


TABULA

– Scientific Report Germany –

Further Development of the German Residential Building Typology

The logo features a green circle and a yellow square, both with smaller squares inside them, creating a stylized 'I' and 'W' shape.

IWU Institut
Wohnen und
Umwelt
Institute for Housing and Environment
Darmstadt / Germany
October 2012

www.building-typology.eu



Contract N°: IEE/08/495

Coordinator: Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt / Germany
Project duration: June 2009 - May 2012

The sole responsibility for the content of this publication lies with the authors.
It does not necessarily reflect the opinion of the European Communities. The European Commission
is not responsible for any use that may be made of the information contained therein.

Co-financing of the German project part:

**FORSCHUNGSINITIATIVE
Zukunft BAU**

TABULA - Scientific Report Germany
Further Development of the National Residential Building Typology

Authors: Tobias Loga
Nikolaus Diefenbach
Britta Stein
Rolf Born

published by
Institut Wohnen und Umwelt GmbH
Rheinstraße 65 / D-64295 Darmstadt / GERMANY
www.iwu.de

October 2012

TABULA website: www.building-typology.eu

Contents

Abstract	5
1 Starting Point and Tasks	7
1.1 Previous Building Typology Concepts in Germany	7
1.2 National Activities during the TABULA Project	10
2 The Classification Scheme	11
3 The German Housing Stock	16
3.1 Typological Features of the Housing Stock	16
3.2 Structure Types	19
3.3 Restrictions for Insulation Measures	19
3.4 State and Progress of Refurbishment	20
3.5 Detailed Statistics / Statistical Tables	22
4 Energy Performance of Exemplary Buildings	27
4.1 Building Data	27
4.2 Supply System Data	27
4.3 Energy Performance Calculation	27
4.4 Variants of Heat Supply	30
4.5 Further Evaluations	32
4.6 Building Display Sheets	36
5 Use of the dena EPC Database as information source	39
5.1 Description of the EPC Database	39
5.2 Analysis of the EPC Datasets	41
5.3 Age of the Buildings	41
5.4 U-values	42
5.1 Envelope Areas	44
5.2 Heat Supply Systems	47
5.3 EPC Database Evaluation Résumé	50
6 Model of the national building stock	51
6.1 Building Typology Approach	51
6.2 Available Data	51
6.3 Energy Balance Method	53
6.4 Energy Balance of the Residential Building Stock	54
6.5 Comparison to National Statistical Data of the Residential Building Stock	55
6.6 Calculation of Energy Saving Potentials	56
6.7 Perspectives and Conclusions	57
7 Non-residential Building Stock: Data Situation and Tasks	58
7.1 Existing Typology Concepts	58
7.2 Draft classification scheme for non-residential buildings	64
7.3 Proposed proceeding / link with current national activities	66
7.4 Conclusions	67
8 Conclusions and Outlook	68

Appendix A	– Literature	71
Appendix B	– Construction Element Catalogue	75
Appendix C	– Measures for Upgrading the Thermal Envelope.....	81
Appendix D	– Datasets of Supply System Components	85
Appendix E	– Examples for Building Display Sheets	93
Appendix F	– Analyses of the Energy Performance Certificate Database of the German Energy Agency dena (Detailed Work Report)	107

Abstract

During the national activities of the Intelligent Energy Europe project TABULA previous approaches of typology based building stock energy assessment in Germany have been revised, systematically improved and transformed considering the common TABULA typology structure.

One result is a scheme for the classification of the German residential building stock according to building size and construction year classes. The single elements of the resulting "Building Type Matrix" are the generic "Building Types". Exemplary buildings have been assigned to these types and used for showcasing the existing state and the possible energy savings of rather common German dwellings. The results were depicted in "Building Display Sheets" which form an important part of the German "Building Typology Brochure". The calculation of the energy consumption before and after refurbishment was calibrated to the typical level of measured consumption in order to enable realistic estimations of the possible energy savings. The datasets of the exemplary buildings were then transferred to the TABULA typology structure in order to enable an interactive investigation by use of the TABULA WebTool.

In a further step statistical information has been assigned to the building types, reflecting the number of buildings, the number of apartments and the total living space. Further knowledge about the heat supply systems and the refurbishment state of the buildings made it possible to elaborate a model for the national residential building stock, which images the energy consumption by energyware and which form a consistent basis for national scenario calculations.

Also the question was considered how the typology approach could be translated to the sector of non-residential buildings. A number of existing approaches for classification have been reviewed and the challenges nominated. Since there is only very few statistical information in Germany the need for a survey was emphasised. Moreover, a simplified and harmonized calculation method is required for setting up a building typology that is supposed to be comparable to other countries.

On the European level the German residential building typology – as described in this report – forms part of a set of 15 national typologies, disseminated via the webpage www.building-typology.eu and the associated WebTool.

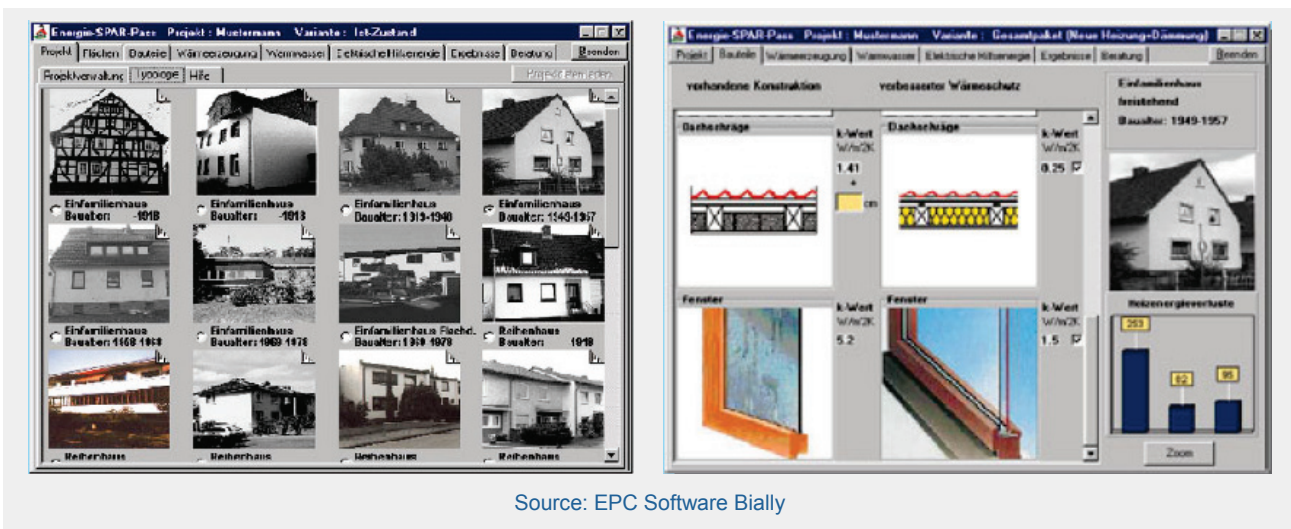
1 Starting Point and Tasks

1.1 Previous Building Typology Concepts in Germany

A first version of the national residential building typology was developed in 1990 on the basis of energy saving audit reports and was applied during scenario analyses to determine the energy saving potentials of the German building stock [IWU 1990]. The German building typology was regularly updated according to new developments (e.g. new energy saving ordinances) and applied as a model for the building stock in several studies (e.g. [FZJülich 1994] [FIZ 1999] [IWU 2003a]). Also a number of regional building typologies have been developed during the past two decades for German cities or provinces (e.g. [ebök/ifeu 1996] [ebök/ifeu 1997] [Eicke-Hennig / Siepe 1997] [GERTEC / UTEC 1999] [ebök 2001] [IWU 2002] [ebök 2003] [IWU 2006a]).

Apart from scenario analyses and energy advice brochures, the regional and national building typologies are also used by a number of software applications as a set of example buildings (see example in Figure 1). This enables a quick showcase analysis in a face-to-face energy advice context and also a demonstration of the software features to users.

Figure 1: Building Typology in an energy advice software, example from Germany

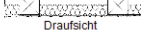
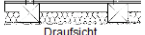


Source: EPC Software Bially

The set of example buildings representing different building types is complemented by catalogues of typical construction elements in which U-values are listed classified by construction year, type, materials etc.: e.g. [Zapke / Ebert 1983] [Eicke-Hennig et al. 1997] [IWU 2004] [IWU 2005a] [ZUB 2009]).

A classification of supply systems by generator type, installation year and other parameters can be found in different sources, for example in [IWU 2004] (tabled values for overall expenditure factors of systems) and in [DIN V 4701-10], [BekEnEV 2009], [IWU 2005a] (tabled values for expenditure factors, losses from the supply, generation, storage and distribution system components). An example is shown in Table 1.

Figure 2: Example for a sub-typology of walls [IWU 2005a]

Außenwände			Ur- zustand	zusätzliche Dämmung							
				2 cm	5 cm	8 cm	12 cm	16 cm	20 cm	30 cm	40 cm
Bauart	typischer Erstellungs- zeitraum	typische Konstruktion	Pauschalwerte für den Wärmedurchgangskoeffizienten in W/(m²K)								
Mauerwerk	bis 1918	Ziegel- oder Bruchstein- mauer ca. 40 cm	2,2	1,05	0,59	0,41	0,29	0,22	0,18	0,13	0,10
Fachwerk	bis 1918	Holzfachwerk mit Lehm- ausfachung	2,0	1,00	0,57	0,40	0,29	0,22	0,18	0,13	0,10
Vollziegel- Mauerwerk	bis 1948	Ziegelmauer- werk, 25 - 38 cm	1,7	0,92	0,54	0,39	0,28	0,22	0,18	0,12	0,09
Vollziegel- Mauerwerk verbessert	bis 1948	einschalig 38 - 51 cm oder zweischalig	1,4	0,82	0,51	0,37	0,27	0,21	0,18	0,12	0,09
leichtes Mauerwerk	1949 bis 1968	Hohlblock- steine, Gitterziegel, Gasbeton	1,4	0,82	0,51	0,37	0,27	0,21	0,18	0,12	0,09
Bims- vollsteine	1949 bis 1968	Mauerwerk aus Bimsvollsteinen	0,9	0,62	0,42	0,32	0,24	0,20	0,16	0,12	0,09
leichtes Mauerwerk	1969 bis 1978	Leicht-Hochloch- ziegel mit Normalmörtel	1,0	0,67	0,44	0,33	0,25	0,20	0,17	0,12	0,09
Betonfertigteile	1969 bis 1978	Dreischicht- oder Leichtbeton- platte	1,1	0,71	0,46	0,34	0,26	0,20	0,17	0,12	0,09
Fertighaus oder Holzbau	1969 bis 1978	Holzständer- wand mit 6 cm Dämmung 	0,6	0,46	0,34	0,27	0,21	0,18	0,15	0,11	0,09
leichtes Mauerwerk	1979 bis 1983	Leicht-Hoch- lochziegel mit Leichtmörtel	0,8	0,57	0,40	0,31	0,24	0,19	0,16	0,11	0,09
Porenbeton	1979 bis 1983	Mauerwerk aus Porenbeton- steinen ("Gasbeton")	0,6	0,46	0,34	0,27	0,21	0,18	0,15	0,11	0,09
Betonfertigteile	1979 bis 1994	Dreischicht- oder Leichtbeton- platte	0,9	0,62	0,42	0,32	0,24	0,20	0,16	0,12	0,09
Fertighaus oder Holzbau	1979 bis 1983	Holzständer- wand mit 8 cm Dämmung 	0,5	0,40	0,31	0,25	0,20	0,17	0,14	0,11	0,08
leichtes Mauerwerk	ab 1984	Leicht-Hoch- lochziegel mit Leichtmörtel	0,6	0,46	0,34	0,27	0,21	0,18	0,15	0,11	0,09
Porenbeton	ab 1984	Mauerwerk aus Porenbeton- steinen ("Gasbeton")	0,5	0,40	0,31	0,25	0,20	0,17	0,14	0,11	0,08

Explanations:

U-values for different wall systems and construction cycles

yellow: without insulation

green: with insulation (variation of insulation layer thickness)

Table 1: Example for a sub-typology of heating systems, here: heat generators for space heating [IWU 2005a]

Hg	Heizwärme Erzeugung		Erzeuger-Aufwandszahl $e_{H,g}$ [-]		Hilfsenergiebedarf $q_{H,g,HE}$ [kWh/(m²a)]
Kürzel	Name	Baualtersklasse	Wohnungsanzahl		Wohnungsanzahl
			1 bis 2	3 und mehr	1 bis 2 3 und mehr
		Basiswert für f_0	2,0	2,0	
		Basiswert für Q_n	24	500	
KTK86	Konstanttemperatur-Kessel	bis 1986	1,33	1,21	2,4 0,4
KTK94	Konstanttemperatur-Kessel	1987 bis 1994	1,29	1,18	2,4 0,4
KTK95	Konstanttemperatur-Kessel	ab 1995	1,26	1,14	2,4 0,4
NTK86	Niedertemperatur-Kessel	bis 1986	1,23	1,18	2,4 0,4
NTK94	Niedertemperatur-Kessel	1987 bis 1994	1,18	1,12	2,4 0,4
NTK95	Niedertemperatur-Kessel	ab 1995	1,12	1,08	2,4 0,4
BWK86	Brennwert-Kessel	bis 1986	1,11	1,07	2,4 0,4
BWK94	Brennwert-Kessel	1987 bis 1994	1,08	1,04	2,4 0,4
BWK95	Brennwert-Kessel	ab 1995	1,06	1,03	2,4 0,4
GT94	Gas-Therme (Umlaufwasserheizer)	bis 1994	1,16	1,16	2,4 0,4
GT95	Gas-Therme (Umlaufwasserheizer)	ab 1995	1,08	1,08	2,4 0,4
GBT94	Gas-Brennwert-Therme	bis 1994	1,07	1,07	2,4 0,4
GBT95	Gas-Brennwert-Therme	ab 1995	0,99	0,99	2,4 0,4
WPE94	Elektro-Wärmepumpe Erdreich oder Grundw.	bis 1994	0,32	0,32	1,4 1,0
WPE94mHS	Elektro-WP Erdreich oder Grundw. mit Heizstab	bis 1994	0,36	0,36	1,4 1,0
WPE95	Elektro-Wärmepumpe Erdreich oder Grundw.	ab 1995	0,29	0,29	1,4 1,0
WPE95mHS	Elektro-WP Erdreich oder Grundw. mit Heizstab	ab 1995	0,32	0,32	1,4 1,0
WPL94	Elektro-Wärmepumpe Außenluft	bis 1994	0,42	0,42	1,4 1,0
WPL94mHS	Elektro-Wärmepumpe Außenluft mit Heizstab	bis 1994	0,45	0,45	1,4 1,0
WPL95	Elektro-Wärmepumpe Außenluft	ab 1995	0,35	0,35	1,4 1,0
WPL95mHS	Elektro-Wärmepumpe Außenluft mit Heizstab	ab 1995	0,38	0,38	1,4 1,0
FWU	Fernwärme-Übergabestation	-	1,02	1,02	0,0 0,0
Öelofen	Ölbefuerter Einzelöfen mit Verdampfungsbr.	-	1,40	1,40	0,0 0,0
Ofen	Kohle- oder Holzöfen	-	1,60	1,60	0,0 0,0
GRH	Gasraumheizer	-	1,40	1,40	0,0 0,0
ESz	zentraler Elektro-Speicher	-	1,00	1,00	0,0 0,0
ENSp	Elektro-Nachtspeicherheizung	-	1,00	1,00	0,0 0,0
EDHG	Elektro-Direktheizergeräte	-	1,00	1,00	0,0 0,0
TSA	Thermische Solaranlage	-	0,00	0,00	0,0 0,0

Explanations:

- rows: different types of heat generators (boilers and heat pumps also arranged according to installation period)
- columns yellow: expenditure factor (1/efficiency) of the generators when installed in single (left value) or multi-family houses (right value)
- columns red: auxiliary electric energy demand per m² living space

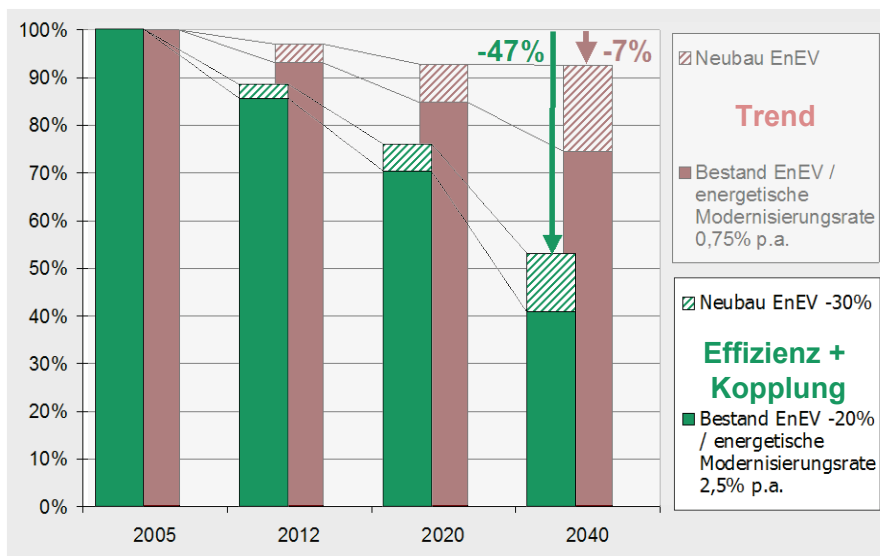


Figure 3:

Example for the application of a regional building typology: Calculation of the carbon dioxide emission reduction potential for a region by use of a building typology

“Hessische Gebäudetypologie” = building typology of the province Hesse, source: [IWU 2005b]

1.2 National Activities during the TABULA Project

Starting from the mentioned experiences and concepts the tasks during the national activities of the TABULA project were:

- Adapt the classification scheme to fit the harmonised concept.
- Transfer data of exemplary buildings to the common structure.
- Define consistent heating systems and quantify their typical energy performance.
- Define a set of energy refurbishment measures and make energy balance calculations using the national method (EnEV) and the TABULA reference calculation procedure.
- Find factors to adapt the calculations to the typical level of measured consumption.
- Develop "Building Display Sheets" for demonstration of the energy performance and the potential savings of the exemplary buildings.
- Collect national building stock statistics by use of the common framework for statistical data.
- Elaborate a "Building Typology Brochure" including results of calculations, national statistics and building display sheets in German language.
- Use the typology approach for an assessment of the energy consumption of the whole buildings stock.
- Investigate the possibilities to apply a similar concept to the sector of non-residential buildings and describe the necessary steps.

The details and results of these activities are described in the next chapters.

2 The Classification Scheme

The construction year is an important criterion, because in the course of time different construction principles and materials were used, but also the typical construction element areas (e.g. window sizes) changed, which both have a significant influence on the energy need for heating. The construction year classes are oriented at historical breaks, time categories of statistical enquiries and changes in the energy relevant building codes. Following this, the German building stock has been subdivided into the following time bands:

Table 2: Characterisation of the different construction year classes

N°	Construction Year Class	Historical Period	Characterisation
1	A	... 1859	pre-industrial period, characterised by handcraft; built on experiences; hardly no legal requirements; use of locally available materials
2	B	1860 ... 1918	period of promotorism ("Gründerzeit"), rapid expansion of the cities and growing industrialisation; standardisation of construction principles; different regional manifestations
3	C	1919 ... 1948	increasing industrialised production of building materials; use of cost efficient material-saving constructions; standardisation on national level
4	D	1949 ... 1957	simple building techniques of the post-war period; often use of debris materials; further development of construction standards (introduction of DIN 4108 – "Wärmeschutz im Hochbau" in 1952); introduction of social housing principles
5	E	1958 ... 1968	requirements on thermal insulation in force (DIN 4108 – "Wärmeschutz im Hochbau"); further industrialisation of building construction; development of panel buildings (GDR: "Plattenbauten")
6	F	1969 ... 1978	new industrial building techniques (sandwich elements); also introduction of pre-fabricated single family houses (lightweight constructions "Fertighaus"); thermal insulation becomes more relevant in consequence of the first oil crisis
7	G	1979 ... 1983	1 st thermal protection ordinance (1. Wärmeschutzverordnung)
8	H	1984 ... 1994	2 nd thermal protection ordinance (2. Wärmeschutzverordnung); GDR: further improved insulation ("Rationalisierungsstufe III") market introduction of low energy houses, supported by regional grant programmes
9	I	1995 ... 2001	3 rd thermal protection ordinance (3. Wärmeschutzverordnung); consideration of a bonus in the tax in case of realisation of a low energy house
10	J	2002 ... 2009	energy saving ordinance ("EnEV 2002"), considering building and heat supply system; KfW grant programmes ("KfW-Energiesparhaus 60 and 40", Passive Houses)
11	K	2010 ...	new requirements of energy saving ordinance ("EnEV 2009") on the level of low energy buildings new KfW grant programme regulations ("KfW-Effizienzhaus 70, 55 and 40", Passive Houses)

The TABULA classification scheme of the German housing stock is based on previous works [IWU 1990] [IWU 2003a]. The existing building type matrix was modified by introducing a distinction between generic building types ("Basis-Typen") and further building types ("Sonderfälle") (Figure 4). The generic types now cover the complete residential building stock – that means that in general it should be possible to assign an arbitrary residential building to one of these types. In consequence, the number of buildings assigned to each generic building type will – summarised over all types – provide in sum the total number of residential buildings.

The further building types ("Sub-Typen") are subsets of the building stock characterised by special features: special architectural designs or structures, construction principles, materials which can either influence the energy performance of the building or be relevant for the selection of refurbishment measures.

The intention of the building photographs in the matrix is to visualise the building types and do not lay claim to be representative. They correspond to the exemplary buildings documented in chapter 4.

Figure 4: German residential building type matrix – national version
– definition of generic building types ("Basis-Typen") and additional subtypes ("Sonderfälle")

Baualtersklasse				EFH	RH	MFH	GMH	HH
				Basis-Typen				
A	bis 1859			EFH_A		MFH_A		
B	1860 - 1918			EFH_B	RH_B	MFH_B	GMH_B	
C	1919 - 1948			EFH_C	RH_C	MFH_C	GMH_C	
D	1949 - 1957			EFH_D	RH_D	MFH_D	GMH_D	
E	1958 - 1968			EFH_E	RH_E	MFH_E	GMH_E	HH_E
F	1969 - 1978			EFH_F	RH_F	MFH_F	GMH_F	HH_F
G	1979 - 1983			EFH_G	RH_G	MFH_G		
H	1984 - 1994			EFH_H	RH_H	MFH_H		
I	1995 - 2001			EFH_I	RH_I	MFH_I		
J	2002 - 2009			EFH_J	RH_J	MFH_J		
Sonderfälle	F/F	1969 - 1978	Fertig- haus	EFH_F/F				
	NBL_D	1946 - 1960	Neue Bundesländer industrieller Wohnungsbau			NBL_MFH_D		
	NBL_E	1961 - 1969				NBL_MFH_E		
	NBL_F	1970 - 1980					NBL_GMH_F	NBL_HH_F
	NBL_G	1981 - 1985					NBL_GMH_G	NBL_HH_G
	NBL_H	1986 - 1990					NBL_GMH_H	











Explanations:

EFH = single-family house (SFH); RH = terraced house (TH); MFH = multi-family house (MFH); GMH = apartment block (AB); HH = high-rise building

Figure 5: German residential building type matrix according to the common TABULA classification scheme – generic building types

	Region	Construction Year Class	Additional Classification	SFH Single-Family House	TH Terraced House	MFH Multi-Family House	AB Apartment Block
1	National (nicht regional spezifiziert)	... 1859	Generic (Basis-Typ)	 DE.N.SFH.01.Gen		 DE.N.MFH.01.Gen	
2	National (nicht regional spezifiziert)	1860 ... 1918	Generic (Basis-Typ)	 DE.N.SFH.02.Gen	 DE.N.TH.02.Gen	 DE.N.MFH.02.Gen	 DE.N.AB.02.Gen
3	National (nicht regional spezifiziert)	1919 ... 1948	Generic (Basis-Typ)	 DE.N.SFH.03.Gen	 DE.N.TH.03.Gen	 DE.N.MFH.03.Gen	 DE.N.AB.03.Gen
4	National (nicht regional spezifiziert)	1949 ... 1957	Generic (Basis-Typ)	 DE.N.SFH.04.Gen	 DE.N.TH.04.Gen	 DE.N.MFH.04.Gen	 DE.N.AB.04.Gen
5	National (nicht regional spezifiziert)	1958 ... 1968	Generic (Basis-Typ)	 DE.N.SFH.05.Gen	 DE.N.TH.05.Gen	 DE.N.MFH.05.Gen	 DE.N.AB.05.Gen
6	National (nicht regional spezifiziert)	1969 ... 1978	Generic (Basis-Typ)	 DE.N.SFH.06.Gen	 DE.N.TH.06.Gen	 DE.N.MFH.06.Gen	 DE.N.AB.06.Gen
7	National (nicht regional spezifiziert)	1979 ... 1983	Generic (Basis-Typ)	 DE.N.SFH.07.Gen	 DE.N.TH.07.Gen	 DE.N.MFH.07.Gen	
8	National (nicht regional spezifiziert)	1984 ... 1994	Generic (Basis-Typ)	 DE.N.SFH.08.Gen	 DE.N.TH.08.Gen	 DE.N.MFH.08.Gen	
9	National (nicht regional spezifiziert)	1995 ... 2001	Generic (Basis-Typ)	 DE.N.SFH.09.Gen	 DE.N.TH.09.Gen	 DE.N.MFH.09.Gen	
10	National (nicht regional spezifiziert)	2002 ...	Generic (Basis-Typ)	 DE.N.SFH.10.Gen	 DE.N.TH.10.Gen	 DE.N.MFH.10.Gen	

Figure 6: German residential building type matrix according to the common TABULA classification scheme – examples for further building types

11	National (nicht regional spezifiziert)	1969 ... 1978	Light Frame Structure (Fertighaus / Leichtbau)					
12	National (nicht regional spezifiziert)	1958 ... 1968	High-Rise Building (Hochhaus)					DE.N.AB.05.HR
13	National (nicht regional spezifiziert)	1969 ... 1978	High-Rise Building (Hochhaus)					DE.N.AB.06.HR
14	Eastern Germany / former GDR (neue Bundesländer)	1949 ... 1957	Generic (Basis-Typ)					DE.East.MFH.04.Gen
15	Eastern Germany / former GDR (neue Bundesländer)	1958 ... 1968	Generic (Basis-Typ)					DE.East.MFH.05.Gen
16	Eastern Germany / former GDR (neue Bundesländer)	1969 ... 1978	Generic (Basis-Typ)					DE.East.AB.06.Gen
17	Eastern Germany / former GDR (neue Bundesländer)	1979 ... 1983	Generic (Basis-Typ)					DE.East.AB.07.Gen
18	Eastern Germany / former GDR (neue Bundesländer)	1984 ... 1994	Generic (Basis-Typ)					DE.East.AB.08.Gen
19	Eastern Germany / former GDR (neue Bundesländer)	1969 ... 1978	High-Rise Building (Hochhaus)					DE.East.AB.06.HR
20	Eastern Germany / former GDR (neue Bundesländer)	1979 ... 1983	High-Rise Building (Hochhaus)					DE.East.AB.07.HR

3 The German Housing Stock

3.1 Typological Features of the Housing Stock

Indications about the frequencies of the different building types have been evaluated and published earlier (e.g. [IWU 1990], [IWU 1996], [IWU 2007]). Recently a representative survey of the German building stock has been carried out which not only quantifies the numbers of buildings but also the refurbishment stage. The investigation "Datenbasis Gebäudebestand" [IWU 2010] includes the data of more than 7,300 questionnaires which were filled in by owners of residential buildings. In this survey a comprehensive data set was collected about the energy saving measures (insulation measures, heat supply systems, solar systems) which were carried out - at the time of building construction or during later building modernisation. The statistics shown in the following charts are based on this study. Further details can be found in the report of this project [IWU 2010].

The largest fraction of the German housing stock consists of buildings with 1 or 2 apartments (83%). Thereof 73% are classical detached single family or terraced houses, the rest are duplex buildings or single family houses with an additional small apartment. Most of the multi-family houses (54%) are buildings with 3 or 4 dwellings. The largest part of the single-family houses has 2 complete conditioned storeys, in case of multi-family houses 3 to 4 storeys are predominating.

Figure 7: Number of dwellings and complete storeys per building
percentages are related to the relevant number of buildings / source: [IWU 2010]

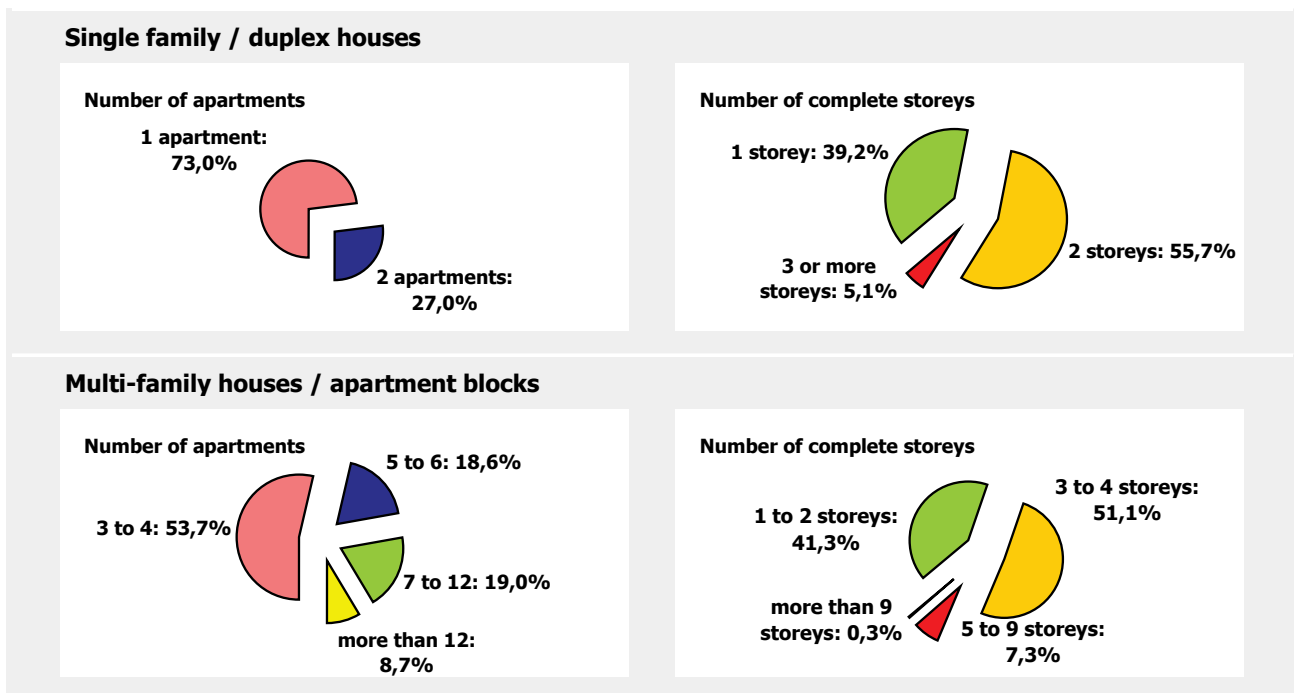
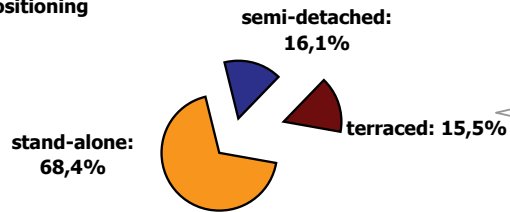


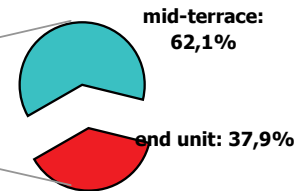
Figure 8: Constructive forms of residential buildings
percentages are related to the relevant number of buildings / source: [IWU 2010]

Single family / duplex houses

Positioning



Terraced buildings



Multi-family houses / apartment blocks

Positioning



Terraced buildings

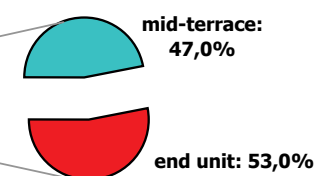
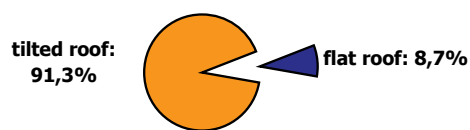


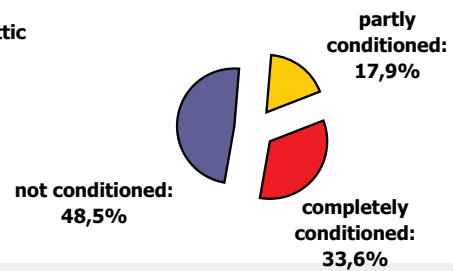
Figure 9: Roof and cellar types in old buildings (built until 1978)
percentages are related to the relevant number of buildings / source: [IWU 2010]

Roof types in old buildings

Type of roof



Attic



Cellar types in old buildings

Cellar

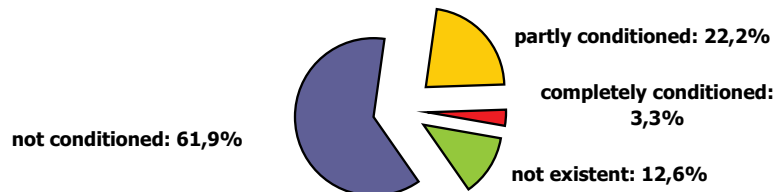






































Table 3: Living space and frequencies of dwellings and residential buildings in the German building stock (generic types, status: end 2009)

		Baualtersklassen										Summe	Anteil
		bis 1860 A **	1861 - 1918 B **	1919 - 1948 C	1949 - 1957 D	1958 - 1968 E	1969 - 1978 F	1979 - 1983 G	1984 - 1994 H	1995 - 2001 I	2002 - 2009 J		
Gebäudetypen *	EFH												
	Wohnfläche in Mio. m ²	51	155	173	127	221	213	111	148	152	114	1.465	43%
	Anzahl Wohnungen in Tsd.	510	1.370	1.720	1.240	2.150	1.930	940	1.230	1.250	880	13.220	34%
	Anzahl Wohngebäude in Tsd.	370	1.040	1.280	920	1.580	1.470	750	1.040	1.080	790	10.320	57%
	RH												
	Wohnfläche in Mio. m ²		43	91	57	76	78	47	66	62	37	557	16%
	Anzahl Wohnungen in Tsd.		470	960	570	770	760	400	590	540	310	5.370	14%
	Anzahl Wohngebäude in Tsd.		350	800	480	670	650	380	540	500	300	4.670	26%
	MFH												
	Wohnfläche in Mio. m ²	13	112	134	131	197	109	69	76	119	41	1.001	29%
	Anzahl Wohnungen in Tsd.	170	1.490	1.920	2.000	2.800	1.500	990	1.060	1.600	510	14.040	36%
	Anzahl Wohngebäude in Tsd.	50	380	460	390	550	320	160	210	200	70	2.790	15%
	GMH ***												
	Wohnfläche in Mio. m ²		10	17	31	84	127	39	84			392	11%
	Anzahl Wohnungen in Tsd.		180	260	570	1.450	2.480	570	1.290			6.800	17%
	Anzahl Wohngebäude in Tsd.		10	10	30	60	80	30	40			260	1%
Wohnfläche in Mio. m²		64	320	415	346	578	527	266	374	333	192	3.415	
Anteil		2%	9%	12%	10%	17%	15%	8%	11%	10%	6%		
Anzahl Wohnungen in Tsd.		680	3.510	4.860	4.380	7.170	6.670	2.900	4.170	3.390	1.700	39.430	
Anteil		2%	9%	12%	11%	18%	17%	7%	11%	9%	4%		
Anzahl Wohngebäude in Tsd.		420	1.780	2.550	1.820	2.860	2.520	1.320	1.830	1.780	1.160	18.040	
Anteil		2%	10%	14%	10%	16%	14%	7%	10%	10%	6%		

(*) EFH = Einfamilienhaus, RH = Reihenhaushaus, MFH = Mehrfamilienhaus, GMH = großes Mehrfamilienhaus

(**) Baualtersklasse A + B: Vorkommen nur als Summenwert bekannt, Zuordnung vereinfacht nach Konstruktionsprinzip (Fachwerk --> A / massiv --> B)

(***) GMH ab Baualtersklasse I: Häufigkeiten in MFH enthalten, da Differenzierung zu ungenau

IWU

EFH = single-family house (SFH)

RH = terraced house (TH)

MFH = multi-family house (MFH)

GMH = apartment block (AB)

"Wohnfläche"

"Anzahl Wohnungen"

"Anzahl Wohngebäude"

= living space

= number of dwellings

= number of residential buildings

Diverse construction activities can be found during the different time bands. There are periods with high frequencies, like the 50s and 60s of the 20th century (construction year classes N° 5 and 6 / time bands "E" and "F", see Table 3). In this table it is also remarkable that 53% of the dwellings can be found in multi-unit houses but these have only a share of 17% in the total number of residential buildings.

Figure 8 is representing the neighbour situation of the buildings: Nearly 70% of the single-/double-unit houses are detached buildings, the rest equally splits up to semi-detached and terraces houses. From the terraced buildings one third is end unit and two thirds are mid-terrace. From the multi-family houses 40% are detached, the rest – as far as positioned in a row – is equally split into mid and end units.

Figure 9 is displaying the types of roofs/attics and cellars of existing buildings. 91% of the buildings have a tilted, the rest a flat roof. About half of the attics are not heated, most of the rest is completely heated. Most of the buildings have an unheated cellar (60%), a smaller fraction partly heated cellars (22%). In 13% of the buildings no cellar storey is existing, 3% of the buildings have a completely heated cellar.

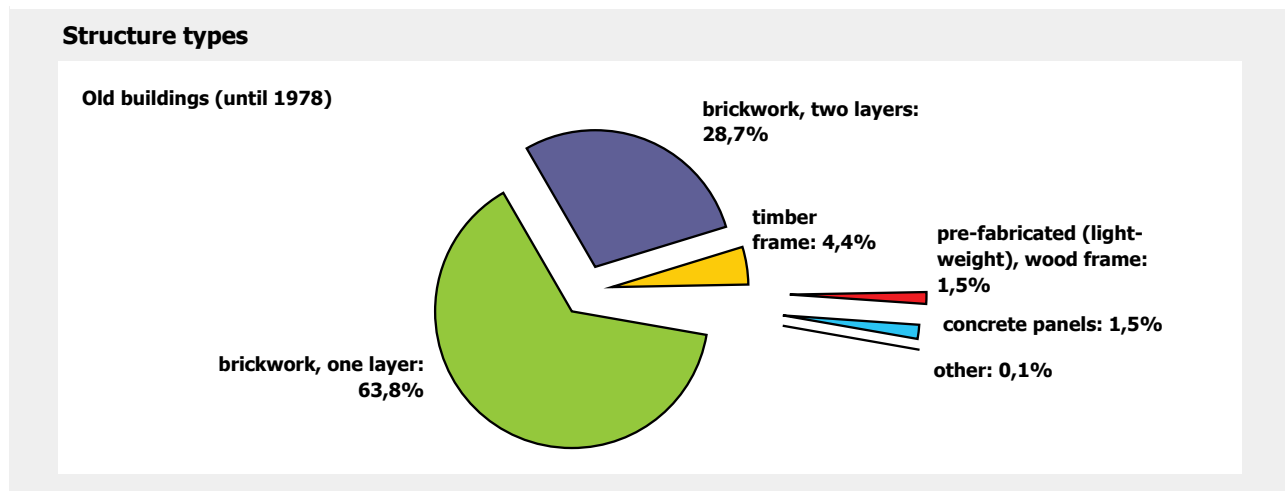
The total numbers of buildings, the living space and number of dwellings by construction year and building size class are displayed by Table 3. The numbers were derived from a representative sur-

vey of German residential buildings [IWU 2010]. In case of small subsets (like GMH) considerable statistical errors have to be considered so that the numbers can be used for extrapolation of energy properties of the total German building stock or large subsets but not for a detailed analysis of housing data.

3.2 Structure Types

The dominant structure of the German housing stock is that of brickwork, which can be found for 64% in form of one layer and in further 29% in form of two layers with cavity. Only small fractions of houses are based on timber frame constructions or are pre-fabricated (concrete or lightweight panels). Attention should be paid to the fact that these numbers are related to the numbers of buildings but not to the total floor area. 1.5 % of all buildings are concrete panel buildings, whereas narrowed to multi-unit houses the number is 8%.

Figure 10: Structure types of old residential buildings (built until 1978)
percentages are related to the relevant number of buildings / source: [IWU 2010]



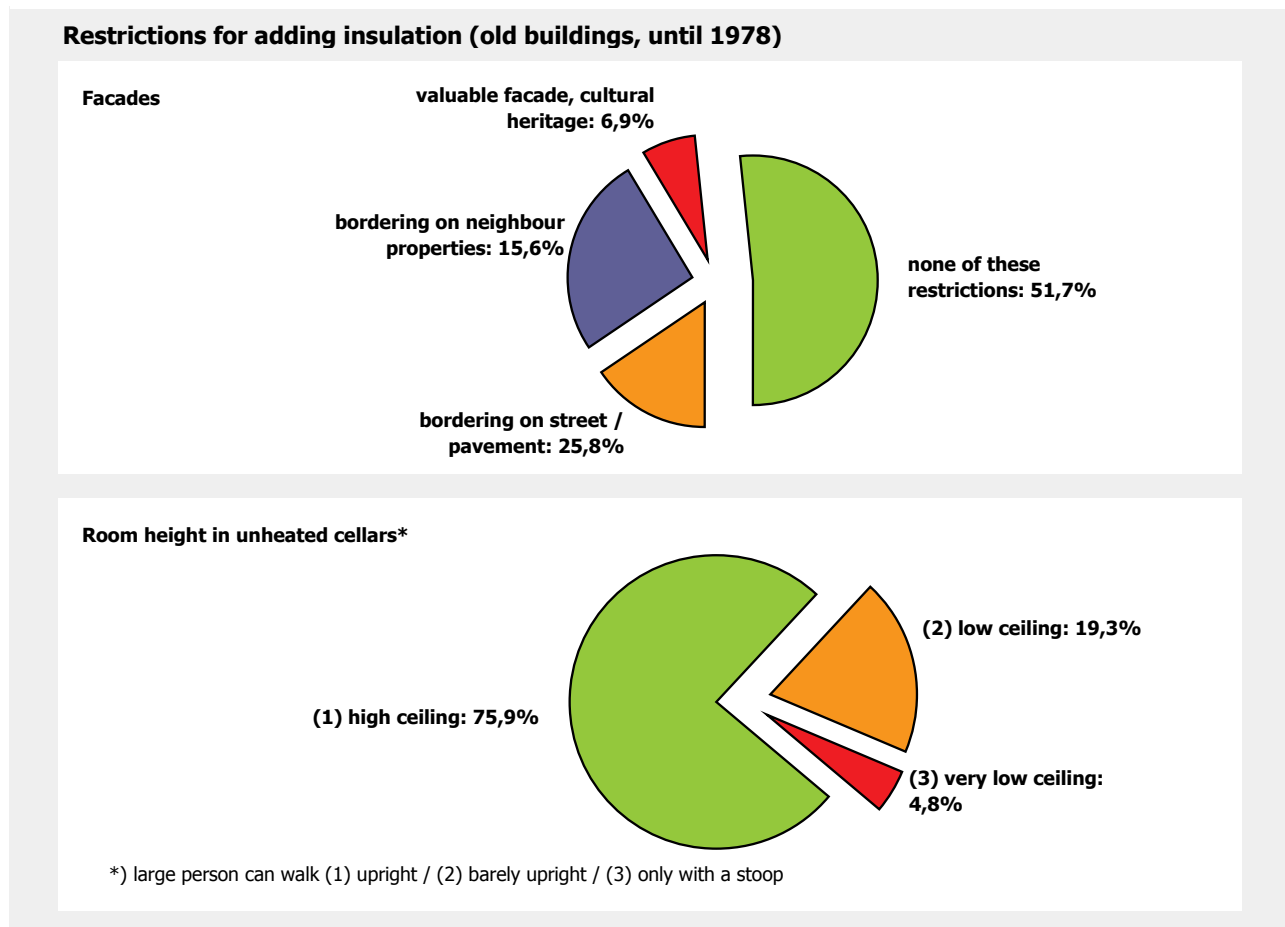
3.3 Restrictions for Insulation Measures

In order to assess the possibilities for adding external insulation to the walls the large housing survey [IWU 2010] revealed that for about half of the old buildings restrictions are existing (Figure 11): The largest part (26%) of these buildings are situated bordering on a street or a pavement, a smaller part on neighbour properties – but it could not be determined how many of these areas would be narrowed too much by external insulation. Furthermore, 7% of the buildings have a valuable façade/ façades worth protecting.

It must of course be noticed that in many cases only partial areas of the façades are affected, so that the total external wall area facing these restrictions will be much smaller.

A further restriction would be the height of cellar rooms in case that insulation is added beneath the cellar ceiling: For about 5% of the buildings t heavy constraints seem to exist because of a very low ceiling. In further 19% of the cases the ceiling is rather low so that perhaps the possible insulation thickness would be limited.

Figure 11: Restrictions for adding insulation to old residential buildings (built until 1978)
percentages are related to the relevant number of buildings / source: [IWU 2010]



3.4 State and Progress of Refurbishment

A special target of the housing survey [IWU 2010] was to investigate the current status of thermal refurbishment and the annual implementation rates. The results are displayed by the following charts.

Nearly 50% of the roof area of the “old” German housing stock (erected until 1978) has already been thermally upgraded in the past. The annual insulation rate is currently at about 1.5 %. The average insulation thickness has significantly increased during the last decade. Starting from 12 cm in the nineties it has now attained about 18 cm.

The upgrading of windows is performed with a similar annual rate. Nearly 40% of the windows already have low-e glazing.

The progress of wall insulation is much smaller: Insulation measures have been carried out for about 20% of the wall area, the annual rate is below 1%. Nevertheless, the average insulation thickness has increased from 8 cm to 14 cm.

The poorest refurbishment state can be found in case of the floors / cellar ceilings: 10% of the overall area has been upgraded in the past; the annual rate is currently 0.4%. The average insulation thickness has increased from 7 to 12 cm in the last decade.

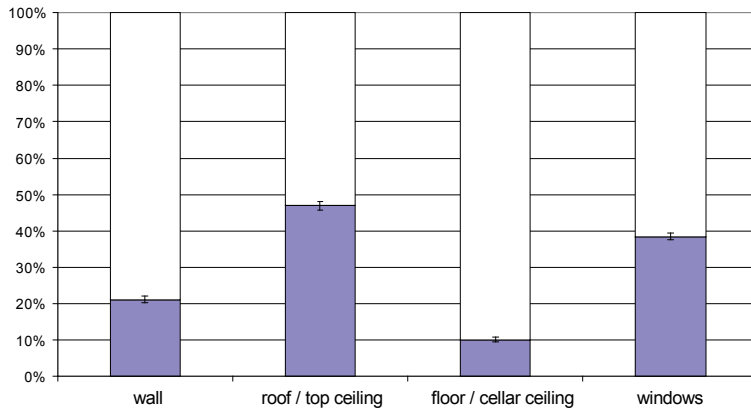


Figure 12:

Fraction of thermal protection modernisation measures, carried out in the past at „old buildings“ constructed until 1978, area fraction

in case of windows: thermal protection glazing (low-e)

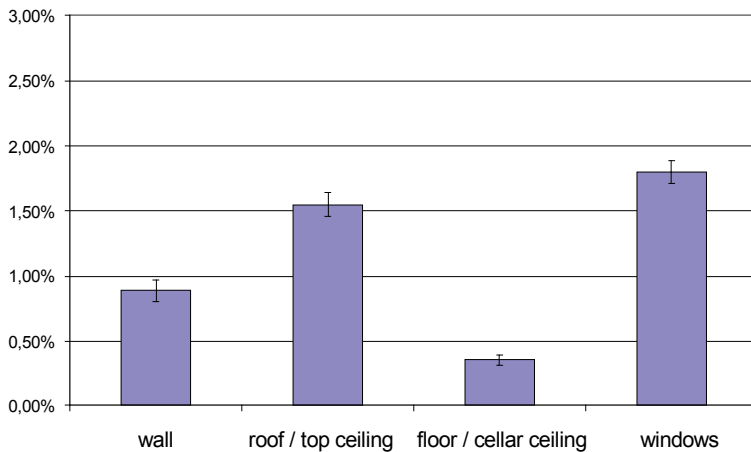


Figure 13:

Annual insulation rates („old buildings“, area fraction)

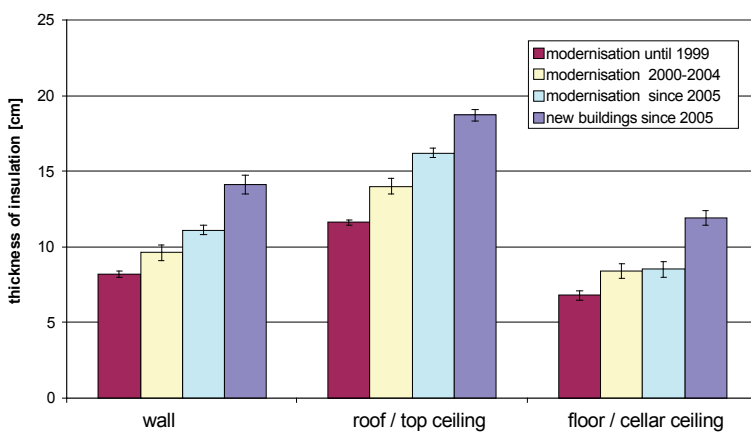


Figure 14:

Average thickness of insulation layers: Modernisation measures (three periods) and new buildings

3.5 Detailed Statistics / Statistical Tables

The following tables, which were elaborated in the course of the TABULA project, contain the available statistical numbers in detail. The numbering and heading follows the common TABULA concept (see <http://www.building-typology.eu/tabula-concept.html>). A current version of the statistical tables can be found on the country pages of the TABULA website: <http://www.building-typology.eu/country/typology-de.html>.

Table 4: Structure of the statistical tables according to the TABULA concept

Statistical Table	Item	Remarks
S-1.1	Frequency of building types of the national building stock	
S-1.2.1	Percentage of thermally refurbished envelope areas	[1]
S-1.2.2	Information on insulation level and window types	[1]
S-2.1	Centralisation of the heat supply (for space heating)	[1]
S-2.2	Heat distribution and storage of space heating systems	[1]
S-2.3	Heat generation of space heating systems	[1]
S-2.4	Heat distribution and storage of domestic hot water systems	[1]
S-2.5	Heat generation of domestic hot water systems	[1]
S-2.6	Solar thermal systems	[1]
S-2.7	Ventilation systems	[1]
S-2.8	Air-conditioning systems	[1]
S-2.9	Control of central heating systems	

[1] Source: Analysis carried out with the data of the survey “Datenbasis Gebäudebestand” [IWU 2010]. The numbers reflect the German residential building stock at the end of the year 2009.

Table 5: Frequency of building types of the national building stock (Statistic S-1.1)

construction year class		SFH	TH	MFH	AB	sum	fraction
		number of buildings (1000)					
1	... 1859	370		50		420	2%
2	1860 ... 1918	1 040	350	380	10	1 780	10%
3	1919 ... 1948	1 280	800	460	10	2 550	14%
4	1949 ... 1957	920	480	390	30	1 820	10%
5	1958 ... 1968	1 580	670	550	60	2 860	16%
6	1969 ... 1978	1 470	650	320	80	2 520	14%
7	1979 ... 1983	750	380	160	30	1 320	7%
8	1984 ... 1994	1 040	540	210	40	1 830	10%
9	1995 ... 2001	1 080	500	200		1 780	10%
10	2002 ...	790	300	70		1 160	6%
sum		10 320	4 670	2 790	260	18 040	100%
fraction		57%	26%	15%	1%	100%	
construction year class		SFH	TH	MFH	AB	sum	fraction
		number of dwellings (1000)					
1	... 1859	510		170		680	2%
2	1860 ... 1918	1 370	470	1 490	180	3 510	9%
3	1919 ... 1948	1 720	960	1 920	260	4 860	12%
4	1949 ... 1957	1 240	570	2 000	570	4 380	11%
5	1958 ... 1968	2 150	770	2 800	1 450	7 170	18%
6	1969 ... 1978	1 930	760	1 500	2 480	6 670	17%
7	1979 ... 1983	940	400	990	570	2 900	7%
8	1984 ... 1994	1 230	590	1 060	1 290	4 170	11%
9	1995 ... 2001	1 250	540	1 600		3 390	9%
10	2002 ...	880	310	510		1 700	4%
sum		13 220	5 370	14 040	6 800	39 430	100%
fraction		34%	14%	36%	17%	100%	
construction year class		SFH	TH	MFH	AB	sum	fraction
		living space (million m²)					
1	... 1859	51		13		64	2%
2	1860 ... 1918	155	43	112	10	320	9%
3	1919 ... 1948	173	91	134	17	415	12%
4	1949 ... 1957	127	57	131	31	346	10%
5	1958 ... 1968	221	76	197	84	578	17%
6	1969 ... 1978	213	78	109	127	527	15%
7	1979 ... 1983	111	47	69	39	266	8%
8	1984 ... 1994	148	66	76	84	374	11%
9	1995 ... 2001	152	62	119		333	10%
10	2002 ...	114	37	41		192	6%
sum		1465	557	1001	392	3415	100%
fraction		43%	16%	29%	11%	100%	
construction year class		SFH	TH	MFH	AB	sum	fraction
		TABULA reference area (million m²)					
1	... 1859	56		14		70	2%
2	1860 ... 1918	171	47	123	11	352	9%
3	1919 ... 1948	190	100	147	19	457	12%
4	1949 ... 1957	140	63	144	34	381	10%
5	1958 ... 1968	243	84	217	92	636	17%
6	1969 ... 1978	234	86	120	140	580	15%
7	1979 ... 1983	122	52	76	43	293	8%
8	1984 ... 1994	163	73	84	92	411	11%
9	1995 ... 2001	167	68	131		366	10%
10	2002 ...	125	41	45		211	6%
sum		1612	613	1101	431	3757	100%
fraction		43%	16%	29%	11%	100%	

Table 6: Aggregation for Building Stock Model

		construction period	number of buildings	number of apartments	living space (1000 m ²)	Tabula reference (1000 m ²)
"Single Family Houses" (<= 2 apartments)	SFH I	until 1978	9610000	12450000	1285000	1413500
	SFH II	1979 - 1994	2710000	3160000	372000	409200
	SFH II	1995 - 2009	2670000	2980000	365000	401500
"Multi Family Houses" (>=3 apartments)	MFH I	until 1978	2340000	14820000	965000	1061500
	MFH II	1979 - 1994	440000	3910000	268000	294800
	MFH III	1995 - 2009	270000	2110000	160000	176000
			18040000	39430000	3415000	3756500

Table 7: Percentage of thermally refurbished envelope areas (Statistic S-1.2.1)

Percentage of modernised element area (with improved thermal protection) percentages related to building numbers of the respective classes SFH I - MFH II				
Building classes	SFH I	SFH II	MFH I	MFH II
	until 1978	1979-1994	until 1978	1979-1994
walls	20%	7%	26%	15%
roofs / upper floor ceilings	47%	24%	48%	23%
basement / cellar ceiling	10%	3%	11%	7%
windows*	35%	12%	44%	24%

modernisation of buildings erected after 1995 (SFH III and MFH III) neglected

*percentage of thermal protection glazing (window installation after 1995)

Table 8: Insulation thicknesses of refurbished Elements (S-1.2.2.1)

Average values of insulation layer thickness (numbers related to modernised elements)	
walls	8,7 cm
roofs / upper floor ceilings	12,8 cm
basement / cellar ceiling	7,5 cm

Table 9: Centralisation of the heat supply (for space heating) (Statistic S-2.1)

percentages related to: numbers of dwellings in all residential buildings of the classes SFH I - MFH III						
	SFH			MFH		
	SFH I (- 1978)	SFH II (1979 - 94)	SFH III (1995 - 2009)	MFH I (- 1978)	MFH II (1979 - 94)	MFH III (1995 - 2009)
Centralisation of Heat- ing System						
District Heating	1.4%	2.3%	3.6%	12.0%	22.2%	11.6%
Building / Apartment Heating Systems	88.4%	93.4%	94.1%	81.9%	75.1%	88.0%
Room Heating Systems	10.2%	4.3%	2.3%	6.1%	2.7%	0.4%

**Table 10: Heat distribution and storage of space heating systems
(Statistic S-2.2)**

Heat distribution and storage for space heating percentages related to number of dwellings in buildings of classes SFH I- MFH III which are supplied by building / apartment or district heating systems						
	SFH I	SFH II	SFH III	MFH I	MFH II	MFH III
level 1: "high heat losses"	31%	0%	0%	39%	0%	0%
level 2: "medium heat losses"	28%	61%	30%	33%	85%	74%
level 3: "low heat losses"	13%	8%	23%	19%	9%	22%
level 4: "no heat losses"	29%	31%	48%	9%	5%	4%

level 1: installed until 1979, not modernised, level 2: installed or modernised 1980-2000, level 3: improved standard (circa since 2001)

level 4: heat distribution only in the heated part of the building (here: apartment heating systems)

**Table 11: Heat generator types for space heating
(Statistic S-2.3.1)**

percentages related to: dwellings in all residential buildings of the classes SFH I - MFH III							
Heat Generators for Space Heating		SFH I	SFH II	SFH III	MFH I	MFH II	MFH III
Heat Generators	Energy Carrier						
District Heating							
	District Heating	1.4%	2.3%	3.6%	12.0%	22.2%	11.6%
Building / Apartment Heating Systems							
Boilers	Gas	43.6%	48.1%	66.4%	52.5%	61.9%	77.9%
	Oil	39.4%	40.6%	18.7%	25.6%	12.7%	5.2%
	Biomass	4.1%	3.0%	2.9%	2.3%	0.5%	3.2%
	Coal	0.3%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
Heat Pump	Electricity	1.0%	1.7%	6.1%	1.3%	0.0%	1.4%
	Gas	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
CHP Engine	Gas	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.3%
direct electric	Electricity	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Room Heating Systems							
Stoves	Gas	1.4%	0.0%	0.0%	1.2%	0.1%	0.0%
	Oil	1.4%	0.3%	0.2%	0.9%	0.1%	0.0%
	Biomass	3.8%	0.3%	0.8%	1.3%	0.0%	0.0%
	Coal	0.7%	0.0%	0.0%	0.6%	0.0%	0.0%
direct electric	Electricity	2.9%	3.7%	1.3%	2.1%	2.5%	0.4%

**Table 12: Energy carriers for space heating
(Statistic S-2.3.2)**

percentages related to: dwellings in all residential buildings of the classes SFH I - MFH III						
	SFH I	SFH II	SFH III	MFH I	MFH II	MFH III
Summary: Energy Carriers						
District Heating	1.4%	2.3%	3.6%	12.0%	22.2%	11.6%
Gas	45.0%	48.1%	66.4%	53.8%	62.0%	78.2%
Oil	40.8%	40.9%	18.9%	26.5%	12.8%	5.2%
Biomass	7.9%	3.3%	3.7%	3.6%	0.5%	3.2%
Coal	1.0%	0.0%	0.0%	0.7%	0.0%	0.0%
Electricity	3.9%	5.4%	7.4%	3.4%	2.5%	1.8%

Table 13: Heat distribution and storage of domestic hot water systems (Statistic S-2.4)

Heat distribution and storage for space heating percentages related to number of dwellings in buildings of classes SFH I- MFH III only buildings where the hot water is provided by the main heat generator for space heating are considered						
	SFH I	SFH II	SFH III	MFH I	MFH II	MFH III
level 1: installed until 1979, not modernised	42%	0%	0%	37%	0%	0%
level 2: installed or modernised 1980 - 2000	39%	89%	55%	43%	86%	77%
level 3: installed or modernised since circa 2001	19%	11%	45%	21%	14%	23%

Table 14: Heat generation of domestic hot water systems (Statistic S-2.5)

Heat Generation for hot water supply percentages related to number of dwellings in buildings of classes SFH I- MFH III						
	SFH I	SFH II	SFH III	MFH I	MFH II	MFH III
hot water generation combined with heating system	74%	86%	91%	67%	69%	86%
electric flow heaters without storage tanks	13%	5%	5%	23%	28%	13%
electric heaters with small storage tanks	6%	4%	1%	3%	1%	1%
gas flow heaters without storage tanks	3%	0%	0%	6%	1%	1%
hot water storage tanks directly heated with fuels (e.g. gas)	4%	5%	2%	1%	1%	0%
heat pump for hot water generation (exhaust air, cellar air)	0%	0%	1%	0%	0%	0%

Table 15: Solar Thermal Systems (Statistic S-2.6)

Solar Thermal Systems percentages related to number of dwellings in buildings of classes SFH I- MFH III						
	SFH I	SFH II	SFH III	MFH I	MFH II	MFH III
Solar thermal systems (hot water only)	3,5%	7,3%	11,3%	0,5%	0,5%	2,8%
Solar thermal systems (heating and hot water)	2,6%	4,7%	6,7%	0,5%	0,4%	1,9%

Table 16: Ventilation Systems (Statistic S-2.7)

Ventilation Systems percentages related to number of dwellings in buildings of classes SFH I- MFH III						
	SFH I	SFH II	SFH III	MFH I	MFH II	MFH III
Exhaust air ventilation systems	0,3%	0,3%	1,6%	3,9%	3,9%	1,5%
Ventilation system with heat recovery	0%	0%	2,8%	0,3%	0,3%	2,7%

Climatisation systems (Statistic S-2.8) are installed in 0,9 % of the German building stock (related to the number of residential buildings).

4 Energy Performance of Exemplary Buildings

4.1 Building Data

The building type matrix in Figure 4 displays pictures of real residential buildings which are used for exemplary calculations. The datasets of the exemplary buildings were mainly collected by energy consultants during energy advice campaigns. The envelope datasets have earlier been documented [IWU 2003a] and include the following information (according to the German calculation standards): basic data (floor area, number of apartments, number of storeys ...), areas of building elements (wall, roof, ground floor, windows), U-values of building elements.

During the TABULA project the existing datasets were adjusted and transferred to the TABULA data structure. The existing set of construction pictures/drawings ([IWU 2004] [IWU 2005a]) was improved and supplemented by a large number of further construction and measure types.

The new construction catalogue is documented in Appendix B, the table of measure types in Appendix C, the envelope data in the German Typology Brochure [IWU 2011].

4.2 Supply System Data

As a source for the heat supply system types [IWU 2005a] was used which includes tabled values for expenditure factors, losses from the supply, generation, storage and distribution system components. The values were adjusted (correction to gross calorific value and to the reference floor area) and transferred to the common data structure. The datasets are shown in Appendix D.

The components were combined to heat supply systems representing typical existing systems and refurbished systems. Pictures illustrating the respective system types were created.

4.3 Energy Performance Calculation

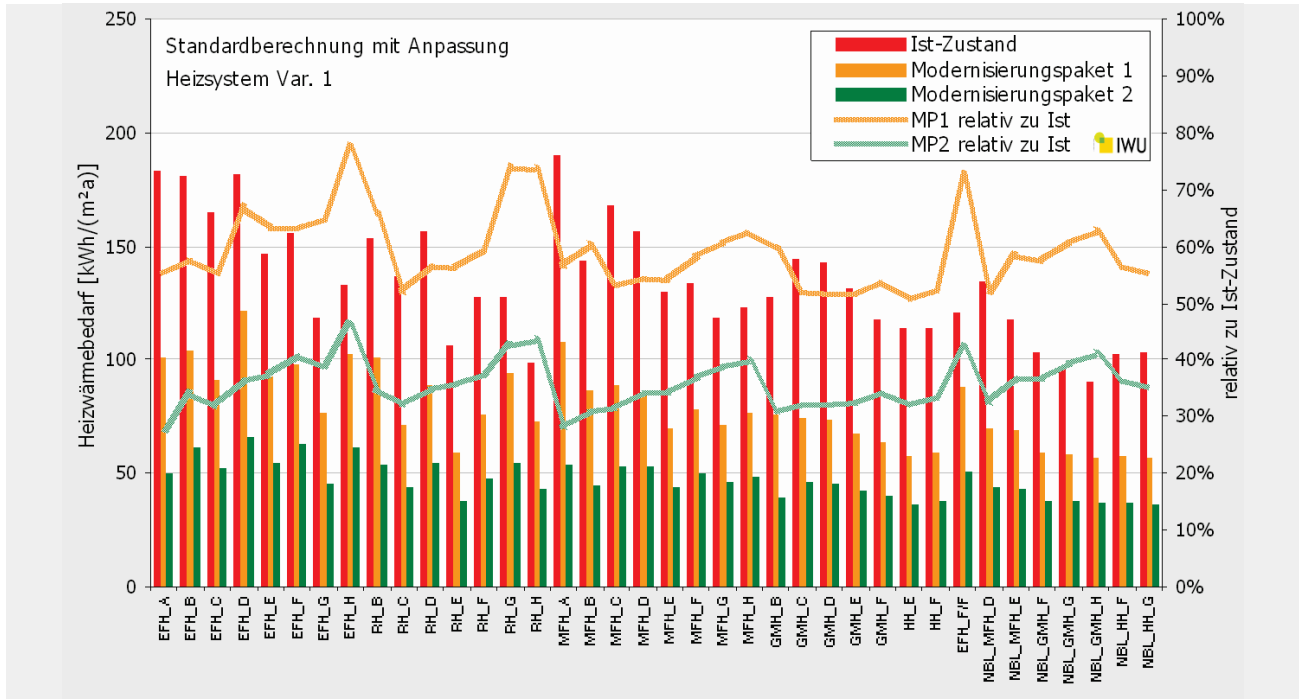
The energy performance of the example buildings was calculated according to two methods: the national energy performance certificate method "Energieeinsparverordnung EnEV 2009" and the TABULA method. The calculations were performed by use of the Excel applications "EnEV-XL" for EnEV 2009 and "TABULA.xls" for the TABULA method.

The following figures are representing the energy performance indicators determined according to the TABULA method – including an adaptation to the typical level of measured consumption (see chapter 0). The values are related to the heated living space of the buildings¹.

¹ explanations of the charts: „Ist-Zustand“: existing state, „Modernisierungspaket (MP)“: package of modernisation measures, „relativ zu“: „in relation to“, „Standardberechnung mit Anpassung“: adapted standard calculation, „Heizsystem“: heating system

Figure 15: Energy need for heating – before and after modernisation

Reference area: heated living space; calculation according to the TABULA method, including adaptation to the typical level of consumption; building type codes see Figure 4; in case of MP2 the energy need does not consider the heat recovery of the ventilation system

**Figure 16: Energy use for heating and DHW – before and after modernisation – example: central heating system / natural gas**

Reference area: heated living space; calculation according to the TABULA method, including adaptation to the typical level of consumption; building type codes see Figure 4, upper calorific value of gas

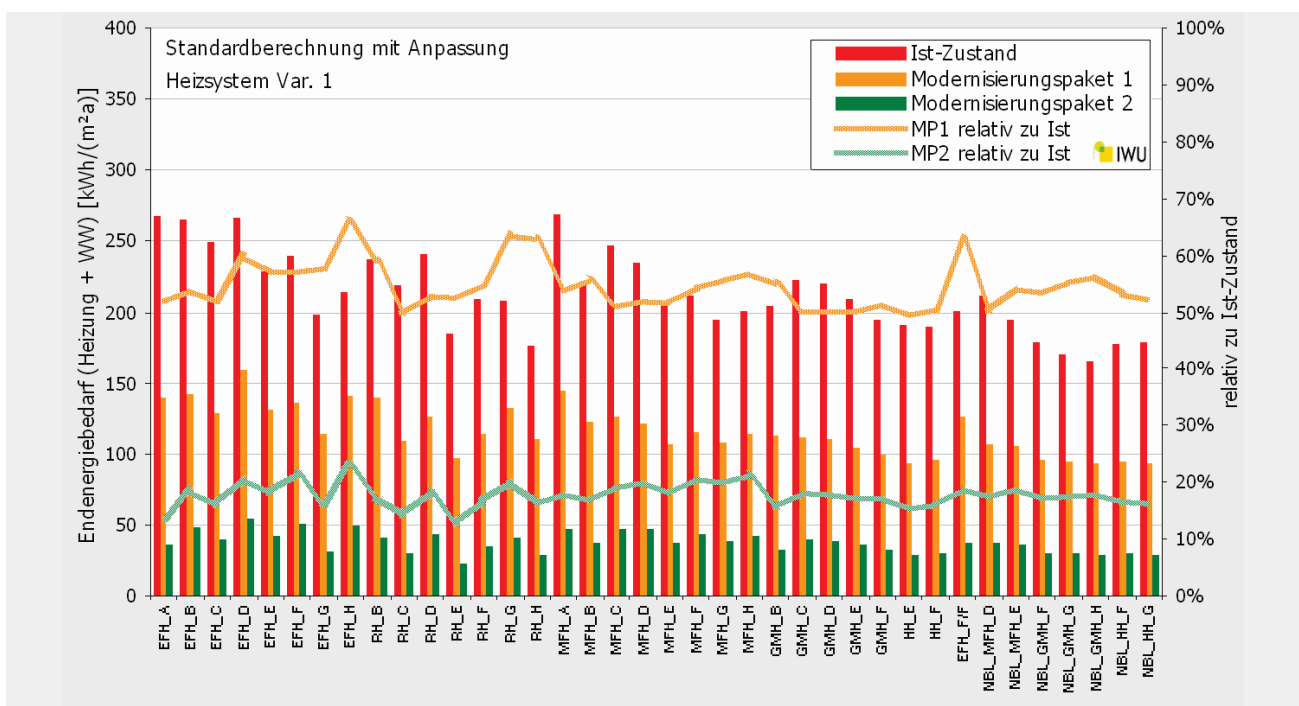


Figure 17: Non-renewable primary energy demand for heating and DHW – before and after modernization – example: central heating system / natural gas

Reference area: heated living space; calculation according to the TABULA method, including adaptation to the typical level of consumption; building type codes see Figure 4

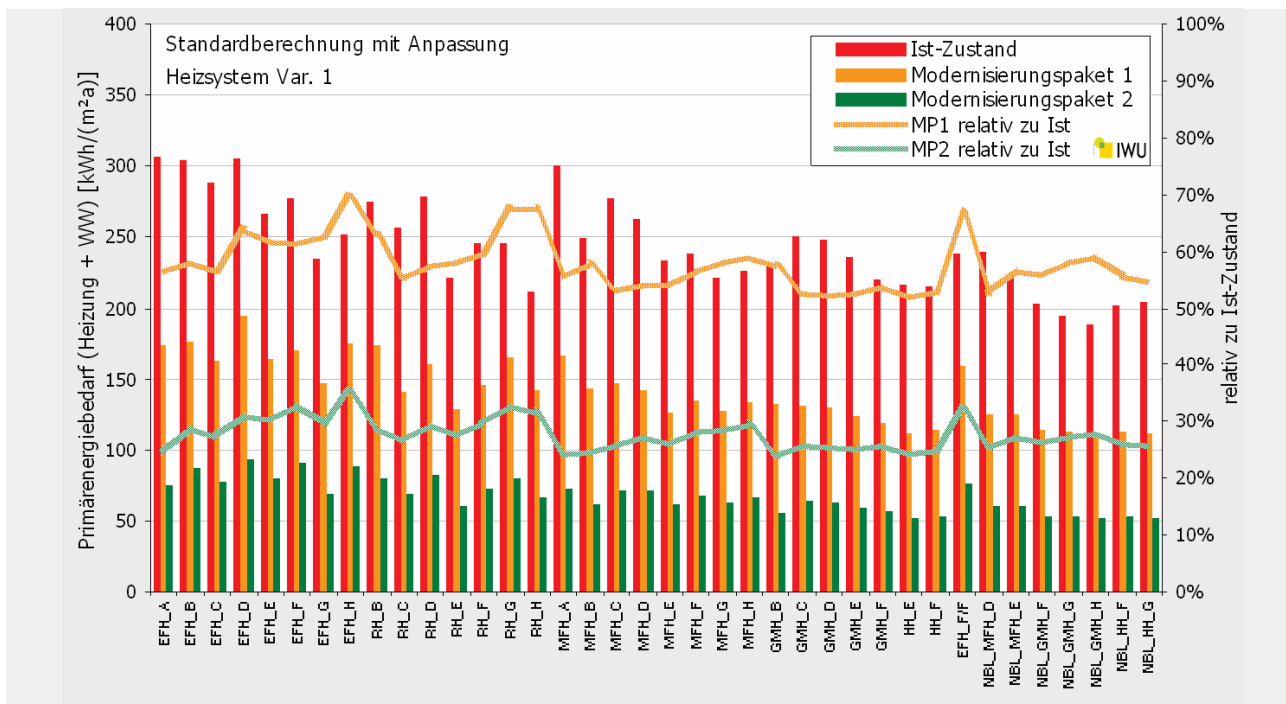
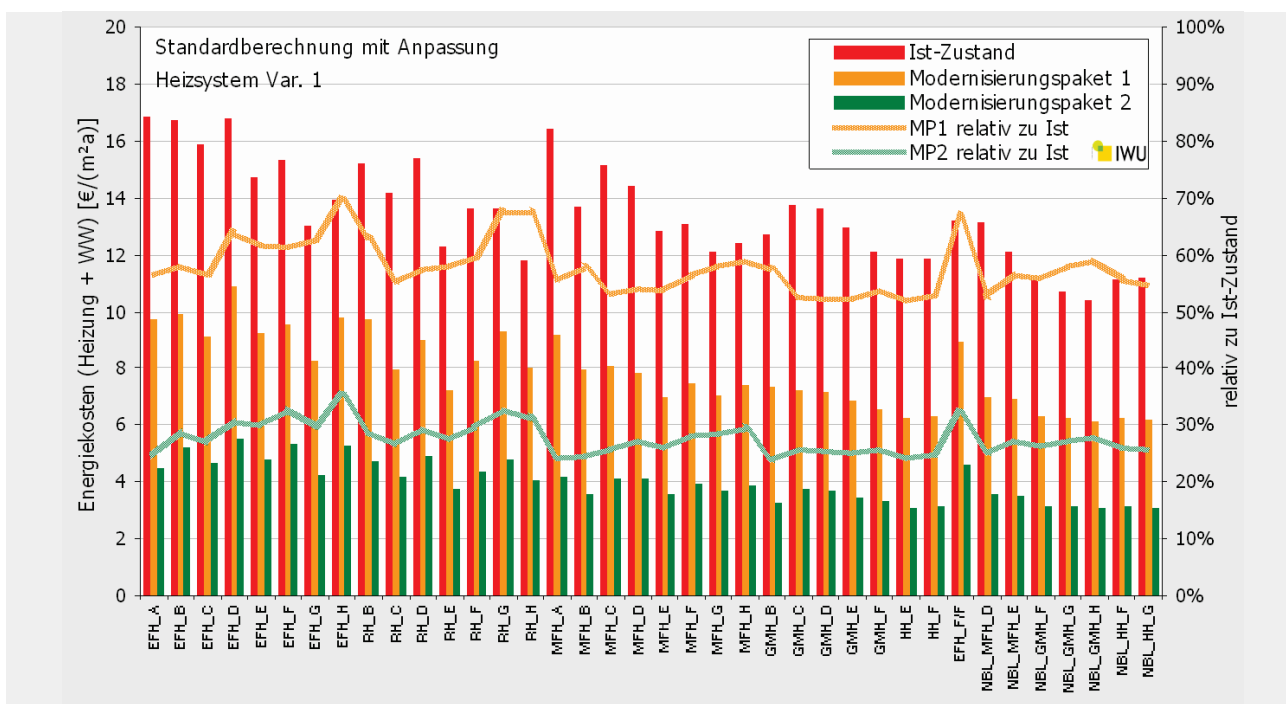


Figure 18: Annual costs for heating and DHW – before and after modernization – example: central heating system / natural gas

Reference area: heated living space; calculation according to the TABULA method, including adaptation to the typical level of consumption; building type codes see Figure 4



4.4 Variants of Heat Supply

Further variants of heat supply systems were considered in the calculations. The definitions and results are published in the German Typology Brochure [IWU 2011] by the respective building display sheets. They are also displayed by the TABULA WebTool². Table 17 gives an overview of the exemplary existing systems and the possible modernisations. Figure 19 displays the results of the calculations (energy need for heating, delivered energy, primary energy, carbon dioxide emissions, heating and dhw costs).

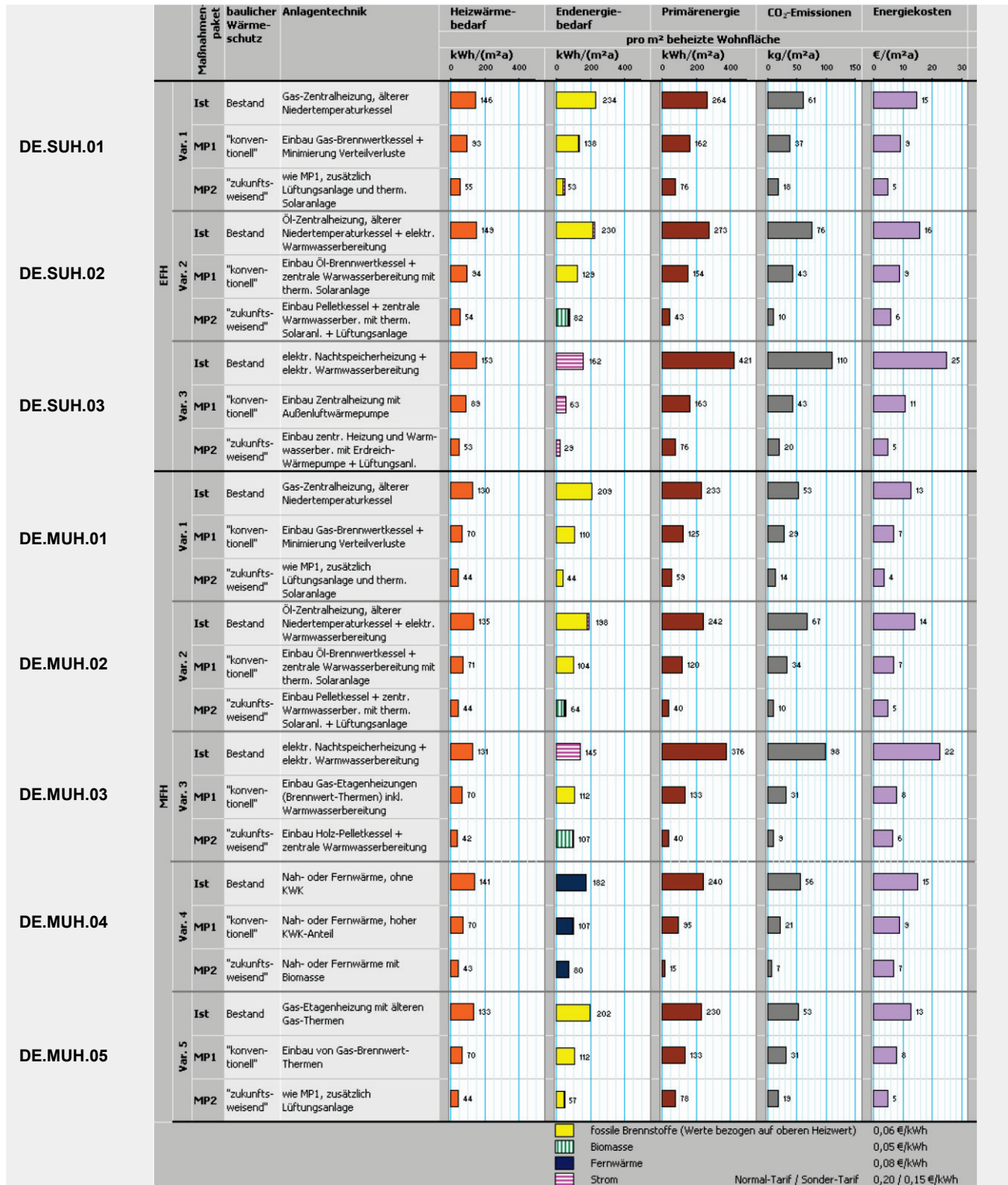
Table 17: Variants of exemplary heat supply systems and possible refurbishment measures (definitions also used for the TABULA WebTool)

DE.SUH.01	gas-fuelled central heating system RP1: condensing boiler + improvement of distribution RP2: as before, in addition thermal solar system and ventilation system
DE.SUH.02	oil-fuelled central heating system + electric DHW RP1: condensing boiler + improvement of distribution + thermal solar system RP2: wood pellet boiler + thermal solar system + ventilation system
DE.SUH.03	electrical night storage system RP1: electrical heat pump, heat source: external air + thermal solar system RP2: electrical heat pump, heat source: ground + ventilation system
DE.SUH.04	oil-fuelled central heating system RP1: condensing boiler + improvement of distribution + thermal solar system + ventilation system RP2: wood pellet boiler + thermal solar system + ventilation system
DE.MUH.01	gas-fuelled central heating system RP1: condensing boiler RP2: as before, in addition thermal solar system and ventilation system
DE.MUH.02	oil-fuelled central heating system + electr. DHW RP1: condensing boiler + improvement of distribution + thermal solar system RP2: wood pellet boiler + ventilation system
DE.MUH.03	electrical night storage system RP1: gas-fuelled heating system for each apartment RP2: central heating system with wood pellet boiler
DE.MUH.04	gas-fuelled district heating system RP1: combined heat and power plant RP2: biomass-fuelled plant
DE.MUH.05	gas-fuelled heating system for each apartment RP1: condensing boiler RP2: as before, in addition ventilation system with heat recovery

² <http://webtool.building-typology.eu/webtool/tabula.html?c=de>

Figure 19: Results of the energy balance calculation for combinations of insulation measures and supply system upgrades

exemplary buildings EFH_E (DE.N.MFH.05.Gen) and MFH_E (DE.N.SFH.05.Gen); for an explanation of the heating systems see Table 17; energy need for heating³, delivered energy, primary energy, carbon dioxide emissions and energy costs (each related to the heated living space)



³ Usually the energy need for heating would be expected to be the same for the same variants of a building. However, here they are slightly different for each heating system. This is caused by the factors for the adaptation to the typical level of measured consumption which depend on the energyware, the respective energy use (and therefore also on the type of heating system)

4.5 Further Evaluations

Reference Areas

Different reference areas are used in Germany. For the housing stock a basic quantity reflected by statistics is the living space, which is in principle the net floor area of apartments (not including e.g. staircases). However, the reference area of the energy saving ordinance EnEV is a synthetical area, determined on the basis of the heated building volume ($0.32 \cdot \text{volume} + \text{corrections for very high rooms}$). The correlation of both is shown in Figure 20 for the set of exemplary buildings. As an average the EnEV area is about 20% larger than the living space - with a variation from 5 to 40%. Since the TABULA reference area is determined on the basis of the living space by applying a correction factor of 1.1 it is in average about 92% of the EnEV reference area.

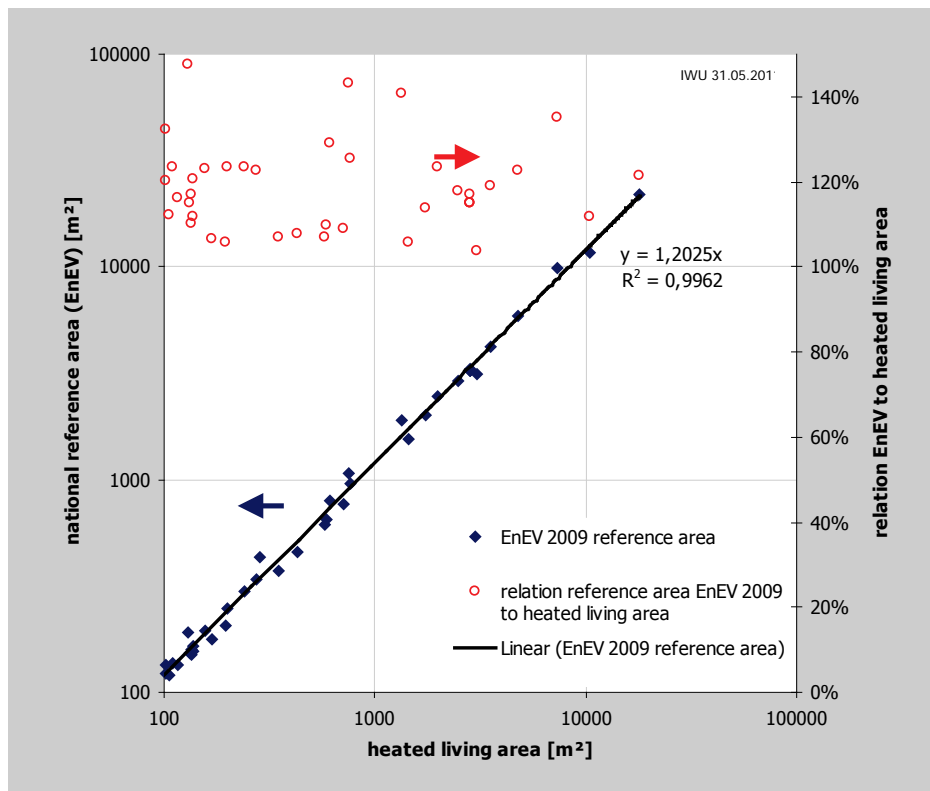


Figure 20:

Correlation of reference areas

Correlation of the reference area of the German Energy Saving Ordinance EnEV 2009 (synthetical area, derived from the building volume) and the real living space of the buildings (used in the German building typology brochure); exemplary buildings of the German residential building typology

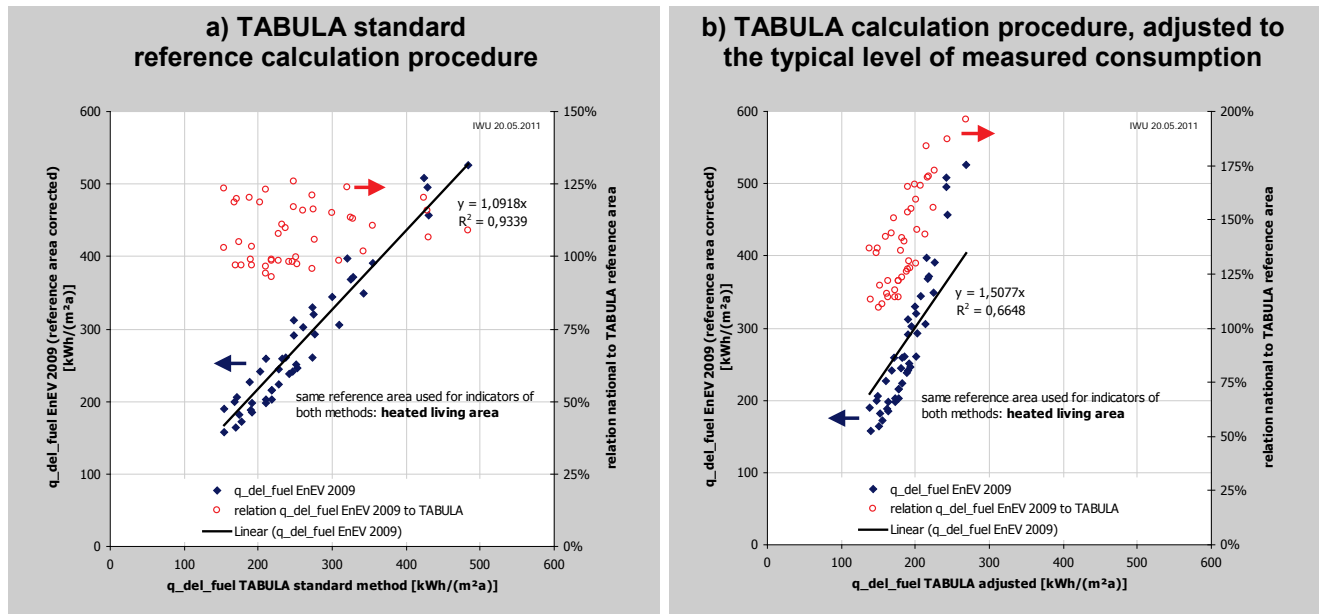
Comparison with the Calculation according to the German EPC procedure

Figure 21 shows the comparison of the annual energy use for heating and hot water divided by the heated living space. In the left chart the TABULA values have been determined by the standard reference procedure. The correlation is quite good. The EnEV values are about 9% above the TABULA values. After correcting the different definitions of the calorific value EnEV turns out to deliver about 20% higher values than the TABULA standard method.

In comparison with the adapted TABULA values the EnEV values are – depending on the energy quality of the buildings – about 10% (good thermal envelope quality) to 100% (old buildings, not insulated) higher (red circles in the right chart).

Figure 21: Floor area related energy use for heating and DHW. Correlation of the TABULA a) standard procedure and b) adapted calculation with the results of the German Energy Saving Ordinance EnEV 2009

Exemplary buildings of the German residential building typology, not refurbished, gas central heating
reference area in both charts: heated living space; EnEV is referring to the net, TABULA to the gross calorific value



Indications for the quantitative dependence of measured consumption and calculated energy use

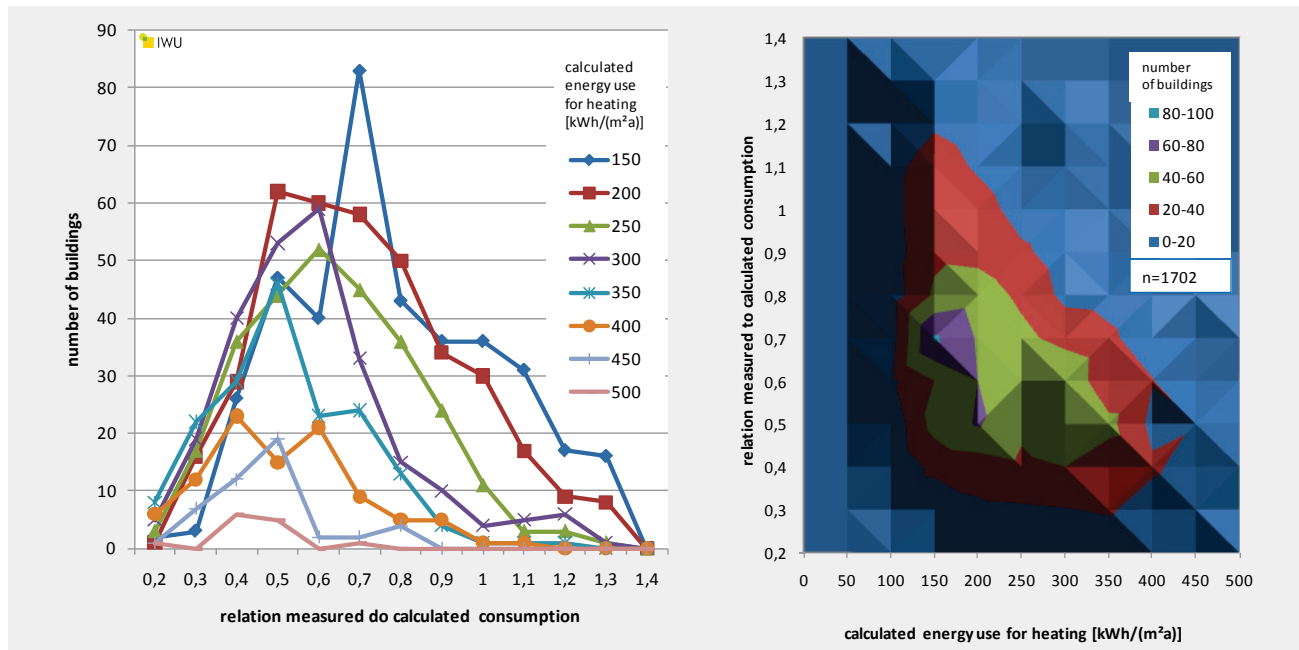
Comprehensive studies about the relation of the measured consumption to the calculated energy use for all building types and standards do not yet exist in Germany. However, there are a number of indications from field enquiries focusing on building groups; especially an analysis of about 1700 existing buildings in the project „Ökologischer Mietspiegel Darmstadt“ [IWU 2006b] as well as the evaluation of the energy certificate field test ("Energiepass-Feldversuchs") of the German energy agency dena [Gruber et al. 2005]. The result was in both cases similar: The measured energy consumption of these existing buildings is – especially for buildings with low energy standards – systematically much smaller than the calculated energy use.

Figure 22 shows the analysis results from the study [IWU 2006b]: For different values of the calculated energy use the frequencies of the relations measured to calculated consumption are displayed. There are for example very high frequencies at a ration of 0.7 in case of

For example the curve "150 kWh/(m²a)" has a distinct peak at a ration of 0.7. For higher values of the energy use the maximum of the curves are shifting towards 0.5. The 3-D chart on the right side illustrates this dependence.

Figure 22: Analysis of the ratio measured to calculated energy consumption for 1702 buildings

Frequencies differentiated according to the calculated energy use;
energyware natural gas, heating oil, district heating / all building sizes;
data from [IWU 2006b]



Starting from this analysis a formula was defined which represent the averages of the ratio measured to calculated consumption as a function of the energy quality (Figure 23 und Figure 24). The energy quality is operationalised by the energy use for heating per m^2 living space.

The adaptation factors of the TABULA method have been derived by use of this formula (Figure 25). Doing this a number of aspects was to be considered:

- conversion to the gross calorific value;
- reference area correction (heated living space \rightarrow heated net floor area);
- consideration of DHW.

The underlying empirical analyses are only referring to buildings with central heating systems fuelled by gas, oil or district heating but not on buildings with electrical systems and stoves. In order to have an adequate estimation of the actual energy consumption, an adaptation factor is also necessary in these cases. Preliminary basis of these cases are the following estimations:

- In the case of the electrical heat pump the hypothesis is that for the ratio of measured to calculated consumption the heating costs are the determining factor. Therefore adaptation factors were considered which result from roughly equal heating costs.
- In the case of manually fired stoves the adaptation factors were fixed to numbers which are systematically lower than those for central heating systems. This reflects the (subjective) experience that in buildings with manual and instationary heating the temperature in winter tends to be lower than in buildings with thermostatically controlled central heating systems. Since there are at the moment no indications for the quantitative level of this effect a global fixation was applied that the adaptation factor is 0.1 below that of a central heating system.

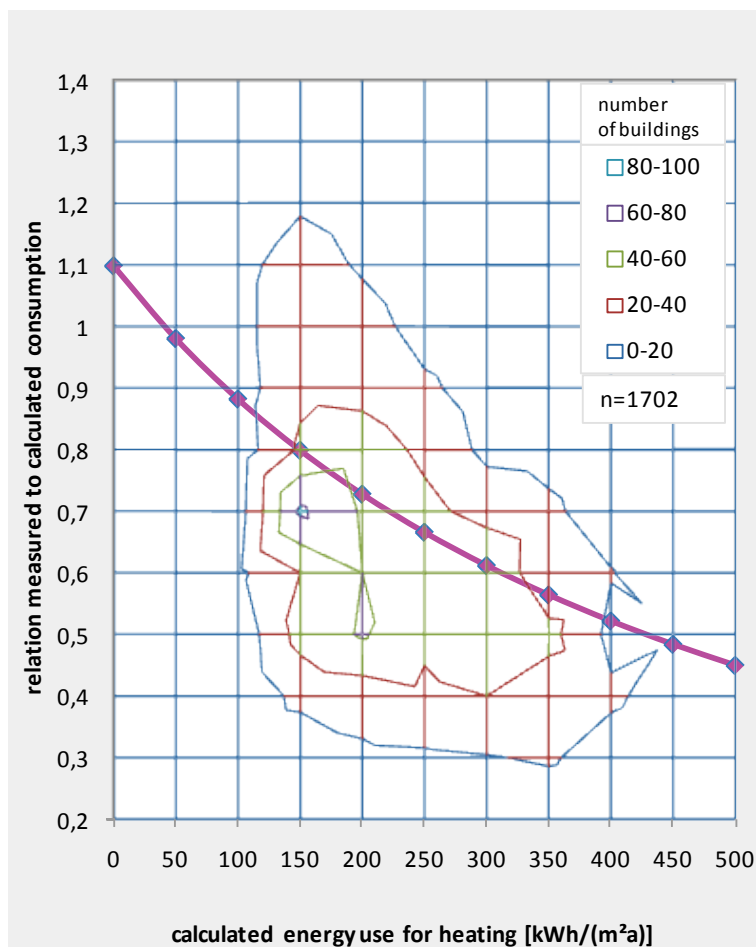


Figure 23:

Preliminary approach for a formula to adapt the calculated energy use to the typical level of measured consumption

Formula adaption factor: $f_{\text{adapt}} = -0,2 + 1,3 / (1 + q_{\text{del,h,c}} / 500)$, pink coloured curve

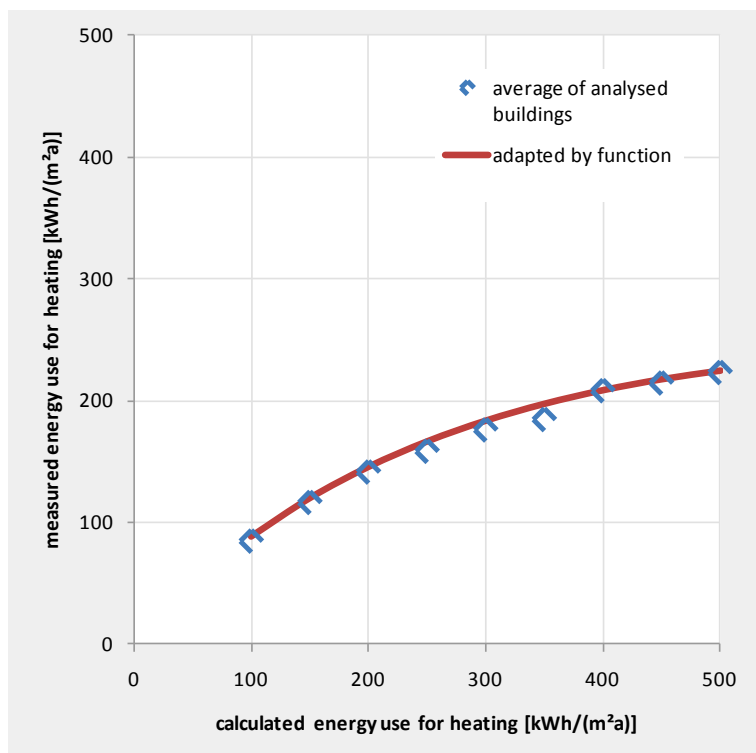


Figure 24:

Average energy consumption in dependence of the calculated energy use

dots: weighted average of the measured consumption for all buildings in a range of ± 25 kWh/(m²a) of the mentioned calculated energy use

line: expectation value of the measured consumption, determined from energy use multiplied by adaptation factor (formula see Figure 23)

Adaptation factors used in the German Building Typology Brochure

The adaptation factors used for the German building stock in the framework of the TABULA project is displayed by Figure 25. The approach should be considered as preliminary since – as mentioned above – the underlying data situation is not sufficient at the moment. In the future more comprehensive and systematical investigations will be necessary for different building, supply system and utilization types to deliver statistically verified adaptation factors.

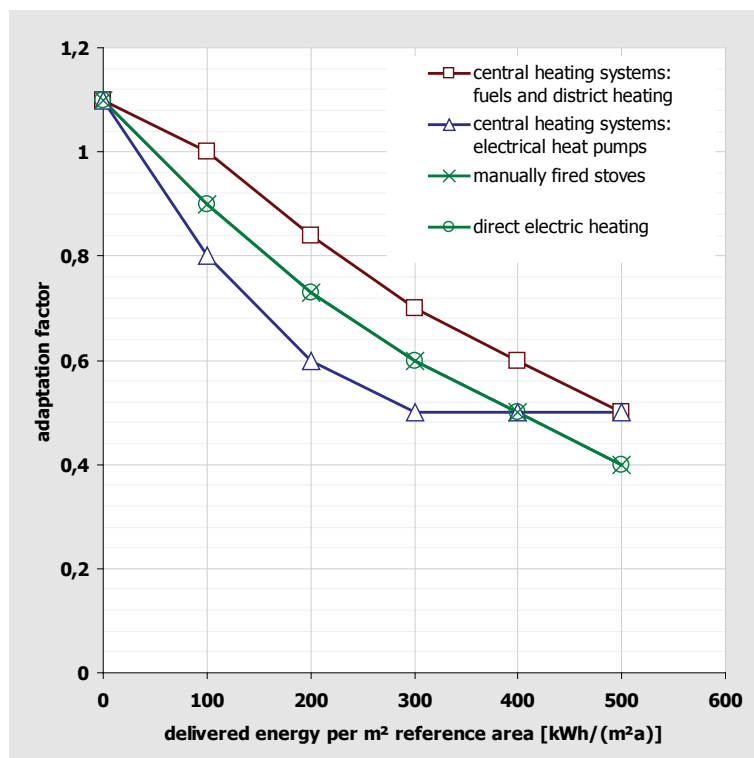


Figure 25:

Approach for the factors to adapt the calculated energy use (x-axis, gross calorific value in case of fuels) to the typical level of measured consumption – used in the German Building Typology Brochure

4.6 Building Display Sheets

During the TABULA project completely new versions of building display sheets were developed. One example including explanations is displayed on the following pages. The complete catalogue is published in the German building typology brochure [IWU 2011]⁴. Appendix A shows two further supply system variants of the building as well as an English version of the sheets.

⁴ PDF download from the TABULA country page Germany: <http://www.building-typology.eu/country/typology-de.html>

Figure 26: Explanation of the exemplary building display sheet, left page

national building type code variant of the heat supply system for this building type construction year class

EFH_E Heizsystem-Variante 1 1958 ... 1968 DE.N.SFH.05.Gen

TABULA building type code

general data of the exemplary building

heated living space (reference area for energy indicators on right page)

beheizte Wohnfläche 242 m²

Anzahl Vollgeschosse 1

Anzahl Wohnungen 1

Gebäudetyp Klassifizierung (TABULA Code)

- Land: DE, Deutschland, Germany
- Typologie Region: N, - nicht spezifiziert - National
- Größenklasse: SFH, Einfamilienhaus ("EFH"), Single Family House
- Baualtersklasse: 5, [E] 1958 ... 1968
- Zusatz-Kategorie: Gen, Grund-Typ, Generic

... and German explanation

Charakterisierung des Gebäudetyps

typisch 1- oder 2-geschossig, mit Satteldach, Dachgeschoss beheizt; bisweilen auch 1-geschossig mit Flachdach; Betondecken; Mauerwerk aus Hohlblocksteinen, Gitterziegeln, Holzspansteinen o.ä., verputzt; in Norddeutschland meist zweischalig unverputzt

usual appearance / energy relevant characteristics of the building type

Beispielgebäude – Ist-Zustand

Konstruktion	Beschreibung	U-Wert W/(m²K)
Dach / oberste Geschossdecke	Steildach mit 5 cm Dämmung Holz-Sparren, 5 cm Dämmung im Zwischenraum, verputzt	0,8
Außenwand	Mauerwerk aus Hohlblocksteinen, Hochlochziegeln oder Gitterziegeln	1,2
Fenster	Holzfenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung Zweischeiben-Isolierverglasung im Holzrahmen (in späteren Jahren modernisiert, Original-Fenster nicht mehr erhalten)	3,5
Fußboden	Betondecke mit 1 cm Dämmung Stahlbeton, 1 cm Trittschalldämmung, Zementestrich	1,1

construction elements of the exemplary building

U-values (heat transfer coefficients) of the construction elements

Wärmeversorgungssystem	Beschreibung	Energieaufwand für 1 kWh Wärme
Heizsystem	Gas-Zentralheizung, geringe Effizienz: Niedertemperatur-Kessel, hohe Wärmeverluste der Verteilleitungen	1,42 kWh Gas
Warmwasser system	zentrale Warmwasserbereitung mit Gas, geringe Effizienz: Kombination mit Wärmeerzeuger Heizung (Niedertemperatur-Kessel); schlecht gedämmte Zirkulationsleitungen	2,70 kWh Gas
Wärmeversorgung gesamt	Primärenergieaufwandszahl nicht-erneuerbare Energieträger inkl. Strom für Hilfeenergie	1,72 kWh Primärenergie

heat supply system of the exemplary building

system expenditure factors based on delivered energy: energy use by energyware divided by the heat need; upper value: space heating system / lower value: DHW; in case of fuels related to the gross calorific value; auxiliary energy not included

primary energy expenditure factor: relation of primary energy (not renewable) to heat need (space heating + DHW), including also the auxiliary energy consumption

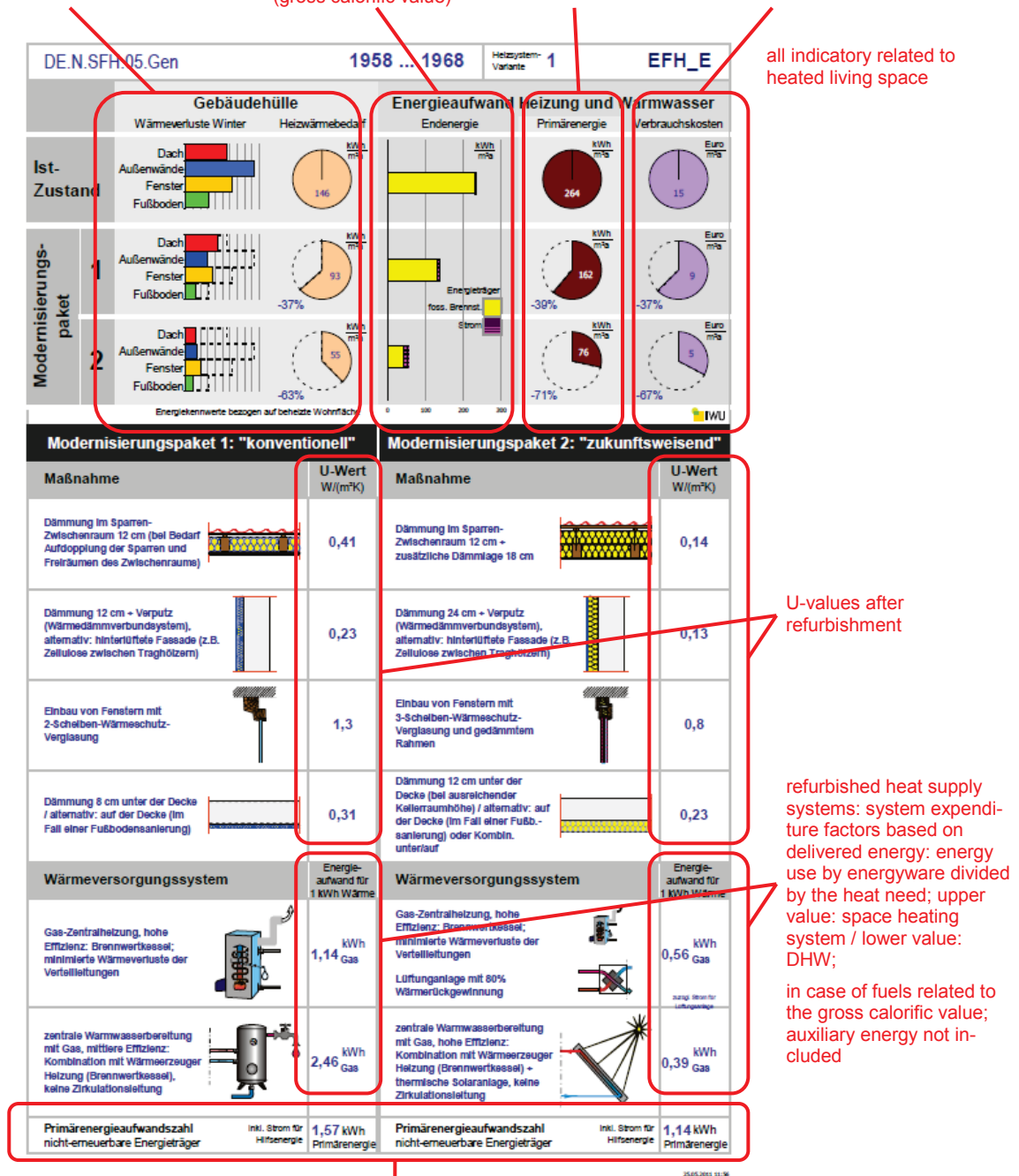
Figure 27: Explanation of the exemplary building display sheet, right page

heat losses of the thermal envelope and resulting energy need for heating

annual energy use, differentiated by energywares for heating and DHW (gross calorific value)

annual demand of non-renewable primary energy

annual costs for heating and DHW per m²



refurbished heat supply systems: primary energy expenditure factor: relation of primary energy (not renewable) to heat need (space heating + DHW), including also the auxiliary energy consumption

5 Use of the dena EPC Database as information source

The basic information about the German building stock, especially the statistics of building types, of supply systems and of refurbishment states have been described in chapter 3 of this report. These data were mainly collected by means of an enquiry on the basis of random samples.

In principle, also energy performance certificate databases can be used as a data source. The methodical questions were a subject of the IEE project DATAMINE (2005-2009) which resulted in a specification of the data to be collected, a common data structure, a field test in each country and a cross-country comparison of the EPC data [DATAMINE FR 2009].

This line of data collection was also partly followed during the TABULA project. Compared to the state during the DATAMINE project the quality and volume of EPC databases has in general increased. The databases from several countries were evaluated and useful information was drawn for the set-up of national typologies and the elaboration of building stock models. The results from these analyses are documented in a separate report [TABULA TR1 2012].

As regards Germany, a registration of energy certificates is not yet mandatory. In consequence, there is no official database containing all issued EPCs. However, the German energy agency dena introduced a quality mark for energy performance certificates in 2007 ("dena Gütesiegel Energieausweis"). A condition for participation is the transfer of the respective EPC dataset to an EPC database, run by dena [dena 2012]. An evaluation of these collected datasets was performed during the German part of the TABULA project. In the following chapters the main results of the analyses are presented – the complete report is documented in Appendix A (in German).

5.1 Description of the EPC Database

Various commercial software applications for the calculation according to the energy certificate regulations are available in Germany. Despite this fact there is only one application for issuing the certificate (that means: printing the officially designed PDF). This "EPC Printing Utility" is designed and disseminated by the German energy agency dena. Before an EPC can be issued (printed) the "EPC Printing Utility" receives a well defined set of data from the individual calculation programme via an interface.

A quality assured EPC can only be printed by an EPC issuer who has registered for the dena EPC quality mark. In this case plausibility checks are applied, an overview of the main input and output quantities is given (see Figure 28) and the dataset of the respective building is transferred to the dena EPC database, tagged as "quality assured". Apart from this forced transfer also a voluntary submission of non-registered datasets is possible by pressing a button "Send files to dena".

The data fields of the interface are specified in a document published on the dena website [dena 2009].

At the time of evaluation (July 2011) the dena database contained the following numbers of residential buildings' datasets:

- certificates without registration and quality assurance: $n \approx 20\,000$
- quality assured and registered certificates: $n \approx 1\,300$
("dena Gütesiegel Energieausweis")

Figure 28: Standardized display of main calculation results by quality certified energy performance certificate ("dena Gütesiegel Energieausweis") [EPC QA]

DOKUMENTATION

zum Energieausweis

Technische Details

Gebäudedaten: Musterstr. 123b, 12345 Musterstadt

Ausstellerdaten: Musterfirma GmbH, 12345 Musterstadt

dena-122153-BT2VY

Datum: 03.10.2009

4

Technische Details

Kenngrößen Allgemein	vor- handen	Variante 1	Variante 2	Kenngrößen Allgemein	vor- handen	Variante 1	Variante 2
thermische Hüllfläche A [m ²]	893	893	893	Anlagenaufwandszahl, primärenergetisch e_p [-]	1,63	1,55	0,39
Gebäudenutzfläche A_N [m ²]	575	575	575	Kohlendioxid-Emissionen CO_2 [kg/m ² a]	56,4	49,9	7,0
Wohnfläche WFL [m ²]	479	479	479	Länge Heizperiode t_{HP} [d/a]	185	185	185
beheiztes Nettovolumen V_i [m ³]	1.438	1.438	1.438	Luftwechselrate n h ⁻¹	0,70	0,70	0,70
beheiztes Bruttovolumen V_e [m ³]	1.796	1.796	1.796	Wärmebrückenzuschlag ΔU_{WB} [W/m ² K]	0,10	0,10	0,10
Kompaktheit A/V_e [m ⁻¹]	0,50	0,50	0,50				
spez. Jahres-Primärenergiebedarf Q_p [kWh/m ² a]	249,9	220,9	30,3				
EnEV Anforderungswert für Neubau $Q_{p,EnEV,N}$ [kWh/m ² a]	83,0	83,0	83,0				
EnEV Anforderungswert für Modernisierung $Q_{p,EnEV,M}$ [kWh/m ² a]	116,0	116,0	116,0				
spez. Transmissionswärmeverlust HT' [W/m ² K]	1,18	1,08	0,51				
EnEV Anforderungswert für Neubau $HT'_{EnEV,N}$ [W/m ² K]	0,50	0,50	0,50				
EnEV Anforderungswert für Modernisierung $HT'_{EnEV,M}$ [W/m ² K]	0,70	0,70	0,70				
spez. Endenergiebedarf Q_E [kWh/m ² a]	222,0	195,9	85,2				
spez. Heizwärmebedarf Q_H [kWh/m ² a]	140,7	129,7	65,4				

Kenngrößen Anlagentechnik	vorhanden	Variante 1	Variante 2
Anlagensystem Heizung	Standardkessel	Standardkessel	Sonstige
Energieträger Heizung	Erdgas	Erdgas	Holz-Pellets
Anlagensystem Warmwasser	Mit Heizung kombiniert	Mit Heizung kombiniert	Mit Heizung kombiniert
Energieträger Warmwasser	Erdgas	Erdgas	Holz-Pellets
Anlagensystem Lüftungsanlage	nicht vorhanden	nicht erneuern/einbauen	zentrale Anlage
Lüftungskonzept			Lüftungsanlage mit WRG

Kenngrößen Anlagentechnik	vor- handen	Variante 1	Variante 2	Kenngrößen Anlagentechnik	vor- handen	Variante 1	Variante 2
Baujahr Heizung	1982			Baujahr Warmwasser			
Leistung Heizung P_H [kW]	72,5	72,5	35,9	Leistung Warmwasser P_{TW} [kW]	72,5	72,5	35,9
solare Unterstützung Heizung [%]				solare Unterstützung Warmwasser [%]			70
Primärenergiefaktor Energieträger Heizung f_p [-]	1,10	1,10	0,20	Primärenergiefaktor Energieträger WW f_p [-]	1,10	1,10	0,20
Aufwandszahl Erzeuger Heizung e_g [-]	1,21	1,22	1,39	Aufwandszahl Erzeuger Warmwasser e_g [-]	1,28	1,31	1,39
Deckungsanteil Heizung [%]	100	100	100	Deckungsanteil Warmwasser [%]	100	100	31
Wärmeverluste Heizung Verteilung $q_{H,d}$ [kWh/m ² a]	5,8	1,7	1,4	Wärmeverluste Warmwasser Verteilung $q_{TW,d}$ [kWh/m ² a]	17,5	10,0	10,0
Wärmeverluste Heizung Speicherung $q_{H,s}$ [kWh/m ² a]	0,0	0,0	0,0	Wärmeverluste Warmwasser Speicherung $q_{TW,s}$ [kWh/m ² a]	1,6	1,6	1,6
Baujahr Lüftungsanlage				Baujahr Solaranlage			
Wärmerückgewinnungsgrad Lüftungsanlage [%]			80	Bruttokollektorfläche Solaranlage [m ²]			20

5.2 Analysis of the EPC Datasets

The below described analyses have been performed by IWU in the framework of the TABULA project. The aim of this evaluation was to

- check which information can be drawn with respect to the energy state and the energy consumption of typical German residential buildings and carry out exemplary analyses;
- make an assessment of the data quality and give recommendations for plausibility checks;
- give recommendations for the further development of the data structure with respect to the improvement of the certificate quality and to possible utilisations for building stock monitoring.

The evaluation has been performed by use of the software "R" for statistical computing. Only quality assured datasets were evaluated. An export of datasets was performed by dena at three different times:

Table 18: Export of datasets for evaluation

Data export by dena	Time of export	Number of datasets
1 st export	May 2009	268
2 nd export	April 2010	657
3 rd export	July 2011	1280

Each of these data tables was analysed by IWU. A respective evaluation report was elaborated and submitted to dena. The results shown below are extracted from the final report, which is documented in Appendix F (in German language).

5.3 Age of the Buildings

An overview of the number of datasets by construction year bands is given by Table 19. The chart of Figure 29 displays the frequencies of construction years on the time axis. The dominant fraction of buildings was built between 1950 and 2000. Further accumulations can be recognised in the area around 1930 and 1900. About 12% of the datasets come from buildings which were constructed after 1995.

Table 19: Analysed datasets by construction year periods

Year of construction	number of building datasets
until 1978 ⁵	934
from 1979 to 1994	196
from 1995	150
Sum	1280

⁵ thereof 65 buildings with implausible indicators; these datasets were not considered in the analyses differentiating by construction year class

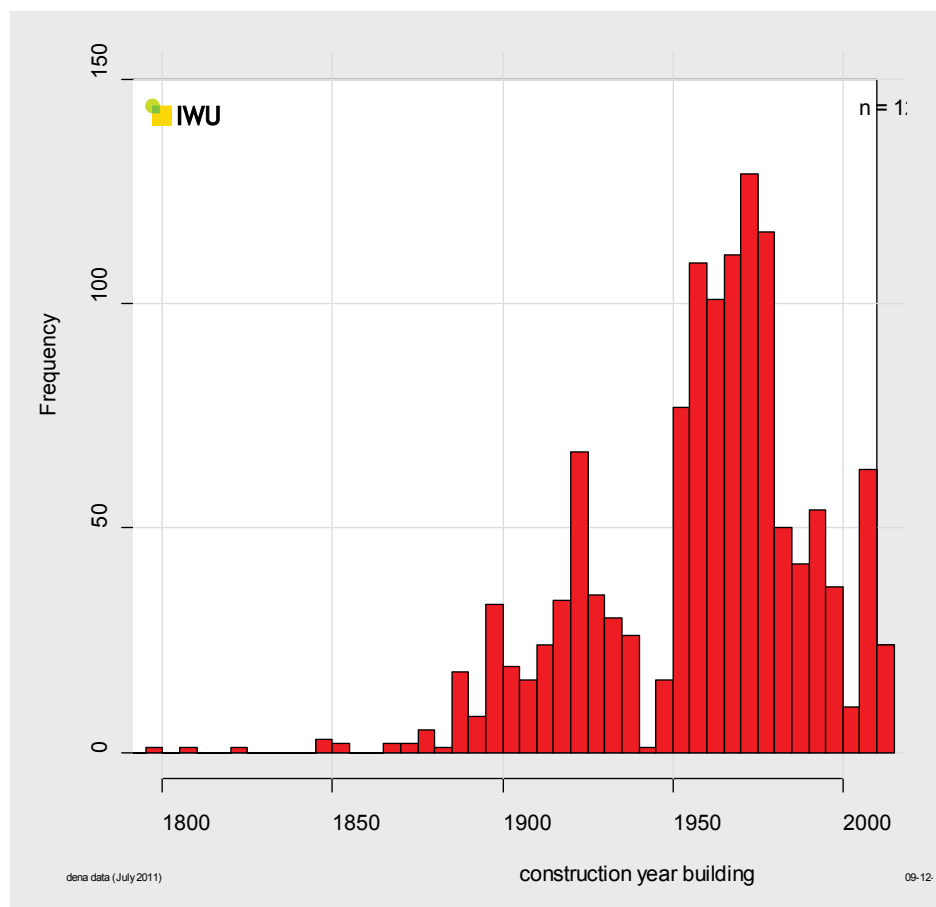


Figure 29:

Frequencies of construction years / all buildings

5.4 U-values

The following tables show the medians and averages of the U-values differentiated according to envelope element type and construction year period. In the charts of Figure 30 the frequency distributions of buildings constructed until 1978 are displayed (further distributions are shown in the original report).

Table 20: Median of U-values in $W/(m^2K)$

Construction Year	Roof	Wall	Window	Floor
until 1978	0,62	1,20	2,74	1,00
from 1979 to 1994	0,36	0,60	2,61	0,65
from 1995	0,20	0,25	1,18	0,31

Table 21: Average U-values $W/(m^2K)$

Construction Year	Roof	Wall	Window	Floor
until 1978	0,77	1,15	2,64	1,05
from 1979 to 1994	0,40	0,64	2,37	0,71
from 1995	0,23	0,28	1,28	0,36

The averages and distributions are similar to those of the evaluations performed for the database of the climate protection fund ProKlima Hanover in the framework of the IEE project DATAMINE [IWU 2008] [DATAMINE FR 2009]. For the buildings constructed from 1995 it must be noted that not all years are represented in the same way (see frequencies in Figure 29).

Figure 30: Frequencies of U-values for the roofs, windows, façades (wall + window), floors / buildings constructed until 1978 (EPC database)

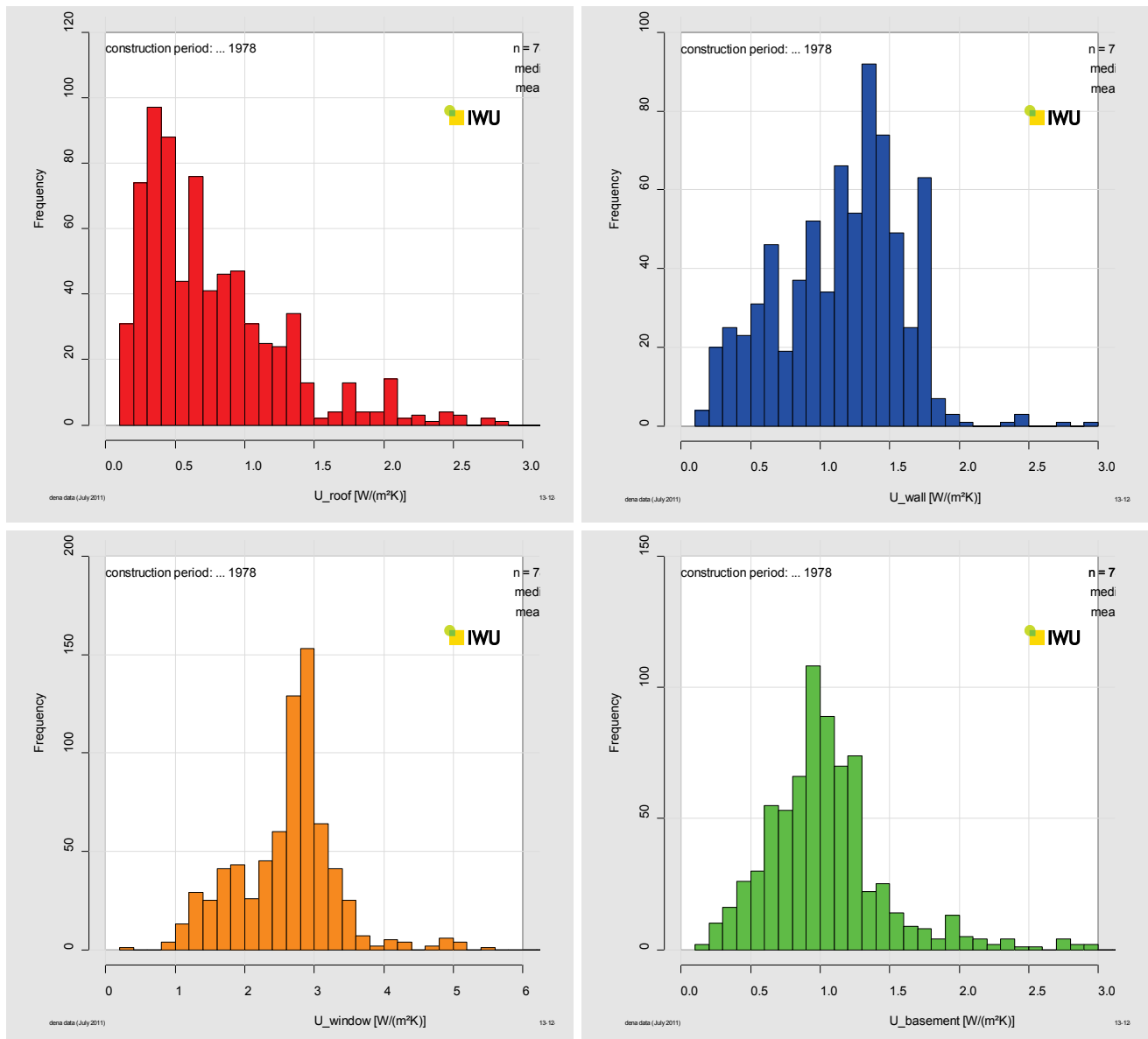
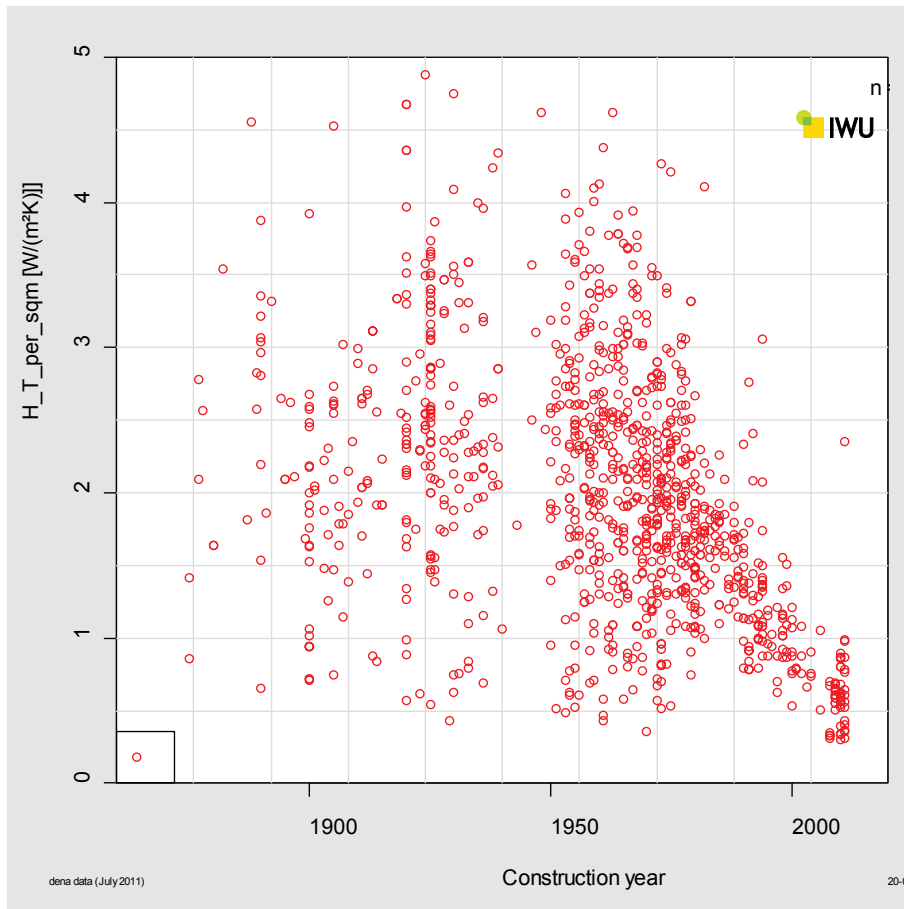


Figure 31 shows the dependence of the thermal envelope area quality on the construction year of the building. The development on the time axis seems plausible. Starting from the 1970s the thermal transmittance is declining remarkably. Some very low values of older buildings can be explained by already implemented insulation measures

Figure 31: Heat transfer coefficient by transmission per m^2 reference floor area, plotted versus the construction year of the buildings



5.1 Envelope Areas

Ratio of total envelope area to building volume

In Figure 32 the correlation of the envelope to volume ratio with the EPC reference area is shown for the buildings below 500 m^2 reference area. For most of the buildings the ratio is between 0.5 and $1.0 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Only very few are higher than $1.1 \text{ m}^2/\text{m}^3$.

Some outliers with a value of $0.1 \text{ m}^2/\text{m}^3$ are noticeable which must be caused by calculation or export errors. Furthermore there are about 100 datasets with $A/V_e = 0 \text{ m}^2/\text{m}^3$ (not shown in the chart). In the future such errors could be avoided by an extension of the plausibility check.

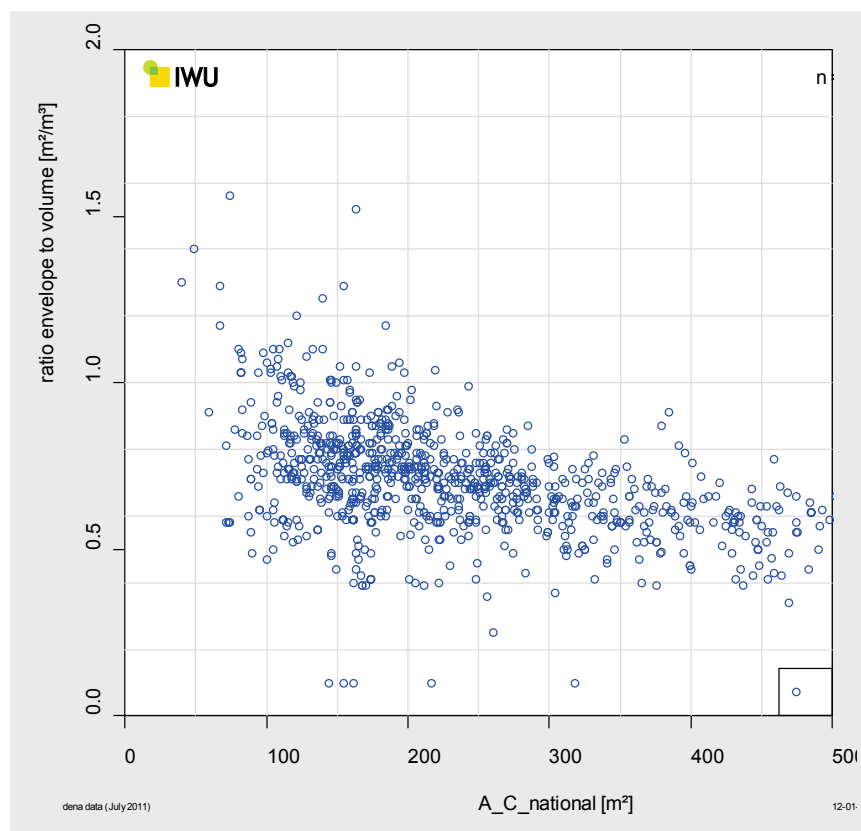


Figure 32:

Correlation of the envelope to volume ratio and the EPC reference area / small buildings

Surface Areas by Envelope Type

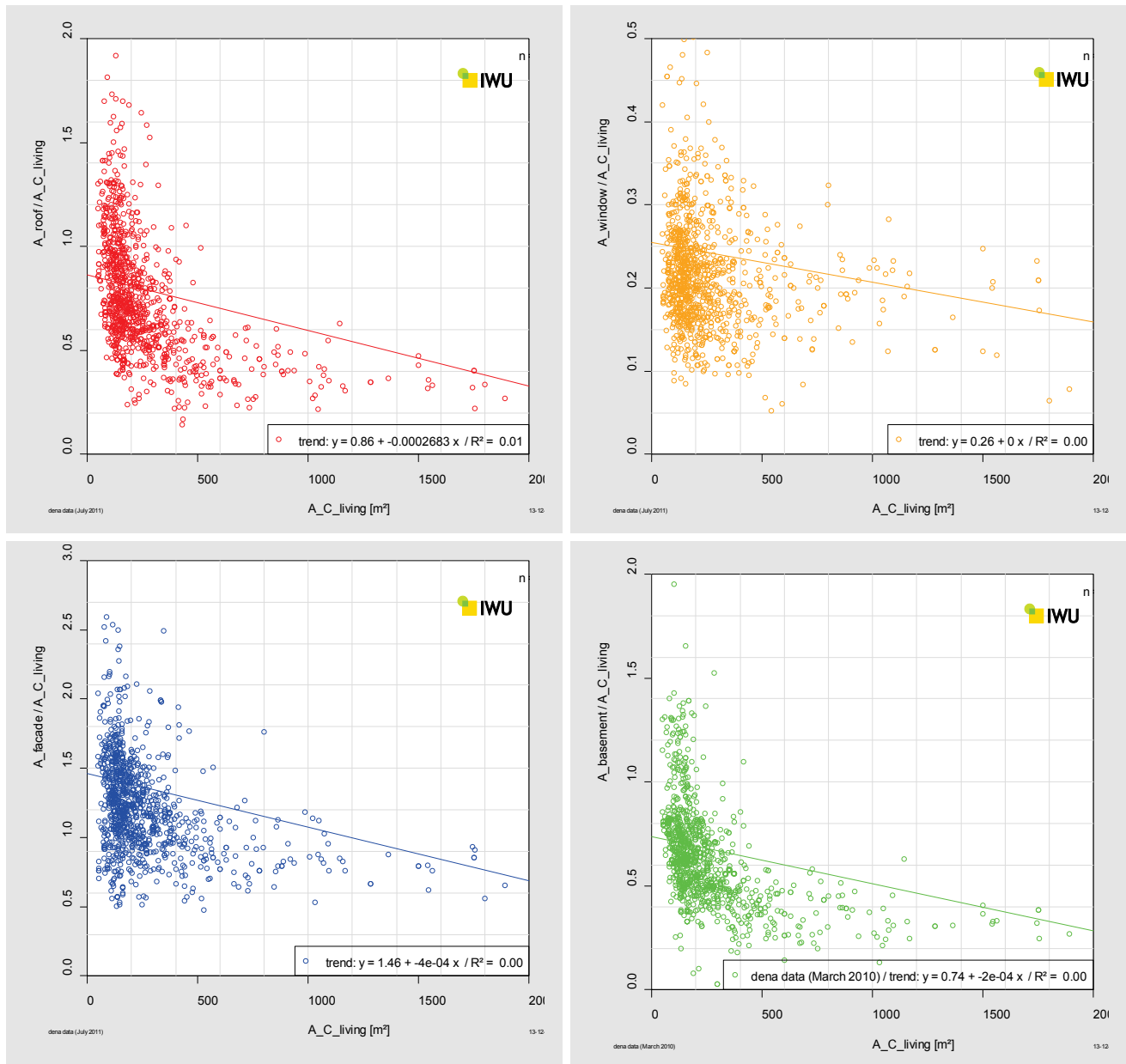
In order to find typical floor area related values for the different envelope types the real living space of the buildings was used as reference (instead of the EPC reference area which is derived from the building volume). As a result of the analyses the charts in Figure 33 show ratio of surface area to living space for the different element types. The following table gives an overview differentiating by two building sizes and three construction periods. These quantities have been used for the energy balance model of the national housing stock (chapter 6)⁶.

Table 22: Ratio of element areas to living space

Construction Year	Single-family and terraced houses (buildings with 1 or 2 apartments)			Multi-family houses (3 or more apartments)		
	... 1978	1979 ... 1994	1995 1978	1979 ... 1994	1995 ...
	Ratio of element areas to living space [m²/m²]					
Roof	0.83	0.75	0.70	0.43	0.48	0.44
Window	0.22	0.23	0.22	0.19	0.22	0.22
Wall	1.04	0.94	0.97	0.76	0.72	0.74
Façade (wall + window)	1.26	1.17	1.19	0.95	0.94	0.96
Floor	0.68	0.64	0.58	0.37	0.45	0.37

⁶ Actually the values from the 2nd data export were used for the model. The results of the 3rd export shown here slightly differ from these.

Figure 33: Ratio of construction element area to living space for roofs, windows, façades (wall + window), and floors



5.2 Heat Supply Systems

The installation year was analysed for 1070 space heating systems and 865 DHW systems. The charts in Figure 34 are displaying the frequencies of installation years – separately for three periods of building constructions. It can be stated that in case of the old buildings (built until 1978) 15% of the heat generators are older than 20 years. In case of the DHW systems this fraction is larger – but in this case also decentralized devices are included. For the newer buildings the installation years of the systems are nearly identical with the construction years of the buildings.

60% of the heat generators are constant and low temperature boilers (sum of types 1 to 3), 20% of are condensing boilers. Other heat generators are rather rare. About 50% of the DHW systems are operated in combination with the heating system heat generator. Further 24% have been indicated as "boiler". It can be assumed that in most of these cases also a combination of DHW and heating system do exist. In about 14% of the buildings a decentral DHW system is installed, the dominant heat generators are electrical instantaneous water heaters.

Figure 34: Frequencies of installation years and system types (EPC database)

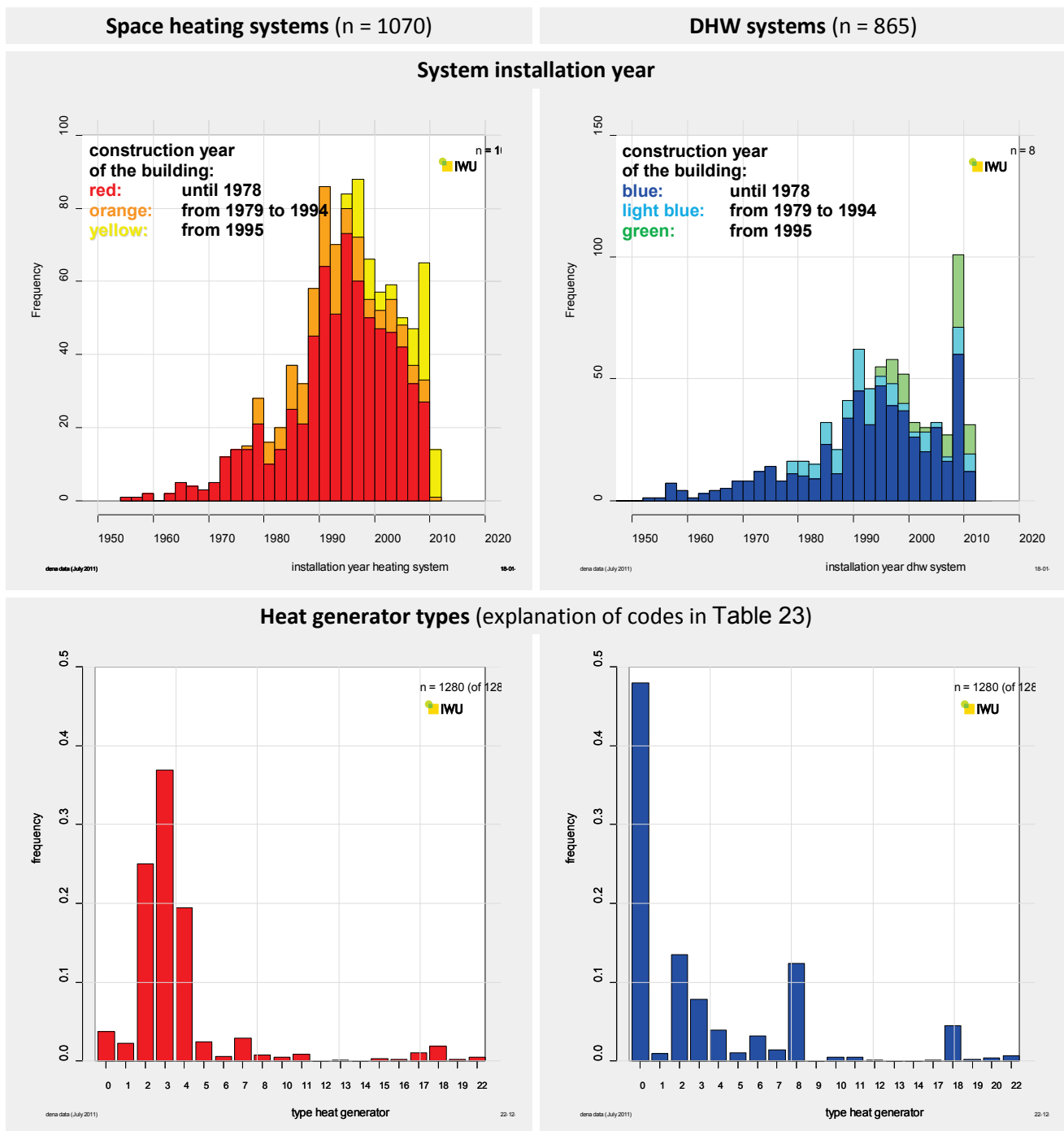


Table 23: Definition of the system types [dena 2009]
Erzeuger Heizung

Übergabewert	dena-Kurzbezeichnung	Erläuterungen	DATAMINE
1	Sonstige Kessel	Kesseltypen, die nicht unter die folgenden drei Kesselbezeichnungen fallen	b_nc
2	Standardkessel		b_nc_ct
3	Niedertemperatur-Kessel		b_nc_it
4	Brennwert-Kessel		b_c
5	Nah-/Fernwärme	Anschluss an Nah- und Fernwärmenetze, auf deren Steuerung der Eigentümer keinen Einfluss hat	dh
6	Elektro-Speicher, zentral		el_d
7	Elektro-Speicher, dezentral	dezentrale Elektro-Speichergeräte, Elektro-Nachtspeichergeräte	el_d
8	El.-Direkthzg./Durchlauferh.	Elektro-Direktheizgerät bei Heizsystemen Elektro-Durchlauferhitzer bei Warmwassererwärmung	el_d
9	Sonstige Wärmepumpen	Wärmepumpen, die nicht unter die folgenden Bezeichnungen fallen	hp
10	Wärmepumpe Außenluft		hp_air
11	Wärmepumpe Erdreich		hp_soil
12	Wärmepumpe Abluft		hp_exair
13	Wärmepumpe Grundwasser		hp_water
14	Wärmepumpe, mehrere	Kombination mehrerer verschiedener Wärmepumpen	hp_other
15	Einzelofen, ölbefeuert	Ölbefeuertes Einzelofen mit Verdampfungsbrenner	stove
17	Einzelofen, Holz		stove
18	Einzelofen/Durchlauferh., Gas	Gasraumheizer	stove
19	Kraft-Wärme-Kopplung	Kraft-Wärme-Kopplung (vom Eigentümer verwaltetes BHKW)	chp
20	Solarthermische Anlage	thermische Solaranlage	solar
21	Dampferzeuger		steam
22	Sonstige	Sonstige Beheizungen	other

Erzeuger Warmwasser

Übergabewert	dena-Kurzbezeichnung	Erläuterungen	DATAMINE
0	Mit Heizung kombiniert		
1	Sonstige Kessel	Kesseltypen, die nicht unter die folgenden drei Kesselbezeichnungen fallen	b_nc
2	Standardkessel		b_nc_ct
3	Niedertemperatur-Kessel		b_nc_it
4	Brennwert-Kessel		b_c
5	Nah-/Fernwärme	Anschluss an Nah- und Fernwärmenetze, auf deren Steuerung der Eigentümer keinen Einfluss hat	dh
6	Elektro-Speicher, zentral		el_d
7	Elektro-Speicher, dezentral	dezentrale Elektro-Speichergeräte zur Warmwassererwärmung	el_d
8	El.-Direkthzg./Durchlauferh.	Elektro-Durchlauferhitzer	el_d
9	Sonstige Wärmepumpen	Wärmepumpen, die nicht unter die folgenden Bezeichnungen fallen	hp
10	Wärmepumpe Außenluft		hp_air
11	Wärmepumpe Erdreich		hp_soil
12	Wärmepumpe Abluft		hp_exair
13	Wärmepumpe Grundwasser		hp_water
14	Wärmepumpe, mehrere	Kombination mehrerer verschiedener Wärmepumpen	hp_other
15	Einzelofen, ölbefeuert	(unüblich zur Warmwassererwärmung, ggf. ausblenden)	stove
16	Einzelofen, Steinkohle	(unüblich zur Warmwassererwärmung, ggf. ausblenden)	stove
17	Einzelofen, Holz	(unüblich zur Warmwassererwärmung, ggf. ausblenden)	stove
18	Einzelofen/Durchlauferh., Gas	Gasdurchlauferhitzer	stove
19	Kraft-Wärme-Kopplung	Kraft-Wärme-Kopplung (vom Eigentümer verwaltetes BHKW)	chp
20	Solarthermische Anlage	thermische Solaranlage zur Warmwassererwärmung	solar
21	Dampferzeuger		steam
22	Sonstige	Sonstige Warmwasserbereitungssysteme	other

5.3 EPC Database Evaluation Résumé

The database of the German energy agency dena is a good instrument for tracking and improving the quality of issued energy certificates as well as of the whole certification process. The central data collection is the precondition for plausibility checks of input and output quantities.

The examples for statistical analyses shown in this chapter reveal the correlation of different input quantities. The knowledge about these systematical dependencies can be used to define plausibility checks of different quantities. This can be helpful especially in the case of the thermal envelope area since its determination is rather error-prone.

As a résumé of the performed analyses it can be stated that an extension of the collected quantities and a higher grade of formalisation by introduction of further fixed categories (codes) for a number of data fields can be recommended. This would make it possible to expand plausibility checks of input quantities and to establish rough parallel computations for the control of the whole EPC calculation procedure.

Since the datasets are neither a random sample nor a complete census, information about the actual state of the German building stock cannot be drawn. However, some correlations of quantities are valuable in the context of building stock modelling, especially:

- correlation of the EnEV reference area with the heated living space;
- average envelope areas and their dependency on living space and other geometrical parameters;
- correlation of measured energy consumption and calculated energy use.

As regards the envelope area the respective evaluations described in this chapter have actually been used to set up the German building stock model (see chapter 6 and [TABULA TR2 2012]).

Unfortunately, the number of datasets containing the actual measured consumption was not sufficient for an evaluation of the correlation⁷. An extension of the quality assured data collection scheme to a larger fraction of energy certificates could help to provide this information.

⁷ An analysis of the ratio measured to calculated consumption of 900 non-quality assured datasets from the dena database has recently published by dena during the national TABULA event:
http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/ake48/IWU-Tagung_2012-05-31_Bigalke_dena_BedarfVerbrauch.pdf
However, there is no way to prove which fraction of these datasets are reflecting real energy certificates and real consumptions (it cannot be excluded that there is a certain fraction of test datasets).

6 Model of the national building stock

6.1 Building Typology Approach

An analysis of the German building stock of the year 2009 was carried out with a set of six synthetic average buildings which consider two building size classes (SFH: single-family houses with one or two dwellings / MFH: multi-family houses with three or more dwellings) and three construction year periods (I – III) according to different levels of energy saving regulations in Germany⁸. The first age band includes the buildings which were constructed until 1978, which means before the first German ordinance on thermal protection. The two later periods (1979 – 1994 and 1995 – 2009) were chosen according to further development of this ordinance (more than one within each period) including the introduction of the more far-reaching energy saving ordinance in 2002.

Table 22 gives an overview of some basic data about the frequency of the six building types in the German building stock⁹:

Table 24: Frequencies of the building types SFH I,II,III and MFH I,II,III in the German building stock

		erection period	number of buildings	number of apartments	livings space in 1000 m ²	Tabula reference area in 1000 m ²
"Single Family Houses" (<= 2 apartments)	SFH I	until 1978	9610000	12450000	1285000	1413500
	SFH II	1979 - 1994	2710000	3160000	372000	409200
	SFH III	1995 - 2009	2670000	2980000	365000	401500
"Multi Family Houses " (>=3 apartments)	MFH I	until 1978	2340000	14820000	965000	1061500
	MFH II	1979 - 1994	440000	3910000	268000	294800
	MFH III	1995 - 2009	270000	2110000	160000	176000
			18040000	39430000	3415000	3756500

6.2 Available Data

More detailed information of the building types is given in the following tables. Table 25 shows the basic data of the thermal envelope, that means the areas and the U-values of the different elements wall, roof / upper floor ceiling, ground floor / cellar ceiling and windows.

⁸ The more differentiated construction year classes of the German Building Typology (see chapter 2) were merged to form these three building age bands in order to keep the model manageable.

⁹ The TABULA reference area was calculated according to the simplified assumption that it is 10 % larger than the living space.

Table 25: Basic data of the six synthetical average buildings SFH I, II, III / MFH I, II, III

		SFH I	SFH II	SFH III	MFH I	MFH II	MFH III
geometrical data							
(German) living space	m ²	133,7	137,3	136,7	412,4	609,1	592,6
TABULA reference area	m ²	147,1	151,0	150,4	453,6	670,0	651,9
number of dwellings		1,30	1,17	1,12	6,33	8,89	7,81
wall area	m ²	143,5	134,5	121,5	302,6	466,2	385,8
roof area	m ²	105,2	109,5	89,2	173,0	303,2	298,2
cellar ceiling area	m ²	87,2	89,8	70,2	151,9	271,1	224,8
window area	m ²	27,3	29,8	25,3	80,6	141,9	125,3
refurbished fraction of element area							
wall		20%	7%	0%	26%	15%	0%
roof		47%	24%	0%	48%	23%	0%
cellar ceiling		10%	3%	0%	11%	7%	0%
windows		36%	12%	0%	45%	24%	0%
U-values of the not refurbished fraction of the element area							
U-value wall	W/m ² K	1,40	0,60	0,28	1,35	0,68	0,39
U-value roof	W/m ² K	1,00	0,44	0,33	1,09	0,45	0,34
U-value cellar ceiling	W/m ² K	1,24	0,68	0,41	1,45	0,69	0,43
U-value windows	W/m ² K	2,70	2,70	1,60	2,70	2,70	1,60
U-values of the refurbished fraction of the element area							
U-value wall	W/m ² K	0,35	0,26		0,34	0,27	
U-value roof	W/m ² K	0,24	0,18		0,24	0,18	
U-value cellar ceiling	W/m ² K	0,37	0,30		0,39	0,30	
U-value windows	W/m ² K	1,60	1,60		1,60	1,60	
total number for projections to the German building stock							
(German) living space	Mio. m ²	1285	372	365	965	268	160

Three main data sources were used to define these "synthetical average buildings"¹⁰.

- Mean values of the element areas (e.g. wall area related to living space) were derived from the energy certificate database of the German national energy agency dena containing 487 usable datasets of energy certificates which were issued according to dena's quality assurance scheme (see chapter 5)¹¹.
- The U-values of the not refurbished buildings were calculated as mean values from the respective exemplary buildings of the German building typology (considering the different frequencies of generic building types which belong to the same group SFH I ... MFH III, respectively).
- The U-values of the refurbished element areas and the percentage of refurbished elements¹² were calculated by the data of the representative survey of the German building stock ("Datenbasis Gebäudebestand" [IWU 2010], see chapter 3.4) which includes the data of more than 7,300 questionnaires which were filled in by owners of residential buildings. In this survey a

¹⁰ These building datasets are also included in the common database "TABULA.xls" and tagged "SyAv" (synthetical average), download at: http://www.building-typology.eu/tabulapublications.html#Download_Data_Tool

¹¹ Evaluation of the second export containing 657 datasets, thereof 487 datasets with a complete definition of the thermal envelope.

¹² In principle it would be possible to combine the results of the refurbished and not refurbished fraction of the respective building element area by calculating mean U-values of the building elements. But this would mean a loss of information and it would be misleading if it is intended to use the data sets – beyond TABULA – also for scenario analysis of future energy saving measures: In this case it has to be considered that in the near future at first those elements will be insulated which have not been refurbished before: So the energy savings will have to be calculated based on the insulation of those elements with high U-values whereas applying energy saving measures to mean U-values would not deliver proper results.

comprehensive data set was collected about the energy saving measures (insulation measures, heat supply systems, solar systems) which were carried out – at the time of building construction or during later building modernisation.

The data of the representative survey were also used for the analysis of the heat supply structure of the building types. In Table 26 a rough overview is given, more detailed data were considered concerning the insulation of heat distribution systems¹³, the type of heat generator (e.g. boilers), the application of solar systems and ventilation systems, for example.

Table 26: Heat supply structure of the building types SFH I – MFH III (overview)

percentages related to: dwellings in all residential buildings of the classes SFH I - MFH III		SFH			MFH		
Heat Generators for Space Heating		SFH I	SFH II	SFH III	MFH I	MFH II	MFH III
Heat Generators	Energy Carrier						
District Heating							
	District Heating	1,4%	2,3%	3,6%	12,0%	22,2%	11,6%
Building / Apartment Heating Systems							
Boilers	Gas	43,6%	48,1%	66,4%	52,5%	61,9%	77,9%
	Oil	39,4%	40,6%	18,7%	25,6%	12,7%	5,2%
	Biomass	4,1%	3,0%	2,9%	2,3%	0,5%	3,2%
	Coal	0,3%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%
Heat Pump	Electricity	1,0%	1,7%	6,1%	1,3%	0,0%	1,4%
	Gas	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CHP Engine	Gas	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,3%
direct electric	Electricity	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Room Heating Systems							
Stoves	Gas	1,4%	0,0%	0,0%	1,2%	0,1%	0,0%
	Oil	1,4%	0,3%	0,2%	0,9%	0,1%	0,0%
	Biomass	3,8%	0,3%	0,8%	1,3%	0,0%	0,0%
	Coal	0,7%	0,0%	0,0%	0,6%	0,0%	0,0%
direct electric	Electricity	2,9%	3,7%	1,3%	2,1%	2,5%	0,4%

percentages related to: dwellings in all residential buildings of the classes SFH I - MFH III		SFH			MFH		
Summary: Energy Carriers		SFH I	SFH II	SFH III	MFH I	MFH II	MFH III
	District Heating	1,4%	2,3%	3,6%	12,0%	22,2%	11,6%
	Gas	45,0%	48,1%	66,4%	53,8%	62,0%	78,2%
	Oil	40,8%	40,9%	18,9%	26,5%	12,8%	5,2%
	Biomass	7,9%	3,3%	3,7%	3,6%	0,5%	3,2%
	Coal	1,0%	0,0%	0,0%	0,7%	0,0%	0,0%
	Electricity	3,9%	5,4%	7,4%	3,4%	2,5%	1,8%

6.3 Energy Balance Method

In general, the energy balance model was developed on the basis of the available statistical input data. The energy demand for space heating of the considered six building types was calculated according to a seasonal energy balance approach which is similar to the approach of the TABULA reference calculation procedure and to other seasonal methods (e. g. [LEG]). Some additional assumptions had to be made here, e. g. the internal temperature of the buildings was not considered to be a constant value (e. g. 20 °C), but according to practice experience [IWU 2003b] it was considered that average room temperatures in non-modernised buildings are in general considerably lower than in those buildings which were already insulated (here assumed: mean temperature difference of about 3 K between buildings with a very low and a very good insulation level)¹⁴.

The efficiency values of the different heat supply systems were set in the range of typical values which are used for energy balance calculations in Germany (close to the German TABULA heating system typology). In general, the energy balance model was developed on the basis of the applied

¹³ Three different levels ("not refurbished", "partly refurbished (typical measures)" and "modernised (advanced measures)" were considered for central distribution systems for space heating and hot water, respectively.

¹⁴ This results in lower energy saving potentials than in the case with constant temperatures. (In case of the TABULA reference calculation procedure the effect of non-uniform heating is only about 1,5 K, see [TABULA CM 2012])

statistical input data. Therefore, some simplifications were made (e.g. different values of the efficiency of boilers were considered for constant temperature, low temperature and condensing boilers but within those subsets different installation years were not considered separately). Additional assumptions were sometimes necessary: For example it had to be considered that in a considerable part of the German building stock wood fired stoves are applied as additional heating systems, but there is no information available about their contribution to space heating. Here it was assumed that they contribute with 15 % to the heat demand for space heating.

6.4 Energy Balance of the Residential Building Stock

The following tables show the results of the energy balance calculations for the German building stock 2009. The energy consumption values are shown in units of billion (10^9) kilowatt-hours (kWh). The heat consumption and the final energy consumption are depicted separately for the six building categories. The final energy of fuels (gas, oil, coal biomass) is related to the net calorific value to make possible a comparison with national statistics which usually use the net calorific value¹⁵.

Table 27: Heat consumption of the German residential building stock (2009) for space heating and hot water (model calculations)

	SFH I	SFH II	SFH III	MFH I	MFH II	MFH III	total
heat consumption (10^9 kWh/a)							
useful heat for space heating	211,2	43,7	24,5	113,2	25,9	9,8	428,3
distribution losses for space heating	16,7	4,6	2,9	12,4	3,5	1,9	42,0
useful heat for hot water	21,8	6,3	6,2	11,6	3,2	1,9	51,1
distribution losses for hot water	19,3	5,4	3,9	12,1	3,1	1,9	45,8
total heat consumption	268,9	60,0	37,6	149,3	35,7	15,5	567,1

Table 28: Final energy consumption of the German residential building stock (2009) for space heating and hot water (model calculations, in case of fuels: net calorific value)

	SFH I	SFH II	SFH III	MFH I	MFH II	MFH III	total
final energy consumption for space heating (10^9 kWh/a)							
district heating	3,2	1,1	1,0	15,6	6,6	1,4	28,8
gas	106,6	22,9	17,6	73,3	19,6	9,6	249,5
oil	98,0	19,9	5,1	36,6	4,1	0,6	164,4
biomass	32,4	6,0	3,0	7,5	0,4	0,6	49,9
coal	2,2	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	3,0
electricity	8,0	2,3	1,4	3,9	0,9	0,3	16,8
total	250,4	52,2	28,1	137,6	31,7	12,4	512,4
final energy consumption for hot water (10^9 kWh/a)							
district heating	0,6	0,3	0,4	2,3	1,1	0,4	5,1
gas	18,6	5,7	5,6	12,0	3,3	2,8	48,1
oil	14,0	4,2	1,5	5,1	0,7	0,2	25,7
biomass	1,5	0,3	0,3	0,5	0,0	0,1	2,8
coal	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
electricity	5,1	0,8	0,7	3,5	1,1	0,4	11,5
total	39,8	11,3	8,5	23,4	6,2	3,9	93,0
total final energy consumption for space heating and hot water (10^9 kWh/a)							
district heating	3,7	1,3	1,4	17,9	7,7	1,8	33,8
gas	125,2	28,6	23,2	85,3	23,0	12,3	297,6
oil	112,0	24,1	6,7	41,6	4,8	0,8	190,0
biomass	33,9	6,3	3,3	8,0	0,5	0,7	52,7
coal	2,2	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	3,0
electricity	13,1	3,0	2,1	7,4	2,0	0,7	28,3
total	290,1	63,4	36,7	161,0	37,9	16,3	605,4

¹⁵ In contrast final energy balance calculations within the TABULA project are related to the gross calorific value (to reflect the usual systematics of the heating bill).

The value of electricity consumption includes electric energy used for heat generation (directly or by electric heat pumps) as well as auxiliary energy of the heat supply system (e. g. for pumps of distribution systems, device control, ventilation systems).

The following table shows the primary energy consumption and the CO₂ emissions. The later are defined as direct emissions in the residential buildings or emissions in power plants and district heating plants which are related to the district heat or electricity delivered to residential buildings to cover heat supply. CO₂ equivalent values of other greenhouse gases are not considered.

Table 29: Primary energy consumption (left) and CO₂ emissions (right) of the German residential building stock (2009) for space heating and hot water (model calculations)

primary energy consumption (10 ⁹ kWh/a)		CO ₂ emissions (10 ⁶ t/a)	
district heating	28,7	district heating	5,9
gas	327,3	gas	60,1
oil	209,0	oil	50,5
biomass	10,5	biomass	2,1
coal	3,6	coal	1,1
electricity	82,1	electricity	16,7
total	661,4	total	136,5

6.5 Comparison to National Statistical Data of the Residential Building Stock

In Table 30 the model results are compared with the national energy balance (mean values of actual consumption of households). Because of the deviations of annual climate parameters a direct comparison with the consumption values of the single year 2009 did not appear appropriate, instead mean values of the period 2005 – 2009 are given. The source of the values is a publication of the German federal ministry of economy [BMWi 2011] which is based on the results of the “Arbeitsgruppe Energiebilanzen” (AGEB, German energy balance working group).

Table 30: Comparison of model results with national energy statistics (mean values 2005 – 2009, in case of fuels: net calorific value)

	National Energy Balance				
	Energy Consumption (10 ⁹ kWh)				
	National Statistics average 2005-2009 (Energy Consumption of households)	TABULA model	deviation	related to:	
				single value	total value
district heating	43	34	-10	-22%	-1,63%
gas	272	298	25	9%	4,31%
oil	171	190	19	11%	3,29%
biomass	59	53	-6	-10%	-1,00%
coal	11	3	-8	-72%	-1,32%
electricity*	34	28	-6	-17%	-0,96%
Summe	590	605	16	3%	2,69%

* electricity for heating and hot water (estimations)

The table shows that the model calculations fit satisfactory with the values of the national energy balance. The deviations of the most important energy carriers gas and oil are about 10 %, some other deviations are higher (e.g. 22 % in the case of district heating)¹⁶. Related to the total final energy consumption of 590 billion kWh the deviations are all below 5 %. The deviation of the total value is around 2.7 %.

¹⁶ The high percentage deviation of the energy consumption of coal (72 %) does not play a considerable role because of the very small contribution of coal to the building stock energy balance.

It has to be considered that – besides the questions of annual climate and time development since 2005 – the quoted national statistics are to some extent uncertain because the delivered values can not be directly measured: Analyses have been done by AGEb for example to break down total values of energy consumption (e. g. of gas consumption) to the different consumption sectors (here: households). The value of electricity consumption which is here only related to space heating and hot water supply (and not including other household appliances) is especially uncertain. It was derived from a separate analysis by AGEb regarding the energy balance of the year 2008 [AGEb 2011].

6.6 Calculation of Energy Saving Potentials

Based on the described model an estimation of energy saving potentials in the German building stock for heating and hot water supply was carried out.

Two quality levels of energy saving measures were considered which are shown in Table 31¹⁷.

Table 31: Assumed energy saving measures

	level 1	level 2
U-value of walls	0,24 W/m ² K	0,16 W/m ² K
U-value of roofs / upper floor ceilings	0,24 W/m ² K	0,14 W/m ² K
U-value of ground floors / cellar ceilings	0,3 W/m ² K	0,2 W/m ² K
U-value of windows	1,3 W/m ² K	0,8 W/m ² K (passive house windows)
insulation of heat distribution pipes (for space heating and / or hot water supply)	50 % second best, 50 % best level	100 % best level
heat supply by oil / gas boilers	100 % condensing boilers	100 % condensing boilers
replacement of room heating systems	no progress	100 % gas condensing boilers
application of heat recovery ventilation systems	no progress	100%
solar thermal systems (support of hot water supply and space heating)	no progress	100%
hot water generation	no changes	100 % by central heating system

Table 32 shows the results of the model calculations:

Table 32: Calculated energy savings by applying the level 1 and level 2 measures to the current (2009) German residential building stock

energy consumption (10 ⁹ kWh/a)				related to 2009	
	actual (2009)	level 1	level 2	level 1	level 2
useful heat for space heating	428	198	86	46%	20%
distribution losses for space heating	42	31	20	74%	48%
useful heat for hot water	51	51	51	100%	100%
distribution losses for hot water	46	36	26	78%	58%
total heat consumption	567	316	183	56%	32%
total final energy consumption	605	316	149	52%	25%
total primary energy consumption	661	357	179	54%	27%
total CO₂ emissions (10⁶ t/a)	136	73	36	54%	27%

¹⁷ In terms of thermal protection the first level roughly reflects the standards of the current German energy saving ordinance for modernisation measures, the second level is close to the passivehouse standard. Both are also similar to (but not identical with) the levels "typical" and "advanced" which were applied to the generic building types in the German TABULA typology brochure [IWU 2011].

At level 1 the achieved primary energy consumption and CO₂ emission amount to about 55 % of the original value, which means that the reduction of energy consumption and emissions is around 45 %.

At level 2 the heat consumption is reduced to about a third of the original value. Together with the additional changes of the heat supply structure this results in values of primary energy and CO₂ emissions which are at about 27 % of the original value. Thus more than 70 % of primary energy and CO₂ emissions could be saved by applying the level 2 measures to the complete building stock.

This exemplary model analysis demonstrates the energy savings which could theoretically be achieved in the building stock if in the first place a consequent thermal protection of the buildings and a thus reduction of heat consumption could be achieved. Of course this is only a hypothetical calculation of technical energy saving potentials according to different levels of quality. These calculations can be seen as a first test application of the model. It is intended to give a rough impression of the magnitude of energy saving potentials which could be attained if there was a consequent reduction of the buildings' heat demand, but the results are based on rough and simplified assumptions and thus can not be seen as a part of a realistic scenario.

In practice there are of course some obstacles in the building stock (for example but not only at historical monuments) which will not permit the general achieving of level 2 measures. In future scenario analysis realistic annual refurbishment rates will have to be considered as well as the influence of the new construction sector and demolition of buildings (of which the later does not play a major role in Germany until now). Besides, even more far-reaching changes in the energy supply structure, e.g. a more significant use of renewable energies should be taken into consideration.

6.7 Perspectives and Conclusions

The described model and the exemplary calculations demonstrate the application of the building typology concept to energy balance analysis of the German building stock. By defining a manageable number of six synthetical average buildings which reflect the current state of building modernisation and the current heat supply structure a satisfactory approximation of the energy consumption of the German building stock could be attained. Exemplary calculations of technical energy saving potentials were carried out to demonstrate first steps towards future applications of the model in the framework of scenario analysis.

Typology based building stock models of further countries are described in the respective thematic report [TABULA TR2 2012] (together with the German model detailed above).

7 Non-residential Building Stock: Data Situation and Tasks

The non-residential building sector is characterized by a large number of different building types, each with specific functional, morphological and structural characteristics and parameters. In addition, the buildings differ on account of their age, the construction materials used in the corresponding periods and their technical equipment. Therefore, understanding energy use in the non-residential sector is complex as end-uses such as heating, ventilation, cooling, lighting, IT equipment and appliances vary greatly from one building category to another. Thus, multifaceted knowledge is needed to set up a proper typology. In the recent past some approaches have been made to reflect the current situation in terms of available information, but also in terms of finding appropriate ways to structure a non-residential building typology. Due to the poor availability of data so far, there is a great need for further research.

7.1 Existing Typology Concepts

In Germany there is no elaborate monitoring of the non-residential building stock. Reliable data are sparse and therefore insufficient. Nevertheless, two current studies deal with typological approaches concerning non-residential buildings. Regulations concerning the acquisition and use of data as well as the use of benchmarks have been set up. Apart from that, for the more recent past some statistical data are available.

Statistical data on building activities [Destatis]

Non-residential buildings are included in the building activity statistics compiled by the Federal Statistical Office (Destatis) for the whole of Germany since 1993. The building activity statistics cover the permits issued for building construction, the completion of construction projects, the volume of unfinished building projects at the end of year, and the retirements of structures. The buildings are classified as either residential or non-residential and further categorized by type of building. Non-residential buildings comprise the categories shown in Table 33.

Table 33: Categories for non-residential buildings according to the German building activity statistics (buildings erected from 1993 to 2010) [Destatis]

No.	German description of the Building Category	English description of the Building Category	Share of total non-residential usable floor area ¹
1	Anstaltsgebäude	Institutional Buildings	Approx. 4%
2	Büro- und Verwaltungsgebäude	Office and Administration Buildings	Share decreasing: 1993 to 1995 17-18%; 2007 to 2010 8-9%
3	Landwirtschaftliche Betriebsgebäude	Agricultural and Farm Buildings	Share increasing: 1993 to 1994 8-9%; 2009 17%; 2010 22%
4	Nichtlandwirtschaftliche Betriebsgebäude, darunter	Operational Buildings, further subdivided into	Approx. 60%
4a	Fabrik- und Werkstattsgebäude	Factory and Workshop Buildings	Approx. 19%
4b	Handels- und Lagergebäude	Retail Buildings and Warehouses	Approx. 32%
4c	Hotels und Gaststätten	Hotels and Restaurants	Approx. 2%
5	Sonstige Nichtwohngebäude	Other Non-Residential Buildings	Approx. 8%

¹Unless otherwise stated average values of buildings erected from 1993 to 2010

Annual information is provided about the number of new buildings and accordingly building measures concerning existing buildings, floor spaces (useful area and living space), building volume, construction costs, and the number respectively the floor spaces of demolished buildings. New buildings are also categorized by heating system and energy carrier, although the associated heated floor areas are not available.

Apart from the statistics for the whole of Germany, data on permits and completions of non-residential buildings are available for the territory of the former Federal Republic (without West-Berlin) since 1961.

Statistics on building activities deliver a rough basis to determine current dynamics (new buildings vs. demolitions), but at the end, fairly little information is provided as for example heated floor spaces and net floor areas cannot be deduced, data for the period from 1961 to 1992 are very incomplete, and data for the period before 1961 are not available. Therefore, no statistical data about the total number of non-residential buildings in Germany is available today.

Related to the application of the German Energy Saving Ordinance (Energieeinsparverordnung), BMVBS published two documents with regulations concerning the acquisition and the use of data as well as energy consumption values and comparable figures/benchmarks for non-residential buildings:

Bulletin on the regulations concerning acquisition and use of data with reference to the non-residential building stock [BMVBS 2009a]

In this publication assistance for issuing energy performance certificates for existing non-residential buildings on the basis of calculations (energy balances) is given in the form of simplifications on how to acquire data of the building envelope and the zoning.

Apart from that, a table showing typical U-values of roofs, ceilings, walls, façade elements, construction elements in the soil or bordering unheated rooms, windows, shutters, and doors of different construction year classes is available. Eight construction year classes are distinguished:

until 1918	1969-1978
1919-1948	1979-1983
1949-1957	1984-1994
1958-1968	from 1995

In addition, U-values are given for subsequently insulated building elements.

Another table shows typical parameters of the technical equipment, depending on a building category and partly on construction year periods. The building categories distinguished are: Office and Administration Buildings, Schools, Operational Buildings, Retail Buildings, Hotels, and Other Non-Residential Buildings. Central heating-boilers are distinguished by their year of construction (until 1977, 1978-1986, from 1987).

Bulletin on the regulations concerning energy consumption values and comparable figures for non-residential buildings [BMVBS 2009b]

This publication aims at the comparability of energy consumption values in the existing non-residential building stock. In this context, instructions on how to adjust consumption values for climatic conditions are given.

Furthermore, conversion factors for several building types are compiled to translate the net floor area of a building into main usable area, usable area and gross floor area.

Average values and comparable values/benchmarks for heating energy consumption and the consumption of electricity are given for several building types. As these values derive from real energy uses single appliances (heating, hot water, ventilation, cooling, lighting) are not distinguished.

These two publications do not show a building typology in itself, but as rules for simplifications and comparability are given, they are useful for setting up a typological system. The benchmarks given in [BMVBS 2009b] derive from a more detailed study which is described hereafter.

Benchmarks for the energy efficiency of non-residential buildings [BBSR 2009]

For this study the real energy consumption (data by energy supply companies) of approx. 5 000 non-residential buildings was evaluated. Benchmarks are given for the appliances “heat” and “electricity”.

The classification of benchmarks is based on the German “Bauwerkszuordnungskatalog (BWZK)”, a structure for building categories, which was developed to analyze building costs for public buildings. For the study, the BWZK was adapted to the needs of private buildings, and a consolidated structure for the non-residential building sector with 11 main categories and several subtypes, as shown in Table 34, was suggested.

Table 34: Suggestion for a consolidated structure of building categories for public and private non-residential buildings [BBSR 2009]

No.	German description of the Building Category	English description of the Building Category
1	Öffentliche Einrichtungen Parlamentsgebäude, Gerichtsgebäude, Justizvollzugsanstalten, Bereitschafts- und Notfalleinrichtungen	Public Facilities Parliament Buildings, Courthouses, Prisons, Facilities for emergencies
2	Lehre und Forschung Hörsaalgebäude, Institutsgebäude, Laborgebäude	Education and Research Lecture Halls, Institute Buildings, Laboratories
3	Schulen Allgemeinbildende Schulen, Berufsbildende Schulen, Sonderschulen, Kindertagesstätten, Weiterbildungseinrichtungen	Schools Grammar Schools, Vocational Schools, Special Schools, Nursery Schools, Schools for further education
4	Hotel, Beherbergung Hotels mit 1 und 2 Sternen, Hotels mit 3 Sternen, Hotels mit 4 und 5 Sternen, Jugendherberge, Gästehäuser, Ferien-/Schulland-/Vereinsheime/Gemeinschafts-unterkünfte	Hotel, Accommodation 1- and 2-star Hotels, 3-star Hotels, 4- and 5-star Hotels, Youth Hostels/Guest Houses/Holiday Accommodations/Hostels/Club Houses/Communal Accommodations
5	Gaststätten Ausschankwirtschaft, Speisegaststätten/Restaurant, Kanten/Mensen	Public Houses/Restaurants Bars, Restaurants, Canteens/Refectories
6	Gebäude für Veranstaltungen und kulturelle Zwecke Kino, Opernhäuser/Theater, Saalbauten/Stadthallen, Ausstellungsgebäude, Freizeitzentren/Jugendhäuser/Gemeindehäuser	Buildings used for events and cultural purposes Cinemas, Opera Houses/Theatres, Roofed Halls/Civic Centres, Exhibition Buildings, Recreation Centres, Youth Clubs, Community Halls
7	Sportanlagen Sporthallen, Mehrzweckhallen, Schwimmhallen/Hallenbäder, Freibad, Sportheim (Vereinsheim) Fitnessstudios	Sports Facilities Sports Halls, Multipurpose Halls, Indoor swimming Pools, Leisure Pools, Club houses, Gyms
8	Handel/Dienstleistung Handel Non-Food/sonstige persönlichen Dienstleistungen bis 300 m ² , Handel Non-Food über 300 m ² , Handel Food bis 300 qm, Handel Food über 300 m ² , Kaufhäuser, Warenhäuser, Einkaufszentren (Food und Non-Food), Geschlossene Lagerhäuser, Speditionen, Freiberufliches Gesundheitswesen/Praxen, Kosmetik/Frisör	Retail and Services Retail Non-Food/other Services up to 300 m ² , Retail Non-Food more than 300 m ² , Retail Food up to 300 m ² , Retail Food more than 300 m ² , Stores, Malls, Shopping Centre (Food and Non-Food), closed Warehouses/Shipping Company, self-employed Health Care/Surgeries, Beauticians/Hair dressers
9	Gesundheitswesen Krankenhäuser bis 250 Betten, Krankenhäuser 251 bis 1000 Betten, Krankenhäuser mit über 1000 Betten	Health Care Hospitals with less than 250 beds, Hospitals with 251 to 1000 beds, Hospitals with more than 1000 beds
10	Verkehrsinfrastruktur Flughafen/Terminal, Flughafen/Frachthallen, Flughafen/Wartung/Hangar, Flughafen Werkstätten, Tiefgarage privater Nutzung, Tiefgarage öffentlicher Nutzung, Bahnhof < 5000m ² , Bahnhof > 5000 m ²	Transport Infrastructure Airport/Terminal, Airport Cargo Buildings, Airport maintenance/Hangar, Airport Workshops, Private Underground Parking, Public Underground Parking, Train Station < 5000 m ² , Train Station > 5000 m ²
11	Bürogebäude nur beheizt, temperiert/belüftet, Vollklimaanlage/Konditionierung völlig unabhängig von Außentemperatur	Office Buildings with Space heating only, Temperate/Ventilated, Completely air conditioned/Conditioning independent from outside temperature

Within the report, the practicability of these building categories is discussed. It was found that the building categories work very well as long as there is a large number of buildings which can be assigned to each of the categories. A major difficulty, however, is that the consideration of complex buildings leads to an increased number of building categories, whereas at the same time, the amount of buildings assigned to one category is decreasing dramatically. Therefore, it does not seem useful to start an endless process of further differentiation of building categories. Therefore, four alternative approaches are suggested:

- The complexity of buildings often results from mixed uses. One possibility is to regard the main uses of the building and create a benchmark by assessing energy uses of corresponding building categories according to their share of floor area. In the frame of the European project EPLABEL this approach led to good results.
- Some appliances or uses cannot be covered through building categories or mixed uses, e.g. laboratories consume different amounts of electricity according to their equipment. In these cases it is suggested to subtract the consumptions of special appliances from the overall consumption. This approach also was successfully used during the project EPLABEL.
- Instead of relating benchmarks to building categories or types, it might be advantageous to relate benchmarks to building zones which are characterized by uniform boundary conditions of use. This way different uses can be depicted fairly exact. However, benchmarks for building zones cannot be evaluated statistically; they have to be set up empirically.
- Another approach is to work with “tailored benchmarks” derived from the area-weighted sum of benchmarks for all separate zones within a building. By setting up the tailored benchmark, certain parameters (e.g. times, frequencies) may be adjusted according to the real conditions, so that the tailored benchmark can be compared to the real consumption of a building without any further conversions.

Typology and stock of heated non-residential buildings [BMVBS 2011]

Within this project a typology approach for the non-residential sector was developed which encompasses 11 major categories each including a certain number of specific subtypes (see Table 35). The building types were chosen with special consideration to the specifications of the German Energy Saving Ordinance (Energieeinsparverordnung) and/or due to their quantitative relevance.

For each type and subtype further differentiations can be conducted on the basis of structural design, energy quality etc. An analysis of the defined subcategories showed, however, that the distinction of more refined subtypes has much less influence on the buildings' energy performance than expected. On the whole, three most determining factors were identified: the year of construction, the compactness (surface-to-volume ratio), and the technical building equipment.

Based on typical U-values of the main building elements floors, walls, windows, and roofs, four construction year classes are distinguished:

- until 1976
- 1977 - 1983
- 1984 – 1994
- post 1994.

For three of the building categories, the study delivers spectra of energy performances differentiated according to the year of construction and compactness respectively in one case according to the year of construction and the form of heat transfer. For this purpose a number of synthetic buildings (between 10 and 36) were defined and calculated for each of the considered building categories. The results show spectra concerning the total final energy demand of the buildings, but individual demands for heating, hot water, ventilation, cooling, and lighting are not specified. It should also be noted that calculated results do not necessarily reflect and represent real consumptions, especially as the coherence between the German calculation method for non-residential buildings and the corresponding true consumptions is not yet known.

Table 35: Typological categories for non-residential buildings by [BMVBS 2011]

No.	German description of the Building Category	English description of the Building Category
1	Bildungsgebäude Schulgebäude, Kindertagesstätten, Hochschulen	Education Buildings Schools, Kindergartens, Universities
2	Büro- & Verwaltungsgebäude Banken, Versicherungen, Regierungsgebäude, Ämter	Office and Administration Buildings Banks, Insurance-buildings, Government buildings, Official buildings
3	Fabrikgebäude Großunternehmen, Fabrikationshallen	Factory Buildings Large-scale enterprises, Manufacturing buildings
4	Werkstattgebäude Handwerk, Gewerbe	Workshop Buildings Craft, Trade
5	Heilbehandlungsgebäude Krankenhäuser, Polikliniken	Health Buildings Hospitals, Polyclinics
6	Handelsgebäude Shopping-Center, Lebensmittel, Non-Food	Retail and Trade Buildings Shopping Centre, Food, Non-Food
7	Lagerhallen Zentrallager, Versandlager	Warehouses Central Warehouses, Shipping Depots
8	Sporthallen private, Schul- und Hochschulsport, Tennishallen	Sports Halls private, School and College Sports, Indoor Tennis Centres
9	Schwimmballen Spaßbäder, kleine Schwimmsporthallen	Indoor Swimming Pools Leisure Pools, Small Indoor Swimming Pools
10	Kulturgebäude Oper, Theater, Konzert, Kino, Ausstellungsgebäude	Cultural Buildings Operas, Theatres, Concert Halls, Cinemas, Exhibition Buildings
11	Beherbergungsgebäude Hotels, Gaststättengebäude freistehend	Accommodation Buildings Hotels, detached Restaurants

Apart from the categorization of building types, different methods to estimate the quantitative structure of the existing non-residential building stock are discussed, e.g. the utilization of geographic information systems, the calculation on the basis of urbanistic reference values or the direct or indirect utilization of data gathered in official statistics.

Data and maps of geographic information systems seem to be a promising method where in theory all required information concerning numbers, floor spaces and storeys are available. Nevertheless, in practice there are limitations concerning the quality and accessibility of the data. Additionally, the efforts to gather all the numbers for the whole of Germany would be immense.

In addition to the statistics on building activities, indirect data concerning the net invested capital in Germany were evaluated. It was found that this method is helpful to determine a rough, but incomplete overview of the quantity of buildings.

Energy consumption in the sector trade, commerce, and services in Germany 2007 to 2010 [ISI et al. 2011]

In the course of another recent study a typology concept was developed based on extrapolated data on the energy consumption in the sector trade, commerce, and services (also referred to as the tertiary sector).

The basis for the determination of energy consumption in the tertiary sector is a broad survey which is conducted every two years. The size of the sample is approx. 2,000 workplaces. For the survey, the tertiary sector is divided into 14 groups (distinguished by industries), which are further subdivided into more detailed splits. The averages of the specific electricity and fuel consumption derived from the surveys were extrapolated for Germany using the total number of employees in the individual considered groups and splits. The energy consumption of agriculture, forestry and airports was determined using data from secondary statistics. Based on the collected information about energy consumption by end use within the individual groups, the electricity and fuel con-

sumption determined were divided into the end-uses: space heating, process heat, air-conditioning, process cold, power, lighting, and communication. The results show, that 70% of the energy demand for fuel in the tertiary sector in Germany is accounted for space heating, and lighting is the dominant use with regard to electricity (40% of the consumed electricity is used for lighting), while the share of air conditioning for cooling in electricity consumption is still low today.

The survey for the year 2008 was also used to gather information about the part of the building stock which is used by the sector trade, commerce, and services. To generate reliable data for extrapolations it was important to identify clearly defined building categories. Within this context, the buildings were classified as shown in Table 36.

Table 36: Categories for non-residential buildings according to [ISI et al. 2011]

No.	German description of the Building Category	English description of the Building Category	Share of total net floor area
1	Wohngebäude mit Mischnutzung	Residential buildings with mixed uses (buildings used predominantly for residential and subordinated for non-residential purposes)	17%
2	Bürogebäude	Office Buildings	12%
3	Laden- / Verkaufsgebäude	Shops and Commercial Buildings	11%
4	Werkstattgebäude	Workshop Buildings	13%
5	Lager- / Garagengebäude	Warehouses and Garages	29%
6	Sonstige Gebäude ohne Wohnnutzung	Other Non-Residential Buildings	18%

Apart from that, three construction year classes were distinguished:

- pre 1977
- 1977 – 2002
- post 2002.

The result of the survey provides data about the number of buildings, floor spaces such as total sums of the floor space, commercially used floor space, average floor space per building, average floor space per storey, and average number of storeys. The results were extrapolated for Germany and deliver the total numbers of buildings and floor spaces for each category as well as the energy consumption concerning fuels and district heating (not distinguished by appliance). As to the energy consumption, the identified standard variance proves a large dispersion of values. Therefore, significant conclusions cannot be drawn on this basis.

Résumé

The existing approaches concerning a German non-residential building typology differ in terms of the defined building categories, construction year classes and other relevant parameters, depending on the intended application and data availability. Neither specific data nor specific studies seem to be available for the industrial sector. Reliable statements about the entirety of non-residential buildings cannot be made.

Apart from the introduced publications, quite a few other studies refer to the energy performance of non-residential buildings and might be helpful for setting up a typology, especially as some of them deal with particular aspects like the cooling of buildings [UBA 2011] or urbanistic coherences [Everding 2007].

7.2 Draft classification scheme for non-residential buildings

To set up a typology for non-residential buildings, four main parameters seem to be determining:

- The utilization of the building (operational patterns, requirements); in the typology accounted for by building categories and, if necessary, sub categories. The additional consideration of building zones will be helpful to incorporate buildings with mixed uses.
- The year of construction; in the typology accounted for by construction year classes.
- The compactness or size of the building; in the typology accounted for by different indicators, e.g. the number of work places in an office building or the number of beds in a hospital or a hotel. Another possibility is the indication of the overall floor space or the surface-to-volume ratio, although this value is usually not known to the owners and users and might therefore be difficult to apply.
- The technical building equipment; in the typology accounted for by enlisting relevant technical components (systems for heating, ventilation, hot water, cooling, and lighting; if applicable: energy sources used).

The main **building categories defined by [BBSR 2009] and [BMVBS 2011]** (see Table 34 and Table 35) seem to be a good starting point to further develop the existing approaches. In the course of setting up an overall national typology it will have to be validated how to consolidate both structures and to what extent alterations and additions will have to be made. As a vast number of building types should be avoided, it has to be examined to what extent sub-categories have to be set up and which **additional parameters (size, technical equipment)** are the most determining for each of the sub-categories.

Apart from that, no more than three or four **construction year classes** should be defined. Account should be taken of the fact that short construction year spans might be tricky to survey as it is difficult to generalize on the basis of a small number of buildings. It is therefore suggested to use the construction year classes defined by [ISI et al. 2011]. However, because of specific architectural characteristics and building materials used before 1919, the addition of a class for this period of time appears to be useful:

- until 1918
- 1919 - 1977
- 1978 – 2002
- post 2002.

As to the structure of the typology, three levels of detailing are desirable:

On a first level (inventory) an overview of all building categories and related quantities (number of buildings and floor areas) should be given (see Table 37).

The second level (benchmarks) is to go into more detail and might show one matrix for each of the building categories with the relating building types, distinguished according to the year of construction and other determining factors like supply system or building size. Further characteristics might be accounted for through the introduction of individual subtypes. Following [BBSR 2009] typical benchmarks should be shown for the consumption of fuels and electricity (see Table 38).

The third level (showcase examples) consists of data sheets for example buildings and is to show typical construction elements and energy performance indicators for the non-refurbished building and two levels of refurbishment, standard and advanced. At this level energy uses (useful energy, final energy, primary energy) for the different appliances (heating, hot water, ventilation, cooling, and lighting) depending on a commonly used energy carrier should be given. As gathering the required data for this purpose will take some time it might be a possibility to start by calculating synthetic buildings (e.g. in terms of parameter studies) until results for example buildings are available.

Table 37: Draft classification scheme for non-residential buildings, first level; overview of building categories and related quantities

	Building category 1	Building category 2	...	Building category n	Amount	Percentage Share
Until 1918						
Floor area [m ²]						
Number of buildings						
1919 – 1977						
Floor area [m ²]						
Number of buildings						
1977 – 2002						
Floor area [m ²]						
Number of buildings						
Post 2002						
Floor area [m ²]						
Number of buildings						
Floor area [m ²]						
Percentage share [%]						
Number of Buildings						
Percentage share [%]						

Table 38: Draft classification scheme for non-residential buildings, second level; exemplarily differentiated by building category, construction year class, and form of heat transfer; table based on [BMVBS 2011]

No.	Building Category / construction year class	Form of heat transfer	Benchmark final energy [kWh/(m ² a)]	
			Consumption of Fuels	Consumption of Electricity
8	Sport Halls			
8.1		Gas, radiant heating		
8.2	until 1918	Underfloor heating, ceiling heating elements		
8.3		Radiators, air heating		
8.4		Gas, radiant heating		
8.5	1919 - 1977	Underfloor heating, ceiling heating elements		
8.6		Radiators, air heating		
8.7		Gas, radiant heating		
8.8	1978 – 2002	Underfloor heating, ceiling heating elements, radiators, air heating		
8.9	Post 2002			

7.3 Proposed proceeding / link with current national activities

IWU proposes three major steps to set up a non-residential building typology:

1) *Definition/Review of building categories*

As mentioned before, the building categories defined by [BBSR 2009] and [BMVBS 2011] seem to be a good basis to proceed, but they have to be consolidated and modified. Further research is necessary to identify the most important energy influencing factor for each of the buildings categories; e.g. whereas for warehouses the surface-to-volume ratio might have the most influence, this does not necessarily apply for the category “Sports Halls” for which the technical equipment might have a higher impact (see [BMVBS 2011]).

It is also important to bear in mind that a significant share of the non-residential floor area in Germany seems to be located in buildings with mixed uses (either in terms of residential and non-residential uses or in terms of different non-residential uses) (see e.g. [ISI 2011]). Therefore an approach concerning the implementation of those floor areas into the typology, e.g. by using building zones, will be necessary.

2) *Determination of quantities*

In Germany there is a need to gather substantial data concerning the quantities of buildings (in total and according to building categories and construction year classes), quantities of floor spaces, cubatures, building equipment, the state of the current building stock, the share of already refurbished buildings, building elements respectively renewed technical equipment, and current trends (How many buildings and heating systems are being refurbished every year?).

With respect to the statistical aspects a better, centralized and compatible structure for the data is required. Needed data might be derived from large surveys like the German census or e.g. the Datenbasis Gebäudebestand. A further development of the geographic information systems accomplished by a simultaneous improvement of the accessibility at least for scientific purposes would support in reducing the existing deficits.

In any case, the introduction of a regular inquiry will be necessary to monitor the development and effects of the applied measures. The availability and regular update of the relevant statistical data will be an important basis for the development and evaluation of a national non-residential building typology.

3) *Assessment of energy performance indicators (example buildings)*

For each of the buildings categories, example buildings are to be identified. For the assessment of comparable energy performance indicators, the calculation of energy balances will be necessary. The German method to calculate energy balances for non-residential buildings is complex, and very detailed knowledge – especially about the technical equipment of the building – is needed. For the typological approach a simplified calculation method is needed. Within the research project “Teilenergiekennwerte (TEK)” (Partial Energy Indicators), funded by the Federal Ministry of Economics, IWU is currently developing such a tool. In the course of the project, 75 existing non-residential buildings are going to be assessed, and might serve as example buildings for quite a few categories of the non-residential typology.

Another approach for a simplified calculation method might derive from the project “Verbrauchsstrukturanalyse für Nichtwohngebäude” (Structural analysis of energy consumption in non-residential buildings). In the course of the project a calculation tool is developed to compare the real energy consumption of a building with a calculated tailored benchmark which allows a rough estimation of energy saving potentials.

A third project IWU is currently working on is called „Typologiegestützte Analyseinstrumente für die energetische Bewertung bestehender Nichtwohngebäude“ (Typology of public buildings owned by the federal state of Hessen) and funded by the Hessian Ministry of Environment. Ten public build-

ings of different construction year classes are being assessed with the help of the TEK tool. For each of the buildings refurbishment measurements are proposed on two levels, standard and advanced. Based on the residential typology, data sheets are developed for the selected buildings to sum up the setup of the construction elements, the supply systems, and the energy demands of the three refurbishment levels.

7.4 Conclusions

In Germany, quite a few efforts have been made to set up a non-residential building typology. Different approaches have been developed depending on diverse goals, objectives, and methodologies. As only very few reliable data on the quantities of non-residential buildings are available, no qualified results can be drawn yet for the entirety of non-residential buildings.

Another difficulty is the complex calculation method used for non-residential buildings. For setting up a building typology that is supposed to be comparable to other countries a simplified and harmonized calculation method is needed.

It is therefore important not only to gather more information about the existing non-residential building stock through studies and surveys, but also to explore how the obtained data may contribute to an applicable building typology.

8 Conclusions and Outlook

This report gives an account of the activities and findings of the German part of the IEE project TABULA. In summary the elaborated items and achieved results are:

- a classification scheme for the German residential building stock, compatible with the harmonised concept on EU level;
- a set of exemplary buildings used for showcasing energy refurbishments;
- a set of common heating systems and associated energy performance indicators;
- a set of energy refurbishment measures, defined on two levels "Standard" (EnEV) and "Advanced" (passive house components);
- energy balance calculations using the national method (EnEV) and the TABULA reference calculation procedure;
- a first version of factors to adapt the calculations to the typical level of measured consumption, later to be revised in case that more reliable information is existing;
- a set of "Building Display Sheets" depicting the energy performance and the potential savings of the exemplary buildings;
- a set of tables displaying national building stock and heat supply system statistics on the basis of a common structure for statistical data;
- a "Building Typology Brochure" including results of calculations, national statistics and building display sheets in German language;
- a model defining "synthetical average buildings" based on national statistics for an assessment of the energy performance of the whole building stock;
- a discussion of the question how to apply a similar concept to the sector of non-residential buildings and a description of the necessary steps.

The German residential building typology is consisting of the above described concerted elements. Since it is an open concept, further aspects can easily be attached or generated:

- inclusion of further exemplary buildings, reflecting other geometries, special construction elements or measure types;
- exemplary refurbished buildings ("best practice examples"), including description and photographs of measures and achieved measured energy consumption;
- extension to new buildings, reflecting national requirements, depending on the type of heating system;
- inclusion of further indicators in the catalogue of refurbishment measures: costs, production energy and emissions;
- creation of typologies for local / regional stocks or for building portfolios, based on a similar concept, defining exemplary buildings for showcasing, and providing frequencies and average states for analogue building stock models;
- development of concepts for the continuous monitoring of building stock entireties, including the periodical collection of information about refurbishment processes and actual energy consumption of buildings before and after modernisation.

During the elaboration a number of items have been noticed which would be worth to be considered in future concepts and projects:

- The correlation of measured and calculated energy consumption should be investigated in more detail, which would require an elevation of a large number of buildings. The vision is to continuously monitor the measured consumption in combination with typological information for the whole stock.
- As regards the existing energy certificate database an extension of the plausibility checks by considering the results of statistical analyses is recommended. Also certain further quantities should be included in the datasets in order to enforce the quality assurance concept and to enable a parallel control computing of the certificate calculation.
- For the sector of non-residential buildings a national survey is needed to provide the necessary statistical information. The definition of the indicators to be collected should be determined by considering a simple energy balance model for non-residential buildings.

Appendix A – Literature

Reference Shortcut	Short Description	Reference / Link
Typical buildings / national level		
[FIZ 1999]	database for scenario calculations, including the German Building Typology [IWU 1990]	IKARUS-Datenbank; Fachinformationszentrum Karlsruhe, 1999
[FZJülich 1994]	description of the energy related properties of typical non-residential buildings	M. Gierga, H. Erhorn: Bestand und Typologie beheizter Nichtwohngebäude in Westdeutschland, Forschungszentrum Jülich, Jülich, 1994
[IWU 1990]	First definition of the German Building Typology / application for scenario calculations	Ebel, W. et al.: Energiesparpotential im Gebäudebestand; IWU, Darmstadt 1990
[IWU 1996]	comprehensive study, including scenario calculations for the German housing stock	Ebel, W.; Eicke-Hennig, W.; Feist, W.; Groscurth, H.-M.: Der zukünftige Heizwärmebedarf der Haushalte; Institut Wohnen und Umwelt; Darmstadt 1996
[IWU 2003a]	German Building Typology: Systematic and datasets, revised version of typology used in [IWU 1990]	Deutsche Gebäudetypologie: Systematik und Datensätze, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, 2003
[IWU 2005a]	Simplified Energy Profile Procedure; developed methods: (1) envelope area estimation procedure / (2) typical U-values / (3) efficiencies of typical supply systems	Loga, Tobias; Diefenbach, Nikolaus; Knissel, Jens; Born, Rolf: Kurzverfahren Energieprofil. Ein vereinfachtes, statistisch abgesichertes Verfahren zur Erhebung von Gebäudedaten für die energetische Bewertung von Gebäuden; IWU, Darmstadt 2005; Bauforschung für die Praxis / Band 72; Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart 2005
[IWU 2007]	basis data for extrapolation calculations, referring to the German Building Typology [IWU 2003]	N. Diefenbach, R. Born, Basisdaten für die Hochrechnung mit der Deutschen Gebäudetypologie des IWU, IWU, Darmstadt, 2007
[IWU 2011]	German Building Typology Brochure, developed in the framework of the IEE project TABULA	Loga, Tobias; Diefenbach, Nikolaus; Born, Rolf: Deutsche Gebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden; IWU, Darmstadt 2011 http://www.building-typology.eu/downloads/public/docs/brochure/DE_TABULA_TypologyBrochure_IWU.pdf
[Mikrozensus]	enquiry of ca. 380.000 households, every four year, official statistics by Federal Office of Statistics: - centralisation of supply system - main energy carriers - energy costs	Mikrozensus, Zusatzerhebung zur Wohnsituation, Statistisches Bundesamt
Typical buildings / regional level		
[ebök 2001]	Building Typology for the province of Sachsen	Gebäudetypologie für den Freistaat Sachsen; ebök, Tübingen 2001
[ebök 2003]	Building Typology for the city of Münster	Hildebrandt, Olaf; Hellmann, Rosemarie; Zantner, Marc; Evaluation des Förderprogramms zur Altbauanierung in der Stadt Münster. Anhang zum Enderbericht - Gebäudetypenblätter zur Gebäudetypologie; ebök (Tübingen) im Auftrag der Stadt Münster, Amt für Grünflächen und Umweltschutz – KLENKO (Koordinierungsstelle Klima & Energie); Münster 2003
[ebök/ifeu 1996]	Building Typology for the city of Heidelberg	Stadt Heidelberg (Hrsg.): Heidelberger Wärmepass / Heidelberger Gebäudetypologie; ifeu, Heidelberg 1996
[ebök/ifeu 1997]	Building Typology for the city of Mannheim	Gebäudetypologie für die Stadt Mannheim; ebök/ifeu, Tübingen/Heidelberg 1997; im Auftrag der Stadt Mannheim
[Eicke-Hennig / Siepe 1997]	Building Typology for the province of Hessen	Eicke-Hennig, Werner; Siepe, Benedikt: Die Heizenergie-Einsparmöglichkeiten durch Verbesserung des Wärmeschutzes typischer hessischer Wohngebäude; IWU, Darmstadt 1997
[GERTEC / UTEC 1999]	Building Typology for the province of Schleswig-Holstein	Investitionsbank Schleswig-Holstein / Energieagentur (Hrg.): Gebäudetypologie für das Land Schleswig-Holstein, Kiel 1999 (Bearbeitung: GERTEC / UTEC)
[IWU 2002]	revised version of the Building Typology for the province of Hessen, including heating systems	Born, R.; Diefenbach, N.; Loga, T.: Energieeinsparung durch Verbesserung des Wärmeschutzes und Modernisierung der Heizungsanlage für 31 Musterhäuser der Gebäudetypologie; Studie im Auftrag des Impulsprogramms Hessen; IWU, Darmstadt 2002
[IWU 2005b]	integrated climate protection programme for the state of Hesse /	Enseling, A.; Diefenbach, N.; Hinz, E.: Integriertes Klimaschutzprogramm Hessen 2012 – Themenbereich: Wärmeversorgung von Gebäuden, im

Reference Shortcut	Short Description	Reference / Link
	model analysis for the Hessian building stock	Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz; Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt 2005
[IWU 2006a]	Building Typology for the province of Bayern	Hinz, E.: Gebäudetypologie Bayern: Entwicklung von 11 Hausdatenblättern zu typischen Gebäuden aus dem Wohngebäudebestand Bayerns; Studie im Auftrag des Bund Naturschutz Bayern e.V.; IWU, Darmstadt 2006
[Oeko-Institut 2003]	Scenarios for the province of Schleswig-Holstein on the basis of the regional Building Typology	Buchert, M.; Eberle, U.; Jenseit, W.; Stahl, H.: Nachhaltiges Bauen und Wohnen in Schleswig-Holstein; Öko-Institut, Darmstadt 2003
Typical construction elements and supply systems		
[BekEnEV 2009]	official paper of the German Ministry of Transport, Building and Urban Development, supplementing the German Energy Saving Ordinance ("Energieeinsparverordnung / EnEV 2009")	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.): Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand; Berlin, 30. Juli 2009
[DIN V 4701-10]	German Standard, including tabled flat values for typical supply system components (distribution, storage, generation), only for new buildings	DIN V 4701-10 / Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen. Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung; Deutsches Institut für Normung; Berlin, 2003
[Eicke-Hennig et al. 1997]	detailed description of typical construction elements according to construction period and possible energy saving measures	Eicke-Hennig, W.; Siepe, B.; Zink, J.: Konstruktionshandbuch - Verbesserung des Wärmeschutzes im Gebäudebestand; IWU, Darmstadt 1997
[IWU 2004]	method for the EP certificate field test in Germany, developed and documented on behalf of the German Energy Agency dena: including U-values of typical construction elements and efficiency values of typical supply system types	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
[IWU 2005a]	simplified energy profile procedure	<i>see reference mentioned above</i>
[Zapke / Ebert 1983]	U-values of old construction elements (first edition)	Zapke, W.; Ebert, H.: (Institut für Bauforschung e.V., Hannover): k-Werte alter Bauteile; Rationalisierungs-Kuratorium der Deutschen Wirtschaft (RKW); 1983
[ZUB 2009]	systematic and comprehensive overview of construction elements, collected from different sources, especially from building typologies of different German regions and cities	Klauß, Swen; Kirchhof, Wiebke; Gissel, Dipl.-Ing. Johanna: Erfassung regionaltypischer Materialien im Gebäudebestand mit Bezug auf die Baualtersklasse und Ableitung typischer Bauteilaufbauten; ZUB Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e.V. / Verein an der Universität Kassel; Kassel 2009
Building Database Analyses		
[DATAMINE FR 2009]	final report of the IEE project DATAMINE, addressing the topic of data collection by use of energy performance certificates, including the common definition of datafields and a cross-country comparison of collected datasets	Loga, Tobias; Diefenbach, Nikolaus (ed.): DATAMINE – Collecting Data from Energy Certification to Monitor Performance Indicators for New and Existing Buildings. Final Report; IWU / NAPE / ESD / BuildDesk / POLITO / NOA / Vito / AEA / ZRMK / Ecofys SL / Energy Action / SOFENA; Darmstadt/Germany, January 2009 http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/DATAMINE_Public_Final_Report.pdf
[dena 2009]	specification of EPC printing utility interface, by German energy agency dena	dena Energieausweis für Wohngebäude. Definition der Schnittstelle; Stand: 15.09.2009 / Schnittstellenversion: 3.2.5 http://www.zukunft-haus.info/de/planer-handwerker/energieausweis/expertenbereich/software/informationen-fuer-softwarehersteller.html?up=1&cHash=9c4269a35f
[dena 2012]	description of the quality mark for energy performance certificates of the German energy agency dena	http://www.zukunft-haus.info/de/planer-handwerker/energieausweis/dena-guetesiegel.html
[EPC QA]	example for an quality-certified energy performance certificate, including additional information	http://www.zukunft-haus.info/fileadmin/zukunft-haus/energieausweis/Muster_GS_EA_WG.pdf
[Gruber et al. 2005]	evaluation of the energy certificate field test of the German Energy Agency dena	Gruber, Edelgard; Mannsbart, Wilhelm (Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)); Erhorn, Hans; Erhorn-Kluttig, Heike (Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP)); Brohmann, Bettina; Rausch, Lothar; Hünecke, Katja (Öko-Institut e.V. - Institut für angewandte Ökologie): Energiepass für Gebäude - Evaluation des Feldversuchs. Zusammenfassung der Ergebnisse für die Deutsche Energie-Agentur; Karlsruhe 2005
[IWU 2005a]	Kurzverfahren Energieprofil	<i>see reference mentioned above</i>
[IWU 2006b]	study addressing the simplified	Knissel, Jens; Roland Alles; Rolf Born; Tobias Loga; Kornelia Müller; Vere-

Reference Shortcut	Short Description	Reference / Link
	energy assessment of buildings; includes inter alia a comparison of measured and calculated consumption for a building sample	na Stercz: Vereinfachte Ermittlung von Primärenergiekennwerten – zur Bewertung der wärmetechnischen Beschaffenheit in ökologischen Mietspiegeln; Institut Wohnen und Umwelt; Darmstadt 2006 http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/werkzeuge/Vereinfachte_Ermittlung_von_Primaerenergiekennwerten-1.0.pdf
[IWU 2008]	IEE project DATAMINE / detailed description of the German model project, focusing on monitoring of a regional grant programme	Loga, Tobias; Diefenbach, Nikolaus: DATAMINE – Modellprojekt proKlima-Altbau. Monitoring eines Förderprogramms mit Hilfe von Energiepass-Daten; IWU Darmstadt, Januar 2008 http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/datamine_MP1_de_German_Ergebnisse_01-2008.pdf
[IWU 2011]	German Building Typology Brochure	<i>see reference mentioned above</i>
[IWU 2012]	Analyses of the Energy Performance Certificate Database of the German Energy Agency dena (Detailed Work Report)	Loga, Tobias; Diefenbach, Nikolaus: Analyse von Datensätzen aus der Datenbank der dena zum Gütesiegel Energieausweis; Werkbericht Januar 2012 / Datenstand Juli 2011; IWU, Darmstadt 2012
[TABULA TR1 2012]	TABULA Thematic Report N° 1	Loga, Tobias (ed.): Use of Energy Certificate Databases for National Building Typologies; with contributions by: AEA / Austria; VITO / Belgium; IWU / Germany; ADEME / France; Energy Action / Ireland; POLITO / Italy; NAPE / Poland; TABULA Thematic Report N° 1; IWU, Darmstadt 2012 http://www.building-typology.eu/tabulapublications.html
National Housing Statistics and Building Stock Model		
[AGEB 2011]	Study of the national energy balance working group	Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e. V., Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland im Jahr 2008, Berlin, Februar 2011
[BMWi 2011]	National energy balance (published by German Ministry of economy)	Energiedaten – Zahlen und Fakten, Stand: 7.9.2010 (Excel- Tabelle), www.bmwi.de
[IWU 2003b]	in this study a model for a typical user in residential buildings is defined, the models are based on analyses of several research studies	Loga, Tobias; Großklos, Marc; Knissel, Jens: Der Einfluss des Gebäudestandards und des Nutzerverhaltens auf die Heizkosten – Konsequenzen für die verbrauchsabhängige Abrechnung. Eine Untersuchung im Auftrag der Viteria Energy Services AG, Essen; IWU Darmstadt, Juli 2003
[IWU 2010]	Final report of the project „Datenbasis Gebäudebestand“	Diefenbach, N.; Cischinsky, H.; Rodenfels, M.; Clausnitzer, K.-D.: Datenbasis Gebäudebestand – Datenerhebung zur energetischen Qualität und zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, Dezember 2010
[IWU 2011]	German Building Typology Brochure	<i>see reference mentioned above</i>
[LEG]	calculation procedure for the energy balance of buildings and supply systems	Leitfaden Energiebewußte Gebäudeplanung; Hg.: Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit; Wiesbaden 1995
[TABULA CM 2012]	TABULA Documentation	Loga, Tobias; Diefenbach; Nikolaus: TABULA Calculation Method: Energy Use for Heating and Domestic Hot Water. Reference Calculation and Adaptation to the Typical Level of Measured Consumption; documentation elaborated in the framework of the IEE project TABULA; IWU, Darmstadt 2012
[TABULA TR2 2012]	TABULA Thematic Report N° 2	Diefenbach, Nikolaus, Loga, Tobias (ed.): Application of Building Typologies for Modelling the Energy Balance of the Residential Building Stock. Models for the national housing stock of 8 countries; by Vito / Belgium, STU-K / Czech Republic, SBI / Denmark, IWU / Germany, NOA / Greece, POLITO / Italy, ZRMK / Slovenia; TABULA Thematic Report N° 2; IWU, Darmstadt 2012 http://www.building-typology.eu/downloads/public/docs/report/TABULA_TR2_D8_NationalEnergyBalances.pdf
Non-Residential Buildings		
[BBSR 2009]	Study on benchmarks for non-residential buildings	BMVBS / BBSR (ed.): Benchmarks für die Energieeffizienz von Nichtwohngebäuden, BBSR-Online-Publikation 09/2009
[BMVBS 2011]	Several typological approaches for heated non-residential buildings in Germany are listed and compared	BMVBS (ed.): Typologie und Bestand beheizter Nichtwohngebäude in Deutschland. BMVBS-Online-Publikation 16/2011
[BMVBS 2009a]	Disclosure of regulations concerning data acquisition and use of data with reference to the non-residential building stock	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (ed.): Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäudebestand Vom 30. Juli 2009
[BMVBS 2009b]	Disclosure of regulations concerning energy consumption values and comparable figures for non-residential buildings	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (ed.): Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand Vom 30. Juli 2009
[Destatis]	Publications on buildings activities	Statistisches Bundesamt (e.d.): Publikationen im Bereich Bautätigkeit,













Reference Shortcut	Short Description	Reference / Link
	by the German Federal Statistical Office	Wohnungsbau. Online: http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/BauenWohnen/BautaetigkeitWohnungsbau/BaugenehmigungenBaufertigstellungen,templateId=renderPrint.psm [2012-02-16]
[Everding 2007]	Publication on solar urban planning	Everding, D. (ed.): Solarer Städtebau. Kohlhammer GmbH, Stuttgart 2007
[ISI et al. 2011]	A regular survey on energy consumption in the tertiary sector has been carried out for 10 years. The objective of these surveys is to further improve the statistical basis on energy consumption for this sector. In this study, the survey results for the years 2006 until 2010 are shown.	Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI); Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik (IfE), Technische Universität München; GfK Retail and Technology GmbH; IREES GmbH Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien; BASE-ING. GmbH: Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in Deutschland für die Jahre 2007 bis 2010. Bericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi). Karlsruhe/ München/ Nürnberg, August 2011
[IWU 2010]	Final report of the project „Datenbasis Gebäudebestand“	<i>see reference mentioned above</i>
[UBA 2011]	Study on Climate Protection by Reducing Cooling Demands in Buildings	Bettgenhäuser, K.; Boermans, T.; Offermann, M.; Krechting, A.; Becker, D.: Klimaschutz durch Reduzierung des Energiebedarfs für Gebäudekühlung. Edited by the Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau 10/2011
[TABULA TR3 2012]	TABULA Thematic Report N° 3	Britta Stein (ed.): Typology Approaches for Non-Residential Buildings in Four European Countries. Existing Information, Concepts and Outlook; with contributions by AEA / Austria, IWU / Germany, NOA / Greece, NAPE / Poland; TABULA Thematic Report N° 3; IWU, Darmstadt 2012 http://www.building-typology.eu/downloads/public/docs/report/TABULA_TR3_D9_NonResidentialBuildings.pdf


















Appendix B – Construction Element Catalogue


















The following table shows the construction element catalogue of the German building typology. The table is an extract from the TABULA database "TABULA.xls" sheet "Tab.Constr".


















Remark: The fields "first year of period" and "last year of period" indicate the main occurrence which is not necessarily coherent with the construction year class definition. If a construction is used during several construction year classes the first of these classes is selected in the field "code of the construction year class".

Tab.Constr









dataset identification	code of the construction year class	short characterisation of the construction type	short characterisation of the construction type, national language	detailed description	detailed description, national language	picture	first year of period	last year of period	U-value [W/(m²K)]	g-value (in case of glazing)
DE.Ceiling.ReEx.01.01	DE.01	wooden beam ceiling with visible beams	Holzbalkendecke mit sichtbaren Balken	wooden beams, cavity filled with clay/straw	Holzbalken, Stroh-lehmwickel im Gefach		0	1918	1	
DE.Ceiling.ReEx.03.01	DE.03	wooden beam ceiling	Holzbalkendecke	wooden beams, cavity filled with clay, sand or cinders	Holzbalken, Blindboden, im Gefach: Lehmschlag, Sand oder Schlacke		0	1968	0,8	
DE.Ceiling.ReEx.04.01	DE.04	cavity blocks ceiling	Rippendecke, Stahlsteindecke, Gitterträgerdecke	cavity elements, reinforcement, concrete filling, melted asphalt or cement screed	Stahlstein- oder Gitterträgerdecke, Bewehrung, mit Beton vergossen, Gussasphalt- oder Zementestrich		1919	1968	2,1	
DE.Ceiling.ReEx.04.02	DE.04	concrete ceiling	Betondecke	reinforced concrete, 1 cm insulation, cement screed	Stahlbeton, 1 cm Dämmung, Zementestrich		1949	1968	1,6	
DE.Ceiling.ReEx.06.01	DE.06	concrete ceiling with 5 cm insulation	Betondecke mit 5 cm Dämmung	reinforced concrete, 5 cm insulation, cement screed	Stahlbeton, oberseitig 5 cm Dämmung, Zementestrich		1958	1978	0,6	
DE.Ceiling.ReEx.07.01	DE.07	concrete ceiling with 6 cm insulation	Betondecke mit 6 cm Dämmung	reinforced concrete, 6 cm insulation, cement screed	Stahlbeton, oberseitig 6 cm Dämmung, Zementestrich		1979	1983	0,5	
DE.Ceiling.ReEx.07.02	DE.07	wooden beam ceiling with 10 cm insulation	Holzbalkendecke mit 10 cm Dämmung	wooden beams, 10 cm insulation in the cavity	Holzbalken, 10 cm Dämmung im Gefach		1969	1983	0,5	
DE.Ceiling.ReEx.08.01	DE.08	concrete ceiling with 10 cm insulation	Betondecke mit 10 cm Dämmung	reinforced concrete, 10 cm insulation, cement screed	Stahlbeton, oberseitig 10 cm Dämmung, Zementestrich		1984	1994	0,4	
DE.Ceiling.ReEx.08.02	DE.08	wooden beam ceiling with 16 cm insulation	Holzbalkendecke mit 16 cm Dämmung	wooden beams, 16 cm insulation in the cavity	Holzbalken, 16 cm Dämmung im Gefach		1984	1994	0,3	
DE.Ceiling.ReEx.09.01	DE.09	concrete ceiling with 10 cm insulation	Betondecke mit 10 cm Dämmung	reinforced concrete, 10 cm insulation, cement screed	Stahlbeton, oberseitig 10 cm Dämmung, Zementestrich		1995	2001	0,35	
DE.Ceiling.ReEx.09.02	DE.09	wooden beam ceiling with 16 cm insulation	Holzbalkendecke mit 16 cm Dämmung	wooden beams, 16 cm insulation in the cavity	Holzbalken, 16 cm Dämmung im Gefach		1995	2001	0,27	
DE.Ceiling.ReEx.10.01	DE.10	concrete ceiling with 12 cm insulation	Betondecke mit 12 cm Dämmung	reinforced concrete, 12 cm insulation, cement screed	Stahlbeton, oberseitig 12 cm Dämmung, Zementestrich		2002	2009	0,3	

dataset identification	code of the construction year class	short characterisation of the construction type	short characterisation of the construction type, national language	detailed description	detailed description, national language	picture	first year of period	last year of period	U-value [W/(m ² K)]	g-value (in case of glazing)
DE.Ceiling.ReEx.10.02	DE.10	wooden beam ceiling with 20 cm insulation	Holzbalkendecke mit 20 cm Dämmung	wooden beams, 20 cm insulation in the cavity	Holzbalken, 20 cm Dämmung im Gefach		2002	2009	0,24	
DE.Ceiling.ReEx.11.01	DE.11	concrete ceiling with 14 cm insulation	Betondecke mit 14 cm Dämmung	reinforced concrete, 14 cm insulation, cement screed	Stahlbeton, oberseitig 14 cm Dämmung, Zementestrich		2010	9999	0,25	
DE.Ceiling.ReEx.11.02	DE.11	wooden beam ceiling with 20 cm insulation, partly above	Holzbalkendecke mit 20 cm Dämmung, teilweise darüber	wooden beams, 16 cm insulation in the cavity, 4 cm above	Holzbalken, 16 cm Dämmung im Gefach, 4 cm oberhalb		2010	9999	0,2	
DE.Door.ReEx.01.01	DE.01	wooden door	Holztür				0	1994	3	
DE.Door.ReEx.03.01	DE.03	metal door	Metalltür				0	1994	4	
DE.Door.ReEx.09.01	DE.09	metal door, with thermal break	Metalltür, mit thermischer Trennung				1984	9999	3	
DE.Door.ReEx.09.02	DE.09	thermally improved door	thermisch verbesserte Tür				1995	9999	2	
DE.Floor.ReEx.01.01	DE.01	wooden beam ceiling	Holzbalkendecke	wooden beams, cavity filled with clay/straw	Holzbalken, Strohlehmwickel oder Lehmschlag im Gefach		0	1918	1,2	
DE.Floor.ReEx.01.02	DE.01	natural stone floor on soil	Steinboden auf Erdreich				0	1918	2,9	
DE.Floor.ReEx.03.01	DE.03	wooden beam ceiling	Holzbalkendecke	wooden beams, cavity filled with clay, sand or cinders	Holzbalken, Lehmschlag, Sand oder Schlacke im Gefach		1860	1948	1	
DE.Floor.ReEx.03.02	DE.03	vault ceiling	Kappendecke	steel beams, brickwork vault, wooden flooring	Stahlträger, gemauertes Tonnengewölbe, Dielenfußboden		1860	1948	1,2	
DE.Floor.ReEx.03.03	DE.03	concrete ceiling with steel beams and wooden flooring	Stahlträger-/Ortbeton-Decke mit Holzfußboden	steel beams, in-situ concrete, timber boards on flooring sleepers, cinder filling	Stahlträger, Ortbeton, Schlackenschüttung, Dielung auf Lagerhölzern		1919	1948	1	
DE.Floor.ReEx.04.01	DE.04	concrete ceiling	Betondecke	reinforced concrete, cement screed	Stahlbeton, Zementestrich		1949	1957	2,2	
DE.Floor.ReEx.04.02	DE.04	cavity blocks ceiling	Rippendecke, Stahlsteindecke, Gitterträgerdecke	cavity elements, reinforcement, concrete filling, melted asphalt or cement screed	Stahlstein- oder Gitterträgerdecke, Bewehrung, mit Beton vergossen, Gussasphalt- oder Zementestrich		1919	1968	2,1	
DE.Floor.ReEx.04.03	DE.04	concrete ceiling with wooden flooring	Betondecke mit Dielenfußboden	reinforced concrete, timber boards on flooring sleepers, cinder filling	Stahlbeton, Schlackenschüttung, Dielung auf Lagerhölzern		1949	1968	1,01	
DE.Floor.ReEx.05.01	DE.05	concrete ceiling with 1 cm insulation	Betondecke mit 1 cm Dämmung	reinforced concrete, 1 cm impact sound insulation, cement screed	Stahlbeton, 1 cm Trittschalldämmung, Zementestrich		1957	1968	1,6	
DE.Floor.ReEx.06.01	DE.06	concrete ceiling with 2 cm insulation	Betondecke mit 2 cm Dämmung	reinforced concrete, 2 cm insulation, cement screed	Stahlbeton, 2 cm Wärmedämmung, Zementestrich		1969	1978	1	



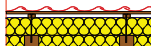
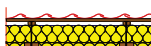






dataset identification	code of the construction year class	short characterisation of the construction type	short characterisation of the construction type, national language	detailed description	detailed description, national language	picture	first year of period	last year of period	U-value [W/(m ² K)]	g-value (in case of glazing)
DE.Floor.ReE x.07.01	DE.07	concrete ceiling with 4 cm insulation	Betondecke mit 4 cm Dämmung	reinforced concrete, 4 cm insulation, cement screed	Stahlbeton, 4 cm Wärmedämmung, Zementestrich		1969	1983	0,8	
DE.Floor.ReE x.08.01	DE.08	concrete ceiling with 6 cm insulation	Betondecke mit 6 cm Dämmung	reinforced concrete, 6 cm insulation, cement screed	Stahlbeton, 6 cm Wärmedämmung, Zementestrich		1979	1994	0,6	
DE.Floor.ReE x.09.01	DE.09	concrete ceiling with 8 cm insulation	Betondecke mit 8 cm Dämmung	reinforced concrete, 8 cm insulation, cement screed	Stahlbeton, 8 cm Wärmedämmung, Zementestrich		1984	2001	0,45	
DE.Floor.ReE x.10.01	DE.10	concrete ceiling with 10 cm insulation	Betondecke mit 10 cm Dämmung	reinforced concrete, 10 cm insulation, cement screed	Stahlbeton, 10 cm Wärmedämmung, Zementestrich		1995	2009	0,35	
DE.Floor.ReE x.10.02	DE.10	concrete ceiling with 10 cm insulation (lower thermal conductivity)	Betondecke mit 10 cm Dämmung (niedrige Wärmeleitfähigkeit)	reinforced concrete, 10 cm insulation 0,035 W/(m K), cement screed	Stahlbeton, 10 cm Wärmedämmung 0,035 W/(m K), Zementestrich		2002	9999	0,3	
DE.Roof.ReE x.01.01	DE.01	tilted roof with cavity between rafters	Steildach mit Holzsparren, leeres Gefach, raumseitig Putzträger	wooden rafters, cavity, plastered reed mats	Holz-Sparren, Hohlraum, Putz auf Schilfmatte oder Spalierlatten		0	1948	2,6	
DE.Roof.ReE x.01.02	DE.01	tilted roof with clay/straw filling between rafters	Steildach mit Holzsparren, Lehmschlag	wooden rafters, clay/straw filling, plastered reed mats	Holz-Sparren, Strohlehmwickel, Putz auf Schilfmatte oder Spalierlatten		0	1948	1,3	
DE.Roof.ReE x.03.01	DE.03	tilted roof with wood fiberboard planking	Steildach mit Holzsparren, leeres Gefach, raumseitig Holzfaserplatte	wooden rafters, cavity, 3,5 cm wood fiberboard planking, plastered	Holz-Sparren, Hohlraum, Holzfaserplatten 3,5 cm, verputzt		1919	1968	1,4	
DE.Roof.ReE x.03.02	DE.03	tilted roof with masonry between rafters	Steildach mit Holzsparren, ausgemauertes Gefach	wooden rafters, masonry, plastered	Holz-Sparren, Ausmauerung mit z.B. Bimsvollsteinen, verputzt		1919	1968	1,4	
DE.Roof.ReE x.05.01	DE.05	tilted roof with 5 cm insulation	Steildach mit 5 cm Dämmung	wooden rafters, 5 cm insulation, plastered	Holz-Sparren, 5 cm Dämmung im Zwischenraum, verputzt		1958	1978	0,8	
DE.Roof.ReE x.05.02	DE.05	ventilated flat roof with 5 cm insulation	belüftetes Flachdach mit 5 cm Dämmung	concrete ceiling, 5 cm insulation above, ventilated cavity, wooden planking, roofing	Betondecke, 5 cm Dämmung oberseitig, belüfteter Hohlraum, Holzschalung, Dachabdichtung		1958	1978	0,8	
DE.Roof.ReE x.06.01	DE.06	tilted roof with 8 cm insulation	Steildach mit 8 cm Dämmung	wooden rafters, 8 cm insulation between, plaster boards	8 cm Dämmung zwischen den Holz-Sparren		1969	1983	0,5	
DE.Roof.ReE x.06.02	DE.06	flat roof with 6 cm insulation	Flachdach mit 6 cm Dämmung	reinforced concrete, 6 cm insulation, roofing	Stahlbeton, oberseitig 6 cm Dämmung, Dachhaut		1969	1983	0,5	
DE.Roof.ReE x.08.01	DE.08	tilted roof with 12 cm insulation	Steildach mit 12 cm Dämmung	wooden rafters, 12 cm insulation between, plaster boards	12 cm Dämmung zwischen den Holz-Sparren		1984	1994	0,4	
DE.Roof.ReE x.08.02	DE.08	flat roof with 10 cm insulation	Flachdach mit 10 cm Dämmung	reinforced concrete, 10 cm insulation, roofing	Stahlbeton, oberseitig 10 cm Dämmung, Dachhaut		1984	1994	0,4	
DE.Roof.ReE x.09.01	DE.09	tilted roof with 14 cm insulation	Steildach mit 14 cm Dämmung	wooden rafters, 14 cm insulation between, plaster boards	14 cm Dämmung zwischen den Holz-Sparren		1995	2001	0,35	
DE.Roof.ReE x.10.01	DE.10	tilted roof with 16 cm insulation	Steildach mit 16 cm Dämmung	wooden rafters, 16 cm insulation between, 2 cm insulation below, plaster boards	Dämmung 14 cm Dämmung zwischen und 2 cm unter den Holz-Sparren		2002	2009	0,25	




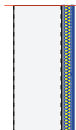

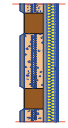




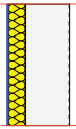
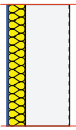
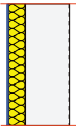
dataset identification	code of the construction year class	short characterisation of the construction type	short characterisation of the construction type, national language	detailed description	detailed description, national language	picture	first year of period	last year of period	U-value [W/(m ² K)]	g-value (in case of glazing)
DE.Roof.ReE x.10.02	DE.10	tilted roof with 18 cm insulation	Steildach mit 18 cm Dämmung	wooden rafters, 14 cm insulation between, 4 cm insulation below, plaster boards	Dämmung 14 cm zwischen und 4 cm unter den Holz-Sparren		2010	9999	0,2	
DE.Wall.ReE x.01.01	DE.01	masonry of natural stones or bricks	Ziegel- oder Bruchstein-Mauerwerk				0	1918	2,2	
DE.Wall.ReE x.01.02	DE.01	timber frame	Fachwerk				0	1918	2	
DE.Wall.ReE x.03.01	DE.03	brickwork	Vollziegel-Mauerwerk				0	1948	1,7	
DE.Wall.ReE x.03.02	DE.03	brickwork, two layers	zweischaliges Mauerwerk				0	1968	1,4	
DE.Wall.ReE x.04.01	DE.04	masonry of hollow blocks or honeycomb bricks	Mauerwerk aus Hohlblocksteinen, Hochlochziegeln oder Gitterziegeln				1949	1968	1,2	
DE.Wall.ReE x.04.02	DE.04	masonry of pumice	Mauerwerk aus Porenbetonsteinen oder Bimsvollsteinen				1949	1968	1,2	
DE.Wall.ReE x.06.01	DE.06	masonry of light hollow blocks or honeycomb bricks	Mauerwerk aus Hohlblocksteinen, Leicht-Hochlochziegeln oder Gitterziegeln				1969	1978	1	
DE.Wall.ReE x.06.02	DE.06	concrete panels	Beton-Fertigteile	sandwich elements (3 layers)	Sandwich-Element (Drei-Schicht-Platte)		1958	1978	1,1	
DE.Wall.ReE x.06.03	DE.06	timber frame with 6 cm insulation	Holzständerwand / Holzrahmenbau oder Leichtbau-Fertigteil mit 6 cm Dämmung				1969	1978	0,6	
DE.Wall.ReE x.06.04	DE.06	concrete panels	Beton-Fertigteile	light concrete elements	Leichtbetonplatte		1958	1978	1,1	
DE.Wall.ReE x.07.01	DE.07	masonry of light honeycomb bricks / light mortar	Mauerwerk aus Leicht-Hochlochziegeln / Leichtmörtel				1979	1994	0,8	
DE.Wall.ReE x.07.02	DE.07	masonry of porous concrete / light mortar	Mauerwerk aus Porenbetonsteinen / Leichtmörtel				1979	1994	0,6	
DE.Wall.ReE x.07.03	DE.07	concrete panels	Beton-Fertigteile	sandwich elements (3 layers)	Sandwich-Element (Drei-Schicht-Platte)		1979	1994	0,9	
DE.Wall.ReE x.07.04	DE.07	timber frame with 8 cm insulation	Holzständerwand / Holzrahmenbau oder Leichtbau-Fertigteil mit 8 cm Dämmung				1979	1994	0,5	
DE.Wall.ReE x.08.01	DE.08	masonry of light honeycomb bricks / light mortar	Mauerwerk aus Leicht-Hochlochziegeln / Leichtmörtel				1984	2001	0,6	
DE.Wall.ReE x.08.02	DE.08	masonry of porous concrete / light mortar	Mauerwerk aus Porenbetonsteinen / Leichtmörtel				1984	2001	0,5	

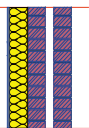
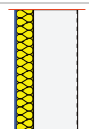
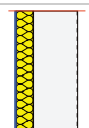
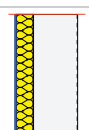


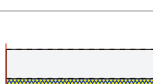


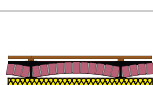

dataset identification	code of the construction year class	short characterisation of the construction type	short characterisation of the construction type, national language	detailed description	detailed description, national language	picture	first year of period	last year of period	U-value [W/(m ² K)]	g-value (in case of glazing)
DE.Wall.ReEx.08.03	DE.08	concrete panels	Beton-Fertigteile	sandwich elements (3 layers)	Sandwich-Element (Drei-Schicht-Platte)		1984	2001	0,6	
DE.Wall.ReEx.08.04	DE.08	timber frame with 14 cm insulation	Holzständerwand / Holzrahmenbau oder Leichtbau-Fertigteil mit 14 cm Dämmung	wooden frame construction, 12 cm insulation in the cavity, 2 cm outside	Holzbalken, 12 cm Dämmung im Gefach, 2 cm außenseitig (Putzträger)		1984	2001	0,3	
DE.Wall.ReEx.08.05	DE.08	two layers of brickwork with 4 cm insulation and air space	zweischaliges Mauerwerk mit 4 cm Dämmung und Hinterlüftung				1979	1994	0,6	
DE.Wall.ReEx.08.06	DE.08	masonry with 8 cm render insulation system	Mauerwerk mit 8 cm Wärmedämmverbundsystem				1984	2001	0,4	
DE.Wall.ReEx.10.01	DE.10	masonry of light honeycomb bricks / light mortar	Mauerwerk aus Leicht-Hochlochziegeln / Leichtmörtel				2002	9999	0,45	
DE.Wall.ReEx.10.02	DE.10	masonry of porous concrete / light mortar	Mauerwerk aus Porenbetonsteinen / Leichtmörtel				2002	9999	0,35	
DE.Wall.ReEx.10.03	DE.10	timber frame with 20 cm insulation	Holzständerwand / Holzrahmenbau oder Leichtbau-Fertigteil mit 20 cm Dämmung	wooden frame construction, 16 cm insulation in the cavity, 4 cm inside	Holzbalken, 16 cm Dämmung im Gefach, 4 cm inside		2002	9999	0,2	
DE.Wall.ReEx.10.04	DE.10	two layers of brickwork with 10 cm insulation	zweischaliges Mauerwerk mit 10 cm Dämmung				1979	1994	0,3	
DE.Wall.ReEx.10.05	DE.10	masonry with 14 cm render insulation system	Mauerwerk mit 14 cm Wärmedämmverbundsystem				1984	2001	0,25	
DE.Window.ReEx.01.01	DE.01	wooden window with single glazing	Holzfenster mit Einfach-Verglasung	one pane in a wooden frame	Einfachverglasung im Holzrahmen		0	1968	5	0,87
DE.Window.ReEx.01.02	DE.01	box-type window: two single panes in wooden frames	Kastenfenster: 2 Scheiben im Holzrahmen				0	1948	2,7	0,75
DE.Window.ReEx.04.01	DE.04	composite window with two single panes in wooden frames	Verbundfenster: 2 Scheiben im Holzrahmen				1949	1983	2,7	0,75
DE.Window.ReEx.06.01	DE.06	wooden window with dual-pane glazing	Holzfenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung	dual-pane in wooden frame	Zweischeiben-Isolierverglasung im Holzrahmen		1969	1994	3,5	0,75
DE.Window.ReEx.06.02	DE.06	metal frame window with dual-pane glazing	Metallrahmenfenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung	dual-pane in aluminium or steel frame, without thermal break	Zweischeiben-Isolierverglasung im Aluminium- oder Stahlrahmen, ohne thermische Trennung		1969	1983	4,3	0,75
DE.Window.ReEx.06.03	DE.06	plastic frame window with dual-pane glazing	Kunststofffenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung	dual-pane in plastic frame	Zweischeiben-Isolierverglasung im Kunststoffrahmen		1969	1994	3,5	0,75
DE.Window.ReEx.08.01	DE.08	aluminium window with thermal disjunction and dual-pane glazing	Alu-Fenster mit thermischer Trennung und Zweischeiben-Isolierverglasung	dual-pane, aluminium frame with insulation layer	Zweischeiben-Isolierverglasung im Aluminiumrahmen, mit thermischer Trennung		1984	1994	3,5	0,75
DE.Window.ReEx.09.01	DE.09	wooden window with dual-pane low-e glazing	Holzfenster mit Zweischeiben-Wärmeschutzverglasung	dual-pane with low-e layer and inert gas filling, wooden frame	Zweischeiben-Isolierverglasung mit IR-reflektierender Beschichtung und Edelgas-Füllung, Holzrahmen		1995	9999	1,6	0,6


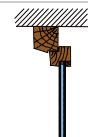
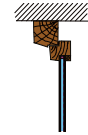





dataset identification	code of the construction year class	short characterisation of the construction type	short characterisation of the construction type, national language	detailed description	detailed description, national language	picture	first year of period	last year of period	U-value [W/(m ² K)]	g-value (in case of glazing)
DE.Window. ReEx.09.02	DE.09	aluminium window with dual-pane low-e glazing	Alu-Fenster mit Zweischeiben-Wärmeschutzverglasung	dual-pane with low-e layer and inert gas filling, aluminium frame with thermal break	Zweischeiben-Isolierverglasung mit IR-reflektierender Beschichtung und Edelgas-Füllung, Aluminiumrahmen mit thermischer Trennung		1995	9999	1,9	0,6
DE.Window. ReEx.09.03	DE.09	plastic window with dual-pane low-e glazing	Kunststofffenster mit Zweischeiben-Wärmeschutzverglasung	dual-pane with low-e layer and inert gas filling, plastic frame	Zweischeiben-Isolierverglasung mit IR-reflektierender Beschichtung und Edelgas-Füllung, Kunststoffrahmen		1995	9999	1,9	0,6
DE.Window. ReEx.10.01	DE.10	wooden window with dual-pane low-e glazing, improved	Holzfenster mit Zweischeiben-Wärmeschutzverglasung, verbessert	dual-pane with low-e layer and inert gas filling, wooden frame	Zweischeiben-Isolierverglasung mit IR-reflektierender Beschichtung und Edelgas-Füllung, Holzrahmen		2002	9999	1,3	0,6
DE.Window. ReEx.10.02	DE.10	aluminium window with dual-pane low-e glazing, improved	Alu-Fenster mit Zweischeiben-Wärmeschutzverglasung, verbessert	dual-pane with low-e layer and inert gas filling, aluminium frame with insulation layer	Zweischeiben-Isolierverglasung mit IR-reflektierender Beschichtung und Edelgas-Füllung, Aluminiumrahmen mit thermischer Trennung		2002	9999	1,4	0,6
DE.Window. ReEx.10.03	DE.10	plastic window with dual-pane low-e glazing, improved	Kunststofffenster mit Zweischeiben-Wärmeschutzverglasung, verbessert	dual-pane with low-e layer and inert gas filling, plastic frame	Zweischeiben-Isolierverglasung mit IR-reflektierender Beschichtung und Edelgas-Füllung, Kunststoffrahmen		2002	9999	1,4	0,6
DE.Window. ReEx.10.04	DE.10	wooden window with triple-pane low-e glazing	Holzfenster mit Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung	triple-pane with low-e layer and inert gas filling, improved wooden frame	Dreischeiben-Isolierverglasung mit IR-reflektierender Beschichtung und Edelgas-Füllung, verbesserter Holzrahmen		2002	9999	1	0,5
DE.Window. ReEx.10.05	DE.10	plastic window with triple-pane low-e glazing	Kunststofffenster mit Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung	triple-pane with low-e layer and inert gas filling, improved plastic frame (4 or more air chambers)	Dreischeiben-Isolierverglasung mit IR-reflektierender Beschichtung und Edelgas-Füllung, verbesserter Kunststoffrahmen (4 oder mehr Kammern)		2002	9999	1	0,5
DE.Window. ReEx.10.06	DE.10	passive house window with triple-pane low-e glazing	Passivhaus-Fenster mit Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung	triple-pane with low-e layer and inert gas filling, thermally insulated frame	Dreischeiben-Isolierverglasung mit IR-reflektierender Beschichtung und Edelgas-Füllung, wärmege-dämmter Rahmen		2002	9999	0,8	0,5

Appendix C – Measures for Upgrading the Thermal Envelope

dataset identification	description	description in national language	picture	thermal resistance of refurbishment measure [m ² K/W]
DE.Roof.Insulation12cm.01	insulate cavity between rafters 12 cm (heighten rafters and clear interspace if necessary)	Dämmung im Sparren-Zwischenraum 12 cm (bei Bedarf Aufdopplung der Sparren und Freiräumen des Zwischenraums)		2,44
DE.Roof.Insulation16cm.01	insulate cavity between rafters 12 cm + add 4 cm insulation layer	Dämmung im Sparren-Zwischenraum 12 cm + zusätzliche Dämmlage 4 cm		3,57
DE.Roof.Insulation20cm.01	insulate cavity between rafters 12 cm + add 10 cm insulation layer	Dämmung im Sparren-Zwischenraum 12 cm + zusätzliche Dämmlage 10 cm		5,14
DE.Roof.Insulation30cm.01	insulate cavity between rafters 12 cm + add 18 cm insulation layer	Dämmung im Sparren-Zwischenraum 12 cm + zusätzliche Dämmlage 18 cm		7,18
DE.Roof.FlatRoofInsulation12cm.01	add 12 cm insulation above + new roofing	Dämmung 12 cm auf der Decke + neue Dachhaut		3,43
DE.Roof.FlatRoofInsulation16cm.01	add 16 cm insulation above + new roofing	Dämmung 16 cm auf der Decke + neue Dachhaut		4,57
DE.Roof.FlatRoofInsulation20cm.01	add 20 cm insulation above + new roofing	Dämmung 20 cm auf der Decke + neue Dachhaut		5,71
DE.Roof.FlatRoofInsulation30cm.01	add 30 cm insulation above + new roofing	Dämmung 30 cm auf der Decke + neue Dachhaut		8,57
DE.Ceiling.Insulation12cm.01	add 12 cm insulation above (+ flooring if necessary)	Dämmung 12 cm auf der Decke (+ begehbare Platten sofern notwendig)		3,43
DE.Ceiling.Insulation16cm.02	add 16 cm insulation above (+ flooring if necessary)	Dämmung 16 cm auf der Decke (+ begehbare Platten sofern notwendig)		4,57

DE.Ceiling.Insulation20 cm.03	add 20 cm insulation above (+ flooring if necessary)	Dämmung 20 cm auf der Decke (+ begehbare Platten sofern notwendig)		5,71
DE.Ceiling.Insulation30 cm.04	add 30 cm insulation above (+ flooring if necessary)	Dämmung 30 cm auf der Decke (+ begehbare Platten sofern notwendig)		8,57
DE.Wall.Insulation08c m.01	add 8 cm of insulation (external insulated render system)	Dämmung 8 cm (Wärmedämmverbundsystem)		2,30
DE.Wall.Insulation08c m.02	add 8 cm of insulation on inner surface (air-tight cladding, water pipes must not be conducted in outer brickwork)	Innendämmung 8 cm (luftdichte innere Verkleidung, im Außen-Mauerwerk dürfen keine Wasserleitungen liegen)		2,35
DE.Wall.Insulation08c m.03	fill 8 cm cavity by insulation beads (perlite, polystyrene, mineral wool, ...)	Kerndämmung: Einblasen von Dämm-Granulat (Perlite, Polystyrol, Mineralwolle o.ä.) in den Hohlraum		1,80
DE.Wall.Insulation08c m.04	add 8 cm of insulation on inner surface (air-tight cladding, water pipes must not be conducted in outer wall)	Innendämmung 8 cm (luftdichte innere Verkleidung, in der Außenwand dürfen keine Wasserleitungen liegen)		2,35
DE.Wall.Insulation12c m.01	add 12 cm of insulation + plaster (external insulated render system), alternative: curtain wall (e.g. cellulose between timbers)	Dämmung 12 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern)		3,45
DE.Wall.Insulation12c m.02	add 12 cm of insulation + plaster (external insulated render system), alternative: curtain wall	Dämmung 12 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade		3,45
DE.Wall.Insulation12c m.03	add 12 cm of insulation + plaster (external insulated render system), reconstruction of historical facade appearance (if possible)	Dämmung 12 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), Wiederherstellung der historischen Fassadenansicht (sofern möglich)		3,45
DE.Wall.Insulation12c m.04	add 12 cm of insulation + external clinker cladding (strip tiles)	Dämmung 12 cm + Riemchen-Verklinkerung		3,45
DE.Wall.Insulation16c m.01	add 16 cm of insulation + plaster (external insulated render system), alternative: curtain wall (e.g. cellulose between timbers)	Dämmung 16 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern)		4,59
DE.Wall.Insulation16c m.02	add 16 cm of insulation + plaster (external insulated render system), alternative: curtain wall	Dämmung 16 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade		4,59
DE.Wall.Insulation16c m.03	add 16 cm of insulation + plaster (external insulated render system), reconstruction of historical facade appearance (if possible)	Dämmung 16 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), Wiederherstellung der historischen Fassadenansicht (sofern möglich)		4,59

DE.Wall.Insulation16c m.04	add 16 cm of insulation + external clinker cladding (strip tiles)	Dämmung 16 cm + Riemchen-Verklankerung		4,59
DE.Wall.Insulation24c m.01	add 24 cm of insulation + plaster (external insulated render system), alternative: curtain wall (e.g. cellulose between timbers)	Dämmung 24 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern)		6,88
DE.Wall.Insulation24c m.02	add 24 cm of insulation + plaster (external insulated render system), alternative: curtain wall	Dämmung 24 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade		6,88
DE.Wall.Insulation24c m.03	if external insulation is possible: add 24 cm of insulation, creation of historical facade appearance (e.g. wooden shingles, plaster, strip tiles, ...)	wenn Dämmung von außen möglich: 24 cm Dämmstärke, Herstellung einer historischen Fassadenansicht (z.B. Holzschindeln, Verputz, Verklankerung, ...)		6,88
DE.Wall.Insulation24c m.04	add 24 cm of insulation + external clinker cladding (strip tiles)	Dämmung 24 cm + Riemchen-Verklankerung		7,16
DE.Floor.Insulation06c m.01	add 6 cm of insulation below / alternatively: on top of ceiling (in case of floor renovation)	Dämmung 6 cm unter der Decke / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußbodensanierung)		1,71
DE.Floor.Insulation06c m.02	add 6 cm of insulation below on top, including floor renovation	Dämmung 6 cm oberseitig; einschließlich Erneuerung des Fußbodens		1,71
DE.Floor.Insulation08c m.01	add 8 cm of insulation below / alternatively: on top of ceiling (in case of floor renovation)	Dämmung 8 cm unter der Decke / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußbodensanierung)		2,29
DE.Floor.Insulation08c m.02	add 8 cm of insulation below on top, including floor renovation	Dämmung 8 cm oberseitig; einschließlich Erneuerung des Fußbodens		2,29
DE.Floor.Insulation08c m.03	add 8 cm of insulation below / alternatively: on top of ceiling (in case of floor renovation)	Dämmung 8 cm unter der Decke / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußbodensanierung)		2,29
DE.Floor.Insulation12c m.01	add 12 cm insulation below (in case of sufficient cellar height) / alternatively: on top of ceiling (in case of floor renovation) or combination of both	Dämmung 12 cm unter der Decke (bei ausreichender Keller-raumhöhe) / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußb.-sanierung) oder Kombin. unter/auf		3,43
DE.Floor.Insulation12c m.02	add 12 cm of insulation below on top, including floor renovation (as far as room height is sufficient)	Dämmung 12 cm oberseitig, einschließlich Erneuerung des Fußbodens (sofern ausreichende Raumhöhe)		3,43
DE.Floor.Insulation12c m.03	add 12 cm insulation below (in case of sufficient cellar height) / alternatively: on top of ceiling (in case of floor renovation) or combination of both	Dämmung 12 cm unter der Decke (bei ausreichender Keller-raumhöhe) / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußb.-sanierung) oder Kombin. unter/auf		3,43

DE.Floor.Insulation20cm.01	add 20 cm insulation below (in case of sufficient cellar height) / alternatively: on top of ceiling (in case of floor renovation) or combination of both	Dämmung 20 cm unter der Decke (bei ausreichender Keller-raumhöhe) / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußb.-sanierung) oder Kombi- un-ter/auf		5,71
DE.Window.2p-LowE-arg.01	mount new windows, double glazed, argon filled, low E	Einbau von Fenstern mit 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung		0,77
DE.Window.2p-LowE-arg.02	mount new windows, double glazed, argon filled, low E, historical impression (divisions)	Einbau von Fenstern mit 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung, historische Ansicht (Teilungen)		0,63
DE.Window.3p-LowE-arg.01	mount new windows, triple glazed, argon filled, low E	Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung		0,91
DE.Window.3p-LowE-arg.02	mount new windows, triple glazed, argon filled, low E, historical impression (divisions)	Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung, historische Ansicht (Teilungen)		0,77
DE.Window.3p-LowE-arg.03	replace one pane of the box-type window by double pane glazing (argon filled, low E)	Ersatz einer Einfach-Scheibe des Kastenfensters durch eine 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung		0,91
DE.Window.3pInsulate dFrame.01	mount new windows, triple glazed, argon filled, low E, insulated frame	Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung und gedämmtem Rahmen		1,25
DE.Window.3pInsulate dFrame.02	mount new windows, triple glazed, argon filled, low E, insulated frame, historical impression (divisions)	Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung und gedämmtem Rahmen, historische Ansicht (Teilungen)		1,25

Appendix D – Datasets of Supply System Components

Tab.System.HG

Code_SysHG	Description_SysHG	Description_National_SysHG	e_g_h_Heat	e_g_h_Electricity
identification of the heat generator	description of heat generator	national description	typical expenditure coefficient of the heat generator	typical expenditure coefficient of the electricity generation in case of a chp engine
		description in the native language	delivered energy need (gross calorific value) divided by the produced heat (annual values)	fuel need (gross calorific value) divided by the produced electricity; reciprocal value of annual electrical efficiency according to EN 15316-4-4
DE.B_NC_CT.SUH.01	constant temperature non-condensing boiler / until 1986	Konstanttemperaturkessel / bis 1986	1,46	0
DE.B_NC_CT.SUH.02	constant temperature non-condensing boiler / from 1987 to 1994	Konstanttemperaturkessel / 1987 bis 1994	1,42	0
DE.B_NC_CT.SUH.03	constant temperature non-condensing boiler / from 1995	Konstanttemperaturkessel / ab 1995	1,37	0
DE.B_NC_LT.SUH.01	low temperature non-condensing boiler / until 1986	Niedertemperaturkessel / bis 1986	1,35	0
DE.B_NC_LT.SUH.02	low temperature non-condensing boiler / from 1987 to 1994	Niedertemperaturkessel / 1987 bis 1994	1,29	0
DE.B_NC_LT.SUH.03	low temperature non-condensing boiler / from 1995	Niedertemperaturkessel / ab 1995	1,23	0
DE.B_C.SUH.01	condensing boiler / until 1986	Brennwertkessel / bis 1986	1,21	0
DE.B_C.SUH.02	condensing boiler / from 1987 to 1994	Brennwertkessel / 1987 bis 1994	1,18	0
DE.B_C.SUH.03	condensing boiler / from 1995	Brennwertkessel / ab 1995	1,16	0
DE.B_C.SUH.04	condensing boiler / from 1995 / improved efficiency	Brennwertkessel / ab 1995 / verbessert	1,08	0
DE.B_WP.SUH.03	wood pellets boiler	Holzpelletkessel	1,37	0
DE.B_NC_CT.MUH.01	constant temperature non-condensing boiler / until 1986	Konstanttemperaturkessel / bis 1986	1,32	0
DE.B_NC_CT.MUH.02	constant temperature non-condensing boiler / from 1987 to 1994	Konstanttemperaturkessel / 1987 bis 1994	1,29	0
DE.B_NC_CT.MUH.03	constant temperature non-condensing boiler / from 1995	Konstanttemperaturkessel / ab 1995	1,25	0
DE.B_NC_LT.MUH.01	low temperature non-condensing boiler / until 1986	Niedertemperaturkessel / bis 1986	1,29	0
DE.B_NC_LT.MUH.02	low temperature non-condensing boiler / from 1987 to 1994	Niedertemperaturkessel / 1987 bis 1994	1,23	0
DE.B_NC_LT.MUH.03	low temperature non-condensing boiler / from 1995	Niedertemperaturkessel / ab 1995	1,18	0
DE.B_C.MUH.01	condensing boiler / until 1986	Brennwertkessel / bis 1986	1,17	0
DE.B_C.MUH.02	condensing boiler / from	Brennwertkessel / 1987 bis	1,14	0

	1987 to 1994	1994		
DE.B_C.MUH.03	condensing boiler / from 1995	Brennwertkessel / ab 1995	1,13	0
DE.B_C.MUH.04	condensing boiler / from 1995 / improved efficiency	Brennwertkessel / ab 1995 / verbessert	1,06	0
DE.B_WP.MUH.03	wood pellets boiler	Holzpelletkessel	1,25	0
DE.G_IWH_NC.Gen.01	gas water heater / until 1994	Gas-Therme (Umlaufwasser-heizer) / bis 1994	1,27	0
DE.G_IWH_NC.Gen.02	gas water heater / from 1995	Gas-Therme (Umlaufwasser-heizer) / ab 1995	1,18	0
DE.G_IWH_C.Gen.01	gas water heater, condensing / until 1994	Gas-Brennwert-Therme / bis 1994	1,18	0
DE.G_IWH_C.Gen.02	gas water heater, condensing / from 1995	Gas-Brennwert-Therme / ab 1995	1,09	0
DE.HP_Ground.Gen.01	electrical heat pump, heat source: soil, ground water or water stream, including heating rod / until 1994	Elektro-WP Erdreich oder Grundw. mit Heizstab / bis 1994	0,36	0
DE.HP_Ground.Gen.02	electrical heat pump, heat source: soil, ground water or water stream, without heating rod / until 1994	Elektro-Wärmepumpe Erdreich oder Grundw. ohne Heizstab / bis 1994	0,32	0
DE.HP_Ground.Gen.03	electrical heat pump, heat source: soil, ground water or water stream, including heating rod / from 1995	Elektro-WP Erdreich oder Grundw. mit Heizstab / ab 1995	0,32	0
DE.HP_Ground.Gen.04	electrical heat pump, heat source: soil, ground water or water stream, without heating rod / from 1995	Elektro-Wärmepumpe Erdreich oder Grundw. ohne Heizstab / ab 1995	0,29	0
DE.HP_Air.Gen.01	electrical heat pump, heat source: external air, including heating rod / until 1994	Elektro-Wärmepumpe Außenluft mit Heizstab / bis 1994	0,45	0
DE.HP_Air.Gen.02	electrical heat pump, heat source: external air, without heating rod / until 1994	Elektro-Wärmepumpe Außenluft ohne Heizstab / bis 1994	0,42	0
DE.HP_Air.Gen.03	electrical heat pump, heat source: external air, including heating rod / from 1995	Elektro-Wärmepumpe Außenluft mit Heizstab / ab 1995	0,38	0
DE.HP_Air.Gen.04	electrical heat pump, heat source: external air, without heating rod / from 1995	Elektro-Wärmepumpe Außenluft ohne Heizstab / ab 1995	0,35	0
DE.TS.Gen.01	district heating transfer station	Fernwärme-Übergabestation	1,02	0
DE.Stove_L.Gen.01	stove for liquid fuels, especially oil stove	Ölbefuerter Einzelöfen mit Verdampfungsbr.	1,4	0
DE.Stove_S.Gen.01	stove for solid fuels, especially wood and coal	Kohle- oder Holzöfen	1,6	0
DE.G_SH.Gen.01	gas-fired space heater	Gasraumheizer	1,4	0
DE.E_Immersion.Gen.01	electric heating element immersed in a central heat storage	zentraler Elektro-Speicher	1	0
DE.E_Storage.Gen.01	electrical night storage space heater	Elektro-Nachtspeicherheizung	1	0
DE.E_SH.Gen.01	electrical space heater	Elektro-Direktheizgeräte	1	0
DE.Solar.Gen.01	thermal solar plant	Thermische Solaranlage	0	0
DE.CHP.Gen.01	combined heat and power engine	Anlage zur Kraft-Wärme-Kopplung	1,67	3,33

Tab.System.HS

Code_SysHS	Description_SysHS	Description_National_SysHS	q_s_h
identification of the heat storage	description of heat distribution	national description	typical heat loss of the heating system storage
		description in the native language	annual values in kWh per m ² reference area
			kWh/(m ² a)

DE.BS_E.Gen.01	buffer storage for electric heat pumps or night-storage systems / until 1994	Pufferspeicher El.-Wärmep. / -Nachtsp.	5,9
DE.BS_E.Gen.02	buffer storage for electric heat pumps or night-storage systems / from 1995	Pufferspeicher El.-Wärmep. / -Nachtsp.	4,5
DE.BS_Wood.Gen.01	buffer storage for wood boilers / until 1994	Pufferspeicher für Holzkessel	11,1
DE.BS_Wood.Gen.02	buffer storage for wood boilers / from 1995	Pufferspeicher für Holzkessel	7,2

Tab.System.HD

Code_SysHD	Description_SysHD	Description_National_SysHD	q_d_h
identification of the heat distribution (+ heat emission) system	description of heat distribution / heat emission	national description	typical heat loss of the heating system distribution including heat emission
		description in the native language	annual values in kWh per m ² reference area
			kWh/(m ² a)
DE.C_Ext.SUH.01	central distribution, horizontal strings in unheated rooms (e.g. cellar) or in the soil / until 1978	zentrale Verteilung, horizontale Stränge in unbeheizten Räumen (z.B. Keller) oder im Boden / bis 1978	31,7
DE.C_Ext.SUH.02	central distribution / until 1978 / later insulated horizontal strings in unheated rooms (e.g. cellar)	zentrale Verteilung, horizontale Stränge in unbeheizten Räumen (z.B. Keller) oder im Boden / bis 1978 / Leitungen unter Kellerdecke nachträglich gedämmt	24,4
DE.C_Ext.SUH.03	central distribution, horizontal strings in unheated rooms (e.g. cellar) or in the soil / from 1979 to 1994	zentrale Verteilung, horizontale Stränge in unbeheizten Räumen (z.B. Keller) oder im Boden / von 1979 bis 1994	19,9
DE.C_Ext.SUH.04	central distribution, horizontal strings in unheated rooms (e.g. cellar) or in the soil / from 1995	zentrale Verteilung, horizontale Stränge in unbeheizten Räumen (z.B. Keller) oder im Boden / ab 1995	10,7
DE.C_Ext.MUH.01	central distribution, horizontal strings in unheated rooms (e.g. cellar) or in the soil / until 1978	zentrale Verteilung, horizontale Stränge in unbeheizten Räumen (z.B. Keller) oder im Boden / bis 1978	22
DE.C_Ext.MUH.02	central distribution / until 1978 / later insulated horizontal strings in unheated rooms (e.g. cellar)	zentrale Verteilung, horizontale Stränge in unbeheizten Räumen (z.B. Keller) oder im Boden / bis 1978 / Leitungen unter Kellerdecke nachträglich gedämmt	19,6
DE.C_Ext.MUH.03	central distribution, horizontal strings in unheated rooms (e.g. cellar) or in the soil / from 1979 to 1994	zentrale Verteilung, horizontale Stränge in unbeheizten Räumen (z.B. Keller) oder im Boden / von 1979 bis 1994	15,1
DE.C_Ext.MUH.04	central distribution, horizontal strings in unheated rooms (e.g. cellar) or in the soil / from 1995	zentrale Verteilung, horizontale Stränge in unbeheizten Räumen (z.B. Keller) oder im Boden / ab 1995	5,7
DE.C_Int.Gen.01	central distribution, completely in the thermal envelope	zentrale Verteilung komplett innerhalb der thermischen Hülle oder wohnungsweise Verteilung	6,2
DE.D.Gen.01	decentral system	dezentrales System	0

Tab.System.HA

Code_AuxH	Description_AuxH	Description_National_AuxH	q_del_h_aux
identification of the auxiliary system	description of auxiliary system	national description	typical auxiliary energy demand (electricity) of the heating system
		description in the native language	annual values in kWh per m ² reference

		language	area for heat generation (blower, control), storage (pump), distribution (pump) and heat emission (fan), as far as available kWh/(m²a)
DE.C.SUH.01	central heating system, standard pump, single-family house	Zentralheizung, Standardpumpe, Einfamilienhaus	6,1
DE.C.MUH.01	central heating system, standard pump, multi-family house	Zentralheizung, Standardpumpe, Mehrfamilienhaus	1,8
DE.D.Gen.01	decentral heating system	dezentrale Heizung	0

Tab.System.WG

Code_SysWG	Description_SysWG	Description_National_SysWG	e_g_w_Heat	e_g_w_Electricity
identification of the heat generator	description of heat generator	national description	typical expenditure coefficient of the heat generator	typical expenditure coefficient of the electricity generation in case of a chp engine
		description in the native language	delivered energy need (gross calorific value) divided by the produced heat (annual values)	fuel need (gross calorific value) divided by the produced electricity; reciprocal value of annual electrical efficiency according to EN 15316-4-4
DE.B_NC_CT.SUH.01	constant temperature non-condensing boiler / until 1986	Konstanttemperatur-Kessel / bis 1986	1,76	0,00
DE.B_NC_CT.SUH.02	constant temperature non-condensing boiler / from 1987 to 1994	Konstanttemperatur-Kessel / von 1987 bis 1994	1,72	0,00
DE.B_NC_CT.SUH.03	constant temperature non-condensing boiler / from 1995	Konstanttemperatur-Kessel / ab 1995	1,63	0,00
DE.B_NC_LT.SUH.01	low temperature non-condensing boiler / until 1986	Niedertemperatur-Kessel / bis 1986	1,38	0,00
DE.B_NC_LT.SUH.02	low temperature non-condensing boiler / from 1987 to 1994	Niedertemperatur-Kessel / von 1987 bis 1994	1,35	0,00
DE.B_NC_LT.SUH.03	low temperature non-condensing boiler / from 1995	Niedertemperatur-Kessel / ab 1995	1,27	0,00
DE.B_C.SUH.01	condensing boiler / until 1986	Brennwert-Kessel / bis 1986	1,31	0,00
DE.B_C.SUH.02	condensing boiler / from 1987 to 1994	Brennwert-Kessel / von 1987 bis 1994	1,29	0,00
DE.B_C.SUH.03	condensing boiler / from 1995	Brennwert-Kessel / ab 1995	1,23	0,00
DE.B_C.SUH.04	condensing boiler / from 1995 / improved efficiency	Brennwertkessel / ab 1995 / verbessert	1,21	0,00
DE.B_WP.SUH.03	wood-pellets boiler	Holzpellets-Kessel	1,63	0,00
DE.B_NC_CT.MUH.01	constant temperature non-condensing boiler / until 1986	Konstanttemperatur-Kessel / bis 1986	1,43	0,00
DE.B_NC_CT.MUH.02	constant temperature non-condensing boiler / from 1987 to 1994	Konstanttemperatur-Kessel / von 1987 bis 1994	1,40	0,00
DE.B_NC_CT.MUH.03	constant temperature non-condensing boiler / from 1995	Konstanttemperatur-Kessel / ab 1995	1,32	0,00
DE.B_NC_LT.MUH.01	low temperature non-condensing boiler / until 1986	Niedertemperatur-Kessel / bis 1986	1,29	0,00
DE.B_NC_LT.MUH.02	low temperature non-condensing boiler / from 1987 to 1994	Niedertemperatur-Kessel / von 1987 bis 1994	1,26	0,00

DE.B_NC_LT.MUH.03	low temperature non-condensing boiler / from 1995	Niedertemperatur-Kessel / ab 1995	1,20	0,00
DE.B_C.MUH.01	condensing boiler / until 1986	Brennwert-Kessel / bis 1986	1,24	0,00
DE.B_C.MUH.02	condensing boiler / from 1987 to 1994	Brennwert-Kessel / von 1987 bis 1994	1,21	0,00
DE.B_C.MUH.03	condensing boiler / from 1995	Brennwert-Kessel / ab 1995	1,18	0,00
DE.B_C.MUH.04	condensing boiler / from 1995 / improved efficiency	Brennwertkessel / ab 1995 / verbessert	1,17	0,00
DE.B_WP.MUH.03	wood-pellets boiler	Holzpellets-Kessel	1,32	0,00
DE.G_IWH_NC.Gen.01	gas water heater / until 1994	Gas-Therme (Umlaufwasser-heizer) / bis 1994	1,35	0,00
DE.G_IWH_NC.Gen.02	gas water heater / from 1995	Gas-Therme (Umlaufwasser-heizer) / ab 1995	1,31	0,00
DE.G_IWH_C.Gen.01	gas water heater, condensing / until 1994	Gas-Brennwert-Therme / bis 1994	1,31	0,00
DE.G_IWH_C.Gen.02	gas water heater, condensing / from 1995	Gas-Brennwert-Therme / ab 1995	1,27	0,00
DE.HP_Ground.Gen.01	electrical heat pump, heat source: soil, ground water or water stream / until 1994	Elektro-Wärmepumpe Erdreich oder Grundw. / bis 1994	0,32	0,00
DE.HP_Ground.Gen.02	electrical heat pump, heat source: soil, ground water or water stream, with electrical heating rod / until 1994	Elektro-WP Erdreich oder Grundw. mit Heizstab / bis 1994	0,36	0,00
DE.HP_Ground.Gen.03	electrical heat pump, heat source: soil, ground water or water stream / from 1995	Elektro-Wärmepumpe Erdreich oder Grundw. / ab 1995	0,29	0,00
DE.HP_Ground.Gen.04	electrical heat pump, heat source: soil, ground water or water stream, with electrical heating rod / from 1995	Elektro-WP Erdreich oder Grundw. mit Heizstab / ab 1995	0,32	0,00
DE.HP_Air.Gen.01	electrical heat pump, heat source: air / until 1994	Elektro-Wärmepumpe Außenluft / bis 1994	0,42	0,00
DE.HP_Air.Gen.02	electrical heat pump, heat source: air, with electrical heating rod / until 1994	Elektro-Wärmepumpe Außenluft mit Heizstab / bis 1994	0,45	0,00
DE.HP_Air.Gen.03	electrical heat pump, heat source: air / from 1995	Elektro-Wärmepumpe Außenluft / ab 1995	0,35	0,00
DE.HP_Air.Gen.04	electrical heat pump, heat source: air, with electrical heating rod / from 1995	Elektro-Wärmepumpe Außenluft mit Heizstab / ab 1995	0,38	0,00
DE.HP_Cellar.Gen.01	electrical heat pump, heat source: cellar air / until 1994	Elektro-Wärmepumpe Kellerluft / bis 1994	0,36	0,00
DE.HP_Cellar.Gen.02	electrical heat pump, heat source: cellar air, with electrical heating rod / until 1994	Elektro-Wärmepumpe Kellerluft mit Heizstab / bis 1994	0,39	0,00
DE.HP_Cellar.Gen.03	electrical heat pump, heat source: cellar air / from 1995	Elektro-Wärmepumpe Kellerluft / ab 1995	0,35	0,00
DE.HP_Cellar.Gen.04	electrical heat pump, heat source: cellar air, with electrical heating rod / from 1995	Elektro-Wärmepumpe Kellerluft mit Heizstab / ab 1995	0,38	0,00
DE.HP_ExhAir.Gen.01	exhaust air heat pump	Abluft-Wärmepumpe	0,30	0,00
DE.TS.Gen.01	district heating transfer station	Fernwärme-Übergabestation	1,14	0,00
DE.E_Immersion.Gen.01	electric heating rod	elektrischer Heizstab	1,00	0,00
DE.E_IWH.Gen.01	electric instantaneous water heater (tankless) / from 1981 to 1990	Elektro-Durchlauferhitzer	1,00	0,00
DE.G_IWH_NC.Gen.01	gas-fired instantaneous water heater (tankless) / until 1994	Gas-Durchlauferhitzer / bis 1994	1,35	0,00
DE.G_IWH_NC.Gen.02	gas-fired instantaneous water heater (tankless) / from 1995	Gas-Durchlauferhitzer / ab 1995	1,31	0,00
DE.G_Tank.Gen.01	directly gas heated hot water storage	Gas-Speicherwassererwärmer	1,34	0,00
DE.Solar.Gen.01	thermal solar plant	Thermische Solaranlage	0,00	0,00

DE.CHP.Gen.01	combined heat and power engine	KWK-Anlage	1,67	3,33
----------------------	--------------------------------	------------	------	------

Tab.System.WS

Code_SysWS	Description_SysWS	Description_National_SysWS	q_s_w	q_s_w_h
identification of the heat storage	description of heat storage	national description	typical heat loss of the dhw storage	contribution of hot water storage losses to space heating
		description in the native language	annual values in kWh per m ² reference area kWh/(m ² a)	annual values in kWh per m ² reference area kWh/(m ² a)
DE.S_C_Ext.SUH.01	central hot water storage, outside thermal envelope / until 1994	zentraler WW-Speicher außerhalb th. H. / bis 1994	10,5	0
DE.S_C_Ext.SUH.02	central hot water storage, outside thermal envelope / from 1995	zentraler WW-Speicher außerhalb th. H. / ab 1995	5,6	0
DE.S_C_Int.SUH.01	central hot water storage, inside thermal envelope / until 1994	zentraler WW-Speicher innerhalb th. H. / bis 1994	10,5	6,7
DE.S_C_Int.SUH.02	central hot water storage, inside thermal envelope / from 1995	zentraler WW-Speicher innerhalb th. H. / ab 1995	5,6	3,6
DE.S_C_Ext.MUH.01	central hot water storage, outside thermal envelope / until 1994	zentraler WW-Speicher außerhalb th. H. / bis 1994	1,8	0
DE.S_C_Ext.MUH.02	central hot water storage, outside thermal envelope / from 1995	zentraler WW-Speicher außerhalb th. H. / ab 1995	1	0
DE.S_C_Int.MUH.01	central hot water storage, inside thermal envelope / until 1994	zentraler WW-Speicher innerhalb th. H. / bis 1994	1,8	1,2
DE.S_C_Int.MUH.02	central hot water storage, inside thermal envelope / from 1995	zentraler WW-Speicher innerhalb th. H. / ab 1995	1	0,6
DE.S_Gas.Gen.01	directly gas heated hot water storage	direkt mit Gas befeuerter Trinkwasserspeicher	22,5	0
DE.S_D.Gen.01	decentral electric hot water storage / until 1994	Elektro-Kleinspeicher / bis 1994	3,6	2,4
DE.S_D.Gen.02	decentral electric hot water storage / from 1995	Elektro-Kleinspeicher / ab 1995	2,9	1,9

Tab.System.WD

Code_SysWD	Description_SysWD	Description_National_SysWD	q_d_w	q_d_w_h
identification of the heat distribution system	description of heat distribution	national description	typical heat loss of the hot water distribution	contribution of hot water distribution losses to space heating
		description in the native language	annual values in kWh per m ² reference area kWh/(m ² a)	annual values in kWh per m ² reference area kWh/(m ² a)
DE.C_Circ_Ext.SUH.01	central system with circulation loop / until 1978	zentrale Verteilung mit Zirkulation / bis 1978	26,9	13,9
DE.C_Circ_Ext.SUH.02	central system with circulation loop / from 1979 to 1994	zentrale Verteilung mit Zirkulation / von 1979 bis 1994	9,8	4,6
DE.C_Circ_Ext.SUH.03	central system with circulation loop / from 1995	zentr. Vert. mit Zirk. inkl. Qualitätssicherung / ab 1995	6,5	2,5
DE.C_Circ_Ext.MUH.01	central system with circulation loop / until 1978	zentrale Verteilung mit Zirkulation / bis 1978	30,9	17,6
DE.C_Circ_Ext.MUH.02	central system with circulation loop / from 1979 to 1994	zentrale Verteilung mit Zirkulation / von 1979 bis 1994	9,6	5,1
DE.C_Circ_Ext.MUH.03	central system with circulation loop / from 1995	zentr. Vert. mit Zirk. inkl. Qualitätssicherung / ab 1995	6,4	2,9

DE.C_NoCirc_Ext.Gen.01	central system no circulation loop / until 1978	zentrale Verteilung ohne Zirkulation / bis 1978	12,7	6,0
DE.C_NoCirc_Ext.Gen.02	central system no circulation loop / from 1979 to 1994	zentrale Verteilung ohne Zirkulation / von 1979 bis 1994	7,7	3,8
DE.C_NoCirc_Ext.Gen.03	central system no circulation loop / from 1995	zentr. Vert. ohne Zirk. inkl. Qualitätssicherung / ab 1995	4,4	1,7
DE.D.Gen.01	decentral system / until 1994	dezentrales System / bis 1994	4,6	3,0
DE.D.Gen.02	decentral system / from 1995	dezentrales System / ab 1995	1,4	0,8

Tab.System.WA

Code_AuxW	Description_AuxW	Description_National_AuxW	q_del_w_aux
identification of the auxiliary system	description of auxiliary system	national description	typical auxiliary energy demand (electricity) of the dhw system
		description in the native language	annual values in kWh per m ² reference area for heat generation (blower, control), storage (pump), distribution (pump), as far as available
			kWh/(m ² a)
DE.C_NoCirc.SUH.01	central domestic hot water system, no circulation pump	zentrale Warmwasserbereitung, keine Zirkulation	0,4
DE.C_Circ.SUH.01	central domestic hot water system, with circulation pump	zentrale Warmwasserbereitung, mit Zirkulation	1,4
DE.C_NoCirc_Sol.SUH.01	central domestic hot water system with thermal solar system, no circulation pump	zentrale Warmwasserbereitung mit Solaranlage, keine Zirkulation	1,2
DE.C_Circ_Sol.SUH.01	central domestic hot water system with thermal solar system, with circulation pump	zentrale Warmwasserbereitung mit Solaranlage, mit Zirkulation	2,2
DE.C_NoCirc.MUH.01	central domestic hot water system, no circulation pump	zentrale Warmwasserbereitung, keine Zirkulation	0,2
DE.C_Circ.MUH.01	central domestic hot water system, with circulation pump	zentrale Warmwasserbereitung, mit Zirkulation	0,8
DE.C_NoCirc_Sol.MUH.01	central domestic hot water system with thermal solar system, no circulation pump	zentrale Warmwasserbereitung mit Solaranlage, keine Zirkulation	0,6
DE.C_Circ_Sol.MUH.01	central domestic hot water system with thermal solar system, with circulation pump	zentrale Warmwasserbereitung mit Solaranlage, mit Zirkulation	1,3
DE.D.Gen.01	decentral dhw system	dezentrale Warmwasserbereitung	0

Appendix E – Examples for Building Display Sheets

Building display sheets for an exemplary single family house:

- German version
(complete catalogue with all exemplary buildings in: [IWU 2011])
- English version

each for 3 variants of heat supply systems.

An explanation of the information on this sheet is given in chapter 4.6.



Gebäudetyp Klassifizierung (TABULA Code)

► Land	DE	Deutschland Germany
► Typologie Region	N	- nicht spezifiziert - National
► Größenklasse	SFH	Einfamilienhaus ("EFH") Single Family House
► Baualtersklasse	5	[E] 1958 ... 1968
► Zusatz-Kategorie	Gen	Grund-Typ Generic

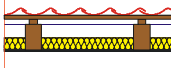
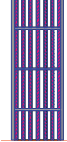
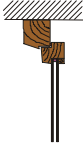

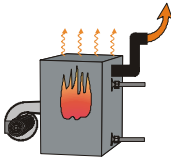
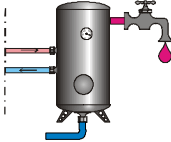
beheizte Wohnfläche	242 m²
Anzahl Vollgeschosse	1
Anzahl Wohnungen	1

Charakterisierung des Gebäudetyps

typisch 1- oder 2-geschossig, mit Satteldach, Dachgeschoss beheizt; bisweilen auch 1-geschossig mit Flachdach; Betondecken; Mauerwerk aus Hohlblocksteinen, Gitterziegeln, Holzspansteinen o.ä., verputzt; in Norddeutschland meist zweischalig unverputzt



Beispielgebäude – Ist-Zustand

Konstruktion	Beschreibung	U-Wert W/(m²K)
Dach / oberste Geschossdecke	 Steildach mit 5 cm Dämmung Holz-Sparren, 5 cm Dämmung im Zwischenraum, verputzt	0,8
Außenwand	 Mauerwerk aus Hohlblocksteinen, Hochlochziegeln oder Gitterziegeln	1,2
Fenster	 Holzfenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung Zweischeiben-Isolierverglasung im Holzrahmen (in späteren Jahren modernisiert, Original-Fenster nicht mehr erhalten)	3,5
Fußboden	 Betondecke mit 1 cm Dämmung Stahlbeton, 1 cm Trittschalldämmung, Zementestrich	1,1
Wärmeversorgungssystem	Beschreibung	Energie- aufwand für 1 kWh Wärme
Heizsystem	 Gas-Zentralheizung, geringe Effizienz: Niedertemperatur-Kessel, hohe Wärmeverluste der Verteilungen	1,42 kWh Gas
Warmwasser system	 zentrale Warmwasserbereitung mit Gas, geringe Effizienz: Kombination mit Wärmeerzeuger Heizung (Niedertemperatur-Kessel); schlecht gedämmte Zirkulationsleitungen	2,70 kWh Gas
Wärmeversorgung gesamt	Primärenergieaufwandszahl nicht-erneuerbare Energieträger	inkl. Strom für Hilfsenergie 1,72 kWh Primärenergie

Gebäudehülle		Energieaufwand Heizung und Warmwasser			
Wärmeverluste Winter		Heizwärmebedarf	Endenergie	Primärenergie	Verbrauchs-kosten
Ist-Zustand					
	1				
	2				

Energiekennwerte bezogen auf beheizte Wohnfläche



Modernisierungspaket 1: "konventionell"			Modernisierungspaket 2: "zukunftsweisend"		
Maßnahme	U-Wert W/(m²K)		Maßnahme	U-Wert W/(m²K)	
Dämmung im Sparren-Zwischenraum 12 cm (bei Bedarf Aufdopplung der Sparren und Freiräumen des Zwischenraums)	0,41		Dämmung im Sparren-Zwischenraum 12 cm + zusätzliche Dämmlage 18 cm	0,14	
Dämmung 12 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern)	0,23		Dämmung 24 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern)	0,13	
Einbau von Fenstern mit 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung	1,3		Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung und gedämmtem Rahmen	0,8	
Dämmung 8 cm unter der Decke / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußbodensanierung)	0,31		Dämmung 12 cm unter der Decke (bei ausreichender Kellerraumhöhe) / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußbodensanierung) oder Kombi. unter/auf	0,23	
Wärmeversorgungssystem	Energieaufwand für 1 kWh Wärme		Wärmeversorgungssystem	Energieaufwand für 1 kWh Wärme	
Gas-Zentralheizung, hohe Effizienz: Brennwertkessel; minimierte Wärmeverluste der Verteilungen	1,14 kWh Gas		Gas-Zentralheizung, hohe Effizienz: Brennwertkessel; minimierte Wärmeverluste der Verteilungen	0,56 kWh Gas	
zentrale Warmwasserbereitung mit Gas, mittlere Effizienz: Kombination mit Wärmeerzeuger Heizung (Brennwertkessel), keine Zirkulationsleitung	2,46 kWh Gas		zentrale Warmwasserbereitung mit Gas, hohe Effizienz: Kombination mit Wärmeerzeuger Heizung (Brennwertkessel) + thermische Solaranlage, keine Zirkulationsleitung	0,39 kWh Gas	
Primärenergieaufwandszahl nicht-erneuerbare Energieträger	inkl. Strom für Hilfsenergie 1,57 kWh Primärenergie		Primärenergieaufwandszahl nicht-erneuerbare Energieträger	inkl. Strom für Hilfsenergie 1,14 kWh Primärenergie	



Gebäudetyp Klassifizierung (TABULA Code)

► Land	DE	Deutschland <i>Germany</i>
► Typologie Region	N	- nicht spezifiziert - <i>National</i>
► Größenklasse	SFH	Einfamilienhaus ("EFH") <i>Single Family House</i>
► Baualtersklasse	5	[E] 1958 ... 1968
► Zusatz-Kategorie	Gen	Grund-Typ <i>Generic</i>

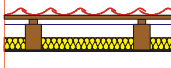

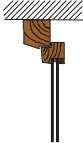

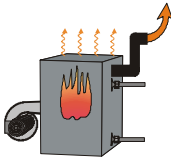
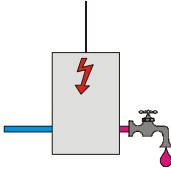
beheizte Wohnfläche	242 m²
Anzahl Vollgeschosse	1
Anzahl Wohnungen	1

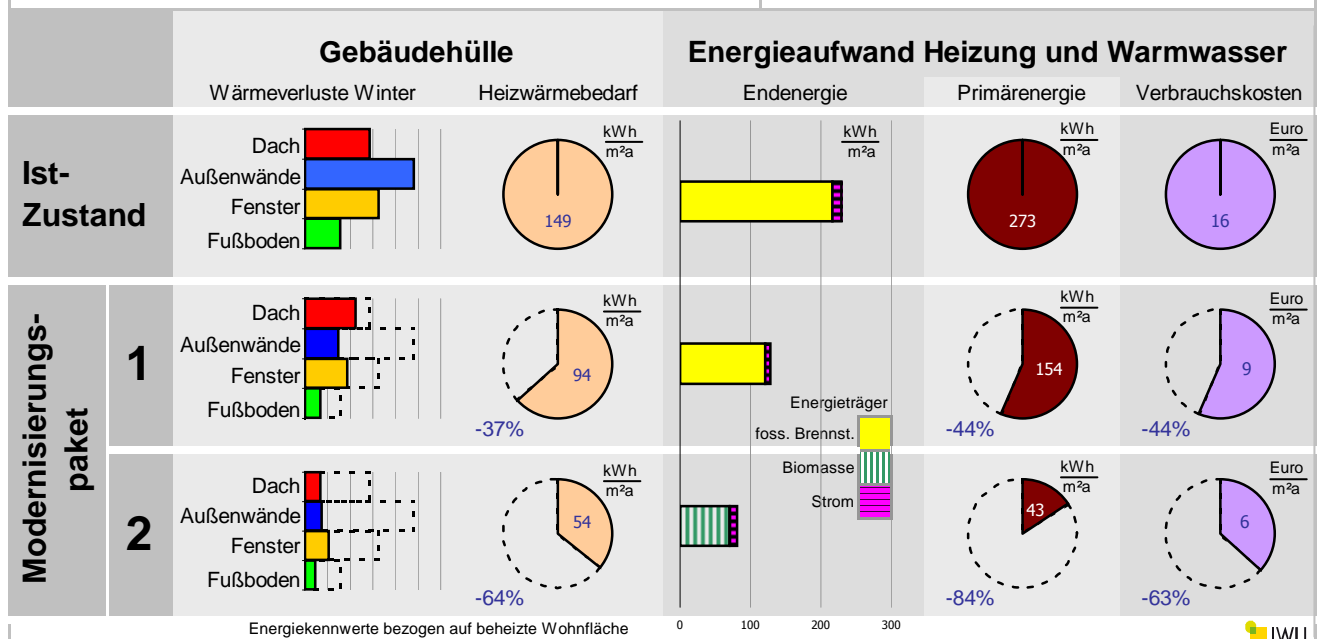
Charakterisierung des Gebäudetyps

typisch 1- oder 2-geschossig, mit Satteldach, Dachgeschoss beheizt; bisweilen auch 1-geschossig mit Flachdach; Betondecken; Mauerwerk aus Hohlblocksteinen, Gitterziegeln, Holzspansteinen o.ä., verputzt; in Norddeutschland meist zweischalig unverputzt



Beispielgebäude – Ist-Zustand

Konstruktion	Beschreibung	U-Wert W/(m²K)
Dach / oberste Geschossdecke	 Steildach mit 5 cm Dämmung Holz-Sparren, 5 cm Dämmung im Zwischenraum, verputzt	0,8
Außenwand	 Mauerwerk aus Hohlblocksteinen, Hochlochziegeln oder Gitterziegeln	1,2
Fenster	 Holzfenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung Zweischeiben-Isolierverglasung im Holzrahmen (in späteren Jahren modernisiert, Original-Fenster nicht mehr erhalten)	3,5
Fußboden	 Betondecke mit 1 cm Dämmung Stahlbeton, 1 cm Trittschalldämmung, Zementestrich	1,1
Wärmeversorgungssystem	Beschreibung	Energie- aufwand für 1 kWh Wärme
Heizsystem	 Öl-Zentralheizung, geringe Effizienz: Niedertemperatur-Kessel, hohe Wärmeverluste der Verteilungen	1,45 kWh Heizöl
Warmwasser system	 dezentral: elektrischer Durchlauferhitzer	1,14 kWh Strom
Wärmeversorgung gesamt	Primärenergieaufwandszahl nicht-erneuerbare Energieträger	inkl. Strom für Hilfsenergie 1,74 kWh Primärenergie



Modernisierungspaket 1: "konventionell"

Modernisierungspaket 2: "zukunftsweisend"

Maßnahme	U-Wert W/(m²K)	Maßnahme	U-Wert W/(m²K)
Dämmung im Sparren-Zwischenraum 12 cm (bei Bedarf Aufdopplung der Sparren und Freiräumen des Zwischenraums)	0,41	Dämmung im Sparren-Zwischenraum 12 cm + zusätzliche Dämmlage 18 cm	0,14
Dämmung 12 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern)	0,23	Dämmung 24 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern)	0,13
Einbau von Fenstern mit 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung	1,3	Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung und gedämmtem Rahmen	0,8
Dämmung 8 cm unter der Decke / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußbodensanierung)	0,31	Dämmung 12 cm unter der Decke (bei ausreichender Kellerraumhöhe) / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußb.-sanierung) oder Kombi. unter/auf	0,23
Wärmeversorgungssystem	Energie-aufwand für 1 kWh Wärme	Wärmeversorgungssystem	Energie-aufwand für 1 kWh Wärme
Öl-Zentralheizung, hohe Effizienz: Brennwertkessel; minimierte Wärmeverluste der Verteilungen	1,18 kWh Heizöl	Biomasse-Zentralheizung, hohe Effizienz: Holzpellets-Kessel; minimierte Wärmeverluste der Verteilungen	1,05 kWh Holz
zentrale Warmwasserbereitung mit Heizöl, hohe Effizienz: Kombination mit Wärmeerzeuger Heizung (Brennwertkessel) + thermische Solaranlage, keine Zirkulationsleitung	0,39 kWh Heizöl	zentrale Warmwasserbereitung mit Heizöl, hohe Biomasse: Kombination mit Wärmeerzeuger Heizung (Brennwertkessel) + thermische Solaranlage, keine Zirkulationsleitung	0,52 kWh Holz
Primärenergieaufwandszahl nicht-erneuerbare Energieträger	inkl. Strom für Hilfsenergie 1,46 kWh Primärenergie	Primärenergieaufwandszahl nicht-erneuerbare Energieträger	inkl. Strom für Hilfsenergie 0,67 kWh Primärenergie



Gebäudetyp Klassifizierung (TABULA Code)

► Land	DE	Deutschland <i>Germany</i>
► Typologie Region	N	- nicht spezifiziert - <i>National</i>
► Größenklasse	SFH	Einfamilienhaus ("EFH") <i>Single Family House</i>
► Baualtersklasse	5	[E] 1958 ... 1968
► Zusatz-Kategorie	Gen	Grund-Typ <i>Generic</i>

beheizte Wohnfläche	242 m²
Anzahl Vollgeschosse	1
Anzahl Wohnungen	1

Charakterisierung des Gebäudetyps

typisch 1- oder 2-geschossig, mit Satteldach, Dachgeschoss beheizt; bisweilen auch 1-geschossig mit Flachdach; Betondecken; Mauerwerk aus Hohlblocksteinen, Gitterziegeln, Holzspansteinen o.ä., verputzt; in Norddeutschland meist zweischalig unverputzt



Beispielgebäude – Ist-Zustand

Konstruktion	Beschreibung	U-Wert W/(m²K)
Dach / oberste Geschossdecke 	Steildach mit 5 cm Dämmung Holz-Sparren, 5 cm Dämmung im Zwischenraum, verputzt	0,8
Außenwand 	Mauerwerk aus Hohlblocksteinen, Hochlochziegeln oder Gitterziegeln	1,2
Fenster 	Holzfenster mit Zweischeiben-Isolierverglasung Zweischeiben-Isolierverglasung im Holzrahmen (in späteren Jahren modernisiert, Original-Fenster nicht mehr erhalten)	3,5
Fußboden 	Betondecke mit 1 cm Dämmung Stahlbeton, 1 cm Trittschalldämmung, Zementestrich	1,1
Wärmeversorgungssystem	Beschreibung	Energie- aufwand für 1 kWh Wärme
Heizsystem 	Elektro-Nachtspeicherheizung	1,00 kWh Strom
Warmwasser system 	dezentral: elektrischer Durchlauferhitzer	1,14 kWh Strom
Wärmeversorgung gesamt	Primärenergieaufwandszahl nicht-erneuerbare Energieträger	inkl. Strom für Hilfsenergie 2,61 kWh Primärenergie

Gebäudehülle		Energieaufwand Heizung und Warmwasser			
Wärmeverluste Winter		Heizwärmebedarf	Endenergie	Primärenergie	Verbrauchs-kosten
Ist-Zustand	Dach				
	Außenwände				
	Fenster				
	Fußboden				
Modernisierungs-paket	1				
	2				

Energiekennwerte bezogen auf beheizte Wohnfläche

0 50 100 150 200



Modernisierungspaket 1: "konventionell"			Modernisierungspaket 2: "zukunftsweisend"		
Maßnahme	U-Wert W/(m²K)		Maßnahme	U-Wert W/(m²K)	
Dämmung im Sparren-Zwischenraum 12 cm (bei Bedarf Aufdopplung der Sparren und Freiräumen des Zwischenraums)	0,41		Dämmung im Sparren-Zwischenraum 12 cm + zusätzliche Dämmlage 18 cm	0,14	
Dämmung 12 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern)	0,23		Dämmung 24 cm + Verputz (Wärmedämmverbundsystem), alternativ: hinterlüftete Fassade (z.B. Zellulose zwischen Traghölzern)	0,13	
Einbau von Fenstern mit 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung	1,3		Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung und gedämmtem Rahmen	0,8	
Dämmung 8 cm unter der Decke / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußbodensanierung)	0,31		Dämmung 12 cm unter der Decke (bei ausreichender Kellerraumhöhe) / alternativ: auf der Decke (im Fall einer Fußb.-sanierung) oder Kombin. unter/auf	0,23	
Wärmeversorgungssystem		Energie-aufwand für 1 kWh Wärme	Wärmeversorgungssystem		Energie-aufwand für 1 kWh Wärme
Elektro-Wärmepumpe, Wärmequelle: Außenluft, einschließlich Elektro-Heizstab für Last-Spitzen, gute Wärmedämmung der Rohrleitungen		0,58 kWh Strom	Elektro-Wärmepumpe, Wärmequelle: Erdreich		0,23 kWh Strom
			Lüftungsanlage mit 80% Wärmerückgewinnung		
zentrale Warmwasserbereitung: Kombination mit Wärmeerzeuger Heizung (Elektro-Wärmepumpe, Wärmequelle Außenluft) einschließlich Elektro-Heizstab für Last-Spitzen + thermische Solaranlage		0,16 kWh Strom	zentrale Warmwasserbereitung: Kombination mit Wärmeerzeuger Heizung (Elektro-Wärmepumpe, Wärmequelle: Erdreich)		0,64 kWh Strom
Primärenergieaufwandszahl nicht-erneuerbare Energieträger	inkl. Strom für Hilfsenergie	1,64 kWh Primärenergie	Primärenergieaufwandszahl nicht-erneuerbare Energieträger	inkl. Strom für Hilfsenergie	1,19 kWh Primärenergie



Building Type Classification (TABULA Code)

► Country	DE	Germany <i>Deutschland</i>
► Typology Region	N	National <i>- nicht spezifiziert -</i>
► Building Size Class	SFH	Single Family House
► Construction Year Class	5	[E] 1958 ... 1968
► Additional Parameter	Gen	Generic <i>Grund-Typ</i>

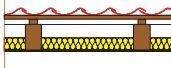
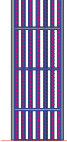
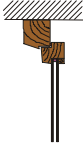

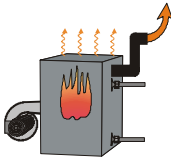
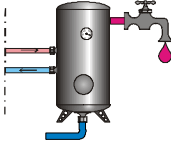
Heated living area	242 m ²
Number of complete storeys	1
Number of apartments	1

Characteristics of the Building Type

most commonly 1 or 2 complete storeys, with pitched roof; attic storey is often heated; typically masonry of honeycomb bricks or pumice, in Northern Germany mostly with cavity; concrete ceilings



Example Building – Existing State

Construction	Description	U-Value W/(m ² K)
Roof 	tilted roof with 5 cm insulation wooden rafters, 5 cm insulation, plastered	0,8
Wall 	masonry of hollow blocks or honeycomb bricks	1,2
Window 	wooden window with dual-pane glazing dual-pane in wooden frame (refurbished in the past, original windows not existent anymore)	3,5
Floor 	concrete ceiling with 1 cm insulation reinforced concrete, 1 cm impact sound insulation, cement screed	1,1
Heat Supply System	Description	Energy expenditure for 1 kWh heat
Heating System 	gas central heating system, rather poor efficiency: low temperature boiler, poor insulation of pipes	1,42 kWh Gas
Domestic Hot Water System 	gas-fueled gas central hot water system, rather poor efficiency: heat generation combined with heating system (low temperature boiler), poorly insulated circulation loop	2,70 kWh Gas
Supply System (Total)	Primary Energy Expenditure Factor non-renewable energy	incl. electr. auxiliary devices 1,72 kWh Primary Energy

Building Envelope		Energy Expenditure for Heating and Hot Water			
Heat Losses Winter		Heat Need	Delivered Energy	Primary Energy	Energy Costs
Existing State					

energy performance indicators related to net floor area



Refurbishment Package 1: "Standard"				Refurbishment Package 2: "Advanced"			
Measure		U-Value W/(m²K)		Measure		U-Value W/(m²K)	
insulate cavity between rafters 12 cm (heighten rafters and clear interspace if necessary)		0,41		insulate cavity between rafters 12 cm + add 18 cm insulation layer		0,14	
add 12 cm of insulation + plaster (external insulated render system), alternative: curtain wall (e.g. cellulose between timbers)		0,23		add 24 cm of insulation + plaster (external insulated render system), alternative: curtain wall (e.g. cellulose between timbers)		0,13	
mount new windows, double glazed, argon filled, low E		1,3		mount new windows, triple glazed, argon filled, low E, insulated frame		0,8	
add 8 cm of insulation below / alternatively: on top of ceiling (in case of floor renovation)		0,31		add 12 cm insulation below (in case of sufficient cellar height) / alternatively: on top of ceiling (in case of floor renovation) or combination of both		0,23	
Heat Supply System		Energy expenditure for 1 kWh heat		Heat Supply System		Energy expenditure for 1 kWh heat	
gas central heating system, high efficiency: condensing boiler, good insulation of pipes		1,14 kWh Gas		gas central heating system, high efficiency: condensing boiler, good insulation of pipes		0,56 kWh Gas	
gas-fueled central hot water system, medium efficiency: heat generation combined with heating system (condensing boiler), no circulation loop		2,46 kWh Gas		ventilation system with 80% heat recovery		plus electricity for ventilation system	
				gas-fueled central hot water system, high efficiency: heat generation combined with heating system (condensing boiler) + thermal solar system, no circulation loop		0,39 kWh Gas	
Primary Energy Expenditure Factor non-renewable energy		incl. electr. auxiliary devices 1,57 kWh Primary Energy		Primary Energy Expenditure Factor non-renewable energy		incl. electr. auxiliary devices 1,14 kWh Primary Energy	



Building Type Classification (TABULA Code)

► Country	DE	Germany <i>Deutschland</i>
► Typology Region	N	National <i>- nicht spezifiziert -</i>
► Building Size Class	SFH	Single Family House
► Construction Year Class	5	[E] 1958 ... 1968
► Additional Parameter	Gen	Generic <i>Grund-Typ</i>

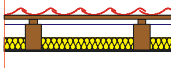

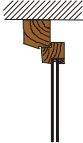

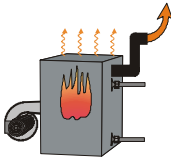
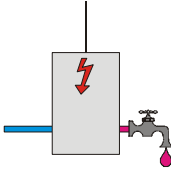
Heated living area	242 m ²
Number of complete storeys	1
Number of apartments	1

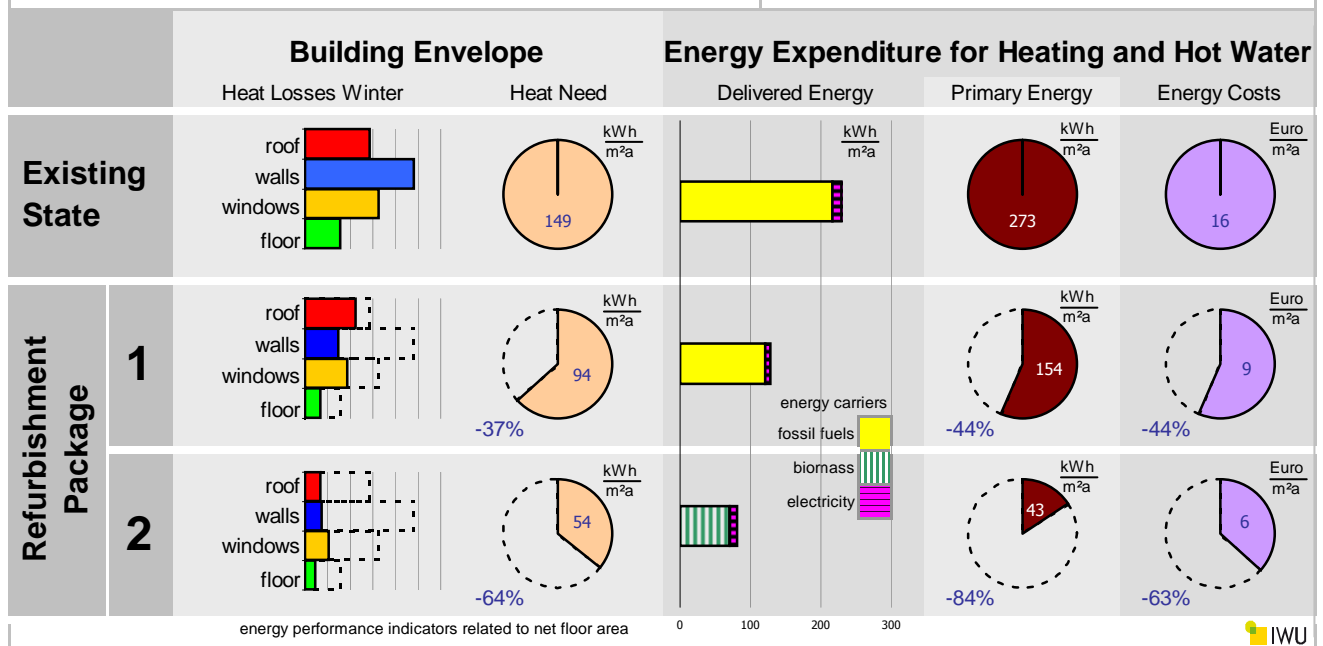
Characteristics of the Building Type

most commonly 1 or 2 complete storeys, with pitched roof; attic storey is often heated; typically masonry of honeycomb bricks or pumice, in Northern Germany mostly with cavity; concrete ceilings



Example Building – Existing State

Construction	Description	U-Value W/(m ² K)
Roof 	tilted roof with 5 cm insulation wooden rafters, 5 cm insulation, plastered	0,8
Wall 	masonry of hollow blocks or honeycomb bricks	1,2
Window 	wooden window with dual-pane glazing dual-pane in wooden frame (refurbished in the past, original windows not existent anymore)	3,5
Floor 	concrete ceiling with 1 cm insulation reinforced concrete, 1 cm impact sound insulation, cement screed	1,1
Heat Supply System	Description	Energy expenditure for 1 kWh heat
Heating System 	oil central heating system, rather poor efficiency: low temperature boiler, poor insulation of pipes	1,45 kWh Oil
Domestic Hot Water System 	decentral electric: instantaneous water heater	1,14 kWh Electr.
Supply System (Total)	Primary Energy Expenditure Factor non-renewable energy	incl. electr. auxiliary devices 1,74 kWh Primary Energy



Refurbishment Package 1: "Standard"				Refurbishment Package 2: "Advanced"			
Measure		U-Value W/(m²K)		Measure		U-Value W/(m²K)	
insulate cavity between rafters 12 cm (heighten rafters and clear interspace if necessary)		0,41		insulate cavity between rafters 12 cm + add 18 cm insulation layer		0,14	
add 12 cm of insulation + plaster (external insulated render system), alternative: curtain wall (e.g. cellulose between timbers)		0,23		add 24 cm of insulation + plaster (external insulated render system), alternative: curtain wall (e.g. cellulose between timbers)		0,13	
mount new windows, double glazed, argon filled, low E		1,3		mount new windows, triple glazed, argon filled, low E, insulated frame		0,8	
add 8 cm of insulation below / alternatively: on top of ceiling (in case of floor renovation)		0,31		add 12 cm insulation below (in case of sufficient cellar height) / alternatively: on top of ceiling (in case of floor renovation) or combination of both		0,23	
Heat Supply System		Energy expenditure for 1 kWh heat		Heat Supply System		Energy expenditure for 1 kWh heat	
oil central heating system, high efficiency: condensing boiler, good insulation of pipes		1,18		biomass central heating system, high efficiency: woodpellets boiler, good insulation of pipes		1,05	
				ventilation system with 80% heat recovery			
oil-fueled central hot water system, high efficiency: heat generation combined with heating system (condensing boiler) + thermal solar system, no circulation loop		0,39		biomass-fueled central hot water system, high efficiency: heat generation combined with heating system (condensing boiler) + thermal solar system, no circulation loop		0,52	
Primary Energy Expenditure Factor non-renewable energy		incl. electr. auxiliary devices 1,46 kWh Primary Energy		Primary Energy Expenditure Factor non-renewable energy		incl. electr. auxiliary devices 0,67 kWh Primary Energy	



Building Type Classification (TABULA Code)

► Country	DE	Germany <i>Deutschland</i>
► Typology Region	N	National <i>- nicht spezifiziert -</i>
► Building Size Class	SFH	Single Family House
► Construction Year Class	5	[E] 1958 ... 1968
► Additional Parameter	Gen	Generic <i>Grund-Typ</i>

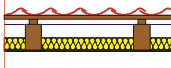

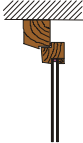

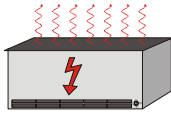
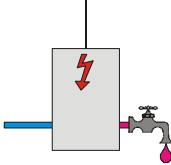
Heated living area	242 m ²
Number of complete storeys	1
Number of apartments	1

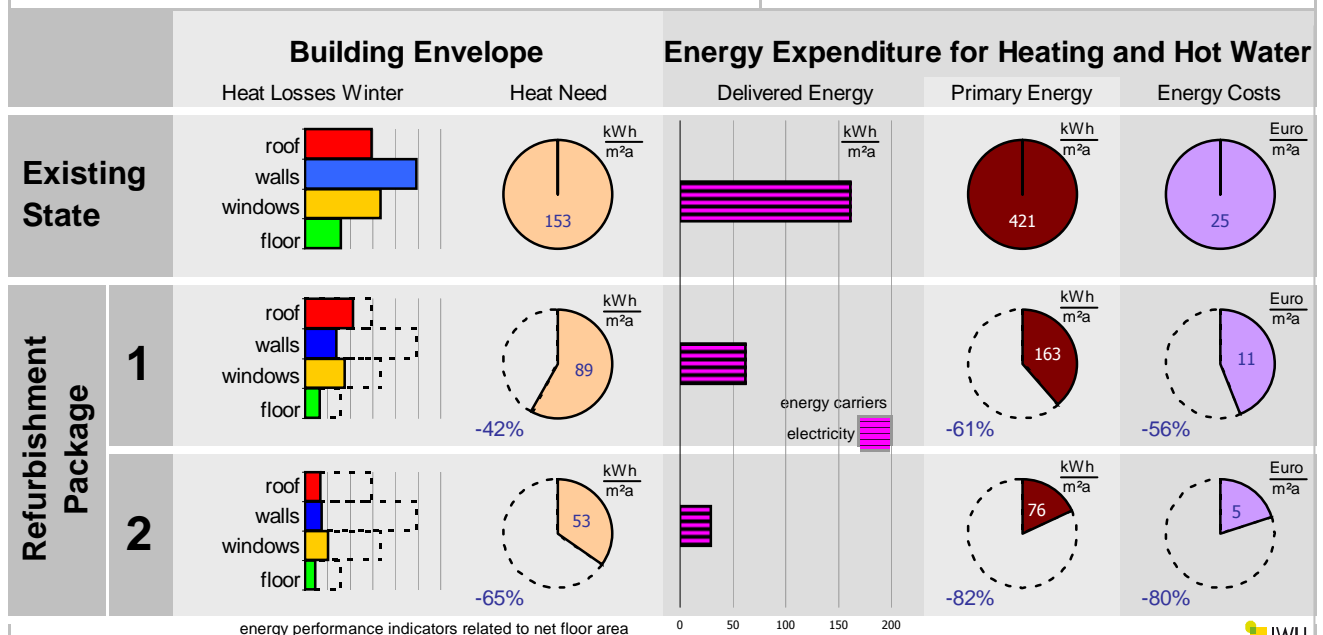
Characteristics of the Building Type

most commonly 1 or 2 complete storeys, with pitched roof; attic storey is often heated; typically masonry of honeycomb bricks or pumice, in Northern Germany mostly with cavity; concrete ceilings



Example Building – Existing State

Construction	Description	U-Value W/(m ² K)
Roof 	tilted roof with 5 cm insulation wooden rafters, 5 cm insulation, plastered	0,8
Wall 	masonry of hollow blocks or honeycomb bricks	1,2
Window 	wooden window with dual-pane glazing dual-pane in wooden frame (refurbished in the past, original windows not existent anymore)	3,5
Floor 	concrete ceiling with 1 cm insulation reinforced concrete, 1 cm impact sound insulation, cement screed	1,1
Heat Supply System	Description	Energy expenditure for 1 kWh heat
Heating System 	electrical night storage space heater	1,00 kWh Electr.
Domestic Hot Water System 	decentral electric: instantaneous water heater	1,14 kWh Electr.
Supply System (Total)	Primary Energy Expenditure Factor non-renewable energy	incl. electr. auxiliary devices 2,61 kWh Primary Energy



Refurbishment Package 1: "Standard"				Refurbishment Package 2: "Advanced"			
Measure		U-Value W/(m²K)		Measure		U-Value W/(m²K)	
insulate cavity between rafters 12 cm (heighten rafters and clear interspace if necessary)		0,41		insulate cavity between rafters 12 cm + add 18 cm insulation layer		0,14	
add 12 cm of insulation + plaster (external insulated render system), alternative: curtain wall (e.g. cellulose between timbers)		0,23		add 24 cm of insulation + plaster (external insulated render system), alternative: curtain wall (e.g. cellulose between timbers)		0,13	
mount new windows, double glazed, argon filled, low E		1,3		mount new windows, triple glazed, argon filled, low E, insulated frame		0,8	
add 8 cm of insulation below / alternatively: on top of ceiling (in case of floor renovation)		0,31		add 12 cm insulation below (in case of sufficient cellar height) / alternatively: on top of ceiling (in case of floor renovation) or combination of both		0,23	
Heat Supply System		Energy expenditure for 1 kWh heat		Heat Supply System		Energy expenditure for 1 kWh heat	
electrical heatpump, heat source external air, including direct electric fraction		0,58 kWh Electr.		electrical heatpump, heat source ground		0,23 kWh Electr.	
				ventilation system with 80% heat recovery			
							plus electricity for ventilation system
central hot water system, high efficiency: heat generation combined with heating system (electrical heat pump / heat source external air; including el. heating rod) + solar thermal system		0,16 kWh Electr.		central hot water system, high efficiency: heat generation combined with heating system (electrical heat pump / heat source ground)		0,64 kWh Electr.	
Primary Energy Expenditure Factor non-renewable energy		incl. electr. auxiliary devices 1,64 kWh Primary Energy		Primary Energy Expenditure Factor non-renewable energy		incl. electr. auxiliary devices 1,19 kWh Primary Energy	

Appendix F – Analyses of the Energy Performance Certificate Database of the German Energy Agency dena (Detailed Work Report)

Loga, Tobias; Diefenbach, Nikolaus:

**Analyse von Datensätzen
aus der Datenbank der dena
zum Gütesiegel Energieausweis**

Werkbericht erstellt im Rahmen des IEE Projekts TABULA

Januar 2012 (Datenstand Juli 2011)

IWU, Darmstadt 2012

Werkbericht

Analyse von Datensätzen aus der Datenbank der dena zum Gütesiegel Energieausweis

Datenstand vom Juli 2011

Tobias Loga / Nikolaus Diefenbach / 23-01-2012

**INSTITUT WOHNEN
UND UMWELT GmbH**

Forschungseinrichtung
des Landes Hessen und
der Stadt Darmstadt
Rheinstraße 65
64295 Darmstadt

Telefon:
+49 (0) 6151 / 2904 - 0

Telefax:
+49 (0) 6151 / 2904 - 97

eMail: info@iwu.de

Internet: www.iwu.de

Im Rahmen des EU-Projekts TABULA¹ wurde vom IWU die Energieausweis-Datenbank der Deutschen Energieagentur dena ausgewertet. Ziel dieser Untersuchung ist es,

- festzustellen, welche Informationen über den energetischen Zustand und den Energieverbrauch typischer deutscher Wohngebäude aus der Datenbank gewonnen werden können,
- beispielhafte Analysen durchzuführen,
- Aussagen bezüglich der Datenqualität zu treffen,
- Empfehlungen zu Änderungen oder Erweiterungen der Datenstruktur auszusprechen und die damit verbundenen Vorzüge aufzuzeigen.

In die Analyse gingen Datensätze ein, die im Rahmen des "Gütesiegels Energieausweis" von der dena gesammelt wurden. Die folgende Tabelle zeigt die von der dena dem IWU für die Auswertungen zur Verfügung gestellten qualitätsgesicherten Datensätze:

Tabelle 1: Export von Gebäudedatensätzen für die Analyse

Daten-Export durch dena	Zeitpunkt	Anzahl der analysierten Gebäudedatensätze
1. Export	Mai 2009	268
2. Export	April 2010	657
3. Export	Juli 2011	1280

Zu jedem Datenexport wurden vom IWU Analysen durchgeführt und die Ergebnisse in einem Bericht dargestellt. In jedem Export sind die Datensätze des vorherigen enthalten. Der vorliegende Bericht umfasst die Untersuchung des letzten der drei Exporte mit insgesamt 1280 Energieausweis-Datensätzen.

¹ Projekt "Typology Approach for Building Stock Energy Assessment (TABULA)", Laufzeit Juni 2009 bis Mai 2012, gefördert im Rahmen des Programms Intelligent Energy Europe und des Programms ZukunftBau, Projekt-Website: www.building-typology-eu.

Aus der Analyse der Daten heraus werden verschiedene Empfehlungen ausgesprochen, die sich den folgenden Kategorien zuordnen lassen und entsprechend farbig gekennzeichnet sind:

QS Anmerkung zur Qualitätssicherung: Plausibilitätsprüfungen zur Verbesserung der Qualität von Energieausweisen

Mod Anmerkung zur Modellbildung: Analysen, die für die Erstellung von Modellen zur Abbildung des Gebäudebestands herangezogen werden können.

1 Allgemeine Daten

1.1 Altersstruktur der Gebäude

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Anzahl der Gebäudedatensätze, differenziert nach drei Baualtersperioden. Bei den Altbauten (Baujahr bis 1978) gibt es eine Reihe von Datensätzen, für die der Zustand unplausibel ist bzw. für die eventuell besondere Bedingungen vorliegen, da im Energieausweis entweder als Ausstellgrund "Neubau" angekreuzt ist oder bzw. und angegeben ist, dass Empfehlungen nicht möglich sind. Diese 65 Datensätze wurden bei den Auswertungen nach Baualtersklassen nicht berücksichtigt.

Bild 1 gibt die Häufigkeiten der Baujahre auf der Zeitachse wieder. Besonders stark sind die zwischen 1950 und 2000 errichteten Gebäude vertreten. Weitere Häufungen treten um 1930 und um 1900 auf. Etwa 12% der Datensätze stammen von Häusern, die ab 1995 gebaut wurden.

Bild 2 zeigt noch einmal im Ausschnitt die neueren Gebäudebaujahre. Auffällig ist, dass Baujahre zwischen 2000 und 2006 kaum vertreten sind, während ab 2007 jährlich ca. 25 dazukommen. Dies ist insofern plausibel, als Energieausweise von ab diesem Zeitpunkt errichteten Neubauten Bestandteil der Datenbank sind.

Tabelle 2: Analyisierte Datensätze nach Baujahr-Perioden der Gebäude

Gebäude-Baujahr	Anzahl der Gebäude-Datensätze
bis 1978 ²	934
1979 bis 1994	196
ab 1995	150
Summe	1280

² davon 65 Gebäude, bei denen andere Indikatoren nicht zum Baualter passten (Datenbank-Einträge: Empfehlungen_moeglich = 0 und / oder Ausstellgrund_Neubau = 1). Diese Datensätze wurden bei den nach Baualter differenzierenden Analysen nicht berücksichtigt.

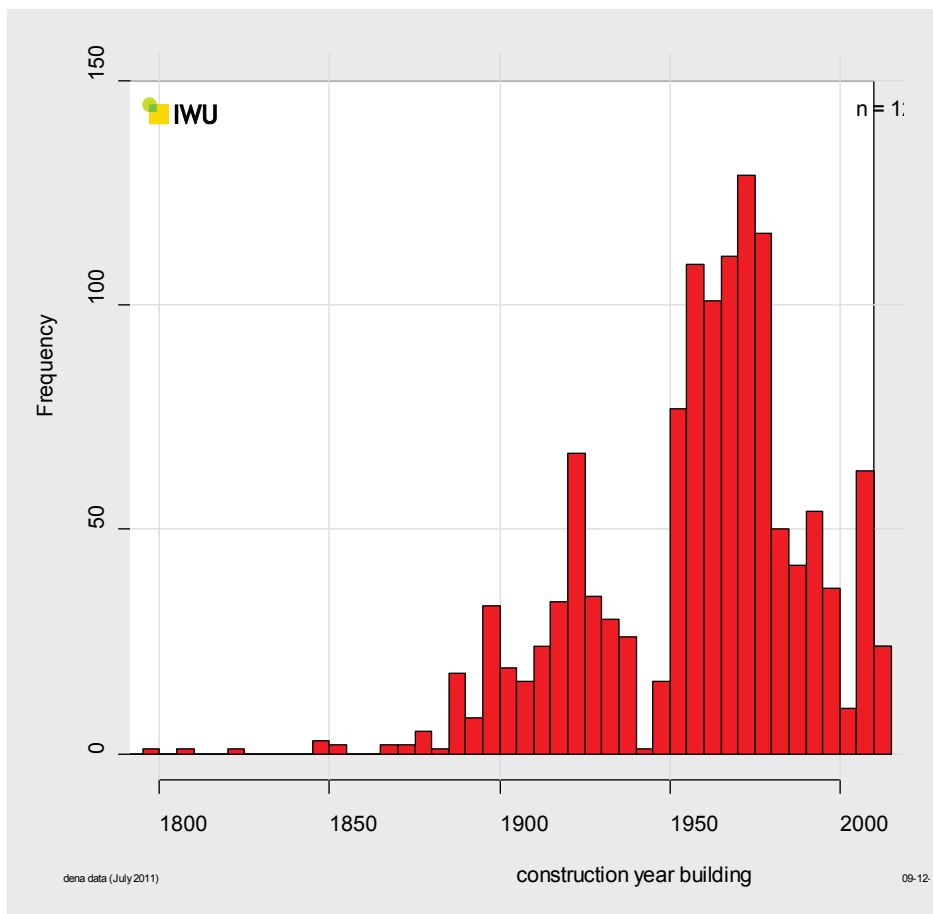


Bild 1:

*Häufigkeiten der
Gebäudebaujahre /
alle Gebäude*

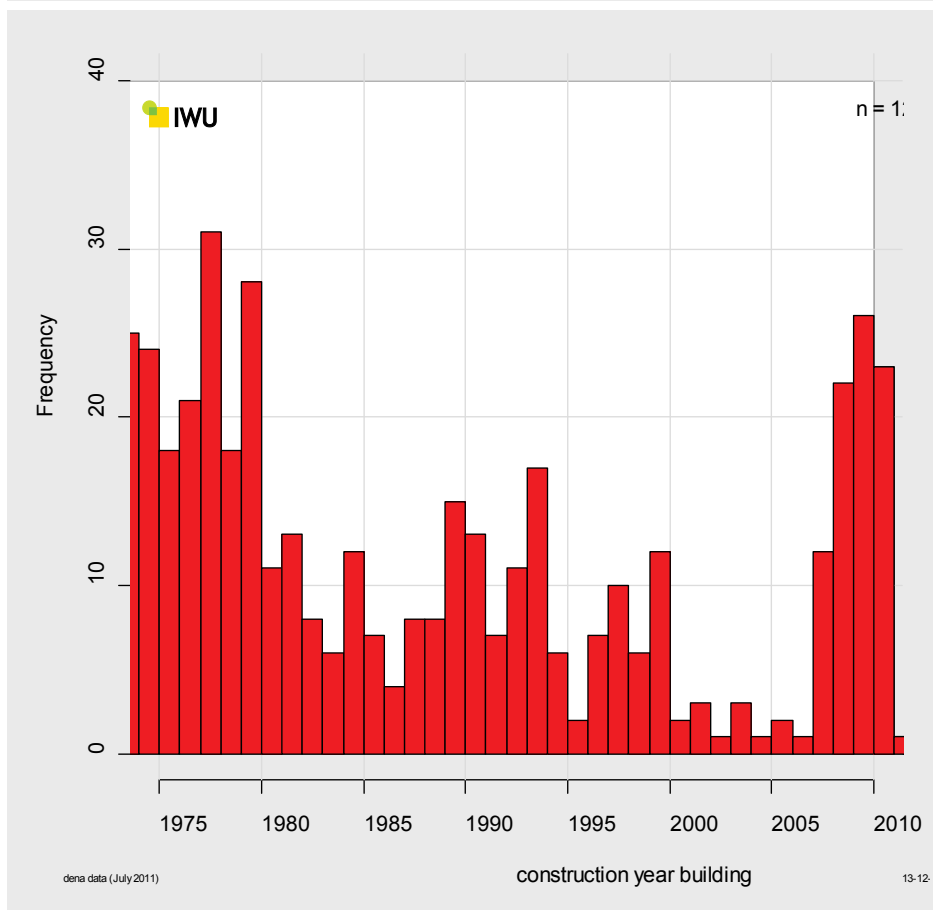


Bild 2:

*Häufigkeiten der neueren
Gebäudebaujahre*

1.2 Zusammenhang zwischen Wohnfläche und A_N nach EnEV

Die Datenbank-Größen wurden den folgenden Auswertegrößen zugeordnet:

A_C_living	<- Daten\$Wohnflaeche
A_C_national	<- Daten\$AN
A_C_ref	<- Daten\$AN

Bild 3 zeigt den Zusammenhang zwischen den beiden verfügbaren Flächenangaben: Abgesehen von wenigen Ausreißern erscheint der Zusammenhang zwischen der „Gebäudenutzfläche“ A_N nach EnEV und der Wohnfläche plausibel. A_N ist im Mittel ca. 1,3 mal so groß wie die Wohnfläche, eine Abhängigkeit dieses Faktors von der Größe der Gebäude ist nicht ohne weiteres erkennbar. Bei kleinen Gebäuden ist eine starke Streuung zu verzeichnen, die durch verschiedene Faktoren, insbesondere die unterschiedliche Beheizungssituation in Kellern von Einfamilienhäusern bedingt ist.



Anmerkung zur Qualitätssicherung: Für eine Reihe von Gebäuden sind die Verhältnisse der Flächen unrealistisch. Solche Eingaben sollten in Zukunft durch Plausibilitätsprüfung verhindert werden.

1.3 Zusammenhang zwischen A/V_e und A_N nach EnEV

Bild 6 zeigt den Zusammenhang zwischen dem A/V_e -Verhältnis und der "Gebäudenutzfläche" A_N nach EnEV. Auffällig ist, dass A/V_e für große Gebäude bis hinunter zu 500 m² stets unter 0,5 m²/m³ liegt. Erst darunter gibt es einen starken Anstieg in Richtung 1,0 m²/m³. Nur sehr wenige Werte liegen über 1,1 m²/m³. Damit kleinere Gebäude noch einmal genauer betrachtet werden können, zeigt Bild 7 im Ausschnitt Gebäude zwischen 0 und 500 m² A_N .

Markant sind ein paar Ausreißer bei 0,1 m²/m³, die wohl auf Berechnungs- oder Ausgabefehler der Energieausweissoftware zurückzuführen sein müssen. Darüber hinaus gab es noch ca. 100 Datensätze mit $A/V_e = 0$ (im Diagramm nicht dargestellt).



Anmerkung zur Qualitätssicherung: Der Zusammenhang zwischen A/V_e -Verhältnis und A_N sollte auf Plausibilität geprüft werden, wodurch Eingabefehler vermieden werden können. Ferner kann die Ausgabegröße (AVeVerhaeltnis_1) auch mit Hilfe der Hüllflächensumme und dem beheizten Gebäudevolumen überprüft werden.

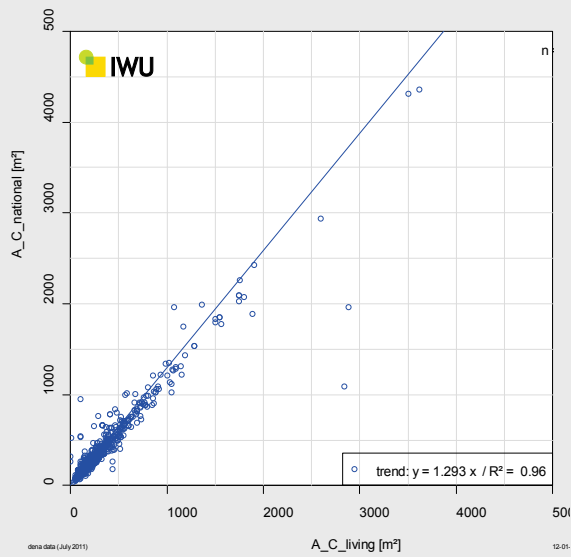


Bild 3:

Zusammenhang zwischen der "Gebäudenutzfläche" A_N nach EnEV ($A_C_national$) und der beheizten Wohnfläche (A_C_living)

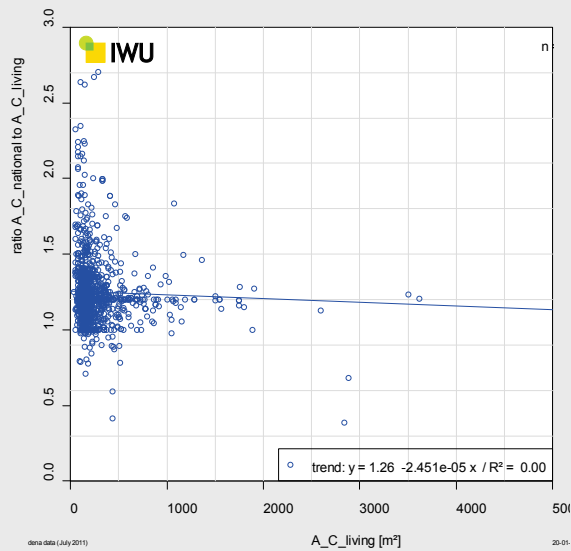


Bild 4:

Verhältnis der "Gebäudenutzfläche" A_N nach EnEV ($A_C_national$) zur beheizten Wohnfläche (A_C_living), aufgetragen über der beheizten Wohnfläche

- alle Gebäude -

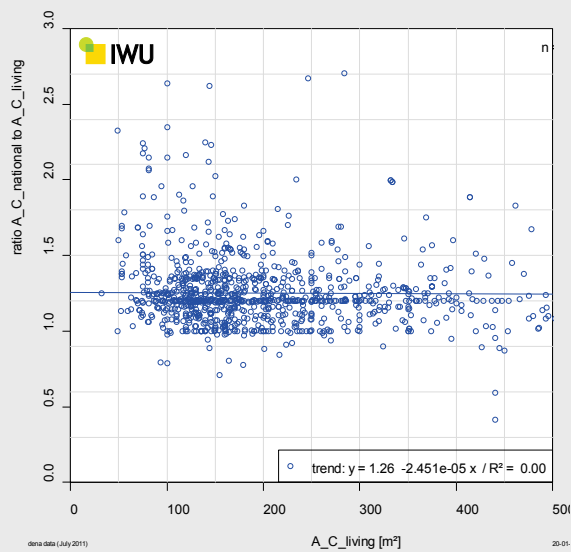


Bild 5:

Verhältnis der "Gebäudenutzfläche" A_N nach EnEV ($A_C_national$) zur beheizten Wohnfläche (A_C_living), aufgetragen über der beheizten Wohnfläche

- kleine Gebäude -

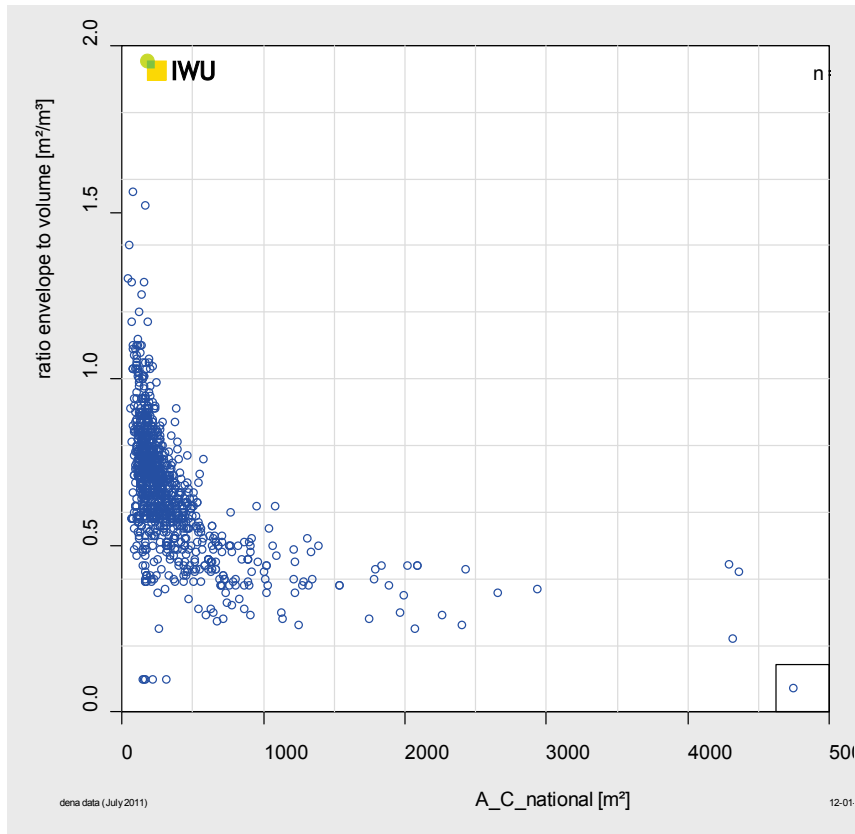


Bild 6:

Zusammenhang zwischen dem A/V_e -Verhältnis (ratio envelope to volume) und der "Gebäudenutzfläche" A_N nach EnEV ($A_{C_national}$)³

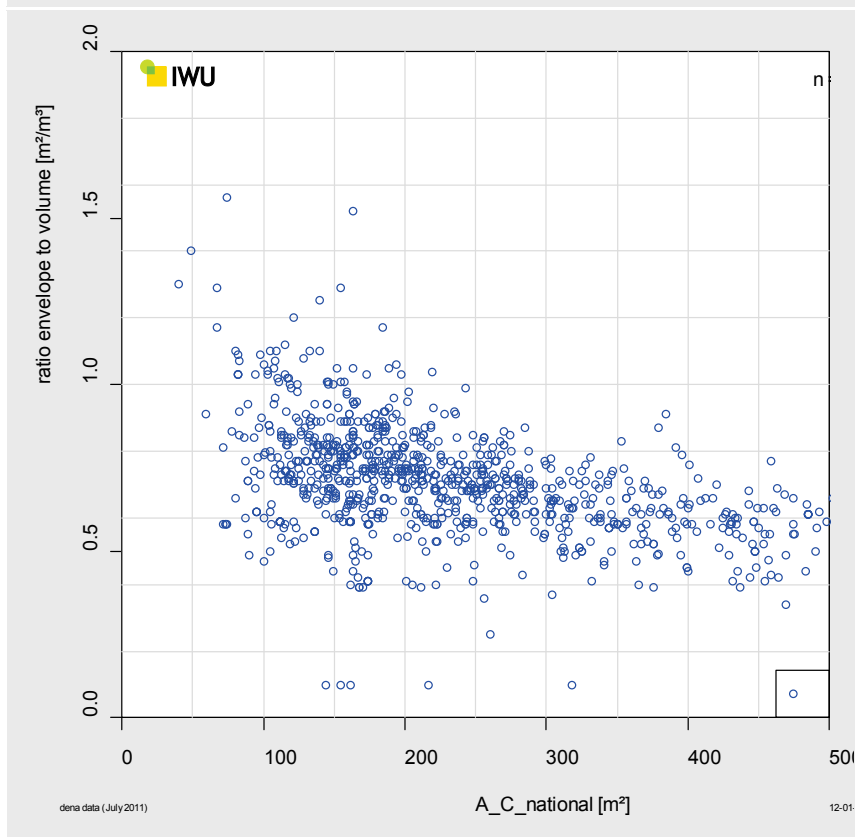


Bild 7:

Ausschnitt aus obigem Diagramm für kleinere Gebäude

³ nur Werte mit $A/V_e > 0$ werden angezeigt

2 U-Werte

Die folgenden Datenfelder dienen der Auswertung der U-Werte und des Wärmetransferkoeffizienten Transmission:

U_wall	<-	Daten\$UWert_Aussenwand_Ist
U_roof	<-	Daten\$UWert_Dach_Ist
U_window	<-	Daten\$UWert_Fenster_Tueren_Ist
U_basement	<-	Daten\$UWert_Boden_Ist
U_thermbridge	<-	Daten\$UWB_Ist

In den U-Werten "Dach" sind auch die Werte von obersten Geschossdecken enthalten.

2.1 U-Werte Dach

Bild 8 zeigt für bis 1978 errichtete Bestandsgebäude die Häufigkeiten der U-Werte im Dachbereich: Etwa die Hälfte der U-Werte liegen über $0,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, Werte oberhalb von $1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ findet man nur vereinzelt. Nur 4% der in der Datenbank enthaltenen Altbauten weisen im Dachbereich U-Werte unter $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ auf.

Schaut man sich die bis 1994 errichteten neueren Gebäude an, so liegen die U-Werte generell unter $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (Bild 9). Nur 6% der Gebäude weisen U-Werte unter $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ auf.

Bei den ab 1995 erstellten Häusern liegt der Großteil der Werte unter $0,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, mehr als 40% liegen sogar unter $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

2.2 U-Werte Außenwand

Bei den Bestands-Außenwänden liegt der Schwerpunkt der Verteilung deutlich stärker im höheren U-Wert-Bereich als beim Dach. Entsprechend liegt der Median mit $1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ bei etwa dem doppelten Wert (Bild 11). Es zeigen sich zwei "Höcker" (bei etwa $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ und bei etwa $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$), die vermutlich auf bereits in der Vergangenheit realisierte Dämm-Maßnahmen zurückzuführen sind.⁴

Der mittlere U-Wert liegt je nach Baualter bei $1,15$ (Gebäude bis 1978), bei $0,64$ (1979 bis 1994, Bild 12) und $0,28 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (ab 1995, Bild 13). Auffällig ist bei den Neubauten der starke Peak bei $0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (Dämm-Niveau von Passivhäusern).

2.3 U-Werte Fenster

Bei den Fenstern gibt es bei den Altbauten bis 1978 ein ausgeprägtes Maximum bei etwa $2,8$ bis $3,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, was auf Fenster mit unbeschichteten Zwei-Scheiben-Verglasungen hindeutet (Bild 14). Werte darunter sind etwa bis hinab zu $1,1$ gleichmäßig verteilt und in der Summe etwa halb so häufig, wie der Bereich zwischen $2,8$ bis $3,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Einfachverglasungen sind nur noch ganz vereinzelt vorhanden.

⁴ Ein ähnliches Profil war bei der Analyse der proKlima-Daten im Rahmen des DATAMINE-Projekts festgestellt worden. Dort waren zwei markante Maxima bei etwa $0,5$ und $1,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ festgestellt worden [DATAMINE 2009].

Bei den zwischen 1979 und 1994 errichteten Gebäude ergibt sich ein ähnliches Bild wie bei den älteren Gebäuden (**Bild 15**). Die danach errichteten Gebäude besitzen demgegenüber völlig andere Fensterqualitäten: Der Mittelwert liegt bei $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ mit einem deutlichen Peak bei Werten zwischen $0,8$ und $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Werte über $1,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ sind bei der neuesten Gebäudegruppe kaum noch vertreten (**Bild 16**).

2.4 U-Werte Fußboden

Bei den Kellerdecken bzw. Fußböden auf Erdreich ergibt sich für die Bestandsgebäude eine relativ homogene Verteilung um einen Mittelwert von $1,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (Bild 17). Bei den zwischen 1979 und 1994 errichteten Gebäuden ist ein starker Peak im Bereich des Mittelwertes von $0,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ zu verzeichnen (Bild 18). Bei den Neubauten verschiebt sich der Mittelwert dann auf $0,36 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, wobei wiederum ein Peak bei ca. $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ liegt (Bild 19).

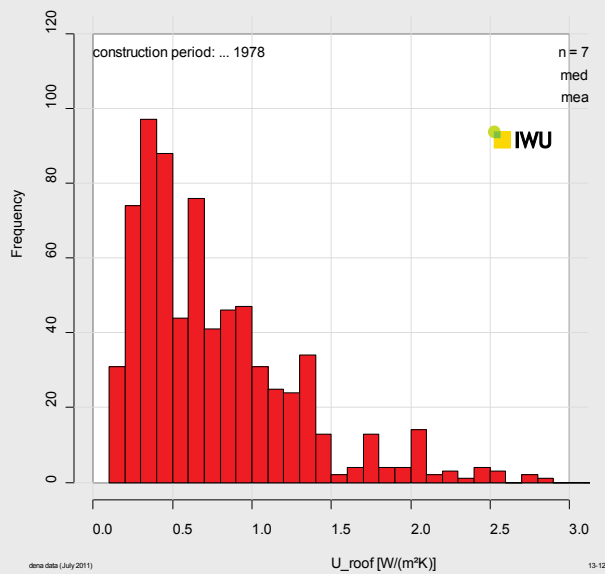


Bild 8:

**Häufigkeiten der U-Werte Dach /
Baujahr bis 1978**

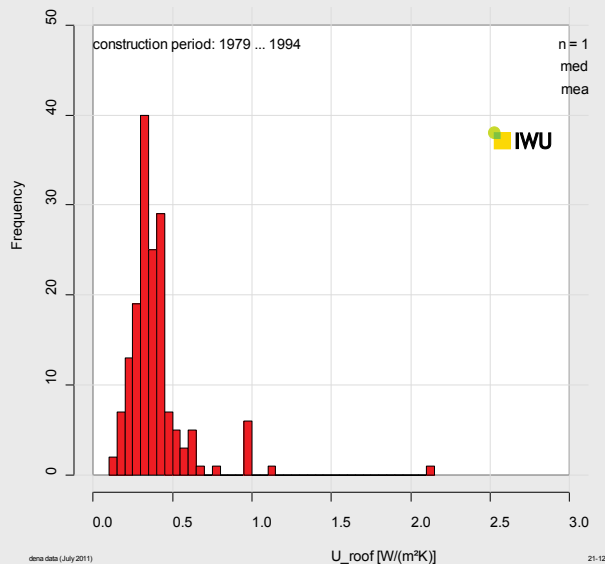


Bild 9:

**Häufigkeiten der U-Werte Dach /
Baujahr 1979 bis 1994**

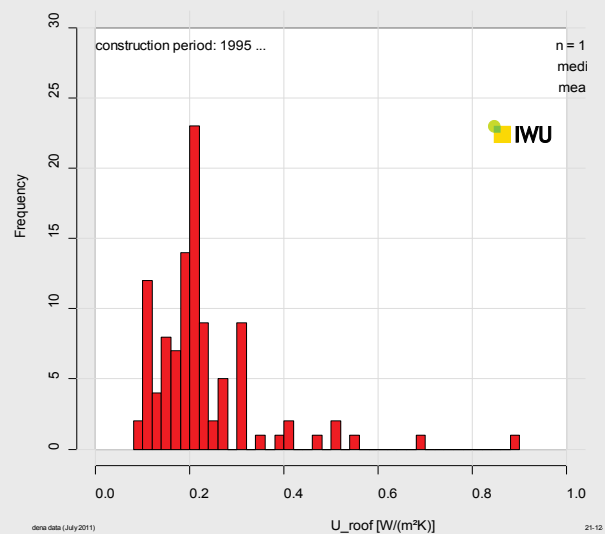


Bild 10:

**Häufigkeiten der U-Werte Dach /
Baujahr ab 1995**

(U-Wert-Skala geändert!)

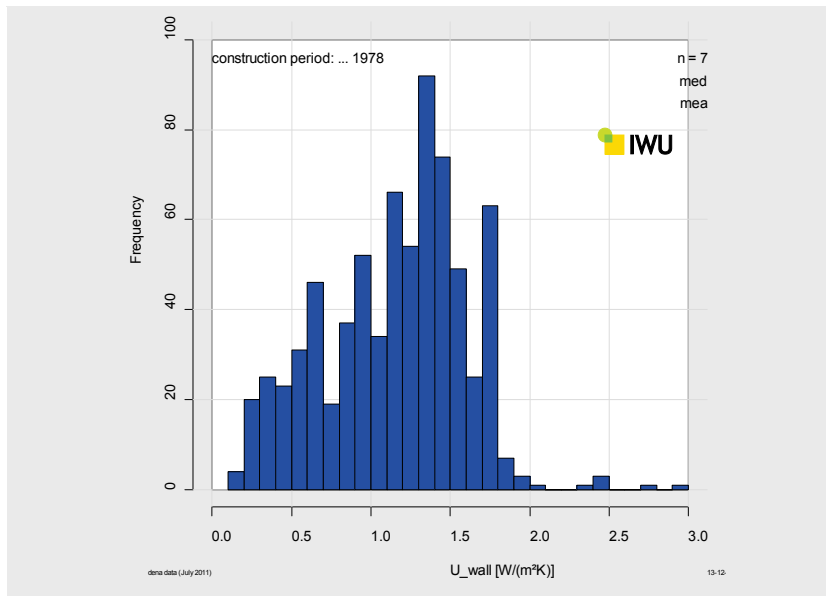


Bild 11:
Häufigkeiten der U-Werte
Außenwand / Baujahr bis 1978

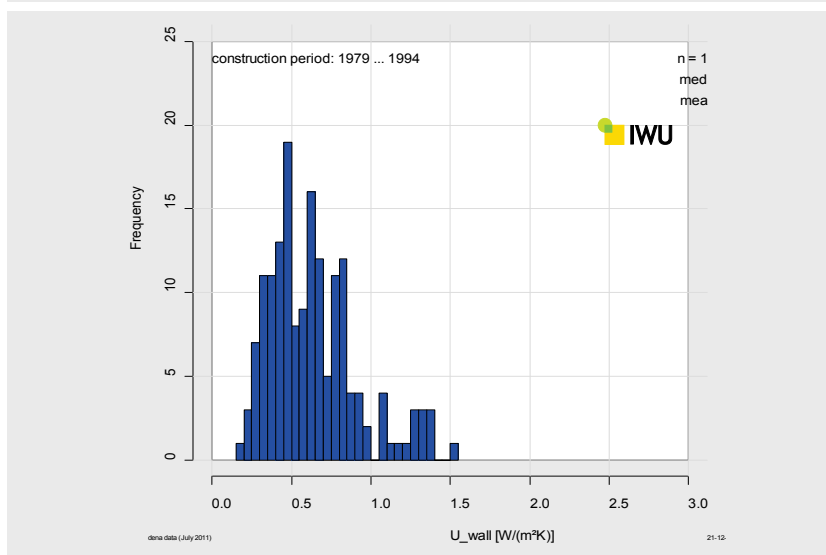


Bild 12:
Häufigkeiten der U-Werte
Außenwand / Baujahr 1979 bis 1994

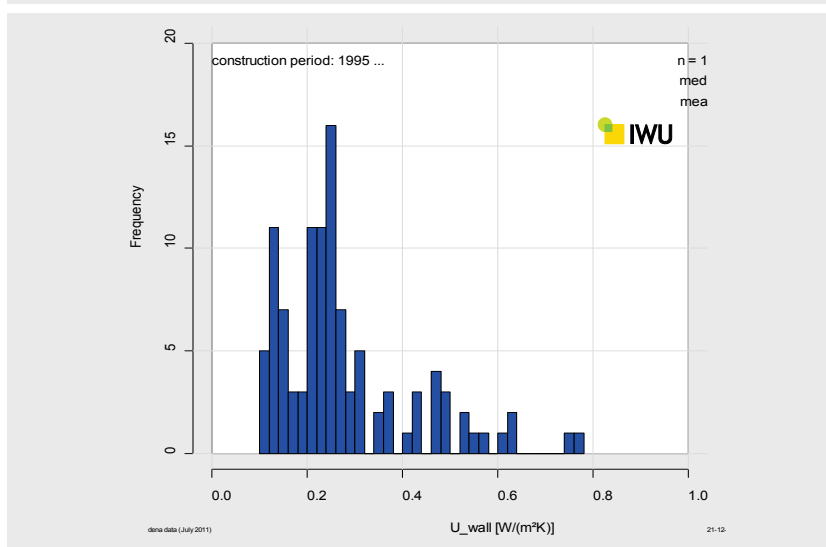


Bild 13:
Häufigkeiten der U-Werte
Außenwand / Baujahr ab 1995
(U-Wert-Skala geändert!)

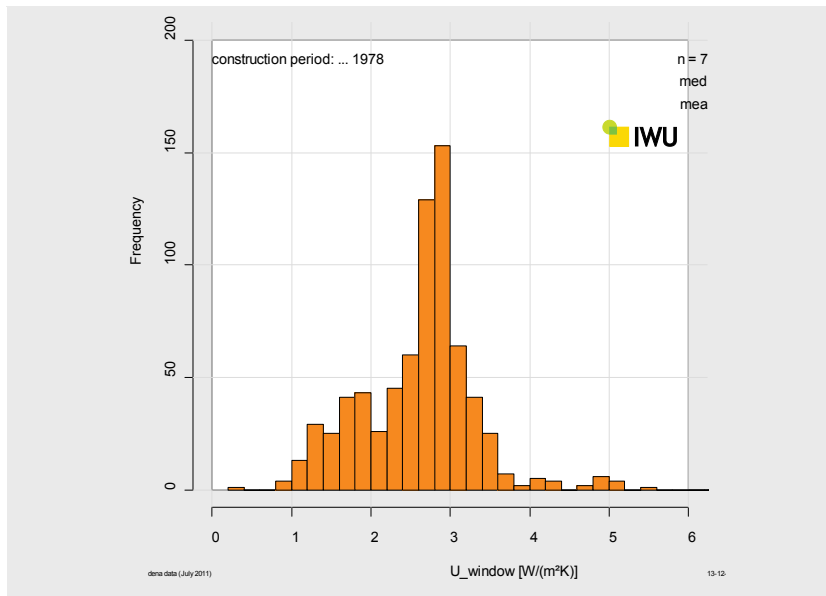


Bild 14:
Häufigkeiten der U-Werte
Fenster / Baujahr bis 1978

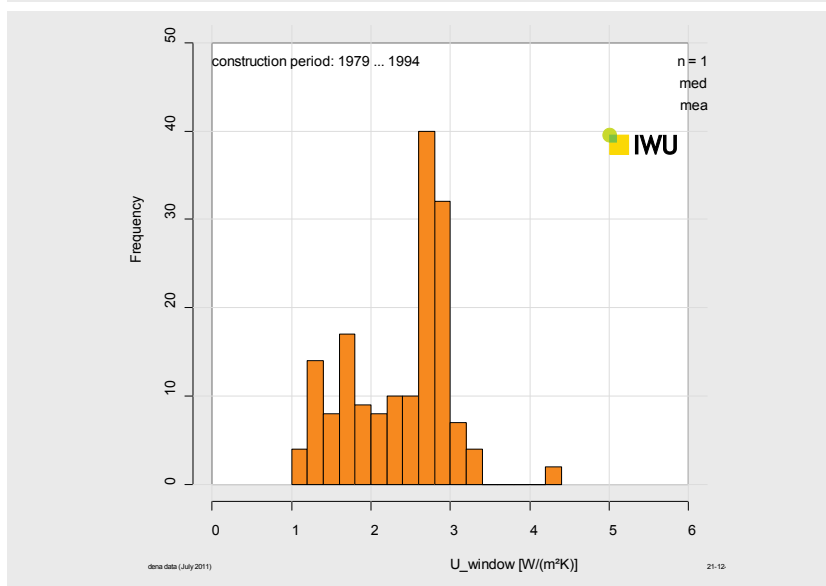


Bild 15:
Häufigkeiten der U-Werte
Fenster / Baujahr 1979 bis 1994

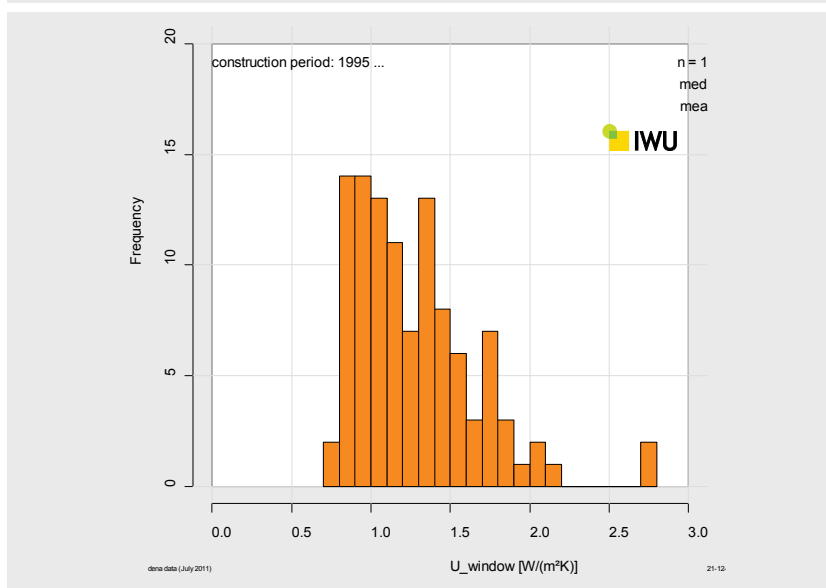


Bild 16:
Häufigkeiten der U-Werte
Fenster / Baujahr ab 1995
(U-Wert-Skala geändert!)

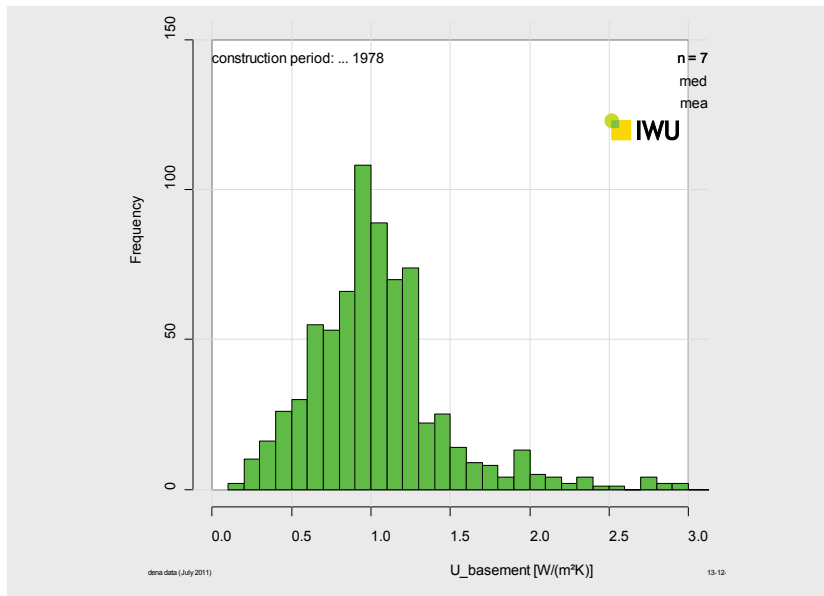


Bild 17:

Häufigkeiten der U-Werte Fußboden / Baujahr bis 1978

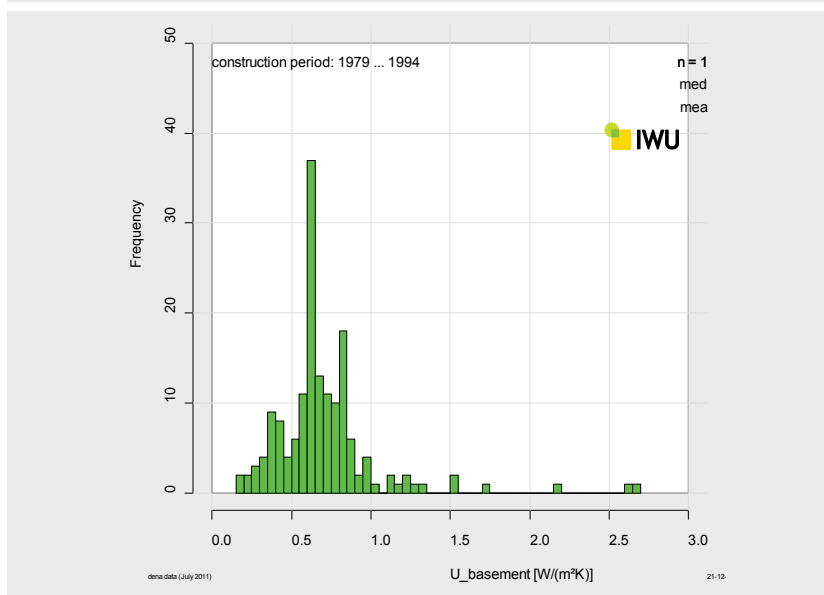


Bild 18:

Häufigkeiten der U-Werte Fußboden / Baujahr 1979 bis 1994

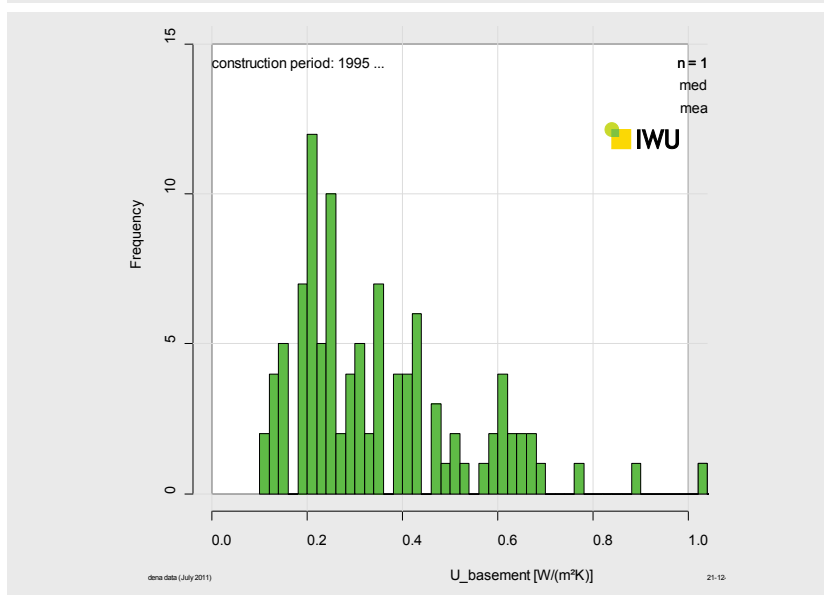


Bild 19:

Häufigkeiten der U-Werte Fußboden / Baujahr ab 1995

(U-Wert-Skala geändert!)

2.5 Zusammenfassung U-Werte

Die folgenden Tabellen geben die Mediane und Mittelwerte der U-Werte der verschiedenen Bauteiltypen wieder, differenziert nach den drei in der Auswertung verwendeten Bauperioden.

Tabelle 3: Median der U-Werte in $W/(m^2K)$

Gebäude-Baujahr	Dach	Außenwand	Fenster	Fußboden
bis 1978	0,62	1,20	2,74	1,00
1979 bis 1994	0,36	0,60	2,61	0,65
ab 1995	0,20	0,25	1,18	0,31

Tabelle 4: Mittelwert der U-Werte in $W/(m^2K)$

Gebäude-Baujahr	Dach	Außenwand	Fenster	Fußboden
bis 1978	0,77	1,15	2,64	1,05
1979 bis 1994	0,40	0,64	2,37	0,71
ab 1995	0,23	0,28	1,28	0,36

Die Mittelwerte und Verteilungen entsprechen etwa den Ergebnissen der vom IWU im Rahmen des DATAMINE-Projekts durchgeführten Analysen von Daten des Klimaschutz-Fonds proKlima Hannover [IWU 2008] [DATAMINE FR 2009]. Bei den Gebäuden ab 1995 ist zu beachten, dass hier nicht alle Jahrgänge in gleicher Weise vertreten sind (siehe Häufigkeiten in Bild 2), die Mittelwerte und Mediane sind entsprechend wenig aussagekräftig.

QS

Die Vollständigkeit der U-Werte und das Einhalten gewisser Bandbreiten sollten innerhalb der Qualitätssicherung überprüft werden. Für differenziertere Auswertungen der Dach-U-Werte wäre es auch sinnvoll, Informationen über die Dachform bzw. die Lage der thermischen Hülle zu haben (Steildach, Flachdach, oberste Geschossdecke). Sind für das Gebäude gemessene Verbrauchswerte verfügbar, sollte zusätzlich erfasst werden, inwiefern die U-Werte den Zustand während des Zeitraums der Verbrauchserfassung wiedergeben (siehe auch Abschnitt 6).

Mod

Da die in der Datenbank abgelegten Gebäude keine Zufallsstichprobe für den deutschen Gebäudebestand darstellen, sind die U-Werte als nicht repräsentativ anzusehen und können nicht für die Definition eines Gebäudemodells zur Abbildung des Gebäudebestands herangezogen werden.

3 Bauteilflächen

Im Folgenden werden die in der Datenbank verfügbaren Bauteilflächen analysiert. Die ausgewerteten Größen entsprechen den folgenden Datenfeldern:

A_wall	<-	Daten\$Flaeche_Aussenwand_Ist
A_roof	<-	Daten\$Flaeche_Dach_Ist
A_window	<-	Daten\$Flaeche_Fenster_Tueren_Ist
A_basement	<-	Daten\$Flaeche_Boden_Ist
A_facade	<-	A_wall + A_window
A_C_living	<-	Daten\$Wohnflaeche

In den Diagrammen wird zunächst jeweils die Abhängigkeit der Bauteilfläche von der Wohnfläche dargestellt. Als Kenngröße wird dann der Quotient aus Bauteilfläche und Wohnfläche über der Wohnfläche aufgetragen.

3.1 Fläche Dach

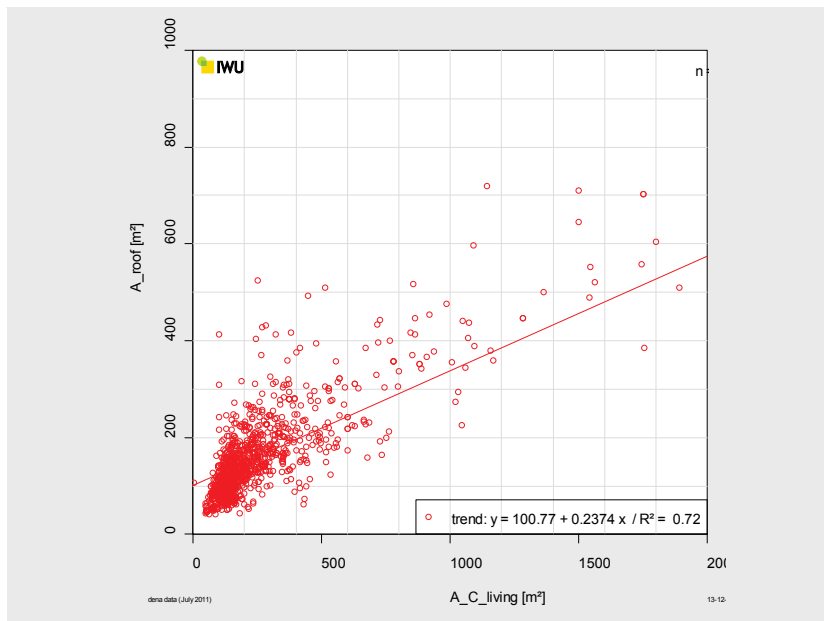


Bild 20:

Dachfläche in Abhängigkeit von der Wohnfläche

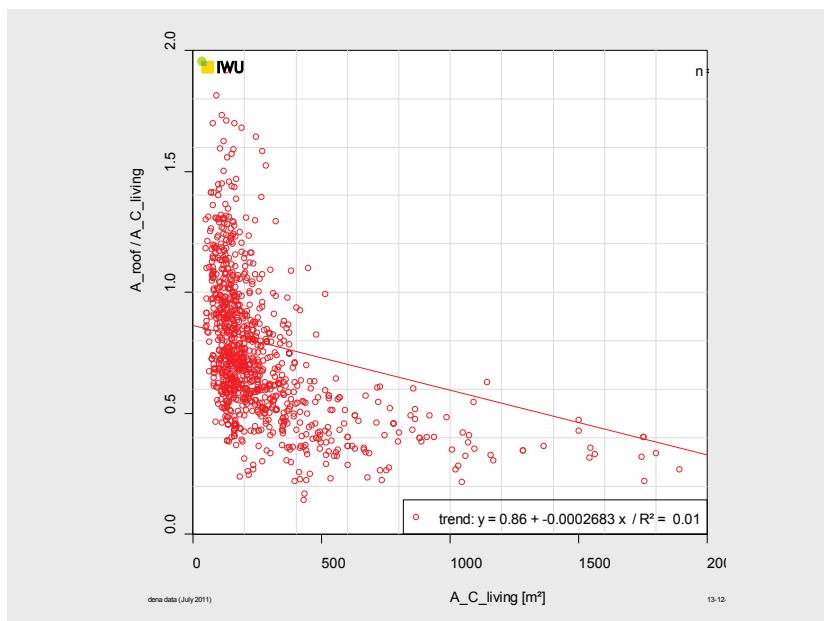


Bild 21:

Verhältnis Dachfläche zu Wohnfläche in Abhängigkeit von der Wohnfläche

Unter dem Begriff "Dachfläche" sind im Folgenden alle Flächen des oberen Gebäudeabschlusses (Steildach, Flachdach, oberste Geschossdecken) zusammengefasst. Die beiden Diagramme oben geben den Zusammenhang zwischen der Dachfläche und der Wohnfläche wieder. Es zeigt sich eine systematische Abhängigkeit von der Wohnfläche: Für kleinere Gebäude beträgt die Dachfläche das 0,5- bis 2,0-fache der Wohnfläche. Für größere Gebäude liegen die Faktoren nur noch zwischen 0,25 und 0,6, die Streuung ist deutlich geringer.

3.2 Fläche Außenwand

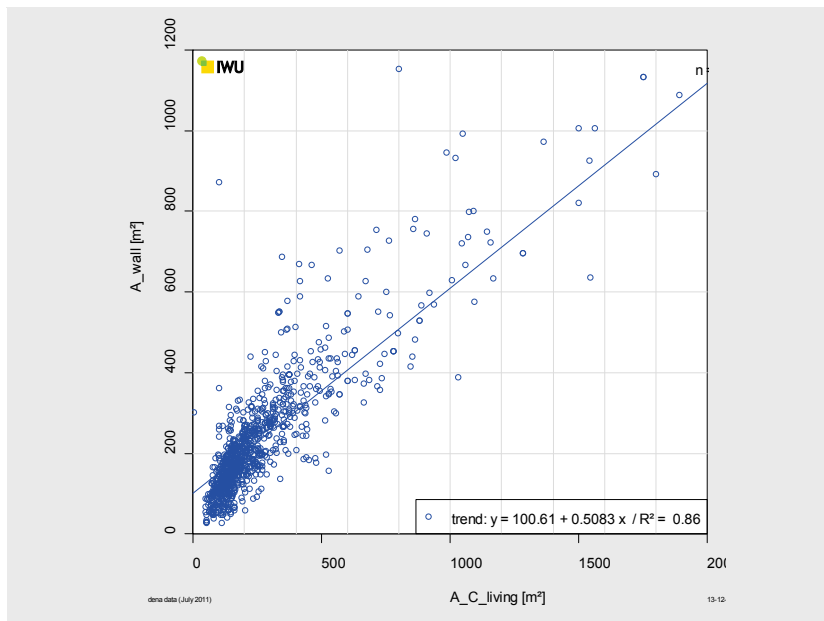


Bild 22:

Außenwandfläche in Abhängigkeit von der Wohnfläche

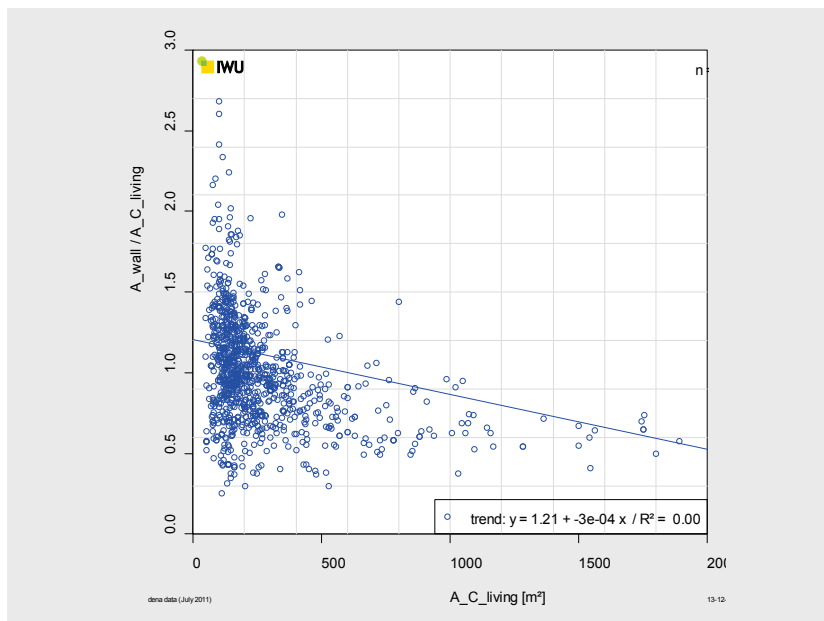


Bild 23:

Verhältnis Außenwandfläche zu Wohnfläche in Abhängigkeit von der Wohnfläche

Für die Außenwandflächen zeigt sich ein ähnlicher Zusammenhang wie für den Dachbereich: Für kleinere Gebäude beträgt die Wandfläche das 0,5- bis 2,5-fache der Wohnfläche. Für größere Gebäude liegen die Faktoren nur noch zwischen 0,4 und 0,7.

Gerade bei kleineren Gebäuden ist eine besonders starke Streuung festzustellen, die bedingt ist durch die unterschiedliche Kubatur der Gebäude – insbesondere aber durch die Anbausituation (freistehend, Endhaus, Mittelhaus), aber auch durch unterschiedliche Fenstergrößen (siehe folgender Abschnitt). Um die durch die unterschiedlichen Fenstergrößen verursachte Streuung zu eliminieren, wird weiter unten auch noch die Summe aus Wand- und Fensterfläche analysiert ("Fassadenfläche").

Auch bei der Außenwand nimmt die Streuung mit zunehmender Gebäudegröße ab.

3.1 Fläche Fenster

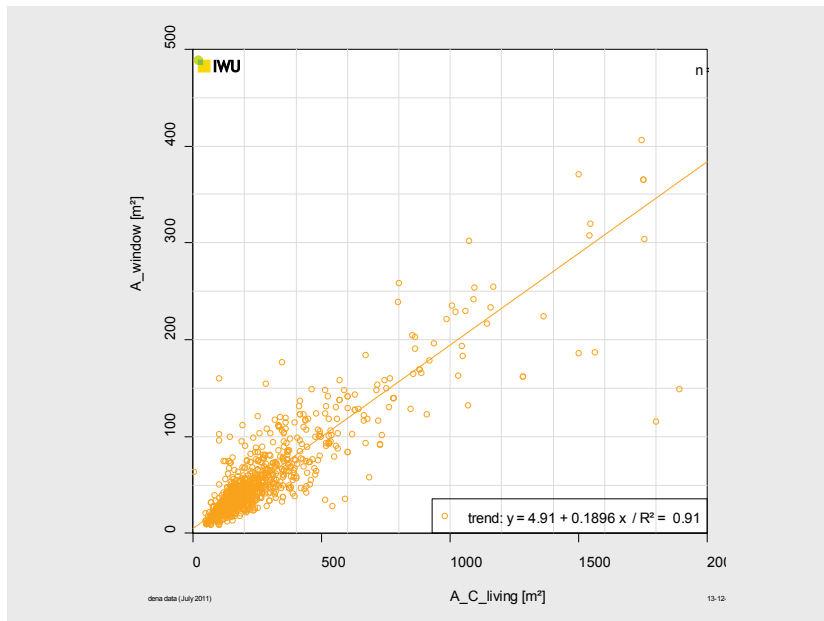


Bild 24:

Fensterfläche in Abhängigkeit von der Wohnfläche

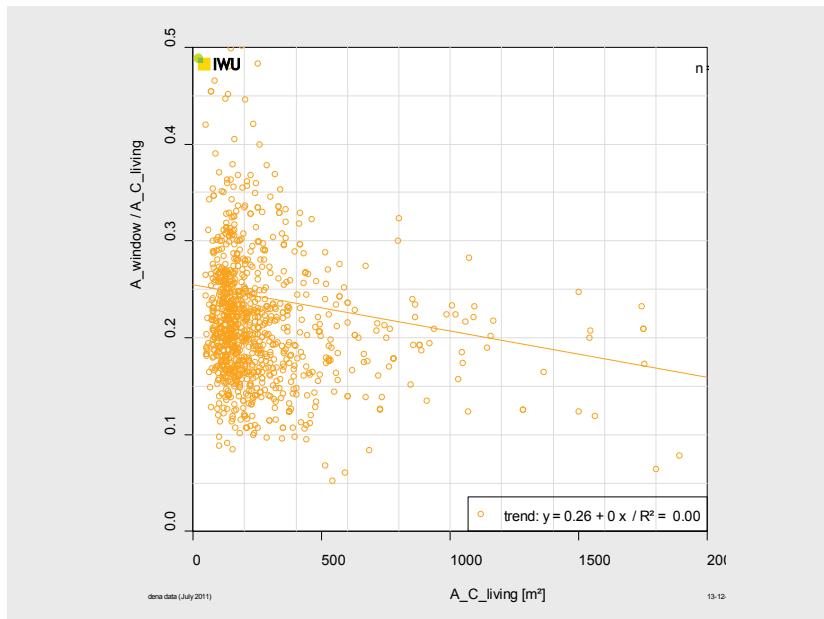


Bild 25:

Verhältnis Fensterfläche zu Wohnfläche in Abhängigkeit von der Wohnfläche

Die Fensterflächen liegen typischerweise bei einem Anteil von 20% bezogen auf die Wohnfläche – mit einer deutlichen Streuung. Der größte Teil der Fensterflächen liegt in einem Bereich zwischen 0,15 und 0,25. Die Abhängigkeit des Faktors von der Gebäudegröße ist gering.

Dies entspricht auch etwa den in [DATAMINE FR 2009] ermittelten Ergebnissen.

3.2 Fläche Fassade

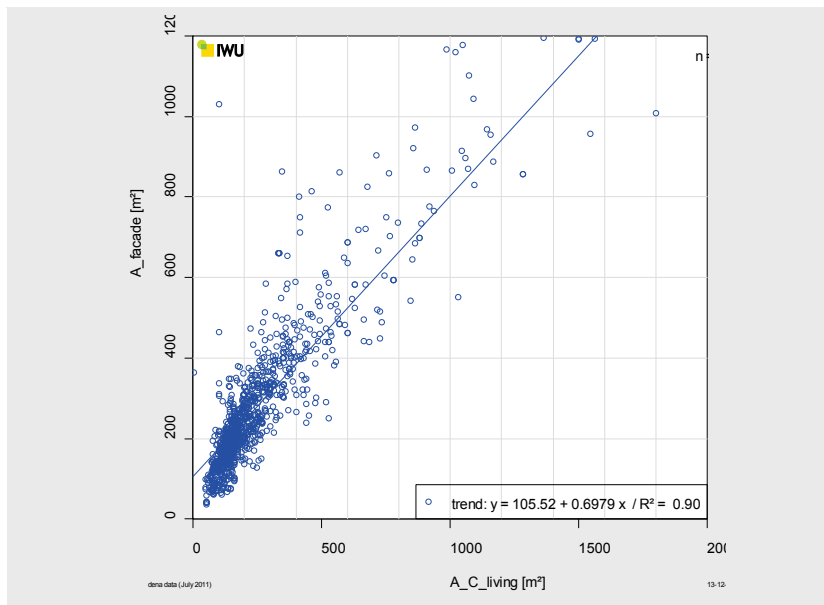


Bild 26:

Fassadenfläche in Abhängigkeit von der Wohnfläche

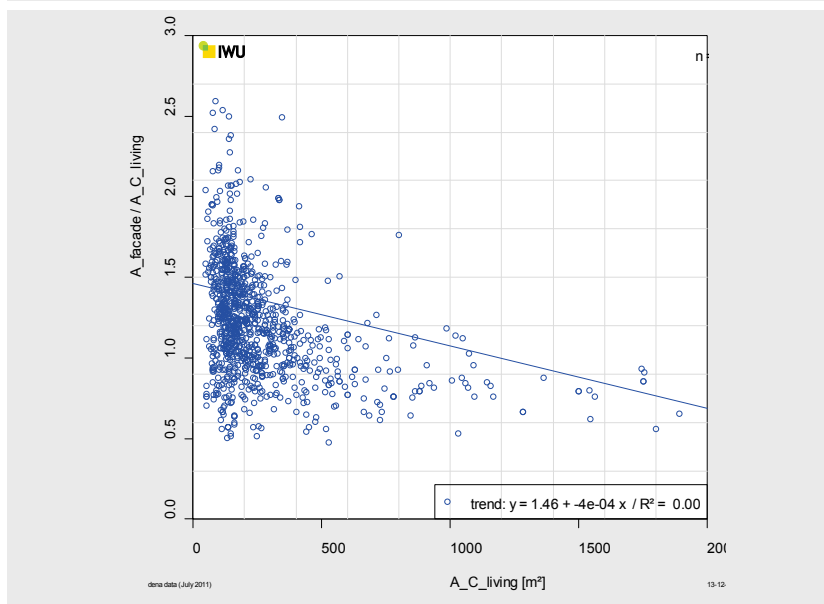


Bild 27:

Verhältnis Fassadenfläche zu Wohnfläche in Abhängigkeit von der Wohnfläche

Die Fassadenfläche ist die Summe der Außenwandfläche und der Fensterfläche. Das Verhältnis Fassadenfläche zu Wohnfläche streut etwas weniger als bei der oben gezeigten Analyse der Außenwand.

Das Verhältnis aus Fassadenfläche zu Wohnfläche liegt bei kleineren Gebäuden bei ca. 1,2 und geht für größere auf Werte um 0,8 zurück.

Die Verteilung der Werte entspricht etwa auch den in [DATAMINE 2009] erzielten Ergebnissen.

3.3 Fläche Fußboden

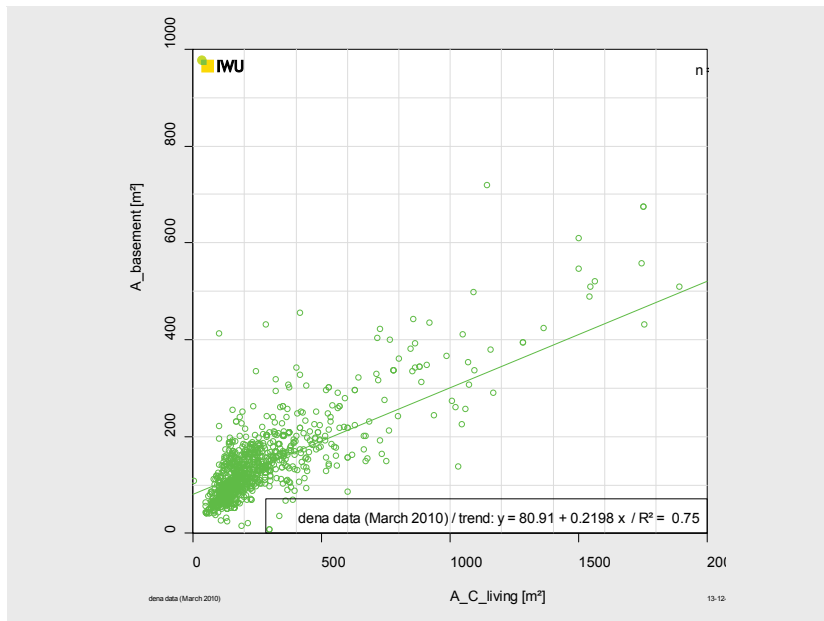


Bild 28:

Fußbodenfläche in Abhängigkeit von der Wohnfläche

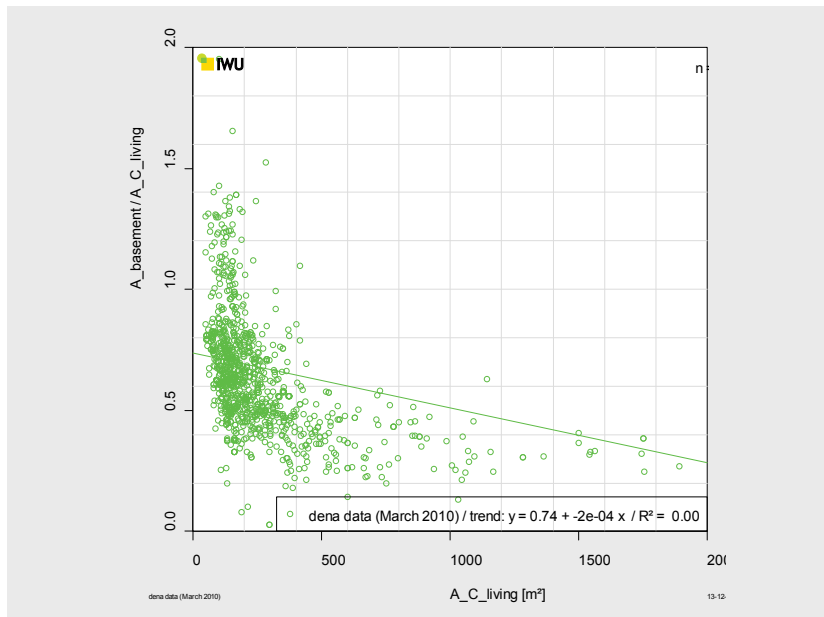


Bild 29:

Verhältnis Fußbodenfläche zu Wohnfläche in Abhängigkeit von der Wohnfläche

Unter "Fußbodenfläche" werden hier die Flächen des Fußbodens eines beheizten Geschosses über einem unbeheizten Keller oder über Erdreich subsummiert.

Der Zusammenhang zwischen der Kellerdecke und der Wohnfläche ist ähnlich wie der der Dachfläche, das Verhältnis ist systematisch etwas niedriger: Für kleine Gebäude liegt es im Bereich 0,4 bis 1,4, für große Gebäude zwischen 0,2 und 0,4.

3.4 Vergleich mit geschätzten Bauteilflächen

In einer zweiten Variante der oben gezeigten Diagramme werden zum Vergleich zusätzlich die entsprechend dem Kurzverfahren Energieprofil [KVEP 2005] geschätzten Bauteilflächen dargestellt (Bild 30 bis Bild 34). Leider fehlen in der dena-Energieausweis-Datenbank die für die Hüllflächenschätzung wichtigen Parameter: Zahl der Vollgeschosse, Anzahl der Nachbargebäude, Beheizungssituation im Dachgeschoss und im Kellergeschoss. Dadurch können die Energieausweis-Flächenwerte nur mit der jeweils geltenden Spanne typischer Werte verglichen werden. Nur bei den Fenstern ist ein direkter Vergleich möglich.

Für die anderen Bauteile sind in das Diagramm die geschätzten Hüllflächen bei Annahme der folgenden Geschosshzahlen eingetragen:

- rot gestrichelt: 1 Vollgeschoss
- orange gestrichelt: 2 Vollgeschosse
- grün gestrichelt: 4 Vollgeschosse

Im Fall der Außenwand entsteht eine zusätzliche Spanne jeweils durch die unbekannten Parameter Nachbarsituation und Grundriss-Typ: Als Grenzfälle werden jeweils ein nicht kompaktes, freistehendes Gebäude und ein kompaktes Mittelhaus angesetzt.

Zwar ergibt sich daraus eine große Unsicherheit. Unter der zusätzlichen Annahme von 1 bis 2 Vollgeschossen bei Einfamilienhäusern und 4 Vollgeschossen bei Mehrfamilienhäusern sind die Ergebnisse jedoch recht plausibel: Der systematische Zusammenhang zwischen Bauteil- und Wohnfläche stimmt dann recht gut mit der Flächenschätzung des Kurzverfahrens Energieprofil überein.

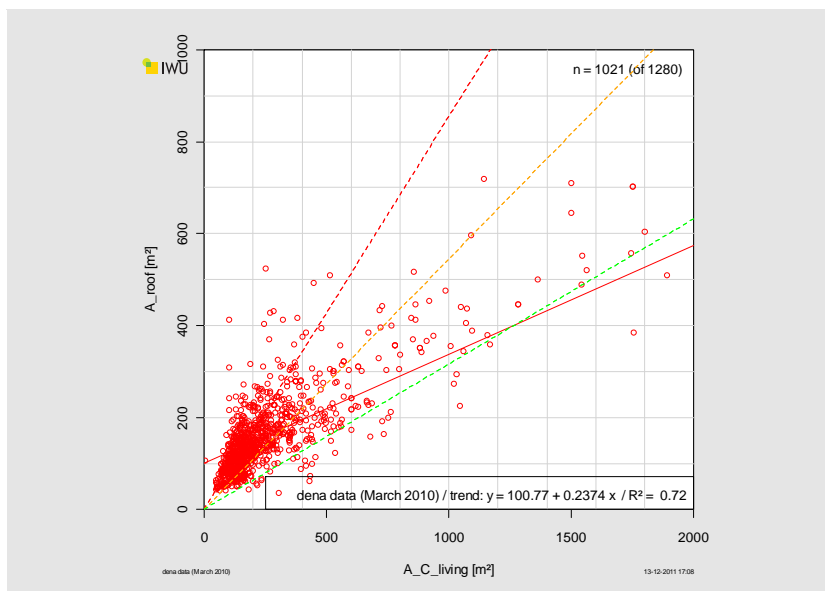


Bild 30:

Dachfläche in Abhängigkeit von der Wohnfläche

zusätzlich: nach dem Kurzverfahren Energieprofil geschätzte Dachfläche

1. rot gestrichelt: 1 Vollgeschoss
2. orange gestrichelt: 2 Vollgeschosse
3. grün gestrichelt: 4 Vollgeschosse

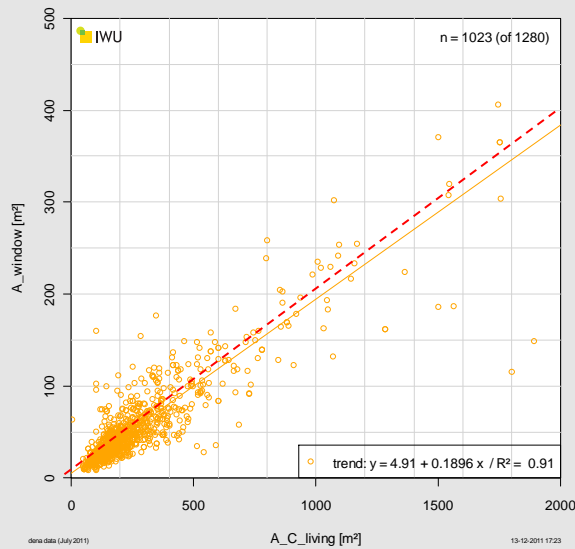


Bild 31:

Fensterfläche in Abhängigkeit von der Wohnfläche

zusätzlich: nach dem Kurzverfahren Energieprofil geschätzte Fensterfläche (rot gestrichelt)

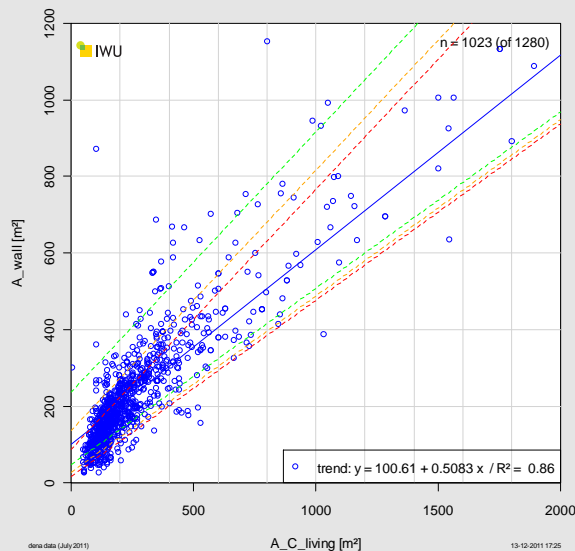


Bild 32:

Außenwandfläche in Abhängigkeit von der Wohnfläche

zusätzlich: nach dem Kurzverfahren Energieprofil geschätzte Außenwandfläche

1. rot gestrichelt: 1 Vollgeschoss
2. orange gestrichelt: 2 Vollgeschosse
3. grün gestrichelt: 4 Vollgeschosse

Die Spanne entsteht jeweils durch Ansatz eines nicht kompakten, freistehenden Gebäudes und eines kompakten Mittelhauses.

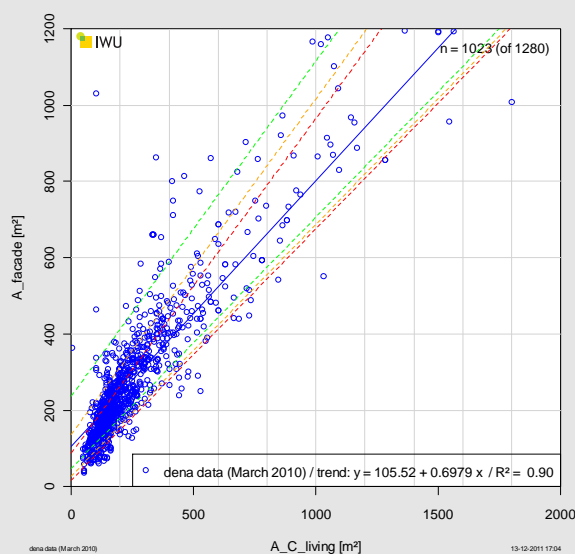


Bild 33:

Fassadenfläche (Außenwand + Fenster) in Abhängigkeit von der Wohnfläche

zusätzlich: nach dem Kurzverfahren Energieprofil geschätzte Fassadenfläche

1. rot gestrichelt: 1 Vollgeschoss
2. orange gestrichelt: 2 Vollgeschosse
3. grün gestrichelt: 4 Vollgeschosse

Die Spanne entsteht jeweils durch Ansatz eines nicht kompakten, freistehenden Gebäudes und eines kompakten Mittelhauses.

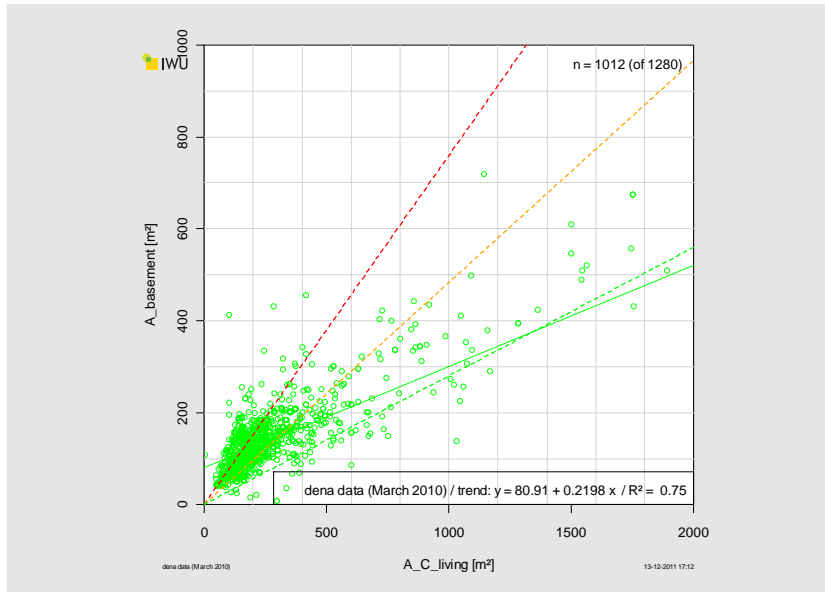


Bild 34:

Fläche der Kellerdecke bzw. des EG-Fußbodens in Abhängigkeit von der Wohnfläche

zusätzlich: nach dem Kurzverfahren Energieprofil geschätzte Bauteilfläche

1. rot gestrichelt: 1 Vollgeschoss
2. orange gestrichelt: 2 Vollgeschosse
3. grün gestrichelt: 4 Vollgeschosse

3.5 Mittlere Flächen

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über das Verhältnis Hüllfläche zu Wohnfläche, differenziert nach den zwei Gebäudegrößen Einfamilienhaus (1 bis 2 Wohneinheiten) und Mehrfamilienhaus (3 und mehr Wohneinheiten) und nach den drei bereits oben verwendeten Bauperioden.

Tabelle 5: Verhältnis aus Bauteil- zu Wohnfläche, differenziert nach Gebäudegröße und Bauperiode

	Einfamilienhäuser			Mehrfamilienhäuser		
Baujahr	... 1978	1979 ... 1994	1995 1978	1979 ... 1994	1995 ...
Verhältnis Hüllfläche zu Wohnfläche [m²/m²]						
Dach	0,83	0,75	0,70	0,43	0,48	0,44
Außenwand	1,04	0,94	0,97	0,76	0,72	0,74
Fenster	0,22	0,23	0,22	0,19	0,22	0,22
Fußboden	0,68	0,64	0,58	0,37	0,45	0,37

3.6 Zusammenfassung Bauteilflächen

Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass die von den Energieausweis-Programmen ausgegebenen Hüllflächen etwa vergleichbar groß sind und systematisch ähnliche Abhängigkeiten zeigen wie das Flächenschätzverfahren von [KVEP 2005] und wie die in [DATAMINE FR 2009] durchgeführten Analysen.

QS

Für die **Qualitätssicherung** sind Plausibilitätsprüfungen der thermischen Hülle allerdings nur sehr eingeschränkt möglich, da die hierfür erforderlichen Parameter (siehe unten) bisher in der Datenbank nicht vorkommen.

Wir empfehlen daher, folgende Größen in die Datenstruktur aufzunehmen:

- Zahl der Vollgeschosse
- Anzahl der direkt angrenzenden Nachbargebäude
- Beheizungssituation im Dachgeschoss:
Dachgeschoss (a) voll beheizt, (b) teilbeheizt, (c) nicht beheizt, (d) nicht vorhanden
- Beheizungssituation im Kellergeschoss:
Kellergeschoss (a) voll beheizt, (b) teilbeheizt, (c) nicht beheizt, (d) nicht vorhanden
- gegebenenfalls zusätzliche Indikatoren für Grundrisstyp und Vorhandensein von Gauben (siehe [KVEP 2005]).

Damit könnte man den Plausibilitäts-Check in Bezug auf die Hüllflächenerfassung wesentlich verbessern.

Mod

Sofern diese Größen in Zukunft mit erfasst würden, so könnten – unter der Voraussetzung einer deutlich größeren Stichprobe – wesentlich differenziertere "mittlere Gebäude" mit den entsprechenden Hüllflächen abgeleitet werden, um sie dann in Modellen zur Abbildung des Gesamtgebäudebestands zu verwenden.

4 Transmissionswärmeverluste und Heizwärmebedarf

4.1 Abhängigkeit Wärmeschutz vom Baualter

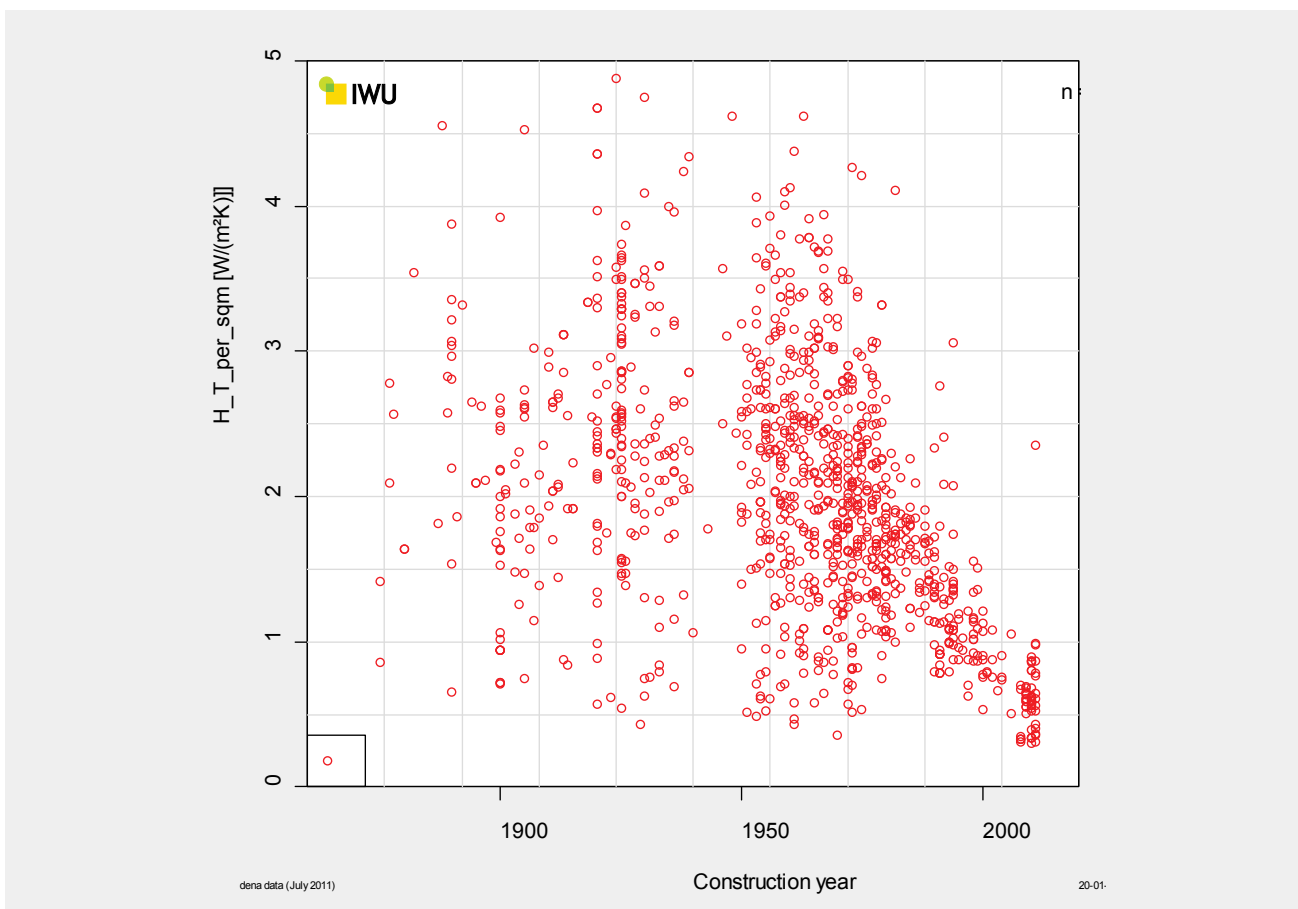
In den folgenden Abbildungen ist der Transferkoeffizient Transmission pro m² Energiebezugsfläche dargestellt (Auswertegröße H_T_per_sqm). Er wird im Rahmen dieser Analyse bestimmt durch das Summenprodukt aus Hüllfläche, vereinfachten Reduktionsfaktoren und U-Werten für die vier Bauteiltypen und dem jeweiligen Wärmebrücken-Zuschlag:

```

A_envelope      <-  A_wall + A_roof + A_window + A_basement
H_T              <-  A_wall * U_wall + A_roof * U_roof + A_window * U_window
                  + 0.5 * A_basement * U_basement + A_envelope * U_thermbridge
H_T_per_sqm     <-  H_T/A_C_ref
    
```

Als Energiebezugsfläche wird hier und in den folgenden Abschnitten die „Gebäudenutzfläche“ A_N nach EnEV verwendet.

Bild 35: Wärmetransferkoeffizient Transmission pro m² „Gebäudenutzfläche“ A_N nach EnEV in Abhängigkeit vom Gebäudebaujahr



Die Abhängigkeit vom Baujahr des Gebäudes ist plausibel. Die niedrigen Werte für ältere Gebäude sind durch bereits durchgeführte nachträgliche Wärmedämmung erklärbar.

QS

Allerdings ist festzustellen, dass die Auswertegröße für 12% der Gebäude nicht bestimmt werden konnte, da nicht alle notwendigen Flächen und U-Werte vorhanden waren. Dies sollte in Zukunft durch eine entsprechende Überprüfung abgesichert werden.

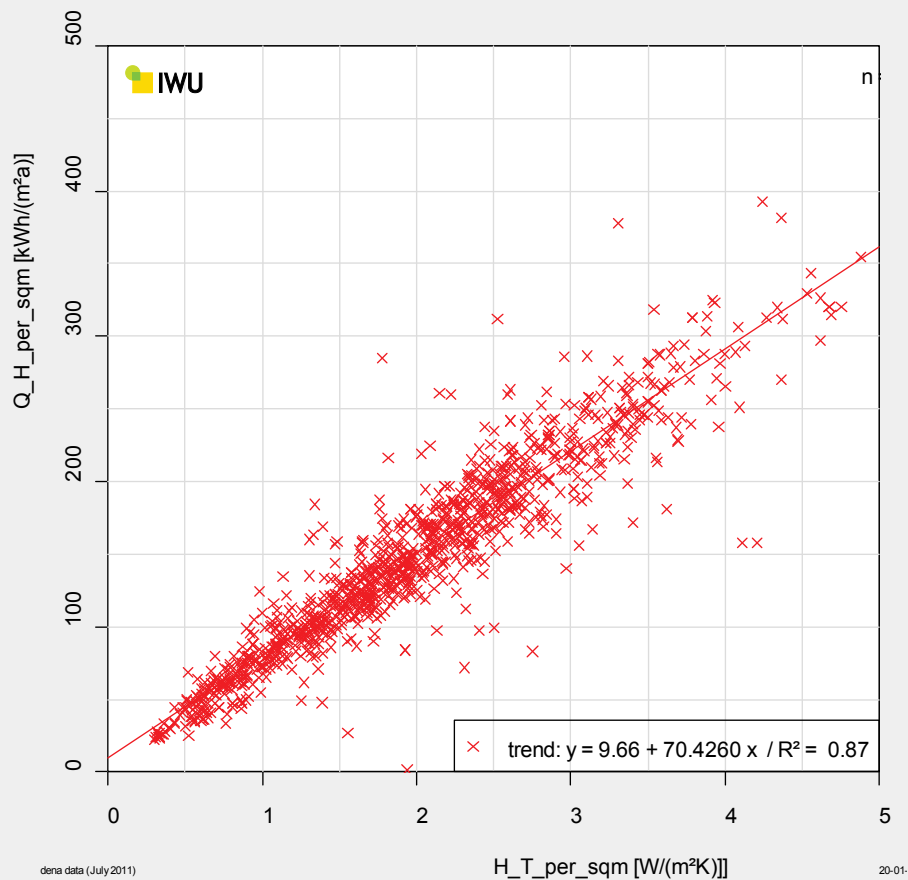
Der Zusammenhang des Datenbank-Feldes HT und der in der Analyse aus Flächen und U-Werten nachträglich bestimmten Größe könnte zur Plausibilitätsprüfung der Eingangsgrößen herangezogen werden.

4.2 Abhängigkeit Heizwärmebedarf vom Wärmeschutz

Im Folgenden werden die in der Datenbank angegebenen Werte für den Heizwärmebedarf (Datenfeld qh) aufgetragen über den auf A_N bezogenen temperaturspezifischen Transmissionswärmeverlust.

$Q_H_per_sqm$ <- ifelse (Daten\$qh > 0 & Daten\$qh <= 500, Daten\$qh, NA)

Bild 36: Zusammenhang zwischen Heizwärmebedarf und Wärmetransferkoeffizient Transmission, jeweils bezogen auf die "Gebäudenutzfläche" A_N nach EnEV



Wie zu erwarten zeigt sich eine deutliche Korrelation beider Größen. Die Streuung ist auf die Variation weiterer Einflussgrößen zurückzuführen (solare Einstrahlung, Luftdichtigkeit etc.), die neben den Transmissionswärmeverlusten den Heizwärmebedarf bestimmen.

QS

Die einzelnen starken Ausreißer sind vermutlich Folgen von Eingabe- oder Berechnungsfehlern. Um diese in Zukunft zu vermeiden, könnte der hier analysierte Zusammenhang auch für die Qualitätssicherung verwendet werden.

Da Lüftungswärmeverluste und solare Einstrahlung sich typischerweise etwa kompensieren, geht die Trendgerade etwa durch den Nullpunkt. Die Steigung der Geraden spiegelt die für den Heizwärmebedarf durch die Energieausweis-Programme effektiv verwendeten Gradtagszahlen wieder (genau genommen die an Heiztagen aufsummierten Temperaturdifferenzen zwischen innen und außen). Der Wert ist mit 71 kKh/a plausibel. Die Analyse der proKlima-Daten ergab ebenfalls einen Wert von 71 kKh/a [DATAMINE FR 2009].

4.3 Vereinfachte Nachkalkulation des Heizwärmebedarfs

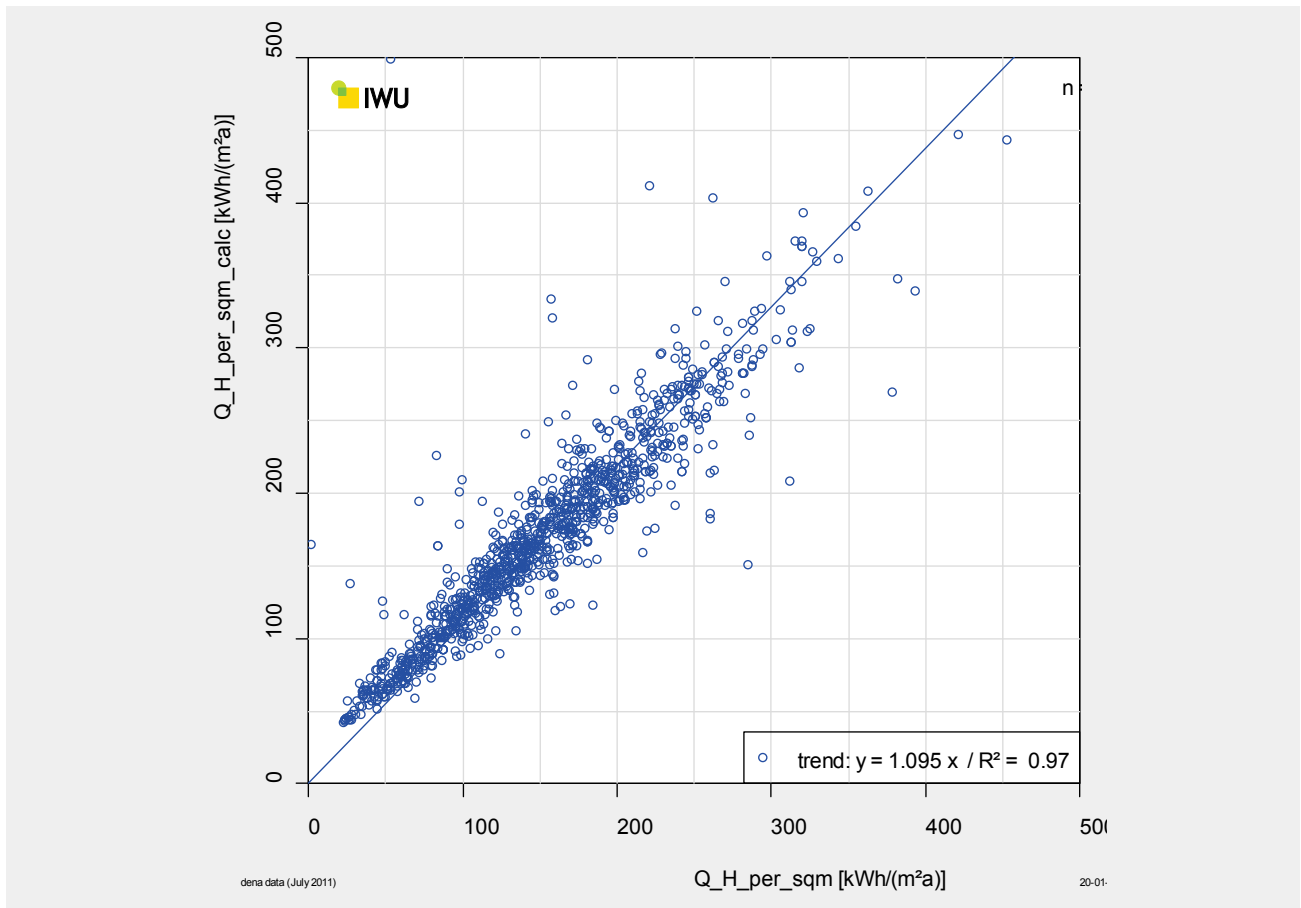
Aus der oben verwendeten Analyse-Größe H_T und pauschalen Ansätzen für solare Einstrahlung und Lüftungswärmeverluste wurde ein vereinfachter Wert für den Heizwärmebedarf nachträglich berechnet:

```
H_V      <- 0.6 * 0.34 * 2.5 * A_C_ref
Q_I      <- 15 * A_C_ref
Q_S      <- 0.9 * 0.36 * 0.6 * 0.6 * A_window * 300
Q_H      <- (H_T + H_V) * 75 - 0.9 * (Q_I + Q_S)
Q_H_per_sqm_calc <- ifelse (A_C_ref > 0, Q_H / A_C_ref, NA)
```

Die Werte des vereinfacht ermittelten Heizwärmebedarfs sind in Bild 37 den in der Datenbank enthaltenen von der jeweiligen Energieausweis-Software ermittelten Werten gegenübergestellt. Der Zusammenhang ist plausibel, die Trendgerade hat eine Steigung von ca. 1,1 (unter anderem erklärbar durch die etwas höher angesetzte Gradtagszahl der Nachkalkulation). Für sehr kleine Werte des Heizwärmebedarfs überschätzt der nachträglich ermittelte Heizwärmebedarf den aus der Energieausweis-Software ermittelten Werten um ca. 15 kWh/(m²a). Eine mögliche Ursache für die systematische Abweichung in diesem Bereich ist, dass bei diesen Gebäuden Lüftungsanlagen vorliegen und hier die zurückgewonnene Wärme als Heizwärmebeitrag angerechnet wurde.⁵ Bei der vereinfachten nachträglichen Berechnung wurde dies nicht berücksichtigt. Weitere mögliche Gründe für die Abweichung sind insbesondere auch die im vereinfachten Ansatz pauschal angesetzten solaren Gewinne.

⁵ Das bedeutet nicht, dass die von Lüftungsanlagen zurückgewonnene Wärme generell schon bei der Berechnung des Heizwärmebedarfs berücksichtigt wird. Da beide Verfahren nach DIN V 4701-10 zulässig sind, ist auch damit zu rechnen, dass beide Versionen des Heizwärmebedarfs von den Energieausweis-Programmen ausgegeben werden. Mögliche Heizwärmebedarfswerte ohne Abzug der Wärmerückgewinnung sind im Diagramm höher angesiedelt und fallen daher hier nicht auf.

Bild 37: Zusammenhang zwischen dem nachträglich vereinfacht berechneten Heizwärmebedarf und dem durch die Energieausweis-Programme ausgegebenen Heizwärmebedarf, jeweils bezogen auf die "Gebäudenutzfläche" A_N nach EnEV



5 Anlagentechnik

5.1 Bualter Anlagentechnik

Das Bualter der Anlagentechnik konnte für 1070 (Heizung) bzw. 865 (Warmwasser) Datensätze analysiert werden. Die Diagramme in Bild 43 und Bild 44 zeigen die entsprechenden Baujahre für die drei in Abschnitt 1.1 eingeführten Bualtersperioden. Deutlich ist, dass bei den Altbauten nur etwa 15% der Heizungsanlagen (bzw. der Wärmeerzeuger) älter als 20 Jahre sind. Bei der Warmwasserbereitung ist der Anteil größer, hier sind aber auch dezentrale Geräte enthalten. Für die neueren Gebäude sind die Baujahre der Anlagen erwartungsgemäß weitgehend deckungsgleich mit den Baujahren der Gebäude.

5.2 Wärmeerzeuger-Typen

Die am häufigsten anzutreffenden zentralen Wärmeerzeuger für Heizung sind Konstant- und Niedertemperatur-Kessel (zusammen mehr als 60%). 20% der Wärmeerzeuger sind Brennwertkessel. Andere Systeme kommen nur in wenigen Fällen vor.

Für 48% der Warmwasser-Systeme ist angegeben, dass sie in Kombination mit der Zentralheizung betrieben werden, für weitere 24% sind Kessel angegeben. Es ist zu vermuten, dass in den allermeisten Fällen auch hier eine Kombination von Heizung und Warmwassererwärmung vorliegt. Etwa 14% der Gebäude besitzen eine dezentrale elektrische Warmwasserbereitung, wobei Durchlauferhitzer dominieren.

5.3 Resümee Anlagentechnik



Es wird empfohlen, in Zukunft auch die anlagentechnischen Kennwerte für Erzeugung, Verteilung, Speicherung und Übergabe quantitativ differenziert nach den verschiedenen Typen auszuwerten. Hierzu wäre auch eine ausgedehntere Klassifizierung der verschiedenen Teilbereiche der Anlagentechnik sinnvoll (z.B. bei der Warmwasserverteilung: mit / ohne Zirkulation).⁶



Mittlere Effizienz-Kenngrößen für die verschiedenen Systemkomponenten könnten auch für die Herleitung von "mittleren Wärmeversorgungssystemen" mit entsprechender Parametrisierung (Abhängigkeit von Gebäudegröße und anderen relevanten Faktoren) verwendet werden.

⁶ Im Rahmen des TABULA-Projekts wurden einheitliche Codes für eine solche Typisierung der Anlagenkomponenten entwickelt, auf die zu diesem Zweck zurückgegriffen werden kann.

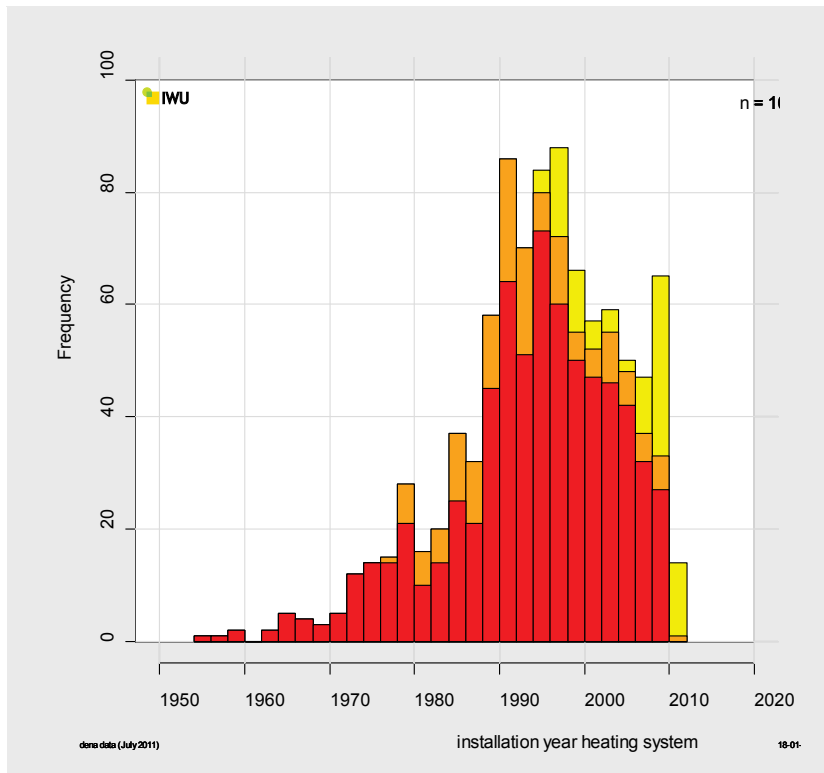


Bild 38:

**Häufigkeiten der Baujahre
Anlagentechnik Heizung**

Gebäudebaujahr
rot: bis 1978
orange: 1979 bis 1994
gelb: ab 1995

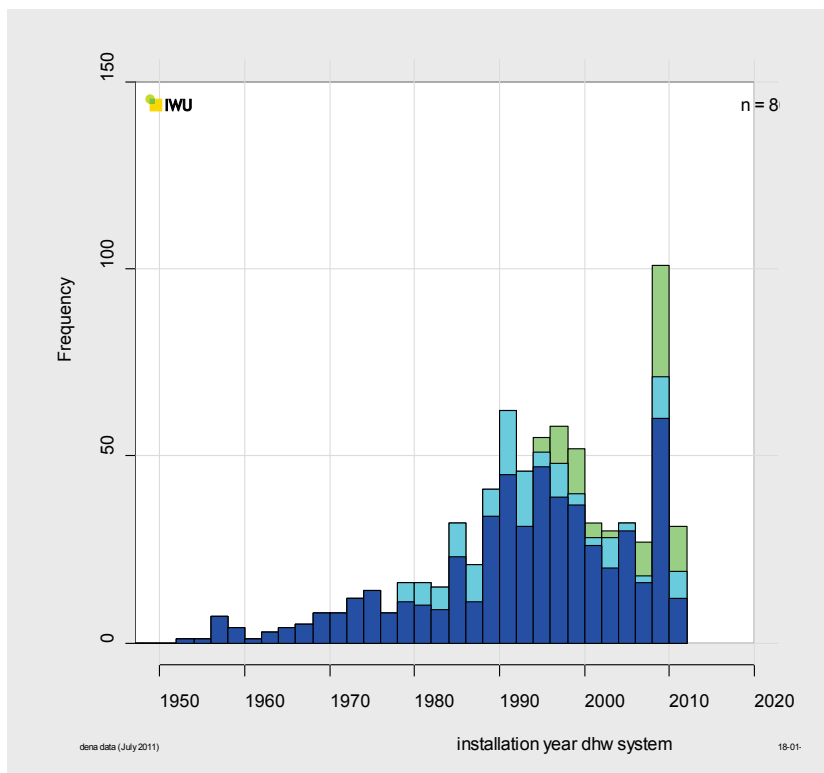


Bild 39:

**Häufigkeiten der Baujahre
Anlagentechnik Warmwasser**

Gebäudebaujahr
blau: bis 1978
hellblau: 1979 bis 1994
grün: ab 1995

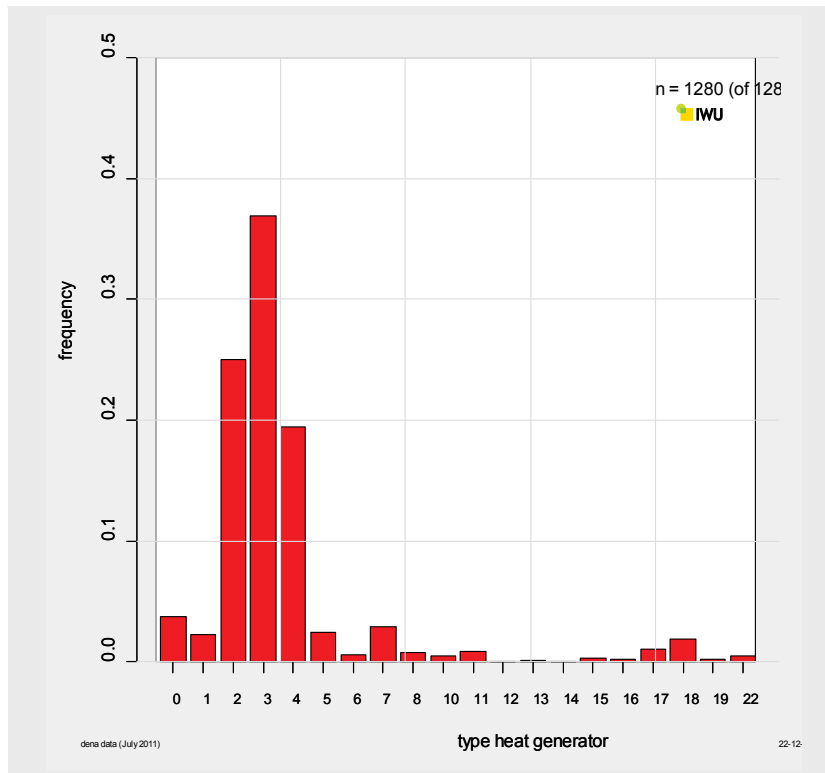


Bild 40:

Häufigkeiten der Baujahre
Anlagentechnik Heizung

Gebäudebaujahr

rot: bis 1978

orange: 1979 bis 1994

gelb: ab 1995

Tabelle 6: Wärmerezeuger-Typen Heizung – Zuordnungsliste der dena

dena Code	dena-Kurzbezeichnung	Erläuterungen	DATAMINE Code ⁷
1	Sonstige Kessel	Kesseltypen, die nicht unter die folgenden drei Kesselbezeichnungen fallen	b_nc
2	Standardkessel		b_nc_ct
3	Niedertemperatur-Kessel		b_nc_lt
4	Brennwert-Kessel		b_c
5	Nah-/Fernwärme	Anschluss an Nah- und Fernwärmenetze, auf deren Steuerung der Eigentümer keinen Einfluss hat	dh
6	Elektro-Speicher, zentral		el_c
7	Elektro-Speicher, dezentral	dezentrale Elektro-Speichergeräte, Elektro-Nachtspeichergeräte	el_d
8	El.-Direkthzg. / Durchlauferh.	Elektro-Direktheizgerät bei Heizsystemen Elektro-Durchlauferhitzer bei Warmwassererwärmung	el_d
9	Sonstige Wärmepumpen	Wärmepumpen, die nicht unter die folgenden Bezeichnungen fallen	hp
10	Wärmepumpe Außenluft		hp_air
11	Wärmepumpe Erdreich		hp_soil
12	Wärmepumpe Abluft		hp_exair
13	Wärmepumpe Grundwasser		hp_water
14	Wärmepumpe, mehrere	Kombination mehrerer verschiedener Wärmepumpen	hp_other
15	Einzelofen, ölbefeuert	Ölbefeuert Einzelofen mit Verdampfungsbrenner	stove
16	Einzelofen, Steinkohle		stove
17	Einzelofen, Holz		stove
18	Einzelofen/Durchlauferh., Gas	Gasraumheizer	stove
19	Kraft-Wärme-Kopplung	Kraft-Wärme-Kopplung (vom Eigentümer verwaltetes BHKW)	chp
20	Solarthermische Anlage	thermische Solaranlage	solar
21	Dampferzeuger		steam
22	Sonstige	Sonstige Beheizungen	other

⁷ Zuordnung der DATAMINE Codes erfolgte durch dena. Die Codes wurden im Rahmen des TABULA-Projekts weiterentwickelt. Die aktuelle Fassung findet sich unter: <http://www.building-typology.eu/>.

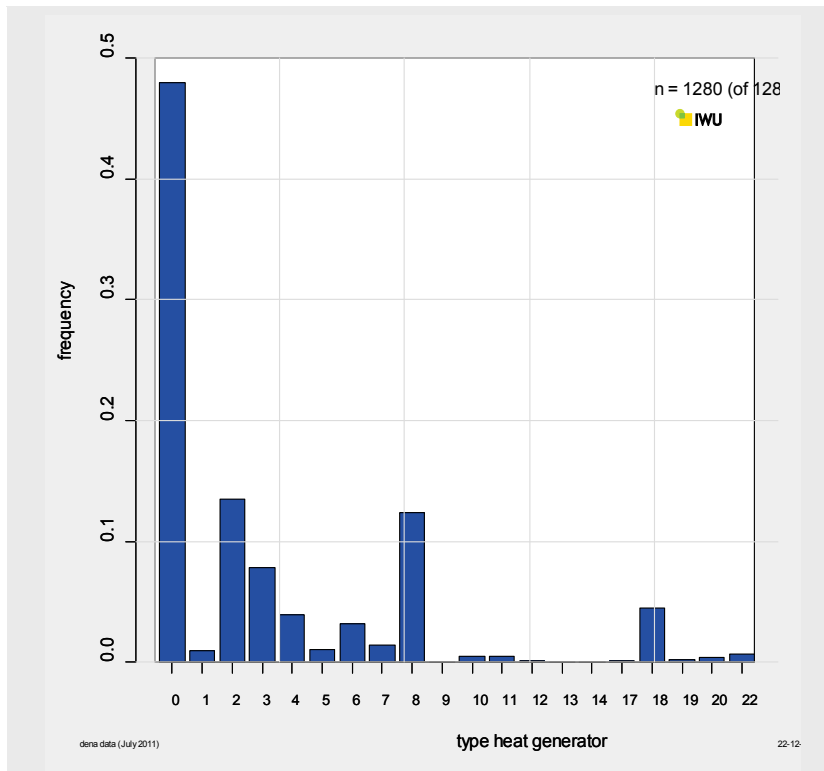


Bild 41:

Häufigkeiten der Baujahre
Anlagentechnik Warmwasser

Gebäudebaujahr

blau: bis 1978

hellblau: 1979 bis 1994

grün: ab 1995

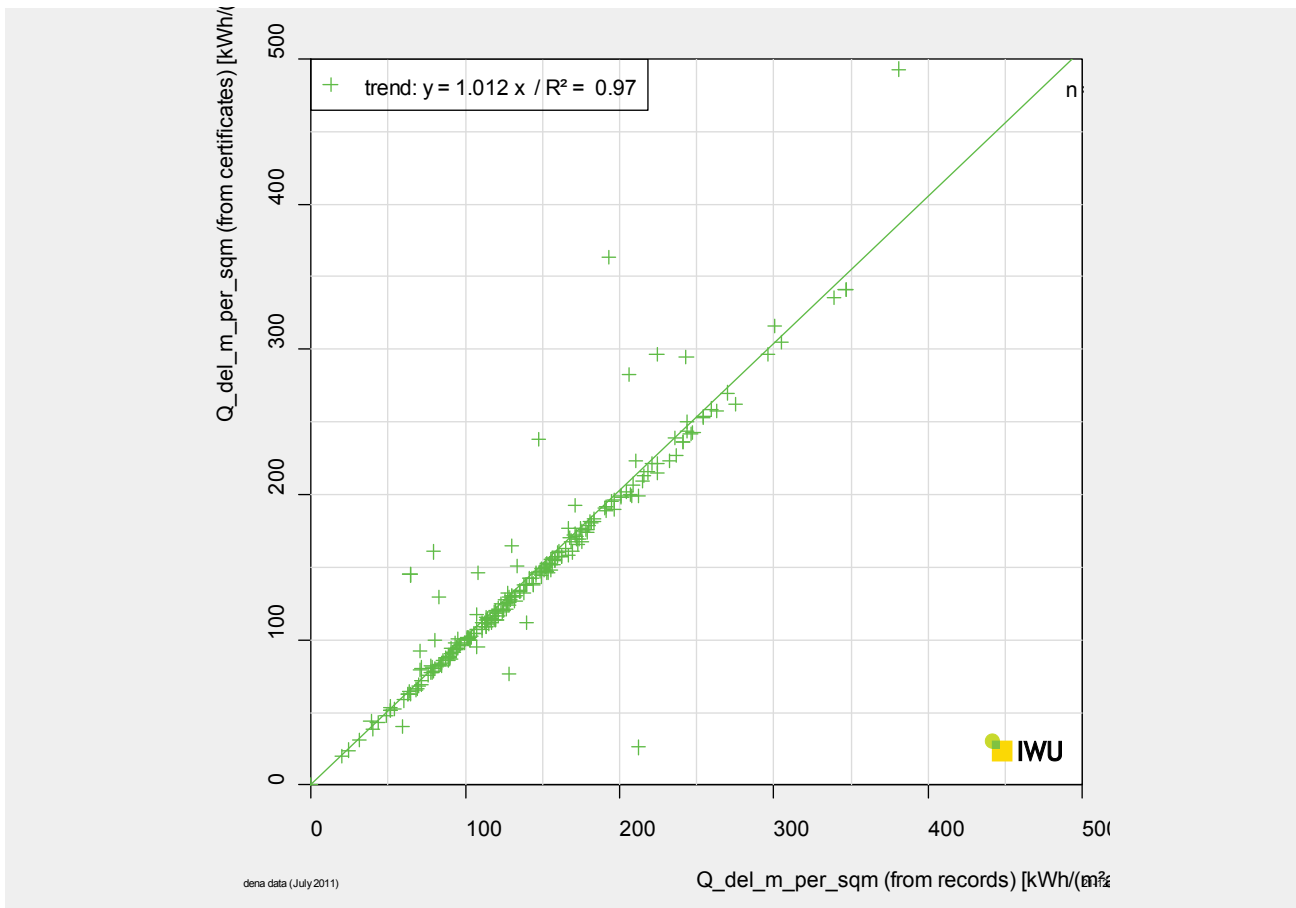
Tabelle 7: Wärmerezeuger-Typen Warmwasser – Zuordnungsliste der dena

dena Code	dena-Kurzbezeichnung	Erläuterungen	DATAMINE
0	Mit Heizung kombiniert		
1	Sonstige Kessel	Kesseltypen, die nicht unter die folgenden drei Kesselbezeichnungen fallen	b_nc
2	Standardkessel		b_nc_ct
3	Niedertemperatur-Kessel		b_nc_lt
4	Brennwert-Kessel		b_c
5	Nah-/Fernwärme	Anschluss an Nah- und Fernwärmenetze, auf deren Steuerung der Eigentümer keinen Einfluss hat	dh
6	Elektro-Speicher, zentral		el_d
7	Elektro-Speicher, dezentral	dezentrale Elektro-Speichergeräte zur Warmwassererwärmung	el_d
8	El.-Direkthzg./Durchlauferh.	Elektro-Durchlauferhitzer	el_d
9	Sonstige Wärmepumpen	Wärmepumpen, die nicht unter die folgenden Bezeichnungen fallen	hp
10	Wärmepumpe Außenluft		hp_air
11	Wärmepumpe Erdreich		hp_soil
12	Wärmepumpe Abluft		hp_exair
13	Wärmepumpe Grundwasser		hp_water
14	Wärmepumpe, mehrere	Kombination mehrerer verschiedener Wärmepumpen	hp_other
15	Einzelofen, ölbefeuert	(unüblich zur Warmwassererwärmung, ggf. ausblenden)	
16	Einzelofen, Steinkohle	(unüblich zur Warmwassererwärmung, ggf. ausblenden)	
17	Einzelofen, Holz	(unüblich zur Warmwassererwärmung, ggf. ausblenden)	
18	Einzelofen/Durchlauferh., Gas	Gasdurchlauferhitzer	
19	Kraft-Wärme-Kopplung	Kraft-Wärme-Kopplung (vom Eigentümer verwaltetes BHKW)	chp
20	Solarthermische Anlage	thermische Solaranlage zur Warmwassererwärmung	solar
21	Dampferzeuger		steam
22	Sonstige	Sonstige Warmwasserbereitungssysteme	other

6 Gemessener Energieverbrauch

6.1 Vergleich zwischen Kennwerten und Absolutwerten des Verbrauchs

Bild 42: Zusammenhang zwischen den in den Energieausweisen ausgegebenen und den aus den Verbrauchswerten in der Datenbank nachträglich ermittelten Verbrauchskennwerten, jeweils bezogen auf die "Gebäudenutzfläche" A_N nach EnEV



In 226 der 1280 Datensätzen finden sich auch die Werte für den Energieverbrauchsausweis. Zunächst wurde der Zusammenhang zwischen den in den Energieausweisen ausgegebenen und den aus den Verbrauchswerten in der Datenbank und dem ebenfalls enthaltenen Klimafaktor nachträglich ermittelten Verbrauchskennwerten ermittelt (Bild 42). Der Zusammenhang ist plausibel, es sind jedoch einige Ausreißer zu erkennen.



Eine Plausibilitätsprüfung wäre an dieser Stelle sinnvoll.

6.2 Zusammenhang zwischen gemessenem Verbrauch und berechnetem Bedarf

Im Folgenden wird der Zusammenhang zwischen den gemessenen Verbrauchskennwerten und dem berechneten Endenergiebedarf analysiert. Es werden hier nur Gebäude mit Zentralheizung und zentraler Warmwasserbereitung betrachtet, die als Energieträger ausschließlich Erdgas oder Heizöl einsetzen (119 Datensätze).

Generell ist eine starke Streuung festzustellen, der Zusammenhang der beiden Größen ist nicht besonders ausgeprägt (Bild 43). Bild 44 zeigt den Quotienten aus Verbrauch und Bedarf, aufgetragen über dem Bedarf: Das Verhältnis der beiden Größen liegt bei Gebäuden mit hoher energetischer Qualität ($Q_{del_c_per_sqm} < 100 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$) im Mittel nahe 1,0 und geht bei geringer energetischer Qualität ($Q_{del_c_per_sqm} \approx 400 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$) auf etwa 0,5 zurück. Dies entspricht etwa den in [IWU 2006] (siehe auch Darstellung in [IWU 2011]) gewonnenen Erkenntnissen.

Zusätzlich wurde noch eine Differenzierung nach Energieträger und nach Gebäudegröße vorgenommen (Bild 45 bis Bild 48). Es konnte jedoch keine besondere Abhängigkeit gefunden werden.

Als Ursache für die starke Streuung kommen zum einen die unterschiedlichen Nutzungsbedingungen (insbesondere Raumtemperaturen und Luftwechsel), aber auch Abweichungen zwischen den rechnerischen und den tatsächlichen energetischen Eigenschaften der Gebäude und Versorgungssysteme in Betracht.

Hinzu kommen als Gründe für die Diskrepanz auch noch mögliche Fehler bei der Verbrauchserfassung oder der Zuordnung, z.B. durch:

- Fehler bei der Übertragung der Werte (Ablese- bzw. Eingabefehler, aber auch Verwechslung von Größen, z.B. m^3 Erdgas statt kWh, ...);
- Fehler bei der Zuordnung von Verbrauchswerten zu den bilanzierten Gebäuden (z.B. Verbrauchserfassung für Teile des Gebäudes oder für mehrere Gebäude, ...);
- Vorhandensein weiterer nicht erfasster Wärmequellen (Elektro-Öfen, Holzöfen, ...);
- unterschiedlicher energetischer Zustand während Verbrauchserfassung (z.B. wenn eine energetische Modernisierung durchgeführt wird, deren Kenndaten in den Energiebedarfsausweis eingehen, die in der Datenbank vorliegenden Verbrauchswerte jedoch im unsanierten Zustand gemessen wurden).
- untypische Nutzungen (z.B. teilweiser oder kompletter Leerstand, beheizte Baustelle, ...)

QS

Der Zusammenhang zwischen Energiebedarf und -verbrauch sollte im Rahmen der Qualitätssicherung verstärkt beachtet werden. So können Hinweise auf Fehler bei stärkeren, unplausiblen Abweichungen gegeben werden. Auch wäre eine zusätzliche Erfassung von Indikatoren zur Interpretation der Verbrauchswerte hilfreich (siehe Spiegelstrich-Liste oben).

Mod

Grundsätzlich ist die dena-Datenbank gut geeignet, um auf empirischem Weg den Zusammenhang zwischen Verbrauch und Bedarf zu ermitteln und auf der Zeitachse kontinuierlich zu überprüfen. Durch Erhöhung der Zahl der Datensätze und eine Plausibilitätskontrolle bei der Eingabe könnte die Unsicherheit bzw. Unschärfe der Ergebnisse deutlich verringert werden.

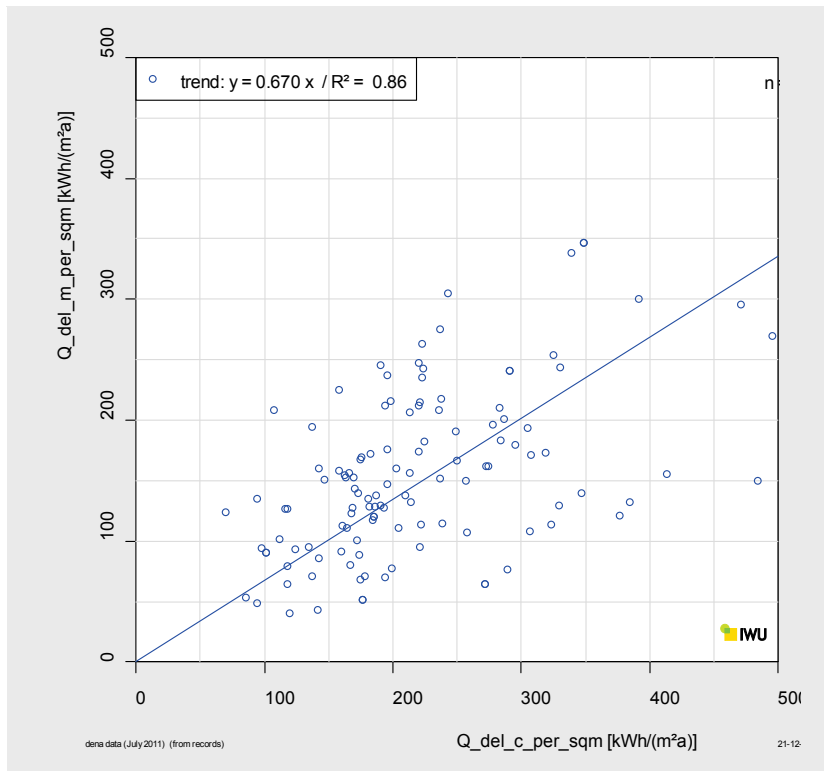


Bild 43:

gemessener Energieverbrauch aufgetragen über dem berechneten Endenergiebedarf, jeweils bezogen auf die "Gebäudenutzfläche" A_N nach EnEV

(nur mit Gas oder Öl versorgte Gebäude)

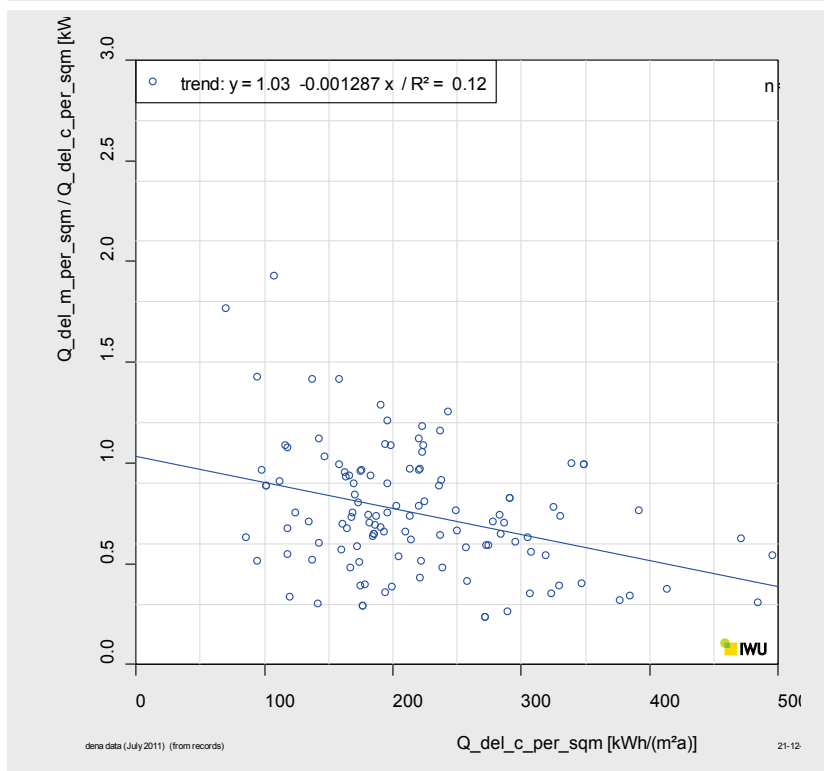


Bild 44:

Verhältnis aus gemessenem Energieverbrauch und berechnetem Endenergiebedarf, aufgetragen über dem berechneten Endenergiebedarf, jeweils bezogen auf die "Gebäudenutzfläche" A_N nach EnEV

(nur mit Gas oder Öl versorgte Gebäude)

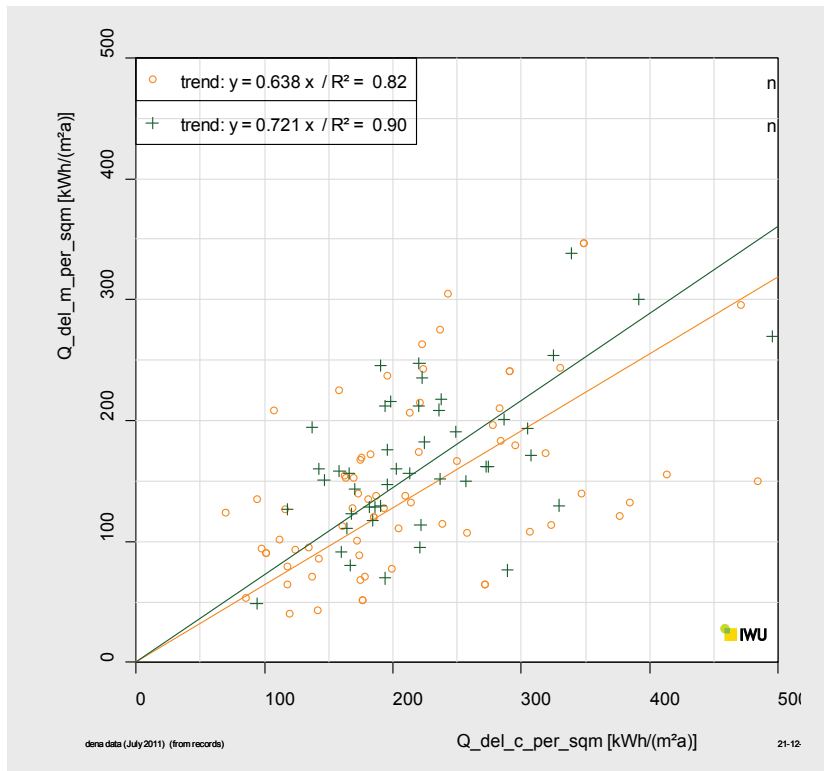


Bild 45:

gemessener Energieverbrauch aufgetragen über dem berechneten Endenergiebedarf, jeweils bezogen auf die "Gebäudenutzfläche" A_N nach EnEV

Differenzierung nach Energieträger:

Gas = orange Punkte

Heizöl = grüne Kreuze

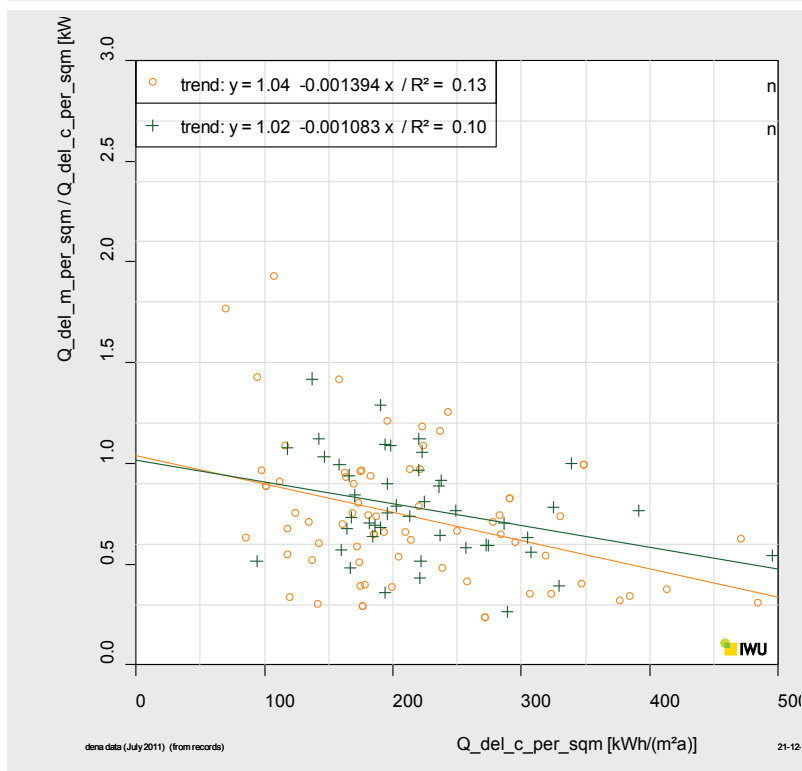


Bild 46:

Verhältnis aus gemessenem Energieverbrauch und berechnetem Endenergiebedarf, aufgetragen über dem berechneten Endenergiebedarf, jeweils bezogen auf die "Gebäudenutzfläche" A_N nach EnEV

Differenzierung nach Energieträger:

Gas = orange Punkte

Heizöl = grüne Kreuze

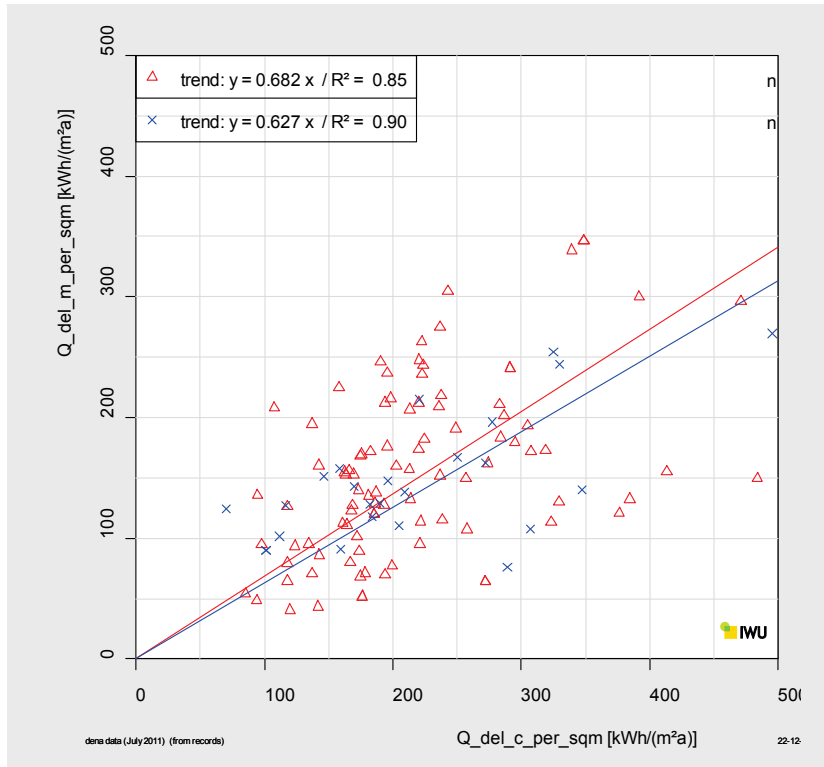


Bild 47:

gemessener Energieverbrauch aufgetragen über dem berechneten Endenergiebedarf, jeweils bezogen auf die "Gebäudenutzfläche" A_N nach EnEV

Differenzierung nach Gebäudegröße:

EFH (1 ... 2 WE) = rote Dreiecke

MFH (≥ 3 WE) = blaue Kreuze

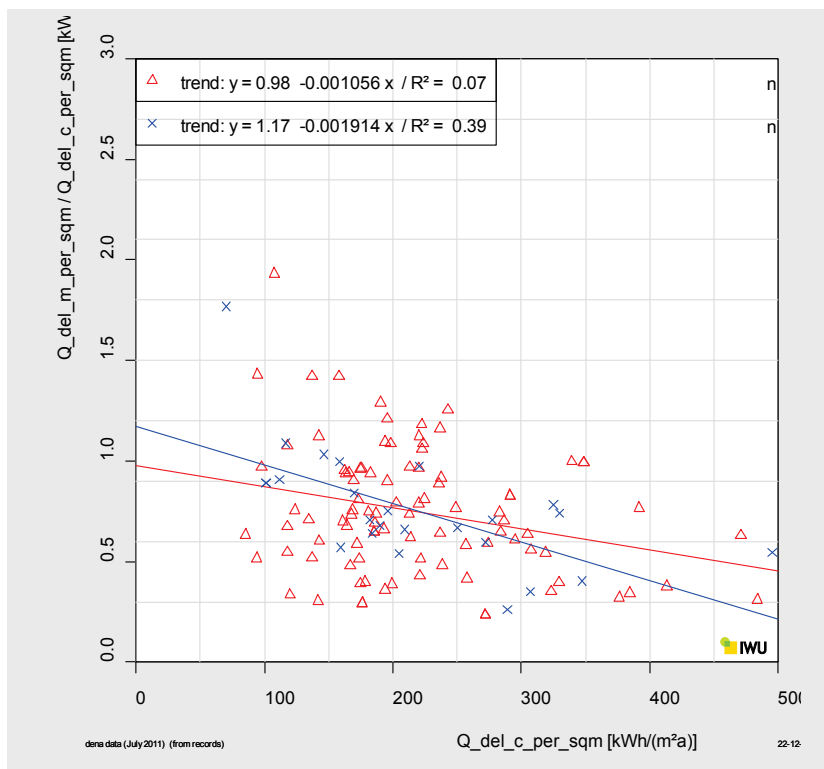


Bild 48:

Verhältnis aus gemessenem Energieverbrauch und berechnetem Endenergiebedarf, aufgetragen über dem berechneten Endenergiebedarf, jeweils bezogen auf die "Gebäudenutzfläche" A_N nach EnEV

Differenzierung nach Gebäudegröße:

EFH (1 ... 2 WE) = rote Dreiecke

MFH (≥ 3 WE) = blaue Kreuze

7 Resümee

Die Energieausweis-Datenbank der dena ist ein hervorragendes Instrument zur Verbesserung der Qualität von Energieausweisen. Die zentrale Sammlung der Daten ermöglicht eine Prüfung der verschiedenen Eingangs- und Ergebnisgrößen auf Plausibilität. Durch eine Ausweitung der erfassten Größen und eine noch stärkere Formalisierung der Übergabegrößen (feste Kategorien) ließen sich im verstärkten Maß auch Kontrollrechnungen durchführen, die letztlich auf ein "Nachrechnen" des gesamten Energieausweises hinauslaufen können.

Eine statistische Analyse des Zusammenhangs verschiedener Größen erlaubt darüber hinaus auch die Prüfung der Eingangsdaten auf Plausibilität. Insbesondere Fehler bei der Ermittlung der thermischen Hüllfläche können so – in gewissen Grenzen – vermieden werden. Sofern bei der Übertragung der Daten wegen Überschreitung von Plausibilitätsgrenzen Warnhinweise ausgegeben wurden, sollten diese auch in der Datenbank in entsprechenden Feldern gesammelt werden. Dadurch ist bei zukünftigen Datenbank-Auswertungen erkennbar, an welchen Stellen bereits Plausibilitätsprüfungen gegriffen haben (die jedoch keine Konsequenzen hatten⁸) und wo noch weitere Prüfungen eingeführt werden sollten.

Die Energieausweis-Datenbank kann darüber hinaus auch nützliche Informationen über den deutschen Gebäudebestand liefern. Zwar ist eine repräsentative Aussage über den Sanierungszustand des Bestands nicht möglich, da die Ausstellung eines Energieausweises im Bestand an bestimmte Anlässe gekoppelt (Verkauf, Vermietung, Modernisierung). Auch für den Neubau können keine allgemeinen Schlüsse über die energetischen Standards gezogen werden, da möglicherweise die Ausstellung eines qualitätsgesicherten Energieausweises mit einer gegenüber dem Durchschnitt verbesserten energetischen Qualität korreliert.

Gut geeignet ist die Datenbank jedoch für die Ermittlung von Zusammenhängen zwischen Größen, die tendenziell unabhängig vom Anlass der Energieausweiserstellung sind, z.B.:

- Zusammenhang zwischen beheizter Wohnfläche und "Gebäudenutzfläche" A_N nach EnEV;
- typische Hüllflächen und deren Abhängigkeit von der Wohn- oder Nutzfläche und von anderen geometrischen Parametern;
- Zusammenhang zwischen berechnetem Energiebedarf und gemessenem Energieverbrauch, differenziert nach Merkmalen von Gebäude und Anlagentechnik.

Sofern es gelingt, durch eine zentrale Erfassung und Registrierung in Zukunft alle Energieausweise qualitätsgesichert in der Datenbank zu speichern, könnten natürlich auch weitere Informationen gewonnen werden, z.B. wäre es möglich den energetischen Zustand von Neubauten statistisch zu erfassen.

⁸ Bei Überschreitung einer Plausibilitätsgrenze muss nicht zwangsläufig ein Fehler vorliegen, es kann sich auch um ein Gebäude mit ungewöhnlichen Merkmalen handeln.

Referenzen

- [DATAMINE FR 2009] Loga, Tobias; Diefenbach, Nikolaus (ed.): DATAMINE – Collecting Data from Energy Certification to Monitor Performance Indicators for New and Existing Buildings. Final Report; IWU / NAPE / ESD / BuildDesk / POLITO / NOA / Vito / AEA / ZRMK / Ecofys SL / Energy Action / SOFENA; Darmstadt/Germany, January 2009
http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/DATAMINE_Public_Final_Report.pdf
- [IWU 2006] Knissel, Jens; Roland Alles; Rolf Born; Tobias Loga; Kornelia Müller; Verena Stercz: Vereinfachte Ermittlung von Primärenergiekennwerten – zur Bewertung der wärmetechnischen Beschaffenheit in ökologischen Mietspiegeln; Institut Wohnen und Umwelt; Darmstadt 2006
http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/werkzeuge/Vereinfachte_Ermittlung_von_Primaerenergiekennwerten-1.0.pdf
- [IWU 2008] Loga, Tobias; Diefenbach, Nikolaus: DATAMINE – Modellprojekt proKlima-Altbau. Monitoring eines Förderprogramms mit Hilfe von Energiepass-Daten; IWU Darmstadt, Januar 2008
http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/datamine_MP1_de_German_Ergebnisse_01-2008.pdf
- [IWU 2011] Loga, Tobias; Diefenbach, Nikolaus; Born, Rolf: Deutsche Gebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden; IWU, Darmstadt 2011
http://www.building-typology.eu/downloads/public/docs/brochure/DE_TABULA_TypologyBrochure_IWU.pdf
- [KVEP 2005] Loga, Tobias; Diefenbach, Nikolaus; Knissel, Jens; Born, Rolf: Entwicklung eines vereinfachten, statistisch abgesicherten Verfahrens zur Erhebung von Gebäudedaten für die Erstellung des Energieprofils von Gebäuden („Kurzverfahren Energieprofil“); Untersuchung gefördert durch das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung; IWU, Darmstadt 2005
<http://www.iwu.de/forschung/energie/laufend/kurzverfahren-energieprofil/>