



Energiebilanz vor und nach der Modernisierung

Worauf bei der Ermittlung der Energie-Einsparpotenziale im Rahmen einer energetischen Modernisierung zu achten ist

Praxis-Ratgeber 15



Impulsprogramm Schleswig-Holstein

Vorwort

Dieser Praxisratgeber möchte aufzeigen, wie die sich die Einsparpotenziale im Rahmen einer energetischen Modernisierung bestimmen lassen und worauf zu achten ist. Ganz im Sinne einer praxisnahen Vermittlung der Bilanzierungsmethode wird hier auf detaillierte Berechnungen verzichtet. Den Autoren ist es ein besonderes Anliegen, den Gesamtzusammenhang und die überschlägige Bestimmung der Energie- und CO₂-Einsparung verständlich aufzubereiten. Hierbei wurden die Schwierigkeiten bei der Ermittlung des „richtigen“ Energieverbrauchs genauso dargestellt wie die Unwägbarkeiten bei der Berechnung des zu erwartenden Energiebedarfs. Die Bestimmung des richtigen „vorher“ und „nachher“ ist Grundlage einer sinnvollen energetischen Modernisierungsplanung. Hierzu wurde ein eigenes Handwerkszeug, eine einfache Tabellenkalkulation entwickelt, die als download auch auf der homepage des Impulsprogramms abrufbar ist (www.impulsprogramm-sh.de). Das vorgestellte Bilanzverfahren erlaubt die Bewertung der verschiedenen möglichen Energieeinsparmaßnahmen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit. Beispiele aus der schleswig-holsteinischen Modernisierungspraxis belegen die abgeschätzten Einsparungen des Energiever-

brauchs auf Basis von Berechnungen.

Es ist hinlänglich bekannt: Die vorhandenen Energieeinsparpotenziale im Gebäudebestand sind enorm. Sie müssen nur erschlossen werden. Die Begleitumstände sind derzeit denkbar günstig: Engagierte Fachleute für die unterschiedlichsten Beratungsfragen stehen zur Verfügung: von der Abstoßberatung bis hin zu bauphysikalischen Detailfragen und die KfW bietet zinsgünstige Darlehn im Rahmen zweier relevanter Förderprogramme zur energetischen Modernisierung an.

Vielleicht kann dieser Praxisratgeber einen kleinen Beitrag leisten, eine schnelle und praktikable Antwort auf die Frage zu finden: Welche Modernisierungsmaßnahme bringt wieviel? Denn gerade auch mit der Einführung der EnEV ist dies nicht unbedingt leichter geworden.

Für die fachliche Unterstützung bei der Erstellung dieses Praxisratgebers danken wir Herrn Dipl.-Ing. Andreas Hofmann sehr herzlich. Die Autoren wünschen allen interessierten Fachleuten bei der Planung und Umsetzung energetischer Modernisierungsmaßnahmen nachhaltigen Erfolg.

In dieser Reihe sind folgende Praxisratgeber erschienen:

-
- | | | |
|-----|----|---|
| Nr. | 1 | Energieeinsparung an Fenstern und Außentüren |
| Nr. | 2 | Wärmedämmung von Außenwänden mit dem Wärmedämmverbundsystem |
| Nr. | 3 | Wärmedämmung von Außenwänden mit der Innendämmung |
| Nr. | 4 | Wärmebrücken |
| Nr. | 5 | Energiesparen in Mietwohnungen |
| Nr. | 6 | Wärmedämmung von geneigten Dächern |
| Nr. | 7 | Wind- und Luftdichtigkeit bei geneigten Dächern |
| Nr. | 8 | Lüftung im Wohngebäude |
| Nr. | 9 | Automatisierte Wohnungslüftung |
| Nr. | 10 | Wärmedämmung von Außenwänden mit der hinterlüfteten Fassade |
| Nr. | 11 | Niedertemperatur- und Brennwertkessel |
| Nr. | 12 | Brauchwasserbereitung mit Sonnenenergie |
| Nr. | 13 | Wärmedämmung von Außenwänden mit nachträglicher Kerndämmung |
| Nr. | 14 | Modernisierung von Wohnraum - Rechtslage - Förderung - Ablauf |
| Nr. | 15 | Energiebilanz vor und nach der Modernisierung |

Inhalt

<i>Vorwort</i>	<i>2</i>
<i>Inhalt</i>	<i>3</i>
<i>Einleitung</i>	<i>4</i>
<i>Energieverbrauch vor der Modernisierung</i>	<i>6</i>
<i>Energiebedarf nach Modernisierung, Bilanzierungsmethoden</i>	<i>10</i>
<i>Beispielrechnung mit der Tabellenkalkulation „Energiebilanz vorher-nachher.xls“</i>	<i>12</i>
<i>Planungshinweise und mögliche Fehlerquellen</i>	<i>15</i>
<i>Nutzereinfluss</i>	<i>17</i>
<i>Untersuchte Modernisierungsobjekte.....</i>	<i>19</i>
<i>Literatur</i>	<i>24</i>

Einleitung

Die Raumwärme stellt einen ganz beträchtlichen Anteil am Endenergieverbrauch in Deutschland dar. Bezogen auf die Haushalte werden über ¾ des Energieeinsatzes für die Beheizung hauptsächlich von Altbauten aufgewendet. Hier liegen Einsparpotenziale von 50 - 70% im Gebäudebestand, die durch eine energetische Modernisierung (Verbesserung des baulichen Wärmeschutz und Erneuerung der Heizanlagentechnik) ausgeschöpft werden können.

und später 1994 zum zweiten Mal novelliert wurde. Mit der ab Februar 2002 gültigen Energieeinsparverordnung (EnEV) wird erstmals der bauliche Wärmeschutz und die Heizanlagentechnik (früher in der Zuständigkeit der Heiz-Anlagen-Verordnung) in einer Verordnung geregelt.

Die für den Großteil des Wohnungsbestandes maßgeblichen gesetzlichen Vorgaben hatten früher ein entsprechend niedriges Anforderungsprofil. Einhergehend mit verschwenderisch niedrigen Brennstoffpreisen insbesondere

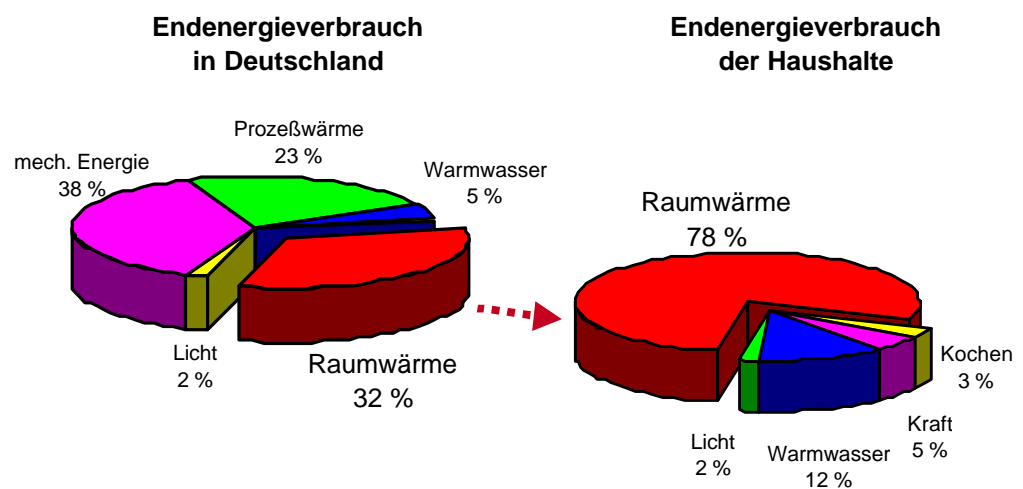


Abb. 01: Anteil der Raumwärme am Endenergieverbrauch

Kurzer Rückblick: Wie sieht die gesetzliche Grundlage, der Verordnungstext und die technische Normung aus? Auf Basis des Energieeinsparungsgesetz von 1976 trat die erste Wärmeschutzverordnung 1977 in Kraft, welche dann 1982 zum ersten

mal in den 60-er und bis Mitte der 70-er Jahre gab es keinerlei Anreize den Wärmeschutz oder die Heiztechnik effizient zu gestalten. In Deutschland sind etwa 70 % der Gebäude älter als 25 Jahre und sie schneiden daher gemessen am heutigen Standard entspre-

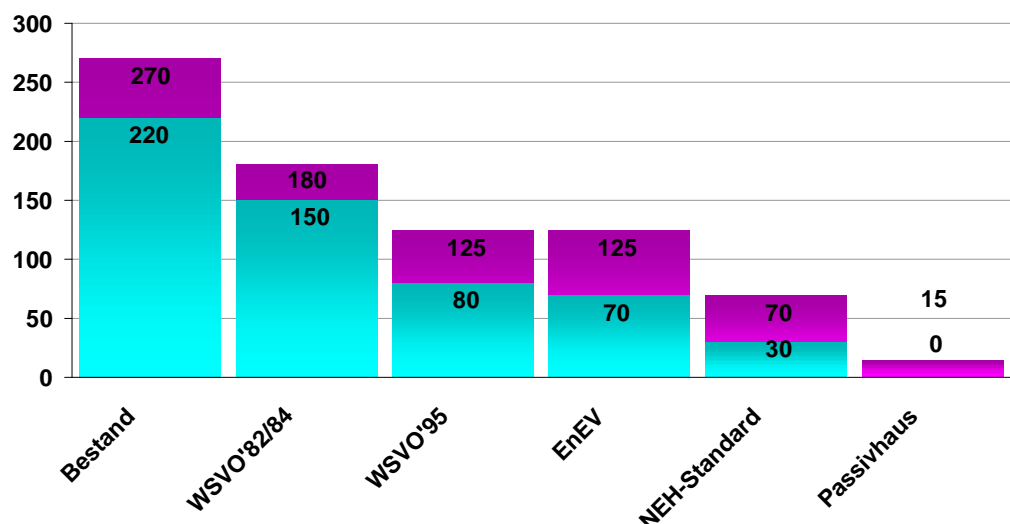


Abb. 02: Vergleich von Wärmeschutz-Standards

chend schlecht ab. Dies trifft aufgrund der damalig mangelnden Verfügbarkeit von Baustoffen besonders auf Nachkriegsbauten zu. So sind jährliche Brennstoffverbräuche für die Bereitstellung von Raumwärme in Höhe von 25 bis 45 m³ Erdgas bzw. Liter Heizöl pro Quadratmeter beheizter Wohnfläche keine Seltenheit. Hiermit bieten sowieso anstehende Maßnahmen zur Instandsetzung oder Renovierung von alten Gebäuden enorme Chancen zur Erschließung von Energiesparpotenzialen - wie ein Vergleich der verschiedenen Wärmeschutz-Standards veranschaulicht (siehe Abb. 02).

Info Nr. 1: „Der Energieinhalt von Brennstoffen“

1 m³ Erdgas	≅	ca. 10 kWh
1 Liter Heizöl	≅	ca. 10 kWh
1 Liter Flüssiggas	≅	ca. 7 kWh

Die Modernisierungstätigkeit in der Bundesrepublik umfasst jährlich etwa 2 % des Gebäudebestands. Die dabei erreichten energetischen Standards entsprechen einer Energieeinsparung durch die Modernisierung von 20 bis 50 %. Je nach Ausgangszustand des betrachteten Gebäudes und angestrebtem Wärmeschutz-Standard sind auch Reduzierungen des Energieverbrauchs in Richtung ein Zehntel zu erzielen (Passivhaus o.ä.).

Voraussetzung für die sinnvolle und kosteneffiziente energetische Modernisierung ist zum einen die möglichst umfangreiche Kenntnis über verfügbare Einspartechiken und deren spezifische Wirksamkeit und Kosten. Zum anderen lässt sich die Sinnhaftigkeit einer Maßnahme bzw. eines Maßnahmenpakets nur abwägen, wenn Klarheit über den energetischen Ausgangszustand des Gebäudes besteht.

Der Heizenergieverbrauch kann durch bauliche und anlagentechnische Maßnahmen sowie durch ein verändertes Nutzverhalten reduziert werden.

Info Nr. 2: „Energiebezugsfläche A_{EB}“

Die Energiebezugsfläche A_{EB} ist die tatsächliche beheizte Gebäudenutzfläche. Sie ist die Summe aller Wohnflächen bei Wohngebäuden bzw. Nutzflächen (einschließlich Verkehrsflächen) bei sonstigen Gebäuden, für deren Nutzung eine Beheizung erforderlich ist (auch indirekt durch Raumverbund). Grundlage für die Berechnung ist die DIN 277, Teil 2 und bei Wohngebäuden zudem die 2. Berechnungsverordnung §§ 42 bis 44 und zwar ohne Abzug von 10 % der Netto-Grundfläche nach § 44 (3) und Wintergärten nach § 44 (1) 2.

Info Nr. 3: „Niedrigenergie-Haus, Passivhaus“

Der Niedrigenergie-Haus-Standard (NEH) beschreibt Gebäude, die einen Heizwärmebedarf aufweisen, der tatsächlich 30 bis 50 kWh/(m²a) bei Mehrfamilien-/Reihenhäusern und 50 bis 70 kWh/(m²a) bei Einfamilienhäusern aufweist. Der Stand der Technik liegt seit nunmehr über zehn Jahren beim Passivhaus-Standard mit Werten im Bereich von 0 bis 15 kWh/(m²a). Eine Übersicht und Informationen finden sich auf den Webseiten des Passivhaus-Instituts in Darmstadt: www.passiv.de Die dort beschriebene Definition des Begriffs 'Passivhaus' lautet: „Ein Passivhaus ist ein Gebäude, in welchem ein komfortables Innenklima ohne aktives Heizungs- und Klimatisierungssystem erreicht werden kann - das Haus "heizt" und kühlt sich eben rein passiv. Voraussetzung hierfür ist ein spezifischer Jahres-Heizwärmebedarf von weniger als 15 kWh/(m²a)...“

Einhergehend mit energiesparenden Wärmedämmmaßnahmen am Gebäude werden die Oberflächentemperaturen der Innenräume angehoben, was einen Behaglichkeitsgewinn darstellt und die Innenraumhygiene wird verbessert. Weiterhin werden Zugerscheinungen reduziert. Darüber hinaus vermindern höhere Bauteiltemperaturen die Gefahr der Durchfeuchtung von Bauteilen und der damit verbundenen Schimmelpilzbildung. Ein verbesserter Wärmeschutz ist daher eine wesentliche Maßnahme zur Erhaltung der Bausubstanz und zur Wertsteigerung der Immobilie.

Energieverbrauch vor der Modernisierung

Die Bestimmung des Energieverbrauchs vor der Modernisierung ist oftmals für ein oder mehrere Jahre recht einfach möglich. Aus Abrechnungsunterlagen oder Messprotokollen sind die Jahreswerte zu bestimmen.

Die Schwierigkeit besteht jedoch eher in der richtigen Aufbereitung der Verbrauchsdaten für spätere Interpretationen insbesondere hinsichtlich der Erreichung von Einsparzielen. Um eine erste Vergleichbarkeit und Einordnung der energetischen Güte des Gebäudes zu erlangen, ist es sinnvoll den Energiekennwert zu bestimmen.

In diesem Zusammenhang ist die VDI 3807 „Energieverbrauchskennwerte für Gebäude“ zu beachten. Bei der Kennwertermittlung von berechneten Energiemengen für ein Gebäude, spricht man von Energiebedarfskennwerten.

Info Nr. 4: „Was ist ein Energiekennwert oder eine Energiekennzahl“

Der Energiekennwert oder die Energiekennzahl ist die geeignete Größe zur Beurteilung der Effizienz eines energetischen Prozesses; beispielsweise.: der Kraftstoffverbrauch eines Auto in Liter pro 100 km. Dieser Quotient, z.B. 8 l/100km kann als Energiekennwert bezeichnet werden. Das gleiche gilt für Wohngebäude. Für die Beurteilung der energetischen Qualität eines Gebäudes wird der ‚Energiekennwert Heizwärme‘ in z.B. kWh/(m²a) herangezogen. Dieser beschreibt den auf die beheizte Wohn- oder Nutzfläche (Energiebezugsfläche A_{EB} , siehe Info Nr. 2) bezogenen Energiebedarf (Nutzenergie) für die Raumheizung.

Info Nr. 5: „Was ist bei der Bestimmung des Energiekennwertes zu beachten?“

Damit Energiekennwerte korrekt gegenübergestellt werden können ist zunächst zu prüfen, wie sie hergeleitet wurden und ob sie vor dem Vergleich ggf. umgerechnet werden müssen. Zu berücksichtigen sind dabei zahlreiche Aspekte:

- Wurde der Wert berechnet oder gemessen?
Der Rechenwert heißt Jahres-Heizwärmebedarf, der Messwert heißt Jahres-Heizwärmeverbrauch.
- Mit welcher Rechenmethode wurde bilanziert?
LEG-Verfahren, WSV095, EnEV, EN 832, ... (siehe Kapitel Bilanzierungsmethoden)
- Welcher Flächenbezug wurde genommen?
Pauschalwert A_N gemäß WSV095 oder EnEV? Energiebezugsfläche A_{EB} , also der tatsächliche Wert nach DIN 277 und 2. Berechnungsverordnung gemäß LEG? Netto- oder Bruttogeschossfläche? ...
- Beinhaltet der Wert sonstige Energien?
Z.B. für Warmwasserbereitung, für Hilfsaggregate (Pumpen, Regelungen, ...)
- Auf welche Energie-Ebene bezieht sich der Wert?
Nutzenergie (z.B. Raumwärme, Warmwasser, Licht),
Endenergie (z.B. Heizöl, Erdgas, Brikett, Strom) oder
Primärenergie (z.B. Erdöl, Kohle, Uran)

Energiekennwert Raumwärme vor Modernisierung

Im konkreten Fall wird der erste Schritt zunächst die Recherche über die in der Vergangenheit entstandenen Energieverbräuche für Heizung und Warmwasser und den damit verbundenen Kosten sein - ggf. auch für elektrische Energie und Kaltwasser. Auf Basis dieser Energieverbräuche lässt sich zunächst die energetische Qualität des vorhandenen Baukörpers bestimmen und vergleichen (siehe Beispielrechnung Nr. 1).

Beispielhafte Bestimmung des Energiekennwertes auf Basis des bisherigen Energieverbrauchs

Familie Meyer bewohnt ein älteres Mehrfamilienhaus in Schleswig. Den Meyers erscheinen die Erdgas-Rechnungen z.B. der letzten drei Jahre als repräsentativ auch für die derzeitige Situation - die Anzahl der Bewohner blieb konstant und auch sonstige Änderungen, die sich wesentlich auf den Energieverbrauch ausgewirkt hätten, gab es nicht (bauliche, haustechnische oder das Nutzerverhalten betreffend).

Beispielrechnung Nr.1: „Bisheriger Energieverbrauch - Energetischer Ist-Zustand eines Gebäudes“

		1998	1999	2000	
Brennstoff-/Energieverbrauch					
A Brennstoffverbrauch Raumwärme + WW (Endenergie)		8.250	8.750	9.050	m³ / a
B spez. Energieinhalt des Brennstoffs		10	10	10	kWh / m³
C Energieverbrauch Raumwärme + WW (Endenergie)	A*B	82.500	87.500	90.500	kWh / a
D Jahresnutzungsgrad des Heizsystems		76,0	76,0	76,0	%
E Energieverbrauch Raumwärme +WW (Nutzenergie)	C*D	62.700	66.500	68.780	kWh / a
Warmwasser-Bereitung (Nutzenergie)					
F Anzahl Personen		6	6	6	-
G spez. WW-Bedarf pro Person		650	650	650	kWh / (P*a)
H Energiebedarf für WW	F*G	3.900	3.900	3.900	kWh / a
Raumwärme (Nutzenergie)					
I Energieverbrauch für Raumwärme, unbereinigt	E-H	62.925	66.975	69.405	kWh / a
J Korrekturfaktor K_{GTZ} ("Witterungsbereinigung")		0,98	0,92	0,91	-
K Energieverbrauch für Raumwärme, witterungsbereinigt	I*J	61.667	61.617	63.159	kWh / a
Energiekennwert (Nutzenergie)					
L beheizte Wohn-/Nutzfläche (Energiebezugsfläche A_{EB})		250	250	250	m²
Energiekennwert Raumwärme	K / L	247	246	253	kWh/ (m²a)

Die Rechnungen für 1998 - 2000 weisen leicht differierende Erdgasmengen aus; möglicherweise aufgrund klimatisch unterschiedlicher Kalenderjahre. Solche klimatischen Schwankungen werden aus den Verbrauchswerten durch die Berücksichtigung eines Korrekturfaktors (K_{GTZ}) herausgerechnet - siehe hierzu auch Info Nr. 6.

Info Nr. 6: Heiztage, Gradtagzahl, Heizgradtage, Heizgradtagzahl

Heiztage, z	Als Heiztag gilt der Tag, an dem der Tagesmittelwert der Außentemperatur unter dem Wert der Heizgrenztemperatur liegt.
Gradtagzahl, Gt:	Die VDI 2067-1 definiert die Heiztage mit einer festen Heizgrenztemperatur von 15°C und einer Raumtemperatur von 20°C. Die Gradtagzahl Gt ist die Summe der Temperaturdifferenzen zwischen der Innentemperatur (20°C) und den Tagesmittelwerten der Außentemperatur über alle Kalendertage deren Tagesmitteltemperatur unterhalb der Heizgrenze von 15°C liegt.
Heizgradtage, G ₁₅	Die VDI 3807-1 definiert die Heizgradtage G ₁₅ als Summe der Differenzen zwischen der Heizgrenztemperatur von 15°C und den Tagesmittelwerten der Außentemperatur aller Kalendertage, deren Tagesmitteltemperatur unter 15°C liegt. Hier wird die Temperaturdifferenz also nicht gegen Raumtemperatur (bei VDI 2067: 20°C) sondern nur bis zur Heizgrenze ermittelt - der Wert der Heizgradtage ist folglich immer niedriger als der der Gradtagzahl. Sind Gradtagzahl und Heiztage bekannt, so können mit: $(G_{15} = Gt - 5 \cdot z)$ die Heizgradtage ermittelt werden.
Heizgradtagzahl Gt _(x/y)	Die DIN V 4108-6 löst die Gradtagzahl aus der festen Verknüpfung von Raumtemperatur und Heizgrenze mit der Einführung der Heizgradtagzahl in der Form Gt _(x / y) und den Indizes: Innentemperatur x °C sowie Heizgrenztemperatur y °C. Sie ist definiert als die Summe der Temperaturdifferenzen zwischen der Innentemperatur (x) und den Tagesmittelwerten der Außentemperatur über alle Kalendertage deren Tagesmitteltemperatur unterhalb der Heizgrenze (y) liegt. Für die Bestimmung der Heizgradtagzahl (für beliebige Heizgrenz- und Innentemperaturen) ist lediglich die Kenntnis des jeweiligen Tagesmittelwertes der Außentemperatur notwendig. Diese sind bei Wetterämtern und Wetterdiensten - auch online - zu beziehen.

Die Wärme liefert eine Heizanlage mit einem alten Gas-Spezialkessel (Konstanttemperatur-Kessel) aus dem Jahre 1978 mit Brenner ohne Gebläse, der einen Jahresnutzungs-

grad, von rd. 76 % aufweist. (siehe Beispielrechnung Nr. 1). Durch Multiplikation des Endenergieverbrauchs mit diesem Jahresnutzungsgrad ergibt sich diejenige Wärmeenergie, die das Heizsystem letztlich an die Räume und Warmwasser-Zapfstellen im Haus liefert.

Nach Abzug des Nutzenergiebedarfs für Warmwasser - hier wurden 650 kWh pro Person und Jahr angesetzt verbleibt der Energieanteil für Raumwärme (siehe auch Beispielrechnung Nr. 2). Da hauptsächlich dieser Anteil des Energieverbrauchs eines Gebäudes den klimatischen Schwankungen unterliegt, kommt hier die „Witterungsbereinigung“ durch den Korrekturfaktor zum Ansatz. Mit der Division durch die beheizte Wohn- bzw. Nutzfläche (Energiebezugsfläche A_{EB}) ergibt sich der Energiekennwert Raumwärme für den Ist-Zustand des betrachteten Gebäudes - hier rund 250 kWh/(m²a). Familie Meyer ist nun in der Lage, die energetische Qualität ihres Gebäudes einzuordnen und bekommt einen ersten Eindruck über das mögliche

Heizsystem	h %	CO ₂ -Faktor g / kWh
Kohle, Einzelofen	67	410
Erdgas, Außenwand-Ofen	75	232
Erdgas, Konstanttemperatur-Kessel	76	232
Erdgas, Niedertemperatur-Kessel	83	232
Erdgas, Brennwertkessel	98	232
Heizöl, Einzel-Ofen	80	297
Heizöl, Konstanttemperatur-Kessel	71	297
Heizöl, Niedertemperatur-Kessel	86	297
Heizöl, Brennwertkessel	93	297
Fernwärme, Heiz-Werk, Heizöl	85	297
Fernwärme, Heiz-Kraft-Werk, Kohle	85	175
Nahwärme, BHKW + Spitzenkessel, Erdgas	85	-50
Nahwärme, Heizwerk, Biomasse	85	30
Elektro, Nachtspeicher-Heizung	95	689
Elektro, Wärmepumpe, Erdreich	95	350

Abb. 03: Jahres-Nutzungsgrad von Heizsystemen und entsprechende CO₂-Emissionsfaktoren

Beispielrechnung Nr. 2: „Nutzenergiebedarf für Warmwasser“

A WW-Bedarf pro Person (mögl. Spanne)		30	45	l / (P*d)
B Nutzungszeit		365	365	d / a
C Temperaturdifferenz (Warm- zu Kaltwasser)		45	45	K
D Wärmespeicherkapazität		0,00116	0,00116	kWh / (l*K)
E Nutzenergiebedarf pro Person für WW	$A*B*C*D$	572	857	kWh / (P*a)

Energieeinsparpotenzial. Eine leicht verständliche Übersicht über den energetischen Ist-Zustand des repräsentativen Wohngebäudebestandes mit umfassenden Modernisierungsmaßnahmen gibt die Gebäudetypologie Schleswig-Holstein¹

Der Jahresnutzungsgrad (η) der Heizanlage berücksichtigt die Verluste des Heizsystems. Durch Multiplikation von Jahresnutzungsgrad und Endenergieverbrauch wird die Nutzenergiemenge für Raumheizung und Warmwasserbereitung ermittelt. Die Abbildung 3 gibt für typische alte und neue Heizsysteme die Jahresnutzungsgrade und spezifischen Emissionen (Bezug Nutzenergie) an.

Wenn - wie im Fall der Familie Meyer - für Warmwasser keine gemessenen Verbrauchswerte zur Verfügung stehen (Warmwasserzähler) kann der Energiebedarf für die Warmwasserbereitung auch überschlägig abgeschätzt werden. Das Ergebnis der Beispielrechnung Nr. 2 bezieht sich auf die Nutzenergieebene und beinhaltet keine Verluste für Wärmeverteilung und -speicherung des Warmwassers.

Warmwasserbedarf

In folgendem Beispiel wurde von einem Warmwasserbedarf von 30 bis 45 Liter pro Person und Tag ausgegangen. Bei einer Nutzungszeit von 365 Tagen im Jahr und einer Erwärmung des Kaltwassers um 45°K ergibt sich bezüglich des Nutzenergiebedarfs für Warmwasser eine Spanne von etwa 570 bis 860 kWh/ pro Person und Jahr (vergl. Beispielrechnung Nr. 2).

Klimadaten

Für die Energiebilanzierung eines Gebäudes werden Klimadaten zur Bestimmung der Wärmeverluste und der solaren Gewinne benötigt. Das Wetteramt oder andere meteorologische Stellen liefern die notwendigen Tagesmittelwerte der Außentemperaturen und die Globalstrahlungswerte für verschiedene Orientierungen.

Heizperioden unterliegen Klimaschwankungen in Abhängigkeit von zahlreichen meteorologischen Einflüssen. In wärmeren Jahren (z.B. in der Heizperiode 1999/2000) wird entsprechend weniger geheizt als in kälteren Jahren (z.B. in der Heizperiode 1995/96). Allein dadurch werden sich bei einem Gebäude auch bei gleichbleibendem Wärmeschutz bereits unterschiedliche Verbrauchswerte in den einzelnen Heizperioden einstellen. Um einen realistischen Vergleich von Verbrauchswerten verschiedener Gebäude oder aber auch von Verbrauchswerten eines Gebäudes verschiedener Heizperioden zu ermöglichen, werden die gemessenen Werte mittels eines Korrekturfaktors ‚normiert‘ auf das klimatische Normaljahr der Region. Durch diese „Witterungsbereinigung“ werden die Einflüsse der klimatischen Schwankungen so eliminiert, dass die Verbrauchswerte maßgeblich durch die energetische Qualität des Gebäudes bestimmt sind.

Für viele Standorte in Deutschland liegen veröffentlichte Klimadaten des Deutschen Wetterdienstes vor aus denen Korrekturfaktoren für die Witterungsbereinigung entwickelt werden können. Sind Klimadaten für einen betrachteten Standort nicht verfügbar, können hierfür mit i.d.R. hinreichender Genauigkeit die Daten einer benachbarten Mess-Station übernommen oder ein hinsichtlich der Entfernungen gewichtetes Mittel von zwei (oder mehreren) in der Nähe liegenden Stationen herangezogen werden. Heizgradtage und Gradtagzahlen für verschiedene Standorte in der Bundesrepublik werden vom Deutschen Wetterdienst sowie auch von einigen Energieversorgungsunternehmen erstellt. Veröf-

¹ Investitionsbank Schleswig-Holstein, Energieagentur:
Gebäudetypologie Schleswig-Holstein. Überarbeitete
Auflage 2002. Auf der Internetseite
www.impulsprogramm-sh.de downloadbar.

fentlicht sind langjährige Mittelwerte u.a. in der oben genannten VDI-Richtlinie 3807 und der DIN 4108-6.

Darüber hinaus zeigt die nachstehende Abb. 04 die Monatsmittelwerte der Heizgradtagzahlen verschiedener Jahre für die wichtigen Heizgrenzen 12 und 15°C. Das langfristige Jahresmittel wird auch als klimatisches Normaljahr bezeichnet. Die jeweilige Heizgradtagzahl des Normaljahres ist die Referenz zur Bildung des Korrekturfaktors K_{Gt} für klimatisch unterschiedliche Jahre. So kann der unregelmäßige Witterungseinfluss einzelner Jahre bereinigt und Vergleiche angestellt werden.

Bei Altbauten wird 15°C als Heizgrenze gewählt. Aufgrund der Tatsache, dass eine Beheizung von Gebäuden mit verbessertem Wärmeschutz erst bei niedrigeren Außentemperaturen als 15°C erforderlich ist, wird bei Gebäuden, die hinsichtlich des Wärmeschutzes den Anforderungen der EnEV entsprechen oder sogar den NEH-Standard aufweisen, die Heizgrenze mit 12°C angenommen. Hier wäre also eine auf diese Heizgrenze bezogene Heizgradtagzahl zutreffend.

	Mittelwert (SH) 1961-1991	Mittelwert (Kiel) 1951-1971 VDI 2067-1	1997		1998		1999		2000	
Monat	Gt (20/12)	Gt (20/15)	Gt (20/12)	Gt (20/15)	Gt (20/12)	Gt (20/15)	Gt (20/12)	Gt (20/15)	Gt (20/12)	Gt (20/15)
Januar	605	602	661	670	498	519	502	530	518	524
Februar	534	551	415	486	389	418	510	531	441	461
März	505	533	451	486	440	470	431	470	456	482
April	380	395	397	429	331	371	317	359	284	329
Mai	228	259	230	299	169	208	197	236	129	209
Juni	103	105	79	105	74	105	87	124	100	158
Juli	66	62	5	6	92	124	0	15	81	129
August	63	67	0	0	82	100	34	79	42	66
September	172	168	173	167	153	167	27	46	132	163
Oktober	317	309	377	380	347	349	319	330	264	283
November	447	437	473	475	536	545	441	446	379	392
Dezember	563	559	525	535	565	587	514	545	498	496
Gradtagszahl Gt	3.983	4.047	3.786	4.038	3.676	3.963	3.379	3.711	3.324	3.692
Korrekturfaktor K_{Gt}	1	1	0,95	1,00	0,92	0,98	0,85	0,92	0,83	0,91

Abb. 04: Gradtagszahlen für Schleswig-Holstein

Energiebedarf nach Modernisierung, Bilanzierungsmethoden

Auf Basis von Verbrauchsdaten ist sowohl eine erste grobe Einschätzung der energetischen Qualität des Gebäudes als auch eine erste Abschätzung des voraussichtlichen Einsparpotenzials möglich. Mit Hilfe des Instrumentariums der Energiebilanzierung wird versucht, das Gebäude modellhaft abzubilden um die physikalischen Effekte von z.B. zusätzlicher Wärmedämmung zu quantifizieren. Die Bilanzierungsmethode ist ein Versuch, die Realität möglichst genau zu beschreiben, alle relevanten Unwägbarkeiten richtig zu gewichten und mathematisch exakt zu berücksichtigen.

Es stehen einige Methoden zur Verfügung, die die Wirksamkeit verschiedener Wärmeschutzmaßnahmen oder einer Heizungserneuerung auf ihre Wirksamkeit hin überprüfen; die geläufigsten sind nachfolgend kurz beschrieben:

Wärmeschutzverordnung WSV0'95

Die bislang gültige WSV0'95 formulierte lediglich Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz bei Neubauten und bei der Modernisierung im Gebäudebestand. Abgesehen von Ausnahmen waren mittels eines eigenen Nachweisverfahrens Grenzwerte für

den Jahres-Heizwärmebedarf, der dem ‚Energiekennwert Raumwärme‘ auf Nutzerebene entspricht, zu unterschreiten. Eine der Hauptkritiken an der WSVO betrifft das Nachweisverfahren, da die real zu erwartenden bzw. sich später einstellenden Verbrauchswerte i.d.R. etwa 10 bis 60 % (in Einzelfällen bis zu 80 %) über den rechnerischen Ergebnisse der WSVO liegen.

Energieeinsparverordnung EnEV

Die seit 1.2.2002 gültige Energieeinsparverordnung (EnEV) ersetzt die bisherige Wärmeschutzverordnung (WSVO) und die Heizungsanlagenverordnung (HeizAnlV) und führt sie in einem Regelwerk zusammen. Mit ihr wurden neue Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz und versorgungstechnische Anlagen für Neubauten und Gebäudemodernisierungen gestellt - zudem bestehen teilweise Nachrüstverpflichtungen. Die EnEV enthält im Gegensatz zur WSVO kaum noch eigene Berechnungsformeln. Sie verweist auf die europäische Norm DIN EN 832 „Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden, Berechnung des Heizenergiebedarfs, Wohngebäude“ dessen nationale Umsetzung die beiden Normen DIN 4108-6 „Wärmeschutz im Hochbau, Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs“ und DIN 4701-10 „Energetische Bewertung von heiz- und raumluftechnischen Anlagen, Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung“ mit den dortigen Rechenverfahren darstellen.

Leitfaden Energiebewusste Gebäudeplanung LEG und der Energiepass Heizung/Warmwasser

Der Leitfaden Energiebewusste Gebäudeplanung LEG beinhaltet neben einer Gebäudebilanzierung auch eine Effizienzbetrachtung für das Heizungssystem. Das Verfahren wurde 1989 vom Institut Wohnen und Umwelt IWU, Darmstadt, im Auftrag des Hessischen Umweltministeriums entwickelt - basierend auf der damals bereits zehn Jahre lang erfolgreich eingesetzten Empfehlung SIA 380/1 des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins.

Der LEG ist in Methode und Ergebnissen weitgehend kompatibel zur europäischen Norm DIN EN 832 (Basis der derzeitigen EnEV). Im Laufe der Zeit fand der LEG aufgrund seines realitätsnahen und überschaubaren Verfahrens Anwendung in verschiedenen (Förder-)Richtlinien hessischer Ministerien (u.a. beim Nachweis erhöhter Anforderungen für Bauten des Landes und im sozialen Wohnungsbau) und einigen Bundesländern wie z.B. Schleswig-Holstein und Brandenburg sowie zahlreichen Landkreisen, Städten und Gemeinden (Frankfurt/Main, Heidelberg, Freiburg i.Br., Fulda, Geisenheim, Goslar etc.).

Der Energiepass Heizung/Warmwasser stellt gewissermaßen die methodische und inhaltliche Fortschreibung des LEG durch das IWU dar. Die Bewertung des Gesamtsystems ‚Gebäude und Heizung‘ erfolgt hier zudem zusätzlich auf der Ebene der Primärenergie (gemäß Gemis²), so dass Energiekennwerte auf Basis unterschiedlicher Energieträger ökologisch und ökonomisch vergleichbar werden. Da diese Methode bereits hinreichend evaluiert und in der Anwendung einfach zu handhaben ist, erscheint das Verfahren des „Energiepass Heizung/Warmwasser“ empfehlenswert³.

² GEMIS: Gesamt-Emissions-Modell-Integrierter-Systeme, Öko-Institut Freiburg/Darmstadt, aktuelle Version 4.x

³ Die Dokumentation/Publikation inkl. Excel-Arbeitsblättern ist erhältlich über das IWU, Darmstadt und das Impulsprogramm Hessen. Ein komfortables Kalkulationsprogramm des IWU zur EnEV „enev-xls“ steht auch dort gegen eine geringe Gebühr als download zur Verfügung (www.iwu.de).

Beispielrechnung mit der Tabellenkalkulation „Energiebilanz vorher-nachher.xls“

Im Rahmen des Impulsprogramms wurde die Tabellenkalkulation⁴ „Energiebilanz vorher-nachher.xls“ in Anlehnung an IWU, Energiepass Heizung/Warmwasser erarbeitet. Dieses kleine Berechnungsprogramm richtet sich in erster Linie an Fach-Praktiker, die schnell und unkompliziert einen Eindruck bekommen wollen, welche Energie- und auch CO₂-Einsparpotenziale im Rahmen einer energetischen Modernisierung erreicht werden können.

Anhand des Beispiels, Fam. Meyer, soll die Bestimmung des Energiebedarfs nach der Modernisierung mit Hilfe dieser Tabellenkalkulation kurz vorgestellt werden.

verluster werden die Bauteile mit ihren Flächen und entsprechenden U-Werten eingegeben. Sind beispielsweise die U-Werte der bestehenden Bauteile nicht bekannt, so sind verschiedene Möglichkeiten zur Ermittlung denkbar.

- Abschätzen des Wandaufbaus und der entsprechenden U-Werte aufgrund von Erfahrungen,
- Übernahme geeigneter Literaturwerte oder Daten aus der Gebäudetypologie.
- Ermittlung des U-Wertes durch Temperaturmessung. Siehe hierzu auch Info Nr. 7: „Bestimmung des U-Wert eines Bauteils bei unbekanntem Aufbau“

Beispielberechnung Nr. 3: Projekt-, Gebäude- sowie Klimadaten

Energie-Bilanzverfahren "vorher/nachher"

in Anlehnung an Energiekennwertverfahren und "Energiepass Heizung/Warmwasser", IWU-Darmstadt

Objektangaben

Auftraggeber	Fam. Meyer
Objekt	Musterstraße 1, 12345 Musterort
Baujahr	1954
Kommentar	Auftraggeber möchte KfW-Kredit prüfen
Bearbeitung durch	IB-SH, Energieagentur, Name

Gebäudegeometrie	Einheit	vorher	nachher	Differenz
Energiebezugsfläche	A _{EB} m ²	1.067	1.067	
lichte Raumhöhe	h m	2,5	2,5	
Beheiztes Luftvolumen netto	V _L m ³	2.669	2.669	
beheiztes Bauwerksvolumen	V m ³	7.056	7.056	
A / V - Verhältnis (Kompaktheitsgrad)	-	0,31	0,31	

Klimadaten

Klimajahr			Mittelwert Kiel; Gt(20°C/15°C)	Mittelwert SH; Gt(20°C/12°C)	
Länge Heizzeit (Heiztage)	H _T	d/a	298	275	
Heizgradtagzahl (Heizgrenze z.B. vor: 15°C, nach: 12°C)	G _t	kd/a	4.047	3.983	
Umrechnungsfaktor		kh/d	0,024	0,024	
Heizgradtagzahl	G _t	kKh/a	97,1	95,6	
Globalstrahlung während der Heizzeit	- horizontal	kWh/(m ² a)	579	378	
	- Süd	kWh/(m ² a)	470	350	
	- Ost	kWh/(m ² a)	336	225	
	- West	kWh/(m ² a)	327	220	
	- Nord	kWh/(m ² a)	185	122	

Die Angaben zur Bezugsfläche und zum Bauwerksvolumen sind aus den Plänen, Mietunterlagen oder durch Abschätzung/Aufmass zu ermitteln. Im Feld Klimadaten wird das Betrachtungsjahr ausgewählt, wobei automatisch im Hintergrund abgelegte Klimadaten (Heiztage, Heizgradtagzahl und Globalstrahlungsdaten) abgerufen werden. Zur Bestimmung der Transmissionswärme-

Bei unbekanntem Aufbau eines Bauteils lässt sich der U-Wert durch Temperaturmessungen bestimmen. Die Genauigkeit des Verfahren steigt mit der Temperaturdifferenz zwischen Außenluft und Raumtemperatur, d.h. Messungen sind am besten in der kalten Jahreszeit vorzunehmen.

⁴ Die Tabellenkalkulation kann kostenlos bei www.impulsprogramm-sh.de unter der Seite „Wissenspool“ heruntergeladen werden.

Info Nr. 7: „Bestimmung des U-Wertes eines Bauteils mit unbekanntem Aufbau“

Raumluft-Temperatur ϑ_i	20,0		°C
Oberflächen-Temp. Außenbauteil innen $J_{o,i}$	17,8	17,8	°C
Außenluft-Temperatur ϑ_a	-6,5		°C
Wärmeübergangswiderstand $R_i = 1 / \alpha_i$	0,13		(m²K)/W
U-Wert	0,64	0,64	W/(m²K)
Der U-Wert entspricht etwa ...			
bei einer Wärmeleitfähigkeit λ von	0,04		W/(mK)
einer alleinigen Dämmstärke von	5,74	5,74	cm

Beispiel-Berechnung Nr. 4: Transmissionswärmeverluste
Energie-Bilanzverfahren "vorher/nachher"
 in Anlehnung an Energiekennwertverfahren und "Energiepass Heizung/Warmwasser", IWU-Darmstadt

Transmission opaker Bauteile	Einheit	vorher	nachher	Differenz
Dach				
U-Wert	Reduktions-faktor f_T m²	457,0	457,0	
Transmissionswärmeverluste	1,0 W/(m²K) kWh/a	52.377	20.969	-31.408
Dach				
U-Wert	Reduktions-faktor f_T m²	219,0	219,0	
Transmissionswärmeverluste	1,0 W/(m²K) kWh/a	51.476	6.699	-44.777
Wand gegen außen				
U-Wert	Reduktions-faktor f_T m²	666,0	666,0	
Transmissionswärmeverluste	1,0 W/(m²K) kWh/a	122.259	21.009	-101.250
Wand gegen außen				
U-Wert	Reduktions-faktor f_T m²	41,0	41,0	
Transmissionswärmeverluste	1,0 W/(m²K) kWh/a	6.889	1.372	-5.518
Wand gegen außen				
U-Wert	Reduktions-faktor f_T m²	43,0	43,0	
Transmissionswärmeverluste	1,0 W/(m²K) kWh/a	9.773	2.137	-7.636
Boden gegen unbeheizt / Keller				
U-Wert	Reduktions-faktor f_T m²	525,0	525,0	
Transmissionswärmeverluste	0,5 W/(m²K) kWh/a	23.201	17.063	-6.138
	Reduktions-faktor f_T m²			
U-Wert	?			
Transmissionswärmeverluste	?			

Transmission Fenster

Fenster horizontal				
Fläche	m²			
U-Wert (inkl. Rahmen)	W/(m²K)			
Transmissionswärmeverluste	kWh/a			
Fenster Süd				
Fläche	m²			
U-Wert (inkl. Rahmen)	W/(m²K)			
Transmissionswärmeverluste	kWh/a			
Fenster Ost				
Fläche	m²	2-Sch.-Iso/Doppelvergl. 2,7	2-Sch.-Iso/Doppelvergl. 2,7	
U-Wert (inkl. Rahmen)	W/(m²K)	125,0	125,0	
Transmissionswärmeverluste	kWh/a	2,7	2,7	
		32.781	32.262	-518
Fenster West				
Fläche	m²	2-Sch.-Iso/Doppelvergl. 2,7	2-Sch.-Iso/Doppelvergl. 2,7	
U-Wert (inkl. Rahmen)	W/(m²K)	122,0	122,0	
Transmissionswärmeverluste	kWh/a	2,7	2,7	
		31.994	31.488	-506
Fenster Nord				
Fläche	m²			
U-Wert (inkl. Rahmen)	W/(m²K)			
Transmissionswärmeverluste	kWh/a			
Summe Fenster, Fläche	m²	247,0	247,0	
Hüllfläche	A m²	2.198,0	2.198,0	
Summe Transmissionsverluste	Q_T kWh/a	330.750	133.000	-1.024

Beispielmessung Außenwand: An einem Wintertag mit einer Außentemperatur von minus 6,5°C wurde im Haus die Innentemperatur auf Oberfläche der Außenwand mit

17,8°C gemessen. Da der Wärmeübergangswiderstand raumseitig mit 0,13 (m²K)/W festgelegt ist, ergibt sich für die unbekannte Konstruktion der Außenwand ein rechnerischer U-

Wert von 0,64 W/(m²K). Der rechnerische Vergleich mit Wärmedämmstoffen lässt erkennen, dass die vorliegende Außenwand hinsichtlich des Wärmeschutzes mit einer Dämmstärke von rd. 5 ½ cm eines marktüblichen Dämm-Materials (z.B. der Wärmeleitgruppe WL 040) entspricht! Für ein bestehendes Gebäude ein passabler Wert. In der Tabelle wurde in der linken Spalte die Eingabe der gemessenen Oberflächentemperatur vorgenommen und daraus der U-Wert berechnet. In der rechten Spalte ist es umge-

(inkl. Rahmen) und entsprechenden Gesamtenergiedurchlassgrad mit den resultierenden U-Werten eingearbeitet.

Zur Bestimmung der Lüftungswärmeverluste kann in dem vorgelegten Feld „Lüftungsart“ zwischen traditioneller Fensterlüftung bzw. Abluftanlage und mech. Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG) gewählt werden. Mit weiteren ergänzenden Angaben wird der energetisch wirksame Luftwechsel und damit die Lüftungswärmeverluste bestimmt.

Beispiel-Berechnung Nr. 5: Lüftungswärmeverluste

Energie-Bilanzverfahren "vorher/nachher"

in Anlehnung an Energiekennwertverfahren und "Energiepass Heizung/Warmwasser", IWU-Darmstadt

Lüftung	Einheit	vorher	nachher	Differenz
Lüftungsart		▼Fensterlüftung / Abluftanlage	▼Fensterlüftung / Abluftanlage	
mittlere tägliche Nutzungszeit	$t_{A,m}$ h/d	10,0	10,0	
Anteil der Nutzungstage in der Heizzeit	$T_{N/HT}$ %	100	100	
Luftwechsel in der Nutzungszeit	$n_{eff,in}$ 1/h	0,60	0,60	
Luftwechsel außerhalb der Nutzungszeit	$n_{eff,au}$ 1/h	0,60	0,60	
Wärmerückgewinnungsgrad bei mech. Lüftung	η_{WRG} %			
Restluftwechsel durch Undichtigkeiten	$n_{L,Rest}$ 1/h	0,10	0,10	
energetisch wirksamer Luftwechsel	n 1/h	0,60	0,60	
Lüftungswärmeverluste	Q_L kWh/a	52.874	52.038	-836

Beispiel-Berechnung Nr. 6: Solare und innere Gewinne

Energie-Bilanzverfahren "vorher/nachher"

in Anlehnung an Energiekennwertverfahren und "Energiepass Heizung/Warmwasser", IWU-Darmstadt

Solare Gewinne	Einheit	vorher	nachher	Differenz
Wärmeangebot durch Solarstrahlung	Reduktionsfaktor r_i			
- Fenster horizontal	0,36 kWh/a	?	?	
- Fenster Süd	0,36 kWh/a	?	?	
- Fenster Ost	0,36 kWh/a	11.491	7.695	-3.796
- Fenster West	0,36 kWh/a	10.915	7.343	-3.572
- Fenster Nord	0,36 kWh/a	?	?	
Summe solare Gewinne	Q_S kWh/a	22.406	15.038	-7.368

kehrt: Wird ein bekannter U-Wert eingetragen, ergibt sich die zu erwartende raumseitige Oberflächentemperatur des Bauteils. Bei bekanntem U-Wert kann man so einen Hinweis auf eine mögliche Gefahr von Wasserdampf-Kondensation und Gründe für eingeschränktes Behaglichkeitsempfinden erhalten.

Die Flächenmaße der einzelnen Bauteile sind bekannt, die U-Werte werden - wie beschrieben - berechnet oder aus Erfahrungswerten abgeschätzt und in die entsprechenden Felder der „vorher-Spalte“ eingetragen. Wenn jetzt schon konkrete Vorschläge für Wärmedämmmaßnahmen im Außenwandbereich existieren und eingetragen werden, sind die Einsparpotenziale in der Differenz-Spalte gleich ablesbar. Gleiches gilt für Fenster. Hierbei ist zur leichteren Handhabung bereits eine Vorbelegung typischer Verglasungen

Mit der Auswahl des Klimajahres (Gebäudegeometrie und Klimadaten) sind auch die Werte für die solaren Gewinne der Fenster bestimmt. Die inneren Gewinne ergeben sich auf Basis der spezifischen Wärmeabgabe; hier 3,2 für MFH. Da nicht alle Gewinne in die Energiebilanz als voll nutzbar eingehen werden die Gewinne mit einem Nutzungsgrad beaufschlagt.

Das Ergebnisfeld stellt die wichtigsten Daten noch einmal zusammen. Weiterhin ist an dieser Stelle die Heizungsanlage auszuwählen. Hier sind Werte für Jahresnutzungsgrad und CO₂-Emissionsfaktor hinterlegt aber auch frei wählbar. So kann neben der Energie auch die CO₂-Einsparung bestimmt werden. Dies ist im Rahmen einer ersten Modernisierungs-Planung nicht unbedeutend. Hebt doch das für die Sanierung maßgebliche KfW-

Beispiel-Berechnung Nr. 7: Ergebniszusammenstellung

Energie-Bilanzverfahren "vorher/nachher"

in Anlehnung an Energiekennwertverfahren und "Energiepass Heizung/Warmwasser", IWU-Darmstadt

Innere Wärmequellen	Einheit	vorher	nachher	Differenz
Nutzungsart	-	Mehrfamilienhaus MFH		
spezifische Leistung innerer Wärmequellen	q_i W/m ²	3,2	3,2	
Summe innerer Wärmequellen	Q_i kWh/a	24.429	22.543	-1.885
Nutzbare solare u. innere Wärmegewinne				
Freie Wärme	$Q_F = Q_S + Q_i$ kWh/a	46.835	37.582	-9.253
Nutzungsgrad Wärmegewinne	$\eta_G = 1 - (0,3 \cdot Q_F / Q_V)$ -	0,96	0,94	-0,02
Summe nutzbare Wärmegewinne	$Q_G = \eta_G \cdot Q_F$ kWh/a	45.120	35.292	-9.828
Brutto-Heizwärmebedarf				
Summe Wärmeverluste	$Q_V = Q_T + Q_L$ kWh/a	383.624	185.038	-198.587
Verhältnis Lüftungs- / Summe Wärmeverluste	Q_L / Q_V %	13,8	28,1	14,3
Heizwärmebedarf				
Heizwärmebedarf absolut	$Q_H = Q_V - Q_G$ kWh/a	338.505	149.746	-188.759
Energiekennwert Raumwärme (Nutz)	$q_H = Q_H / A_{EB}$ kWh/(m ² a)	317,1	140,3	-176,8
Heizwärmebedarf relativ	%	100,0	44,2	-55,8
Brennstoffbedarf und Emissionen				
Heizsystem	-	Gas, Konstanttemperatur-Kessel	Gas, Niedertemperatur-Kessel	
Jahresnutzungsgrad	η %	76	83	7
Brennstoffbedarf absolut	$Q_B = Q_H / \eta$ kWh/a	445.401	180.417	-264.984
Energiekennwert Raumwärme (End)	$q_B = Q_B / \eta$ kWh/(m ² a)	417,3	169,0	-248,3
spez. Energieinhalt Brennstoff		10 kWh/m ³	10 kWh/m ³	
Menge Brennstoff		44540 m ³	18042 m ³	
spez. Kohlendioxid-Emissionen	g / kWh	232	232	
jährliche Kohlendioxid-Emissionen	kg / a	78.533	34.741	-43.792
spez. jährl. Kohlendioxid-Emissionen	kg / (m²a)	73,6	32,5	-41,0
Gebäudenutzfläche gemäß EnEV	$A_N = 0,32 \cdot V$ m ²	2.258	2.258	
spez. jährl. Kohlendioxid-Emissionen gemäß EnEV	kg / (m²a)	34,8	15,4	-19,4

Gebäudesanierungsprogramm unter anderem auf eine Reduktion von

40 kgCO₂/m²Gebäudenutzfläche zur Erlangung zinsgünstiger Kredite ab.

Planungshinweise und mögliche Fehlerquellen

Einer umfangreichen Modernisierungsmaßnahme sollte eine ausführliche Energieberatung mit einer Wirtschaftlichkeitsprüfung vorausgehen. Für eine umfassende und sinnvolle bauliche und anlagentechnische Modernisierung müssen verschiedene Maßnahmenalternativen erarbeitet, bewertet und unter energetischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten optimiert werden. Dazu gehört auch eine detaillierte finanztechnische Beratung unter Einbeziehung aller Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten. Im Zuge der Beratung und Planung für eine erfolgreiche Umsetzung der Sanierungsmaßnahmen sollten die möglichen Fehlerquellen und Unwägbarkeiten, die eine rechnerische

Bestimmung des zukünftigen Heizenergiebedarfs bietet, überprüft werden. Einige Hinweise bietet die nachfolgende Aufstellung.

Bauliche und technische Bestandsaufnahme

Für größere und kleinere Wohnungsunternehmen empfiehlt sich grundsätzlich das Anlegen und Fortschreiben eines Bestandskatasters. Liegt keines vor, muss eine detaillierte bauliche, technische und soziale Gebäudebestandsaufnahme durchgeführt werden. Dazu gehört die Erfassung und Bewertung

- des Baulichen und technischen Zustand des Gebäudes mit seinen technischen und bauphysikalischen Schwachstellen und Mängeln;
- des energetischen Zustands einschließlich der Verbrauchswerte und Ermittlung der Energiekennwerte
- der Wohnungsstruktur (Wohnungsgrößen und Wohnungsmix)
- der Mieterstruktur (Belegung und Fluktuationsrate)
- des Wohnumfelds

Berechnungsmethodik

Im ersten Teil dieses Praxisratgebers wurden gängige Bilanzierungsmöglichkeiten diskutiert und erläutert. Es wurde begründet, warum das mittlerweile fortgeführte Energiekennwertverfahren, welches in Schleswig-Holstein schon seit Jahren im Beratungsbereich der Niedrigenergie-Haus-Förderung angewendet wird, weiter zum Einsatz kommt.

Die Autoren empfehlen daher für eine erste überschlägige Abschätzung der Energieeinsparpotenziale für unterschiedliche Sanierungsmaßnahmen das hier vorgestellte Berechnungswerkzeug „Energiebilanz vorher-nachher“, welches als EXCEL-Worksheet kostenlos unter „Wissenspool“ bei www.impulsprogramm-sh.de als download zur Verfügung steht.

In diesem Zusammenhang sei kurz auf ein weiteres aber sehr viel komplexeres EDV-tool der Beratungspraxis insbesondere für die Wohnungswirtschaft hingewiesen: „EasySanFin“. Ein bedienfreundliches Beratungstool, welches auf Basis der schleswig-holsteinischen Gebäudetypologie es ermöglicht, unterschiedliche Varianten der energetischen Modernisierung bei gleichzeitiger Betrachtung der Förder- und Finanzierungssituation zu einem ökologischen und ökonomischen Optimum für den Investor zu erstellen⁵.

Wärmebrücken

Eine sorgfältige Planung der wärmedämmenden Hülle vermeidet Bauschäden und Heizenergieverschwendung. Im Altbau ist der kritische Punkt oft im Bereich vorhandener Balkone anzutreffen. Hier ist sorgfältig zu planen, ob ein Abriss und Neubau (mit vorgestandener Konstruktion) nicht sinnvoller ist.

Aber auch die ausreichende Dämmung von Rohrleitungen und Armaturen, die Wärmedämmung des Sockelbereichs von aufgehenden Wänden und Schornsteinen im Dachgeschoss bei nachträglicher Dämmung der obersten Geschossdecke etc. sind Detailpunkte, die sorgfältig zu planen sind.

Mangelnde Luftdichtheit der Gebäudehülle

Die größten Probleme liegen hier erfahrungsgemäß im Ausbau der Dachgeschosse und dort bei der Verkleidung der Dachinnenseiten einschließlich des Anschlusses der luftdichten Ebenen. Aber auch bei der Führung von Elektroleitungen (Grundsatz hier: Immer mit Installationsebene planen) und der Durchdringungen mit Rohrleitungen werden Fehler gemacht, die Auswirkungen auf die Luftdichtheit der Gebäudehülle haben.

Durchführung eines Blower-Door-Testes. Die Feststellung der Luftdichtheit der Gebäudehülle und Aufdeckung von Leckagen ist ein unverzichtbarer Bestandteil einer vernünftig durchgeführten Modernisierung.

Produkt- und Ausführungsmängel

Die Probleme liegen hier oft in der Diskrepanz zwischen geplanten Materialien (also Baustoffen, die für die Berechnung der Energieeinsparung angesetzt worden sind, z.B. Wärmedämmstoffe einer bestimmten Wärmeleitfähigkeitsgruppe) und den Baustoffen, die dann tatsächlich vor Ort eingebaut werden. Ein anderer, wichtiger Aspekt bei der Altbausanierung ist der richtige Einsatz von Baustoffen im Verhältnis zum bauphysikalischen Gesamtzustand des Gebäudes. Insbesondere im Bereich der nachträglichen Innendämmungen, aber auch bei diffusionsdichten Ausführungen nachträglicher Außenwanddämmungen werden i.d.R. die größten Fehler gemacht.

Eine wichtige Maßnahme während der Bauausführung ist die genaue Kontrolle der Begleitzettel der verwendeten Baumaterialien auf ihre technischen Eigenschaften einschl. Archivierung und Dokumentation. Qualitätssicherung durch eine eigene fachlich qualifizierte Bauleitung und/oder eine begleitende Qualitätsüberprüfung durch eine unabhängige Institution sind Grundvoraussetzung einer sinnvollen Modernisierungsmaßnahme. Diese Qualitätssicherung kann bis zur Zertifizierung eines bestimmten energetischen Standards gehen oder auch in einem Gebäudede-pass münden.

⁵ Weitere Information unter: www.ib-sh.de/easy

Nutzereinfluss

Nach durchgeführter Modernisierung ist der Nutzereinfluss auf das Gebäude die entscheidende Größe für die Qualität der Energieeinsparung. Schon vor und während der baulichen Maßnahmen können mit der Nutzerbeteiligung Weichen für den Erfolg der geplanten Energieeinsparung gestellt werden. Die Qualität einer jeden durchgeführten Modernisierung steht und fällt mit der Beteiligung der Bewohnerinnen und Bewohner. Bei einem umfangreichen Eingriff in den baulichen Zustand der Wohnungen müssen die Bewohner beteiligt, informiert und falls notwendig auch eingehend beraten werden. Eine umfassende Einbindung der Bewohnerinnen und Bewohner sowie eine aufmerksame Informations- (besser Kommunikations-)politik erhöht nicht nur die Akzeptanz für eine geplante Modernisierung, sondern spielt auch eine wichtige Rolle für einen verantwortlichen Umgang der Menschen mit Gebäude und Technik. Dies ist letztlich ausschlaggebend für den nachhaltigen Wert einer Modernisierung. Wie gravierend der Nutzereinfluss auf den tatsächlichen Heizenergieverbrauch sein kann, zeigt die Abb. 04. Die Verbrauchsdaten von 41 ausgewerteten Niedrig-Energiehäusern, die prinzipiell gleichen energetischen und baulichen Standards sind, weisen einen mittleren Heizenergieverbrauch von rd. 66 kWh/(m²a) auf. Die Bandbreite des Heizenergieverbrauchs liegt jedoch zwischen etwa 44 und 142 kWh/(m²a)!

Treten also nach der energetischen Modernisierung nicht die erwarteten und berechneten Bedarfswerte ein, ist genau zu prüfen, welche Unwägbarkeiten und Einflussfaktoren einwirken können. Unbestritten ist, dass der Nutzereinfluss - relativ gesehen - einen viel stärkeren Effekt auf den Heizenergieverbrauch hat als bei einem schlecht gedämmten Gebäude. Wichtig ist jedoch: Erst mit der Umsetzung der Wärmedämmmaßnahmen und Heizungserneuerungen setzt der Investor die **Voraussetzung** - unabhängig von den Gewohnheiten des Nutzers - für einen niedrigen Heizenergieverbrauch.

Die Höhe der Raumtemperatur

Eine entscheidende Einflussgröße für den Heizenergieverbrauch ist die mittlere Rauminnentemperatur der Wohnungen. Für die rechnerische Ermittlung des Heizenergiebedarfs sollte von 20°C Innentemperatur ausgegangen werden. Diese Temperatur entspricht der im Allgemeinen als angenehm empfundenen Aufenthaltstemperatur für Wohnräume. Als Faustformel gilt: Jedes Grad Celsius Temperaturerhöhung bedeutet 6 - 7% mehr Heizenergieverbrauch. Eine Information der Bewohnerinnen und Bewohner über diese Tatsache trägt oft allein schon zu energiesparendem Handeln bei.

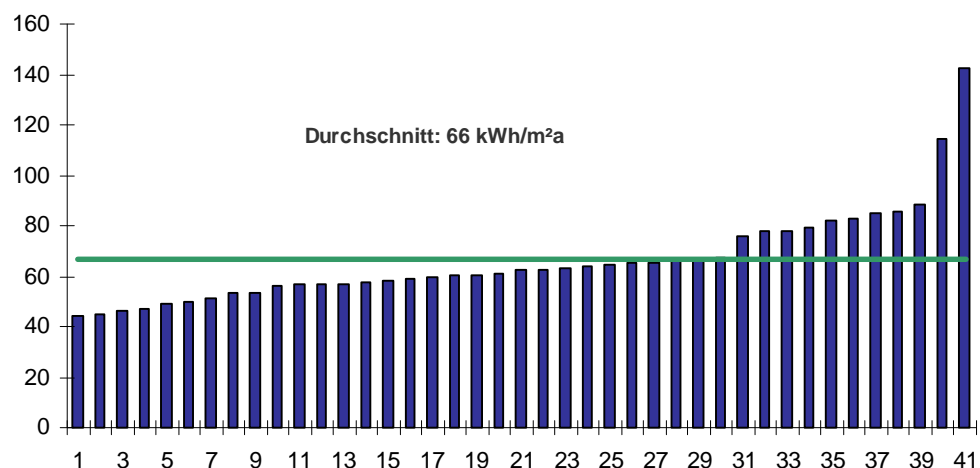


Abb. 05: Unterschiede der gemessenen Energieverbrauchswerte etwa baugleicher Einfamilienhäuser mit NEH-Standard

Das Lüften

Das Lüftungsverhalten der Nutzer stellt die wichtigste Einflussgröße auf den Heizenergieverbrauch des modernisierten Gebäudes dar.

Der Anteil der Lüftungswärmeverluste an den

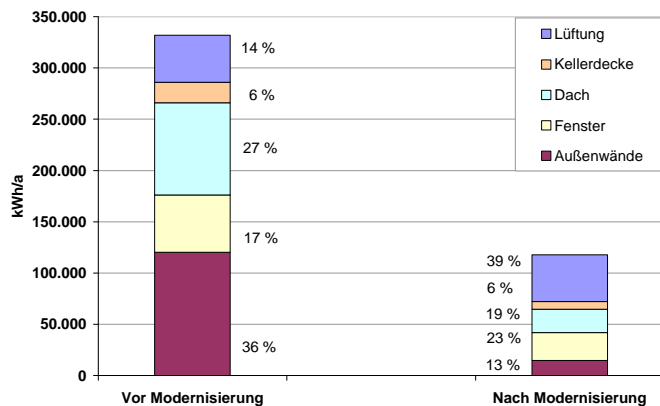


Abb. 06: Wärmeverlustanteile vor und nach Modernisierung

Gesamtwärmeverlusten eines Gebäudes steigt mit der Qualität seines energetischen Standards.

Am Beispiel der Gebäudezeile Anschützstraße 14 - 18 (vergl. Abb. 06) ist diese Verschiebung der relativen Anteile der Wärmeverluste sehr gut ablesbar. Durch Wärmedämmmaßnahmen und den Einbau neuer Fenster reduzierte sich der gesamte Wärmeverlust von vorher ca. 331.000 kWh/a auf ca. 117.000 kWh/a nach der Modernisierung. Eine Einsparung um fast zwei Drittel! Vor der Modernisierung betrugen die Wärmeverluste über die Außenwände 36 % und über das Dach 27 % - also je etwa ein Drittel. Die Lüftungswärmeverluste betrugen vor 14 % und nach der Modernisierung steigt dieser relative Anteil - weil die Transmissionswärmeverluste ja dra-

Monat	Lüftungszeitdauer in Minuten pro Stunde			
	Fenster gekippt	Fenster halb offen	Fenster ganz offen	Querlüftung
Januar	11	3	2	1
Februar	12	3	2	1
März	14	4	3	1
April	21	6	4	1
Mai	53	16	10	3
Oktober	48	15	9	3
November	18	5	3	1
Dezember	12	4	2	1

In den Monaten Juni bis September 25 bis 30 Minuten pro Stunde Querlüftung

Abb. 08: Notwendige Lüftungszeiten

stisch reduziert wurden - auf 39 %. Der relative Anteil der nutzerbeeinflussten Wärmeverluste ist also drastisch gestiegen.

In Abb. 07 ist die Auswirkung verschiedener Fensterstellungen auf den Luftwechsel dargestellt⁶.

Fensterstellung	Luftwechsel [1/h]
Fenster zu, Türen zu	0 - 0,5
Fenster gekippt, Rolladen zu	0,3 - 1,5
Fenster gekippt, kein Rolladen	0,8 - 4,0
Fenster halb offen	5 - 10
Fenster ganz offen	9 - 15
Fenster und Fenstertüren ganz offen (gegenüberliegend)	Etwa 40

Abb. 07: Fensterlüftung

Die hygienisch notwendige und für eine ausreichende Abfuhr der Luftschadstoffe und des in der Innenraumluft enthaltenen Wasserdampfes erforderliche Luftwechselrate beträgt in der Regel zwischen 0,5 bis 1,0 h⁻¹.

Jahreszeitlich bedingt ergeben sich, in Abhängigkeit von der Fensterstellung, also der Art der Lüftung, notwendige Lüftungszeiten, um eine ausreichende Belüftung sicherzustellen (vergl. Abb. 08).

Die Auflistung in Abb. 08 zeigt, dass die Sicherstellung einer gleichzeitig erforderlichen (notwendiger Luftwechsel) aber auch nicht übermäßigen (zu hohe Wärmeverluste) Belüftung der Wohnung mit der herkömmlichen Fensterlüftung kaum leistbar ist.

Jeder hochwärmedämmte errichtete Neubau sollte mit einer definierten Be- und Entlüftungsanlage zur Verringerung der Wärmeverluste ausgestattet sein, um kontrolliert und sparsam zu Lüften sowie zur Gewährleistung eines einwandfreien Innenraumklimas mit hoher lufthygienischer Güte. Dies gilt genauso für modernisierte Altbauten!

⁶ Gesellschaft für rationelle Energieverwendung e.V.: Energieeinsparung im Gebäudebestand, bauliche und anlagentechnische Lösungen, Berlin, 2002

Zur

- Minimierung der Lüftungswärmeverluste
- Schimmelpilz- und Feuchtschäden-Vorbeugung
- Erhöhung der Wohnbehaglichkeit

empfiehlt sich bei jeder Modernisierung der Einbau einer mechanischen Be- und Entlüftungsanlage mit Feuchtigkeitsregulierung.

Untersuchte Modernisierungsobjekte

Vier Bauvorhaben des Geschosswohnungsbaus der 50-iger Jahre wurden näher untersucht. Die durchgeführten Modernisierungsmaßnahmen unterscheiden sich stark im Umfang jedoch wurden überall die Heizungsanlagen komplett erneuert. Die Gebäude sind im wesentlichen 3-geschossig. Bei allen Maßnahmen wurde eine umfangreiche Wohnumfeldverbesserung durchgeführt: die Außenanlagen wurden vollständig neu gestaltet, es wurden Nebengebäude erstellt, die Eingangsbereiche wurden modernisiert. Alle Gebäude sind zwischen 1953 und 1957 erbaut worden und repräsentieren im Gesamtbestand etwa 7 % aller Wohnungen in Schleswig-Holstein. Es handelt sich bei den untersuchten Häusern um Gebäude mit ein- und zweischaligen Außenwänden. Keine der Außenwandkonstruktionen verfügt über eine Luftschicht. Im IST-Zustand, also vorher, wiesen diese Gebäude einen Heizenergiebedarf von rd. 250 bis zu 350 kWh/m² und Jahr auf.

Für alle 4 Modernisierungs-Vorhaben wurde der rechnerische Heizenergiebedarf für den Zustand nach erfolgter energetischer Sanierung (nachher) ermittelt. Für die Bauvorhaben in Preetz und Eutin lagen reale Verbrauchswerte (Heizenergieverbräuche) aus der Zeit vor der Modernisierung vor. Für die Gebäude in Schönkirchen lagen keine Verbrauchsdaten für den Zustand vor Modernisierung vor, da es keine zentrale Beheizung der Gebäude gab. Für die Bauvorhaben in Schönkirchen wurde deshalb der Heizenergiebedarf „vorher“ berechnet.

Die Heizenergiebedarfs- und Heizenergieverbrauchswerte für alle Bauvorhaben sind - auch gemäß der DIN-Definition ohne Trinkwasser-Wärmeenergiebedarf, d.h. ohne Anteil Warmwasserbereitung angegeben.

Alle realen Heizenergieverbrauchswerte wurden witterungsbereinigt. Die Energiebezugsflächen sind die Wohnflächen, ermittelt nach DIN 283.

Im Folgenden wird tabellarisch der energetische Zustand im Bestand mit altem U-Wert sowie die Modernisierungsmaßnahmen mit entsprechendem neuen U-Wert dargestellt. Die ermittelten Energieverbräuche nach der Modernisierung werden in grafischer Form den berechneten Bedarfswerten gegenübergestellt und kommentiert.

Preetz, Zappenweg

Hierbei handelt es sich um 2 Hauszeilen mit insgesamt 33 Wohneinheiten aus dem Jahr 1956:

Die Verbrauchswerte konnten von 1988 - 1998 im IST-Zustand (bis '91), nach der Heizkesselerneuerung (nach '91) und nach der Verbesserung des Wärmeschutz (nach '95) ermittelt und für die Auswertung herangezogen werden.

Zur Ermittlung des rechnerischen Heizwärmebedarfs wurde das bereits im Rahmen des Förderprogramms „Ressourcensparendes Bauen“ genutzte Energiekennwertverfahren⁷ angewendet. Für die Bestimmung des Heizenergiebedarfs wurde pragmatisch mit gemittelten Jahresnutzungsgraden typischer Heizungssysteme gemäß Abb. 03 (Seite 8) zurückgegriffen.

⁷ Energiekennwertverfahren: nach IW,U Darmstadt, LEG im Hochbau

Bauteil	Bestand	U-Wert - alt - [W/m²K]	Modernisierung Maßnahme	U-Wert - neu - [W/m²K]
Außenwand	Stampfbeton	1,23	8 cm WDVS	0,35
Fenster	Kunststoff (1979)	2,70	-	2,70
Dach	Ungedämmt		-	
Oberste Geschossdecke	12,5 StB 2 cm WD 3,5 cm ZE	1,20	-	1,20
Kellerdecke	12,5 StB 2,5 cm WD 3,5 cm ZE	1,13	- -	1,13
Heizung	Ölkessel	-	Zentr. Ölheizung, '92	-

Abb. 09: energetischer Ist-Zustand und Sanierungsmaßnahmen Preetz, Zappenweg

Der im Mittelwert rechnerisch ermittelte Heizenergiebedarf [160 kWh/(m²a)] ist fast identisch mit den realen Mittelwerten des Heizenergieverbrauchs [155 kWh/(m²a)].

Das Diagramm (Abb. 10) zeigt anschaulich, dass die erzielte Heizenergieeinsparung nach erfolgter Modernisierung von ca. 24% im Vergleich zum Vormodernisierungsstandard anteilig fast gleichmäßig auf die Modernisierung der Heizungsanlage und die energetische Verbesserung der Außenwände zurückzuführen ist.

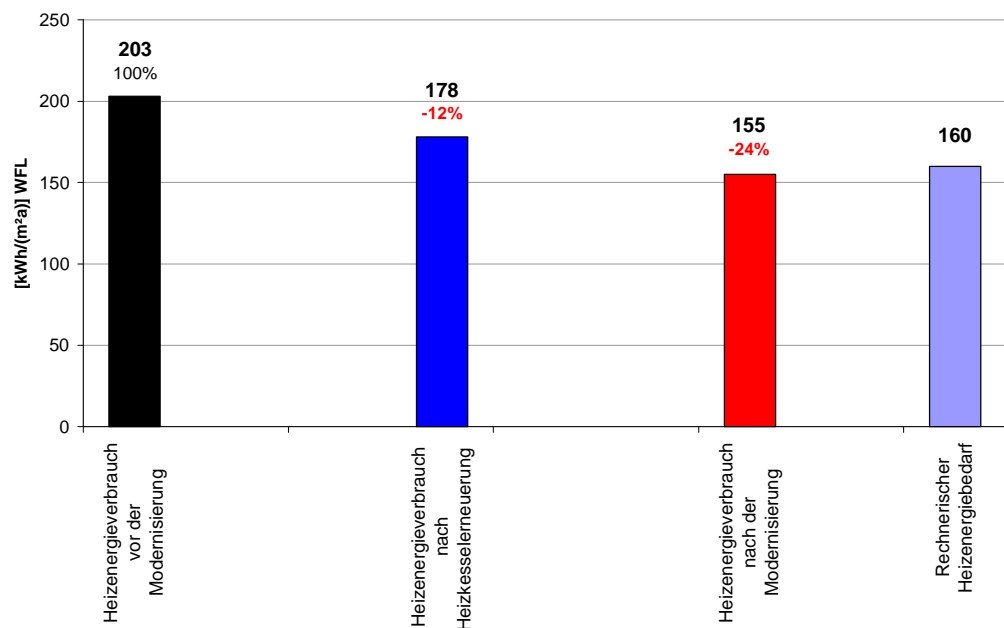


Abb. 10: Vergleich der Heizenergieverbrauchswerte vor und nach Modernisierung, Preetz

Eutin, Nicoloviusstraße

84 Wohneinheiten in vier Gebäudezeilen umfasste diese Modernisierungsmaßnahme wobei die Balkone komplett abgerissen und durch vorgeständerte Systeme ersetzt worden sind.

Bauteil	Bestand	U-Wert - alt - [W/m²K]	Modernisierung Maßnahmen	U-Wert - neu - [W/m²K]
Außenwände	Ziegelsplitt- beton	1,23	10 cm WDVS WLG 040	0,30
Fenster	Kunststoff (1981)	2,70	-	2,70
Dach	Ungedämmt	-	-	-
Oberste Geschoss- Decke	13,0 StB 1,0 cm WD 3,0 cm Estrich	1,75	3,0 cm WD WLG 035 4,0 cm ZE	0,58
Kellerdecke	12,5 StB 1,0 cm WD 2,0 cm E	1,64	-	1,64
Heizung	Ölkessel	-	Zentrale NT- Gasheizung	-

Abb. 11: energetischer Ist-Zustand und Sanierungsmaßnahmen Eutin, Nicoloviusstraße

Bei dem Bauvorhaben in Eutin, Nicoloviusstraße ist die Heizungsanlage im Zuge der Gebäude-Gesamtmodernisierung im Jahr 1996 erneuert worden.

Der im Mittelwert rechnerisch ermittelte Heizenergiebedarf (143 kWh/m²a) ist identisch mit den realen Mittelwerten des Heizenergieverbrauchs der drei unteren Hauszeilen (143 kWh/m²a). Auch der Vergleich mit dem Gesamtmittel des Heizenergieverbrauchs aus allen Hauszeilen mit (153 kWh/m²a) zeigt große Übereinstimmung.

Die tatsächlich erzielte Heizenergieeinsparung bei diesem Bauvorhaben liegt im Mittelwert bei ca. 35 % gegenüber dem Vormodernisierungsstandard.

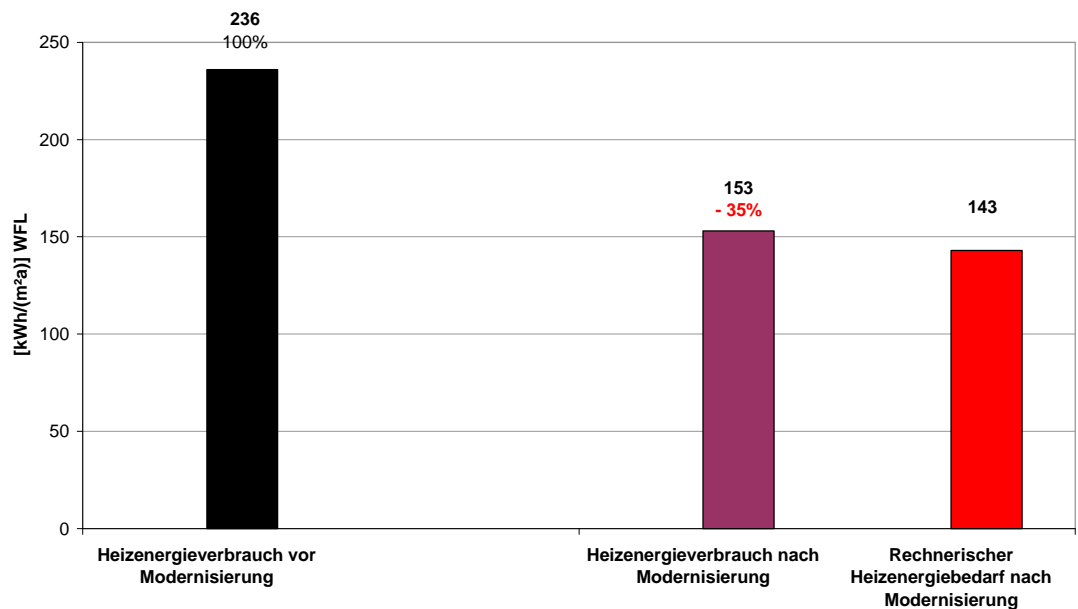


Abb. 12: Vergleich der Heizenergieverbrauchswerte vor und nach Modernisierung, Eutin

Schönkirchen, Anschütz- straße 14-18 und 20-24

Bauteil	Bestand	U-Wert - alt - [W/m²K]	Modernisierung Maßnahmen	U-Wert - neu - [W/m²K]
Außenwände	17,5 KSL 2 cm Fuge 11,5 VmZ	1,89	10 cm WDVS	0,33
Fenster	Kunststoff (1979)	2,70	-	2,70
Dach	Strohmatte	2,42	14 cm WD	0,31
Oberste Geschoss- Decke	15,0 StB 2 cm WD 4,0 cm ZE	1,18	6 cm WD WLG 035 5 cm ZE	0,48
Kellerdecke	12,5 StB 2,5 cm WD Holzdielen	0,916	4 cm WD 035 5 cm ZE	0,68
Heizung	Gas-Einzel- Thermen	-	Zentrale NT- Gasheizung	-

Abb. 13: Energetischer Ist-Zustand und Sanierungsmaßnahmen
Schönkirchen, Anschützstraße 20-24

Bauteil	Bestand	U-Wert - alt - [W/m²K]	Modernisierung Maßnahmen	U-Wert - neu - [W/m²K]
Außenwände	17,5 KSL 2 cm Fuge 11,5 VmZ	1,89	16 cm WDVS WLG 040	0,22
Fenster	Kunststoff (1979)	2,70	Kunststoff Wärmeschutz- verglasung	1,30
Dach	Strohmatte	2,42	20 cm WD WLG 040	0,24
Oberste Geschoss- Decke	15,0 StB 2 cm WD 4,0 cm ZE	1,18	6 cm WD WLG 035 5 cm ZE	0,48
Kellerdecke	12,5 StB 2,5 cm WD Holzdielen	0,91	4 cm WD WLG 035 5 cm ZE 6 cm WD/unters.	0,347
Heizung	Gas-Einzel- Thermen	-	Zentrale NT- Gasheizung	-

Abb. 14: Energetischer Ist-Zustand und Sanierungsmaßnahmen
Schönkirchen, Anschützstraße 14-18

Für die beiden Bauvorhaben sind die erzielten Ergebnisse des Heizenergieverbrauchs im Vergleich dargestellt, da die Bausubstanz beider Hauszeilen nahezu identisch war. Die Berechnung des Heizenergiebedarfs für

Bei den beiden Schönkirchener Gebäudezeilen Anschützstraße 20/24 und 14/18 handelt sich um 2-geschossige Gebäude mit teilweise ausgebauten Dachgeschoss und insgesamt 30 Wohneinheiten aus dem Jahr 1953.

Die Anschützsiedlung 14-18 wurde im Rahmen eines Pilot- und Demonstrationsvorhabens der Energiestiftung Schleswig-Holstein mit einem höheren Wärmeschutz als die Hauszeile 20-24 ausgestattet. Das Gebäude aus dem Jahr 1953 verfügt nach Modernisierung über 15, vorher über 18 Wohneinheiten. den Zustand vor und nach erfolgter energetischer Sanierung erfolgte im Energiekennwertverfahren und im „Ausführlichen Verfahren“ zur Ermittlung der Heizzahl Endenergie nach dem Leitfaden energiebewusste Gebäudeplanung.

Der rechnerisch ermittelte Heizenergiebedarf für das Gebäude Anschützstraße 20-24 nach erfolgter Modernisierung (147 kWh/m²a) ist fast deckungsgleich mit den Durchschnittswerten des real erzielten Heizenergieverbrauchs (149 kWh/m²a).

Eine gewisse Abweichung ergibt sich für die Hauszeile 14-18 beim Vergleich zwischen rechnerischem Heizenergiebedarf (101 kWh/m²a) und mittlerem realen Heizenergieverbrauch (114 kWh/m²a). Obwohl sich eine Abweichung der Ergebnisse rechnerischer Prognosen zu realen Messwerten von ca. 10% im Rahmen üblicher Toleranzen befindet, liegt bei diesem Modernisierungsvorhaben doch recht eindeutig die Ungenauigkeit im Bereich des Nutzerverhaltens. Der höhere energetische Standard der Hauszeile 14 - 18 im Vergleich zur Zeile 20 - 24, aber auch zu allen anderen untersuchten Bauvorhaben lässt die Energiebilanz dieses Gebäudetyp besonders anfällig insbesondere gegenüber uneffektiven Lüftungsgewohnheiten werden. Dies zeigt sich bei den Verbrauchsdaten der Jahre 1998 (106 kWh/m²a) und 1999 (122 kWh/m²a), die einen Unterschied von ca. 15% aufweisen. Derart starke Schwankungen von Heizenergieverbrauchsdaten sind in der Regel auf Nutzerverhalten zurückzuführen.

Für die Bauvorhaben in Schönkirchen liegen keine Verbrauchsdaten aus der Zeit vor der Modernisierung vor. Der ausführlich rechnerisch ermittelte Heizenergiebedarf von 333 kWh/m²a deckt sich mit den gesammelten Erkenntnissen über den energetischen Zustand vergleichbarer Gebäude aus dieser Zeit, die einen Heizenergieverbrauch von ca. 300 - 350 kWh/m²a aufweisen.

Die erzielte Energieeinsparung beträgt für die Anschützstraße 20 - 24 über 50 % Heizenergieverbrauchs-Einsparung; für die Anschützstraße 14 - 18 mehr als 60 % Minderung des Heizenergieverbrauchs gegenüber dem Vorzustand der nichtmodernisierten Gebäude.

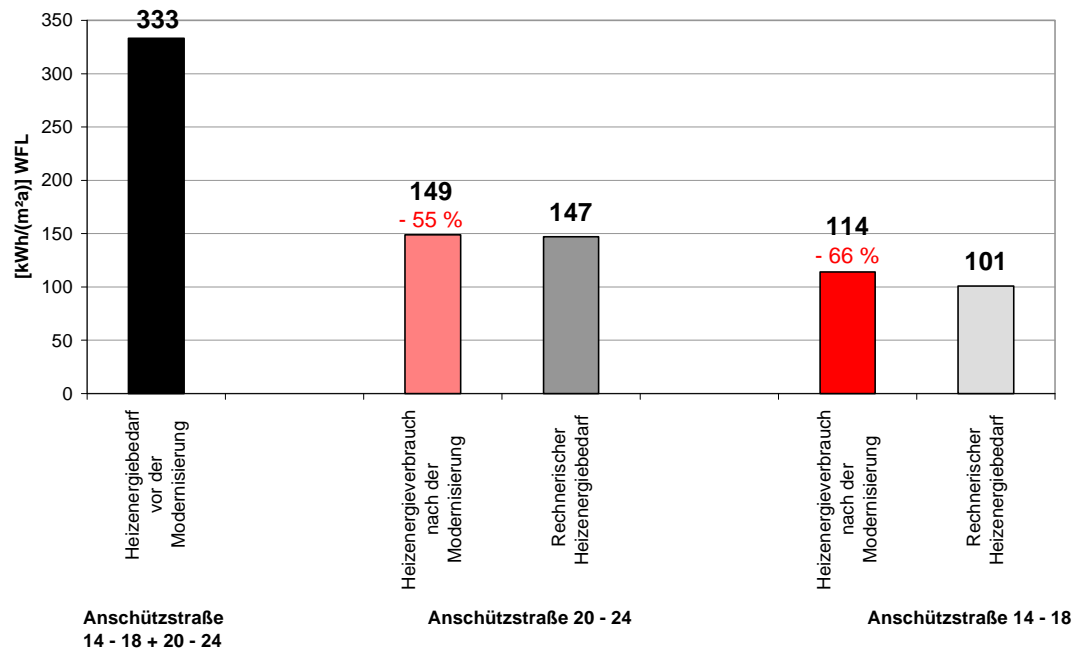


Abb. 15: Vergleich der Heizenergieverbrauchswerte vor und nach Modernisierung, Anschützsiedlung

Literatur

GEMIS

Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS), ein Computerprogramm zur Umweltanalyse von Energie-, Transport- und Stoffsystemen; Öko-Institut Freiburg, Vers. 4.13, 2002. www.gemis.de

LEG

Leitfaden Energiebewusste Gebäudeplanung (LEG), Hg.: Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten, Wiesbaden 1995. Institut Wohnen und Umwelt, www.iwu.de

Energiepass Heizung/Warmwasser

Energiepass Heizung/Warmwasser - Energetische Qualität von Baukörper und Heizungssystem, Institut Wohnen und Umwelt IWU, Darmstadt 1997 - auch erhältlich als Sonderdruck mit Diskette über das Impulsprogramm Hessen, Darmstadt
(www.impulsprogramm.de)

GRE

Gesellschaft für rationelle Energieverwendung e.V.: Energieeinsparung im Gebäudebestand, bauliche und anlagentechnische Lösungen, Berlin, 2002

Notizen

Notizen

Notizen

Energiesparberatung – Fachleute in Ihrer Nähe

Architekten & Ingenieure

Architekten- und Ingenieurkammer
Schleswig-Holstein, Kiel
Telefon: 0431/57065-0
www.aik-sh.de

Gebäudeenergieberater

Verband Norddeutscher
Gebäudeenergieberater e.V., Lübeck
Telefon: 0451/692470
www.VNGE.de

Schornsteinfeger

Landesinnungsverband
Schleswig-Holstein, Neumünster
Telefon: 04321/70990
www.liv-sh.de

Verbraucherzentrale

Verbraucherzentrale Kiel
Telefon: 0431/59099-0
www.Verbraucherzentrale-SH.de

Energiesparberatung vor Ort

Bundesamt für Wirtschaft, Eschborn/ Ts.
Telefon: 06196/404-0
www.rkw.de/6_online.html

Stand: 09/02

Für den Gesamthalt verantwortlich und zu beziehen durch:
Die Programmleitung des Impulsprogramms

Dipl.-Ing. Jörg Wortmann
Investitionsbank Schleswig-Holstein Energieagentur, Kiel
Tel.: 0431/900 - 36 58, E-Mail: joerg.wortmann@ib-sh.de

Dietmar Walberg
Arbeitsgemeinschaft für zeitgemäßes Bauen e.V., Kiel
Tel.: 0431/663 69 - 0, E-Mail: arge-zeitgem-bauen@t-online.de

Projektförderung:
Innenministerium des Landes Schleswig-Holstein und
Energienstiftung Schleswig-Holstein

Hotline: 01805/11 99 10 12 Cent/Minute **www.impulsprogramm-sh.de**