

# **Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit von Energieeinsparmaßnahmen an Gebäuden im Bestand**

Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Leimer, Dipl.-Ing. Christian Dreher, Dipl.-Ing. Karsten Schnittger

Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst, Hildesheim

BBS INSTITUT, Wolfenbüttel

## **1 Einleitung**

Die im Februar 2002 in Kraft getretene Energieeinsparverordnung EnEV schreibt bei der energetischen Instandsetzung im Gebäudebestand Anforderungen an die Qualität der Gebäudehülle vor.

Da in der EnEV der politisch gewünschte energetische Standard der BRD festgeschrieben ist, wird hierbei

die Wirtschaftlichkeit von geplanten oder durchgeführten energetischen Verbesserungen vorausgesetzt oder ist nachzuweisen. Wie ist jedoch die Wirtschaftlichkeit nachzuweisen?

Im Grunde einfach durch die

1. Bestimmung des energetischen Verbrauches des Gebäudes vorher und nachher,
2. Bestimmung der eingesparten kWh.(Verhältnis der investiven Kosten im Rahmen der Nutzungsdauer im Verhältnis der Energieeinsparkosten).

Im Grunde kompliziert ,

1. da sich die realen energetischen Verbräuche realitätsnah nur mittels einer numerischen Gebäudesimulation unter instationären Bedingungen bestimmen lassen,
2. da die Kosten für die Instandsetzung nur auf der Grundlage einer genauen Kalkulation ermittelt werden können,
3. da die Nutzungsdauer von Bauteilen und Baustoffen nur näherungsweise zu erfassen ist und
4. der Einsatz gezielter, politisch gesteuerter Fördermaßnahmen die Finanzierungskosten erheblich beeinflussen.

Das Ziel dieser Untersuchung war, ein allgemeingültiges Verfahren zu finden, um allgemeine Gebäude des

*Ein-, Zwei-, und Mehrfamilienwohnhausbaus*

hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit bewerten zu können. Ergänzend sollten im Rahmen einer energetischen Erfassung und Bewertung des Gebäudebestandes Entscheidungskriterien für den Umfang von energetischen Instandsetzungsmaßnahmen im Kontext der EnEV und der Wirtschaftlichkeit unter Berücksichtigung der finanziellen Fördermöglichkeiten des Staates geschaffen werden.

## 2 Mögliche Förderprogramme

Aktuell sind folgende Förderprogramme von Bund und Land möglich:

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

## 3 Eingruppierung und Bewertung der Gebäude im Bestand

### 3.1 Energetische Gruppierung

Die Basis stellen hierbei die zeitliche Entwicklung der bautechnischen Anforderungen der Normen und Verordnungen.

DIN 4108 – Wärmeschutz im Hochbau

- DIN 4108 – 1952 und 1960
- DIN 4108 – August 1969
- DIN 4108 – Beiblatt vom September 1974
- DIN 4108 – Ergänzende Bestimmungen zur Fassung von August 1969 - Oktober 1974
- DIN 4108 – Beiblatt vom November 1975
- DIN 4108 – August 1981

- DIN V 4108 –Teil 6 – November 2000
- DIN 4108 – Teil 2 – April 2003

#### Verordnungen und Gesetze

- Energieeinspargesetz ( EnEG ) - Juli 1976 und Novellierung Juni 1980
- Wärmeschutzverordnung ( WschVO ) – August 1977
- Wärmeschutzverordnung ( WschVO ) – Januar 1984
- Wärmeschutzverordnung ( WschVO ) – August 1994
- Energieeinsparverordnung (EnEV)– 16.11.2001

Anhand der Entwicklung der Anforderungen an den Wärmeschutz kann für die unterschiedlichen Zeitabschnitte und Kategorien ein zeitlich typischer Baustandard definiert werden.

### 3.2 Eingruppierung der Ein- und Zweifamilienhäuser

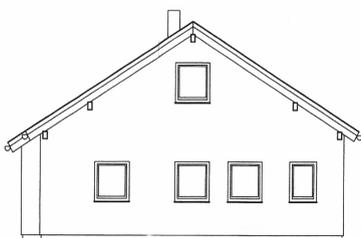
Im Rahmen einer Gebäudeanalyse wurden 30 Ein- und Zweifamilienhäuser unterschiedlicher Zeitepochen in Hinblick auf ihre bautechnischen Kennwerte analysiert und ausgewertet.

#### 3.2.1 Typ I – Einfamilienhaus EG – Nutzfläche 100 – 150m<sup>2</sup>



Die durchschnittliche Gebäudenutzfläche liegt bei diesem Typ bei 126 m<sup>2</sup>. Er repräsentiert ein typisches eingeschossiges Einfamilienhaus im Bungalow – Charakter. Das durchschnittliche Volumen liegt bei 392 m<sup>3</sup>, die dazugehörige Hüllfläche beträgt 366 m<sup>2</sup>. Das daraus resultierende A/V – Verhältnis liegt bei 0,93 m<sup>-1</sup>. Die gesamte Außenwandfläche beträgt 180 m<sup>2</sup>, die Fensterfläche 27 m<sup>2</sup> - daraus resultiert ein Fensterflächenanteil von 15%.

#### 3.2.2 Typ II - Einfamilienhaus EG+DG – Nutzfläche 150 – 200 m<sup>2</sup>



Die durchschnittliche Gebäudenutzfläche liegt bei diesem Typ bei 167 m<sup>2</sup>. Er repräsentiert ein typisches mittleres zweigeschossiges Einfamilienhaus mit ausgebautem Dachgeschoss. Das durchschnittliche Volumen liegt bei 521 m<sup>3</sup>, die dazugehörige Hüllfläche beträgt 432 m<sup>2</sup>. Das daraus resultierende A/V – Ver-

hältnis liegt bei  $0,83 \text{ m}^{-1}$ . Die gesamte Außenwandfläche beträgt  $243 \text{ m}^2$ , die Fensterfläche  $33 \text{ m}^2$  - daraus resultiert ein Fensterflächenanteil von 14%.

### 3.2.3 Typ III - Zweifamilienhaus EG+OG+DG – Nutzfläche 200 – 300 $\text{m}^2$



Die durchschnittliche Gebäudenutzfläche liegt bei diesem Typ bei  $223 \text{ m}^2$ . Er repräsentiert ein typisches zweigeschossiges Zweifamilienhaus. Das durchschnittliche Volumen liegt bei  $698 \text{ m}^3$ , die dazugehörige Hüllfläche beträgt  $487 \text{ m}^2$ . Das daraus resultierende A/V – Verhältnis liegt bei  $0,70 \text{ m}^{-1}$ . Die gesamte Außenwandfläche beträgt  $301 \text{ m}^2$ , die Fensterfläche  $48 \text{ m}^2$  - daraus resultiert ein Fensterflächenanteil von 16%.

## 3.3 Eingruppierung der Mehrfamilienhäuser

Die Gruppierung der Mehrfamilienwohnhäuser wurde aufgrund der Vielfältigkeit der Bauweisen und der Standards nach Epochen geführt.

### 3.3.1 Mehrfamilienhaus 30er- Jahre



Bild 1 Beispiel: An den vier Linden 2, Hildesheim-Ochtersum, Baujahr 1935

Das Beispiel ist ein typisch verputztes Backsteinhaus, voll unterkellert, mit 2 Vollgeschossen und ausgebautem Dachraum bis zur Kehlbalke. Das Satteldach besteht aus  $12 \text{ cm}$  starken Sparren und  $16 \text{ cm}$  starken Kehlbalken. Die Dämmung im Dach besteht aus einer verputzten  $3,5 \text{ cm}$  starken Heraklitplatte. Die Kellerwände haben eine Stärke von  $38 \text{ cm}$ , die Kellerdecke ist nicht gedämmt. Das Außenmauerwerk aus Ziegelsteinen ist  $32 \text{ cm}$  stark. Die Fenster stammen aus dem Jahr '84. Die Giebfassaden (Schmalseiten) sind nach Norden und Süden ausgerichtet, die Westseite ist gegenüber der Sonneneinstrahlung

vollkommen ungeschützt. Die Beheizung und Versorgung mit Warmwasser erfolgt durch Gasthermen in den einzelnen Wohnungen.

### 3.3.2 Mehrfamilienhaus 50er- Jahre (DIN 4108 `52)



Bild 2 Beispiel: Hardenbergstraße 10, Hildesheim Oststadt, Baujahr 1950

Charakteristisch für diese Zeit ist die schlichte Bauweise, auch in der Wohnungsgestaltung, mit ebenen Fassaden ohne jegliche Verzierungen. Das Beispielhaus ist ein dreistöckiges vollunterkellertes Gebäude bestehend aus 38er Backsteinmauerwerk. Die Kellerdecke ist eine 12cm starke Stahlbetondecke. Die Fenster sind aus dem Jahr 1990. Die Giebelseiten (Schmalseiten) haben eine Ost- Westausrichtung, die Südseite zum Garten hin ist verschattungsfrei. Das Dach ist ein einfaches Satteldach, nicht ausgebaut. Die oberste Geschossdecke besteht aus einer Stahlbetondecke mit einer aufliegenden Dämmschicht. Die Beheizung und Versorgung mit Warmwasser erfolgt durch Gasthermen in den einzelnen Wohnungen.

### 3.3.3 Mehrfamilienhaus 60er- Jahre (DIN 4108 `69)



Bild 3 Beispiel: Rostockerstraße; Wolfenbüttel, Baujahr 69

Das Beispiel ist ein Endhaus in einer aus 3 Wohneinheiten zu je 8 Wohnungen bestehenden Häuserreihe. Charakteristisch für diese Zeit ist ein Flachdach, die funktionsorientierte Grundrissgestaltung und die Beheizung durch eine Zentralheizung. Das Gebäude ist voll unterkellert, die Decke besteht aus einer Stahlbetondecke mit schwimmendem Estrich. Die Außenwände bestehen aus Ziegelmauerwerk mit vorgesetzter Klinkerfassade. Die Fenster wurden nie im gesamten ausgetauscht, nur bei Wohnungswech-

seln wurden sie vereinzelt ersetzt. Das Flachdach ist gedämmt und mit einer Kiesschüttung bedeckt. Beheizt wird das Haus durch eine Gaszentralheizung. Die Trinkwarmwasserversorgung erfolgt Wohnungsintern durch einen elektrischen Warmwasserspeicher.

### 3.3.4 Mehrfamilienhaus 80er- Jahre (DIN 4108 `81, WSchV `84)



Bild 4 Beispiel: Zieselbachstr. 11, Wolfenbüttel, Baujahr 1980

Das Beispielgebäude ist voll unterkellert, die Kellerdecke ist aus Stahlbeton mit einem schwimmenden Estrich. Die Außenwände bestehen aus Leichtbetonmauerwerk. Die beiden Giebfassaden sind bereits mit einem 8cm Wärmedämmverbundsystem aufgewertet. Die Holzfenster haben eine Isolierverglasung, sind aber nicht in dem besten Zustand. Die Geschossdecke ist ebenfalls eine Stahlbetondecke mit schwimmendem Estrich. Das Dach ist nicht ausgebaut. In diesem Haus ist eine Gaszentralheizung auf Niedrigtemperaturbasis mit gebäudezentraler Trinkwassererwärmung eingebaut. Die Trinkwassererwärmung erfolgt indirekt durch den Gaskessel, der Transport erfolgt durch Zirkulationsleitungen.

## 4 Berechnungen

Die energetischen Berechnungen des „realen“ Heizwärmebedarfes eines Gebäudes wurden mit dem Simulationsprogramm Helix Version 2.1 durchgeführt. Helix berücksichtigt als Einzonen-Modell das thermische Verhalten von Gebäuden unter instationären Bedingungen (Test-Referenzjahre (TRY)). Ergänzend und im Vergleich wurden die energetischen Nachweise sowie die Berechnung der CO<sub>2</sub> – Einsparung nach dem Monatsbilanzverfahren der EnEV geführt.

### 4.1 Definition der Soll – Zustände

#### 4.1.1 Anforderungen der Energieeinsparverordnung

1. Mindestanforderungen an Instand zusetzende Altbauten mit normalen Innentemperaturen nach EnEV.

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

- Wird ein Außenbauteil (Außenwände, Fenster, Fenstertüren und Dachflächenfenster) in seiner Fläche um mehr als 20% verändert, bestehen an den Wärmedurchgangskoeffizienten Mindestanforderungen.

- Der Nachweis gilt auch als erbracht, wenn das Gebäude die für Neubauten geforderten Werte des Primärenergiebedarfs und des spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlustes um nicht mehr als 40% überschreitet.
2. Anforderungen an Neubauten mit normalen Innentemperaturen nach EnEV.
- Neu zu errichtende Gebäude sind so auszuführen, dass ein auf die Gebäudenutzfläche bezogener Jahres-Primärenergiebedarf in Abhängigkeit des A/V-Verhältnisses nicht überschritten wird.

#### **4.1.2 Kriterium 1: Erfüllung der Anforderungen an Einzelbauteile**

Bei einer Gebäudeenergetischen Instandsetzung sind zunächst die nach EnEV geforderten Richtwerte an die Wärmedurchgangskoeffizienten der Einzelbauteile einzuhalten.

#### **4.1.3 Kriterium 2: Mindestwärmeschutz für Altbauten (EnEV + 40%)**

Die Anforderungen an die Einzelbauteile sind bei einer komplettenergetischen Instandsetzung nicht zwingend, wenn nachgewiesen werden kann, dass der Jahresprimärenergiebedarf des Gebäudes nicht mehr als 40% über dem Anforderungsniveau für Neubauten liegt.

#### **4.1.4 Kriterium 3a: Maximale Dämmung**

Dabei soll der Zustand der maximalen Dämmung von Außenwand, Decke, Keller und der Einsatz der besten Fenster dargestellt werden, ohne die Heizungsanlage zu verändern. Maximale Dämmung soll bedeuten, dass eine weitere Erhöhung der Dämmstärken keinen wirtschaftlichen Vorteil oder Effekt erzielen würde.

#### **4.1.5 Kriterium 3b: Erfüllung der Kriterien nach EnEV für Neubauten**

Hierbei werden die Anforderungen an den Neubau eingehalten.

#### **4.1.6 Kriterium 4: Erfüllung der Kriterien für Fördermittel**

Begleitend zu den unterschiedlichen Stufen der energetischen Instandsetzung werden hier auch die Kriterien der Förderwürdigkeit nach KfW berücksichtigt.

#### **4.1.7 Bestmögliche Kombination der Einzelmaßnahmen finden**

Anhand dieser Kriterien wird ein energetisches Instandsetzungskonzept durch eine optimale Kombination der Einzelmaßnahmen erstellt, welches die ökologischen, wie auch die ökonomischen Aspekte am besten verbindet.

### **4.2 Berechnung des energetischen Verbrauchs von Ein- und Zweifamilienhäusern**

Bei der Berechnung der Gebäudetypen wurde von idealisierten Bauteilen ausgegangen, die – je nach den damals bestehenden Anforderungen der DIN 4108 – den entsprechenden Wärmedurchgangskoeffizienten besaßen. Bei der durchgeführten Gebäudesimulationsberechnung bei den unterschiedlichen Gebäudetypen des Ein- und Zweifamilienbaus wurde die Auswirkung der Speicherfähigkeit der Bauteile auf den Heizwärmebedarf ergänzend untersucht. Die Ergebnisse sind in den nachfolgenden Tabellen dargestellt.

#### 4.2.1 Typ I - Einfamilienhaus EG – Nutzfläche 100 – 150m<sup>2</sup>

Typ I		Massiv	Leicht	Differenz	
		[kWh/m <sup>2</sup> a]		[kWh/m <sup>2</sup> a]	[ % ]
1952 - 1969	Ist	338.40	348.90	10.50	3.10
	Krit. 2	100.60	102.00	1.40	1.39
	Krit. 3b	64.30	64.40	0.10	0.16
1969 - 1977	Ist	291.61	301.20	9.59	3.29
	Krit. 2	96.30	100.50	4.20	4.36
	Krit. 3b	67.00	68.00	1.00	1.49
1977 - 1982	Ist	217.35	223.22	5.87	2.70
	Krit. 2	98.60	101.40	2.80	2.84
	Krit. 3b	65.90	67.80	1.90	2.88
1982 - 1995	Ist	172.56	177.54	4.98	2.89
	Krit. 2	100.00	103.00	3.00	3.00
	Krit. 3b	66.80	68.60	1.80	2.69

#### 4.2.2 Typ II - Einfamilienhaus EG+DG – Nutzfläche 150 – 200 m<sup>2</sup>Typ II

Typ II		Massiv	Leicht	Differenz	
		[kWh/m <sup>2</sup> a]		[kWh/m <sup>2</sup> a]	[ % ]
1952 - 1969	Ist	286.45	293.22	6.77	2.36
	Krit. 2	98.80	100.10	1.30	1.32
	Krit. 3b	59.40	60.00	0.60	1.01
1969 - 1977	Ist	254.11	263.42	9.31	3.66
	Krit. 2	93.70	97.80	4.10	4.38
	Krit. 3b	62.80	63.70	0.90	1.43
1977 - 1982	Ist	194.35	200.28	5.93	3.05
	Krit. 2	93.90	96.80	2.90	3.09
	Krit. 3b	61.40	63.10	1.70	2.77
1982 - 1995	Ist	155.02	159.16	4.14	2.67
	Krit. 2	91.50	94.00	2.50	2.73
	Krit. 3b	62.40	63.80	1.40	2.24

#### 4.2.3 Typ III - Zweifamilienhaus EG+OG+DG – Nutzfläche 200 – 300 m<sup>2</sup>

Typ III		Massiv	Leicht	Differenz	
		[kWh/m <sup>2</sup> a]		[kWh/m <sup>2</sup> a]	[ % ]
1952 - 1969	Ist	271.89	282.63	10.74	3.95
	Krit. 2	80.10	81.80	1.70	2.12
	Krit. 3b	55.70	55.40	-0.30	-0.54
1969 - 1977	Ist	250.03	256.81	6.78	2.71
	Krit. 2	78.60	83.10	4.50	5.73
	Krit. 3b	57.40	58.60	1.20	2.09
1977 - 1982	Ist	188.18	184.42	-3.76	-2.00
	Krit. 2	75.70	79.00	3.30	4.36
	Krit. 3b	56.70	59.10	2.40	4.23
1982 - 1995	Ist	153.67	158.17	4.50	2.93
	Krit. 2	81.10	84.00	2.90	3.58
	Krit. 3b	59.70	61.80	2.10	3.52

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

#### 4.2.4 Mehrfamilienhäuser

Gebäude	Heizwärmebedarf [ kWh/m <sup>2</sup> a ]
<b>Gebäude `35</b>	
IST	313.90
Kriterium 1+2	124.90
Kriterium 3a	113.80
Kriterium 3b	98.80
<b>Gebäude `50</b>	
IST	278.10
Kriterium 1+2	127.30
Kriterium 3a	111.60
Kriterium 3b	99.20
<b>Gebäude `69</b>	
IST	247.10
Kriterium 1+2	110.70
Kriterium 3a	100.40
Kriterium 3b	97.70
<b>Gebäude `80</b>	
IST	218.8
Kriterium 1+2	124.3
Kriterium 3a	107.8
Kriterium 3b	106.4

### 4.3 Auswertung der energetischen Berechnungen

Die Auswirkungen der zeitlich veränderten Anforderungen der DIN 4108, der Wärmeschutzverordnungen und der Energieeinsparverordnung auf den Heizwärmebedarf von Ein- und Zweifamilienhäusern zeigt das folgende Diagramm.

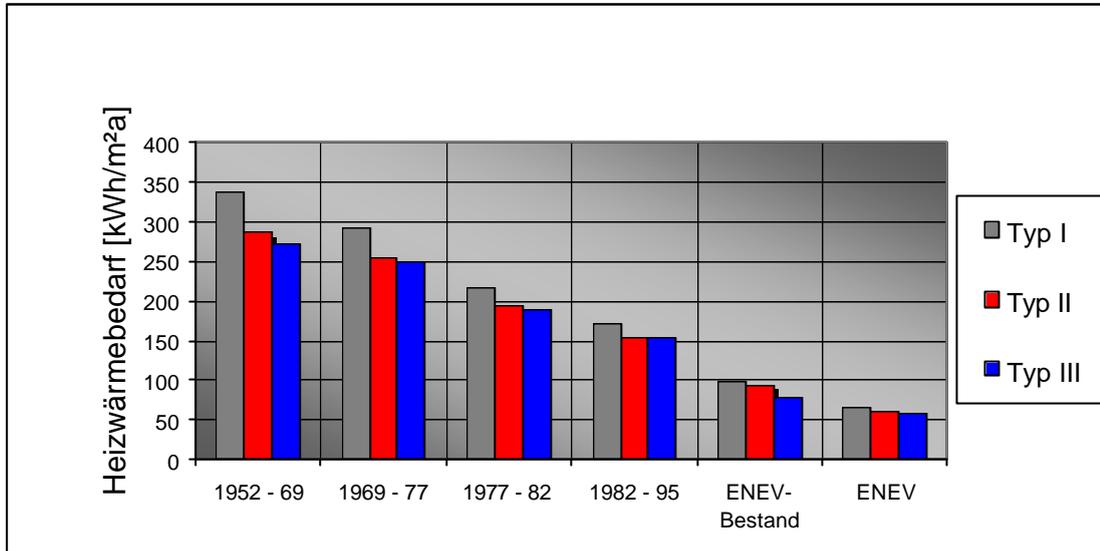


Bild 5 Heizwärmebedarf von Gebäuden - zeitlich veränderte Anforderungen

Durchschnittliche prozentuale Einsparungen

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

Ergänzend wurde der Vergleich des Heizwärmebedarfs von Mehrfamilienhäusern unterschiedlicher Epochen auf der Grundlage des Monatsbilanzverfahrens der EnEV und der energetischen Simulationsberechnung mittels Helix berechnet

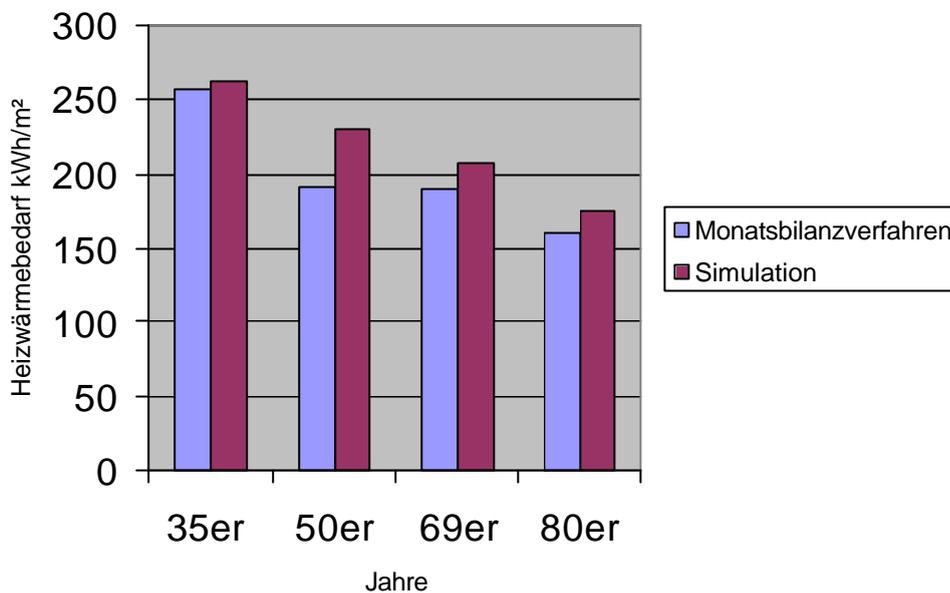


Bild 6 Heizenergiebedarf von Mehrfamilienhäusern nach dem Monatsbilanzverfahren und Simulation.

#### 4.4 Energie- und Instandsetzungskosten von Wohngebäuden

Nachstehend werden die Berechneten Kosten der Energien und der Instandsetzung bei unterschiedlichen energetischen Standards dargestellt. Die Instandsetzungskosten wurden hierbei nach Planung eines Instandsetzungskonzeptes auf der Grundlage marktüblicher (Norddeutschland, Jahr 2002) Preise ermittelt. Hierbei ist in Gesamtinstandsetzungskosten und Sowiesokosten (Kosten die unabhängig von einer energetischen Instandsetzung sowieso anfallen würden; Erneuerung der Fassade, der Fenster und des Daches) zu unterscheiden. Aus diesen Kosten ermitteln sich die Instandsetzungs(mehr)kosten (direkte Kosten die ausschließlich der energetischen Instandsetzung zuzuordnen sind). Die Energiepreise entsprechen den Kosten des Jahres 2002.

#### 4.4.1 Kosten-Einsparungen Ein- Zweifamilienhäuser

Gegenüberstellung von Energie- zu Instandsetzungskosten bei unterschiedlichen energetischen Standards von Ein- und Zweifamilienhäusern.

Gebäude	Energiekosten [ €/m <sup>2</sup> ]	Instandsetzungskosten [ € ]
<b>Typ I</b>		
IST `52-`69	27,94	---
Kriterium 1+2	9,97	13125
Kriterium 3b	7,22	18518
IST `69-`77	24,41	---
Kriterium 1+2	9,94	12483
Kriterium 3b	7,43	17830
IST `77-`82	18,79	---
Kriterium 1+2	9,82	10162
Kriterium 3b	7,34	16359
IST `77-`82	15,41	---
Kriterium 1+2	9,92	6167
Kriterium 3b	7,41	15075
<b>Typ II</b>		
IST `52-`69	21,75	---
Kriterium 1+2	9,57	14362
Kriterium 3b	6,59	21184
IST `69-`77	21,31	---
Kriterium 1+2	9,18	13636
Kriterium 3b	6,85	20110
IST `77-`82	16,79	---
Kriterium 1+2	9,20	10838
Kriterium 3b	6,74	18713
IST `77-`82	13,82	---
Kriterium 1+2	9,02	6982
Kriterium 3b	6,82	17258
<b>Typ III</b>		
IST `52-`69	22,54	---
Kriterium 1+2	8,04	18981
Kriterium 3b	6,19	25889
IST `69-`77	20,88	---
Kriterium 1+2	7,92	17834
Kriterium 3b	7,45	25139
IST `77-`82	16,21	---
Kriterium 1+2	7,70	16523
Kriterium 3b	6,27	23225
IST `77-`82	13,60	---
Kriterium 1+2	8,11	11013
Kriterium 3b	6,49	20931

#### 4.4.2 Kosten-Einsparungen Mehrfamilienhäuser

Gegenüberstellung von Energie- zu Instandsetzungskosten bei unterschiedlichen energetischen Standards von Mehrfamilienhäusern.

Gebäude	Energiekosten [ € ]	Instandsetzungskosten [ € ]
<b>35er</b>		
IST	8830.54	---
Kriterium 1+2	3571.85	49179
Kriterium 3a	3263.00	59179
Kriterium 3b	2839.79	70769
<b>50er</b>		
IST	8374.07	---
Kriterium 1+2	3889.24	40108
Kriterium 3a	3422.32	51498
Kriterium 3b	3047.28	72498
<b>69er</b>		
IST	6465.54	---
Kriterium 1+2	2959.77	54374
Kriterium 3a	2688.51	61976
Kriterium 3b	2631.27	82571
<b>80er</b>		
IST	6134.71	---
Kriterium 1+2	3505.36	44508
Kriterium 3a	3046.27	59915
Kriterium 3b	3007.32	60316

#### 5 Kosten – Nutzen – Gegenüberstellung

Einer der wesentlichen Bewertungskriterien einer geplanten energetischen Instandsetzungsmaßnahme ist die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit. Gerade hierbei sind Aussagen über Umfang und Effizienz komplex und benötigen umfangreichste unterschiedlichste Parameter. Die Eingangsparameter sind im Folgenden dargestellt:

Berechnet werden

- die Einsparungen an Heizenergiebedarf unterschiedlicher Instandsetzungsmaßnahmen mit dem Simulationsprogramm Helix,
- der tatsächliche Energieverbrauch inklusive der Trinkwassererwärmung und zusätzlich dem anfallenden Energiebedarf für Hilfsenergie mit dem Anlagen-Berechnungsverfahren der DIN 4701–10. Eine spätere Unterteilung in Kosten für den Energieträger Strom und dem Energieträger Gas ist so möglich.

Die Grundlagen der Berechnung bilden

- die Kosten für die Instandsetzungsmaßnahme, aufgeteilt in Sowiesokosten und die zur Energieeinsparung relevanten Kosten,
- die Nutzungsdauer jeder Maßnahme,
- die Gebäudenutzfläche als Basis des Vergleichs,
- die Energiepreise des Jahres 2002 (hier ohne Preissteigerung für die Folgejahre).

## 6 Bewertungsprogramm

Ergebnis der Studie ist ein Bewertungsprogramm, das einem potentiellen Bauherren anhand der Eingabe weniger Randparameter seines Gebäudes beispielhaft eine Kosten – Nutzen – Analyse mit Amortisationsrechnung seiner Investitionen liefert. Darüber hinaus soll es dem Anwender und dem Kunden demonstrieren, durch welche relativ einfachen Maßnahmen der Verbrauch seines Hauses gesenkt werden kann und welche finanziellen Auswirkungen die Investitionen langfristig haben.

Mit Hilfe dieses Programmsystems können beliebige Häuser anhand ihrer wärmetechnischen Eingruppierung entsprechend der Anforderungen der damals gültigen Norm bewertet werden. Hierzu wird der Heizwärmebedarf für Ist- und Sollzustände, entsprechend der Anforderungen EnEV / KfW, berechnet und die Wirtschaftlichkeit auf der Grundlage der Instandsetzungskosten und der berechneten Energieeinsparungen beurteilt.

### 6.1 Beispiel Amortisationsrechnung

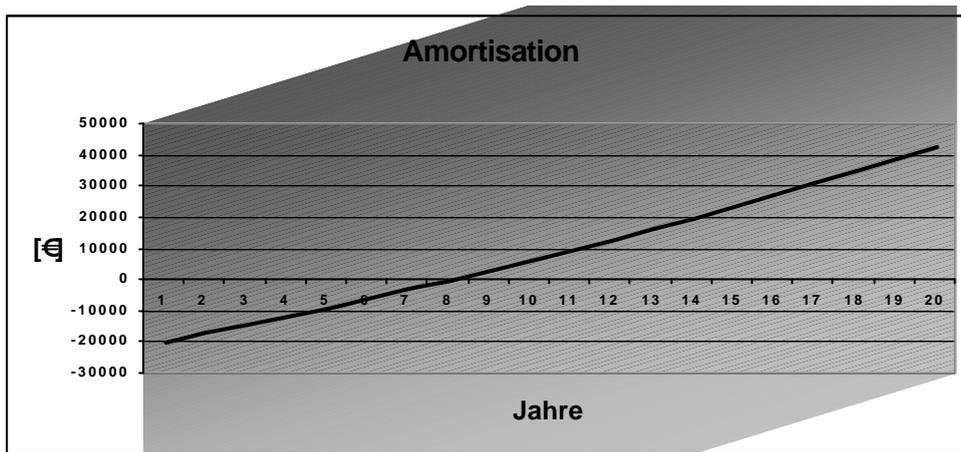
Beispielhaft wird für ein Haus eine Amortisationsrechnung der Instandsetzungsmaßnahmen durchgeführt.

Gewählt wurde als Ist – Zustand folgende Situation:

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

Mit diesen Eingangsparametern werden folgende Daten ermittelt:

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



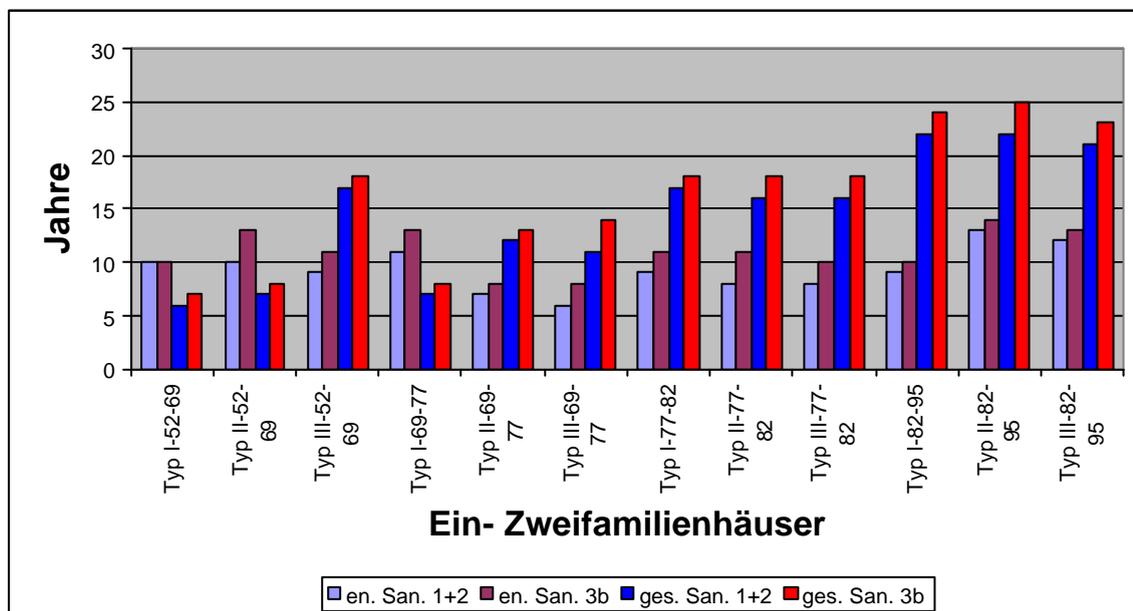
Es zeigt sich, dass sich nach ca. 8 Jahren die Investitionen in eine energetische Instandsetzung durch die sich einstellenden Einsparungen der Energiekosten refinanzieren haben.

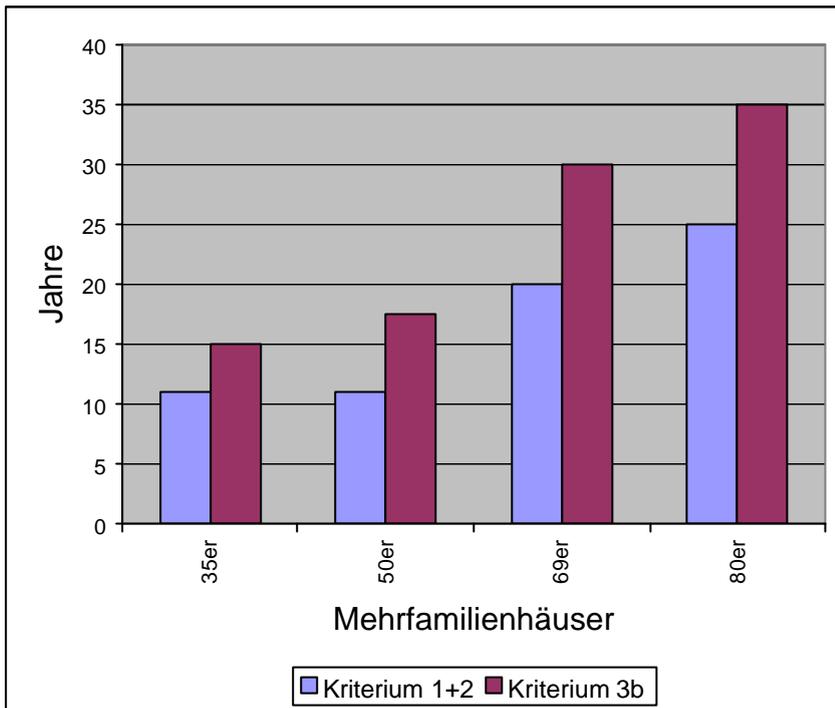
## 7 Wirtschaftlichkeit von energetischen Instandsetzungsmaßnahmen

Um einen Überblick über die Abhängigkeiten zwischen

- Gebäudeart,
- Baujahr,
- Investivkosten, aufgeteilt in energetische Instandsetzung (en. San.) und gesamte Instandsetzung (ges. San.) auf der Grundlage der vorgegebenen Kriterien 1, 2, 3b,
- Energetischen Einsparungen

zu geben, wurden die Amortisationszeiten ausgewertet.





## 8 Zusammenfassung der Ergebnisse

Ziel dieses Forschungsvorhabens war es, aus den definierten Randparametern den Gebäudebestand zu beschreiben und ein Verfahren/Programm zu entwickeln, das für den Bauherrn und Planer eine Entscheidung für die energetische Instandsetzung ermöglicht.

Bei der Betrachtung des Heizwärmebedarfs konnte bei den Häusern, die zwischen 1952 und 1977 fertig gestellt wurden, ein hohes Energieeinsparpotential (ca. 65 – 80%) festgestellt werden. Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ergab, dass die Amortisation in einem Zeitraum von 14 – 20 Jahren, je nach Wahl des energetischen Standards und des Gebäudetyps, liegt.

Im Zeitraum 1977 – 1982 wirkt sich die, durch die Anforderungen der ersten Wärmeschutzverordnung verbesserte Gebäudehülle positiv auf die Energieverbräuche aus. Das Einsparpotential liegt hier jedoch immer noch bei 50 – 70%. Eine Amortisierung der Investitionen wird jedoch nach 20 Jahren nicht erreicht. Die Häuser, Baujahr 1982 und 1995, könnten mittels Instandsetzungsmaßnahmen den Heizwärmebedarf um 40 – 60% vermindern. Eine Amortisierung unter den gegebenen Randbedingungen ist nach 20 Jahren nicht zu erwarten.

Ausschlaggebend für die Amortisierung der Häuser 1952 – 1977 sind die Fördermaßnahmen des KfW - CO<sub>2</sub> – Gebäudeinstandsetzungsprogramms, Reduzierung > 40 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>a. Somit wird ein Drittel der Investitionskosten nur mit 2,42% Jahreszins beaufschlagt.

Häuser die nach 1978 fertig gestellt wurden erhalten diese Förderung unverständlicherweise nicht. Es wurde jedoch ermittelt, dass auch Häusertypen zwischen 1977 und 1982, je nach Maßnahme zwischen 45 und 65 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>a einsparen könnten. Sogar bei der Instandsetzung auf Neubaustandard der Häusertypen 1982 – 1995 kann bis zu 48 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>a eingespart werden. Das CO<sub>2</sub> – Minderungsprogramm

sollte so von der zeitlichen Restriktion befreit werden und die Fördermaßnahmen auch für jüngere Gebäude offen stehen.

Bei den Gebäuden nach 1982 hat sich gezeigt, dass die Verbesserung des Wärmeschutzes i.A. nicht wirtschaftlich ist. Die Investitionskosten nehmen progressiv zu, während die Heizkostensparnis progressiv abnimmt.

Der bautechnische Aufwand, der betrieben wurde um die Mindestanforderungen der EnEV zu erfüllen, war selbst bei den ältesten Gebäuden relativ gering. Auch das Erreichen des Neubaustandards nach EnEV ist für den Gebäudebestand unproblematisch möglich.