



**INSTITUT WOHNEN
UND UMWELT GmbH**

Annastraße 15

64285 Darmstadt

Fon: (0049) 06151/2904-0

Fax: (0049) 06151/2904-97

eMail: info@iwu.de

Internet: <http://www.iwu.de>


DATAMINE – Modellprojekt proKlima-Altbau

Monitoring eines Förderprogramms mit Hilfe von Energiepass-Daten


Darmstadt, den 31.01.2008

Autoren: Tobias Loga
Nikolaus Diefenbach

gefördert durch:

Intelligent Energy  **Europe**

Vertragsnummer: EIE/05/097

Koordinator:  Institut Wohnen und Umwelt,
Darmstadt / Germany – www.iwu.de

Projektlaufzeit: Jan 2006 - Dez 2008

Die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieser Publikation liegt bei den Autoren. Sie gibt nicht unbedingt die Meinung der Europäischen Gemeinschaften wieder. Die Europäische Kommission übernimmt keine Verantwortung für jegliche Verwendung der darin enthaltenen Informationen.

DATAMINE – Modellprojekt proKlima-Altbau
Monitoring eines Förderprogramms mit Hilfe von Energiepass-Daten

Autoren: Tobias Loga
Nikolaus Diefenbach

Reprotechnik: Reda Hatteh

1. Auflage
Darmstadt, den 31.01.2008

ISBN: 9-783932-074967

INSTITUT WOHNEN UND UMWELT GMBH
Annastraße 15
64285 Darmstadt
Fon: 06151/2904-0 / Fax: -97
Internet: www.iwu.de



Inhalt

1 Zielsetzung und Ergebnisse	5
2 Vorgehensweise	6
2.1 Überblick über die Datenlage	6
2.2 Methodik	7
3 Ermittlung der CO₂-Emissionsminderungen	9
3.1 Energetischer Zustand vor der Modernisierung.....	9
3.2 Energiesparmaßnahmen und CO ₂ -Minderungen.....	12
4 Konzepte für ein kontinuierliches Monitoring	16
5 Auswertung der von den Stadtwerken Hannover ausgestellten Energiepässe (ausführliche Datensätze).....	20
5.1 Allgemeine Angaben zum Gebäude.....	20
5.2 Wärmeschutz und Heizwärmebedarf	21
5.3 Wärmeversorgungssysteme.....	30
5.4 Gesamtbewertung.....	37
6 Verallgemeinerung der Ergebnisse im Hinblick auf das EU-Projekt DATAMINE	40
7 Anhang.....	42
Zusammengesetzte Variablen, die für die Analyse benutzt wurden	42
Literatur.....	45

1 Zielsetzung und Ergebnisse

Ausgangslage

Energieausweise für Bestandsgebäude dienen der Energieberatung und der Verbesserung der Markttransparenz bezüglich der energetischen Qualität von Gebäuden. Derzeit laufen in allen Mitgliedsstaaten der Europäischen Union Bemühungen zur stärkeren Verbreitung dieses Instrumentes – insbesondere angestoßen durch die EU-Richtlinie „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“. Diese breite Einführung von Energiepässen bietet eine günstige Gelegenheit, das Wissen über den energetischen Zustand des Gebäudebestands zu verbessern, da der Energieausweis in der Regel auf der Datenerhebung durch einen Energieexperten an einem konkreten Gebäude basiert.

Überblick über das Gesamtprojekt

Im Rahmen des EU-Förderprogramms „Intelligent Energy Europe“ wird das Projekt „DATAMINE – Collecting Data from energy certification to Monitor performance Indicators for New and Existing buildings“ durchgeführt. In 12 europäischen Ländern soll in konkreten Modellprojekten das Sammeln von Energieausweis-Daten auf Basis einer harmonisierten Datenstruktur und die vergleichende Analyse dieser Daten praktisch erprobt werden.

Initiator und Koordinator ist das IWU – die Projektpartner kommen aus den Ländern Irland, Großbritannien, Polen, Bulgarien, Griechenland, Italien, Slowenien, Österreich, den Niederlanden, Belgien und Spanien. Das Projekt umfasst die folgenden Arbeitsschritte:

- Verständigung auf eine harmonisierte Datenstruktur;
- Durchführung von 12 Modellprojekten zu Datensammlung und Monitoring;
- Vergleichende Auswertung der Ergebnisse und der Erfahrungen;
- Schlussfolgerungen für regionale, nationale und EU-weite Monitoring-Systeme.

Deutsches Modellprojekt

Der vorliegende Bericht stellt die Ergebnisse für das deutsche Modellprojekt dar, das durch das IWU in Kooperation mit dem in Hannover ansässigen Klimaschutzfonds proKlima durchgeführt wird. Die Analysen konzentrieren sich auf das Förderprogramm für den Gebäudebestand „proKlima-Altbau“.

Der seit 1998 bestehende Klimaschutzfonds wird von den Stadtwerken Hannover, der Stadt Hannover und benachbarten Städten und Gemeinden (Lautzen, Langenhagen, Seelze, Hemmingen, Ronnenberg) getragen sowie von weiteren Partnern unterstützt. Den Kern des Fördergeschäfts bilden verschiedene Breitenförderprogramme, unter denen das Programm „proKlima-Altbau“ den größten Anteil hat. Im Jahr 2006 wurden hier 944 Anträge und eine Fördersumme von mehr als 2,2 Millionen Euro bewilligt.

Die Erstellung eines Energiepasses ist Voraussetzung für die Förderung durch proKlima. Seit 2006 gilt außerdem die Bedingung, dass der Energiepass nur gefördert wird, wenn mindestens eine Energiesparmaßnahme des Förderprogramms umgesetzt wird. Dadurch sind sehr gute Voraussetzungen für ein Monitoring des Förderprogramms auf Basis von Energieausweisen gegeben.

Das deutsche DATAMINE-Modellprojekt zielt konkret darauf ab, Energiepässe, die im Rahmen von „proKlima-Altbau“ erstellt wurden, systematisch zu analysieren und auf dieser Basis Aussagen über das Förderprogramm, und zwar insbesondere über die durch die geförderten Maßnahmen eingesparten CO₂-Emissionen, abzuleiten. Weiterhin sollen Vorschläge für Monitoring-Konzepte erarbeitet werden, die von proKlima über das Ende von DATAMINE hinaus angewendet werden können.

Ergebnisse des deutschen Modellprojekts

- Im Rahmen des Vorhabens konnten die Daten von 515 Energiepässen ausgewertet und in die harmonisierte DATAMINE-Datenstruktur übertragen werden.
- Durch Auswertung dieser Daten und der Förderstatistik von „proKlima-Altbau“ konnten die CO₂-Minderungen (CO₂-Äquivalente mit Vorketten) der im Rahmen des Programms geförderten Maßnahmen abgeschätzt werden. Es zeigte sich, dass die im Jahr 2005 geförderten Maßnahmen zu einer jährlichen CO₂-Einsparung von rund 5150 Tonnen führen. Der entsprechende Wert für die Förderfälle 2006 liegt mit 5350 Tonnen noch etwas darüber.
- Insbesondere durch Integration einer DATAMINE-Schnittstelle in eine in Hannover häufig angewendete Energiepass-Software konnten in 261 Fällen sehr detaillierte Datensätze nutzbar gemacht werden. Auf diese Weise konnte eine statistische Auswertung über den Zustand der geförderten Gebäude (vor der Modernisierung) im Hinblick auf den Wärmeschutz, das Wärmeversorgungssystem und die berechnete Gebäude-Energiebilanz gegeben werden.

2 Vorgehensweise

2.1 Überblick über die Datenlage

Der Grundgedanke von DATAMINE ist das Monitoring von Gebäudebeständen mit Hilfe von Energieausweisdaten. In dem Projekt in Hannover konnten folgende Datenquellen genutzt werden:

- Daten von 261 Energiepässen, die von den Stadtwerken Hannover / enercity entsprechend dem Schema des dena-Energiepass-Feldversuchs ausgestellt wurden.¹ Die Energiepass-Ausdrucke wurden im Zuge der Antragstellung jeweils bei proKlima eingereicht. Die detaillierten Eingangsdaten für die Bewertung der Gebäude verblieben dabei bei den Stadtwerken und wurden archiviert. Es lagen somit detaillierte Datensätze vor, die eine differenzierte Auswertung erlaubten. Insbesondere waren alle relevanten Informationen über die Bauteilflächen und U-Werte, Art und Baualter der Wärmeerzeuger für Heizung und Warmwasser sowie die berechnete Gebäude-Energiebilanz (vom Heizwärme- bis zum Primärenergiebedarf) vorhanden. Die Übertragung der Einzel-Datensätze in die DATAMINE-Datenbank erfolgte mit Hilfe einer speziellen DATAMINE-Schnittstelle, die im Laufe des Projekts entwickelt wurde und die zukünftig direkt bei der Ausstellung des Energieausweises genutzt werden kann.
- Vereinfachte Datensätze von 254 Energiepässen – ebenfalls ausgestellt entsprechend den Vorgaben des Energiepass-Feldversuchs der dena. Die entsprechenden Daten waren von proKlima direkt aus den einlaufenden Anträgen entnommen und in einer Datenbank abgelegt worden:
Hier lagen für jedes Gebäude nur wenige Informationen vor, nämlich jeweils genau die Angaben, die im Energiepass-Ausdruck des dena-Energiepasses zu finden sind.² Wie sich zeigen wird, waren die wenigen vorhandenen Informationen dennoch für die Auswertung von erheblicher Bedeutung.³

¹ Berechnungsvorschrift des dena-Energiepass-Feldversuchs siehe: [AHEP 2004]

² In der Regel lagen folgende Angaben vor: Wohnfläche, „Gebäudenutzfläche“ A_N nach EnEV, Gebäudetyp (Ein/Zweifamilienhaus bzw. Mehrfamilienhaus mit mehr als 3 Wohnungen), Energieträger (berechneter Energiebedarf für Gas, Öl, Strom und Fernwärme), Heizwärmebedarf, spezifischer Transmissionswärmeverlust, CO₂-Emissionen, Primärenergiebedarf

³ Zunächst stand eine weitaus größere Anzahl von Energiepass-Datensätzen zur Verfügung, da proKlima die Daten der in dem Programm geförderten Energiepässe seit Jahren systematisch erhebt. Die vollständige Datenbank umfasste 3039 Fälle. Es war aber zu beachten, dass seit 2006 nur noch Energiepässe gefördert wurden, wenn diese im Zuge eines Antrags auf investive Förderung von Energiesparmaßnahmen im Rahmen von proKlima-Altbau eingereicht wurden. Nur solche Fälle sind aber hier von Interesse, denn es sollten

- proKlima-Jahresbericht 2006:
Hier liegt eine differenzierte Aufstellung der geförderten Energiesparmaßnahmen vor (Welche Maßnahme wurde wie oft gefördert?) [proKlima 2006]. Dies sind wesentliche Basisinformationen für die Berechnung der erreichten CO₂-Minderungen.

2.2 Methodik

Für eine Berechnung der CO₂-Minderung der im Förderprogramm unterstützten Energiesparmaßnahmen mit Hilfe der Daten von Einzelgebäuden sind vor allem zwei Bedingungen zu erfüllen:

- Der Zustand der Gebäude vor und nach Durchführung der Maßnahmen muss bekannt sein, damit die CO₂-Emissionen vorher und nachher und somit auch die Emissionsminderungen je Gebäude ausgerechnet werden können.
- Wenn wie im vorliegenden Fall eine Vollerhebung aller Förderfälle nicht möglich ist, muss eine repräsentative Stichprobe ausgewertet werden. Die untersuchten Fälle sollten daher möglichst nach dem Zufallssystem ausgewählt werden. Anders gesagt: Die untersuchten Datensätze sollten möglichst keine „Verzerrung“ aufweisen, indem sie z.B. im Vergleich zum Durchschnitt des Förderprogramms überwiegend eine bestimmte Gebäudegruppe (z.B. Mehrfamilienhäuser) oder eine bestimmte Gruppe von Hauseigentümern (z.B. private Vermieter) enthalten.

Beide Ziele waren im vorliegenden Projekt nicht einfach zu erreichen, es musste ein mehrstufiges Vorgehen gewählt werden.

Nach Auskunft der Mitarbeiter des Klimaschutzfonds beschreiben die an proKlima gelieferten Energiepässe in den weitaus meisten Fällen den Zustand der Gebäude vor der Modernisierung. Dies wurde für beide Datenquellen durch Plausibilitätstests geprüft. Folglich liegen differenzierte Gebäudedaten für den Ausgangszustand vor und es lassen sich die CO₂-Emissionen vor Durchführung der Energiesparmaßnahmen berechnen.

Um die CO₂-Emissionen nachher und damit auch die CO₂-Emissionsminderungen zu ermitteln, müssten der Zustand der Gebäude nach der Modernisierung bzw. die durchgeführten Modernisierungsmaßnahmen bekannt sein. Hier lagen über die Einzelgebäude keine Informationen vor, die Hochrechnung erfolgt daher mit Hilfe der allgemeinen Statistik über das Förderprogramm aus dem Jahresbericht 2006⁴

Grundsätzlich wurde bei der Analyse angestrebt, vorrangig auf die detaillierten Energiepassdaten zurückzugreifen, die von den Stadtwerken Hannover zur Verfügung gestellt wurden. Hier konnte jeweils im Einzelnen nachvollzogen werden, welcher Zustand der Gebäudehülle (U-Werte der Einzelbauteile) und was für ein Heizsystem (Art und Baualter der Wärmeerzeuger, Zustand des Wärmeverteilsystems) vorlag.

ja Aussagen über diejenigen Gebäude getroffen werden, in denen konkrete Schritte zur CO₂-Minderungen ergriffen wurden. Da im Januar 2006 noch die Energiepässe vieler Fördermittelempfänger aus dem Jahr 2005 erfasst wurden, bei denen nicht klar war, ob nur der Energiepass oder auch weitere Maßnahmen gefördert wurden, konnten letztlich insgesamt nur 254 auswertbare Datensätze identifiziert werden. Auch die anderen Datensätze wurden aber – im Hinblick auf eventuelle zukünftige Auswertungen unter anderen Fragestellungen – vollständig in die DATAMINE-Datenstruktur übertragen.

⁴ In den Energieausweisen werden in der Regel auch die berechneten CO₂-Emissionen ausgewiesen. Da diese aber wie gesagt nur für den Zustand vor der Modernisierung vorlagen, konnte hier nicht auf die Werte zurückgegriffen werden: Es musste ohnehin ein Rechenmodell angewendet werden, um den Zustand nach der Modernisierung abzubilden und die CO₂-Emissionen zu berechnen. Im Sinne eines einheitlichen Verfahrens wurde dieses Modell auch auf den Zustand vor der Modernisierung angewendet. Ein Vergleich mit den in den Energieausweisen dargestellten CO₂-Emissionen findet sich in Kapitel 3.1.3.

Allerdings konnte nicht von einer Repräsentativität der Stichprobe ausgegangen werden. Denkbar wäre, dass bei den durch die Stadtwerke Hannover selbst durchgeführten Energieberatungen bestimmte Gebäudetypen überdurchschnittlich häufig vertreten sind: Zum Beispiel wäre es möglich, dass vor allem Gebäudeeigentümer das Beratungsangebot wahrgenommen haben, die gleichzeitig auch von den Stadtwerken als Kunden mit Heizenergie (Gas, Fernwärme) beliefert werden, also beispielsweise mit Öl versorgte Gebäude in der Stichprobe unterrepräsentiert wären.

Aus diesem Grund wurde folgendermaßen vorgegangen (s. auch Bild 1):

- Die Untersuchungen wurden mit zwei Modellgebäuden, einem Einfamilienhaus und einem Mehrfamilienhaus durchgeführt, welche einen mittleren Zustand der geförderten Gebäude vor Durchführung der Energiesparmaßnahmen widerspiegeln.
- Die Energieausweisdaten der Stadtwerke wurden verwendet, um die zwei Modellgebäude (Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus) im Detail zu definieren (insbesondere: Wohnfläche, Fläche der Außenbauteile Wand, Fenster, Dach / Obergeschossdecke, Kellerdecke / Erdgeschossfußboden, U-Werte der Bauteile).
- In ähnlicher Weise wurden die verschiedenen Heizsysteme (vor der Modernisierung) mit Hilfe der Energieausweise der Stadtwerke detailliert analysiert (Baualter und Typ des Heizkessels abhängig vom Brennstoff).
- Anders als die Eigenschaften der Modellgebäude und Heizsysteme wurde deren Häufigkeit (Wie verteilen sich die Förderfälle auf die beiden Gebäudetypen? Welche Heizsysteme lagen wie oft vor der Modernisierung vor?) nicht mit Hilfe der von den Stadtwerken ausgestellten Energiepässe untersucht, da sich ja vor allem in diesem Zusammenhang die Frage der Repräsentativität stellte. Vielmehr wurden diese Analysen mit Hilfe der vereinfachten Datensätze von proKlima durchgeführt, in denen alle verfügbaren Fälle, in denen Energieausweise gefördert wurde, enthalten waren, und zwar unabhängig vom Aussteller der Energiepässe.

3 Ermittlung der CO₂-Emissionsminderungen

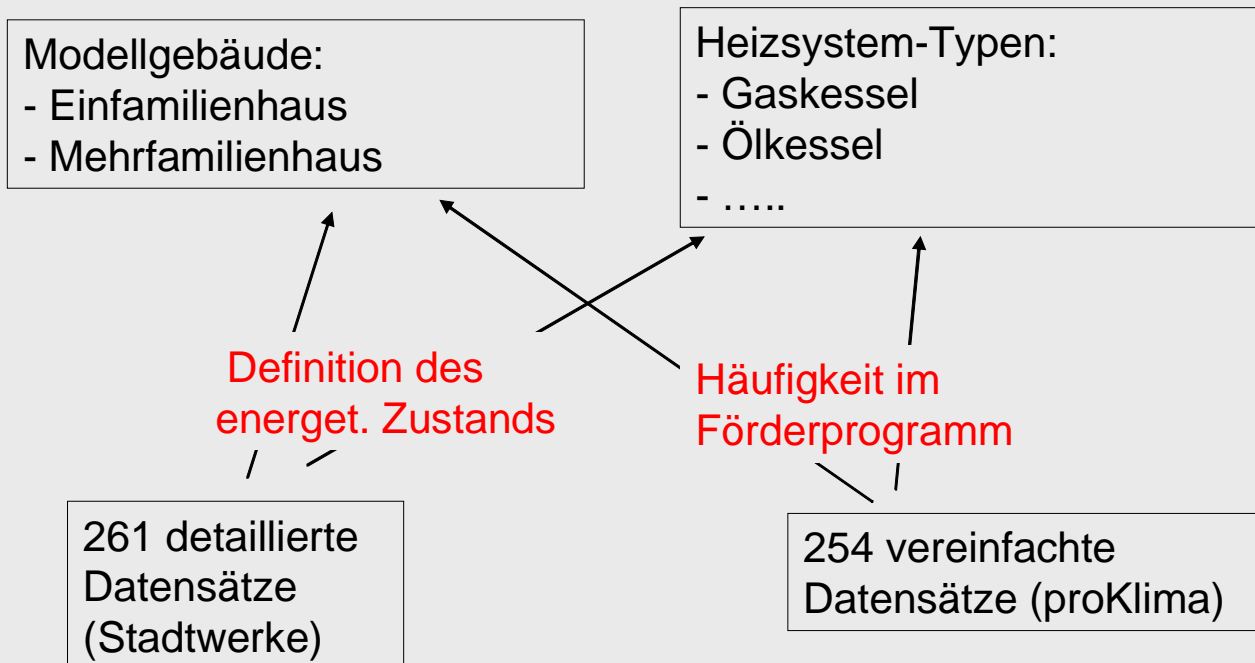
3.1 Energetischer Zustand vor der Modernisierung

3.1.1 Modellgebäude

Gemäß dem in Bild 1 dargestellten Schema wurden die Daten der beiden Modellgebäude vor der Modernisierung (Einfamilienhaus – EFH und Mehrfamilienhaus – MFH) auf Basis der ausführlichen Datensätze der Stadtwerke Hannover ermittelt. Es lagen 103 Energieausweise für Einfamilienhäuser (zu denen hier auch Gebäude mit zwei Wohneinheiten gerechnet wurden) und 158 Energieausweise für Mehrfamilienhäuser (ab drei Wohnungen) vor. Die Ergebnisse der Auswertung sind in Tab. 1 dargestellt.

Die Außenbauteile wurden dabei jeweils in zwei Klassen eingeteilt: Als „gedämmte“ Bauteile werden Außenwände, Dächer / Obergeschossdecken (OGD) bzw. Kellerdecken / Erdgeschossfußböden bezeichnet, deren U-Wert maximal 0,5 W/m²K beträgt. Im Fall von Fenstern sind Wärmeschutzverglasungen (U-Wert bis zu 2,0 W/m²K) gemeint. Die mittleren U-Werte für beide Klassen werden jeweils getrennt angegeben. Der Hintergrund ist, dass im Folgenden angenommen wird, dass bei der Durchführung von Wärmeschutzmaßnahmen im Rahmen von proKlima vorrangig bisher ungedämmte Wände mit einem Wärmeschutz versehen bzw. ältere Fenster mit schlechterem Wärmeschutz ausgetauscht werden.

Bild 1: Vorgehensweise bei der Berechnung der CO₂-Minderungen: Förderfälle vor der Modernisierung



Tab. 1: Basisdaten der beiden Modellgebäude (Einfamilien- und Mehrfamilienhaus), Auswertung der Energieausweise der Stadtwerke Hannover

Einfamilienhaus				
	Wand	Dach /OGD	Kellerd./Fußb.	Fenster
Bauteilfläche / Wohnfläche (m ² /m ²)	0,98	0,80	0,66	0,22
Anteil gedämmt	32%	53%	6%	22%
U-Wert (W/m ² K)	0,39	0,34	0,32	1,67
Anteil ungedämmt	68%	47%	94%	78%
U-Wert (W/m ² K)	1,22	1,08	0,98	2,97
Mehrfamilienhaus				
	Wand	Dach /OGD	Kellerd./Fußb.	Fenster
Bauteilfläche / Wohnfläche (m ² /m ²)	0,62	0,38	0,33	0,19
Anteil gedämmt	18%	42%	1%	4%
U-Wert (W/m ² K)	0,37	0,34	0,44	1,60
Anteil ungedämmt	82%	58%	99%	96%
U-Wert (W/m ² K)	1,44	1,17	1,07	2,92

Die Bauteilflächen der Modellgebäude sind noch nicht in Absolutwerten angegeben, sondern auf die Wohnfläche bezogen. Die Wohnfläche pro Einfamilienhaus konnte aus den vereinfachten proKlima-Datensätzen ermittelt werden, die bei dieser Fragestellung ja mit Blick auf die Repräsentativität der Daten bevorzugt ausgewertet wurden. Es ergaben sich demnach Werte von 163 m² für ein durchschnittliches gefördertes Einfamilienhaus und 620 m² für ein Mehrfamilienhaus⁵.

Ebenfalls aus den proKlima-Daten ergab sich, dass sich die Anzahl der geförderten Gebäude etwa je zur Hälfte auf Ein- und Mehrfamilienhäuser aufteilt (49 % EFH, 51 % MFH)⁶. Bei der geförderten Wohnfläche hat demnach der Bereich der Mehrfamilienhäuser den größeren Anteil.

3.1.2 Wärmeversorgungssystem

Bei der Wärmeversorgung wurde eine getrennte Auswertung nach Ein- und Mehrfamilienhäusern sowie Energieträgern durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tab. 2 dargestellt. Fälle mit brennstoffbetriebenen Öfen traten in der Stichprobe der Stadtwerke Hannover nicht auf und sind daher nicht berücksichtigt. Elektrische Energie als Heizenergieträger kam in 4 Fällen vor, es handelte sich dabei immer um elektrische Direktheizung (d.h. keine Wärmepumpe).

⁵ Zum Beispiel errechnet sich somit die Gesamt-Wandfläche des Modell-Einfamilienhauses zu $0,98 \times 163 \text{ m}^2 = 160 \text{ m}^2$.

Aus den Datensätzen der Stadtwerke Hannover hätte sich beim Einfamilienhaus eine mittlere Wohnfläche von 166 m², beim Mehrfamilienhaus von 941 m² ergeben. Während die Übereinstimmung beim Einfamilienhaus also sehr gut ist, liegen in den Stadtwerke-Daten bei den Mehrfamilienhäusern eher größere Gebäude vor. Da größere Gebäude in der Tendenz ein geringeres Oberfläche-Volumen-Verhältnis aufweisen, ist hier davon auszugehen, dass die verwendeten Kennwerte der Bauteilflächen pro Wohnfläche (insbesondere bei Dach und Kellerdecke) etwas zu niedrig angesetzt wurden. Bei der Abschätzung der durch Dämmung erreichbaren CO₂-Minderung liegt man in diesem Punkt also eher auf der sicheren Seite.

⁶ In den Datensätzen der Stadtwerke Hannover waren dagegen nur knapp 40 % (103 von 261) Einfamilienhäuser vertreten.

Tab. 2: Basisdaten der Heizsysteme mit Energieträgern Öl bzw. Gas in Abhängigkeit vom Baujahr, Auswertung der Energieausweise der Stadtwerke Hannover

Energieträger	Ein-/Zweifamilienhaus		Mehrfamilienhaus		
	Gas	Öl	Gas-Zentralh.	Gas-Etagenh.	Öl
Konstanttemperaturkessel					
bis 1986	17,8%	21,4%	0,9%	8,1%	14,3%
1987-1994	15,1%	7,1%	1,8%	33,3%	7,1%
ab 1995	8,2%	0,0%	4,5%	20,7%	7,1%
Niedertemperaturkessel					
bis 1986	4,1%	7,1%	0,9%	0,9%	7,1%
1987-1994	17,8%	28,6%	7,2%	0,9%	14,3%
ab 1995	8,2%	35,7%	8,1%	1,8%	50,0%
Brennwertkessel					
bis 1986	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
1987-1994	5,5%	0,0%	2,7%	0,0%	0,0%
ab 1995	23,3%	0,0%	8,1%	0,0%	0,0%
Summe	100,0%	100,0%	Gas ges.:	100,0%	100,0%
Anzahl der Fälle (=100%)	73	14	Gas ges.:	111	14

Die Häufigkeit der Energieträger wurde wie bereits beschrieben nicht aus den Daten der Stadtwerke, sondern aus der Stichprobe der vereinfachten proKlima-Datensätze ermittelt. Hier ergab sich folgendes Bild:

Tab. 3: Häufigkeit der Energieträger zur Heizwärmeerzeugung, Auswertung der Energieausweise von proKlima (vereinfachte Datensätze)

	EFH	MFH
Gas	87,2%	76,9%
Öl	7,2%	13,8%
Fernwärme	0,8%	6,2%
Strom	4,8%	3,1%
Summe	100,0%	100,0%
Anzahl (= 100 %)	125	129

Aus beiden Ergebnissen zusammen, d.h. der Verteilung der Energieträger nach Tab. 2 und den detaillierten Ergebnissen für Öl- und Gasheizungen nach Tab. 3 ergibt sich die Beheizungsstruktur der Modellgebäude vor der Modernisierung⁷.

Bei der Untersuchung der Warmwasserversorgung wurden die differenzierten Daten der Stadtwerke Hannover ausgewertet. Hier ergibt sich grob folgendes Bild: In etwa 70 % der Fälle erfolgt die Warmwassererzeugung durch dasselbe Gerät, das auch die Heizwärme bereitstellt, und zwar sowohl bei Ein- als auch bei Mehrfamilienhäusern. In den verbleibenden 30 % der Fälle teilt sich die Warmwasserbereitung bei Einfamilienhäusern ungefähr zur Hälfte auf Gasgeräte und elektrische Geräte auf (Anteil insgesamt also je 15 %). Bei Mehrfamilienhäusern betragen die Anteile der Energieträger bei der separaten Warmwasserbereitung etwa 10 % für Gas und 20 % für Strom.

⁷ Diese wird hier nicht im Detail angegeben. Beispielsweise liegt im Einfamilienhaus der Anteil der Gasheizungen mit einem Niedertemperaturkessel (Baujahr 1987 – 1994) bei insgesamt 0,872 (Anteil Gas) x 0,178 (Anteil dieses Kessels) = 0,155, also bei ca. 16 % (bezogen auf alle geförderten Einfamilienhäuser).

3.1.3 Berechnung der CO₂-Emissionen vor der Modernisierung

Auf Grundlage der in den vorherigen Abschnitten abgeleiteten Modellgebäude und Wärmeversorgungsstruktur konnten die CO₂-Emissionen für die Heizung und Warmwasserbereitung der im Programm proKlima-Altbau geförderten Gebäude vor Durchführung der Maßnahmen berechnet werden.

Bei der Berechnung kam folgendes Verfahren zur Anwendung:

- Heizwärmebedarf: Berechnung mit der Software „EnEV-XL“ des IWU. Hier wurden für die Berechnung die Randbedingungen nach dem hessischen Energiepass Heizung/Warmwasser gewählt [EPHW 1997]. Dabei wird z.B. berücksichtigt, dass Raumtemperaturen in gut gedämmten Gebäuden höher liegen als vor der Modernisierung. Die Energieeinsparung wird also gegenüber anderen Verfahren (z.B. nach EnEV / Energiepass) etwas vorsichtiger abgeschätzt. Der gewählte Ansatz trägt der Erfahrung Rechnung, dass durch gebräuchliche Berechnungsverfahren der Energieverbrauch insbesondere nicht modernisierter Gebäude tendenziell überschätzt wird [Knissel et al. 2006], [Gruber et al. 2005]
- Die Aufwandszahlen der Wärmeerzeugung wurden weitgehend gemäß [Loga et al. 2005] angesetzt. Hinsichtlich der Wärmeverteilverluste wurden vereinfachende Abschätzungen getroffen.
- Es wurden die CO₂-Äquivalent-Emissionen inklusive Vorketten (Bereitstellung und Umwandlung der Energieträger) ermittelt.

Die Berechnung führte zu folgenden Ergebnissen:

Tab. 4: Heizwärmebedarf und CO₂-Emissionen (für Heizung und Warmwasser) der Mustergebäude vor der Modernisierung

	EFH	MFH
	pro m ² Wfl.	pro m ² Wfl.
Heizwärmebedarf (kWh/m ² a)	205	142
CO ₂ -Emissionen (kg/m ² a)	82	56

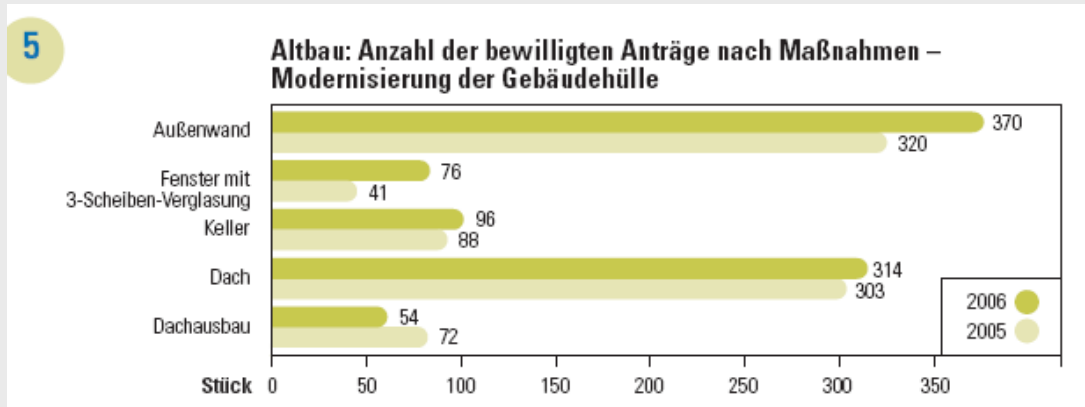
Zum Vergleich wurden auch die vereinfachten proKlima-Datensätze hinsichtlich der CO₂-Emissionen ausgewertet: Diese Werte waren dort ja bereits enthalten (berechnet entsprechend den Regeln des dena-Energiepass-Feldversuchs [AHEP 2004]). Es ergaben sich für Einfamilienhäuser 85 kg CO₂/m²a und für Mehrfamilienhäuser 54 kg CO₂/m²a. Zwar stimmen die Zahlenwerte fast überein, die Angaben in den Energiepässen beziehen sich jedoch – anders als die Zahlen in der Tabelle – nicht auf die Wohnfläche sondern auf die „Gebäudenutzfläche“ A_N nach EnEV. Grob geschätzt ist die Wohnfläche durchschnittlich etwa 20 % niedriger als A_N [Diefenbach et al. 2005], so dass also die tabellierten, hier verwendeten Berechnungsergebnisse um ca. 20 % niedriger liegen als die Ergebnisse der Energiepässe. An dieser Stelle zeigt sich offenbar, dass wie gesagt ein eher vorsichtiger Ansatz für die CO₂-Emissionen nicht modernisierter Gebäude gewählt wurde.

3.2 Energiesparmaßnahmen und CO₂-Minderungen

3.2.1 Förderstatistik proKlima-Altbau

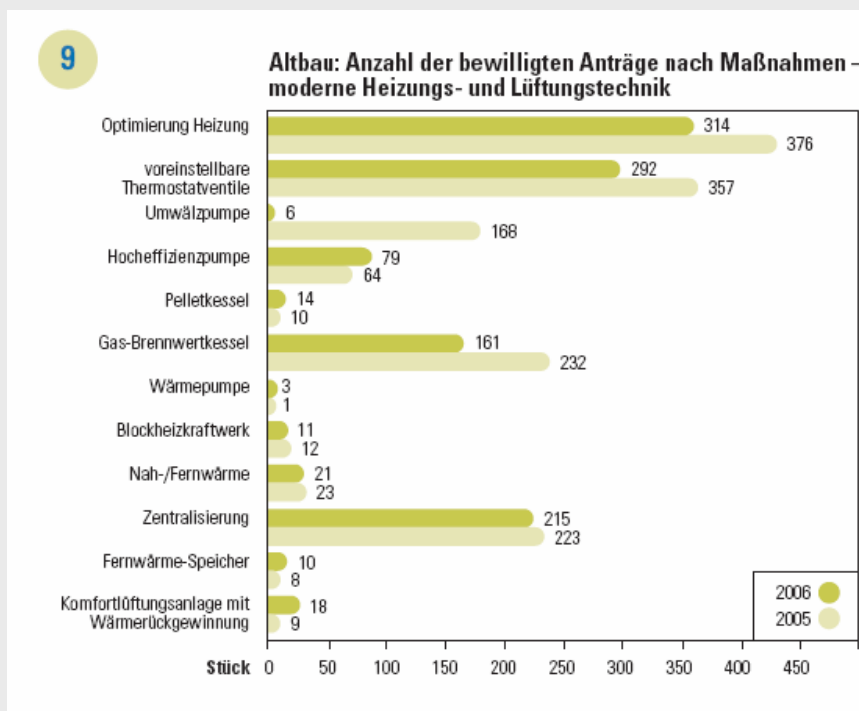
Aus dem Jahresbericht 2006 des Förderprogramms lassen sich die in den folgenden Abbildungen dargestellten Angaben über die Anzahl von Energiesparmaßnahmen entnehmen.

Bild 2: Geförderte Wärmeschutzmaßnahmen im Programm proKlima-Altbau [proKlima 2006]



Eine Förderung von Wärmeschutzmaßnahmen erfolgte nur dann, wenn besondere Qualitätsstandards eingehalten wurden. Bei der Außenwanddämmung mussten mindestens 14 cm Dämmstoffdicke erreicht werden⁸. Bei der Dämmung von Dach und Obergeschossdecke mussten in der Regel mindestens 20 cm, bei der Dämmung von Kellerdecke bzw. Erdgeschossfußboden 8 – 10 cm eingehalten werden.

Bild 3: Im Programm proKlima Altbau geförderte Maßnahmen bei der Wärmeversorgung [proKlima 2006]



Hinsichtlich der Fördermaßnahme „Zentralisierung“ wurden die Angaben im Jahresbericht durch proKlima noch konkretisiert: Die Auswertung der Förderfälle ergab, dass von der Gesamtzahl der

⁸ Die Dämmstoffstärke bezieht sich auf eine Wärmeleitfähigkeit des Dämmstoffs von 0,04 W/mK. Ab 20 cm galten erhöhte Fördersätze, die von rund 10 % (2006) bzw. 5 % (2005) der Förderfälle mit Wanddämmung in Anspruch genommen wurden. Seit 2007 werden nur noch erhöhte Dämmstandards gefördert, z. B. Außenwanddämmungen ab 20 cm Dämmstoffdicke.

geförderten Zentralisierungsmaßnahmen beim Einfamilienhaus etwa 30 % und beim Mehrfamilienhaus etwa 40 % die Heizung, der Rest jeweils die Warmwasserversorgung betrafen⁹.

3.2.2 Berechnung der CO₂-Minderungen

Auf Grundlage der Typgebäude und Beheizungsstruktur im nicht modernisierten Zustand und der Förderstatistik wurden die Energiebedarfswerte und CO₂-Emissionen nach der Modernisierung ermittelt. Durch Vergleich mit den Werten vor der Modernisierung konnten so auch die CO₂-Emissionsminderungen ausgerechnet werden.

Dabei ist zu beachten, dass es sich hier um die CO₂-Minderungen der geförderten Maßnahmen handelt. Die Effekte des Förderprogramms selbst können dagegen nicht bestimmt werden. So kann man davon ausgehen, dass manche Maßnahmen wahrscheinlich auch ohne Förderung durchgeführt worden wären. Andererseits sind die CO₂-Minderungseffekte der – ebenfalls geförderten – Beratungsleistungen und Qualitätssicherung nicht mit eingerechnet. Ganz wesentlich ist auch, dass ein Förderprogramm auch eine „Ausstrahlungswirkung“ über die unmittelbar geförderten Fälle hinaus erreichen kann (s. a. [Diefenbach et al. 2005]). Bei proKlima-Altbau ist dies in besonderem Maße der Fall, da vor allem bei der Wärmedämmung nur sehr weitgehende Maßnahmen (z.B. große Dämmstoffdicken) förderfähig sind. Auf diese Weise werden hohe energetische Qualitätsstandards in den Markt eingeführt. Auch diese Effekte können hier nicht quantifiziert werden.

Bei der Berechnung der CO₂-Minderungen mussten Vereinfachungen gemacht werden. Insbesondere war es hier von Nachteil, dass keine direkte Zuordnung der durchgeführten Maßnahmen zu den jeweiligen Gebäuden möglich war. Es war also z. B. nicht möglich nachzuvollziehen, ob ein Energieträgerwechsel stattfand bzw. in welchem Umfang Maßnahmenpakete realisiert wurden (z.B. gleichzeitige Durchführung mehrerer Wärmeschutzmaßnahmen, womöglich bei gleichzeitiger Erneuerung der Heizung). Die Berechnungsergebnisse können hiervon gegebenenfalls deutlich abhängen. Für zukünftige Auswertungen sollte dieser Nachteil durch eine bessere Verknüpfung der Daten möglichst vermieden werden (s. Konzepte in Kapitel 4).

Vor diesem Hintergrund wurden folgende Annahmen getroffen: Die Häufigkeit der geförderten Wärmeschutzmaßnahmen (pro Gesamtzahl der Förderfälle) wurde als Flächenanteil der jeweils gedämmten Bauteilfläche in den Modellgebäuden angesetzt¹⁰. Es wurde davon ausgegangen, dass solche Bauteile mit einem Wärmeschutz versehen wurden, die nicht bereits vor der Modernisierung als „gedämmt“ identifiziert wurden (s. Tab. 1) Auf Basis der neuen Modellgebäude mit verbessertem Wärmeschutz wurden die Wärmeversorgungssysteme ausgehend von der ursprünglich vorliegenden Beheizungsstruktur (s.o.) analysiert. Dabei wurde angenommen, dass eine Zentralisierung immer gleichzeitig mit einer Erneuerung der Wärmeerzeugers verbunden ist (Ansatz: Brennwertkessel). Die restlichen neuen Wärmeerzeuger (Weitere Brennwertkessel, Wärmepumpe, BHKW, Pelletkessel, Fernwärme entsprechend ihrer Häufigkeit in der Förderstatistik) wurden so angerechnet, dass die bestehenden Zentralheizungen mit Kessel unabhängig vom Baualter entsprechend ihrem prozentualen Anteil vor der Modernisierung gleichmäßig ersetzt wurden¹¹.

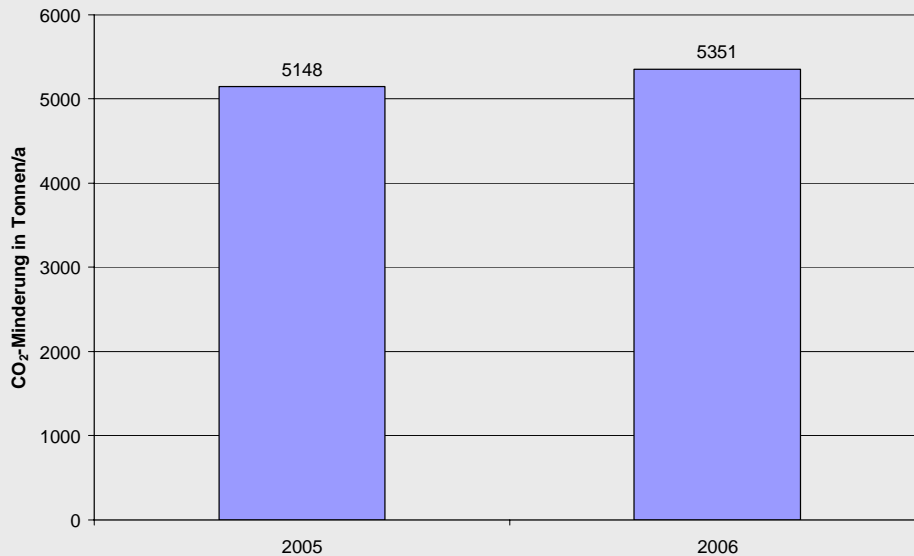
⁹ Fälle, in denen sowohl die Heizung als auch die Warmwasserbereitung zentralisiert wurden, sind in der Statistik doppelt gezählt.

¹⁰ Zum Beispiel wurde im Jahr 2006 in ca. 39 % der Fälle eine Außenwanddämmung gefördert. Daher wurde bei den Modellgebäuden angesetzt, dass 39 % der gesamten Außenwandfläche gedämmt wurde.

¹¹ Weitere Annahmen: Im Fall „Optimierung der Heizung“ wurde in Anlehnung an die Ergebnisse des Forschungsprojekts „Optimus“ [Jagnow et al.] näherungsweise von einer Reduzierung des Heizwärmebedarfs von 7 kWh/m²a und des Hilfsstrombedarfs von 0,3 kWh/m²a ausgegangen. Beim Einbau einer Hocheffizienzpumpe wurde eine Stromeinsparung von 1,2 kWh/m²a angenommen. Als Dämmstoffdicken wurden 15 cm bei der Außenwanddämmung, 20 cm bei der Dach-/Obergeschosdeckendämmung und 9 cm bei der Kellerdeckendämmung angesetzt.

Die Ergebnisse der Auswertungen sind in dem folgenden Diagramm dargestellt. Somit ergaben sich für die Jahre 2005 und 2006 ähnlich große CO₂-Minderungen von ca. 5150 bzw. 5350 Tonnen/a. Gemeint ist damit die Menge der CO₂-Emissionen, die die geförderten Gebäude eines Jahrgangs ab dem Zeitpunkt der Modernisierung in jedem Jahr gegenüber dem Zustand vor der Modernisierung einsparen.

Bild 4: Reduzierung der CO₂-Emissionen durch die im Programm proKlima Altbau geförderten Energiesparmaßnahmen



Die durchschnittlichen Ergebnisse für den Heizwärmebedarf und die CO₂-Emissionen nach der Modernisierung sowie die CO₂-Emissionsminderungen sind in Tab. 5 dargestellt. Es sind entsprechend den Fallzahlen gewichtete Mittelwerte für die Jahre 2005 und 2006 angegeben. Tatsächlich unterschieden sich die flächenbezogenen Werte kaum: Beim Heizwärmebedarf waren die Zahlen fast identisch, bei den CO₂-Einsparungen lagen die Werte 2005 etwa 5 % höher als 2006. Ein Vergleich mit Tab. 4 zeigt, dass sich der Heizwärmebedarf durch die geförderten Energiesparmaßnahmen um 25 % (Einfamilienhäuser) bzw. 23 % (Mehrfamilienhäuser) verringert. Die relative CO₂-Emissionsminderung beträgt 29 % (EFH) bzw. 22 % (MFH).

Tab. 5: Heizwärmebedarf und CO₂-Emissionen nach der Modernisierung sowie CO₂-Minderung (Durchschnittswerte 2005/2006 pro m² Wohnfläche)

	EFH pro m ² Wfl.	MFH pro m ² Wfl.
Heizwärmebedarf (kWh/m ² a)	153	110
CO ₂ -Minderung (kg/m ² a)	24	12
CO ₂ -Emissionen (kg/m ² a)	58	44

4 Konzepte für ein kontinuierliches Monitoring

In diesem Kapitel werden Konzepte für die Weiterentwicklung der im Rahmen des Modellprojekts durchgeführten Analysemethoden zur Abschätzung der CO₂-Einsparungen vorgestellt. Dabei stehen zwei Ziele im Vordergrund:

- Die Datengrundlage für die Berechnung der CO₂-Minderungen sollte nach Möglichkeit verbessert werden. Hierfür gibt es vor allem zwei Ansatzpunkte:
 - Erhebungen aller relevanten Informationen sowohl über den Ausgangszustand als auch über den Zustand nach der Modernisierung (bzw. über die durchgeführten Energiesparmaßnahmen), so dass auch Informationen über Maßnahmenkombinationen oder Energieträgerwechsel vorliegen, die bei der bisherigen Auswertung fehlten.
 - Erhöhte Fallzahlen in der Stichprobe bzw. sogar eine Vollerhebung aller Förderfälle
- Das Verfahren sollte möglichst kostengünstig und einfach, d.h. ohne zu großen Aufwand für proKlima bzw. die Antragsteller durchführbar sein, damit es gegebenenfalls für ein zukünftiges dauerhaftes Monitoring des Förderprogramms geeignet ist.

Es ist offensichtlich, dass die beiden Ziele sich durchaus widersprechen können, es also eventuell darauf ankommt, hier einen gangbaren Mittelweg zu finden bzw. je nach gewünschtem Schwerpunkt unterschiedliche Ansätze zu formulieren. Im Folgenden werden daher verschiedene Lösungswege vorgestellt.

Konzept 1: Sammlung detaillierter Energieausweisdaten über den Zustand der Gebäude sowohl vor als auch nach der Modernisierung

Die Erstellung eines Energiepasses entsprechend dem Schema des dena-Feldversuchs war innerhalb des im Rahmen der vorliegenden Untersuchung ausgewerteten Zeitraums Voraussetzung für die Bezuschussung von Maßnahmen durch proKlima. Mit der Energiepass-Ausstellung jeweils verbunden war die Begehung des Gebäudes durch einen Energieberater und der Vorschlag eines Maßnahmenbündels zur energetischen Modernisierung des Gebäudes. Seitens proKlima sollte durch die Energieberatung erreicht werden, dass die bezuschussten Maßnahmen jeweils in einem größeren Zusammenhang betrachtet werden und eventuelle Synergieeffekte und Effizienzsteigerungspotenziale genutzt werden. Entsprechend wurde auch das Energiepass-Dokument in der Regel vor der Modernisierung erstellt.

In Zukunft könnte es hier möglicherweise eine Verschiebung geben: Durch die neue Energieeinsparverordnung gewinnt der Energieausweis verstärkt den Charakter eines offiziellen Dokuments, das z.B. zukünftigen Kauf- oder Mietinteressenten vorgelegt werden muss.

Für die angestrebte Analyse der CO₂-Emissionsminderungen ist, wie bereits dargestellt, eine möglichst gute Kenntnis des Zustands der untersuchten Gebäude sowohl vor als auch nach der Modernisierung notwendig. Im Idealfall liegen differenzierte Energieausweisdaten für beide Fälle vor.

Die Frage ist, ob eine solche Datensammlung mit vertretbarem Aufwand realisiert werden könnte. Hier sind zwei Aspekte zu beachten:

- Eine Übertragung differenzierter Energieausweisdaten wäre wahrscheinlich nur dann realistisch, wenn in jedem verwendeten Programm eine entsprechende Schnittstelle existiert: Der Anwender müsste also in der Lage sein, auf einfache Weise einen softwareunabhängigen Datensatz zu erzeugen, der dann auf elektronischem Weg an proKlima weitergeleitet würde. Mit der im Projekt DATAMINE entwickelten harmonisierten Datenstruktur ist hier eine wesentliche Grundlage geschaffen. Eine DATAMINE-Schnittstelle wurde im Rahmen des Projekts in dem Programm „Energieausweis Deutschland“ der Software-Firma Bially bereits implementiert. Wichtig wäre es natürlich, dass auch andere Anbieter das DATAMINE-Konzept anwenden. Hier

ist also zunächst abzuwarten, inwieweit sich dieser Ansatz weiter verbreiten wird. Für eine Vollerhebung aller Förderfälle müsste jede verwendete Software mit einer Schnittstelle ausgestattet sein, für eine Stichprobenerhebung würde es aber ausreichen, wenn nur ein Teil der verwendeten Programme entsprechend ausgerüstet wäre.

- Anders als bisher müssten immer doppelte Energieausweis-Daten abgeliefert werden, nämlich über den Zustand vor und nach Durchführung der Energiesparmaßnahmen. Dies muss aber für die Anwender bei weitem keinen doppelten Aufwand bedeuten. Vielmehr ist zu vermuten, dass auch zukünftig im Regelfall die Energieausweiserstellung mit einer Energieberatung verbunden ist. Dies würde bedeuten, dass der Energieberater zumeist ohnehin zunächst den Ursprungszustand erfasst, die Energiebilanz für diesen Fall berechnet und dann die Wirkung der geplanten Modernisierungsmaßnahmen (jeweils mit neuer Energiebilanzberechnung) anschließt. Es sollte in einem solchen Fall ohne weiteres möglich sein, die relevanten Daten beider Fälle zur Verfügung zu stellen¹².

Es ist eine Variante des Konzepts 1 denkbar, die eine deutliche Vereinfachung darstellen würde: Möglicherweise könnten statt der ausführlichen Einzeldatensätze einfach die berechneten CO₂-Emissionen vor und nach der Modernisierung angegeben werden. Allerdings gäbe es hier auch Nachteile: Es wäre zunächst einmal zu sicherzustellen, dass die Kalkulationen auf einer einheitlichen und nachvollziehbaren Grundlage durchgeführt werden (z.B. einheitliche Definition der verwendeten CO₂-Emissionsfaktoren und anderer Berechnungsansätze¹³). Die Durchführung von Plausibilitätstests (Können die angegebenen Einsparerfolge mit den durchgeführten Maßnahmen überhaupt realistisch erreicht werden?) wäre nicht mehr möglich. Daher müssten zumindest Stichprobenkontrollen mit ausführlicheren Datensätzen vorgesehen werden.

Konzept 2: Sammlung von Daten über den Ursprungszustand und über die geförderten Energiesparmaßnahmen

Dieses Konzept verzichtet auf die doppelte Angabe von Energiepassdaten (vorher und nachher) und setzt wie im Modellprojekt an den Ursprungsdaten an. Wenn nun gleichzeitig bekannt ist, welche Energiesparmaßnahmen im Rahmen des Programms beantragt wurden, sind die Voraussetzungen für eine Berechnung der CO₂-Emissionen ebenfalls gegeben¹⁴. Die Daten über die beantragten Maßnahmen sind natürlich bei proKlima vorhanden. Entscheidend wäre aber, dass eine Verbindung zwischen den Energiepassdaten (Ausgangszustand) und dem durchgeführten Maßnahmenpaket stattfinden kann, um so den genannten Nachteil der Auswertungen im Modellprojekt zu beseitigen: Dort konnten ja – da nur auf ein Rückgriff auf die Gesamtstatistik der Fördermaßnahmen möglich war - keine Aussagen über Maßnahmenkombinationen oder Energieträgerwechsel getroffen werden.

¹² Natürlich besteht eventuell die Schwierigkeit, dass der Gebäudeeigentümer – vielleicht mit zeitlichem Abstand zur Energieberatung - für ein anderes Maßnahmenpaket entscheidet, als es vom Energieberater empfohlen und „durchgerechnet“ wurde. Wenn er die tatsächlichen Maßnahmen dann nicht noch einmal nachberechnen ließe, würde er damit aber gleichzeitig auf einen gültigen Energiepass für das modernisierte Gebäude verzichten.

¹³ Siehe hierzu auch den Vergleich der berechneten CO₂-Emissionen mit den Ergebnissen der Energiepässe in Kapitel 3.1.3.

¹⁴ Die Datenlage wäre allerdings nicht ganz so gut wie in Konzept 1, bei dem ja der komplette Datensatz für den „Fall nachher“ vorhanden wäre. Zum Beispiel kann man in Konzept 2 bei einer Teil-Wärmedämmung der Außenwandfläche die Energieeinsparungen nicht exakt ausrechnen, wenn bereits vor der Modernisierung zwei Wandtypen mit unterschiedlichen U-Werten vorliegen und nur bekannt ist, wieviel Wandfläche insgesamt gedämmt wurde.

Es ist noch zu ergänzen, dass auch im Konzept 1 ein Abgleich mit den im Rahmen von proKlima geförderten Maßnahmen notwendig ist, damit beim Vorher-Nachher-Vergleich nur die Maßnahmen berücksichtigt werden, die im Zusammenhang mit proKlima durchgeführt wurden.

Im Vergleich zu Konzept 1 wäre also insgesamt – bei leichten Abstrichen bei der Berechnungsgenauigkeit – eine Vereinfachung für die Antragsteller gegeben. Als Voraussetzung müsste allerdings auch hier eine DATAMINE-Schnittstelle für alle Energieausweis-Programme (bei Vollerhebung) oder eine ausreichende Anzahl (bei Stichprobenerhebung) von vorhanden sein. Wichtig wäre außerdem, dass weiterhin von den Gebäudeeigentümern Energieausweisdaten über den Zustand vor Durchführung der geförderten Energiesparmaßnahmen geliefert werden.

Konzept 3: Verbesserung des Ansatzes aus dem Modellprojekt

Aufbauend auf den Ergebnissen der in den vorangegangenen Kapiteln dokumentierten Untersuchungen könnte man zukünftig folgendermaßen vorgehen:

- Rückgriff auf die bereits definierten Modellgebäude und Heizsystem-Typen. In regelmäßigen Abständen (nach einigen Jahren): Aktualisierung auf Basis einer Stichprobe mit detaillierten Energiepass-Daten (vergleichbar den ausgewerteten Datensätzen der Stadtwerke Hannover, in Zukunft auch von anderen Ausstellern mit Hilfe der schon vorhandenen DATAMINE-Schnittstellen).
- Fortführung des Sammelns von vereinfachten Energieausweis-Daten (möglichst flächendeckend für alle Förderfälle), so dass diese wie im Modellprojekt aktuell für jedes Förderjahr ausgewertet können (Häufigkeit der Typgebäude und Heizsysteme im Förderprogramm).
- Verknüpfung der Energieausweis-Daten (Ursprungszustand) mit den durchgeführten Energiesparmaßnahmen im Rahmen des Programms „proKlima-Altbau“ (wie in Konzept 2), damit die für eine verlässliche Berechnung der CO₂-Minderungen notwendige Zuordnung von Gebäude und Maßnahmenpaketen stattfinden kann.

Gegenüber Konzept 2 besteht die wesentliche Vereinfachung darin, dass die kontinuierliche (möglichst flächendeckende) Sammlung von Energieausweis-Daten nur die vereinfachten Datensätze betrifft, die bisher verwendet wurden. Notfalls sind weiterhin nur die Art des Gebäudes (Einfamilien-/Mehrfamilienhaus), der Energieträger und die Wohnfläche als Eingabedaten erforderlich. Die weiteren Details werden mit Hilfe der Typ-Gebäude und –Heizsysteme beschrieben. Die entscheidende Weiterentwicklung gegenüber dem Modellprojekt besteht in der Verknüpfung dieser Daten mit den geförderten Energiesparmaßnahmen in jedem Einzelfall. Für eine praktikable Anwendung dieses Systems wäre die Programmierung einer entsprechenden automatischen Auswertung in der proKlima-Datenbank notwendig. Die Voraussetzungen und der Aufwand einer solchen Maßnahme wären natürlich noch näher zu untersuchen.

Konzept 4: Ausfüllen eines Fragebogens durch die Antragsteller

Die bisherigen Konzepte waren an die Bedingung geknüpft, dass eine Lieferung von Energieausweis-Daten durch die Antragsteller erfolgt. Solange wie im Rahmen von „proKlima-Altbau“ tatsächlich weiterhin eine direkte Verknüpfung zwischen der Förderung von Energiesparmaßnahmen und der Energiepasserstellung besteht, sind derartige Ansätze zukünftig durchführbar.

Interessant sind aber natürlich auch Konzepte für den Fall, dass sich die Voraussetzungen zukünftig ändern sowie die Frage der Übertragbarkeit von Monitoringkonzepten auf andere Anwendungsfälle (auch ohne Einbeziehung des Energieausweises). In diesem Fall bietet sich eine direkte Befragung der Fördermittelempfänger an. Denkbar wäre z.B., dass gemeinsam mit der Antragstellung ein Fragebogen ausgefüllt wird, der über den gegenwärtigen (noch nicht modernisierten) Zustand des Gebäudes Auskunft gibt. Die Fragebögen könnten gesammelt und von einem proKlima-Mitarbeiter gemeinsam mit den ohnehin erfassten Daten in eine Datenbank eingegeben werden. Alternativ bietet sich zur Arbeitserleichterung evtl. ein Einscannen im Rahmen der Anwendung einer Auswerte-Software an¹⁵. Es ergäbe sich der Vorteil, dass die Gebäudedaten und die durchgeführten Maßnahmen sozusagen in einem Schritt abgefragt werden könnten, also anders als in

¹⁵ Dies ist ein übliches und kostengünstiges Verfahren bei der Durchführung schriftlicher Befragungen.

den vorgenannten Konzepten nicht eine Verknüpfung unterschiedlicher Datensätze notwendig wäre.

Die Abfrage der Daten zu Gebäude und Heizsystem stellt für den Antragsteller keinen besonderen Aufwand dar. Ein entsprechender Fragebogen wurde (inklusive eines Modells zur Auswertung mit Berechnung des Energiebedarfs und der CO₂-Emissionen) vom IWU entwickelt und in verschiedenen Projekten erprobt. Eine Variante ist in Bild 5 dargestellt. Natürlich können der Fragebogen und das Auswerteverfahren jeweils an die konkrete Aufgabenstellung angepasst werden¹⁶.

Vor diesem Hintergrund könnte diese vierte Variante auch bei Weiterführung des Energiepass-Konzepts in Hannover möglicherweise eine praktikable Option darstellen.

Bild 5: Fragebogen zur Erhebung von Basisdaten über den energetischen Zustand des Gebäudes im „Kurzverfahren Energieprofil“ des IWU [Loga et al. 2005]

1 Gebäude
 Hauptstraße 12
 12345 Musterstadt

2 Eigentümer Anton Jedermann
 Hauptstraße 12
 12345 Musterstadt

3 Anzahl Vollgeschosse 4
 Anzahl Wohnungen 10
 4 beheizte Wohnfläche 1.000 m²

5 Baujahr 1934

6 lichte Raumhöhe (ca.) 2,50

7 direkt angrenzende Nachbargebäude
 keins (freistehend)
 auf einer Seite
 auf zwei Seiten

8 Grundriss
 kompakt
 langgestreckt oder gewinkelt oder komplex

9 Dach
 Flachdach oder flach geneigtes Dach
 Dachgeschoss unbeheizt
 Dachgeschoss teilweise beheizt
 Dachgeschoss voll beheizt
 Dachgauben oder andere Dachaufbauten vorhanden

10 Keller
 nicht unterkellert
 Kellergeschoss unbeheizt
 Kellergeschoss teilweise beheizt
 Kellergeschoss voll beheizt

11 Konstruktionsart und nachträgliche Dämmung

Konstruktionsart	nachträglich aufgebrachte Dämmung
massiv	Dach (wenn Dachgeschoss beheizt) <input type="checkbox"/> cm auf <input type="checkbox"/> % der Fläche
Holz	oberste Geschossdecke (wenn Dachgeschoss nicht beheizt) <input checked="" type="checkbox"/> cm auf <input type="checkbox"/> % der Fläche
	Außenwände <input checked="" type="checkbox"/> cm auf <input type="checkbox"/> % der Fläche
	Fußboden zum Keller oder Erdreich <input checked="" type="checkbox"/> cm auf <input type="checkbox"/> % der Fläche

12 Fenster
 Jahr des Fenstereinbaus (ca.) 1980
 Holzfenster, einfach verglast
 Holzfenster, zwei Scheiben (Isolierverglasung, Kastenfenster, Verbundfenster)
 Kunststofffenster, Isolierverglasung
 Alu- oder Stahlfenster, Isolierverglasung

Zentralheizung

Kessel oder Therme
 Brennstoff
 Erdgas / Flüssiggas
 Heizöl
 Scheitholz / Pellets
 Baujahr
 bis 1986
 1987-1994
 ab 1995
 bei Gas- oder Ölkessel
 Kesseltemperatur konstant gleitend
 mit Brennwertnutzung
 Wärmeverteilung
 Baualter / Dämmstandard
 50er bis 70er Jahre
 nachträgl. gedämmt
 80er und 90er Jahre
 gedämmt nach EnEV

Elektrospeicher / Elektro-Wärmepumpe
 Wärmeverzeugung
 nur EL-Wärmepumpe
 EL-Wärmep. mit Heizstab
 EL-Wärmep. + Kessel
 nur Elektro-Heizstab
 Wärmequelle EL-WP.
 Außenluft
 Erdreich/Grundw.
 Baujahr EL-WP.
 bis 1994 ab 1995

Fern-/Nahwärme
 Wärmeverzeugung
 Kessel / Heizwerk
 Heizkraftwerk / BHKW
 Anteil Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung > 50%

Wohnungsweise Beheizung
 Gas-Etagenheizung (Umlaufwasserheizung)
 mit Brennwertnutzung
 Einbau
 bis 1994 ab 1995

Raumweise Beheizung
 Einzelöfen
 Gasraumheizgeräte
 Elektroheizgeräte oder Elektro-Nachtspeicherheizung
 Brennstoff für Einzelöfen
 Heizöl Kohle Holz

Warmwasserbereitung
 kombiniert mit Zentralheizung (s.o.)
 zentraler Gas-Speicherwassererwärmer
 zentraler Elektro-Speicher
 Kellerluft-/Abluft-Wärmepumpe
 Gas-Etagenheizung (s.o.)
 Gas-Durchlauferhitzer
 Elektro-Durchlauferhitzer
 Elektro-Speicher / -Kleinspeicher
 zentrale Warmwasserbereitung
 mit Warmwasserzirkulation
 mit thermischer Solaranlage
 Baualter / Dämmstandard Wärmeverteilung
 50er bis 70er Jahre 80er & 90er Jahre
 nachträgl. gedämmt EnEV
 Einbau Speicher bzw. Durchlauferhitzer
 bis 1994 ab 1995

Energieverbrauch gemäß letzter Abrechnung des Versorgers

Liter Heizöl
 m³ Erdgas oder 200.000 kWh Erdgas
 Liter Flüssiggas Verbrauchswert für
 kWh Fernwärme Heizung (ohne Warmwasser) Heizung und Warmwasser
 kWh Strom im Jahr 2003
 Raumwärme Holz
 Schüttkubikmeter Kohle

¹⁶ Zum Beispiel könnte hier die Frage nach dem gemessenen Energieverbrauch entfallen.

5 Auswertung der von den Stadtwerken Hannover ausgestellten Energiepässe (ausführliche Datensätze)

In diesem Kapitel wird eine differenzierte Analyse des Zustands der Gebäude und Heizsysteme vor der Modernisierung durchgeführt. Dazu wurden die ausführlichen Datensätze der Stadtwerke Hannover ausgewertet. Die Analysen sollen einen detaillierteren Einblick in den Ausgangszustand der Förderfälle in Hannover geben und auch verdeutlichen, dass es – neben der bisher behandelten Ermittlung der CO₂-Minderungen – noch viele weitere Fragestellungen und Informationen gibt, die aus Sicht eines Monitorings des Gebäudebestandes von Interesse sind und durch eine Auswertung von Energieausweis-Daten untersucht werden können.

Grundlage der Auswertungen waren 261 Projekt-Datensätze der Energiepass-Software Bially. Über eine im Rahmen des DATAMINE-Projekts programmierte Schnittstelle wurden diese Daten im DATAMINE-Format exportiert. Für die Analyse der Daten wurde das DATAMINE Analysis Tool, eine durch das IWU erstellte Excel-Anwendung verwendet.

In den Diagrammen findet sich unten links jeweils eine Angabe, welche DATAMINE-Variable ausgewertet wurde. Die Liste der DATAMINE-Variablen findet sich in [Loga / Diefenbach 2006] bzw. unter www.meteo.noa.gr/datamine. Ist der in den Diagrammen angegebene Variablen-Name mit einem Stern markiert, dann wurden die entsprechenden Werte aus mehreren DATAMINE-Variablen berechnet. Die Formel für die Berechnung findet sich im Anhang der vorliegenden Untersuchung.

5.1 Allgemeine Angaben zum Gebäude

In Bild 6 ist die Größenverteilung der 261 untersuchten Gebäude angegeben. Aufgetragen ist die Anzahl der Gebäude für verschiedene Größenklassen (Intervalle für die Energiebezugsfläche¹⁷). Mehr als die Hälfte der Gebäude sind kleinere und mittlere Mehrfamilienhäuser, ein Viertel sind Einfamilienhäuser, der Rest große Mehrfamilienhäuser mit mehr als 1000 m² Wohnfläche.

Bild 7 zeigt die Häufigkeit nach Baualterklassen. Der weitaus größte Teil der Gebäude sind Nachkriegsbauten. Auffällig ist, dass auch eine kleinere Zahl Gebäude enthalten sind, die nach 1980 errichtet wurden – also nach Einführung der Energieeinsparverordnung – und damit noch nicht einmal 25 Jahre alt waren. Vermutlich lag der Schwerpunkt der anvisierten Maßnahmen bei diesen Gebäuden im anlagentechnischen Bereich.

¹⁷ Für den internationalen Vergleich wurde als Energiebezugsfläche (reference area $A_{c,ref}$) die Netto-Grundfläche des Gebäudes gewählt. Diese wurde im Fall der Analyse der proKlima-Daten vereinfacht aus der Wohnfläche bestimmt: $A_{c,ref} = 1,1 \times \text{Wohnfläche}$

Bild 6: Häufigkeitsverteilung nach Gebäudegröße (Wohnfläche)

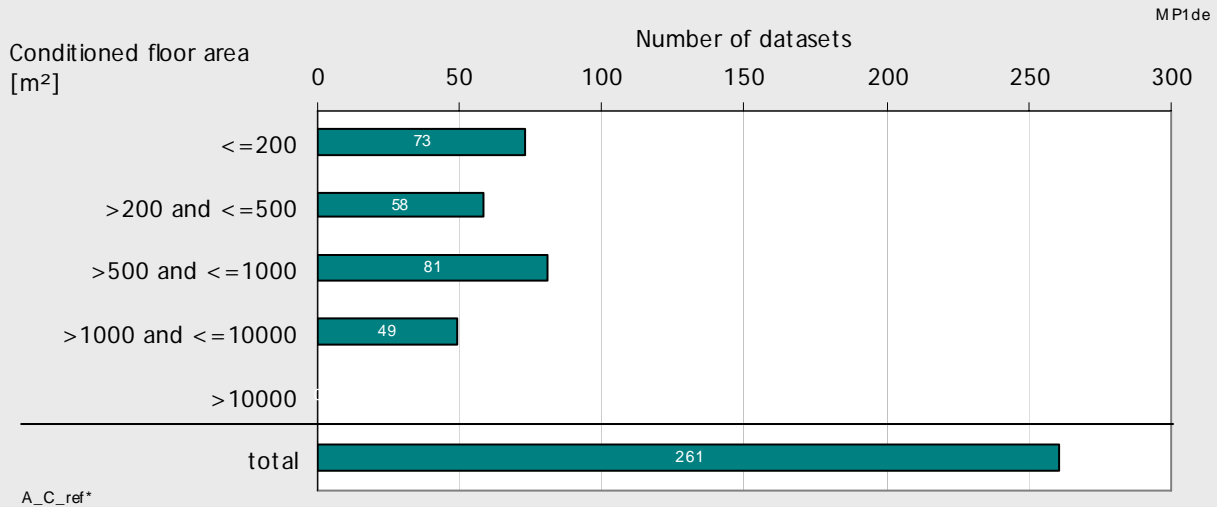
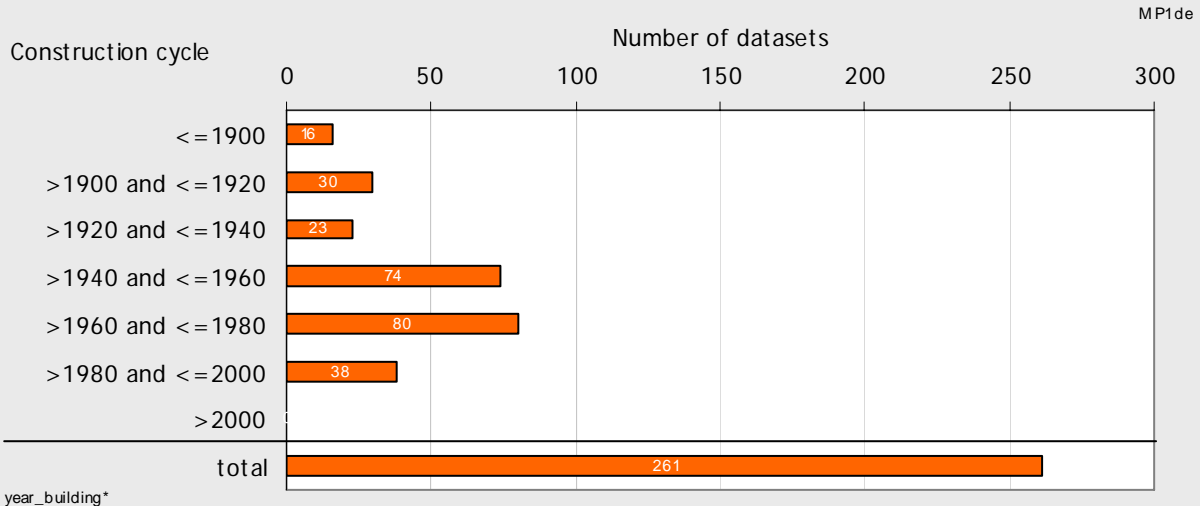


Bild 7: Häufigkeit der Gebäude nach Baujahren



5.2 Wärmeschutz und Heizwärmebedarf

5.2.1 Mittlere U-Werte

Die mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile (U-Werte, in $W/(m^2K)$) wurden bereits für die Erstellung der Modellgebäude separat für Einfamilien- und Mehrfamilienhäuser ausgewertet. In den folgenden Abbildungen findet sich eine Übersicht gemäß dem Baualter. Die Darstellung beginnt in Bild 8 mit dem spezifischen Transmissionswärmeverlust gemäß EnEV, der „eine Art“ mittlerer U-Wert der gesamten Gebäudehülle darstellt¹⁸. Deutlich wird, dass der Wärmeschutz der Hüllfläche stark von der Baualtersklasse abhängt: Die nach 1980 errichteten Gebäude besitzen nur noch halb so große Transmissionswärmeverluste wie die Vorkriegsbauten. Der Unterschied ist bei

¹⁸ In H_T sind, anders als im mittleren U-Wert der Gebäudehülle, bereits Abminderungsfaktoren für reduzierte Wärmeverluste, z.B. gegen das Erdreich, sowie Wärmebrückeneffekte berücksichtigt sind.

den Außenwänden sogar noch größer (Bild 9). Demgegenüber ist der Wärmeschutz der Fenster nahezu unabhängig von der Baualterklasse des Gebäudes (Bild 10). Ursache hierfür ist sicherlich, die Tatsache, dass insbesondere einfach verglaste Fenster in der Vergangenheit schon ausgetauscht wurden. Bei den Dächern und Kellerdecken liegen die Unterschied zwischen älteren und neueren Gebäuden etwa bei einem Faktor 2 (Bild 11, Bild 12).

Bild 8: Spezifischer Wärmeverlustkoeffizient H_T' in Abhängigkeit vom Gebäude-Baualter

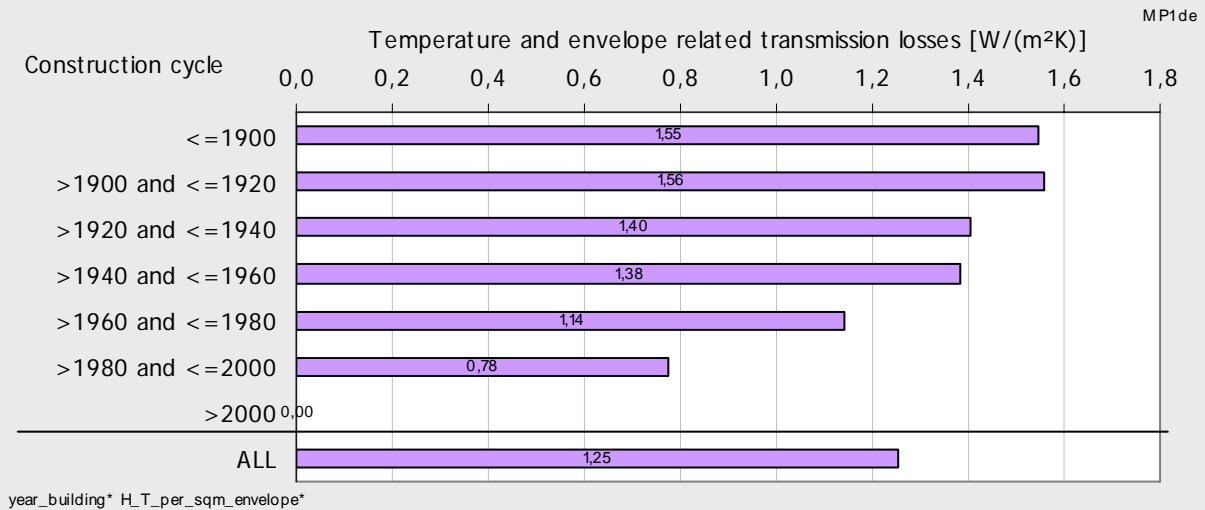


Bild 9: Mittlerer U-Wert der Außenwände in Abhängigkeit vom Gebäude-Baualter

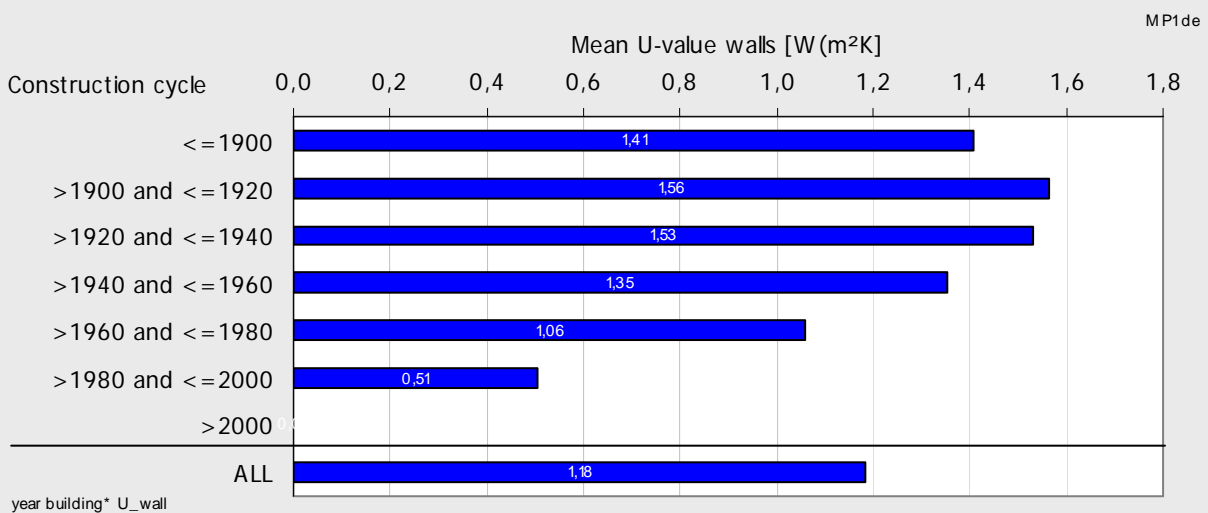


Bild 10: Mittlerer U-Wert der Fenster in Abhängigkeit vom Gebäude-Baualter

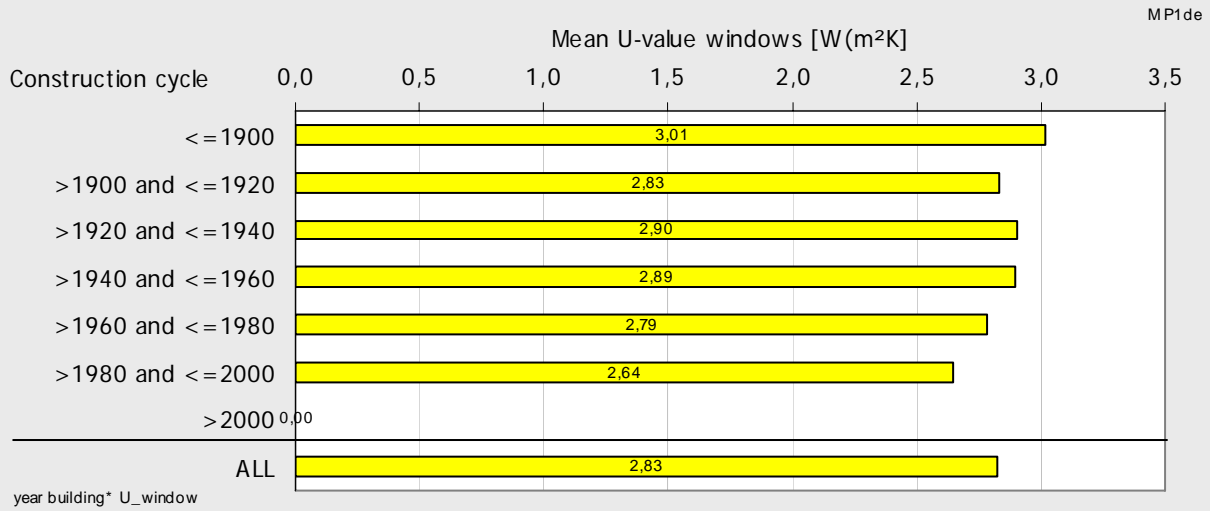


Bild 11: Mittlerer U-Wert der Dächer bzw. Obergeschossdecken in Abhängigkeit vom Gebäude-Baualter

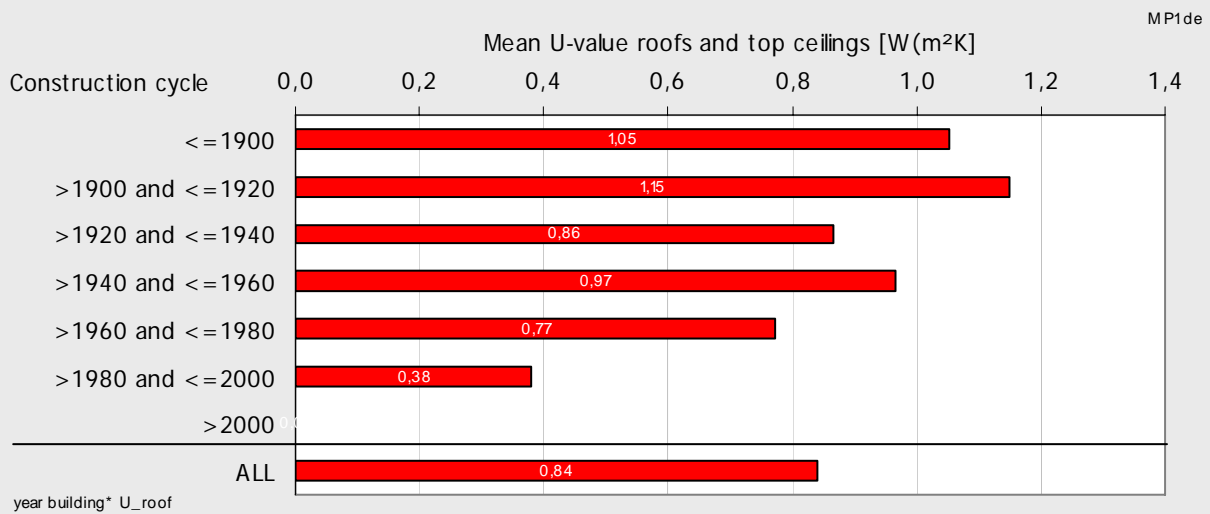
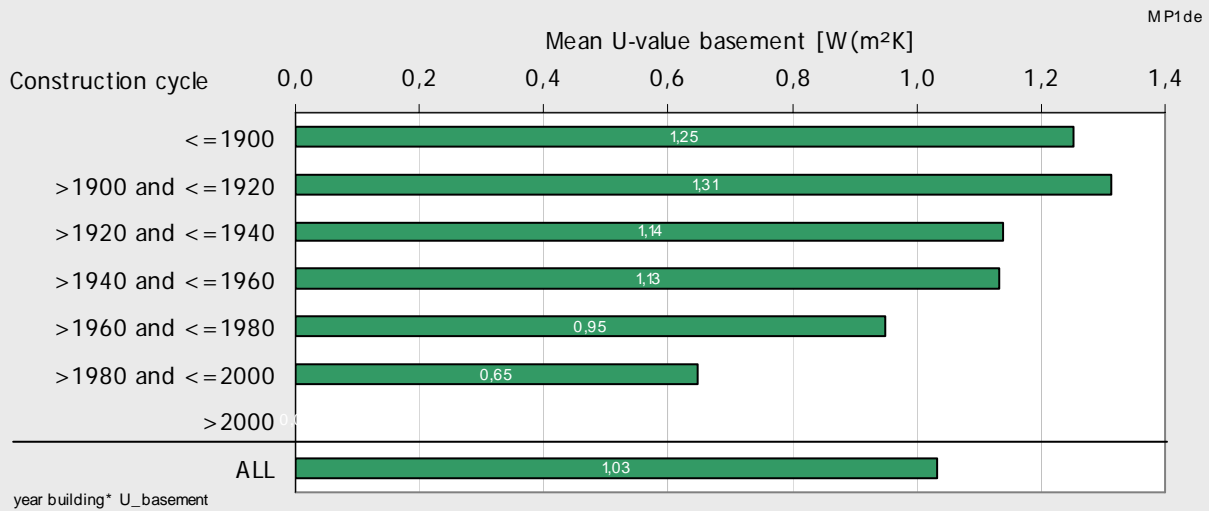


Bild 12: Mittlerer U-Wert der Kellerdecken bzw. Erdgeschossfußböden in Abhängigkeit vom Gebäude-Baualter



5.2.2 Spektrum der U-Werte

Bisher konnte noch keine Aussage darüber getroffen werden, welcher Anteil der vorhandenen Bauteile bereits nachträglich gedämmt wurde, da ja jeweils nur der mittlere U-Wert der jeweiligen Gebäude-Baualterklasse etwas reduziert wird. Durch Zuordnung der vorhandenen Bauteilflächen zu jeweils definierten U-Wert-Klassen kann das U-Wert-Spektrum ermittelt werden. Dabei werden auch teilweise modernisierte Flächen erfasst, da im DATAMINE-Export für jede Bauteilart auch Teilflächen mit unterschiedlichen U-Werten ausgegeben werden.

Bei den Außenwänden weisen bereits 21% der Flächen U-Werte unter 0,5 W/(m²K) auf - 4% liegen sogar unter 0,25 W/(m²K), was etwa Dämmstoffstärken von 12 cm entspricht (Bild 13). Besonders hoch ist der Anteil verbesserter U-Werte im Dachbereich, wo bereits 43% der U-Werte unter 0,5 W/(m²K) liegen (Bild 15). Demgegenüber weist der Fußboden bisher nur in Ausnahmefällen einen verbesserten Wärmeschutz auf (Bild 16). Die Fenster sind bisher offensichtlich nur sehr vereinzelt als Wärmeschutzverglasung ausgeführt: Lediglich bei 7% der Fensterfläche liegen die U-Werte unter 2,0 W/(m²K) (Bild 14).

Bild 13: Gesamtbauteilfläche in Abhängigkeit vom U-Wert – Außenwände

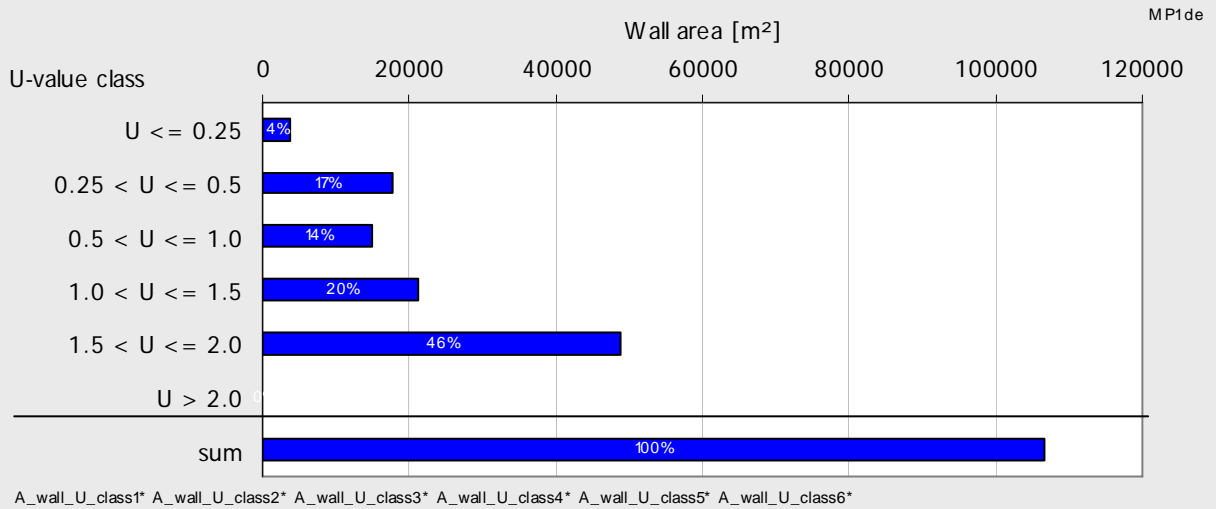


Bild 14: Gesamtbauteilfläche in Abhängigkeit vom U-Wert – Fenster

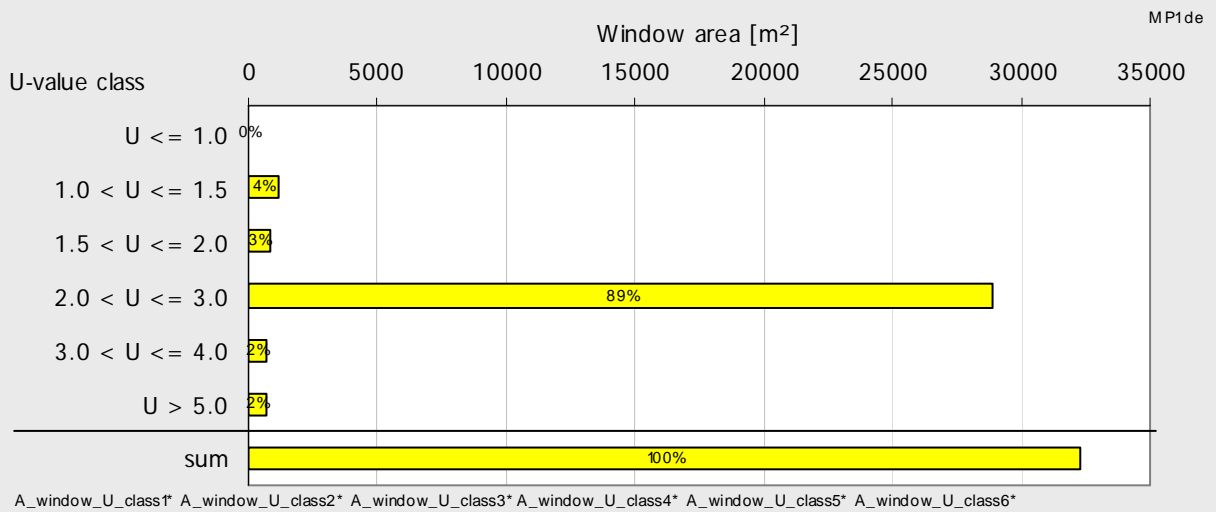


Bild 15: Gesamtbauteilfläche in Abhängigkeit vom U-Wert – Dächer und oberste Geschossdecken

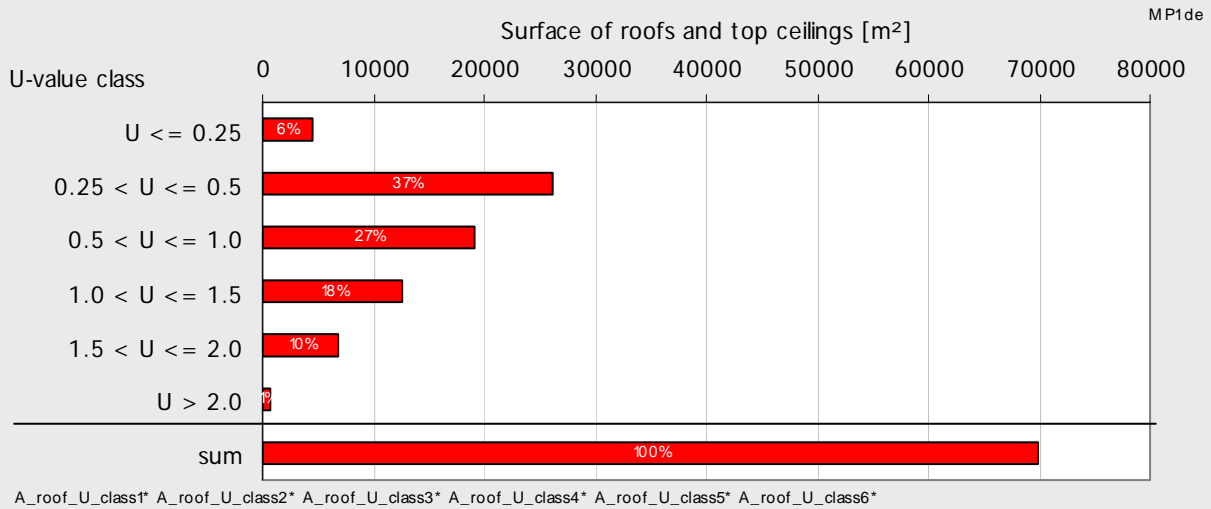
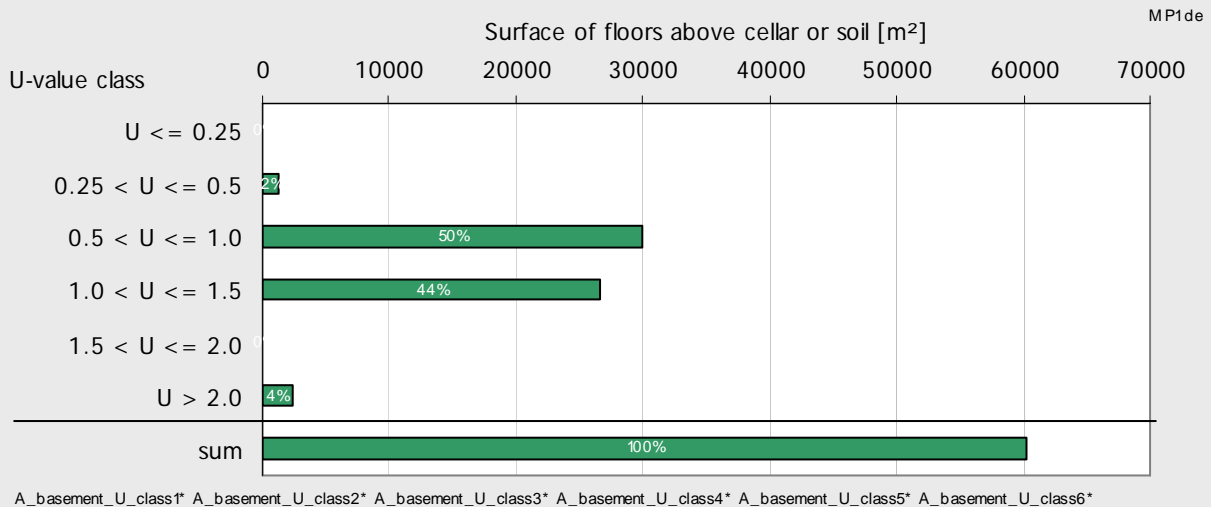


Bild 16: Gesamtbauteilfläche in Abhängigkeit vom U-Wert (Kellerdecken, Erdgeschossfußböden)



5.2.3 Heizwärmebedarf

Die folgenden Diagramme geben einen Überblick über den Heizwärmebedarf der Gebäude, den die Energieberatungssoftware entsprechend den Vorgaben des dena-Energiepass-Feldversuchs berechnet hat und der über die DATAMINE-Schnittstelle als Absolutwert ausgegeben wird (Datenfelder der DATAMINE-Struktur Abschnitt E). Die Werte werden hier jeweils auf die Energiebezugsfläche bezogen dargestellt (vgl. Fußnote 17).

Der Heizwärmebedarf bewegt sich in der Regel zwischen 100 und 250 kWh/(m²a), am häufigsten ist die Klasse ">150 und <= 250" vertreten (Bild 17). Die kleineren Werte gehören dabei tendenziell zu den jüngeren Gebäuden (Bild 18). Auch zeigt sich eine deutliche Größenabhängigkeit (Bild 19).

Bild 17: Häufigkeit der Gebäude nach Klassen für den Heizwärmebedarf

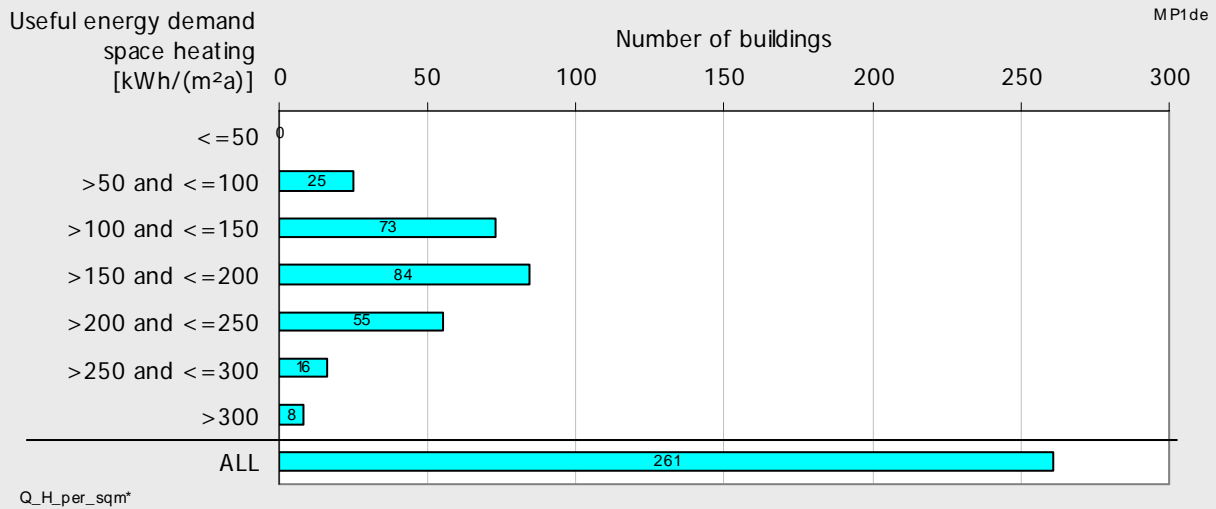
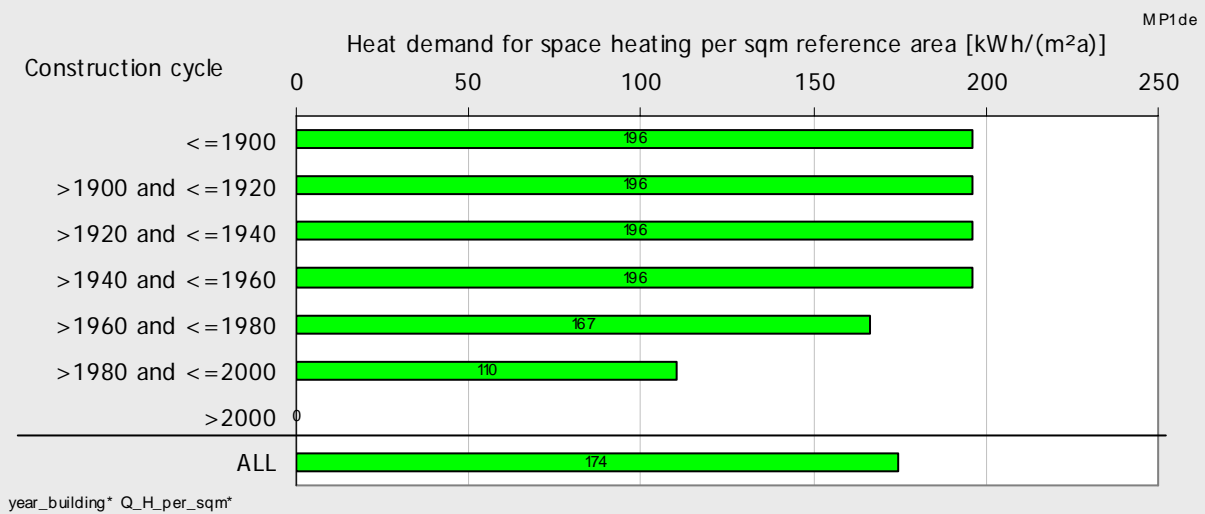
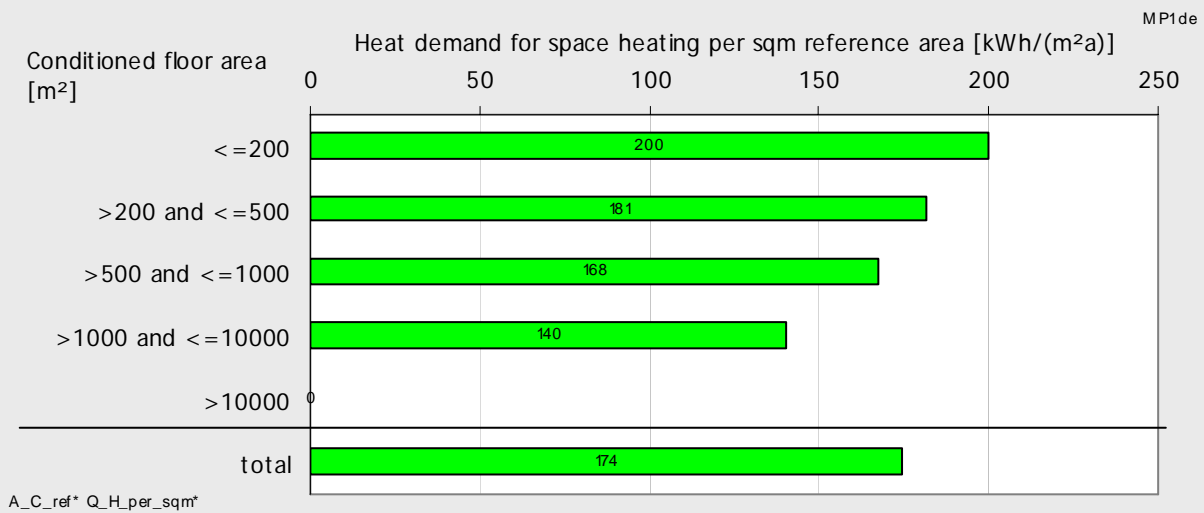


Bild 18: Durchschnittswerte des Heizwärmebedarfs in Abhängigkeit vom Gebäude-Baualter¹⁹



¹⁹ Dass die ersten vier Werte fast identisch sind, d.h. gerundet bei 196 kWh/m²a liegen, ist hier reiner Zufall.

Bild 19: Durchschnittswerte des Heizwärmebedarfs in Abhängigkeit von der Gebäudegröße (nach Wohnfläche)



5.2.4 Plausibilitätstests

Es wurden einige Untersuchungen zur Plausibilität der die thermische Hülle betreffenden Datensätze durchgeführt.

Bild 20 zeigt den Vergleich der im Energieausweis angegebenen Werte für HT' (x-Achse) mit einem aus den angegebenen Flächen und U-Werten berechneten Wert (y-Achse). Es zeigt sich eine recht gute Übereinstimmung. Die auftretenden Abweichungen in der Größenordnung von meist unter 5 %, in einzelnen Fällen bis zu 20% lassen sich durch den einfacheren Ansatz der Nachberechnung erklären: Alle Flächen des unteren Gebäudeabschlusses wurden mit einem Reduktionsfaktor von 0,6, Flächen im Dachbereich mit einem Reduktionsfaktor 1,0 gewichtet. Demgegenüber werden in der Energieberatungssoftware die differenzierten Ansätze für das Monatsverfahren aus der DIN V 4108-6 verwendet.

In Bild 21 / Bild 22 wird der durch die Energiebilanzsoftware berechnete und in DATAMINE als Q_H_gross ausgegebene Heizwärmebedarf mit einem vereinfacht berechneten Wert (Heizperiodenbilanzverfahren nach EnEV²⁰) verglichen (jeweils bezogen auf die Energiebezugsfläche). Es zeigt sich eine sehr gute Übereinstimmung.

²⁰ Die Formel für den Heizwärmebedarf lautet (vgl. Anhang):

$$Q_H_Calc_per_sqm=(H_Transmission+0.19*V_C)*75-0.9*(0.567*g_window*(A_window_south*410+A_window_west*300+A_window_east*300+A_window_north*185))+22*0.32*V_C)$$

Bild 20:: Plausibilitätstest für den spezifischen Transmissionswärmeverlust H_T'

x-Achse: durch das Energiepass-Programm berechneter Wert

y-Achse: auf der Basis der Flächen und U-Werte berechneter Wert (links) bzw. Verhältnis nachgerechneter Wert / Originalwert (rechts)

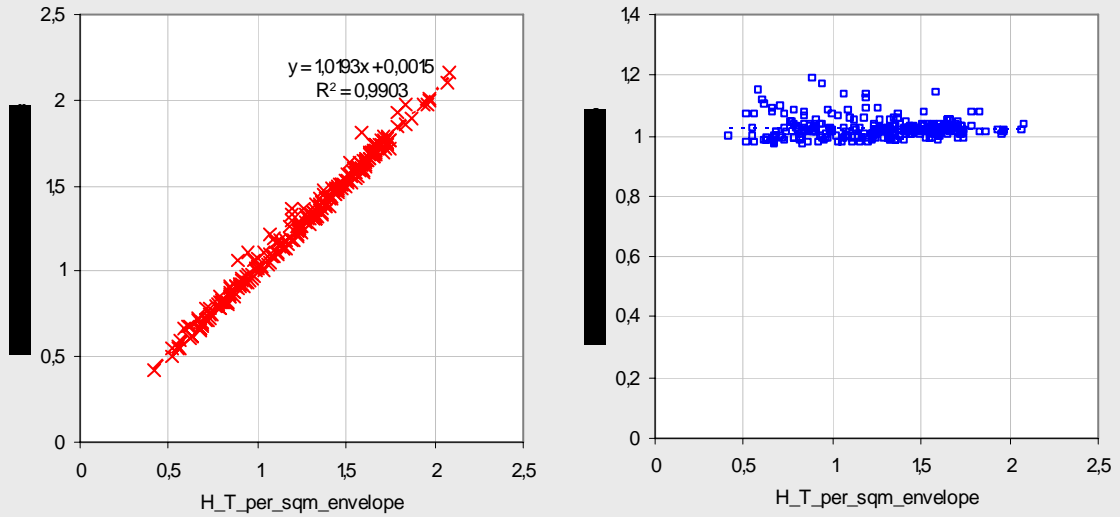
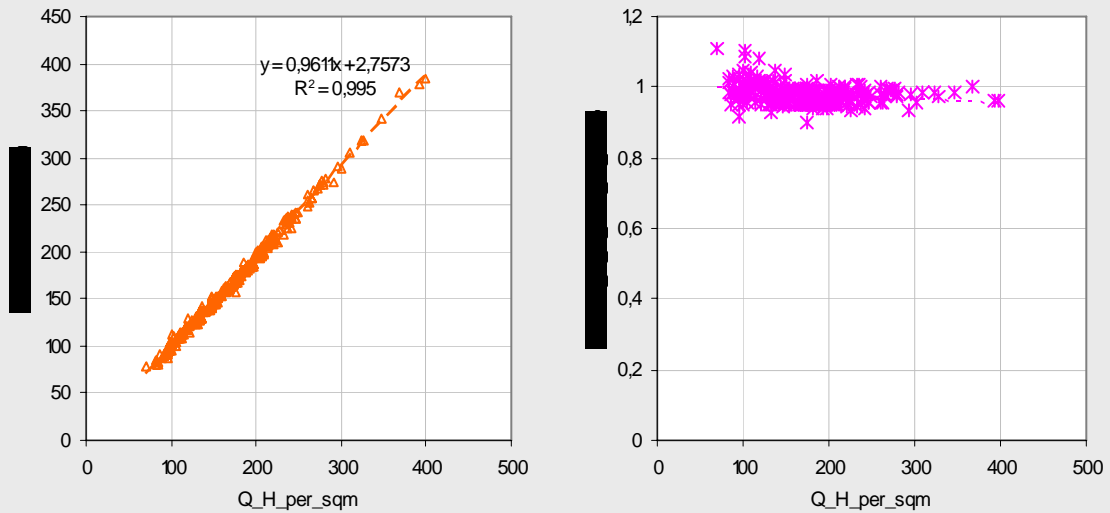


Bild 21:: Plausibilitätstest für den Heizwärmebedarf

x-Achse: Wert aus dem Energieausweis

y-Achse: nachgerechneter Wert (links) bzw. Verhältnis zum Originalwert (rechts)



5.3 Wärmeversorgungssysteme

5.3.1 Statistik zur Wärmeversorgung

Die Abbildungen in diesem Abschnitt zeigen die Häufigkeit und Verteilung der verschiedenen Systeme zur Heizung und Warmwasserbereitung. Es handelt sich überwiegend um mit Erdgas versorgte Gebäude, kleinere Anteile haben Öl- und Fernwärmeversorgung (jeweils etwas mehr als 10%) (Bild 22). Bei den mit Erdgas versorgten Häusern haben etwa 40% Gas-Etagenheizungen. Als Hauptwärmeerzeuger gibt es nur vereinzelte elektrische Raumheizungen, Gebäude mit reiner Ofenheizung gibt es nicht (Bild 23). Etwa die Hälfte der Gebäude besitzt einen zweiten Typ Wärmeerzeuger für die Raumheizung, in den meisten Fällen wird dieser mit Erdgas betrieben (Bild 24). Die Warmwasserbereitung erfolgt in der Regel über die Zentralheizung. Nur etwa ein Viertel der Gebäude weist eine dezentrale Warmwasserbereitung auf, die jeweils zur Hälfte mit Erdgas und mit Strom erfolgt (Bild 25).

Bild 22:: Häufigkeitsverteilung der Gebäude in Abhängigkeit vom verwendeten Energieträger (Energieträger des Haupt-Wärmeerzeugers)

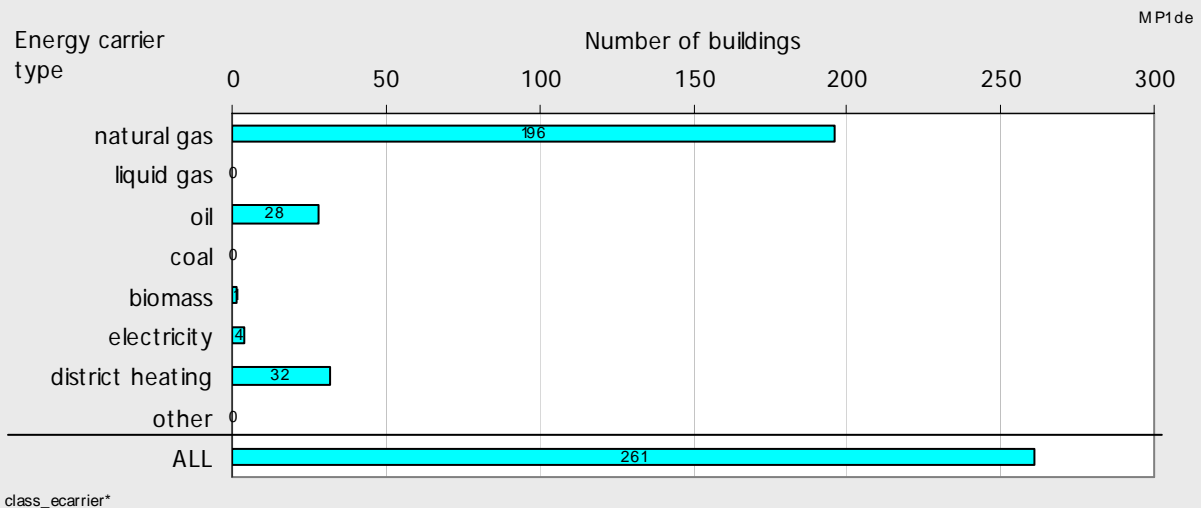


Bild 23:: Häufigkeit der Heizungssysteme (nach Energieträger und Zentralisierungsgrad Zentralheizung / Etagenheizung / Raumheizung)

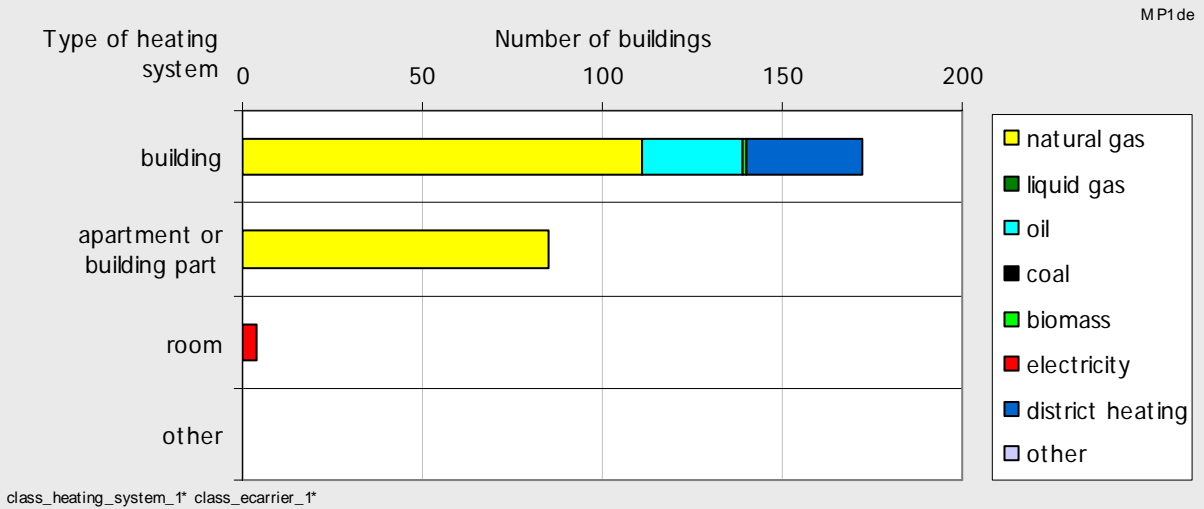


Bild 24:: Häufigkeit der Energieträger eines evtl. vorhandenen zweiten Heizwärmeerzeugers in Abhängigkeit vom Energieträger des Haupt-Wärmeerzeugers

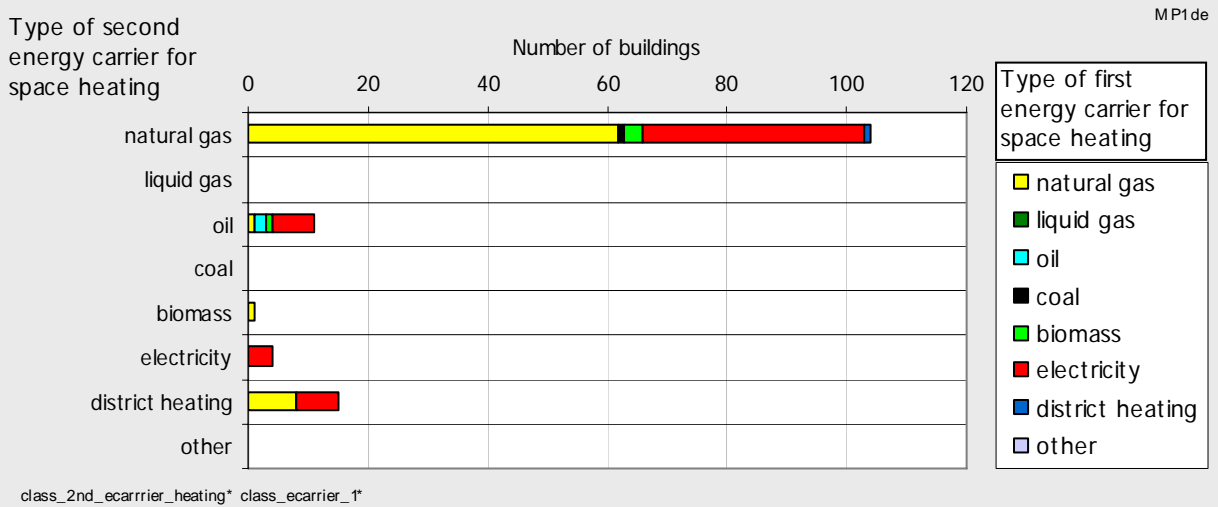
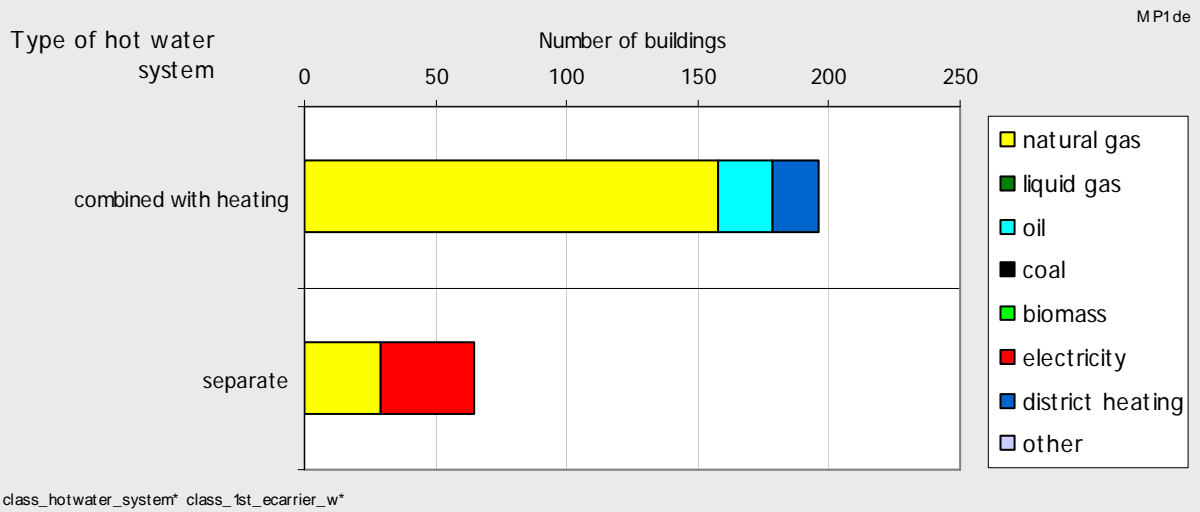


Bild 25:: Häufigkeit verschiedener Typen der Warmwasserversorgung (verwendeter Energieträger), in Abhängigkeit davon, ob das Warmwasser in Kombination mit der Heizung (oberer Balken) oder separat (unterer Balken) erzeugt wird.



5.3.2 Statistik der Wärmeerzeuger

Bei dem größten Teil der Wärmeerzeuger handelt es sich um Konstanttemperaturkessel, wobei unter dieser Kategorie offensichtlich auch die Gasetagenheizungen eingeordnet wurden. Nur etwa jeder sechste Wärmeerzeuger ist ein Brennwertkessel (Bild 26). Dabei handelt es sich erwartungsgemäß um die Wärmeerzeuger jüngeren Baualters (Bild 27).

Bild 26: Häufigkeit von Brennstoff-betriebenen Wärmeerzeugern nach Energieträgern

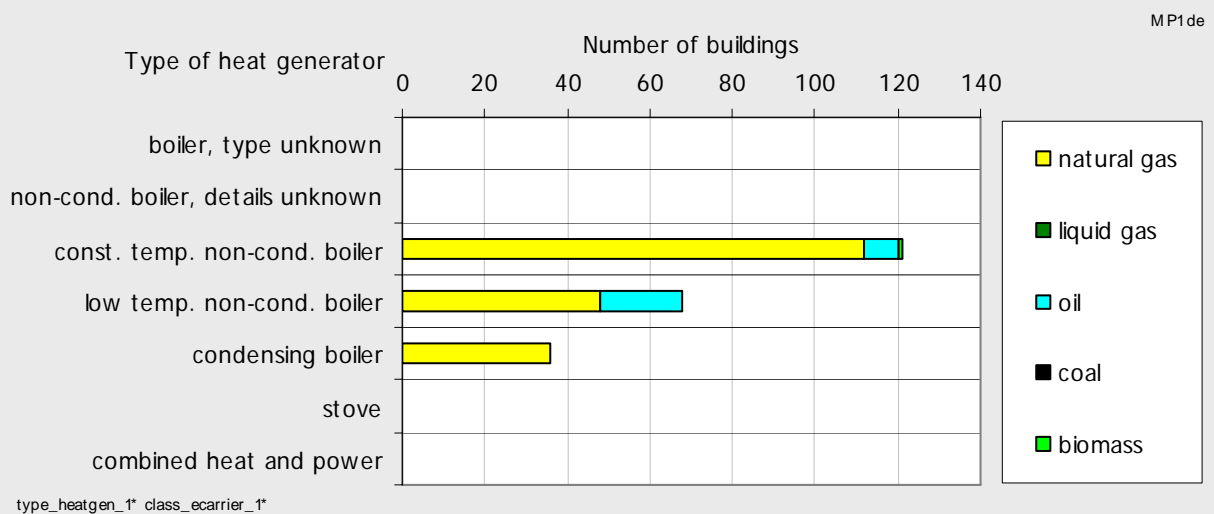
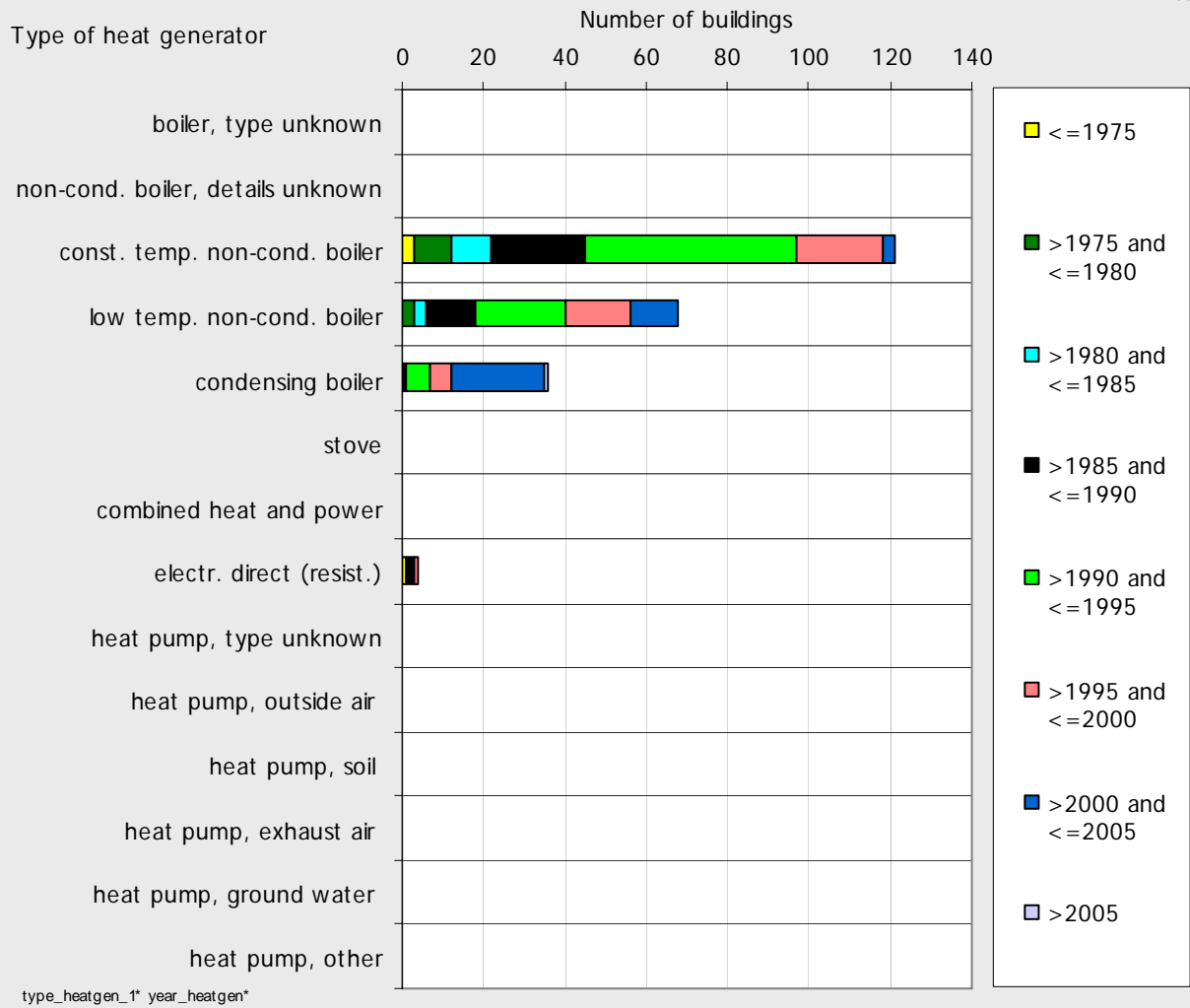


Bild 27:: Häufigkeit der verschiedenen Wärmeerzeuger nach ihrem Baujahr

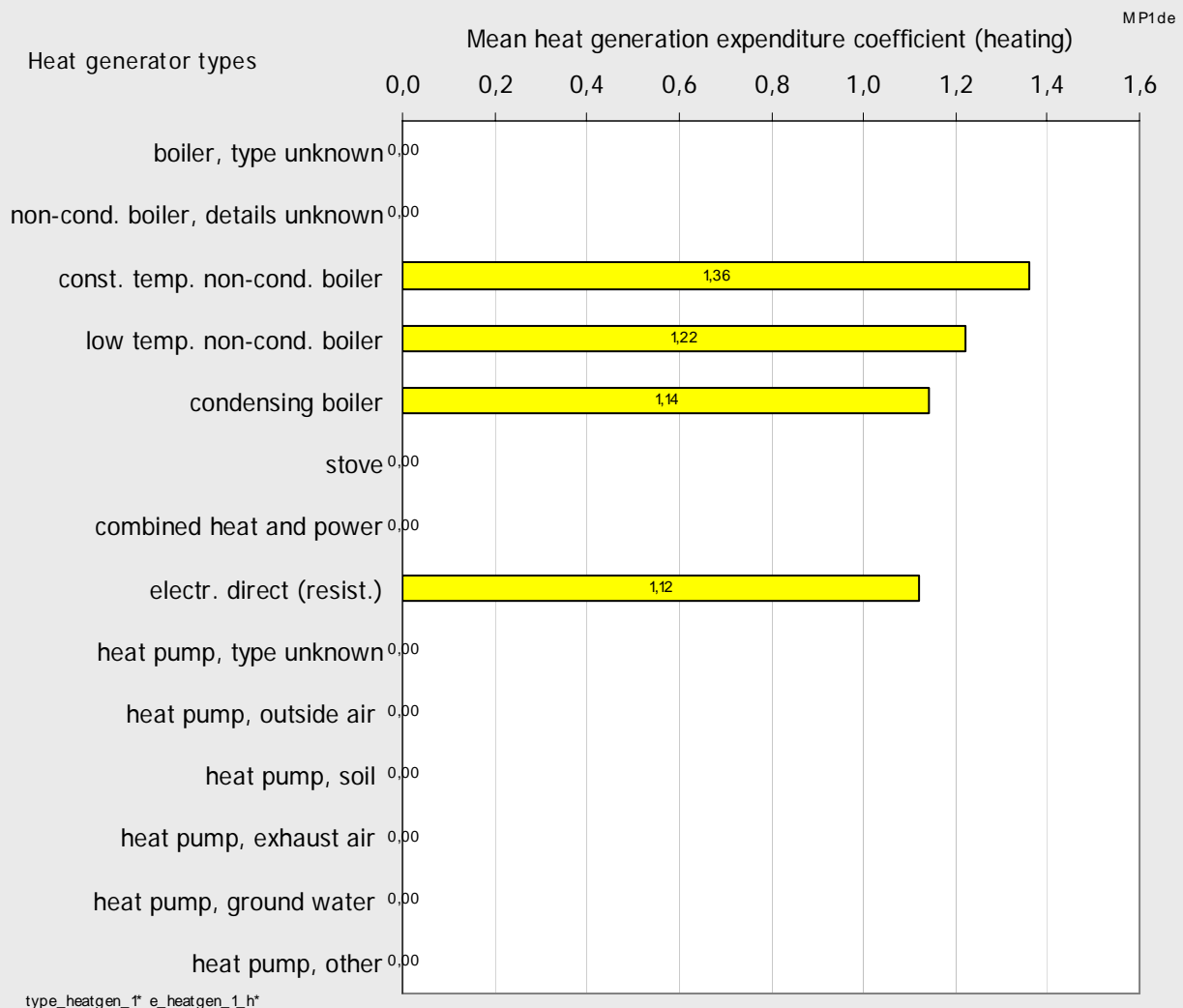
MP1de



5.3.3 Energiebilanz der Anlagentechnik

Im Folgenden werden die von der Energiepass-Software in der DATAMINE-Struktur (Abschnitt E) ausgegebenen Ergebnisse der Energiebilanzberechnungen für die Anlagentechnik dargestellt. Bild 28 zeigt die Aufwandszahlen der Wärmeerzeugung für Heizung²¹, Bild 29 die der Wärmeerzeugung für Heizung und Warmwasser bei kombinierter Wärmeerzeugung²². Ausgewertet wurde jeweils der erste Typ Wärmeerzeuger der DATAMINE-Datenstruktur. Beachtet werden muss an dieser Stelle, dass der Energieinhalt von Brennstoffen in DATAMINE immer auf den oberen Heizwert H_S dargestellt wird. Um die Werte mit Erzeuger-Aufwandszahlen nach DIN V 4701-10 vergleichen zu können, müssen sie also um ca. 10% vermindert werden.

Bild 28: Aufwandszahlen der Wärmeerzeugung für Heizung (eingesetzte Endenergie dividiert durch die vom Erzeuger bereitgestellte Wärme)



²¹ $e_{\text{heatgen}_1_h} = Q_{\text{in_heatgen}_1_h} / Q_{\text{out_heatgen}_1_h}$

²² $e_{\text{heatgen}_1_{hw}} = \text{if}(\text{use_heatgen}_1 = "11", Q_{\text{in_heatgen}_1} / Q_{\text{out_heatgen}_1}, "-")$

Bild 29: Aufwandszahlen der Wärmeerzeugung für Heizung und Warmwasser

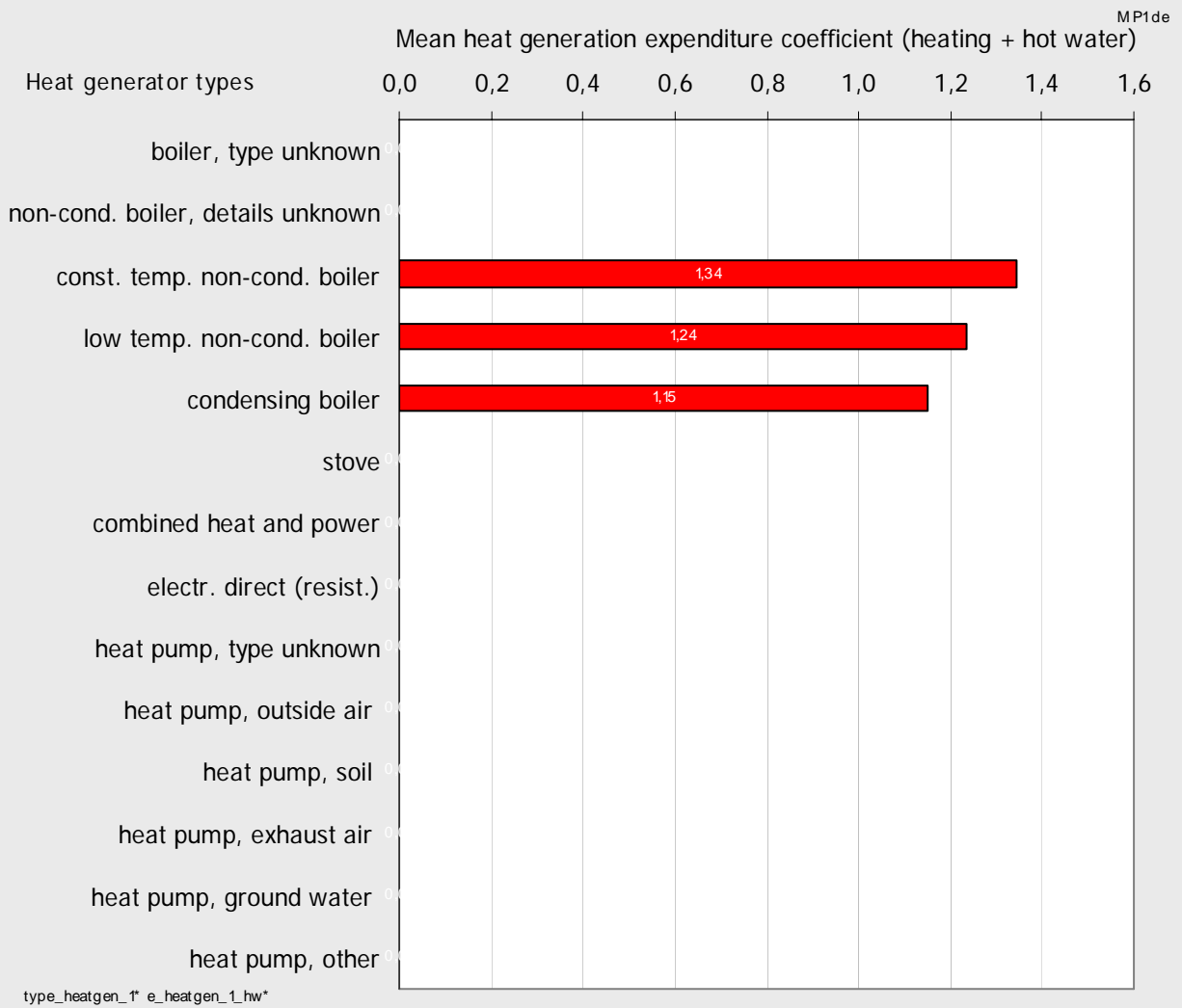


Bild 30 zeigt die Häufigkeit der durch die Energiepass-Software berechneten und in die DATAMINE-Datenbank ausgegebenen Wärmeverluste der Heizwärmeverteilung. Der Großteil der Werte liegt zwischen 5 und 50 kWh/(m²a). Teilweise liegen jedoch noch deutlich höhere Werte vor, die dem Augenschein nach unplausibel sind. Die Ursache konnte im Rahmen der Untersuchung nicht ermittelt werden. Da in der Energiepass-Software Leitungslängen auch frei eingegeben werden können, müsste im Einzelfall durch Laden der entsprechenden Datensätze die Bilanz nachvollzogen werden. Für die Warmwasserbereitung liegen die flächenbezogenen Verteilverluste deutlich niedriger (Bild 31). Beachtet werden muss hier, dass gemäß dem Schema der DIN V 4701-10 in diesen Werten auch die innerhalb der thermischen Hülle entstehenden Wärmeverluste bilanziert sind. Diese werden dann als Heizwärmebeitrag von dem durch das Heizsystem zu deckenden Wärmebedarf abgezogen.

Bild 30: Häufigkeitsverteilung der Verluste der Heizwärmeverteilung

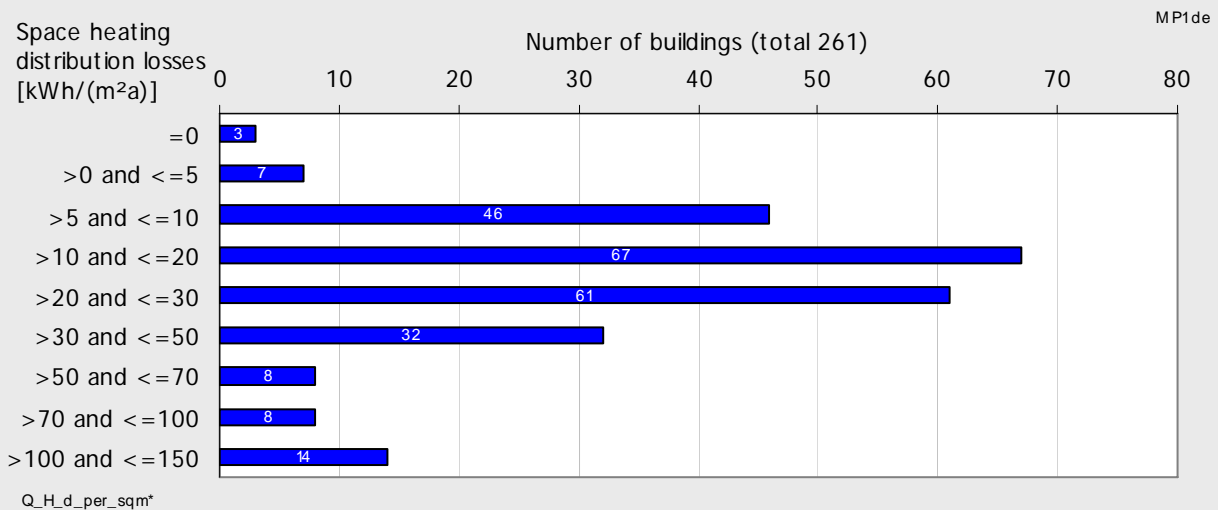


Bild 31: Häufigkeit der Verluste der Warmwasserverteilung

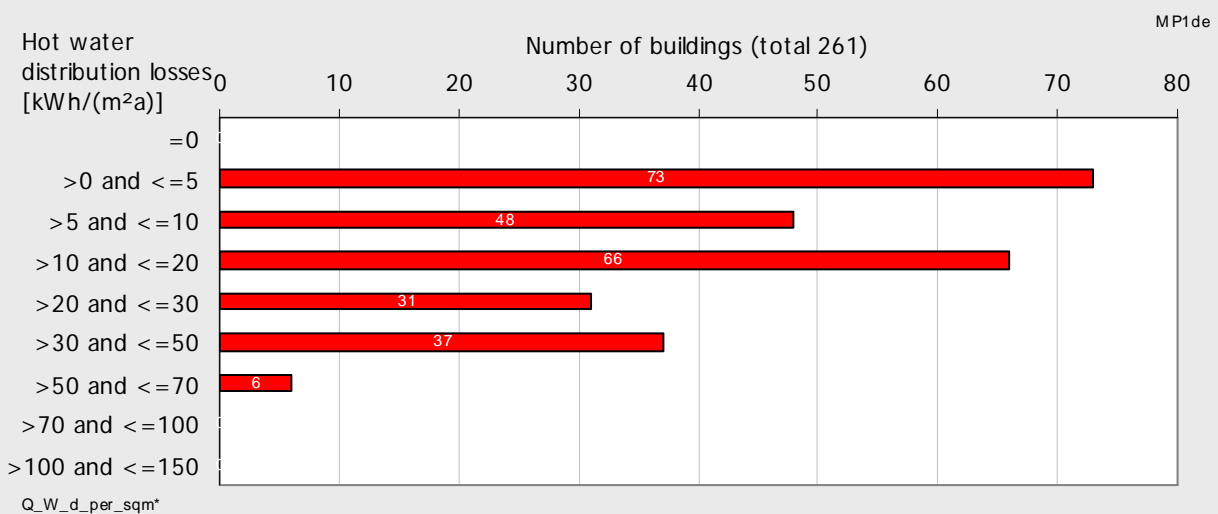
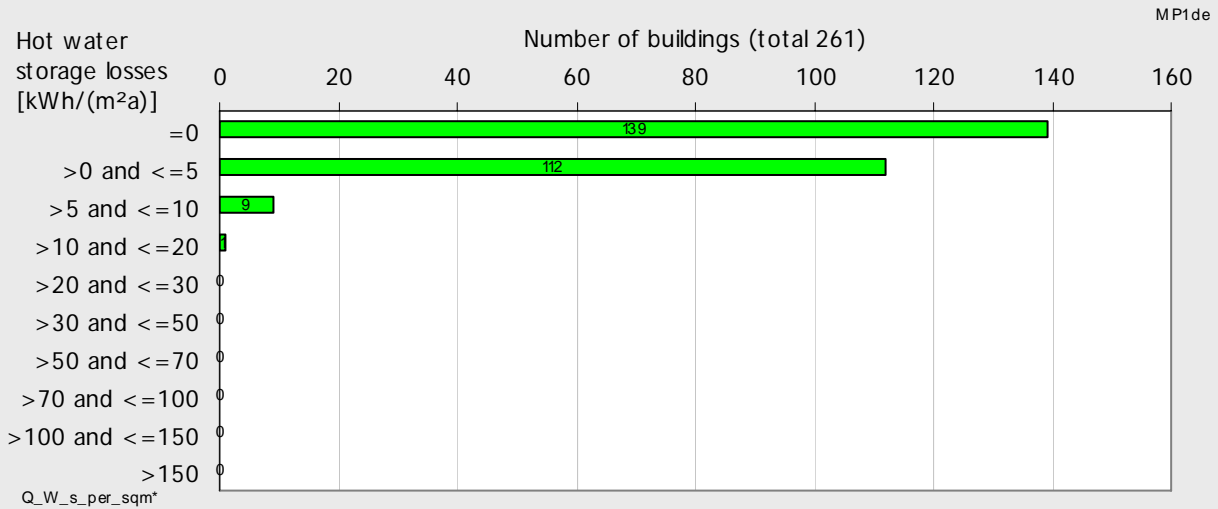


Bild 32: Häufigkeit der Verluste der Wärmespeicherung Warmwasser

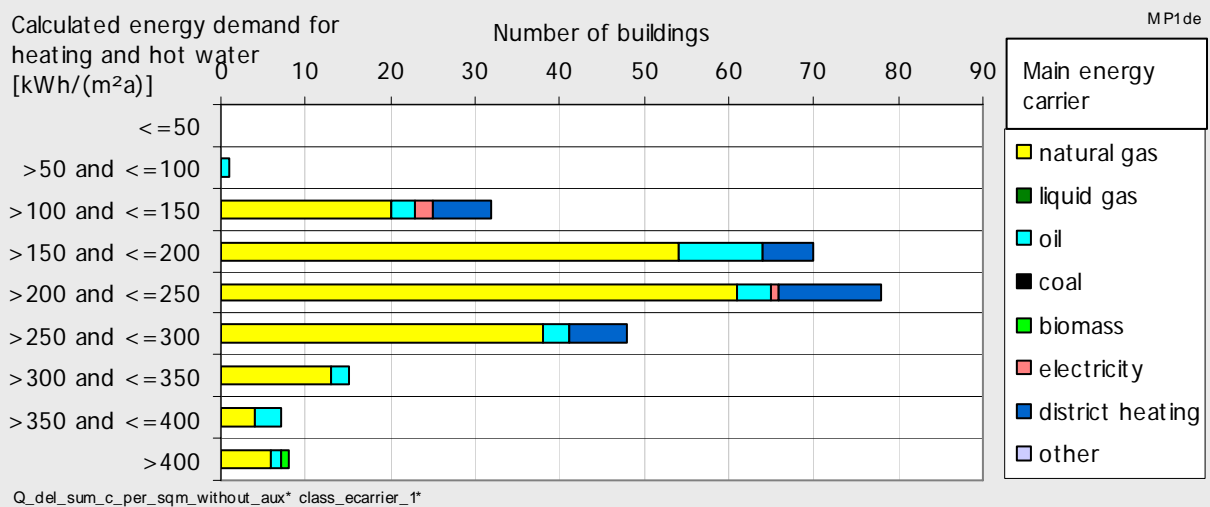


5.4 Gesamtbewertung

5.4.1 Endenergiebedarf

Bild 33 zeigt den berechneten Endenergiebedarf (ohne Hilfsenergie), wie er in Abschnitt G der Datenstruktur ausgegeben wird. Der Endenergiebedarf eines Großteils der Gebäude liegt zwischen 150 und 250 kWh/(m²a).

Bild 33: Häufigkeitsverteilung der Gebäude nach Höhe des berechneten Endenergiebedarfs
(Energiebedarf pro m² Nutzfläche als Summe über alle Energieträger, farbige gekennzeichnet ist der hauptsächlich verwendete Energieträger des Gebäudes)



5.4.2 Primärenergiebedarf / Primärenergie-Aufwandszahl

Im Folgenden werden die Datenfelder des Abschnittes H der DATAMINE Datenstruktur ausgewertet. Diese geben die entsprechend den Rechenvorschriften des Energiepass-Feldversuchs der dena [AHEP 2004] mit der Energiepass-Software berechneten Werte für den Primärenergiebedarf wieder.

Der flächenbezogene Primärenergiebedarf liegt für die ausgewerteten Gebäude in der Regel in einem Bereich zwischen 200 und 400 kWh/(m²a) (Bild 34). Während die Verteilung für Öl und Gas etwa gleich ist, ist die Fernwärme tendenziell im niedrigeren Bereich der Primärenergiekennwerte anzutreffen. Der Grund ist offensichtlich der Primärenergiefaktor für in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugte Fernwärme, der sich auch in den Werten für die Primärenergie-Aufwandszahl widerspiegelt (Bild 35).

Bild 34: Häufigkeitsverteilung entsprechend dem Primärenergiebedarf
(differenziert nach dem Energieträger des Haupt-Wärmeerzeugers)

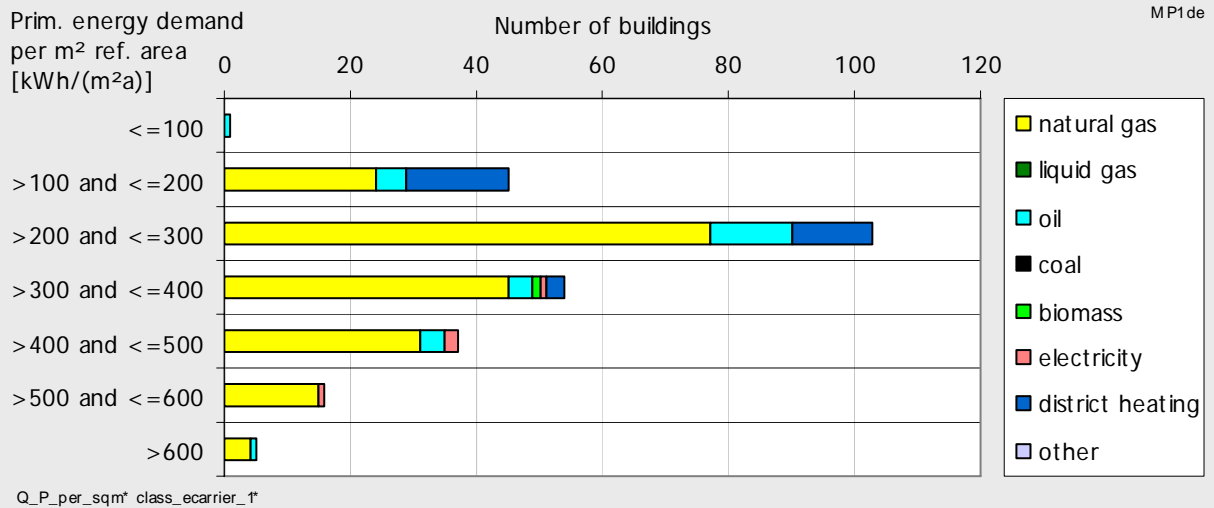
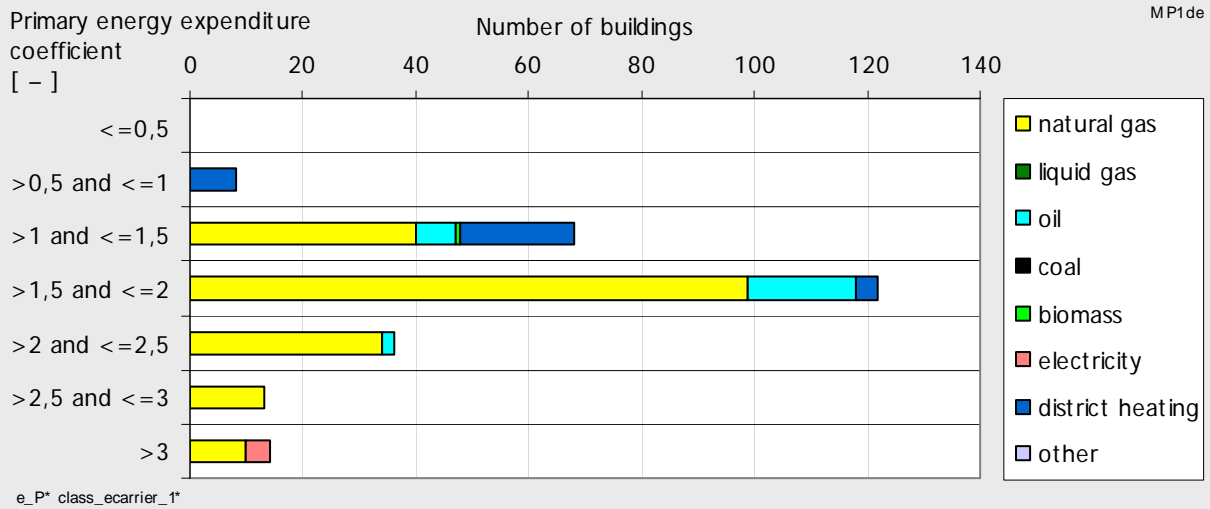


Bild 35: Häufigkeit nach Primärenergieaufwandszahl des Wärmeversorgungssystems (differenziert nach dem Energieträger des Haupt-Wärmeerzeugers)

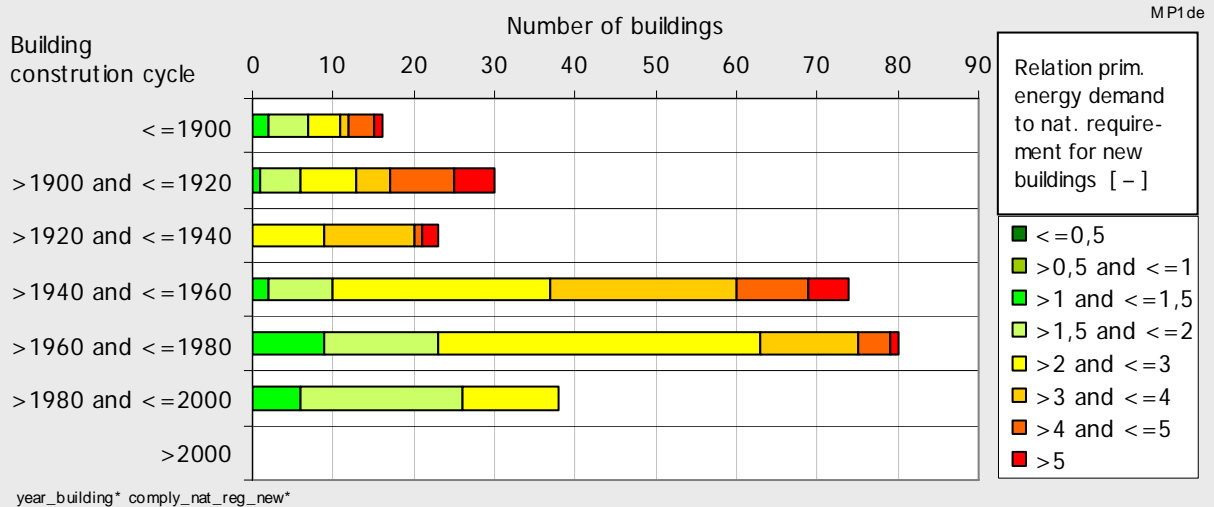


5.4.3 Vergleich mit den Neubau-Anforderungen der Energieeinsparverordnung

Bild 36 zeigt, in welchem Verhältnis der Primärenergiekennwert zum entsprechend dem vorliegenden A/V-Verhältnis ermittelten Neubau-Grenzwert nach EnEV steht. Deutlich ist die Abhängigkeit von der Baualtersklasse des Gebäudes zu erkennen.

Bild 36: Häufigkeitsverteilung der Über-/Unterschreitung der Neubau-Anforderungen der EnEV in Abhängigkeit vom Baualter.

– der farblich gekennzeichnete Indikator gibt in Klassen von $< 0,5$ bis > 5 das Verhältnis des Primärenergiebedarfs zum Primärenergie-Grenzwert für einen gleichartigen Neubau (mit gleichem Oberfläche-/Volumen-Verhältnis) an.



6 Verallgemeinerung der Ergebnisse im Hinblick auf das EU-Projekt DATAMINE

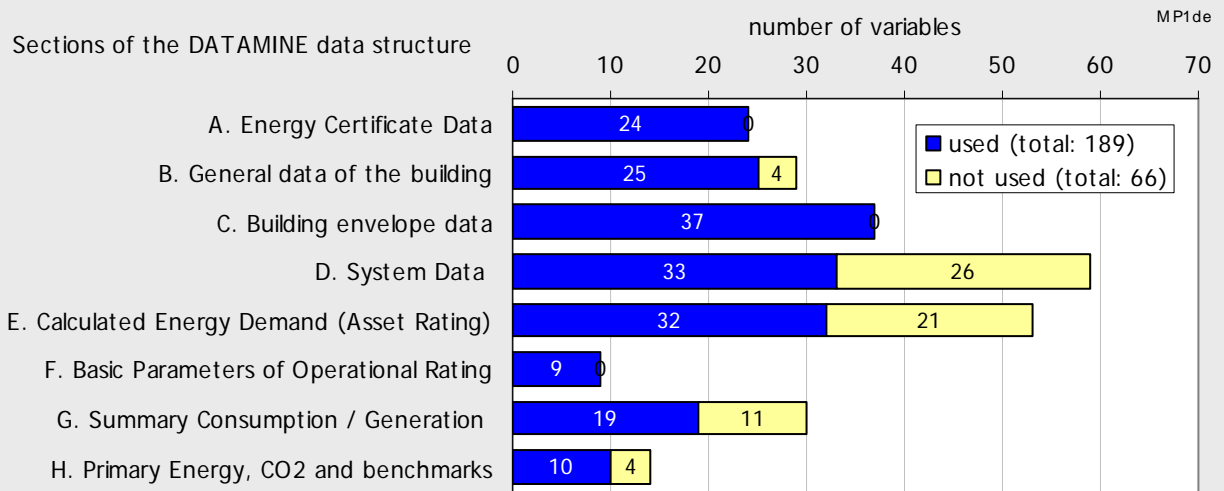
Die Durchführung des deutschen DATAMINE-Modellprojekts hat gezeigt, dass die Auswertung von Energieausweis-Daten ein geeignetes Instrument für das Monitoring eines Energiespar-Förderprogramms darstellt.

Es wurden die Daten von insgesamt 515 Gebäuden ausgewertet, wobei teils unterschiedliche Voraussetzungen gegeben waren:

- Für 261 Energiepässe konnte eine im Rahmen des Projekts geschaffene Schnittstelle zur Ausgabe von DATAMINE-Datenfeldern aus dem verwendeten Energiepass-Programm genutzt werden. Daher standen alle wesentlichen Eingabe- und Bilanzdaten zur Verfügung und es wurde eine Definition von Modellgebäuden und Heizsystem-Typen ermöglicht. Hier konnte ein Großteil der Felder der harmonisierten DATAMINE-Datenstruktur ausgefüllt werden (s. Bild 37). Außerdem waren detaillierte statistische Analysen der Gebäudestichprobe möglich (s. Kap. 5), die einen ersten Eindruck davon vermitteln können, welche Untersuchungen bei einem umfassenderen Monitoring des Gebäudebestandes unter Verwendung von Energieausweis-Daten durchgeführt werden könnten.
- 254 vereinfachte Datensätze enthielten nur sehr wenige Angaben über das Gebäude (s. Kapitel 2.1), die aber dennoch für die Auswertung der CO₂-Minderungen von erheblicher Bedeutung waren, da hier – in stärkerem Maße als bei den 261 detaillierten Datensätzen – die Bedingungen einer repräsentativen Stichprobe erfüllt waren. Hier konnte immerhin eine Anzahl von ca. 30 Datenfeldern der DATAMINE-Datenstruktur verwendet werden²³.
- Es lagen weitere 2885 vereinfachte Datensätze vor, bei denen allerdings nicht klar war, ob hier neben der Energiepasserstellung auch Energiesparmaßnahmen an den jeweiligen Gebäuden durchgeführt und gefördert wurden. Daher waren diese Datensätze, anders als die 254 zuvor genannten, nicht für die Ermittlung der CO₂-Minderungen auswertbar. Im Hinblick auf eventuelle zukünftige, in einem anderen Kontext durchzuführende Analysen wurden sie aber ebenfalls in die DATAMINE-Struktur übertragen.

²³ Neben den in Kapitel 2.1, Fußnote 2 genannten energetischen Gebäudedaten konnten weitere allgemeine Informationen (z.B. Standort des Gebäude, Bundesland, Art des Energieausweises) eingetragen werden.

Bild 37: Häufigkeit der verwendeten (blau) und nicht verwendeten (gelb) Felder der DATAMINE-Datenstruktur (261 Energieausweise der Stadtwerke Hannover)²⁴



²⁴ Die nicht verwendeten Datenfelder in Abschnitt D und E sind überwiegend dem Bereich der Beleuchtung und Klimatisierung zugeordnet.

7 Anhang

Zusammengesetzte Variablen, die für die Analyse benutzt wurden

In den Diagrammen findet sich unten links jeweils eine Angabe, welche DATAMINE-Variablen ausgewertet wurde. Die Liste der DATAMINE-Variablen findet sich in [Loga / Diefenbach 2006] bzw. unter www.meteo.noa.gr/datamine. Ist der in den Diagrammen angegebene Variablen-Name mit einem Stern markiert, dann wurden die entsprechenden Werte aus mehreren DATAMINE-Variablen berechnet. Im Folgenden finden Sie die Formeln, die für diese Berechnungen verwendet wurden. Diese wurden direkt aus dem DATAMINE Analysis Tool kopiert (MS Excel Syntax).

A_thermal_envelope	=A_wall+A_window+A_roof+A_basement
year_building	=if(year1_building>500,if(year2_building>500,(year1_building+year2_building)/2,year1_building),year2_building)
utilisation_type	=vlookup(main_utilisation,tab1,2,false)
A_C_ref	=if(isnumber(A_C_intdim),A_C_intdim,if(isnumber(A_C_extdim),A_C_extdim*0.85,if(isnumber(A_C_living),A_C_living*1.1,if(isnumber(A_C_use),A_C_use*1.4,""))))
H_T_per_sqm_envelope	=H_transmission/A_thermal_envelope
H_T_per_sqm_envelope_calc	=(A_wall*U_wall+A_window*U_window+A_roof*U_roof+0.6*A_basement*U_basement+H_bridges)/A_thermal_envelope
Q_H_calc_EnEV_de	=(H_Transmission+0.19*V_C)*66-0.95*(0.567*g_window*(A_window_south*270+A_window_west*155+A_window_east*155+A_window_north*100)+22*0.32*V_C)
Q_H_calc_hlt12	=(H_Transmission+0.19*V_C)*75-0.9*(0.567*g_window*(A_window_south*410+A_window_west*300+A_window_east*300+A_window_north*185)+22*0.32*V_C)
Q_H_calc_LEG	=(H_Transmission+0.6*0.34*A_C_living)*84-0.9*(0.36*g_window*(A_window_south*410+A_window_west*300+A_window_east*300+A_window_north*185)+17*A_C_living)
Q_H_calc_per_sqm	=Q_H_calc_hlt12/A_C_ref
relation_H_T_calc_to_value	=H_T_per_sqm_envelope_calc/H_T_per_sqm_envelope
relation_Q_H_calc_to_value	=Q_H_calc_per_sqm/Q_H_per_sqm
A_wall_U_class1	=if(and(U_wall_1>0,U_wall_1<=0.25),A_wall_1,0)+if(and(U_wall_2>0,U_wall_2<=0.25),A_wall_2,0)+if(and(U_wall_3>0,U_wall_3<=0.25),A_wall_3,0)
A_wall_U_class2	=if(and(U_wall_1>0.25,U_wall_1<=0.5),A_wall_1,0)+if(and(U_wall_2>0.25,U_wall_2<=0.5),A_wall_2,0)+if(and(U_wall_3>0.25,U_wall_3<=0.5),A_wall_3,0)
A_wall_U_class3	=if(and(U_wall_1>0.5,U_wall_1<=1.0),A_wall_1,0)+if(and(U_wall_2>0.5,U_wall_2<=1.0),A_wall_2,0)+if(and(U_wall_3>0.5,U_wall_3<=1.0),A_wall_3,0)
A_wall_U_class4	=if(and(U_wall_1>1.0,U_wall_1<=1.5),A_wall_1,0)+if(and(U_wall_2>1.0,U_wall_2<=1.5),A_wall_2,0)+if(and(U_wall_3>1.0,U_wall_3<=1.5),A_wall_3,0)
A_wall_U_class5	=if(and(U_wall_1>1.5,U_wall_1<=2.0),A_wall_1,0)+if(and(U_wall_2>1.5,U_wall_2<=2.0),A_wall_2,0)+if(and(U_wall_3>1.5,U_wall_3<=2.0),A_wall_3,0)
A_wall_U_class6	=if(and(U_wall_1>2.0,U_wall_1<=10.0),A_wall_1,0)+if(and(U_wall_2>2.0,U_wall_2<=10.0),A_wall_2,0)+if(and(U_wall_3>2.0,U_wall_3<=10.0),A_wall_3,0)
A_window_U_class1	=if(and(U_window_1>0,U_window_1<=1.00),A_window_1,0)+if(and(U_window_2>0,U_window_2<=1.00),A_window_2,0)
A_window_U_class2	=if(and(U_window_1>1.0,U_window_1<=1.5),A_window_1,0)+if(and(U_window_2>1.0,U_window_2<=1.5),A_window_2,0)
A_window_U_class3	=if(and(U_window_1>1.5,U_window_1<=2.0),A_window_1,0)+if(and(U_window_2>1.5,U_window_2<=2.0),A_window_2,0)

A_window_U_class4	=if(and(U_window_1>2.0,U_window_1<=3.0),A_window_1,0)+if(and(U_window_2>2.0,U_window_2<=3.0),A_window_2,0)
A_window_U_class5	=if(and(U_window_1>3.0,U_window_1<=4.0),A_window_1,0)+if(and(U_window_2>3.0,U_window_2<=4.0),A_window_2,0)
A_window_U_class6	=if(and(U_window_1>4.0,U_window_1<=10.0),A_window_1,0)+if(and(U_window_2>4.0,U_window_2<=10.0),A_window_2,0)
A_roof_U_class1	=if(and(U_roof_1>0,U_roof_1<=0.25),A_roof_1,0)+if(and(U_roof_2>0,U_roof_2<=0.25),A_roof_2,0)
A_roof_U_class2	=if(and(U_roof_1>0.25,U_roof_1<=0.5),A_roof_1,0)+if(and(U_roof_2>0.25,U_roof_2<=0.5),A_roof_2,0)
A_roof_U_class3	=if(and(U_roof_1>0.5,U_roof_1<=1.0),A_roof_1,0)+if(and(U_roof_2>0.5,U_roof_2<=1.0),A_roof_2,0)
A_roof_U_class4	=if(and(U_roof_1>1.0,U_roof_1<=1.5),A_roof_1,0)+if(and(U_roof_2>1.0,U_roof_2<=1.5),A_roof_2,0)
A_roof_U_class5	=if(and(U_roof_1>1.5,U_roof_1<=2.0),A_roof_1,0)+if(and(U_roof_2>1.5,U_roof_2<=2.0),A_roof_2,0)
A_roof_U_class6	=if(and(U_roof_1>2.0,U_roof_1<=10.0),A_roof_1,0)+if(and(U_roof_2>2.0,U_roof_2<=10.0),A_roof_2,0)
A_basement_U_class1	=if(and(U_basement_1>0,U_basement_1<=0.25),A_basement_1,0)+if(and(U_basement_2>0,U_basement_2<=0.25),A_basement_2,0)
A_basement_U_class2	=if(and(U_basement_1>0.25,U_basement_1<=0.5),A_basement_1,0)+if(and(U_basement_2>0.25,U_basement_2<=0.5),A_basement_2,0)
A_basement_U_class3	=if(and(U_basement_1>0.5,U_basement_1<=1.0),A_basement_1,0)+if(and(U_basement_2>0.5,U_basement_2<=1.0),A_basement_2,0)
A_basement_U_class4	=if(and(U_basement_1>1.0,U_basement_1<=1.5),A_basement_1,0)+if(and(U_basement_2>1.0,U_basement_2<=1.5),A_basement_2,0)
A_basement_U_class5	=if(and(U_basement_1>1.5,U_basement_1<=2.0),A_basement_1,0)+if(and(U_basement_2>1.5,U_basement_2<=2.0),A_basement_2,0)
A_basement_U_class6	=if(and(U_basement_1>2.0,U_basement_1<=10.0),A_basement_1,0)+if(and(U_basement_2>2.0,U_basement_2<=10.0),A_basement_2,0)
class_ecarrier_1	=vlookup(ecarrier_heatgen_1,tab2,2,false)
class_heatgen_1	=vlookup(type_heatgen_1,tab3,2,false)
class_heating_system_1	=vlookup(centralisation_heatgen_1,tab4,2,false)
class_2nd_ecarrier_heating	=if(mid(use_heatgen_2,1,1)="1",vlookup(ecarrier_heatgen_2,tab2,2,false),if(mid(use_heatgen_3,1,1)="1",vlookup(ecarrier_heatgen_3,tab2,2,false),""))
class_hotwater_system	=if(or(use_heatgen_1=11,use_heatgen_2=11,use_heatgen_3=11,use_heatgen_4=11),"combined","separate")
class_ecarrier_1_w	=if(mid(text(use_heatgen_1,"00"),2,1)="1",vlookup(ecarrier_heatgen_1,tab2,2,false),"")
class_ecarrier_2_w	=if(mid(text(use_heatgen_2,"00"),2,1)="1",vlookup(ecarrier_heatgen_2,tab2,2,false),"")
class_ecarrier_3_w	=if(mid(text(use_heatgen_3,"00"),2,1)="1",vlookup(ecarrier_heatgen_3,tab2,2,false),"")
class_ecarrier_4_w	=if(mid(text(use_heatgen_4,"00"),2,1)="1",vlookup(ecarrier_heatgen_4,tab2,2,false),"")
class_1st_ecarrier_w	=if(class_ecarrier_1_w<>"" ,class_ecarrier_1_w ,if(class_ecarrier_2_w<>"" ,class_ecarrier_2_w ,if(class_ecarrier_3_w<>"" ,class_ecarrier_3_w ,if(class_ecarrier_4_w<>"" ,class_ecarrier_4_w ,"")))
year_heatgen	=if(year_1_heatgen_1>500 ,if(year_2_heatgen_1>500 ,(year_1_heatgen_1+year_2_heatgen_1)/2 ,year_1_heatgen_1) ,year_2_heatgen_1)
Q_H_d_per_sqm	=Q_H_d/A_C_ref
Q_W_d_per_sqm	=Q_W_d/A_C_ref
Q_W_s_per_sqm	=Q_W_s/A_C_ref

e_heatgen_1_h	=Q_in_heatgen_1_h/Q_out_heatgen_1_h
e_heatgen_1_hw	=if(use_heatgen_1="11",Q_in_heatgen_1/Q_out_heatgen_1,"-")
e_sys_ecarrier_1_h	=if(and(Q_in_heatgen_2=0,Q_in_heatgen_3=0,Q_in_heatgen_4=0),Q_in_heatgen_1_h/Q_H_gross,"-")
e_sys_ecarrier_1	=if(and(ecarrier_2_c=0,ecarrier_3_c=0),if(ecarrier_1_c=0,electric_1_c/(Q_H_gross+Q_W),ecarrier_1_c/(Q_H_gross+Q_W)),"-")
Q_H_aux_per_sqm	=Q_H_aux/A_C_ref
Q_V_aux_per_sqm	=Q_W_aux/A_C_ref
Q_in_sum_per_sqm	=(Q_in_heatgen_1+Q_in_heatgen_2+Q_in_heatgen_3+Q_in_heatgen_4+Q_H_aux+Q_W_aux)/A_C_ref
Q_del_sum_c_per_sqm	=(electric_1_c+electric_2_c+ecarrier_1_c+ecarrier_2_c+ecarrier_3_c)/A_C_ref
Q_th_building_total_per_sqm	=(Q_H_gross+Q_H_ce+Q_H_d+Q_H_s+Q_W+Q_W_d+Q_W_s)/A_C_ref
Q_out_heatgen_sum_per_sqm	=(Q_out_heatgen_1+Q_out_heatgen_2+Q_out_heatgen_3+Q_out_heatgen_4)/A_C_ref
Q_in_sum_related_to_Q_del_sum_c	=Q_in_sum_per_sqm/Q_del_sum_c_per_sqm
Q_P_per_sqm	=primary_energy/A_C_ref
e_P	=primary_energy/(Q_H_gross+Q_W)
comply_nat_reg_new	=value_indicator1*A_C_national/ben_1
Q_del_sum_m_per_sqm	=(electric_1_m+electric_2_m+ecarrier_1_m+ecarrier_2_m+ecarrier_3_m)/A_C_ref
Q_del_sum_c_per_sqm_without_aux	=(electric_1_c+electric_2_c+ecarrier_1_c+ecarrier_2_c+ecarrier_3_c-Q_H_aux-Q_V_aux-Q_W_aux)/A_C_ref
relation_Q_del_m_to_c	=Q_del_sum_m_per_sqm/Q_del_sum_c_per_sqm_without_aux
relation_Q_del_c_to_m	=Q_del_sum_c_per_sqm_without_aux/Q_del_sum_m_per_sqm

Literatur

- [AHEP 2004] Loga, T.; Diefenbach, N.; Born, R.: Energetische Bewertung von Bestandsgebäuden. Arbeitshilfe für die Ausstellung von Energiepässen; Broschüre erstellt im Auftrag der Deutschen Energieagentur GmbH (dena); Darmstadt/Berlin, März 2004
- [Diefenbach et al. 2005] N. Diefenbach, A. Enseling, T. Loga (IWU), H. Hertle, K. Jahn, M. Duschka (ifeu), Beiträge der EnEV und des KfW-CO₂-Gebäudesanierungsprogramms zum Nationalen Klimaschutzprogramm, Endbericht Juli 2005, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, 2006
- [Gruber et al. 2005] E. Gruber, W. Mannsbart (ISI), H. Erhorn, H. Erhorn-Kluttig (IBP), B. Brohmann, L. Rausch, K. Hünecke (Öko-Institut), Energiepass für Gebäude – Evaluation des Feldversuchs, Schlussbericht an die Deutsche Energieagentur, Karlsruhe, 2005
- [Loga et al. 2005] T. Loga, N. Diefenbach, J. Knissel, R. Born; Kurzverfahren Energieprofil; Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2005
- [Loga / Diefenbach 2006] Loga, Tobias; Diefenbach, Nikolaus (Hrsg.): Concepts for Data Collection and Analysis – Synthesis Report of the EIE project DATAMINE; IWU Darmstadt, Juli 2006
- [Jagnow et al.] K. Jagnow, D. Wolff (für die OPTIMUS-Projektgruppe), Umweltkommunikation in der mittelständischen Wirtschaft am Beispiel der Optimierung von Heizungssystemen durch Information und Qualifikation zur nachhaltigen Nutzung von Energieeinsparpotentialen, Abschlussbericht des von der DBU geförderten Projekts OPTIMUS – Teil 2: Technische Optimierung und Energieeinsparung, www.optimus-online.de, ohne Datum, heruntergeladen Ende 2007
- [Knissel et al. 2005] J. Knissel, R. Alles, R. Born, K. Müller, V. Stercz, Vereinfachte Ermittlung von Primärenergiekennwerten zur Bewertung der wärmetechnischen Beschaffenheit in ökologischen Mietspiegeln, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt 2006
- [proKlima 2006] proKlima Geschäftsstelle, proKlima Jahresbericht 2006, Hannover, 1. Auflage 2007