

Ingenieurbüro für
Energieberatung, Haustechnik
und ökologische Konzepte GbR

Reutlinger Straße 16
D-72072 Tübingen
Tel. 0 70 71 93 94 0
Fax 0 70 71 93 94 99
www.eboek.de
mail@eboek.de

Evaluation des Förderprogramms zur Altbausanierung in der Stadt Münster

- Anhang zum Endbericht - Gebäudetypologie Baustein IV

Im Auftrag der:	Stadt Münster, Amt für Grünflächen und Umweltschutz – KLENKO (Kordinierungsstelle Klima & Energie); gefördert durch das Land Nordrhein-Westfalen im Rahmen der Landesinitiative Zukunftsenergien
Projektleitung:	Dipl.-Ing. Olaf Hildebrandt
Inhaltliche Bearbeitung:	Dipl.-Ing. Olaf Hildebrandt Dipl.-Phys. Rosemarie Hellmann Dipl.-Ing. Marc Zantner
Text:	Dipl.-Ing. Olaf Hildebrandt
Layout:	Aagje Ricklefs, M.A.

Heidelberg-Tübingen, im März 2003

Inhaltsverzeichnis

1 Vorbemerkungen.....	1
2 Gebäudetypologie Münster	2
3 Verteilung der Gebäudetypen in Münster	5
4 Baukonstruktionen der Gebäudetypen im historischen Zustand	10
4.1 Gebäudetypen A und B (bis 1918):	10
4.1.1 Typ A: Fachwerk und Mauerwerk (bis 1870):	11
4.1.2 Typ B Mauerwerk (1850 - 1918):.....	12
4.2 Typ C (1919 - 1948):	14
4.3 Typ D (1949 - 1957):	15
4.4 Typ E (1958 - 1968):	16
4.5 Typ F (1969 - 1978):.....	17
4.6 Typ G (1979 - 1987):.....	18
4.7 Energiebedarf einzelner Gebäudetypen im historischen Gebäudezustand	18
5 Technisches Einsparpotenzial.....	21
5.1 Energieeinsparung durch Wärmedämmung	21
5.1.1 Außenwanddämmung	21
5.1.2 Dachdämmung.....	22
5.1.3 Wärmeschutzverglasung.....	23
5.1.4 Wärmebrücken	24
5.1.5 Dämmung und Sanierung	24
5.1.6 Wärmeschutz und Denkmalpflege	25
5.2 Technisches Einsparpotenzial der einzelnen Gebäudetypen.....	26

6 Stadt Münster: Einsparpotenziale durch nachträgliche Wärmedämmung	29
7 Übertragbarkeit der Gebäudetypologie der Stadt Münster auf das Land Nordrhein-Westfalen	32
7.1 Bautechnischen Besonderheiten der Gebäude in Münster	32
7.2 Vergleich der Einsparpotenziale einzelner Gebäudetypen	34
7.3 Vergleich der Verteilung einzelner Gebäudetypen	35
7.4 Fazit und Empfehlungen an das Land	36
8 Literaturverzeichnis	38
9 Datenblätter der Energiebilanzierung	41
9.1 Hausdatenblatt I - Bestand	41
9.2 Hausdatenblatt II - Maßnahmen	41
9.3 Abkürzungen und Begriffsklärungen.....	43
9.4 Standardnutzungsdaten.....	44

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Gebäudetypenmatrix mit Fotos typischer Gebäude der verschiedenen Baualtersklassen in Münster. Fotos: Olaf Hildebrandt	4
Abb. 2	Anteil der Gebäude mit 1, 2 bzw. 3 und mehr Wohnungen in den einzelnen Stadtbezirken der Stadt Münster und gesamt. Kreise aufsteigend sortiert nach Gebäuden mit einer Wohnung.....	5
Abb. 3	Anteil der Wohnungen in EZFH und MFH in den einzelnen Stadtbezirken der Stadt Münster und gesamt. Kreise aufsteigend sortiert nach EFH	6
Abb. 4	Energiekennwerte (Heizwärmebedarf) typischer Gebäude in Münster im historischen Zustand (HIST) in kWh/(m ² ·a).....	19
Abb. 5	Energiekennwerte (Heizwärmebedarf) typischer Gebäude in Münster im historischen Zustand (HIST) in kWh/(m ² ·a) im Vergleich zu möglichen Zielwerten	20
Abb. 6	Große Dämmstoffpakete in die Sanierung der Fassaden integriert und optimal ausgeführt sind wirtschaftlich und spart den Löwenanteil Energie in einem Altbau	22
Abb. 7	Gelungene Synthese zwischen Wärmeschutz und Denkmalpflege in der Tübinger Altstadt, links vor der Sanierung, rechts danach (Fotos: Olaf Hildebrandt)	25
Abb. 8	Energiekennwerte (Heizwärmebedarf) typischer Gebäude in Münster nach Durchführung der empfohlenen Ausführung von Maßnahmen in kWh/(m ² ·a)	28
Abb. 9	Einspareffekte verschiedener Wärmedämm-Maßnahmen in Abhängigkeit von den spezifischen Energiekosten.....	30
Abb. 10	Mehrkosten für Wärmedämm-Maßnahmen in Abhängigkeit von den spezifischen Energiekosten.....	31
Abb. 11	Vergleich des spezifischen Heizwärmebedarfs einzelner Gebäudetypen im energetisch optimal sanierten Zustand in Münster, Dortmund und Wuppertal	35
Abb. 12	Anteile der Wohngebäude nach Baualtersklassen in Münster im Vergleich zu ausgewählten Städten und dem Land Nordrhein-Westfalen	36

Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Aufteilung der Gebäude mit 1 u. 2 Whg. auf EFH u. RH sowie der Gebäude mit >6 Whg. auf GMFH u. HH	7
Tab. 2	Zahl der Wohngebäude in der Stadt Münster nach Baualter und Größe	7
Tab. 3	Zahl der Wohnungen in der Stadt Münster nach Baualter und Größe.....	8
Tab. 4	Durchschnittliche Wohnflächen/Wohnung BRD 1987 nach Baualtersklassen /IWU 1990/.....	9
Tab. 5	Wohnfläche der Wohngebäude in der Stadt Münster nach Baualter und Größe	9
Tab. 6	Datenübersicht über alle Gebäudetypen der empfohlenen Maßnahmen an allen Bauteilen mit Einsparung in kWh/a und %; den spezifischen Kosten (ct/kWh) und den energetisch bedingten Mehrinvestitionen in EUR.....	27
Tab. 7	angenommene Luftwechselraten in h ⁻¹	44

1 Vorbemerkungen

Schwerpunkt der Analyse der Erarbeitung einer Gebäudetypologie für die Stadt Münster ist das Herausarbeiten von signifikanten energierelevanten lokalen Unterschieden zu bereits vorliegenden Typologien (z.B. die Gebäudetypologie für NRW und die regionalspezifischen Typologien für Duisburg und Dortmund) und die Ergänzung um münsterspezifische Gebäudetypen. Die Typologie für Münster beinhaltet:

- Eine Gebäudetypenmatrix mit einer Aufteilung nach geometrischen und konstruktiven Merkmalen und einer Fotodokumentation von repräsentativen Gebäudetypen.
- Darstellung der typischen energierelevanten konstruktiven Merkmale der Gebäudetypen mit Berechnung der wärmetechnischen Eigenschaften (U-Wert). Die Merkmale wurden durch eine telefonische Expertenbefragung von Architekten und Energieberatern abgesichert.
- Eine Berechnung des Energiebedarfs bei standardmäßigem Nutzungsverhalten im historischen Zustand (Ur-Zustand) und eine Darstellung als Energiekennwerte.
- Aufstellen eines Maßnahmenkatalogs zur Energieeinsparung für jeden Gebäudetyp mit einer Ermittlung und Darstellung der Kosten. Die Bewertung der Maßnahmen erfolgt für jede Variante über den Preis pro eingesparte kWh Energie (äquivalenter Energiepreis).
- Eine Berechnung des Energiebedarfs bei standardmäßigem Nutzungsverhalten im zukünftigen energetisch optimalen Zustand mit einer Darstellung der Energiekennwerte. Dieser Zustand entspricht den heutigen Anforderungen der Energiesparverordnung (EnEV).
- Darstellung jedes Gebäudetyps in Gebäudedatenblättern mit Foto und den wichtigsten Bauteilen mit Beschreibung und U-Wert. Diese sind in der Anlage zu diesem Bericht abgedruckt.

Auf Basis des Einsparpotenzials einzelner Gebäudetypen wurde das Einsparpotenzial auf den gesamten Wohngebäudebestand der Stadt Münster hochgerechnet und damit das Gesamteinsparpotenzial in der Stadt und die Investitions-(mehr)kosten abgeschätzt. Dieser Vergleich lässt eine zusätzliche Bewertung der Wirkung des Förderprogramms der Gesamtstadt zu.

2 Gebäudetypologie Münster

Für die Wohngebäude der Stadt wurde eine Differenzierung des Gebäudebestandes nach energierelevanten Merkmalen vorgenommen. Die wichtigsten Merkmale sind:

- die **Baukonstruktion** der Gebäudehülle, besonders die eingesetzten Baustoffe und Schichtdicken und
- das **Oberflächen-Volumen-Verhältnis**, bestimmt durch die Grundrissform, Anbausituation und die Geschosszahl.

In jeder Baualtersklasse wird deshalb nach Ein- und Zweifamilienhäusern (EFH), Reihenhäusern (RH), kleinen Mehrfamilienhäusern (MFH), großen Mehrfamilienhäusern (GFH) und Hochhäusern (HH) differenziert, da diese sich in Größe und Kompaktheit und damit in ihren Wärmeverlusten durch die Außenflächen wesentlich unterscheiden.

Die Typenabgrenzung basiert auf der Systematik verschiedener Gebäudetypologien der Autoren (z.B. Nienburg/Weser, Pforzheim, Heidelberg, Wuppertal, Mainz, Dortmund, Mannheim, Koblenz etc) und den Arbeiten zusammen mit dem Institut Wohnen und Umwelt /IWU 1990/, /IWU 1995/.

Die Entwicklung der Baukonstruktionen geht parallel mit den Bauepochen. Diese decken sich vor 1945 weitgehend mit politischen und damit auch wohnungsstatistischen Abgrenzungen (z.B. ab 1870 Gründerboom und 1919 Gründung der Weimarer Republik). Der Gebäudebestand lässt sich in folgende Klassen unterteilen:

- Gebäude, die **bis 1870 (A)** erstellt wurden. In der vorindustriellen Phase bis ca. 1850 schwerpunktmäßig - aber auch nach Beginn der Industrialisierung bis 1870 durchaus noch üblich - stark handwerklich geprägte Bauweise mit überdimensionierten Konstruktionen überwiegend in Fachwerkbauweise, zum großen Teil verputzt oder verkleidet.
- Gebäude die **zwischen 1850 und 1918 (B)** erstellt wurden: Durch die beginnende Normung und die Einführung neuer Baustoffe in der Gründerzeit verändern sich Abmessungen und die Art der Konstruktionen. Diese Bauphase ist in Münster dominiert durch die Blockrandbebauung im Rahmen der Kernstadterweiterungen (ab ca. 1870: Gründerzeitboom). Es dominieren insgesamt Mauerwerksbauten überwiegend (aber auch nur teilweise) mit Sichtmauerwerk.
- Gebäude der Zeit **zwischen 1919 und 1948 (C)**. Die Epoche ist geprägt durch eine zunehmende Industrialisierung der Baustoffherstellung, die Verwendung kostengünstiger und einfacher Baustoffe und materialsparender Konstruktionen.

Der Gebäudebestand nach 1945 wurde durch z.t. starke Veränderungen in den Baukonstruktionen, den Materialien und den Baunormen weiter differenziert:

- **1949-1957 (D)**. Einfache Bauweise der Nachkriegszeit in der Tradition der Zwischenkriegszeit. Vorherrschend ist eine material- und kostensparende Bauweise, bei der der bauliche Wärmeschutz im Hintergrund steht. Beginn der Normung im sozialen Wohnungsbau.
- **1958-1968 (E)**: Auf den sich abzeichnenden Abschluss des Wiederaufbaus und der damit zurückgehenden staatlichen Förderung in den frühen 60er Jahren wird mit veränderten Siedlungskonzepten und Bauformen (z.B. Hochhäuser) reagiert. Es wurde zunehmend mit neuen Formen und Materialien experimentiert. Einhaltung und gelegentliche Übererfüllung der Mindestanforderungen nach DIN 4108.
- **1969-1978 (F)**: Nach Abschluss des Wiederaufbaus werden zum Ende der 60er neue industrielle Bauweisen entwickelt (Sandwichkonstruktionen, Verbundbauweise, etc.). Unter dem Eindruck der ersten Ölpreiskrise häufigere Übererfüllung der DIN 4108, später Einführung der ergänzenden Bestimmungen zur DIN 4108.
- **1979-1983 (G)**: Einhaltung der Anforderungen der I. Wärmeschutzverordnung und
- **1984-1995 (H)**: Einhaltung der Anforderungen der II. Wärmeschutzverordnung.

Konstruktive oder geometrische Sondertypen - z.B. ländliche Bautypen, Stadtvillen oder Einfamilienreihenhäuser mit Flachdächern - werden als Varianten dargestellt.

Die vorherrschenden Gebäudetypen und ihre baulichen Merkmale wurden zunächst durch Begehungen in einzelnen Stadtteilen, durch Gespräche mit Baufachleuten sowie über Literaturrecherchen ermittelt.

Die folgende Abbildung zeigt die den Untersuchungen zugrundeliegende **Gebäudetypenmatrix** mit Fotos typischer Gebäude in Münster.

Gebäudetypologie Stadt Münster							
Typ	A	B	C	D	E	F	G
Charakter	Überwiegend Mauerwerksbau / selten Fachwerk	überwiegend Mauerwerksbau	Mauerwerksbau				I. und II. WSchVO
Baulter	bis ca. 1870	ab ca. 1850 bis 1918	1919-1948	1949-1957	1958-1968	1969-1978	1979-1987
EFH - Ein-, Zweifamilienhäuser, freistehend	 <i>Fachwerk (sehr selten)</i>		 <i>Siedlerhaus</i>				
RH - Ein-, Zweifamilien Reihen- und Doppelhäuser		<i>kaum vorhanden</i>	 <i>Doppelhaus</i>			 <i>Kettenhaus</i>	
Varianten	 <i>Hofstelle Mauerwerk</i>	 <i>EFH: Stadtvilla</i>	 <i>EFH: Würfelhaus</i>	 <i>RH: Doppelhaus</i>	 <i>RH: Doppelhaus</i>	 <i>EFH: Flachdach</i>	
MFH kleine Mehrfamilienhäuser	 <i>Blockrandbebauung</i>				 <i>freistehend</i>	 <i>freistehend</i>	
GFH große Mehrfamilienhäuser		 <i>Blockrandbebauung</i>	 <i>Blockrandbebauung</i>	 <i>Blockrandbebauung</i>	 <i>Blockrand</i>	 <i>Blockrand</i>	
HH Hochhäuser				<i>kaum vorhanden</i>			<i>kaum vorhanden</i>
Varianten	 <i>Hofstelle Fachwerk</i>	 <i>EFH Villa - Sonderform</i>			 <i>GFH: Flachdach</i>	 <i>GFH: Flachdach</i>	

ebök 2002

Abb. 1 Gebäudetypenmatrix mit Fotos typischer Gebäude der verschiedenen Baualterklassen in Münster. Fotos: Olaf Hildebrandt

3 Verteilung der Gebäudetypen in Münster

Die Zahl der Gebäude wurde auf Basis der Gebäude- und Wohnungszählung Münster 1987 und deren Fortschreibung bis zum Jahr 1999 ermittelt /MS 1988/, /MS-Statistik 2000/. Ziel war es, die Anzahl der Gebäude, Wohnungen und vor allem die energetisch relevante Wohnfläche auf die Struktur der Baualtersklasse umzuverteilen.

Zunächst wurde eine Aufteilung der Gebäude nach ihrer Größe vorgenommen. Die statistischen Angaben geben Zahlen für Gebäude mit einer Wohnung (Einfamilienhäuser = EFH), mit zwei Wohnungen (Zweifamilienhäuser = ZFH) und mit 3 und mehr Wohnungen (Mehrfamilienhäuser = MFH) an. Die folgende Abb. 2 zeigt, dass der Anteil von EFH und ZFH zusammen in Münster insgesamt fast 70% beträgt (rechter Balken!), aber in den einzelnen Stadtteilen extrem schwankt.

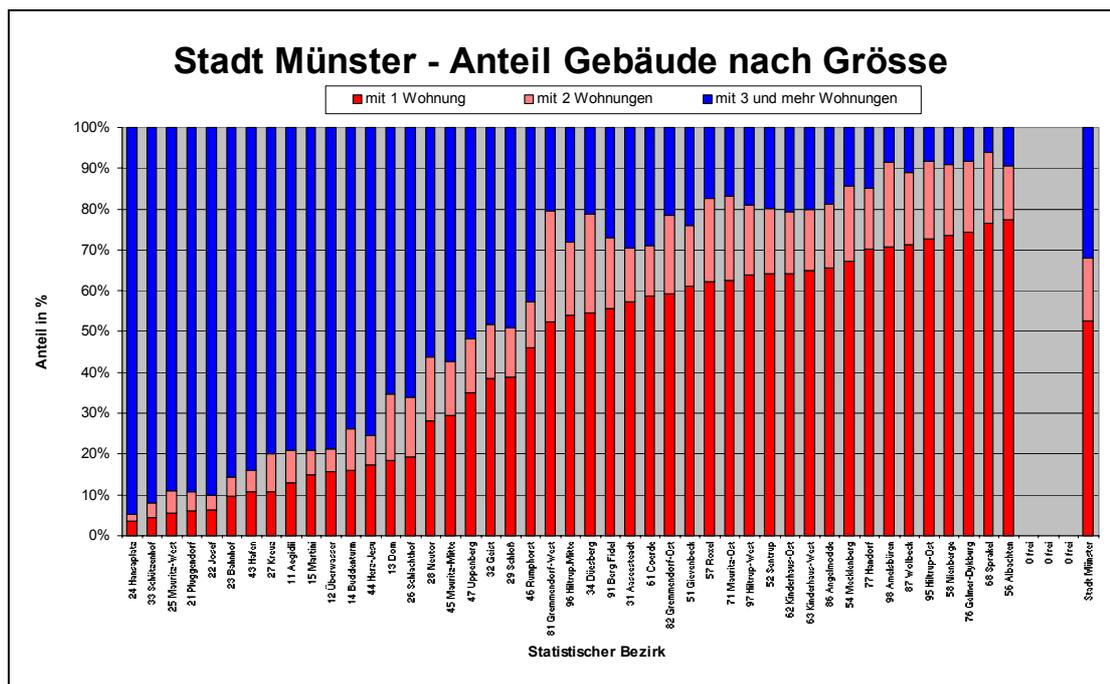


Abb. 2 Anteil der Gebäude mit 1, 2 bzw. 3 und mehr Wohnungen in den einzelnen Stadtbezirken der Stadt Münster und gesamt. Kreise aufsteigend sortiert nach Gebäuden mit einer Wohnung

Ein grundsätzlich anderes Bild stellt sich bei der Betrachtung der Anzahl der Wohneinheiten in Ein- und Zweifamilienhäusern (EZFH) und Mehrfamilienhäusern dar.

Das Verhältnis kehrt sich genau um, nur knapp 30 % der Wohneinheiten der Stadt Münster sind in EZFH (rechter Balken). Auch hier sind die Schwankungen in den Stadtteilen extrem stark.

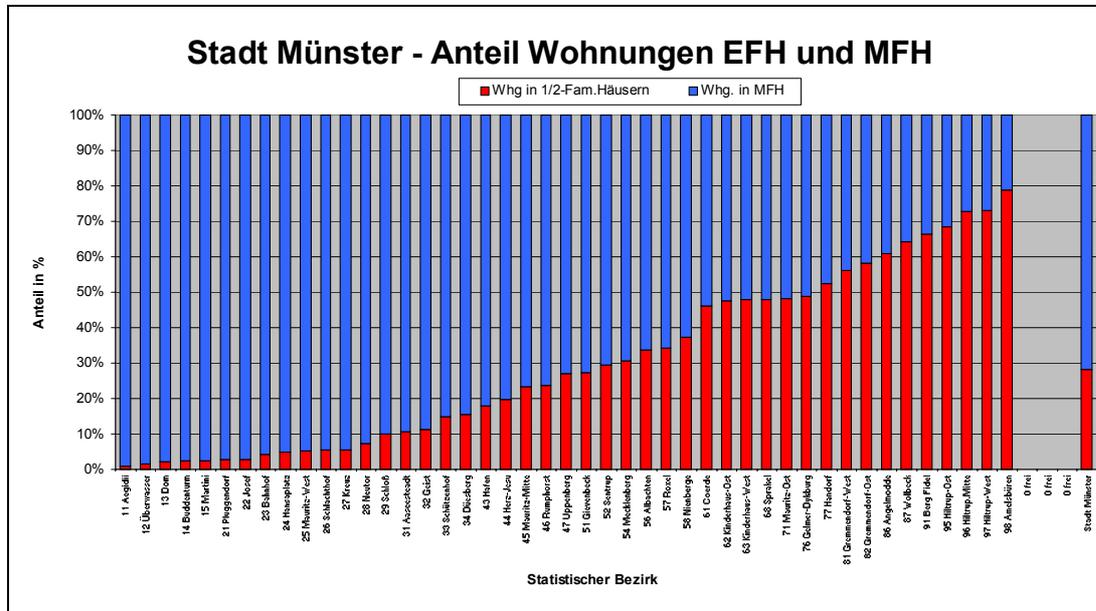


Abb. 3 Anteil der Wohnungen in EZFH und MFH in den einzelnen Stadtbezirken der Stadt Münster und gesamt. Kreise aufsteigend sortiert nach EFH

Das vorliegende statistische Raster musste nun über Annahmen verfeinert werden, um die in Abschnitt 2 beschriebene Verteilung der Gebäude und Wohnungen auch quantitativ zu erhalten.

Für eine Aufteilung des Anteils der EZFH in freistehende Einfamilienhäuser und Doppel- bzw. Reihenhäuser liegen keine gesicherten Angaben für Münster vor. Der Anteil von Reihenhäusern am Bestand der Ein- und Zweifamilienhäuser in den alten Bundesländern wird auf Basis einer Stichprobenerhebung der Stadtwerke Hannover /SWH 1992/ berechnet.

Gebäude mit mehr als 6 Geschossen werden als große Mehrfamilienhäuser (GMFH) und Hochhäuser (HH) interpretiert. Der Anteil von Hochhäusern, also Gebäuden mit mehr als 11 Geschossen ist nicht bekannt und wurde abgeschätzt.

Die folgende Tabelle zeigt die angenommene Verteilung der Gebäude auf Reihenhäuser und Hochhäuser.

Tab. 1 Aufteilung der Gebäude mit 1 u. 2 Whg. auf EFH u. RH sowie der Gebäude mit >6 Whg. auf GMFH u. HH

Stadt Münster										
Aufteilung der Gebäude mit 1 u. 2 Whg. auf EFH u. RH sowie der Gebäude mit >6 Whg. auf GMFH u. HH										
Gebäudetyp		A	B	C	D	E	F	G	Neu	
		ca. bis 1870	ca. 1850 - 1918	1919-1948	1949-1957	1958-1967	1968-1978	1979-1987	1988-1999	
		Fachwerk	Mauerwerk							
Gebäude mit 1 und 2 Wohnungen	EFH	100%	100%	90%	75%	75%	67%	67%	67%	
	RH	0%	0%	10%	25%	25%	33%	33%	33%	
	Summe	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
Gebäude mit 6 und mehr Wohnungen	GMFH	0%	100%	100%	90%	90%	80%	100%	100%	
	HH	0%	0%	0%	10%	10%	20%	0%	0%	
	Summe	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	

Unter den genannten Annahmen errechnet sich aus den statistischen Daten folgende Verteilung der Gebäude nach dem Raster der Gebäudetypologie:

Tab. 2 Zahl der Wohngebäude in der Stadt Münster nach Baualter und Größe

Stadt Münster										
Zahl der <u>Wohngebäude</u> nach Gebäudetyp und Baualtersklasse										
Gebäudetyp	A	B	C	D	E	F	G	Neu	Summe	Anteil
	ca. bis 1870	ca. 1850 - 1918	1919-1948	1949-1957	1958-1967	1968-1978	1979-1987	1988-1999		
	Fachwerk	Mauerwerk								
EFH	78	1.340	3.369	3.501	5.257	3.861	2.421	3.518	23.347	50,2%
RH		149	374	1.167	1.752	1.931	1.211	1.759	8.343	17,9%
MFH	24	460	1.155	1.441	2.164	1.788	1.121	1.629	9.782	21,0%
GMFH		237	596	669	1.005	738	579	841	4.666	10,0%
HH				74	112	185			371	0,8%
Summe	103	2.186	5.495	6.854	10.290	8.503	5.331	7.747	46.509	
Anteil	0,2%	4,7%	11,8%	14,7%	22,1%	18,3%	11,5%	16,7%		

Die Anzahl der Wohneinheiten wird unter den gleichen Annahmen verteilt. Zusätzlich wird angenommen, dass MFH im Mittel eine Zahl von 5 Wohneinheiten pro Gebäude haben, die verbleibenden Wohneinheiten in Gebäuden mit mehr als 6 Wohneinheiten werden gleichmäßig auf GFH und MFH verteilt. Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse.

Tab. 3 Zahl der Wohnungen in der Stadt Münster nach Baualter und Größe

Stadt Münster										
Zahl der <u>Wohnungen</u> nach Gebäudetyp und Baualtersklasse										
Gebäudetyp	A	B	C	D	E	F	G	Neu		
	ca. bis 1870	ca. 1850 - 1918	1919-1948	1949-1957	1958-1967	1968-1978	1979-1987	1988-1999	Summe	Anteil
	Fachwerk	Mauwerk								
EFH	82	1.561	3.923	8.372	3.051	4.503	2.825	4.335	28.651	20,82%
RH	09	173	436	2.791	1.017	2.252	1.412	2.167	10.257	7,45%
MFH	115	2.180	5.479	14.032	5.113	8.492	5.326	8.173	48.910	35,55%
GMFH		2.224	5.589	12.883	4.695	6.930	5.434	8.338	46.092	33,50%
HH				1.431	522	1.733			3.686	2,68%
Summe	206	6.139	15.426	39.509	14.397	23.909	14.997	23.013	137.596	
Anteil	0,1%	4,5%	11,2%	28,7%	10,5%	17,4%	10,9%	16,7%		

Zur Verteilung der Wohnfläche aller Wohngebäude der Stadt Münster auf die Gebäudetypen wurden Annahmen über die durchschnittliche Wohnungsgröße nach Gebäudetypen in den einzelnen Baualtersklassen getroffen /IWU 1990/. Diese sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tab. 4 Durchschnittliche Wohnflächen/Wohnung BRD 1987 nach Baualtersklassen /IWU 1990/

Stadt Münster										
Durchschnittliche Wohnflächen/Wohnung BRD 1987 nach Baualtersklassen /IWU 1990/										
Gebäude- typ		A	B	C	D	E	F	G	Neu	
		ca. bis 1870	ca. 1850 - 1918	1919- 1948	1949- 1957	1958- 1967	1968- 1978	1979- 1987	1988-1999	
		[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	[m ²]	
	EZFH	92	92	92	102	102	119	120	118	
	MFH	67	67	67	61	61	73	68	66	

Unter den genannten Annahmen errechnet sich aus den statistischen Daten folgende Verteilung der Wohnfläche in Wohngebäuden der Stadt Münster nach dem Raster der Gebäudetypologie:

Tab. 5 Wohnfläche der Wohngebäude in der Stadt Münster nach Baualter und Größe

Stadt Münster										
<u>Wohnfläche</u> nach Gebäudetyp und Baualtersklasse										
Gebäude- typ	A	B	C	D	E	F	G	Neu		
	ca. bis 1870	ca. 1850 - 1918	1919- 1948	1949- 1957	1958- 1967	1968- 1978	1979- 1987	1988- 1999	Summe	Anteil
	Fach- werk	Mauer- werk								
EFH	8.047	152.959	345.929	818.586	298.293	577.936	518.038	490.296	3.210.084	28,1%
RH			38.437	272.862	99.431	192.645	259.019	245.148	1.107.542	9,7%
MFH	7.366	140.028	351.873	820.516	298.996	594.221	553.521	517.089	3.283.611	28,8%
GMFH		142.848	358.957	753.332	274.514	545.566	564.665	527.500	3.167.382	27,7%
HH				83.704	30.502	60.618			174.824	1,5%
Summe	15.413	435.835	1.095.196	2.748.999	1.001.736	1.970.987	1.895.243	1.780.034	10.943.443	
Anteil	0,1%	3,8%	9,6%	24,1%	8,8%	17,3%	16,6%	15,6%		

- Die Zahlen zeigen, dass der Wohnungsbestand überwiegend aus der Nachkriegszeit stammt. Historische Gebäude vor 1918 spielen eine untergeordnete Rolle.

- Es gibt eine deutliche Dominanz von Mehrfamilienhäusern.
- Gebäude aus den 50er Jahren sind sowohl bei den Einfamilien- als auch bei den Mehrfamilienhäusern stark vertreten (Baualtersklasse D).
- Der Anteil der inzwischen in den Sanierungszyklus gekommenen und für eine energetische Nachbesserung daher aktuelle Gruppe der Wohngebäude aus den 70er Jahren (Baualtersklasse F) ist erheblich (17,3%).
- Wohnungen in Hochhäusern und Reihenhäusern spielen eine untergeordnete Rolle.

4 Baukonstruktionen der Gebäudetypen im historischen Zustand

Zur Erhebung des derzeitigen Heizenergieverbrauchs sowie des Einsparpotenzials ist eine detaillierte Kenntnis der Baukonstruktionen aller Gebäudetypen erforderlich.

Eine erste Einschätzung wurde aus verschiedenen Literaturquellen entnommen, insbesondere aus einer Diplomarbeit an der FH Stuttgart /Engel 1985/, in der die geschichtliche Entwicklung des wärmetechnischen Standards der Gebäudehülle von Wohnbauten dokumentiert ist, sowie aus einer Studie zu U-Werten alter Bauteile des Instituts für Bauforschung in Hannover /IfB 1983/. Ergänzend wurden vorliegende Typologien für Städte und Länder der Autoren herangezogen (z.B. die Bundestypologie /IWU 1990/, die NRW-Typologie, Wuppertal /Wuppertal 1996/, Dortmund /Dortmund 1997/, Duisburg /Duisburg 1999/, etc).

Interviews mit den Energieberatern der Stadt Münster gaben Hinweise auf die Richtigkeit der bis dahin aufgestellten Hypothesen.

Im folgenden sind die Merkmale der einzelnen Gebäudetypen im historischen¹ Zustand kurz zusammengefasst:

4.1 Gebäudetypen A und B (bis 1918):

In der Gruppe der Gebäude, die vor 1918 erstellt worden sind, können zwei grundsätzliche konstruktive Typen unterschieden werden:

¹ So sind zum Beispiel die im folgenden aufgeführten Einfachfenster bereits zu einem großen Teil gegen isolierverglaste Fenster ausgetauscht.

- Zum einen die **reinen Fachwerkgebäude**, die als ländlich geprägte Bürgerhäuser oder westfälische Höfe im wesentlichen bis zu Beginn der Industrialisierung erstellt worden sind. Diese Gebäude sind in Münster sehr selten (in Typ A enthalten).
- Zum anderen die **überwiegend in Mauerwerksbauweise** erstellten Gebäude Siedlerhäuser und der Geschosswohnungsbau in den Kernstadterweiterungen (Gebäudetyp A und B).

4.1.1 Typ A: Fachwerk und Mauerwerk (bis 1870):

In dieser Baualtersklasse sind mehrere Varianten zu unterscheiden:

- Typische für Münster sind in Sichtmauerwerksbauweise erstellte landwirtschaftlich geprägte Gebäude mit einem Geschoss und großem Satteldach (westfälische Hofstelle). Einige wenige sind auch in Fachwerk erstellt worden. Der Gebäudetyp ist nur in den dörflich geprägten Stadtteilen (z.B. in Angelmodde, Amelsbüren, Handorf, Wolbeck,...) anzutreffen.
- Ackerbürgerhäuser oder Kötterhäuser, die in Westfalen typischerweise insbesondere entlang des Hellwegs vorhanden sind, sind kaum vertreten.
- Große städtisch geprägte mehrgeschossige Fachwerkbauten, wie sie z.B. in Norddeutschland oder Nordhessen anzutreffen sind, sind nicht oder bedingt durch die Zerstörung der Kernstadt Münsters nicht mehr anzutreffen.
- Große städtisch geprägte mehrgeschossige Mauerwerksbauten mit den stadtbildprägenden Schmuckgiebeln zur Straße sind überwiegend in der Kernstadt oder den Kernstadterweiterungen anzutreffen. Teilweise wurden viele von ihnen nach der starken Zerstörung im zweiten Weltkrieg in beachtenswerter Weise in den 50er und 60er Jahren wieder aufgebaut.

Vorherrschende Konstruktionen

Fachwerk: Konstruktiv sind kleine und größere Gebäude ähnlich einzuschätzen: Typisch ist die Fachwerk**außenwand**konstruktion, in denen das Fachwerk und Gefache sichtbar sind. Nur in wenigen Fällen wurde es in Teilen (z.B. Giebel, Wetterseite) mit einer hinterlüfteten Vorhangfassade verkleidet oder sogar komplett verputzt. Das Fachwerk der Gebäude ist zwischen 12 bis 16 cm stark, die Gefache sind überwiegend mit ungebranntem Ziegel oder Strohlehm ausgefüllt und verputzt (Kalk- oder Lehmputz).

Mauerwerk: Die Außenwände der westfälischen Höfe wurden überwiegend in Ziegelbauweise aus 25 bis 38cm starkem Ziegel (Backstein) erstellt. Die städtisch geprägten Bauten der frühen Bauphase wurden häufig unverputzt gehalten. Später setzten sich anspruchsvoller gehaltene Fassadenkonzepte mit verputztem Mauerwerk, Erkern in Sichtfachwerk und Schmuckelementen durch.

Die **Kellerdecken**, sofern die Gebäude überhaupt unterkellert sind, wurden in der Regel als Holzbalkendecken ausgeführt. Bei nicht unterkellerten Gebäuden sind die direkt auf einer Sandschicht liegenden Lagerhölzer mit Sand oder Lehm verfüllt und mit Holzdielen versehen. Teilweise sind auch direkt in Sand verlegte Steinböden anzutreffen.

Dachschrägen waren im Ur-Zustand nicht gedämmt. Die obersten Geschossdecken sind in der Regel Holzbalkendecken mit Einschub, vorherrschend mit Sand- oder Lehmfüllung.

Bei den **Fenstern** ist Einfachverglasung vorherrschend.

4.1.2 Typ B Mauerwerk (1850 - 1918):

In dieser Baualtersklasse sind mehrere Varianten zu unterscheiden:

- Handwerkerhäuser mit 1 bis 2 Geschossen in den ländlich geprägten Ortskernen.
- Großzügige 2- bis 3-geschossige „Stadt villen“ (heute häufig auch gewerblich genutzt).
- Kleinere bis zu 3,5-geschossige Geschosswohnungsbauten mit 3 bis 6 Wohnungen als Blockrandbebauung in den Kernstadterweiterungen oder auch, aber selten, als teilweise freistehende Beamtenhäuser in ländlichen Stadtteilen.
- Große Geschosswohnungsbauten mit überwiegend 3,5 bis 4,5 Geschossen als geschlossene Blockrandbebauung in den Kernstadterweiterungen.

Vorherrschende Konstruktionen bei kleineren Gebäuden

Die **Außenwände** dieser Gebäude wurden überwiegend in Ziegelbauweise aus 25 bis 38cm starkem Ziegel (Backstein) erstellt; seit der Reichsgründung sind die Mauerwerksstärken in Normen und Vorschriften auch für den Kleinhausbau geregelt. Die Außenwände der Villen sind überwiegend verputzt und mit Schmuckelementen aus Sandstein oder Stuck versehen.

Bei Einfamilienhäuser ist das zweischalige Mauerwerk anzutreffen. Es besteht aus einer 12cm starken Innenschale, einer stehenden Luftschicht mit 5 bis 7cm Stärke und einer außenliegenden weiteren 12cm starken Mauerwerkschale. Diese Konstruktion ist im Kleinhausbau in Norddeutschland und den Niederlanden sehr verbreitet, dient dem Schlagregenschutz und erfordert eine besondere Wärmedämmstrategie (Einblastechnik).

Die **Kellerdecken** - die Gebäude wurden häufig unterkellert - wurden in der Regel als gewölbte oder scheidrechte Kappe aus Schüttbeton mit Holzdielenaufbau, bis 1900 auch als Holzbalkendecken ausgeführt.

Dachschrägen waren im Ur-Zustand nicht gedämmt. Die obersten Geschossdecken sind in der Regel Holzbalkendecken mit Einschub, vorherrschend mit Sand-, Lehm- oder Schlackenfüllung.

Bei den **Fenstern** ist Einfachverglasung vorherrschend. In Villen sind teilweise auch Kastenfenster vorzufinden.

Vorherrschende Konstruktionen bei großen Gebäuden (MFH und GFH)

Zunächst galt ab 1842 die Faustregel, dass die Dicke von tragendem Ziegelmauerwerk (Backstein) $\frac{1}{8}$ der Wandhöhe betragen sollte, seit den 70er Jahren ist die Dimensionierung der **Außenwände** durch Normungen und Vorschriften stärker geregelt /Ahnert 1986/.

Reine Mauerwerksbauten wurden demzufolge je nach Geschossigkeit aus 30 bis 51 cm (bei 4 Vollgeschossen) starkem Ziegelmauerwerk (Backstein) erstellt. Natur- oder Kunststeinsockel sind nur selten. Die durch viele Erker und Balkone verzierten Fassaden sind in rot gebranntem Backstein oder als verputzte Fassaden ausgeführt und mit Dekor- und Strukturelementen aus Sandstein und Stuck versehen. Fenster sind häufig in Sandsteingewänden eingefügt.

Im rückwärtigen Bereich der Gebäude sind vereinzelt auch noch 12 bis 16 cm starke verputzte Fachwerkkonstruktionen anzutreffen; allerdings wurde ab ca. 1900 auch dort fast ausschließlich massiv gebaut.

Die **Kellerdecken** - die Gebäude sind in der Regel unterkellert - wurden in der Regel als preußische (gewölbte), später auch als scheidrechte Kappe aus Schüttbeton mit Holzdielenaufbau ausgeführt.

Dachschrägen waren im Ur-Zustand nicht gedämmt und nicht ausgebaut. Die obersten Geschossdecken sind in der Regel Holzbalkendecken mit Einschub, vorherrschend mit Sand-, Lehm- oder Schlackenfüllung.

Bei den **Fenstern** ist Einfachverglasung vorherrschend.

4.2 Typ C (1919 - 1948):

Der **Einfamilienhausbau** dieser Epoche ist zum einen geprägt durch den Bau von geschlossenen Gebieten mit freistehenden, 1,5-geschossigen Siedlungshäusern mit Satteldach in Stadtrandlage. Vereinzelt werden auch größere Einfamilienhäuser in der Tradition der gründerzeitlichen Stadtvillen oder 2-geschossige Gebäude mit Mansarddach gebaut. Auffällig sind auch größere Reihenhaussiedlungen mit zumeist 2-geschossigen Gebäudezeilen. Optisch auffällig ist die große Zahl von Gebäuden mit Sichtmauerwerk.

Dominiert wird diese Bauepoche im Bereich des **Geschosswohnungsbau** durch die überwiegend von Wohnungsbaugesellschaften und -genossenschaften erbauten größeren innerstädtischen 3,5- bis 4,5-geschossigen Siedlungen. In Kleinstädten oder im ländlichen Bereich sind 2 bis 2,5-geschossige Mehrfamilienhäuser vorherrschend.

Vorherrschende Konstruktionen

Die Vielfalt der **Außenwand**konstruktionen nimmt in den 20er Jahren zu. Zum reinen Ziegel- oder Backsteinmauerwerk kamen, wenn auch in Münster selten, z.B. Hohlblocksteine aus Bims oder anderen Materialien in Stärken zwischen 25 und 38 cm hinzu. Die Materialien und Materialstärken können sich bei größeren Gebäuden von Geschoss zu Geschoss ändern, da aufgrund des Spargedankens des Wohnungsbaus der 20er Jahre immer nur Materialien mit der statisch notwendigen Festigkeit gewählt wurden. Seit 1937 gilt mit der DIN 1053 eine allgemeine Mauerwerksnorm und die DIN 4106 "Mindestdicken belasteter Außenwände" /Ahnert 1986/.

Die Fassaden sind überwiegend in Verblendmauerwerk ausgeführt. Je nach Baustil werden die Fassaden, wenn auch weit sparsamer als in der Gründerzeit, mit Schmuckelementen versehen oder strukturiert gemauert.

Bei Einfamilienhäusern und inzwischen auch bei kleinen Mehrfamilienhäusern ist wiederum das zweischalige Mauerwerk anzutreffen. Es besteht aus einer 12cm starken Innenschale, einer stehenden Luftschicht mit 5 bis 7cm Stärke und einer außenliegenden weiteren 12cm starken Mauerwerkschale.

Die **Kellerdecken** sind in der Regel als schiefe Kappendecke, im Einfamilienhausbau auch zunehmend als Hohlsteindecke ausgeführt.

Dachschrägen und oberste Geschossdecken sind wie im vorherigen Typ in der Regel nicht gedämmt. Dachschrägen unter ausgebauten Dächern wurden teilweise schon mit mineralisierten Holzwolleleichtbauplatten verkleidet und verputzt. Dach-

decken werden häufiger als Holzbalkendecken ausgeführt. Die in dieser Epoche aufkommenden Flachdächer gibt es nur selten.

Bei den **Fenstern** sind Verbund- oder Kastenfenster vorherrschend, seltener ist auch noch Einfachverglasung vorzufinden.

4.3 Typ D (1949 - 1957):

Vorwiegend einfache Bauweise, weitgehend noch in der Tradition der Zwischenkriegszeit. Dominierend sind im Geschosswohnungsbau zunächst Baulückenschließungen in der Kernstadt, in den späten 50er Jahren entstehen dann mit Beginn des sozialen Wohnungsbaus im großen Umfang auch neue Siedlungen in Stadtrandlagen. Dominierend ist die 3 bis 4-geschossige Bauweise überwiegend in Zeilenbauweise mit relativ großen Gebäudeabständen. Im Einfamilienhausbau entstehen einfache Siedlungshäuser zunächst als Erweiterung bestehender Gebiete aus den 20er und 30er Jahren, dann aber zunehmend auch neue Siedlungsgebiete in Ortsrandlagen mit relativ großen Grundstückszuschnitten.

Vorherrschend ist eine material- und kostensparende Bauweise, bei der der bauliche Wärmeschutz im Hintergrund steht. Die Gebäude wurden "schlicht", das heißt ohne teure architektonische Ausgestaltung wie Erker, Nischen, Gauben etc. erstellt. Dachgeschosse sind i.d.R. nicht ausgebaut und haben eine geringe Dachneigung. Es überwiegen Sichtmauerwerksbauten mit einfachen Baukörpern und Fenster-schablonen. Es wurden einfache Materialien und Konstruktionen verwendet.

Vorherrschende Konstruktionen

Das überwiegende **Außenwandmaterial** war sowohl im Einfamilien- wie auch im Mehrfamilienhausbau der Hohlblockstein aus Bims (Hbl25 und Hbl50) in 25cm, 30cm und selten in 38cm Stärke. Im Geschosswohnungsbau wurden Hohlblocksteine mit hoher Festigkeit (z.B. Hbl50) verwendet, so dass die Mauerwerksstärken insgesamt über alle Geschosse weitgehend homogen blieben. Gitterziegel oder Lochziegel sind aus Kostengründen so gut wie nicht vertreten. Neu ist das Hohlblockmauerwerk mit Verblendschale aus Klinker ohne Luftschicht teilweise sogar bereits mit 2cm Wärmedämmung. Im Kleinhausbau ist das zweischalige Mauerwerk mit stehender Luftschicht weiter vertreten.

Die **Kellerdecken** wurden schon häufig als Ortbetondecken mit schwimmendem Estrich und Trittschall-Dämmung, im Einfamilienhausbau auch vielfach als Fertigteildecken in Ziegel, Bims- oder Schwemmstein, ausgeführt.

Dachschrägen unter ausgebauten Dächern wurden in der Regel mit mineralisierten Holzwolleleichtbauplatten verkleidet und verputzt. Die obersten Geschossdecken sind bei nicht ausgebauten Dächern teilweise noch als Einschubdecken mit Schlackenfüllung ausgeführt worden. Häufig wurden insbesondere im Mehrfamilienhausbau bereits Ortbetondecken ausgeführt.

Die **Fenster** sind fast ausschließlich mit Einfachverglasung versehen.

4.4 Typ E (1958 - 1968):

Auf den sich abzeichnenden Rückgang der staatlichen Wohnungsbauförderung in den frühen 60er Jahren wird mit verdichteten Siedlungskonzepten und neuen Bauformen wie z.B. Hochhäusern reagiert. Es wurde zunehmend mit neuen Formen und Materialien experimentiert. Beton, Stahl und Glas wurden häufiger eingesetzt, der Betonbau, aus Frankreich und Amerika kommend, setzte sich verstärkt durch. Auf Gestaltung wurde deutlich mehr Wert gelegt, im Wohnungsbau setzte sich zum Beispiel das Blumenfenster als vom Baukörper leicht vorgezogenes Bauelement durch. Die Fassaden wurden vielfältiger gestaltet, Plattenverkleidungen (Spaltklinker, Waschbeton) oder auch Sichtbeton mit Rauputz setzten sich durch. Neu war auch das Flachdach.

Vorherrschende Konstruktionen

Bei den **Außenwänden** wird ab Mitte der 60er Jahre verstärkt Gitterziegel oder Lochziegel eingesetzt. Das Hohlblockmauerwerk mit Verblendschale aus Klinker ohne Luftschicht teilweise sogar bereits mit 2cm Wärmedämmung dominiert. Im Kleinhausbau ist das zweischalige Mauerwerk mit stehender Luftschicht weiter vertreten. Im Hochhausbau, teilweise auch in Bauten ab 3 Geschossen, wurde ab Mitte der 60er Jahre die Beton-Fertigbauweise mit ca. 4cm Wärmedämmung und hinterlüfteter Fassade aus Asbestplatten, Klinker oder sogenanntem Waschbeton eingeführt.

Die **Kellerdecken** sind im wesentlichen Ortbetondecken mit schwimmendem Estrich und 2,5 bis 3,5cm Polystyrol-, Kork- oder Mineralfaserdämmung.

Dachschrägen wurden mit mineralisierten Holzwolleleichtbauplatten verkleidet und verputzt, zwischen den Sparren wurden häufig zusätzlich noch 3 bis 4cm Mineralfaserplatten eingebracht. Als oberste Geschossdecken wurden überwiegend Ortbetondecken mit einem Estrichaufbau wie bei den Kellerdecken eingebaut.

Die **Flachdächer** wurden sowohl als Warmdach in Ortbeton mit 2 bis 3cm Polystyrol-, Kork- oder Mineralfaserdämmung oder als Kaltdach mit 2 bis 4cm Dämmung ausgeführt.

Die **Fenster** wurden überwiegend mit Einfachverglasung versehen.

4.5 Typ F (1969 - 1978):

Nach Abschluss des Wiederaufbaus werden zum Ende der 60er Jahre neue industrielle Bauweisen entwickelt (Sandwichkonstruktionen, Verbundbauweise, etc.). Unter dem Eindruck der ersten Ölpreiskrise sind die 70er Jahre durch wärmetechnische Verbesserungen gekennzeichnet. Zunächst bedeutete dies eine häufigere Übererfüllung der DIN 4108, später wurden die ergänzenden Bestimmungen zur DIN 4108 eingehalten.

Vorherrschende Konstruktionen

Die **Außenwände** wurden mit 24 bis 30 cm starken Gitterziegeln oder Lochziegel unterschiedlicher Rohdichte, zu einem großen Teil in Beton-Fertigbauweise (z.B. "Duo-Bauten") und gegen Ende der 70er Jahre auch 2-schalig mit Hochlochziegel oder Kalksandstein und Wärmedämmverbundsystemen aber auch, wenn auch noch recht selten, monolithisch mit Gasbetonstein oder Porenziegel erstellt. Die Außenwände sind besonders bei großen Mehrfamilienhäusern und Hochhäusern häufig verkleidet. Die Fassaden sind in der Regel mit ca. 4 bis 6cm Dämmstoff versehen und hinterlüftet. Nach wie dominiert im Kleinhausbau das Hohlblockmauerwerk mit Verblendschale aus Klinker.

Die **Kellerdecken** wurden in der Regel als Ortbetondecken mit Estrich oder Rippendecken mit 3 bis 4cm Dämmstoff ausgeführt.

Die **Dachschrägen** wurden mit Gipskartonplatten oder Profilbrettern verkleidet, zwischen die Sparren wurden ca. 6cm Mineralfaserdämmstoffmatten eingebracht. Bei der Ausführung der Leichtbaukonstruktion wurde in der Regel nicht auf die Winddichtigkeit geachtet, so dass der Wärmeverlust durch das Bauteil sich gegenüber dem rechnerischen k-Wert nahezu verdoppeln kann.

Für die obersten Geschossdecken gilt das zu den Dachschrägen Gesagte. Bei nicht ausgebauten Dächern wurden andererseits auch Ortbetondecken mit schwimmendem Estrich und 3 bis 4cm Polystyrol-Dämmung verwendet.

Flachdächer, die einen stärkeren Anteil am Gebäudebestand haben, sind als Kalt- und Warmdächer in sowohl leichter als auch massiver Bauweise ausgeführt, die Dämmstoffstärken überschreiten 6cm nur selten.

Fenster wurden weiterhin häufig mit Einfachverglasung versehen, zunehmend setzte sich auch die Isolierverglasung (z.B. Thermopane) durch.

4.6 Typ G (1979 - 1987):

Die Einführung der Wärmeschutzverordnung führte zu deutlichen wärmetechnischen Verbesserungen der Konstruktionen.

Vorherrschende Konstruktionen

Die **Außenwände** wurden zunehmend aus Porensteinen unterschiedlicher Rohdichte, seltener aus Gasbeton erstellt. Zweischalige Außenwandkonstruktionen mit Kalksandstein, ca. 6cm Wärmedämmung, Hinterlüftung und Klinkerschale setzen sich stärker durch. Wärmedämmverbundsysteme (ca. 6cm Dämmstoffstärke) sind in Münster nicht sehr stark vertreten, es dominiert nach wie vor die Klinkerfassade.

Die **Kellerdecken** wurden in der Regel als Ortbetondecken mit Estrich und 3 bis 4cm Dämmstoff ausgeführt.

Zunehmend werden wieder ausgebaute Dachgeschosse angetroffen, und der Anteil von Flachdächern ist stark rückläufig. **Dachschräge** und Dachdecke sind mit 6 bis 8 cm Dämmstoff zwischen den Sparren oder auf der Rohdecke (bei nicht ausgebauten Satteldächern und beim Flachdach) gedämmt.

Bei den **Fenstern** wird durchgängig Isolierglas verwendet.

4.7 Energiebedarf einzelner Gebäudetypen im historischen Gebäudezustand

Für jeden der Gebäudetypen wurde nun der mit der Wohnfläche zu verknüpfende Energiekennwert in kWh Heizwärmebedarf pro m² Nutzfläche ermittelt.

Anhand von Gebäudeform und Baukonstruktion wurde der Energiekennwert auf Basis des historischen Gebäudezustands für jeden Gebäudetyp mit Hilfe des

Berechnungsprogramms Enerplan² errechnet. Es errechnen sich die in der folgenden Abb. 4 dargestellten durchschnittlichen Energiekennwerte (Heizwärmebedarf) für die Gebäudetypen im historischen Zustand.

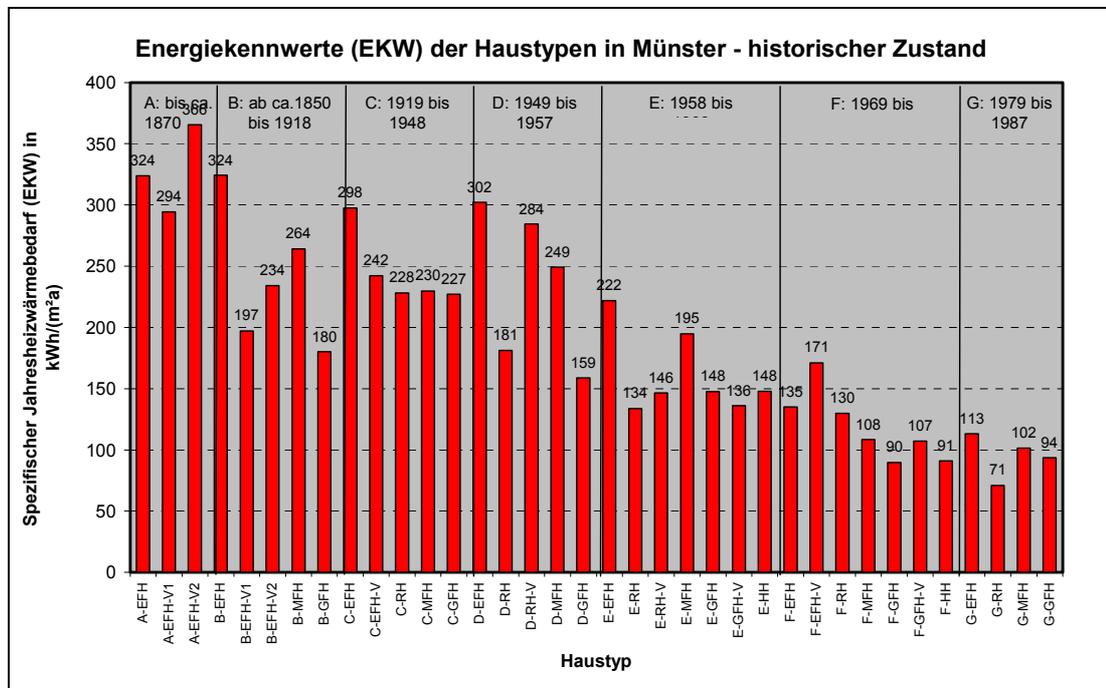


Abb. 4 Energiekennwerte (Heizwärmebedarf) typischer Gebäude in Münster im historischen Zustand (HIST) in kWh/(m²·a)

Deutlich festzustellen sind die hohen Energiekennwerte der Gebäude bis in die 50er Jahre. Gegenüber der Baualtersklasse B und C steigen die Kennwerte in der Nachkriegszeit (Baualtersklasse D) zunächst wieder an. Zusammen mit der Tatsache, dass diese Epoche in Münster den größten Teil des Gebäudebestandes ausmacht, zeigt sich an dieser Stelle die Dringlichkeit eines gezielten Handelns.

Ab den 60er Jahren sinkt das Niveau der Energiekennwerte deutlich ab. Die Kennwerte der heute in die Sanierungszyklen kommenden Baualtersklasse F sind in der Regel nur halb so groß wie die der 50er Jahre, jedoch sind diese von Idealwerten wie z.B. Niedrigenergiestandard mit 50 bis 70 kWh/m²a noch um einiges entfernt. Diese Tatsache zeigt die folgende Abbildung:

2 Das Berechnungsverfahren des Programms Enerplan der HessenEnergie basiert auf dem Leitfaden energiegerechter Gebäude LEG des Landes Hessen und fußt auf der EN 832 /DIN EN 832/, die heute als DIN 4108T6 Grundlage des Nachweisverfahrens nach der Energiesparverordnung /EnEV/ ist.

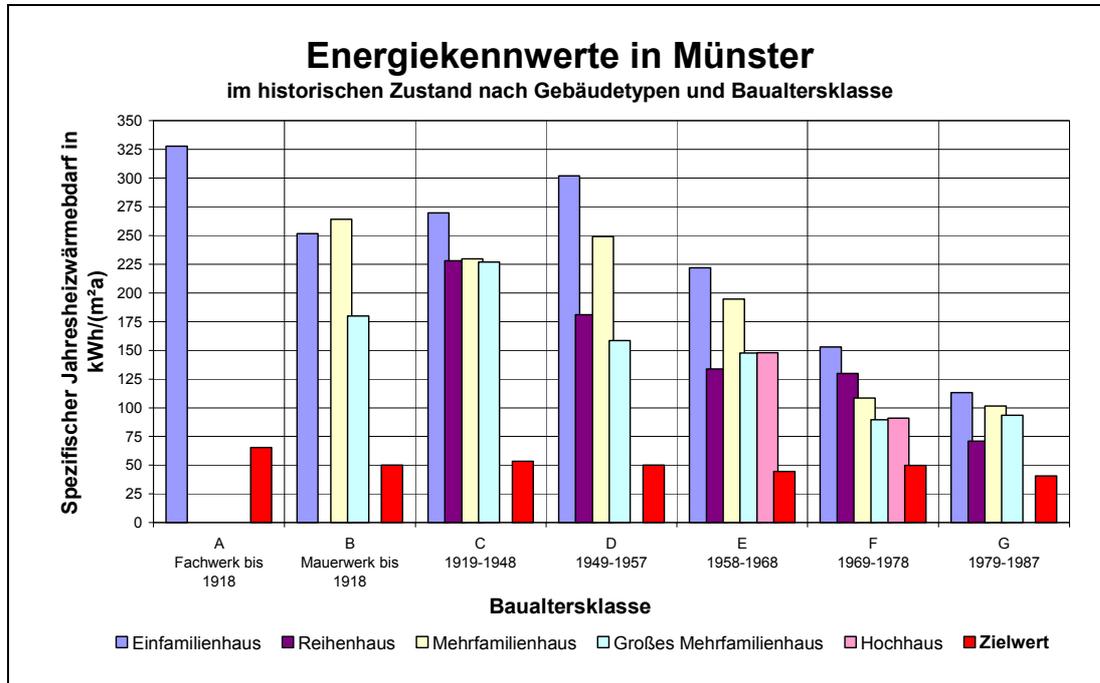


Abb. 5 Energiekennwerte (Heizwärmebedarf) typischer Gebäude in Münster im historischen Zustand (HIST) in kWh/(m²·a) im Vergleich zu möglichen Zielwerten

Die teilweise starken Schwankungen innerhalb der einzelnen Baualtersklassen sind überwiegend durch die Kompaktheit bedingt, aber auch, wie zum Beispiel in der Baualtersklasse B bei Variante B-EFH-V1 durch wärmetechnisch bessere Ausstattung wie z.B. Kastenfenster verursacht.

5 Technisches Einsparpotenzial

5.1 Energieeinsparung durch Wärmedämmung

Die Raumwärme wird durch die Gebäudehülle an die kühlere Außenluft abgegeben. Eine Dämmung stellt diesem unerwünschten Energieabfluss einen Widerstand entgegen: die Wärme bleibt länger im Haus. Mit Dämmmaßnahmen kann folglich nachhaltig Energie eingespart werden.

Als Maß für die Güte einer Wärmedämmung dient der U-Wert. Er gibt an, wie viel Energie pro Quadratmeter Außenfläche in einer bestimmten Zeit verloren geht, wenn eine Temperaturdifferenz von 1 Grad Celsius zwischen der Innen- und der Außenluft besteht. Je kleiner also der U-Wert eines Bauteils, desto besser ist die Dämmung.

Wärmedämmung bedeutet aber nicht nur Energieeinsparung. Wenn sie richtig geplant und ausgeführt ist, trägt sie auch zum Bautenschutz und damit zur Dämpfung von Bauunterhaltungskosten und zur Erhöhung der Lebensdauer bei.

Es ist aber nicht allein damit getan, die gesetzlichen Anforderungen an den Wärmeschutz zu erfüllen, sondern es sollten die bautechnisch und wirtschaftlich vorteilhaftesten Ausführungsformen gewählt werden.

5.1.1 Außenwanddämmung

Im Fall einer Fassadendämmung sollten Systeme mit minimal 10 cm bis hin zu 18 cm Dämmstoffstärke eingesetzt werden. Diese sind auf dem Markt erhältlich, wirtschaftlich zu empfehlen und schon lange erprobt. Dämmmaßnahmen sind langfristige Investitionen mit einer Lebensdauer von mindestens 25 Jahren. Um zukünftig zu erwartende Energiepreissteigerungen gut auffangen zu können, sollte immer optimal gedämmt werden.

Hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit unterscheiden sich Dämmmaßnahmen mit Stärken zwischen 10 und 20 cm kaum. Auch sind solche Dämmstärken inzwischen am Markt einlagig erhältlich. Aus ökologischen Gründen sollte daher die nachhaltigere Maßnahme mit der dickeren Dämmstoffstärke gewählt werden.



Abb. 6 Große Dämmstoffpakete in die Sanierung der Fassaden integriert und optimal ausgeführt sind wirtschaftlich und spart den Löwenanteil Energie in einem Altbau

Bei historischen Gebäuden werden von verschiedenen Herstellern von Wärmedämmverbundsystemen Formelemente aus Polystyrol oder Mineralfaser angeboten, mit der das optische Erscheinungsbild der Gebäude auch mit der Außendämmung wiederhergestellt werden kann. Ist dieser Einsatz aus verschiedenen Gründen nicht erwünscht, so sollte eine fachgerecht ausgeführte Innendämmung angebracht werden. Hier ist insbesondere auf die Bauteilanschlüsse zur Vermeidung von Wärmebrücken zu achten.

Zur nachträglichen Dämmung des in Münster typischen **zweischaligem Mauerwerks** gibt es 2 Methoden:

- Ausschäumen mit Kunststoffschäumen: hierzu wird das Mauerwerk von außen in regelmäßigen Abständen angebohrt. Durch die Bohrlöcher wird vorgeschäumter Kunststoff (z.B. PU-Schaum) in die Hohlschicht zwischen den Mauerwerkschalen eingetragen. Durch spezielle Zusätze, die dem Schaum beige-mischt sind, dehnt er sich aus, füllt die gesamte Hohlschicht und verfestigt sich zu einer steifen Dämmschicht.
- Die 2. Methode ist das Einblasen von Styropor-Perlen oder von Perlitkörnern bzw. Mineralwolleflocken oder auch Korkgranulat, die eine lose Schüttung bilden. Alle Schüttstoffe müssen wasserabweisend (hydrophobiert) sein.

Gelegentliche Meldungen über eine Verschlechterung des Raumklimas nach dem Einbau hoher Dämmstoffstärken entbehren jeglicher Grundlage. Denn: Wände atmen nicht, der Luftaustausch erfolgt über Fenster- und Türfugen bzw. über die Lüftung. Und: die üblichen Dämmstoffe sind sehr viel diffusionsoffener für Wasserdampf als z.B. Ziegel.

5.1.2 Dachdämmung

Dächer, flach oder geneigt, Dachgeschossdecken und Abseiten sollten einen U-Wert von nicht mehr als $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ aufweisen. Dieser entspricht einer mittleren

Dämmschichtdicke von ca. 20 cm. Wo technisch möglich, sind U-Werte von 0,15 W/(m²*K) oder kleiner anzustreben, das entspricht Dämmstärken um 25 bis 30 cm.

Bei geneigten Dächern sollte in Abhängigkeit von der Sparrenhöhe der größte Teil der Dämmung zwischen und ein weiterer Teil auf oder unter den Sparren durchgehend angebracht werden. Diese Anordnung vermeidet Wärmebrücken und Undichtigkeiten (Spalten, Fugen, Löcher).

Bei flachgeneigten Dächern können die Decken in den nicht begehbaren Hohlräumen gut gedämmt werden.

Bei ganzjähriger Nutzung eines Dachbodens muss das Dach bis unter den First gedämmt werden. Bei einem unausgebauten Spitzboden (z.B. als Abstellraum genutzt) sollte statt dessen besser die oberste Geschossdecke gedämmt werden.

5.1.3 Wärmeschutzverglasung

Zwei-Scheiben-Wärmeschutzfenster entsprechen äußerlich den bekannten Zwei-Scheiben-Isolierverglasungen. Die Gläser sind jedoch mit einer nicht sichtbaren Beschichtung versehen, die die Wärmestrahlung wieder in die Räume reflektiert. Verbessert wird die Wärmedämmung noch durch eine spezielle Gasfüllung zwischen den Scheiben, so dass der Wärmeverlust gegenüber einer normalen Zwei-Scheiben-Isolierverglasung insgesamt nahezu halbiert wird.

Fensterflächen sollten einen U-Wert_{g+f} von höchstens 1,3 W/(m² K) aufweisen. Dieser Wert lässt sich durch die im Wohnungsbau üblichen Rahmenkonstruktionen der Rahmengruppe 1 nach DIN 4108 (z.B. Holz, Kunststoff) mit Zwei-Scheiben-Wärmeschutzverglasung mit einem U-Wert Verglasung von 1,1 W/(m² K) oder besser erreichen. Der U-Wert einer low-e-beschichteten Zweifachverglasung (Wärmeschutzverglasung) beträgt bei Füllung mit Argon etwa 1,1 W/m²K, bei Füllung mit Xenon kann er auf 0,9 W/m²K verringert werden.

Die Energieeinsparverordnung fordert seit Anfang des Jahres 2002 bei Ersatz der Fenster eine U-Wert für Fenster von höchstens 1,7 W/m²K und für die Verglasung von 1,5 W/m²K. Daher haben Wärmeschutzfenster keine Mehrkosten gegenüber früher üblichen Zwei-Scheiben-Isolierglasfenstern, die etwas verbesserte Verglasung mit einem U-Wert Verglasung von 1,1 W/(m² K) ist geringfügig teurer.

Neu entwickelte Isolierglas-Systeme erreichen noch niedrigere U-Werte (Anwendung derzeit überwiegend Passivhäuser im Neubau). Dreifach-Verglasungen mit zwei low-e Beschichtungen sind derzeit mit folgenden U-Wert / g-Wert -Kombinationen derzeit (Ende 2002) lieferbar: U-Wert 0,7 W/m²K, g-Wert 0,60 bei Krypton-Füllung, U-Wert 0,4 W/m²K, g-Wert 0,40 bei Xenon-Füllung und U-Wert 0,4 W/m²K,

g-Wert 0,35 bei Xenon-Füllung. Fensterrahmen sind inzwischen mit U-Werten bis $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ erhältlich.

5.1.4 Wärmebrücken

Bei gut wärmegeprägten Gebäuden hat die Qualität der Ausführung entscheidenden Einfluss auf den Energieverbrauch. In allen Bereichen, wo entweder der Bauteilquerschnitt geschwächt ist, stark wärmeleitende Baustoffe verwendet wurden oder der Innenoberfläche eine vergrößerte Außenoberfläche gegenübersteht (Ecken), kommt es zu einem erhöhten Wärmedurchgang durch die betreffende Konstruktion. Die Oberflächentemperaturen sinken im Bereich dieser Wärmebrücken ab, so dass bauphysikalische Probleme auftreten können:

- Die Temperatur der inneren Bauteiloberfläche kann unter die Taupunkttemperatur der Raumluft fallen; dies führt zu Oberflächenkondensatbildung aus der feuchten Raumluft mit den bekannten Folgeschäden (Schwärzepilzbildung).
- Der Wärmedurchgang in diesen Bereichen übersteigt den im Regelbauteilquerschnitt um ein Vielfaches; dies kann insbesondere bei gut wärmegeprägten Bauteilquerschnitten einen hohen Prozentsatz der Gesamtwärmeverluste durch Wärmebrücken bedeuten.

Konstruktiv bedingte Wärmebrücken sind z.B. schlecht gedämmte Stahlbetonstützenraster oder die Laibung von Fenstern; geometrische Wärmebrücken sind z.B. der Perimeterbereich (Gebäude gegen Erdreich), der Flachdachanschluss an die Außenwand und die Gebäudeecken.

Generell können durch gute Wärmedämmung die Wärmebrückeneffekte bei richtiger Ausführung deutlich vermindert und Bauschäden vermieden werden.

5.1.5 Dämmung und Sanierung

Meistens sind nachträgliche Dämmmaßnahmen, die allein aus Energiespargründen durchgeführt werden, nicht wirtschaftlich. Sie sollten sinnvollerweise dann durchgeführt werden, wenn ohnehin eine Instandsetzung oder Bauunterhaltungsleistung notwendig ist. Zum Beispiel ist die oben genannte Thermohaut nur dann sinnvoll, wenn die Fassade ohnehin neu verputzt, gestrichen oder anderweitig ausgebessert werden muss, so dass als Kostenanteil für die Wärmedämmung lediglich die Mehraufwendungen für die energiesparendere Ausführung dieser Instandhaltungsleistung anfallen. Nur diese Mehrkosten müssen dann bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Energiesparmaßnahme angesetzt werden.

5.1.6 Wärmeschutz und Denkmalpflege

Das Bestreben der Denkmalpflege, Bausubstanz zu erhalten, folgt wie der Klimaschutz dem Prinzip der Nachhaltigkeit. Die Weiternutzung von Gebäuden schont Ressourcen und minimiert Stoffkreisläufe durch Vermeidung von Bauschutt. Zudem wurden historische Gebäude aus regional verfügbaren, in großen Mengen vorhandenen, umwelt- und gesundheitsverträglichen Materialien erstellt.

Das Ziel, eine klimaschutzrelevante Sanierung zu Verwirklichen, birgt dagegen Konfliktpotenzial zu den Grundsätzen der Denkmalpflege. Das Hauptziel der Denkmalpflege ist zunächst die Erhaltung der Originalsubstanz in ihrem historischen Erscheinungsbild. Dieses wird vor allem durch die verwendeten Materialien, die Maßstäblichkeit des Bauwerks und einzelner Bauteile, sowie die Farbgebung bestimmt.

Im Spannungsfeld zwischen Substanzerhaltung und energetischer Modernisierung gilt es, gemeinsam tragfähige Lösungen in Abstimmung mit der Denkmalpflege zu finden. In der Stadt Tübingen z.B. wurden im Rahmen der Sanierung eines Fachwerkgebäudes in der Altstadt erstmalig Dämm-Maßnahmen an der Außenfassade von der Denkmalbehörde genehmigt. Verglichen mit der Ausgangslage wird der Jahresheizwärmebedarf im Rahmen der Gesamtsanierung um ca. 70% reduziert. Dieser Projekterfolg ist auf viele intensive Diskussionen und der sorgfältigen Detailarbeit zurückzuführen (Bauherr ist das Umweltzentrum Tübingen e.V., das Projekt wurde gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt unter AZ 12925, Referat 24/2). Das Projekt erhielt 2002 eine Belobigung bei der Vergabe des Wuppertaler Umweltpreises.



Abb. 7 Gelungene Synthese zwischen Wärmeschutz und Denkmalpflege in der Tübinger Altstadt, links vor der Sanierung, rechts danach (Fotos: Olaf Hildebrandt)

5.2 Technisches Einsparpotenzial der einzelnen Gebäudetypen

Zunächst wurde das technische Einsparpotenzial ermittelt. Basis sind die in den folgenden Tabellen dargestellten Maßnahmen. Die Maßnahmen orientieren sich am Optimum von Maßnahmen auf Basis des hohen Energiepreisszenarios der Enquête-Kommission /IWU 1990/ und an heute am Markt erprobten Maßnahmen³. Sie bilden die Grundlage für die Berechnung des sogenannten technischen Einsparpotenzials jedes Gebäudetyps bei vollständiger Umsetzung.

Die folgende Tab. 6 zeigt den Umfang der Energieeinsparung durch Maßnahmen an den Gebäudetypen an allen Bauteilen mit der Höhe der Einsparung, den spezifischen Kosten und den energetisch bedingten Mehrinvestitionen. Die Abb. 8 zeigt eine Übersicht über die Energiekennwerte vor und nach der energetischen Sanierung. Die Bauteilbeschreibungen und alten und neuen U-Werte der einzelnen Bauteile für alle Gebäudetypen sind als Datenblätter im Anhang dokumentiert.

3 Es handelt sich hier explizit nicht um das prinzipiell technisch Machbare, sondern um eingeführte und unter Abwägung ökologischer und ökonomischer Gesichtspunkte optimierte Maßnahmen. Die inzwischen häufig realisierte Sanierung eines Gebäudes zum Niedrigenergiehaus erfordert beispielsweise deutlich verbesserte Maßnahmen. Auch der Umbau von Altbauten zum Passivhaus wurde bereits realisiert (Haus Rudolf in Stuttgart, Gebäude der Wohnungsbaugesellschaft LUGOWE im Brunkviertel in Ludwigshafen).

Kosten (in EURO) für die Haustypen in Münster

Haustyp	DACH				KELLER				WAND				FENSTER				LÜFTUNGSANLAGE								
	Spezifischer Jahresheizwärmebedarf (EKM)	Einsparungsmaßnahmen-Kette	Einsparung	Einzelmaßnahmen	[%]	[kWh]	spezifische Kosten	Einmalige Mehrinvestition	[%]	Einsparung	Einzelmaßnahmen	Einzelmaßnahmen	spezifische Kosten	Einmalige Mehrinvestition	[%]	Einsparung	Einzelmaßnahmen	Einzelmaßnahmen	spezifische Kosten	Einmalige Mehrinvestition					
A-EFH	137,00	32,7	14.511	1,0	2.283	39,2	6,5	2.887	4,5	1.961	70,4	31,2	13.843	1,4	2.859	77,5	7,0	0,9	296	80,7	3,3	1.444	12,5	1.954	
A-EFH-V1	161,50	19,4	9.237	3,9	5.440	29,9	10,5	4.990	4,5	3.000	57,4	27,4	13.042	2,9	5.663	72,0	14,6	0,8	432	76,3	4,3	2.066	9,5	2.116	
A-EFH-V2	255,00	38,5	35.905	1,0	5.660	44,8	6,3	5.668	4,5	4.000	69,3	24,4	22.772	1,4	4.730	79,3	10,1	0,9	900	82,4	3,1	2.860	8,8	2.733	
B-EFH	143,00	32,4	19.575	1,0	3.080	49,3	7,1	3.295	4,5	2.240	69,3	20,4	9.446	2,1	3.002	76,4	6,7	0,9	296	79,7	3,3	1.511	12,2	1.994	
B-EFH-V1	385,00	19,1	25.142	1,1	3.989	38,0	4,8	3.677	4,8	1.968	65,1	27,2	20.616	2,6	8.129	71,9	6,7	2,8	1.542	77,7	8,8	4.415	7,5	3.591	
B-EFH-V2	220,00	23,4	14.640	1,1	2.313	32,7	4,2	2.185	4,8	1.568	64,5	31,8	18.385	2,1	5.173	69,5	5,0	2,8	778	74,4	4,9	2.521	9,2	2.502	
B-MFH	385,00	26,4	25,2	25,2	25,2	25,2	25,2	3,8	3.895	4,8	2.824	53,0	24,0	24.434	1,8	6.443	70,0	16,9	0,8	1.842	79,2	9,3	9.420	3,5	3.991
B-GFH	357,00	180,1	21,8	14,032	1,8	3.702	26,2	4,4	2.803	4,8	2.040	45,5	19,3	12.405	2,4	4.514	64,8	19,3	0,8	1.120	76,2	13,5	8.655	3,6	3.406
C-EFH	122,00	297,6	36,0	13.060	1,0	2.059	41,9	5,8	2.118	4,4	1.384	66,7	24,8	9.016	2,1	2.868	74,3	7,6	0,9	263	76,1	3,8	1.376	12,4	1.855
C-EFH-V	162,00	242,2	28,0	10.977	1,1	1.736	32,4	4,4	1.723	4,4	1.140	55,6	23,3	9.129	2,8	3.767	72,0	16,3	0,9	610	76,5	4,6	1.788	10,9	2.119
C-RH	162,00	228,1	29,9	11.039	1,1	1.748	34,6	4,7	1.729	4,4	1.147	55,3	20,8	7.671	2,1	2.463	73,7	18,4	0,9	648	76,5	4,8	1.775	11,0	2.119
C-GFH	296,00	228,8	11,9	8.071	4,6	5.581	19,0	7,1	4.846	4,1	2.955	40,9	21,9	14.901	2,6	5.866	62,6	21,7	0,8	1.320	73,1	10,6	7.188	3,9	3.004
D-EFH	350,00	227,0	17,8	14.162	1,5	3.126	21,6	3,8	2.999	4,1	1.938	52,4	30,6	24.455	2,0	7.331	72,6	20,3	0,8	1.450	81,9	9,2	7.314	4,2	3.360
D-RH	122,00	302,1	35,5	13.081	1,0	2.059	45,2	9,8	3.956	3,0	1.612	68,4	23,2	8.546	2,2	2.868	75,9	7,5	0,9	263	79,4	3,5	1.283	13,3	1.855
D-RH-V	137,00	181,1	21,1	21,1	5.242	32,2	3,273	3,0	1.479	50,1	15,7	9.903	2,3	1.321	69,2	19,1	0,9	452	75,0	5,9	1.453	12,4	1.954		
D-RH-V	114,00	284,3	35,4	11.480	1,1	1.812	45,6	10,1	3.283	3,0	1.479	67,5	21,9	7.105	1,6	1.725	79,8	12,3	0,9	382	83,5	3,7	1.205	13,8	1.802
D-MFH	220,00	349,2	15,2	8.359	3,1	3.862	29,8	14,6	8.008	1,7	2.952	50,6	20,8	11.401	2,9	4.970	68,6	17,9	0,8	860	76,7	8,2	4.490	5,1	2.902
D-GFH	445,00	158,7	11,7	8.271	3,1	3.846	22,3	11,2	7.930	1,7	2.940	44,1	21,2	14.866	2,6	5.789	64,3	20,1	0,8	1.280	78,3	14,0	9.905	3,7	3.983
E-EFH	136,00	222,0	41,8	12.632	1,2	2.257	48,7	6,9	2.078	4,9	1.945	57,2	8,5	2.566	7,3	2.814	70,4	13,1	0,9	377	75,2	4,8	1.466	12,3	1.946
E-RH	136,00	133,8	16,9	3.062	5,5	2.557	26,3	9,4	1.708	5,0	1.279	32,4	6,1	1.108	7,4	1.227	61,3	28,9	0,9	503	69,0	7,7	1.386	12,9	1.946
E-RH-V	137,00	131,9	26,1	5.083	3,3	2.557	37,6	9,5	1.709	5,0	1.279	32,4	6,6	1.196	7,4	1.321	70,4	26,2	0,8	452	76,4	8,0	1.449	12,4	1.954
E-MFH	410,00	194,8	13,4	10.735	3,2	5.126	18,1	4,7	3.733	4,9	2.723	37,3	19,2	15.304	4,4	10.030	63,5	26,2	0,8	1.881	75,1	11,7	9.319	3,7	3.756
E-GFH	610,00	147,6	13,3	12.005	3,2	5.760	18,0	4,6	4.170	4,9	3.060	28,3	19,2	15.304	4,4	10.030	63,5	26,2	0,8	1.881	75,1	11,7	9.319	3,7	3.756
E-EH	1.949,00	147,9	2,0	3.965	5,1	3.048	3,5	1,5	3.079	5,6	2.865	23,7	11,2	9.289	3,5	4.841	57,3	34,2	0,8	2.559	73,5	16,2	13.431	3,5	5.076
F-EFH	162,00	135,0	14,9	5.265	6,0	2.938	27,7	12,8	2.798	4,8	2.024	40,8	13,0	2.852	7,3	3.144	47,5	6,7	2,8	447	56,2	8,7	1.904	10,3	2.119
F-EFH-V	105,00	177,1	19,7	3.635	6,0	3.288	34,9	15,2	2.816	4,8	2.024	47,9	12,9	2.393	7,3	2.616	52,6	4,8	2,8	269	58,6	6,2	1.142	14,2	1.763
F-RH	145,00	130,0	13,3	2.478	6,0	2.240	24,8	11,4	2.125	4,8	1.945	38,0	14,2	2.638	7,4	2.926	49,2	10,2	2,8	574	57,1	7,9	1.477	18,7	2.994
F-MFH	485,00	108,4	9,9	5.195	5,7	4.480	18,4	8,5	4.477	4,9	3.998	28,6	11,2	8.870	7,0	6.190	40,4	10,8	2,6	1.600	61,0	20,6	10.822	3,6	4.251
F-GFH	630,00	89,7	8,3	4.715	5,8	4.120	14,7	6,4	3.616	5,2	2.805	21,2	6,4	3.638	7,1	3.894	37,9	16,7	2,6	2.660	62,2	24,3	13.740	3,5	5.208
F-GFH-V	828,00	107,1	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9
F-EH	2.484,00	91,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	
G-EFH	182,00	113,2	12,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	
G-RH	227,00	71,0	11,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	
G-MFH	457,00	101,5	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	
G-GFH	640,00	93,5	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	

Tab. 6 Datenübersicht über alle Gebäudetypen der empfohlenen Maßnahmen an allen Bauteilen mit Einsparung in kWh/a und %, den spezifischen Kosten (ct/kWh) und den energetisch bedingten Mehrinvestitionen in EUR

Das technische Einsparpotenzial liegt je nach Typ zwischen 50% und fast 80%. Die erreichbaren Energiekennwerte liegen mit zwischen 40 kWh/(m²·a) und 60 kWh/(m²·a) sogar etwas unter dem Standard von Niedrigenergie-Neubauten, die ungefähr zwischen 50 kWh/(m²·a) bis 70 kWh/(m²·a) liegen.

Für die bestehenden Gebäude in Münster sollte aber als Zielzone ein (Heiz) Energiekennwert von um die 70 kWh/(m²·a) für jedes Gebäude angestrebt werden. Dieser Wert ist mit marktverfügbaren und wirtschaftlichen Maßnahmen erreichbar. Die folgende Abbildung zeigt die vorgeschlagene Zielzone (blaue Balken).

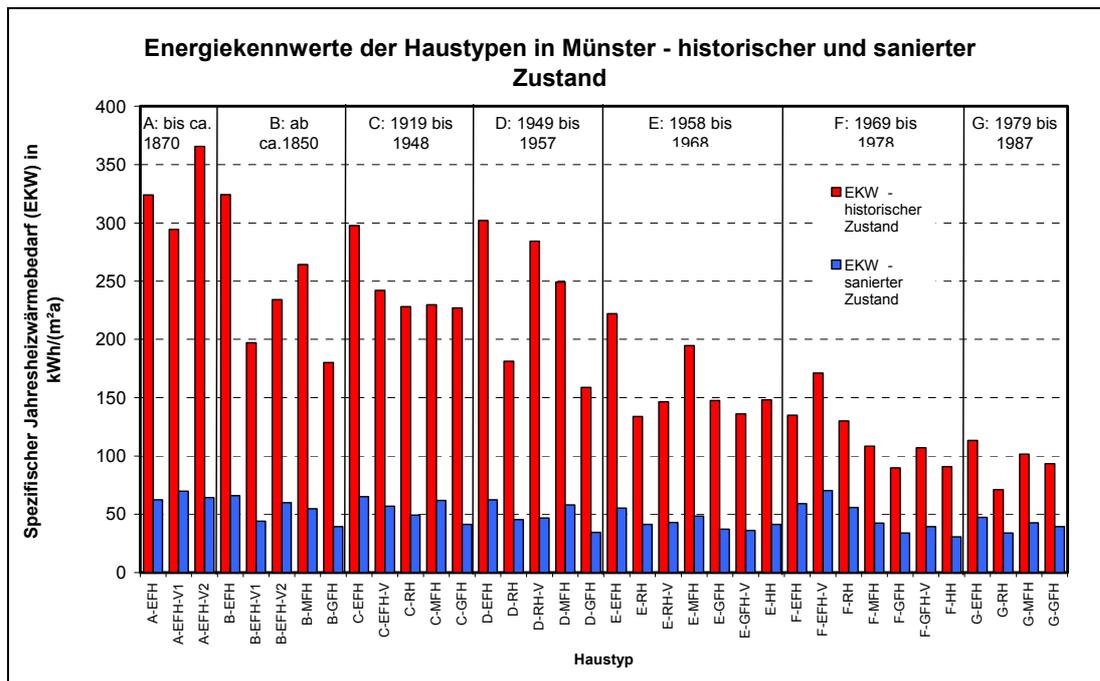


Abb. 8 Energiekennwerte (Heizwärmebedarf) typischer Gebäude in Münster nach Durchführung der empfohlenen Ausführung von Maßnahmen in kWh/(m²·a)

Weit darüber hinaus gehende Sanierungen, z.B. in Richtung Passivhausstandard, sollten parallel erprobt werden. Viele der passivhaustauglichen Komponenten sind inzwischen marktreif und können auch im Rahmen der Altbausanierung erprobt werden.

6 Stadt Münster: Einsparpotenziale durch nachträgliche Wärmedämmung

Wärmedämmschichten sind nicht "zwangsläufig" zur Sanierung eines Gebäudes notwendig. Anders als bei der Sanierung von Heizungsanlagen, wo mit dem Ersatz einer Altanlage unter Energie- und Emissionsgesichtspunkten immer technisch deutlich verbesserte Geräte eingebaut werden, sind bei der Wärmedämmung größere Anstrengungen zur Ausschöpfung der Sparpotenziale notwendig.

Für die Realisierung der möglichen Einsparungen spielt nun in der Praxis die Bewertung der Wirtschaftlichkeit eine wichtige Rolle. Deshalb wurde bei allen untersuchten Einsparmaßnahmen an den verschiedenen Gebäudetypen auch deren Wirtschaftlichkeit betrachtet. Als Kenngröße wurde der "äquivalente Energiepreise" der verschiedenen Maßnahmen, die für eine kWh eingesparter Energie während der Nutzungsdauer aus den dafür notwendigen Investitionen entstehen, angesetzt.

Eine Maßnahme ist dann wirtschaftlich, wenn die eingesparte Kilowattstunde nicht mehr kostet als der über die Nutzungsdauer gemittelte Preis für eine gelieferte Kilowattstunde (z.B. 3,5ct/kWh für Erdgas oder Heizöl). Je geringer die Kosten für die Einsparenergie, desto niedriger ist der zukünftige Energiepreis, bei dem sich eine Maßnahme noch lohnt.

Bei der Ermittlung des technischen Potenzials wurden bereits durchgeführte nachträgliche Maßnahmen berücksichtigt. Basis für die Betrachtung ist daher der heutige bauliche Zustand der Gebäude.

Das gesamte Einsparpotenzial ist in Abb. 9 dargestellt (obere Kurve) und beträgt ca. 770.000 MWh. Das technische Einsparpotenzial Nutzenergie Raumwärme beläuft sich unter diesen Randbedingungen auf rund 50 %. Bei einem Energievergleichspreis von ca. 13 Pfg/kWh (= 6,5ct/kWh) wird es nicht ganz vollständig ausgeschöpft werden können, sondern bei ca. 45% liegen (690.000 MWh). Bei einem Vergleichspreis für Energie von 7 Pfg/kWh (= 3,5 ct/kWh z.B. heutiger Heizölpreis) können aber nur rd. 38% erschlossen werden (580.000 MWh).

Die Abbildung zeigt auch das Einsparpotenzial, das durch Maßnahmen an einzelnen Bauteilen erzielt werden kann. In der Abbildung werden die Einsparungen jeder Einzelmaßnahme zur Gesamteinsparung kumuliert. Die Differenz zwischen den Kurven stellt das Einzelpotential der jeweiligen Maßnahme dar. Es wird deutlich, dass Maßnahmen zur nachträglichen Wärmedämmung an den Fassaden und im Dach hohe Einzelpotenziale darstellen.

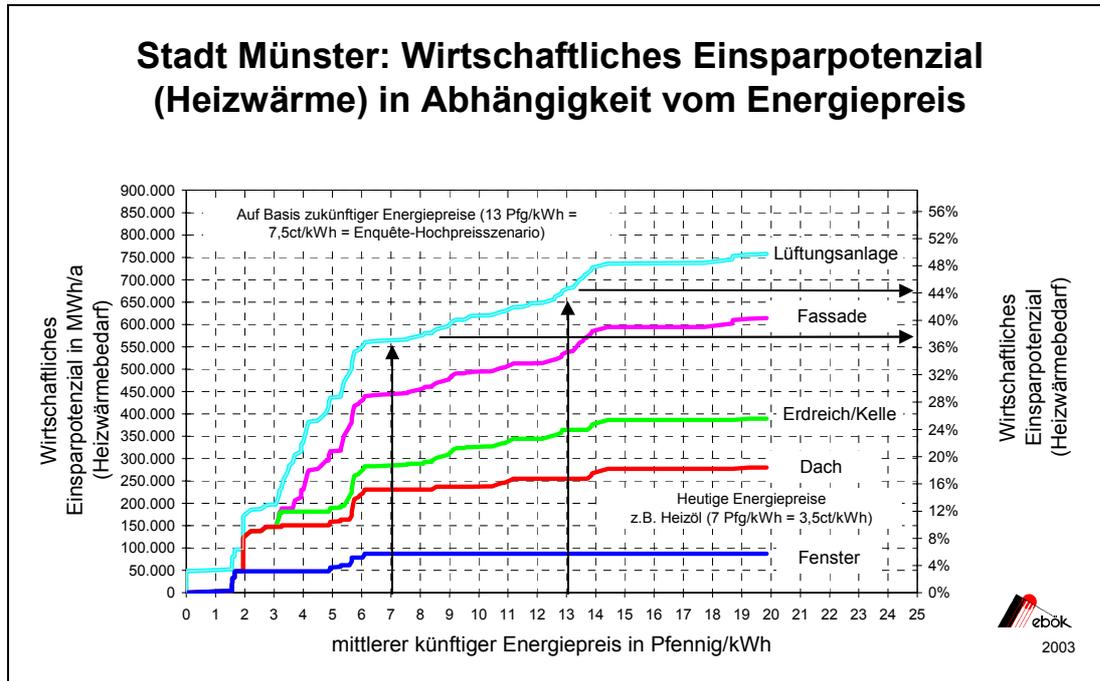


Abb. 9 Einspareffekte verschiedener Wärmedämm-Maßnahmen in Abhängigkeit von den spezifischen Energiekosten

Zur Realisierung der Einsparpotenziale müssen Investitionen getätigt werden. Das Investitionsvolumen, das zur Erschließung des wirtschaftlichen Potenzials benötigt wird, ist in Abb. 10 dargestellt. Es handelt sich um die reinen Mehrkosten gegenüber der Standardsanierung oder Modernisierung. Durch die damit verbundene Kopplung an die Erneuerungszyklen verteilen sich die zunächst hoch erscheinenden Investitionen auf einen langen Zeitraum.

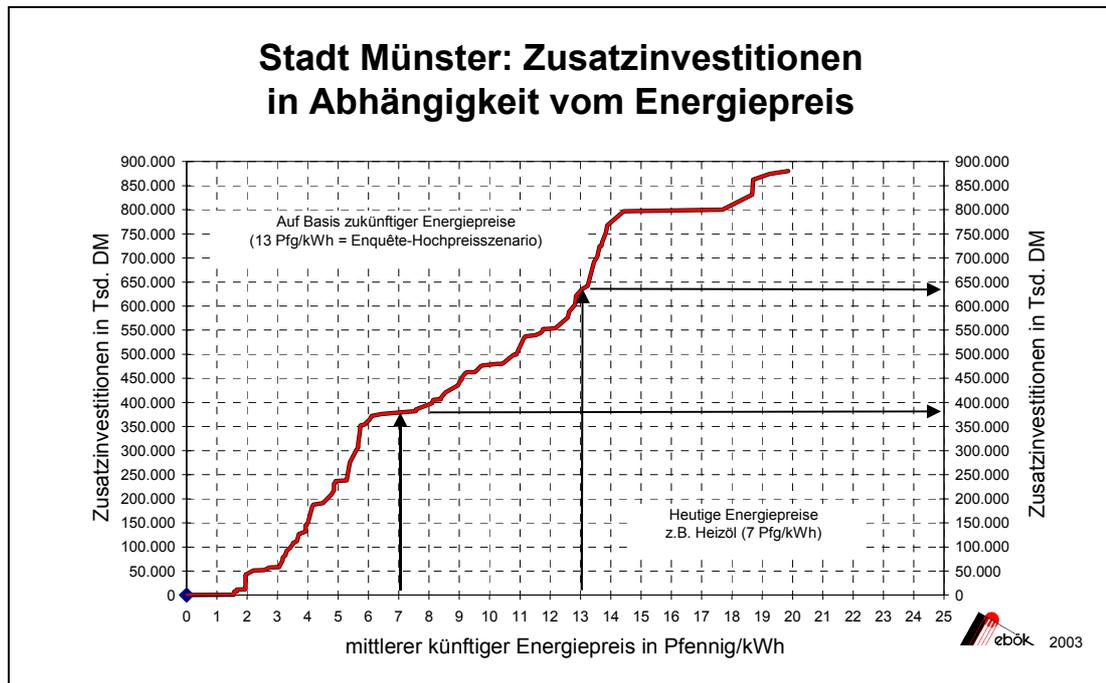


Abb. 10 Mehrkosten für Wärmedämm-Maßnahmen in Abhängigkeit von den spezifischen Energiekosten

Die Erschließung des wirtschaftlichen Einsparpotenzials löst in der Stadt zusätzliche Investitionen in Höhe von ca. 635 Mio. DM über einen Zeitraum von ca. 50 Jahren (2% Sanierung per anno) aus. Das ist ein **jährliches zusätzliches Investitionsvolumen von rd. 12,5 Mio. DM**. Geht man davon aus, dass das Programm der Stadt genau 1/3 der Mehrkosten des Investors abdecken würde, so bedeutet das bei 100% Inanspruchnahme ein notwendiges **Fördervolumen von rd. 4,3 Mio. DM** pro Jahr.

Im Förderzeitraum von 1997 bis 2001 wurde eine Fördersumme von 3,36 Mio. DM ausgezahlt, das sind 0,67 Mio. DM pro Jahr, das ist immerhin eine Inanspruchnahme von fast 16%. Zum Vergleich beträgt die Inanspruchnahme des Programms bezogen auf den Wohngebäudebestand der Stadt Münster fast 11% (siehe Anhang Ökonomische und ökologische Wirkung - Bausteine I, II und III, Abschnitt 1.3.2).

Festzustellen ist, dass das Förderprogramm der Stadt bezogen auf die in der Gebäudetypologie angenommenen Mehrkostenansätze und den hier mit 2% p.a. kalkulierten, konjunkturell sicherlich auch schwankenden Sanierungsraten, mit einer **Inanspruchnahme von 11% und 16%** je nach Betrachtungsebene aufwarten kann. Ein großer Schritt in Richtung Erschließung des großen Einsparpotenzials und ein wichtiger Beitrag zum Klimaschutz.

7 Übertragbarkeit der Gebäudetypologie der Stadt Münster auf das Land Nordrhein-Westfalen

Im folgenden wird der Frage nachgegangen, inwieweit die Ergebnisse der Gebäudetypologie für die Stadt Münster auf das Land Nordrhein-Westfalen übertragbar sind. Zunächst werden kurz die bautechnischen Besonderheiten in Münster herausgearbeitet und bewertet. Danach werden die Einsparpotentiale einzelner Gebäudetypen mit zwei vorliegenden städtischen Gebäudetypologien in Nordrhein-Westfalen verglichen und eine Einschätzung der Übertragbarkeit auf andere Regionen gegeben⁴. An dieser Stelle wird nur eine Einschätzung auf der Basis uns bekannter Typologien und langjähriger Erfahrung mit der Erstellung von Typologien im gesamten Bundesgebiet gemacht.

7.1 Bautechnischen Besonderheiten der Gebäude in Münster

Das Herausarbeiten bautechnischer Besonderheiten und deren energetischer Bewertung sowohl im historischen Bauzustand und der wärmetechnischen Verbesserungsmöglichkeiten ist eine Kernaufgabe der Gebäudetypologien. Wie bereits dargestellt wurden die Merkmale von den Energieberatern in der Stadt validiert und können so zusammen mit den möglichen Maßnahmen als Beratungsgrundlage dienen. Die Stadt Dortmund hat zusammen mit der Energieberatung der Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen beispielsweise spezifischen Informationsblätter für die wichtigsten Gebäudetypen entwickelt und den Beratern für die Kundeninformation zur Verfügung gestellt.

Regionale Besonderheiten in Münster sind:

1. Die Fassaden sind überwiegend in Sichtmauerwerk ausgeführt.
2. Typisch ist das zweischalige Mauerwerk, zum einen

⁴ Zum Vergleich werden die von den Autoren erstellten Gebäudetypologien für die Städte Dortmund und Wuppertal herangezogen. Als weitere Typologien sind diejenigen für die Städte Bielefeld, Essen und Duisburg bekannt, die Detailergebnisse liegen den Autoren jedoch nicht vor.

- a. zweischalige Außenwände mit Luftschicht⁵ und Mauerwerkskonstruktionen mit einer Verblendschale aus Klinker⁶ und zum anderen
 - b. das zweischaliges Mauerwerk mit stehender Luftschicht (Hohlmauerwerk)⁷.
3. Nur wenige historische Gebäude mit Fachwerkkonstruktionen.
 4. Der westfälische Bauernhof als geometrische Besonderheit im ländlichen Raum. Dieser ist im Stadtgebiet jedoch selten.

Die in den Punkten 1 und 2a genannten Merkmale sind in allen Bauepochen bis heute in großer Zahl anzutreffen und so als markantes und die Strategien zur nachträglichen Wärmedämmung stark beeinflussenden Umstand zu sehen (siehe auch Kapitel 5.1.1). Lediglich im Rahmen des Geschosswohnungsbaus sind ab den 50er Jahren in Münster auch eine größere Zahl von verputzten Bauten anzutreffen.

In Dortmund werden vergleichsweise nur die Siedlungsbauten der Bauphase bis ca. 1890 häufiger unverputzt gehalten. Auch Geschosswohnungsbauten der Gründerzeit und der 20/30er Jahre sind teilweise je nach Geschmack des Bauherrn oder Architekten in gebranntem Backstein ausgeführt. Seit den 50er Jahren dominieren in Dortmund allerdings verputzte Fassaden. Ähnliches gilt auch für die Stadt Wuppertal, wobei dort die vorgehängte Fassade mit bergischen Schiefer recht verbreitet ist.

Die starke Häufung des Sichtmauerwerks kann aus unserer Sicht eventuell auf das gesamte Münsterland und den angrenzenden nordöstlichen Bereich Westfalens übertragen werden (Reg.-Bez. Münster, nördliche Teile des Reg.-Bez. Detmold). Die müsste jedoch noch verifiziert werden.

Der Anteil Hohlmauerwerk wird in Münster selbst als nicht besonders hoch eingeschätzt⁸. Das deckt sich mit den Erfahrungen, dass das Hohlmauerwerk in der Regel in Gebieten mit starkem Schlagregen zum Schutz der Wände vor Durchfeuchtung verwendet worden ist. In der DIN 4108, Ausgabe 1952 wird die Zulässigkeit auf das Wärmedämmgebiet I beschränkt. Münster liegt in der breiten Beckenlandschaft an der südlichen Grenze der norddeutschen Tiefebene im

⁵ Diese Konstruktion besteht aus einer Verblendschale, der tragenden Innenschale und einer Luftschicht. Die Außenschale wird be- und entlüftet. In neuerer Zeit wird der Hohlraum unter Wahrung einer Mindestluftschicht mit Wärmedämmung versehen (Kerndämmung), um die Anforderungen der jeweils gültigen Wärmeschutzverordnungen und der Energiesparverordnung einzuhalten.

⁶ Die Verblendschale wird in der Regel direkt vor die tragende Innenschale gemauert und mit Drahtankern befestigt. Möglich ist auch, dass eine Teil des Sichtmauerwerks als einschaliges Verblendmauerwerk ausgeführt wurde. Dieser Umstand konnte aber im Rahmen der Studie nicht genauer ermittelt werden, ist aber auch energetisch wenig relevant..

⁷ Dieser Konstruktionstyp besteht aus einer Vollziegelwand, die so vermauert ist, dass im Innern der Wand Hohlräume entstehen. Diese Hohlräume sind nicht be- und entlüftet (stehende Luftschicht).

⁸ Ergebnis der Befragung der Energieberater und anderer Baufachleute

damals gültigen Wärmedämmgebiet II, das erklärt das nicht so sehr starke Auftreten dieses Konstruktionstyps. Im Norden des Münsterlandes nahe der norddeutschen Tiefebene ist ein stärkeres Auftreten dieses Typs zu erwarten. Eben solches ist im nördlichen Bereich Westfalens zu erwarten (z.B. Kreis Minden-Lübbecke). In dem östlich daran angrenzenden niedersächsischen Landkreis Nienburg/Weser ist dieser Bautyp gut bekannt.

Im ländlichen Bereich des Münsterlandes und Ostwestfalens ist der Anteil von Fachwerkbauwerken aus der optischen Anschauung heraus wesentlich höher als in der Stadt. Daher ist die fast ausschließliche Mauerwerksbauweise im historischen Bestand spezifisch für die Stadt Münster und unserer Erachtens nicht unbedingt auf andere Städte oder Regionen übertragbar. Diese These gilt es durch anderer regionalspezifische Typologien zu untermauern.

Der westfälische Bauernhof ist prägend für die ganze Region und die Ergebnisse können aus unserer Sicht gut auf das gesamte Münsterland übertragen werden.

7.2 Vergleich der Einsparpotenziale einzelner Gebäudetypen

Der hohe Anteil Sichtmauerwerksfassaden beeinflusst die Strategien zur nachträglichen Wärmedämmung stark. In der Regel kommt an diesen Fassadenteilen die energetisch weniger effiziente Innendämmung zum Einsatz. Wärmedämmverbundsysteme mit integrierten Riemchen oder Klinkerimitationen werden vergleichsweise wenig eingesetzt. Die Abb. 11 zeigt einen Vergleich des spezifischen Heizwärmebedarfs einzelner Gebäudetypen im energetisch optimal sanierten Zustand der Stadt Münster mit denen der Gebäude in Dortmund und Wuppertal. Es wird deutlich, dass bei der überwiegenden Zahl der Gebäudetypen in Münster aus diesem Grund der Jahresheizwärmebedarf (EKW) signifikant höher liegt, als bei den Gebäudetypen der beiden Vergleichsstädte.

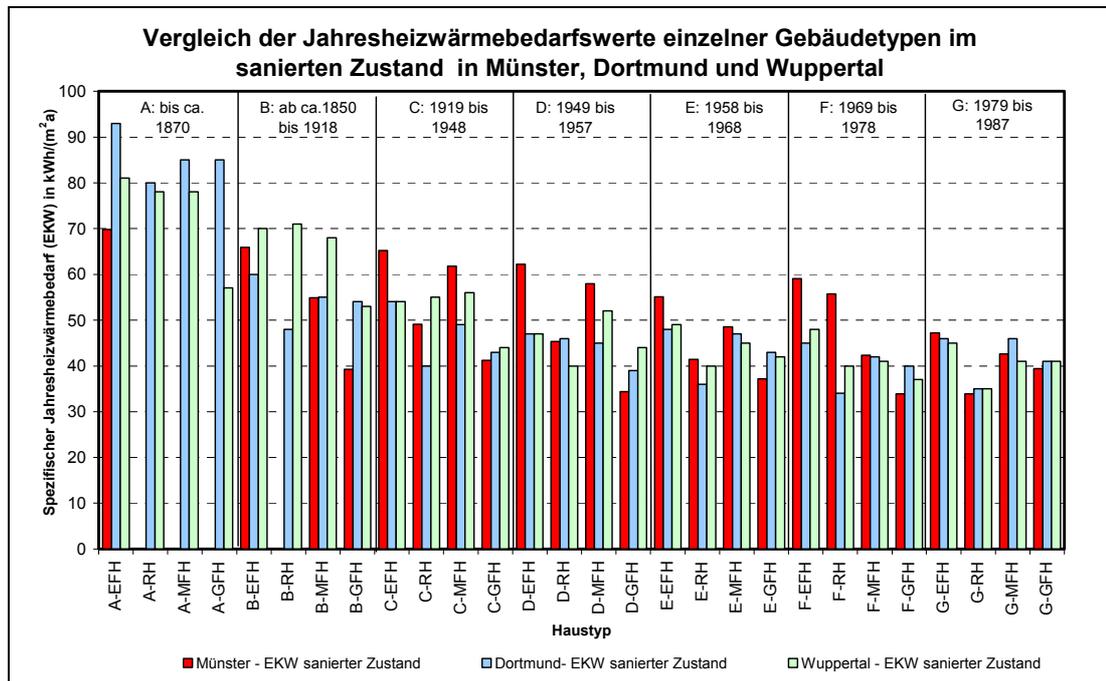


Abb. 11 Vergleich des spezifischen Heizwärmebedarfs einzelner Gebäudetypen im energetisch optimal sanierten Zustand in Münster, Dortmund und Wuppertal

Die Ergebnisse aus Münster können daher aus unserer Sicht allenfalls auf das Münsterland und den angrenzenden nordöstlichen Bereich Westfalens übertragen werden (in etwa die Gebiete des Reg.-Bez. Münster und nördliche Teile des Reg.-Bez. Detmold). Einer genaueren Abgrenzung der Gebäudetypen müsste weiter nachgegangen werden.

7.3 Vergleich der Verteilung einzelner Gebäudetypen

Der Mangel an historischen Gebäuden in der Stadt und insbesondere auch von Fachwerkgebäuden ist auf die großen Schäden in Folge des 2. Weltkriegs zurückzuführen. Untypisch ist der sehr geringe Anteil von Gebäuden aus der Bauepoche vor 1918 in Münster. Selbst in ebenfalls stark kriegszerstörten Städten wie Dortmund und Wuppertal ist der Anteil von Gebäuden vor 1918 mehr als 3 mal so groß (siehe Abb. 12). Fachwerkgebäude sind auch in Dortmund abgesehen von Einzelgebäuden in alten Ortskernen und am Hellweg selten. In Wuppertal sind dagegen viele Fachwerkgebäude in den Ortsrandlagen vorhanden und häufig mit Schiefer verkleidet.

Auch im Vergleich zum Gebäudebestand des Landes Nordrhein-Westfalen und der einzelnen Regierungsbezirke fällt die nicht vergleichbare Verteilung der Baualtersklassen in der Stadt Münster auf. Einem extrem geringen Anteil von Gebäuden der Baualtersklasse bis 1918 erbauter Gebäude steht ein überproportional hoher Anteil von Gebäuden ab dem Baujahr 1958 gegenüber.

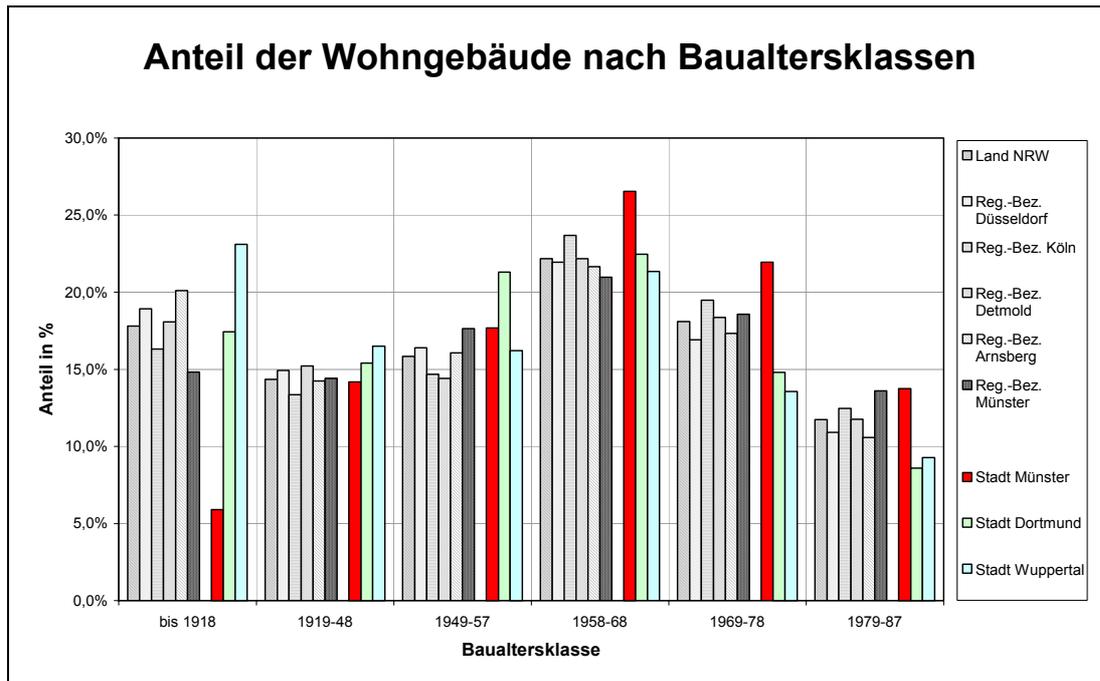


Abb. 12 Anteile der Wohngebäude nach Baualtersklassen in Münster im Vergleich zu ausgewählten Städten und dem Land Nordrhein-Westfalen

Das bedeutet aus unserer Sicht, dass sich die Ergebnisse der Potenzialanalyse der Stadt nicht auf das Land NRW übertragen lassen. Allein die Gebäudestruktur des Regierungsbezirks Münster ist recht ähnlich, so dass allenfalls eine Übertragung der Ergebnisse auf diese Region möglich wäre. Einer genaueren Abgrenzung der Gebäudetypen müsste weiter nachgegangen werden.

7.4 Fazit und Empfehlungen an das Land

Die Gebäudetypologie wird sowohl aufgrund der bautechnischen Besonderheiten und als auch aufgrund der Verteilung der Gebäudetypen als regionalspezifisch gesehen:

- Aufgrund der **bautechnischen Besonderheiten** wie Sichtmauerwerk und zweischalige Fassadenkonstruktionen ist eine Übertragung der technischen Einsparmaßnahmen und ihrer Effizienz und Ergebnisse der Einsparpotenziale einzelner Gebäudetypen maximal auf den Regierungsbezirk Münster und auf die nördlichen Teile des Regierungsbezirks Detmold denkbar.
- Die **Verteilung der Gebäude** der Stadt Münster ist sehr lokalspezifisch, so dass sich die Ergebnisse der Potenzialanalyse allenfalls auf den Regierungsbezirk Münster übertragen ließen.

Die Übertragbarkeit ist eine erste grobe Einschätzung aufgrund von wenigen Vergleichstypologien und den Kenntnissen der Autoren über die Bauweisen in einzelnen Regionen und müsste aus unserer Sicht genauer verifiziert werden.

Die Ergebnisse aus Münster eignen sich bereits gut als Grundlage für eine Erweiterung als regionsspezifische Gebäudetypologie. Für andere Regionen müssten jedoch eigene Typologie erstellt bzw. bereits aufgestellten Typologien als Grundlage herangezogen werden. Die vorliegende und veröffentlichte landesweite Typologie könnte mit verschiedenen regionalen Ergänzungen auch landesweit für Energieberatung und Öffentlichkeitsarbeit herangezogen werden.

Eine Auswertung aller in Nordrhein-Westfalen vorhandener Gebäudetypologien, deren regionale Ergänzung und eine systematische Einteilung des Landes NRW in verschiedene bautechnisch typische Regionen soll hiermit angeregt werden.

8 Literaturverzeichnis

- /Ahnert 1986/ Ahnert R., Krause K., Typische Baukonstruktionen von 1860 bis 1960, Wiesbaden 1986
- /BfLR 1996/ Bundesanstalt für Landeskunde und Raumordnung: Raumordnungsprogramm 2010, Materialien zur Raumentwicklung, Heft 74, Bonn 1996
- /BINE/ Bürger-Information Neue Energietechniken
Nachwachsende Rohstoffe Umwelt: Energie- und umweltgerechte Sanierung, Köln 1995
- /DIN EN 832/ EN 832:1998-03: „Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Berechnung des Heizenergiebedarfs - Wohngebäude“; CEN Europäisches Komitee für Normung, Zentralsekretariat, Brüssel 1998
- /Dortmund 1997/ Hildebrandt et al (ebök): Gebäudetypologie und Energiebedarfsszenarien Raumwärme Haushalte für die Stadt Dortmund, im Auftrag der Stadt Dortmund, Tübingen 1997
- /Duisburg 1999/ Hildebrandt et. al. Das Projekt „Stadtteilorientierte Energieberatung für Duisburg-Marxloh und Gelsenkirchen-Bismarck/Schalke-Nord“, Studie. Energieagentur Nordrhein-Westfalen (Hrsg.). Wuppertal, 1999
- /EnEV/ „Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden“; Bundesgesetzblatt Nr. 59 Teil 1, Bonn am 21.11.2001
- /Engel 85/ Engel, Bärbel: Grundlagen zur wärmeschutztechnischen Analyse von Altbauten; Diplomarbeit an der Fachhochschule für Technik in Stuttgart 1985
- /Enquête 1993/ Enquête-Kommission, Schutz der Erdatmosphäre, Studienprogramm Energie Teilstudie B1 (Bericht Enq.06.1): Energieeinsparpotenzial im Wohngebäudebestand durch Maßnahmen an der Gebäudehülle, München 1993

- /Esslingen 2000/ Hildebrandt et al (ebök): Handlungskonzept Gebäudebestand in Esslingen am Neckar; im Auftrag der Stadt Esslingen am Neckar, 2000
- /Esslingen 2001/ Hildebrandt et al (ebök): Erstellung einer Förderrichtlinie „Wärmetechnische Sanierung von Fassaden“ und Konzeption für die Aktion „Esslinger Wärmesiegel“; im Auftrag der Stadt Esslingen am Neckar, 2001
- /GWZ'87/ Gebäude- und Wohnungszählung 1987. Wohnungsstatistik für Münster nach Stadtteilen, 1988
- /IfB 1983/ Zapke, Wilfried und Ebert, Horst, Institut für Bauphysik Hannover: U-Werte alter Bauteile; herausgegeben vom Rationalisierungskuratorium der Deutschen Wirtschaft (RKW), Hanau/Main 1983
- /IWU 1995/ Institut Wohnen und Umwelt Darmstadt: Grundlagen der Gestaltung von Passivhäusern; Darmstadt 1995
- /IWU 1994/ Ebel, Witta et al.: Empirische Überprüfung der Möglichkeiten und Kosten, im Gebäudebestand und bei Neubauten Energie einzusparen und die Energieeffizienz zu steigern (ABL und NBL). Darmstadt: Institut Wohnen und Umwelt, August 1994
- /IWU 1990/ Ebel, Eicke u.a.: Energiesparpotenziale im Gebäudebestand. Herausgegeben am Institut Wohnen und Umwelt (IWU), Darmstadt 1990
- /IWU 1993/ Eicke-Hennig: Investive Mehrkosten der Niedrigenergiebauweise; IWU Darmstadt 1993
- /IWU 1995/ Institut Wohnen und Umwelt (IWU), Endbericht für die „Deutsche Bundesstiftung Umwelt“ in Kooperation mit der Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages: Empirische Überprüfung der Möglichkeiten und Kosten, im Gebäudebestand und bei Neubauten Energie einzusparen und die Energieeffizienz zu steigern (ABL und NBL), Darmstadt 1995
- /Mannheim 1999/ Hildebrandt et al (ebök): Gebäudetypologie für die Stadt Mannheim; erstellt im Rahmen des

- Klimaschutzkonzeptes für die Stadt zusammen mit ifeu Heidelberg im Auftrag der Stadt Mannheim 1999.
- /MS-Statistik 2000/ Fortschreibung der Gebäude- und Wohnungszählung 1987 durch das Amt für Wohnungswesen de Stadt Münster, 2000
- /PhPP 2002/ Wolfgang Feist, Enikö Baffia, Jürgen Schnieders, Rainer Pfluger, Oliver Kah: „Passivhaus Projektierungs Paket - Anforderungen an qualitätsgeprüfte Passivhäuser“; 4. Auflage, PassivHausInstitut Darmstadt, 2002
- /SWH 1992/ Stadtwerke Hannover: Einsparpotenzial beim Raumwärmebedarf des Wohnungsbestandes in Hannover; Baustein 2 - Durchführung einer - Durchführung einer Befragungsaktion. Hannover 1992
- /SWH 1997a/ Stadtwerke Hannover AG: Mieterbefragung im Rahmen der Evaluation des Thermie-Altbau-Projektes. Hannover. imug Beratungsgesellschaft für sozial-ökologische Innovation mbH, Hannover 1997
- /SWH 1997b/ Stadtwerke Hannover AG: Heizenergie sparen in bestehenden und neuen Wohngebäuden. Hannover. imug Beratungsgesellschaft für sozial-ökologische Innovation mbH (Vorabzug der Befragung der Hausbesitzer im Rahmen der Evaluation des Thermie-Altbau-Projektes.), Hannover 1997
- /VS 1997/ Energiekonzept für die Stadt Stadt Villingen-Schwenningen; Einführung eines Wärmepass; Auftrag der Stadt und Stadtwerke Villingen-Schwenningen (1997).
- /Wuppertal 1996/ Hildebrandt et al (ebök): Gebäudetypologie und Energiebedarfsszenarien Raumwärme Haushalte für die Stadt Wuppertal, erstellt im Rahmen des Klimaschutzkonzeptes für die Stadt zusammen mit ifeu Heidelberg im Auftrag der Stadt Wuppertal, Tübingen 1996

9 Datenblätter der Energiebilanzierung

9.1 Hausdatenblatt I - Bestand

Das **Hausdatenblatt I** enthält alle wichtigen Angaben zum betreffenden Gebäudetyp im Bestand, d.h. vor der Ausführung von Energiesparmaßnahmen:

Eine Erläuterung der Begriffe und Daten im oberen Teil des Blattes findet sich unter "Abkürzungen und Begriffsklärungen" in diesem Bericht.

Das **abgebildete Gebäude** stellt einen typischen Vertreter des jeweiligen Gebäudetyps dar.

Im **unteren Tabellenblock** finden sich Beschreibungen zu den konstruktiven Merkmalen von Außenwand, Kellerdecke/EG-Fußboden, Dachschräge/OG-Decke/Flachdach und Fenstern. Entsprechend der Vielfalt von Konstruktionstypen und -stärken ergibt sich für den jeweiligen Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) eine Bandbreite. Weiterhin findet sich unter "**Anmerkungen**" ein Kommentar zur Häufigkeit der beschriebenen Konstruktion.

9.2 Hausdatenblatt II - Maßnahmen

Das **Hausdatenblatt II** enthält Informationen zu exemplarischen und für den betreffenden Gebäudetyp geeignete Energiesparmaßnahmen und zu den entsprechenden Einsparpotenzialen sowie zu Wirtschaftlichkeitsaspekten.

Die **linke Grafik** zeigt den Energiekennwert des Gebäudes im ursprünglichen Zustand, d.h. ohne Energiesparmaßnahmen, sowie im Spar-Zustand, also nach Durchführung aller im Katalog beschriebenen Maßnahmen. Das langfristige Einsparpotenzial bei Beachtung der empfohlenen Dämmstoffstärken ist hier ablesbar und im Textblock über der Grafik nochmals als Zahlenwert (in %) abgedruckt.

In der **rechten Grafik** sind die energetischen Auswirkungen der Maßnahmen-schritte einzeln aufgezeigt, so dass jede Energiesparmaßnahme mit der entsprechenden Energieverbrauchsreduzierung (verbleibender Energiebedarf in Prozent und als Energiekennwert) getrennt nachvollzogen werden kann.

Der Tabellenblock im unteren Teil der Seite enthält den vorgeschlagenen Maßnahmenkatalog (Maßnahmen mit Zahlenangabe in der Spalte "**KOSTEN**") sowie weitere mögliche Maßnahmen. Die Einzelmaßnahmen sind als exemplarisch zu

betrachten und können sich im Einzelfall durchaus als ungeeignet erweisen. Eine Thermohaut ist beispielsweise bei zweischaligem Mauerwerk mit Luftschicht vollkommen wirkungslos. Eine dahingehende Beurteilung sowie die Information des/der Ratsuchenden liegt in der Verantwortung des/der Beraters/in.

Weiter sind in der Tabelle die aus den ursprünglichen **U-Werten** (Hausdatenblatt I) berechneten resultierenden k-Werte (bzw. Bandbreiten) aufgeführt.

In der Spalte "**Kosten (EUR/m²)**" finden sich die energiesparbedingten Mehrkosten pro Quadratmeter Bauteilfläche (bei Lüftungsanlagen Kosten pro Quadratmeter Wohnfläche) für Fremdleistung (Handwerker) und für Eigenleistung. Alle Kosten verstehen sich brutto (inkl. MWSt.).

Abweichungen können sich durch regionale, saisonale oder konjunkturelle Preisschwankungen ergeben. Ebenso können sich durch von den bei der Kostenermittlung zugrundegelegten Annahmen abweichende (z.B. bauliche) Voraussetzungen im individuellen Beratungsfall Kostendifferenzen ergeben. Auch hier ist das entsprechende Know-how des/der Beraters/in gefragt.

Die letzte Spalte "**Kosten (ct/kWh)**" schließlich gibt als Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsberechnung die Kosten pro eingesparte Kilowattstunde an. Diese spezifischen Kosten ("äquivalenter Energiepreis") können mit den Kosten für eingekaufte Energie (Heizöl, Erdgas ...) verglichen werden.

Der Vergleichs-Energiepreis muss sich auf den Heizwert (H_u) des Energieträgers beziehen. Erdgas wird von den Energieversorgern nach dem Betriebsbrennwert (H_o) verrechnet. Eine Multiplikation des Bezugspreises mit 1,1 liefert das gewünschte Ergebnis. Für andere Energieträger ist keine Korrektur nötig.

9.3 Abkürzungen und Begriffsklärungen

Im folgenden werden Abkürzungen und Begriffe in der Reihenfolge ihres Erscheinens auf den Hausdatenblättern erläutert:

Haustyp	
A	Fachwerk und Mauerwerk bis 1870
B	Mauerwerk, 1850 bis 1918
C	1919 bis 1948
D	1949 bis 1957
E	1958 bis 1968
F	1969 bis 1978
G	1979 bis 1983
EFH	Ein-/Zweifamilienhäuser
RH	Reihenhäuser
MFH	Mehrfamilienhäuser
GFH	Großsiedlungen
HH	Hochhäuser

EKW, Energiekennwert Energiekennwert Raumwärme ohne Warmwasser, Bezug Endenergie, Flächenbezug beheizbare Nettogrundfläche (VDI 3807); es liegt der Berechnung ein einheitlicher Anlagen-Jahresnutzungsgrad von 92 % zugrunde ("Idealheizung" = Zentralheizung ohne Warmwasserbereitung, NT-Kessel)

Wohnfläche beheizbare Nettogrundfläche (VDI 3807)

Umbautes Volumen Beheiztes Bauwerksvolumen V (nach WSV0'95, Anlage 1, Absatz 1.2)

A/V-Verhältnis **Verhältnis** der wärmeübertragenden Umfassungsfläche A zum hiervon umgebenen Bauwerksvolumen V (nach WSV0'95, Anlage 1, Absatz 1.3)

Hbl 25 / Hbl 50 Bimsbetonhohlblock unterschiedlicher Rohdichte und Festigkeit

9.4 Standardnutzungsdaten

Es folgt eine kurze Zusammenstellung der wichtigsten bei der Energiekennwertberechnung zugrunde gelegten Nutzungsdaten.

Tagsolltemperatur = Tagesdurchschnittstemperatur: Für EFH und RH 17,5°C, für MFH und GFH wegen der höheren Belegungsdichte (und damit geringeren schwach beheizten Nebenflächen) 18,0°C.

Nachtsolltemperatur = Grenztemperatur: bei der die Heizung im Absenkbetrieb anspricht: für alle Gebäudetypen 15,0°C.

Dauer der Nachtabsenkung: 8 Stunden.

Luftwechselrate: Die angesetzten durchschnittlichen Luftwechselraten sind in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt. Sie wurden für den Geschosswohnungsbau wegen der höheren Personenbelegung generell höher als für EFH/RH angesetzt. Weiterhin wurden für die Gebäude der Baualtersklasse G wegen dichter Fenster geringere Luftwechselraten angenommen. Das selbe gilt für alle älteren Gebäudetypen nach Fensterersatz (Maßnahme "Fenster").

Tab. 7 angenommene Luftwechselraten in h^{-1}

Gebäudetyp		ohne Maßnahmen	Maßnahmen nach Fensterersatz	mit Abluftanlage
A bis F	EFH und RH	0,7	0,6	0,5
G	EFH und RH	0,6	0,6	0,5
A bis F	MFH und GFH	0,9	0,8	0,6
G	MFH und GFH	0,8	0,8	0,6