

Für doppelseitigen  
Druck einrichten



Niedrig  
Energie  
Institut

Dipl.-Pol. Klaus Michael  
Woldemarstr. 37  
32756 Detmold

Tel.: 05231 / 390 747  
e-Mail: [info@NEI-DT.de](mailto:info@NEI-DT.de)  
Internet: [www.NEI-DT.de](http://www.NEI-DT.de)

Abkürzungsverzeichnis  
Glossar ??

## Klimaschutz-Teilkonzept für Gebäude der Lippischen Landeskirche

Ergebnisse der Untersuchung des energetischen Zustandes und Sanierungsbedarfs von 102 Kirchen, Gemeindehäusern, Pfarrhäusern, Küsterhäusern, Bürogebäuden, Kindertagesstätten und Friedhofsgebäuden in 34 Gemeinden zwischen Oktober 2011 und Mai 2012



Gefördert aus Mitteln des Bundesministeriums  
für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit  
im Rahmen der Klimaschutzinitiative.



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit

# Inhalt

1	Einleitung .....	3
2	Art der untersuchten Gebäude .....	4
3	Wärmeschutz der Außenbauteile .....	11
7.1	Art der Unterkellerung .....	11
7.2	Sohlplatten.....	11
7.3	Kelleraußenwände gg. Erde .....	12
7.4	Kellerinnenwände kalt-warm .....	13
7.5	Kellerdecken.....	13
7.6	Kellertüren .....	14
7.7	Außenwände gegen Luft .....	15
7.8	Haustüren .....	16
7.9	Fenster.....	17
7.10	Dachbauteile.....	18
4	Luftdichtheit .....	20
5	Heizanlagen.....	20
5.1	Wärmeerzeuger .....	20
5.2	Heizwärmeverteilung und Regelung.....	21
5.3	Heizungspumpen.....	21
5.4	Warmwasserversorgung.....	22
5.5	Dämmung der Heiz- und Warmwasserleitungen .....	22
6	Lüftung.....	22
7	Prioritäts-Empfehlungen für die energetische Sanierung.....	23
7.1	Prioritäten .....	23
7.2	Sanierungskosten und Wirtschaftlichkeit.....	26
7.3	Mögliche CO <sub>2</sub> -Einsparung und deren Kosten.....	27

# 1 Einleitung

Die Lippische Landeskirche möchte Ihren Gemeinden Hilfestellung bei Maßnahmen zur CO<sub>2</sub>-Einsparung geben. Dazu erarbeitet sie aktuell ein Klimaschutz-Teilkonzept über Möglichkeiten zur Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus den Quellsektoren Gebäudeheizung und Stromverbrauch in gemeindlichen Gebäuden. Die Ausarbeitung erfolgt mit Förderung durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Rahmen der Klimaschutzinitiative der Bundesregierung.

Das Niedrig-Energie-Institut wurde von der Lippischen Landeskirche im Juli 2011 beauftragt, insgesamt etwa 100 gemeindliche Gebäude in 34 Gemeinden im Kreis Lippe zu untersuchen. Die Untersuchungen erfolgten zwischen September 2011 und Mai 2012 durch empirische Gebäudeanalysen jedes Objekts vor Ort. Dabei wurden an jedem Gebäude dessen energetisch relevante Komponenten durch Begehung und ggf. Planeinsicht vor Ort ermittelt, dokumentiert und in ihrer energetischen Qualität sowie ihrer Relevanz für den Energieverbrauch des Gebäudes bewertet. Weiterhin wurde geprüft, ob und ggf. welche Sanierungsmaßnahmen an den jeweiligen Gebäudekomponenten empfehlenswert sind, welche Effekte diese bringen würden und abgeschätzt, wie hoch der jeweilige Aufwand wäre. Abschließend wurde für jedes Gebäude eine Prioritätenliste erarbeitet, welche Maßnahmen mit welcher Priorität zur Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen unter Abwägung aller bekannten Kriterien empfohlen werden. Eine kurze Übersicht über die Nutzungsarten, Baualter und Größen der untersuchten Gebäude enthält Kapitel 2, wo auch Fotos der Gebäude zusammengestellt sind. Daneben wurden Strukturen für eine künftige verbesserte Verbrauchserfassung und Evaluierung angelegt.

Die Begutachtung der Gebäude erfolgte qualitativ und umfasst keine detaillierte Flächen-, Volumen-, Massen- oder Kostenermittlung oder Berechnung von Energiebilanzen oder Energiepässen. Sie basiert in ihrer Methodik auf der langjährigen Erfahrung des NEI aus mehr als 4.500 Altbauanierungsberatungen. Wesentliches Ziel ist es, der jeweiligen Gemeinde als Gebäudeeigentümer Hinweise zu sinnvollen Prioritäten für ihre Sanierungsplanung zu geben. Sie umfasst insofern Teile des Leistungspakets der "Grundlagenermittlung" i.S. der HOAI.

Die Ergebnisse der Erhebungen wurden in zweierlei Weise dargestellt:

- als objektbezogene Berichte mit Prioritätsempfehlungen pro Gebäude. Diese Berichte wurden den Gemeinden sowie auch dem Landeskirchenamt zugestellt, und
- als Gesamtauswertung aller untersuchten Gebäude in diesem Endbericht. Hierin sind die Ergebnisse und CO<sub>2</sub>-Einsparpotentiale nach Gebäudekomponenten, Nutzungsarten und Baualtersklassen differenziert und werden generelle Prioritäten für eine Sanierungsstrategie dargelegt.

Die erfassten Daten wurden auch in eine Datenbank auf Basis von MS Excel eingepflegt, die dem Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurde und können für weitergehende Auswertungen und andere Querschnittsfragen oder Aufgaben der Gebäudewirtschaftung (z.B. Controlling) genutzt werden.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen der untersuchten Gebäude resultieren wesentlich aus der Verbrennung von Brennstoffen zur Heizwärmerzeugung. Der Heizwärmebedarf der Gebäude ergibt sich aus den Transmissions-Wärmeverlusten über die Wärme übertragenden Außenbauteile sowie aus den Lüftungs-Wärmeverlusten, verringert um solare und innere Wärmegewinne. Die Transmissions-Wärmeverluste stellen bei den untersuchten Gebäuden stets den überwiegenden Verlustanteil dar. Transmissions- und Lüftungswärmeverluste sind proportional zur InnenTemperatur und zur Heizdauer im jeweiligen Gebäude. Nutzungsbedingt haben dauernd beheizte Häuser wie Wohnhäuser die höchste Temperaturdifferenzdauer zwischen innen und außen, Büros und Kindergärten ohne Nacht- und Wochenendbetrieb geringere und nur temporär genutzte und beheizte Versammlungsgebäude die geringsten.

In diesem Endbericht sind die Befunde zunächst systematisch nach Gebäudekomponenten und Prioritäten ausgewertet. In Kapitel 3 geht es um die einzelnen Bauteile der Wärme übertragenden Gebäudehülle, in Kapitel 4 um die Heizanlagen, in Kapitel 5 um die Lüftung, in Kapitel 6 um den Stromverbrauch. Im abschließenden Kapitel 7 geht es um das generelle Ranking der Wirtschaftlichkeit der an den untersuchten Häusern für sinnvoll gehaltenen Einzelmaßnahmen, um die Prioritäts-Empfehlungen sowie die resultierenden CO<sub>2</sub>-Einsparpotenziale.

## 2 Art der untersuchten Gebäude

Untersucht wurden insgesamt 93 Objekte in 34 Gemeinden der Lippischen Landeskirche, für die jeweils einzelne Berichte erstellt wurden. Darunter waren acht größere Gebäude mit über 600 m<sup>2</sup> BGF, die mehrere unterschiedlich alte und genutzte Teilgebäude umfassen und insofern doppelt zählen, auch wenn sie im selben Objekt-Bericht behandelt sind. Insgesamt ergeben sich 101 untersuchte Teilgebäude. Einen Eindruck von der Gebäudevielfalt gibt die Fotozusammenstellung auf den folgenden Seiten.

Gebäudeart	Anzahl	Prozent	Beheizung
Pfarrhaus	29	31%	Normal
Küsterhaus	4	4%	Normal
Gemeindehaus	35	38%	tags überwiegend
Büro	2	2%	werktags tagsüber
Kirche	15	16%	selten
Friedhofsgebäude	1	1%	sehr selten
Kindergarten	5	5%	dauernd
Jugendhaus	2	2%	einige Tage pro Woche
Doppel/Sonst	8	9%	unterschiedlich

Die ältesten Gebäude entstammen noch dem 18.Jahrhundert, die neuesten aus den 1990er Jahren. Mehrere ältere Gebäude wurden nachträglich bereits umgebaut oder erhielten später Anbauten. Die Gliederung nach Alter und ursprünglichem Baujahr ist wie folgt:

Baualter	Anzahl	Prozent
vor 1914	15	16%
1915-1949	2	2%
1950-1960	25	27%
1961-1970	27	29%
1971-1980	11	12%
1981-1990	11	12%
1991-2000	2	2%

Größe	Prozent
bis 100 m <sup>2</sup>	6%
101-200 m <sup>2</sup>	33%
201-300 m <sup>2</sup>	23%
301-400 m <sup>2</sup>	15%
401-500 m <sup>2</sup>	6%
501-600 m <sup>2</sup>	8%
über 600 m <sup>2</sup>	9%

### 3 Wärmeschutz der Außenbauteile

#### 7.1 Art der Unterkellerung

Die Wärmeverluste an der Unterseite eines Hauses hängen von der Art der Unterkellerung und der Beheizung der evtl. Keller ab.

Folgende Abbildung und Tabelle zeigen die verschiedenen Unterkellerungsvarianten mit ihren jeweiligen Wärme übertragenden Hüllflächen sowie die Häufigkeit der vorgefundenen Unterkellerungen



##### Formatierung

Art der Unterkellerung		
Nr	Txt	93
0	k.A.	3%
1	nicht unterkellert	19%
2	teilunterk. unbeheizt	11%
3	teilunterk. teilbeheizt	11%
4	teilunterk. beheizt	0%
5	vollunterk. unbeheizt	33%
6	vollunterk. teilbeheizt	22%
7	vollunterk. beheizt	1%

Etwa 2/3 der Gebäude hat keine oder unbeheizte Keller und etwa 1/3 hat teilbeheizte oder ganz beheizte Keller. Die vorgefundene energetische Qualität der vorkommenden Wärme übertragenden Kellerbauteile sind in den folgenden Abschnitten erörtert.

Die untersten Wärme übertragende Bauteile sind bei Objekten ohne Keller oder mit beheizten Kellern deren Sohlplatten (vgl. Kap. 3.2.). Bei ganz oder teilbeheizten Kellern kommen dann Kelleraußenwände gegen Erde (vgl. Kap. 3.3.) und ggf. Kellerinnenwände zwischen kalten und warmem Kellern vor (Vgl. Kap. 3.4.). Bei Objekten mit unbeheizten Kellern sind die Kellerdecken zwischen unbeheiztem Keller und beheiztem EG unterer Abschluss (vgl. Kap. 3.5.). Daneben sind auch Kellertüren (vgl. Kap. 3.6.) zu unbeheizten Kellern wichtig, da sie häufig undicht sind und hohe Lüftungswärmeverluste bewirken.

#### 7.2 Sohlplatten

Sohle		
Nr	Txt	93
0	k.A.	6%
1	n.v.	31%
2	Holzboden über Erde	0%
3	Steinboden auf Erde	0%
4	Betondecke WD=0	31%
5	Beton + Estr WD1-3	9%
6	Beton + Estr WD 4-6	15%
7	Beton + Estr WD 7-10	4%
8	Beton + Estr WD >10	0%

Wärme übertragende Sohlplatten unter beheizten Kellern oder im EG von nicht unterkellerten Gebäude(teile)n kommen in 63 % der untersuchten Objekte vor. Da an ihrer Unterseite Erde und nicht Außenluft anliegt, ist die Temperaturdifferenz zwischen innen und außen im Winter bei Sohlplatten um 50-70 % geringer, als bei Bauteilen gegen Außenluft und eine entsprechend geringere Wärmedämmung gleichwertig. Trotzdem führen ungedämmte oder nur sehr wenig gedämmte Sohlplatten zu unnötig hohen Wärmeverlusten und zu kühlen Oberflächentemperaturen der Böden, was die Nutzungsmöglichkeiten der Räume wegen Fußkälte beschränkt. Folgende Tabellen zeigen die Häufigkeit der vorgefundenen Sohlplatten-Aufbauten sowie eine Gegenüberstellung verschiedener wärmetechnischer Qualitäten von Sohlplatten mit Hochrechnung ihrer Wärmeverluste in 40 Jahren bei normaler Beheizung. Bei Teilbeheizung sind sie entsprechend geringer.

Insgesamt haben 63 % der Gebäude in beheizten Kellern oder im EG Sohlplatten als Wärme übertragende Teilflächen der Gebäudehülle. In 31 % aller Gebäude sind die Sohlplatten unter (teil-)beheizten Räumen nicht wärmegedämmt, in weiteren 9 % nur geringfügig mit 1-3 cm Dämmstärke.

Sohlplatten	sehr kalt	kalt	kühl	Neubau standard	Niedrig-energie Standard	Passiv-haus Standard
<b>U-Wert</b>	4,87 W/m <sup>2</sup> K	1,31 W/m <sup>2</sup> K	0,79 W/m <sup>2</sup> K	0,39 W/m <sup>2</sup> K	0,27 W/m <sup>2</sup> K	0,15 W/m <sup>2</sup> K
<b>Bauart / Dämmung</b>	Nur Beton	+2 cm 040	+4 cm 040	+8 cm 035	+12 cm 035	+22 cm 035
<b>Wärmeverlust p.a.</b>	20.454 kWh	5.489 kWh	3.318 kWh	1.646 kWh	1.138 kWh	0.643 kWh
<b>Wärmeverlust in 40 a</b>	818.160 kWh	219.576 kWh	132.720 kWh	65.856 kWh	45.528 kWh	25.704 kWh
<b>Wärmekosten p.a.</b>	1.432 EUR	384 EUR	232 EUR	115 EUR	80 EUR	45 EUR
<b>Wärmekosten in 40 a</b>	57.271 EUR	15.370 EUR	9.290 EUR	4.610 EUR	3.187 EUR	1.799 EUR
Größe der Sohlplatte:	100 m <sup>2</sup>		Kalkulationsdauer:	40 Jahre	Wärmepreis:	0,07 EUR/kWh

### 7.3 Kelleraußenwände gg. Erde

Von 21 % der Gebäude mit (teil-)beheizten Kellern konnten Daten über deren Wärme übertragende Kelleraußenwände gegen Erde erhoben werden. Die folgende Tabelle zeigt die Häufigkeit der Bauarten. Das Ergebnis ist sehr ernüchternd. Nur in einem Gebäude sind die Kelleraußenwände überhaupt wärmegedämmt. Bei allen anderen Häusern sind es ungedämmte Wände aus schwerem Baustoff wie Bruchstein (BR), Beton oder Kalksandstein, welche stark Wärme leiten. Die Erklärung ist relativ einfach: die meisten (teil-)beheizten Keller wurden nicht für die heutige teilbeheizte Nutzung konstruiert, sondern als unbeheizte Abstellkeller und wurden später umgenutzt und mit Heizkörpern ausgerüstet.

Abkürzungen ???

AW gg. Erde		
Nr	Txt	93
0	k.A.	16%
1	n.v.	60%
2	BR Beton WD=0	18%
3	BR Beton WD 4	1%
6	KS WD=0	2%
10	VZ WD=0	1%
12	VZ WD 6-8	1%

Bei nur sehr selten beheizten Kellern mag das zu relativ wenig Verlusten führen, jedoch werden wegen der thermischen Trägheit der schweren Wände nie angenehme Oberflächentemperaturen erreicht.. Bei häufiger beheizten Kellern führt es zu hohen Wärmeverlusten, wobei wegen des starken Wärmeabflusses dennoch die Temperatur an der Innenoberfläche der Kelleraußenwand kühl bleibt. Generell sollten dafür nicht konstruierte Keller nicht für höherwertige (beheizte) Nutzungen herangezogen werden. Folgende Tabelle zeigt die Höhe der Wärmeverluste über Kelleraußenwände gegen Erde bei verschiedenen Wärmedämmstandards in normal beheizten Gebäuden.

Keller-Außenwand gg. Erde	sehr kalt	kalt	kalt	kühl	Neubau standard	Niedrig-energie Standard	Passiv-haus Standard
<b>U-Wert</b>	4,00 W/m <sup>2</sup> K	2,10 W/m <sup>2</sup> K	1,20 W/m <sup>2</sup> K	0,60 W/m <sup>2</sup> K	0,35 W/m <sup>2</sup> K	0,25 W/m <sup>2</sup> K	0,15 W/m <sup>2</sup> K
<b>Bauart / Dämmung</b>	25 cm Beton	36 cm KS	36 cm VZ	+4 cm 035	+8 cm 035	+12 cm 035	+22 cm 035
<b>Wärmeverlust p.a.</b>	16.800 kWh	8.820 kWh	5.040 kWh	2.520 kWh	1.470 kWh	1.050 kWh	0.643 kWh
<b>Wärmeverlust in 40 a</b>	672.000 kWh	352.800 kWh	201.600 kWh	100.800 kWh	58.800 kWh	42.000 kWh	25.704 kWh
<b>Wärmekosten p.a.</b>	1176 EUR	617 EUR	353 EUR	176 EUR	103 EUR	74 EUR	45 EUR
<b>Wärmekosten in 40 a</b>	47.040 EUR	24.696 EUR	14.112 EUR	7.056 EUR	4.116 EUR	2.940 EUR	1.799 EUR
Wandfläche:	100 m <sup>2</sup>		Kalkulationsdauer:	40 Jahre	Wärmepreis:	7 Eurocent/kWh	

Eine wärmetechnische Sanierung ist aus feuchtetechnischen Gründen i.d.R. nur außenseitig empfehlenswert. Der Aufwand, dazu das Erdreich abzugraben, ist allerdings erheblich. Sollte rund um ein Haus aber aus anderem Grunde (Kanalsanierung, Drainage, Gartenbau...) einmal ganz oder teilweise abgegraben werden, ist eine nachträgliche Außendämmung der Außenwände (teil-)beheizter Keller gegen Erde immer empfehlenswert. In den meisten Fällen dürfte es aber einfacher sein, dafür ungeeigneten Keller nicht für höherwertige Nutzungen heran zu ziehen, auch wenn mal wieder eine Kirchengruppe einen "eigenen Raum" haben möchte.

## 7.4 Kellerinnenwände kalt-warm

### Abkürzungen

KE-IW k-w		
Nr	Txt	93
0	k.A.	20%
1	n.v.	62%
2	BR VZ KS WD=0	17%
3	BR KS VZ WD 4	0%

In Gebäuden mit teilweise beheizten Kellern übertragen die Trennwände zwischen beheizten und unbeheizten Kellern Wärme. Solche Innenwände wurden in 17 % der untersuchten Gebäude ermittelt, wobei sämtliche vorgefundenen Wände aus schwerem Mauerwerk hergestellt waren und keine Wärmedämmung aufweisen. Eine Erklärung dafür dürfte ähnlich wie bei den Keller-Außenwänden sein.

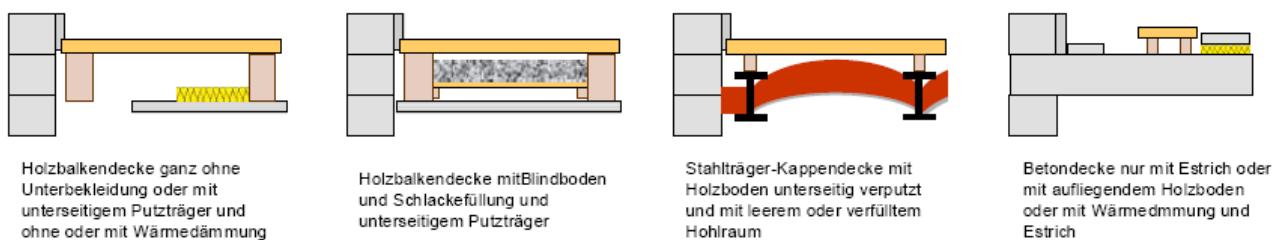
Bei solchen Innenwänden ist eine wärmetechnische Sanierung in der Regel sehr einfach, da hier nur Dämmsschichten im Trockenen auf die kalte (oder auch warme) Seite der

Trennwand zu montieren sind. Werden Keller regelmäßig beheizt und bestehen im beheizten Raum höhere Anforderungen an die Robustheit der Wandoberfläche, empfiehlt sich eine kaltseitige Dämmung. In nur temporär genutzten Räumen mit eher geringer mechanischer Beanspruchung der Wandoberflächen kann eine warmseitig (Innen-)Dämmung vorteilhaft sein, da sich dann bei der temporären Beheizung die Oberflächentemperatur deutlich schneller erhöht, da nicht die ganze Mauermasse erst zu erwärmen ist. Folgende Tabelle zeigt die Höhe der Wärmeverluste über Kellerinnenwände kalt-warm bei verschiedenen Wärmedämmstandards in normal beheizten Gebäuden.

Keller-Innenwand kalt-warm	sehr kalt	kalt	kühl	Neubau standard	Niedrig- energie Standard	Passiv-haus Standard
<b>U-Wert</b>	2,60 W/m <sup>2</sup> K	2,10 W/m <sup>2</sup> K	0,65 W/m <sup>2</sup> K	0,37 W/m <sup>2</sup> K	0,31 W/m <sup>2</sup> K	0,15 W/m <sup>2</sup> K
<b>Bauart / Dämmung</b>	11,5 KS	11,5 VZ / Holz	+4 cm 035	+8 cm 035	+10 cm 035	+22 cm 035
<b>Wärmeverlust p.a.</b>	2.730 kWh	2.205 kWh	0.683 kWh	0.393 kWh	0.323 kWh	0.161 kWh
<b>Wärmeverlust in 40 a</b>	109.200 kWh	88.200 kWh	27.300 kWh	15.708 kWh	12.936 kWh	6.426 kWh
<b>Wärmekosten p.a.</b>	191 EUR	154 EUR	48 EUR	27 EUR	23 EUR	11 EUR
<b>Wärmekosten in 40 a</b>	7.644 EUR	6.174 EUR	1.911 EUR	1.100 EUR	0.906 EUR	0.450 EUR
Größe der Fläche:	25 m <sup>2</sup>		Kalkulationsdauer:	40 Jahre	Wärmepreis:	7 Eurocent/kWh

## 7.5 Kellerdecken

Kellerdecken über unbeheizten Kellern kamen in mehr als 2/3 der untersuchten Gebäude in unterschiedlicher Bauweise vor.



Bzgl. Bauart waren es zu 7 % Holzdecken, zu 5 % Stahlträger--Kappendecken und zu 54 % Betondecken. 18% der Decken hatten keine Wärmedämmsschicht, bei 44 % Objekte wurden Dämmstärke von 2-4 cm ermittelt. Nur bei 2 % der Objekte wurden dickere Dämmungen vorgefunden. Nebenstehende Tabelle zeigt die Bestandsaufnahme, unterteilt die Höhe der Wärmeverluste über Kellerdecken bei verschiedenen Wärmedämmstandards in normal beheizten Gebäuden.

KE-Decke		
Nr	Txt	93
0	k.A.	11%
1	n.v.	23%
3	Holzdecke WD 4	5%
4	Holzdecke WD 6-8	1%
6	Holzdecke WD 14...	1%
7	Kappendeck. WD=0	4%
8	Kappendeck. WD 4	1%
12	Betondecke WD=0	14%
13	Beton + Estr WD 2-4	39%
14	Beton + Estr WD 6-8	1%

Kellerdecken zu dämmen wurde daher in vielen Fällen angeraten, zumal dies eine relativ preiswerte Maßnahme ist. Einschränkungen können sich nur dann ergeben, wenn die Keller sehr wenig Höhe haben oder andere Einbauhindernisse dominieren. Während bei Betondecken bei der nachträglichen Dämmung nahezu nichts falsch gemacht werden kann, muss bei Holzbalkendecken auch auf die Feuchteströme und auf die Erhaltung bzw. Wiederherstellung der Luftdichtheitsschicht geachtet werden.

Spaltenbreiten einheitlich???

Beton-Kellerdecken	sehr kalt	kalt	kühl	Neubau standard	Niedrig-energie Standard	Passiv-haus Standard
U-Wert	4,87 W/m <sup>2</sup> K	1,31 W/m <sup>2</sup> K	0,79 W/m <sup>2</sup> K	0,39 W/m <sup>2</sup> K	0,27 W/m <sup>2</sup> K	0,15 W/m <sup>2</sup> K
Bauart / Dämmung	Nur Beton	+2 cm 040	+4 cm 040	+8 cm 035	+12 cm 035	+22 cm 035
Wärmeverlust p.a.	20.454 kWh	5.489 kWh	3.318 kWh	1.646 kWh	1.138 kWh	0.643 kWh
Wärmeverlust in 40 a	818.160 kWh	219.576 kWh	132.720 kWh	65.856 kWh	45.528 kWh	25.704 kWh
Wärmekosten p.a.	1.432 EUR	384 EUR	232 EUR	115 EUR	80 EUR	45 EUR
Wärmekosten in 40 a	57.271 EUR	15.370 EUR	9.290 EUR	4.610 EUR	3.187 EUR	1.799 EUR

Holzbalken-Kellerdecken	sehr kalt	kalt	kühl	Neubau standard	Niedrig-energie Standard	Passiv-haus Standard
U-Wert	1,14 W/m <sup>2</sup> K	0,78 W/m <sup>2</sup> K	0,59 W/m <sup>2</sup> K	0,39 W/m <sup>2</sup> K	0,30 W/m <sup>2</sup> K	0,18 W/m <sup>2</sup> K
16 cm Balken mit ...	16 cm Luft	8 cm Schlacke	3 cm 040	8 cm 035	12 cm 035	24 cm 035
Wärmeverlust p.a.	4.784 kWh	3.276 kWh	2.474 kWh	1.617 kWh	1.264 kWh	0.773 kWh
Wärmeverlust in 40 a	191.352 kWh	131.040 kWh	98.952 kWh	64.680 kWh	50.568 kWh	30.912 kWh
Wärmekosten p.a.	335 EUR	229 EUR	173 EUR	113 EUR	88 EUR	54 EUR
Wärmekosten in 40 a	13.395 EUR	9.173 EUR	6.927 EUR	4.528 EUR	3.540 EUR	2.164 EUR
Deckenfläche:	100 m <sup>2</sup>			Kalkulationsdauer:	40 Jahre	Wärmepreis:
					0,07 EUR/kWh	

## 7.6 Kellertüren

Kellertür		
Nr	Txt	93
0	k.A.	34%
1	n.v.	26%
2	dicht	2%
3	teils undicht	33%
4	ganz undicht	3%
5	fehlen	1%

Thermisch trennende Kellertüren zwischen beheiztem EG (oder beheiztem Keller) und unbeheizten Kellern haben meist keine große Fläche, weshalb ihr Wärmedämmwert eher nachrangig ist. Sind sie jedoch luftundicht, können durch Winddruck und Kamineffekt im Treppenhaus oder gesamten Haus starke Kaltluftströme und resultierende überhöhte Lüftungswärmeverluste entstehen. Die Türen wurden daher vor allem auf ihre Luftdichtheit untersucht. Wünschenswert dichte Türen wiesen nur 2 % der Gebäude auf, teils undichte Türen 33 % der Gebäude und stark undichte Türen 3 % der Gebäude. Bei einem Haus fehlte jegliche Tür zwischen beheiztem EG und unbeheizten Kellern.

Gehen Kellertüren von der beheizten Zone aus ab und nicht z.B. von einem unbeheizten Treppenhaus aus, welches durch weitere Etagenabschlusstüren von den beheizten Etagen abgetrennt ist, ist eine nachträgliche Abdichtung undichter Kellertüren i.d.R. preiswert und sinnvoll.

## 7.7 Außenwände gegen Luft

AW gg. Luft			
Nr	Txt	U-Wert	93
0	k.A.	0,00	5%
2	BR Beton WD=0	3,20	3%
8	KS WD 4	0,70	3%
9	KS WD 6-8	0,41	1%
10	KS WD 10-12	0,29	1%
12	VZ WD=0	1,49	17%
13	VZ WD 4	0,60	1%
14	VZ WD 6-8	0,37	2%
15	VZ WD 10-12	0,27	2%
17	HLZ HBL WD=0	1,23	31%
18	HLZ HBL WD 4	0,55	8%
19	HLZ HBL WD 6-8	0,36	4%
20	HLZ HBL WD 10-12	0,26	4%
27	Fachwerk WD=0	1,30	1%
28	Fachwerk WD 4	0,55	6%
31	VZ LSM leer	1,20	2%
32	VZ LSM verfüllt	0,60	2%
33	AW unklar WD 0-3	0,90	4%

Die vorgefundenen Bauarten der Außenwände (teil-)beheizter Gebäude gegen Außenluft zeigt nebenstehende Tabelle, in der auch die typischen U-Werte dieser Wandaufbauten dargestellt sind. Darin bedeuten

BR = Buchstein

KS = Kalksandstein

VZ = Vollziegel

HLZ = Hochlochziegel

HBL = Hohlblockleichtstein (Betonstein)

VZ-LSM = Vollziegel-Luftsichtmauerwerk

WD = Dicke der Wärmedämmsschicht

54 % der Wände bestehen nur aus Mauerwerk ohne Wärmedämmsschicht mit U-Werten zwischen 1,2 und 3,2 W/m<sup>2</sup>K. 18 % der Objekte haben Wände mit nur bis zu 4 cm Dämmsschicht mit U-Werten zwischen 0,55 und 0,70 W/m<sup>2</sup>K. Nur je 7 % der Gebäude haben Wände mit 6-8 cm bzw. mit 10-12 cm Wärmedämmung. Eine fehlende oder sehr geringe Dämmung ist nur bei Objekten mit sehr geringer Beheizung (z.B. Friedhofskapellen oder Sonntags-Kirchen) akzeptabel. Bei allen regelmäßig bis dauernd beheizten Gebäuden sind U-Werte oberhalb 0,50 W/m<sup>2</sup>K generell unbefriedigend und U-Werte über 0,75 W/m<sup>2</sup>K sanierungsbedürftig.

Folgende Tabellen zeigen die U-Werte typischer massiver Wandaufbauten bei verschiedenen

Wand-U-Werte in W/m <sup>2</sup> K	$\lambda =$	$d =$	Dämmstärke						
	W/mK	cm	0 cm	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm
<b>Bruchstein</b>	<b>2,20</b>	<b>40</b>	2,589	0,551	0,308	0,214	0,164	0,133	0,112
<b>KS mittelschwer</b>	<b>0,56</b>	<b>24</b>	1,580	0,482	0,286	0,203	0,157	0,128	0,109
		<b>30</b>	1,351	0,459	0,277	0,199	0,155	0,127	0,107
		<b>36</b>	1,168	0,435	0,268	0,194	0,152	0,125	0,106
<b>Vollziegel 1900</b>	<b>0,50</b>	<b>24</b>	1,461	0,471	0,281	0,201	0,156	0,128	0,108
		<b>30</b>	1,243	0,446	0,272	0,196	0,153	0,126	0,107
		<b>36</b>	1,082	0,423	0,264	0,192	0,150	0,124	0,105
<b>Gitterziegel / HBL 1950</b>	<b>0,39</b>	<b>24</b>	1,220	0,442	0,271	0,195	0,153	0,125	0,106
		<b>30</b>	1,027	0,414	0,260	0,190	0,149	0,123	0,105
		<b>36</b>	0,957	0,389	0,250	0,184	0,146	0,121	0,103
<b>Naturbims / LHLZ 1970</b>	<b>0,27</b>	<b>24</b>	0,915	0,395	0,252	0,186	0,147	0,121	0,103
		<b>30</b>	0,760	0,363	0,239	0,178	0,142	0,118	0,101
		<b>36</b>	0,643	0,334	0,226	0,171	0,137	0,115	0,099
<b>Porenbeton 1970</b>	<b>0,24</b>	<b>24</b>	0,830	0,378	0,246	0,182	0,144	0,120	0,102
		<b>30</b>	0,688	0,345	0,231	0,174	0,139	0,116	0,100
		<b>36</b>	0,580	0,316	0,218	0,166	0,134	0,113	0,097

Die beiden Tabellen auf der Folgeseite zeigen die Wärmeströme und Heizkosten bei monolithischen und Luftsicht-Wände n je nach U-Wert bei normal beheizten Gebäuden.

Außenwände	sehr kalt	kalt	kühl	Neubau standard	Niedrig-energie Standard	Passiv-haus Standard
U-Werte von-bis	1,00 - 2,50	0,50 - 1,00	0,35 - 0,50	0,25-0,35	0,15-0,25	< 0,15
Rechenwert	1,30 W/m <sup>2</sup> K	0,75 W/m <sup>2</sup> K	0,43 W/m <sup>2</sup> K	0,30 W/m <sup>2</sup> K	0,20 W/m <sup>2</sup> K	0,13 W/m <sup>2</sup> K
Wärmeverlust p.a.	10.920 kWh	6.300 kWh	3.570 kWh	2.520 kWh	1.680 kWh	1.050 kWh
Wärmeverlust in 40 a	436.800 kWh	252.000 kWh	142.800 kWh	100.800 kWh	67.200 kWh	42.000 kWh
Wärmekosten p.a.	764 EUR	441 EUR	250 EUR	176 EUR	118 EUR	74 EUR
Wärmekosten in 40 a	30.576 EUR	17.640 EUR	9.996 EUR	7.056 EUR	4.704 EUR	2.940 EUR
Größe der Decke:	100 m <sup>2</sup>			Kalkulationsdauer: 40 Jahre		Wärmepreis: 7 Eurocent/kWh

Luftsicht-Mauerwerk	sehr kalt	kühl	mäßig warm	Neubau standard	Niedrig-energie Standard	Passiv-haus Standard
Sanierungsvariante	leer	8 cm KD 035	10 cm KD 035	KD + 4 cm WDVS	KD + 8 cm WDVS	KD + 18 cm WDVS
U-Werte von-bis	1,7-2,1	0,55-0,65	0,45-0,55	0,25-0,35	0,18-0,24	< 0,15
Rechenwert	1,90 W/m <sup>2</sup> K	0,60 W/m <sup>2</sup> K	0,50 W/m <sup>2</sup> K	0,30 W/m <sup>2</sup> K	0,20 W/m <sup>2</sup> K	0,13 W/m <sup>2</sup> K
Wärmeverlust p.a.	15.960 kWh	5.040 kWh	4.200 kWh	2.520 kWh	1.680 kWh	1.092 kWh
Wärmeverlust in 40 a	638.400 kWh	201.600 kWh	168.000 kWh	100.800 kWh	67.200 kWh	43.680 kWh
Wärmekosten p.a.	1117 EUR	353 EUR	294 EUR	176 EUR	118 EUR	76 EUR
Wärmekosten in 40 a	44.688 EUR	14.112 EUR	11.760 EUR	7.056 EUR	4.704 EUR	3.058 EUR
Größe der Decke:	100 m <sup>2</sup>			Kalkulationsdauer: 40 Jahre		Wärmepreis: 7 Eurocent/kWh

Wirtschaftlich attraktiv sind vor allem preiswerte Methoden der Außenwanddämmung, wie die Verfüllung von leerem Luftsichtmauerwerk mit Einblasdämmung und die Außendämmung bei sowieso nötiger Putzsanierung oder Anstrichen, wenn wegen der Sowieso-Kosten für Gerüst, Putzsanierung und Anstrich nur ein Teil der Kosten der Energieeinsparung gegenübergestellt werden muss.

## 7.8 Haustüren

Haustür			
Nr	Txt	U-Wert	93
0	k.A.	0,00	12%
1	n.v.	0,00	1%
2	Holz opak	2,50	14%
3	Holz 1-fach	4,50	24%
4	Holz iso	2,50	22%
5	Holz WS-2	1,80	6%
9	PVC iso	3,10	1%
10	PVC WS-2	1,50	1%
11	PVC WS-3	1,10	1%
12	Alu n.getr. 1-fach	5,50	9%
13	Alu n.getr. iso/opak	3,50	2%
16	Alu getr. iso/opak	3,20	4%
17	Alu getr. WS-2	1,80	3%

Die vorgefundenen Haustüren wurden wärmetechnisch und bezüglich ihrer Luftdichtheit erfasst. Die Transmissionsverluste ergeben sich aus dem Rahmenmaterial und der evtl. Verglasung. Die links stehende Tabelle zeigt das Ergebnis der vorgefundenen Rahmen-Glas-Kombinationen mit zugehörigen U-Werten.

Bei den Rahmen treten insbesondere über thermisch nicht getrennte Stahl- oder Aluminiumrahmen hohe Verluste auf, bei den Verglasungen vor allem bei alter Einfach-Verglasungen, welche teils im Türblatt, teils in großflächigen nebenstehenden Festverglasungen, teils in Oberlichtern über Türen vorhanden ist. Überhöhte Lüftungswärmeverluste treten auf, wenn Lippen- und Bodendichtungen fehlen oder bei Objekttüren Türschließanlagen fehlen, so dass Türen nach Personendurchgang ganz oder spaltweise offen stehen bleiben.

Sehr kalte Türen mit U-Werten über 3 W/m<sup>2</sup>K wurden in 40 % der Objekte vorgefunden, mäßig kalte Türen mit Isolierglasfüllungen in 29 % der Objekte. Warne und dichte Türen waren nur in 11 % der Objekte vorhanden.

Die Wärmeverluste und resultierenden Heizkosten über verschiedene Tür- bzw. Fensterbauarten in normal beheizten Häusern zeigt die Tabelle auf der nächsten Seite.

Bei Türen mit kalten Verglasungen kann oft allein ein Glasaustrausch erhebliche Einsparungen bringen. Auch Luftundichtheiten an Türen lassen sich häufig mit relativ geringem Aufwand beseitigen. Viele Türen in kirchlichen Gebäuden sind gestalterisch aufwändig hergestellt und insofern erhaltenswert. Daher sind teils nicht ganz so einfache Lösungen möglich, wie im Trivialbau.

## 7.9 Fenster

Bei den Fenstern wurden Rahmenbauarten, Verglasungen und Luftdichtheit erfasst. Technische

Kennwerte sind die Ug-Werte der Verglasungen, die Uf-Werte der Rahmen oder die Uw-Werte der gesamten Fenster, daneben spielt auch die Luftdichtheit eine große Rolle.

Flachdach			
Nr	Txt	U-Wert	93
0	k.A.	0,00	15%
1	n.v.	0,00	71%
4	Holzdecke WD 6-8	0,49	1%
9	Beton WD 2	1,20	2%
11	Beton WD 6-8	0,43	1%
12	Beton WD 10-12	0,30	5%
13	Beton WD 14..	0,23	4%

In vielen Gebäuden kommen parallel verschiedenenartige Fenster vor, meist neben älteren auch schon erneuerte. In 9% der Objekte gibt es noch über 35 Jahre alte Holzfenster mit Einfachverglasung mit sehr kaltem Uw-Wert um 5,1 W/m<sup>2</sup>K, auch in normal beheizten Gebäuden. Weitere 8 % der Objekte haben durchgehende Aluminium-, Stahl- oder Betonrahmen mit Einfach- oder Isolierverglasung, die wegen der sehr kalten Rahmen auch U-Werte über 4 W/m<sup>2</sup>K haben. Etwa 2/3 der Gebäude haben i.d.R. 20-35 Jahre alte Holz- oder Kunststofffenster mit 2-Scheiben-Isolierglas und mäßig warmen Uw-Wert um 3,1 W/m<sup>2</sup>K, wobei hier die Rahmen meist deutlich wärmer sind und der hohe gesamt-Uw-Wert sich aus Glas und Randverbund ergibt. Weitere 12 % der Objekte haben bereits moderne Fenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung, 3 % der Objekte bereits moderne Fenster mit 3-Scheiben-Wärmeschutzglas in konventionellen Rahmen. Kombinationen aus 3-Scheiben-Wärmeschutzglas und wärmegedämmten Rahmen, wie sie beim passivhaus-Neubau üblich sind, wurden nicht angetroffen.

Die Sanierungsempfehlung bei Fenstern hängt wesentlich vom gestalterischen Wert von Rahmen und (Sonder-)Verglasung, vom Uw-Wert und vom Verschleiß des Rahmens ab. Gepflegte Holzrahmen in nicht stark bewitterter Ausrichtung können 100 Jahre halten, stark mechanisch beanspruchte, weil häufig genutzte Öffnungsflügel können schon nach 20 Jahren erneuerungsbedürftig sein. Sind Rahmen und Beschläge in gutem Erhaltungszustand und sind vor allem ältere Isolierverglasungen für den hohen gesamten Wärmedurchgang verantwortlich, wird i.d.R. nur ein Glasaustrausch empfohlen, der nur etwa 1/3 des Aufwands erfordert, wie der Einbau ganz neuer Fenster. Sind Rahmen oder Beschläge dagegen bereits verschlissen oder insgesamt zu kalt (z.B. Alurahmen nicht getrennt...), kommt nur eine Erneuerungen der gesamten Fenster in Frage.

Fenster	sehr kalt		kühl		Neubau standard	Niedrig-Energie-Standard		Passiv-haus Standard
U-Werte	5,00	4,00	3,00	2,50	1,80	1,40	1,00	0,80
Wärmeverlust p.a.	4.200 kWh	3.360 kWh	2.520 kWh	2.100 kWh	1.512 kWh	1.176 kWh	0.840 kWh	0.672 kWh
Wärmeverlust in 40 a	168.000 kWh	134.400 kWh	100.800 kWh	84.000 kWh	60.480 kWh	47.040 kWh	33.600 kWh	26.880 kWh
Wärmekosten p.a.	294 EUR	235 EUR	176 EUR	147 EUR	106 EUR	82 EUR	59 EUR	47 EUR
Wärmekosten in 40 a	11.760 EUR	9.408 EUR	7.056 EUR	5.880 EUR	4.234 EUR	3.293 EUR	2.352 EUR	1.882 EUR

Bei kompletter Erneuerung wird in normale beheizten Gebäuden heute jedenfalls der Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutzglas sowie von möglichst warmen Rahmen empfohlen. Auch sollte die Wärmebrücke am Glasrand dadurch minimiert werden, dass man keine Verglasungen mit Aluminium-Abstandshalter mehr wählt, sondern solche aus Edelstahl oder Kunststoff ("warme Kante"). Bei im Winter besonnten Fenstern sollte auch auf einen möglichst hohen g-Wert geachtet werden, um die solaren Wärmegewinne nicht unnötig zu verringern.

Bei kompletter Erneuerung wird in normale beheizten Gebäuden heute jedenfalls der Einbau von Fenstern mit 3-Scheiben-Wärmeschutzglas sowie von möglichst warmen Rahmen empfohlen. Auch sollte die Wärmebrücke am Glasrand dadurch minimiert werden, dass man keine Verglasungen mit Aluminium-Abstandshalter mehr wählt, sondern solche aus Edelstahl oder Kunststoff ("warme Kante"). Bei im Winter besonnten Fenstern sollte auch auf einen möglichst hohen g-Wert geachtet werden, um die solaren Wärmegewinne nicht unnötig zu verringern.

Undichtheiten an Fenstern kamen fast überall vor. Gravierende Luftdichtheits-Mängel gab es aber nur an wenigen Gebäuden, wo vertikale Fensterbänder im Treppenhaus vom unbeheizten Keller bis ins EG oder sogar OG und den Dachboden reichten und so (vermutlich versehentlich) einen offenen Luftverbund unter Umgehung der Kellertür und der DachbodenTür schufen, was zu einer starken Auskühlung des Treppenhauses im Winter beiträgt. Hier ist der Einbau vertikaler Abschottungen sinnvoll.

## 7.10 Dachbauteile

In den untersuchten Gebäuden kommen als obere Abgrenzung der beheizten Zone des Hauses alle gängigen Dachbauteile vor, also Schrägdächer, Kehlbalkendecken, Betondecken und Flachdächer sowie Kombinationen davon.

Kehlbalken- und Betondecke			
Nr	Txt	U-Wert	93
0	k.A.	0,00	8%
1	n.v.	0,00	17%
2	Holzdecke WD=0	2,04	3%
3	Holzdecke WD 4	0,80	16%
4	Holzdecke WD 6-8	0,49	6%
5	Holzdecke WD 10-12	0,36	22%
6	Holzdecke WD 14..	0,27	4%
7	Betondecke WD=0	3,36	3%
8	Beton + Estr WD=0	2,99	2%
9	Beton + Estr WD 2	1,20	6%
11	Beton + Estr WD 6-8	0,43	1%
12	Beton + Estr WD 10-12	0,30	3%
13	Beton + Estr WD 14...	0,23	8%



Bei der Begehung wurde außer auf die Bauweise und wärmetechnischer Qualität auch auf die Wasserdichtheit, Luftdichtheit und evtl. Holzschädigungen geachtet, da Dachsanierungen meist nicht allein wegen der Energieeinsparung, sondern wegen Reparaturbedürftigkeit anderer Elemente erfolgen, wobei dann auch gleich besser gedämmt und abgedichtet wird.

Die drei links stehenden Tabellen auf dieser und der nächsten Seite zeigen die vorgefundene wärmetechnische Qualität der drei Arten von Dachbauteilen.

Kehlbalken- oder Betondecken unter unbeheizten Dachböden haben 75 % der untersuchten Gebäude, wobei diese Decken in 6 % der Objekte ungedämmt und in weiteren 22 % der Objekte nur 1-4 cm stark gedämmt sind, was sehr große und rentable Einsparpotenziale aufzeigt. In 7 % der Häuser haben diese Decken 6-8 cm Dämmung in 25 % 8-10 cm Dämmung und in leider nur 12 % noch dickere Dämmung. Stand der Technik ist bei diesen decken etwa 30 cm Dämmung, zumal hier der Aufwand gering und der Einbauraum vorhanden ist.

Schrägdächer über ausgebauten und beheizten Räumen kommen in 55 % der Objekte vor. Hier von sind nur 2 % ungedämmt, 11 % allerdings mit nur 4 cm Dämmung bzw. 12 % mit 6-8 cm Dämmung nur sehr wenig gedämmt. 23 % der Schrägdächer sind mit 10-12 cm mäßig gut gedämmt, 4 % haben Dämmstärken von 14 cm oder mehr. Wirklich dick gedämmte Dächer mit 24-30 cm Dämmstärke gab es keine.

Flachdächer kamen nur bei 13 % der Objekte vor, teils auch als kleinere Teilflächen von Anbauten. Bei 3 % der Objekte waren diese nur wenig gedämmt (1-4 cm), bei 5 % mäßig gut (10-12 cm) und bei 4 % der Objekte gut (14... cm).

Die Empfehlungen zur Dachsanierung waren stets sehr individuell und hingen außer von Mängeln der Dämmung von anderen absehbaren Sanierungserfordernissen und Kostenabwägungen ab. Ist er

kennbar, dass absehbar eine Neueindeckung nötig ist, bietet sich meist an, auch mangelnde Dämmung und Luftdichtheit dabei von außen nachzubessern. Ist die Eindeckung noch in gutem Zustand, jedoch der Innenausbau inzwischen betagt, kann sich eine Sanierung von innen anbieten. Steht beides nicht an, wurde geschaut, ob eine Dämmung im Hohlraum auch ohne Öffnung der Dachhaut oder Innenbekleidung machbar ist und in jedem Falle wurden evtl. bauphysikalische Probleme einbezogen.

Da die Dächer meist relativ große Hüllflächen bilden, und eine dicke Dämmung bei Dachbauteilen generell leichter und preiswerter machbar ist als z.B. an Außenwänden, ist die klimapolitische Relevanz der nachträglichen Dachdämmung insgesamt sehr hoch. Die folgenden vier Tabellen zeigen die Qualitätsniveaus, Wärmeverluste und Energiekosten, die pro 100 m<sup>2</sup> Fläche bei verschiedenen Decken- und Dachkonstruktionen auftreten. Dächer im rot oder dunkelbraun markierten Bereich sind energetisch dringend sanierungsbedürftig.

Schrägdach		sehr kalt	kalt	kühl	kühl	Neubau-standard	Niedrige-Energie-Standard	Passivhaus-Standard
Dämmstärke	0 cm	3 cm	5 cm	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	
U-Wert	2,87 W/m <sup>2</sup> K	1,04 W/m <sup>2</sup> K	0,74 W/m <sup>2</sup> K	0,43 W/m <sup>2</sup> K	0,22 W/m <sup>2</sup> K	0,15 W/m <sup>2</sup> K	0,11 W/m <sup>2</sup> K	
Wärmeverlust p.a.	24.125 kWh	8.736 kWh	6.216 kWh	3.612 kWh	1.814 kWh	1.243 kWh	0.949 kWh	
Wärmeverlust in 40 a	964.992 kWh	349.440 kWh	248.640 kWh	144.480 kWh	72.576 kWh	49.728 kWh	37.968 kWh	
Wärmekosten p.a.	1689 EUR	612 EUR	435 EUR	253 EUR	127 EUR	87 EUR	66 EUR	
Wärmekosten in 40 a	67.549 EUR	24.461 EUR	17.405 EUR	10.114 EUR	5.080 EUR	3.481 EUR	2.658 EUR	
Deckenfläche:	100 m <sup>2</sup>	Kalkulationsdauer: 40 years			HWärmepreis:	7 Eurocent/kWh		

Kehlbalken-decken (Holz)		sehr kalt	kalt	kühl	mäßig warm	Neubau-standard	Niedrige-Energie-Standard	Passivhaus-Standard
Dämmstärke	0 cm	3 cm	5 cm	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	
U-Wert	3,20 W/m <sup>2</sup> K	1,09 W/m <sup>2</sup> K	0,76 W/m <sup>2</sup> K	0,44 W/m <sup>2</sup> K	0,21 W/m <sup>2</sup> K	0,13 W/m <sup>2</sup> K	0,09 W/m <sup>2</sup> K	
Wärmeverlust p.a.	26.880 kWh	9.148 kWh	6.409 kWh	3.671 kWh	1.730 kWh	1.084 kWh	0.790 kWh	
Wärmeverluste in 40a	1.075.200 kWh	365.904 kWh	256.368 kWh	146.832 kWh	69.216 kWh	43.344 kWh	31.584 kWh	
Heizkosten p.a.	1882 EUR	640 EUR	449 EUR	257 EUR	121 EUR	76 EUR	55 EUR	
Heizkosten in 40a	75.264 EUR	25.613 EUR	17.946 EUR	10.278 EUR	4.845 EUR	3.034 EUR	2.211 EUR	
Deckenfläche:	100 m <sup>2</sup>	Kalkulierte Nutzdauer: 40 Jahre			Wärmepreis:	7 Eurocent/kWh		

Kehlbalken-decken (Beton)		sehr kalt	kalt	kühl	mäßig warm	Neubau-standard	Niedrige-Energie-Standard	Passivhaus-Standard
Dämmstärke	0 cm	3 cm	5 cm	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	
U-Wert	3,50 W/m <sup>2</sup> K	0,96 W/m <sup>2</sup> K	0,65 W/m <sup>2</sup> K	0,36 W/m <sup>2</sup> K	0,17 W/m <sup>2</sup> K	0,11 W/m <sup>2</sup> K	0,09 W/m <sup>2</sup> K	
Wärmeverlust p.a.	29.400 kWh	8.064 kWh	5.460 kWh	3.024 kWh	1.428 kWh	0.924 kWh	0.714 kWh	
Wärmeverluste in 40a	1.176.000 kWh	322.560 kWh	218.400 kWh	120.960 kWh	57.120 kWh	36.960 kWh	28.560 kWh	
Heizkosten p.a.	2058 EUR	564 EUR	382 EUR	212 EUR	100 EUR	65 EUR	50 EUR	
Heizkosten in 40a	82.320 EUR	22.579 EUR	15.288 EUR	8.467 EUR	3.998 EUR	2.587 EUR	1.999 EUR	
Deckenfläche:	100 m <sup>2</sup>	Kalkulierte Nutzdauer: 40 Jahre			Wärmepreis:	7 Eurocent/kWh		

Beton- Flachdach (Warmdach)	sehr kalt		kalt	kühl	Neubau standard	Niedrig- energie Standard	Passiv-haus Standard
Dämmstärke	0 cm	3 cm	5 cm	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
U-Wert	3,20 W/m <sup>2</sup> K	1,09 W/m <sup>2</sup> K	0,76 W/m <sup>2</sup> K	0,44 W/m <sup>2</sup> K	0,19 W/m <sup>2</sup> K	0,12 W/m <sup>2</sup> K	0,09 W/m <sup>2</sup> K
Wärmeverlust p.a.	26.880 kWh	9.156 kWh	6.384 kWh	3.679 kWh	1.604 kWh	1.033 kWh	0.764 kWh
Wärmeverlust in 40 a	1.075.200 kWh	366.240 kWh	255.360 kWh	147.168 kWh	64.176 kWh	41.328 kWh	30.576 kWh
Wärmekosten p.a.	1882 EUR	641 EUR	447 EUR	258 EUR	112 EUR	72 EUR	54 EUR
Wärmekosten in 40 a	75.264 EUR	25.637 EUR	17.875 EUR	10.302 EUR	4.492 EUR	2.893 EUR	2.140 EUR
Größe der Decke:	100 m <sup>2</sup>	lifikationsdauer:	40 Jahre	Wärmepreis:	7 Eurocent/kWh		

## 4 Luftdichtheit

Die Luftdichtheit der Gebäudehülle hat erheblichen Einfluss auf die nicht steuerbaren Lüftungswärmeverluste, die durch Winddruck und innere Thermik (Kamineffekte) zustande kommen. Typische Luft-Undichtheiten kommen an älteren Gebäuden vor an Kellertüren, Haustüren, Bodenluken oder Dachboden türen, an Fenstern ohne Dichtungen sowie an Dach- oder Deckenbekleidungen, die nur aus Holzvertäfelungen bestehen und dahinter keine durchgehende Putz-, Baupappen oder Folienschicht haben. Daneben gibt es häufig nachträglich entstandene Undichtheiten an nachträglich durch luftdichte Schichten hindurch verlegten Rohren und Leitungen sowie rund um Einbauleuchten, die in luftdichtende Deckenbekleidungen (Putz, Gipskarton etc.) eingeschnitten, jedoch dort nicht abgedichtet wurden. Als weitere Kategorie gibt es Luftleckagen durch Bedienungsfehler bzw. Ausstattungsmängel, wie z.B. durch Außentüren von Publikumsgebäuden ohne selbsttätige Türschließer oder mit unwirksamen Bauelementen (z.B. mit Tisch verbarrikadierte Windfang-Doppeltür).

12 Luftdicht		
Nr	Txt	93
0	k.A.	22%
1	KE-Tür	1%
2	H-Tür	0%
3	N-Tür	0%
4	div.Türen	2%
5	einige FE	0%
6	viele FE	0%
7	SD / KBD	0%
8	insg. luftdicht	20%
9	mäßig undicht	42%
10	sehr undicht	13%

Einzelne Luftdichtheits-Mängel wurden bei der Begehung nebenher protokolliert und flossen ggf. in die einzelnen Sanierungsempfehlungen ein. Nebenstehende Tabelle zeigt die vereinfachte Erfassung. Die gesamte Luftdichtheit wurde nicht gemessen. Nach der Begehung wurde zusätzlich eine generelle Einstufung der Luftdichtheit vorgenommen. Bemerkenswert sind, dass 13 % Gebäude als insgesamt "sehr undichte" eingestuft wurden.

## 5 Heizanlagen

### 5.1 Wärmeerzeuger

Die untersuchten Gebäude, haben zu 85 % Zentralheizungsanlagen (54 % Gas, 31 % Öl). Sechs Objekte in Lemgo bzw. Oerlinghausen sind mit Fernwärme versorgt. Elektro-, Pellets- und Wärmepumpenheizungen kommen nur vereinzelt vor. Von den Gaszentralheizungen hat etwa die Hälfte schon effiziente Brennwertkessel mit um 100 % Brennstoffausnutzung, die andere Hälfte noch Niedertemperatur- (90%) oder Spezialkessel (80 %). Bei den Ölheizungen haben nur 2 von 31 Anlagen Brennwertkessel. Häufig werden Objekte mit mehreren Nutzungen (z.B. Pfarrwohn- und Gemeindehaus und Kirche) mit parallelen Heizanlagen im selben Heizkeller betrieben.

Im Rahmen künftiger Kesselerneuerung werden wohl alle Gas- und Ölheizanlagen künftig Brennwertkessel erhalten. Bei größeren Objekten kommen daneben noch rationellere Techniken wie Klein-BHKWs in Frage, zumal wenn daraus mehrere benachbarte Gebäude versorgt werden können, die leicht vernetzbar sind. Dort wo das denkbar ist, wird empfohlen, mit geringem Technikaufwand lang-

Heizungsart und CO <sub>2</sub>				
Nr	Hzg-Art	JNG %	g CO <sub>2</sub> /kWh	93
0	k.A.	0,00	0	3%
1	ÖI-NT	0,85	377	29%
2	ÖI-BWK	0,95	338	2%
3	Gas-SpK	0,80	315	12%
4	Gas-NT	0,90	280	17%
5	Gas-BWK	1,00	252	25%
6	Pellets	0,75	495	1%
7	Elektrospeicher	0,95	579	2%
8	Sole-Wasser-WP	3,00	183	1%
11	FW Lemgo	0,98	120	4%
12	Gas-AW-Öfen	0,80	315	1%
13	FW Oerlinghausen	0,98	128	2%

fristig vorher schon Lastgangmessungen des Strom- und Wärmeverbrauchs zu erstellen, um verlässliche Planungsdaten für die Dimensionierung der neuen Anlagen zu erhalten. Kirchliche Gebäude sind oft in zentraler Lage im Ort, so dass sie Mittelpunkte kleiner Nahwärmennetze werden können, aus denen auch Dritte mit beliefert werden können. Sie haben ihre Lastspitzen zudem nicht zeitgleich mit Wohnen und Gewerbe, so dass gekoppelte Versorgungsanlagen mit geringerer Leistung als mit der Summe der bisherigen Einzelleistungen separater Anlagen ausgelegt werden können.

## 5.2 Heizwärmeverteilung und Regelung

Die Heizwärmeverteilung in den verschiedenen Gebäuden erfolgt meist mit normalen Heizkörpern, seltener mit Fußbodenheizung und nur in einigen Kirchen mit Warmluft. Die Regelung erfolgt in den allermeisten Fällen nur mit Wochenprogramm für die Heizwasser-Vorlauftemperatur und mit Thermostatventilen an den einzelnen Heizflächen. Die damit verbundene Überbeheizung aktuell nicht genutzter Räume oder ganzer Zonen eines Hauses ist sehr schwer einschätzbar, dürfte aber nicht unerheblich sein. Faktisch hängt das Maß der Überbeheizung in temporär und nur raum- oder zonenweise genutzten Gebäuden wie in Kirchen und Gemeindehäusern weitgehend vom Vorhandensein eines aktuellen Raum-Belegungsplans und von der Regelungs-Disziplin der Nutzer bzw. von Küster oder Pfarrer ab, wieviel Stunden vor Veranstaltungsbeginn die jeweiligen Raumheizkörper oder Strangregelungen aufgedreht werden, wie früh vor oder nach Veranstaltungsende diese wieder abgestellt werden und auf welcher Temperatur die Räume während der Nichtnutzungszeiten gehalten werden.

Nur in wenigen Kirchen und Gemeindehäusern sind komplexere Regelanlagen für Stränge oder Einzelraumregelungen vorhanden, die es ermöglichen, täglich oder in anderem Rhythmus regelmäßig genutzte Räume automatisch nach Terminplan aufzuheizen. Zum Einsatz kommen dabei teils sehr einfache Systeme wie Thermostatventile mit integrierter Wochenzeitschaltuhr, Mehrstrang-Heizungsregelungen mit strangweiser Pumpensteuerung oder echte separate Steuerungen mit raum- oder strangweise fernverstellbaren Ventilen und Raumthermostaten. Bei jedem dieser komplexeren Systeme sind allerdings andere Komponenten verbaut, andere Benutzeroberflächen vorhanden und jedes scheint eine Speziallösung seines Erfinders zu sein. Keines schien so leicht bedienbar zu sein, dass Raumnutzer, Küster, Pfarrer oder Hausmeister es auf Anhieb verstehen und seine richtige Funktion nachvollziehen können. Dies verweist auf ein großes unausgeschöpftes Entwicklungspotenzial.

## 5.3 Heizungspumpen

In ca. 65 % der untersuchten Häuser sind in den Heizwasserkreisläufen noch Standardpumpen eingebaut, die nicht erkennen können, wie weit die Thermostatventile der Heizkörper offen oder geschlossen sind und die ständig mit voller Leistung pumpen, auch wenn das gar nicht benötigt wird. Dies führt zu unnötig hohem Stromverbrauch. Moderne Effizienzpumpen erkennen anhand des Verhältnisses von Stromaufnahme und erreichter Drehzahl, wieviel Heizwasser abnehmerseitig benötigt wird und regeln ihre Pumpenleistung automatisch hinauf bzw. herab. Die Umrüstung auf solche Effizienzpumpen ist in jedem regelmäßig beheiztem Haus sinnvoll.

Hzg-Regelung		
Nr	Txt	93
0	k.A.	6%
1	n.v.	0%
2	TV manuell	59%
3	Stränge	25%
4	Einzelraum	6%
5	unklar	3%

## 5.4 Warmwasserversorgung

Warmwassser		
Nr	Txt	93
0	k.A.	15%
1	n.v.	2%
2	elektrisch	32%
3	Hzg-Sp ohne Z	44%
4	Hzg-Sp mit Z ok	1%
6	Hzg +Sol ohne Z	3%
7	Hzg +Sol mit Z ok	1%
9	Gaskombitherme	1%

Die Warmwasserbereitung erfolgt in etwa der Hälfte der untersuchten Objekte über einen indirekt beheizten Speicher, der von der Zentralheizung erwärmt wird, wobei in 4 % der Häuser ergänzend thermische Solaranalagen installiert sind.

In etwa einem Drittel der Häuser erfolgt die Brauchwasserbereitung elektrisch. Dies sind vor allem Kirchen und Versammlungsgebäude, wenn der Heizraum nicht in direkter Nähe der Küchen liegt. Sofern zentrale Warmwasserbereiter für Warmwasser vorhanden sind, sind diese meist in Wohnhäusern und ohne Zirkulationsleitungen gebaut. Die wenigen vorgefundenen Zirkulationssysteme waren zeitgesteuert und ihre Uhren gingen halbwegs richtig.

Die Warmwasseranlagen sind i.d.R. bedarfsgerecht konstruiert und bieten kein nennenswertes Einsparpotenzial.

## 5.5 Dämmung der Heiz- und Warmwasserleitungen

Hzg-Leitungen		
Nr	Txt	93
0	k.A.	15%
1	n.v.	4%
2	ok	75%
3	geringe Mängel	5%
4	erhebl. Mängel	0%

Im ganz überwiegenden Teil der zentral beheizten Gebäude sind die im Keller vorgefundenen Heizwasser und ggf. Warmwasserleitungen ordentlich gedämmt. Nur bei 5 % der Häuser waren deutliche Fehlstellen - meist nach Reparaturen - zu erkennen, wo dann auch angeregt wurde, die Leitungen nachträglich besser zu dämmen.

## 6 Lüftung

Lüftung		
Nr	Txt	93
0	k.A.	8%
1	Fenster ok	43%
2	Fenster nok	9%
3	FE+DAH ok	23%
5	FE+DAH+Bad-Abl ok	4%
7	FE+WC-Abluft ok	9%
8	FE+WC-Abluft nok	2%
10	FE+zentr.Abluft nok	1%
11	FE+WRG ok	0%
12	FE+WRG nok	0%
13	FE+Umlufthzg ok	2%

Die Lüftungstechnik, mit der in den untersuchten Gebäuden Frischluft zugeführt und Abluft aus Küchen, Bädern und anderen Räumen bedarfsgerecht abgeführt wird, ist meist schlichte Fensterlüftung, ergänzt um bauliche Luftundichtheit. Bei der Erhebung wurde vereinfacht ermittelt, welche Lüftungselemente vorhanden sind und ob damit richtig umgegangen wird ("ok") oder ob Probleme mit Feuchte oder anderen Aspekten bestehen ("nok").

Neben Fensterlüftung haben 23 % der Objekte (vor allem Pfarrhäuser) Dunstabzugshauben in den Küchen, 4 % haben zusätzlich elektrische Abuftventilatoren in Bädern. Weitere 12 % der Gebäude (meist Versammlungsgebäude) haben Abluftanlagen nur in den Toiletten, selten auch in Versammlungsräumen (Disco, Jugendraum etc.).

Die in der Regel ausreichend bis gut scheinende Luftqualität wird vermutlich häufig durch erhebliche Überlüftung bewirkt, was mit überhöhten Lüftungswärmeverlusten erkauft wird. Dies gilt insbesondere für Toiletten in Versammlungsgebäuden, deren Nutzer zwar leicht zum Öffnen von Fenstern bei schlechter Luftqualität neigen, seltener aber zum späteren Wieder-Schließen. Auch in Wohnhäusern, die im Laufe ihrer Sanierung immer luftdichter werden, nimmt das Risiko von Feuchteproblemen im Lauf der Zeit eher zu. Deutliche

Nutzer zwar leicht zum Öffnen von Fenstern bei schlechter Luftqualität neigen, seltener aber zum späteren Wieder-Schließen. Auch in Wohnhäusern, die im Laufe ihrer Sanierung immer luftdichter werden, nimmt das Risiko von Feuchteproblemen im Lauf der Zeit eher zu. Deutliche

Schimmelprobleme wurden jedoch nur in wenigen Objekten vorgefunden und dort vor allem in teilbeheizten Kellern mit nicht wärmegedämmten Außenbauteilen und nur temporärer Beheizung ohne organisierte Nachlüftung.

Sowohl aus Gründen des Feuchteschutzes wie auch der Energieeinsparung spricht Vieles für eine automatische und bedarfsgerechte Entlüftung von Feuchträumen (Küchen und Bäder) und von Toiletten durch Abluftventilatoren mit entsprechender eigener Sensorik. Je nach Raumnutzung können dabei Feuchtefühler oder reine Präsenzmelder in Verbindung mit Bedarfstastern oder Nachlauf-Zeitschaltuhren relativ simpel eine bedarfsgerecht ausgelöste und zugleich begrenzte Nachlüftung bewirken. In Räumen oder Häusern mit regelmäßig längerer Nutzung (Wohnhäuser, KiTas, Bürogebäude) sind sogar oft höherwertige Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung sinnvoll, da hier wegen der höheren Nutzungsdauer eine insgesamt größere Abluftwärmemenge als bei nur temporär genutzten Räumen rückgewinnbar ist.

In mehreren Kirchen und Versammlungsgebäuden sind auch größere Lüftungsanlagen eingebaut, die für unterschiedliche Aufgaben konzipiert wurden. Neben Luftheizungen gibt es in zwei Kirchen Umluftanlagen, mit denen erwärmte Heizungsluft unter der Decke abgesaugt und bodennah wieder eingeblasen wird. Damit sollte scheinbar der Nachteil der früheren Warmlüfttheizung, dass sich deren warme Luft rasch unter die Decke verflüchtigte, entgegen gearbeitet werden. Diese Anlage wird aber kaum genutzt.

In einigen Gemeindehäusern und KiTas gibt es einzelne größere Abluftventilatoren in Versammlungsräumen, die bei Veranstaltungsbetrieb für einen ausreichenden Luftaustausch sorgen sollen. Diese sind teils stillgelegt oder sogar zugeklebt. Das örtlich angetroffene Personal hatte von der Aufgabe und sinnvollen Regelung dieser Anlagen meist keine wirkliche Kenntnis, während teils zugleich eingerräumt wurde, dass bei bestimmten Gelegenheiten unversorger Lüftungsbedarf besteht. Möglicherweise wurde das Personal in diese Anlagen nie eingewiesen.

## 7 Prioritäts-Empfehlungen für die energetische Sanierung

### 7.1 Prioritäten

Für jedes Objekt wurden nach der Bestandsanalyse individuelle Prioritätenempfehlungen für die energetische Sanierung gegeben. Diese sind in den individuellen Beratungsberichten dargelegt. Einbezogen wurden Maßnahmen an Gebäudekomponenten mit besonders geringer energetischer Qualität, an denen hohe Einsparpotenziale bestehen, sofern eine Sanierung dieser Komponenten auf Grund der Randbedingungen überhaupt in Frage kommt. Komponenten in mäßig guter Qualität, die auch oft deutlich verbesserungsfähig sind, wurden meist nur mit 2. Priorität aufgenommen. Wenn energetische Verbesserungsmaßnahmen erst zu einem späteren Zeitpunkt empfohlen werden können, wurde dies im Einzelnen ausdrücklich erwähnt.

Die Priorität zwischen den einzelnen Maßnahmen wurde anhand der ermittelten oder abgeschätzten Kosten-Nutzen-Verhältnisse festgelegt, nicht nach dem Kriterium ihrer CO<sub>2</sub>-Einsparung. Insfern können je nach Gebäude teils kleine und preiswerte, teils große und teure Investitionen auf vorderen Plätzen stehen. Insgesamt wurden zwei Prioritätsklassen festgelegt, wobei die mit erster Priorität vorgeschlagenen Maßnahmen i.d.R. direkt wirtschaftlich sind, die in zweiter Priorität vorgeschlagenen Maßnahmen dagegen im Verhältnis von Gesamtaufwand zu damit einsparbaren Energiekosten oft nicht wirtschaftlich. Diese Würdigung ist allerdings nur bedingt tauglich, da fast alle Komponenten irgendwann ohnehin reparaturbedürftig sind, wobei dann der Gesamtaufwand einer Reparatur oder Erneuerung sowieso fällig ist und die damit erzielte Energieeinsparung nur ein dankbar hingenommener Nebeneffekt ist. Bei solchen Komponenten stellt eine vorgezogene Ersatzinvestition, die zwecks früherer Energieeinsparung vorgenommen wird, nur insoweit einen finanziellen Mehraufwand dar, als ein gewisser Restwert vernichtet wird, der aber meist nur sehr schwer kalkulierbar ist.

Insgesamt wurden für die untersuchten 93 Gebäude etwa 550 mögliche Sanierungsmaßnahmen identifiziert, wovon 237 Sanierungsmaßnahmen mit 1. Priorität und 175 mit 2. Priorität vorgeschlagen werden. Sie zerfallen technisch in 69 unterschiedliche Maßnahmen Empfehlungen, die auf den nächsten Seite systematisch und mit ihrer Gesamt- und Prioritätshäufigkeit aufgelistet sind.

Empfohlene Maßnahmen				Häufigkeit 1. Priorität							Häufigkeit 2. Priorität				
Nr	Maßnahme	414	100%	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	Summe	2.1	2.2	2.3	2.4	Summe
101	KE-/EG-Sohle von oben dämmen	3	1%	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2	0	2
201	KE-AW von außen dämmen	1	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
301	KE-IV kaltseitig dämmen	3	1%	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	2
401	KE-Tür abdichten	21	5%	6	6	2	4	1	0	19	0	1	1	0	2
402	KE-Tür abdichten/erneuern	4	1%	3	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
403	KE-Tür einbauen	3	1%	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
404	Whg-Türen abdichten	1	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
501	KE-DE von unten dämmen	31	7%	8	6	6	1	0	1	22	5	2	2	0	9
504	KE-DE prüfen ggf. verfüllen	3	1%	1	0	1	1	0	0	3	0	0	0	0	0
601	AW innen dämmen	3	1%	0	0	0	1	0	0	1	0	2	0	0	2
602	AW außen dämmen	9	2%	1	1	1	0	0	0	3	1	3	1	1	6
603	AW im Hohlraum dämmen	3	1%	1	1	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0
604	AW prüfen ggf. KD / WDVS	6	1%	0	1	3	0	1	1	6	0	0	0	0	0
605	AW zu Garage dämmen	1	0%	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
701	FE Glasauftausch WSG-2	28	7%	0	0	0	0	0	0	0	19	8	1	0	28
702	FE Glasauftausch WSG-2-3	46	11%	3	1	0	0	0	0	4	38	4	0	0	42
703	FE Glasauftausch WSG-3	1	0%	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
704	FE erneuern WSG-2	3	1%	2	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	1
705	FE erneuern WSG-3	11	3%	1	2	0	0	0	0	3	2	6	0	0	8
707	Vorsatzscheibe vor 1-f. Glas	7	2%	0	1	3	0	0	0	4	0	2	1	0	3
708	FE-Rahmen abdichten	1	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
801	Haustür abdichten/Schließer	10	2%	2	2	3	1	2	0	10	0	0	0	0	0
802	Haustür Glasauftausch	5	1%	0	0	1	0	1	0	2	3	0	0	0	3
803	Haustür abdichten+Glasauftausch	15	4%	3	5	2	0	1	0	11	2	2	0	0	4
804	Neue Haustür WS2	5	1%	2	0	0	0	0	0	2	1	2	0	0	3
807	Neue Nebentür/en	2	0%	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1
808	Luke/Tür zu Dachboden abdichten	6	1%	2	2	0	1	0	1	6	0	0	0	0	0
902	SD von außen dämmen	3	1%	0	1	1	0	0	0	2	0	1	0	0	1
904	SD von innen dämmen	1	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
906	SD luftdicht auskleiden	4	1%	2	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
1001	KBD im Hohlraum dämmen	1	0%	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1002	KBD von oben dämmen	38	9%	12	7	4	2	1	0	26	3	5	3	1	12
1003	KBD von oben dämmen + dichten	8	2%	2	2	1	1	0	0	6	1	1	0	0	2
1005	KBD von unten dämmen + dichten	2	0%	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
1006	KBD Rand abdichten	4	1%	1	0	2	0	1	0	4	0	0	0	0	0
1007	KBD Einbauleuchten abdichten	1	0%	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1102	FD von oben dämmen	2	0%	0	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0
1106	FD LD prüfen ggf. sanieren	1	0%	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
1107	FD Wasserablauf prüfen	1	0%	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
1201	Bodenluke dämmen + dichten	2	0%	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0
1203	Holzwurm umbefall KBD/SD prüfen	1	0%	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1301	Brennw ertkessel einbauen	1	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
1302	Künftig Brennw ertkessel einbauen	1	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
1303	Künftig Heizanlagen zusammenlegen	1	0%	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
1304	Hgz Effizienzpumpe einbauen	43	10%	16	13	7	5	1	1	43	0	0	0	0	0
1306	Heizungsregelung optimieren	11	3%	2	1	0	2	1	0	6	0	3	2	0	5
1307	Heizungsleitungen dämmen	1	0%	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1308	Neue Heiztechnik (NW/BHKW)	5	1%	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	0	5
1309	Heizungsregelung überarbeiten	2	0%	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0
1310	Wärmemengenzähler nachrüsten	1	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
1311	Heizkörper ändern	1	0%	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
1312	Ofen RLU-Luftanschluss einbauen	1	0%	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1601	Abluft Küche nachrüsten	2	0%	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
1602	Abluft Bad nachrüsten	4	1%	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	3
1603	Abluft WCs nachrüsten	1	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
1604	Abluft diverse nachrüsten	16	4%	1	2	0	0	1	0	4	2	8	1	1	12
1605	Lüftung mit WRG einbauen	1	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
1701	Türschließer nachrüsten	2	0%	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
1702	Dachbodenbelüftung	1	0%	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
1703	Lichtreflektorplatten nachrüsten	1	0%	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
1704	IV zu Dachboden dämmen	4	1%	2	1	0	0	0	0	3	1	0	0	0	1
1705	Heizkörpervorkleidungen entf.	2	0%	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
1706	FE-Übergabestation isol.	1	0%	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1801	Stromverbrauch analysieren	1	0%	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1802	Kühlanlage Regelung prüfen	1	0%	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1803	Lichtregelungen nachrüsten	2	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2
1804	Auskrag. Decke von unten dämmen	1	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
1805	Solaranlage reparieren	2	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2
1806	Öltankanlage abdichten	1	0%	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Die beiden nachfolgenden verkürzten Tabellen zeigen die nach 1. Priorität bzw. 2. Priorität sortierten Maßnahmenlisten, sofern die jeweilige Maßnahme wenigstens dreimal vorgeschlagen wurde

Empfohlene Maßnahmen		Häufigkeit 1. Priorität						
Nr	Maßnahme	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	Summe
1304	Hgz Effizienzpumpe einbauen	16	13	7	5	1	1	43
1002	KBD von oben dämmen	12	7	4	2	1	0	26
501	KE-DE von unten dämmen	8	6	6	1	0	1	22
401	KE-Tür Abdichten	6	6	2	4	1	0	19
803	Haustür Abdichten+Glasaustausch	3	5	2	0	1	0	11
801	Haustür Abdichten/Schließer	2	2	3	1	2	0	10
604	AW prüfen ggf. KD / WDVS	0	1	3	0	1	1	6
808	Luke/Tür zu Dachboden Abdichten	2	2	0	1	0	1	6
1003	KBD von oben dämmen + dichten	2	2	1	1	0	0	6
1306	Heizungsregelung optimieren	2	1	0	2	1	0	6
402	KE-Tür Abdichten/erneuern	3	1	0	0	0	0	4
702	FE Glasaustrausch WSG-2-3	3	1	0	0	0	0	4
707	Vorsatzscheibe vor 1-f-Glas	0	1	3	0	0	0	4
906	SD luftdicht auskleiden	2	2	0	0	0	0	4
1006	KBD Rand Abdichten	1	0	2	0	1	0	4
1604	Abluft diverse nachrüsten	1	2	0	0	1	0	4
403	KE-Tür einbauen	3	0	0	0	0	0	3
504	KE-DE prüfen ggf. verfüllen	1	0	1	1	0	0	3
602	AW außen dämmen	1	1	1	0	0	0	3
603	AW im Hohlraum dämmen	1	1	0	1	0	0	3
705	FE erneuern WSG-3	1	2	0	0	0	0	3
1704	W zu Dachboden dämmen	2	1	0	0	0	0	3

Empfohlene Maßnahmen		Häufigkeit 2. Priorität				
Nr	Maßnahme	2.1	2.2	2.3	2.4	Summe
702	FE Glasaustrausch WSG-2-3	38	4	0	0	42
701	FE Glasaustrausch WSG-2	19	8	1	0	28
1002	KBD von oben dämmen	3	5	3	1	12
1604	Abluft diverse nachrüsten	2	8	1	1	12
501	KE-DE von unten dämmen	5	2	2	0	9
705	FE erneuern WSG-3	2	6	0	0	8
602	AW außen dämmen	1	3	1	1	6
1306	Heizungsregelung optimieren	0	3	2	0	5
1308	Neue Heiztechnik (NW/BHKW)	1	1	3	0	5
803	Haustür Abdichten+Glasaustausch	2	2	0	0	4
707	Vorsatzscheibe vor 1-f-Glas	0	2	1	0	3
802	Haustür Glasaustrausch	3	0	0	0	3
804	Neue Haustür WS2	1	2	0	0	3
1602	Abluft Bad nachrüsten	1	1	1	0	3

Dabei können gleiche Positionen teils bei 1. und teils bei 2. Priorität vorkommen, da ihre Priorität in unterschiedlichen Gebäuden verschieden sein kann. Auch können relativ teure und für sich gesehen unrentable Maßnahmen mit Priorität 1 vorkommen, wenn z.B. eine ohnehin erforderliche Reparatur ansteht, so dass hier nur noch abzuwegen ist, welche neue Qualität realisiert werden soll. Dies trifft

z.B. für Maßnahme 705 (Neue Fenster mit 3-fach-Verglasung) zu, wenn es bei ohnehin nötigen neuen Fenstern nur um die Abwägung geht, ob diese mit 2-fach- oder mit 3-fach-Verglasung ausgeführt werden sollen.

Die Auswertung der Prioritäten für die untersuchten kirchlichen Gebäude bestätigt die Erfahrung aus der langjährigen Energieberatung im Kreis Lippe. Neben dem Sonderthema "Effizienzpumpen", das sich allein über die Stromeinsparung rechtfertigt, liegen an ersten Plätzen der sehr preiswert und wirkungsvollen Maßnahmen

- die nachträgliche Dämmung oberster Decken unter unbeheizten Dachböden
- die nachträgliche Dämmung von nicht oder nur wenig gedämmten Kellerdecken von unten,
- die Abdichtung gravierender Luftundichtheiten an Keller- Außen und Dachboden türen,
- die nachträgliche Kerndämmung von Luftsichtmauerwerk
- Verbesserungen bei der Heizungsregelung und
- der Austausch von Einfach- oder alten Doppelverglasungen in Fensterrahmen, die noch eine lange Restnutzungsdauer haben.

Die Prioritäten sind dabei auch abhängig von der Intensität der Beheizung. Bei Wohngebäuden mit hoher Heizdauer lohnen sich alle Maßnahmen stärker, als bei nur werktags und tagsüber genutzten Gebäuden (Gemeindehäuser, Kindergärten etc.) und am wenigsten lohnt sich energetische Sanierung bei sehr wenig beheizten Gebäuden wie z.B. Kirchen oder Friedhofsgebäuden, sofern dort nicht gerade aus anderem Grunde ein Bauteil saniert werden muss und eine Zusatzdämmung nahezu nur zum Materialpreis einbaubar ist, da die Fixkosten für Planung, Gerüst, Bauteilöffnung oder neue Oberfläche sowieso anfallen.

Soweit Nachrüstungen der Lüftungstechnik vorgeschlagen werden, erfolgt dies meist aus hygienischen Gründen sowie zur Verringerung vermuteter überhöhter Lüftungswärmeverluste, die aber schwer quantifizierbar sind, weshalb hier das Ranking vager ist.

## 7.2 Sanierungskosten und Wirtschaftlichkeit

Die vorgeschlagenen 550 Maßnahmen erfordern Einzelinvestitionen zwischen 5 Euro und 43.000 Euro bzw. ein gesamtes Investitionsvolumen von 1,5 bis 1,7 Mio. Euro, soweit Kosten ermittelt wurden. Die Bandbreite der Gesamtkosten ergibt sich daraus, dass viele Maßnahmen wahlweise durch Dritte oder in Eigenleistung erbracht werden können. Der niedrigere Betrag ergibt sich bei Ausführung in Eigenleistung, wobei dann keine Lohn- sondern nur Material- oder unumgängliche Fremdkosten angesetzt sind, der höhere Betrag bei Fremdvergabe.

Bei der Ermittlung der Wirtschaftlichkeit wurde rein statisch gerechnet, wurden also keine Finanzierungskosten, keine Inflation und keine Energiepreisseigerungen einbezogen. Als Wärmepreis wurden bei Gas- und Ölheizungen einheitlich 0,07 €/kWh angesetzt, als Strompreis 0,20 €/kWh. Für längerfristige Hochrechnungen sind dies recht konservative Werte, da zu erwarten ist, dass die Energiepreise schneller als die Inflationsrate steigen. Sensibel waren zudem die Annahmen über die Beheizung. Bei Wohngebäuden wurden 84 kWh/a als jährliche Temperaturdifferenzdauer (früher: Heizgradstunden) angesetzt, bei Gemeindehäusern je nach Anteil der selten und häufig genutzten Räume 50-70 kWh/a, bei Kirchen noch weniger. Tatsächlich sind die Raumtemperaturen und Heizgraddauern individuell sehr unterschiedlich, was aber nicht präzise erhebbar war.

Die Amortisationsdauer der bzgl. Einspareffekt und Kosten identifizierten Einzelmaßnahmen beträgt zwischen 0,1 und 110 Jahren, im Mittel 11 Jahre, wobei bei den meisten Maßnahmen die Vollkosten einbezogen wurden. Nur bei ohnehin fälligen Ersatzinvestitionen wurden lediglich die Mehrkosten der empfohlenen energetisch höherwertigen Ausführung gegenüber einer reinen Ersatzinvestition in gleicher Qualität wie zuvor einbezogen wurden. Angesichts der üblicherweise langen Nutzungsdauer bautechnischer Komponenten ist ein ganz erheblicher Teil der energetischen Sanierungsmaßnahmen insofern als wirtschaftlich anzusehen. Die Einzelergebnisse sind in den Objektberichten sowie in einer Gesamttafel zusammengestellt, die dem Bericht in Dateiform beiliegt. Wegen der Vielfalt der untersuchten Gebäude finden sich dabei sowohl Objekte, bei denen "Rosinen zu picken" sind, als auch solche, bei denen keine mögliche Maßnahme aktuell wirtschaftlich scheint.

### 7.3 Mögliche CO<sub>2</sub>-Einsparung und deren Kosten

Die mit den vorgeschlagenen Maßnahmen realisierbare CO<sub>2</sub>-Einsparung ergibt sich aus der einsparbaren Energiemenge, der Effizienz der das jeweilige Objekte versorgenden Heizanlage sowie dem eingesetzten Energieträger (vgl. Kapitel 5).

Insgesamt wurde durch die quantifizierbaren Maßnahmen ein jährliches CO<sub>2</sub>-Einsparpotential von rund 416.000 kg/a identifiziert. Vermutlich dürfte es durch den nicht quantifizierbaren Anteil noch um 30-50 % höher sein. Zieht man nur die quantifizierbar gewesenen Einsparpotenziale heran und stellt diese den ermittelten Gesamtkosten gegenüber, ergeben sich CO<sub>2</sub>-Einsparkosten von zwischen 3,68 und 4,13 €/(kg\*a). Unterstellt man vereinfacht, dass die vorgeschlagenen Maßnahmen im Mittel 30 Jahre Wirkungsdauer haben, so dass mit der einmaligen Investition 30 Jahre lang diese jährliche CO<sub>2</sub>-Einsparung erreicht wird, ergeben sich im Mittel spezifische CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten von 0,12 bis 0,14 €/kg.

Detmold, 06.06.2012