

Diplomarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades
eines
Diplomingenieurs (FH)

Hochschule für angewandte Wissenschaften und Kunst
Fachhochschule Hildesheim
Fakultät Bauwesen
Fachrichtung Architektur

Thorben Schillberg
Mat.-Nr. 334378
Hannover

Diplomthema

Untersuchung zur Wirtschaftlichkeit von Energiesparmaßnahmen
an Gebäuden im Bestand
SS 2005

1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Leimer
2. Prüfer: Dipl.-Ing. Helgo Heuer

Aufgabe für die Diplomarbeit

Name, Vorname: **Schillberg, Thorben** Matr.Nr.: 334378
Bearbeitungszeit: Ausgabe 04.04.2005
Abgabe 13.06.2005 (10 Wochen)
1. Prüfer: **Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Leimer**
2. Prüfer **Dipl.-Ing. Helgo Heuer**

Thema: Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit von Energieeinsparmaßnahmen an Gebäuden im Bestand unter besonderer Berücksichtigung unterschiedlicher Instandsetzungsvarianten.

Die Energieeinsparverordnung legt als politisches Instrument Grenzwerte für den Energiebedarf von Gebäuden zu bestimmten Zeitpunkten fest. Für ältere Gebäude werden ebenfalls Anforderungen definiert, wobei die Frage zu beantworten ist, auf welche Art und Weise und auf welches Niveau der Energiebedarf von Bestandsbauten zu senken ist und ob die erforderlichen Maßnahmen überhaupt wirtschaftlich sind.

Ziel dieser Arbeit ist es, ein Konzept zu erarbeiten, welches auf der Basis des Energiebedarfs eines Gebäudes im Bestand die Bewertung verschiedener Verbesserungsmaßnahmen an Ausstattung oder Baukonstruktion unter ökonomischen Gesichtspunkten ermöglicht.

Im Einzelnen werden u. a. folgende Teilleistungen verlangt:

- Systematische Darstellung der Umsetzung der Anforderungen an den Wärmeschutz in Gebäuden und Beschreibung der typischen Baukonstruktionen der Zeit
- Erarbeitung von baulichen und anlagentechnischen Verbesserungsmaßnahmen zur Erfüllung der aktuellen Anforderungen an die Energieeinsparung
- Erstellung von Leistungsverzeichnissen für die Verbesserungsmaßnahmen
- Kalkulation dieser Verbesserungsmaßnahmen auf der Grundlage des Baukostenindex
- Erstellung eines Bewertungsprogramms auf Excel-Basis unter Berücksichtigung von variablen Förderprogrammen

Alle Berechnungen und deren Randbedingungen sind detailliert und nachvollziehbar darzulegen.

Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Leimer

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass die gesamte Diplomarbeit und die zugehörigen Berechnungen von mir selbständig angefertigt wurden.

Befragte Personen, Zitate und/oder Übernahmen sind entsprechend gekennzeichnet und in einem Quellenverzeichnis am Ende dieser Diplomarbeit aufgeführt.

Hannover, den

Vorname Nachname

Inhaltsverzeichnis:

1.	Einleitung	5
2.	Umsetzung des Wärmeschutzes	6
2.1	Entwicklung des Wärmeschutzes	6
2.1.1	Fazit	9
2.2	Bauzeitstandards	10
2.3	Entwicklung der Baukonstruktion im 20. Jahrhundert	11
3.	Einleitung	11
3.1.1	Systematische Darstellung	12
3.1.2	Fazit	23
4.	Modernisierungsmaßnahmen	24
4.1	Aktuelle Anforderungen	24
4.1.1	Anforderungen der EnEV an den Neubau	24
4.1.2	Anforderungen der EnEV an Bestandsgebäude	25
4.2	Fördermaßnahmen	26
4.2.1	Einleitung	26
4.2.2	KfW- CO2- Gebäudesanierungsprogramm	27
4.2.3	Modellvorhaben „Niedrigenergiehaus im Bestand“	30
4.2.4	KfW- Programm „Wohnraum Modernisieren“	31
4.2.5	Programm „Energiesparberatung vor Ort“	33
4.2.6	Marktanreizprogramm (Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien)	34
4.2.7	Kraft- Wärme- Kopplungsgesetz (KWK- Gesetz)	36
4.3	Energetische Modernisierungsmaßnahmen	37
4.3.1	Energetischer Modernisierungsstandard 1a	38
4.3.2	Energetischer Modernisierungsstandard 1b	43
4.3.3	Energetischer Modernisierungsstandard 2	44
4.3.4	Energetischer Modernisierungsstandard 3	45
4.3.5	Leistungsverzeichnisse	50
5.	Kosten und Nutzen	59
5.1	Grundlagen der Monatsbilanzberechnung	59
5.1.1	Anforderungen	61
5.1.2	Kalkulation der Energieersparnis	62
5.1.3	Kalkulation der Modernisierungskosten	63
5.1.4	Grundlagen der Finanzierung	64
5.2	Bewertung der Maßnahmen	65
6.	Bewertungsprogramm	69
7.	Quellenverzeichnis	73

1. Einleitung

In einer Zeit, in der Themen wie Ölpreisentwicklung, Klimawechsel und Umweltkatastrophen immer wieder in den Focus der Öffentlichkeit treten, ist die Frage der Energieeinsparung zum Schutz der Umwelt allgemein präsent. So beanspruchte der Bereich des Wohnungswe-
sens im Jahr 2001 etwa ein Drittel des Gesamtenergieverbrauches Deutschlands für sich [10].

Dabei stammen etwa 74% der Wohngebäude aus der Zeit vor 1977 in der keine gesetzli-
chen Anforderungen, an den baulichen Wärmeschutz gestellt wurden [10]. Dieser spielte in
früheren Zeiten beim Wohnungsbau eine eher untergeordnete Rolle. Die Gründe hierfür
lagen zum einen an den fehlenden technischen Möglichkeiten, aber auch an der ausrei-
chenden Verfügbarkeit billiger Heizenergie [11].

Unweigerlich vollzieht sich an den Bestandsgebäuden durch Alterungs- und Abnutzungser-
scheinungen, ein unentwegter Instandsetzungsprozess. Ausgehend von einer heute übli-
chen Lebenszeit eines Gebäudes von 80-100 Jahren, kann man etwa von drei bis vier In-
standsetzungsmaßnahmen der besonders beanspruchten Bauteile, wie Dächern, Fenstern
oder Türen ausgehen [10].

Hier setzt die Thematik dieser Diplomarbeit an, die den Aspekt der Wirtschaftlichkeit ver-
schiedener energetischer Modernisierungsmaßnahmen untersucht.

Grundlage für die späteren Arbeitsschritte war die Untersuchung der Entwicklung und Um-
setzung des Wärmeschutzes in der Vergangenheit und die Möglichkeiten der Förderung von
energetischen Modernisierungsmaßnahmen. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen, wurden
verschiedene Verbesserungskonzepte mit unterschiedlichen Anforderungen entwickelt. Für
diese wurden Leistungsverzeichnisse erstellt, mit deren Hilfe die entsprechenden Kosten
ermittelt wurden.

Exemplarisch wurden die entwickelten Verbesserungsmaßnahmen an einem Beispielge-
bäude berechnet und kalkuliert. Die dafür notwendigen Werte wurden auf Grundlage des
Monatsbilanzverfahrens ermittelt.

Auf Basis der gesammelten Erkenntnisse und Daten, wurde ein Bewertungsprogramm ent-
wickelt, welches auf einem Flächenschätzverfahren und den Berechnungen und Verfahren
der DIN 4108-6 und der DIN 4701-10 aufbaut. So ist es möglich, mit wenigen Eingaben,
komplette Modernisierungsmaßnahmen oder Einzelmaßnahmen in kürzester Zeit bewerten
lassen zu können. Für die dafür notwendige Kostenkalkulation können individuelle finanziel-
le Rahmenbedingungen simuliert werden, dabei besteht auch die Möglichkeit entsprechende
Bundesfördermittel berücksichtigen zu lassen.

2. Umsetzung des Wärmeschutzes

2.1 Entwicklung des Wärmeschutzes

Der Begriff des Mindestwärmeschutzes fand bereits Anfang der 20er Jahre in den Empfehlungen der preußischen Wohnungswirtschaft Erwähnung. Dabei wurden unter dem Eindruck der damaligen Kohleknappheit [11] Aussagen zur Begrenzung der Fensterflächen aus „*wärmetechnischen Gründen*“, oder der Wichtigkeit der „*Wahl der Baustoffe und Wandstärken, unter dem Gesichtspunkt möglichst geringer Wärmedurchlässigkeit und möglichst großer Wärmespeicherung*“ [12], getroffen.

Im Jahr 1952 wurde der „Mindestwärmeschutz“ in der DIN 4108 „Wärmeschutz im Hochbau“ [1] festgeschrieben. Dieser orientierte sich an den damals üblichen Wandstärken [12] und legte nicht zu unterschreitende Wärmedurchlasswiderstände für Bauteile von Aufenthaltsräumen fest. Diese wurden für drei klimatisch unterschiedliche Wärmedämmgebiete weiter differenziert.

Für „leichte“ Außenwände und Decken ($<300\text{kgm}^2$) wurden in Abhängigkeit zum jeweiligen Gewicht zusätzliche Mindestwärmedurchlasswiderstände angegeben.

Die festgelegten Höchstwerte sollten vor allem einem gesunden Wohnklima (Vermeidung von Schimmelpilzbildungen) und dem Bautenschutz, weniger jedoch der Energieeinsparung dienen.

Die DIN 4108 wurde in den Jahren 1960 und 1969 überarbeitet [2], wobei der Großteil der Anforderungen durch die Wärmedurchlasswiderstände mit denen von 1952 übereinstimmen. Zusätzlich wurden zur Vermeidung von Tauwasseranfall, Mindestdicken für Außen-, Wohnungstrenn- und Treppenraumwände, in Abhängigkeit zu den drei Wärmedämmgebieten festgelegt.

Weitergehend wurde der Einbau von Doppel- und Verbundfenstern in Aufenthaltsräumen empfohlen, für das Wärmedämmgebiet 3 vorgeschrieben. Spezifische Anforderungen wurden jedoch nicht formuliert.

In den Jahren 1974 und 1975 wurden, vor dem Hintergrund der ersten Ölkrise, Beiblätter und ergänzende Bestimmungen [3] zur DIN 4108 von '69 veröffentlicht.

Durch den Wegfall des ersten und die neue Zuteilung zum bisherigen zweiten Wärmedämmgebiet, wurden die Anforderungen gegenüber 1969 verschärft.

Es wurden Mindestwerte für Bauteile festgelegt und nach dem Bauteilverfahren erbracht ($k_{m,w+F} < 1,4\text{W/m}^2$). Zusätzlich wurden Anforderungen durch den mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten $k_{m, \max}$ und den geschossweise mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten $k_{m(w+f)}$ (in Abhängigkeit vom F/V Verhältnis) definiert. Dadurch sollte eine gewisse Freiheit bei der Planung von Wärmedämmmaßnahmen gegeben werden.

Erstmals wurden Mindestanforderungen an den Wärmedurchgangskoeffizienten von Fenstern (k_F), in Abhängigkeit der Konstruktion und Rahmenausführung gestellt. Des Weiteren wurde durch die Definition des Fugendurchlasskoeffizienten (a), Anforderungen an die Dichtheit der Fenster gestellt.

Im Jahr 1976 wurde das Energieeinspargesetz (EnEG) [4] verabschiedete und 1980 nochmals modifiziert. Die Gründe hierfür waren zum einen, eine gesetzliche Grundlage zur CO₂ Emissionsreduzierung zuschaffen, aber auch der Wunsch, sich von der Abhängigkeit importierter Energieträger zu lösen. Das EnEG ist die Rechtsgrundlage für alle zukünftigen Verordnungen im Bereich der Energieeinsparung.

1977 trat die erste Wärmeschutzverordnung (1. WschV) [5] in Kraft. Das Ziel dieser Verordnung war eine Reduzierung des Energiebedarfs für neu zu errichtende Gebäude. Es wurden zum ersten Mal gesetzliche Anforderungen an den Wärmeschutz gestellt. Basierend auf den Beiblättern vom '74 und '75 der DIN 4108 (siehe oben) gab es zwei Nachweisverfahren zur Ermittlung des Wärmeschutzes.

Das eine war das k_m Verfahren, mit leicht modifizierten Tabellenwerte, das andere war das Bauteilverfahren, jedoch mit neuen Maximalwerten. Der maximale Wert $k_{m(w+F)}$ einer Außenwand einschließlich Fenster durfte 1,45 W/(m²k) nicht überschreiten.

Im Jahr 1981 wurde die DIN 4108 [6] novelliert. Eine Berücksichtigung der Wärmedämmgebiete findet nicht mehr statt. Des Weiteren bezieht sich der Geltungsbereich auf Aufenthalts- und deren Nebenräume, die mit mindestens 19°C beheizt wurden. Zusätzlich wurde der Gesamtenergiedurchlassgrad (g_F) für Fenster neu eingeführt. Welcher sich aus der Art der Verglasung (g) und dem Abminderungsfaktor (z) für Sonnenschutz zusammensetzte.

Vor dem Hintergrund von drastisch erhöhten Brennstoffpreise (um ca. das Doppelte) trat 1984 die zweite Wärmeschutzverordnung (2. WschV) [13] in Kraft.

Es galten weiterhin zwei Nachweisverfahren. Die $k_{m,max}$ Werte wurden um 25% verschärft. Auch der $k_{m(w+F)}$ - Wert wurde, z.B. für Außenwände, auf 1,20 W/(m²k) erhöht. Der geschossweise $k_{m(w+f)}$ - Wert wurde abgeschafft und somit eine Erleichterung in der Auswahl der Konstruktion für große Gebäude erreicht. [13]

Es wurden erstmals Anforderungen an einen Wärmeschutz bei baulichen Veränderungen an bestehenden Gebäuden verlangt.

Aufgrund der Klimaschutzinitiative der Bundesregierung wurde 1995 die dritte Wärmeschutzverordnung[14] auf den Weg gebracht. Die Anforderungen gegenüber der 2. WschV wurden noch einmal um 30% erhöht.

Erstmals orientieren sich die Anforderungen am Jahresheizwärmebedarf (Q_H) als Zielgröße. Dabei wurden Transmissions- und Lüftungswärmeverluste sowie interne und solare Gewinne berücksichtigt. Nicht berücksichtigt wurden jedoch Wärmebrückeneffekte, Luftundichtheiten, spezielles Nutzerverhalten, Heizungsart und -betriebsweise, der Einfluss der Wärmespeicherfähigkeit sowie regional unterschiedliche Klimabedingungen.

Diese Zielgröße konnte zum einen auf das Volumen, zum anderen auf die Gebäudenutzfläche bezogen werden. Damit wurde das alte $k_{m,max}$ -Berechnungsverfahren durch das Energiebilanzverfahren ersetzt.

Für Baumaßnahmen an Altbauten galten weiter hin die Anforderungen an die einzelnen Bauteile.

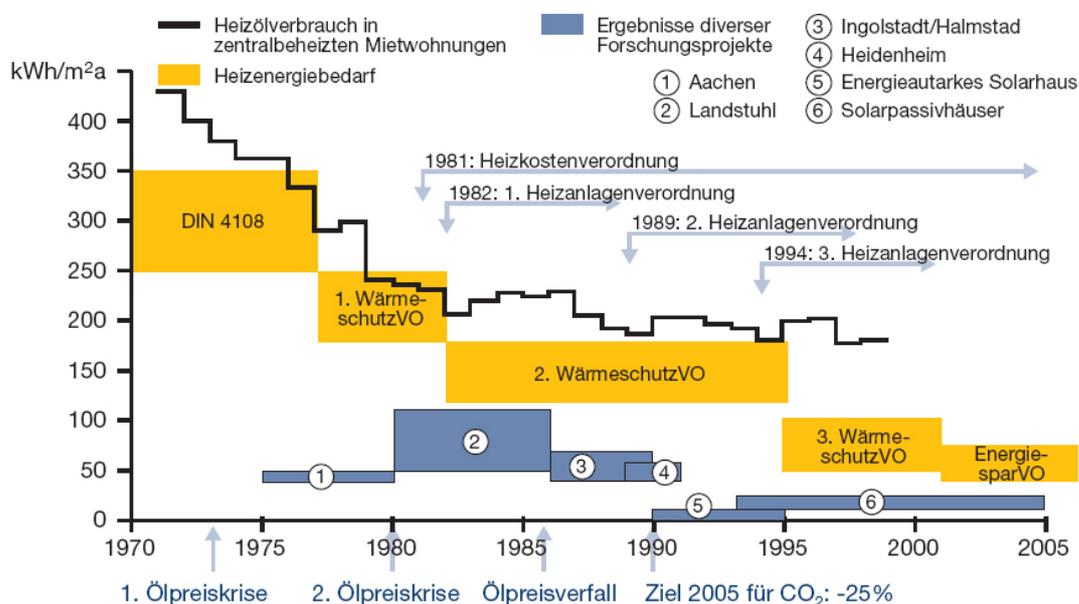


Abb. 1.0 Heizölverbrauch von zentral beheizten Mietwohnungen

Die kontinuierliche Verschärfung der Anforderungen an den Wärmeschutz durch Normen und Gesetze im Zusammenhang mit der Ölpreisentwicklung lässt sich gut an der Abbildung 1.0 nachvollziehen.

Die DIN 4108 wurde 2001 novelliert, wobei die grundlegenden Bestandteile gleich geblieben sind. Dem Aspekt der Wärmebrücken wurde mehr Bedeutung beigemessen. Die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz wurden durch Höchstwerte für Fensterflächen, unterhalb derer kein sommerlicher Wärmeschutz nötig ist, konkretisiert.

2002 trat die Energieeinsparverordnung (EnEV) [15] in Kraft. In ihr wurden die Wärmeschutz- und Heizungsanlagenverordnung zusammengeführt. Die Ziele der ENEV sind die

Verschärfung der energetischen Anforderungen (um 30% gegenüber der 3. WschV von 1995), Förderung innovativer Anlagentechnik und den Abgleich der deutschen mit den EU-Regelungen.

Der aktuelle Mindestwärmeschutz wird durch die DIN 4108 aus dem Jahre 2003 definiert. Große und erwähnenswerte Unterschiede zur novellierten Fassung von 2001 sind dabei aber nicht in Erscheinung getreten.

2.1.1 Fazit

Bedingt durch die vielschichtigen Veränderungen in der Vergangenheit, hat sich die Zielsetzung des Wärmeschutzes seit der Einführung der DIN 4108 vom Bautenschutz und hygienischen Wohnen zum konsequenten Klimaschutz entwickelt.

2.2 Bauzeitstandards

Das Bualter bildet ein wichtiges Merkmal für die Bewertung des Wärmeschutzes eines Gebäudes, denn jede „Bauepoche“ hat seine allgemein üblichen Konstruktionsweisen und Baustoffe, aber auch typische Bauteilflächen (z.B. Fensterflächenanteil), die sich über die Jahre und den entsprechenden politischen oder wirtschaftlichen Einflüssen verändert haben. [16]

Um diese „Bauepochen“ in entsprechende Zeitspannen einteilen zu können, wurden als nachvollziehbarer und charakteristischer Gradmesser die jeweiligen Zeitpunkte der Änderung oder Einführung von Normen und Verordnungen bezüglich des Wärmeschutzes, herangezogen. Durch diese Zeitpunkte haben sich fünf Zeitspannen ergeben, die im nachfolgend Bauzeitstandards (BZS) genannt werden.

Die jeweiligen Anforderungen der BZS sind in den Anlagen Seite 1-7 ersichtlich.

BZS 1	1900 - 1951	<ul style="list-style-type: none">• Eine weitere Spezifikation dieses BZS ist nicht sinnvoll, da keine entsprechenden Normen oder Verordnungen existierten und bedingt durch die geschichtlichen Turbulenzen, starke bauqualitative Schwankungen vorhanden sind [12].
BZS 2	1952- 1968	<ul style="list-style-type: none">• Einführung der DIN 4108 „Wärmeschutz im Hochbau“
BZS 3	1969- 1976	<ul style="list-style-type: none">• Novellierung der DIN 4108 mit zugehörigen ergänzenden Bestimmungen und Bei blättern
BZS 4	1977- 1983	<ul style="list-style-type: none">• Einführung der 1. WschVO
BZS 5	1984- 1994	<ul style="list-style-type: none">• Einführung der 2. WschVO

2.3 Entwicklung der Baukonstruktion im 20. Jahrhundert

3. Einleitung

Zu Anfang des 20. Jahrhunderts ist der traditionelle Ziegelbau mit Holzbalkendecken vorherrschend. Die Wandstärken der Stadthäuser zur Jahrhundertwende, differierten dabei, je nach regional klimatischen Einflüssen, zwischen 25-38cm und 38-51cm. Die Maße der verwendeten Steine (hauptsächlich Vollziegel, teilweise auch KS-Vollsteine) entsprechen noch dem Reichsformat [17]. Charakteristisch für diese Gebäude sind vor allem die großräumigen Wohnungen mit hohen Geschossdecken und die mit Stuck oder Mauerwerksornamentik versehenen Fassaden, die vielfach unter Denkmalschutz stehen [18].

Die Gebäude der Zwischenkriegszeit sind bezüglich der Bauweise und ihrer Ästhetik sehr viel heterogener. Die Wohnungsgrundrisse und Wandstärken werden nun wesentlich kleiner dimensioniert [19].

Um der Wohnungsnot nach dem Zweiten Weltkrieg gerecht zu werden, war man gezwungen Wohnraum auf einfachste und schnellste Weise zu erstellen. Die Nachkriegsbebauung ist daher stellenweise von schlechter Bausubstanz gekennzeichnet [20]. Tendenziell finden sich in den Einfamilienhäusern etwas aufwändigere Konstruktionen als in den meisten Mehrfamilienhäusern, die auf das bautechnische Minimum beschränkt waren [18]. In der Folgezeit werden insbesondere Wände aus Hochlochziegeln und Lochleichtbausteinen (z.B. „Gasbeton“ oder KS L) mit einer Stärke von 24cm errichtet [21].

Mit den Boomjahren der 1960er Jahre und der Industrialisierung des Bauens kommt vermehrt Beton, beispielsweise als 25-32cm starke Leichtbetonwände, Wände aus Normalbeton mit Dämmung (Holzwolle-Leichtbauplatten etc.) oder auch mehrschichtige Außenwandelemente (Sandwichelemente), zum Einsatz [22]. Erstmals werden auch gesundheitsschädliche Baustoffe, wie Asbest oder lindanhaltige Holzschutzmittel, verwendet. Die Architektur ist durch gerasterte Beton- und Putzfassaden oder schlichtem Sichtmauerwerk gekennzeichnet. Die Fenster sind meist großformatig und aus Isolierverglasung. Ein zusätzliches charakteristisches Merkmal dieser Zeit sind die Flachdächer mit betonter Attika [18].

Die Wohnungsgrundrisse sind Ergebnis einer eher funktional ausgerichteten Architektur, wobei sie aber im Gegensatz zu vorherigen Bauperioden viele großzügiger dimensioniert sind [19].

In den 1970 und 1980er Jahren treten veränderte, bzw. erweiterte Konstruktionen auf, wie z.B. das zweischalige Mauerwerk mit Wärmedämmung und Luftschicht. Neu sind Thermo-Hautsysteme mit außenseitiger, verputzter Dämmung auf einschaligem Mauerwerk. An den Fenstern kommt im steigenden Maße Kunststoff als Rahmenmaterial zum Einsatz [18].

3.1.1 Systematische Darstellung

Die folgende Darstellung hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie repräsentiert lediglich die typischen Baukonstruktionen der jeweilig festgelegten Zeitspannen im Zusammenhang mit den seiner Zeit geltenden Anforderungen an den Wärmeschutz.

Überschneidungen der Bauteile zwischen den einzelnen BZS sind möglich und folgerichtig, da die Bautechnik und die dazugehörigen Baustoffe zu einem dynamischen, aber vor allem einem fortlaufender Prozess gehören.

Aufgrund der überwiegenden baukonstruktiven Ähnlichkeit, wird keine Unterscheidung zwischen Ein- und Mehrfamilienhäusern getroffen.

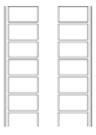
Die ermittelten U-Werte der Bauteile basieren auf den Daten und Größen von [7], [15], [16], [18] und [23]. Die errechneten Werte liegen auf der „sicheren Seite“, da die Ausgangparameter im Regelfall ungünstig gewählt wurden.

Für Hochlochziegel und KS-Lochsteine wird in der folgenden Darstellung nur noch von Lochsteinen gesprochen, die unterschiedlichen Wärmeleitfähigkeiten wurden dabei für die U- Wertbestimmung berücksichtigt.

Die jeweiligen Anforderungen an den Wärmeschutz und die zugehörigen Berechnungen, sind in den Anlagen Seiten 1, 2, 3, 4 und 5 ersichtlich.

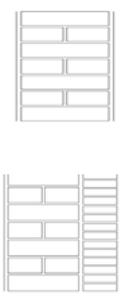
In den BZS 4 und 5 wurden die entsprechenden Anforderungen an den Wärmeschutz aus der jeweils geltenden DIN 4108-2 und den Wärmeschutzverordnungen kombiniert, die Wärmedurchgangskoeffizienten für Außenwände wurden dafür durch das Km-Verfahren ermittelt. (siehe Anlagen Seite 1-7)

Bauzeitstandart 1 (1900-1951)

Bauteil	Skizze	Beschreibung	U-Wert W/(m ² k)	Anforderung (keine)
Außenwand (Aufbau von innen nach außen)		Einschaliges MW (MFH) Innenputz, d= 1,5cm MW aus Vollziegeln oder KS-Vollsteinen d= 25,38 und 51cm Außenputz, d= 2,0cm	1,19-2,14	
		Innenputz, d= 1,5cm MW aus Hochlochziegeln, d= 24,30 und 36,5cm Außenputz, d= 2,0cm	1,19-1,59	-
		Zweischaliges MW (EFH) Innenputz, d= 1,5cm MW aus Vollziegeln, d= 11,5cm Luftschicht, d= 5-7cm MW aus Vollziegeln, d= 11,5cm Außenputz, d=2,0cm	1,47	
Wohnungstrennwand		Innenputz, d= 1,5cm MW, gem. Außenwand Innenputz, d= 1,5cm	1,29-1,63	-
Fenster		Holzrahmen und Sprossen mit Einfachverglasung	5,20	
		Kastenfenster aus Holz mit 2x Einfachverglasung	2,80	-
Kellerdecke (Aufbau von oben nach unten)		Gemauerte Kappendecke Hobeldielen, d=2,5cm Schlackefüllung Lagerhölzer, d=8cm MW aus Vollziegeln, d= 12cm Stahlträger, d= 18cm	0,80	
		Massivdecke Hobeldielen, d= 2,5cm Lagerhölzer oder Terrazzo (in Feuchträumen)	1,08	-
		Sandschüttung, d= 2cm Torfplatten, d= 3cm Stb-decke, d= 15cm Putz, d= 1,5cm	1,33	
Wohnungstrenndecke (Aufbau von oben nach unten)		Holzbalkendecke Hobeldielen, d= 2,5cm Luftschicht Sand, Schlacke oder Strohlehm d= 8cm Schwartenbretter, d= 2cm Deckenbalken, d= 20cm Holzschalung, d= 2,2cm Putz auf Rohgewebe, d= 2,5cm	0,65-0,82	-

Bauteil	Skizze	Beschreibung	U-Wert W/(m ² K)	Anforderung (keine)	
oberste Geschossdecke (unter nicht be- heizten Dachräu- men) (Aufbau von oben nach unten)		Holz balkendecke Hobeldielen, d= 2,5cm Luftschicht Sand, Schlacke oder Strohlehm d= 8cm Schwartenbretter, d= 2cm Deckenbalken, d= 20cm Holzschalung, d= 2,2cm Putz auf Rohgewebe, d= 2,5cm	0,70-0,89	-	
Steildach (über beheizten Dachräumen) (Aufbau von oben nach unten)		Dacheindeckung Dachlattung, d= 3cm Sparren/ Luftschicht, d= 14cm Strohlehmwickel zwischen de Spar- ren Schilfrohrmatte, d= 5cm Putz, d= 1,5cm	1,19	-	

Bauzeitstandart 2 (1952-1968)

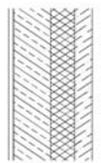
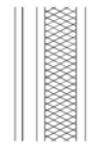
Bauteil	Skizze	Beschreibung	U-Wert W/(m ² K)	Anforderung (DIN 4108)* W/(m ² K)	
Außenwand (Aufbau von innen nach außen)		Einschaliges MW Innenputz, d= 1,5cm MW aus Lochsteinen oder Leichtbetonsteinen, d= 24,30 oder 36,5cm Außenputz, d= 2cm	1,06-1,59	1,56	●○
		Zweischaliges MW Innenputz, d= 1,5cm MW aus Lochsteinen, d= 17,5 oder 24cm Schalenfuge, d=2cm Klinkerschale, d= 11,5cm	1,23-1,71		
Wohnungstrennwand		Innenputz, d= 1,5cm MW, gem. Außenwand, Innenputz, d= 1,5cm	1,28-1,87	1,92	●
Fenster		Holzrahmen mit Einseibenverglasung	5,20	-	
		Verbundfenster aus Holz mit 2x Einfachverglasung	2,50		
		Glasbausteine	3,60		
Kellerdecke (Aufbau von oben nach unten)		Massivdecke Estrich, d= 2,5cm Mineralfasermatten, d= 2-3cm Stb.-Decke, d= 15cm Putz, d= 1,5cm	0,83-1,05	1,16	●
Wohnungstrenndecke (Aufbau von oben nach unten)		Massivdecke Estrich, d= 2,5cm Mineralfasermatten, d= 2-3cm Stb.-Decke, d= 15cm Putz, d= 1,5cm	0,89-1,10	1,36	●

* gemäß Anlage Seite 1 (DIN 4108 `52)

● = Anforderung erfüllt

○ = Anforderung nicht erfüllt

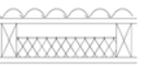
Bauzeitstandart 3 (1969-1976)

Bauteil	Skizze	Beschreibung	U-Wert W/(m ² K)	Anforderung (DIN 4108)* W/(m ² K)	
Außenwand (Aufbau von innen nach außen)		Einschaliges MW Innenputz, d= 1,5cm MW aus Lochsteinen, d= 30 oder 36,5cm Außenputz, d= 2cm	0,89-1,23	1,56	●
		Zweischaliges MW Innenputz, d= 1,5cm MW aus Lochsteinen, d= 17,5 und 24cm Schalenfuge, d= 2cm oder Luftschicht, d= 5-7cm Klinkerschale, d= 11,5cm	1,10-1,33		
		Mehrschalige WA Sandwichelemente Innenputz, d= 1,5cm Stb.-Wand, d= 15cm Kerndämmung, d= 5-7cm Betonvorsatzschale, d= 5cm	0,52-0,65		
		Holzständerwand Profildretter Konterlattung/Luftschicht, d= 3cm Holzschichtplatte, d=1,5cm Holzständer/ Luftraum, d= 15cm Dämmung, d=6cm Dampfsperre Gipskartonplatten, d= 1cm	0,51		
Wohnungstrennwand		den jeweiligen Außenwandkonstruktionen entsprechend	0,57-1,65	1,92 3,03	●
Fenster		Holzrahmen mit Einfach- oder Isolierverglasung	2,70-5,20	3,49	●
		Alurahmen ohne thermische Trennung mit Isolierverglasung	4,30		
		Kunststoffrahmen mit Isolierverglasung	3,00		
Kellerdecke (Aufbau von oben nach unten)		Massivdecke Estrich, d= 2,5cm Mineralfasermatten, d= 2-3cm Stb.-Decke, d= 15cm Putz, d= 1,5cm	0,83-1,05	0,93	●

* gemäß Anlage Seite 2 und 3 (DIN 4108 `69, `74 und `75)

● = Anforderung erfüllt

○ = Anforderung nicht erfüllt

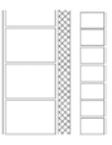
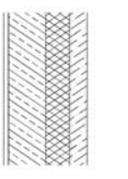
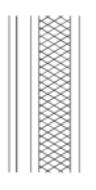
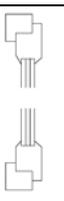
Bauteil	Skizze	Beschreibung	U-Wert W/(m ² K)	Anforderung (DIN 4108)* W/(m ² K)	
Wohnungs- trenndecke (Aufbau von oben nach unten)		Massivdecke Estrich, d= 2,5cm Mineralfasermatten, d= 2-3cm Stb.-Decke, d= 15cm Putz, d= 1,5cm	0,89-1,10	1,67 2,33	●
oberste Geschossdecke (unter nicht be- heizten Dachräu- men) (Aufbau von oben nach unten)	 	Massivdecke Dämmung, d= 5cm Stb.-Decke, d= 15cm Putz, d= 1,5cm Holz balkendecke mit Gipskartonplatten/ Profilbretter unter 6-8cm Dämmung	0,59 0,50-0,61	 0,97	 ●
Steildach (über beheizten Dachräumen) (Aufbau von oben nach unten)		Dacheindeckung Dachlattung, d= 3cm Dachpappe, Sparren/Luftraum, d= 14cm Dämmung, d= 5-8cm Gipskartonplatten/ Profilbretter	0,50-0,61	0,68	●
Flachdach (Aufbau von oben nach unten)		Warmdach Kiesschüttung, d= 5cm 3 Lagen Bitumendachbahn, o.ä. Schaumkunststoff, d= 4-6cm Dampfsperre Bitumenvoranstrich Stb-decke, d= 18cm Putz, d= 1,5cm	0,52-0,71	0,68	●

* gemäß Anlage Seite 2 und 3 (DIN 4108 `69, `74 und `75)

● = Anforderung erfüllt

○ = Anforderung nicht erfüllt

Bauzeitstandart 4 (1977-1983)

Bauteil	Skizze	Beschreibung	U-Wert W/(m ² K)	Anforderung* W/(m ² K)	
Außenwand (Aufbau von außen nach innen)		Einschaliges MW Innenputz, d= 1,5cm MW aus 30 oder 36,5cm Lochsteinen oder Porenbetonsteinen Aussenputz, d= 2cm	0,68-1,06		
		Zweischaliges MW Innenputz, d= 1,5cm MW aus 17,5 oder 24cm KS-Loch- oder Porenbetonsteinen mit oder ohne 4cm Kerndämmung Luftschicht Verblendung	0,56-0,90		
		Mehrschalige WA Sandwichelemente Innenputz, d= 1,5cm Stb.-Wand, d= 15cm Kerndämmung, d= 5-7cm Betonvorsatzschale, d= 10cm	0,48-0,61	1,14	●
		Holzständerwand Profibretter Konterlattung/Luftschicht, d= 3cm Holzschichtplatte, d=1,5cm Holzständer/ Luftraum, d= 15cm Dämmung, d=8cm Dampfsperre Gipskartonplatten, d= 1cm	0,41		
Wohnungstrennwand		den jeweiligen Außenwandkonstruktionen entsprechend	0,58-1,30	1,92 3,03	●
Fenster		Holzrahmen mit Isolierverglasung	2,7		
		Alurahmen mit thermischer Trennung mit Isolierverglasung	3,20	3,49	●
		Kunststoffrahmen mit Isolierverglasung	3,0		
Kellerdecke (Aufbau von oben nach unten)		Massivdecke Estrich, d= 2,5cm Trittschalldämmung, d= 4cm Stb.-Decke, d= 15cm Putz, d= 1,5cm	0,69	0,80	●

* gemäß Anlage Seite 3-7

● = Anforderung erfüllt

○ = Anforderung nicht erfüllt

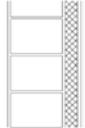
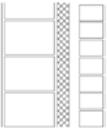
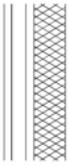
Bauteil	Skizze	Beschreibung	U-Wert W/(m ² K)	Anforderung*	
				W/(m ² K)	
Wohnungstrenn- decke (Aufbau von oben nach un- ten)		Massivdecke Estrich, d= 2,5cm Mineralfasermatten, d= 2-3cm Stb.-Decke, d= 15cm Putz, d= 1,5cm	0,69-1,05	1,56 1,67	●
oberste Geschossdecke (unter nicht be- heizten Dachräu- men) (Aufbau von oben nach un- ten)	 	Massivdecke Dämmung, d= 6cm Stb.-Decke, d= 15cm Putz, d= 1,5cm Holz balkendecke Holzfaserplatten, d= 1,5cm Deckenbalken/Luftschiicht, d= 5cm Dämmung, d= 6cm Gipskartonplatten/Profilbretter	0,47 0,31-0,46	0,45	●
Steildach (über beheizten Dachräumen) (Aufbau von oben nach un- ten)		Dacheindeckung Dachlattung, d= 3cm Unterspannbahn Sparren/Luftschiicht, d= 14cm Dämmung zwischen oder unter den sparren 8-10cm Gipskartonplatten/ Profilbretter	0,41-0,50	0,45	●
Flachdach (Aufbau von oben nach un- ten)		Warmdach Kiesschüttung, d= 5cm 3 Lagen Bitumendachbahn, o.ä. Dämmung, d= 6-7 cm Dampfsperre Bitumenvoranstrich Stb-decke, d= 15cm Putz, d= 1,5cm	0,46-0,52	0,45	●

* gemäß Anlage 3 Seite 3-7

● = Anforderung erfüllt

○ = Anforderung nicht erfüllt

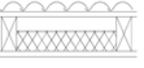
Bauzeitstandart 5 (1984-1994)

Bauteil	Skizze	Beschreibung	U-Wert W/(m ² K)	Anforderung* W/(m ² K)	
Außenwand (Aufbau von außen nach innen)		Einschaliges MW Innenputz, d= 1,5cm MW aus Lochsteinen oder Porenbetonsteinen, d= 30 oder 36,5cm Außenputz, d= 2cm	0,68-1,06		
		Innenputz, d= 1,5cm MW aus 24cm Loch- oder Porenbetonsteinen, d= 24cm WD, d= 5-6cm Außenputz, d= 2cm	0,80		
		Zweischaliges MW Innenputz, d=1,5cm MW aus 24cm KS-Loch- oder Porenbetonsteinen mit 4cm Kerndämmung, d= 4cm Luftschicht Verblendung	0,56-0,90	0,90	●
		Holzständerwand Profibretter Konterlattung/Luftschicht, d= 3cm Holzschichtplatte, d=1,5cm Holzständer/ Luftraum, d= 15cm Dämmung, d=10cm Dampfsperre	0,34		
Wohnungstrennwand		den jeweiligen Außenwandkonstruktionen entsprechend	0,50-1,25	1,92 3,03	●
Fenster		Holzrahmen mit Isolierverglasung	2,7		
		Kunststoffrahmen mit Isolierverglasung	3,0	2,90	●
Kellerdecke (Aufbau von oben nach unten)		Massivdecke Estrich, d= 2,5cm Trittschalldämmung, d= 5cm Stb.-Decke, d= 15cm	0,56	0,55	●

* gemäß Anlage Seite 4-7

● = Anforderung erfüllt

○ = Anforderung nicht erfüllt

Bauteil	Skizze	Beschreibung	U-Wert W/(m ² K)	Anforderung* W/(m ² K)	
Wohnungstrenn- decke (Aufbau von oben nach un- ten)		Massivdecke Estrich, d= 2,5cm Mineralfaserplatten, d= 2-3cm Stb.-Decke, d= 15cm Putz, d= 1,5cm	0,69-1,05	1,64	●
oberste Geschossdecke (unter nicht beheiz- ten Dachräumen) (Aufbau von oben nach un- ten)		Massivdecke Dämmung, d= 10-12cm Stb.-Decke, d= 15cm Putz, d= 1,5cm Holzbalkendecke Holzfaserplatten, d= 1,5cm Deckenbalken/Luftschiicht, d= 5cm Dämmung, d= 10-12cm Gipskartonplatten/Profilbretter	0,35 0,28-0,34	0,30	●
Steildach (über beheizten Dachräumen) (Aufbau von oben nach un- ten)		Dacheindeckung Dachlattung, d= 3cm Unterspannbahn Sparren/Luftschiicht, d= 14cm Dämmung zwischen oder unter den sparren 12-14cm Gipskartonplatten/ Profilbretter	0,31-037	0,30	●
Flachdach (Aufbau von oben nach un- ten)		Warmdach Kiesschüttung, d= 5cm 3 Lagen Bitumendachbahn, o.ä. Dämmung, d= 10 cm Dampfsperre Bitumenvoranstrich Stb-decke, d= 15cm Putz, d= 1,5cm	0,32	0,30	○

* gemäß Anlage 4 Seite 4-7

● = Anforderung erfüllt

○ = Anforderung nicht erfüllt

3.1.2 Fazit

Die Anforderungen an den Wärmeschutz werden weitestgehend erfüllt, was aber keine Überraschung sein sollte, da bis zur ersten Ölkrise die Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz eher an den damals gängigen Baustoffe und Konstruktionen orientiert waren als umgekehrt.

Dennoch haben sich die energetischen Eigenschaften der Außenbauteile (speziell die Mauersteine) größtenteils im Laufe der Zeit kontinuierlich verbessert, was sich eher mit Pragmatik als mit Wärmeschutz begründen lässt. Durch die Erhöhung des Volumens der Baustoffe und somit der Reduzierung der jeweiligen Dichte (z.B. Vollziegel > Lochziegel), wurden zum einen die Bauteile leichter und besser zu verarbeiten, zum anderen bewirkte es auch eine Materialersparnis und die Möglichkeit größere Bausteine herzustellen. Die damit einhergehende Reduzierung des Fugenanteils und die Weiterentwicklung des Mörtels, bewirkten eine weitere kleine Verbesserung des Wärmeschutzes der Außenwände.

Bedingt durch die „neuen“ Konstruktionen (z.B. mehrschichtige Wandaufbauten), lässt sich eine signifikante wärmetechnische Verbesserung der Bauteile erst seit den 70er Jahren beobachten, was sich auch auf die erhöhten Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz zurückführen lässt. Durch die Weiterentwicklung der Fenstermaterialien (Rahmen und Verglasung) und die verbesserten Trockenbautechniken (besser gedämmte und luftdichtere Dachgeschosse) wurde ein weiterer notwendiger Beitrag zur energetischen Verbesserung der Gebäude geleistet.

Die wenigen Überschreitungen der jeweiligen Anforderungen sind verkraft- und vertretbar, und lassen sich auch auf die gewollte „Sichere Seite- Berechnung“ der U- Werte zurückführen.

4. Modernisierungsmaßnahmen

4.1 Aktuelle Anforderungen

4.1.1 Anforderungen der EnEV an den Neubau

Der Geltungsbereich Energieeinsparverordnung (EnEV) [8] umfasst alle neu zu bauenden, zu verändernden und bestehenden Gebäude. Davon sind auch die zugehörigen Heizungs-, raumluftechnischen und zur Warmwasserbereitung dienenden Anlagen betroffen. Im Folgenden werden nur die Anforderungen an Gebäude mit normalen Innentemperaturen ($>19^{\circ}\text{C}$) und einer Beheizung von mehr als vier Monate im Jahr (§ 2 EnEV) erläutert.

Für Neubauten orientiert sich das Anforderungsniveau der EnEV an einem Zielwert für die Senkung des Energiebedarfs gegenüber der Wärmeschutzverordnung '95 um ca. 30%. Somit wird das „Niedrigenergiehaus“ zum gesetzlichen geforderten Standard.

Die Anforderungen der EnEV gelten als erfüllt, wenn der Gebäudenutzfläche bezogene Jahres-Primärenergiebedarf (Q_p) und der Umfassungsfläche bezogene Transmissionswärmeverlust (H_T), die in Abhängigkeit vom A/V_e Verhältnis festgeschriebenen Höchstwerte (nach Anhang 1 Tabelle 1, EnEV) nicht überschreiten (§ 3 Abs.2 EnEV). Der Nachweis der jeweiligen Werte erfolgt über die Berechnungen nach der DIN 4108-6 und der DIN 4107-10.

Für Gebäude, die mit mindestens 70% durch Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung oder erneuerbarer Energien beheizt werden, gilt keine Begrenzung des Jahresprimärenergiebedarfes, für sie gilt nur die Einhaltung des Transmissionswärmeverlustes (§ 3 Abs.3 EnEV).

Bei einem Fensterflächenanteil von mehr als 30% sind die Anforderungen des energiesparenden sommerlichen Wärmeschutzes (nach Anhang 1 Nr. 2.9, EnEV) (§ 3 Abs.4 EnEV) einzuhalten.

Des Weiteren sind Anforderungen an die Luftundurchlässigkeit der thermischen Hülle (nach Anhang 4 Tabelle1 und Nr. 2, EnEV), dem Mindestluftwechsel zwecks Gesundheit und Beheizung (§ 5 EnEV), der Berücksichtigung des Mindestwärmeschutzes (nach DIN 4108 /2003) und der Minimierung von Wärmebrücken (§ 6 EnEV) formuliert.

Für Gebäude mit weniger als 100 m^3 Volumen, gelten, sofern die Anforderungen an die Anlagentechnik (§ 11 EnEV) und die Wärmedurchgangskoeffizienten der Außenbauteile (nach Anhang 3 Tabelle 1, EnEV) erfüllt sind, sind keine weiteren nachweise mehr erforderlich (§ 7 EnEV).

Aufbauend auf den notwendigen Nachweisen, ist ein Energiebedarfsausweis mit Angaben zu Transmissionswärmeverlust, Anlagenaufwandszahl, Endenergiebedarf und Jahresprimärenergiebedarf zusammen zu stellen (§ 13 Abs. 1 EnEV).

4.1.2 Anforderungen der EnEV an Bestandsgebäude

Altbauten, bzw. bestehende Gebäude sind im Sinne der EnEV, Gebäude mit normalen und niedrigen Innentemperaturen, die vor dem In-Kraft-Treten der EnEV errichtet worden sind. Im Folgenden werden daher auch nur die Anforderungen an Gebäude mit normalen Innentemperaturen betrachtet.

Prinzipiell sind bei allen baulichen oder anlagentechnischen Maßnahmen an bestehenden Gebäuden zwischen den Nachrüstverpflichtungen und den bedingten Anforderungen zu unterscheiden. Grundsätzlich müssen dabei alle Anforderungen an mögliche Veränderungsmaßnahmen dem Wirtschaftlichkeitsgrundsatz des Energieeinspargesetzes folgen (§ 4 EnEG). Die Wirtschaftlichkeit ergibt sich aus der schlichten Forderung, nach der die notwendigen finanziellen Aufwendungen für Sanierungsmaßnahmen geringer sind, als die eingesparten Energiekosten[28]. Als zeitliche Begrenzung für diese Betrachtung gilt die übliche Nutzungszeit des zu ersetzenden oder neu zu erstellenden Bau- oder Anlagenteiles.

Die bedingten Anforderungen (gem. Anhang 3, Tabelle 1, EnEV) greifen, wenn an Außenbauteilen mehr als 20% der Bauteiloberfläche verändert werden. Alternativ kann an Stelle des Bauteilnachweises die „40% Regel“ angewendet werden. Hierfür wird der Nachweis für das gesamte Gebäude geführt, dabei dürfen die ermittelten Q_p - oder H_T - Werte maximal 40% über denen eines entsprechenden Neubaus liegen.

Bei wesentlichen Änderungen, wie Anbauten mit einem Raumvolumen von über 30m³, wird diese von der Verordnung, wie ein Neubau behandelt (§ 8 EnEV).

Die oben genannten Nachrüstverpflichtungen betreffen, u.a. Gas- und Ölkessel, die vor dem 01.10.1978 eingebaut oder aufgestellt wurden. Diese müssen bis zum 31.12.2006 außer Betrieb genommen werden. Davon ausgenommen sind Kessel, die weder mit Gas noch mit Öl beheizt werden, Niedertemperatur- oder Brennwertkessel, Anlagen mit Leistungen unter 4kW und Anlagen, die nach dem 01.11.1996 eingebaut wurden (§ 9 Abs 1 EnEV).

Des Weiteren müssen nicht begehbare, oberste Geschossdecken beheizter Räume bis zum 31.12.2006 so gedämmt werden, dass sie den Anforderungen (gem. Anhang 3 Tabelle 1, EnEV) entsprechen (§ 9 Abs. 2 EnEV). Die gleiche Frist gilt für ungedämmte, zugängliche Wärmeverteilungsleitungen (Warmwasser und Heizung) in nicht beheizten Räumen (§ 9 Abs. 3 EnEV).

Dabei ist zu beachten, dass für selbst genutzte Ein- und Zweifamilienhäuser mit nicht mehr als zwei Wohneinheiten, die Nachrüstverpflichtungen erst im Falle eines Eigentümerwechsels mit einer Übergangsfrist von zwei Jahren gelten (§ 9 Abs. 4 EnEV).

Wenn die jeweiligen Anforderungen oder Nachrüstverpflichtungen zu einem unangemessenen Aufwand oder Härte führen, besteht die Möglichkeit der Befreiung bei der jeweils zuständigen Landesbehörde (§ 16 Abs.1 und 2 EnEV).

4.2 Fördermaßnahmen

4.2.1 Einleitung

Für die energetischen Verbesserungsmaßnahmen an Bestandgebäuden bestehen eine Vielzahl von Möglichkeiten, Fördermittel zu beantragen. Die entsprechenden Fördermittel sollen dazu dienen, die Mehrkosten des energiesparenden Bauens zu verringern, bzw. zu tragen. Zusätzlich sollen Anreize geschaffen werden, neue Technologien, die zur weiteren Reduzierung der CO₂ Emission beitragen, zu nutzen.

Die Fördermittel sind als Instrument zum Klimaschutz und zur effizienteren Nutzung der natürlichen Ressourcen zu verstehen.

In Deutschland gibt es keine einheitliche Regelung zur Förderung von Energiesparmaßnahmen. Die Träger der Fördermaßnahmen lassen sich wie folgt unterteilen:

- die EU
- der Bund
- die Länder
- die Kommunen
- und die verschiedenen regionalen und bundesweiten Energieversorgungsunternehmen

Allerdings bestehen auf mögliche Fördermittel keine Rechtsansprüche, da die einzelnen Förderprogramme budgetiert sind. Es gilt das Windhundprinzip.

Im Folgenden werden ausschließlich die Förderprogramme behandelt, die für energetische Verbesserungsmaßnahmen an Gebäuden, in Frage kommen.

Es werden nur die Förderprogramme auf Bundesebene berücksichtigt. Die Förderung durch die Länder und den Kommunen ist extrem von der jeweiligen Haushaltsslage abhängig, zudem gehen die Inhalte der verschiedenen Förderprogramme stark auseinander. Selbiges gilt für die Angebote der verschiedenen Energieversorgungsunternehmen. Daher sind diese Träger für die Zwecke dieser Diplomarbeit nicht verwendbar, weil eine sichere Betrachtung der Wirtschaftlichkeit von Energiesparmaßnahmen getroffen werden soll. Eine hypothetische Annahme von regionalen Fördermitteln ist aufgrund der zu verschiedenen Angebote zu riskant und könnte damit die Ergebnisse verfälschen.

Es ist aber auch zu beachten, dass die Förderung auf Bundes- und Landesebene einem stetigen Wandel unterworfen ist. Die aktuelle politische Diskussion um eine Verschiebung des Ausstiegs aus dem Atomstrom verdeutlicht dieses Problem.

4.2.2 KfW- CO₂- Gebäudesanierungsprogramm

Das Gebäudesanierungsprogramm ist Bestandteil des nationalen Klimaschutzprogramms und dient der zinsgünstigen langfristigen Finanzierung von umfangreichen energetischen Sanierungsmaßnahmen im Altbaubestand.

Die Förderung beschränkt sich auf Wohngebäude, die vor dem Jahr 1979 fertig gestellt worden sind und deren Sanierung einen Einspareffekt von mindestens 40kg CO₂ pro m² Gebäudenutzfläche und Jahr erreicht.

• Antragsberechtigte

Träger von Investitionsmaßnahmen an selbst genutzten oder vermieteten Wohngebäuden.
(Privatpersonen, Wohnungsunternehmen, Gemeinden, etc.)

• Geförderte Vorhaben

Es stehen sechs Maßnahmenpakete zur Verfügung:

Maßnahmenpaket 0: Wärmedämmung der Außenwände, des Daches, der Kellerdecke oder erdberührter Außenflächen beheizter Räume und Erneuerung der Fenster

Maßnahmenpaket 1: Erneuerung der Heizung und Wärmedämmung des Daches und Wärmedämmung der Außenwand

Maßnahmenpaket 2: Erneuerung der Heizung und Wärmedämmung des Daches und Wärmedämmung der Kellerdecke oder erdberührter Außenflächen beheizter Räume und Erneuerung der Fenster

Maßnahmenpaket 3: Erneuerung der Heizung Umstellung des Heizenergieträgers und Erneuerung der Fenster

Alle Maßnahmen müssen vollständig am gesamten Gebäude durchgeführt werden.

Bei der Ausführung der Maßnahmenpakete 0-3 sind technische Mindestanforderungen gestellt. So dürfen bei der Erneuerung der Heizkessel nur Niedertemperatur- oder Brennwertkessel (gem. § 11 EnEV) eingebaut werden. Als Erneuerung der Heizung gelten auch Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien, sowie Wärmepumpen. Des Weiteren werden bauteilbezogene Mindestdämmstoffdicken in Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeitsgruppe vorgeschrieben. Für die Erneuerung der Fenster wird eine Mehrscheibenisolierverglasung mit einem max. $U_w \leq 1,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ vorgegeben.

Die Einhaltung der Mindestanforderungen garantiert, seitens der KfW Bank das Erreichen der erforderlichen 40kg CO₂-Einsparung pro m² Wohnfläche und Jahr und muss nicht zusätzlich durch einen externen Sachverständigen belegt werden.

Sofern die zu finanzierende Sanierungsmaßnahme nicht in den ersten vier Paketen unterzubringen ist, z.B. bei teilsanierten Gebäuden, stehen folgende Maßnahmenpakete zur Verfügung:

Maßnahmenpaket 4: Abweichende Maßnahmen oder Kombinationen außerhalb der Pakete 0 – 3 sowie Abweichung von den technischen Mindestanforderungen. Mögliche Maßnahmen: Mechanisch betriebene Lüftungsanlagen, Erdwärmetauscher, Transparente Wärmedämmung, Fotovoltaikanlagen, Wärmepumpen, Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung

Maßnahmenpaket 5: Austausch von Kohle-, Öl- und Gaseinzelöfen, Nachtspeicherheizungen sowie Kohlezentralheizungen durch Einbau von Wärmeversorgungsanlagen im Sinne der EnEV oder Einbau von Gas- und Brennwertkessel in Kombination mit Solarkollektoranlagen

Das Erreichen der geforderten CO₂ -Einsparung für das Maßnahmenpaket 4 ist seitens des Darlehensnehmers, durch Bestätigung eines Sachverständigen zu belegen.

Als Sachverständige werden im Sinne der KfW-Bank zugelassene Energieberater und nach Landesrecht berechnete Personen für die Aufstellung von EnEV- Nachweisen anerkannt.

Für alle Maßnahmenpakete gelten die Mindestanforderungen der Energieeinsparverordnung.

• Art der Förderung

Es wird ein zinsgünstiges Darlehen gewährt, dessen Höhe vom jeweiligen Maßnahmenpaket abhängig ist.

Maßnahmenpakete 0-4:	max. 250€/m ² Wohnfläche (min. 40kg/m ² Einsparung)
Maßnahmenpakete 4:	max. 200€/m ² Wohnfläche (min. 35kg/m ² Einsparung)
Maßnahmenpakete 4:	max. 150€/m ² Wohnfläche (min. 30kg/m ² Einsparung)
Maßnahmenpakete 5:	max. 80€/m ² Wohnfläche

Laufzeit / til- gungsfreie An- laufjahre	Auszahlungs- kurs [%]	Zinssatz bei einer Laufzeit von 20 Jahren [% p.a.] Nominal	Zinssatz bei einer Laufzeit von 20 Jahren [% p.a.] Effektiv	Zusageprovision [% p.a.]
4-30/ 3-5	100	2,60	2,61	-

Der jeweils vereinbarte Zinssatz ist für 10 Jahre festgeschrieben. Nach Ablauf der Zinsbin-
dungsfrist, wird ein neuer Festzinssatz vereinbart, der sich dann am aktuellen Kapitalmarkt-
niveau orientiert.

Eine Kumulierung der KfW- Darlehen mit anderen Fördermitteln ist möglich, solange die
Summe aus Krediten, Zuschüssen und Zulagen die Summe der Aufwendungen nicht über-
steigt.

**Für die Maßnahmenpakete 0-4 kann bei Erreichen des Neubaustandards (gem. § 3
EnEV) ein Teilschulderlass von 15% des Darlehensbetrages in Anspruch genommen
werden. Dafür ist die Bestätigung eines Sachverständigen notwendig.**

Das Gebäudesanierungsprogramm läuft am 31.12.2007 aus.

Weiterführende Informationen unter: www.kfw.de

4.2.3 Modellvorhaben „Niedrigenergiehaus im Bestand“

Seit 2003 führt die Deutsche Energie Agentur GmbH (dena) in Kooperation mit dem Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen und der KfW Mittelstandsbank das Modellvorhaben „Niedrigenergiehaus im Bestand“ durch. Die Modellförderung ist an die Basisförderung durch das „CO₂- Gebäudesanierungsprogramm“ gekoppelt. Die Förderung ist an zwei zu erreichende energetische Standards (Level A und B) geknüpft. Dabei müssen durch die Modernisierungsmaßnahmen die Höchstwerte für einen entsprechenden Neubau (gem. § 3 EnEV), folgendermaßen unterschritten werden:

	(QP)	(Hr)
• Level A	min. 30%	min. 35%
• Level B	min. 50%	min. 55%

• Antragsberechtigte

Entsprechend der Basisförderung des „CO₂- Gebäudesanierungsprogramms“.

Die Förderung ist auf ein Gebäude pro Antragsteller limitiert.

• Geförderte Vorhaben

Entsprechend der Basisförderung des „CO₂- Gebäudesanierungsprogramms“.

• Art der Förderung

Zu den Darlehensbeträgen der Basisförderung werden abhängig vom angestrebten Standard und der Wohnflächengröße zusätzliche Mittel angeboten:

Level A:	max. 150€/m ² Wohnfläche	(bis 300m ²)
	max. 100€/m ² Wohnfläche	(300 bis 800m ²)
	max. 50€/m ² Wohnfläche	(ab 800m ²)
Level B:	max. 200€/m ² Wohnfläche	(bis 300m ²)
	max. 150€/m ² Wohnfläche	(300 bis 800m ²)
	max. 100€/m ² Wohnfläche	(ab 800m ²)

Ein weiterer Zuschuss von 50€ pro m² Wohnfläche kann im Falle des Einsatzes einer Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung beantragt werden.

Bei Erreichen des „Niedrigenergiehaus im Bestand“ - Standard (Level A oder B) kann ein Teilschulderlass von 15% des Darlehensbetrages aus Basis- und Modellförderung in Anspruch genommen werden.

4.2.4 KfW- Programm „Wohnraum Modernisieren“

Das Programm „Wohnraum Modernisieren“ vergibt zinsgünstige Darlehn mit Festzinssätzen und tilgungsfreien Anlaufjahren für Modernisierungsmaßnahmen im Wohnungsbestand. Dabei werden Investitionen in den Klimaschutz, so genannte Öko-Plus- Maßnahmen günstiger als Standard-Maßnahmen finanziert.

- **Antragsberechtigte**

Träger von Investitionsmaßnahmen an selbst genutzten oder vermieteten Wohngebäuden.
(Privatpersonen, Wohnungsunternehmen, Gemeinden, etc.)

- **Geförderte Vorhaben**

Es wird zwischen Standard und Öko-Plus-Maßnahmen unterschieden:

Standardmaßnahmen:

Modernisierung und Instandsetzung von Wohngebäuden, z. B. Änderung des Wohnungszuschnittes, Behebung baulicher Mängel durch Reparatur und Erneuerung, An- und Ausbau von Balkonen/ Loggien und Nachrüstung von Aufzügen

Erneuerung der Heizungstechnik auf Basis fossiler Brennstoffe einschließlich der unmittelbar dadurch veranlassten Maßnahmen (Brennwertkessel, Niedertemperaturheizkessel, sowie der Einsatz erneuerbarer Energien, sofern die technischen Anforderungen an eine ÖKO- PLUS- Maßnahme nicht erfüllt werden können

Verbesserung der Außenanlagen bei Mehrfamilienhäusern (mit mehr als drei Wohneinheiten, z.B. zum Gebäude gehörende Grünanlagen oder Spielplätze

Rückbau von leer stehenden, dauerhaft nicht mehr benötigten Mietwohngebäuden in den neuen Ländern und Berlin (Ost) im Rahmen des Stadtumbaus, einschließlich der Maßnahmen für die Freimachung von Wohnungen und für die Herrichtung des Grundstücks zur Wiederbenutzung

ÖKO- PLUS- Maßnahmen: Verbesserung des Wärmeschutzes der thermischen Hülle, wie z.B. Dämmung der Außenwände, des Daches oder der obersten Geschoßdecke, der Kellerdecke oder Außenflächen erdberührter Bauteile

Anlagentechnik auf Basis erneuerbarer Energien, wie z.B.: Nah-/ Fernwärme aus Kraft-Wärme- Kopplung, Wärmepumpen, Solarthermische Anlagen und Biogasanlagen, Lüftungsanlagen mit einem Wärmerückgewinnungsgrad von mindestens 60%, Holzvergaser mit einem Pufferspeichervolumen von mindestens 55 Liter je kW Nennleistung oder mindestens 12 Liter pro Liter Brennstoffspeichervolumen

Die Mindestanforderungen der Energieeinsparverordnung (EnEV) müssen erfüllt werden.

• **Art der Förderung**

Es wird ein zinsgünstiges Darlehen gewährt, dessen Höhe von der Art der Maßnahmen abhängig ist.

Umbau/Modernisierung: max. 100.000€ pro Wohneinheit
Rückbau: max. 125€/m² rückgebaute Fläche

Maßnahme	Laufzeit / tilgungsfreie Anlaufjahre	Auszahlungskurs [%]	Zinssatz bei einer Laufzeit von 20 Jahren [% p.a.] Nominal	Zinssatz bei einer Laufzeit von 20 Jahren [% p.a.] Effektiv	Zusage- provision [% p.a.]
Standard	20/ 3	96	3,25	3,84	0,25
Mix	20/ 3	96	3,05	3,63	0,25
Öko-Plus	20/ 3	96	2,85	3,42	0,25

Die oben angegebenen Zinssätze sind auf eine Zinsbindungsfrist von 10 Jahre bezogen. Nach Ablauf der Zinsbindungsfrist, wird ein neuer Festzinssatz vereinbart, der sich dann am aktuellen Kapitalmarktniveau orientiert.

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

Weiterführende Informationen unter: www.kfw.de

4.2.5 Programm „Energiesparberatung vor Ort“

Träger des Programms „Energiesparberatung vor Ort“ ist das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle. Die Förderung beschränkt sich auf Wohngebäude, deren Baugenehmigung in den alten Bundesländern vor dem 01.01.1984 und in den neuen Bundesländern vor dem 01.01.1989 erteilt wurde. Die Gebäudehülle darf nicht aufgrund späterer Baugenehmigungen (nach dem 01.01.1984 bzw. 1989) um mehr als 50 % verändert worden sein. Zu dem muss mehr als die Hälfte der Gebäudefläche zu ständigen Wohnzwecken genutzt werden.

• Antragsberechtigte

Träger von Investitionsmaßnahmen an selbst genutzten oder vermieteten Wohngebäuden. (Privatpersonen, Wohnungsunternehmen, Gemeinden, etc.)

• Geförderte Vorhaben

Gefördert wird eine Vor- Ort- Beratung durch einen Ingenieur oder Architekten, die sich umfassend auf den baulichen Wärmeschutz und die Heizungsanlagentechnik sowie gegebenenfalls die Nutzung erneuerbarer Energien bezieht.

• Art der Förderung

Die Förderung besteht in der Gewährung eines nichtrückzahlbaren Zuschusses zu den in Rechnung gestellten Kosten für die Beratung. Das Beratungshonorar schließt die notwendigen Ausgaben und gegebenenfalls die Reisekosten des Beraters ein. Die Umsatzsteuer ist nicht zuwendungsfähig, sie muss in vollem Umfang vom Beratungsempfänger getragen werden. Die Höhe des Zuschusses ist abhängig von der Anzahl der Wohneinheiten des zu beratenden Gebäudes.

Objekttyp	Anzahl Wohneinheiten [WE]	Beratungskosten [€]	Maximaler Zuschuss Bundesanteil [€]
A	Ein- / Zweifamilienhaus	450,00	300,00
B	bis 6	600,00	320,00
C	bis 15	850,00	340,00
D	bis 30	1.100,00	360,00
E	bis 60	1.350,00	380,00
F	bis 120	1.600,00	400,00

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

Weiterführende Informationen unter: www.bafa.de

4.2.6 Marktanreizprogramm (Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien)

Träger des Programmes „Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien“ ist ebenfalls das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle. Die Förderung beschränkt sich auf drei verschiedene Förderbereiche: Solar-, Biomasse- und Photovoltaikanlagen. Der Förderbereich der Photovoltaikanlagen kann nur von Schulen und Universitäten in Anspruch genommen werden und findet daher in folgender Beschreibung keine Berücksichtigung.

Förderbereich Solarkollektoranlagen

• Antragsberechtigte

Privatpersonen, freiberuflich Tätige sowie kleine und mittlere gewerbliche Unternehmen, sowie Kommunen, Zweckverbände, sonstige Körperschaften des öffentlichen Rechts und eingetragene Vereine, die entweder Eigentümer, Pächter oder Mieter des Grundstückes sind, auf dem die Anlage errichtet werden soll (davon ausgenommen sind Kontraktoren).

• Geförderte Vorhaben

Die Errichtung von Solarkollektoranlagen und die Erweiterung bereits in Betrieb genommener Solarkollektoranlagen einschließlich Speicher- und Luftkollektoren zur Warmwasserbereitung, zur Raumheizung sowie zur Bereitstellung von Prozesswärme.

• Art der Förderung

Die Förderung erfolgt als Festbetragsfinanzierung durch nicht rückzahlbare Zuschüsse. Der Fördersatz je angefangenem m² installierter Bruttokollektorfläche gilt für alle Kollektortypen gleichermaßen.

Neuanlagen: 110 € pro m² Bruttokollektorfläche (bis 200m²)
 60 € pro m² zusätzlicher Bruttokollektorfläche

Erweiterungen: 60 € pro m² Bruttokollektorfläche

4.2.7 Kraft- Wärme- Kopplungsgesetz (KWK- Gesetz)

Ziel des Gesetzes Kraft- Wärme- Kopplungsgesetz ist der "befristete Schutz und die Modernisierung von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen sowie der Ausbau der Stromerzeugung in kleinen KWK- Anlagen sowie die Markteinführung der Brennstoffzelle im Interesse der Energieeinsparung, des Umweltschutzes und der Erreichung der Klimaschutzziele der Bundesregierung". (§ 1 Abs. 1 KWKG)

Das KWK-Gesetz tritt am 31.12.2010 außer Kraft.

• Antragsberechtigte

Betreiber zuschlagsberechtigter Kraft- Wärme- Kopplungsanlagen (KWK- Anlagen). Als Betreiber einer KWK- Anlage gilt, wer den Strom in ein Netz der allgemeinen Versorgung einspeist.

• Geförderte Vorhaben

Für neue KWK- Anlagen unter 50KW, die vor dem 31.12.2005 in Dauerbetrieb genommen wurden, sowie neue Brennstoffzellen-Anlagen, die vor dem Außerkrafttreten des KWK- Gesetzes in Dauerbetrieb genommen wurden, ist das Gesetz mit der jeweiligen Dauer von 10 Jahre ab Inbetriebnahme weiter anzuwenden.

Unter das Gesetz fallen alle KWK-Anlagen auf Basis von fossilen Brennstoffen inkl. Abfall und Biomasse.

• Art der Förderung

Die Betreiber von KWK-Anlagen erhalten danach vom jeweiligen Netzbetreiber einen Zuschlag für den in ein Netz der allgemeinen Versorgung eingespeisten KWK-Strom. Die Höhe des Zuschlags richtet sich nach der Anlagenkategorie, die im Rahmen des Zulassungsverfahrens festgestellt wird. Die Höchstförderung von 5,11 Cent je Kilowattstunde (kWh) wird vergütet für KWK-Anlagen mit einer elektrischen Leistung bis 50 kW (kWe), die im Zeitraum vom 1.04.2002 bis 31.12.2005 erstmals in Dauerbetrieb genommen werden sowie für Brennstoffzellen-Anlagen.

4.3 Energetische Modernisierungsmaßnahmen

Die Reduzierung des Primärenergiebedarfes bei Altbauten wird vor allem durch die Anwendung folgender Maßnahmen möglich:

- Begrenzung der Transmissionswärmeverluste über die Gebäudehülle durch nachträgliche Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit der Außenbauteile (thermische Hülle)
- Einsatz von Anlagentechnik mit hohen Wirkungsgraden bei der Erzeugung von Wärme für das Gebäude und der Warmwasserversorgung
- Begrenzung der Lüftungswärmeverluste durch Raumluftechnische Anlagen
- Einsatz von regenerativen Energien

Es wurden drei verschiedene energetische Standards festgelegt, denen unterschiedlich hohe Anforderungen zu Grunde liegen.

- Altbaustandard
- Neubaustandard
- Niedrigenergiehaus im Bestand- Standard

Dem entsprechend wurden die obigen Maßnahmen spezifiziert und einzeln oder in Kombination zusammengestellt. Eine Übersicht über die Anforderungen an die thermische Hülle der einzelnen Standards ist auf Seite 51 einzusehen.

Ausgangslage für die jeweiligen Maßnahmen ist, dass entsprechende Bauteile oder Anlagentechnik saniert, repariert oder ausgebaut werden müssen. Eine übersichtliche und systematische Gegenüberstellung von den einzelnen Modernisierungsmaßnahmen und „So-wieso- Maßnahmen“ ist im Kapitel 3.3.6. „Leistungsverzeichnisse“ ersichtlich.

Um den verschiedenen baukonstruktiven und anlagentechnischen Verbesserungsmaßnahmen und bestehenden Konstruktionen gerecht zu werden, wurden auch im Hinblick auf das zu erstellende Bewertungsprogramm, stellenweise mehrere Möglichkeiten ausgearbeitet. Die Art und Auswahl der Maßnahmen sind unter dem Aspekt der Kosten und der Häufigkeit der Anwendung getroffen worden und haben daher keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Da die Außenwand hinsichtlich ihres Erscheinungsbildes zu den prägnantesten Bauteilen gehört, wurden hier auch Verbesserungsmaßnahmen, die eher einem visuellen, bzw. gestalterischen Aspekt zugrunde liegen, mit einbezogen. Um der Realität gerecht zu werden, ist dieser Ansatzpunkt speziell bei selbstgenutzte Gebäude für eine solche Betrachtung sinnvoll.

Bezüglich der Dämmstoffe werden nur die gängigen und am Markt etablierten Materialien, wie Polystyrol (PS) und Mineralfaser (MF) berücksichtigt [24].

4.3.1 Energetischer Modernisierungsstandard 1a

(im Folgenden nur noch Altbaustandard a genannt)

Dieser Standard beinhaltet Maßnahmen, die die bedingten Anforderungen (gem. § 8 EnEV) sowie Nachrüstverpflichtungen (§ 9 EnEV) an die thermische Hülle von Gebäuden im Bestand erfüllen. Siehe auch Kapitel 3.1 „Aktuelle Anforderungen“. Alternative dazu wird die 40% Regel nach § 8 Absatz 2 EnEV als Zielwert betrachtet.

Die spätere Kalkulation soll zeigen, welches energetische Niveau bei Einhaltung der Anforderungen erreicht werden kann.

Folgende Bedingungen sind zu prüfen:

$$Q_{P} \leq 140\% Q_{P,zul}$$

$$H_{T} \leq 140\% H_{T,zul}$$

Maßnahmen:

• 1.0 Dämmung der Außenwände

Bei der Planung und Dimensionierung von Dämmmaßnahmen der Außenwände sollte überprüft werden, ob durch diese die zulässigen Abstandsflächen zu den Nachbargrundstücken eingehalten werden. Die

• 1.1 Wärmdämmverbundsystem (WDVS)

Bestehend aus Befestigung (in Abhängigkeit von Art und Unebenheit des Untergrundes und der Einbauhöhe); Wärmedämmung (Platten aus expandiertem Polystyrol (EPS) oder Mineralfaser (MF)); Armierungsschicht mit Gewebe (um die Bildung von Rissen in der Deckschicht zu vermeiden) und Deckschicht (Kunstharzputz, Silikonharzputz, Silikatputz oder Mineralputz) [24]. Die Anschlüsse und Dämmung von Fensterleibungen und Übergängen zu Dach und Gründung sind nicht zu vernachlässigen. Bei nicht ausreichendem Dachüberstand (Ortgang oder Traufe) ist entweder der selbiger zu verlängern oder ein entsprechendes Profil darüber zu setzen. Wärmedämmverbundsysteme stellen nach [24] die bauphysikalisch risikoärmste Verbesserungsmaßnahme dar.

• 1.2 Innendämmung

Die Innendämmung sollte hauptsächlich als Lösung für denkmalgeschützte oder erhaltungswürdige Fassaden in Frage kommen [25]. Man unterscheidet konstruktiv folgende Innendämmsysteme: monolithische, wärmedämmende Platten ohne zusätzliche Beplankung, z.B. Silikatplatten; Verbundelemente aus Dämmstoff und Abdeckung, die mittels Klebemörtel an der Außenwand befestigt werden und Vorsatzschalen auf Unterkonstruktion mit zwischenliegender Wärmedämmung. Für die weitergehende Betrachtung wird nur das zuletzt genannte System berücksichtigt. Es besteht aus Unterkonstruktion, Dämmung, raumseitiger Dampfdiffusionsbremse und Innenverkleidung [26]. Dabei ist zu beachten, dass die Dampfsperre sehr sorgfältig ausgeführt werden muss, da sonst die Gefahr der Tauwasserbildung an der Innenseite der Außenwand besteht. In der DIN 4108, Teil 3 sind auch Konstruktionen aufgeführt, die keine Dampfsperre benötigen, alle anderen müssen mit ausgeführt werden. Die empfohlene Dämmstoffstärke beträgt nach [27] 6 bis 8 cm. Da durch die Innendämmung die Wärmebrückenwirkung im Bereich einbindender Innenbauteile (z.B. Innenwände, Geschossdecken) verstärkt wird, sollten an diesen Bauteilen zusätzliche wärmedämmende Maßnahmen getroffen werden. Außerdem sollte bei der Entscheidung für eine Innendämmung, der Wohnflächenverlust berücksichtigt werden [27].

Zusätzlich ist ein Bauphysikalischer Nachweis gem. DIN 4108, Teil 3 erforderlich.

• 1.3 Kerndämmung von bestehenden zweischaligen Mauerwerk (Partikelschüttung)

Bis zu Beginn der 1970er Jahre wurden Klinkerfassaden meistens mit Luftschicht, jedoch ohne Dämmung ausgeführt. Aber auch verputzte Gebäude aus den 1920 und 1930er Jahren wurden oft zweischalig mit einer innen liegenden Luftschicht gemauert [29]. Für diese Gebäude bietet sich die preiswerte Möglichkeit der nachträglichen Kerndämmung an [27]. Dabei wird Dämmstoff aus Mineralkörnung oder Blähglasgranulat in den Hohlraum des Mauerwerks eingeblasen. Die verwendeten Dämmstoffe müssen dafür dauerhaft wasserabweisend (hydrophobiert) sein. Zum Verfüllen werden Löcher in die Vorsatzschale gebohrt oder einzelne Steine herausgenommen. Dabei ist darauf zu achten, dass der gesamte Hohlraum ausgefüllt wird. Bedingt durch die Konstruktion ist die eingebrachte Dämmschichtdicke auf die vorhandene Breite der Luftschicht limitiert.

Des Weiteren ist ein bauphysikalischer Nachweis gem. DIN 4108, Teil 3 erforderlich.

• 1.4 Vorgehängte, hinterlüftete Fassade (VHF)

Diese Möglichkeit ist die teurere Variante zum einfach verputzten Wärmedämmverbundsystem. Trotz des nachteiligen wirtschaftlichen Aspektes, birgt dieses System neben der visuellen Attraktivität noch einige andere Vorteile zum WDVS. So ist das VHF- System nicht so schadensanfällig gegenüber mechanischen und thermischen Einflüssen, wie z.B. „Kukulöcher“ oder Rissbildung im Putz [30].

Zudem lässt sich das VHF- System auf nahezu jedem Verankerungsgrund zwangsfrei befestigen, wobei Wandunebenheiten und schief stehende Fassaden ausgeglichen, bzw. korrigiert werden können [24]. Vorgehängte Fassadensystem bestehend aus Unterkonstruktion aus Holz oder Aluminium, Dämmschicht, Luftschicht und Wetterschutzbekleidung je nach Fassadengestaltung aus z.B. Holz- oder Faserzementplatten, Metallverkleidungen, etc...

Für die spätere Kostenkalkulation werden nur VHF-Systeme mit Fassadenmaterialien aus Holz und Faserzementplatten berücksichtigt.

• 1.5 Verblendmauerwerk (nachträgliche Verklinkerung)

Speziell für Besitzer von Ein- und Zweifamilienhäuser aus der Nachkriegszeit ist die Möglichkeit der optischen Aufwertung ihrer Fassade durch eine nachträgliche Verklinkerung sehr interessant [27]. Diese Maßnahme stellt eine der teuersten Varianten des nachträglichen Wärmeschutzes dar. Dabei besteht die Möglichkeit der Ausführung mit einer Luftschicht zwischen Wärmedämmung und Verblendmauerwerk oder ohne Luftschicht mit der so genannten Kerndämmung.

Der Abstand zwischen altem tragendem Mauerwerk und Verblendschale darf nach DIN 1053-1 maximal 150mm betragen. Bei der Ausführung mit Luftschicht, ist die Luftschicht mit min. 40mm zu dimensionieren. Daraus ergibt sich eine maximale Wärmedämmstoffstärke von 110mm [31]. Bei der Variante mit Kerndämmung kann die gesamte Luftschicht von max. 15cm für die Wärmedämmung genutzt werden. Allerdings ist für diese Ausführung ein bauphysikalischer Nachweis gem. DIN 4108, Teil 3 erforderlich.

In jedem Fall muss die Verblendschale über die gesamte Länge vollflächig aufgelagert sein. Wenn die Verbreiterung des Fundamentes nicht möglich ist, wie z.B. bei unterkellerten Gebäuden, kann die Verblendschale mittels Stahl- Konsolen aufgelagert werden [29]. Für die spätere Berechnung wird auf Grund der ähnlichen Kosten keine Unterscheidung zwischen Zweischaligen Mauerwerk mit und ohne Luftschicht getroffen. Der Einfluss der Luftschicht wird für die Berechnung ignoriert. Somit kann mit einer maximalen Dämmstärke bis 15 cm kalkuliert werden.

• 2.0 Erneuerung der Fenster

Die Fenster unterliegen besonders starkem Verschleiß und stehen daher bei Instandsetzungsarbeiten meist an erster Stelle [32]. Zudem neigen die Fenster mit überbreiten Flügeln, wie sie in den 1970er und 1980er Jahren gern verwendet wurden, zum Verziehen und sind kaum zu sanieren. In jedem Fall sollte geprüft werden, ob die zu sanierenden Fenster erhalten werden können oder ein Neueinbau in Frage kommt. Dieser Ansatzpunkt gilt speziell für Kastenfenster von denkmalgeschützten Gebäuden [29]. Neben der Verglasung ist auch die Wärmeleitfähigkeit des Rahmens von entscheidender Bedeutung, denn der Rahmenanteil an der gesamten Fensterfläche beträgt je nach Format, Teilung und Öffnungsmöglichkeit zwischen 20- und 40% [18]. Für die spätere Kalkulation wird von einem Neueinbau der Fenster ausgegangen.

• 3.0 Dämmung von Decken und Wänden gegen unbeheizte Räume

• 3.1 Dämmung Kellerdecke

Die wärmetechnische Sanierung von Kellerdecken ist besonders sinnvoll, wenn Kellerräume gar nicht oder nur zeitweise beheizt werden. Bei allen Deckenarten lässt sich eine Dämmung von unten anbringen, wenn das Dämm- und Konstruktionssystem auf den Aufbau der Decke abgestimmt ist. In den meisten Fällen handelt es sich dabei um Betondecken, unter denen sich die Dämmung problemlos verkleben oder verdübeln lässt. Diese Möglichkeit wird auch für die spätere Kalkulation berücksichtigt. Bei Balkendecken und Decken, unter denen viele Leitungen verlaufen, bietet es sich an mit angehängten Deckensystemen zuarbeiten. Eine weitere Möglichkeit der Kellerdeckendämmung ist das Aufspritzen von Faserdämmstoffen, was speziell bei Gewölbekellerdecken Anwendung findet.

Da die meisten Kellerräume nicht bewohnt sind, kann auf eine zusätzliche Verkleidung verzichtet werden [32].

• 3.2 Dämmung oberste Geschossdecke (nach § 9 Abs. 3 ENEV)

Bei unbeheizten Dachräumen müssen nach EnEV, nicht begehbare, aber zugängliche oberste Geschossdecken bis zum 31.12.2006 gedämmt werden. Die Dämmung ist problemlos durch Matten oder Platten oder als Schüttung auf der Geschossdecke ausführbar [27]. Für die Kalkulation wurde eine Dämmung aus PS-Platten mit einer begehbaren Deckschalung angenommen.

• 4.0 Dämmung der Dachkonstruktion

• 4.1 Steildach

Je nach Sanierungsfall bieten sich mehrere Möglichkeiten an:

Die Aufsparrendämmung bietet sich immer dann an, wenn die Dacheindeckung oder das Unterdach erneuert werden müssen und eine Dacherrhöhung zulässig und unproblematisch ist (betrifft vor allem die Anschlüsse an die Nachbarbebauung oder den Fall, dass die begrenzte Raumhöhe im Dachgeschoss eine zusätzliche Untersparrendämmung nicht zulässt). Die Aufsparrendämmung besteht aus Schalung, Dampfsperre (wasserdampfdiffusionsdicht), Dämmung und Unterspannbahn (diffusionsoffen). Sie wird auf die entsprechend vorbereiteten Sparren von außen aufgebracht. Bei den Traufabschlüssen ist auf die sorgfältige Verarbeitung der Dampfsperre zu achten [27]. Sie hat den Vorteil gegenüber der sonst üblichen „Zwischensparrendämmung“, dass sie nicht auf die Sparrenhöhe begrenzt ist und die Sparren keine Wärmebrücke bilden. Dadurch können die Sparren für die Raumgestaltung mit einbezogen werden.

Die Zwischen- und Untersparrendämmung bietet sich dann an, wenn der Innenraum ausgebaut oder verändert wird und die bestehende Dachdeckung einschließlich der Unterspannbahn erhalten bleiben soll. Dabei wird die Wärmedämmung incl. Bekleidung von innen eingebaut. Da die alten Unterspannbahnen nicht diffusionsoffen waren, sollte zwischen diesen Bahnen und der Dämmung eine Luftschicht hergestellt werden. Eine raumseitige Dampfsperre ist in jedem Fall notwendig. Wird auf die Belüftungsebene verzichtet, muss der S_d -Wert der Dampfsperrschicht $\geq 100\text{m}$ sein [27]. Für den Fall, dass die Sparrenhöhe für die erforderliche Dämmstoffstärke nicht ausreicht, können die Sparren zum Innenraum hin aufgedoppelt werden.

• 4.2 Flachdach

Die nachträgliche Flachdachdämmung sollte im Rahmen einer ohnehin erforderlichen Sanierung der Abdichtung durchgeführt werden. Für den Fall, dass Abdichtung und bestehende Dämmung noch intakt sind, kann eine zusätzliche Dämmschicht mit Abdichtung darüber gelegt werden [27]. Der Aufbau für sanierte Flachdächer besteht aus Dampfsperre, Wärmedämmung, Abdichtung und gegebenenfalls Auflast, z.B. Kies. In jedem Fall sind für die Dämmung druckstabile Materialien notwendig, da das Dach für Wartungszwecke begehbar sein muss.

Zu beachten ist, dass durch die größere Dämmstoffstärke sich die Anschlüsse an andere Bauteile (Attika, Flachdacheinläufe, Lichtkuppeln etc.) verändern. Daher ist es zu prüfen, ob sich Probleme mit den notwendigen Anschlusshöhen ergeben.

[18].

4.3.2 Energetischer Modernisierungsstandard 1b

(im Folgenden nur noch Altbaustandard b genannt)

Beinhaltet Maßnahmen, die die bedingten Anforderungen (gem. § 11 EnEV), sowie den Nachrüstverpflichtungen (gem. § 9 EnEV) an die Anlagentechnik von Gebäuden im Bestand erfüllen. Dabei wird in der Berechnung der Aspekt der höheren Luftdurchlässigkeit und der Wärmebrückenfaktor gegenüber dem Altbaustandard a berücksichtigt. Aufgrund der höheren Wirkungsgrade gegenüber Niedertemperaturkesseln, wird nur die Anwendung von Brennwertkesseln betrachtet.

Die spätere Kalkulation soll zeigen, welches energetische Niveau bei Einhaltung der Anforderungen erreicht werden kann.

Maßnahmen:

- **5.0 Dämmung wärmeführender Leitungen in unbeheizten Räumen**

Dimensionierung gem. § 9 Abs. 2 EnEV gem. Anhang 5.

- **6.0 Ersetzen des Heizkessels**

- **6.1 Einbau eines Brennwertkessels**

Gas-Brennwertkessel stellen das heutige Optimum der Heizkesseltechnik dar. Sie sind eine Weiterentwicklung der Niedertemperaturkessel. Der Vorteil der Brennwerttechnik liegt in der besseren Ausnutzung des Brennstoffes durch die Kondensation des Wasserdampfes im Abgas. Damit Kondensation stattfinden kann, muss das Rücklaufwasser in den Heizkörpern auf Werte unter ca. 55 °C (Öl- BWK 45 °C) abgekühlt werden. Dieses stellt gewisse Anforderungen an die Größe der Heizkörper. Bei bestehenden Gebäuden ist diese Bedingung im Allgemeinen erfüllt, da die Heizkörper in alten Gebäuden üblicherweise überdimensioniert wurden [27]. Zwingend erforderlich ist der Einbau von einem neuen korrosionsfesten Abgasrohr (in den meisten Fällen in den vorhandenen Schornstein), ebenso ist ein Abwasseranschluss für das anfallende Kondensat notwendig [34].

4.3.3 Energetischer Modernisierungsstandard 2

(im Folgenden nur noch Neubaustandard genannt)

Beinhaltet Maßnahmen, die die Mindestanforderungen der ENEC an den Neubau (§ 3 Abs.2 EnEV; Anhang 1 Tabelle 1) gewährleisten. Dabei werden Maßnahmen zur Dämmung der thermischen Hülle, incl. Fenster und der Erneuerung der Anlagentechnik berücksichtigt.

Bei Erfüllung der Anforderung ist ein Teilschulderlass über das vom KfW C02- Gebäudesanierungsprogramm finanzierte Darlehen möglich. Siehe auch Kapitel Fördermittel Seite 26ff.

Folgende Bedingungen sind einzuhalten:

$$Q_{P} \leq Q_{P,zul}$$

$$H_{T} \leq H_{T,zul}$$

Maßnahmen:

- 1.0- 6.0

4.3.4 Energetischer Modernisierungsstandard 3

(im Folgenden nur noch NEH-Standard genannt)

Beinhaltet Maßnahmen, die die Anforderungen der ENEC an den Neubau (§3 Abs.2 EnEV; Anhang 1 Tabelle 1) um 30%- 50% unterschreiten. Die Instandsetzungsvariante begründet sich aus dem Projekt „Niedrigenergiehaus im Bestand“ der Deutschen Energieagentur (De-na). Siehe auch Kapitel Fördermaßnahmen. Das Ziel dieses Projektes ist innovative technische Standards praktisch zu erproben und mittelfristig am Markt zu etablieren [34].

Dabei wird zwischen zwei unterschiedlichen energetischen Stufen differenziert: Level A und B (Anforderungen siehe unten). Dabei werden Maßnahmen zur Dämmung der thermischen Hülle, der Nutzung alternativer Anlagentechnik (Nutzung regenerativer Energien, wie z.B. durch Solarkollektoren) und alternativ die Reduzierung der Lüftungswärmeverluste durch Raumlufttechnische Anlagen, angewendet. Bei Erfüllung der Anforderung ist ein Teilschuld-erlass über das vom KfW C02- Gebäudesanierungsprogramm finanzierte Darlehn möglich. Siehe auch Kapitel Fördermittel Seite 26ff.

Folgende Bedingungen sind hinsichtlich der Förderung einzuhalten:

Level A

$$Q_{P} \leq 70\% Q_{P,zul}$$

$$H_{T} \leq 65\% H_{T,zul}$$

Level B

$$Q_{P} \leq 50\% Q_{P,zul}$$

$$H_{T} \leq 45\% H_{T,zul}$$

Maßnahmen:

- 1.0- 6.0

- 7.0 Alternative Anlagentechnik (Nutzung regenerativer Energien)

- 7.1 Brennwärmtank und Solarkollektor für Warmwasserbereitung

Brennwärmtank (siehe Maßnahme 6.1) mit Solarthermischer Anlagen zur Warmwasserbereitung sind längst Stand der Technik. Solarkollektoren sind die umweltfreundlichste Variante der Wärmeerzeugung. Sie sind in den meisten Fällen kostengünstig und einfach zu installieren. Sie bestehen aus Flach- oder Vakuumröhrenkollektoren, dem zirkulierenden Arbeitsmittel (Wasser- Glykol- Gemisch) zum Transport der gewonnenen Wärme und dem Warmwasserspeicher. Mit Hilfe eines Wärmetauschers wird die transportierte Wärme auf das im Speicher befindliche Wasser übertragen [35]. Der Kollektor an sich besteht im Wesentlichen aus einem Absorber, einer Abdeckung aus entspiegeltem Sicherheitsglas und einer Wärmedämmung auf der Rückseite und den Seiten mit einem entsprechenden Rahmen. Für die weitere Betrachtung wurden Flachkollektoren ausgewählt. Die Auslegung der Kollektorfläche wurde mit 1,5m² pro Person festgelegt.

● **7.2 Einbau Feststoffheizung (Holzpellets) und Solarkollektor für Warmwasserbereitung**

Eine Möglichkeit, den nachwachsenden Rohstoff Holz in völlig automatisch arbeitenden Heizungsanlagen einzusetzen, bieten moderne Holzpelletkessel. Zwar liegen die Anlagen- und Wartungskosten noch über denen einer Ölheizung, die Brennstoffkosten sind jedoch deutlich niedriger [36]. Holzpelletkessel verbrennen getrocknete und gepresste Holzspäne.

Die Förderung von 1700€ durch das Marktanreizprogramm wird bei der Kalkulation berücksichtigt. Beim Vergleich mit Gaskesseln entfällt bei Pellets auch der übliche Versorgungsgrundpreis.

● **7.3 Wärmepumpenheizung (Luft/Wasser), und Solarkollektor für Warmwasserbereitung**

Die Wärmepumpe ist eine thermodynamische Heizung, die es ermöglicht Umweltwärme nutzbar zu machen. Sie müssen optimalerweise in Verbindung mit Flächenheizungssystemen wie Fußboden- oder Wandflächenheizung betrieben werden [33]. Neuste Entwicklung von „Wärmepumpen mit erhöhtem Vorlauf“ arbeiten auch mit Radiatorenheizkreisen und sind so auch für die Altbausanierung nutzbar. Die Luft/Wasser-Wärmepumpen haben den Vorteil, dass sie im Gegensatz zu Sole/Wasser und Wasser/Wasser-Wärmepumpen kostengünstig zu erschließen sind, kein Bewilligungsverfahren notwendig sind und keine besonderen Anforderungen an die Grundstücksgröße stellen. Nachteilig ist, dass sie im Winter mit einer sehr kalten Wärmequelle arbeiten muss, deshalb benötigt sie pro Jahr etwas mehr Antriebsenergie als die anderen Bauarten [37]. Was bei den viel niedrigeren Anschaffungskosten aber verkraftbar ist. Für die anschließende Betrachtung wurde eine monoenergetisch betriebene Luft/ Wasser-Wärmepumpe, welche durch eine elektrische Zusatzheizung unterstützt wird, angenommen. Die Wärmepumpe ist für zu beheizende Wohnflächen bis 250m² problemlos einsetzbar. Als Referenzanlage dient die Luft/ Wasserpumpe WP33 der Fa. Stiebel Eltron.

● 7.4 Nutzung von Energie aus Kraftwärmekopplung

Kraft- Wärme Kopplung bezeichnet, die gleichzeitige Produktion von Strom und Wärme

● 7.4.1 BHKW

In einem Schallgedämmten Gehäuse wird dabei durch die Verbrennung von Gas oder Diesel ein Motor angetrieben, an den wiederum ein Generator zur Stromerzeugung angeschlossen ist. Neben diesem Strom fällt in einem BHKW die Abwärme des Motors an, die für die Wärmeversorgung nutzbar ist. Die eingesetzte Energie wird auf diese Weise in etwa 40% in elektrische Energie und zu 60% in Wärmeenergie umgesetzt. Damit BHKW s wirtschaftlich arbeiten, werden sie für die Grund und Mittellast eingesetzt. Das heißt, dass sie zwischen 8760 und 3500 h/a in Betrieb sein sollten. Richtet sich der Betrieb des BHKWs nach dem Wärmebedarf der Abnehmer, so wird es als wärmegeführt bezeichnet. Problematisch sind dabei die Sommermonate, da zu dieser Zeit keine Wärme abgenommen wird, d.h. das BKKW kann u.U nicht sinnvoll betrieben werden. Was aber von den jeweiligen Umständen abhängig ist. Eine alternativ praktizierte Möglichkeit besteht darin, dass das BHKW während der Sommermonate abzuschalten und die nötigen Energien auf andere weise zu beziehen [38]. Die Rentabilität von Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung wird neben den Kosten in entscheidender Weise von dem anlegbaren Wert für die erzeugte thermische und elektrische Energie beeinflusst.

Mit der Einführung der Ökosteuer vom 01.04.1999 sind BHKW von der Mineralöl- und der Stromsteuer befreit. Der produzierte Strom kann ganz oder teilweise zur Eigenbedarfsdeckung verbraucht werden. In diesem Fall erfolgt die Bewertung durch die vermiedenen Strombezugskosten.

● 7.4.2 Anschluss an das Fernwärmenetz

Der Anschluss an das Fernwärmenetz ist eines der umweltschonendsten konventionellen Beheizungssysteme. [33].

Die Vorteile sind vor allem, dass die Brennstoffbeschaffung, Kesselwartung und Schornsteinfeger weg fallen. Auch eine mögliche Erneuerung der Feuerungsanlage entfällt. Obendrein werden weder Heizungskessel, noch Schornstein, Öl- oder Gastank benötigt [39]. Lediglich das alte Heizgerät wird gegen eine kompakte Fernwärme-Hausstation ausgetauscht, die auch die Warmwasserbereitung übernimmt.

Nachteil: Setzt das Vorhandensein eines Leitungsnetzes voraus

• 8.0 Einbau von raumluftechnischen Anlagen

Zu einer hohen Behaglichkeit in Wohngebäuden gehört ein ausreichender Luftaustausch. Werden durch eine energetische Modernisierung ein guter Dämmstandard und ein hoher Grad an Luftdichtigkeit erreicht, lässt sich nur durch den Einbau einer Lüftungsanlage sicherstellen, dass der hygienisch notwendige Luftaustausch bei minimalem Energieverbrauch stattfindet [40].

• 8.1 Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung

Bei der Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung wird frische Außenluft in die Aufenthaltsräume geleitet. Die Luft wird bei der Ansaugung gefiltert und über einen Wärmetauscher geleitet. Dort wird die Wärme der Abluft auf die zuströmende Außenluft übertragen. Danach zieht die Luft durch die Überströmöffnungen in den Flurbereich und von dort in die Ablufträume, wo sie abgesaugt wird [38].

Zu bedenken ist, der nachträgliche Einbau einer kontrollierten Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung ist bei einer Modernisierung mit einem größeren baulichen Aufwand verbunden. Durch die zusätzlichen Zuluftleitungen, welche die gewonnene Wärme des Wärmetauschers an die Aufenthaltsräume transportieren, wird eine doppelte Leitungsführung im Gebäude notwendig.

• 8.2 Abluftanlage (Dezentrale Lüftungsanlage)

Bei einer dezentralen Abluftanlage werden mehrere Einzelventilatoren in den Abluftbereichen, wie Bädern, WC's oder Küchen angebracht. Die Luft strömt über schall- und wärmegeämmte Außenwandöffnungen oder Schlitze in den Blendrahmen der Fenster in die Zuluftbereiche ein und verteilt sich in den Überstrombereichen. Schließlich gelangt sie durch das Ansaugen der Ventilatoren in den Abluftbereichen in die Fortluftleitung, welche die Luft ins Freie transportiert. Dezentrale Anlagen können individuell betrieben werden und sind preisgünstig in der Anschaffung [40]. Speziell bei Gebäuden aus der ersten Jahrhunderthälfte lassen sich die vorhandenen Schächte von Kohleaufzügen und alten ungenutzten Schornsteine für die Luftabführung der dezentralen Abluftanlagen zweckentfremden [36]. Ein energetischer Einspareffekt durch die dezentrale Abluftanlage ist höchstens durch den kontrollierteren Luftaustausch, also der teilweisen Minderung der Lüftungswärmeverluste, erzielen. Diese nicht unbedingt erfassbare Einsparung wird durch die notwendige Energie zum Betrieb der Ventilatoren mit Sicherheit aufgehoben. Aus Komfort und Hygiene Gründen hat dieses System auf jeden Fall seine Berechtigung.

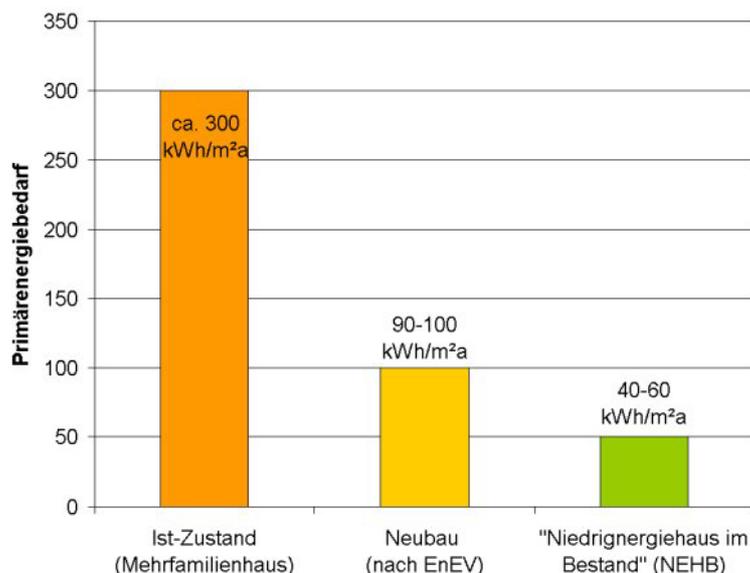


Abb. 2.0 Gegenüberstellung der primärenergetischen Standards

3.3.5 Dimensionierung der Maßnahmen an der thermischen Hülle

Die definierten zu erreichenden U- Werte stammen aus den bedingte Anforderungen der Energieeinsparverordnung an den Altbau, den Empfehlungen der deutschen Energie Agentur und den Empfehlungen von [36]. Es wird davon ausgegangen, dass alle Maßnahmen an der thermischen Hülle durchgeführt werden.

Die Werte gelten als Empfehlung, und nicht als Garantie, die jeweiligen Standards zu erreichen. Anders angesetzte Werte können ebenso zum Erreichen der jeweiligen Anforderungen führen.

Tab. 1.0 Soll- Wärmedurchgangskoeffizienten

Bauteil	Altbaustandard (W/(m² k))	Neubaustandard (W/(m² k))	NEH- Standard	
			Level A (W/(m² k))	Level B (W/(m² k))
Außenwand	0,35/ 0,45	0,30	0,20	0,15
Fenster	1,70	1,10	1,10	0,70
Kellerdecke	0,40	0,30	0,25	0,2
Geschoßdecke	0,30	0,30	0,15	0,10
Dach	0,30	0,25	0,15	0,10

4.3.5 Leistungsverzeichnisse

Für eine genauere Kalkulation der einzelnen Verbesserungsmaßnahmen aus Kapitel 3.3 wurden Leistungsverzeichnisse erstellt. Diese wurden in folgender Weise aufgeschlüsselt:

M-Index steht für Maßnahmenindex und folgt der Systematik der Instandsetzungsmaßnahmen (siehe Kapitel „Instandsetzungsmaßnahmen“),

Beschreibung, hier sind die zugehörigen Standardleistungsbuchnummern (StL-Nr.) zu den einzelnen Maßnahmen aufgelistet und textlich zusammengefasst

EP steht für Einheitspreis

Den einzelnen Verbesserungsmaßnahmen wurden in den grau hinterlegten Zeilen, die entsprechende „Sowieso- Maßnahmen“ (SM) zugeordnet. Diese ergeben sich aus den ohne hin notwendigen Arbeiten für den Fall einer Reparatur oder Instandsetzung.

Es wurde nur die maßgebenden Leistungen angegeben und in der Beschreibung textlich erfasst. Zusätzliche Leistungsunterbeschreibungen, wie z.B. der Art der Bauteile oder der Baustelle wurden nicht berücksichtigt, bzw. niedergeschrieben.

Die ermittelten Netto-Einheitspreise (excl. 16% MwSt) sind Mittelwerte und basieren auf den Werten aus [41], [42], [43] und den Auskünften von entsprechenden Firmen und Handwerksbetrieben. Zusätzlich wurden diese auf den Baupreisindex des Jahres 2000 umgerechnet (siehe auch Kapitel Kosten und Nutzen). Die Preise wurden nach der ersten Kommastrichstelle konsequent aufgerundet.

In der Beschreibung der Leistungen wird auf folgende Leistungsbereiche des Standardleistungsbuches Bezug genommen:

000	Baustelleneinrichtung
001	Gerüstarbeiten
012	Maurerarbeiten
016	Zimmer- und Holzbauarbeiten
020	Dachdeckungsarbeiten
021	Dachabdichtungsarbeiten
023	Putz- und Stuckarbeiten
027	Tischlerarbeiten
032	Verglasungsarbeiten
034	Maler- und Lackierarbeiten
039	Trockenbauarbeiten
040/041	Heizanlagen; Wärmeerzeuger
042	Gas- und Wasserinstallationsarbeiten
047	Wärme- und Kälte-dämmarbeiten
074/075	Rumlufttechnische Anlagen
312	Maurerarbeiten, BIB (Bauen im Bestand)

Leistungsverzeichnisse

M-index	Beschreibung	EP (EUR)
1.1	<p>StL-Nr. 001/110 15 00 13 41 (Arbeitsgerüst) StL-Nr. 001/202 00 00 00 01 (ergänzende Angaben) StL-Nr. 034/653 01 00 00 03 (Untergrundvorbereitung) StL-Nr. 023/034 06 00 10 01 (Abschlussprofile) StL-Nr. 023/354 01 01 15 11 (Wärmedämmverbundsystem) StL-Nr. 034/680 11 00 00 02 (Fugenabdichtung) StL-Nr. 034/711 70 14 00 00 (Fassadenanstrich) Wärmedämmverbundsystem, incl. notwendiger Vorarbeiten, PS- Hartschaumplatten, ar- mierten Kunstharzputz, Randabschlussprofilen und dauer- elastischer Fugenabdichtung</p> <p>_____ m² d= 06cm</p> <p>_____ m² d= 08cm</p> <p>_____ m² d= 10cm</p> <p>_____ m² d= 12cm</p> <p>_____ m² d= 14cm</p> <p>_____ m² d= 16cm</p> <p>_____ m² d= 18cm</p> <p>_____ m² d= 20cm</p> <p>_____ m² d= 22cm</p>	<p>79,80</p> <p>81,80</p> <p>83,80</p> <p>85,60</p> <p>87,40</p> <p>89,20</p> <p>91,00</p> <p>92,80</p> <p>94,60</p>
1.1 SM	<p>StL-Nr. 001/110 15 00 13 41 (Arbeitsgerüst) StL-Nr. 001/202 00 00 00 01 (ergänzende Angaben) StL-Nr. 034/653 01 00 00 03 (Untergrundvorbereitung) StL-Nr. 034/680 11 00 00 02 (Fugenabdichtung) StL-Nr. 034/711 70 14 00 00 (Fassadenanstrich) Putzsanierung und Malerarbeiten (außen), incl. notwendiger Vorarbeiten, Fassadengerüst, incl. Abplanung, Vorhaltdauer 4 Wochen</p> <p>_____ m²</p>	<p>37,10</p>
1.2	<p>StL-Nr. 039/367 27 02 00 01 (Wandbekleidung) StL-Nr. 039/370 52 42 00 01 (Unterkonstruktion) StL-Nr. 039/371 10 00 10 01 (Dämmschicht) StL-Nr. 039/388 10 17 07 11 (Beplankung) StL-Nr. 034/680 11 00 00 02 (Fugenabdichtung) StL-Nr. 034/711 06 20 00 01 (Malerarbeiten) Innendämmung, Vorsatzschale aus Gipswerkstoffplatten auf Dampfsperre, Ständerwand, Dämmung, incl. notwendiger Vorarbeiten, Randanschlüssen, Stoßüberdeckungen und Spachtelungen</p> <p>_____ m² d= 6cm</p> <p>_____ m² d= 8cm</p>	<p>53,80</p> <p>56,70</p>

Leistungsverzeichnisse

M-index	Beschreibung	EP (EUR)
1.2 SM	<p>StL-Nr. 034/641 00 01 01 03 (Entfernen Wandbekleidungen) StL-Nr. 034/680 11 00 00 02 (Fugenabdichtung) StL-Nr. 034/711 06 20 00 01 (Malerarbeiten) Malerarbeiten (innen), incl. notwendiger Vorarbeiten</p> <p>_____ m²</p>	18,40
1.3	<p>StL-Nr. 001/110 15 00 13 41 (Arbeitsgerüst) StL-Nr. 001/202 00 00 00 01 (ergänzende Angaben) StL-Nr. 012/933 61 01 08 01 (Wärmedämmung) Partikelschüttung, Außenwände mit Luftschicht, lückenlos mit expandierten Mineralien, hydrophobiert, als Schüttung im Einblasverfahren verfüllen, incl. notwendiger Vorarbeiten, Herstellen der erforderlichen Einfüllöffnungen und späteres Verschließen</p> <p>_____ m² d=3-6cm</p>	30,50
1.3 SM	<p>StL-Nr. 001/110 15 00 13 41 (Arbeitsgerüst) StL-Nr. 001/202 00 00 00 01 (ergänzende Angaben) StL-Nr. 312/901 11 00 (Fugensanierung) StL-Nr. 312/915 11 00 (Verfugen) Mauerwerkssanierung, bzw. Fugensanierung, incl. notwendiger Vorarbeiten</p> <p>_____ m²</p>	21,90
1.4	<p>StL-Nr. 001/110 15 00 13 41 (Arbeitsgerüst) StL-Nr. 001/202 00 00 00 01 (ergänzende Angaben) StL-Nr. 016/333 55 00 13 12 (Unterkonstruktion) StL-Nr. 020/510 16 47 04 51 (Faserzementplatten) VHF (Faserzementplattenbekleidung), großformatige Faserzementplatten, incl. notwendiger Vorarbeiten, Unterkonstruktion, Wärmedämmung (PS), Randabschlussprofilen und dauerelastischer Fugenabdichtung</p> <p>_____ m² d= 10cm (d≠10; 1,80€ pro 2cm)</p>	124,30
1.4.1	<p>StL-Nr. 001/110 15 00 13 41 (Arbeitsgerüst) StL-Nr. 001/202 00 00 00 01 (ergänzende Angaben) StL-Nr. 016/333 55 00 13 12 (Unterkonstruktion) StL-Nr. 016/381 70 40 15 21 (Bekleidung) VHF (Holzbekleidung), Brettschalung außen, incl. notwendiger Vorarbeiten, Unterkonstruktionen, Wärmedämmung(PS), Randabschlussprofilen und dauerelastischer Fugenabdichtung</p> <p>_____ m² d= 10cm (d≠10; 1,80€ pro 2cm)</p>	99,20

Leistungsverzeichnisse

M-index	Beschreibung	EP (EUR)
1.4 SM	Entsprechend 1.1 SM _____ m ²	37,10
1.5	StL-Nr. 001/110 15 00 13 41 (Arbeitsgerüst) StL-Nr. 001/202 00 00 00 01 (ergänzende Angaben) StL-Nr. 312/710 23 12 (Verblendmauerwerk) StL-Nr. 312/840 13 03 (Drahtanker) StL-Nr. 312/860 11 10 (Wärmedämmung) StL-Nr. 312/915 11 00 (Verfugen) Nachträgliche Verklinkerung, bestehend aus Klinkerstein, alternativ Luftschicht und Wärmedämmung (MW), incl. notwendiger Vorarbeiten, Herrichten eines Sockelaufagers, Verankerungen und Randanschlüsse, Verfugung und dauerelastischer Fugen- abdichtung _____ m ² d=14cm MW + 11.5cm Klinker (d<14; 2,90€ pro 2cm)	162,30
1.5 SM	Entsprechend 1.1 SM _____ m ²	37,10
2.0	StL-Nr. 027/580 01 70 00 32 (Fenster Demontage) StL-Nr. 027/067 43 70 00 01 (Fenster) StL-Nr. 027/922 00 00 00 02 (Anschlußfugen) Fenstererneuerung, Kunststoffrahmen mit Wärmeschutzverglasung, incl. Monta- ge, Beschlägen und dauerelastischer Fugenabdichtung, so- wie Ausbau und Entsorgung des alten Fensters _____ m ² (2fach Isolierverglasung, U= 1,7 W/m² K) _____ m ² (2fach Wärmeschutzverglasung, U= 1,1 W/m² K) _____ m ² (3fach Wärmeschutzverglasung, U= 0,7 W/m² K)	452,00 505,00 535,00
2.0 SM	StL-Nr. 032/400 00 01 40 09 (Abdichten Fenster) StL-Nr. 034/063 70 40 00 01 (Instandsetzung Rahmen) StL-Nr. 027/922 00 00 00 02 (Anschlußfugen) Fensteranierung, incl. notwendiger Vorarbeiten, Oberflächenbehandlung der Rahmen und Abdichten der Fensterfugen _____ m ²	58,90

Leistungsverzeichnisse

M-index	Beschreibung	EP (EUR)
3.1	StL-Nr. 039/661 41 00 10 01 (Dämmschicht) Dämmung Kellerdecke Wärmedämmung (MW), Montage unter der Kellerdecke, incl. notwendiger Vorarbeiten _____ m ² d= 08cm (d≠ 08cm; 2,90€ pro 2cm)	17,70
3.1.1	StL-Nr. 039/661 41 00 10 01 (Dämmschicht) Dämmung Gewölbekellerdecke, Wärmedämmung (MW), Montage unter der Kellerdecke, incl. notwendiger Vorarbeiten _____ m ² d= 08cm (d≠ 08cm; 2,90€ pro 2cm)	28,60
3.2	StL-Nr. 039/661 40 01 10 01 (Dämmschicht) Dämmung oberste Geschossdecke, PS-Hartschaumplatten mit begehbare Deckschalung, incl. notwendiger Vorarbeiten _____ m ² d= 10cm (d≠ 10cm; 1,80€ pro 2cm)	25,30
4.1	StL-Nr. 020/980 32 04 31 32 (Demontage Deckung, etc.) StL-Nr. 020/240 20 22 00 02 (Dachschalung) StL-Nr. 020/030 01 00 11 01 (Dampfsperrschicht) StL-Nr. 020/061 34 10 70 21 (Wärmedämmschicht) StL-Nr. 020/101 51 02 00 01 (Unterspannbahn) StL-Nr. 020/280 32 20 00 10 (Dachdeckung) Aufsparrendämmung, bestehend aus Schalung, Dampfbremse, Wärmedämmung, Unterspannbahn und Pfanneneindeckung, incl. notwendiger Vorarbeiten, Aufnahmen und Abfuhr vorhandener Deckung und Unterkonstruktionen _____ m ² d= 14cm (d≠ 14cm; 1,80€ pro 2cm)	92,70
4.1 SM	StL-Nr. 020/002 01 94 06 01 (Sicherheitseinrichtungen) StL-Nr. 020/980 32 04 31 32 (Demontage Deckung, etc.) StL-Nr. 020/101 51 02 00 01 (Unterspannbahn) StL-Nr. 020/280 32 20 00 10 (Dachdeckung) Dachsanierung, Pfanneneindeckung und Unterspannbahn, incl. notwendiger Vorarbeiten, Aufnahmen und Abfuhr vorhandener Deckung und Unterkonstruktionen _____ m ²	56,50

Leistungsverzeichnisse

M-index	Beschreibung	EP (EUR)
4.1.1	<p>StL-Nr. 039/641 00 34 08 01 (Wand- und Deckenbekleidung) StL-Nr. 039/660 34 81 00 01 (Unterkonstruktion) StL-Nr. 039/661 12 00 10 06 (Dämmschicht) StL-Nr. 039/662 23 00 00 01 (Dampfsperre) StL-Nr. 034/680 11 00 00 02 (Fugenabdichtung) StL-Nr. 034/711 06 20 00 01 (Malerarbeiten) Dämmung Steildach Innenausbau, Wärmedämmende Schichten, Dampfsperre und Wandbeklei- dung einbauen, incl. notwendiger Vorarbeiten</p> <p>_____ m² d= 14cm (d≠ 14cm; 2,90€ pro 2cm)</p>	53,50
4.1.1 SM	<p>StL-Nr. 039/641 00 34 08 01 (Wand- und Deckenbekleidung) StL-Nr. 039/660 34 81 00 01 (Unterkonstruktion) StL-Nr. 034/680 11 00 00 02 (Fugenabdichtung) StL-Nr. 034/711 06 20 00 01 (Malerarbeiten) Innenausbau und Malerarbeiten, incl. notwendiger Vorarbeiten</p> <p>_____ m²</p>	28,30
4.2	<p>StL-Nr. 021/854 61 05 00 02 (Demontage Deckung, etc.) StL-Nr. 021/140 40 05 00 01 (Ausgleichschicht) StL-Nr. 021/160 21 00 52 01 (Dampfsperrschicht) StL-Nr. 021/191 11 09 00 32 (Wärmedämmschicht) StL-Nr. 021/260 02 54 00 01 (Abdichtung) StL-Nr. 021/290 01 04 01 01 (Auflast) Flachdach als Warmdach, Einbau von Ausgleichschicht, Dampfsperre, Wärmedämm- schicht und Dichtungsbahn, Randanschlüssen und Kies incl. notwendiger Vorarbeiten, Aufnahmen und Abfuhr der vorhandenen Dachhaut, Dämmung, etc.</p> <p>_____ m² d= 14 cm (d≠ 14cm; 1,80€ pro 2cm)</p>	112,70
4.2 SM	<p>StL-Nr. 021/061 01 01 01 01 (Reparatur Dichtungsbahn) Instandsetzung Dichtungsbahn, Abschieben von Blasen, Reinigen der Dachflächen und Überkleben von Löchern, incl. notwendiger Vorarbeiten</p> <p>_____ m²</p>	26,90
5.0	<p>StL-Nr. 047/100 02 10 61 01 (Dämmung Rohrleitungen) Dämmung von Heizungs- und Warmwasserleitungen, in unbeheizten Räumen, incl. notwendiger Vorarbeiten</p> <p>_____ m</p>	3,80

Leistungsverzeichnisse

M-index	Beschreibung	EP (EUR)
6.1	<p>StL-Nr. 040/932 79 00 03 01 (Demontage) StL-Nr. 040/011 01 13 11 01 (Wärmeerzeugungsanlage) StL-Nr. 040/020 03 21 00 01 (Brennwertkessel) StL-Nr. 040/600 00 00 00 01 (WW-Speicher) StL-Nr. 012/615 96 40 08 31 (Schornsteinsanierung) Leistungsumfang entsprechend: Brennwertkessel Giegastar C20 oder Multijet, Fa. Giersch Installation komplett mit Warmwasserspeicher und Umwälzpumpe, incl. notwendiger Vorarbeiten</p> <p>_____ St</p>	4800,00
6.1 SM	<p>Sanierung o. Reparatur Heizkessel</p> <p>_____ St</p>	980,00
7.1	<p>StL-Nr. 040/011 01 13 11 01 (Wärmeerzeugungsanlage) StL-Nr. 040/020 03 21 00 01 (Brennwertkessel) StL-Nr. 012/615 96 40 08 31 (Schornsteinsanierung) StL-Nr. 040/600 00 00 00 01 (WW-Speicher) Leistungsumfang entsprechend: Brennwertkessel Giegastar C20 oder Multijet, Fa. Giersch mit Solarflachkollektor, Fa. Schüco) zur WWB, Installation komplett mit Warmwasserspeicher und Umwälzpumpe, Solarflachkollektor zur Aufdachmontag, incl. notwendiger Vorarbeiten</p> <p>_____ St + 1390,00 pro Person (Solarkollektor 1,5m²)</p>	4800,00
7.1 SM	<p>Sanierung o. Reparatur Heizkessel</p> <p>_____ St</p>	980,00
7.2	<p>StL-Nr. 040/932 79 00 03 01 (Demontage) StL-Nr. 040/011 01 13 11 01 (Wärmeerzeugungsanlage) StL-Nr. 040/020 03 21 00 01 (Brennwertkessel) StL-Nr. 040/600 00 00 00 01 (WW-Speicher) StL-Nr. 012/615 96 40 08 31 (Schornsteinsanierung) Pelletsheizung mit Solarflachkollektor (entsprechend Flachkollektor, Fa. Schüco) zur WWB, Installation komplett mit automatischer Brennstoffbeschickung, Warmwasserspeicher und Umwälzpumpe, Solarflachkollektor zur Aufdachmontag, incl. notwendiger Vorarbeiten</p> <p>_____ St + 1390,00 pro Person (Solarkollektor 1,5m²)</p>	5900,00

Leistungsverzeichnisse

M-index	Beschreibung	EP (EUR)
7.3	<p>Leistungsumfang entsprechend: Wärmepumpe WPL 33, Fa. Stiebel Eltron Luft/Wasser- Wärmepumpen und Solarflachkollektor (vgl. Flachkollektor, Fa. Schüco) zur WWB, Installation komplett mit eingebauter elektrischer Zusatzheizung für monoenergetischen Betrieb, Speicher, Umwälzpumpe und Regelgerät, zur Innen- oder Außenaufstellung, Solarkollektor Aufdachmontage incl. notwendiger Vorarbeiten</p> <p>_____ St + 1390,00 pro Person (Solarkollektor 1,5m²)</p>	13600,00
7.3 SM	<p>Sanierung o. Reparatur Heizkessel</p> <p>_____ St</p>	980,00
7.4.1	<p>Vergleichbare Leistungsverzeichnisse: StL-Nr. 055/101 01 01 01 01 (Verbrennungsmotor) StL-Nr. 040/022 02 01 00 01 (Wärmetauscher) StL-Nr. 040/600 00 00 00 01 (WW-Speicher) StL-Nr. 042/992 60 95 07 17 (Anschluss) Leistungsumfang entsprechend: BHKW Dachs HKA, Fa. Senertec Installation komplett als anschlussfertiges Kompaktgerät, mit wassergekühlten Verbrennungsmotor in Monoblockbauweise mit zusätzlichem Wärme- und Warmwasserspeicher, incl. notwendiger Vorarbeiten</p> <p>_____ St + Warmwasserspeicher Leitungen etc</p>	22.000,00
7.4.1 SM	<p>Sanierung o. Reparatur Heizkessel</p> <p>_____ St</p>	980,00
7.4.2	<p>StL-Nr. 042/966 58 44 00 01 (Hauseinführung) StL-Nr. 042/992 60 95 07 17 (Anschluss) Anschluss an das Fernwärmenetz, Installation und Anschluss komplett, bestehend aus Übergabe- und Kompaktstation mit Warmwasserbereitung, Speicher und Verteilung, incl. notwendiger Vorarbeiten</p> <p>_____ St</p>	6000,00
7.4.2 SM	<p>Sanierung o. Reparatur Heizkessel</p> <p>_____ St</p>	980,00

Leistungsverzeichnisse

M-index	Beschreibung	EP (EUR)
8.1	StL-Nr. 074/010 44 01 00 01 (Raumluftechnisches Gerät) StL-Nr. 074/200 10 21 00 04 (Wärmetauscher) StL-Nr. 075/010 00 00 00 01 (Lüftungskanäle) Zu- und Abluftanlage mit Wärmetauscher, Lüftungskanälen Formteilen, Bögen, Verankerungen, Lüf- tungsöffnungen und Isolierung, incl. notwendiger Vorarbeiten _____ Nfl	58,80
8.2	StL-Nr. 074/010 44 01 00 01 (Raumluftechnisches Gerät) StL-Nr. 075/010 00 00 00 01 (Lüftungskanäle) Leistungsumfang entsprechend: Entlüftungsanlage ELS, Fa. Helios bestehend aus Aufputzlüftern, Lüftungskanälen, Filtern, Zu- luftdurchlassöffnungen (in Fenstern oder Außenwand), ggf. Überstromöffnungen an Innentüren und Dachdurchführung, incl. notwendiger Vorarbeiten _____ pro Geschoss	605,00

5. Kosten und Nutzen

Für eine abschließende ökonomische Bewertung der Modernisierungsmaßnahmen, wurde exemplarisch ein Einfamilienhaus aus dem BZS 2 ausgewählt, welches mit den verschiedenen Modernisierungsmaßnahmen der definierten Standards aus Kapitel „*Energetische Modernisierungsmaßnahmen*“ (siehe Seite 37) durchgerechnet wurde.

5.1 Grundlagen der Monatsbilanzberechnung

Für die Berechnung des „Istzustandes“ wurden die bauteilspezifischen U-Werte für die Außenwand, des Steildaches und der Kellerdecke aus Kapitel *Systematische Darstellung* Seite 12 verwendet. Ausgehend von einem durchschnittlichen Sanierungszyklus von 20 Jahren, wurde für die Anlagentechnik und die Fenster der technische Standard der 80er Jahre angenommen.

Außenwand:	$U_A =$	1,59	[W/m ² K]
Fenster:	$U_F =$	2,9	[W/m ² K]
Kellerdecke:	$U_{Kd} =$	1,05	[W/m ² K]
Steildach:	$U_D =$	1,17	[W/m ² K]

Die jeweiligen Flächen und die Ausrichtung der Bauteile sind der Anlage Seite 8 zu entnehmen.

Auf Basis der oberen Werte und den bauteilspezifischen Anforderungen der jeweiligen energetischen Standards (siehe Kapitel „*Dimensionierung der Maßnahmen an der thermischen Hülle*“ Seite 49) wurden die notwendige Wärmedämmung der Bauteile dem entsprechend dimensioniert. Die sich daraus ergebenden U- Werte mit den dafür notwendigen Dämmstärken ist der Tabelle 1.0 zu entnehmen. Die Werte gelten für Dämmstoffe mit einer Wärmeleitfähigkeitsgruppe von 035.

Tab. 2.0 U- Werte der energetisch modernisierten Bauteile

Bauteil	Altbaustandard [W/(m ² k)]	Neubaustandard [W/(m ² k)]	NEH- Standard	
			Level A [W/(m ² k)]	Level B [W/(m ² k)]
Außenwand	0,34 (8cm)	0,28 (10cm)	0,19 (16cm)	0,15 (20cm)
Fenster	1,7	1,1	1,1	0,7
Kellerdecke	0,38 (6cm)	0,31 (8cm)	0,26 (10cm)	0,20 (14cm)
Geschoßdecke	0,28 (8cm)	0,28 (8cm)	0,18 (14cm)	0,15 (16cm)
Dach	0,31 (8cm)	0,24 (14cm)	0,15 (20cm)	0,10 (30cm)

Für die Anlagentechnik wurde ein Gas- Konstanttemperaturkessel, welcher außerhalb der thermischen Hülle aufgestellt ist, angenommen. 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. Die Heizflächen sind überwiegend im Außenbereich angeordnet und werden über Thermostatventile gesteuert. Die Verteilung des Trinkwassers erfolgt über Zirkulation. Die Umwälzpumpe ist fester Bestandteil des Wärmerzeugers [33].

Alle Berechnungen wurden nach dem Monatsbilanzverfahren der EnEV, gemäß DIN 4108-6 und die anlagentechnische Bewertung gemäß DIN 4701-10 durchgeführt. Da die Kennzahlen der DIN 4701-10 zur energetischen Bewertung von neuzeitlichen heiz- und Raumluftechnischen Anlagen ausgelegt sind, sind diese für bestehende Anlagen nicht geeignet. Daher wurden für die Bewertung der bestehenden heiztechnischen Anlage die Kennzahlen der DIN 4701-12 „Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen im Bestand“ verwendet.

Die jeweiligen Parameter zur Berechnung der bestehenden und die der neuen haustechnischen Anlage sind dem Anhang Seite 13-18 zu entnehmen.

Randbedingungen für das Monatsbilanzverfahren:

Die geographische Lage des Gebäudes befindet sich in Würzburg.

Die Heizgrenztemperatur liegt bei 19°C.

Beheiztes Volumen:	$V = 0,76 \cdot V_e$	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

5.1.1 Anforderungen

Die Erfüllung der Anforderungen der jeweiligen Standards und Förderprogramme, ist anhand der Gleichungen aus Tabelle 3.0 zu belegen.

Tab. 3.0 Anforderungen der Modernisierungsstandards

Altbaustandard		Neubaustandard	Neh im Bestand- Standard	
1a	1b		Level A	Level B
$Q''_P \leq 140\%$ $Q''_{P,zul}$	$Q''_P \leq 140\%$ $Q''_{P,zul}$	$Q''_P \leq Q''_{P,zul}$	$Q''_P \leq 70\%$ $Q''_{P,zul}$	$Q''_P \leq 50\%$ $Q''_{P,zul}$
$H''_T \leq 140\%$ $H''_{T,zul}$	$H''_T \leq 140\%$ $H''_{T,zul}$	$H''_T \leq H''_{T,zul}$	$H''_T \leq 75\%$ $H''_{T,zul}$	$H''_T \leq 55\%$ $H''_{T,zul}$

Grundlage für die Förderung durch das CO₂- Gebäudesanierungsprogramm ist, dass durch die Maßnahmen 40 kg CO₂/(m² a) eingespart werden. Siehe auch Kapitel „Fördermaßnahmen“ Seite 26.

Der Nachweis der CO₂ - Einsparung wurde wie folgt geführt:

$$E = Q''_{h,ist} * f - Q''_m * f$$

Q''_{ist} : Jahresheizwärmebedarf des Istzustandes [kWh/m²a]

Q''_m : Jahresheizwärmebedarf nach den Modernisierungsmaßnahmen [kWh/m²a]

f: Faktor für spezifische CO₂ – Emission pro kWh Heizwärme [kg CO₂/kWh]

Emissionsfaktoren f:

Erdgas, Standard- Kessel (alt): 0,45 [kg CO₂/kWh]

Elektro- Wärmepumpe, Luft: 0,31 [kg CO₂/kWh]

Erdgas, Brennwertkessel: 0,30 [kg CO₂/kWh]

Fernwärme aus fossilen Brennstoffen: 0,33 [kg CO₂/kWh]

Biomasse: 0,05 [kg CO₂/kWh]

Solaranlage für Trinkwassererwärmung: + 3 (pauschal) [kg /m² a]

Zu- und Abluftanlage: + 5 (pauschal) [kg /m² a]

5.1.2 Kalkulation der Energieersparnis

Der jeweilige Energieverbrauch wurde an Hand des Jahresendenergiebedarfes (Heizung und Trinkwasser) und des Jahreshilfsenergiebedarfes ermittelt. Für die Berechnung der Energiekosten, wurden folgende marktgerechte brutto Energiepreise bestimmt:

Gas:	6,5 Cent/kW a
Strom:	15,0 Cent/kW a
Fernwärme:	4,5 Cent/kW a

Für die Berechnung der Energieersparnis wurde die Differenz aus den ermittelten Energiekosten des Ist-Zustandes und, der der jeweiligen verbesserten Standards genommen. Bei der Kalkulation für die Blockheizkraftwerke (BHKW), wurde zusätzlich pro Bewohner ein Betrag von 1500 kW/a x 15 Cent/kW a (Strompreis) zu der Ersparnis addiert. Diese Annahme führt darauf zurück, dass der im BHKW produzierte Strom selber abgenommen werden kann (siehe Kapitel energetische Modernisierungsmaßnahmen Seite 37). Dabei wird von einem durchschnittlichen Strombedarf von 1500kW/a pro Person ausgegangen. Die überschüssigen zu verkaufenden Kapazitäten, wurden nicht berücksichtigt, weil diese Werte stark anlagen- und betriebsabhängig sind. Für die Kalkulation wurde ein 3-Personenhaushalt angenommen.

$$EE = (Q_{Ei} * e + Q_{Hei} * e) - (Q_{Em} * e + Q_{Hem} * e)$$

Q_{Ei} :	Jahresendenergiebedarf des Istzustandes	[kWh/a]
Q_{Hei} :	Jahreshilfsenergiebedarf des Istzustandes	[kWh/a]
Q_{Em} :	Jahresendenergiebedarf der Modernisierungsmaßnahme	[kWh/a]
Q_{Hem} :	Jahreshilfsenergiebedarf des Modernisierungsmaßnahme	[kWh/a]
e :	Preis des jeweiligen Energieträgers	[Cent/kW a]
EE :	Energieeinsparung	[€/a]

5.1.3 Kalkulation der Modernisierungskosten

Die anzusetzenden Kosten für die energetischen Modernisierungen, setzen sich aus der Differenz aus den Gesamtmodernisierungskosten und den Kosten der Sowieso Maßnahmen zusammen. Zusätzlich wird der aktuelle Baupreisindex, ein prozentualen Nebenkostenfaktor und der Mehrwertsteuer berücksichtigt. Die Gesamt- und die Sowieso- Maßnahmenkosten fußen auf den ermittelten Einheitspreisen des Kapitels „Leitungsverzeichnisse“ Seite 50.

Diese Einheitspreise basieren auf dem Basisbaupreisindex (100) des Jahres 2000. Der zur Zeit aktuelle Baupreisindex liegt bei 102,1 (www.destatis.de). Der prozentuale Nebenkostenfaktor wurde nach [42] auf 15% festgelegt. Somit ergibt sich:

$$Emk = (G_m - SM_k) * 102,1/100 * 1,15 * 1,16$$

Emk:	Energetische Modernisierungskosten	[€]
G _m :	Gesamtmodernisierungskosten	[€]
SM _k :	Sowieso Maßnahmenkosten	[€]

Der Regionalfaktor fand in dieser Betrachtung keine Berücksichtigung. Es sei nur darauf hingewiesen, dass die ermittelten Kostensätze je nach Bundesland oder Stadt, schwanken können. Der Regionalfaktor ist eine Kennzahl, die eine Aussage über die wirtschaftliche Entwicklung eines regionalen Raumes im Vergleich zur gesamtwirtschaftlichen Entwicklung zulässt.

Die Fördermittel des Marktanzreizprogrammes (Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien) des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, wurden bezüglich der Biomasseanlagen und der Solarkollektoren berücksichtigt.

Betreffend:

Maßnahme M 7.2
von (Holzpelletsheizung)

es wird ein nichtzurückzahlbares Darlehen in Höhe
1700,00€ angerechnet.

Maßnahmen M 7.1, 7.2 und 7.3
(Solarkollektoren zur WWB)

es wird ein Förderbetrag von 110€/m² brutto Kollektorfläche angerechnet. Für den betrachteten 3 Personenhaushalt, ergibt sich somit eine Fördersumme von 495,00€ (1,5m² Kollektorfläche pro Person).

5.1.4 Grundlagen der Finanzierung

Für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wurde vom „Worst- Case“ ausgegangen: Die Modernisierungssumme muss voll finanziert werden, und es findet keine Energiepreissteigerung statt. Die Kosten der Energetischen Modernisierungsmaßnahmen wurden über das CO₂-Gebäudesanierungsprogramm, der Niedrigenergiehaus im Bestand Modellförderung und dem „Wohnraum Modernisieren“ Programm finanziert.

Für die Betrachtung wurde der maximale Förderbetrag (41.500 €) durch das CO₂- Gebäudesanierungsprogramm als Basisfinanzierung angenommen, alle Beträge die über die Darlehensgrenze hinausgingen, wurden über die Projektförderung A oder B getragen.

Diese Vorgehensweise wird so von der KfW Bank in der Realität empfohlen, lediglich bei den vermittelnden Kreditinstituten, die das Risiko der Darlehensvergabe tragen, sind in den meisten Fällen entsprechende Sicherheiten zu leisten.

Es wurde von einer Abschreibungszeit von 20 Jahren ausgegangen.

Förderprogramm	Maximales Darlehen [€]	Zinssatz bei einer Laufzeit von 20 Jahren [% p.a.]
CO ₂ - Gebäudesanierungsprogramm	41500*	2,61
Projekt Niedrigenergiehaus im Bestand A	24900*	2,61
Projekt Niedrigenergiehaus im Bestand B	33200*	2,61
Wohnraum Modernisieren Programm	100000	3,42

* bezogen auf AN= 166m²

Bei Erreichen des Neubau-, oder Niedrigenergiehaus im Bestand- Standards, wurde der 15%ige Teilschulderlass des Darlehens vom CO₂-Gebäudesanierungsprogramme berücksichtigt.

Die Amortisationberechnung wurde auf Basis der Annuitätsformel geführt [45].

Sämtliche Ergebnisse der Berechnungen sind in einer übersichtlichen tabellarischen Form im Anhang auf Seite 9-13 zu finden.

5.2 Bewertung der Maßnahmen

An Abbildung 1.0 ist ersichtlich, dass mit einer Ausnahme haben alle Maßnahmen die geforderte CO₂-Ersparnis von 40 [kg /m² a] erreicht, bzw. übertroffen haben. Lediglich der Altbaustandard 1b erfüllt diese Bedingung nicht ganz, es wird eine Einsparung von 38,2 [kg /m² a] erreicht.

Bedingt durch diese minimale Überschreitung, kann für alle Maßnahmenpakete eine Finanzierung durch das CO₂-Gebäudesanierungsprogramm angenommen werden.

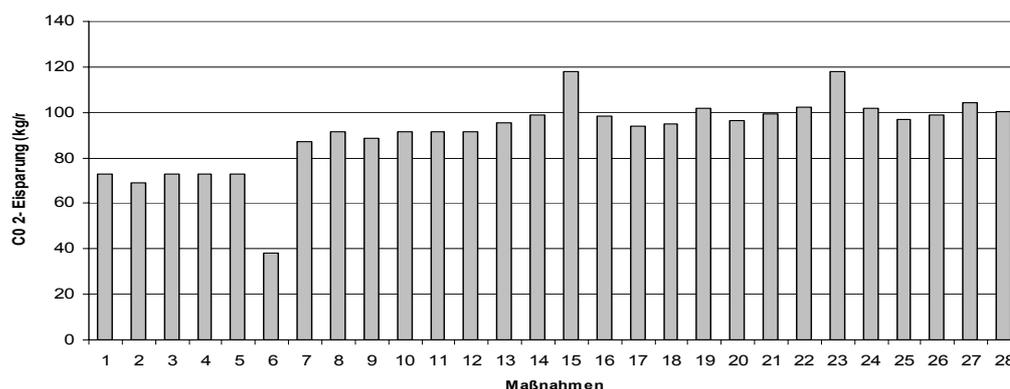


Abb. 1.0 CO₂-Einsparung durch die Maßnahmen

Mit Ausnahme von Altbaustandard b Erfüllen alle Maßnahmen die jeweiligen Anforderungen an den Transmissionswärmeverlust.

Altbaustandard a

Die angenommene Anforderung an den Transmissionswärmeverlust $H''_T \leq 140\% H''_{T,zul}$ wurde erfüllt. Der Primärenergiebedarf $Q''_P \leq 140\% Q''_{P,zul}$ wurde allerdings um 30[kWh/m² a] übertroffen. Durch die Maßnahmen an der thermischen Hülle, hat man eine Energieersparnis von über 50% erreicht. Ein annuitätischer Gewinn stellt sich nach 17 Jahren ein. Die alternativen Außenwandmodernisierungsmaßnahmen, wie die Vorgehängte hinterlüftete Fassade sind erwartungsgemäß unwirtschaftlich, gleiches gilt für die nachträgliche Verklammerung.

Altbaustandard b

Der Einbau eines neuen Brennwertkessels, brachte eine Energieersparnis von ca. 15%, dazu haben sich die Investitionskosten schon nach 12 Jahren egalisiert. Der Einbau der neuen Heizung ist in jedem Fall wirtschaftlich. Die Abbildung 1.4 zeigt die enormen Einsparmöglichkeiten durch eine Verbesserung der thermischen Hülle.

Altbaustandard a und b

Durch die Kombination des Altbaustandards a und b, ergibt sich eine Energieersparnis von 68,44%. Es werden sogar fast die Anforderungen an den Neubau erfüllt $Q_{P} \leq Q_{P,zul}$ und $H_{T} \leq H_{T,zul}$. Eine Amortisation der Investition für das Modernisierungspaket (M1.1 WDVS) ergibt sich nach 16 Jahren.

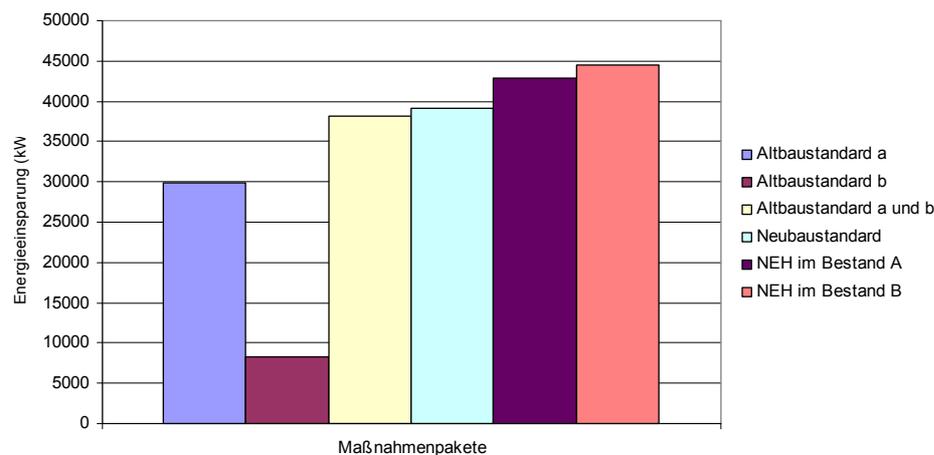


Abb. 1.4 Energieeinsparung der Modernisierungsstandards

Neubaustandard

Alle Anforderungen wurden erfüllt, $Q_{P} \leq Q_{P,zul}$ und $H_{T} \leq H_{T,zul}$, so dass ein 15%er Teilschulderlass des Gebäudesanierungsprogrammes in Anspruch genommen werden konnte. Die Maßnahmen bewirken eine Energieeinsparung von etwa 70%. Eine Amortisation der investierten Kosten (M1.1 WDVS) stellt sich nach 17 Jahren ein. Der Einsatz einer Innendämmung (M1.2) bewirkt durch die etwa 25% niedrigeren Investitionskosten zum WDVS eine Egalisierung der Kosten schon nach 14 Jahren.

Niedrigenergiehaus im Bestand Standard Level A

Die Maßnahmen an der thermischen Hülle in Kombination mit einem Brennwertkessel erfüllen nicht die Anforderungen von $Q_{P} \leq 70\% Q_{P,zul}$. Daher bekommt dieses Maßnahmenpaket keinen Teilschulderlass durch das Gebäudesanierungsprogramm. Dennoch amortisiert sich die Investition nach 19 Jahren. Gleiches gilt für die Kombination Brennwertkessel und Abluftanlage. Was sich im Vergleich, mit den anderen anlagentechnischen Verbesserungsmaßnahmen, durch die geringeren Investitionskosten erklären lässt. (Siehe Kapitel „Leistungsverzeichnisse“ Seite 50) Die Maßnahmenpakete mit den Holzpelletskessel (TH HP und Solar), der Wärmepumpe (TH WP und Solar) und der Lüftungsanlage (TH BW Zu/Ab) kommen trotz Teilschulderlass, nicht unter eine Amortisationszeit von 19 Jahren. Am besten schneidet der Fernwärmeanschluss (TH Fernwärme) mit einer Tilgungszeit von 14 Jahren ab. Außer Konkurrenz läuft das Maßnahmenpaket mit dem BHKW (TH BHKW), die Gründe dafür liegen an den sehr hohen Anschaffungspreis.

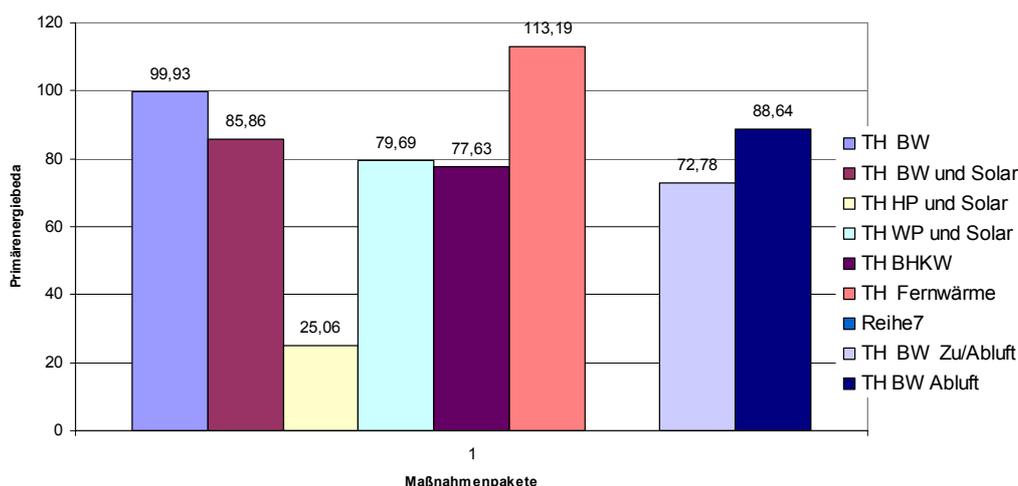


Abb. 0.3 Primärenergiebedarf der Maßnahmenpakete Level A

Dadurch, dass die Maßnahmen an der thermischen Hülle für alle Maßnahmenpakete identisch sind, lässt sich an Abbildung 0.3 sehr gut der Einfluss des Heizmediums auf den Primärenergiebedarf erkennen. Den signifikante Wert des Holzpelletskessels (TH HP und Solar), beruht nach der Korrekturfassung der DIN 4701 -10, auf einen Primärenergiefaktor für Holz von 0,2 .

Abschließend lässt sich für diesen Standard feststellen, dass die Nutzung von regenerativen Energien und alternativer Anlagentechnik zwingend notwendig ist, falls man die entsprechenden Anforderungen erfüllen will.

Niedrigenergiehaus im Bestand Standard Level B

Die Anforderungen an Transmissionswärmeverlust werden konsequent erfüllt. $H_{T} \leq 55\% H_{T,zul}$, allerdings erfüllen nur das Maßnahmenpaket mit der Zu- und Abluftanlage (TH BW Zu- und Abluft) und der Holzpelletskessel (TH HP und Solar) die Anforderungen an den Primärenergiebedarf $Q_{P} \leq 50\% Q_{P,zul}$. Ein annuitätischer Gewinn, stellt sich für beide trotz 15% Teilschulderlass erst nach 19 Jahren ein.

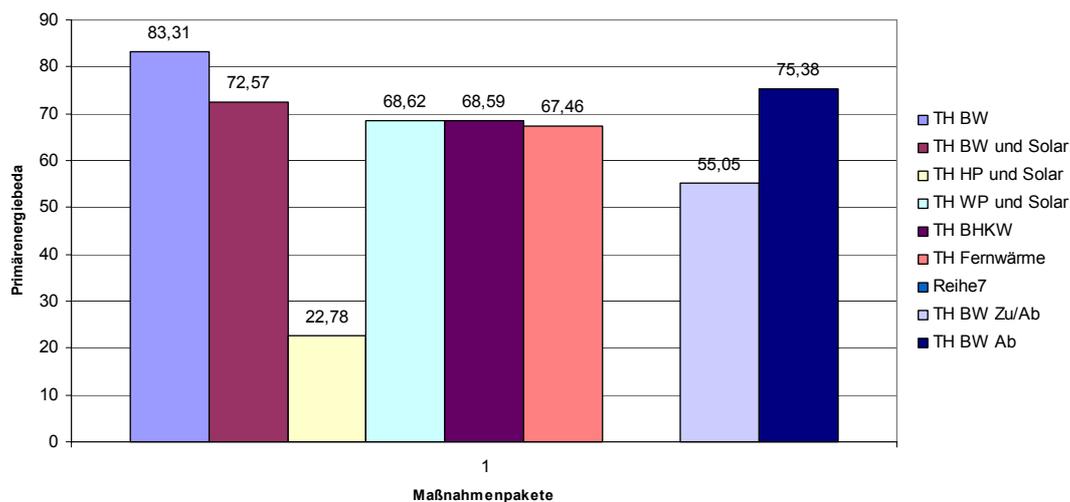


Abb. 4.0 Primärenergiebedarf der Maßnahmenpakete Level B

Ähnlich dem Niedrigenergiehaus im Bestand- Standard Level A, ist der Einsatz von regenerativen Energien und oder einer Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung notwendig, um die gestellten Anforderungen zu erfüllen. Es ist fraglich, ob es überhaupt möglich ist, mit Erfüllung dieses Standards ein wirtschaftliches Ergebnis zu erhalten.

Fazit

Aus den Ergebnissen der Kalkulation lassen sich folgende Schlüsse ziehen, je höher die Anforderungen an den Wärmeschutz geschraubt werden, desto unwahrscheinlicher wird ein möglicher wirtschaftlicher Nutzen. Nur durch die jeweiligen Fördermittel, lassen die hohen Anschaffungskosten der Anlagentechnik abfedern. Die besten Ergebnisse gab es im Bereich des Alt- und Neubaustandards, hier ist es auch stellenweise möglich ohne Fördermittel (in diesem Fall der 15% Teilschulderlass) wirtschaftlich sinnvolle Ergebnisse zu erzielen. In diesem Zusammenhang ist auf den großen Einfluss der Energiepreise hinzuweisen, denn bei höheren Energiepreisen würden sich auch die Amortisationszeiten entsprechend verkürzen.

Es ist anzumerken, dass energetische Modernisierungsmaßnahmen neben der Energieeinsparung auch einen Beitrag zur Steigerung des Wohn- und Verkaufswertes leisten.

6. Bewertungsprogramm

Ziel ist es, ein Bewertungsprogramm zu entwickeln, das eine möglichst schnelle Beurteilung eines bestehenden Gebäudes hinsichtlich seines „Ist-Zustandes“ und seines „Soll-Zustandes“ mit einem hohen Grad an Genauigkeit ermöglicht.

Durch die Vielfältigkeit des Baubestandes ist es notwendig, mit dem kleinsten gemeinsamen Nenner aller Gebäude zu kalkulieren: den einzelnen Bauteilen.

Die Basis für diese Kalkulation, bilden die im Rahmen dieser Diplomarbeit erarbeiteten bauzeittypischen Bauteile mit ihren Wärmedurchgangskoeffizienten. (Siehe Kapitel Systematisch Darstellung Seite 12). Als Berechnungsgrundlage für die energetische Kalkulation dient das Periodenbilanzverfahren der DIN 4108-6. Aufbauend auf [44] werden variable Heizgrenztemperaturen angewendet, wodurch die Präzision des Monatsbilanzverfahrens erreicht werden kann.

Die für die Berechnung notwendigen Bauteilflächen, werden durch das etwas modifizierte Flächenschätzverfahren [44] ermittelt. Das hat zum einen den Vorteil, dass die Flächen des zu bewertenden Gebäudes nicht bekannt sein müssen, zum anderen spart man sich eine Menge Zeit, da die komplette Flächenschätzung auf acht Eingaben basiert.

Auf den folgenden Seiten, wird ein grober Überblick über die Funktionen und die Handhabung des Bewertungsprogrammes gegeben. Eine detaillierte Beschreibung wird in einem externen Handbuch erfolgen.

Es sind folgende Eingaben notwendig:

- Geschossanzahl
- Anzahl der Wohnungen
- beheizte Wohnfläche
- lichte Raumhöhe
- Nachbargebäude
- Dach
- Grundriss
- Baujahr

Eingabemaske

Istzustand

Anzahl Vollgeschosse	<input type="text" value="1"/>	Baujahr	<input type="text" value="1990"/>
Anzahl Wohnungen	<input type="text" value="6"/>	Personen	<input type="text" value="3,00"/>
beheizte Wohnfläche	<input type="text" value="200"/> m ²	lichte Raumhöhe (ca.)	<input type="text" value="3,00"/>
		Fenstflächenanteil	<input type="text" value="40"/>

direkt angrenzende Nachbargebäude

keins (freistehend)

auf einer Seite

auf zwei Seiten

Grundriss

kompakt

langgestreckt, verwinkelt

Dach

Flachdach oder flach geneigtes Dach

Dachgeschoss unbeheizt

Dachhauben oder andere Dachaufbauten vorhanden

Dachgeschoss teilweise beheizt

Dachgeschoss voll beheizt

Es ist natürlich auch möglich die Bauteilflächen, sofern sie bekannt sind, manuell einzugeben. Selbiges gilt für die U-Werte der Bauteile.

Nach den Eingaben für die Flächen-schätzung, ist die Auswahl für die jeweiligen Bauteile zutreffen. Ergänzend dazu, können gegebenenfalls nachträglich realisierte Wärmeschutzmaßnahmen berücksichtigt werden.

Diese werden pauschal in Form von Dämmstärken erfasst. Da eine Information über die Wärmeleitfähigkeit des eingesetzten Dämmstoffes nur in den wenigsten Fällen verfügbar sein dürfte, wird hier ein Pauschalwert von $\gamma = 0,04 \text{ W/(m K)}$ angesetzt.

Bauteile

Außenwand

- Einschaliges MW
- Zweischaliges MW
- Mehrschalige WA 1
- Mehrschalige WA 2

Teilsanierung d= U=

Fenster

- Holzrahmen
- Alurahmen
- Kunststoffrahmen

Teilsanierung U=

Kellerdecke

- Kappendecke
- Massivdecke

Teilsanierung d= U=

oberste Geschossdecke

- Geschossdecke -Massiv
- Geschossdecke -Holz

Teilsanierung d= U=

Bestimmung des U- Wertes bei Teilsanierungen:

$$U_{Ts} = \frac{1}{\frac{1}{U_0} + \frac{d_{Ts}}{0,04}} \quad [W/(m^2K)]$$

- U_{Ts} = U-Wert des Teilsanierten Bauteils $[W/(m^2K)]$
- U_0 = U-Wert des bestehenden Bauteils $[W/(m^2K)]$
- d_{Ts} = Stärke der nachträglichen Dämmung $[m]$

Nach der Auswahl der Außenbauteile, stehen sechs standardisierte Heizungsanlagen zur Auswahl. Die Ermittlung der Anlagenaufwandzahl, des Jahresendenergiebedarfes und des Jahreshilfsenergiebedarfes wird mit dem Diagrammverfahren der DIN 4701-10 erbracht. Die verwendeten Standardanlagen der DIN 4701- 10 sind für die Bewertung von bestehenden Anlagen nicht geeignet, daher wurden diese Werte mit denen der DIN 4101-12 kombiniert.

Eingabemaske Sollzustände

Sanierungsstandard

Altbaustandard
 Neubaustandard
 Niedrigenergiehaus- im- Bestand- Standard 30%
 Niedrigenergiehaus- im- Bestand- Standard 50%

Maßnahmen

Außenwand

(M 1.1) WDVS d=
 (M 1.2) Innendämmung U=
 (M 1.3) Partikelschüttung
 (M 1.4) Vorgehängte Fassade
 (M 1.4.1) Vorgehängte Fassade 2
 (M 1.5) Verblendmauerwerk
 Keine Maßnahmen an der Außenwand

Fenster

(M 2.1) zweischieben WschG U=
 (M 2.2) dreischieben WschG
 Keine Maßnahmen an den Fenstern

Nachdem alle Angaben hinsichtlich des Ist-Zustandes des Gebäudes getätigt wurden, kann mit der Bestimmung des Soll-Zustandes begonnen werden. Dafür kann einer von vier möglichen energetischen Standards ausgewählt werden. Je nach ausgewähltem Standard werden Anforderungen an die verschiedenen Bauteile gestellt. Diese Anforderungen sind auf dem Rechenblatt „Wertetabellen“ hinterlegt. Wenn nun eine Verbesserungsmaßnahme gewählt wurde, wird aus dem U-Wert des ausgewählten Istbauteiles und den speziellen Anforderungen die notwendige Dämmstärke ermittelt.

Bestimmung der notwendigen Dämmstärke:

$$d_{no} = \left(\frac{1}{U_{soll}} - \frac{1}{U_0} \right) * 0,035 \quad [m]$$

$$U_{Soll} = \text{angestrebter U-Wert des Bauteils} \quad [W/(m^2K)]$$

$$U_0 = \text{U-Wert des bestehenden Bauteils} \quad [W/(m^2K)]$$

$$d_{no} = \text{Stärke der notwendigen Dämmung} \quad [m]$$

Die vertriebenen Dämmstoffdicken werden in geraden 2cm Schritten gehandelt, so dass die ermittelte Dämmstoffdicke d_{no} auf eine gerade Dezimale aufgerundet wird. Durch das Auf-runden, ist es notwendig, dass damit der tatsächliche U- Wert ermittelt wird.

Der Vorgang, dass eine Dämmstoffdicke für einen zu erzielenden U- Wert ermittelt wird, ist von auch daher sinnvoll, dass mit diesem Wert die entsprechenden Kosten ermittelt werden.

Die Auswahl der Anlagentechnik ist analog zu der des Ist-Zustandes, es sind 10 Standard-anlagen hinterlegt, von denen eine oder keine gewählt werden kann.

Die Ermittlung der Energieersparnis basiert auf den Differenzbeträgen des Jahresendenergiebedarfes und des Jahreshilfsenergiebedarfes des ermittelten IstZustandes zu den zugehörigen Werten des Sollzustandes.

Die Kostenermittlung läuft eigenständig und hinterlegt auf dem Rechenblatt „Kalkulation“ die Gesamt- und die Sowieso Maßnahmenkosten. Das Kalkulationsrechenblatt ist sehr flexibel einsetzbar. Dabei lassen sich verschiedene Kreditstrukturen und mögliche Bundesfördermittel berücksichtigen.

Der Abschreibungszeitraum kann auf 5, 10, 15 oder 20 Jahre festgelegt werden. Dadurch ändern sich die jährlichen Raten und die zu tilgende Gesamtsumme.

Die Ermittlung der Raten basiert auf den Annuitätenmethode (Formel siehe unten). Den sich ergebenden Raten werden die jährlichen Energiekosteneinsparungen gegenübergestellt. Daraus ergibt sich der Amortisationszeitpunkt.

Annuitätsformel:

$$A = I_0 \cdot x \frac{(1+i)^n \cdot i}{(1+i)^n - 1}$$

- A = Höhe der Rate [€]
- I_0 = Gesamtbetrag [€]
- i = Zinsen [%/100]
- n = Abschreibungszeitraum in Jahren

Vergleich der Ergebnisse des Bewertungsprogramms mit dem Monatsbilanzverfahren

Ein Vergleich der Werte aus der exemplarischen Kalkulation und dem Bewertungsprogramm hat ergeben, dass die ermittelte Jahresheizwärmebedarf nah beieinander liegen (+10%). Eine größere Ungenauigkeit ist durch das Diagrammverfahren der DIN 4108 in das Bewertungsprogramm gelangt. Die zugrunde gelegten Tabellenwerte sind konstant zu hoch angenommen, so dass sich für den Jahresendenergiebedarf Unterschiede von bis zu 30% ergeben. Durch die Modifikation der Tabellenwerte lässt sich diese Abweichung noch korrigieren.

7. Quellenverzeichnis

Normen/Richtlinien:

- [1] DIN 4108; Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden ,1952
- [2] DIN 4108, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, 1969
- [3] DIN 4108, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, 1979
- [4] BGBl, 1976
- [5] Wärmeschutzverordnung, 1977
- [6] DIN 4108, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, 1981
- [7] DIN 4108, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, 2003
- [8] Energieeinsparverordnung 2004

Literatur:

- [10] Bauen und Wohnen in Deutschland; Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, 2003
- [11] Nachträglicher Wärmeschutz für Bauteile und Gebäude, Oswald, Lamers, Schnappauff, 1995
- [12] Bauen heute in alter Substanz, Historische Baubestimmungen und aktuelle Hinweise; Bernhard Dartsch, 1990
- [13] Kommentar zur Wärmeschutzverordnung, 1985
- [14] Wärmeschutzverordnung `95 Der Weg zu Niedrigenergiehäusern, Herbert Ehm, 1996
- [15] Energieeinsparverordnung für die Praxis kommentiert, Hans-Dieter Hegner, Ingrid Vogler , 2002
- [16] Einsparmöglichkeiten beim Räumungswärmebedarf des Wohngebäudebestandes, Gertec, 1995
- [17] Typische Baukonstruktionen von 1860- 1960, R. Ahnert, K.H. Krause, 6. Auflage, 2000
- [18] Energieeffiziente Altbauten, Fred Ranft, Doris Haas-Arndt, 2004
- [19] Altbaumodernisierung im Detail, Konstruktionsempfehlungen, Jörg Böhning, 2001
- [20] Erhalt von Bauteilen- Hohe Qualität- niedrige Kosten, Schmitz, Stannek, 1991
- [21] Einfamilienhäuser von 1900-1960 modernisieren, Hans Weidinger, 2001
- [22] Einfamilienhäuser von 1960-1980 modernisieren, Hans Weidinger, 2001
- [23] U-Werte alter Bauteile; Institut für Bauforschung e.V. Hannover, 2005
- [24] Bauphysik Kalender 2005, Univ.-Prof. Dr.Erch Cziesielski, 2005
- [25] Neue Wege in der Innendämmung, Bine Informationsdienst, 2005
- [26] Kostenermittlung im Altbau, Prof. Dr.-Ing. Rolf Neddermann, 2005
- [27] Handbuch der Bauerneuerung, Angewandte Bauphysik für die Modernisierung von Wohngebäuden, Michael Baikowski, 2004
- [28] EnEV- Novelle 2004 Altbauten, Dipl. Ing. Thorsten Schoch, 2004
- [29] Vom Altbau zum Niedrigenergiehaus, Ingo Gabriel und Heinz Ladener, 2002

- [30] Bauschäden, Analyse und Vermeidung; Jürgen Blaich, 1999
- [31] Baukonstruktionslehre Teil 1, Frick, Knöll, Neumann, Weinbrenner, 31. Auflage
- [32] Altbau Modernisierung, der praktische Leitfaden, Johannes Fechner, 2002
- [33] Heizungsbau spezial, Das Handbuch für kompetente Beratung zur EnEV, Dena, 2004
- [34] Broschüre Besser als ein Neubau; Das Pilotprojekt „Niedrigenergiehaus im Bestand“, dena, 2005.
- [35] Heizungsbau spezial, Das Handbuch für kompetente Beratung zur EnEV, Dena, 2004
- [36] Niedrigenergiehäuser in der Praxis, Heike Scharping, Gudrun Heitmann, Klaus Michael, 2002
- [36] Gebäudetechnische Systemlösungen für Niedrigenergiehäuser, Stefan M. Wirth, 2002
- [37] Blockheizkraftwerke. Ein Leitfaden für den Anwender. Meixner, Stein, 2002
- [38] Handbuch der Gebäudetechnik, Heizung/Lüftung/Energiesparen, 3. Auflage, Pistohl, 2000
- [39] Handbuch der Gebäudetechnik, Heizung/Lüftung/Energiesparen, 3. Auflage, Pistohl, 2000
- [40] Gebäudetechnische Systemlösungen für Niedrigenergiehäuser, Stefan M. Wirth, 2002
- [41] Kostenermittlung im Altbau, Prof. Dr.-Ing. Rolf Neddermann, 2005
- [42] Baukosten 2004/ Instandsetzung/ Sanierung/ Modernisierung/ Umnutzung, Schmitz, Krings, Dahlhaus, Meisel, 2004
- [43] Energiesparendes Bauen im Altbau, BKI, 2002
- [44] Die Heizperiodenbilanz im Vergleich zum Monatsbilanzverfahren, Tobias Loga, 2003
- [45] Leitfaden zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Energiesparinvestitionen im Gebäudebestand, Dr. Andreas Enseling, 2003

Anlagen

Inhaltsverzeichnis:

1.0	Anforderungen der DIN 4108-2	`52 und `60	1
2.0	Anforderungen der DIN 4108-2	`69	2
3.0	Anforderungen der DIN 4108-2	`74	3
4.0	Km- Verfahren Beiblatt DIN 4108	`74	4
5.0	Anforderungen der DIN 4108-2	`81	5
6.0	Km- Verfahren Wärmeschutzverordnung	`82	6
7.0	Anforderungen der Wärmeschutzverordnungen	`77, `82 und `95	7
8.0	Bauteilabmessungen für exemplarische Kalkulation		8
9.0	Kalkulationsergebnisse/ Nachweise		9
10.0	Kalkulationsergebnisse/ Energie		10
11.0	Kalkulationsergebnisse/ Kosten		11
12.0	Kalkulationsergebnisse/ Amortisation		12
13.0	Parameter für die Anlagenberechnung/ Konstantkessel		13
14.0	Parameter für die Anlagenberechnung/ BW		14
15.0	Parameter für die Anlagenberechnung/ BW Solar		15
16.0	Parameter für die Anlagenberechnung/ HP Solar		16
17.0	Parameter für die Anlagenberechnung/ WP Solar		17
18.0	Parameter für die Anlagenberechnung/ BHKW		18
19.0	Parameter für die Anlagenberechnung/ Fernwärme		19
20.0	Parameter für die Anlagenberechnung/ BW Zu/ Ab		20
21.0	Parameter für die Anlagenberechnung/ BW Ab		21

Anforderungen der DIN 4108-2 `52 und `60

		Wärmedurchlasswiderstand (m ² K/W)			Wärmeübergangswiderstand (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	0,13	0,04	1,79	1,56	1,37
	kleinflächige Einzelbauteile								
Wohnungstrennwände	in nicht zentralbeheizten Gebäuden	0,26	0,26	0,34	0,13	0,13	1,92	1,92	1,66
	in zentralbeheizten Gebäuden								
Treppenraumwände	zu Treppenträumen mit wesentlich nied. Innentemperaturen <10°C	0,26	0,26	0,34	0,13	0,13	1,92	1,92	1,66
	zu Treppenträumen mit Innentemperaturen >10°C								
Wohnungstrenndecken	in nicht zentralbeheizten Gebäuden	0,47			0,13	0,13	1,36		
	in zentralbeheizten Gebäuden				0,13	0,13			
Unterer Abschluss nicht unterkellerten Aufenthaltsräume	unmittelbar an das Erdreich grenzend								
	über nicht belüfteten Hohlraum an Erdreich grenzend								
Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen		0,47			0,13	0,04	1,56		
Kellerdecken		0,65			0,17	0,04	1,16		
Decken und Dächer, die Aufenthaltsräume gegen Außenluft abgrenzen	nach unten	1,29	1,51	1,72	0,17	0,04	0,67	0,58	0,52
	nach oben	1,08			0,13	0,04	0,8		

Anforderungen der DIN 4108-2 `69

		Wärmedurchlasswiderstand (m ² K/W)			Wärmeübergangswiderstand (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	0,13	0,04	1,79	1,56	1,37
	kleinflächige Einzelbauteile								
Wohnungstrennwände	in nicht zentralbeheizten Gebäuden	0,26			0,13	0,13	1,92		
	in zentralbeheizten Gebäuden	0,07					3,03		
Treppenraumwände	zu Treppenträumen mit wesentlich nied. Innentemperaturen <10°C	0,26			0,13	0,13	1,92		
	zu Treppenträumen mit Innentemperaturen >10°C								
Wohnungstrenndecken	in nicht zentralbeheizten Gebäuden	0,34			0,13	0,13	1,67		
	in zentralbeheizten Gebäuden	0,17			0,13	0,13	2,33		
Unterer Abschluss nicht unterkellerten Aufenthaltsräume	unmittelbar an das Erdreich grenzend	0,86			0,17	0,00	0,97		
	über nicht belüfteten Hohlraum an Erdreich grenzend								
Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen		0,86			0,13	0,04	0,97		
Kellerdecken		0,86			0,17	0,04	0,93		
Decken und Dächer, die Aufenthaltsräume gegen Außenluft abgrenzen	nach unten	1,29	1,51	1,72	0,17	0,04	0,67	0,58	0,52
	nach oben	1,08			0,13	0,04	0,80		

Anforderungen der DIN 4108-2 `74

		Wärmedurchlasswiderstand (m ² K/W)		Wärmeübergangswiderstand (m ² K/W)		Wärmedurchgangskoeffizient (W/m ² K)	
		WDG I	WDG II	innen	außen	WDG I	WDG II
Aussenwände	allgemein	0,47	0,56	0,13	0,04	1,56	1,37
	kleinflächige Einzelbauteile						
Wohnungstrennwände	in nicht zentralbeheizten Gebäuden	0,26		0,13	0,13	1,92	
	in zentralbeheizten Gebäuden	0,07				3,03	
Treppenraumwände	zu Treppenträumen mit wesentlich nied. Innentemperaturen <10°C	0,26		0,13	0,13	1,92	
	zu Treppenträumen mit Innentemperaturen >10°C						
Wohnungstrenndecken	Wärmestrom von unten nach oben	0,34		0,13	0,13	1,67	
	Wärmestrom von oben nach unten			0,17	0,13	1,56	
Unterer Abschluss nicht unterkellertes Aufenthaltsräume	unmittelbar an das Erdreich grenzend	0,86		0,17	0,00	0,97	
	über nicht belüfteten Hohlraum an Erdreich grenzend						
Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen		0,86		0,13	0,04	0,97	
Kellerdecken		0,86		0,17	0,04	0,93	
Decken und Dächer, die Aufenthaltsräume gegen Außenluft abgrenzen	nach unten	1,72		0,17	0,04	0,52	
	nach oben	1,29		0,13	0,04	0,68	

km-Verfahren aus dem Beiblatt zur DIN 4108 von 1974

Beschränkung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Fenstern auf höchstens 3,49 W/m²*K .Dabei müssen transparente und opake Bauteile 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 Forderungen 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.

$$k_m = 0,85 \times K_W + 0,15 * 3,2 \leq 1,86$$
$$K_W \leq 1,62 \quad \left[\frac{W}{m^2 * K} \right]$$

Daraus folgt, dass der Wärmedurchgangskoeffizient der Außenwand nicht größer als 1,62 W/(m² K)sein darf. Dadurch, dass der Mindestwärmeschutz für Außenwände bei 1,56 W/(m² K) liegt, muss der Wert aus dem Km-Verfahren für die Anforderungen in BZS 3 nicht berücksichtigt werden.

km-Verfahren aus der Wärmeschutzverordnung `77

Beschränkung des mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten auf höchstens 1,45 W/m²*K

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

Aus 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.

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

Daraus folgt, dass der Wärmedurchgangskoeffizient der Außenwand nicht größer als 1,14 W/(m² K) sein darf. Dadurch, dass der Mindestwärmeschutz für Außenwände bei 1,38 W/(m² K) liegt , wird der Wert aus dem Km-Verfahren für die Anforderungen in BZS 4 berücksichtigt.

Anforderungen der DIN 4108-2 `81

		Wärmedurchlasswiderstand (m ² K/W)	Wärmeübergangswiderstand (m ² K/W)		Wärmedurchgangskoeffizient (W/m ² K)
			innen	außen	
Aussenwände	allgemein	0,55	0,13	0,04	1,38
	kleinflächige Einzelbauteile	0,74			1,56
Wohnungstrennwände	in nicht zentralbeheizten Gebäuden	0,25	0,13	0,13	1,96
	in zentralbeheizten Gebäuden	0,07			3,03
Treppenraumwände	zu Treppenträumen mit wesentlich nied. Innentemperaturen <10°C	0,25	0,13	0,13	1,96
	zu Treppenträumen mit Innentemperaturen >10°C				
Wohnungstrenndecken		0,35	0,13		1,64
Unterer Abschluss nicht unterkellerteter Aufenthaltsräume	unmittelbar an das Erdreich grenzend	0,9	0,17	0,00	0,93
	über nicht belüfteten Hohlraum an Erdreich grenzend				0,81
Decken unter nicht ausgebauten Dachräumen			0,13	0,04	0,90
Kellerdecken			0,17	0,04	0,81
Decken und Dächer, die Aufenthaltsräume gegen Außenluft abgrenzen	nach unten	1,75	0,17	0,04	0,51
	nach oben	1,1	0,13	0,04	0,79

Km-Verfahren aus der Wärmeschutzverordnung '82

Beschränkung des mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten auf höchstens 1,20 W/m²*K

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

Aus diesen beiden Forderung und dem ermittelten durchschnittlichen Fensterflächenanteil von ca. 15% (siehe Kapitel Typologie) resultiert die Wahl des Wärmedurchgangskoeffizienten des Fensters auf 2,90 W/m²*K mit einem g – Wert von 0,76.

$$k_m = 0,85 * K_W + 0,15 * 2,90 \leq 1,20$$
$$K_W \leq 0,90 \quad \left[\frac{W}{m^2 * K} \right]$$

Daraus folgt, dass der Wärmedurchgangskoeffizient der Außenwand nicht größer als 0,90 W/m² K sein darf. Dadurch, dass der Mindestwärmeschutz für Außenwände bei 1,38 W/m² K liegt, wird der Wert aus dem Km-Verfahren für die Anforderungen in BZS 5 berücksichtigt.

**Anforderungen der Wärmeschutzverordnungen `77, `82 und `95
 nach dem Bauteilverfahren**

			WSchVO 1977	WSchVO 1984	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

Bauteilabmessungen für exemplarische Kalkulation

Bauteil		
Außen-wand- fläche [m ²]	Nord	35.65
	Süd	32.93
	West	37.04
	Ost	39.83
Fenster-fläche [m ²]	Nord	7.65
	Süd	9.11
	West	9.23
	Ost	5.66
Dach-fläche [m ²]	West	32.30
	Ost	32.42
Dach-flächen- fenster [m ²]	West	0.95
	Ost	0.69
Kehlgebälk [m ²]		67.00
Kellerdecke [m ²]		121.48
Volumen [m ³]		521.09
Hüllfläche [m ²]		431.93
A/V [m ⁻¹]		0.83
Gebäude-nutzfläche [m ²]		166.75
Außenwandfläche [m ²]		243.45
Fensterfläche [m ²]		33.28
Fensterflächen-anteil [%]		13.67
Dachneigung [°]		33.71

Kalkulationsergebnisse / Nachweise

Maßnahme	Q _H	H _T	H _T zulässig	Q _P	Q _P zulässig
	[kWh/m ² a]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[kWh/m ² a]	[kWh/m ² a]
Istzustand	256,7	1,34		378,12	
Altbaustandard a					
M 1.1	93,55	0,45	0,68	181,22	165,2
M 1.2	102,4	0,5	0,68	191,92	165,2
M 1.4	93,55	0,45	0,68	181,22	165,2
M 1.5	93,25	0,45	0,68	181,2	165,2
Altbaustandard b					
M 5.0, 6.0	256,7	1,34	0,68	309,58	165,2
Altbaustandard a + b	93,55	0,45	0,68	121,96	165,2
Neubaustandard					
M 1.1, 1.4	78,57	0,37	0,49	115,79	118,99
M 1.2	87,34	0,42	0,49	120,69	118,99
M 1.5	78,57	0,37	0,49	115,79	118,99
NEH- Standard A					
M. TH+ BW	64,37	0,29	0,34	99,93	82,6
M. TH+ BW und Solar	64,37	0,29	0,34	85,86	82,6
M. TH+ HP und Solar	64,37	0,29	0,34	25,06	82,6
M. TH+ WP und Solar	64,37	0,29	0,34	79,69	82,6
M. TH+ BHKW	64,37	0,29	0,34	77,63	82,6
M. TH+ Fernwärme	64,37	0,29	0,34	113,19	82,6
M. TH+ BW+ Zu- und Abluft	61,27	0,29	0,34	72,78	82,6
M. TH+ BW+ Abluft	61,27	0,29	0,34	88,64	82,6
NEH- Standard B					
M. TH+ BW	51,58	0,23	0,23	83,31	59,4
M. TH+ BW und Solar	51,58	0,23	0,23	72,57	59,4
M. TH+ HP und Solar	51,58	0,23	0,23	22,78	59,4
M. TH+ WP und Solar	51,58	0,23	0,23	68,62	59,4
M. TH+ BHKW	51,58	0,23	0,23	68,59	59,4
M. TH+ Fernwärme	51,58	0,23	0,23	67,46	59,4
					59,4
M. TH+ BW+ Zu- und Abluft	48,51	0,23	0,23	55,05	59,4
M. TH+ BW+ Abluft	48,51	0,23	0,23	75,38	59,4

Kalkulationsergebnisse / Energie

Maßnahmen	Endenergiebedarf QE/ HE [kWh/m²a]	Energieeinsparung		CO ₂ - Einsparung [kg/ m²a]
		absolut [kWh/a]	prozentual %	
Istzustand	335,71/ 3,08	0	0	0
Altbaustandard a				
M. TH (1.1)	156,34/ 3,08	29831,86	53,53	72,9
M. TH (1.2)	166,07/ 3,08	28160,24	50,53	68,92
M. TH (1.4)	156,34/ 3,08	29831,86	53,53	72,9
M. TH (1.4.1)	156,34/ 3,08	29831,86	53,53	72,9
M. TH (1.5)	156,34/ 3,08	29831,86	53,53	72,9
Altbaustandard b				
M 5.0, 6.0	286,21/ 2,96	8217	14,74	38,2
Altbaustandard a + b	105,92/ 2,96	38145,14	68,44	86,95
Neubaustandard				
M. TH (1.1)+ BW	99,75/ 2,96	39169,36	70,28	91,42
M. TH (1.2)+ BW	104,65/ 2,96	38355,96	68,82	88,79
M. TH (1.4)+ BW	99,75/ 2,96	39169,36	70,28	91,42
M. TH (1.4.1)+ BW	99,75/ 2,96	39169,36	70,28	91,42
M. TH (1.5)+ BW	99,75/ 2,96	39169,36	70,28	91,42
NEH- Standard A				
M. TH+ BW	77,34/ 2,96	42889,42	76,96	95,68
M. TH+ BW und Solar	69,82/ 3,42	44137,74	79,2	98,68
M. TH+ HP und Solar	72,22/ 4,21	43739,34	78,48	118,2
M. TH+ WP und Solar	23,28/ 3,62	51863,38	93,06	98,2
M. TH+ BHKW	93,33/ 4,1	40235,08	72,19	93,75
M. TH+ Fernwärme	91,72/ 4,10	40502,34	72,67	95,04
M. TH+ BW+ Zu- und Abluft	47,11/ 5,94	47907,6	85,96	101,61
M. TH+ BW+ Abluft	61,27/ 5,41	45557,04	81,74	96,61
NEH- Standard B				
M. TH+ BW	67,87/ 2,96	44466,42	79,79	99,52
M. TH+ BW und Solar	53,74/ 3,42	46807,02	83,99	102,52
M. TH+ HP und Solar	54,81/ 4,21	46629,4	83,67	118,2
M. TH+ WP und Solar	19,25/ 3,62	52532,36	94,26	102,01
M. TH+ BHKW	80,42/ 4,10	42378,14	76,04	96,94
M. TH+ Fernwärme	78,80/ 4,10	42647,06	76,52	99,01
M. TH+ BW+ Zu- und Abluft	30,99/ 5,92	50583,52	90,76	104,44
M. TH+ BW+ Abluft	50,83/ 5,39	47290,08	84,85	100,44

Kalkulationsergebnisse / Kosten

Maßnahme	Modernisierungskosten		SM- Kosten absolut [€]	energetische Modernisierungskosten	
	absolut [€]	pro m ² Nfl [€/m ²]		absolut [€]	pro m ² Wfl [€/m ²]
Altbaustandard 1a					
M. TH (1.1)	33601,7	202,41	10821,4	22780,18	137,23
M. TH (1.2)	29962,4	180,49	8109,9	21852,24	131,64
M. TH (1.4)	39764,4	239,54	10821,4	28942,1	174,35
M. TH (1.4.1)	36124,9	217,61	10821,4	25303,38	152,43
M. TH (1.5)	43441,7	261,69	10821,4	32619	196,5
Altbaustandard 1b					
M 5.0, 6.0	4950	29,81	980	3819,66	23,01
Altbaustandard 1a + 1b	38401,7	231,33	11801,4	26599,84	160,24
Neubaustandard					
M. TH (1.1)+ BW	40746,7	245,46	11801,4	28981,94	174,59
M. TH (1.2)+ BW	31207,05	187,99	8109,9	23097,6	139,14
M. TH (1.4)+ BW	46702,3	281,3	11801,4	34900,9	210,24
M. TH (1.4.1)+ BW	42963,6	258,81	11801,4	31162,2	187,72
M. TH (1.5)+ BW	51214,8	308,52	11801,4	39413,4	237,43
NEH- Standard A					
M. TH+ BW	42220,8	254,34	11801,4	30419,4	183,25
M. TH+ BW und Solar	45000,8	271,08	11801,4	33199,4	199,99
M. TH+ HP und Solar (MF)	471080,8	284,21	11801,4	35379,4	213,12
M. TH+ HP und Solar (OF)	48880,8	294,46	11801,4	37079,4	223,36
M. TH+ WP und Solar	55190,8	332,47	11801,4	43389,4	261,38
M. TH+ BHKW	59420,8	357,95	11801,4	47619,4	286,86
M. TH+ Fernwärme	37426,8	225,46	11801,4	25625,4	154,36
M. TH+ BW+ Zu- und Abluft	51981,6	313,14	11801,4	40180,2	242,04
M. TH+ BW+ Abluft	42420,8	255,54	11801,4	30619,4	184,45
NEH- Standard B					
M. TH+ BW	44995,7	271,05	11801,4	33194,3	199,96
M. TH+ BW und Solar	49165,7	296,17	11801,4	37364,3	225,08
M. TH+ HP und Solar	50315,7	303,1	11801,4	38514,3	232,01
M. TH+ WP und Solar	57815,7	348,28	11801,4	46014,3	277,19
M. TH+ BHKW	62045,7	373,76	11801,4	50244,3	302,67
M. TH+ Fernwärme	46045,7	277,38	11801,4	34244,3	206,29
M. TH+ BW+ Zu- und Abluft	54756,5	329,85	11801,4	42955,1	258,76
M. TH+ BW+ Abluft	46995,7	283,1	11801,4	35194,3	212,01

Kalkulationsergebnisse / Amortisation

Maßnahmen	Tilgung (€/ a)	Einsparung (€/ a)	Amortisation (a)
Altbaustandard 1a			
M. TH (1.1)	1731,99	1939,2	17
M. TH (1.2)	1661,41	1830,4	16
M. TH (1.4)	2200,59	1939,2	>20
M. TH (1.4.1)	1923,8	1939,2	18
M. TH (1.5)	2480,04	1939,2	>20
Altbaustandard 1b			
M. 5.0, 6.0	336,88	534,4	12
Altbaustandard 1a + 1b	2022,43	2479,43	16
Neubaustandard			
M. TH (1.1)+ BW	2203,54	2545,98	17
M. TH (1.2)+ BW	1724,83	24931,13	14
M. TH (1.4)+ BW	2653,52	2545,98	>20
M. TH (1.4.1)+ BW	2369,31	2545,98	18
M. TH (1.5)+ BW	2996,65	2545,98	>20
NEH- Standard A			
M. TH+ BW	2659,69	2787,88	19
M. TH+ BW und Solar	2524,2	2868,95	17
M. TH+ HP und Solar	2819,16	2843,03	19
M. TH+ WP und Solar	3298,92	3371,11	19
M. TH+ BHKW	3620	3155,27	>20
M. TH+ Fernwärme	1984,34	2632,65	14
M. TH+ BW+ Zu- und Abluft	3054,93	3113,95	19
M. TH+ BW+ Abluft	2826	2961,2	19
NEH- Standard B			
M. TH+ BW	2902	2890,29	>20
M. TH+ BW und Solar	3266	3042,45	>20
M. TH+ HP und Solar	2928,31	3030,88	19
M. TH+ WP und Solar	4023,27	3414,58	>20
M. TH+ BHKW	3820	3294,57	>20
M. TH+ Fernwärme	2994	2772,05	>20
M. TH+ BW+ Zu- und Abluft	3265	3287,89	19
M. TH+ BW+ Abluft	3077,2	3073,85	>20

ohne 15% TE

ohne 15% TE

Berechnungsgrundlage Anlagentechnik (Konstanttemperaturkessel)

Heizung			
Wärme			
Parameter		Dimension	
qce	Flächenbezogener Verlust der Wärmeabgabe im Raum	[kWh/m ² *a]	3,3
qd	Flächenbezogener Verlust der Wärmeverteilung	[kWh/m ² *a]	8,2
qs	Flächenbezogener Verlust der Wärmespeicherung	[kWh/m ² *a]	1,9
alpha g	Wärmeerzeuger - Deckungsanteil	[-]	1,08
eg	Aufwandszahl der Erzeugung Heizkessel	[-]	1,05
fp	Primärenergiefaktor	[-]	1,30
Hilfsenergie			
Parameter		Dimension	
qce, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - Wärmeabgabe	[kWh/m ² *a]	0
qd, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - Wärmeverteilung	[kWh/m ² *a]	1,89
qs, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - Wärmespeicherung	[kWh/m ² *a]	0,0
alpha g	Wärmeerzeuger - Deckungsanteil	[-]	1,0
qg, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - Wärmeerzeuger	[kWh/m ² *a]	0,72
fp	Primärenergiefaktor	[-]	3
Trinkwassererwärmung			
Wärme			
Parameter		Dimension	
q TW, ce	Flächenbez. Energiebedarf Nutzenübergabe TW-Erwärmung	[kWh/m ² *a]	0
q TW, d	Flächenbezogener Wärmeverlust TW-Verteilung	[kWh/m ² *a]	11,0
q h, TW, d	Flächenbezogene Heizwärmegutschrift TW-Verteilung	[kWh/m ² *a]	1,50
q TW, s	Flächenbezogener Wärmeverlust TW-Speicherung	[kWh/m ² *a]	4,80
q h, TW, s	Flächenbezogene Heizwärmegutschrift TW-Speicherung	[kWh/m ² *a]	0
alpha TW, g	Trinkwassererwärmung - Deckungsanteil	[-]	1,00
e TW, g	Aufwandszahl der TW - Erwärmung	[-]	1,75
f p	Primärenergiefaktor	[-]	1,1
Hilfsenergie			
Parameter		Dimension	
q TW, ce, HE	Flächenb. Hilfsenergiebed. Nutzenübergabe TW-Erw.	[kWh/m ² *a]	0
q TW, d, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - TW-Verteilung	[kWh/m ² *a]	0,74
q, TW, s, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf TW-Speicherung	[kWh/m ² *a]	0,08
alpha TW, g	Trinkwassererwärmung - Deckungsanteil	[-]	1
q TW, g, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - TW-Erwärmung	[kWh/m ² *a]	0,27
fp	Primärenergiefaktor	[-]	3

Berechnungsgrundlage Anlagentechnik (Brennwertkessel)

Heizung			
Wärme			
Parameter		Dimension	
qce	Flächenbezogener Verlust der Wärmeabgabe im Raum	[kWh/m ² *a]	0,7
qd	Flächenbezogener Verlust der Wärmeverteilung	[kWh/m ² *a]	3,2
qs	Flächenbezogener Verlust der Wärmespeicherung	[kWh/m ² *a]	1
alpha g	Wärmeerzeuger - Deckungsanteil	[-]	0,9
eg	Aufwandszahl der Erzeugung Heizkessel	[-]	1,05
fp	Primärenergiefaktor	[-]	1,1
Hilfsenergie			
Parameter		Dimension	
qce, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - Wärmeabgabe	[kWh/m ² *a]	0
qd, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - Wärmeverteilung	[kWh/m ² *a]	1,25
qs, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - Wärmespeicherung	[kWh/m ² *a]	0
alpha g	Wärmeerzeuger - Deckungsanteil	[-]	1
qg, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - Wärmeerzeuger	[kWh/m ² *a]	0,58
fp	Primärenergiefaktor	[-]	3
Trinkwassererwärmung			
Wärme			
Parameter		Dimension	
q TW, ce	Flächenbez. Energiebedarf Nutzenübergabe TW-Erwärmung	[kWh/m ² *a]	0
q TW, d	Flächenbezogener Wärmeverlust TW-Verteilung	[kWh/m ² *a]	11,1
q h, TW, d	Flächenbezogene Heizwärmegutschrift TW-Verteilung	[kWh/m ² *a]	1,73
q TW, s	Flächenbezogener Wärmeverlust TW-Speicherung	[kWh/m ² *a]	4,47
q h, TW, s	Flächenbezogene Heizwärmegutschrift TW-Speicherung	[kWh/m ² *a]	0
alpha TW, g	Trinkwassererwärmung - Deckungsanteil	[-]	1
e TW, g	Aufwandszahl der TW - Erwärmung	[-]	1,15
f p	Primärenergiefaktor	[-]	1,1
Hilfsenergie			
Parameter		Dimension	
q TW, ce, HE	Flächenb. Hilfsenergiebed. Nutzenübergabe TW-Erw.	[kWh/m ² *a]	0
q TW, d, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - TW-Verteilung	[kWh/m ² *a]	0,77
q, TW, s, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf TW-Speicherung	[kWh/m ² *a]	0,08
alpha TW, g	Trinkwassererwärmung - Deckungsanteil	[-]	1
q TW, g, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - TW-Erwärmung	[kWh/m ² *a]	0,23
fp	Primärenergiefaktor	[-]	3

Berechnungsgrundlage Anlagentechnik (Brennwertkessel+Solark.)

Heizung			
Wärme			
Parameter		Dimension	
qce	Flächenbezogener Verlust der Wärmeabgabe im Raum	[kWh/m ² *a]	0,7
qd	Flächenbezogener Verlust der Wärmeverteilung	[kWh/m ² *a]	5,1
qs	Flächenbezogener Verlust der Wärmespeicherung	[kWh/m ² *a]	1,0
alpha g	Wärmeerzeuger - Deckungsanteil	[-]	0,9/0,10
eg	Aufwandszahl der Erzeugung Heizkessel	[-]	1,05
fp	Primärenergiefaktor	[-]	1,1
Hilfsenergie			
Parameter		Dimension	
qce, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - Wärmeabgabe	[kWh/m ² *a]	0,7
qd, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - Wärmeverteilung	[kWh/m ² *a]	1,3
qs, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - Wärmespeicherung	[kWh/m ² *a]	0,75
alpha g	Wärmeerzeuger - Deckungsanteil	[-]	0,9/0,1
qg, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - Wärmeerzeuger	[kWh/m ² *a]	0,64/0,0
fp	Primärenergiefaktor	[-]	3
Trinkwassererwärmung			
Wärme			
Parameter		Dimension	
q TW, ce	Flächenbez. Energiebedarf Nutzenübergabe TW-Erwärmung	[kWh/m ² *a]	0
q TW, d	Flächenbezogener Wärmeverlust TW-Verteilung	[kWh/m ² *a]	4,1
q h, TW, d	Flächenbezogene Heizwärmegutschrift TW-Verteilung	[kWh/m ² *a]	2,3
q TW, s	Flächenbezogener Wärmeverlust TW-Speicherung	[kWh/m ² *a]	2,5
q h, TW, s	Flächenbezogene Heizwärmegutschrift TW-Speicherung	[kWh/m ² *a]	1,1
alpha TW, g	Trinkwassererwärmung - Deckungsanteil	[-]	0,51
e TW, g	Aufwandszahl der TW - Erwärmung	[-]	0,19
f p	Primärenergiefaktor	[-]	0,2
Hilfsenergie			
Parameter		Dimension	
q TW, ce, HE	Flächenb. Hilfsenergiebed. Nutzenübergabe TW-Erw.	[kWh/m ² *a]	0
q TW, d, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - TW-Verteilung	[kWh/m ² *a]	0,82
q, TW, s, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf TW-Speicherung	[kWh/m ² *a]	0,0
alpha TW, g	Trinkwassererwärmung - Deckungsanteil	[-]	0,49
q TW, g, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - TW-Erwärmung	[kWh/m ² *a]	0,19
fp	Primärenergiefaktor	[-]	3

Berechnungsgrundlage Anlagentechnik (HP- Brennwertkessel+ Solark.)

Heizung			
Wärme			
Parameter		Dimension	
qce	Flächenbezogener Verlust der Wärmeabgabe im Raum	[kWh/m ² *a]	0,7
qd	Flächenbezogener Verlust der Wärmeverteilung	[kWh/m ² *a]	3,1
qs	Flächenbezogener Verlust der Wärmespeicherung	[kWh/m ² *a]	1
alpha g	Wärmeerzeuger - Deckungsanteil	[-]	0,9/0,10
eg	Aufwandszahl der Erzeugung Heizkessel	[-]	1,05
fp	Primärenergiefaktor	[-]	0,2
Hilfsenergie			
Parameter		Dimension	
qce, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - Wärmeabgabe	[kWh/m ² *a]	0,7
qd, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - Wärmeverteilung	[kWh/m ² *a]	1,3
qs, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - Wärmespeicherung	[kWh/m ² *a]	0,75
alpha g	Wärmeerzeuger - Deckungsanteil	[-]	0,9/0,1
qg, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - Wärmeerzeuger	[kWh/m ² *a]	0,58
fp	Primärenergiefaktor	[-]	3
Trinkwassererwärmung			
Wärme			
Parameter		Dimension	
q TW, ce	Flächenbez. Energiebedarf Nutzenübergabe TW-Erwärmung	[kWh/m ² *a]	0
q TW, d	Flächenbezogener Wärmeverlust TW-Verteilung	[kWh/m ² *a]	4,1
q h, TW, d	Flächenbezogene Heizwärmegutschrift TW-Verteilung	[kWh/m ² *a]	2,3
q TW, s	Flächenbezogener Wärmeverlust TW-Speicherung	[kWh/m ² *a]	2,5
q h, TW, s	Flächenbezogene Heizwärmegutschrift TW-Speicherung	[kWh/m ² *a]	1,1
alpha TW, g	Trinkwassererwärmung - Deckungsanteil	[-]	0,51
e TW, g	Aufwandszahl der TW - Erwärmung	[-]	0,19
f p	Primärenergiefaktor	[-]	0,2
Hilfsenergie			
Parameter		Dimension	
q TW, ce, HE	Flächenb. Hilfsenergiebed. Nutzenübergabe TW-Erw.	[kWh/m ² *a]	0
q TW, d, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - TW-Verteilung	[kWh/m ² *a]	0,77
q, TW, s, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf TW-Speicherung	[kWh/m ² *a]	0,0
alpha TW, g	Trinkwassererwärmung - Deckungsanteil	[-]	0,49
q TW, g, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - TW-Erwärmung	[kWh/m ² *a]	0,19
fp	Primärenergiefaktor	[-]	3

Berechnungsgrundlage Anlagentechnik (Wärmepumpe +Solark.)

Heizung			
Wärme			
Parameter		Dimension	
qce	Flächenbezogener Verlust der Wärmeabgabe im Raum	[kWh/m ² *a]	0,7
qd	Flächenbezogener Verlust der Wärmeverteilung	[kWh/m ² *a]	2,81
qs	Flächenbezogener Verlust der Wärmespeicherung	[kWh/m ² *a]	0,2
alpha g	Wärmeerzeuger - Deckungsanteil	[-]	0,85/0,10
eg	Aufwandszahl der Erzeugung Heizkessel	[-]	0,37
fp	Primärenergiefaktor	[-]	3
Hilfsenergie			
Parameter		Dimension	
qce, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - Wärmeabgabe	[kWh/m ² *a]	0,7
qd, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - Wärmeverteilung	[kWh/m ² *a]	1,35
qs, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - Wärmespeicherung	[kWh/m ² *a]	0,75
alpha g	Wärmeerzeuger - Deckungsanteil	[-]	0,85/0,1
qg, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - Wärmeerzeuger	[kWh/m ² *a]	0
fp	Primärenergiefaktor	[-]	3
Trinkwassererwärmung			
Wärme			
Parameter		Dimension	
q TW, ce	Flächenbez. Energiebedarf Nutzenübergabe TW-Erwärmung	[kWh/m ² *a]	0
q TW, d	Flächenbezogener Wärmeverlust TW-Verteilung	[kWh/m ² *a]	4,1
q h, TW, d	Flächenbezogene Heizwärmegutschrift TW-Verteilung	[kWh/m ² *a]	1,9
q TW, s	Flächenbezogener Wärmeverlust TW-Speicherung	[kWh/m ² *a]	2,5
q h, TW, s	Flächenbezogene Heizwärmegutschrift TW-Speicherung	[kWh/m ² *a]	1,1
alpha TW, g	Trinkwassererwärmung - Deckungsanteil	[-]	0,51
e TW, g	Aufwandszahl der TW - Erwärmung	[-]	0,3
f p	Primärenergiefaktor	[-]	3
Hilfsenergie			
Parameter		Dimension	
q TW, ce, HE	Flächenb. Hilfsenergiebed. Nutzenübergabe TW-Erw.	[kWh/m ² *a]	0
q TW, d, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - TW-Verteilung	[kWh/m ² *a]	0,82
q, TW, s, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf TW-Speicherung	[kWh/m ² *a]	0,0
alpha TW, g	Trinkwassererwärmung - Deckungsanteil	[-]	0,49
q TW, g, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - TW-Erwärmung	[kWh/m ² *a]	0,0
fp	Primärenergiefaktor	[-]	3

Berechnungsgrundlage Anlagentechnik (BHKW)

Heizung			
Wärme			
Parameter		Dimension	
q _{ce}	Flächenbezogener Verlust der Wärmeabgabe im Raum	[kWh/m ² *a]	0,7
q _d	Flächenbezogener Verlust der Wärmeverteilung	[kWh/m ² *a]	5,81
q _s	Flächenbezogener Verlust der Wärmespeicherung	[kWh/m ² *a]	2,0
alpha g	Wärmeerzeuger - Deckungsanteil	[-]	1
eg	Aufwandszahl der Erzeugung Heizkessel	[-]	1,01
fp	Primärenergiefaktor	[-]	0,7
Hilfsenergie			
Parameter		Dimension	
q _{ce, HE}	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - Wärmeabgabe	[kWh/m ² *a]	0,7
q _{d, HE}	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - Wärmeverteilung	[kWh/m ² *a]	1,35
q _{s, HE}	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - Wärmespeicherung	[kWh/m ² *a]	0,75
alpha g	Wärmeerzeuger - Deckungsanteil	[-]	1
q _{g, HE}	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - Wärmeerzeuger	[kWh/m ² *a]	0,0
fp	Primärenergiefaktor	[-]	3
Trinkwassererwärmung			
Wärme			
Parameter		Dimension	
q TW, ce	Flächenbez. Energiebedarf Nutzenübergabe TW-Erwärmung	[kWh/m ² *a]	0
q TW, d	Flächenbezogener Wärmeverlust TW-Verteilung	[kWh/m ² *a]	4,1
q h, TW, d	Flächenbezogene Heizwärmegutschrift TW-Verteilung	[kWh/m ² *a]	1,9
q TW, s	Flächenbezogener Wärmeverlust TW-Speicherung	[kWh/m ² *a]	3,9
q h, TW, s	Flächenbezogene Heizwärmegutschrift TW-Speicherung	[kWh/m ² *a]	1,7
alpha TW, g	Trinkwassererwärmung - Deckungsanteil	[-]	1
e TW, g	Aufwandszahl der TW - Erwärmung	[-]	1,14
f p	Primärenergiefaktor	[-]	0,7
Hilfsenergie			
Parameter		Dimension	
q TW, ce, HE	Flächenb. Hilfsenergiebed. Nutzenübergabe TW-Erw.	[kWh/m ² *a]	0
q TW, d, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - TW-Verteilung	[kWh/m ² *a]	0,82
q, TW, s, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf TW-Speicherung	[kWh/m ² *a]	0,08
alpha TW, g	Trinkwassererwärmung - Deckungsanteil	[-]	1
q TW, g, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - TW-Erwärmung	[kWh/m ² *a]	0,40
fp	Primärenergiefaktor	[-]	3

Berechnungsgrundlage Anlagentechnik (Fernwärmeanschluss)

Heizung			
Wärme			
Parameter		Dimension	
qce	Flächenbezogener Verlust der Wärmeabgabe im Raum	[kWh/m ² *a]	0,7
qd	Flächenbezogener Verlust der Wärmeverteilung	[kWh/m ² *a]	5,1
qs	Flächenbezogener Verlust der Wärmespeicherung	[kWh/m ² *a]	1,1
alpha g	Wärmeerzeuger - Deckungsanteil	[-]	1
eg	Aufwandszahl der Erzeugung Heizkessel	[-]	1,01
fp	Primärenergiefaktor	[-]	0,7/1,3
Hilfsenergie			
Parameter		Dimension	
qce, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - Wärmeabgabe	[kWh/m ² *a]	0,7
qd, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - Wärmeverteilung	[kWh/m ² *a]	1,35
qs, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - Wärmespeicherung	[kWh/m ² *a]	0,75
alpha g	Wärmeerzeuger - Deckungsanteil	[-]	1
qg, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - Wärmeerzeuger	[kWh/m ² *a]	0,0
fp	Primärenergiefaktor	[-]	3
Trinkwassererwärmung			
Wärme			
Parameter		Dimension	
q TW, ce	Flächenbez. Energiebedarf Nutzenübergabe TW-Erwärmung	[kWh/m ² *a]	0
q TW, d	Flächenbezogener Wärmeverlust TW-Verteilung	[kWh/m ² *a]	4,1
q h, TW, d	Flächenbezogene Heizwärmegutschrift TW-Verteilung	[kWh/m ² *a]	1,9
q TW, s	Flächenbezogener Wärmeverlust TW-Speicherung	[kWh/m ² *a]	3,9
q h, TW, s	Flächenbezogene Heizwärmegutschrift TW-Speicherung	[kWh/m ² *a]	1,7
alpha TW, g	Trinkwassererwärmung - Deckungsanteil	[-]	1
e TW, g	Aufwandszahl der TW - Erwärmung	[-]	1,14
f p	Primärenergiefaktor	[-]	0,7/1,3
Hilfsenergie			
Parameter		Dimension	
q TW, ce, HE	Flächenb. Hilfsenergiebed. Nutzenübergabe TW-Erw.	[kWh/m ² *a]	0
q TW, d, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - TW-Verteilung	[kWh/m ² *a]	0,82
q, TW, s, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf TW-Speicherung	[kWh/m ² *a]	0,08
alpha TW, g	Trinkwassererwärmung - Deckungsanteil	[-]	1
q TW, g, HE	Flächenbezogener Hilfsenergiebedarf - TW-Erwärmung	[kWh/m ² *a]	0,40
fp	Primärenergiefaktor	[-]	3

Handbuch

Bewertungsprogramm S05

Hochschule für angewandte Wissenschaften und Kunst
Fachhochschule Hildesheim
Fakultät Bauwesen
Fachrichtung Architektur

Thorben Schillberg
Mat.-Nr. 334378
Hannover

Diplomthema

Untersuchung zur Wirtschaftlichkeit von Energiesparmaßnahmen
an Gebäuden im Bestand

SS 2005

Inhaltsverzeichnis:

1.0	Einleitung	3
2.0	Eingabemaske Ist-Zustand	4
3.0	Eingabemaske Sollzustand	9
4.0	Eingabemaske Kalkulation	12
5.0	Flächenschätzung	15

1.0 Einleitung

Das Bewertungsprogramm baut auf den Erkenntnissen der Diplomarbeit „Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit von Energiesparmaßnahmen im Bestand unter Berücksichtigung besonderer Instandsetzungsvarianten“ auf. Die ermittelten Werte und Ergebnisse wurden nach bestem Wissen und Gewissen erarbeitet, haben aber dennoch keinen Anspruch auf endgültige Richtigkeit.

Das Bewertungsprogramm versteht sich nicht als verbindliche „Rechenmaschine“ zur Ermittlung von Energieverbrauch und Modernisierungskosten, sondern eher als ein Werkzeug, mit dessen Hilfe eine tendenzielle wirtschaftliche Einschätzung von möglichen Modernisierungsmaßnahmen ermöglicht wird.

Für die Entwicklung der jeweiligen Eingabe- und Auswahlfelder wurde von einer serviceorientierten Beratung für potentielle Kunden, die sich für eine energetische Modernisierung ihrer Immobilie interessieren, ausgegangen.

Die für eine wirtschaftliche Bewertung notwendigen Eingabemasken, sind durch die gelb eingefärbten Reiter erkennbar.

Auf den anderen Masken befinden sich die entsprechenden Grunddaten für Bauteile, Kosten, Klima, etc... Diese Werte können ohne weiteres erweitert oder modifiziert werden.

Die Einträge in die vorhandenen Eingabefelder sind für eine Bewertung zwingend notwendig, sie sind durch ihre weiße Feldhinterlegung zu erkennen.

Man muss darauf hinweisen, dass der ermittelte Energieverbrauch nicht mit einem realen verbindlichen Verbrauch zu verwechseln ist, da sich ein realitätsnaher Verbrauch nur mittels einer numerischen Gebäudesimulation unter einstationären Bedingungen bestimmen lässt. Die ermittelten Ergebnisse sind vielmehr als Tendenz zu sehen.

2.0 Eingabemaske Ist-Zustand

Für die Ermittlung der Bauteilflächen sind folgende Eingaben und Auswahlfelder notwendig:

- Geschossanzahl
- beheizte Wohnfläche
- lichte Raumhöhe
- Nachbargebäude
- Dach
- Grundriss

Eingabemaske Istzustand

Anzahl Vollgeschosse Baujahr

beheizte Wohnfläche (m²) Personen

lichte Raumhöhe (ca.) (m) Fensterflächenanteil (m²/Aw)

direkt angrenzende Nachbargebäude

keins (freistehend)

auf einer Seite

auf zwei Seiten

Grundriss

kompakt

langgestreckt, verwinkelt

Dach

Flachdach oder flach geneigtes Dach

Dachgeschoss teilweise beheizt

Dachgeschoss unbeheizt

Dachgeschoss voll beheizt

Dachhauben oder andere Dachaufbauten vorhanden

Abb. 1.0 Teilausschnitt Eingabemaske Ist-Zustand

Anhand dieser Eingaben wird auf der Maske „Flächenschätzverfahren“ die zugehörigen Werte ermittelt und für die spätere Berechnung des Jahresheizwärmebedarfes zur Verfügung gestellt. Die Formeln sind Kapitel „Flächenschätzverfahren“ Seite 15 zu entnehmen.

Durch die Eingabe des Baujahres, werden die bauzeitspezifischen Wärmedurchgangskoeffizienten der Außenbauteile bestimmt. Die entsprechenden Werte sind auf der Maske Ist-Zustand hinterlegt.

In den Auswahlbereichen der Bauteile (siehe Abb. 2.0) werden die jeweiligen Konstruktionen der Bauteile (Außenwand, Fenster, Kellerdecke, oberste Geschosdecke, Dach) des zu bewertenden Gebäudes abgefragt.

Ergänzend dazu, können gegebenenfalls nachträglich realisierte Wärmeschutzmaßnahmen berücksichtigt werden. Diese werden pauschal in Form von Dämmstärken erfasst. Da eine Information über die Wärmeleitfähigkeit des eingesetzten Dämmstoffes nur in den wenigsten Fällen verfügbar sein dürfte, wird hier ein Pauschalwert von $\lambda = 0,04 \text{ W/(m K)}$ angesetzt.

The screenshot shows a software interface for defining building components. It is divided into three sections:

- Außenwand:** Contains radio buttons for 'Einschaliges MW', 'Zweischaliges MW', 'Mehrschaliger WA 1', and 'Mehrschaliger WA 2'. The 'Mehrschaliger WA 2' option is selected. To the right, there are input fields for 'Teilsanierung d=' (value: 0) and 'U=' (value: 0,90) with the unit '(W/m² K)'.
- Fenster:** Contains radio buttons for 'Holzrahmen', 'Alurahmen', and 'Kunststoffrahmen'. The 'Kunststoffrahmen' option is selected. To the right, there is an input field for 'U=' (value: 2,70) with the unit '(W/m² K)'.
- Kellerdecke:** Contains radio buttons for 'Kappendecke' and 'Massivdecke'. The 'Kappendecke' option is selected. To the right, there are input fields for 'Teilsanierung d=' (value: 0) and 'U=' (value: 0,69) with the unit '(W/m² K)'.

Abb. 2.0 Teilausschnitt Eingabemaske Ist-Zustand

Bestimmung des U- Wertes bei Teilsanierungen:

$$U_{Ts} = \frac{1}{\frac{1}{U_0} + \frac{d_{Ts}}{0,04}} \quad [W/(m^2K)]$$

$$U_{Ts} = \text{U-Wert des Teilsanierten Bauteils} \quad [W/(m^2K)]$$

$$U_0 = \text{U-Wert des bestehenden Bauteils} \quad [W/(m^2K)]$$

$$d_{Ts} = \text{Stärke der nachträglichen Dämmung} \quad [m]$$

Es ist natürlich auch möglich die Bauteilflächen und die U-Werte der Bauteile, sofern sie bekannt sind, manuell einzugeben. Diese Eingaben sollten allerdings in dem Bereich der Berechnung auf der Eingabemaske Ist-Zustand erfolgen.

Nach der Auswahl der Außenbauteile, stehen sechs standardisierte Heizungsanlagen zur Verfügung (siehe Abb. 3.0).

Die Auswahl des Energieträgers und des Anlagentypes ist hinsichtlich der Ermittlung der Anlagenaufwandzahl (ep), des Jahresendenergiebedarfes (Q_{We}) und des Jahreshilfsenergiebedarfes (Q_{he}) und der CO₂-Emissionseinsparung (Bedingung für Förderung durch das CO₂ Gebäudesanierungsprogrammes), notwendig.

The screenshot shows a software interface titled 'Anlagentechnik'. It is divided into two main sections: 'Energieträger' and 'Anlagentyp'.
In the 'Energieträger' section, there are four radio button options: 'Gas' (selected), 'Heizöl', 'Strommix', and 'Sonstiges'.
In the 'Anlagentyp' section, there are five radio button options: 'Konstanttemperaturkessel mit zentraler WWB', 'Niedertemperaturkessel (75/55 °C) mit zentraler WWB (Stand 80er Jahre)', 'Elektrische Direktheizung mit dezentraler WWB', 'Fernwärmeanschluss mit dezentraler WWB', and 'Brennwertkessel (55/45 °C) mit zentraler WWB (aktueller Standard)' (selected).
To the right of the 'Anlagentyp' section, there is a label 'Emissionsfaktor' and a text input field containing the value '0,45'.

Abb. 3.0 Teilausschnitt Eingabemaske Ist-Zustand

Die Ermittlung von ep , Q_{We} und Q_{he} wird unter Bezug des Jahresheizwärmebedarfes (Ermittlung siehe unten) mit dem Diagrammverfahren der DIN 4701-10 erbracht. Die verwendeten Standardanlagen der DIN 4701-10 sind für die Bewertung von bestehenden Anlagen nicht geeignet, daher wurden diese Werte mit denen der DIN 4108-12 kombiniert

Die notwendigen Werte der fünf Anlagen sind auf der Maske *Parameter Anlagentechnik Ist-Zustand* festgelegt.

Die verschiedenen Emissionsfaktoren sind auf der Maske Ist-Zustand hinterlegt.

Anhand der bisherigen Angaben und Auswahlen wird der Transmissionswärmeverlust (H_T) und der Lüftungswärmeverlust (H_V) berechnet (siehe Abb. 4.0). Für den schon angesprochenen Fall, dass Bauteilflächen und Wärmedurchgangskoeffizienten des zu bewertenden Gebäudes bekannt sind, können in diesem Bereich entsprechende Eingaben getätigt werden.

Berechnung				
Transmissionswärmeverlust H _t				
Außenwand:	U-Wert (W/m ² /K)	A _{auw} (m ²)	f _s	(W/K)
	0,90	97,50	1	87,75
Fenster:	U-Wert (W/m ² /K)	A _{Fe} (m ²)	f _s	(W/K)
	2,70	40,00	1	108,00
Kellerdecke:	U-Wert (W/m ² /K)	A _{Fb} (m ²)	f _s	(W/K)
	0,69	96,73	0,6	40,05
Geschossd:	U-Wert (W/m ² /K)	A _{wvg} (m ²)	f _s	(W/K)
	0,46	0,00	1	0,00
Dach:	U-Wert (W/m ² /K)	A _{Da} (m ²)	f _s	(W/K)
	0,50	109,09	1	54,55
WBZ:	U-Wert (W/m ² /K)	A _{WBZ} (m ²)	f _s	(W/K)
	0,10	343,32	1	34,33

Abb. 4.0 Teilausschnitt Eingabemaske Ist-Zustand

Im Folgenden ist nur noch die Eingabe der Raumsolltemperatur ($\vartheta_{i,Soll}$) erforderlich. Anhand dieser Eingabe, dem Transmissions- und Lüftungswärmeverlust, der Fensterfläche und der Wohnfläche gem. EnEV wird die Heizgrenztemperatur ermittelt (Formel siehe unten).

Berechnung der Heizgrenztemperatur :

$$H_{Gt} = \vartheta_{soll} - 0,9 * \frac{(5 + (0,9 * 0,7 * 0,9 * \frac{A_{Fe}}{A_N}) * 120))}{\frac{H_V + H_T}{A_N}} \quad [^{\circ}C]$$

$$H_{Gt} = \text{Heizgrenztemperatur} \quad [^{\circ}C]$$

$$\vartheta_{soll} = \text{Raumsolltemperatur} \quad [^{\circ}C]$$

$$A_{Fe} = \text{Fensterfläche} \quad [m^2]$$

$$A_N = \text{Wohnfläche nach EnEV} \quad [m^2]$$

Mit der ermittelten Heizgrenztemperatur wird auf der Maske *Klima*, die Länge der Heizperiode und die mittlere Außentemperatur berechnet. Auf der Maske *Klima* können unterschiedliche Klimaregionen gewählt werden.

Auf Basis der bisherigen Ergebnisse werden nach den Vorgaben des Periodenbilanzverfahrens (gem. DIN 4108-6) und dem Diagrammverfahrens (gem. DIN 4701-10) folgende Werte ermittelt:

- $G_T =$ Gradtagzahlfaktor
- $Q_L =$ Wärmeverluste
- $Q_i =$ Wärmegewinne
- $Q_s =$ interne Wärmegewinne
- $Q_{We} =$ Endenergiebedarf
- $Q_{He} =$ Hilfsenergiebedarf

Für den Fall, dass der tatsächliche Energieverbrauch in $[kWh/a]$ bekannt ist (siehe Abb. 5.0), kann über das Eingabefeld „tatsächlicher Verbrauch“ (gelb hinterlegtes Feld) mit diesem Wert für die folgenden Arbeitsschritte weitergearbeitet werden.

Heizwärmebedarf Q_h

$$Q_h = \frac{Q_L}{(kWh/a)} - \eta \times \left(\frac{Q_s}{(kWh/a)} + \frac{Q_i}{(kWh/a)} \right) = \frac{(kWh/a)}{}$$

$Q_h^* =$ (kWh/m² a)

Primärenergiebedarf

$$Q_p^* = \epsilon_p \times \left(\frac{Q_{hw}^*}{(kWh/m^2 a)} + \frac{Q_h^*}{(kWh/m^2 a)} \right) = \frac{(kWh/m^2 a)}{}$$

$Q_{pe}^* =$ (kWh/m² a)

Endenergiebedarf

$Q_{we}^* =$ (kWh/m² a)

$Q_{he}^* =$ (kWh/m² a)

Tatsächlicher Verbrauch

$Q_{re}^* =$ (kWh/m² a)

CO₂-Emission (gem. KfW)

$$E = \frac{Q_h^*}{(kWh/m^2 a)} \times \frac{\text{Emissionsfaktor}}{(kg CO_2/kWh)} = \frac{(kg/m^2 a)}{}$$

$E =$ (kg/m² a)

► \ Eingabemaske Ist / Eingabemaske Soll / Kalkulation / Istzustand / Sollzustände / Flächen

Abb. 5.0 Teilausschnitt Eingabemaske Ist-Zustand

Hinsichtlich der möglichen Förderung durch das CO₂- Gebäudesanierungsprogramms der KfW Förderbank, wurde zusätzlich der Nachweis der CO₂- Emission geführt (Emissionsfaktor siehe oben).

3.0 Eingabemaske Sollzustand

Nachdem alle Angaben hinsichtlich des Istzustandes des zu bewertenden Gebäudes getätigt wurden, kann mit der Bestimmung des Sollzustandes begonnen werden. Dafür wird auf der Eingabemaske Sollzustand einer von vier möglichen energetischen Standards (siehe Abb. 6.0) ausgewählt. Je nach ausgewähltem Standard werden Anforderungen an die Außenbauteile gestellt. Diese Anforderungen sind auf der Maske *Sollzustand* hinterlegt.

Abb. 6.0 Teilausschnitt Eingabemaske Sollzustand

Bei der Auswahl der Verbesserungsmaßnahmen wird aus dem U-Wert des zugehörigen Bauteiles des Istzustandes und den speziellen Anforderungen, die notwendige Dämmstärke ermittelt. Es besteht auch die Möglichkeit bei den einzelnen Auswahlkästen keine Maßnahme an dem jeweiligen Bauteil anzuwählen, so können z.B. nur einzelne Maßnahmen an der Außenhülle oder nur Maßnahmen an der Anlagentechnik berücksichtigt werden.

Bestimmung der notwendigen Dämmstärke:

$$d_{no} = \left(\frac{1}{U_{soll}} - \frac{1}{U_0} \right) * 0,035 \quad [m]$$

$$U_{Soll} = \text{angestrebter U-Wert des Bauteils} \quad [W/(m^2K)]$$

$$U_0 = \text{U-Wert des bestehenden Bauteils} \quad [W/(m^2K)]$$

$$d_{no} = \text{Stärke der notwendigen Dämmung} \quad [m]$$

Da die vertriebenen Dämmstoffdicken in geraden 2cm Schritten gehandelt werden, wird die ermittelte Dämmstoffdicke d_{no} auf eine gerade Dezimale aufgerundet. Durch das Aufrunden, ist es notwendig, dass mit der aufgerundeten Dämmstärke der „neue“ U- Wert ermittelt wird.

Anhand der berechneten Dämmstoffdicke, werden die Kosten für diese Maßnahme auf der Eingabemaske Kalkulation berechnet. Die zugehörigen Kostenpositionen der einzelnen Verbesserungsmaßnahmen sind auf der Maske *Kosten* festgeschrieben, diese Werte könne bei Bedarf ohne Probleme modifiziert werden.

Die Auswahl der Anlagentechnik (siehe Abb. 7.0) ist analog zu der des Ist-Zustandes, es sind 10 Standardanlagen vorgegeben, von denen eine oder keine gewählt werden kann. Die Ermittlung von e_p , Q_{we} und Q_{he} wird unter Bezug des Jahresheizwärmebedarfes mit dem Diagrammverfahren der DIN 4708-10 erbracht. Die notwendigen Anlagenparameter sind auf der Maske *Parameter Anlagentechnik Sollzustand* hinterlegt.

Mit der Auswahl der jeweiligen Anlage sind auch die Emissionsfaktoren (gem. KfW- Bank) verknüpft.

Anlagentechnik

Anlagentyp

<input type="radio"/> (M 6.1) Brennkessel mit zentraler WWB	<input type="radio"/> (M 7.4.2) Fernwärmeanschluss mit zentraler WWB
<input checked="" type="radio"/> (M 7.1) Brennkessel mit solar unterstützter WWB	<input type="radio"/> (M 8.1) Zu- und Abluftanlage (incl. M 6.1)
<input type="radio"/> (M 7.2) Pelletsheizung mit solar unterstützter WWB	<input type="radio"/> (M 8.2) Entlüftungsanlage (incl. M 6.1)
<input type="radio"/> (M 7.3) Wärmepumpe mit solar unterstützter WWB	<input type="radio"/> (M 8.3) Zu- und Abluftanlage (incl. M 7.1)
<input type="radio"/> (M 7.4) Blockheizkraftwerk mit zentraler WWB	<input type="radio"/> (M 8.4) Zu- und Abluftanlage (incl. M 7.1)
<input type="radio"/> Keine Maßnahmen an der Anlagentechnik	Emissionsfaktor <input type="text" value="0,3"/>

Abb. 7.0 Teilausschnitt Eingabemaske Sollzustand

Die Berechnung von Heizgrenztemperatur, Gradtagzahlfaktor, Wärmeverluste, Wärmegewinne, Primärenergiebedarf, etc... wird entsprechend der Funktionen des *Eingabemaske Ist-Zustand* geführt.

Für den Fall, dass auf der Eingabemaske Ist-Zustand ein tatsächlicher Energieverbrauch angegeben wurde, wird auf der *Eingabemaske Sollzustand* (siehe Abb. 8.0) dieser Wert durch das Verhältnis des Endenergiebedarf $[Q_{we}]$ des Ist-Zustandes zu dem des Sollzustandes dividiert.

Bestimmung des „realen“ Energieverbrauches:

$$Q_{resoll} = \left(Q_{reist} / \frac{Q_{Weist}}{Q_{Wesoll}} \right) \quad [kWh / m^2 a]$$

Q_{resoll} = ermittelter „realer Verbrauch“ [kWh / m² a]

Q_{reist} = eingegebener tatsächlicher Verbrauch [kWh / m² a]

Q_{Weis} = Endenergiebedarf Ist-Zustand [kWh / m² a]

Q_{Wesoll} = Endenergiebedarf Sollzustand [kWh / m² a]

The screenshot shows a software interface with a yellow background for input fields. It contains the following data and formulas:

- Endenergiebedarf**
 - Q_{we} : (kWh/m² a) = 332,14
 - Q_{be} : (kWh/m² a) = 1,86
- Tatsächlicher Verbrauch**
 - Q_{resoll} : (kWh/m² a) = 1902,36
- CO₂-Emission (gem. NfW)**
 - Formula: $E = Q_H \times \text{Emissionsfaktor}$
 - Inputs: Q_H (kWh/m² a) = 17,03; Emissionsfaktor (kg CO₂/kWh) = 0,3
 - Result: E (kg/m² a) = 5,11
- Op-max**
 - Formula: $Op-max = (50,94 + 75,29 \times A/Ve) + 2600(100 + A_v)$
 - Inputs: A/Ve = 0,60; A_v (m²) = 256,00
 - Result: (kWh/m² a) = 103,35
- He-max**
 - Formula: $He-max = (0,3 + 0,15 / A_w/Ve)$
 - Input: A_w/Ve = 0,60
 - Result: (W/m² K) = 0,55

Navigation bar at the bottom: > \ Eingabemaske Ist \ Eingabemaske Soll \ Kalkulation \ Istzustand \ Sollzustände \ Flaechenschae

Abb. 8.0 Teilausschnitt Eingabemaske Sollzustand

4.0 Eingabemaske Kalkulation

Mit der Auswahl der verschiedenen Maßnahmen auf der *Eingabemaske Sollzustand* werden die zugehörigen Einheitspreise von der Maske *Kosten* auf die Maske *Kalkulation* übertragen (siehe Abb. 9.0). Dabei werden die Einheitspreise mit den zugehörigen Bauteilflächen von der Maske *Flächenschätzung* multipliziert. Gleiches gilt für die *SM-Kosten* (Sowieso-Maßnahmen-Kosten), die analog zu den Einheitspreisen übertragen werden.

Da die ermittelten Einheitspreise auf dem Baupreisindex vom Jahre 2000 (100) basieren, muss in dem Eingabefeld *Faktor Baupreisindex*, der zur Zeit gültige Index eingetragen werden. Zusätzlich sind die Eingabefelder *Regionalfaktor* und *Nebenkosten* auszufüllen. Aus der Differenz der Gesamtbeträge von *Kosten* und *SM-Kosten*, ergeben sich die energetischen Modernisierungskosten (*E-Kosten*).

Kostenkalkulation			
Maßnahme	d (cm)	Kosten (€/m ²) (absolut €)	SM Kosten (€/m ²) (absolut €)
Außenwand	6	53,80 5245,50	18,40 1794,00
Fenster		535,00 21400,00	58,90 2356,00
Kellerdecke	14	37,30 3607,93	0,00 0,00
Geschossdecke	16	30,70 0,00	0,00 0,00
Dach	24	101,70 11094,55	56,50 6163,64
Anlagentechnik		0,00 11760,00	0,00 0,00
Summe		53107,97	10313,64
Faktor Baupreisindex	<input type="text" value="1,02"/>	1062,16	206,27
Regionalfaktor	<input type="text" value="1"/>	54170,13	10519,91
Faktor Nebenkosten	<input type="text" value="11"/> (%)	0,00	0,00
		54170,13	10519,91
MWST		5958,71	1157,19
Gesamt		60128,85	11677,10
		9620,62	1868,34
		69749,46	13545,43
E Kosten			<input type="text" value="56204,03"/>

Abb. 9.0 Teilausschnitt Eingabemaske Kalkulation

Die Ermittlung der Energiekostensparnis basiert auf den Differenzbeträgen des absoluten Jahresendenergiebedarfes und des absoluten Jahreshilfsenergiebedarfes des ermittelten Ist-Zustandes zu den zugehörigen Werten des Sollzustandes (siehe Abb. 10.0). Die zugehörigen Energiepreise sind auf der Maske *Kosten* hinterlegt.

Falls ein tatsächlicher Energieverbrauch auf der Eingabemaske Ist-Zustand angegeben wird, wird dieser und der ermittelte „reale“ Energieverbrauch berücksichtigt.

Energiekostensparnis					
Q_{he-Ist} (kWh/m ² a)	E-preis (€/kWh a)	$Q_{he-Soll}$ (kWh/m ² a)	E-preis (€/kWh a)	A_n (m ²)	Energiekosten (€/ a)
781,25	0,14	2,05	0,15	256	28078,70
1902,36	0,07	1,86	0,15	256	1726,69
					647,98
CO ₂ - Emissionsreduzierung (gem. KfW)					
E-Ist (kg/m ² a)		E-Soll (kg/m ² a)			E-Reduzierung (kg/m ² a)
99,0555	-	5,11			93,95

Abb. 10.0 Teilausschnitt Eingabemaske Kalkulation

Es wird selbstständig die Auswahl der Förderprogramme getätigt. Dabei werden folgende Bedingungen geprüft:

- Baujahr vor 1978?
- CO₂ Emissionseinsparung von mindestens 40 [kg/m² a]
- $Q''_P \leq Q''_{P,zul}$ und $H''_T \leq H''_{T,zul}$, bzw. $Q''_P \leq 70\% Q''_{P,zul}$ und $H''_T \leq 65\% H''_{T,zul}$; $Q''_P \leq 50\% Q''_{P,zul}$ und $H''_T \leq 45\% H''_{T,zul}$

Werden die ersten beiden Bedingungen erfüllt, wird das „CO₂ Gebäudesanierungsprogramm“ mit dem zugehörigen Förderzinssatz und dem maximalen Darlehensbetrag für die Finanzierung der *E-Kosten* gewählt. Wenn zusätzlich die dritte Bedingung erfüllt wird, wird ein 15%igen Teilschulderlass auf Darlehen in Anspruch genommen.

Sofern die ersten beiden Bedingungen nicht erfüllt werden, wird der Zinssatz und der maximale Darlehensbetrag des „Wohnraum modernisieren“ Programms angenommen. Die jeweiligen Zinssätze sind auf der Maske *Kosten* festgeschrieben.

Zusätzlich können verschieden finanzielle Rahmenbedingungen durch die Eingabe von Eigenkapital, zusätzlichem Bankkreditzins und die Auswahl des Abschreibungszeitraumes simuliert werden (siehe Abb. 11.0). Die notwendigen Tilgungsraten werden auf Basis der Annuitätenmethode (Formel siehe nächste Seite) ermittelt.

Um der Realität gerecht zu werden, besteht die Möglichkeit eine prozentuale Energiepreissteigerung einzugeben.

Berechnung der jährlichen Tilgungsrate:

$$A = I_0 * \frac{i}{(1+i)^n - 1} \quad [€]$$

$A =$ Höhe der Rate [€]

$I_0 =$ Gesamtbetrag [€]

$i =$ Zinsen [%/ 100]

$n =$ Laufzeit [a]

Finanzierung

Förderzins: (% pa)

Maximale Förderung: €

Eigenkapital: €

Zu finanzieren: €

Bankkreditzins: (%)

Jährliche Energiekostensteigerung: (% pa)

Laufzeit: 5 Jahre 10 Jahre 15 Jahre 20 Jahre

Abb. 11.0 Teilausschnitt Eingabemaske Kalkulation

Auf Basis des sich aus den jeweiligen simulierten finanziellen Rahmenbedingungen ergebende zu tilgenden Gesamtbetrages und der jährlichen Energiekostensparnis (mit oder ohne Energiepreissteigerung) wird der Amortisationszeitpunkt bestimmt (Break-even-point).

5.0 Flächenschätzung

Anhand der Ein- und Angaben auf der Eingabemaske *Ist-Zustand*, werden die für die Berechnung notwendigen Bauteilflächen (Außenwand-, Fenster-, Kellerdecke-, Dach- oder Geschoßdeckenfläche) und Berechnungswerte (Volumen, Wohnfläche nach EnEV, Gebäuhüllfläche und das A/V- Verhältnis) ermittelt. In dem Teilausschnitt xy sind die Parameter ersichtlich, die für die Schätzung der Bauteilflächen notwendig sind.

Flächenschätzung

Eingabedaten

beheizte Wohnfläche A_W m²

Anzahl Vollgeschosse n_{VG}

Anbausituation $n_{Nachtbar}$

Grundrisstyp T_{GR}

Teilbeheizungsgrad Kellergeschoss $f_{TB,KG}$

Teilbeheizungsgrad Dachgeschoss $f_{TB,DG}$

Korrekturfaktor für Gauben f_{Ga}

lichte Raumhöhe (mittleres Geschoss) h_R

Flächenschätzung

Zahl der beheizten Geschosse n_G

beheizte Wohnfläche pro Geschoss A_{WG} m²

Parameter

	T_{GR}	P_R	$n_{Nachtbar}$	q_R
	K	0,66	0	50
	G	0,80	2	10
Objekt	G	0,80	Objekt	0
	P_R		$f_{TB,DG}$	P_{DG}
	1,33		-	1,33
			0%	0,00
	P_R		50%	0,75
	0,20		100%	1,50
			Objekt	50%
				0,67

Die folgenden Formeln basieren auf den Untersuchungen des Institutes für Wissenschaft und Umwelt, Darmstadt.

Bestimmung der Anzahl der beheizten Geschosse:

$$n_G = n_{VG} + 0,75 * f_{TG, DG} + f_{Ga}$$

n_{VG} = Anzahl der Vollgeschosse (Eingabefeld „Eingabemaske Ist-Zustand“)

$f_{TG, DG}$ = Korrekturfaktor für die Beheizung des Dachgeschosses (Auswahlfeld „Eingabemaske Ist-Zustand“)

f_{Ga} = Korrekturfaktor für Dachgauben (Auswahlfeld „Eingabemaske Ist-Zustand“)

Bestimmung der Wohnfläche pro Geschoss:

$$A_{WG} = \frac{A_W}{n_G} \quad [m^2]$$

Bestimmung der Fläche der Kellerdecke:

$$A_{FB} = p_{Fb, DG} * A_{WG} \quad [m^2]$$

$p_{Fb, DG}$ = Parameter Fußbodenfläche

Bestimmung der Fläche des oberen Gebäudeabschlusses:

$$A_{Da} = f_{Ga} * p_{Da} * A_{WG} \quad [m^2]$$

oder:

$$A_{OG} = p_{OG} * A_{WG} \quad [m^2]$$

In Abhängigkeit von Dachart (Steil- oder Flachdach) und Grad der Beheizung des Dachgeschosses.

A_{Da} = Dachfläche

f_{Ga} = Korrekturfaktor für Dachgauben

p_{Da} = Parameter Dachfläche (Auswahlfeld „Eingabemaske Ist-Zustand“)

A_{WG} = Wohnfläche pro Geschoss $[m^2]$

A_{OG} = oberste Geschoßdeckenfläche

p_{OG} = Parameter oberste Geschosdecke

Bestimmung der Fassadenfläche pro Geschoss:

$$A_{Fa} = \frac{h_r}{2,5m} * (p_{Fa} * A_{WG} + q_{FA}) \quad [m^2]$$

h_r = lichte Raumhöhe (Eingabefeld „Eingabemaske Ist-Zustand“)

p_{Fa} = Parameter Fassadenfläche (Auswahlfeld „Eingabemaske Ist-Zustand“)

q_{FA} = Parameter Zuschlagsfläche für Fassadefläche (Auswahlfeld „Eingabemaske Ist-Zustand“)

A_{WG} = siehe oben

Bestimmung der Fensterflächen:

$$A_{Fe} = p_{Fe} * A_W \quad [m^2]$$

A_{Fe} = Fensterfläche

p_{Fe} = Fensterflächenanteil (Eingabefeld „Eingabemaske Ist-Zustand“)

A_W = Wohnfläche (Eingabefeld „Eingabemaske Ist-Zustand“)

Bestimmung der Außenwandflächen:

$$A_{AW} = n_G * A_{Fa} - A_{Fe} \quad [m^2]$$

n_G = Anzahl der beheizten Geschosse

A_{Fa} = Fassadenfläche pro Geschoss

A_{Fe} = Fensterfläche

Bestimmung des beheizten Gebäudevolumens:

$$V_e = 4 * A_W * \frac{h_r}{2,5m} \quad [m^3]$$

Fehler! Es ist nicht möglich, durch die Bearbeitung von Feldfunktionen Objekte zu erstellen. = Gebäudebruttovolumen

A_W = Wohnfläche (Eingabefeld „Eingabemaske Ist-Zustand“)

Fehler! Es ist nicht möglich, durch die Bearbeitung von Feldfunktionen Objekte zu erstellen. = lichte Raumhöhe

Bestimmung Wohnfläche nach EnEV:

$$A_N = V_e * 0,32 \quad [m^2]$$

A_N = Gebäudewohnfläche nach EnEV

Fehler! Es ist nicht möglich, durch die Bearbeitung von Feldfunktionen Objekte zu erstellen. = siehe oben

