3.1. Energetische Modernisierung von Wohneigentum

Gegenstand der Förderung

Gefördert werden energetische Modernisierung an älteren Eigenheimen, die der CO₂ – Minimierung dienen. Es werden alle Maßnahmen unterstützt, die das KfW - Programm zur CO₂ – Minderung beinhaltet. Das Gebäude muss vor dem 01.01.1967 bezugsfertig gewesen sein und es darf sich nicht länger als fünf Jahre im Besitz des Antragstellers befinden.

Antragsberechtigte

Die Förderung ist beschränkt auf Personen und aller zu Haushalt gehörenden Personen, deren Gesamteinkommen das nach § 9 des Wohnraumförderungsgesetzes ergebene Einkommen nicht übersteigt.

Art und Höhe der Förderung

Für die Modernisierung können bis zu 50 % der für die gesamte Modernisierung veranschlagten Kosten, max. die Kosten für die energetische Sanierung, höchstens 25.500 € je Eigenheim als verzinsliches Darlehen gewährt werden. Diese Förderungen entsprechen denen des KfW – CO₂ – Minderungsprogramms zu andern Konditionen.

Modernisierungsmaßnahmen mit Kosten von weniger als 7.500 € werden nicht gefördert.

Der Antrag ist an die örtlichen Wohnungsbauförderstelle zu richten.



Laufzeit / tilgungsfreie Anlaufjahre	Auszahlungskurs [%]	Zinssatz [% p.a.] nominal	Zinssatz [% p.a.] effektiv	Zusageprovision [% p.a.]
20 / 0	96	3,85 – 0,3	4,49	0,25

Der Investor erhält für die Dauer von 10 Jahren eine Zinsverbilligung von 3 %. In den ersten 10 Jahren liegt die Tilgung bei 1 %. Der Tilgungssatz beträgt 5 %, davon übernimmt das Land als Tilgungsbeihilfe in den ersten 10 Jahren 4 % p.a.

5.3.2. Energetische Modernisierung von Mietwohnungen

Gegenstand der Förderung

Gefördert werden energetische Modernisierungen an älterem Wohneigentum, die der CO₂ – Minimierung dienen. Es werden alle Maßnahmen unterstützt, die das KfW - Programm zur CO₂ – Minderung beinhaltet. Die Förderung ist beschränkt auf Wohnungen die an Personen vermietet werden, deren Gesamteinkommen das nach § 9 des Wohnraumförderungsgesetzes ergebene Einkommen nicht übersteigt.

Antragsberechtigte

Alle Investoren, die an Wohngebäuden Modernisierungsmaßnahmen nach dem KfW – CO₂ – Minderungsprogramm durchführen.

Art und Höhe der Förderung

Gleiche Förderung wie bei Modernisierung von Wohneigentum - siehe Kapitel 5.3.1.

5.3.3. Förderung regenerativer Energien

Gegenstand der Förderung

Es werden alle Anlagen zur Erzeugung von regenerativen Energien , wie z.B. Flachkollektoren (ab 4 m²), Vakuumkollektoren (ab 3 m²), Biomasseanlagen und Wasserkraftwerke, gefördert. Ausgenommen sind thermische Solaranlagen.

Antragsberechtigte

Natürliche und juristische Personen, öffentliche Träger.



Art und Höhe der Förderung

Es werden Darlehen gewährleistet, die bis zu 70 % der Investitionssumme betragen können.

Laufzeit / tilgungsfreie Anlaufjahre	Auszahlungskurs [%]	Zinssatz [% p.a.] nominal	Zinssatz [% p.a.] effektiv	Zusageprovision [% p.a.]
Bis 15 / 2	Bis zu 70	-	2,5	-

5.4. Übersicht über Förderprogramme und Inhalte

Förderprogramme und Inhalte				
Programm	Was wird Gefördert	zuständ. Amt	Laufzeit	Höhe der Förderung
Bund				
Vor-Ort- Beratung	Energiesparberatung durch einen Ingenieur	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle	einmaliger Zuschuß	bei 6 Parteiengebäude und 613,55 Euro Kosten beträgt der Zuschuß 357,90 euro
100.000 Dächer	Photovoltaik- Anlagen	KfW oder Bundeswirtschaftsministerium	zinsvergünstigtes Darlehen über 10 Jahre	6.230 Euro pro kW, ab 5 kW die Hälfte
CO2- Minderung	Gabäudesanierung zur Verbesserung des Wärmeschutzes	KfW	zinsvergünstigtes Darlehen über 20 Jahre	bis zu 100% des Investitionsbetrages
Gebäudesanierungsprogramm	Gabäudesanierung mit Einspareffekt von 40kg CO2 pro m²	KfW	zinsvergünstigtes Darlehen über 20 Jahre	bis zu 100% des Investitionsbetrages
Marktanreizprogramm	Solar Kollektoren	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle	einmaliger Zuschuß	92 euro pro m² Kollektorfläche, maximal 25.000 Euro
EEG	Solarstrom	Bundeswirtschaftsministerium	-	48,1 Ct/kWh eingespeisten Strom
Land				
Förderung regen. Energien	Kollektoren	niedersäch. Energie-Agentur GmbH	zinsvergünstigtes Darlehen über 15 Jahre	bis zu 70% der Investitionssumme
Modernisierung von Wohneigentum	Gabäudesanierung zur Verbesserung des Wärmeschutzes	Landestreuhandstelle Niedersachsen	zinsvergünstigtes Darlehen über 20 Jahre	höchstens 25.500 euro
Modernisierung von Mietwohnungen	Gabäudesanierung zur Verbesserung des Wärmeschutzes	Landestreuhandstelle Niedersachsen	zinsvergünstigtes Darlehen über 20 Jahre	höchstens 25.500 euro



6. Berechnungen

6.1. Einleitung

In diesem Kapitel, werden die Berechnungen des Heizwärmebedarfs und die notwendigen bauphysikalischen Nachweise nach EnEV behandelt. Dies soll jedoch in einer kurzen Interpretation der einzelnen Ergebnisse und ihrer Verhältnisse geschehen. Aus Gründen der Übersicht finden sich die Gesamtergebnisse und die bauphysikalischen Nachweise in Tabellenform im Anhang Seite 14 - 28 wieder.

Alle Berechnungen wurden mit dem Simulationsprogramm Helex Version 2.1 aus dem Jahr 1999 durchgeführt. Hierbei handelt es sich um ein Programm, welches die thermischen Eigenschaften eines Gebäudes und den damit verbundenen Energieverbrauch anhand eines Test-Referenzjahres (TRY) simuliert. Ergänzend dazu wurden alle Berechnungen nach dem Monatsbilanzverfahren der EnEV durchgeführt. Das Monatsbilanzverfahren diente dazu, den öffentlich rechtlichen Nachweis nach EnEV für die durchgeführten Maßnahmen zu erbringen. Hierzu stand ein Programm der Gesamthochschule Kassel zur Verfügung.

Zur Erläuterung sei erwähnt, dass alle geführten Nachweise, z.B. der CO₂ – Einsparung, mit den Werten aus dem Nachweisverfahren nach Monatsbilanzverfahren geführt wurden. Weitere Berechnungen der Energieeinsparung etc. wurden nur nach den im Helex – Simulationsprogramm berechneten Werten angestellt. Es wurde eine Trennung zwischen reinem Nachweis und Berechnung vollzogen!

6.2. Ist - Zustände

Die Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile im Ist – Zustand werden wie in Kapitel 3 beschrieben - von den Mindestanforderungen der DIN 4108 für den jeweils betrachteten Zeitraum bestimmt. Siehe auch Tabellen Anhang Seiten 1-9.

Die Flächen und die Ausrichtung der Bauteile werden wie in Kapitel 4 beschreiben dem jeweiligen zu betrachtenden durchschnittlichen Gebäudetyp entnommen. Siehe Tabellen Anhang Seiten 10-13.

Dadurch, dass keine real existierenden Bauteile zur Verfügung standen, die zur Beschreibung des Gebäudes dienten, wurden fiktive Bauteile konstruiert, die zum einen den erforderlichen Wärmedurchgangskoeffizienten und zum anderen eine erforderliche Speichermasse zur realen Simulation besaßen. Die Speichermassen aller Einzelbauteile des Gebäudes zusammen entspricht den in der DIN 4108 – T6 getroffenen Annahmen zur Speichermasse der leichten bzw. schweren Bauart eines Gebäudes.



6.3. Soll - Zustände

Anforderungen der Energieeinsparverordnung

1. Mindestanforderungen an sanierte Altbauten mit normalen Innentemperaturen nach EnEV.

Bei der Sanierung von Gebäuden im Bestand, sieht die EnEV verschiedene Möglichkeiten vor, den Mindestwärmeschutz nachzuweisen:

- Wird ein Außenbauteil (Außenwände, Fenster, Fenstertüren und Dachflächenfenster) in seiner Fläche um mehr als 20% verändert, bestehen an den Wärmedurchgangskoeffizienten Mindestanforderungen, die einzuhalten sind.
- Der Nachweis gilt als erbracht, wenn das Gebäude die für Neubauten geforderten Werte des Primärenergiebedarfs und des spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes um nicht mehr als 40% überschreitet.

2. Anforderungen an Neubauten mit normalen Innentemperaturen nach EnEV.

- Neu zu errichtende Gebäude sind so auszuführen, dass ein auf die Gebäudenutzfläche bezogene Jahres – Primärenergiebedarf in Abhängigkeit des A/V – Verhältnisses nicht überschritten wird.

Die Anforderungen der EnEV sind detailliert im Anhang Seiten 8 und 9 aufgeführt.

Aus diesen beiden Forderungen der EnEV werden die beiden Ziele zur Erreichung der Soll – Zustände definiert:

Soll 1: Altbaustandard

- Erreichen der Anforderungen für sanierte Altbauten („Mindestwärmeschutz“) durch Dämmmaßnahmen an der Gebäudeaußenhülle. Die Werte des Primärenergiebedarfs und des Transmissionswärmeverlustes sollen den geforderten Wert nach EnEV für Neubauten um nicht mehr als 40% überschreiten.

Für diesen Sollzustand müssen folgende Nachweise geführt werden:

$$\begin{array}{lcl} \text{Haustyp I:} & Q_{P, \text{vorh.}} & \leq 1,4 * Q_{P, \text{zul.}} = 185,71 \text{ kWh/m}^2\text{a} \\ & H_{T, \text{vorh.}} & \leq 1,4 * H_{T, \text{zul.}} = 0,64 \text{ W/m}^2\text{K} \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Haustyp II:} & Q_{P, \text{vorh.}} & \leq 1,4 * Q_{P, \text{zul.}} = 172,34 \text{ kWh/m}^2\text{a} \\ & H_{T, \text{vorh.}} & \leq 1,4 * H_{T, \text{zul.}} = 0,67 \text{ W/m}^2\text{K} \end{array}$$



$$\begin{array}{lcl} \text{Haustyp III:} & Q''_{P, \text{ vorh.}} & \leq & 1,4 * Q''_{P, \text{ zul.}} = 156,20 \text{ kWh/m}^2\text{a} \\ & H''_{T, \text{ vorh.}} & \leq & 1,4 * H''_{T, \text{ zul.}} = 0,71 \text{ W/m}^2\text{K} \end{array}$$

- Sekundärziel: Überprüfen, ob Dämmassnahmen ausreichen, um Anforderungen des KfW – Gebäudesanierungsprogramms, 40 kg CO₂/m² - Emission pro Jahr einzusparen, erreicht wird.

Soll 2: Neubaustandard

- Erreichen der Anforderungen an Primärenergiebedarf und Transmissionswärmeverlust für Neubauten durch Dämmassnahmen an der Außenhülle.

Für diesen Sollzustand müssen folgende Nachweise geführt werden:

$$\begin{array}{lcl} \text{Haustyp I:} & Q''_{P, \text{ vorh.}} & \leq & Q''_{P, \text{ zul.}} = 132,70 \text{ kWh/m}^2\text{a} \\ & H''_{T, \text{ vorh.}} & \leq & H''_{T, \text{ zul.}} = 0,46 \text{ W/m}^2\text{K} \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Haustyp II:} & Q''_{P, \text{ vorh.}} & \leq & Q''_{P, \text{ zul.}} = 123,10 \text{ kWh/m}^2\text{a} \\ & H''_{T, \text{ vorh.}} & \leq & H''_{T, \text{ zul.}} = 0,48 \text{ W/m}^2\text{K} \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Haustyp III:} & Q''_{P, \text{ vorh.}} & \leq & Q''_{P, \text{ zul.}} = 111,57 \text{ kWh/m}^2\text{a} \\ & H''_{T, \text{ vorh.}} & \leq & H''_{T, \text{ zul.}} = 0,51 \text{ W/m}^2\text{K} \end{array}$$

- Sekundärziel: Überprüfen, ob Dämmassnahmen ausreichen, um Anforderungen des KfW – Gebäudesanierungsprogramms, 40 kg CO₂/m² - Emission pro Jahr einzusparen, erreicht wird.

Wird mit den Sanierungen die Anforderungen der EnEV erreicht, werden die ergriffenen Maßnahmen durch das KfW – Programm zur CO₂ – Minderung gefördert.

Weiterhin soll bei den Sollzuständen 1 und 2 überprüft werden, ob alle älteren Gebäude bei der Erreichung des jeweiligen Standards nach EnEV automatisch die KfW – Forderung der CO₂ – Einsparung erreichen und eine Förderung aus dem CO₂ - Gebäudesanierungsprogramm erhalten. Diese Erkenntnis wird bei der Erstellung des Bewertungsprogramms hinsichtlich der Finanzierung benötigt. Förderungen aus diesem Programm stehen für Häuser die vor 1977 erstellt worden sind zur Verfügung. Bei den hier behandelten Häusern nach 1977 wird die CO₂ – Einsparung zur Ergänzung mit berechnet und aufgeführt .



Der Nachweis der CO₂ – Einsparung wird wie folgt geführt:

$$E = Q''_{h,diff} * f \quad (6.1)$$

$Q''_{h,diff}$: Differenz zwischen Jahres – Heizwärmebedarf Ist- und Sollzustand in kWh/m²a

f: Faktor für spezifische CO₂ – Emission pro kWh Heizwärme kg CO₂/kWh nach Tab. Xy

Hier gewählt: 0,43 für Alt – Niedertemperaturkessel.

Da es sich um einen Nachweis handelt, werden hier die ermittelten Werte des Monatsbilanzverfahrens nach EnEV verwendet.

6.4. Gemeinsame Berechnungsannahmen bei Ist- und Sollzuständen

Bei den Berechnungen der Ist- und Sollzustände wurde von folgenden Voraussetzungen ausgegangen und folgende Annahmen getroffen:

Voraussetzungen nach DIN 4108:

Beheiztes Volumen:	$V = 0,76 * V_e$	nach DIN 4108 – 6, Anhang D, Tab. D3
Luftwechselrate:	$n = 0,7 \text{ h}^{-1}$	nach DIN 4108 – 6, Anhang D, Tab. D3
Interne Lasten:	$q_i = 5 \text{ W/m}^2$	nach DIN 4108 – 6, Anhang D, Tab. D3
Verschattungsfaktor:	$F_s = 0,9$	nach DIN 4108 – 6, Anhang D, Tab. D3
Speicherfähigkeit:		
Für schwere Geb.:	$C_{wirk, \eta} = 50 \text{ Wh}/(\text{m}^3 * \text{K}) * V_e$	nach DIN 4108 – 6, Anhang D, Tab. D3
Für leichte Geb.:	$C_{wirk, \eta} = 15 \text{ Wh}/(\text{m}^3 * \text{K}) * V_e$	nach DIN 4108 – 6, Anhang D, Tab. D3

Annahmen:

- Die geographische Lage aller Gebäude befindet sich in Braunschweig.
- Es wird eine mittlere Möblierungsdichte vorausgesetzt.
- In den Monaten Juli und August wird die Heizung komplett ausgeschaltet.
- Die Heizgrenztemperatur und Starttemperatur des Heizens liegt bei 19°C.
- Strahlungsabsorptionsgrad der Außenwände: 0,55
- Strahlungsabsorptionsgrad des Daches: 0,75
- Bei der Heizung wird keine Nachtabschaltung vorgenommen.
- Es findet keine nachträgliche Luftdichtheitsprüfung statt



6.5. Baujahr 1952 – 1969

Soll 1

In dieser Zeitkategorie wurden zur Erreichung des geforderten Altbaustands folgende Maßnahmen ergriffen:

- Der Wärmedurchgangskoeffizient der Außenwände von $1,59 \text{ W/m}^2\text{K}$ wurde durch Aufbringen einer 10cm starken Dämmschicht, WLG 035 verbessert auf $0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Die alten Fenster $U_F = 2,9 \text{ W/m}^2\text{K}$, g-Wert = 0,73 wurden ersetzt durch Fenster mit $U_F = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ und einem g-Wert = 0,6.
- Der Wärmedurchgangskoeffizient der obersten Geschossdecke von $1,59 \text{ W/m}^2\text{K}$ wurde durch Aufbringen einer 6cm starken Dämmschicht WLG 035 verbessert auf $0,42 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Der Wärmedurchgangskoeffizient der Kellerdecke von $1,01 \text{ W/m}^2\text{K}$ wurde durch Aufbringen einer 6cm starken Dämmschicht, WLG 035 verbessert auf $0,37 \text{ W/m}^2\text{K}$

Soll 2

Um den geforderten Neubaustandard zu erreichen wurden in dieser Kategorie folgende Maßnahmen getroffen:

- Der Wärmedurchgangskoeffizient der Außenwände und obersten Geschossdecke von $1,59 \text{ W/m}^2\text{K}$ wurde durch Aufbringen einer 16cm starken Dämmschicht, WLG 035 verbessert auf $0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Die alten Fenster $U_F = 2,9 \text{ W/m}^2\text{K}$, g-Wert = 0,73 wurden ersetzt durch Fenster mit $U_F = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ und einem g-Wert = 0,6.
- Der Wärmedurchgangskoeffizient der Kellerdecke von $1,01 \text{ W/m}^2\text{K}$ wurde durch Aufbringen einer 12cm starken Dämmschicht, WLG 035 verbessert auf $0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Der Wärmedurchgangskoeffizient des Daches von $0,81 \text{ W/m}^2\text{K}$ wurde durch Aufbringen einer 12cm starken Dämmschicht, WLG 025 verbessert auf $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Beim Nachweis nach Energieeinsparverordnung wird davon ausgegangen, dass die Wärmebrücken nach DIN 4108, Bbl.2 optimiert wurden.



6.5.1. Haustyp 1

Massiv – Soll 1

- Durch die durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 237,80 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 70,3% gegenüber dem Ist – Zustand.
- Es werden ca. 91,9 kg CO₂/m²a eingespart, das bedeutet, dass die Sanierung nach dem CO₂ – Minderungsprogramm der KfW förderfähig ist.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,92 W/m²K, das entspricht einer Senkung um 65,3%.

Massiv - Soll 2

- Durch die erhöhten durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 274,10 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 81% gegenüber dem Ist – Zustand und einer weiteren Senkung gegenüber dem Soll 1 um weitere 36,1%.
- Es werden ca. 110,46 kg CO₂/m²a eingespart, das bedeutet, dass die Sanierung nach dem CO₂ – Minderungsprogramm der KfW förderfähig ist.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 1,12 W/m²K das entspricht einer Senkung um 79,4%.

Leicht - Soll 1

- Durch die durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 246,90 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 70,8% gegenüber dem Ist – Zustand.
- Es werden ca. 92,7 kg CO₂/m²a eingespart, das bedeutet, dass die Sanierung nach dem CO₂ – Minderungsprogramm der KfW förderfähig ist.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,92 W/m²K das entspricht einer Senkung um 65,3%.

Leicht - Soll 2

- Durch die erhöhten durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 284,50 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 81,5% gegenüber dem Ist – Zustand und einer weiteren Senkung gegenüber dem Soll 1 um weitere 36,8%.
- Es werden ca. 111,8 kg CO₂/m²a eingespart, das bedeutet, dass die Sanierung nach dem CO₂ – Minderungsprogramm der KfW förderfähig ist.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 1,12 W/m²K das entspricht einer Senkung um 79,4%.



6.5.2. Haustyp 2

Massiv - Soll 1

- Durch die durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 187,65 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 65,5% gegenüber dem Ist – Zustand.
- Es werden ca. 73,9 CO₂/m²a eingespart, das bedeutet, dass die Sanierung nach dem CO₂ – Minderungsprogramm der KfW förderfähig ist.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,85 W/m²K, das entspricht einer Senkung um 61,6%.

Massiv - Soll 2

- Durch die erhöhten durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 227,05 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 79,3% gegenüber dem Ist – Zustand und einer weiteren Senkung gegenüber dem Soll 1 um weitere 39,8%.
- Es werden ca. 93,7 kg CO₂/m²a eingespart, das bedeutet, dass die Sanierung nach dem CO₂ – Minderungsprogramm der KfW förderfähig ist.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 1,09 W/m²K das entspricht einer Senkung um 79%.

Leicht - Soll 1

- Durch die durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 193,12 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 65,8% gegenüber dem Ist – Zustand.
- Es werden ca. 74,7 kg CO₂/m²a eingespart, das bedeutet, dass die Sanierung nach dem CO₂ – Minderungsprogramm der KfW förderfähig ist.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,85 W/m²K das entspricht einer Senkung um 61,6%.

Leicht - Soll 2

- Durch die erhöhten durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 233,22 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 79,5% gegenüber dem Ist – Zustand und einer weiteren Senkung gegenüber dem Soll 1 um weitere 40,1%.
- Es werden ca. 94,9 kg CO₂/m²a eingespart, das bedeutet, dass die Sanierung nach dem CO₂ – Minderungsprogramm der KfW förderfähig ist.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 1,09 W/m²K das entspricht einer Senkung um 79%.



6.5.3. Haustyp 3

Massiv - Soll 1

- Durch die durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 191,79 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 70,5% gegenüber dem Ist – Zustand.
- Es werden ca. 75,6 CO₂/m²a eingespart, das bedeutet, dass die Sanierung nach dem CO₂ – Minderungsprogramm der KfW förderfähig ist.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 1,03 W/m²K, das entspricht einer Senkung um 66,9%.

Massiv - Soll 2

- Durch die erhöhten durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 216,19 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 79,5% gegenüber dem Ist – Zustand und einer weiteren Senkung gegenüber dem Soll 1 um weitere 30,5%.
- Es werden ca. 88 kg CO₂/m²a eingespart, das bedeutet, dass die Sanierung nach dem CO₂ – Minderungsprogramm der KfW förderfähig ist.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 1,22 W/m²K das entspricht einer Senkung um 79,2%.

Leicht - Soll 1

- Durch die durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 200,8 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 71% gegenüber dem Ist – Zustand.
- Es werden ca. 76,7 kg CO₂/m²a eingespart, das bedeutet, dass die Sanierung nach dem CO₂ – Minderungsprogramm der KfW förderfähig ist.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 1,03 W/m²K das entspricht einer Senkung um 66,9%.

Leicht - Soll 2

- Durch die erhöhten durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 233,43 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 71,1% gegenüber dem Ist – Zustand und einer weiteren Senkung gegenüber dem Soll 1 um weitere 39,8%.
- Es werden ca. 89,6 kg CO₂/m²a eingespart, das bedeutet, dass die Sanierung nach dem CO₂ – Minderungsprogramm der KfW förderfähig ist.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 1,22 W/m²K das entspricht einer Senkung um 79,2%.



6.5.4. Gesamtbetrachtung der Epoche 1952 – 1969

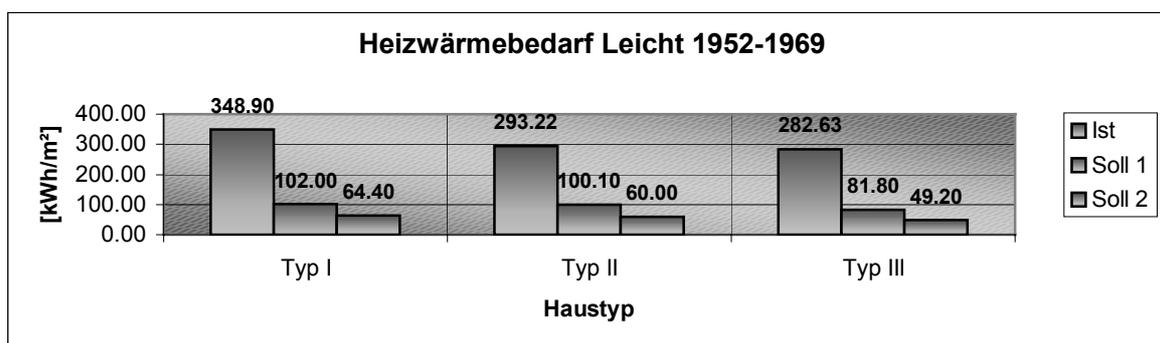
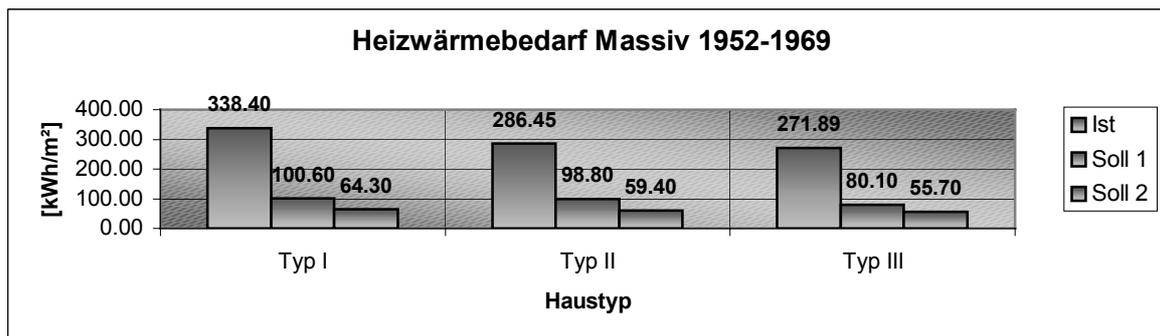
Betrachtung der Ergebnisse Ist – Soll 1

- Das durchschnittliche prozentuale Einsparungspotential des Heizwärmebedarfs pro Jahr liegt bei 69 %.
- Alle Objekte sparen mehr als 40 kg/m²a ein und können bei Sanierung auf EnEV – Altbaustandard im Rahmen des KfW CO₂ – Gebäudesanierungsprogramms gefördert werden.

Betrachtung der Ergebnisse Ist – Soll 2

- Das durchschnittliche prozentuale Einsparungspotential des Heizwärmebedarfs pro Jahr liegt bei 80,57 %.
- Alle Objekte sparen mehr als 40 kg/m²a ein und können bei Sanierung auf EnEV – Neubaustandard im Rahmen des KfW CO₂ – Gebäudesanierungsprogramms gefördert werden.

Vergleich



Anhand der Diagramme lässt sich erkennen, dass die Einsparungen bei massiven und leichten Häusern annähernd gleich sind. Gut erkennbar ist auch hier die Abhängigkeit des Heizwärmebedarfs vom A/V – Verhältnis. Je größer A/V, desto größer sind auch die Verbräuche.

Die durchschnittliche prozentuale Einsparung an Heizwärme zwischen den Soll – Zuständen 1 und 2 liegt in diesem Zeitraum bei ca. 37%



6.6. Baujahr 1969 – 1977

Soll 1

In dieser Zeitkategorie wurden zur Erreichung des geforderten Altbaustands folgende Maßnahmen ergriffen:

- Der Wärmedurchgangskoeffizient der Außenwände von $1,59 \text{ W/m}^2\text{K}$ wurde durch Aufbringen einer 8cm starken Dämmschicht, WLG 035 verbessert auf $0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Der Wärmedurchgangskoeffizient der obersten Geschossdecke von $0,98 \text{ W/m}^2\text{K}$ wurde durch Aufbringen einer 6cm starken Dämmschicht, WLG 035 verbessert auf $0,36 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Die alten Fenster $U_F = 2,9 \text{ W/m}^2\text{K}$, g-Wert = 0,73 wurden ersetzt durch Fenster mit $U_F = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ und einem g-Wert = 0,6.
- Der Wärmedurchgangskoeffizient der Kellerdecke von $0,83 \text{ W/m}^2\text{K}$ wurde durch Aufbringen einer 6cm starken Dämmschicht, WLG 035 verbessert auf $0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Soll 2

Um den geforderten Neubaustandard zu erreichen wurden in dieser Kategorie folgende Maßnahmen getroffen:

- Der Wärmedurchgangskoeffizient der Außenwände von $1,59 \text{ W/m}^2\text{K}$ wurde durch Aufbringen einer 16cm starken Dämmschicht, WLG 035 verbessert auf $0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Der Wärmedurchgangskoeffizient der obersten Geschossdecke von $0,98 \text{ W/m}^2\text{K}$ wurde durch Aufbringen einer 14cm starken Dämmschicht, WLG 035 verbessert auf $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Die alten Fenster $U_F = 3,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, g-Wert = 0,76 wurden ersetzt durch Fenster mit $U_F = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ und einem g-Wert = 0,6.
- Der Wärmedurchgangskoeffizient der Kellerdecke von $0,83 \text{ W/m}^2\text{K}$ wurde durch Aufbringen einer 8cm starken Dämmschicht, WLG 035 verbessert auf $0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Der Wärmedurchgangskoeffizient des Daches von $0,69 \text{ W/m}^2\text{K}$ wurde durch Aufbringen einer 9cm starken Dämmschicht, WLG 025 verbessert auf $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Beim Nachweis nach Energieeinsparverordnung wird davon ausgegangen, dass die Wärmebrücken nach DIN 4108, Bbl.2 optimiert wurden.



6.6.1. Haustyp 1

Massiv - Soll 1

- Durch die durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 195,31 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 67% gegenüber dem Ist – Zustand.
- Es werden ca. 78,2 CO₂/m²a eingespart, das bedeutet, dass die Sanierung nach dem CO₂ – Minderungsprogramm der KfW förderfähig ist.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,8 W/m²K, das entspricht einer Senkung um 62,5%.

Massiv - Soll 2

- Durch die erhöhten durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 224,61 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 77% gegenüber dem Ist – Zustand und einer weiteren Senkung gegenüber dem Soll 1 um weitere 30,4%.
- Es werden ca. 94,6 kg CO₂/m²a eingespart, das bedeutet, dass die Sanierung nach dem CO₂ – Minderungsprogramm der KfW förderfähig ist.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,97 W/m²K das entspricht einer Senkung um 75,8%.

Leicht - Soll 1

- Durch die durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 200,7 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 66,6% gegenüber dem Ist – Zustand.
- Es werden ca. 79,2 kg CO₂/m²a eingespart, das bedeutet, dass die Sanierung nach dem CO₂ – Minderungsprogramm der KfW förderfähig ist.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,8 W/m²K das entspricht einer Senkung um 62,5%.

Leicht - Soll 2

- Durch die erhöhten durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 233,2 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 77,4% gegenüber dem Ist – Zustand und einer weiteren Senkung gegenüber dem Soll 1 um weitere 32,3%.
- Es werden ca. 96 kg CO₂/m²a eingespart, das bedeutet, dass die Sanierung nach dem CO₂ – Minderungsprogramm der KfW förderfähig ist.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,97 W/m²K das entspricht einer Senkung um 75,8%.



6.6.2. Haustyp 2

Massiv - Soll 1

- Durch die durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 160,41 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 63% gegenüber dem Ist – Zustand.
- Es werden ca. 64,8 CO₂/m²a eingespart, das bedeutet, dass die Sanierung nach dem CO₂ – Minderungsprogramm der KfW förderfähig ist.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,76 W/m²K, das entspricht einer Senkung um 60%.

Massiv - Soll 2

- Durch die erhöhten durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 191,31 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 75,3% gegenüber dem Ist – Zustand und einer weiteren Senkung gegenüber dem Soll 1 um weitere 33%.
- Es werden ca. 81,6 kg CO₂/m²a eingespart, das bedeutet, dass die Sanierung nach dem CO₂ – Minderungsprogramm der KfW förderfähig ist.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,95 W/m²K das entspricht einer Senkung um 74,8%.

Leicht - Soll 1

- Durch die durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 165,6 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 63,9% gegenüber dem Ist – Zustand.
- Es werden ca. 65,6 kg CO₂/m²a eingespart, das bedeutet, dass die Sanierung nach dem CO₂ – Minderungsprogramm der KfW förderfähig ist.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,76 W/m²K das entspricht einer Senkung um 60%.

Leicht - Soll 2

- Durch die erhöhten durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 199,7 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 75,8% gegenüber dem Ist – Zustand und einer weiteren Senkung gegenüber dem Soll 1 um weitere 34,9%.
- Es werden ca. 83 kg CO₂/m²a eingespart, das bedeutet, dass die Sanierung nach dem CO₂ – Minderungsprogramm der KfW förderfähig ist.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,95 W/m²K das entspricht einer Senkung um 74,8%.



6.6.3. Haustyp 3

Massiv - Soll 1

- Durch die durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 171,43 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 68,6% gegenüber dem Ist – Zustand.
- Es werden ca. 68 CO₂/m²a eingespart, dass bedeutet, dass die Sanierung nach dem CO₂ – Minderungsprogramm der KfW förderfähig ist.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,95 W/m²K, das entspricht einer Senkung um 66%.

Massiv - Soll 2

- Durch die erhöhten durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 192,63 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 77% gegenüber dem Ist – Zustand und einer weiteren Senkung gegenüber dem Soll 1 um weitere 27%.
- Es werden ca. 80 kg CO₂/m²a eingespart, dass bedeutet, dass die Sanierung nach dem CO₂ – Minderungsprogramm der KfW förderfähig ist.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 1,12 W/m²K das entspricht einer Senkung um 77%.

Leicht - Soll 1

- Durch die durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 173,7 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 67,6% gegenüber dem Ist – Zustand.
- Es werden ca. 69 kg CO₂/m²a eingespart, dass bedeutet, dass die Sanierung nach dem CO₂ – Minderungsprogramm der KfW förderfähig ist.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,95 W/m²K das entspricht einer Senkung um 66%.

Leicht - Soll 2

- Durch die erhöhten durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 198,2 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 77,2% gegenüber dem Ist – Zustand und einer weiteren Senkung gegenüber dem Soll 1 um weitere 29,5%.
- Es werden ca. 81,5 kg CO₂/m²a eingespart, dass bedeutet, dass die Sanierung nach dem CO₂ – Minderungsprogramm der KfW förderfähig ist.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 1,12 W/m²K das entspricht einer Senkung um 77%.



6.6.4. Gesamtbetrachtung der Epoche 1969 – 1977

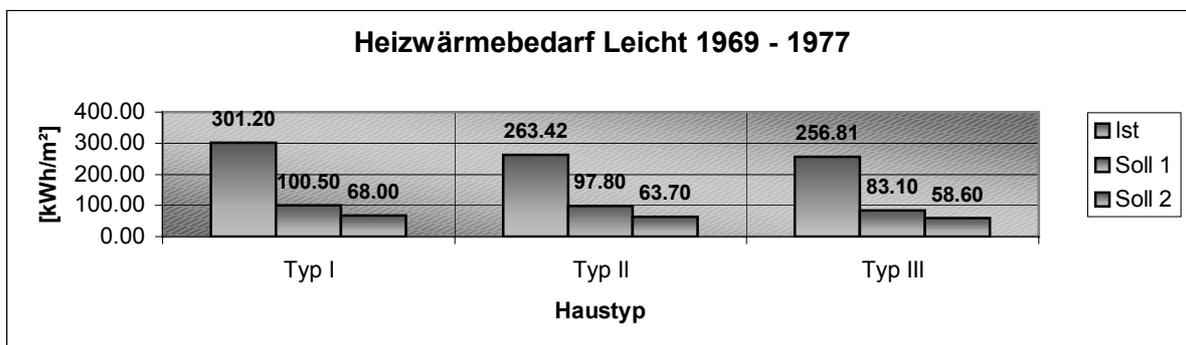
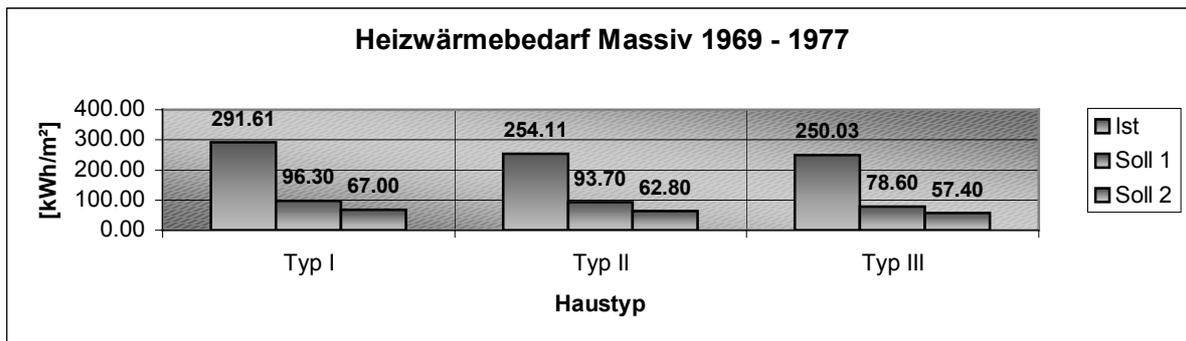
Betrachtung der Ergebnisse Ist – Soll 1

- Das durchschnittliche prozentuale Einsparungspotential des Heizwärmebedarfs pro Jahr liegt bei 65,97%.
- Alle Objekte sparen mehr als 40 kg/m²a ein und können bei minimaler Sanierung auf EnEV – Altbaustandard im Rahmen des KfW CO₂ – Gebäudesanierungsprogramms gefördert werden.

Betrachtung der Ergebnisse Ist – Soll 2

- Das durchschnittliche prozentuale Einsparungspotential des Heizwärmebedarfs pro Jahr liegt bei 76,63 %.
- Alle Objekte sparen mehr als 40 kg/m²a ein und können bei Sanierung auf EnEV – Neubaustandard im Rahmen des KfW CO₂ – Gebäudesanierungsprogramms gefördert werden.

Vergleich



Auch hier verhalten sich die berechneten Verbräuche in annähernd gleichen Verhältnis zueinander.

Die durchschnittliche prozentuale Einsparung an Heizwärme zwischen den Soll – Zuständen 1 und 2 liegt in diesem Zeitraum bei ca. 31%. Gegenüber der Epoche 1952 – 1969 sind das ca. 6 % weniger Einsparung bei annähernd gleichem Mehraufwand bei der Sanierung.



6.7. Baujahr 1977 – 1982

Soll 1

In dieser Zeitkategorie wurden zur Erreichung des geforderten Altbaustands folgende Maßnahmen ergriffen:

- Der Wärmedurchgangskoeffizient der Außenwände von $1,14 \text{ W/m}^2\text{K}$ wurde durch Aufbringen einer 12cm starken Dämmschicht, WLG 035 verbessert auf $0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Der Wärmedurchgangskoeffizient der obersten Geschossdecke von $0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$ wurde durch Aufbringen einer 6cm starken Dämmschicht, WLG 035 verbessert auf $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Die alten Fenster $U_F = 3,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, g-Wert = 0,76 wurden ersetzt durch Fenster mit $U_F = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ und einem g-Wert = 0,6.

Soll 2

Um den geforderten Neubaustandard zu erreichen wurden in dieser Kategorie folgende Maßnahmen getroffen:

- Der Wärmedurchgangskoeffizient der Außenwände von $1,14 \text{ W/m}^2\text{K}$ wurde durch Aufbringen einer 14cm starken Dämmschicht, WLG 035 verbessert auf $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Der Wärmedurchgangskoeffizient der obersten Geschossdecke von $0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$ wurde durch Aufbringen einer 10cm starken Dämmschicht, WLG 035 verbessert auf $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Die alten Fenster $U_F = 3,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, g-Wert = 0,76 wurden ersetzt durch Fenster mit $U_F = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ und einem g-Wert = 0,6.
- Der Wärmedurchgangskoeffizient der Kellerdecke von $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ wurde durch Aufbringen einer 8cm starken Dämmschicht, WLG 035 verbessert auf $0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Der Wärmedurchgangskoeffizient des Daches von $0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$ wurde durch Aufbringen einer 9cm starken Dämmschicht, WLG 025 verbessert auf $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Beim Nachweis nach Energieeinsparverordnung wird davon ausgegangen, dass die Wärmebrücken nach DIN 4108, Bbl.2 optimiert wurden.



6.7.1. Haustyp 1

Massiv - Soll 1

- Durch die durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 118,75 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 54,6% gegenüber dem Ist – Zustand.
- Es werden ca. 48,47 CO₂/m²a eingespart.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,51 W/m²K, das entspricht einer Senkung um 50%.

Massiv - Soll 2

- Durch die erhöhten durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 151,45 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 69,7% gegenüber dem Ist – Zustand und einer weiteren Senkung gegenüber dem Soll 1 um weitere 33,2%.
- Es werden ca. 66,6 kg CO₂/m²a eingespart.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,71 W/m²K das entspricht einer Senkung um 70%.

Leicht - Soll 1

- Durch die durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 121,82 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 54,6% gegenüber dem Ist – Zustand.
- Es werden ca. 49,3 kg CO₂/m²a eingespart.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,51 W/m²K das entspricht einer Senkung um 50%.

Leicht - Soll 2

- Durch die erhöhten durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 155,4 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 69,6% gegenüber dem Ist – Zustand und einer weiteren Senkung gegenüber dem Soll 1 um weitere 33,1%.
- Es werden ca. 68 kg CO₂/m²a eingespart.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,71 W/m²K das entspricht einer Senkung um 70%.



6.7.2. Haustyp 2

Massiv - Soll 1

- Durch die durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 100,5 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 51,7% gegenüber dem Ist – Zustand.
- Es werden ca. 42,3 CO₂/m²a eingespart.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,5 W/m²K, das entspricht einer Senkung um 50%.

Massiv - Soll 2

- Durch die erhöhten durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 132,9 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 68,4% gegenüber dem Ist – Zustand und einer weiteren Senkung gegenüber dem Soll 1 um weitere 34,6%.
- Es werden ca. 59 kg CO₂/m²a eingespart.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,7 W/m²K das entspricht einer Senkung um 70%.

Leicht - Soll 1

- Durch die durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 103,48 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 51,7% gegenüber dem Ist – Zustand.
- Es werden ca. 42 kg CO₂/m²a eingespart.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,5 W/m²K das entspricht einer Senkung um 50%.

Leicht - Soll 2

- Durch die erhöhten durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 137,2 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 68,5% gegenüber dem Ist – Zustand und einer weiteren Senkung gegenüber dem Soll 1 um weitere 34,8%.
- Es werden ca. 60,3 kg CO₂/m²a eingespart.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,7 W/m²K das entspricht einer Senkung um 70%.



6.7.3. Haustyp 3

Massiv - Soll 1

- Durch die durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 112,48 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 59,8% gegenüber dem Ist – Zustand.
- Es werden ca. 46,2 CO₂/m²a eingespart.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,66 W/m²K, das entspricht einer Senkung um 57%.

Massiv - Soll 2

- Durch die erhöhten durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 131,48 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 69,9% gegenüber dem Ist – Zustand und einer weiteren Senkung gegenüber dem Soll 1 um weitere 25%.
- Es werden ca. 57,4 kg CO₂/m²a eingespart.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,82 W/m²K das entspricht einer Senkung um 71%.

Leicht - Soll 1

- Durch die durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 105,42 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 57,2% gegenüber dem Ist – Zustand.
- Es werden ca. 47,2 kg CO₂/m²a eingespart.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,66 W/m²K das entspricht einer Senkung um 57%.

Leicht - Soll 2

- Durch die erhöhten durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 125,32 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 68% gegenüber dem Ist – Zustand und einer weiteren Senkung gegenüber dem Soll 1 um weitere 25%.
- Es werden ca. 60,3 kg CO₂/m²a eingespart.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,82 W/m²K das entspricht einer Senkung um 71%.



6.7.4. Gesamtbetrachtung der Epoche 1977 – 1982

Betrachtung der Ergebnisse Ist – Soll 1

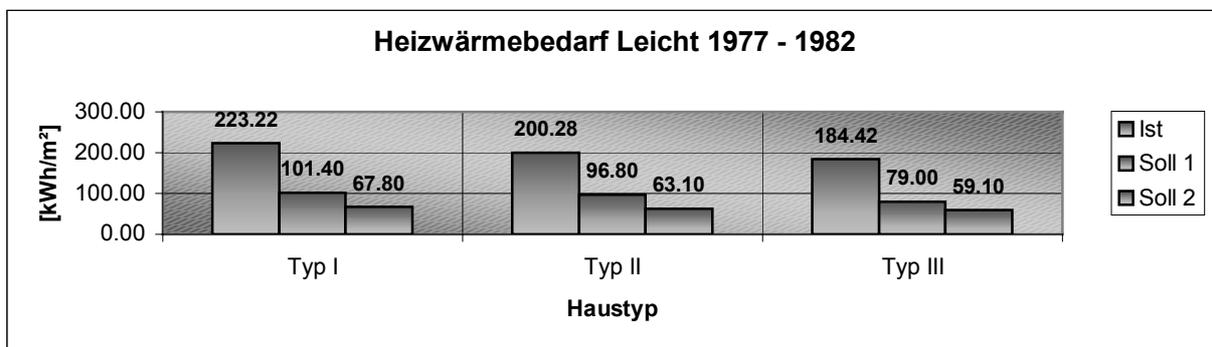
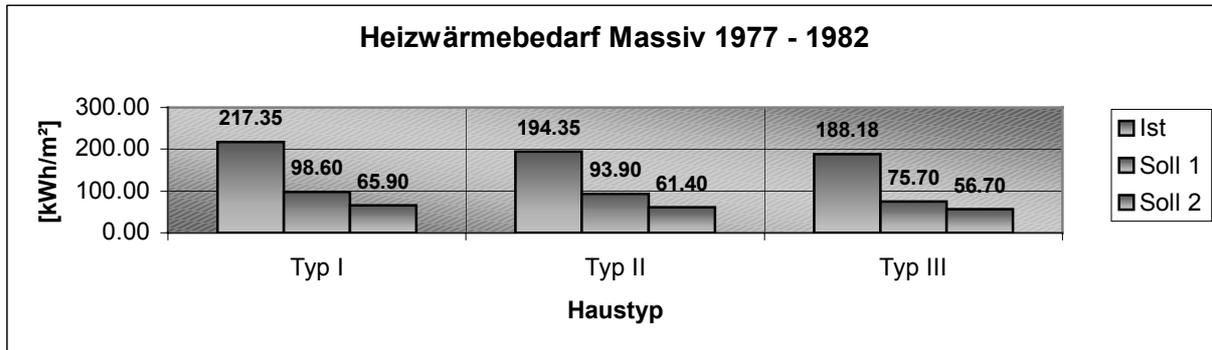
- Das durchschnittliche prozentuale Einsparungspotential des Heizwärmebedarfs pro Jahr liegt bei 54,92 %.
- Alle Bauteilanforderungen und die Gesamtanforderung an Gebäude nach EnEV wurden durch die Sanierungsmaßnahmen erfüllt. Die Sanierung kann somit im Rahmen des Programms zur CO₂ – Minderung von der KfW gefördert werden.
- Alle Objekte sparen mehr als 40 kg/m²a ein. Die Gebäude können bei Sanierung auf EnEV – Neubaustandard im Rahmen des KfW CO₂ – Gebäudesanierungsprogramms jedoch nicht gefördert werden, da dies nur für Gebäude gilt, die im Jahr 1978 oder früher fertiggestellt worden sind.

Betrachtung der Ergebnisse Ist – Soll 2

- Das durchschnittliche prozentuale Einsparungspotential des Heizwärmebedarfs pro Jahr liegt bei 69,00%.
- Alle Bauteilanforderungen und die Gesamtanforderung an Gebäude nach EnEV wurden durch die Sanierungsmaßnahmen erfüllt. Die Sanierung kann somit im Rahmen des Programms zur CO₂ – Minderung von der KfW gefördert werden.
- Alle Objekte sparen mehr als 40 kg/m²a ein. Die Gebäude können bei Sanierung auf EnEV – Neubaustandard im Rahmen des KfW CO₂ – Gebäudesanierungsprogramms jedoch nicht gefördert werden, da dies nur für Gebäude gilt, die im Jahr 1978 oder früher fertiggestellt worden sind.



Vergleich



Wie in den beiden vorher betrachteten Zeitkategorien verhält sich die Abnahme der Verbräuche innerhalb der einzeln betrachteten Häusertypen in gleichen Verhältnis zueinander.



6.8. Baujahr 1982 – 1995

Soll 1

In dieser Zeitkategorie wurden zur Erreichung des geforderten Altbaustands folgende Maßnahmen ergriffen:

- Der Wärmedurchgangskoeffizient der Außenwände von $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ wurde durch Aufbringen einer 6cm starken Dämmschicht, WLG 035 verbessert auf $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Die alten Fenster $U_F = 2,9 \text{ W/m}^2\text{K}$, g-Wert = 0,73 wurden ersetzt durch Fenster mit $U_F = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ und einem g-Wert = 0,6.

Soll 2

Um den geforderten Neubaustandard zu erreichen wurden in dieser Kategorie folgende Maßnahmen getroffen:

- Der Wärmedurchgangskoeffizient der Außenwände von $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$ wurde durch Aufbringen einer 10cm starken Dämmschicht, WLG 035 verbessert auf $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Der Wärmedurchgangskoeffizient der obersten Geschossdecke von $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ wurde durch Aufbringen einer 10cm starken Dämmschicht, WLG 035 verbessert auf $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Die alten Fenster $U_F = 2,9 \text{ W/m}^2\text{K}$, g-Wert = 0,73 wurden ersetzt durch Fenster mit $U_F = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ und einem g-Wert = 0,6.
- Der Wärmedurchgangskoeffizient der Kellerdecke von $0,55 \text{ W/m}^2\text{K}$ wurde durch Aufbringen einer 8cm starken Dämmschicht, WLG 035 verbessert auf $0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Der Wärmedurchgangskoeffizient des Daches von $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ wurde durch Aufbringen einer 9cm starken Dämmschicht, WLG 025 verbessert auf $0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Beim Nachweis nach Energieeinsparverordnung wird davon ausgegangen, dass die Wärmebrücken nach DIN 4108, Bbl.2 optimiert wurden.



6.8.1. Haustyp 1

Massiv - Soll 1

- Durch die durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 72,56 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 42% gegenüber dem Ist – Zustand.
- Es werden ca. 30,3 kg CO₂/m²a eingespart.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,32 W/m²K, das entspricht einer Senkung um 40%.

Massiv - Soll 2

- Durch die erhöhten durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 105,8 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 61,3% gegenüber dem Ist – Zustand und einer weiteren Senkung gegenüber dem Soll 1 um weitere 33,2%.
- Es werden ca. 47,8 kg CO₂/m²a eingespart.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,51 W/m²K das entspricht einer Senkung um 63%.

Leicht - Soll 1

- Durch die durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 74,5 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 42% gegenüber dem Ist – Zustand.
- Es werden ca. 31 kg CO₂/m²a eingespart.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,32 W/m²K das entspricht einer Senkung um 40%.

Leicht - Soll 2

- Durch die erhöhten durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 108 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 61,3% gegenüber dem Ist – Zustand und einer weiteren Senkung gegenüber dem Soll 1 um weitere 33,4%.
- Es werden ca. 49 kg CO₂/m²a eingespart.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,51 W/m²K das entspricht einer Senkung um 63%.



6.8.2. Haustyp 2

Massiv - Soll 1

- Durch die durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 63,5 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 41% gegenüber dem Ist – Zustand.
- Es werden ca. 26,6 kg CO₂/m²a eingespart.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,33 W/m²K, das entspricht einer Senkung um 40%.

Massiv - Soll 2

- Durch die erhöhten durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 92,6 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 60% gegenüber dem Ist – Zustand und einer weiteren Senkung gegenüber dem Soll 1 um weitere 31,8%.
- Es werden ca. 42,4 kg CO₂/m²a eingespart.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,51 W/m²K das entspricht einer Senkung um 62%.

Leicht - Soll 1

- Durch die durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 65,2 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 41% gegenüber dem Ist – Zustand.
- Es werden ca. 27,2 kg CO₂/m²a eingespart.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,33 W/m²K das entspricht einer Senkung um 40%.

Leicht - Soll 2

- Durch die erhöhten durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 95,4 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 60% gegenüber dem Ist – Zustand und einer weiteren Senkung gegenüber dem Soll 1 um weitere 32%.
- Es werden ca. 43,5 kg CO₂/m²a eingespart.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,51 W/m²K das entspricht einer Senkung um 62%.



6.8.3. Haustyp 3

Massiv - Soll 1

- Durch die durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 72,6 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 47% gegenüber dem Ist – Zustand.
- Es werden ca. 29,8 kg CO₂/m²a eingespart.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,43 W/m²K, das entspricht einer Senkung um 47%.

Massiv - Soll 2

- Durch die erhöhten durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 94 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 61% gegenüber dem Ist – Zustand und einer weiteren Senkung gegenüber dem Soll 1 um weitere 26,4%.
- Es werden ca. 41,8 kg CO₂/m²a eingespart.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,6 W/m²K das entspricht einer Senkung um 64%.

Leicht - Soll 1

- Durch die durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 74,2kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 47% gegenüber dem Ist – Zustand.
- Es werden ca. 30,7 kg CO₂/m²a eingespart.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,43 W/m²K das entspricht einer Senkung um 47%.

Leicht - Soll 2

- Durch die erhöhten durchgeführten Maßnahmen ließ sich der Heizwärmebedarf um 96,4 kWh/m²a gegenüber dem Ist – Zustand senken.
- Dies entspricht einer Senkung um 61% gegenüber dem Ist – Zustand und einer weiteren Senkung gegenüber dem Soll 1 um weitere 26,4%.
- Es werden ca. 43 kg CO₂/m²a eingespart.
- Der Transmissionswärmebedarf sinkt um 0,6 W/m²K das entspricht einer Senkung um 64%.



6.8.4. Gesamtbetrachtung der Epoche 1982 – 1995

Betrachtung der Ergebnisse Ist – Soll 1

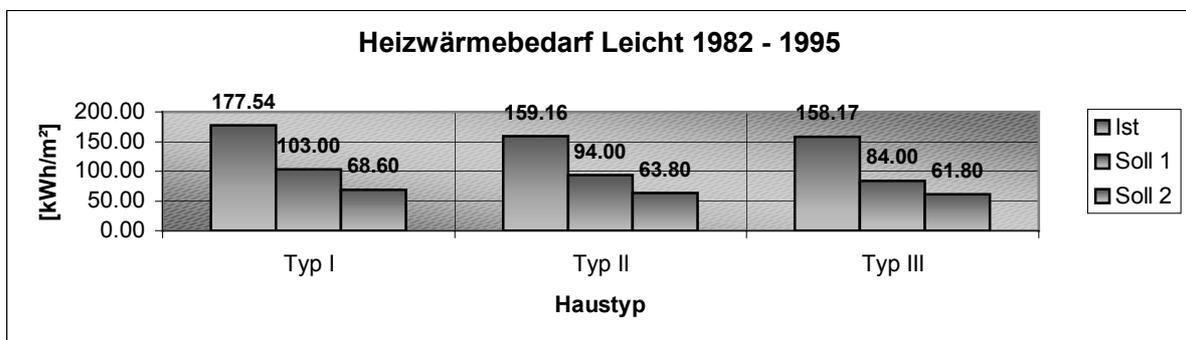
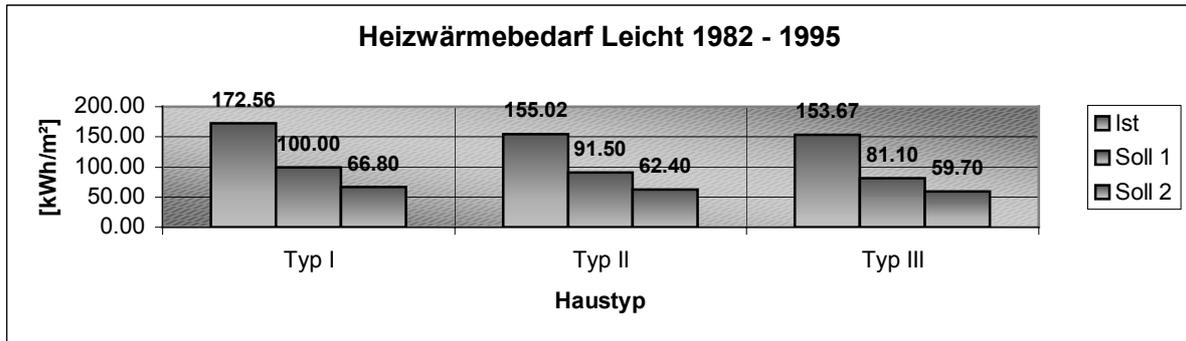
- Das durchschnittliche prozentuale Einsparungspotential des Heizwärmebedarfs pro Jahr liegt bei 43,34 %.
- Alle Bauteilanforderungen und die Gesamtanforderung an Gebäude nach EnEV wurden durch die Sanierungsmaßnahmen erfüllt. Die Sanierung kann somit im Rahmen des Programms zur CO₂ – Minderung von der KfW gefördert werden.

Betrachtung der Ergebnisse Ist – Soll 2

- Das durchschnittliche prozentuale Einsparungspotential des Heizwärmebedarfs pro Jahr liegt bei 60,73 %.
- Alle Bauteilanforderungen und die Gesamtanforderung an Gebäude nach EnEV wurden durch die Sanierungsmaßnahmen erfüllt. Die Sanierungen können somit im Rahmen des Programms zur CO₂ – Minderung von der KfW gefördert werden.
- Alle Objekte sparen mehr als 40 kg/m²a ein. Die Gebäude können bei Sanierung auf EnEV – Neubaustandard im Rahmen des KfW CO₂ – Gebäudesanierungsprogramms jedoch nicht gefördert werden, da dies nur für Gebäude gilt, die vor dem Jahr 1978 oder vorher fertiggestellt worden sind.



Vergleich



Beide Diagramme zeigen auf, dass die Einsparung auch in dieser Kategorie unter den einzelnen Haustypen wieder im gleichen Verhältnis steht. Die absolute Einsparung ist jedoch, aufgrund der besseren energetischen Qualität der Bauteile, wesentlich geringer als in der Zeitkategorie 1952 – 1969. Es muss sich hier aber vor Augen geführt werden, dass das noch vorhandene Einsparpotential, welches durch bauliche Maßnahmen noch auszuschöpfen wäre, bei beiden Sollzuständen noch beträchtlich ist. Technische wären noch weitere Maßnahmen möglich, um die gesetzten Ziele des Altbau- und Neubausniveaus nach EnEV noch weiter zu überbieten.



6.9. Heizwärmebedarf Massive / Leichte Bauweise

Bei der Berechnung der Gebäudetypen wurde von idealisierten Bauteilen ausgegangen, die – je nach den damals bestehenden Anforderungen der DIN 4108 – den entsprechenden Wärmedurchgangskoeffizienten besaßen, sich jedoch in Ihrer Speicherfähigkeit in massive und leichte Bauweisen unterschieden.

Ausgangspunkt für die Festlegung der Speicherfähigkeit der Gebäude, war die Aussage der DIN 4108 Teil 6, Gleichungen 71 und 72:

Danach gilt für:

- massive Gebäude: $c_{\text{wirk}, \eta} = 50 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{K}) * V_e$
- leichte Gebäude: $c_{\text{wirk}, \eta} = 15 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \cdot \text{K}) * V_e$

In der ganzheitlichen Betrachtung der Berechnungsergebnisse mit Helex, konnten folgende Abhängigkeiten zwischen dem Heizwärmebedarf massiver und leichter Gebäudebauart bei den unterschiedlichen Gebäudetypen festgestellt werden:

Typ I

Speicherfähigkeit:

- Massiv: $c_{\text{wirk}, \eta} = 50 * 392,37 = 19619,50 \text{ Wh/K}$
- Leicht: $c_{\text{wirk}, \eta} = 15 * 392,37 = 5885,55 \text{ Wh/K}$

Typ I		Massiv	Leicht	Differenz	
		[kWh/m ² a]		[kWh/m ² a]	[%]
1952 - 1969	Ist	338.40	348.90	10.50	3.10
	Soll 1	100.60	102.00	1.40	1.39
	Soll 2	64.30	64.40	0.10	0.16
1969 - 1977	Ist	291.61	301.20	9.59	3.29
	Soll 1	96.30	100.50	4.20	4.36
	Soll 2	67.00	68.00	1.00	1.49
1977 - 1982	Ist	217.35	223.22	5.87	2.70
	Soll 1	98.60	101.40	2.80	2.84
	Soll 2	65.90	67.80	1.90	2.88
1982 - 1995	Ist	172.56	177.54	4.98	2.89
	Soll 1	100.00	103.00	3.00	3.00
	Soll 2	66.80	68.60	1.80	2.69



Die Berechnungen ergaben, dass ein Gebäude dieses Typs leichter Bauart einen um durchschnittlich 2,6% höheren Heizwärmebedarf aufweist, als ein Gebäude des gleichen Typs massiver Bauart.

Typ II

Speicherfähigkeit:

- Massiv: $C_{\text{wirk}, \eta} = 50 * 521,09 = 26054,50 \text{ Wh/K}$
- Leicht: $C_{\text{wirk}, \eta} = 15 * 521,09 = 7816,35 \text{ Wh/K}$

Typ II		Massiv	Leicht	Differenz	
		[kWh/m ² a]		[kWh/m ² a]	[%]
1952 - 1969	Ist	286.45	293.22	6.77	2.36
	Soll 1	98.80	100.10	1.30	1.32
	Soll 2	59.40	60.00	0.60	1.01
1969 - 1977	Ist	254.11	263.42	9.31	3.66
	Soll 1	93.70	97.80	4.10	4.38
	Soll 2	62.80	63.70	0.90	1.43
1977 - 1982	Ist	194.35	200.28	5.93	3.05
	Soll 1	93.90	96.80	2.90	3.09
	Soll 2	61.40	63.10	1.70	2.77
1982 - 1995	Ist	155.02	159.16	4.14	2.67
	Soll 1	91.50	94.00	2.50	2.73
	Soll 2	62.40	63.80	1.40	2.24

Die Berechnungen ergaben, dass ein Gebäude dieses Typs leichter Bauart einen um durchschnittlich 2,6% höheren Heizwärmebedarf aufweist, als ein Gebäude des gleichen Typs massiver Bauart.



Typ III

Speicherfähigkeit:

- Massiv: $C_{\text{wirk}, \eta} = 50 * 697,54 = 34877 \text{ Wh/K}$
- Leicht: $C_{\text{wirk}, \eta} = 15 * 697,54 = 10463,10 \text{ Wh/K}$

Typ III		Massiv	Leicht	Differenz	
		[kWh/m ² a]		[kWh/m ² a]	[%]
1952 - 1969	Ist	271.89	282.63	10.74	3.95
	Soll 1	80.10	81.80	1.70	2.12
	Soll 2	55.70	55.40	-0.30	-0.54
1969 - 1977	Ist	250.03	256.81	6.78	2.71
	Soll 1	78.60	83.10	4.50	5.73
	Soll 2	57.40	58.60	1.20	2.09
1977 - 1982	Ist	188.18	184.42	-3.76	-2.00
	Soll 1	75.70	79.00	3.30	4.36
	Soll 2	56.70	59.10	2.40	4.23
1982 - 1995	Ist	153.67	158.17	4.50	2.93
	Soll 1	81.10	84.00	2.90	3.58
	Soll 2	59.70	61.80	2.10	3.52

Die Berechnungen ergaben, dass ein Gebäude dieses Typs leichter Bauart einen um durchschnittlich 2,7% höheren Heizwärmebedarf aufweist, als ein Gebäude des gleichen Typs massiver Bauart.

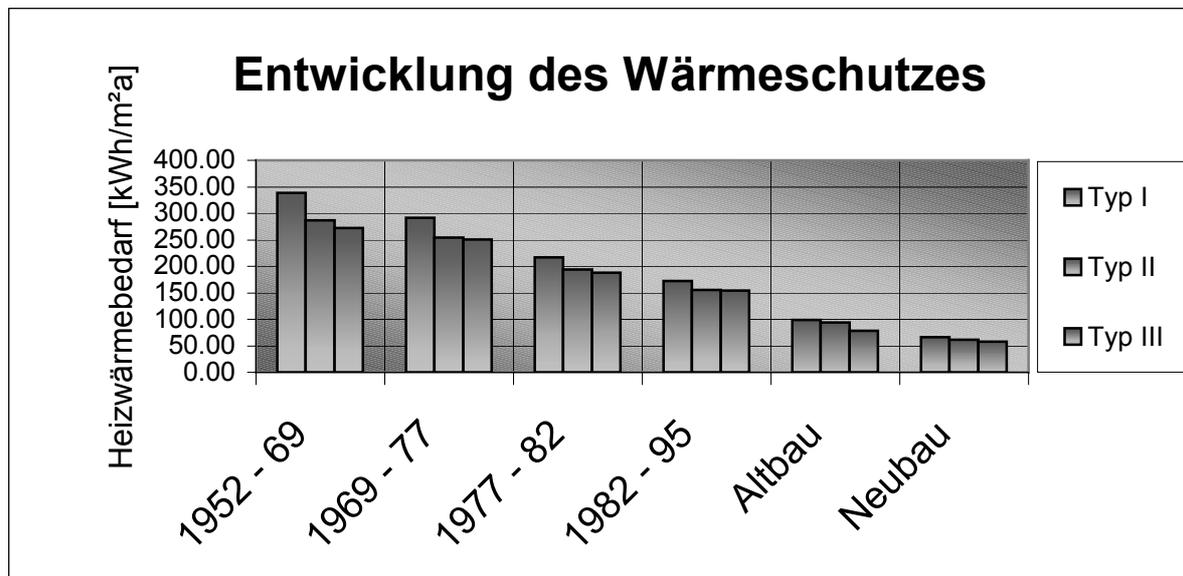
Gesamt

In der Gesamtbetrachtung aller Gebäudetypen kann festgestellt werden, dass die Gebäude leichter Bauart einen um 2,6% höheren Heizenergiebedarf besitzen als die Gebäude massiver Bauart.



6.10. Berechnungen im Kontext der Anforderungen

Anhand des berechneten Heizwärmebedarfs im Ist – Zustand und den durchschnittlichen Werten des Heizwärmebedarfs für Altbauten und Neubauten nach EnEV für massive Bauten, soll die Entwicklung des Wärmeschutzes hier noch einmal qualitativ dargestellt werden.



Gut erkennbar sind hier die Auswirkungen der Anforderungen der DIN 4108, der Wärmeschutzverordnungen und der Energieeinsparverordnung, die die Rahmenbedingungen für die Berechnungen lieferten und sich unmittelbar auf den Heizwärmebedarf auswirkten.

Folgende durchschnittliche prozentuale Einsparung konnten festgestellt werden:

- Von 1952 / 69 nach 1969 / 77: 11%
- Von 1969 / 77 nach 1977 / 82: 25%
- Von 1977 / 82 nach 1982 / 95: 20%
- Von 1982 / 95 nach EnEV – Altbaustandard: 43%
- Von 1982 / 95 nach EnEV – Neubaustandard: 62%

Zu beachten ist bei dieser Aufstellung, dass die Anforderungen der WschVo 1995 hier nicht aufgeführt sind, da sie nicht Gegenstand der Berechnungen war. Dies erklärt die verhältnismäßig hohen Werte der prozentualen Einsparung bei der Betrachtung 1982 / 95 nach EnEV – Altbaustandard und 1982 / 95 nach EnEV – Neubaustandard.

Bei der Betrachtung der minimalen Werte aus dem Zeitabschnitt 1952 / 69 und den maximalen Werten, den Neubau - Anforderungen der EnEV 2002, ist festzustellen, dass die Anforderungen so gestiegen sind, dass der Heizwärmebedarf um den Faktor 5 gesenkt wird.



7. Kosten – Nutzen – Gegenüberstellung

7.1. Einleitung

In Kapitel 6 sind die Maßnahmen in technischer Hinsicht und ihre Nachweise erläutert worden, die nötig sind, die gesetzten Ziele – den Altbau- und den Neubaustandard – im Baubestand zu erreichen. Die durch die Maßnahmen gewonnenen Einsparungen an Heizenergie sollen nun den angefallenen Kosten für die Sanierung jedes Haustyps und jeder Maßnahme gegenübergestellt werden.

Basis des Vergleichs ist die Umrechnung der angefallenen Sanierungskosten auf die Gebäudenutzfläche, welche als Grundlage für Berechnungen in dem zu erstellendem Bewertungsprogramm verwendet werden. Zusätzlich werden die Sanierungskosten aufgeteilt in Sowiesokosten, die ohnehin bei einer Instandsetzung des Gebäudes angefallen wären, und in die zur Energieeinsparung relevanten Kosten. Die Kosten, die zur eigentlichen Einsparung an Heizenergie beitragen. Als Sowiesokosten werden hier die Erneuerung der Fassade, der Fenster und des Daches bei allen Beispielen angenommen.

Die Kostensätze der Maßnahmen die zu Grunde gelegt wurden, sind durch Anfragen an verschiedene Handwerksbetriebe entstanden und repräsentieren durchschnittliche Werte, denen auch durchschnittliche Schwierigkeitsgrade der Ausführung zu Grunde legen. Es sei in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, dass in den angenommenen Kostensätzen auch aufgrund regionaler Unterschiede Schwankungen bestehen können.

Ausgehend von den im Simulationsprogramm Helix ermittelten Heizwärmebedarf, wurde nach dem Anlagen - Berechnungsverfahren der DIN 4701 – 10 der tatsächliche Energieverbrauch inklusive der Trinkwassererwärmung und zusätzlich dem anfallenden Energiebedarf für Hilfsenergie ermittelt. So ist eine spätere Unterteilung in Kosten für den Energieträger Strom und dem Energieträger Gas möglich. Die Energiepreise stammen von dem in Hildesheim ansässigen Energieversorgungsunternehmen EVI. Auf eine Kosten – Nutzen – Analyse jedes untersuchten Hauses, die den Zeitpunkt der Amortisation bestimmt und den evtl. Gewinn oder Verlust aufzeigt, wird an dieser Stelle verzichtet. Im Anhang Seiten 47 und 48 findet sich eine Kosten – Nutzen – Analyse jedes Hauses in Tabellenform, die mit dem noch zu erläuternden Bewertungsprogramm erstellt wurde. Bei dieser Analyse wurde von dem „Worst-Case“ ausgegangen: Die Sanierungssumme muss voll finanziert werden, weil kein Eigenkapital vorliegt und es findet keine Energiepreissteigerung statt.

Ergänzend wird jedoch eine sehr grobe und einfache Gegenüberstellung der Kosten und Investitionen an dieser Stelle getätigt. Hierbei wird auch davon ausgegangen, dass das Investitionskapital nicht fremdfinanziert wird und auch keine Preissteigerung der Energiekosten stattfindet. Diese Gegenüberstellung hat nur den Anspruch ein Gefühl dafür zu vermitteln, welche Zeitspannen nötig sind um über die Sowiesokosten hinaus entstandene Mehrinvestitionen in die energetische Qualität eines Gebäudes aufzufangen. Die Gegenüberstellung erhebt nicht den Anspruch auf schlussendliche Richtigkeit! Die zu Grunde liegenden Kalkulationen der Investitionen in die Sanierung und die Kalkulation der Energiekosten finden sich im Anhang Seiten 30 – 46 in Tabellenform wieder.



7.2. Baujahr 1952 – 1969

7.2.1. Haustyp I

Altbaustandard – Soll I

Um den Altbaustandard nach EnEV zu erreichen, muss in die Sanierung insgesamt 21.614 € investiert werden. Umgerechnet auf die Gebäudenutzfläche entspricht das einer Summe von 172,09 €/m².

Bei der Annahme, dass die Erneuerung der Fassade und der Fenster zu den Sowiesokosten gezählt werden, reduziert sich der Betrag, der zur reinen Energieeinsparung investiert wird auf 13.125,69 €, dies entspricht, bezogen auf die Gebäudenutzfläche, einer Mehr - Investition von 104,50 €/m².

Den einmaligen Investitionen stehen folgende jährliche Einsparungen gegenüber:

Bei den massiven Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 27,94 €/m²a auf 9,97 €/m²a. Jedes Jahr werden pro m² 17,97 € an Heizkosten eingespart.

Bei den leichten Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 28,74 €/m²a auf 10,07 €/m²a. Hier werden jedes Jahr pro m² 18, 40 € an Heizkosten eingespart.

Unter der ganz einfachen Annahme, dass die Kosten nicht fremdfinanziert werden und eine Energiepreissteigerung nicht stattfindet, würde das eine Amortisation der Mehr - Investition nach ca. 6 Jahren bedeuten und eine Amortisation der kompletten Sanierung nach ca. 10 Jahren.

Neubaustandard – Soll II

Um den Neubaustandard nach EnEV zu erreichen, muss in die Sanierung insgesamt 28.039,20 € investiert werden. Umgerechnet auf die Gebäudenutzfläche entspricht das einer Summe von 223,24 €/m².

Bei der Annahme, dass die Erneuerung der Fassade, des Daches und der Fenster zu den Sowiesokosten gezählt werden, reduziert sich der Betrag, der zur reinen Energieeinsparung investiert wird auf 18.518,98 €, dies entspricht, bezogen auf die Gebäudenutzfläche, einer Mehr - Investition von 147,44 €/m².

Den einmaligen Investitionen stehen folgende jährliche Einsparungen gegenüber:

Bei den massiven Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 27,94 €/m²a auf 7,22 €/m²a. Jedes Jahr werden pro m² 20,72 € an Heizkosten eingespart.

Bei den leichten Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 28,74 €/m²a auf 7,23 €/m²a. Hier werden jedes Jahr pro m² 21,51 € an Heizkosten eingespart.



Unter der ganz einfachen Annahme, dass die Kosten nicht fremdfinanziert werden und eine Energiepreissteigerung nicht stattfindet, würde das eine Amortisation der Mehr - Investition nach ca. 7 Jahren bedeuten und eine Amortisation der kompletten Sanierung nach ca. 10 Jahren.

7.2.2. Haustyp II

Altbaustandard – Soll I

Um den Altbaustandard nach EnEV zu erreichen, muss in die Sanierung insgesamt 24.487,12 € investiert werden. Umgerechnet auf die Gebäudenutzfläche entspricht das einer Summe von 146,84 €/m².

Bei der Annahme, dass die Erneuerung der Fassade und der Fenster zu den Sowiesokosten gezählt werden, reduziert sich der Betrag, der zur reinen Energieeinsparung investiert wird auf 14.362,90 €, dies entspricht, bezogen auf die Gebäudenutzfläche, einer Mehr - Investition von 86,13 €/m².

Den einmaligen Investitionen stehen folgende jährliche Einsparungen gegenüber:

Bei den massiven Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 23,75 €/m²a auf 9,57 €/m²a. Jedes Jahr werden pro m² 14,18 € an Heizkosten eingespart.

Bei den leichten Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 24,27 €/m²a auf 9,67 €/m²a. Hier werden jedes Jahr pro m² 14,60 € an Heizkosten eingespart.

Unter der ganz einfachen Annahme, dass die Kosten nicht fremdfinanziert werden und eine Energiepreissteigerung nicht stattfindet, würde das eine Amortisation der Mehr - Investition nach ca. 6 Jahren bedeuten und eine Amortisation der kompletten Sanierung nach ca. 10 Jahren.

Neubaustandard – Soll II

Um den Neubaustandard nach EnEV zu erreichen, muss in die Sanierung insgesamt 34.328,51 € investiert werden. Umgerechnet auf die Gebäudenutzfläche entspricht das einer Summe von 205,87 €/m².

Bei der Annahme, dass die Erneuerung der Fassade, des Daches und der Fenster zu den Sowiesokosten gezählt werden, reduziert sich der Betrag, der zur reinen Energieeinsparung investiert wird auf 21.184,01 €, dies entspricht, bezogen auf die Gebäudenutzfläche, einer Mehr - Investition von 127,04 €/m².

Den einmaligen Investitionen stehen folgende jährliche Einsparungen gegenüber:

Bei den massiven Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 23,75 €/m²a auf 6,59 €/m²a. Jedes Jahr werden pro m² 17,16 € an Heizkosten eingespart.

Bei den leichten Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 24,27 €/m²a auf 6,63 €/m²a. Hier werden jedes Jahr pro m² 17,64 € an Heizkosten eingespart.



Unter der ganz einfachen Annahme, dass die Kosten nicht fremdfinanziert werden und eine Energiepreissteigerung nicht stattfindet, würde das eine Amortisation der Mehr - Investition nach ca. 7 Jahren bedeuten und eine Amortisation der kompletten Sanierung nach ca. 12 Jahren.

7.2.3. Haustyp III

Altbaustandard – Soll I

Um den Altbaustandard nach EnEV zu erreichen, muss in die Sanierung insgesamt 33.948,57 € investiert werden. Umgerechnet auf die Gebäudenutzfläche entspricht das einer Summe von 152,09 €/m².

Bei der Annahme, dass die Erneuerung der Fassade und der Fenster zu den Sowiesokosten gezählt werden, reduziert sich der Betrag, der zur reinen Energieeinsparung investiert wird auf 18.981,37 €, dies entspricht, bezogen auf die Gebäudenutzfläche, einer Mehr - Investition von 85,04 €/m².

Den einmaligen Investitionen stehen folgende jährliche Einsparungen gegenüber:

Bei den massiven Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 22,54 €/m²a auf 8,04 €/m²a. Jedes Jahr werden pro m² 14,50 € an Heizkosten eingespart.

Bei den leichten Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 23,35 €/m²a auf 8,16 €/m²a. Hier werden jedes Jahr pro m² 15,19 € an Heizkosten eingespart.

Unter der ganz einfachen Annahme, dass die Kosten nicht fremdfinanziert werden und eine Energiepreissteigerung nicht stattfindet, würde das eine Amortisation der Mehr - Investition nach ca. 6 Jahren bedeuten und eine Amortisation der kompletten Sanierung nach ca. 10 Jahren.

Neubaustandard – Soll II

Um den Neubaustandard nach EnEV zu erreichen, muss in die Sanierung insgesamt 41.888,16 € investiert werden. Umgerechnet auf die Gebäudenutzfläche entspricht das einer Summe von 187,66 €/m².

Bei der Annahme, dass die Erneuerung der Fassade, des Daches und der Fenster zu den Sowiesokosten gezählt werden, reduziert sich der Betrag, der zur reinen Energieeinsparung investiert wird auf 25.889,06 €, dies entspricht, bezogen auf die Gebäudenutzfläche, einer Mehr - Investition von 115,99 €/m².

Den einmaligen Investitionen stehen folgende jährliche Einsparungen gegenüber:

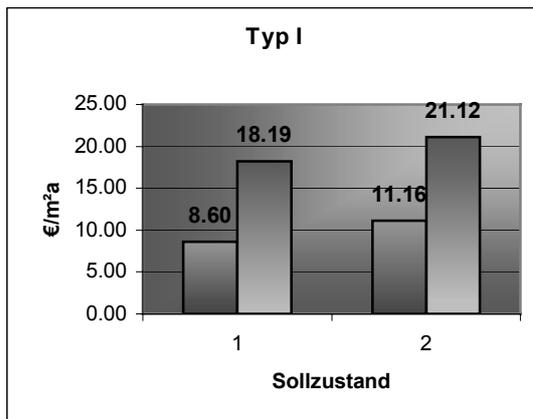
Bei den massiven Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 22,54 €/m²a auf 6,19 €/m²a. Jedes Jahr werden pro m² 16,35 € an Heizkosten eingespart.



Bei den leichten Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 23,35 €/m²a auf 6,17 €/m²a. Hier werden jedes Jahr pro m² 17,18 € an Heizkosten eingespart.

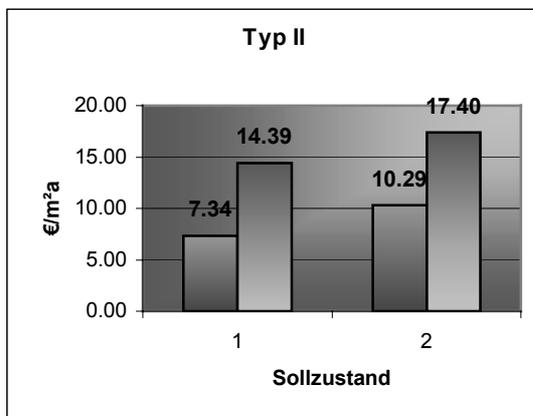
Unter der ganz einfachen Annahme, dass die Kosten nicht fremdfinanziert werden und eine Energiepreissteigerung nicht stattfindet, würde das eine Amortisation der Mehr - Investition nach ca. 7 Jahren bedeuten und eine Amortisation der kompletten Sanierung nach ca. 11 Jahren.

7.2.4. Vergleich Haustypen 1952 - 1969

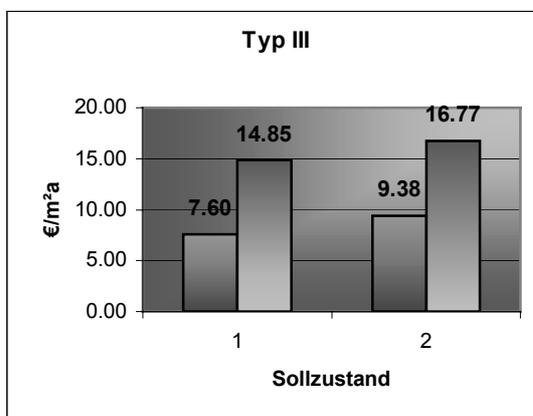


In den hier dargestellten Tabellen, werden die Investitionskosten für die Sanierung (immer linker Balken) verglichen mit den jährlichen Einsparungen (immer rechter Balken) die durch die Sanierung zu erwarten sind. Die gesamte Investitionssumme wurden hierbei auf einen Zeitraum von 20 Jahren betrachtet.

Zu erkennen ist hierbei, dass:



- Bei beiden Sollzuständen und allen Haustypen steigen die Investitionskosten und die potentiellen Einsparungen im gleichen Verhältnis. Somit ist der zu erwartende Gewinn bei beiden Sollzuständen annähernd der Gleiche.



- Das Gewinnpotential liegt bei beiden Sollzuständen und allen drei betrachteten Haustypen zwischen 7 und 10 €/m²a.
- Die Investitionskosten sind bei dem Typ I am höchsten, die zu erwartende Einsparung liegt jedoch im Vergleich mit den anderen Typen an der Obergrenze.



7.3. Baujahr 1969 – 1977

7.3.1. Haustyp I

Altbaustandard – Soll I

Um den Altbaustandard nach EnEV zu erreichen, muss in die Sanierung insgesamt 20.971,61 € investiert werden. Umgerechnet auf die Gebäudenutzfläche entspricht das einer Summe von 166,97 €/m².

Bei der Annahme, dass die Erneuerung der Fassade und der Fenster zu den Sowiesokosten gezählt werden, reduziert sich der Betrag, der zur reinen Energieeinsparung investiert wird auf 12.483,29 €, dies entspricht, bezogen auf die Gebäudenutzfläche, einer Mehr - Investition von 99,39 €/m².

Den einmaligen Investitionen stehen folgende jährliche Einsparungen gegenüber:

Bei den massiven Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 24,41 €/m²a auf 9,64 €/m²a. Jedes Jahr werden pro m² 14,77 € an Heizkosten eingespart.

Bei den leichten Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 25,13 €/m²a auf 9,96 €/m²a. Hier werden jedes Jahr pro m² 15,17 € an Heizkosten eingespart.

Unter der ganz einfachen Annahme, dass die Kosten nicht fremdfinanziert werden und eine Energiepreissteigerung nicht stattfindet, würde das eine Amortisation der Mehr - Investition nach ca. 7 Jahren bedeuten und eine Amortisation der kompletten Sanierung nach ca. 11 Jahren.

Neubaustandard – Soll II

Um den Neubaustandard nach EnEV zu erreichen, muss in die Sanierung insgesamt 27,349,96 € investiert werden. Umgerechnet auf die Gebäudenutzfläche entspricht das einer Summe von 217,75 €/m².

Bei der Annahme, dass die Erneuerung der Fassade, des Daches und der Fenster zu den Sowiesokosten gezählt werden, reduziert sich der Betrag, der zur reinen Energieeinsparung investiert wird auf 17.829,74 €, dies entspricht, bezogen auf die Gebäudenutzfläche, einer Mehr - Investition von 141,96 €/m².

Den einmaligen Investitionen stehen folgende jährliche Einsparungen gegenüber:

Bei den massiven Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 24,41 €/m²a auf 7,43 €/m²a. Jedes Jahr werden pro m² 16,98 € an Heizkosten eingespart.

Bei den leichten Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 25,13 €/m²a auf 7,50 €/m²a. Hier werden jedes Jahr pro m² 17,63 € an Heizkosten eingespart.



Unter der ganz einfachen Annahme, dass die Kosten nicht fremdfinanziert werden und eine Energiepreissteigerung nicht stattfindet, würde das eine Amortisation der Mehr - Investition nach ca. 8 Jahren bedeuten und eine Amortisation der kompletten Sanierung nach ca. 13 Jahren.

7.3.2. Haustyp II

Altbaustandard – Soll I

Um den Altbaustandard nach EnEV zu erreichen, muss in die Sanierung insgesamt 23.759,87 € investiert werden. Umgerechnet auf die Gebäudenutzfläche entspricht das einer Summe von 142,49 €/m².

Bei der Annahme, dass die Erneuerung der Fassade und der Fenster zu den Sowiesokosten gezählt werden, reduziert sich der Betrag, der zur reinen Energieeinsparung investiert wird auf 13.635,65 €, dies entspricht, bezogen auf die Gebäudenutzfläche, einer Mehr - Investition von 81,77 €/m².

Den einmaligen Investitionen stehen folgende jährliche Einsparungen gegenüber:

Bei den massiven Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 21,31 €/m²a auf 9,18 €/m²a. Jedes Jahr werden pro m² 12,13 € an Heizkosten eingespart.

Bei den leichten Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 22,01 €/m²a auf 9,49 €/m²a. Hier werden jedes Jahr pro m² 12,52 € an Heizkosten eingespart.

Unter der ganz einfachen Annahme, dass die Kosten nicht fremdfinanziert werden und eine Energiepreissteigerung nicht stattfindet, würde das eine Amortisation der Mehr - Investition nach ca. 7 Jahren bedeuten und eine Amortisation der kompletten Sanierung nach ca. 12 Jahren.

Neubaustandard – Soll II

Um den Neubaustandard nach EnEV zu erreichen, muss in die Sanierung insgesamt 31.770,87 € investiert werden. Umgerechnet auf die Gebäudenutzfläche entspricht das einer Summe von 190,53 €/m².

Bei der Annahme, dass die Erneuerung der Fassade, des Daches und der Fenster zu den Sowiesokosten gezählt werden, reduziert sich der Betrag, der zur reinen Energieeinsparung investiert wird auf 20.110,05 €, dies entspricht, bezogen auf die Gebäudenutzfläche, einer Mehr - Investition von 120,60 €/m².

Den einmaligen Investitionen stehen folgende jährliche Einsparungen gegenüber:

Bei den massiven Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 21,31 €/m²a auf 6,85 €/m²a. Jedes Jahr werden pro m² 14,46 € an Heizkosten eingespart.

Bei den leichten Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 22,01 €/m²a auf 6,91 €/m²a. Hier werden jedes Jahr pro m² 15,10 € an Heizkosten eingespart.



Unter der ganz einfachen Annahme, dass die Kosten nicht fremdfinanziert werden und eine Energiepreissteigerung nicht stattfindet, würde das eine Amortisation der Mehr - Investition nach ca. 8 Jahren bedeuten und eine Amortisation der kompletten Sanierung nach ca. 13 Jahren.

7.3.3. Haustyp III

Altbaustandard – Soll I

Um den Altbaustandard nach EnEV zu erreichen, muss in die Sanierung insgesamt 32.801,37 € investiert werden. Umgerechnet auf die Gebäudenutzfläche entspricht das einer Summe von 146,95 €/m².

Bei der Annahme, dass die Erneuerung der Fassade und der Fenster zu den Sowiesokosten gezählt werden, reduziert sich der Betrag, der zur reinen Energieeinsparung investiert wird auf 17.834,17 €, dies entspricht, bezogen auf die Gebäudenutzfläche, einer Mehr - Investition von 79,90 €/m².

Den einmaligen Investitionen stehen folgende jährliche Einsparungen gegenüber:

Bei den massiven Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 20,88 €/m²a auf 7,92 €/m²a. Jedes Jahr werden pro m² 12,96 € an Heizkosten eingespart.

Bei den leichten Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 21,39 €/m²a auf 8,26 €/m²a. Hier werden jedes Jahr pro m² 13,13 € an Heizkosten eingespart.

Unter der ganz einfachen Annahme, dass die Kosten nicht fremdfinanziert werden und eine Energiepreissteigerung nicht stattfindet, würde das eine Amortisation der Mehr - Investition nach ca. 6 Jahren bedeuten und eine Amortisation der kompletten Sanierung nach ca. 11 Jahren.

Neubaustandard – Soll II

Um den Neubaustandard nach EnEV zu erreichen, muss in die Sanierung insgesamt 41.138,22 € investiert werden. Umgerechnet auf die Gebäudenutzfläche entspricht das einer Summe von 184,30 €/m².

Bei der Annahme, dass die Erneuerung der Fassade, des Daches und der Fenster zu den Sowiesokosten gezählt werden, reduziert sich der Betrag, der zur reinen Energieeinsparung investiert wird auf 25.139,12 €, dies entspricht, bezogen auf die Gebäudenutzfläche, einer Mehr - Investition von 112,63 €/m².

Den einmaligen Investitionen stehen folgende jährliche Einsparungen gegenüber:

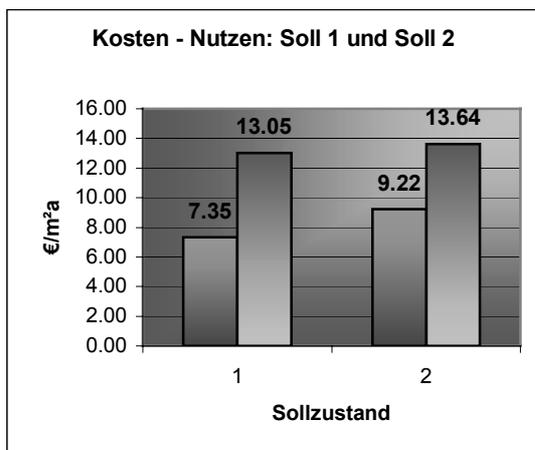
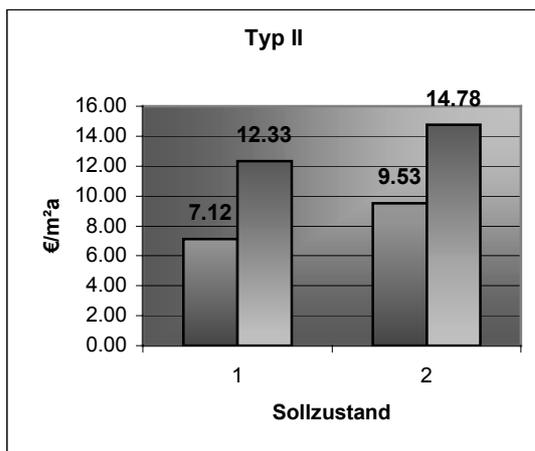
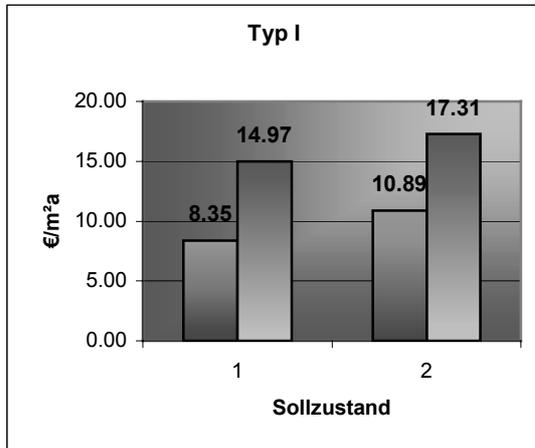
Bei den massiven Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 20,88 €/m²a auf 7,45 €/m²a. Jedes Jahr werden pro m² 13,43 € an Heizkosten eingespart.

Bei den leichten Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 21,39 €/m²a auf 7,55 €/m²a. Hier werden jedes Jahr pro m² 13,84 € an Heizkosten eingespart.



Unter der ganz einfachen Annahme, dass die Kosten nicht fremdfinanziert werden und eine Energiepreissteigerung nicht stattfindet, würde das eine Amortisation der Mehr - Investition nach ca. 8 Jahren bedeuten und eine Amortisation der kompletten Sanierung nach ca. 14 Jahren.

7.3.4. Vergleich Haustypen 1969 - 1977



In den hier dargestellten Tabellen, werden die Investitionskosten für die Sanierung (immer linker Balken) verglichen mit den jährlichen Einsparungen (immer rechter Balken) die durch die Sanierung zu erwarten sind. Die gesamte Investitionssumme wurden hierbei auf einen Zeitraum von 20 Jahren betrachtet.

Zu erkennen ist hierbei:

- Bei beiden Sollzuständen der Haustypen 1 und 2 steigen die Investitionskosten und die potentiellen Einsparungen im gleichen Verhältnis. Somit ist der zu erwartende Gewinn bei beiden Sollzuständen der gleiche.
- Das Gewinnpotential beim Haustyp 1 liegt bei beiden Sollzuständen bei ca. 6,50 €/m²a.
- Das Gewinnpotential beim Haustyp 2 liegt bei beiden Sollzuständen bei ca. 5,20 €/m²a.
- Bei dem Haustyp 3 fällt auf, dass trotz steigender Investitionen die zu erwartende Einsparung kaum zunimmt. Dies lässt die Vermutung zu, dass der erreichte Dämmstandard in Soll 1 die optimalere ökonomische Lösung für diesen Gebäudetyp darstellt.



7.4. Baujahr 1977 – 1982

7.4.1. Haustyp I

Altbaustandard – Soll I

Um den Altbaustandard nach EnEV zu erreichen, muss in die Sanierung insgesamt 18.651,06 € investiert werden. Umgerechnet auf die Gebäudenutzfläche entspricht das einer Summe von 148,50 €/m².

Bei der Annahme, dass die Erneuerung der Fassade und der Fenster zu den Sowiesokosten gezählt werden, reduziert sich der Betrag, der zur reinen Energieeinsparung investiert wird auf 10.162,74 €, dies entspricht, bezogen auf die Gebäudenutzfläche, einer Mehr - Investition von 80,91 €/m².

Den einmaligen Investitionen stehen folgende jährliche Einsparungen gegenüber:

Bei den massiven Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 18,79 €/m²a auf 9,82 €/m²a. Jedes Jahr werden pro m² 8,97 € an Heizkosten eingespart.

Bei den leichten Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 19,24 €/m²a auf 10,03 €/m²a. Hier werden jedes Jahr pro m² 9,21 € an Heizkosten eingespart.

Unter der ganz einfachen Annahme, dass die Kosten nicht fremdfinanziert werden und eine Energiepreissteigerung nicht stattfindet, würde das eine Amortisation der Mehr - Investition nach ca. 9 Jahren bedeuten und eine Amortisation der kompletten Sanierung nach ca. 17 Jahren.

Neubaustandard – Soll II

Um den Neubaustandard nach EnEV zu erreichen, muss in die Sanierung insgesamt 25.880,16 € investiert werden. Umgerechnet auf die Gebäudenutzfläche entspricht das einer Summe von 206,05 €/m².

Bei der Annahme, dass die Erneuerung der Fassade, des Daches und der Fenster zu den Sowiesokosten gezählt werden, reduziert sich der Betrag, der zur reinen Energieeinsparung investiert wird auf 16.359,94 €, dies entspricht, bezogen auf die Gebäudenutzfläche, einer Mehr - Investition von 130,25 €/m².

Den einmaligen Investitionen stehen folgende jährliche Einsparungen gegenüber:

Bei den massiven Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 18,79 €/m²a auf 7,34 €/m²a. Jedes Jahr werden pro m² 11,45 € an Heizkosten eingespart.

Bei den leichten Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 19,24 €/m²a auf 7,49 €/m²a. Hier werden jedes Jahr pro m² 11,75 € an Heizkosten eingespart.



Unter der ganz einfachen Annahme, dass die Kosten nicht fremdfinanziert werden und eine Energiepreissteigerung nicht stattfindet, würde das eine Amortisation der Mehr - Investition nach ca. 11 Jahren bedeuten und eine Amortisation der kompletten Sanierung nach ca. 18 Jahren.

7.4.2. Haustyp II

Altbaustandard – Soll I

Um den Altbaustandard nach EnEV zu erreichen, muss in die Sanierung insgesamt 20.962,57 € investiert werden. Umgerechnet auf die Gebäudenutzfläche entspricht das einer Summe von 125,71 €/m².

Bei der Annahme, dass die Erneuerung der Fassade und der Fenster zu den Sowiesokosten gezählt werden, reduziert sich der Betrag, der zur reinen Energieeinsparung investiert wird auf 10.838,35 €, dies entspricht, bezogen auf die Gebäudenutzfläche, einer Mehr - Investition von 65,00 €/m².

Den einmaligen Investitionen stehen folgende jährliche Einsparungen gegenüber:

Bei den massiven Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 16,79 €/m²a auf 9,20 €/m²a. Jedes Jahr werden pro m² 7,59 € an Heizkosten eingespart.

Bei den leichten Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 17,24 €/m²a auf 9,42 €/m²a. Hier werden jedes Jahr pro m² 7,82 € an Heizkosten eingespart.

Unter der ganz einfachen Annahme, dass die Kosten nicht fremdfinanziert werden und eine Energiepreissteigerung nicht stattfindet, würde das eine Amortisation der Mehr - Investition nach ca. 8 Jahren bedeuten und eine Amortisation der kompletten Sanierung nach ca. 16 Jahren.

Neubaustandard – Soll II

Um den Neubaustandard nach EnEV zu erreichen, muss in die Sanierung insgesamt 31.587,62 € investiert werden. Umgerechnet auf die Gebäudenutzfläche entspricht das einer Summe von 189,43 €/m².

Bei der Annahme, dass die Erneuerung der Fassade, des Daches und der Fenster zu den Sowiesokosten gezählt werden, reduziert sich der Betrag, der zur reinen Energieeinsparung investiert wird auf 18.712,80 €, dies entspricht, bezogen auf die Gebäudenutzfläche, einer Mehr - Investition von 112,20 €/m².

Den einmaligen Investitionen stehen folgende jährliche Einsparungen gegenüber:

Bei den massiven Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 16,79 €/m²a auf 6,74 €/m²a. Jedes Jahr werden pro m² 10,05 € an Heizkosten eingespart.

Bei den leichten Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 17,24 €/m²a auf 6,87 €/m²a. Hier werden jedes Jahr pro m² 10,37 € an Heizkosten eingespart.



Unter der ganz einfachen Annahme, dass die Kosten nicht fremdfinanziert werden und eine Energiepreissteigerung nicht stattfindet, würde das eine Amortisation der Mehr - Investition nach ca. 11 Jahren bedeuten und eine Amortisation der kompletten Sanierung nach ca. 18 Jahren.

7.4.3. Haustyp III

Altbaustandard – Soll I

Um den Altbaustandard nach EnEV zu erreichen, muss in die Sanierung insgesamt 31.490,42 € investiert werden. Umgerechnet auf die Gebäudenutzfläche entspricht das einer Summe von 141,08 €/m².

Bei der Annahme, dass die Erneuerung der Fassade und der Fenster zu den Sowiesokosten gezählt werden, reduziert sich der Betrag, der zur reinen Energieeinsparung investiert wird auf 16.523,22 €, dies entspricht, bezogen auf die Gebäudenutzfläche, einer Mehr - Investition von 67,05 €/m².

Den einmaligen Investitionen stehen folgende jährliche Einsparungen gegenüber:

Bei den massiven Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 16,21 €/m²a auf 7,70 €/m²a. Jedes Jahr werden pro m² 8,51 € an Heizkosten eingespart.

Bei den leichten Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 16,68 €/m²a auf 7,95 €/m²a. Hier werden jedes Jahr pro m² 8,73 € an Heizkosten eingespart.

Unter der ganz einfachen Annahme, dass die Kosten nicht fremdfinanziert werden und eine Energiepreissteigerung nicht stattfindet, würde das eine Amortisation der Mehr - Investition nach ca. 8 Jahren bedeuten und eine Amortisation der kompletten Sanierung nach ca. 16 Jahren.

Neubaustandard – Soll II

Um den Neubaustandard nach EnEV zu erreichen, muss in die Sanierung insgesamt 39.224,32 € investiert werden. Umgerechnet auf die Gebäudenutzfläche entspricht das einer Summe von 175,73 €/m².

Bei der Annahme, dass die Erneuerung der Fassade, des Daches und der Fenster zu den Sowiesokosten gezählt werden, reduziert sich der Betrag, der zur reinen Energieeinsparung investiert wird auf 23.225,22 €, dies entspricht, bezogen auf die Gebäudenutzfläche, einer Mehr - Investition von 104,05 €/m².

Den einmaligen Investitionen stehen folgende jährliche Einsparungen gegenüber:

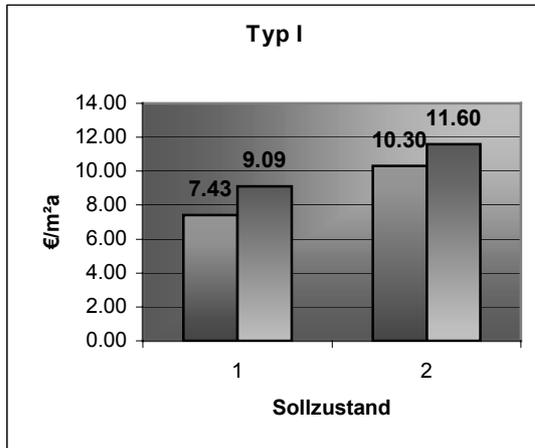
Bei den massiven Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 16,21 €/m²a auf 6,27 €/m²a. Jedes Jahr werden pro m² 9,94 € an Heizkosten eingespart.

Bei den leichten Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 16,68 €/m²a auf 6,45 €/m²a. Hier werden jedes Jahr pro m² 10,23 € an Heizkosten eingespart.



Unter der ganz einfachen Annahme, dass die Kosten nicht fremdfinanziert werden und eine Energiepreissteigerung nicht stattfindet, würde das eine Amortisation der Mehr - Investition nach ca. 10 Jahren bedeuten und eine Amortisation der kompletten Sanierung nach ca. 18 Jahren.

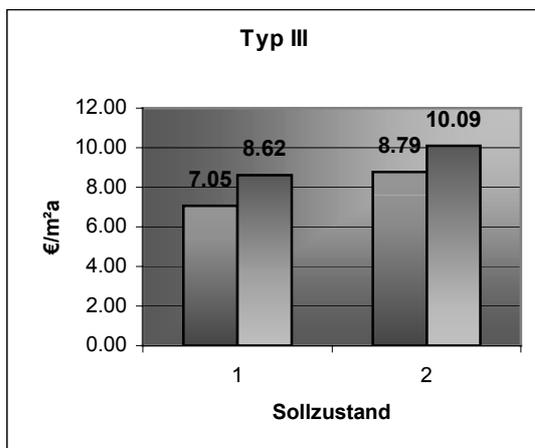
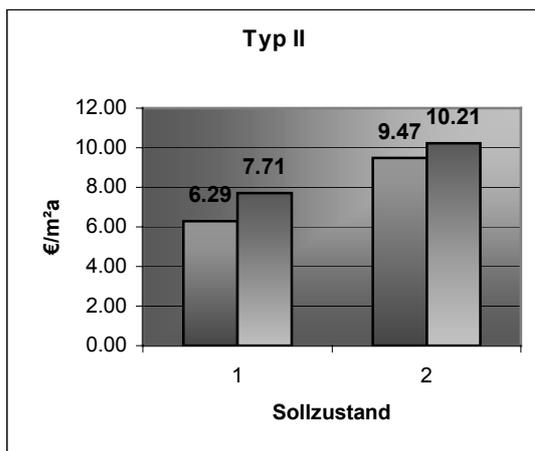
7.4.4. Vergleich Haustypen 1977 - 1982



In den hier dargestellten Tabellen, werden die Investitionskosten für die Sanierung (immer linker Balken) verglichen mit den jährlichen Einsparungen (immer rechter Balken) die durch die Sanierung zu erwarten sind. Die gesamte Investitionssumme wurden hierbei auf einen Zeitraum von 20 Jahren betrachtet.

Zu erkennen ist hierbei:

- Bei den Sollzuständen 1 aller Haustypen steigen die Investitionskosten und die potentiellen Einsparungen annähernd im gleichen Verhältnis. Der zu erwartende Gewinn im Sollzustand 1 liegt bei ca. 1,55 €/m²a.
- Bei den Sollzuständen 2 aller Haustypen steigen die Investitionskosten und die potentiellen Einsparungen ebenfalls annähernd im gleichen Verhältnis. Der zu erwartende Gewinn liegt im Sollzustand 1 jedoch nur noch bei ca. 1,11 €/m²a. Er liegt ca. 30% unter dem zu erwartendem Gewinn in Soll 1.





7.5. Baujahr 1982 – 1995

7.5.1. Haustyp I

Altbaustandard – Soll I

Um den Altbaustandard nach EnEV zu erreichen, muss in die Sanierung insgesamt 14.655,36 € investiert werden. Umgerechnet auf die Gebäudenutzfläche entspricht das einer Summe von 116,68 €/m².

Bei der Annahme, dass die Erneuerung der Fassade und der Fenster zu den Sowiesokosten gezählt werden, reduziert sich der Betrag, der zur reinen Energieeinsparung investiert wird auf 6.167,04 €, dies entspricht, bezogen auf die Gebäudenutzfläche, einer Mehr - Investition von 49,10 €/m².

Den einmaligen Investitionen stehen folgende jährliche Einsparungen gegenüber:

Bei den massiven Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 15,41 €/m²a auf 9,92 €/m²a. Jedes Jahr werden pro m² 5,49 € an Heizkosten eingespart.

Bei den leichten Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 15,78 €/m²a auf 10,15 €/m²a. Hier werden jedes Jahr pro m² 5,63 € an Heizkosten eingespart.

Unter der ganz einfachen Annahme, dass die Kosten nicht fremdfinanziert werden und eine Energiepreissteigerung nicht stattfindet, würde das eine Amortisation der Mehr - Investition nach ca. 9 Jahren bedeuten und eine Amortisation der kompletten Sanierung nach ca. 22 Jahren.

Neubaustandard – Soll II

Um den Neubaustandard nach EnEV zu erreichen, muss in die Sanierung insgesamt 24.595,36 € investiert werden. Umgerechnet auf die Gebäudenutzfläche entspricht das einer Summe von 195,82 €/m².

Bei der Annahme, dass die Erneuerung der Fassade, des Daches und der Fenster zu den Sowiesokosten gezählt werden, reduziert sich der Betrag, der zur reinen Energieeinsparung investiert wird auf 15.075,14 €, dies entspricht, bezogen auf die Gebäudenutzfläche, einer Mehr - Investition von 75,80 €/m².

Den einmaligen Investitionen stehen folgende jährliche Einsparungen gegenüber:

Bei den massiven Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 15,41 €/m²a auf 7,41 €/m²a. Jedes Jahr werden pro m² 8,00 € an Heizkosten eingespart.

Bei den leichten Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 15,78 €/m²a auf 7,55 €/m²a. Hier werden jedes Jahr pro m² 8,23 € an Heizkosten eingespart.



Unter der ganz einfachen Annahme, dass die Kosten nicht fremdfinanziert werden und eine Energiepreissteigerung nicht stattfindet, würde das eine Amortisation der Mehr - Investition nach ca. 10 Jahren bedeuten und eine Amortisation der kompletten Sanierung nach ca. 24 Jahren.

7.5.2. Haustyp II

Altbaustandard – Soll I

Um den Altbaustandard nach EnEV zu erreichen, muss in die Sanierung insgesamt 17.105,82 € investiert werden. Umgerechnet auf die Gebäudenutzfläche entspricht das einer Summe von 102,58 €/m².

Bei der Annahme, dass die Erneuerung der Fassade und der Fenster zu den Sowiesokosten gezählt werden, reduziert sich der Betrag, der zur reinen Energieeinsparung investiert wird auf 6.981,60 €, dies entspricht, bezogen auf die Gebäudenutzfläche, einer Mehr - Investition von 60,71 €/m².

Den einmaligen Investitionen stehen folgende jährliche Einsparungen gegenüber:

Bei den massiven Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 13,82 €/m²a auf 9,02 €/m²a. Jedes Jahr werden pro m² 4,80 € an Heizkosten eingespart.

Bei den leichten Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 14,13 €/m²a auf 9,20 €/m²a. Hier werden jedes Jahr pro m² 4,93 € an Heizkosten eingespart.

Unter der ganz einfachen Annahme, dass die Kosten nicht fremdfinanziert werden und eine Energiepreissteigerung nicht stattfindet, würde das eine Amortisation der Mehr - Investition nach ca. 13 Jahren bedeuten und eine Amortisation der kompletten Sanierung nach ca. 22 Jahren.

Neubaustandard – Soll II

Um den Neubaustandard nach EnEV zu erreichen, muss in die Sanierung insgesamt 30.130,80 € investiert werden. Umgerechnet auf die Gebäudenutzfläche entspricht das einer Summe von 180,69 €/m².

Bei der Annahme, dass die Erneuerung der Fassade, des Daches und der Fenster zu den Sowiesokosten gezählt werden, reduziert sich der Betrag, der zur reinen Energieeinsparung investiert wird auf 17.258,30 €, dies entspricht, bezogen auf die Gebäudenutzfläche, einer Mehr - Investition von 103,50 €/m².

Den einmaligen Investitionen stehen folgende jährliche Einsparungen gegenüber:

Bei den massiven Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 13,82 €/m²a auf 6,82 €/m²a. Jedes Jahr werden pro m² 7,00 € an Heizkosten eingespart.

Bei den leichten Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 14,13 €/m²a auf 6,92 €/m²a. Hier werden jedes Jahr pro m² 7,21 € an Heizkosten eingespart.



Unter der ganz einfachen Annahme, dass die Kosten nicht fremdfinanziert werden und eine Energiepreissteigerung nicht stattfindet, würde das eine Amortisation der Mehr - Investition nach ca. 14 Jahren bedeuten und eine Amortisation der kompletten Sanierung nach ca. 25 Jahren.

7.5.3. Haustyp III

Altbaustandard – Soll I

Um den Altbaustandard nach EnEV zu erreichen, muss in die Sanierung insgesamt 25.980,22 € investiert werden. Umgerechnet auf die Gebäudenutzfläche entspricht das einer Summe von 116,39 €/m².

Bei der Annahme, dass die Erneuerung der Fassade und der Fenster zu den Sowiesokosten gezählt werden, reduziert sich der Betrag, der zur reinen Energieeinsparung investiert wird auf 11.013,12 €, dies entspricht, bezogen auf die Gebäudenutzfläche, einer Mehr - Investition von 67,05 €/m².

Den einmaligen Investitionen stehen folgende jährliche Einsparungen gegenüber:

Bei den massiven Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 13,60 €/m²a auf 8,11 €/m²a. Jedes Jahr werden pro m² 5,49 € an Heizkosten eingespart.

Bei den leichten Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 13,94 €/m²a auf 8,02 €/m²a. Hier werden jedes Jahr pro m² 5,92 € an Heizkosten eingespart.

Unter der ganz einfachen Annahme, dass die Kosten nicht fremdfinanziert werden und eine Energiepreissteigerung nicht stattfindet, würde das eine Amortisation der Mehr - Investition nach ca. 12 Jahren bedeuten und eine Amortisation der kompletten Sanierung nach ca. 21 Jahren.

Neubaustandard – Soll II

Um den Neubaustandard nach EnEV zu erreichen, muss in die Sanierung insgesamt 36.929,92 € investiert werden. Umgerechnet auf die Gebäudenutzfläche entspricht das einer Summe von 165,45 €/m².

Bei der Annahme, dass die Erneuerung der Fassade, des Daches und der Fenster zu den Sowiesokosten gezählt werden, reduziert sich der Betrag, der zur reinen Energieeinsparung investiert wird auf 20.930,82 €, dies entspricht, bezogen auf die Gebäudenutzfläche, einer Mehr - Investition von 93,77 €/m².

Den einmaligen Investitionen stehen folgende jährliche Einsparungen gegenüber:

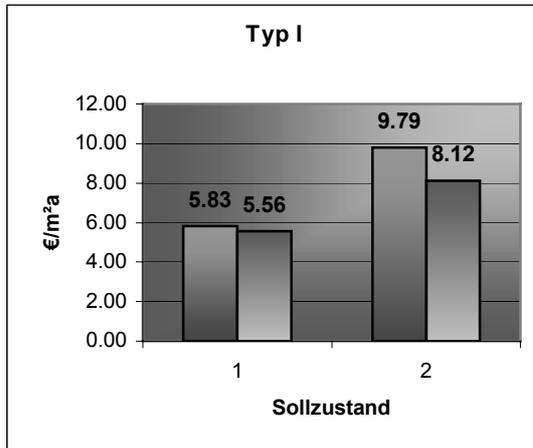
Bei den massiven Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 13,60 €/m²a auf 6,49 €/m²a. Jedes Jahr werden pro m² 7,11 € an Heizkosten eingespart.

Bei den leichten Gebäuden verringern sich die Energiekosten für Gas im Ist-Zustand von 13,94 €/m²a auf 6,65 €/m²a. Hier werden jedes Jahr pro m² 7,29 € an Heizkosten eingespart.



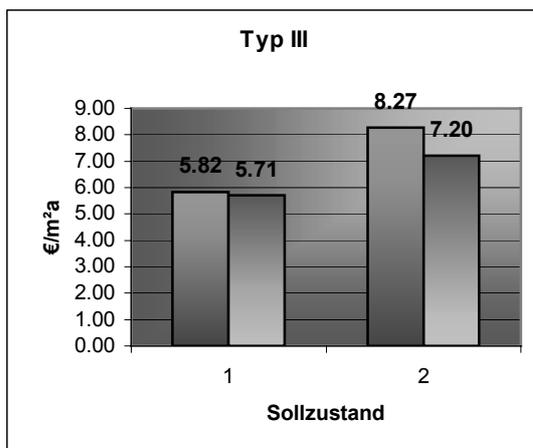
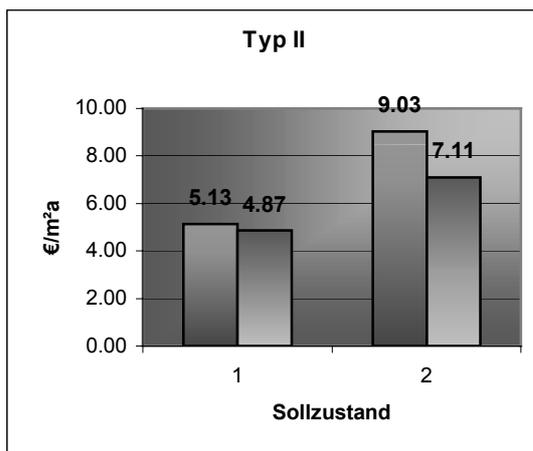
Unter der ganz einfachen Annahme, dass die Kosten nicht fremdfinanziert werden und eine Energiepreissteigerung nicht stattfindet, würde das eine Amortisation der Mehr - Investition nach ca. 13 Jahren bedeuten und eine Amortisation der kompletten Sanierung nach ca. 23 Jahren.

7.5.4. Vergleich Haustypen 1982 - 1995



In den hier dargestellten Tabellen, werden die Investitionskosten für die Sanierung (immer linker Balken) verglichen mit den jährlichen Einsparungen (immer rechter Balken) die durch die Sanierung zu erwarten sind. Die gesamte Investitionssumme wurden hierbei auf einen Zeitraum von 20 Jahren betrachtet.

Zu erkennen ist hierbei:



- Bei allen Sollzuständen der Haustypen reicht der angenommene Betrachtungszeitraum von 20 Jahren nicht aus, um die Investitionen durch Energieeinsparung zu erwirtschaften.
- Deutlich wird auch, dass bei den Sollzuständen 2 aller Haustypen die Differenz der Investition zu der Einsparung bedeutend höher ist als im Sollzustand 1. Das bedeutet, dass das Erhöhen der energetischen Qualität einer Gebäudehülle nicht proportional ist zu dem erwarteten Energieeinsparung und dem damit verbundenen Gewinn.
- Bei dem Sollzustand 1 aller Häusertypen reicht der betrachtete Zeitraum von 20 Jahren fast aus um die Investitionen zu erwirtschaften.



8. Bewertungsprogramm

8.1. Einleitung

Die Standardisierung von Häusern anhand ausgewählter Pläne, ihrer Einteilung nach Anforderungen der Norm in bestimmten Zeitabschnitte, die Einteilung in massive und leichte Bauart, die Berechnung der Ist – Zustände und die Berechnung von Sollzuständen, die nach Anforderungen der EnEV und auch der KfW entstanden und darüber hinaus die Erfassung der entstandenen Sanierungskosten und die Energieeinsparungen fließen in diesem Kapitel zusammen.

Aus den geschaffenen Grundlagen entstand ein Berechnungsprogramm, welches einem potentiellen Bauherren anhand der Eingabe weniger Randparametern seines Gebäudes beispielhaft eine Kosten – Nutzen – Analyse mit Amortisationsrechnung seiner Investitionen liefert. Darüber hinaus soll es dem Anwender und dem Kunden demonstrieren, durch welche relativ einfachen Maßnahmen die Verbräuche seines Hauses drastisch gesenkt werden können und welche finanziellen Auswirkungen die Investitionen langfristig haben können.

Sicher wurde hier kein Programm geschaffen, welches eine präzise Aussage über tatsächliche Amortisationen geben kann. Trotz dessen soll es Tendenzen aufzeigen und helfen den Kunden plastisch vor Augen zu führen, welche Einsparungen bei den Referenzhäusern möglich sind. Aufgrund der betrachteten Masse an verschiedenen Häuserkonstellationen wird sich ein zur Realität vergleichbares Modell sicher hier wiederfinden, welches die Kundensituation widerspiegelt.

Das Programm sollte darüber hinaus als Plattform dienen. Durch die Erweiterung der im Rahmen dieser Diplomarbeit erstellten Zustände, z.B. durch Kombinationen in den Dämmmaßnahmen, Hinzufügen der Anlagentechnik etc. kann die Variabilität und somit die Aussagekräftigkeit des Programms beliebig gesteigert werden.

Schwerpunkt des Kapitels ist weniger die Erläuterung der Bedienung des Programms, als das Aufzeigen und Erläutern der hinterlegten Formeln und Werte. Eine Bedienungsanleitung ist auf dem ersten Tabellenblatt der Excel – Arbeitsmappe hinterlegt und kann dort jederzeit vom Benutzer eingesehen werden.



8.2. Gebäudebewertung Ist – Zustand

In diesem Feld des Tabellenblatts „Kosten“ kann der Nutzer die eigene energetische Situation seines Gebäudes darstellen. Durch anklicken der Button wird dabei auf die Tabellen 1 und 2 des Tabellenblatts „Wertetabellen“ zurückgegriffen. Die dort aufgeführten Werte unterteilen sich in den durch Helex bei der Gebäudesimulation errechneten Verbrauch pro m² Gebäudenutzfläche und Jahr und den damit verbundenen Energiekosten pro m² und Jahr. Die Gesamtenergiekosten – aufgeteilt in Gas und Strom – wurden durch das Anlagenbewertungsverfahren nach DIN 4701 – 10 mit dem errechneten Heizwärmebedarf nach Helex und den zu Grunde liegenden Energiekosten (Strom: 0,14 €/kWh; Gas: 0,07 €/kWh) gebildet.

Durch die Eingabe der vorhandenen Gebäudenutzfläche werden der aktuelle Energieverbrauch mit den Energiekosten ausgegeben.

8.3. Gebäudebewertung Soll – Zustand

In diesem Feld des Tabellenblatts „Kosten“ kann zwischen den beiden möglichen Soll – Zuständen gewählt werden: Durch Anklicken der Buttons „Altbaustandard“ oder „Neubaustandard“ kann der Umfang der Maßnahmen bestimmt werden. Hier wird auf die Tabellen 3 und 4 des Tabellenblatts „Wertetabellen“ zurückgegriffen.

In Tabelle 3 sind Faktoren hinterlegt, die, mit dem aktuellen Heizwärmebedarf multipliziert, den zukünftigen Heizwärmebedarf prognostizieren. Die Berechnung der Faktoren finden sich in Tabellen im Anhang Seite 29 wieder.

In Tabelle 4 sind solche Faktoren für die Energiekosten hinterlegt, die die zukünftigen Kosten durch Multiplikation mit den vorhandenen Kosten darstellen.

8.4. Finanzierung

In diesem Feld des Tabellenblatts „Kosten“ ergeben sich bei Anklicken des Buttons „Altbaustandard“ oder „Neubaustandard“ in Verbindung mit der Eingabe der Gebäudenutzfläche die entstehenden Investitionskosten. Hier wird auf die Tabelle 5 des Tabellenblatts „Wertetabellen“ zurückgegriffen. Hier sind die Sanierungskosten pro m² Gebäudenutzfläche hinterlegt.

Durch Eingabe eines potentiellen Eigenkapitals gibt sich die Summe der Fremdfinanzierung. Zusätzlich wird die jährliche Einsparung an Energiekosten dargestellt.

Die fremdfinanzierte Summe teilt sich in drei Anteile auf. 33% werden von der KfW finanziert, 60% werden in Form eines Realkredits und 7% in Form eines Personalkredits finanziert. Diese Aufteilung entspricht einer Musterfinanzierung der Sparkasse und stellt übliche Kreditkonditionen dar. Die drei Anteile werden unterschiedlich verzinst. Die Zinsen können im Tabellenblatt „Finanzierung“ variabel gestaltet werden.

Die Nachweise haben ergeben, dass die durchgeführten Sanierungen der Gebäude von 1952 – 1978 alle die Anforderungen des KfW – CO₂ – Minderungsprogramms weit mehr als erfüllen und somit einen verbilligten Zinssatz von derzeit 2,42% beanspruchen können.



Gebäude die vor 1977 erstellt worden sind, werden nicht im Rahmen des KfW – CO₂ – Minderungsprogramms gefördert. Sie sind aber alle nach den Anforderungen der EnEV saniert worden und fallen so in das KfW – Gebäudesanierungsprogramm, welches einen Zinssatz von derzeit 4,5% bereitstellt.

Durch Anklicken der Jahresbutton im Feld „Gebäude – Ist“, Tabellenblatt „Kosten“ werden im „Feld Zinsen – KfW“, Tabellenblatt „Finanzierung“ automatisch die entsprechenden Zinssätze des jeweiligen Förderprogramms eingetragen.

Durch Anklicken eines Finanzierungszeitraums wird mit Hilfe des Annuitätsfaktors für jeden Teilkredit (KfW, Real, Personal) die jährliche zu tilgende Rate inklusive Zinsen und Zinseszinsen für die entsprechende Kreditform im Tabellenblatt „Finanzierung“ ausgegeben. Durch Addition der drei Anteile ergibt sich die zu tilgende, jährliche Gesamtrate. Gleichzeitig wird durch Multiplikation mit der Laufzeit der zu tilgende Gesamtbetrag ausgewiesen.

Auf diesen zu tilgenden Gesamtbetrag werden nun jährlich die Energieeinsparungen aufaddiert. Bei Bedarf kann im Eingabefeld „Finanzierung“, Tabellenblatt „Kosten“ eine jährliche Steigerung der Energiekosten um einen festen Prozentsatz mitberücksichtigt werden. Dieser Vorgang wird in Tabellenform dargestellt. Aus dieser Tabelle entwickelt sich das Diagramm auf der Seite 2 des Tabellenblatts „Kosten“. Es stellt die Amortisation der Investitionen dar. Auf der x – Achse sind die Jahre aufgetragen, auf der y – Achse die Höhe des Gewinns/Verlustes in €.

Bei einem Durchstoß der Funktion durch die X – Achse ist ein Gewinn zu erwarten. Der Durchstoßpunkt stellt den Zeitpunkt dar, an dem die Investitionen getilgt sind.

8.5. Beispiel Amortisationsrechnung

Für ein Haus soll an dieser Stelle eine Amortisationsrechnung der Sanierungsmaßnahmen durchgeführt werden. Es sollen hieran die Funktionen des Programms demonstriert werden.

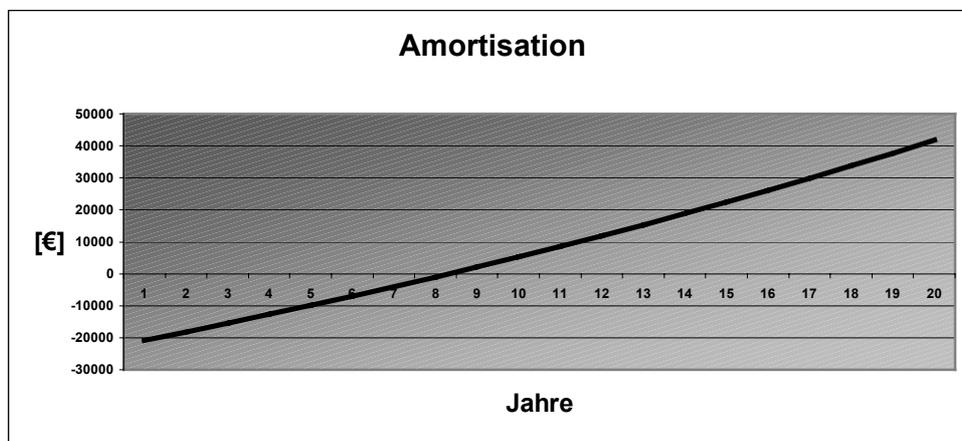
Gewählt wurde als Ist – Zustand folgende Situation:

- Einfamilienhaus massive Bauart, Gebäudenutzfläche 140m²
- Baujahr 1960
- Eigenkapital 7.500,-- €
- Tilgungszeitraum für evtl. Fremdfinanzierung 15 Jahre
- Energiesteigerung jährlich 2,5%
- Der Altbaustandard, also Minimalanforderungen der EnEV, sollen erreicht werden



Mit diesen Eingangsparametern werden folgende Daten ausgegeben:

- Aktueller Energieverbrauch: 47.376 kWh/a
- Aktuelle Energiekosten: 3983 €/a
- Zukünftiger Energieverbrauch: 14.213 kWh/a
- Zukünftige Energiekosten: 1433,88 €/a
- Investitionskosten: 24.092,6 €
- Fremdfinanzierung: 16.592,60 €
- Kosteneinsparung: 2549,12 €/a
- Gesamteinsparung 22.391,60 € nach 15 Jahren
- Tilgungsrate: 1554,60 €/a



Anhand des Diagramms lässt sich ablesen, dass bereits im achten Jahr der Break – Even – Point erreicht wird und sich die Investitionen in die Sanierung durch die vorhandenen Einsparungen rentiert haben.

Die Funktion steigt nicht linear sondern exponential, dass bedeutet, dass die Einsparungen und somit der Gewinn in den Folgejahren steigen wird.



9. Fazit

Aus den definierten und angenommenen Randparametern die den Gebäudebestand beschreiben ist ein Bewertungsprogramm entstanden, welches wichtige Informationen für den Bauherrn liefert und seine Entscheidung Pro oder Kontra zu Sanierungsmaßnahmen beeinflussen wird. Im ersten Kontakt mit dem Kunden bei einer Energieberatung können ihm nicht nur Investitionen und mögliche bautechnische Maßnahmen erläutert werden, sondern auch eine Amortisationsrechnung seiner Investition durchgeführt werden. Dies wird den Kunden sicher zu einer Entscheidung Pro – Sanierung und Pro – Umweltschutz überzeugen.

Bei der Betrachtung des Heizwärmebedarfs konnte gerade bei den Häusern, die zwischen 1952 und 1977 fertiggestellt wurden, ein erhöhtes Energieeinsparpotential (ca. 65 – 80%) festgestellt werden. Dieses kann durch einfache Maßnahmen ausgeschöpft werden. Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unter den Annahmen des „Worst-Case“ ergaben, dass die Amortisation in einem Zeitraum von 14 – 20 Jahren, je nach Wahl des energetischen Standards und des Gebäudetyps, liegt.

Im Zeitraum 1977 – 1982 wirkt sich die verbesserte Gebäudehülle durch die Anforderungen der ersten Wärmeschutzverordnung positiv auf die Energieverbräuche aus. Das Einsparpotential liegt hier jedoch immer noch bei 50 – 70%. Eine Amortisierung der Investitionen ist jedoch nach 20 Jahren nicht erreicht – allerdings wiederum unter den Annahmen des „Worst-Case“.

Die Häuser, die zwischen 1982 und 1995 erbaut wurden, könnten durch Sanierungsmaßnahmen den Heizwärmebedarf um 40 – 60% vermindern. Eine Amortisierung unter den gegebenen Randbedingungen ist nach 20 Jahren nicht zu erwarten.

Ausschlaggebend für die Amortisierung der Häuser 1952 – 1977 ist sicherlich, dass beide Kategorien unter die Fördermaßnahmen des KfW - CO₂ – Gebäudesanierungsprogramms fallen, weil sie mehr als 40 kg CO₂/m²a einsparen. Somit wird ein Drittel der Investitionskosten nur mit 2,42% Jahreszins beaufschlagt. Häuser die nach 1978 fertiggestellt wurden erhalten diese Förderung unverständlicherweise nicht. Es konnte nämlich festgestellt werden, dass Häusertypen zwischen 1977 und 1982, je nach Maßnahme zwischen 45 und 65 kg CO₂/m²a einsparen könnten. Sogar bei der Sanierung auf Neubaustandard der Häusertypen 1982 – 1995 kann bis zu 48 kg CO₂/m²a eingespart werden. Das CO₂ – Minderungsprogramm sollte von der zeitlichen Restriktion befreit werden und die Fördermaßnahmen auch für jüngere Gebäude offen stehen. Das Potential ist vorhanden.

Bei den Gebäuden nach 1982 hat sich gezeigt, dass die Verbesserung des Wärmeschutzes nicht automatisch einhergeht mit den zu erwartenden Einsparungen an Heizenergie. Die Investitionskosten nehmen progressiv zu, während die Heizkostensparnis degressiv abnimmt. Weniger ist manchmal eben doch mehr.



Der bautechnische Aufwand der betrieben wurde, war selbst bei den ältesten Gebäuden relativ gering um die Mindestanforderungen der EnEV zu erfüllen. Von technischer Seite aus betrachtet, lässt sich die Einsparung der Heizenergie, durch Aufbringen stärkerer Dämmung von höherer Güte, weiter erhöhen. Technisch stellt auch der Neubaustandard nach EnEV keine unerreichbare Hürde für den Gebäudebestand dar. Eine Tatsache die mehr erschrecken, denn freudig erstaunen sollte, zumal an der Anlagentechnik des angenommenen Standards Mitte der 80er Jahre keine Veränderungen vorgenommen werden mussten.

Es wäre wünschenswert, wenn sich diese beiden Erkenntnisse koppeln ließen. Statt pauschale Bedingungen für den Erhalt von Förderungen zu formulieren, wäre es ratsam, die Programme intern noch einmal zu staffeln. Da sich höhere Maßnahmen weniger schnell amortisieren - das technische Potential dafür aber vorhanden ist und Energie weiter eingespart werden kann, sollten sich Förderprogramme an der tatsächlichen Einsparung orientieren um den zu belohnen, der nachweislich einen höheren Aufwand, über die Anforderungen hinaus, nämlich im Sinne des Umweltschutzes betreibt.

Handlungsbedarf im Bereich der energetischen Sanierung besteht in gewaltigem Umfang. An den „Mindestwärmeschutz“ von Altbauten sollten noch strengere Anforderungen gestellt werden. Ähnlich wie bei dem nach EnEV vorgeschriebenen Austausch der Heizungsanlagen, sollten für alle Gebäude die vor 1977 erstellt wurden, bestimmte verpflichtende Anforderungen an die Qualität der Gebäudehülle formuliert werden. Gerade in diesem Bereich hat sich schließlich das größte Einsparpotential gezeigt. Darüber hinaus haben sich hier alle getätigten Investitionen in den Wärmeschutz ausgezahlt.



10. Danke

Ganz besonderer Dank gilt meinem Kumpel Karsten Schnitger für seine Unterstützung, seinen Rat und die vielen Diskussionen die wir zusammen geführt haben. Danke für seine Freundschaft!

Besonders möchte ich meiner Freundin Nadine danken, die mir in der ganzen Studienzeit den Rücken gestärkt hat und mir die Kraft zum Durchhalten gab, wenn ich Probleme hatte und es mir schlecht ging. Sie hat in der Zeit des Diploms einen wahren Meisterbrief verdient!

Meine Familie und meine Geschwister waren mir immer innerlicher Antrieb und ich möchte ihnen danken, dass sie mir immer alle meine Wege offen gehalten haben und mich in meinen Entscheidungen unterstützt und mich zu nichts gezwungen haben

Im folgenden möchte ich tabellarisch alle die auflisten, die bei der Erstellung meines Diploms behilflich waren und darüber hinaus auch die, die mir unabhängig vom Diplom bei meinen beruflichen Ausbildungen eine Stütze gewesen sind:

Prof. Dr.-Ing. H. Leimer	BBS Ingenieurbüro Wolfenbüttel
Prof. Dipl.-Ing. S. Tylla – Sager	FH Hildesheim / Holzminden / Göttingen
Prof. Dipl.-Ing. G. Ostkamp	FH Hildesheim / Holzminden / Göttingen
Dipl. – Ing. H. Heuer	BBS Ingenieurbüro Wolfenbüttel
Dipl. – Ing. J. Bode	BBS Ingenieurbüro Wolfenbüttel
Dipl. – Ing. O. Fauth	Ingenieurbüro Fauth Wernau
Dipl. – Ing. H. Bahmer	
Dipl. – Ing. B. Armbruster	
Dipl. – Ing. C. Sorge	
Dipl. – Ing. Hoffmann	Ehlert – Haustechnik / Hildesheim



Zimmermeister C. Steinberg	Steinberg – Bau GmbH / Bad Laasphe
Zimmermeister F. Steinberg	Steinberg – Bau GmbH / Bad Laasphe
Dachdeckermeister M. Kliem	Kliem – Bedachungen / Offenburg
Schreinermeister P. Schmidt	Schreinerei Schmidt / Feudingingen
Malermeister M. Heck	Malerfachbetrieb Heck / Friedensdorf
Schreinergeselle R. Wille	Steinberg – Bau GmbH / Bad Laasphe
Herr M. Buchborn	Rittal / Herborn
Herr R. Meier	Weber – Haus / Rheinau – Linx
Herr G. Vöbel	Firma Sto
Herr C. Ohmes	Sparkasse Groß – Dünge



Reiß / Erhorn / Reiber	Energetisch sanierte Wohngebäude
Hegner / Vogler	EnEV- für die Praxis kommentiert
Cziesielski / Göbelsmann / Röder	Einführung in die EnEV 2002
Sperber / Schettler-Köhler	WSchV `95
Schoch	Neue Energieeinsparverordnung
Dartsch	Bauen Heute in alter Substanz
Werner	Kommentar zu DIN V 4108-6
DIN EN 823	Berechnung des Heizenergiebedarfs
DIN V 4108-4	Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte
DIN V 4108-6	Berechnung der Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs
DIN EN ISO 6946	Wärmedurchlaßwiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient
DIN 4708-10	Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen
EnEV	Verordnung über energieeinsparenden Wärmeschutz und energieeinsparende Anlagentechnik bei Gebäuden
Wendehorst	Bautechnische Zahlentafeln 28. Auflage
Europa Lehrmittel	Tabellenbuch Bautechnik
Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW)	Kreditprogramme
Gesellschaft für rationelle Energieverwendung(GRE)	Energieeinsparung im Gebäudebestand – Bauliche und Anlagentechnische Lösungen Sonderdruck: Die Energieeinsparverordnung
Vaillant	EnEV- Berechnungsprogramme
Förderprogramme Interpane	Gestalten mit Glas



Inhalt Anhang

Inhalt Anhang	Seite 1 - 2
Wärmedurchlaßwiderstände, Wärmeübergangswiderstände und Wärmedurchgangskoeffizienten DIN 4108 - 1952 – 2001	Seite 3 - 8
Anforderungen an Wärmedurchgangskoeffizienten im Bauteilverfahren nach den Wärmeschutzverordnungen 1977, 1982 und 1995	Seite 9
Anforderungen an neu zu errichtende Gebäude mit normalen Innentemperaturen nach Energieeinsparverordnung 2002	Seite 10
Bauteilanforderungen nach Energieeinsparverordnung 2002	Seite 11
Rechengrundlagen zur Anlagentechnik	Seite 12
Bauaufnahme Typ I	Seite 13
Bauaufnahme Typ II	Seite 14
Bauaufnahme Typ III	Seite 15
Berechnete Werte im Ist-, Soll 1- und Soll 2 - Zustand 1952 – 1969	Seite 16
Berechnete Werte im Ist-, Soll 1- und Soll 2 - Zustand 1969 – 1977	Seite 17
Berechnete Werte im Ist-, Soll 1- und Soll 2 - Zustand 1977 – 1982	Seite 18
Berechnete Werte im Ist-, Soll 1- und Soll 2 - Zustand 1982 – 1995	Seite 19
Nachweise Soll - Zustand 1 nach EnEV	Seite 20
Nachweise Soll - Zustand 2 nach EnEV	Seite 21
Ausgaben der Helex – Berechnungen	Seite 22
Eingabemasken und Ausgaben der Berechnungen nach Monatsbilanzverfahren	Seite 23 – 30
Faktoren zwischen dem Jahres - Heizwärmebedarf Ist - Soll 1 und Ist - Soll 2	Seite 31



Kostensätze für energieeinsparende Maßnahmen und Sowiesokosten	Seite 32
Sanierungskosten Typ I - 1952 – 1969	Seite 33
Sanierungskosten Typ II - 1952 – 1969	Seite 34
Sanierungskosten Typ III - 1952 – 1969	Seite 35
Sanierungskosten Typ I – 1969 – 1977	Seite 36
Sanierungskosten Typ II - 1969 – 1977	Seite 37
Sanierungskosten Typ III - 1969 – 1977	Seite 38
Sanierungskosten Typ I – 1977 – 1982	Seite 39
Sanierungskosten Typ II - 1977 – 1982	Seite 40
Sanierungskosten Typ III - 1977 – 1982	Seite 41
Sanierungskosten Typ I – 1982 – 1995	Seite 42
Sanierungskosten Typ II - 1982 – 1995	Seite 43
Sanierungskosten Typ III - 1982 – 1995	Seite 44
Energiekosten Ist, Soll 1 und Soll 2 - Zustand nach Häusertypen 1952 – 1969	Seite 45
Energiekosten Ist, Soll 1 und Soll 2 - Zustand nach Häusertypen 1969 – 1977	Seite 46
Energiekosten Ist, Soll 1 und Soll 2 - Zustand nach Häusertypen 1977 – 1982	Seite 47
Energiekosten Ist, Soll 1 und Soll 2 - Zustand nach Häusertypen 1982 – 1995	Seite 48
Amortisation der Sanierungsmaßnahmen bei massiven Gebäuden	Seite 49
Amortisation der Sanierungsmaßnahmen bei leichten Gebäuden	Seite 50



**Wärmedurchlaßwiderstände, Wärmeübergangswiderstände und
Wärmedurchgangskoeffizienten DIN 4108 - 1952**

Bauteile		Wärmedurchlaßwiderstand [m ² K/W]			Wärmeübergangswiderstände [m ² K/W]		Wärmedurchgangskoeffizient [W/m ² K]		
		WDG I	WDG II	WDG III	innen	außen	WDG I	WDG II	WDG III
Außenwände	allgemein	0.39	0.47	0.56	0.12	0.04	1.83	1.59	1.39
	kleinflächige Einzelbauteile	-	-	-			-	-	-
Wohnungstrennwände	in nicht zentralbeheizten Gebäuden	0.26	0.26	0.34	0.12	0.12	2.01	2.01	1.71
	in zentralbeheizten Gebäuden								
Treppenraumwände	zu Treppenträumen mit wesentlich nied. Innentemperaturen <10°C	0.26	0.26	0.34	0.12	0.12	2.01	2.01	1.71
	zu Treppenträumen Innentemp. >10°C								
Wohnungstrenndecken	Wärmestrom von unten nach oben	0.47			0.12	0.12	1.40		
	Wärmestrom von oben nach unten				0.17	0.12			
Unterer Abschluß nicht unterkellerten Aufenthaltsräume	unmittelbar an das Erdreich grenzend	-			-	-	-		
	über nicht belüfteten Hohlraum an Erdreich grenzend								
Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen		0.47			0.12	0.04	1.59		
Kellerdecken		0.65			0.17	0.17	1.01		
Decken/Dächer, die Aufenthaltsräume gegen die Außenluft abgrenzen	nach unten	1.29	1.51	1.72	0.17	0.04	0.67	0.58	0.52
	nach oben	1.08			0.12	0.04	0.81		



**Wärmedurchlaßwiderstände, Wärmeübergangswiderstände und
Wärmedurchgangskoeffizienten DIN 4108 - 1960**

Bauteile		Wärmedurchlaßwiderstand [m ² *K/W]			Wärmeübergangswiderstände [m ² *K/W]		Wärmedurchgangskoeffizient [W/m ² *K]		
		WDG I	WDG II	WDG III	innen	außen	WDG I	WDG II	WDG III
Außenwände	allgemein	0.39	0.47	0.56	0.12	0.04	1.83	1.59	1.39
	kleinflächige Einzelbauteile	-	-	-			-	-	-
Wohnungstrennwände	in nicht zentralbeheizten Gebäuden	0.26	0.26	0.34	0.12	0.12	2.01	2.01	1.71
	in zentralbeheizten Gebäuden								
Treppenraumwände	zu Treppenträumen mit wesentlich nied. Innentemperaturen <10°C	0.26	0.26	0.34	0.12	0.12	2.01	2.01	1.71
	zu Treppenträumen Innentemp. >10°C								
Wohnungstrenndecken	Wärmestrom von unten nach oben	0.47			0.12	0.12	1.40		
	Wärmestrom von oben nach unten				0.17	0.12	1.31		
Unterer Abschluß nicht unterkellertes Aufenthaltsräume	unmittelbar an das Erdreich grenzend	-			-	-	-		
	über nicht belüfteten Hohlraum an Erdreich grenzend								
Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen		0.47			0.12	0.04	1.59		
Kellerdecken		0.65			0.17	0.17	1.01		
Decken/Dächer, die Aufenthaltsräume gegen die Außenluft abgrenzen	nach unten	1.29	1.51	1.72	0.17	0.04	0.67	0.58	0.52
	nach oben	1.08			0.12	0.04	0.81		



**Wärmedurchlaßwiderstände, Wärmeübergangswiderstände und
Wärmedurchgangskoeffizienten DIN 4108 - 1969**

Bauteile		Wärmedurchlaßwiderstand [m ² *K/W]			Wärmeübergangswiderstände [m ² *K/W]		Wärmedurchgangskoeffizient [W/m ² *K]		
		WDG I	WDG II	WDG III	innen	außen	WDG I	WDG II	WDG III
Außenwände	allgemein	0.39	0.47	0.56	0.12	0.04	1.83	1.59	1.39
	kleinflächige Einzelbauteile	-	-	-			-	-	-
Wohnungstrennwände	in nicht zentralbeheizten Gebäuden	0.26			0.12	0.12	2.00		
	in zentralbeheizten Gebäuden	0.07					3.23		
Treppenraumwände	zu Treppenträumen mit wesentlich niedrigeren Innentemperaturen <10°C	0.26			0.12	0.12	2.00		
	zu Treppenträumen Innentemperaturen >10°C								
Wohnungstrenndecken	Wärmestrom von unten nach oben	0.34			0.12	0.12	1.72		
	Wärmestrom von oben nach unten				0.17	0.13	3.33		
Unterer Abschluß nicht unterkellertes Aufenthaltsräume	unmittelbar an das Erdreich grenzend	0.86			0.17	0	0.97		
	über nicht belüfteten Hohlraum an Erdreich grenzend	-			-	-	-		
Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen		0.86			0.12	0.04	0.98		
Kellerdecken		0.86			0.17	0.17	0.83		
Decken/Dächer, die Aufenthaltsräume gegen die Außenluft abgrenzen	nach unten	1.29	1.51	1.72	0.17	0.04	0.67	0.58	0.52
	nach oben	1.08			0.12	0.04	0.81		



**Wärmedurchlaßwiderstände, Wärmeübergangswiderstände und
Wärmedurchgangskoeffizienten DIN 4108 - 1974**

Bauteile		Wärmedurchlaßwiderstände [m ² *K/W]		Wärmeübergangswiderstände [m ² *K/W]		Wärmedurchgangskoeffizienten [W/m ² *K]	
		WDG II	WDG III	innen	außen	WDG II	WDG III
Außenwände	allgemein	0.47	0.56	0.12	0.04	1.58	1.39
	kleinflächige Einzelbauteile	-	-			-	-
Wohnungstrennwände	in nicht zentralbeheizten Gebäuden	0.26		0.12	0.12	2.01	
	in zentralbeheizten Gebäuden	0.07				3.24	
Treppenraumwände	zu Treppenträumen mit wesentlich niedrigeren Innentemperaturen <10°C	0.26		0.12	0.12	2.01	
	zu Treppenträumen Innentemperaturen >10°C						
Wohnungstrenndecken	Wärmestrom von unten nach oben	0.34		0.12	0.12	1.71	
	Wärmestrom von oben nach unten			0.17	0.13	3.33	
Unterer Abschluß nicht unterkellertes Aufenthaltsräume	unmittelbar an das Erdreich grenzend	0.86		0.2	0	0.97	
	über nicht belüfteten Hohlraum an Erdreich grenzend	-					
Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen		0.86		0.1	0	0.98	
Kellerdecken		0.86		0.2	0.2	0.83	
Decken/Dächer, die Aufenthaltsräume gegen die Außenluft abgrenzen	nach unten	1.72		0.2	0	0.52	
	nach oben	1.29		0.1	0	0.69	



**Wärmedurchlaßwiderstände, Wärmeübergangswiderstände und
Wärmedurchgangskoeffizienten DIN 4108 - 1981**

Bauteile		Wärmedurchlaß-widerstand [m ² *K/W]	Wärmedurchgangs- koeffizient [W/m ² *K]
Außenwände	allgemein	0.55	1.38
	kleinflächige Einzelbauteile	0.47	1.56
Wohnungstrennwände	in nicht zentralbeheizten Gebäuden	0.25	1.96
	in zentralbeheizten Gebäuden	0.07	3.03
Treppenraumwände	zu Treppenträumen mit wesentlich niedrigeren Innentemperaturen <10°C	0.25	1.96
	zu Treppenträumen Innentemperaturen >10°C		
Wohnungstrenndecken		0.35	1.64
Unterer Abschluß nicht unterkellertes Aufenthaltsräume	unmittelbar an das Erdreich grenzend	0.90	0.93
	über nicht belüfteten Hohlraum an Erdreich grenzend		0.81
Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen			0.90
Kellerdecken			0.81
Decken/Dächer, die Aufenthaltsräume gegen die Außenluft abgrenzen	nach unten	1.75	0.51
	nach oben	1.10	0.79



**Wärmedurchlaßwiderstände, Wärmeübergangswiderstände und
Wärmedurchgangskoeffizienten DIN 4108 - 2001**

Bauteil		Wärme- durchlaß- widerstand [m ² *K/W]	Wärmeübergangs- widerstände [m ² *K/W]		Wärme- durchgangs- koeffizient [W/m ² *K]
			innen	außen	
Außenwände	allgemein	1.20	0.13	0.04	0.73
	kleinflächige Einzelbauteile	-	-	-	-
Wohnungs- trennwände	in nicht zentralbeheizten Gebäuden	-	-	-	-
	in zentralbeheizten Gebäuden	0.07	0.13	0.13	3.03
Treppenraumwände	zu Treppenträumen mit wesentlich niedrigeren Innentemperaturen <10°C	0.25	0.13	0.04	2.38
	zu Treppenträumen Innentemperaturen >10°C	0.07	0.13	0.13	3.03
Wohnungs- trenndecken	Wärmestrom von unten nach oben	0.35	0.13	0.13	1.64
	Wärmestrom von oben nach unten		0.17	0.13	1.54
Unterer Abschluß nicht unterkellertes Aufenthaltsräume	unmittelbar an das Erdreich grenzend	0.90	0.17	0.00	0.93
	über nicht belüfteten Hohlraum an Erdreich grenzend		0.17	0.17	0.81
Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen		0.90	0.13	0.08	0.90
Kellerdecken			0.17	0.17	0.81
Decken/Dächer, die Aufenthaltsräume gegen die Außenluft abgrenzen	nach unten	1.75	0.17	0.04	0.51
	nach oben	1.20	0.13	0.04	0.73



**Anforderungen an Wärmedurchgangskoeffizienten im Bauteilverfahren nach den
Wärmeschutzverordnungen 1977, 1982 und 1995**

Bauteile			max. Wärmedurchgangskoeffizient k_{max} [W/m ² K]		
			WSchVO 1977	WSchVO 1982	WSchVO 1995
Außenwände einschl. Fenster und Türen	nach Abb. 1	km, W+F	1.45	1.20	-
	nach Abb. 2		1.55		-
	nach Abb. 3		1.75	1.50	-
Außenwände		kW	-	-	0.50
Außenliegende Fenster und Fenstertüren sowie Dachfenster		km,F,eq	-	-	0.70
Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen und Decken, die Räume nach oben und unten gegen die Außenluft abgrenzen		kD	0.45	0.30	0.22
Kellerdecken, Wände und Decken gegen unbeheizte Räume sowie Decken und Wände, die an das Erdreich angrenzen		kG	0.80	0.55	0.35



**Anforderungen an neu zu errichtende Gebäude mit normalen Innentemperaturen nach
Energieeinsparverordnung 2002**

Tabelle 1

Höchstwerte des auf die Gebäudenutzfläche und des auf das beheizte Gebäudevolumen bezogenen Jahres-Primärenergiebedarfs und des spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlusts in Abhängigkeit vom Verhältnis A/V_e

Ver- hält- nis A/V_e	Jahres-Primärenergiebedarf			Spezifischer, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Transmissionswärmeverlust H_T in $W/(m^2 K)$	
	Q_p in $kWh/(m^2 a)$ bezogen auf die Gebäudenutzfläche	Wohngebäude mit überwiegender Warmwasserbereitung aus elektrischem Strom	Q_p in $kWh/(m^3 a)$ bezogen auf das beheizte Gebäudevolumen	Nichtwohngebäude mit einem Fensterflächenanteil $\leq 30\%$ und Wohngebäude	Nichtwohngebäude mit einem Fensterflächenanteil $> 30\%$
1	2	3	4	5	6
$\leq 0,2$	$66,00 + 2600/(100+A_N)$	88,00	14,72	1,05	1,55
0,3	$73,53 + 2600/(100+A_N)$	95,53	17,13	0,80	1,15
0,4	$81,06 + 2600/(100+A_N)$	103,06	19,54	0,68	0,95
0,5	$88,58 + 2600/(100+A_N)$	110,58	21,95	0,60	0,83
0,6	$96,11 + 2600/(100+A_N)$	118,11	24,36	0,55	0,75
0,7	$103,64 + 2600/(100+A_N)$	125,64	26,77	0,51	0,69
0,8	$111,17 + 2600/(100+A_N)$	133,17	29,18	0,49	0,65
0,9	$118,70 + 2600/(100+A_N)$	140,70	31,59	0,47	0,62
1	$126,23 + 2600/(100+A_N)$	148,23	34,00	0,45	0,59
$\geq 1,05$	$130,00 + 2600/(100+A_N)$	152,00	35,21	0,44	0,58



Bauteilanforderungen nach EnEV

Tabelle 1

Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten
bei erstmaligem Einbau, Ersatz und Erneuerung von Bauteilen

Zeile	Bauteil	Maßnahme nach	Gebäude nach § 1 Abs. 1 Nr. 1 maximaler Wärmedurchgangskoeffizient U_{max} ¹⁾ in $W / (m^2 K)$	
			3	4
	1	2	3	4
1 a)	Außenwände	allgemein	0,45	0,75
b)		Nr. 1 b), d) und e)	0,35	0,75
2 a)	Außenliegende Fenster, Fenstertüren, Dachflächenfenster	Nr. 2 a) und b)	1,7 ²⁾	2,8 ²⁾
b)	Verglasungen	Nr. 2 c)	1,5 ³⁾	keine Anforderung
c)	Vorhangfassaden	allgemein	1,9 ⁴⁾	3,0 ⁴⁾
3 a)	Außenliegende Fenster, Fenstertüren, Dachflächenfenster mit Sonderverglasungen	Nr. 2 a) und b)	2,0 ²⁾	2,8 ²⁾
b)	Sonderverglasungen	Nr. 2 c)	1,6 ³⁾	keine Anforderung
c)	Vorhangfassaden mit Sonderverglasungen	Nr. 6 Satz 2	2,3 ⁴⁾	3,0 ⁴⁾
4 a)	Decken, Dächer und Dachschrägen	Nr. 4.1	0,30	0,40
b)	Dächer	Nr. 4.2	0,25	0,40
5 a)	Decken und Wände gegen unbeheizte Räum	Nr. 5 b) und e)	0,40	keine Anforderung
b)	oder Erdreich	Nr. 5 a), c), d) und f)	0,50	keine Anforderung



Rechengrundlagen zur Anlagentechnik

Heizung					
Wärme					
Parameter		Dimension	Typ I	Typ II	Typ III
q_{ce}	Flächenbezogener Verlust der Wärmeabgabe im Raum	[kWh/m ² *a]	1.10		
q_d	Flächenbezogener Verlust der Wärmeverteilung	[kWh/m ² *a]	2.70	2.40	2.35
q_s	Flächenbezogener Verlust der Wärmespeicherung	[kWh/m ² *a]	0.00		
α_g	Wärmeerzeuger - Deckungsanteil	[-]	1.00		
e_g	Aufwandszahl der Erzeugung Heizkessel	[-]	1.08		
f_p	Primärenergiefaktor	[-]	1.10		
Hilfsenergie					
Parameter		Dimension	Typ I	Typ II	Typ III
$q_{ce, HE}$	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - Wärmeabgabe	[kWh/m ² *a]	0.00		
$q_{d, HE}$	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - Wärmeverteilung	[kWh/m ² *a]	1.89	1.40	0.99
$q_{s, HE}$	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - Wärmespeicherung	[kWh/m ² *a]	0.00		
α_g	Wärmeerzeuger - Deckungsanteil	[-]	1.00		
$q_{g, HE}$	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - Wärmeerzeuger	[kWh/m ² *a]	0.72	0.62	0.56
f_p	Primärenergiefaktor	[-]	3.00		

Trinkwassererwärmung					
Wärme					
Parameter		Dimension	Typ I	Typ II	Typ III
$q_{TW, ce}$	Flächenbez. Energiebedarf Nutzenübergabe TW-Erwärmung	[kWh/m ² *a]	0.00		
$q_{TW, d}$	Flächenbezogener Wärmeverlust TW-Verteilung	[kWh/m ² *a]	11.00	9.20	8.45
$q_{h, TW, d}$	Flächenbezogene Heizwärmegutschrift TW-Verteilung	[kWh/m ² *a]	4.90	4.15	3.80
$q_{TW, s}$	Flächenbezogener Wärmeverlust TW-Speicherung	[kWh/m ² *a]	5.60	4.30	3.55
$q_{h, TW, s}$	Flächenbezogene Heizwärmegutschrift TW-Speicherung	[kWh/m ² *a]	0.00		
$\alpha_{TW, g}$	Trinkwassererwärmung - Deckungsanteil	[-]	1.00		
$e_{TW, g}$	Aufwandszahl der TW - Erwärmung	[-]	1.20	1.18	1.17
f_p	Primärenergiefaktor	[-]	1.10		
Hilfsenergie					
Parameter		Dimension	Typ I	Typ II	Typ III
$q_{TW, ce, HE}$	Flächenb. Hilfsenergiebed. Nutzenübergabe TW-Erw.	[kWh/m ² *a]	0.00		
$q_{TW, d, HE}$	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - TW-Verteilung	[kWh/m ² *a]	0.97	0.74	0.62
$q_{TW, s, HE}$	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf TW-Speicherung	[kWh/m ² *a]	0.00		
$\alpha_{TW, g}$	Trinkwassererwärmung - Deckungsanteil	[-]	1.00		
$q_{TW, g, HE}$	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - TW-Erwärmung	[kWh/m ² *a]	0.27	0.23	0.20
f_p	Primärenergiefaktor	[-]	3.00		



Bauaufnahme Haustyp I - 150 bis 200 m² Nutzfläche

Bauteil		Haus 1	Haus 2	Haus 4	Haus 5	Haus 8	Haus 9	Haus 13	Haus 15	Mittel
Außenwandfläche [m ²]	Nord	34.07	31.45	45.25	28.40	33.86	29.96	28.63	23.57	31.90
	Süd	34.12	34.65	39.28	24.56	24.14	23.82	25.73	28.02	29.29
	West	38.16	31.39	31.64	23.79	26.27	47.84	35.93	27.07	32.76
	Ost	39.33	39.34	28.44	24.36	30.25	47.84	39.60	27.07	34.53
Fensterfläche [m ²]	Nord	5.78	7.22	3.59	1.09	1.42	2.94	5.09	9.74	4.61
	Süd	9.44	4.02	12.23	4.94	9.72	9.08	7.99	5.51	7.87
	West	5.41	13.59	6.32	8.66	11.22	5.85	7.26	3.35	7.71
	Ost	4.24	5.64	6.06	8.09	7.24	5.85	3.59	3.35	5.51
Dachfläche [m ²]	West	0.00	27.90	29.32	0.00	0.00	19.92	21.01	0.00	12.27
	Ost	0.00	27.90	28.40	0.00	0.00	19.44	20.33	0.00	12.01
Dachflächenfenster [m ²]	West	0.00	0.00	1.84	0.00	0.00	2.28	0.92	0.00	0.63
	Ost	0.00	0.00	2.76	0.00	0.00	2.76	1.60	0.00	0.89
Kehlgebälk [m ²]		158.43	35.40	34.41	103.10	137.00	50.14	35.43	108.01	82.74
Kellerdecke [m ²]		158.43	80.60	83.53	103.10	137.00	82.25	71.15	108.01	103.01
Volumen [m ³]		467.40	417.71	410.70	314.46	404.15	441.60	364.33	318.63	392.37
Hüllfläche [m ²]		487.41	339.10	353.07	330.09	418.12	349.97	304.27	343.70	365.72
A/V [m ⁻¹]		1.04	0.81	0.86	1.05	1.03	0.79	0.84	1.08	0.93
Gebäudenutzfläche [m ²]		149.57	133.67	131.42	100.63	129.33	141.31	116.59	101.96	125.56
Außenwandfläche [m ²]		170.55	223.10	235.13	123.89	144.12	217.58	197.69	127.68	179.97
Fensterfläche [m ²]		24.87	30.47	32.80	22.78	29.60	28.76	26.46	21.95	27.21
Fensterflächenanteil [%]		14.58	13.66	13.95	18.39	20.54	13.22	13.38	17.19	15.12
Dachneigung [°]		22.00	38.00	38.00	33.00	24.00	42.00	38.00	30.00	33.13



Bauaufnahmen Haustyp II - 150 - 200 m² Nutzfläche

Bauteil		Haus 3	Haus 6	Haus 7	Haus 10	Haus 11	Haus 12	Haus 14	Mittel
Außenwandfläche [m ²]	Nord	35.71	34.03	27.48	33.53	38.35	38.98	41.48	35.65
	Süd	27.47	27.29	33.87	29.75	35.29	35.25	41.61	32.93
	West	45.69	52.80	30.50	38.51	29.19	38.47	24.11	37.04
	Ost	43.12	55.50	35.45	36.27	39.54	36.62	32.29	39.83
Fensterfläche [m ²]	Nord	5.79	2.51	16.79	3.27	4.91	8.22	12.03	7.65
	Süd	14.03	8.64	6.64	7.05	7.97	11.95	7.50	9.11
	West	6.75	8.84	10.06	6.29	18.36	2.83	11.45	9.23
	Ost	9.32	4.40	1.42	8.53	8.01	4.68	3.26	5.66
Dachfläche [m ²]	West	75.10	51.40	0.00	42.78	25.03	0.00	31.81	32.30
	Ost	75.10	50.55	0.00	42.78	26.38	0.00	32.11	32.42
Dachflächenfenster [m ²]	West	0.00	1.70	0.00	0.92	1.35	0.00	2.69	0.95
	Ost	0.00	2.55	0.00	0.92	0.00	0.00	1.35	0.69
Kehlgebälk [m ²]		0.00	0.00	157.75	42.18	54.86	177.03	37.20	67.00
Kellerdecke [m ²]		127.30	84.10	157.75	107.96	94.95	177.03	101.25	121.48
Volumen [m ³]		588.30	521.15	481.14	510.67	501.65	522.24	522.50	521.09
Hüllfläche [m ²]		465.38	384.31	477.71	400.73	384.16	531.06	380.14	431.93
A/V [m ⁻¹]		0.79	0.74	0.99	0.78	0.77	1.02	0.73	0.83
Gebäudenutzfläche [m ²]		188.26	166.77	153.96	163.41	160.53	167.12	167.20	166.75
Außenwandfläche [m ²]		338.08	300.21	162.21	250.59	234.35	177.00	241.69	243.45
Fensterfläche [m ²]		35.89	28.64	34.91	26.98	40.59	27.68	38.28	33.28
Fensterflächenanteil [%]		10.62	9.54	21.52	10.77	17.32	15.64	15.84	13.67
Dachneigung [°]		30.00	40.00	22.00	38.00	38.00	30.00	38.00	33.71



Bauaufnahme Haustyp III - 200 bis 300 m² Nutzfläche

Bauteil		Haus 1.1	Haus 2.1	Haus 4.1	Haus 5.1	Haus 8.1	Haus 9.1	Haus 13.1	Haus 15.1	Mittel
Außenwandfläche [m ²]	Nord	68.14	51.65	71.00	56.80	67.72	45.14	48.42	47.14	57.00
	Süd	68.24	58.05	60.32	49.12	48.28	23.82	42.61	56.04	50.81
	West	76.32	50.18	63.28	47.58	52.54	73.66	57.55	54.14	59.41
	Ost	78.66	61.46	56.88	48.72	60.50	73.66	63.73	54.14	62.22
Fensterfläche [m ²]	Nord	11.56	14.44	4.35	2.18	2.84	2.94	10.19	19.48	8.50
	Süd	18.88	8.04	17.69	9.88	19.44	9.08	15.98	11.02	13.75
	West	10.82	20.38	12.64	17.32	22.44	9.54	10.53	6.70	13.80
	Ost	8.48	9.10	12.12	16.18	14.48	9.54	4.34	6.70	10.12
Dachfläche [m ²]	West	0.00	27.90	29.32	0.00	0.00	19.92	21.01	0.00	12.27
	Ost	0.00	27.90	28.40	0.00	0.00	19.44	20.33	0.00	12.01
Dachflächenfenster [m ²]	West	0.00	0.00	1.84	0.00	0.00	2.28	0.92	0.00	0.63
	Ost	0.00	0.00	2.76	0.00	0.00	2.76	1.60	0.00	0.89
Kehlgebälk [m ²]		158.43	35.40	34.41	103.10	137.00	50.14	35.43	108.01	82.74
Kellerdecke [m ²]		158.43	80.60	83.53	103.10	137.00	82.25	71.15	108.01	103.01
Volumen [m ³]		934.77	655.48	657.11	628.92	808.30	684.24	574.22	637.26	697.54
Hüllfläche [m ²]		657.96	445.10	478.54	453.98	562.24	424.17	403.80	471.38	487.15
A/V [m ⁻¹]		0.70	0.68	0.73	0.72	0.70	0.62	0.70	0.74	0.70
Gebäudenutzfläche [m ²]		299.13	209.75	210.28	201.25	258.66	218.96	183.75	203.92	223.21
Außenwandfläche [m ²]		341.10	329.10	360.60	247.78	288.24	291.78	297.22	255.36	301.40
Fensterfläche [m ²]		49.74	51.96	51.40	45.56	59.20	36.14	43.57	43.90	47.68
Fensterflächenanteil [%]		14.58	15.79	14.25	18.39	20.54	12.39	14.66	17.19	15.82
Dachneigung [°]		22.00	38.00	38.00	33.00	24.00	42.00	38.00	30.00	33.13



Berechnete Werte im Ist-, Soll 1- und Soll 2 - Zustand 1952 - 1969

1952 - 1969		Massiv			Leicht		
		Typ I	Typ II	Typ III	Typ I	Typ II	Typ III
Heizwärme- bedarf nach Helex [kWh/m ² a]	Ist	338.40	286.45	271.89	348.90	293.22	282.63
	Soll I	100.60	98.80	80.10	102.00	100.10	81.80
	Soll II	64.30	59.40	55.70	64.40	60.00	49.20
Einsparung absolut Ist - Soll I		237.80	187.65	191.79	246.90	193.12	200.83
Einsparung in [%] Ist - Soll I		70.27	65.51	70.54	70.77	65.86	71.06
Einsparung absolut Ist - Soll II		274.10	227.05	216.19	284.50	233.22	233.43
Einsparung in [%] Ist - Soll II		81.00	79.26	79.51	81.54	79.54	82.59
Heizwärme- bedarf nach MB-Verfahren [kWh/m ² a]	Ist	320.55	276.96	257.54	327.26	283.10	264.13
	Soll I	106.87	105.04	81.75	111.70	109.42	85.82
	Soll II	63.66	59.17	52.80	67.19	62.34	55.84
Einsparung absolut Ist - Soll I		213.68	171.92	175.79	215.56	173.68	178.31
Einsparung in [%] Ist - Soll I		66.66	62.07	68.26	65.87	61.35	67.51
Einsparung absolut Ist - Soll II		256.89	217.79	204.74	260.07	220.76	208.29
Einsparung in [%] Ist - Soll II		80.14	78.64	79.50	79.47	77.98	78.86
Primärenergie- bedarf [kWh/m ² a]	Ist	429.85	370.96	344.18	437.44	378.27	350.46
	Soll I	175.61	166.72	135.34	181.36	171.94	140.18
	Soll II	124.28	112.23	100.95	128.48	116.00	104.57
Einsparung absolut Ist - Soll I		254.24	204.24	208.84	256.08	206.33	210.28
Einsparung in [%] Ist - Soll I		59.15	55.06	60.68	58.54	54.55	60.00
Einsparung absolut Ist - Soll II		305.57	258.73	243.23	308.96	262.27	245.89
Einsparung in [%] Ist - Soll II		71.09	69.75	70.67	70.63	69.33	70.16
Transmissions- wärmbedarf [W/m ² K]	Ist	1.41	1.38	1.54	1.41	1.38	1.54
	Soll I	0.49	0.53	0.51	0.49	0.53	0.51
	Soll II	0.29	0.29	0.32	0.29	0.29	0.32
Einsparung in [%] Ist - Soll I		65.25	61.59	66.88	65.25	61.59	66.88
Einsparung in [%] Ist - Soll II		79.43	78.99	79.22	79.43	78.99	79.22
CO ₂ - Einsparung [kg CO ₂ / m ² a]	Soll I	91.88	73.93	75.59	92.69	74.68	76.67
	Soll II	110.46	93.65	88.04	111.83	94.93	89.56



Berechnete Werte im Ist-, Soll 1- und Soll 2 - Zustand 1969 - 1977

1969 - 1977		Massiv			Leicht		
		Typ I	Typ II	Typ III	Typ I	Typ II	Typ III
Heizwärme- bedarf nach Helex [kWh/m ² a]	Ist	291.61	254.11	250.03	301.20	263.42	256.81
	Soll I	96.30	93.70	78.60	100.50	97.80	83.10
	Soll II	67.00	62.80	57.40	68.00	63.70	58.60
Einsparung absolut Ist - Soll I		195.31	160.41	171.43	200.70	165.62	173.71
Einsparung in [%] Ist - Soll I		66.98	63.13	68.56	66.63	62.87	67.64
Einsparung absolut Ist - Soll II		224.61	191.31	192.63	233.20	199.72	198.21
Einsparung in [%] Ist - Soll II		77.02	75.29	77.04	77.42	75.82	77.18
Heizwärme- bedarf nach MB-Verfahren [kWh/m ² a]	Ist	286.98	252.26	240.62	293.93	258.57	247.37
	Soll I	105.08	101.65	82.53	109.87	105.95	86.63
	Soll II	66.96	62.41	54.63	70.63	65.68	57.76
Einsparung absolut Ist - Soll I		181.90	150.61	158.09	184.06	152.62	160.74
Einsparung in [%] Ist - Soll I		63.38	59.70	65.70	62.62	59.02	64.98
Einsparung absolut Ist - Soll II		220.02	189.85	185.99	223.30	192.89	189.61
Einsparung in [%] Ist - Soll II		76.67	75.26	77.30	75.97	74.60	76.65
Primärenergie- bedarf [kWh/m ² a]	Ist	389.59	341.63	324.08	397.84	349.13	332.11
	Soll I	173.49	162.71	136.27	179.18	167.81	141.14
	Soll II	128.20	116.09	103.13	132.57	119.98	106.84
Einsparung absolut Ist - Soll I		216.10	178.92	187.81	218.66	181.32	190.97
Einsparung in [%] Ist - Soll I		55.47	52.37	57.95	54.96	51.93	57.50
Einsparung absolut Ist - Soll II		261.39	225.54	220.95	265.27	229.15	225.27
Einsparung in [%] Ist - Soll II		67.09	66.02	68.18	66.68	65.63	67.83
Transmissions- wärmbedarf [W/m ² K]	Ist	1.28	1.27	1.45	1.28	1.27	1.45
	Soll I	0.48	0.51	0.50	0.48	0.51	0.50
	Soll II	0.31	0.32	0.33	0.31	0.32	0.33
Einsparung in [%] Ist - Soll I		62.50	59.84	65.52	62.50	59.84	65.52
Einsparung in [%] Ist - Soll II		75.78	74.80	77.24	75.78	74.80	77.24
CO ₂ - Einsparung [kg CO ₂ / m ² a]	Soll I	78.22	64.76	67.98	79.15	65.63	69.12
	Soll II	94.61	81.64	79.98	96.02	82.94	81.53



Berechnete Werte im Ist-, Soll 1- und Soll 2 - Zustand 1977 - 1982

1977 - 1982		Massiv			Leicht		
		Typ I	Typ II	Typ III	Typ I	Typ II	Typ III
Heizwärme- bedarf nach Helex [kWh/m ² a]	Ist	217.35	194.35	188.18	223.22	200.28	184.42
	Soll I	98.60	93.90	75.70	101.40	96.80	79.00
	Soll II	65.90	61.40	56.70	67.80	63.10	59.10
Einsparung absolut Ist - Soll I		118.75	100.45	112.48	121.82	103.48	105.42
Einsparung in [%] Ist - Soll I		54.64	51.69	59.77	54.57	51.67	57.16
Einsparung absolut Ist - Soll II		151.45	132.95	131.48	155.42	137.18	125.32
Einsparung in [%] Ist - Soll II		69.68	68.41	69.87	69.63	68.49	67.95
Heizwärme- bedarf nach MB-Verfahren [kWh/m ² a]	Ist	221.84	199.10	188.32	228.79	205.38	194.94
	Soll I	109.11	103.11	80.95	114.13	107.60	85.10
	Soll II	66.86	61.83	54.90	70.53	65.09	58.03
Einsparung absolut Ist - Soll I		112.73	95.99	107.37	114.66	97.78	109.84
Einsparung in [%] Ist - Soll I		50.82	48.21	57.01	50.12	47.61	56.35
Einsparung absolut Ist - Soll II		154.98	137.27	133.42	158.26	140.29	136.91
Einsparung in [%] Ist - Soll II		69.86	68.95	70.85	69.17	68.31	70.23
Primärenergie- bedarf [kWh/m ² a]	Ist	312.65	278.47	261.95	320.46	285.94	269.82
	Soll I	178.28	164.44	134.40	184.25	169.78	139.32
	Soll II	128.09	115.39	103.45	132.45	119.27	107.17
Einsparung absolut Ist - Soll I		134.37	114.03	127.55	136.21	116.16	130.50
Einsparung in [%] Ist - Soll I		42.98	40.95	48.69	42.50	40.62	48.37
Einsparung absolut Ist - Soll II		184.56	163.08	158.50	188.01	166.67	162.65
Einsparung in [%] Ist - Soll II		59.03	58.56	60.51	58.67	58.29	60.28
Transmissions- wärmbedarf [W/m ² K]	Ist	1.01	1.01	1.15	1.01	1.01	1.15
	Soll I	0.50	0.52	0.49	0.50	0.52	0.49
	Soll II	0.30	0.31	0.33	0.30	0.31	0.33
Einsparung in [%] Ist - Soll I		50.50	48.51	57.39	50.50	48.51	57.39
Einsparung in [%] Ist - Soll II		70.30	69.31	71.30	70.30	69.31	71.30
CO ₂ - Einsparung [kg CO ₂ / m ² a]	Soll I	48.47	41.28	46.17	49.30	42.05	47.23
	Soll II	66.64	59.03	57.37	68.05	60.32	58.87



Berechnete Werte im Ist-, Soll 1- und Soll 2 - Zustand 1982 - 1995

1982 - 1995		Massiv			Leicht		
		Typ I	Typ II	Typ III	Typ I	Typ II	Typ III
Heizwärme- bedarf nach Helex [kWh/m ² a]	Ist	172.56	155.02	153.67	177.54	159.16	158.17
	Soll I	100.00	91.50	81.10	103.00	94.00	84.00
	Soll II	66.80	62.40	59.70	68.60	63.80	61.80
Einsparung absolut Ist - Soll I		72.56	63.52	72.57	74.54	65.16	74.17
Einsparung in [%] Ist - Soll I		42.05	40.98	47.22	41.98	40.94	46.89
Einsparung absolut Ist - Soll II		105.76	92.62	93.97	108.94	95.36	96.37
Einsparung in [%] Ist - Soll II		61.29	59.75	61.15	61.36	59.91	60.93
Heizwärme- bedarf nach MB-Verfahren [kWh/m ² a]	Ist	177.68	159.86	153.39	184.24	165.76	159.56
	Soll I	107.15	98.03	83.96	112.10	102.41	88.16
	Soll II	66.50	61.33	56.23	70.13	64.57	59.49
Einsparung absolut Ist - Soll I		70.53	61.83	69.43	72.14	63.35	71.40
Einsparung in [%] Ist - Soll I		39.69	38.68	45.26	39.16	38.22	44.75
Einsparung absolut Ist - Soll II		111.18	98.53	97.16	114.11	101.19	100.07
Einsparung in [%] Ist - Soll II		62.57	61.64	63.34	61.94	61.05	62.72
Primärenergie- bedarf [kWh/m ² a]	Ist	259.74	231.86	220.46	267.53	238.87	227.78
	Soll I	175.95	158.41	137.97	181.82	163.61	142.96
	Soll II	127.66	114.81	105.41	131.97	118.65	108.91
Einsparung absolut Ist - Soll I		83.79	73.45	82.49	85.71	75.26	84.82
Einsparung in [%] Ist - Soll I		32.26	31.68	37.42	32.04	31.51	37.24
Einsparung absolut Ist - Soll II		132.08	117.05	115.05	135.56	120.22	118.87
Einsparung in [%] Ist - Soll II		50.85	50.48	52.19	50.67	50.33	52.19
Transmissions- wärmbedarf [W/m ² K]	Ist	0.81	0.82	0.94	0.81	0.82	0.94
	Soll I	0.49	0.49	0.51	0.49	0.49	0.51
	Soll II	0.30	0.31	0.34	0.30	0.31	0.34
Einsparung in [%] Ist - Soll I		39.51	40.24	45.74	39.51	40.24	45.74
Einsparung in [%] Ist - Soll II		62.96	62.20	63.83	62.96	62.20	63.83
CO ₂ - Einsparung [kg CO ₂ / m ² a]	Soll I	30.33	26.59	29.85	31.02	27.24	30.70
	Soll II	47.81	42.37	41.78	49.07	43.51	43.03



Nachweise Soll - Zustand 1 nach EnEV

Massiv		Flächenbezogener Transmissionswärmeverlust H_T [W/m ² K]		Primärenergiebedarf Q_{EP} [kWh/m ² a]	
		vorhanden	zulässig	vorhanden	zulässig
1952 - 1969	Typ I	0.49	0.64	175.61	185.71
	Typ II	0.53	0.67	166.72	172.34
	Typ III	0.51	0.71	135.34	156.20
1969 - 1977	Typ I	0.48	0.64	173.49	185.71
	Typ II	0.51	0.67	162.71	172.34
	Typ III	0.50	0.71	136.27	156.20
1977 - 1982	Typ I	0.50	0.64	178.28	185.71
	Typ II	0.52	0.67	164.44	172.34
	Typ III	0.49	0.71	134.40	156.20
1982 - 1995	Typ I	0.49	0.64	175.95	185.71
	Typ II	0.48	0.67	158.41	172.34
	Typ III	0.51	0.71	137.97	156.20

Leicht		Flächenbezogener Transmissionswärmeverlust H_T [W/m ² K]		Primärenergiebedarf Q_{EP} [kWh/m ² a]	
		vorhanden	zulässig	vorhanden	zulässig
1952 - 1969	Typ I	0.49	0.64	181.36	185.71
	Typ II	0.53	0.67	171.94	172.34
	Typ III	0.51	0.71	140.18	156.20
1969 - 1977	Typ I	0.48	0.64	179.18	185.71
	Typ II	0.51	0.67	167.81	172.34
	Typ III	0.50	0.71	141.14	156.20
1977 - 1982	Typ I	0.50	0.64	184.25	185.71
	Typ II	0.52	0.67	169.78	172.34
	Typ III	0.49	0.71	139.32	156.20
1982 - 1995	Typ I	0.49	0.64	181.82	185.71
	Typ II	0.48	0.67	163.61	172.34
	Typ III	0.51	0.71	142.96	156.20



Nachweise Soll - Zustand 2 nach EnEV

Massiv		Flächenbezogener Transmissionswärmeverlust H_T [W/m ² K]		Primärenergiebedarf Q_{EP} [kWh/m ² a]	
		vorhanden	zulässig	vorhanden	zulässig
1952 - 1969	Typ I	0.29	0.46	124.28	132.70
	Typ II	0.29	0.48	112.23	123.10
	Typ III	0.32	0.51	110.95	111.57
1969 - 1977	Typ I	0.31	0.46	128.20	132.70
	Typ II	0.32	0.48	116.09	123.10
	Typ III	0.33	0.51	103.13	111.57
1977 - 1982	Typ I	0.30	0.46	128.09	132.70
	Typ II	0.31	0.48	115.39	123.10
	Typ III	0.33	0.51	103.45	111.57
1982 - 1995	Typ I	0.30	0.46	127.66	132.70
	Typ II	0.31	0.48	114.81	123.10
	Typ III	0.34	0.51	105.41	111.57

Leicht		Flächenbezogener Transmissionswärmeverlust H_T [W/m ² K]		Primärenergiebedarf Q_{EP} [kWh/m ² a]	
		vorhanden	zulässig	vorhanden	zulässig
1952 - 1969	Typ I	0.29	0.46	128.48	132.70
	Typ II	0.29	0.48	116.00	123.10
	Typ III	0.32	0.51	104.57	111.57
1969 - 1977	Typ I	0.31	0.46	132.57	132.70
	Typ II	0.32	0.48	119.98	123.10
	Typ III	0.33	0.51	106.84	111.57
1977 - 1982	Typ I	0.30	0.46	132.45	132.70
	Typ II	0.31	0.48	119.27	123.10
	Typ III	0.33	0.51	107.17	111.57
1982 - 1995	Typ I	0.30	0.46	131.97	132.70
	Typ II	0.31	0.48	118.65	123.10
	Typ III	0.34	0.51	108.91	111.57



Ausgaben der Helex – Berechnungen

Exemplarische Auflistung der Ausgabewerte des Simulationsprogramms Helex für das Einfamilienhaus Typ I, massive Bauart und Zeitkategorie 1952 - 1969:

Der Ausgabewert H(heiz) in Spalte 3 ist die Differenz zwischen solaren und internen Wärmegewinnen (hier: HQINT und QS; Spalte 4 und 5) und den Transmissionswärmeverlusten (hier: QTR; Spalte 8), er entspricht somit in der Aufsummierung dem Jahres – Heizwärmebedarf Q_h .

Durch die Eingabe der Energiebezugsfläche errechnet sich der flächenbezogene Jahres – Heizwärmebedarf Q''_h .

Dieser Wert wird in den folgenden Berechnungen der tatsächlichen Situation weiterverwendet werden und dient als energetischer Maßstab für die Qualität des Wärmeschutzes unter den Gebäuden.

EFH 100-150m2 1952 - 1969									
mittl. Temperaturdifferenz		Monatssummen Energiegewinne				Monatssummen Energieverluste			
	TIm-TAm	H(heiz)	HQINT	QS	Gewinne	H(kühl)	QTR	QAIRC	Verluste
	[K]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Okt		3607.1	467.1	746.3	4820.5	0.0	-4227.4		-4227.4
Nov		5850.6	452.0	349.7	6652.3	0.0	-5747.5		-5747.5
Dez		6763.2	467.1	218.8	7449.1	0.0	-6423.1		-6423.1
Jan		7417.5	467.1	319.5	8204.0	0.0	-7054.5		-7054.5
Feb		6532.3	421.9	531.8	7486.0	0.0	-6423.5		-6423.5
Mrz		5303.2	467.1	879.5	6649.8	0.0	-5718.5		-5718.5
Apr		3206.0	452.0	1203.8	4861.8	0.0	-4181.3		-4181.3
Mai		1293.6	467.1	1551.9	3312.6	0.0	-2869.6		-2869.6
Jun		776.4	452.0	1368.1	2596.5	0.0	-2261.3		-2261.3
Jul		0.0	467.1	1412.7	1879.8	0.0	-2032.0		-2032.0
Aug		0.0	467.1	1328.7	1795.8	0.0	-2053.5		-2053.5
Sep		1753.6	452.0	952.7	3158.3	0.0	-2786.7		-2786.7
Jahr	#DIV/0!	42503.4	5499.4	10863.6	58866.5	0.0	-51778.9	0.0	-51778.9
Energiebezugsfläche: [m²]		125.6							
Jahressummen bezogen auf die Fläche									
		H(heiz)	HQINT	QS	Gewinne	H(kühl)	QTR	QAIRC	Verluste
		[kWh]/m²a	[kWh]/m²a	[kWh]/m²a	[kWh]/m²a	[kWh]/m²a	[kWh]/m²a	[kWh]/m²a	[kWh]/m²a
Jahr		338.4	43.8	86.5	468.7	0.0	-412.3	0.0	-412.3



Eingabemasken und Ausgaben der Berechnungen nach Monatsbilanzverfahren

Exemplarische Darstellung des Nachweisverfahrens nach Monatsbilanzverfahren am Beispiel Einfamilienhaus Typ I, massive Bauart und Zeitkategorie 1952 - 1969:

Hier: Eingabe der Gebäudedaten, der Wärmedurchgangskoeffizienten und Ausgabe des spezifischen Transmissionswärmeverlustes

Nachweis der Anforderungen nach Energieeinsparverordnung (EnEV-Endfassung 16.11.2001) - Wohngebäude - MONATSBILANZ -

Objekt: 1952-69_100-150m ²							
1. Gebäudedaten							
1	Volumen (Außenmaß) [m ³] $V_e = 392.4$						
2	Nutzfläche [m ²] $A_N = 0,32 * V_e = 0,32 * 392.37 = 125.6$						
	AVV _e -Verhältnis [1/m] $A / V_e = 365.99 / 392.37 = 0.93$						
2. Wärmeverlust							
2.1 Transmissionswärmeverlust [W/K]							
3							
4							
5	Bauteil	Kurzbezeichnung	Fläche A _i [m ²]	Wärmedurchgangskoeffizient U _i [W/(m ² K)]	U _i * A _i [W/K]	Temperatur-Korrekturfaktor F _{xi} [-]	U _i * A _i * F _{xi} [W/K]
6	Außenwand (Orientierung: siehe Zeilen 60-65)	AW 1	31.90	1.59	50.72	1	50.72
7		AW 2	29.29	1.59	46.57	1	46.57
8		AW 3	32.76	1.59	52.09	1	52.09
9		AW 4	34.53	1.59	54.90	1	54.90
10		AW 5				1	
11		AW 6				1	
12	Fenster (Orientierung: siehe Zeilen 49-54)	W 1	4.61	2.90	13.37	1	13.37
13		W 2	7.87	2.90	22.82	1	22.82
14		W 3	7.71	2.90	22.36	1	22.36
15		W 4	5.51	2.90	15.98	1	15.98
16		W 5	0.63	2.90	1.83	1	1.83
17		W 6	0.89	2.90	2.58	1	2.58
18	Haustür	T 1				1	
19	Dach (Orientierung/Neigung: siehe Zeilen 67-70)	D 1	12.27	0.81	9.94	1	9.94
20		D 2	12.27	0.81	9.94	1	9.94
21		D 3				1	
22		D 4				1	
23	Oberste Geschoßdecke	D 5	82.74	1.59	131.56	0.8	105.25
24		D 6				0.8	
25	Wand gegen Abseitenraum	AbW 1				0.8	
26		AbW 2				0.8	
27	Wände, Türen und Decken zu unbeheizten Räumen	AB 1				0.5	
28		AB 2				0.5	
29	Kellerdecke zum unbeheizten Keller, Fußboden auf Erdreich, Flächen des beheizten Kellers gegen Erdreich, aufgeständerter Fußboden	G 1	103.01	1.01	104.04	0.7	72.83
30		G 2					
31		G 3					
32		G 4					
33		G 5					
34	Σ A_i = A =		365.99	Spezifischer Transmissionswärmeverlust Σ U_i * A_i * F_{xi} =			481.17



Hier: Berechnung der Lüftungswärmeverluste, der solaren und internen Wärmegewinne durch Angabe der Gebäudegröße, der Fensterflächen deren g-Wert, Verschattung und Rahmenanteil, der Strahlungsabsorptionsgrade der opaken Bauteile.

35		pauschal - ohne Berücksichtigung DIN 4108 Bbl. 2	[W/(m²K)] $\Delta U_{WB} =$	0.10			
36	Wärmebrückenkorrekturwert	optimiert - mit Berücksichtigung DIN 4108 Bbl. 2	[W/(m²K)] $\Delta U_{WB} =$				
37		detailliert - gem. DIN EN ISO 10211-2	[W/(m²K)] $\Delta U_{WB} =$				
38	Transmissionswärmeverlust:		$H_T = \sum (U_i \cdot A_i \cdot F_{xi}) + \Delta U_{WB} \cdot A$ $H_T = 481.17 + 0.10 \cdot 365.99 \quad H_T = 517.77$				
39	2.2 Lüftungswärmeverlust [W/K]						
40	beheiztes Luftvolumen	kleine Gebäude ¹⁾	$V = 0,76 \cdot V_e = 0,76 \cdot 392.37$	[m³] $V = 298.20$			
41		große Gebäude ²⁾	$V = 0,80 \cdot V_e = 0,80 \cdot \dots$	[m³] $V =$			
42	Luftwechselrate	ohne Dichtheitsprüfung		[h ⁻¹] $n = 0.70$			
43		mit Dichtheitsprüfung, Fensterlüftung und Zu-/Abluftanlagen		[h ⁻¹] $n =$			
44		mit Dichtheitsprüfung, Abluftanlagen		[h ⁻¹] $n =$			
45	Lüftungswärmeverlust:		$H_V = 0,34 \text{ Wh/(m}^3\text{K)} \cdot n \cdot V$ $H_V = 0.34 \cdot 0.70 \cdot 298.20 \quad H_V = 70.97$				
46	3. Wärmegewinne						
47	3.1 Solare Wärmegewinne transparenter Bauteile $Q_{s,t}$ [kWh/a]						
48	Orientierung/Neigung	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m²]	Gesamtenergiedurchlaßgrad g_i [-]	Verschattung ³⁾ $F_s \leq 0,9$ [-]	Minderung Rahmen ⁴⁾ F_F [-]	Strahlungsintensität $I_{s,i,M}$ [W/m²]
49	Nord - 90°	W 1	4.61	0.73	0.9	0.7	Monatswerte werden nicht dargestellt
50	Süd - 90°	W 2	7.87	0.73	0.9	0.7	
51	Ost/West - 90°	W 3	7.71	0.73	0.9	0.7	
52	Ost/West - 90°	W 4	5.51	0.73	0.9	0.7	
53	Ost/West - 30°	W 5	0.63	0.73	0.9	0.7	
54	Ost/West - 30°	W 6	0.89	0.73	0.9	0.7	
55	Solare Wärmegewinne über transparente Bauteile:		$\Phi_{s,t,M} = \sum (A_i \cdot g_i \cdot F_{s,i} \cdot F_c \cdot F_{w,i} \cdot F_F \cdot I_{s,i,M})$			[W]	$\Phi_{s,t,M} =$ Monatswerte
56			$Q_{s,t,M} = \sum (0,024 \cdot \Phi_{s,t,M} \cdot t_M)$				$Q_{s,t,M} =$ Monatswerte
57	3.2 Solare Wärmegewinne opaker Bauteile $Q_{s,o}$ [kWh/a]						
58	Orientierung/Neigung	Kurzbezeichnung	Fläche A_i [m²]	Strahlungsabsorptionsgrad ⁵⁾ α_i [-]	übrige Parameter $U_i \cdot R_e$ [-]		Strahlungsintensität $I_{s,i,M}$ [W/m²]
60	Nord - 90°	AW 1	31.9	0.55	0.064	20	Monatswerte werden nicht dargestellt
61	Süd - 90°	AW 2	29.29	0.55	0.064	20	
62	Ost/West - 90°	AW 3	32.76	0.55	0.064	20	
63	Ost/West - 90°	AW 4	34.53	0.55	0.064	20	
64		AW 5		0.50			
65		AW 6		0.50			
66		T 1		0.50			
67	Ost/West - 30°	D 1	12.27	0.75	0.032	40	
68	Ost/West - 30°	D 2	12.27	0.75	0.032	40	
69		D 3		0.80			
70		D 4		0.80			
71	Solare Wärmegewinne über opake Bauteile:		$\Phi_{s,o,M} = \sum (U_i \cdot A_i \cdot R_e \cdot (\alpha_i \cdot I_{s,i,M} - F_{f,i} \cdot h \cdot \Delta \vartheta_{er}))$			[W]	$\Phi_{s,o,M} =$ Monatswerte
72			$Q_{s,o,M} = \sum (0,024 \cdot \Phi_{s,o,M} \cdot t_M)$				$Q_{s,o,M} =$ Monatswerte
73	3.3 Interne Wärmegewinne Q_i [kWh/a]						



Hier: Berechnung der Speicherfähigkeit, des Jahres – Heizwärmebedarfs, des spezifischen, flächenbezogenen Transmissionswärmeverlustes und Ermittlung des Jahres – Primärenergiebedarfs. Hier werden die Nachweise nach EnEV geführt.

75	4. Wirksame Wärmespeicherfähigkeit [Wh/K]			
76	wirksame	leichte Bauweise ⁶⁾	$C_{\text{wirk},\eta} = 15 * V_e = 15 * \underline{\hspace{2cm}}$	$C_{\text{wirk},\eta} =$
77	Wärmespeicherfähigkeit für Ausnutzungsgrad:	schwere Bauweise ⁶⁾	$C_{\text{wirk},\eta} = 50 * V_e = 50 * 392.37$	$C_{\text{wirk},\eta} = 19.619$
78		detaillierte Ermittlung ⁶⁾ - volumenbezogener Wert [Wh/(m³K)]	$C_{\text{wirk},\eta} / V_e =$	
79	wirksame	leichte Bauweise ⁶⁾	$C_{\text{wirk},NA} = 12 * V_e = 12 * \underline{\hspace{2cm}}$	$C_{\text{wirk},NA} =$
80	Wärmespeicherfähigkeit bei Nachtabschaltung:	schwere Bauweise ⁶⁾	$C_{\text{wirk},NA} = 18 * V_e = 18 * 392.37$	$C_{\text{wirk},NA} = 7.063$
81		detaillierte Ermittlung ⁶⁾ - volumenbezogener Wert [Wh/(m³K)]	$C_{\text{wirk},NA} / V_e =$	
82	5. Jahres-Heizwärmebedarf [kWh/a]			
83	Wärmeverlust ohne Nachtabschaltung: ⁷⁾	$Q_{l,M} = 0,024 * (H_T + H_v) * (19 \text{ °C} - \vartheta_{e,M}) * t_M$	$Q_{l,M} =$	Monatswerte
84	Wärmeverlust bei 7 h Nachtabschaltung:	gemäß DIN V 4108-6 Anhang C	$Q_{l,M} =$	
85	Wärmegewinn-/verlustverhältnis:	$\gamma_M = (Q_{s,t,M} + Q_{l,M}) / (Q_{l,M} - Q_{s,o,M})$	$[-] \gamma_M =$	
86	Ausnutzungsgrad Wärmegewinne:	$\eta_M = (1 - \gamma_M^2) / (1 - \gamma_M^{2+1})$	$[-] \eta_M =$	
87	Jahres-Heizwärmebedarf:	$Q_{h,M} = Q_{l,M} - Q_{s,o,M} - \eta_M * (Q_{s,t,M} + Q_{l,M})$	$Q_{h,M} =$	
88	Berechnung ohne Nachtabschaltung!	$Q_h = \sum (Q_{h,M})_{\text{pos.}}$	$Q_h =$	40.248.25
89	Flächenbezogener Jahres-Heizwärmebedarf: ⁸⁾	$Q''_h = Q_h / A_N$ $Q''_h = 40.248.25 / 125.56$	[kWh/(m²a)] $Q''_h =$	320.55
90	6. Spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust [W/(m²K)]			
91	vorhandener spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust:	$H'_{T,\text{vorh}} = H_T / A = 517.77 / 365.99$	$H'_{T,\text{vorh}} =$	1.41
92	zulässiger spezifischer flächenbezogener Transmissionswärmeverlust:	$H'_{T,\text{max}} = 1,05$ bei $AV_e \leq 0,2$ $H'_{T,\text{max}} = 0,3 + 0,15 / (AV_e)$ bei $0,2 < AV_e < 1,05$ $H'_{T,\text{max}} = 0,44$ bei $AV_e \geq 1,05$	$H'_{T,\text{max}} =$	0.46
93	$H'_{T,\text{vorh}} = 1.41$ W/(m²K) ≤ 0.46 W/(m²K) = $H'_{T,\text{max}}$	nicht erfüllt!		
94	7. Ermittlung der Primärenergieaufwandszahl gemäß DIN 4701 - 10 Anhang A (Berechnungsblätter) oder Anhang C (Diagramme)			
95	Anlagen-Aufwandszahl (primärenergiebezogen): <i>Anlagentyp: Berechnung gemäß Tabellenverfahren</i>	$e_p =$	1.29	
96	8. Jahres-Primärenergiebedarf bezogen auf die Gebäudenutzfläche [kWh/(m²a)]			
97	vorhandener Jahres-Primärenergiebedarf:	$Q''_{p,\text{vorh}} = e_p * (Q''_h + 12,5)$ $Q''_{p,\text{vorh}} = 1.29 * (320.55 + 12,5)$	$Q''_{p,\text{vorh}} =$	429.85
98	zulässiger Jahres-Primärenergiebedarf:			
99	Wohngebäude (außer solche nach Zeile 100)	$Q''_{p,\text{max}} = 66 + 2600 / (100 + A_N)$ bei $AV_e \leq 0,2$ $Q''_{p,\text{max}} = 50,94 + 75,29 * AV_e + 2600 / (100 + A_N)$ bei $0,2 < AV_e < 1,05$ $Q''_{p,\text{max}} = 130 + 2600 / (100 + A_N)$ bei $AV_e \geq 1,05$	$Q''_{p,\text{max}} =$	132.70
100	Wohngebäude mit überwiegender Warmwasserbereitung aus elektrischem Strom:	$Q''_{p,\text{max}} = 88$ bei $AV_e \leq 0,2$ $Q''_{p,\text{max}} = 72,94 + 75,29 * AV_e$ bei $0,2 < AV_e < 1,05$ $Q''_{p,\text{max}} = 152$ bei $AV_e \geq 1,05$	$Q''_{p,\text{max}} =$	
101	$Q''_{p,\text{vorh}} = 429.85$ kWh/(m²a) ≤ 132.70 kWh/(m²a) = $Q''_{p,\text{max}}$	nicht erfüllt!		



Hier: Ausgabe weiterer Randbedingungen und die graphische Darstellung der Monatswerte.

Dokumentation weiterer Randbedingungen der Berechnung

Temperatur-Korrekturfaktoren für den unteren Gebäudeabschluss - F_{xi}

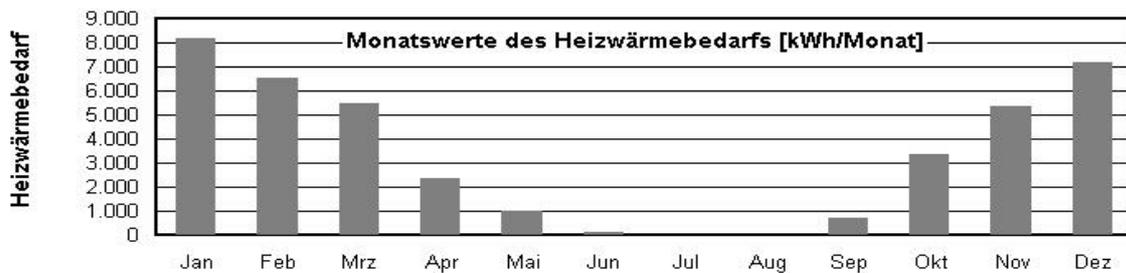
Parameter		
Bodengrundfläche A_G ⁹⁾	[m ²]	0
Umfang der Bodengrundfläche (Perimeter) P ⁹⁾	[m]	0
Kenngröße $B' = A_G / (0,5 * P)$	[m]	
Wärmedurchlaßwiderstand Bodenplatte R_f bzw. der Kellerwand R_w (der ungünstigere Wert) ¹⁰⁾	[m ² K/W]	
Flächen	Spezifizierung	F_{xi} [-]
G 1 : $A = 1,03 \text{ m}^2$, $U = 0,01 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	Kellerdecke (unbeheizter Keller ohne Perimeterdämmung)	0.70
G 2	- nicht festgelegt -	
G 3	- nicht festgelegt -	
G 4	- nicht festgelegt -	
G 5	- nicht festgelegt -	

⁹⁾ Angabe nicht notwendig für aufgeständerte Fußböden

¹⁰⁾ Angabe nur notwendig für Flächen des beheizten Kellers und Fußböden auf Erdreich ohne Randdämmung

Monatliche Zwischenergebnisse

Monat	Heizwärmebedarf (Zeile 87) $Q_{h,M} = Q_{l,M} - \gamma_M * Q_{g,M}$ $Q_{h,M}$ [kWh/Monat]	Wärmeverlust (bei Nachtabschaltung) abzüglich solarer Wärmegewinne opaker Bauteile (Zeile 84 - Zeile 72) $Q_{l,M}$ [kWh/Monat]	solare Wärmegewinne transparenter Bauteile und interne Wärmegewinne (Zeile 56 + Zeile 74) $Q_{g,M}$ [kWh/Monat]	Ausnutzungsgrad der Wärmegewinne (Zeile 86) γ_M [-]
Jan	8185	8924	740	1
Feb	6531	7273	743	1
Mrz	5496	6455	962	1
Apr	2337	3726	1436	0,01
Mai	1007	2342	1497	0,01
Jun	107	1008	1592	0,01
Jul	0	18	1684	0,00
Aug	0	32	1386	0,00
Sep	707	1759	1201	0,01
Okt	3327	4271	952	0,01
Nov	5354	6084	731	1
Dez	7197	7829	632	1





Hier: Zusammenstellung der wichtigsten Ergebnisparameter.

Zusammenstellung der Berechnungsgrößen

Bezeichnung des Gebäudes oder Gebäudeteils 1952-69_100-150m²

Ort, Straße und Hausnummer

Anlagentyp

Berechnung gemäß Tabellenverfahren

Nutzfläche:

$$A_N = 125.56 \text{ [m}^2\text{]}$$

Jahres-Heizwärmebedarf:

absolut: $Q_h = 40.248.25 \text{ [kWh/a]}$ flächenbezogen: $Q_h'' = 320.55 \text{ [kWh/(m}^2\text{a)]}$

Jahres-Endenergiebedarf: (ohne Hilfsenergie)

absolut: $Q_{WE,E} = 47.703.44 \text{ [kWh/a]}$ flächenbezogen: $Q_{WE,E}'' = 379.93 \text{ [kWh/(m}^2\text{a)]}$

Jahres-Hilfsenergiebedarf:

absolut: $Q_{HE,E} = 483.40 \text{ [kWh/a]}$ flächenbezogen: $Q_{HE,E}'' = 3.85 \text{ [kWh/(m}^2\text{a)]}$

Anlagenaufwandszahl:

$$e_p = 1.29 \text{ [-]}$$

Jahres-Primärenergiebedarf:

absolut: $Q_p = 53.970.70 \text{ [kWh/a]}$ flächenbezogen: $Q_p'' = 429.85 \text{ [kWh/(m}^2\text{a)]}$



Hier: Die Berechnung der eingesetzten Anlagentechnik – hier Trinkwassererwärmung - nach dem Tabellenverfahren der DIN 4701 – 10 für den gleichen Haustyp wie vor. Die Erläuterung der eingesetzten Parameter finden sich im Anschluss an die gesamte Berechnung der Anlagentechnik.

TRINKWASSERERWÄRMUNG

Bereich:
Strang:

Q_{TW}	1569.48	kWh/a	$q_{TW} \times A_N$
A_N	125.5584	m ²	aus DIN 4108-6
q_{TW}	12.50	kWh/(m ² a)	aus EnEV

WÄRME (W)

	Rechenvorschrift / Quelle	Dimension			
q_{TW}	aus EnEV	[kWh/(m ² a)]		12.50	
$q_{TW,oe}$	Tabelle C.1.1	[kWh/(m ² a)]		0	
$q_{TW,d}$	Tabellen C.1.2a bzw. C.1.2c	[kWh/(m ² a)]	+	11	
$q_{TW,s}$	Tabelle C.1.3a	[kWh/(m ² a)]		5.6	
Σq_{TW}	$(q_{TW} + q_{TW,oe} + q_{TW,d} + q_{TW,s})$	[kWh/(m ² a)]			29.10
			Erzeuger	Erzeuger	Erzeuger
			1	2	3
$\alpha_{TW,g,i}$	Tabelle C.1.4a	[--]		1	
$e_{TW,g,i}$	Tabelle C.1.4b,c,d,e oder f	[--]		1.2	
$q_{TW,E,i}$	$\Sigma q_{TW} \times e_{TW,g,i} \times \alpha_{TW,g,i}$	[kWh/(m ² a)]		34.92	
$f_{P,i}$	Tabelle C.4.1	[--]		1.1	
$q_{TW,P,i}$	$q_{TW,E,i} \times f_{P,i}$	[kWh/(m ² a)]		38.41	

Heizwärmegutschriften

$q_{h,TW,d}$	4.9	Tabelle C.1.2a
$q_{h,TW,s}$	0	Tabelle C.1.3a
$q_{h,TW}$	4.90	$\Sigma q_{h,TW,d} + q_{h,TW,s}$

jeweils [kWh/(m²a)]

34.92	kWh/(m ² a)
	Endenergie
38.41	kWh/(m ² a)
	Primärenergie

HILFSENERGIE (HE)

	Rechenvorschrift / Quelle	Dimension			
$q_{TW,oe,HE}$	Tabelle C.1.1	[kWh/(m ² a)]		0	
$q_{TW,d,HE}$	Tabelle C.1.2b	[kWh/(m ² a)]	+	0.97	
$q_{TW,s,HE}$	Tabelle C.1.3b	[kWh/(m ² a)]		0	
$\Sigma q_{TW,HE,E}$	$(q_{TW,oe,HE} + q_{TW,d,HE} + q_{TW,s,HE} + \Sigma(\alpha_{TW,g,i} \times q_{g,HE,i}))$	[kWh/(m ² a)]			1.24
			Erzeuger	Erzeuger	Erzeuger
			1	2	3
$\alpha_{TW,g,i}$	Tabelle C.1.4a	[--]		1	
$q_{TW,g,HE,i}$	Tabelle C.1.4b,c,d,e oder f	[kWh/(m ² a)]		0.27	
	$\alpha_{TW,g,i} \times q_{TW,g,HE,i}$	[kWh/(m ² a)]		0.27	
f_P	Tabelle C.4.1	[--]		3.3	
$\Sigma q_{TW,HE,P}$	$\Sigma q_{TW,HE,E} \times f_P$	[kWh/(m ² a)]		4.09	

1.24	kWh/(m ² a)
	Endenergie
4.09	kWh/(m ² a)
	Primärenergie

$Q_{TW,E}$	$\Sigma q_{TW,E} \times A_N$	WÄRME	4384.499 kWh/a	ENDENERGIE
	$\Sigma q_{TW,HE,E} \times A_N$	HILFS-ENERGIE	155.6924 kWh/a	
$Q_{TW,P}$	$\Sigma (q_{TW,P} + q_{TW,HE,P}) \times A_N$		5336.734 kWh/a	PRIMÄRENERGIE



Hier: Die Berechnung der eingesetzten Anlagentechnik – hier Heizwärme - nach dem Tabellenverfahren der DIN 4701 – 10 für den gleichen Haustyp wie vor. Die Erläuterung der eingesetzten Parameter finden sich im Anschluss an die gesamte Berechnung der Anlagentechnik.

HEIZUNG

Bereich:
Strang:

Q_h	40248.2 kWh/a	nach Kap. 4.1
A_H	125.558 m ²	aus DIN 4108-6
q_h	320.55 kWh/(m ² a)	

WÄRME (W)

	Rechenvorschrift / Quelle	Dimension		
q_h	EnEV / DIN 4108-6	[kWh/m ² a]		320.55
$q_{h,TW}$	aus Tabellenblatt Trinkwarmwasser	[kWh/m ² a]	-	4.90
$q_{h,L}$	aus Tabellenblatt Lüftung	[kWh/m ² a]	-	
q_{ce}	Tabelle C.3.1	[kWh/m ² a]	+	1.1
q_d	Tabellen C.3.2a,b oder d	[kWh/m ² a]		2.7
q_s	Tabelle C.3.3	[kWh/m ² a]		0
Σq	$(q_h - q_{h,TW} - q_{h,L} + q_{ce} + q_d + q_s)$	[kWh/m ² a]		319.45

			Erzeuger 1	Erzeuger 2	Erzeuger 3
α_g	Tabelle C.3.4a	[-]		1	
e_g	Tabelle C.3.4b,c,d oder e	[-]		1.08	
q_E	$\Sigma q \times e_g \times \alpha_g$	[kWh/(m ² a)]		345.01	
f_p	Tabelle C.4.1	[-]		1.1	
q_P	$q_E \times f_p$	[kWh/(m ² a)]		379.51	

345.01	kWh/(m ² a)
	Endenergie
379.51	kWh/(m ² a)
	Primärenergie

HILFSENERGIE (HE)

	Rechenvorschrift / Quelle	Dimension			
$q_{ce,HE}$	Tabelle C.3.1	[kWh/(m ² a)]	+	0	
$q_{d,HE}$	Tabelle C.3.2c	[kWh/(m ² a)]		1.89	
$q_{s,HE}$	Tabelle C.3.3	[kWh/(m ² a)]		0	
			Erzeuger 1	Erzeuger 2	Erzeuger 3
α_g	Tabelle C.3.4a	[-]		1.00	
$q_{g,HE}$	Tabelle C.3.4b-e	[kWh/(m ² a)]		0.72	
$\alpha_g \times q_{g,HE}$	$\alpha_g \times q_{g,HE}$	[kWh/(m ² a)]		0.72	

$\Sigma q_{HE,E}$	$(q_{ce,HE} + q_{d,HE} + q_{s,HE} + \Sigma(\alpha_g \times q_{g,HE}))$	[kWh/(m ² a)]		2.61	
f_p	Tabelle C.4.1	[-]		3	
$\Sigma q_{HE,P}$	$\Sigma q_{HE,E} \times f_p$	[kWh/(m ² a)]		7.83	

2.61	kWh/(m ² a)
	Endenergie
7.83	kWh/(m ² a)
	Primärenergie

$Q_{H,E}$	$\Sigma q_E \times A_N$	WÄRME	43318.9 kWh/a	ENDENERGIE
	$\Sigma q_{HE,E} \times A_N$	HILFS-ENERGIE	327.707 kWh/a	
$Q_{H,P}$	$\Sigma (q_P + q_{HE,P}) \times A_N$		48634 kWh/a	PRIMÄR-ENERGIE



Hier: Die Berechnung des Primärenergiebedarfs und der Anlagenaufwandszahl durch Zusammenführen der Einzelergebnisse der Trinkwassererwärmung und der Heizwerte.

Anlagenbewertung nach DIN 4701 Teil 10

für ein Gebäude mit normalen Innentemperaturen

Bezeichnung des Gebäudes oder des Gebäudeteils 1952-69_100-150m²

Ort, Straße, Hausnr.

Gemarkung

Flurstücknummer

I. Eingaben

$A_N = 125.558 \text{ m}^2$

$t_{HP} = 185 \text{ Tage}$

TRINKWASSER- ERWÄRMUNG

HEIZUNG

LÜFTUNG

absoluter Bedarf

$Q_{TW} = 1569.48 \text{ kWh/a}$

$Q_h = 40248.2 \text{ kWh/a}$

spezifischer Bedarf

$q_{TW} = 12.5 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$

$q_h = 320.554 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$

II. Systembeschreibung

Übergabe			
Verteilung			
Speicherung			

Erzeugung	Erzeuger			Erzeuger			Erzeuger WÜT	Erzeuger LL-WP	Erzeuger Heiz- register
	1	2	3	1	2	3			
Deckungsanteil		1.00			1.00				
Erzeuger									

III. Ergebnisse

Deckung von Q_h	$q_{h,TW} = 4.90 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$	$q_{h,H} = 315.65 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$	$q_{h,L} = \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$
$\Sigma \text{ WÄRME}$	$Q_{TW,E} = 4384.5 \text{ kWh/a}$	$Q_{H,E} = 43318.9 \text{ kWh/a}$	$Q_{L,E} = \text{ kWh/a}$
$\Sigma \text{ HILFSENERGIE}$	155.692 kWh/a	327.707 kWh/a	 kWh/a
$\Sigma \text{ PRIMÄRENERGIE}$	$Q_{TW,P} = 5336.73 \text{ kWh/a}$	$Q_{H,P} = 48634 \text{ kWh/a}$	$Q_{L,P} = \text{ kWh/a}$

ENDENERGIE

$Q_E = 47703.4 \text{ kWh/a}$

$\Sigma \text{ WÄRME}$

483.4 kWh/a

$\Sigma \text{ HILFSENERGIE}$

PRIMÄRENERGIE

$Q_P = 53970.7 \text{ kWh/a}$

$\Sigma \text{ PRIMÄRENERGIE}$

ANLAGEN- AUFWANDSZAHL

$e_P = 1.29 \text{ [-]}$



Faktoren zwischen dem Jahres - Heizwärmebedarf Ist - Soll 1 und Ist - Soll 2

1952 - 1969	Massiv			Leicht		
	Typ I	Typ II	Typ III	Typ I	Typ II	Typ III
Ist	338.40	286.45	271.89	348.90	293.22	282.63
Faktor	0.30	0.34	0.29	0.29	0.34	0.29
Soll I	100.60	98.80	80.10	102.00	100.10	81.80
Faktor	0.19	0.21	0.20	0.18	0.20	0.17
Soll II	64.30	59.40	55.70	64.40	60.00	49.20

1969 - 1977	Massiv			Leicht		
	Typ I	Typ II	Typ III	Typ I	Typ II	Typ III
Ist	291.61	254.11	250.03	301.20	263.42	256.81
Faktor	0.33	0.37	0.31	0.33	0.37	0.32
Soll I	96.30	93.70	78.60	100.50	97.80	83.10
Faktor	0.23	0.25	0.23	0.23	0.24	0.23
Soll II	67.00	62.80	57.40	68.00	63.70	58.60

1977 - 1982	Massiv			Leicht		
	Typ I	Typ II	Typ III	Typ I	Typ II	Typ III
Ist	217.35	194.35	188.18	223.22	200.28	184.42
Faktor	0.45	0.48	0.40	0.45	0.48	0.43
Soll I	98.60	93.90	75.70	101.40	96.80	79.00
Faktor	0.30	0.32	0.30	0.30	0.32	0.32
Soll II	65.90	61.40	56.70	67.80	63.10	59.10

1982 - 1955	Massiv			Leicht		
	Typ I	Typ II	Typ III	Typ I	Typ II	Typ III
Ist	172.56	155.02	153.67	177.54	159.16	158.17
Faktor	0.58	0.59	0.53	0.58	0.59	0.53
Soll I	100.00	91.50	81.10	103.00	94.00	84.00
Faktor	0.39	0.40	0.39	0.39	0.40	0.39
Soll II	66.80	62.40	59.70	68.60	63.80	61.80



Kostensätze für energieeinsparende Maßnahmen und Sowiesokosten

Energieeinsparende Maßnahmen		Dicke der Dämmung [cm]	Preis [€/m ²]
Fassadenbereich	Wärmedämmverbundsystem WLG 035 aufbringen inkl. Vorarbeiten an bestehender Fassade, Eckwinkel, Armierungsgewebe, Oberputz und Farbe. Lohn und Material Komplettpreis.	6.00	62.00
		8.00	67.00
		10.00	72.00
		12.00	77.00
		14.00	82.00
		16.00	87.00
Dach	Abriss und Entsorgung alte Eindeckung. Lohn und Material Aufsparrendämmung WLG 025 und Dacheindeckung Steildach inkl. Material und Lohn.	7.50	65.00
		9.00	67.50
		10.50	68.50
		12.00	70.50
Kellerdecke	Untergrund aufbereiten, Dämmung WLG 035 anbringen inkl. Material und Lohn	6.00	35.00
		8.00	40.00
		10.00	45.00
		12.00	50.00
Oberste Geschoßdecke	Untergrund aufbereiten, Dämmung WLG 035 aufbringen inkl. Material und Lohn	6.00	25.00
		8.00	30.00
		10.00	35.00
		12.00	40.00
		14.00	45.00
		16.00	50.00

Sowiesokosten		Preis [€/m ²]
Fassade	Fassade putzen und streichen inkl. Material und Lohn	14.00
	Gerüst	8.00
Dach	Dacheindeckung komplett inkl. Entsorgung, Material und Lohn	42.50
Fenster	Ausbau und Entsorgung der alten Fenster, neue Fenster einsetzen inkl. Material und Lohn	200.00



Sanierungskosten Typ I - 1952 - 1969

Soll I	Typ I	Kosten [€/m ²]		Gesamtkosten [€/m ²]	
Maßnahmen	Bezugs- fläche [m ²]	Energetische Sanierung	Sowieso- kosten	Energetische Sanierung	Sowieso- kosten
Außenwand + 10cm WLG 035	128.48	72.00	14.00	9250.56	1798.72
Kehlbalkenlage + 6cm WLG 035	82.74	25.00	0.00	2068.50	0.00
Kellerdecke + 6cm WLG 036	103.01	35.00	0.00	3605.35	0.00
Fenster 1.1; g = 0.60	27.22	200.00	200.00	5444.00	5444.00
Gerüst	155.70	8.00	8.00	1245.60	1245.60
Summen Energetische Sanierung / Sowiesokosten:				21614.01	8488.32
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung:				13125.69	
Kosten Energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				172.09	
Sowiesokosten / m² Gebäudenutzfläche:				67.58	
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				104.50	

Soll II	Typ I	Kosten [€/m ²]		Gesamtkosten [€/m ²]	
Maßnahmen	Bezugs- fläche [m ²]	Energetische Sanierung	Sowieso- kosten	Energetische Sanierung	Sowieso- kosten
Außenwand + 16cm WLG 035	128.48	87.00	14.00	11177.76	1798.72
Kehlbalkenlage + 12cm WLG 035	82.74	40.00	0.00	3309.60	0.00
Kellerdecke + 12cm WLG 035	103.01	50.00	0.00	5150.50	0.00
Dach + 12cm WLG 025	24.28	70.50	42.50	1711.74	1031.90
Fenster 1.1; g = 0.60	27.22	200.00	200.00	5444.00	5444.00
Gerüst	155.70	8.00	8.00	1245.60	1245.60
Summen Energetische Sanierung / Sowiesokosten:				28039.20	9520.22
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung:				18518.98	
Kosten Energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				223.24	
Sowiesokosten / m² Gebäudenutzfläche:				75.80	
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				147.44	



Sanierungskosten Typ II - 1952 - 1969

Soll I Maßnahmen	Typ II Bezugs- fläche [m ²]	Kosten [€/m ²]		Gesamtkosten [€/m ²]	
		Energetische Sanierung	Sowieso- kosten	Energetische Sanierung	Sowieso- kosten
Außenwand + 10cm WLG 035	145.45	72.00	14.00	10472.40	2036.30
Kehlbalkenlage + 6cm WLG 035	67.00	25.00	0.00	1675.00	0.00
Kellerdecke + 6cm WLG 036	121.48	35.00	0.00	4251.80	0.00
Fenster 1.1; g = 0.60	33.29	200.00	200.00	6658.00	6658.00
Gerüst	178.74	8.00	8.00	1429.92	1429.92
Summen Energetische Sanierung / Sowiesokosten:				24487.12	10124.22
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung:				14362.90	
Kosten Energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				146.85	
Sowiesokosten / m² Gebäudenutzfläche:				60.71	
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				86.13	

Soll II Maßnahmen	Typ II Bezugs- fläche [m ²]	Kosten [€/m ²]		Gesamtkosten [€/m ²]	
		Energetische Sanierung	Sowieso- kosten	Energetische Sanierung	Sowieso- kosten
Außenwand + 16cm WLG 035	145.45	87.00	14.00	12654.15	2036.30
Kehlbalkenlage + 12cm WLG 035	67.00	40.00	0.00	2680.00	0.00
Kellerdecke + 12cm WLG 035	121.48	50.00	0.00	6074.00	0.00
Dach + 12cm WLG 025	64.72	70.50	42.50	4562.76	2750.60
Fenster 1.1; g = 0.60	33.29	200.00	200.00	6658.00	6658.00
Gerüst	212.45	8.00	8.00	1699.60	1699.60
Summen Energetische Sanierung / Sowiesokosten:				34328.51	13144.50
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung:				21184.01	
Kosten Energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				205.87	
Sowiesokosten / m² Gebäudenutzfläche:				78.83	
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				127.04	



Sanierungskosten Typ III - 1952 - 1969

Soll I Maßnahmen	Typ III Bezugs- fläche [m ²]	Kosten [€/m ²]		Gesamtkosten [€/m ²]	
		Energetische Sanierung	Sowieso- kosten	Energetische Sanierung	Sowieso- kosten
Außenwand + 10cm WLG 035	229.44	72.00	14.00	16519.68	3212.16
Kehlbalkenlage + 6cm WLG 035	82.74	25.00	0.00	2068.50	0.00
Kellerdecke + 6cm WLG 036	103.01	35.00	0.00	3605.35	0.00
Fenster 1.1; g = 0.60	47.69	200.00	200.00	9538.00	9538.00
Gerüst	277.13	8.00	8.00	2217.04	2217.04
Summen Energetische Sanierung / Sowiesokosten:				33948.57	14967.20
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung:				18981.37	
Kosten Energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				152.09	
Sowiesokosten / m² Gebäudenutzfläche:				67.05	
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				85.04	

Soll II Maßnahmen	Typ III Bezugs- fläche [m ²]	Kosten [€/m ²]		Gesamtkosten [€/m ²]	
		Energetische Sanierung	Sowieso- kosten	Energetische Sanierung	Sowieso- kosten
Außenwand + 16cm WLG 035	229.44	87.00	14.00	19961.28	3212.16
Kehlbalkenlage + 12cm WLG 035	82.74	40.00	0.00	3309.60	0.00
Kellerdecke + 12cm WLG 035	103.01	50.00	0.00	5150.50	0.00
Dach + 12cm WLG 025	24.28	70.50	42.50	1711.74	1031.90
Fenster 1.1; g = 0.60	47.69	200.00	200.00	9538.00	9538.00
Gerüst	277.13	8.00	8.00	2217.04	2217.04
Summen Energetische Sanierung / Sowiesokosten:				41888.16	15999.10
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung:				25889.06	
Kosten Energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				187.66	
Sowiesokosten / m² Gebäudenutzfläche:				71.68	
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				115.99	



Sanierungskosten Typ I - 1969 - 1977

Soll I	Typ I	Kosten [€/m ²]		Gesamtkosten [€/m ²]	
Maßnahmen	Bezugs- fläche [m ²]	Energetische Sanierung	Sowieso- kosten	Energetische Sanierung	Sowieso- kosten
Außenwand + 8cm WLG 035	128.48	67.00	14.00	8608.16	1798.72
Kehlbalkenlage + 6cm WLG 035	82.74	25.00	0.00	2068.50	0.00
Kellerdecke + 6cm WLG 036	103.01	35.00	0.00	3605.35	0.00
Fenster 1.1; g = 0.60	27.22	200.00	200.00	5444.00	5444.00
Gerüst	155.70	8.00	8.00	1245.60	1245.60
Summen Energetische Sanierung / Sowiesokosten:				20971.61	8488.32
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung:				12483.29	
Kosten Energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				166.97	
Sowiesokosten / m² Gebäudenutzfläche:				67.58	
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				99.39	

Soll II	Typ I	Kosten [€/m ²]		Gesamtkosten [€/m ²]	
Maßnahmen	Bezugs- fläche [m ²]	Energetische Sanierung	Sowieso- kosten	Energetische Sanierung	Sowieso- kosten
Außenwand + 16cm WLG 035	128.48	87.00	14.00	11177.76	1798.72
Kehlbalkenlage + 14cm WLG 035	82.74	45.00	0.00	3723.30	0.00
Kellerdecke + 8cm WLG 035	103.01	40.00	0.00	4120.40	0.00
Dach + 9cm WLG 025	24.28	67.50	42.50	1638.90	1031.90
Fenster 1.1; g = 0.60	27.22	200.00	200.00	5444.00	5444.00
Gerüst	155.70	8.00	8.00	1245.60	1245.60
Summen Energetische Sanierung / Sowiesokosten:				27349.96	9520.22
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung:				17829.74	
Kosten Energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				217.75	
Sowiesokosten / m² Gebäudenutzfläche:				75.80	
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				141.96	



Sanierungskosten Typ II - 1969 - 1977

Soll I Maßnahmen	Typ II Bezugs- fläche [m ²]	Kosten [€/m ²]		Gesamtkosten [€/m ²]	
		Energetische Sanierung	Sowieso- kosten	Energetische Sanierung	Sowieso- kosten
Außenwand + 8cm WLG 035	145.45	67.00	14.00	9745.15	2036.30
Kehlbalkenlage + 6cm WLG 035	67.00	25.00	0.00	1675.00	0.00
Kellerdecke + 6cm WLG 036	121.48	35.00	0.00	4251.80	0.00
Fenster 1.1; g = 0.60	33.29	200.00	200.00	6658.00	6658.00
Gerüst	178.74	8.00	8.00	1429.92	1429.92
Summen Energetische Sanierung / Sowiesokosten:				23759.87	10124.22
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung:				13635.65	
Kosten Energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				142.49	
Sowiesokosten / m² Gebäudenutzfläche:				60.71	
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				81.77	

Soll II Maßnahmen	Typ II Bezugs- fläche [m ²]	Kosten [€/m ²]		Gesamtkosten [€/m ²]	
		Energetische Sanierung	Sowieso- kosten	Energetische Sanierung	Sowieso- kosten
Außenwand + 16cm WLG 035	145.45	87.00	14.00	12654.15	2036.30
Kehlbalkenlage + 14cm WLG 035	67.00	45.00	0.00	3015.00	0.00
Kellerdecke + 8cm WLG 035	121.48	40.00	0.00	4859.20	0.00
Dach + 9cm WLG 025	64.72	67.50	42.50	4368.60	2750.60
Fenster 1.1; g = 0.60	27.22	200.00	200.00	5444.00	5444.00
Gerüst	178.74	8.00	8.00	1429.92	1429.92
Summen Energetische Sanierung / Sowiesokosten:				31770.87	11660.82
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung:				20110.05	
Kosten Energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				190.53	
Sowiesokosten / m² Gebäudenutzfläche:				69.93	
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				120.60	



Sanierungskosten Typ III - 1969 - 1977

Soll I Maßnahmen	Typ III Bezugs- fläche [m ²]	Kosten [€/m ²]		Gesamtkosten [€/m ²]	
		Energetische Sanierung	Sowieso- kosten	Energetische Sanierung	Sowieso- kosten
Außenwand + 8cm WLG 035	229.44	67.00	14.00	15372.48	3212.16
Kehlbalkenlage + 6cm WLG 035	82.74	25.00	0.00	2068.50	0.00
Kellerdecke + 6cm WLG 036	103.01	35.00	0.00	3605.35	0.00
Fenster 1.1; g = 0.60	47.69	200.00	200.00	9538.00	9538.00
Gerüst	277.13	8.00	8.00	2217.04	2217.04
Summen Energetische Sanierung / Sowiesokosten:				32801.37	14967.20
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung:				17834.17	
Kosten Energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				146.95	
Sowiesokosten / m² Gebäudenutzfläche:				67.05	
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				79.90	

Soll II Maßnahmen	Typ III Bezugs- fläche [m ²]	Kosten [€/m ²]		Gesamtkosten [€/m ²]	
		Energetische Sanierung	Sowieso- kosten	Energetische Sanierung	Sowieso- kosten
Außenwand + 16cm WLG 035	229.44	87.00	14.00	19961.28	3212.16
Kehlbalkenlage + 14cm WLG 035	82.74	45.00	0.00	3723.30	0.00
Kellerdecke + 8cm WLG 035	103.01	40.00	0.00	4120.40	0.00
Dach + 9cm WLG 025	24.28	65.00	42.50	1578.20	1031.90
Fenster 1.1; g = 0.60	47.69	200.00	200.00	9538.00	9538.00
Gerüst	277.13	8.00	8.00	2217.04	2217.04
Summen Energetische Sanierung / Sowiesokosten:				41138.22	15999.10
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung:				25139.12	
Kosten Energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				184.30	
Sowiesokosten / m² Gebäudenutzfläche:				71.68	
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				112.63	



Sanierungskosten Typ I - 1977 - 1982

Soll I	Typ I	Kosten [€/m ²]		Gesamtkosten [€/m ²]	
Maßnahmen	Bezugs- fläche [m ²]	Energetische Sanierung	Sowieso- kosten	Energetische Sanierung	Sowieso- kosten
Außenwand + 12cm WLG 035	128.48	77.00	14.00	9892.96	1798.72
Kehlbalkenlage + 6cm WLG 035	82.74	25.00	0.00	2068.50	0.00
Fenster 1.1; g = 0.60	27.22	200.00	200.00	5444.00	5444.00
Gerüst	155.70	8.00	8.00	1245.60	1245.60
Summen Energetische Sanierung / Sowiesokosten:				18651.06	8488.32
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung:				10162.74	
Kosten Energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				148.50	
Sowiesokosten / m² Gebäudenutzfläche:				67.58	
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				80.91	

Soll II	Typ I	Kosten [€/m ²]		Gesamtkosten [€/m ²]	
Maßnahmen	Bezugs- fläche [m ²]	Energetische Sanierung	Sowieso- kosten	Energetische Sanierung	Sowieso- kosten
Außenwand + 14cm WLG 035	128.48	82.00	14.00	10535.36	1798.72
Kehlbalkenlage + 10cm WLG 035	82.74	35.00	0.00	2895.90	0.00
Kellerdecke + 8cm WLG 035	103.01	40.00	0.00	4120.40	0.00
Dach + 9cm WLG 025	24.28	67.50	42.50	1638.90	1031.90
Fenster 1.1; g = 0.60	27.22	200.00	200.00	5444.00	5444.00
Gerüst	155.70	8.00	8.00	1245.60	1245.60
Summen Energetische Sanierung / Sowiesokosten:				25880.16	9520.22
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung:				16359.94	
Kosten Energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				206.05	
Sowiesokosten / m² Gebäudenutzfläche:				75.80	
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				130.25	



Sanierungskosten Typ II - 1977 - 1982

Soll I Maßnahmen	Typ II Bezugs- fläche [m ²]	Kosten [€/m ²]		Gesamtkosten [€/m ²]	
		Energetische Sanierung	Sowieso- kosten	Energetische Sanierung	Sowieso- kosten
Außenwand + 12cm WLG 035	145.45	77.00	14.00	11199.65	2036.30
Kehlbalkenlage + 6cm WLG 035	67.00	25.00	0.00	1675.00	0.00
Fenster 1.1; g = 0.60	33.29	200.00	200.00	6658.00	6658.00
Gerüst	178.74	8.00	8.00	1429.92	1429.92
Summen Energetische Sanierung / Sowiesokosten:				20962.57	10124.22
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung:				10838.35	
Kosten Energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				125.71	
Sowiesokosten / m² Gebäudenutzfläche:				60.71	
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				65.00	

Soll II Maßnahmen	Typ II Bezugs- fläche [m ²]	Kosten [€/m ²]		Gesamtkosten [€/m ²]	
		Energetische Sanierung	Sowieso- kosten	Energetische Sanierung	Sowieso- kosten
Außenwand + 14cm WLG 035	145.45	82.00	14.00	11926.90	2036.30
Kehlbalkenlage + 10cm WLG 035	67.00	35.00	0.00	2345.00	0.00
Kellerdecke + 8cm WLG 035	121.48	40.00	0.00	4859.20	0.00
Dach + 9cm WLG 025	64.72	67.50	42.50	4368.60	2750.60
Fenster 1.1; g = 0.60	33.29	200.00	200.00	6658.00	6658.00
Gerüst	178.74	8.00	8.00	1429.92	1429.92
Summen Energetische Sanierung / Sowiesokosten:				31587.62	12874.82
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung:				18712.80	
Kosten Energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				189.43	
Sowiesokosten / m² Gebäudenutzfläche:				77.21	
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				112.22	



Sanierungskosten Typ III - 1977 - 1982

Soll I Maßnahmen	Typ III Bezugs- fläche [m ²]	Kosten [€/m ²]		Gesamtkosten [€/m ²]	
		Energetische Sanierung	Sowieso- kosten	Energetische Sanierung	Sowieso- kosten
Außenwand + 12cm WLG 035	229.44	77.00	14.00	17666.88	3212.16
Kehlbalkenlage + 6cm WLG 035	82.74	25.00	0.00	2068.50	0.00
Fenster 1.1; g = 0.60	47.69	200.00	200.00	9538.00	9538.00
Gerüst	277.13	8.00	8.00	2217.04	2217.04
Summen Energetische Sanierung / Sowiesokosten:				31490.42	14967.20
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung:				16523.22	
Kosten Energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				141.08	
Sowiesokosten / m² Gebäudenutzfläche:				67.05	
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				74.03	

Soll II Maßnahmen	Typ III Bezugs- fläche [m ²]	Kosten [€/m ²]		Gesamtkosten [€/m ²]	
		Energetische Sanierung	Sowieso- kosten	Energetische Sanierung	Sowieso- kosten
Außenwand + 14cm WLG 035	229.44	82.00	14.00	18814.08	3212.16
Kehlbalkenlage + 10cm WLG 035	82.74	35.00	0.00	2895.90	0.00
Kellerdecke + 8cm WLG 035	103.01	40.00	0.00	4120.40	0.00
Dach + 9cm WLG 025	24.28	67.50	42.50	1638.90	1031.90
Fenster 1.1; g = 0.60	47.69	200.00	200.00	9538.00	9538.00
Gerüst	277.13	8.00	8.00	2217.04	2217.04
Summen Energetische Sanierung / Sowiesokosten:				39224.32	15999.10
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung:				23225.22	
Kosten Energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				175.73	
Sowiesokosten / m² Gebäudenutzfläche:				71.68	
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				104.05	



Sanierungskosten Typ I - 1982 - 1995

Soll I	Typ I	Kosten [€/m ²]		Gesamtkosten [€/m ²]	
Maßnahmen	Bezugs- fläche [m ²]	Energetische Sanierung	Sowieso- kosten	Energetische Sanierung	Sowieso- kosten
Außenwand + 6cm WLG 035	128.48	62.00	14.00	7965.76	1798.72
Fenster 1.1; g = 0.60	27.22	200.00	200.00	5444.00	5444.00
Gerüst	155.70	8.00	8.00	1245.60	1245.60
Summen Energetische Sanierung / Sowiesokosten:				14655.36	8488.32
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung:				6167.04	
Kosten Energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				116.68	
Sowiesokosten / m² Gebäudenutzfläche:				67.58	
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				49.10	

Soll II	Typ I	Kosten [€/m ²]		Gesamtkosten [€/m ²]	
Maßnahmen	Bezugs- fläche [m ²]	Energetische Sanierung	Sowieso- kosten	Energetische Sanierung	Sowieso- kosten
Außenwand + 10cm WLG 035	128.48	72.00	14.00	9250.56	1798.72
Kehlbalkenlage + 10cm WLG 035	82.74	35.00	0.00	2895.90	0.00
Kellerdecke + 8cm WLG 035	103.01	40.00	0.00	4120.40	0.00
Dach + 9cm WLG 025	24.28	67.50	42.50	1638.90	1031.90
Fenster 1.1; g = 0.60	27.22	200.00	200.00	5444.00	5444.00
Gerüst	155.70	8.00	8.00	1245.60	1245.60
Summen Energetische Sanierung / Sowiesokosten:				24595.36	9520.22
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung:				15075.14	
Kosten Energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				195.82	
Sowiesokosten / m² Gebäudenutzfläche:				75.80	
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				120.03	



Sanierungskosten Typ II - 1982 - 1995

Soll I	Typ II	Kosten [€/m ²]		Gesamtkosten [€/m ²]	
Maßnahmen	Bezugs- fläche [m ²]	Energetische Sanierung	Sowieso- kosten	Energetische Sanierung	Sowieso- kosten
Außenwand + 6cm WLG 035	145.45	62.00	14.00	9017.90	2036.30
Fenster 1.1; g = 0.60	33.29	200.00	200.00	6658.00	6658.00
Gerüst	178.74	8.00	8.00	1429.92	1429.92
Summen Energetische Sanierung / Sowiesokosten:				17105.82	10124.22
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung:				6981.60	
Kosten Energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				102.58	
Sowiesokosten / m² Gebäudenutzfläche:				60.71	
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				41.87	

Soll II	Typ II	Kosten [€/m ²]		Gesamtkosten [€/m ²]	
Maßnahmen	Bezugs- fläche [m ²]	Energetische Sanierung	Sowieso- kosten	Energetische Sanierung	Sowieso- kosten
Außenwand + 10cm WLG 035	145.45	72.00	14.00	10472.40	2036.30
Kehlbalkenlage + 10cm WLG 035	67.00	35.00	0.00	2345.00	0.00
Kellerdecke + 8cm WLG 035	121.48	40.00	0.00	4859.20	0.00
Dach + 9cm WLG 025	64.72	67.50	42.50	4368.60	2750.60
Fenster 1.1; g = 0.60	33.29	200.00	200.00	6658.00	6658.00
Gerüst	178.45	8.00	8.00	1427.60	1427.60
Summen Energetische Sanierung / Sowiesokosten:				30130.80	12872.50
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung:				17258.30	
Kosten Energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				180.69	
Sowiesokosten / m² Gebäudenutzfläche:				77.20	
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				103.50	



Sanierungskosten Typ III - 1982 - 1995

Soll I Maßnahmen	Typ III Bezugs- fläche [m ²]	Kosten [€/m ²]		Gesamtkosten [€/m ²]	
		Energetische Sanierung	Sowieso- kosten	Energetische Sanierung	Sowieso- kosten
Außenwand + 6cm WLG 035	229.44	62.00	14.00	14225.28	3212.16
Fenster 1.1; g = 0.60	47.69	200.00	200.00	9538.00	9538.00
Gerüst	277.13	8.00	8.00	2217.04	2217.04
Summen Energetische Sanierung / Sowiesokosten:				25980.32	14967.20
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung:				11013.12	
Kosten Energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				116.39	
Sowiesokosten / m² Gebäudenutzfläche:				67.05	
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				49.34	

Soll II Maßnahmen	Typ III Bezugs- fläche [m ²]	Kosten [€/m ²]		Gesamtkosten [€/m ²]	
		Energetische Sanierung	Sowieso- kosten	Energetische Sanierung	Sowieso- kosten
Außenwand + 10cm WLG 035	229.44	72.00	14.00	16519.68	3212.16
Kehlbalkenlage + 10cm WLG 035	82.74	35.00	0.00	2895.90	0.00
Kellerdecke + 8cm WLG 035	103.01	40.00	0.00	4120.40	0.00
Dach + 9cm WLG 025	24.28	67.50	42.50	1638.90	1031.90
Fenster 1.1; g = 0.60	47.69	200.00	200.00	9538.00	9538.00
Gerüst	277.13	8.00	8.00	2217.04	2217.04
Summen Energetische Sanierung / Sowiesokosten:				36929.92	15999.10
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung:				20930.82	
Kosten Energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				165.45	
Sowiesokosten / m² Gebäudenutzfläche:				71.68	
Kosten für Mehraufwand energetische Sanierung / m² Gebäudenutzfläche:				93.77	



Energiekosten Ist, Soll 1 und Soll 2 - Zustand nach Häusertypen 1952 - 1969

Typ I	Ist		Soll 1		Soll 2	
	Massiv	Leicht	Massiv	Leicht	Massiv	Leicht
Q`h nach Helex [kWh/m²a]	338.40	348.90	100.60	102.00	64.30	64.40
Endenergie Wärme [kWh/a]	50140.00	51564.00	17883.00	18073.00	12959.00	12972.00
Endenergie Hilfe. [kWh/a]	455.00					
Endenergie Wärme/m² [kWh/m²a]	399.20	410.54	142.38	143.89	103.18	103.28
Endenergie Hilfe./m² [kWh/m²a]	3.62					
Kosten Gas [€/kWh]	0.07					
Kosten Strom [€/kWh]	0.14					
Kosten Gas/m²a [€/m²a]	27.94	28.74	9.97	10.07	7.22	7.23
Kosten Strom/m²a [€/m²a]	0.51					

Typ II	Ist		Soll 1		Soll 2	
	Massiv	Leicht	Massiv	Leicht	Massiv	Leicht
Q`h nach Helex [kWh/m²a]	286.45	293.22	98.80	100.10	59.40	60.00
Endenergie Wärme [kWh/a]	56586.00	57805.00	22792.00	23026.00	15696.00	15804.00
Endenergie Hilfe. [kWh/a]	499.00					
Endenergie Wärme/m² [kWh/m²a]	339.35	346.66	136.68	138.09	94.13	94.78
Endenergie Hilfe./m² [kWh/m²a]	2.99					
Kosten Gas [€/kWh]	0.07					
Kosten Strom [€/kWh]	0.14					
Kosten Gas/m²a [€/m²a]	23.75	24.27	9.57	9.67	6.59	6.63
Kosten Strom/m²a [€/m²a]	0.42					

Typ III	Ist		Soll 1		Soll 2	
	Massiv	Leicht	Massiv	Leicht	Massiv	Leicht
Q`h nach Helex [kWh/m²a]	271.89	282.63	80.10	81.80	55.70	55.40
Endenergie Wärme [kWh/a]	71858.00	74447.00	25623.00	26033.00	19741.00	19669.00
Endenergie Hilfe. [kWh/a]	529.00					
Endenergie Wärme/m² [kWh/m²a]	321.93	333.53	114.79	116.63	88.44	88.12
Endenergie Hilfe./m² [kWh/m²a]	2.37					
Kosten Gas [€/kWh]	0.07					
Kosten Strom [€/kWh]	0.14					
Kosten Gas/m²a [€/m²a]	22.54	23.35	8.04	8.16	6.19	6.17
Kosten Strom/m²a [€/m²a]	0.33					



Energiekosten Ist, Soll 1 und Soll 2 - Zustand nach Häusertypen 1969 - 1977

Typ I	Ist		Soll 1		Soll 2	
	Massiv	Leicht	Massiv	Leicht	Massiv	Leicht
Q`h nach Helex [kWh/m²a]	291.61	301.20	96.30	100.50	67.00	68.00
Endenergie Wärme [kWh/a]	43793.00	45094.00	17300.00	17869.00	13325.00	13461.00
Endenergie Hilfe. [kWh/a]	455.00					
Endenergie Wärme/m² [kWh/m²a]	348.67	359.03	137.74	142.27	106.09	107.17
Endenergie Hilfe./m² [kWh/m²a]	3.62					
Kosten Gas [€/kWh]	0.07					
Kosten Strom [€/kWh]	0.14					
Kosten Gas/m²a [€/m²a]	24.41	25.13	9.64	9.96	7.43	7.50
Kosten Strom/m²a [€/m²a]	0.51					

Typ II	Ist		Soll 1		Soll 2	
	Massiv	Leicht	Massiv	Leicht	Massiv	Leicht
Q`h nach Helex [kWh/m²a]	254.11	263.42	93.70	97.80	62.80	63.70
Endenergie Wärme [kWh/a]	50762.00	52438.00	21873.00	22612.00	16308.00	16471.00
Endenergie Hilfe. [kWh/a]	499.00					
Endenergie Wärme/m² [kWh/m²a]	304.42	314.47	131.17	135.60	97.80	98.78
Endenergie Hilfe./m² [kWh/m²a]	2.99					
Kosten Gas [€/kWh]	0.07					
Kosten Strom [€/kWh]	0.14					
Kosten Gas/m²a [€/m²a]	21.31	22.01	9.18	9.49	6.85	6.91
Kosten Strom/m²a [€/m²a]	0.42					

Typ III	Ist		Soll 1		Soll 2	
	Massiv	Leicht	Massiv	Leicht	Massiv	Leicht
Q`h nach Helex [kWh/m²a]	250.03	256.81	78.60	83.10	57.40	58.60
Endenergie Wärme [kWh/a]	66588.00	68222.00	25262.00	26347.00	23753.00	24072.00
Endenergie Hilfe. [kWh/a]	529.00					
Endenergie Wärme/m² [kWh/m²a]	298.32	305.64	113.18	118.04	106.42	107.84
Endenergie Hilfe./m² [kWh/m²a]	2.37					
Kosten Gas [€/kWh]	0.07					
Kosten Strom [€/kWh]	0.14					
Kosten Gas/m²a [€/m²a]	20.88	21.39	7.92	8.26	7.45	7.55
Kosten Strom/m²a [€/m²a]	0.33					



Energiekosten Ist, Soll 1 und Soll 2 - Zustand nach Häusertypen 1977 - 1982

Typ I	Ist		Soll 1		Soll 2	
	Massiv	Leicht	Massiv	Leicht	Massiv	Leicht
Q`h nach Helex [kWh/m²a]	217.35	223.22	98.60	101.40	65.90	67.80
Endenergie Wärme [kWh/a]	33720.00	34516.00	17612.00	17991.00	13176.00	13434.00
Endenergie Hilfe. [kWh/a]	455.00					
Endenergie Wärme/m² [kWh/m²a]	268.47	274.81	140.22	143.24	104.90	106.96
Endenergie Hilfe./m² [kWh/m²a]	3.62					
Kosten Gas [€/kWh]	0.07					
Kosten Strom [€/kWh]	0.14					
Kosten Gas/m²a [€/m²a]	18.79	19.24	9.82	10.03	7.34	7.49
Kosten Strom/m²a [€/m²a]	0.51					

Typ II	Ist		Soll 1		Soll 2	
	Massiv	Leicht	Massiv	Leicht	Massiv	Leicht
Q`h nach Helex [kWh/m²a]	194.35	200.28	93.90	96.80	61.40	63.10
Endenergie Wärme [kWh/a]	39999.00	41067.00	21909.00	22432.00	16056.00	16363.00
Endenergie Hilfe. [kWh/a]	499.00					
Endenergie Wärme/m² [kWh/m²a]	239.87	246.28	131.39	134.52	96.29	98.13
Endenergie Hilfe./m² [kWh/m²a]	2.99					
Kosten Gas [€/kWh]	0.07					
Kosten Strom [€/kWh]	0.14					
Kosten Gas/m²a [€/m²a]	16.79	17.24	9.20	9.42	6.74	6.87
Kosten Strom/m²a [€/m²a]	0.42					

Typ III	Ist		Soll 1		Soll 2	
	Massiv	Leicht	Massiv	Leicht	Massiv	Leicht
Q`h nach Helex [kWh/m²a]	188.18	194.42	75.70	79.00	56.70	59.10
Endenergie Wärme [kWh/a]	51678.00	53182.00	24563.00	25358.00	19982.00	20561.00
Endenergie Hilfe. [kWh/a]	529.00					
Endenergie Wärme/m² [kWh/m²a]	231.52	238.26	110.04	113.61	89.52	92.12
Endenergie Hilfe./m² [kWh/m²a]	2.37					
Kosten Gas [€/kWh]	0.07					
Kosten Strom [€/kWh]	0.14					
Kosten Gas/m²a [€/m²a]	16.21	16.68	7.70	7.95	6.27	6.45
Kosten Strom/m²a [€/m²a]	0.33					



Energiekosten Ist, Soll 1 und Soll 2 - Zustand nach Häusertypen 1982 - 1995

Typ I	Ist		Soll 1		Soll 2	
	Massiv	Leicht	Massiv	Leicht	Massiv	Leicht
Q`h nach Helex [kWh/m²a]	172.56	177.54	100.00	103.00	66.80	68.60
Endenergie Wärme [kWh/a]	27644.00	28320.00	17802.00	18208.00	13298.00	13542.00
Endenergie Hilfe. [kWh/a]	455.00					
Endenergie Wärme/m² [kWh/m²a]	220.10	225.48	141.74	144.97	105.88	107.82
Endenergie Hilfe./m² [kWh/m²a]	3.62					
Kosten Gas [€/kWh]	0.07					
Kosten Strom [€/kWh]	0.14					
Kosten Gas/m²a [€/m²a]	15.41	15.78	9.92	10.15	7.41	7.55
Kosten Strom/m²a [€/m²a]	0.51					

Typ II	Ist		Soll 1		Soll 2	
	Massiv	Leicht	Massiv	Leicht	Massiv	Leicht
Q`h nach Helex [kWh/m²a]	155.02	159.16	91.50	94.00	62.40	63.80
Endenergie Wärme [kWh/a]	32916.00	33662.00	21477.00	21927.00	16236.00	16489.00
Endenergie Hilfe. [kWh/a]	499.00					
Endenergie Wärme/m² [kWh/m²a]	197.40	201.87	128.80	131.50	97.37	98.88
Endenergie Hilfe./m² [kWh/m²a]	2.99					
Kosten Gas [€/kWh]	0.07					
Kosten Strom [€/kWh]	0.14					
Kosten Gas/m²a [€/m²a]	13.82	14.13	9.02	9.20	6.82	6.92
Kosten Strom/m²a [€/m²a]	0.42					

Typ III	Ist		Soll 1		Soll 2	
	Massiv	Leicht	Massiv	Leicht	Massiv	Leicht
Q`h nach Helex [kWh/m²a]	153.67	158.17	81.10	84.00	59.70	61.80
Endenergie Wärme [kWh/a]	43359.00	44443.00	25864.00	25564.00	20706.00	21212.00
Endenergie Hilfe. [kWh/a]	529.00					
Endenergie Wärme/m² [kWh/m²a]	194.25	199.11	115.87	114.53	92.76	95.03
Endenergie Hilfe./m² [kWh/m²a]	2.37					
Kosten Gas [€/kWh]	0.07					
Kosten Strom [€/kWh]	0.14					
Kosten Gas/m²a [€/m²a]	13.60	13.94	8.11	8.02	6.49	6.65
Kosten Strom/m²a [€/m²a]	0.33					



Amortisation der Sanierungsmaßnahmen bei massiven Gebäuden

1952 - 1969	Soll 1 - Altbaustandard			Soll 2 - Neubaustandard		
	Tilgung [€/a]	Einsparung [€/a]	Amortisation nach Jahren	Tilgung [€/a]	Einsparung [€/a]	Amortisation nach Jahren
Typ I	1676.08	2286.92	14.00	2174.26	2644.26	16.00
Typ II	1898.84	2428.21	15.00	2623.21	2954.33	17.00
Typ III	2632.35	3266.93	16.00	3248.00	3726.35	17.00

1969 - 1977	Soll 1 - Altbaustandard			Soll 2 - Neubaustandard		
	Tilgung [€/a]	Einsparung [€/a]	Amortisation nach Jahren	Tilgung [€/a]	Einsparung [€/a]	Amortisation nach Jahren
Typ I	1676.08	2286.92	14.00	2174.26	2644.26	16.00
Typ II	1842.47	2065.38	17.00	2463.98	2463.65	20.00
Typ III	2543.51	2955.26	17.00	3189.98	3029.98	20.00

1977 - 1982	Soll 1 - Altbaustandard			Soll 2 - Neubaustandard		
	Tilgung [€/a]	Einsparung [€/a]	Amortisation nach Jahren	Tilgung [€/a]	Einsparung [€/a]	Amortisation nach Jahren
Typ I	1527.24	1163.36	> 20	2119.11	1454.45	> 20
Typ II	1716.43	1291.40	> 20	2586.46	1721.86	> 20
Typ III	2578.52	1919.78	> 20	3211.82	2252.05	> 20

1982 - 1995	Soll 1 - Altbaustandard			Soll 2 - Neubaustandard		
	Tilgung [€/a]	Einsparung [€/a]	Amortisation nach Jahren	Tilgung [€/a]	Einsparung [€/a]	Amortisation nach Jahren
Typ I	1199.99	719.84	> 20	2013.90	1039.77	> 20
Typ II	1400.62	842.75	> 20	2467.12	1228.01	> 20
Typ III	2127.26	1243.73	> 20	3023.93	1616.84	> 20



Amortisation der Sanierungsmaßnahmen bei leichten Gebäuden

1952 - 1969	Soll 1 - Altbaustandard			Soll 2 - Neubaustandard		
	Tilgung [€/a]	Einsparung [€/a]	Amortisation nach Jahren	Tilgung [€/a]	Einsparung [€/a]	Amortisation nach Jahren
Typ I	1676.08	2351.23	14.00	2174.26	2781.61	16.00
Typ II	1898.84	2470.23	15.00	3248.14	3858.50	17.00
Typ III	2632.47	3382.79	15.00	3248.14	3858.50	17.00

1969 - 1977	Soll 1 - Altbaustandard			Soll 2 - Neubaustandard		
	Tilgung [€/a]	Einsparung [€/a]	Amortisation nach Jahren	Tilgung [€/a]	Einsparung [€/a]	Amortisation nach Jahren
Typ I	1626.21	1923.23	16.00	2120.79	2254.27	18.00
Typ II	1842.47	2131.92	17.00	2463.65	2543.34	19.00
Typ III	2543.50	3005.84	17.00	3189.98	3102.80	20.00

1977 - 1982	Soll 1 - Altbaustandard			Soll 2 - Neubaustandard		
	Tilgung [€/a]	Einsparung [€/a]	Amortisation nach Jahren	Tilgung [€/a]	Einsparung [€/a]	Amortisation nach Jahren
Typ I	1527.24	1190.69	> 20	2119.11	1488.36	> 20
Typ II	1716.43	1325.16	> 20	2586.46	1766.88	> 20
Typ III	2578.82	1325.16	> 20	3211.82	2316.05	> 20

1982 - 1995	Soll 1 - Altbaustandard			Soll 2 - Neubaustandard		
	Tilgung [€/a]	Einsparung [€/a]	Amortisation nach Jahren	Tilgung [€/a]	Einsparung [€/a]	Amortisation nach Jahren
Typ I	1199.99	736.57	> 20	2013.90	1063.93	> 20
Typ II	1400.62	849.17	> 20	2467.12	1237.37	> 20
Typ III	2127.26	1274.08	> 20	3023.93	1656.31	> 20