

Wirtschaftlichkeit von Energieeinsparungsmaßnahmen im Wohngebäudebestand

## Besserer Wärmeschutz oder Heizkesselaustausch?

Die Bundesvereinigung der Firmen im Gas- und Wasserfach e. V. (Figawa)\* hat die nachfolgenden Aussagen aus der NOWA-Studie der VdZ zusammengestellt, um damit auf die Wichtigkeit und das Potential der CO<sub>2</sub>-Senkungsmaßnahmen im Gebäudebestand aufmerksam zu machen. Nicht in der ständigen Verschärfung des Wärmeschutzes durch den Gesetzgeber, deren Einhaltung durch die Länder nicht mehr kontrolliert werden kann, sondern in der Erfassung des Potentials der CO<sub>2</sub>-Senkung und Energieeinsparung durch Maßnahmen der Gebäudetechnik liegt der sinnvolle Weg nach Meinung der Figawa.

Die Notwendigkeit der Reduzierung des Energieverbrauchs und der damit verbundenen Verringerung der klima- und umweltschädlichen CO<sub>2</sub>- und Schadstoffemissionen ist allgemein bekannt. Die Möglichkeit hierzu besteht besonders beim Gebäudebestand mit einem Anteil von einem Drittel am Endenergieverbrauch in Deutschland. Verordnungen der Bundesregierung, in erster Linie für Neubauten gültig, geben auch einen ge-



Bild 1 Auswirkungen wärmedämmender Maßnahmen bei Gebäuden

setzlichen Rahmen für Modernisierungs- und Sanierungsmaßnahmen für die Wärmeversorgung von bestehenden Wohngebäuden. So begrenzt die Wärmeschutzverordnung 1995 den Jahresheizwärmebedarf abhängig von der Nutzfläche und dem Volumen des Gebäudes auf 54 bis 100 kWh/m<sup>2</sup>. Das sind etwa 30 % weniger als nach der Wärmeschutzverordnung 1982 zulässig und deutlich weniger als im Ge-

bäudebestand (Bild 1). Nach der Heizungsanlagenverordnung 1994 dürfen ab 1998 für den Leistungsbereich bis 400 kW nur noch Brennwert- oder Niedertemperatur-Heizkessel eingebaut werden. Die Mindestanforderungen an den Wirkungsgrad neuer Heizkessel zeigt Bild 2.

Modernisierungsmaßnahmen zur Energieeinsparung erfordern naturgemäß einen bestimmten Kapitalaufwand, abhängig vom Gebäudetyp, Baujahr, Erhaltungszustand, vorhandenen und angestrebten Baustandard. Die folgenden Ausführungen beziehen sich in erster Linie auf das Einfamilienhaus, Reihenhaus und kleine Mehrfamilienhaus. Bei einem zu erreichenden Standard gemäß den vorgenannten Verordnungen ergeben sich etwa die Erfahrungswerte für den Aufwand nach Tab. 1.

Maßnahme	Aufwand DM
Dachdämmung	2 000- 5 000
Außenwanddämmung	12 000-25 000
Innenwanddämmung	4 000- 6 000
Fensterwechsel	15 000-20 000
Neuer Heizkessel	7 000-10 000
Neuer Warmwasserspeicher	2 000- 5 000
Regel- und Steuereinrichtung	1 000- 2 000

Tabelle 1 Geschätzter Kapitalaufwand zur Modernisierung eines Einfamilien- oder Reihenhauses

\* Figawa, 50968 Köln, Fax (02 21) 37 28 06

Die verschiedenen Modernisierungsmaßnahmen führen zu unterschiedlichen Einspareffekten. Im allgemeinen werden die durch eine verstärkte Wärmedämmung erreichbaren realen Einspareffekte überschätzt, die energetischen und finanziellen Einsparmöglichkeiten durch die heute verfügbare Anlagentechnik jedoch unterschätzt. Praxisnahe Computersimulationen erlauben eine Analyse der Kosten/Nutzenverhältnisse einzelner Maßnahmen bei vorgegebenen Gebäuden mit unterschiedlichem Standard.

## Kostenbezogene Energieeinsparung durch Modernisierungsmaßnahmen

Die folgende zahlenmäßige Darstellung bezieht sich auf ein angenommenes Reihenhause mit einer Nutzfläche von ca. 153 m<sup>2</sup>, einem beheizten Bauvolumen von etwa 477 m<sup>3</sup> und einem Verhältnis von wärmeübertragender Umfassungsfläche zum beheizten Bauwerksvolumen von 0,46 m<sup>-1</sup>. Abhängig von unterschiedlichen Ausgangsstandards des Gebäudes werden folgende Modernisierungsmaßnahmen untersucht: Wärmedämmung der Außenwand, Einbau neuer Fenster, neuer Niedertemperatur- oder Brennwertkessel.

### Außenwanddämmung, Fensterwechsel

Tabelle 2 zeigt die Kennwerte für die Außenwanddämmung und die Fenstersanierung vor und nach der Modernisierung. Weist die Außenwand Putzschäden auf, so mindern die Mehrkosten für deren Sanierung die eigentlichen Wärmedämmkosten, da eine Sanierung der Schäden ohnehin erforderlich wäre. Die Kosten für die Außenwanddämmung vermindern sich dann auf die Werte nach Tabelle 3.

Mit den Dämmmaßnahmen nach Tabelle 2 können die Einsparungen beim Heizwärme- und Brennstoffbedarf nach Bild 3 erreicht werden. Zur Berechnung des eingesparten Brennstoffbedarfs wurde ein Jahresnutzungsgrad von 85 % angenommen. Bild 4 zeigt schließlich die Kosten/Nutzenverhältnisse für die Außenwanddämmung und die

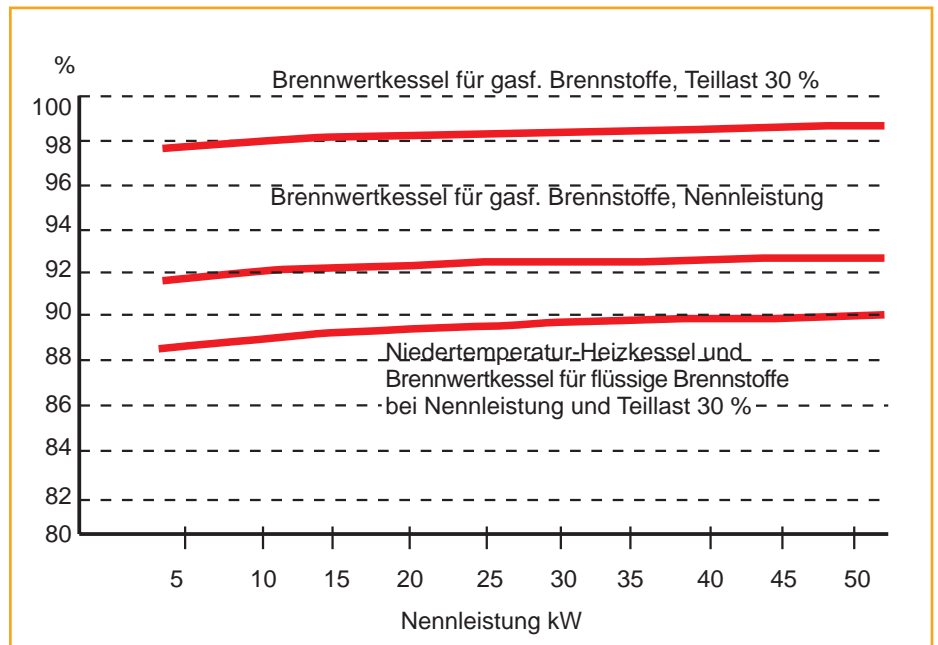


Bild 2 Mindestwirkungsgrade bei neuen Warmwasserheizkesseln

Reihenhause mit Wärmeschutz gemäß	vorhandener Wandaufbau k-Wert (unsaniert)	Dämmung gem. WSV 95 Gesamtkosten k-Wert (saniert)	vorhandene Fenster k-Wert (unsaniert)	Fenster gem. WSV 95 Gesamtkosten k-Wert (saniert)
DIN 4108 Mindestwärmeschutz	Innenputz 15 mm Vollziegel 365 mm Außenputz 20 mm 1,53 W/m <sup>2</sup> K	80 mm WLG 040 13 060 DM 0,38 W/m <sup>2</sup> K	Einfachverglasung 5,2 W/m <sup>2</sup> K	Wärmeschutzverglasung 14 270 DM 1,8 W/m <sup>2</sup> K
WSV 1977	Innenputz 15 mm Hochlochziegel 300 mm Außenputz 20 mm 1,15 W/m <sup>2</sup> K	80 mm WLG 040 13 060 DM 0,35 W/m <sup>2</sup> K	Isolierglas 3,0 W/m <sup>2</sup> K	Wärmeschutzverglasung 14 270 DM 1,8 W/m <sup>2</sup> K
WSV 1982	Innenputz 15 mm Hochlochziegel 365 mm Außenputz 20 mm 0,82 W/m <sup>2</sup> K	60 mm WLG 040 12 160 DM 0,37 W/m <sup>2</sup> K	Isolierglas 2,6 W/m <sup>2</sup> K	Wärmeschutzverglasung 14 270 DM 1,8 W/m <sup>2</sup> K

Tabelle 2 Kennwerte der Außenwanddämmung und der Fenstersanierung beim Reihenhause

Reihenhause gemäß	Außenputz intakt	10 % Putzschäden	gesamter Außenputz sanierungsbedürftig
DIN 4108	13 060 DM	9230 DM	5050 DM
WSV 1977	13 060 DM	9230 DM	5050 DM
WSV 1982	12 160 DM	8330 DM	4150 DM

Tabelle 3 Anzurechnende Kosten zur Außenwanddämmung in Abhängigkeit vom Zustand des Außenputzes beim Reihenhause

Fenstersanierung. Je besser der Dämmzustand eines Gebäudes vor der Sanierung der Außenwand ist, desto höher ist der finanzielle Aufwand zur Einsparung einer bestimmten Energiemenge. Wenn aber ohnehin aus bautechnischen Gründen eine Teil- oder Gesamtsanierung der Fassade durchgeführt werden muß, kann die Energieeinsparung mit wesentlich geringerem Aufwand erfolgen. Insgesamt ist jedoch zu erkennen, daß sich die Investition für die Wärmedämmung kaum amortisiert, wenn man z. B. dem gemittelten Investitionsaufwand von 1,90 DM/(kWh/a) die mögliche Einsparung an Brennstoffkosten von etwa 0,06 DM/kWh bei Erdgas oder Heizöl gegenüberstellt. Angesichts der Langlebigkeit einer Fassade und der bestehenden Umweltprobleme sollten trotzdem bei notwendigen Sanierungsmaßnahmen an den Außenwänden von Gebäuden, die vor Inkrafttreten der ersten Wärmeschutzverordnung (1977) errichtet wurden, Wärmedämmungen angebracht werden.

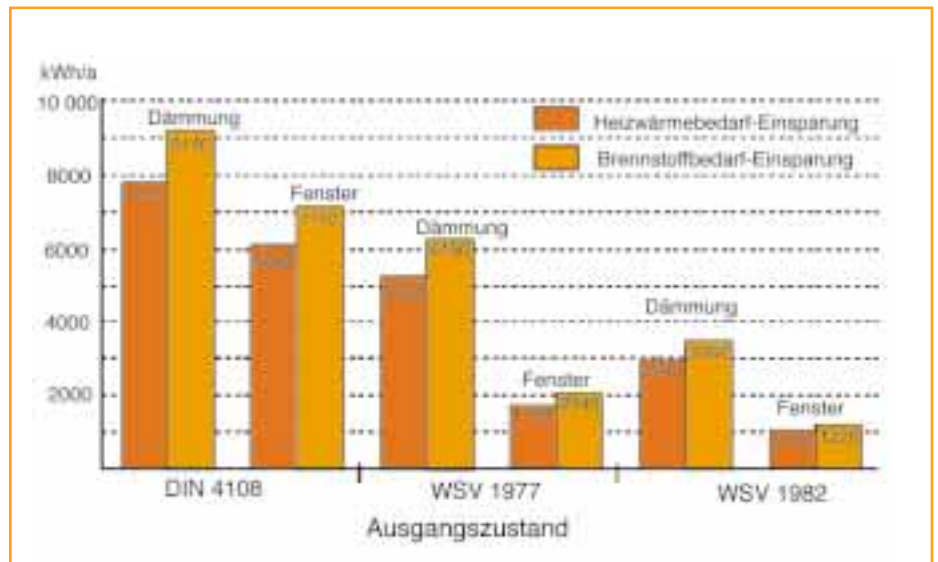


Bild 3 Jährliche Einsparungen beim Heizwärme- und Brennstoffbedarf durch Außenwanddämmung und Fenstersanierung gemäß WSV 1995 in Abhängigkeit vom Ausgangszustand beim Reihenhaus

Quelle: Nowa

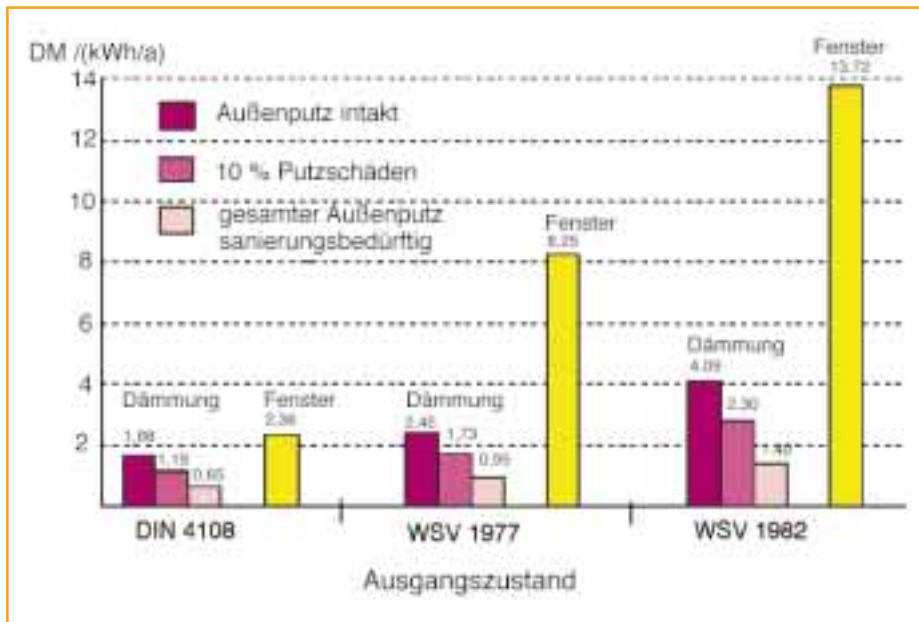


Bild 4 Investitionsaufwand zur Einsparung von 1 kWh Heizwärmebedarf pro Jahr durch Außenwanddämmung und Fenstersanierung abhängig vom Ausgangszustand beim Reihenhaus

Was den Investitionsaufwand für die Fenstersanierung betrifft, so ist erkennbar, daß auch im günstigsten Fall des Wechsels der Einfachverglasung zu Wärmeschutzverglasung keine Amortisation des Aufwands erreicht werden kann, wenn man dem Aufwand von 2,36 DM/(kWh/a) eine mögliche Einsparung von 0,06 DM/kWh gegenüberstellt. Ein Wechsel der Fenster ist deshalb nur sinnvoll, wenn ihr Erhaltungszustand dies erforderlich macht, nicht jedoch aus wirtschaftlichen Gründen.

### Neuer Niedertemperatur- oder Brennwertkessel

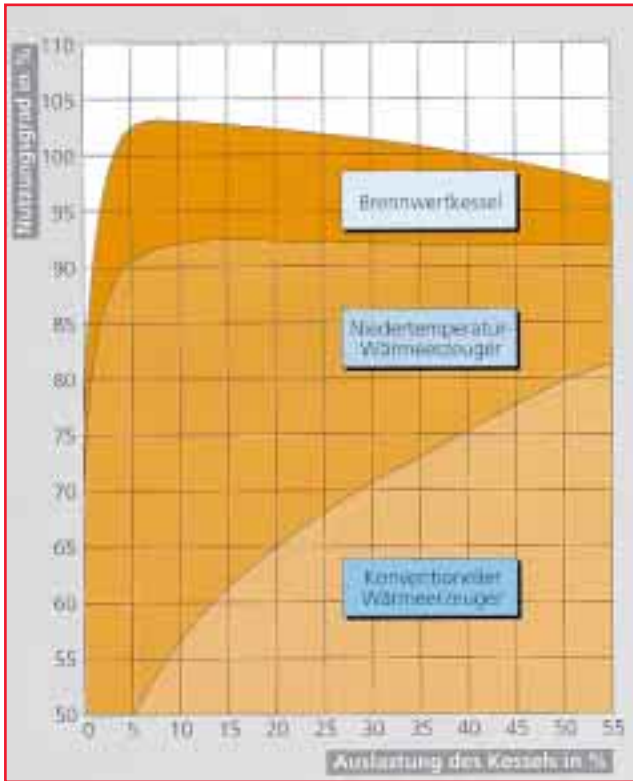
Als wichtigste Modernisierungsmaßnahme auf der Anlagenseite wird im folgenden der Austausch des alten Heizkessels gegen einen modernen Niedertemperatur- oder Brennwertkessel untersucht. Im Gegensatz zu älteren Heizkesseln bleibt der Nutzungsgrad unabhängig von der Auslastung hoch bzw. kann mit geringerer Auslastung sogar noch steigen. Den charakteristischen Verlauf des Nutzungsgrads bei verschiedenen Wärmeerzeugern zeigt Bild 5. Schon wegen der Verringerung der Auslastung bei jeder Form von Wärmeschutzmaßnahmen sollte eine Modernisierung der Heizungsanlage vorgenommen werden. Zur besseren Vergleichbarkeit der Maßnahmen sollen außer dem Kesselwechsel keine weiteren Veränderungen vorgenom-

Quelle: Nowa

Sanierungsmaßnahme	Investitionskosten der Maßnahme	Mehrkosten zur Energieeinsparung bei	
		Restwert des Altkessels 30 %	Altkessel verschlissen
neuer Niedertemperaturkessel mit Schornsteinsanierung	9 000 DM	2700 DM	0,00 DM
neuer Brennwertkessel mit Schornsteinsanierung	10 000 DM	3700 DM	1000 DM

Quelle: Nowa

Tabelle 4 Gesamte Investitionskosten und energiesparbedingte Mehrkosten zum Ersatz des Heizkessels im Reihenhaus



**Bild 5 Nutzungsgrad verschiedener Wärmeerzeuger in Abhängigkeit von der Auslastung des Heizkessels**

men werden, so daß sich der Jahresnutzungsgrad der Gesamtanlage nur infolge des steigenden Jahresnutzungsgrads des Wärmeerzeugers ändert. Der Einbau eines neuen Niedertemperatur- oder Brennwertkessels ist jeweils mit dem Einsatz einer Abgasleitung verbunden. In Abhängigkeit vom Zustand des Altkessels sind der Kesselerneuerung aus Energiespargründen die Kosten nach Tabelle 4 anzurechnen. Der theoretische Restwert des Kessels von 30 % soll den Fall des vorzeitigen Ersatzes nach etwa  $\frac{2}{3}$  der Lebensdauer darstellen. Zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit werden die Jahresnutzungsgrade der Heizungsanlage einschließlich Trinkwassererwärmung nach Tabelle 5 ausgewählt. Der Kesselnutzungsgrad ist bei dem jeweiligen unsanierten Ausgangszustand vom Wärmeschutzstandard des Gebäudes abhängig, da ein System unterstellt wird, das dem technischen Stand

Reihenhaus gemäß	unsaniertes System	System mit neuem Niedertemperatur-Kessel	System mit neuem Brennwertkessel
DIN 4108	60 %	85 %	93 %
DIN 1977	70 %	85 %	93 %
WSV 1982	78 %	85 %	95 %

Quelle: Nowa

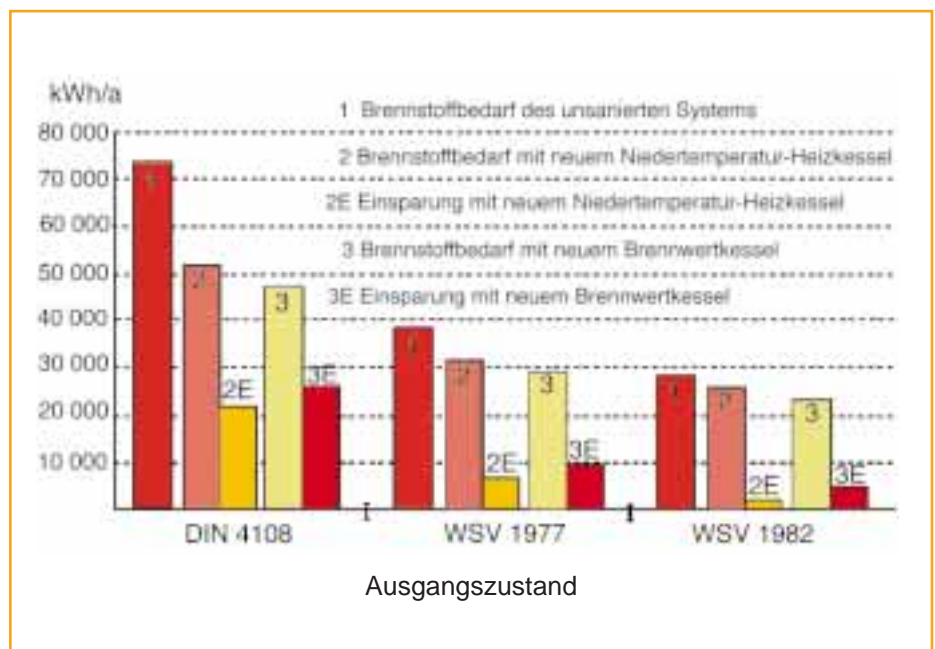
**Tabelle 5 Jahresnutzungsgrade der Gesamtanlage vor und nach dem Wechsel des Heizkessels beim Reihenhaus**

zum Zeitpunkt der Gebäudeerstellung entspricht. Das trifft z. B. auf etwa 4,8 Mill. Heizkessel zu, die in Deutschland vor 1982 errichtet worden sind (nach ZIV-Erhebung für 1996). Damit ergibt sich der Jahresbrennstoffbedarf sowie die Brennstoffeinsparung für Heizung und Trinkwassererwärmung nach Bild 6 und schließlich der investive Aufwand zur Einsparung einer Kilo-

wattstunde Brennstoffenergie nach Bild 7. Es zeigt sich, daß der Austausch eines älteren Heizkessels gegen einen neuen Niedertemperatur- oder Brennwertkessel eine ausgesprochen wirtschaftliche Maßnahme zur Energieeinsparung ist. Die Effektivität der Modernisierungsmaßnahme hängt dabei vom Nutzungsgrad des alten Heizkessels ab.

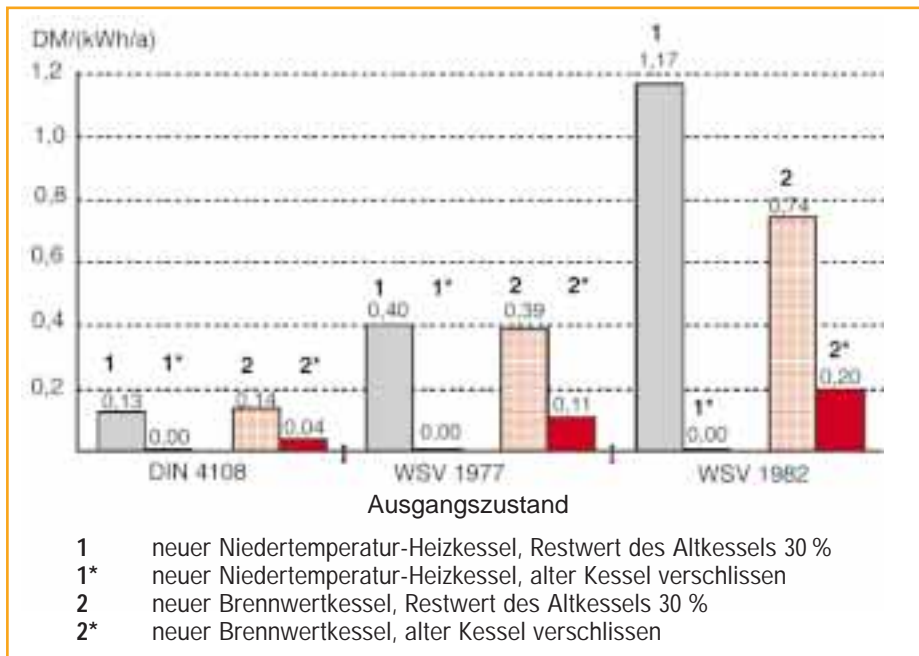
### Vergleich der Modernisierungsmaßnahmen

Greift man als Beispiel aus den vorstehenden Darstellungen ein Reihenhaus gemäß der Wärmeschutzverordnung von 1982 (WSV 1982) heraus (gesamter Außenputz sanierungsbedürftig, alter Kessel verschlis-



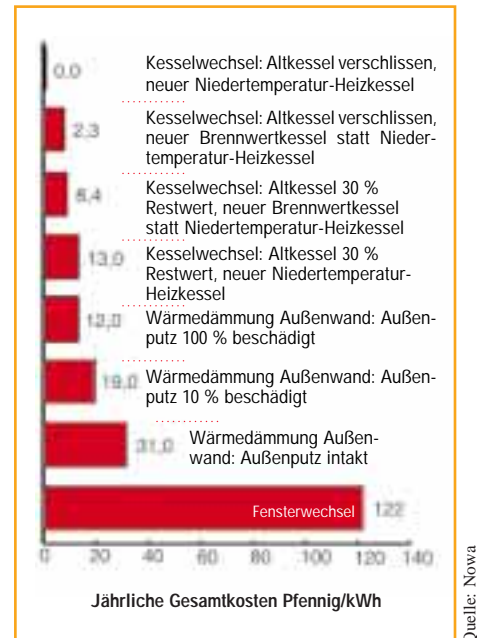
Quelle: Nowa

**Bild 6 Jahresbrennstoffbedarf vor und nach dem Wechsel des Heizkessels sowie die Brennstoffeinsparung in Abhängigkeit vom Ausgangszustand und der Art des Heizkessels beim Reihenhaus**



**Bild 7** Investitionsaufwand zur Einsparung von 1 kWh Brennstoffenergie pro Jahr durch Wechsel des Heizkessels in Abhängigkeit vom Ausgangszustand und der Art des Heizkessels beim Reihenhaus

nig/kWh bei Erdgas oder Heizöl, dann wird deutlich, daß nur bei Kesselwechsel eine Amortisation des Aufwands zu erreichen ist, nicht jedoch bei Wärmedämmung und Fensterwechsel.



**Bild 8** Jährliche Gesamtkosten pro eingesparter kWh für einzelne Maßnahmen beim Reihenhaus mit Ausgangszustand gemäß WSV 1982

Modernisierungs-Maßnahme	Kosten-/Nutzen-Verhältnis DM/(kWh/a)	Gesamtkosten DM/kWh	Brennstoffeinsparung kWh/a	CO <sub>2</sub> -Reduzierung Erdgas kg/a	CO <sub>2</sub> -Reduzierung Heizöl kg/a
Außenwand-dämmung	1,40	0,12	3460	692	900
Fensterwechsel	13,72	1,22	1220	244	317
Neuer NT-Heizkessel	0,00	0,00	2320	464	603
Neuer Brennwertkessel	0,20	0,023	5030	1006	-

**Tabelle 6** Vergleich der Modernisierungsmaßnahmen beim Reihenhaus

## Fazit

Die Investitionsbeträge für die Heizungsanlage liegen im allgemeinen sehr viel niedriger als bei Wärmedämm-Maßnahmen. Insofern ist das nutzbare Einsparpotential in der Heizungsmodernisierung wesentlich größer. Auf der anderen Seite sind Sanierungen an der Gebäudehülle um so effektiver, je schlechter der Ausgangszustand des Gebäudes ist. Zugleich hat der Austausch alter Heizkessel eine deutliche Schadstoff- und CO<sub>2</sub>-Reduzierung zur Folge. □

Quelle: Richter, W., Bach, H.: Vom Wärmeschutz zur Energieeinsparung, Grundsatzuntersuchung NOWA, Juni 1997 (im Auftrag der VdZ).

sen), das auf den Stand der Wärmeschutzverordnung von 1995 gebracht wird, so ergibt sich der Vergleich nach Tabelle 6. Die aufgeführten Gesamtkosten für die Energieeinsparungsmaßnahmen sind Bild 8 entnommen. Sie ergeben sich aus einer Annuitätsrechnung, bei der folgende Annahmen gemacht wurden.

- Lebensdauer:
  - Wärmedämmung: 50 Jahre
  - Fenster: 30 Jahre
  - Heizkessel: 20 Jahre

- jährlich zusätzliche Kosten
  - Verzinsung/a: 8 %
  - Wartung/Instandsetzung/a: 1 %
  - Preisanstieg/a: 3 %

Der Zweck der Energieeinsparungsmaßnahmen ist schließlich die Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emission. Aus der Brennstoffeinsparung und den CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren 0,20 kg/kWh für Erdgas bzw. 0,26 kg/kWh für Heizöl EL erhält man die Werte nach Tabelle 6. Der besonders wirtschaftliche und emissionsarme Betrieb des Brennwertkessels ist nur mit Erdgas möglich. Vergleicht man die Gesamtkosten für die einzelnen Maßnahmen mit den eingesparten Brennstoffkosten von etwa 6 Pfennig/kWh bei Erdgas oder Heizöl, dann wird deutlich, daß nur bei Kesselwechsel eine Amortisation des Aufwands zu erreichen ist, nicht jedoch bei Wärmedämmung und Fensterwechsel.