

Auszug\* aus  
Klimaschutzkonzept der Stadt Detmold  
- Teil 2 -

\* Das gesamte Original ist downloadbar von <http://www.klimaschutz-detmold.de/>

## Inhalt

(...)

<b>2</b>	<b>CO<sub>2</sub>-Einsparung aus Gebäudeheizung, Warmwasser und Strom</b>	<b>12</b>
2.1	CO <sub>2</sub> -Einsparung aus Gebäudeheizung	12
2.1.1	Einsparpotenziale durch die Sanierung von Kellerbauteilen	14
2.1.1.1	Sohlplatten unter beheizten Räumen	14
2.1.1.2	Keller-Außenwände	16
2.1.1.3	Keller-Innenwände zwischen beheizten und unbeheizten Räumen	19
2.1.1.4	Kellerdecken über unbeheizten Kellern	20
2.1.1.4.1	Holzbalken-Kellerdecken	21
2.1.1.4.2	Stahlträger-Kellerdecken	23
2.1.1.4.3	Stahlbeton-Kellerdecken	24
2.1.2	Einsparpotenziale durch die Sanierung von Außenwänden	26
2.1.2.1	Einschalige massive Außenwände	27
2.1.2.2	Zweischalige massive Außenwände	28
2.1.2.3	Lippisches Luftschichtmauerwerk	30
2.1.3	Einsparpotenziale durch die Sanierung von Fenstern und Außentüren	32
2.1.4	Einsparpotenziale durch die Sanierung von Dachbauteilen	36
2.1.4.1	Schrägdächer über beheizten Räumen	37
2.1.4.2	Kehlbalkendecken unter unbeheizten Dachböden	42
2.1.4.3	Flachdächer	45
2.1.5	Einsparpotenziale durch die Verringerung von Lüftungswärmeverlusten	49
2.1.6	Erhöhung passiv-solarer und innerer Wärmegewinne	53
2.1.6.1	Solare Wärmegewinnung	53
2.1.6.2	Innere Wärmegewinnung	55
2.2	CO <sub>2</sub> -Einsparung aus Warmwasserbereitung	57
2.3	CO <sub>2</sub> -Einsparung aus Stromverbrauch	58
2.3.1	Effiziente Pumpen	58
2.3.2	Effiziente Beleuchtung	59
2.3.2.1	Lichtregelung	59
2.3.2.2	Effiziente Leuchtmittel	60
2.3.2.3	Effiziente Lampengehäuse	60
2.3.3	Minimierung von Standby-Verlusten	61
2.3.4	Besonders sparsame Haushaltsgeräte	62

(...)

## 2 CO<sub>2</sub>-Einsparung aus Gebäudeheizung, Warmwasser und Strom

### 2.1 CO<sub>2</sub>-Einsparung aus Gebäudeheizung

Ausweislich der Ergebnisse aus Teil 1 des Klimaschutzkonzepts verursachte die Erzeugung von Raumwärme im Jahr 2006 etwa 44 % der gesamten Detmolder CO<sub>2</sub>-Emissionen. Ein Großteil der beheizten Gebäude in Detmold ist dabei schon älter und hat, gemessen an heute möglichen Standards, überhöhte CO<sub>2</sub>-Emissionen. Folgendes Diagramm zeigt die Bandbreite üblicher Heizwärmebedarfe von Alt- und Neubauten:

Aus ihm ist erkennbar, dass die energetische Sanierung von Altbauten wesentlich größere Einsparpotenziale eröffnet als z.B. die Verbesserung von Neubauten. Saniert man z.B. einen "35-Liter"-Altbau aus 1950 auf Neubaustandard, macht die erzielte 80%ige Einsparung absolut 275 kWh/m<sup>2</sup>\*a aus. Errichtet man einen Neubau als Passivhaus statt nach EnEV-Mindestanforderungen verringert man dessen HWB mit 80 % Einsparung absolut nur 60 kWh/m<sup>2</sup>\*a. So sinnvoll es ist, Neubauten nach Stand der Technik in Passivhaus-Bauweise zu bauen, ist es doch klimapolitisch vorrangig, die Potenziale der Altbausanierung auszuschöpfen und dabei auch die fortschrittliche Technik aus dem Neubausektor zur Anwendung zu bringen.

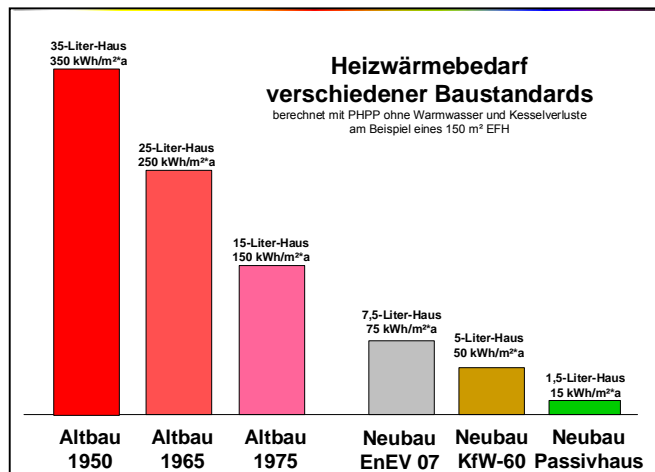


Abb. 2.1-1 Heizwärmebedarfe

Das CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial im Sektor Gebäudeheizung und Warmwasser hängt, außer vom bauseitigen Heizwärmebedarf, auch von der Effizienz der Wärmeerzeuger und von den spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen der zur Wärmeerzeugung eingesetzten Energieträger ab. Potenziale zur Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen liegen bei älteren Häusern außer in der Verringerung des Heizwärmebedarfs also

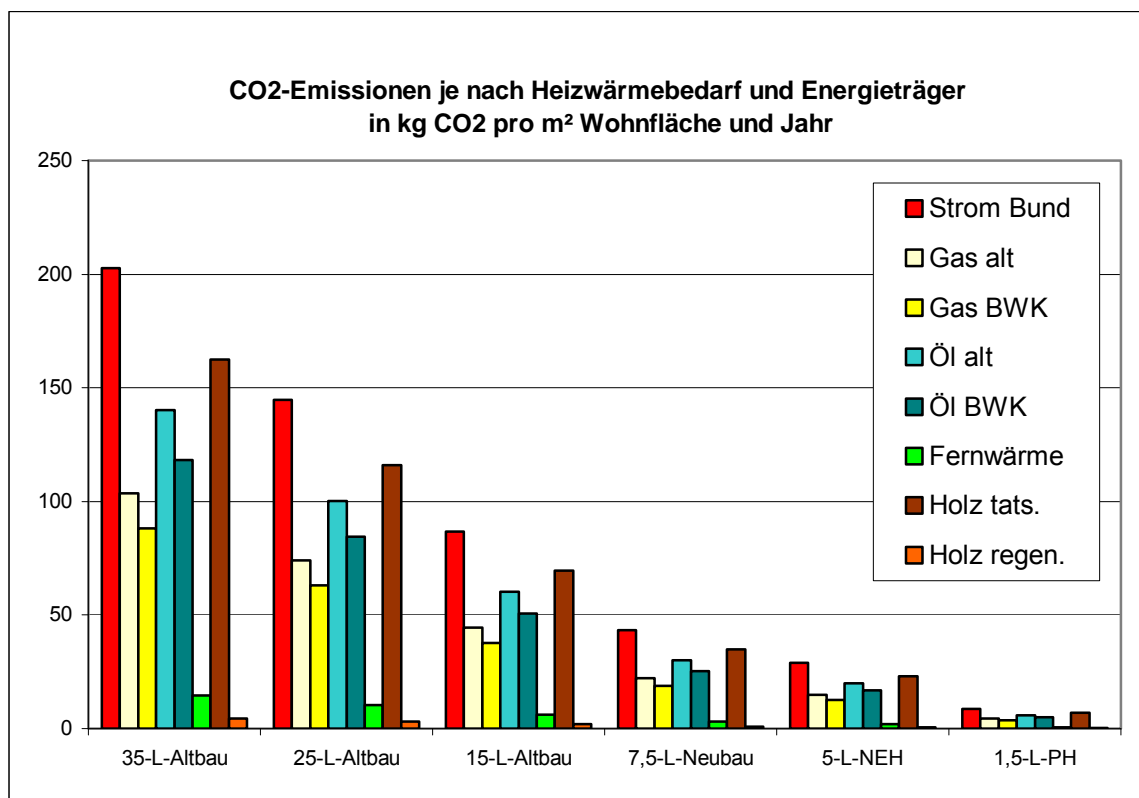


Abb. 2.1-2 Spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen je nach HWB und Heiztechnik

auch in der Verbesserung der Heiztechnik und im Wechsel auf CO<sub>2</sub>-ärmere Energien.

Abb. 2.1-2 zeigt die unterschiedliche Höhe der CO<sub>2</sub>-Emissionen von Häusern derselben sechs Qualitätsabstufungen des Heizwärmebedarfs differenziert nach Art der Beheizung.

Der Umrechnung von spezifischem Heizwärmebedarf auf die spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen pro m<sup>2</sup> Wohnfläche liegen die folgenden Emissionsfaktoren aus Teil 1 des Klimaschutzkonzepts zu Grunde, sowie folgende Annahmen zum Umwandlungswirkungsgrad der jeweiligen Endenergie in Raumwärme:

Energieträger	CO <sub>2</sub> /kWh	Heiztechnik	Wirk-Grad
Erdgas	251,9 g	Heizstrom	95 %
Heizöl	320,7 g	Gasheizung alt	85 %
Flüssiggas	277,4 g	Gasheizung BWK	100 %
Heizstrom	550,0 g	Ölheizung alt	80 %
DT-Fernwärme	50,0 g	Ölheizung BWK	95 %
Holz (real)	371,1 g	Holzheizung	80 %
Holz (global)	0 g	Fernwärme	95 %

Aus Abb. 2.1-2 ist einerseits erkennbar, dass der Heizwärmebedarf bei üblichen Energieträgern wie Gas, Öl und Strom weiterhin die bestimmende Einflussgröße auch auf die Höhe der CO<sub>2</sub>-Emissionen eines Gebäudes ist. Nur bei tatsächlich oder zumindest rechnerisch sehr CO<sub>2</sub>-emissionsarmen Heizenergien wie der Detmolder Fernwärme (im Diagramm hellgrün) oder Holz bei, Anrechnung der CO<sub>2</sub>-Senke der Wachstumsphase, sind die Niveaus sämtlich sehr gering.

Im folgenden Kapitel werden zunächst die Potenziale zur Verringerung des Heizwärmebedarfs in Detmold behandelt. Die Potenziale durch Effizienzsteigerung der Wärmeerzeuger und des Brennstoffwechsels in Detmold sind in Kapitel 3 behandelt.

Der Heizwärmebedarf der Detmolder Gebäude ergibt sich aus

- den Transmissionswärmeverlusten über die Gebäudehülle,
- den Lüftungswärmeverlusten,
- den solaren Wärmegewinnen durch Fenster und
- den inneren Wärmegewinnen.

Potenziale zur Verringerung des Heizwärmebedarfs liegen in

- einer Verbesserung des Wärmeschutzes der Gebäudehülle durch Dämmung von Kellerbauteilen, Außenwänden und Dachbauteilen sowie Einbau weniger wärmeleitender Gläser bzw. Fenster und Türen,
- der Verringerung der Lüftungswärmeverluste durch bessere Abdichtung luftundichter Gebäude und effiziente Lüftungstechnik und in
- der Erhöhung solarer und innerer Wärmegewinne.

Um das in Detmold ausschöpfbare CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial aus der Gebäudeheizung zu ermitteln, wurde vom NEI eine umfangreiche Erhebung energetischer Gebäudedaten durchgeführt. Insgesamt wurden im Dezember 2008 etwa 38.000 Fragebögen an Haushalte verteilt, in denen Daten zu Gebäudeform, beheizter Zone, Bauart und Wärmedämmung der Hüllflächen, Türen und Fenster, Heizung und Warmwasserversorgung, sowie Luftdichtheit und Energieverbrauch abgefragt wurden. Der Rücklauf wurde in eine Datenbank eingepflegt. Für Bürger, die ihre Gebäudedaten direkt online eingpflegen wollen, wurde eine Internet-Datenbank eingerichtet. Einbezogen wurden auch Daten und Erfahrungen aus inzwischen 20 Jahren Energieberatungsarbeit in Detmold und 15 Jahren Förderung der energetischen Altbausanierung, Daten der Stadtverwaltung über städtische Gebäude sowie der Stadtwerke über Verbrauchsmengen leitungsgebundener Energien. Um für die Hochrechnung auf das ganze Stadtgebiet geeignete Faktoren bilden zu können, wurden anhand verfügbarer Satellitenaufnahmen statistische Häufigkeitswerte bestimmter Gebäudetypen und Gebäudemerkmale ermittelt.

Diese daraus ermittelten Potenziale zur Verringerung des Heizwärmebedarfs sind in den folgenden Kapiteln qualitativ beschrieben und abschließend quantitativ hochgerechnet. Darin ist zu Vergleichszwecken für die meisten Bauteile einheitlich eine Kalkulationsdauer von 40 Jahren angenommen, auch wenn tatsächlich manche Bauteile deutlich längere Nutzungsdauern haben können.

## 2.1.1 Einsparpotenziale durch die Sanierung von Kellerbauteilen

Der wärmetechnisch relevante untere Abschluss der beheizten Zone eines Gebäudes kann, je nach Art der Unterkellerung und der Beheizung evtl. Keller, aus unterschiedlichen Bauteilen bestehen. Folgende Skizze zeigt vereinfacht die häufigsten Varianten. Die beheizte Zone des Hauses ist darin als gelbe Fläche, der Verlauf der wärmeübertragenden Gebäudehülle mit roter Linie eingetragen.

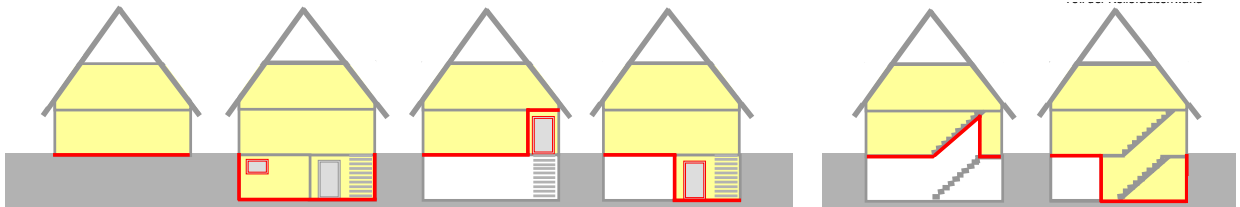


Abb. 2.1.1-1 Kellerbauarten

Als Wärme übertragende Bauteile kommen dabei vor:

- Sohlplatten unter beheizten Räumen auf Erde
- Keller-Außenwände gegen Erde oder gegen Luft
- Innenwände zwischen beheizten Räumen und unbeheizten Kellern
- Kellerdecken über unbeheizten Kellern sowie
- Kellerfenster, Keller-Innentüren und Keller-Außentüren.

Die hierbei jeweils bestehenden Einsparpotenziale sind in folgenden Kapiteln beschrieben.

Diese Wärme übertragenden Kellerbauteile machen bei EFH und MFH bis etwa 15 WE im Mittel etwa 20 % der gesamten Wärme übertragenden Gebäudehüllen aus.

Bei Detmolder Gebäuden kommen bei Kellern folgende Häufigkeiten vor:

- nicht unterkellert	11 %	mit unbeheizten Kellern	65 %
- teilunterkellert	16 %	mit teilbeheizten Kellern	33 %
- voll unterkellert	73 %	mit vollbeheizten Kellern	2 %

### 2.1.1.1 Sohlplatten unter beheizten Räumen

Auf der Erde liegende Sohlplatten oder andere Böden unter beheizten EG- oder Kellerräumen sind bei Detmolder Häusern seit etwa 1930 üblicherweise aus Beton, bei älteren Häusern sind es teils noch Holzböden auf Luftschicht über Kies- oder Schlackeschüttungen oder nur aus schweren Steinen. Da Beton und schwere Steine kaum Wärme dämmen, hängt die über Sohlplatten ins Erdreich abfließende Wärmemenge vor allem von der Dicke und Wärmeleitfähigkeit evtl. Dämmschichten auf oder unter diesen Decken ab. Folgende Tabelle zeigt sechs übliche energetische Qualitäten solcher Sohlplatten ohne oder mit 2 cm, 4 cm, 8 cm, 12 cm und 22 cm Wärmedämmung. In ihr sind am Beispiel einer 100 m<sup>2</sup> großen Deckenfläche und bei angenommenen 7 Ct/kWh Wärmekosten auch dargestellt, welche Wärmeverluste und Heizkosten über solche Decken entstehen. Aus den dargestellten Differenzen kann man den energetischen und finanziellen Nutzen zusätzlicher Dämmung erkennen.

Sohlplatten	sehr kalt (*)	kalt	kühl	Neubau-Standard	Niedrig-Energie-Standard	Passivhaus-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 a

Wärmepreis: 7 Eurocent/kWh

Abb. 2.1.1.1-1 Wärmeverluste über Sohlplatten

(\*) Der hohe U-Wert für "sehr kalt" gilt bei normgerechter Grenzziehung an der Unterkante der Betonsohle ohne Anrechnung der Dämmwirkung der Erde, welche je nach Erdart und Erdfeuchte höher oder niedriger sein kann. Eine nachträgliche Wärmedämmung von Wärme übertragenden (wüt) Sohlplatten ist in der Regel nur oberseitig möglich. Insoweit nicht durch den Rückbau alter Oberböden und Estriche Aufbauhöhe gewonnen werden kann, verringert die zusätzliche Dämmung die verbleibende Raumhöhe. Dies kann es erforderlich machen, Türstürze und Treppenantritte zu ändern. In Altbauten mit sehr hohen Raumhöhen ist das teils unproblematisch. In Räumen mit geringen Raumhöhen kann es jedoch ein Hemmnis sein. Bei sehr alten Häusern, deren Außen- und Innenwände auf eigenen Fundamenten stehen und bei denen nur raumweise Sohlplatten zwischen den Wandfundamenten eingebaut sind, können die alten Böden bzw. Sohlplatten nachträglich ausgebaut werden, der Boden tiefer auskoffert und ohne Raumhöhenverlust neue Drainage-, Dichtungs- und Dämmschichten eingebaut werden. Anlass für so weitgehende Bodensanierungen sind in der Regel nicht anders lösbare Feuchteprobleme oder Instabilitäten. Die Möglichkeit zur Verbesserung der Dämmung ist dann ein Nebennutzen.

In Detmolder Gebäuden kommen bei Wärme übertragenden Sohlplatten folgende Häufigkeiten vor:

- Häuser mit wüt. Sohlplatte	35 %	wüt. Sohlplatte ungedämmt	72 %
- Häuser ohne wüt. Sohlplatte	65 %	wüt. Sohlplatte gedämmt	28 %

Sofern baukonstruktiv und unter Einbeziehung aller anderer individueller Nebenumstände möglich, sind heute bei üblicher Dämmstoffqualität (WLG 035) in Sohlplatten unter beheizten Räumen Dämmschichten von wenigstens 12 cm und bis zu 22 cm Stärke empfehlenswert. Damit können bei Altbauten die Wärmeverluste über nicht oder nur wenig gedämmte Sohlplatten um 50 bis 97 % verringert werden und es kann Niedrigenergie- bzw. Passivhausqualität erreicht werden. Wenn bei solchen Umbauten auch Erneuerungen des Bodenbelags und bei Dämmstärken von über ca. 5 cm zudem Anpassungsarbeiten an Türen, Heizkörpern, Treppen etc. nötig werden, sind die Vollkosten solcher Umbauten nicht aus den erzielbaren Energieeinsparungen finanzierbar. Erfolgen die Umbauten aber vorrangig oder anteilig auch aus anderem Grund (Erneuerungsbedarf, Wasserabdichtung...), ist der Mehraufwand für die dabei nachzurüstende Dämmung gegenüber der damit erzielbaren Einsparung in der Regel immer darstellbar. Die im Einzelfall sinnvolle Dämmstärke und Ausführung muss dabei anhand der individuellen Randbedingungen ermittelt werden.

Die folgenden Bilder zeigen vier Beispiele der nachträglichen Wärmedämmung von Sohlplatten:



Abb. 2.1.1.1-2  
Nachträgliche oberseitige Dämmung einer vorher ungedämmten Keller-Sohlplatte mit 12 cm Dämmstärke.



Abb. 2.1.1.1-3  
Absenkung einer raumweisen Sohlplatte mit neuer Dämmung in einem Fachwerkhause mit oberseitig 6 cm PU-Hartschaum



Abb. 2.1.1.1-4  
Sohlplattendämmung einer Turnhalle von oben mit 4 cm Vakuum-Dämmstoff



Abb. 2.1.1.1-5  
Sohlplattendämmung von oben mit Holzboden durch 11 cm Perlite-Schüttdämmung WLG 045

### 2.1.1.2 Keller-Außenwände

Außenwände beheizter Keller gegen Erde sind bei Detmolder Altbauten vor etwa 1960 häufig aus schwerem Mauerwerk (Bruchstein, Vollziegel oder Kalksandstein) hergestellt. Zwischen 1960 und 1980 sind sie bereits häufig und nach 1980 überwiegend aus Beton. Die Wandstärken variieren zwischen 70 und 100 cm bei alten Bruchstein-Kellerwänden größerer Häuser (z.B. Musikschule Wolde-marstraße), bzw. zwischen 36 und 48 bei Ziegel- oder KS- und zwischen 25-35 cm bei Betonkellerwänden.

In Detmolder Gebäuden kommen bei Außenwänden beheizter Keller folgende Häufigkeiten vor:

- ohne Wärmedämmung 72 %
- mit Wärmedämmung 28 %

Wände aus Beton und schweren Mauersteinen haben materialbedingt eine sehr hohe Wärmeleitfähigkeit. Gegen Erddruck und Wasser beständige Perimeter-Dämmstoffe zur äußeren Dämmung erdbe-rührter Wände sind erst seit etwa 1950 verfügbar und erst seit etwa 1965 marktüblich. Unsanierte alte Außenwände beheizter Keller verursachen daher fast immer hohe Wärmeverluste. Im Erdreich lie-gende Keller wurden früher in der Regel nur als unbeheizte Lagerräume geplant und genutzt. Erst mit der Einführung sicherer Abdichtungsmaterialien gegen Wasser bzw. wasserdichter Kellerwannen so-wie von Zentralheizungen wurden Altbau-Keller allmählich trockener und wärmer und konnten höher-wertig genutzt werden. Die häufige Umnutzung früher unbeheizter Keller-Lagerräume zu regelmäßig beheizten Aufenthaltsräumen ist allerdings schon seit Mitte der 1950er Jahre an das Vorhandensein oder die Nachrüstung des jeweils gesetzlich vorgeschriebenen Mindestwärmeschutzes gekoppelt, da sonst gesundheitsgefährdende Schimmelrisiken bestehen. Diese Pflicht wird jedoch oft nicht beachtet. Bild 2.1.1.2-1 zeigt thermographisch den hohen Wärmeabfluss über die Außenwand eines beheizten Kellerraums, welche nur in kellerüblicher Qualität ohne Dämmschichten gebaut ist und nicht nachträg-lich gedämmt wurde, obwohl der Keller inzwischen dauernd beheizt wird.

Bei älteren Mauerwerkskellern dringt oft Nässe durch die Kellerwände nach innen ein, weil Abdich-tungsschichten fehlen oder durch Alterung versagen. Zugleich werden immer höhere Anforderungen an die Trockenheit von Kellern gestellt, um nicht nur Lebensmittel und Gartengeräte, sondern auch Kleider, Möbel und Akten lagern zu können. Um dies zu ermöglichen, werden ältere Kellermauern oft

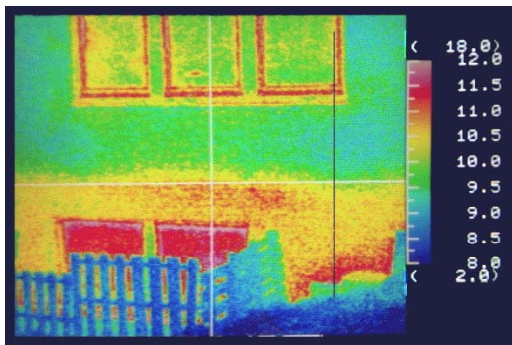


Abb. 2.1.1.2-1  
Wärmeverluste nicht gedämmter Außenwände  
beheizter Keller



Abb. 2.1.1.2-2  
Nötige Erneuerung der äußeren Abdichtung  
als günstiger Anlass für Außendämmung



Abb. 2.1.1.2-3  
Außendämmung der Keller-Außenwände im Sockel-  
bereich anlässlich der Sanierung der Wasserabdichtung



Abb. 2.1.1.2-4  
Außendämmung nur des luftberührten  
Sockelbereichs als Mindestdämmung  
der Oberkante der Kellermauer



nachträglich abgegraben und abgedichtet. Bei der dazu nötigen äußeren Freilegung von Kelleraußenwänden sollte stets auch eine außenseitige Wärmedämmung von Kellerwänden erfolgen. Und da hier aus baupraktischen Gründen meist ein 60 cm bis 1 m breiter Arbeitsraum ausgegraben werden muss, kann eine solche Außendämmung mit geringem Aufwand auch in üppiger Dicke montiert werden, da dafür fast nur der höhere Materialpreis anfällt.

Folgende zwei Tabellen zeigen sieben beispielhafte energetische Qualitäten von ungedämmten Keller-Außenwänden aus Beton, Bruchstein bzw. KS oder Vollziegelmauerwerk sowie mit 8 cm, 12 cm und 22 cm Wärmedämmung, einmal für an Luft und einmal für an Erdreich grenzende Keller-Außenwände. In ihnen sind am Beispiel von jeweils 100 m<sup>2</sup> großen Wandflächen und bei angenommenen 7 Ct/kWh Wärmekosten auch dargestellt, welche Wärmeverluste und Heizkosten über solche Wände entstehen. Aus den dargestellten Differenzen kann man den energetischen und finanziellen Nutzen zusätzlicher Dämmschichten erkennen. Sie unterscheiden sich nur in den Temperaturdifferenzen zwischen Innen- und Außenseite der Wände. Im Mittel einer Heizperiode ist die Temperaturdifferenz zwischen beheiztem Raum und Erdreich nur etwa halb so hoch wie zur Außenluft. Eine gleich dicke Dämmung wirkt daher gegen Außenluft doppelt so stark wie gegen Erdreich.

Keller-Außenwand gg. Erde	sehr kalt	kalt	kalt	kühl	Neubau- Standard	Niedrig- Energie- Standard	Passivhaus- Standard
U-Wert	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
Bauart / Dämmung	25 cm Beton	36 cm KS	36 cm VZ	+4 cm 035	+8 cm 035	+12 cm 035	+22 cm 035
Wärmeverlust p.a.	16.800 kWh	8.820 kWh	5.040 kWh	2.520 kWh	1.470 kWh	1.050 kWh	0.643 kWh
Wärmeverlust in 40 a	672.000 kWh	352.800 kWh	201.600 kWh	100.800 kWh	58.800 kWh	42.000 kWh	25.704 kWh
Wärmekosten p.a.	1176 EUR	617 EUR	353 EUR	176 EUR	103 EUR	74 EUR	45 EUR
Wärmekosten in 40 a	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

Abb. 2.1.1.2-5 Keller-Außenwand gg. Erde (halbe Temperaturdifferenz wie gg. Luft)

Keller-Außenwand gg. Luft	sehr kalt	kalt	kalt	kühl	Neubau- Standard	Niedrig- Energie- Standard	Passivhaus- Standard
U-Wert	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
Bauart / Dämmung	25 cm Beton	36 cm KS	36 cm VZ	+4 cm 035	+8 cm 035	+12 cm 035	+22 cm 035
Wärmeverlust p.a.	33.600 kWh	17.640 kWh	10.080 kWh	5.040 kWh	2.940 kWh	2.100 kWh	1.285 kWh
Wärmeverlust in 40 a	1.344.000 kWh	705.600 kWh	403.200 kWh	201.600 kWh	117.600 kWh	84.000 kWh	51.408 kWh
Wärmekosten p.a.	2352 EUR	1235 EUR	706 EUR	353 EUR	206 EUR	147 EUR	90 EUR
Wärmekosten in 40 a	94.080 EUR	49.392 EUR	28.224 EUR	14.112 EUR	8.232 EUR	5.880 EUR	3.599 EUR

Wandfläche: 100 m<sup>2</sup>

Kalkulationsdauer: 40 Jahre

Wärmepreis: 7 Eurocent/kWh

Abb. 2.1.1.2-6 Keller-Außenwand gg. Luft (doppelte Temperaturdifferenz wie gg. Erde)

Erkennbar ist vor allem, dass durch ungedämmte Beton-Kellerwände (üblich seit 1980) extrem viel Wärme nach außen abfließt, wenn die Keller beheizt werden, dass Bruchstein- (üblich vor 1930) und Kalksandsteinwände (1960-1980) ebenfalls relativ viel Wärme verlieren. Vollziegelkeller (1850-1950) sind dem gegenüber etwas wärmer aber immer noch kalt. Niedrige Wärmeverluste über Kelleraußenwände sind unabhängig von der Steinart erst ab etwa 12 cm Dämmstärke erreichbar.

Empfehlenswerte Dämmstärken für die Außendämmung von Keller-Außenwänden sind heute wenigstens 12 cm und bis zu 22 cm (bei Betonkellern 24 cm), sofern unter Einbeziehung evtl. individueller Nebenumstände möglich, jedenfalls aber, wenn aus anderem Grund ohnehin abgegraben werden soll. Damit können bei Altbauten die Wärmeverluste über dieses Bauteil um 79 bis 97 % verringert werden und kann Niedrigenergie- bzw. Passivhausqualität dieser Komponente erreicht werden.

Ist bei einem Objekt kein anderer Anlass zum Abgraben der Keller-Außenwände von außen gegeben und müsste dieser Aufwand nur um der Energieeinsparung willen betrieben werden, kann es wirtschaftlich sinnvoll sein, die Dämmung der Kellerwände auf deren luftberührten oberen Rand und die ersten etwa 50 cm Tiefe im Erdreich zu begrenzen, da damit immerhin die im Winter kältesten Stellen der Kelleraußenwand überdeckt werden. Diese Variante ist in Abb. 2.1.1.2-4 gezeigt.

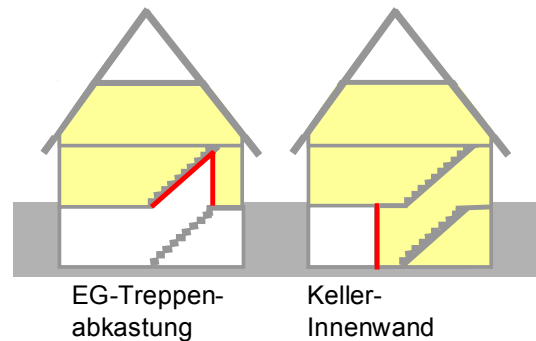


Von dieser Variante wird oft Gebrauch gemacht, wenn am betroffenen Haus ohnehin eine Außendämmung der Fassade montiert wird und deren Unterende aus gestalterischen Gründen, oder weil dabei gerade relativ preiswert mit ausführbar ist, noch bis ins Erdreich hinein verlängert wird.

Kommt eine Außendämmung von Keller-Außenwänden nicht in Frage, ist unter bestimmten Umständen auch eine Innendämmung möglich. Hierbei muss neben der thermischen Wirkung aber auch der feuchtetechnische Effekt beachtet werden. Grundsätzlich soll man Innendämmungen so bauen, dass sich in dem kühleren Schichtbereich in oder hinter dem Dämmstoff, wo die Tauwassertemperaturgrenze unterschritten sein kann, keine zu hohe Feuchte anreichert. Dem kann vorgebeugt werden, wenn die Nachströmmöglichkeiten von Feuchte so abgesperrt werden, dass die geringe Abtrocknung nach außen oder innen ausreichend für die Gesamtabtrocknung sind. Dies gilt zunächst für Außenwände gegen Außenluft. Kellerwände, die an Erdreich grenzen, sind daneben aber auch von Feuchteströmen aus dem Erdreich betroffen. Abtrocknen kann hier die Feuchte normalerweise nur nach innen. Dringt regelmäßig Feuchte von unten oder außen in solche Kellerwände ein und trocknen diese nach innen ab, findet man an den Innenseiten der Wände oft Salzspuren, da das im Wasser enthaltene Salz nicht mitverdunsten kann. Sperrt man eine solche Wand durch Innendämmung zum Raum hin feuchtetechnisch ab, kann die von außen kommende Feuchte nicht mehr zum Raum hin abtrocknen und die Wand wird immer nasser. Mit Außenfeuchte belastete Kellerwände sollten daher keine Innendämmung mit Sperrwirkung erhalten, sofern man das Nasserwerden der Wand nicht in Kauf nehmen will. Sollen bisher feuchte Keller höherwertig genutzt werden, ist eine äußere Abdichtung und Dämmung und das Offenhalten von inneren Abtrocknungsmöglichkeiten vorzuziehen. Nur bei sehr dichten und trocknen Kelleraußenwänden kann Innendämmung ohne größere Risiken montiert werden.

### 2.1.1.3 Keller-Innenwände zwischen beheizten und unbeheizten Räumen

Auch Innenwände zwischen unbeheizten und beheizten Kellerräumen oder zwischen kalten Kellern und dem beheizten EG hin offenen Treppenhäusern sind Teil der thermischen Gebäudehülle. In Detmolder Altbauten sind sie häufig aus einfachem, schwerem Mauerwerk ohne jegliche Dämmschicht oder - vor allem bei Treppenhausabtrennungen - in Leichtbaukonstruktion aus Holzständerwerk mit einseitiger Holz- oder Gipskartonbeplankung hergestellt. Diese Bauteile sind ursprünglich fast nie wärmegeklämmt. Oft sind sie auch stark luftundicht. Durch sie strömt dann nicht nur unnötig viel Wärme in die unbeheizten Keller ab, sondern auch Kaltluft vom Keller in das EG. Besonders wenn im Winter im Haus der thermische "Kamineffekt" oben leichte warme Luft aus dem Haus drückt und unten schwere kalte Luft nachsaugt, sind die Kaltluftströme durch solche undichten Trennflächen spürbar. Häufig treten hohe Wärmeverluste über solche Innenwände auch bei teilbeheizten Kellern auf, deren Trennwände zwischen beheizten und nicht beheizten Kellern häufig ohne jeden Wärmeschutz hergestellt sind, und wenn die höherwertige Kellernutzung mit regelmäßiger Beheizung eines Kellers ursprünglich nicht vorgesehen war.



In Detmolder Gebäuden kommen bei Innenwänden zwischen beheizten und unbeheizten Kellern folgende Häufigkeiten vor:

- ohne Wärmedämmung 89 %
- mit Wärmedämmung 11 %

Folgende Tabelle zeigt sechs übliche energetische Qualitäten solcher Innenwände aus 11,5 cm starkem KS- oder Vollziegelmauerwerk ohne Dämmung sowie mit 4 cm, 8 cm, 10 cm und 22 cm Wärmedämmung. In ihr sind am Beispiel einer 25 m<sup>2</sup> großen Wandfläche und bei angenommenen 7 Ct/kWh Wärmekosten auch dargestellt, welche Wärmeverluste und Heizkosten über solche Decken entstehen. Aus den dargestellten Differenzen kann man auch den energetischen und finanziellen Nutzen zusätzlicher Dämmschichten erkennen.

Keller-Innenwand kalt-warm	sehr kalt	kalt	kühl	Neubau-Standard	Niedrig-Energie-Standard	Passivhaus-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

Abb. 2.1.1.3-1 Keller-Innenwände kalt-warm

Eine nachträgliche Wärmedämmung solcher Innenwände ist in der Regel leicht möglich und bauphysikalisch unproblematisch. Wenn möglich sollte die Dämmung auf der kalten Wandseite montiert werden. Empfehlenswert sind wenigstens 8-10 cm Dämmung, womit Neubau- bzw. Niedrigenergie-Niveau an solchen Wänden erreichbar ist. Sofern genügend Platz vorhanden ist, kann auch eine Ausführung in 22 cm Dämmstärke bzw. Passivhaus-Niveau empfohlen werden. Da hier weder Außenwitterung ansteht noch besondere mechanische Belastungen stattfinden, sind fast alle gängigen Dämmstoffe und Befestigungskonstruktionen nutzbar.

Ist eine solche Innenwand nicht luftdicht, wie z.B. oft bei hölzernen Einkastungen von Kellertreppen unter EG-OG-Treppen der Fall (vgl. Abb. 2.1.1.3-2), muss zunächst auf der warmen Seite der Dämmung eine vollflächige Luftdichtungsschicht eingebaut werden. Ist eine gesamte Luftdichtheit z.B. hölzerner Kellertreppenabkleidungen nicht mit vertretbarem Aufwand herstellbar, sollte geprüft werden, ob nicht am Unterende der Kellertreppe im Keller ein Durchgang besteht, der als luftdichte Absperrung zwischen unbeheiztem Keller und beheiztem EG dienen kann.



Abb. 2.1.1.3-2  
Ungedämmte und undichte Kellertreppenumkleidung, die schwer sanierbar ist

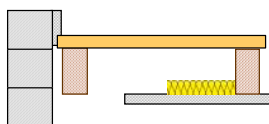


Abb. 2.1.1.3-3  
Möglichkeit zum Einbau einer luftdichten Tür am Unterende der Kellertreppe

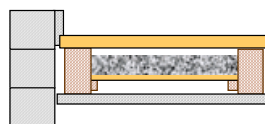
#### 2.1.1.4 Kellerdecken über unbeheizten Kellern

Die Kellerdecken über unbeheizten Kellern sind in Detmold üblicherweise in einer der vier in Abb. 2.1.1.4-1 skizzierten Konstruktionen hergestellt. Holzbalkendecken kommen in Häusern bis Baujahr 1930 häufig, selten noch in Häusern bis 1950 vor. Stahlträger-Decken mit Kappengewölbe und Holzboden oder mit eingelegten Formsteinen wurden zwischen 1870 und 1940, selten noch bis 1960 verbaut. Betondecken kommen seit etwa 1930 und etwa seit 1950 fast nur noch vor.

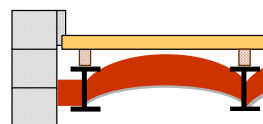
Im gesamten Detmolder Gebäudebestand haben heute etwa 80 % der Gebäude Stahlbetondecken, 13 % Stahlträgerdecken, 4 % Holzbalkendecken und 3 % Porenbetondecken. Davon sind 2/3 ohne jegliche Wärmedämmung, 11 % haben 1-4 cm Wärmedämmung, weitere 11 % 5-8 cm, 9 % haben 9-12 cm, 2 % 11-14 % und unter 1 % über 14 cm Wärmedämmung.



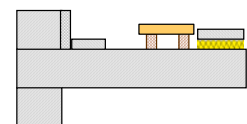
Holzbalkendecke ganz ohne Unterbekleidung oder mit unterseitigem Putzträger und ohne oder mit Wärmedämmung



Holzbalkendecke mit Blindboden und Schlackefüllung und unterseitigem Putzträger



Stahlträger-Kappendecke mit Holzboden unterseitig verputzt und mit leerem oder verfülltem Hohlraum



Betondecke nur mit Estrich oder mit aufliegendem Holzboden oder mit Wärmedämmung und Estrich

Abb. 2.1.1.4-1 Bauformen von Kellerdecken

Je nach ihrer Bauweise haben Kellerdecken unterschiedlich hohe Wärmeleitfähigkeiten, die zu unerwünschten Wärmeabflüssen vom EG in den Keller und zu unangenehm niedrigen Fußbodentemperaturen im EG führen können. Sind Kellerdecken zudem luftundicht, kann im Winter durch thermischen Auftrieb ständig kalte Kellerluft durch Fugen der Decke in das EG strömen und zusätzliche Auskühlungen bewirken. Da die wärmetechnischen Qualitäten und Sanierungspotenziale je nach Deckenkonstruktion unterschiedlich sind, werden sie im Folgenden getrennt behandelt.

#### 2.1.1.4.1 Holzbalken-Kellerdecken

Holzbalken-Kellerdecken haben üblicherweise Balkenhöhen von 12-18 cm, oberseitig Dielenböden und unterseitig eine Putzschicht auf Putzträger aus z.B. Schilfrohrmatte oder Heraklith, die als Luftdichtungsschicht diente, da weder die evtl. Deckenfüllung noch der obere Holzboden luftdicht sind. Die Deckenhohlräume sind teils leer, teils mit Blindböden ausgerüstet, auf denen als schall- und schwingungsdämpfende Masse teils Schlacke, Sand, Lehmwickel oder andere Füllstoffe eingebaut sind, die auch eine gewisse Wärmedämmwirkung haben können. Wegen ihres konstruktionsbedingt ohnehin vorhandenen Hohlraums lassen sich Holzbalkendecken meist gut nachträglich Wärme dämmen und dabei gute bis sehr gute Dämmqualitäten ohne Zusatzaufbauten erreichen. Schon mit voller Verfüllung der üblichen Deckenhohlräume lässt sich hier in der Regel Niedrigenergie-Standard erreichen, mit einer zusätzlichen Aufdoppelung von 12-16 cm auch Passivhaus-Standard.

Sind entweder der Oberbelag oder die untere Bekleidung sanierungsbedürftig und muss insofern die Decke von einer Seite ohnehin geöffnet werden, lässt sich nachträgliche Wärmedämmung in eine Holzbalkendecke mit sehr geringen Kosten in hoher Qualität einbauen. Sind beide Oberflächen intakt und sollen sie daher gar nicht oder nur so wenig wie unbedingt nötig geöffnet werden, kann eine Einblasdämmung vorgenommen werden. Bei sehr hohen Kellern ist auch eine nur unterseitige Dämmung oder bei sehr hohen Erdgeschossen eine nur oberseitige Dämmung möglich, was aber seltner vorkommt. Am häufigsten kommen erhaltungswürdige Oberböden und geringwertige oder ohnehin sanierungsbedürftige Unterbekleidungen vor, sodass die Decken von unten geöffnet und ggf. ausgeräumt werden und danach von unten gedämmt und wieder abgedichtet und bekleidet werden. Müssen bei alten Häusern verfaulte oder wurmgeschädigte Deckenbalken ausgetauscht werden, muss die Decke normalerweise von oben und unten geöffnet werden. In diesem Fall stehen alle Sanierungsmöglichkeiten offen. Folgende Skizze zeigt vier Varianten der nachträglichen Wärmedämmung von Holzbalken-Kellerdecken:

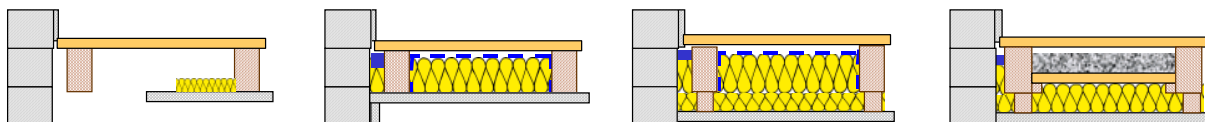


Abb. 2.1.1.4.1.-1 Dämmvarianten von Holzbalken-Kellerdecken. Die skizzierte Anordnung der luftdichten und dampfbremsenden Schichten kann im Einzelfall anders sein müssen.

Folgende Tabelle zeigt die üblichen energetischen Qualitäten von Holzbalken-Kellerdecken ohne Dämmung, mit Schüttung und mit 3 cm, 8 cm, 12 cm und 24 cm Wärmedämmung.

Holzbalken-Kellerdecken	sehr kalt	kalt	kühl	Neubau-Standard	Niedrig-Energie-Standard	Passivhaus-Standard
<b>U-Wert</b>	1,14 W/m²K	0,78 W/m²K	0,59 W/m²K	0,39 W/m²K	0,30 W/m²K	0,18 W/m²K
<b>16 cm Balken mit ...</b>	16 cm Luft	8 cm Schlacke	3 cm 040	8 cm 035	12 cm 035	24 cm 035
<b>Wärmeverlust p.a.</b>	4.784 kWh	3.276 kWh	2.474 kWh	1.617 kWh	1.264 kWh	0.773 kWh
<b>Wärmeverlust in 40 a</b>	191.352 kWh	131.040 kWh	98.952 kWh	64.680 kWh	50.568 kWh	30.912 kWh
<b>Wärmekosten p.a.</b>	335 EUR	229 EUR	173 EUR	113 EUR	88 EUR	54 EUR
<b>Wärmekosten in 40 a</b>	13.395 EUR	9.173 EUR	6.927 EUR	4.528 EUR	3.540 EUR	2.164 EUR

Deckenfläche: 100 m²

Kalkulationsdauer 40 Jahre

Wärmepreis: 7 Eurocent/kWh

Abb. 2.1.1.4.1.-2 Einsparpotenziale an Holzbalken-Kellerdecken

Empfehlenswert ist auf jeden Fall eine volle Verfüllung des verfügbaren Deckenhohlraums, womit in der Regel schon eine Qualität zwischen Neubau- bzw. Niedrigenergie-Niveau erreichbar ist. Sofern genügend Platz vorhanden ist, kann auch durch Auflattung der Balken eine Ausführung in 22 cm Dämmstärke bzw. Passivhaus-Niveau empfohlen werden. Da weder Außenwitterung ansteht, noch besondere mechanische Belastungen auf die Dämmung einwirken, sind fast alle gängigen Dämmstoffe nutzbar. Wegen der bauphysikalischen Anforderungen an die Luftdichtheit und den Feuchteschutz sollte vorher unbedingt ein Fachmann hinzugezogen werden.

Während eine hohe Luftdichtheit immer anzustreben ist, hängen die Anforderungen an den Feuchteschutz im Einzelfall auch von der Kellerfeuchte ab.

Die Kosten für eine nachträgliche Wärmedämmung von Holzbalken-Kellerdecken sind relativ niedrig. Nach der Verfüllung von Luftschichtmauerwerk und der Dämmung oberster Geschossdecken gehört die nachträgliche Dämmung von Kellerdecken zu den rentabelsten Sanierungsmaßnahmen. Ein Teil der Arbeiten kann von handwerklich begabten Laien selbst ausgeführt werden.

Folgende Bilder zeigen einige Beispiele nachträglich von oben oder unten gedämmter Holzbalkendecken aus Detmold.



Abb. 2.1.1.4.1-3  
Von unten geöffnete Holzbalken-Kellerdecke,  
in die von unten Dämmstoff eingebaut werden soll



Abb. 2.1.1.4.1-4  
Von oben ganz geöffnete Holzbalken-Kellerdecke  
mit neuer Dämmfüllung



Abb. 2.1.1.4.1-5  
Von oben nur teilweise geöffnete Holzbalken-Kellerdecken,  
in die Einblasdämmung eingebaut werden soll



Abb. 2.1.1.4.1-6  
Von beiden Seiten wg. nötiger Balkensanierung  
geöffnete Holzbalken-Kellerdecke



#### 2.1.1.4.2 Stahlträger-Kellerdecken

Stahlträger-Kellerdecken mit eingemauerten Gewölben oder eingelegten Formsteinen kommen in Detmold vor allem in Häusern aus Baujahren 1850-1940 und selten noch bis 1960 vor. Am häufigsten sind es gemauerte und unterseitig verputzte Kappendecken mit aufliegenden Lagerhölzern und Dielenböden. In Decken unter Fluren, Bädern und Küchen sind die 6-20 cm hohen Hohlräume über den Gewölben teils verfüllt und mit Estrich und Steinboden belegt. Unter Wohnräumen sind die Hohlräume unter den Holzböden meist leer. Laut Gebäudedatenerhebung kommen beide Bauformen etwa zu gleichen Anteilen vor. Folgende Skizze zeigt die üblichen Konstruktionen.

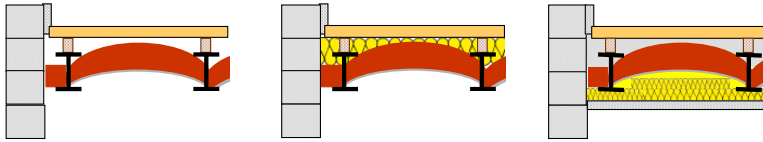


Abb. 2.1.1.4.2-1 Stahlträger-Kappendecken

Der Wärmeverlust durch solche Decken vom beheizten EG in den Keller kann bei Decken mit leeren Hohlräumen durch Einlegen, Einschütten oder Einblasen von Dämmstoff um 60-80 % verringert werden. Die damit erzielbaren Einsparungen sind ähnlich wie in Abb. 2.1.1.4.1-5 gezeigt. Ein Einlegen mattenförmiger Dämmstoffe oder Einschütten von Schüttdämmstoffen ist sinnvoll, wenn der Oberboden ohnehin aufgenommen werden muss, sodass der Deckenhohlraum von oben zugänglich ist. Soll der Oberboden nur möglichst wenig geöffnet werden, kommt ein Einblasen von oben nach Aufnehmen von nur einem oder zwei Dielenbrettern pro Raum in Frage. Soll der Oberboden gar nicht beschädigt werden, kommt nur ein Einblasen von unten nach punktuelltem Durchbohren der Kappen für das Einblaswerkzeug in Frage. Sind solche Decken bereits mit Zement oder anderen wenig wärmedämmenden Stoffen verfüllt, kommt meist nur eine Dämmung von unten in Frage, sofern die Kellerhöhe das erlaubt.

Die folgenden Bilder zeigen solche Ausführungsvarianten.



Abb. 2.1.1.4.2-2  
Stahlträger-Kappendecken  
oberseitig teilgeöffnet  
für Einblasdämmung



Abb. 2.1.1.4.2-3  
Stahlträger-Kappendecke  
Einblasen von Dämmstoff von unten  
durch angebohrte Kappen



Abb. 2.1.1.4.2-4  
Stahlträger-Kappendecke mit unterseitig  
angeschweißten Haltelaschen für die Traglatten  
einer unterseitigen Dämmkonstruktion

Die Dämmung von oben oder durch Einblasdämmung von unten ist bei solchen Decken sehr wirtschaftlich, da die üblichen Hohlräume so hoch sind, dass mit einem Investitionsaufwand von etwa 40 €/m<sup>2</sup> sehr gute Dämmwerte auf Niedrig-Energie-Niveau, also sehr hohe Einsparungen gegenüber vorher ungedämmten Decken, realisierbar sind.



### 2.1.1.4.3 Stahlbeton-Kellerdecken

Stahlbeton-Kellerdecken kommen in Detmolder Altbauten seit etwa 1930 vor und sind seit 1949 die meist verbreitete Bauweise von Kellerdecken. Wärmetechnisch ist die Betondecke selbst kaum wirksam, da Beton eine sehr hohe Wärmeleitfähigkeit hat. Die Dämmwirkung solcher Decken hängt daher vor allem von deren Zusatzschichten ab, also von evtl. Luftschichten unter aufliegenden Holzböden oder von Dämmstoffschichten unter dem Estrich oder unterhalb der Decke.

Folgende Skizze zeigt die gängigen Aufbauten von unsanierten und sanierten Beton-Kellerdecken:

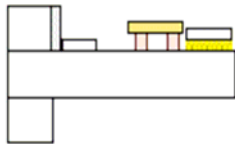


Abb. 2.1.1.4.3-1  
Betondecke ungedämmt  
oder nur oberseitig gedämmt

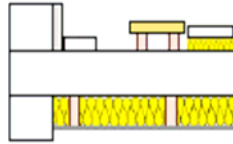


Abb. 2.1.1.4.3-2  
Betondecke mit unterer  
Zusatzdämmung aus MinW

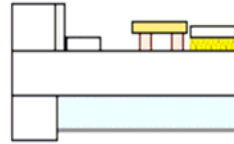


Abb. 2.1.1.4.3-3  
Betondecke mit unterer  
Zusatzdämmung aus PS

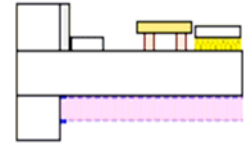


Abb. 2.1.1.4.3-4  
Betondecke mit unterer  
Zusatzdämmung aus PU

Dämmschichten unter dem Estrich kommen 1930-1950 noch kaum vor, 1950-1965 meist nur in 1-3 cm Stärke, 1965-85 in 2-6 cm Stärke und erst seit etwa 1985 in 5-8 cm Stärke. Bei Niedrigenergiehäusern sind Unterestrichdämmungen seit etwa 1989 um 12 cm stark, bei Passivhäusern sind Beton-Kellerdecken 20-25 cm stark gedämmt.

Tabelle 2.1.1.4.3-5 zeigt die U-Werte, die Höhe der Wärmeabflüsse und die Höhe der Heizkosten über Beton-Kellerdecken mit verschiedenen Dämmstärken.

Beton-Kellerdecken	sehr kalt	kalt	kühl	Neubau-Standard	Niedrig-Energie-Standard	Passivhaus-Standard
U-Wert	4,87 W/m²K	1,31 W/m²K	0,79 W/m²K	0,39 W/m²K	0,27 W/m²K	0,15 W/m²K
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

Größe der Decke: 100 m²

Kalkulationsdauer: 40 Jahre

Wärmepreis: 7 Eurocent/kWh

Abb. 2.1.1.4.3-5 Beton-Kellerdecken

Die häufigste genutzte Möglichkeit zur Verringerung der teils sehr hohen Wärmeabflüsse durch solche Decken vom EG in den Keller ist eine nachträgliche unterseitige Dämmung mit Polystyrol-Hartschaumplatten, die wegen ihres geringen Gewichts bei hinreichendem Haftgrund nur geklebt werden müssen. In Häusern mit erhöhten Brand- oder Schallschutzanforderungen kommen teurere Mineralwoll-Dämmplatten oder bekleidete Dämmschichten zum Einsatz. Noch leistungsfähigere aber teurere Dämmstoffe werden üblicherweise nur dann verwandt, wenn die Raumhöhe im Keller so niedrig ist, dass sie in der Abwägung von geringerem Höhenverlust und höherer Dämmwirkung vorteilhaft sind. Empfehlenswert ist, bei nicht oder nur wenig gedämmten Beton-Kellerdecken und bei ausreichender Raumhöhe, eine unterseitige Dämmung von 10-12 cm, womit sich Niedrigenergie-Standard erreichen lässt. Sind die Keller sehr hoch, kann mit 18-24 cm Dämmung auch Passivhaus-Standard an diesem Bauteil nachträglich hergestellt werden.

Die unterseitige Dämmung von Betondecken ist technisch simpel und bauphysikalisch völlig unproblematisch und zeigt gerade bei Häusern ohne oder mit nur 1-3 cm Dämmschicht in der bisherigen Kellerdecke hohe Wirkung. Neben der Energieeinsparung wird besonders die nachher spürbar höhere Fußbodentemperatur im EG von den Hauseigentümern als angenehm empfunden.

Der Effekt unterseitiger Dämmung wird in Häusern mit vielen kleinen Kellerräumen durch die einbindenden Kellerinnen- und Außenwände verringert, die die Dämmschicht unterbrechen und Wärmebrücken bilden. Diese Wärmebrückeneffekte kann man mindern, wenn man an den Mauerkronen der anbindenden Wände auch vertikal etwa 50 cm tief eine wenigstens 4 cm starke Dämmplatte montiert. Die folgenden Fotos zeigen Beispiele solcher Dämmungen.



Abb. 2.1.1.4.3-6 Betondecke über Kriechkeller vor der Dämmung



Abb. 2.1.1.4.3-7 Unterseitige Dämmung einer Beton-Kellerdecke in Leichtbauweise



Abb. 2.1.1.4.3-8 Unterseitige Dämmung einer Beton-Kellerdecke mit PS-Hartschaumplatten



Abb. 2.1.1.4.3-9 Unterseitige Dämmung einer Beton-Kellerdecke mit PU-Hartschaumplatten



Abb. 2.1.1.4.3-10 Flankendämmung an Kellerwänden mit unterseitiger Deckendämmung

Im Detmolder Förderprogramm für nachträgliche Wärmedämmung von Altbauten wurden seit 1993 123 Kellerwanddämmungen mit zusammen 1.182 m<sup>2</sup> Fläche gefördert. Die derzeitige Mindestanforderung ist dabei 10 cm Dämmstärke in WLG 035; bei dickerer Dämmung bis 14 cm wird eine höhere Förderung gewährt.

## 2.1.2 Einsparpotenziale durch die Sanierung von Außenwänden

Außenwände gegen Außenluft machen bei Detmolder EFH und MFH bis 30 WE häufig zwischen 30 und 40 % der gesamten Wärme übertragenden Gebäudehüllfläche aus, bei den eher seltenen sehr hohen Gebäuden kann der Anteil höher sein. Viele ältere Gebäude haben ungedämmte oder nur wenig gedämmte Außenwände. Der nachträglichen Wärmedämmung von Außenwänden kommt daher zur Ausschöpfung von Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzialen hohe Bedeutung zu.

Als Außenwand-Bauarten kommen in Detmold vor:

- 44 % einschaliges Mauerwerk ohne (31 %) oder mit (13 %) Außendämmung
- 31 % zweischaliges Mauerwerk mit 2-4 cm Luftspalt ohne (16 %) oder mit (15 %) Kerndämmung
- 10 % Luftschichtmauerwerk mit 7-12 cm Luftspalt und Sichtklinker oder Putzfassade,
  - davon 6 % bereits nachträglich mit Dämmstoff verfüllt und 4 % noch unverfüllt
- 6 % Betonwände (oft nur auf Teilflächen)
- 3 % Holzrahmen-Leichtbauwände (z.B. Fertighäuser)
- 2 % Holz-Fachwerk mit massiver oder Lehmausfachung oder Blockhaus
- sowie bei Großgebäuden und im Gewerbebau auch Stahl- und Betonskelettkonstruktionen

Bei den Mauerwerksbauten kommen als Steinarten seit jeher Bruchstein, seit dem 17. Jh. Vollziegel, seit 1930 Kalksandstein, seit etwa 1950 Loch- und Gitterziegel sowie Leichtbeton und Beton-Hohlblocksteine, seit etwa 1960 Porenbetonsteine sowie Bimssteine und seit etwa 1985 Leichthochlochziegel vor. Separate Dämmschichten aus industriell gefertigten Dämmstoffen kommen in Außenwänden erst vereinzelt ab 1950 vor, regelmäßig erst ab etwa 1965, wobei die bis etwa 1995 eingebaute Dämmungen heute bereits als unbefriedigend angesehen werden können. Tabelle 2.1.2-1 zeigt typische U-Werte von massiven Wandaufbauten mit verschiedenen Steinarten, Wand- und Dämmstoffstärken.

Sehr kalte Wände sind darin rot, kalte Wände dunkelbraun, kühle Wände sandfarben, mäßig gedämmte Wände (Neubauniveau) hellbraun, gut gedämmte Wände (Niedrigenergie-Haus-Niveau) gelb und sehr gut gedämmte Wände (Passivhaus-Niveau) grün dargestellt.

Wand-U-Werte in W/m²K	$\lambda =$	$d =$	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

Abb. 2.1.2-1 Außenwände. U-Werte

In folgender Tabelle 2.1.2-2 ist am Beispiel einer 100 m² großen Außenwandfläche und bei angenommenen 7 Ct/kWh Wärmekosten berechnet, welche Wärmeverluste und Heizkosten über Außenwände pro Jahr und innerhalb von 40 Jahren entstehen, wenn die Wände in einer dieser sechs thermischen Qualitäten hergestellt sind und normal beheizte Räume gegen Außenluft abgrenzen. Aus den dargestellten Differenzen kann man den energetischen und finanziellen Nutzen zusätzlicher Dämmschichten erkennen.

Außenwände	sehr kalt	kalt	kühl	Neubau-Standard	Niedrig-Energie-Standard	Passivhaus-Standard
U-Wert	1,00 - 2,50	0,50 - 1,00	0,35 - 0,50	0,25 - 0,35	0,15-0,25	< 0,15
Bauart / Dämmung	1,25 W/m²K	0,75 W/m²K	0,43 W/m²K	0,30 W/m²K	0,20 W/m²K	0,13 W/m²K
Wärmeverlust p.a.	10.500 kWh	6.300 kWh	3.570 kWh	2.520 kWh	1.680 kWh	1.050 kWh
Wärmeverlust in 40 a	420.000 kWh	252.000 kWh	142.800 kWh	100.800 kWh	67.200 kWh	42.000 kWh
Wärmekosten p.a.	735 EUR	441 EUR	250 EUR	176 EUR	118 EUR	74 EUR
Wärmekosten in 40 a	29.400 EUR	17.640 EUR	9.996 EUR	7.056 EUR	4.704 EUR	2.940 EUR
Größe der Wand: 100 m²      Kalkulationsdauer: 40 Jahre      Wärmepreis: 7 Eurocent/kWh						

Abb. 2.1.2-2 Außenwände. Wärmeverluste und Heizkosten,

Da die Potenziale zur Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung durch Sanierung von Außenwänden je nach Bauart unterschiedlich sind, werden diese im Folgenden getrennt nach Wandbauarten dargestellt, wobei sich die Darstellung auf die drei häufigsten Bauarten beschränkt.

### 2.1.2.1 Einschalige massive Außenwände

Die in Detmold mit 44 % häufigste Außenwandbauart sind einschalige massive Außenwände in Wandstärken von üblicherweise zwischen 30 und 36 cm. Schlankere Wände mit nur 24 cm Mauerstärke kommen fast nur in Gebäudeteilen vor, die ursprünglich nicht als beheizter Wohnraum gedacht waren, sondern z.B. als Stallanbau, später aber zu beheiztem Wohnraum umgenutzt wurden<sup>1</sup>. Sind solche Außenwände verputzt, was meist der Fall ist, oder mit Verbundklinker ohne Luftspalt hergestellt, kann eine ganz wesentliche Verringerung der Wärmeverluste über sie durch eine Außendämmung erreicht werden. Diese kann als Wärmedämmverbundsystem, als nachträgliche Verklinkerung mit Kerndämmung zwischen Hintermauer und neuem Klinker oder als gedämmte Vorhangfassade ausgeführt werden. Abb. 2.1.2-3 zeigt diese Ausführungsvarianten.

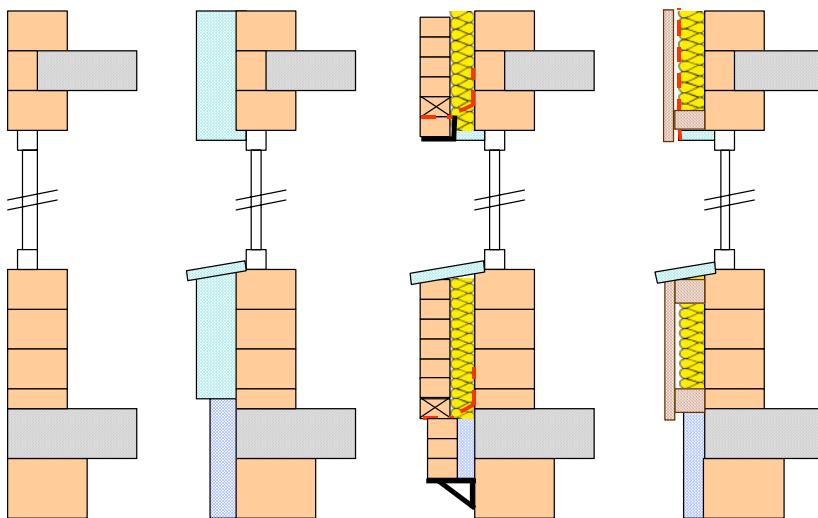


Abb. 2.1.2-3  
Einschalige Außenwände.  
Varianten der Außendämmung

Bei Außendämmung durch ein Wärmedämmverbundsystem, bestehend aus Dämmstoffplatte und armierter Putzschicht, sind heute bei relativ kalten Außenmauern mit U-Werten über 0,5 W/m²K Dämmstärken von 18-24 cm bei Dämmstoffqualität WLG 035 empfehlenswert. Zugelassene Systeme sind heute bis 34 cm Dämmstärke als WDVS bis 24 cm bei nachträglicher Verklinkerung verfügbar. Bei bereits wärmeren Außenmauern mit U-Werten von 0,35 bis 0,50 W/m²K sind Dämmstärken von 12-16 cm empfehlenswert. Bei relativ dicken Außenwänden aus sehr leichten und warmen Steinen mit U-Werten unter 0,25 W/m²K besteht kein vorrangiger Handlungsbedarf zur Außenwanddämmung.

Im Detmolder Förderprogramm für nachträgliche Wärmedämmung von Altbauten wurden seit 1993 237 Außenwanddämmungen mit zusammen 4.431 m² Fläche gefördert. Die derzeitige Mindestanforderung ist dabei 14 cm Dämmstärke in WLG 035; bei dickerer Dämmung bis 28 cm Stärke wird eine höhere Förderung gewährt.

<sup>1</sup> Viele dieser Umnutzungen waren seit etwa 1960 ohne gleichzeitige Nachrüstung von Wärmedämmung wegen nicht vorhandenem Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 unzulässig, was aber wenig beachtet wurde.

Folgende Bilder zeigen Beispiele nachträglicher Wärmedämmungen einschaliger Außenwände:



Abb. 2.1.2-4 Typische Außendämmung eines Hauses mit einschaligem Mauerwerk



Abb. 2.1.2-5 Richtige Verklebung der Dämmplatten mit umlaufendem Wulst wg. Luftkammern



Polystyrol



Mineralwolle



Holzfaser



Kork

Abb. 2.1.2-6 Marktübliche Dämmstoffe für Wärmedämmverbundsysteme

#### 2.1.2.2 Zweischalige massive Außenwände

Die in Detmold zweithäufigste Außenwandbauart sind zweischalige massive Außenwände, bestehend aus tragender Hintermauer und nichttragender Vorsatzschale aus Klinker, Kalksandsteinverblender oder verputztem Vormauerstein. Der Mauerspalt kann nur ein 2-4 cm starker Luftspalt sein oder auch mit Wärmedämmung verfüllt. Die Dicke solcher Kerndämmungen ist bei Häusern zwischen 1960 und 1990 zwischen 4 und 12 cm. Erst seit 1990 sind Mauerabstände bis 15 cm zulässig, seit etwa 2002 gibt es zudem zugelassene Maueranker für bis zu 26 cm Schalenabstand. Vor 1990 musste beim zweischaligen Mauerwerk hinter dem Klinker ein Luftspalt von i.d.R. 3-4 cm freigelassen werden, sodass nur ein Teil der Spaltbreite für Dämmstoff zur Verfügung stand. Seit 1990 ist sog. "Kerndämmung" zulässig, die wegen ihrer wasserabweisenden Eigenschaften keinen Belüftungsspalt vor dem Klinker mehr erfordert, sodass seither zweischaliges Mauerwerk mit deutlich wirkungsvollerer Dämmung als früher herstellbar ist.

Entgegen häufiger Ansicht tragen Klinker oder andere Vormauersteine sowie ein evtl. Luftspalt nur unwesentlich zum Wärmeschutz bei. Während eine Verklinkerung für die optische Qualität und Wartungsarmut einer Fassade teils als Wert angesehen wird, ergibt sich die wärmetechnische Qualität zweischaliger Mauerwerke fast nur aus der Dicke einer evtl. Kerndämmschicht und aus der Steinart und Wandstärke der Hintermauer. Unbefriedigend kalte Wände ohne Dämmschicht nur nachträglich zu verklinkern bringt daher wärmetechnisch fast keinen Nutzen und ist deshalb auch seit längerem schon nicht mehr zulässig, es sei denn, die vorhandene Hintermauer ist bereits sehr gut wärmedämmend gebaut.

Abb. 2.1.2.2-1 auf der nächsten Seite zeigt vier wärmetechnische Sanierungsvarianten für zweischalige Mauerwerke. Links ist ein ungedämmter zweischaliger Wandaufbau skizziert. Als zweite Variante die häufig angefragte aber nicht empfehlenswerte und daher eher selten realisierte Variante einer äußeren Überdämmung eines Klinkers mit einem Wärmedämmverbundsystem.



Diese Lösung führt zu sehr großen Gesamtwandstärken und birgt zudem das Risiko in sich, dass Wärme von innen nach wie vor als warme Luft durch den Spalt zwischen Hintermauer und nunmehr überdämmtem Klinker entweichen kann, sodass die neue Dämmung weit weniger wirkungsvoll ist als erhofft. Am wirkungsvollsten und preiswertesten ist in der Regel die dritte Variante mit Abbruch des Klinkers und ersatzweise Montage eines Wärmedämmverbundsystems direkt auf der Hintermauer. Diese kommt nur dann nicht in Frage, wenn der alte Klinker aus gestalterischen Gründen unbedingt erhalten bleiben soll. Die vierte Variante mit Abbruch des Klinkers, Montage eines weiter außen liegenden neuen Klinkerauflagers, Montage von wirksamer Kerndämmung und neuer Verklinkerung ist dem gegenüber deutlich teurer und führt bei gleicher Dämmwirkung stets zu 12-14 cm dickeren Wandaufbauten. Die letzte Variante mit Abbruch des Klinkers und stattdessen Montage einer neuen hinterlüfteten Leichtfassade kommt aus gestalterischen Gründen eher in den südlich gelegenen Bundesländern vor, ist aber grundsätzlich eine leistungsfähige und wegen der Hinterlüftung der Vorhangsfassade feuchtesichere Bauweise. Kommt eine Außendämmung gar nicht in Frage, sind auch Innendämmungen möglich; hierzu siehe weiter unten.

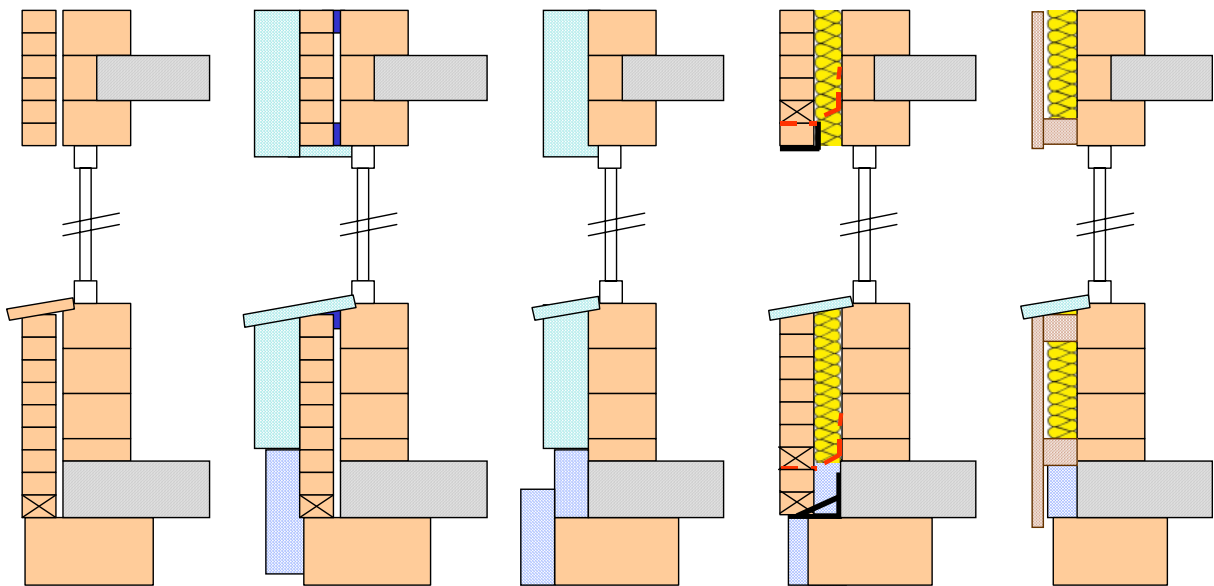


Abb. 2.1.2.2-1 Zweischalige Außenwände. Varianten der Außendämmung

Die Potenziale zur Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung bei zweischaligen Außenwänden sind ähnlich groß wie bei einschaligen massiven Außenwänden (vgl. Abb. 2.1.2-2), mit dem Unterschied, dass der U-Wert im Ausgangszustand wegen des Windschutzes durch die Verklinkerung geringfügig niedriger ist.

Folgende Bilder zeigen Beispiele der energetischen Sanierung von zweischaligen Außenwänden.



Abb. 2.1.2.2-2  
Abbruch des Klinkers zwecks  
Dämmung mit WDVS direkt auf  
Hintermauer. Wandstärke 39 cm



Abb. 2.1.2.2-3  
Kerndämmung und Klinker  
vor ehemaliger Putzfassade  
Wandstärke dann 56 cm



Abb. 2.1.2.2-4  
Zweilagige Kerndämmung und neue Verklinkerung  
über den alten Klinker hinweg.  
Wandstärke nachher 64 cm (24+3+11,5+14+11,5)



### 2.1.2.3 Lippisches Luftschichtmauerwerk

Die in Detmold mit etwa 10 % Anteil dritthäufigste Außenwandbauart ist das sog. "Luftschichtmauerwerk", bestehend aus einer inneren nur 12 cm starken tragenden Mauerschale, einem 7-12 cm breiten Luftspalt und einer ebenfalls 12 cm starken Vormauer, die häufig verputzt, seltener als Sichtklinker ausgeführt ist. Diese Wandbauart war wegen des geringen Steinbedarfs bei zugleich hohem Schlagregenschutz zwischen 1920 und 1960 bei EFH und auch teilweise bei MFH verbreitet. Sie bietet allerdings nur sehr geringen Wärmeschutz. Der U-Wert dieser Wände liegt um  $2 \text{ W/m}^2\text{K}$  im "roten Bereich" nach 2.1.2-1. In Häusern dieser Bauart kommt es nach Abschaffung der früheren Ofenheizung und besonders nach Einbau neuer dichter Fenster wegen des stark verringerten Außenluftwechsels häufig zu Feuchteschäden und Schimmel an den Innenoberflächen der Wände, insbes. an Außenkanten, Decken- und Fensteranschlüssen.

Bei dieser Mauerbauart besteht allerdings auch eine sehr kostengünstige Möglichkeit zur Verbesserung des Wärmeschutzes, indem der vorhandene Mauerspalt nachträglich mit Dämmstoff verfüllt wird und nachdem vorher evtl. Fugen an den Fensterrändern, Rollladenkästen oder Deckenanschlüssen abgedichtet wurden. Damit lässt sich je nach Spaltbreite der Wärmeverlust über die Außenwände aus Luftschichtmauerwerken sehr kostengünstig um 50-65 % verringern. Will man den U-Wert einer solchen Wand nicht nur halbieren, sondern auf Neubau-, Niedrigenergie- oder Passivhausniveau verbessern, kann man zusätzlich eine Außendämmung z.B. als Wärmedämmverbundsystem aufbringen. Folgende Skizzen zeigen die üblichen Ausführungsvarianten

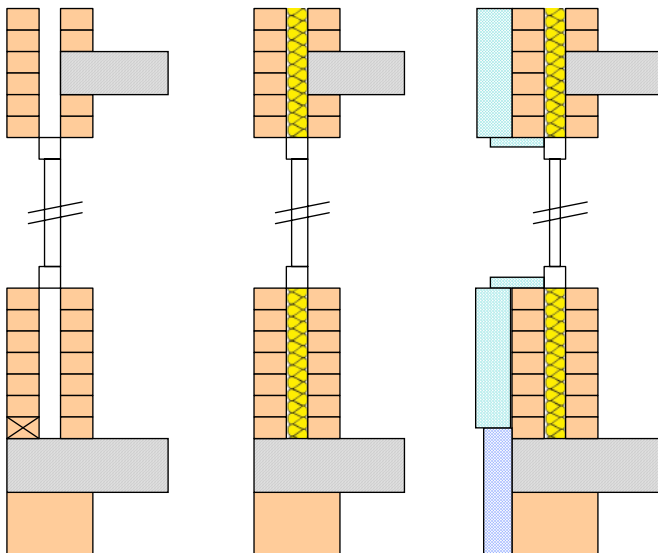


Abb. 2.1.2.3-1 Zweischalige Außenwände  
Varianten der Außendämmung



Abb. 2.1.2.3-2 Einblasdämmstoffe

Einblasdämmstoffe für dieses Luftschichtmauerwerk sind seit etwa 1950 verfügbar. Neben dem früher fast ausschließlich dafür genutzten Blähton aus Vulkangestein ("Perlite") gibt es inzwischen noch weitere geeignete und zugelassene Dämmstoffe mit teils besserer Dämmwirkung und leichter Verarbeitbarkeit. Wegen der besseren Dämmwirkung und besseren Fließfähigkeit beim Einblasen verdrängen derzeit das fast pulverförmige SLS und etwa 3 mm große Polystyrol-Kügelchen ("RigiBead") das früher dominante Perlite. Steinwolle wird vor allem eingesetzt, wenn Setzungssicherheit, Brand- oder Schallschutz Vorrang haben.

In folgender Tabelle 2.1.2.3-3 ist am Beispiel einer 100 m<sup>2</sup> großen Außenwandfläche und bei angenommenen 7 Ct/kWh Wärmekosten berechnet, welche Wärmeverluste und Heizkosten über Außenwände pro Jahr und innerhalb von 40 Jahren entstehen, wenn die Wände in einer dieser sechs thermischen Qualitäten hergestellt bzw. saniert sind und normal beheizte Räume gegen Außenluft abgrenzen. Aus den dargestellten Differenzen kann man den energetischen und finanziellen Nutzen zusätzlicher Dämmschichten erkennen.

<b>Luftschicht-Mauerwerk</b>	<b>sehr kalt</b>	<b>kühl</b>	<b>kühl</b>	<b>Neubau-Standard</b>	<b>Niedrig-Energie-Standard</b>	<b>Passivhaus-Standard</b>
Sanierungsvariante	leer	8 cm KD 035	10 cm KD 035	KD + 4 cm WDVS	KD + 8 cm WDVS	KD + 18 cm WDVS
<b>U-Werte von-bis</b>	1,7-2,1	0,55-0,65	0,45-0,55	0,25-0,35	0,18-0,24	< 0,15
<b>Rechenwert</b>	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
<b>Wärmeverlust p.a.</b>	15.960 kWh	5.040 kWh	4.200 kWh	2.520 kWh	1.680 kWh	1.092 kWh
<b>Wärmeverlust in 40 a</b>	638.400 kWh	201.600 kWh	168.000 kWh	100.800 kWh	67.200 kWh	43.680 kWh
<b>Wärmekosten p.a.</b>	1117 EUR	353 EUR	294 EUR	176 EUR	118 EUR	76 EUR
<b>Wärmekosten in 40 a</b>	44.688 EUR	14.112 EUR	11.760 EUR	7.056 EUR	4.704 EUR	3.058 EUR

Größe der Wand: 100 m<sup>2</sup>

Kalkulationsdauer 40 Jahre

Wärmepreis: 7 Eurocent/kWh

Abb. 2.1.2.3-3 Luftschichtmauerwerk - Wärmeverluste<sup>2</sup> und Heizkosten

Die Potenziale zur Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung sind bei Luftschichtmauerwerk wegen des schlechten Ausgangswertes und der relativ preiswerten Verbesserungsmöglichkeiten groß und attraktiv. Der Markt der Anbieterfirmen hat sich daher in den letzten Jahren gut entwickelt, allein in Detmold sind vier Spezialbetrieben tätig. Um diesen Markt anzuschieben, wurden im Rahmen des Detmolder Förderprogramms für nachträgliche Wärmedämmung bestehender Gebäude seit 1993 95 Objekte mit zusammen etwa 12.000 m<sup>2</sup> Wandfläche gefördert. Während die Förderung zwischen 2003 und 2006 für die reine Verfüllung gewährt wurde, wird sie seit 2007 hierfür nicht mehr gewährt, da diese Maßnahme inzwischen auch ohne Förderung hinreichend rentabel geworden ist. Die Förderung beschränkt sich jetzt auf die nächst höherer Qualitätsstufe, der Kombination von wenigstens 6 cm Kerndämmung und zusätzlich wenigstens 10 cm Außendämmung, womit in der Regel Niedrigenergie-Standard bei diesem Bauteil erreicht wird. Davon wurden bisher 439 m<sup>2</sup> gefördert. Die seit 2007 erfolgten Kerndämmungen ohne zusätzliche Außendämmung sind in der Förderstatistik nicht mehr erfasst.

Folgende Bilder zeigen Ausführungsdetails solcher Sanierungen aus Detmold:



Abb. 2.1.2.3-4 Luftschichtmauerwerk  
Einblick in den 8 cm breiten Luftspalt



Abb. 2.1.2.3-5 Fensteranschnitt  
noch ohne Randabdichtung



Abb. 2.1.2.3-6 Luftschichtmauerwerk  
Einblasen des Dämmstoffs

<sup>2</sup> In den Varianten "kühl" nur mit Kerndämmung ist im U-Wert ein Zuschlag von ca. 0,15 W/m<sup>2</sup>K für die verbliebenen Wärmebrücken rund um Fenster und Türen einbezogen.

### 2.1.3 Einsparpotenziale durch die Sanierung von Fenstern und Außentüren

Fenster und Außentüren machen bei Detmolder EFH und MFH zwischen 5 und 14 % der gesamten Wärme übertragenden Gebäudehüllfläche aus, bei mehrgeschossigen Häusern und mehrgeschossigen Reihenhäusern kann der Anteil höher sein. Zwischen alten und neuen Fenstern gibt es dabei so große energetische Qualitätsunterschiede, dass in der Glas- oder Fenstererneuerung ein ganz erhebliches Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial liegt.

Die wärmetechnischen Eigenschaften von Fenstern und Türen ergeben sich aus dem Zusammenwirken der Eigenschaften der Verglasung (U<sub>g</sub>-Wert und g-Wert), des Rahmens (U<sub>f</sub>-Wert) und der beiden Wärmebrücken am Glasrand und am Wandanschluss (Psi-Werte). Daneben wirkt sich auch die Luftdichtheit der Fugen zwischen Flügel und Rahmen und zwischen Rahmen und Bauwerk auf den Gesamt-Wärmeverlust von Fenstern und auf die Luftfeuchteigenschaften im Raum aus.

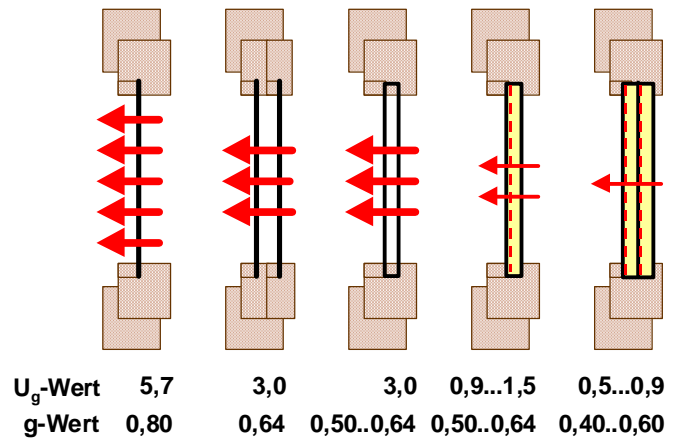
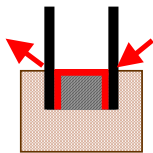
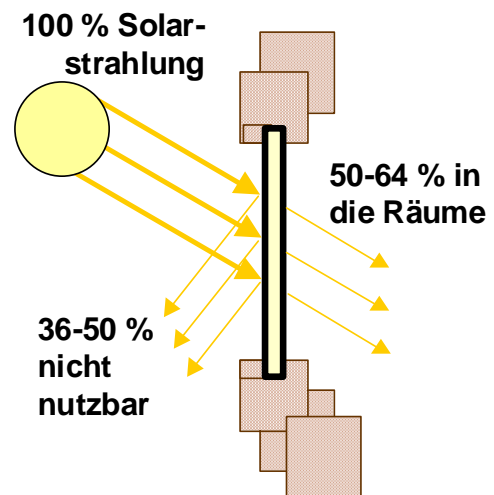


Abb. 2.1.3-1 Glasqualitäten

Die in Detmolder Gebäuden vorkommenden Verglasungstypen zeigt Abb. 2.1.3-1. Erkennbar ist daraus, dass insbesondere durch Einfachverglasung mit U<sub>g</sub>-Werten über 5 W/m<sup>2</sup>K, aber durchaus auch noch durch Verbund- und 2-Scheiben-Isolierverglasung aus 1965-90 mit U<sub>g</sub>-Werten um 3 W/m<sup>2</sup>K deutlich höhere Wärmeverluste entstehen. Heute übliches 2- oder 3-Scheiben-Wärmeschutzglas mit Infrarot reflektierender Beschichtung hat demgegenüber nur noch U<sub>g</sub>-Werte von 1,4 bis 1,1 bzw. von 0,8 bis 0,5 W/m<sup>2</sup>K, also nur noch 1/3 bis 1/10 der Wärmeverluste wie alte Gläser. Die mit Mehrfachglas und beschichtetem Glas ebenfalls verbundene leichte Verringerung der winterlichen solaren Wärmegewinne (g-Werte) machen dagegen nur Ertragsminderungen von 5 % bis max. 25 % aus, was im Gesamteffekt deutlich geringer zu bewerten ist.



Erheblicher ist dagegen der Einfluss des Randverbundes zwischen den 2-fach oder 3-fach-Scheiben. Dieser war früher fast nur aus stark wärmeleitendem Aluminium gefertigt und bildete eine starke Wärmebrücke am Glasrand. Heute werden Randverbünde aus Aluminium zwar immer noch angeboten, zunehmend aber von wesentlich weniger wärmeleitenden Randverbünden aus Edelstahl oder Kunststoff ersetzt. Bei neuen Gläsern oder Fenstern sollten heute keinesfalls mehr Aluminium-Randverbünde eingebaut sein.

Abb. 2.1.3-2 g-Wert von Verglasungen

Bei den Fensterrahmen gibt es im Gebäudebestand auch eine große Bandbreite energetischer Qualitäten. Vor 1940 gab es faktisch nur etwa 35 mm starke Holzrahmen für das damals ausschließlich verfügbare Einfachglas, die teils zu Verbundfestern, teils zu Kastenfenstern aufgedoppelt wurden. Ihr U<sub>F</sub>-Wert liegt um 2,5 W/m<sup>2</sup>K. Mit Aufkommen der 2fach-Isolierglasscheiben ("Thermopane") Ende der 1960er Jahre waren wegen des doppelten Glasgewichts stabilere Rahmen nötig und kamen 45, 50 und 55 mm starke Holzrahmen auf, deren U<sub>F</sub>-Werte zwischen 2,1 und 1,8 W/m<sup>2</sup>K betragen. Heute sind bei normalen Holzfenstern 65 mm Profile üblich mit U<sub>F</sub>-Werten um 1,6 W/m<sup>2</sup>K. Mit dem Aufkommen der Passivhäuser seit 1992 wurden auch unterschiedliche wärmegeämmte Holzprofile entwickelt, deren U<sub>F</sub>-Werte unter 0,8 W/m<sup>2</sup>K liegen und die heute Stand der Technik sind.

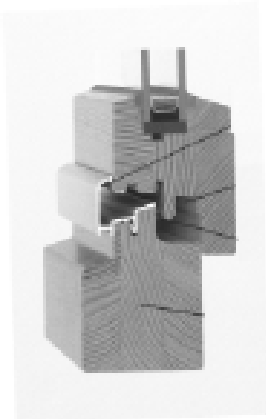
Bei den Mitte der 1960er Jahre aufgekommenen Kunststoffrahmen gab es seither eine Entwicklung von anfänglichen 2-3-Kammer-Profilen mit  $U_F$ -Werten um  $2,2 \text{ W/m}^2\text{K}$  über 4-Kammer-Profile (ab etwa 1975) bis zu heute üblichen 5-Kammer-Profilen mit  $U_F$ -Werten zwischen  $1,3$  und  $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Daneben gibt es von einzelnen Herstellern auch 6-, 7- und 8-Kammer-Profile, deren  $U_F$ -Werte zwischen  $1,3$  und  $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$  betragen. Für den Passivhausmarkt gibt es inzwischen wenigstens 10 Kunststoffprofile, deren Hohlkammern mit Dämmstoff ausgeschäumt sind. Sie erreichen  $U_F$ -Werten um  $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$  und sind heute Stand der Technik bei Kunststofffenstern.

Aluminiumrahmen waren vor 1970 meist nicht thermisch getrennt und hatten extrem hohe Wärmeverluste. Thermisch getrennte Rahmenprofile mit zunächst nur 5-8 mm Kunststoff-Steg zwischen innerem und äußerem Aluminiumprofil, später 15-25 mm, gibt es seit 1980 bzw. etwa 1990. Diese mechanisch sehr robusten und pflegeleichten Rahmen waren in allen Altersstufen meist aber auch die kältesten und sind auch heute aus energetischer Sicht eher nicht zu empfehlen. Passivhaustaugliche Aluminiumrahmen werden bisher erst sehr wenige angeboten.

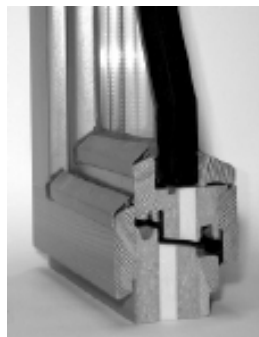
Ausweislich der Gebäudeerhebung kommen In Detmold folgende Glas- und Rahmenqualitäten als überwiegend vorhandene Bauarten vor.

35 mm Holzrahmen	1 %	Einfachglas	2 %
2*35 mm Holz-Verbundrahmen	3 %	2*1fach Glas	3 %
55 mm Holzrahmen (vor 1995)	26 %	2-fach-Isolierglas (1970-90)	56 %
65 mm Holzrahmen (ab 1995)	16 %	3-fach-Isolierglas (1970-90)	3 %
120 mm Holz-Iso-Rahmen	0,6 %	2-fach-Wärmeschutzglas (1990-...)	35 %
2-3-Kammer-PVC-Rahmen (1965-80)	17 %	3-fach-Wärmeschutzglas (1990-...)	2 %
4-Kammer-PVC-Rahmen (1975-95)	15 %		
5-Kammer-PVC-Rahmen (1995-...)	9 %		
6-8-Kammer-PVC-Rahmen (2000-...)	9 %		
PVC-Iso-Rahmen (1995-...)	0,6 %		

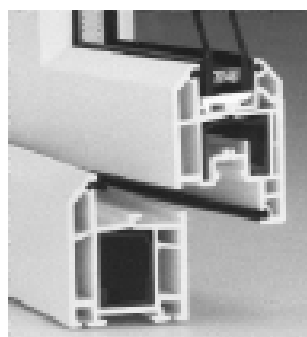
Die folgenden Bilder zeigen beispielhaft Rahmenprofile.



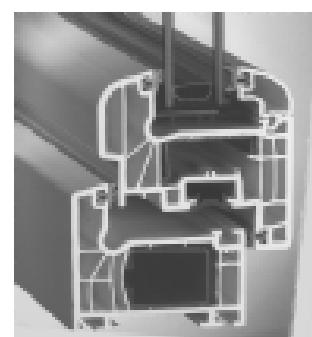
Einfacher Holzrahmen  
 $U_F$ -Wert um 1,6



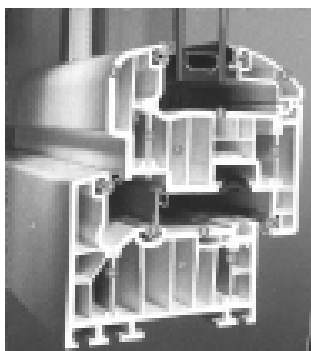
Wärmedämmter Holzrahmen  
 $U_F$ -Wert um  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$



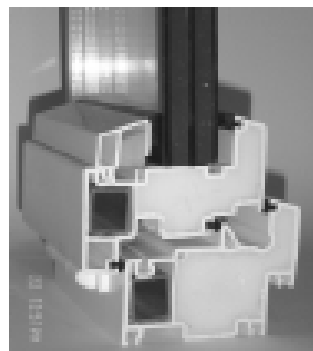
3-Kammer-PVC-Profil  
 $U_F$ -Wert um  $2,2 \text{ W/m}^2\text{K}$



5-Kammer-PVC-Profil  
 $U_F$ -Wert um  $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$



8-Kammer-PVC-Profil  
 $U_F$ -Wert um  $0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$



Wärmedämmter PVC-Rahmen  
 $U_F$ -Wert um  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$



Typische alte Aluminiumtür aus nicht getrenntem Profil  
 $U_D$ -Wert um  $6 \text{ W/m}^2\text{K}$



Gut thermisch getrennter Aluminiumrahmen  
 $U_F$ -Wert um  $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

Abb. 2-1.3-3 Fenster und Türprofile



Die folgende Tabelle zeigt die im Gebäudebestand üblichen Kombinationen von Rahmen und Verglasungen mit den aus jeweiliger Glasqualität, Rahmenqualität und Randverbund resultierenden Gesamt-U-Werten der Fenster (=  $U_W$ -Wert) ohne Berücksichtigung der vom Gebäude abhängigen Einbauwärmeverbrücke.

$U_W$ -Werte von Fenstern		Glasqualität ( $U_G$ -Werte)										
		1-fach- Glas	2-fach- Isoglas 1970-90		2-fach- WS-Glas 1990-..		2-fach- WS-Glas 2000-..		3-fach- WS-Glas 1995-...			
		5,2	3,2	2,8	1,5	1,3	1,2	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5
Rahmenqualität ( $U_F$ -Werte)	4,0	5,2	4,0 (alu)	3,7 (alu)	2,9 (alu)	2,7 (alu)	2,6 (alu) 2,3 (ss)	2,4 (alu) 2,2 (ss)	2,3 (alu) 2,0 (ss)	2,2 (alu) 2,0 (ss)	2,2 (alu) 1,9 (ss)	2,1 (alu) 1,8 (ss)
	3,5	5,1	3,8 (alu)	3,5 (alu)	2,7 (alu)	2,6 (alu)	2,4 (alu) 2,2 (ss)	2,3 (alu) 2,1 (ss)	2,2 (alu) 1,9 (ss)	2,1 (alu) 1,8 (ss)	2,0 (alu) 1,8 (ss)	1,9 (alu) 1,7 (ss)
	3,0	5,0	3,6 (alu)	3,4 (alu)	2,5 (alu)	2,4 (alu)	2,3 (alu) 2,0 (ss)	2,1 (alu) 1,9 (ss)	2,0 (alu) 1,7 (ss)	1,9 (alu) 1,7 (ss)	1,9 (alu) 1,6 (ss)	1,8 (alu) 1,5 (ss)
	2,5	4,9	3,5 (alu)	3,2 (alu)	2,3 (alu)	2,2 (alu)	2,1 (alu) 1,9 (ss)	2,0 (alu) 1,8 (ss)	1,9 (alu) 1,6 (ss)	1,8 (alu) 1,6 (ss)	1,8 (alu) 1,5 (ss)	1,7 (alu) 1,4 (ss)
	2,0	4,8	3,3 (alu)	3,0 (alu)	2,2 (alu)	2,0 (alu)	2,0 (alu) 1,8 (ss)	1,8 (alu) 1,6 (ss)	1,7 (alu) 1,5 (ss)	1,7 (alu) 1,4 (ss)	1,6 (alu) 1,3 (ss)	1,5 (alu) 1,3 (ss)
	1,8	4,7	3,2 (alu)	3,0 (alu)	2,1 (alu)	2,0 (alu)	1,9 (alu) 1,7 (ss)	1,8 (alu) 1,6 (ss)	1,7 (alu) 1,4 (ss)	1,6 (alu) 1,3 (ss)	1,5 (alu) 1,3 (ss)	1,5 (alu) 1,2 (ss)
	1,6	4,6	3,2 (alu)	2,9 (alu)	2,0 (alu)	1,9 (alu)	1,8 (alu) 1,6 (ss)	1,7 (alu) 1,5 (ss)	1,6 (alu) 1,3 (ss)	1,5 (alu) 1,3 (ss)	1,5 (alu) 1,2 (ss)	1,4 (alu) 1,1 (ss)
	1,4	4,5	3,1 (alu)	2,8 (alu)	2,0 (alu)	1,8 (alu)	1,8 (alu) 1,5 (ss)	1,6 (alu) 1,4 (ss)	1,5 (alu) 1,3 (ss)	1,5 (alu) 1,2 (ss)	1,4 (alu) 1,1 (ss)	1,3 (alu) 1,1 (ss)
	1,2	----	2,9 (alu)	2,7 (alu)	1,9 (alu)	1,8 (alu)	1,7 (alu) 1,5 (ss)	1,6 (alu) 1,3 (ss)	1,5 (alu) 1,2 (ss)	1,4 (alu) 1,1 (ss)	1,3 (alu) 1,1 (ss)	1,3 (alu) 1,0 (ss)
	1,0	----	2,9 (alu)	2,4 (alu)	1,8 (alu)	1,7 (alu)	1,6 (alu) 1,4 (ss)	1,5 (alu) 1,3 (ss)	1,4 (alu) 1,1 (ss)	1,3 (alu) 1,1 (ss)	1,3 (alu) 1,0 (ss)	1,2 (alu) 0,9 (ss)
	0,8	----	----	----	----	----	1,5 (alu) 1,3 (ss)	1,4 (alu) 1,2 (ss)	1,3 (alu) 1,0 (ss)	1,2 (alu) 1,0 (ss)	1,2 (alu) 0,9 (ss)	1,1 (alu) 0,9 (ss)
	0,6	----	----	----	----	----	1,4 (alu) 1,2 (ss)	1,3 (alu) 1,1 (ss)	1,2 (alu) 1,0 (ss)	1,1 (alu) 0,9 (ss)	1,1 (alu) 0,8 (ss)	1,0 (alu) 0,8 (ss)

(alu) / (ss) = Aluminium- oder Edelstahl-Abstandshalter zwischen den Glasscheiben

© NEI 2008

Abb. 2.1.3-4 U-Werte von Gläsern, Rahmen und Fenstern

Bedenkt man, dass die durch Sanierung von Kellerbauteilen, Wänden oder Dächern erzielbaren U-Wert-Differenzen meist nur Stellen hinter dem Komma ausmachen, ist aus obiger Tabelle erkennbar, dass in der Erneuerung alter Fenster oder Verglasungen mit U-Wert-Differenzen von 1,6 - 4,2  $W/m^2K$  ein nicht unerhebliches Energie- und  $CO_2$ -Einsparpotenzial steckt.

In folgender Tabelle 2.1.3-5 ist am Beispiel von 25  $m^2$  Fensterfläche und bei angenommenen 7  $Ct/kWh$  Wärmekosten berechnet, welche Wärmeverluste und Heizkosten über die Fenster pro Jahr und innerhalb von 40 Jahren entstehen, wenn die Fenster in einer der fünf dargestellten thermischen Qualitäten hergestellt sind. Aus den dargestellten Differenzen kann man den energetischen und finanziellen Nutzen der Glas- bzw. Fenstererneuerung erkennen.

Fenster	sehr kalt		kühl		Neubau- Standard	Niedrig-Energie-Standard		Passivhaus- Standard
U-Werte	5,00	4,00	3,00	2,50	1,80	1,40	1,00	0,80
Wärmeverlust p.a.	8.400 kWh	6.720 kWh	5.040 kWh	4.200 kWh	3.024 kWh	2.352 kWh	1.680 kWh	1.344 kWh
Wärmeverlust in 40 a	336.000 kWh	268.800 kWh	201.600 kWh	168.000 kWh	120.960 kWh	94.080 kWh	67.200 kWh	53.760 kWh
Wärmekosten p.a.	588 EUR	470 EUR	353 EUR	294 EUR	212 EUR	165 EUR	118 EUR	94 EUR
Wärmekosten in 40 a	23.520 EUR	18.816 EUR	14.112 EUR	11.760 EUR	8.467 EUR	6.586 EUR	4.704 EUR	3.763 EUR

Fensterfläche: 25  $m^2$

Kalkulationsdauer: 40 Jahre

Wärmepreis: 7 Eurocent/kWh

Abb. 2.1.3-5 Fenster - Wärmeverluste und Heizkosten

Die Erneuerung von Fenstern oder der Austausch von alter Verglasung gegen neue wesentlich weniger Wärme leitende Verglasung wird im Rahmen des Detmolder Förderprogramms für nachträgliche Wärmedämmung von Altbauten seit 1993 gefördert. Bisher wurden 188 Sanierungsmaßnahmen mit zusammen 4.535  $m^2$  Fensterfläche, darunter 630  $m^2$  mit Dreifachglas gefördert.

Bis 2006 war für die Förderung der Einbau von sehr wenig Wärme leitendem 2-Scheiben-Wärmeschutzglas mit Ug-Wert von max. 1,1 W/m<sup>2</sup>K Voraussetzung, seit 2007 ist 3-Scheiben-Wärmeschutzglas mit Ug-Wert von max. 0,85 W/m<sup>2</sup>K Fördervoraussetzung. Um die stärkere Verbreitung wärmegeämmter Fensterrahmen anzuregen, wird deren Einbau seit 2007 separat gefördert. Empfehlenswert ist heute grundsätzlich der kurzfristige Ersatz von noch einfach verglasten Fenstern in allen normal beheizten Räumen durch neue Fenster mit Dreifachverglasung. Dies gilt auch für solche Räume, die oft als "unbeheizt" angesehen werden, obwohl sie innerhalb der thermischen Hülle liegen, z. B. für Treppenhausfenster bei innen liegenden Treppenhäusern. Die Kühle dieser Räume kommt nämlich nicht vor allem daher, dass man sie nicht heizt. Vielmehr strömt in solche Räume, z.B. durch Innenwände, oft relativ viel Wärme, die dort aber nicht zu nennenswerter Erwärmung führt, weil sie durch große, kalte Fensterflächen gleich wieder nach außen abfließt. So manches "unbeheizte" Treppenhaus war nach einer Fenstersanierung im Treppenhaus plötzlich abrupt "warm", obwohl es weiterhin keinen eigenen Heizkörper besaß. Dies trifft z.B. auch für Flure in Schulen und Verwaltungsgebäuden zu, wenn diese große Fensterflächen und alte Fenster haben.

Bei älteren Holz- oder Kunststofffenstern mit Isolierverglasung von vor 1990 ist zu prüfen, ob die Rahmen noch wenigstens etwa 20 Jahre Nutzungsdauer haben. Wenn ja, kann bei Kunststofffenstern auch nur der preiswertere Austausch der alten Isolier- durch gleich dicke neue Wärmeschutzverglasung empfohlen werden; bei gut erhaltenen Holzfenstern sollte geprüft werden, ob auch Dreifachverglasung einsetzbar ist, indem man die Glashalteleisten ändert. Haben die vorhandenen Rahmen keine so hohe zu erwartende Restnutzungsdauer mehr, sollte kein reiner Glasaustausch erfolgen, sondern auch eine komplette Erneuerung der Fenster durch solche mit möglichst warmen Rahmen und Dreifachverglasung.



## 2.1.4 Einsparpotenziale durch die Sanierung von Dachbauteilen

Dachbauteile machen bei Detmolder EFH und MFH zwischen 30 und 40 % der gesamten Wärme übertragenden Gebäudehüllfläche aus, bei mehrgeschossigen Häusern kann der Anteil auch nur 10 % betragen. Je nach Gebäudeform und Dachausbau spielen dabei Schrägdächer über beheizten Räumen, Kehlbalkendecken unter unbeheizten Dachböden, Flachdächer, sowie als kleinere Teilflächen Gaubenwände und Gaubendächer als unterschiedliche Bauteile eine Rolle. Nebenstehende Skizze zeigt die häufigsten Dachformen mit eingezeichnetem Verlauf der jeweils Wärme übertragenden Teilflächen.

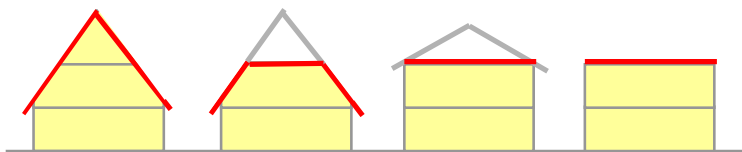


Abb. 2.1.4-1 Wärme übertragende Dachbauteile

Ausweislich der Gebäudeerhebung haben etwa 19 % der Detmolder Häuser bis zum First ausgebaute Schrägdächer, 57 % nur teilweise ausgebaute Schrägdächer, also Kombinationen aus Schrägdächern und Kehlbalkendecken als Wärme übertragende Hüllfläche, 18 % nur Kehlbalkendecken über Vollgeschossen und 6 % Flachdächer (Zahlen bisher ohne Gewerbebauten).

Sehr viele Dächer älterer Häuser in Detmold sind gar nicht oder nur sehr wenig wärmegeklämt. Ausweislich der Gebäudeerhebung kommen folgende Häufigkeiten bei den Dämmstärken vor:

Dämm-Stärke	Schrägdächer	Kehlbalkendecken	Flachdächer
0 cm	26 %	30 %	56 %
1-4 cm	4 %	7 %	1 %
5-8 cm	9 %	9 %	6 %
9-12 cm	23 %	26 %	6 %
13-16 cm	17 %	12 %	12 %
17-20 cm	13 %	12 %	9 %
21-24 cm	2 %	2 %	3 %
25-28 cm	2 %	1 %	3 %
≥ 29 cm	2 %	1 %	6 %

Daneben gibt es eine größere Anzahl von Dächern, in denen zwar Dämmung eingebaut wurde, die aber nicht mehr funktioniert, weil sie durchnässt, von Mardern zerwühlt, zusammengefallen oder mangels stabiler Unterfangung so abgelöst ist, dass sie luftumströmt ist.

Folgende drei Bilder zeigen Häuser, bei denen die fehlenden oder inzwischen nicht mehr funktionierenden Dachdämmungen anhand der unregelmäßig abgetauten Schneeflächen erkennbar sind. Geht man in Detmold nach leichtem Schneefall von nur 1-2 cm Höhe am frühen Morgen vor Beginn der Sonnenabtauung durch die Straßen, kann man an vielen tausend Dächern solche unregelmäßigen Abtauungen erkennen. Stellt man sich dabei vor, wie lange man mit einem 1000-Watt-Föhn bräuchte, um jeden Tag diese Schneemengen abzutauen, wird der enorme Wärmeverlust schlecht gedämmter Dächer vorstellbar, zumal diese Wärmeverluste nicht nur bei Schnee, sondern ständig auftreten.



Großflächig fehlende Dämmung bei einer Haushälfte



Ungedämmte Abseiten



Nicht mehr wirkende Alt-Dämmung evtl. wg. Durchfeuchtung

Abb. 2.1.4.-2 Unregelmäßige Schneefallabtauungen können Mängel der Dachdämmung offenbaren

Die Potenziale zur Reduzierung der Wärmeverluste und CO<sub>2</sub>-Emissionen über Dachbauteile sind technisch sehr vielfältig. Sie gliedern sich nach den verschiedenen Dachbauteilen und deren Grundkonstruktionen, also nach Schrägdach, Kehlbalkendecke oder Flachdach, jeweils in Massiv- oder Holzbauweise, sowie in Warm- oder Kaltdachkonstruktionen. Unterschiedliche Einsparpotenziale bestehen auch, wenn ein Dach im Rahmen einer Sanierung entweder nur von außen oder nur von innen oder von beiden Seiten geöffnet werden soll. Neben dem Wärmeschutz spielen stets auch die Anforderungen der Luftdichtheit und des Feuchteschutzes eine Rolle, die von den vorhandenen und nicht zu erneuernden alten Bauteilschichten abhängig sind. Soll ein Schrägdach z.B. neu eingedeckt werden, also von außen geöffnet werden, sind ganz andere Varianten möglich und Details erforderlich, je nachdem, ob die Innenbekleidung eine verputzte, luftdichte, aber nur wenig dampfbremsende Heraklithplatte aus den 1960er Jahren ist oder eine luftundichte Holzvertäfelung mit dahinter schon von Anfang an falsch eingebauter aluminiumkaschierter Glaswolle aus den 1970er Jahren.

#### 2.1.4.1 Schrägdächer über beheizten Räumen

Nahezu alle Schrägdächer Detmolder Häuser sind Holzkonstruktionen. Sie unterscheiden sich

- in der Innenbekleidung mit den Funktionsschichten der dekorativen Oberfläche, der Luftdichtung und der Dampfbremse,
- in den Füllungen mit evtl. Dämm-, Schall- und Brandschutzschichten,
- in der Außenbekleidung mit den Funktionen des Wasserschutzes und des Feuchteaustrages.

Die Konstruktionsübersicht auf der nächsten Seite zeigt die gängigen Konstruktionsmischungen aus Innenbekleidungen und Füllungen (Zeilen 1-5) sowie Außenbekleidungen (Spalten 1-4). In Zeile 1 sind Schrägdächer ohne Dämmung, Füllung und Innenbekleidung skizziert. Diese Konstellation ist gegeben, wenn Schrägdächer von innen saniert werden und alle Innenbekleidungen entfernt werden oder wenn bisher ungedämmte Schrägdächer über z.B. bisher unbeheizten Dachräumen erstmals nachträglich von innen gedämmt und bekleidet werden.

In Zeilen 2 und 3 sind Schrägdächer mit einer Innenbekleidung aus Putz auf Putzträger skizziert, was in alten Häusern bis etwa 1965 die üblichen Innenbekleidungen waren. Zeile 2 zeigt Aufbauten, die außer dem Innenputz keine oder nur 2-4 cm Wärmedämmung im Balkenzwischenraum haben, was für Baujahre 17.. bis 1960 und 1960-70 typisch war. Zeile 3 zeigt Aufbauten mit Innenputz und Ausfachung aus Leichtsteinen (meist Bims), wie sie zwischen 1850 und 1960 seltener auch vorkamen.

In Zeile 4 sind Innenbekleidungen mit Holzvertäfelung und dahinter aluminiumkaschierter Glaswollmatte skizziert, wie sie ab etwa 1965 und bis etwa 1985 sehr häufig war und leider auch sehr typische Mängel aufweist, vor allem mangelhafte Luftdichtheit und schlampige Verarbeitung.

In Zeile 5 sind Innenbekleidungen mit raumseitiger Gipskarton-Bekleidung skizziert, die hinter dem Gipskarton eine separate vollflächig verlegte Luftdichtungs- und Dampfbremsbahn sowie Dämmschichten haben. Diese Bauweise ist seit etwa 1985 üblich.

In Zeile 6 ganz rechts ist noch ein Beispiel eines Sichtbalkendaches mit ausschließlicher Aufsparrendämmung dargestellt, was in Detmold zwar auch, aber eher selten vorkommt.

Spalte 1 zeigt Schrägdachaufbauten, die als äußere Bekleidung nur eine Dacheindeckung auf Lattung aber kein zusätzliches wasserabführendes, winddichtendes oder dampfbremsendes Unterdach haben. Dies ist die bis etwa 1970 typische Dachaußenbekleidung. Nur in sehr windbelasteten Gebieten kommen auch früher schon harte Bretterschalungen mit wasserabführender (z.B. Teerpappe-) Auflage vor.

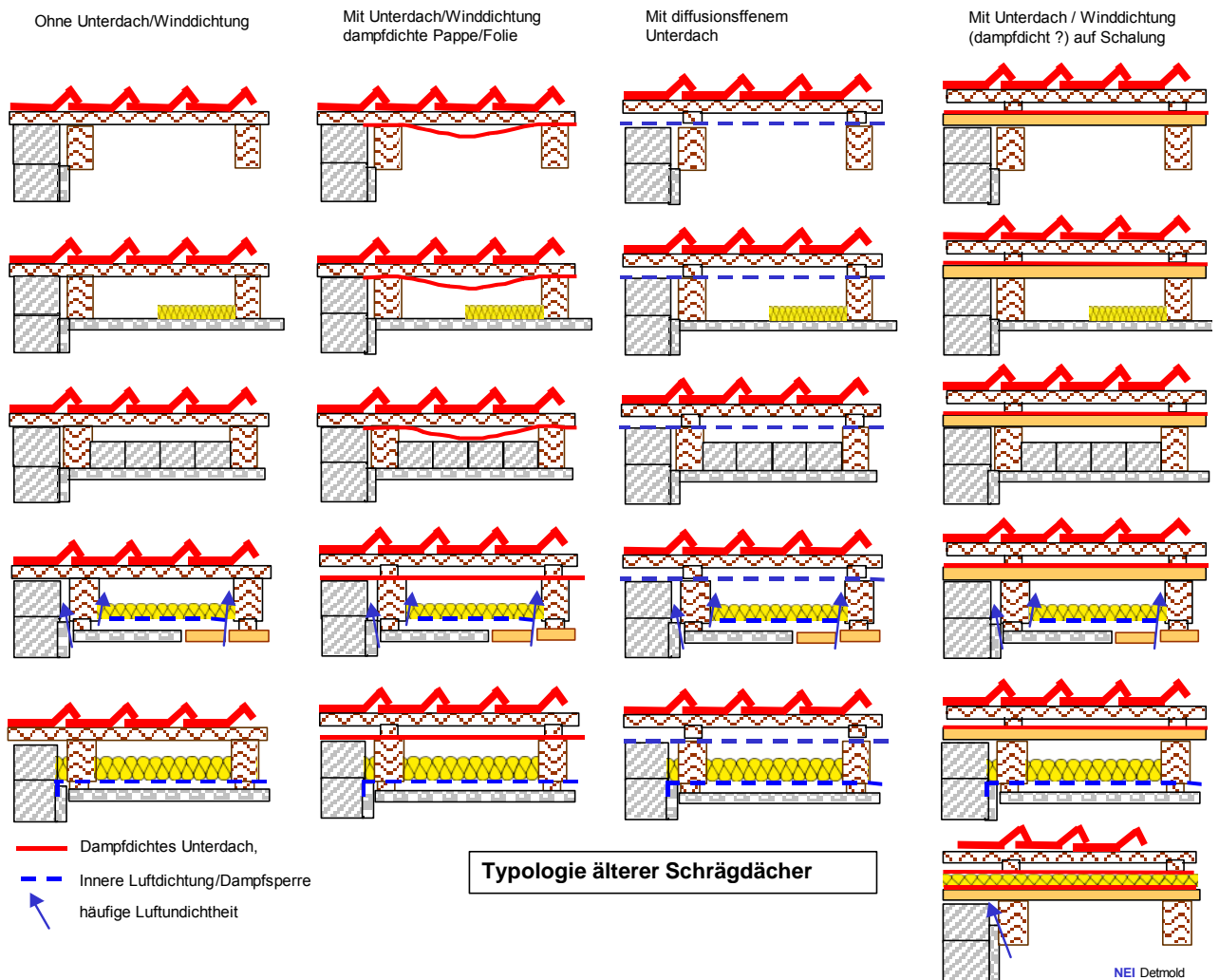


Abb. 2.1.4.1-1 Bauarten von Schrägdächern

Spalte 2 zeigt Schrägdachaufbauten, die als äußere Bekleidung unter der Dacheindeckung eine ältere, noch nicht diffusionsoffene Unterdachbahn aus Teerpappe oder frühen ("Delta-") Unterdachbahnen haben. Diese Schicht ist hier als durchgehende rote Linie eingezeichnet. Diese Bauweise kommt seit etwa 1900 mit Pappen, bzw. seit etwa 1965 mit Folien vor. Hier ist das Problem, dass wegen der hohen Dampfbremswirkung dieser Unterspannbahnen meist eine Unterlüftung des Unterdaches erhalten bleiben muss, sodass nicht der ganze Sparrenzwischenraum für Dämmung nutzbar ist. Wird ein solches Dach nur von innen saniert, bleibt also die Außenbekleidung erhalten, bestehen nur verringerte Möglichkeiten zur Energieeinsparung, wenn man keine sehr dicken inneren Zusatzschichten realisieren kann.

Spalte 3 zeigt äußere Schrägdachaufbauten mit diffusionsoffenem Unterdach, das hier als gestrichelte blaue Linie eingezeichnet ist. Dieser Aufbau ist seit etwa 1990 sowohl im Neubau als auch nach diesem Zeitpunkt bei Dachneueindeckungen älterer Häuser üblich und ermöglicht es oft, den ganzen Sparrenzwischenraum mit Dämmstoff zu verfüllen. Ein Luftspalt unter dem Unterdach ist hier zur Feuchteabfuhr i.d.R. nicht mehr nötig, sondern sogar eher nachteilig.

Spalte 4 zeigt Schrägdächer mit hartem Unterdach aus z. B. einer Holzschalung, was meist aus Windschutzgründen oder zur sehr stabilen Unterfangung der Dachhaut (z. B. bei Kupfer- oder Schieferdach), realisiert ist. Auf solchen Unterdächern sind oft stark dampfbremsende Teerpappen verlegt, dies wirft dieselben Probleme auf wie bei den in Spalte 2 dargestellten Aufbauten.

Die Möglichkeiten zur Verringerung der Heizwärmeverluste und zuzurechnenden CO<sub>2</sub>-Emissionen über solche Schrägdächer variieren je nachdem, ob das Dach von außen (z.B. wg. nötiger Neueindeckung) oder von innen (z.B. wg. Erneuerung des Innenausbaus) geöffnet werden sollen. Die beiden Übersichten in Abb. 2.1.4.1-2 und 2.1.4.1-3 auf der nächsten Seite zeigen die dabei bestehenden

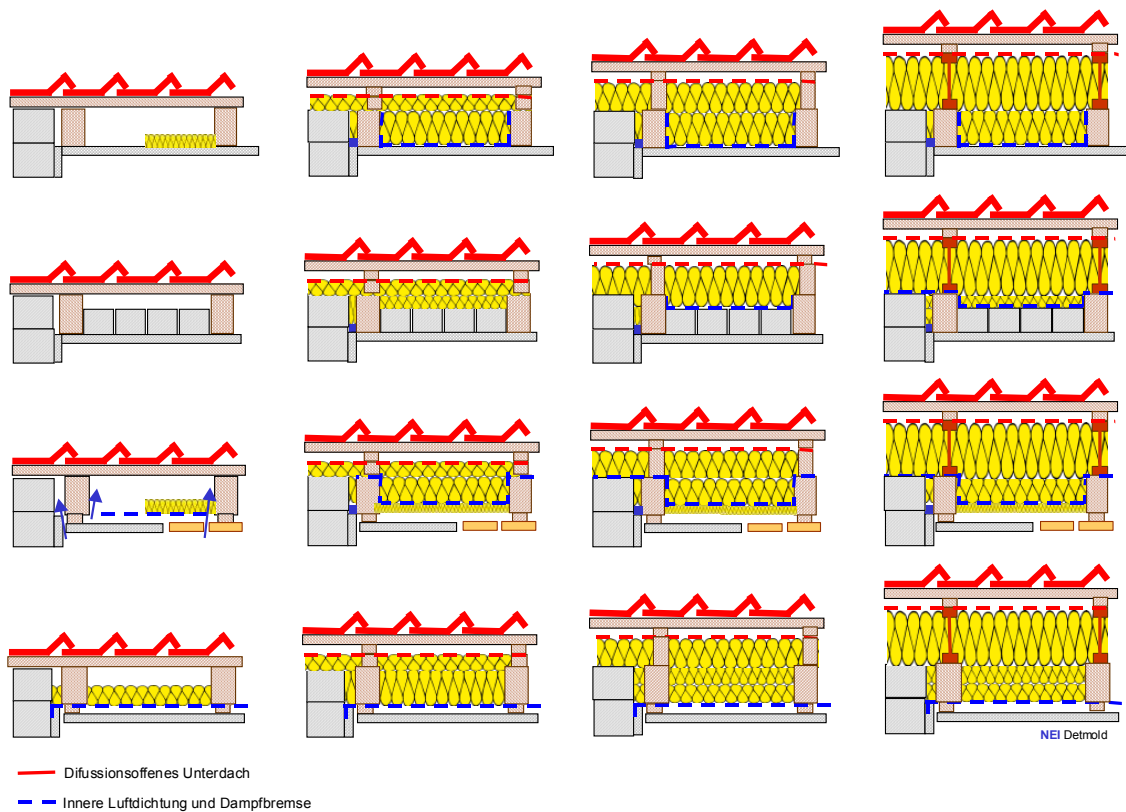


Abb. 2.1.4.1-2 Varianten der Schrägdach-Dämmung von außen

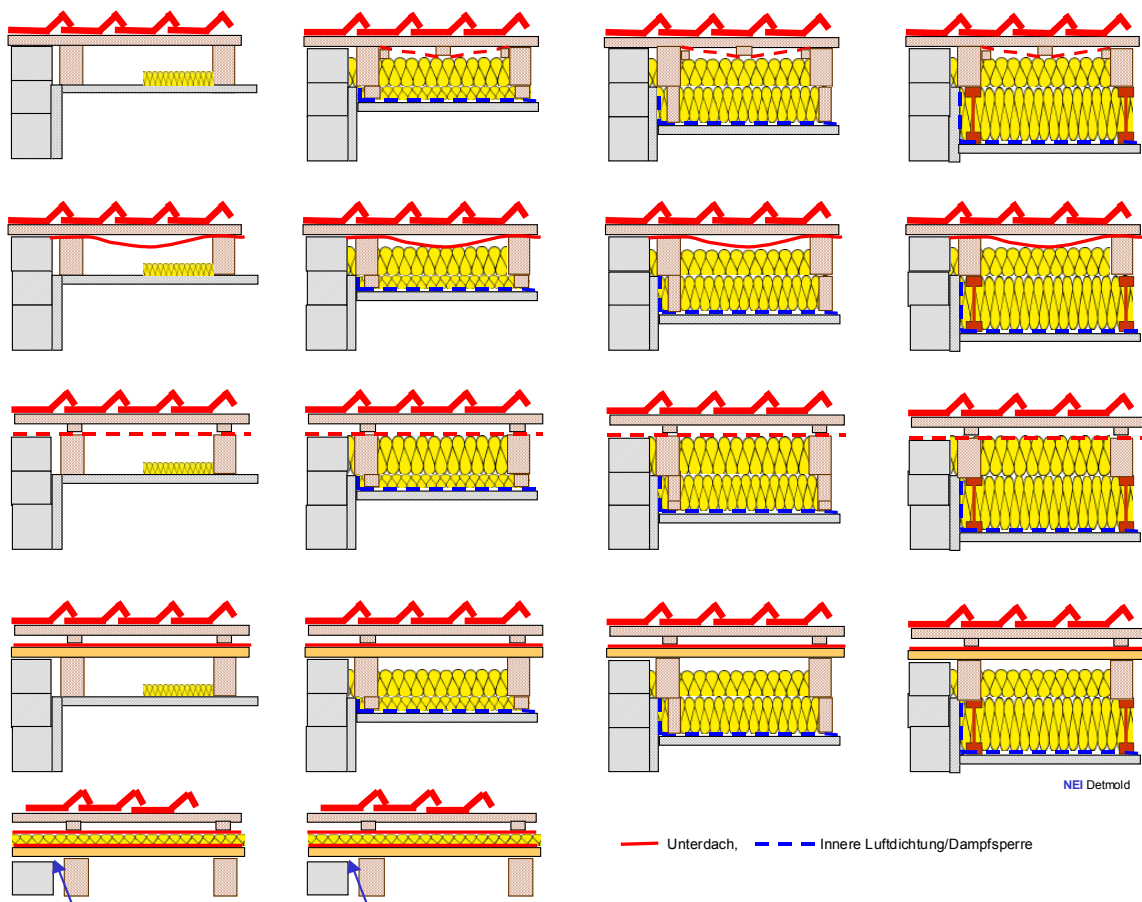


Abb. 2.1.4.1-3 Varianten der Schrägdach-Dämmung von innen

Möglichkeiten, wie sie vielfach auch in Detmold schon realisiert wurden. In der oberen Abbildung sind Möglichkeiten aufgezeigt, wie bei einer Dachöffnung von außen zusätzliche Wärmedämmung zunächst zwischen die Dachbalken und zusätzlich zwischen äußere Aufdoppelungen des Dachstuhls eingebaut werden können. In dieser Abbildung sind in den vier Zeilen die vier möglichen Innenaufbauten mit ihren jeweiligen Problemen dargestellt; die vier Spalten zeigen neben dem Ausgangszustand (links) die vier unterschiedlich hohen erreichbaren Wärmedämmstandards von Neubau-, Niedrigenergie- und Passivhausqualität. Grundsätzlich lassen sich bei Schrägdachsanierungen von außen sehr hohe Dämmstandards erreichen, da nach oben erst mal keine Platzbegrenzung vorhanden ist.

In Tabelle 2.1.4.1-4 ist am Beispiel einer 100 m<sup>2</sup> großen Dachfläche und bei angenommenen 7 Ct/kWh Wärmekosten berechnet, welche Wärmeverluste und Heizkosten über ein solches Dach pro Jahr und innerhalb von 40 Jahren entstehen, wenn die Dächer in einer dieser sechs thermischen Qualitäten hergestellt sind und normal beheizte Räume gegen Außenluft abgrenzen. Aus den dargestellten Differenzen kann man den energetischen und finanziellen Nutzen zusätzlicher Dämmschichten erkennen.

Schrägdach	sehr kalt	kalt	kühl	kühl	Neubau-Standard	Niedrig-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

Dachfläche: 100 m<sup>2</sup>                      Kalkulationsdauer: 40 Jahre                      HWärmepreis: 7 Eurocent/kWh

Abb. 2.1.4.1-4 Einsparpotenziale durch Schrägdach-Dämmung

Empfehlenswert sind bei Dachdämmungen heute grundsätzlich Dämmstärken von 28-30 cm, bei denen nicht nur sehr niedrige winterliche Wärmeverluste auftreten, sondern auch der sommerliche Hitzeschutz wirklich komfortabel wird. Eine passivhaustaugliche Ausführung verlagert etwa 40 cm Dämmstärke. Eine Dämmung nur der vorhandenen Sparrenzwischenräume ist zwar derzeit gesetzlich noch zulässig, jedoch ökonomisch wie auch bzgl. des sommerlichen Wärmeschutzes unbefriedigend.

Im Detmolder Förderprogramm für nachträgliche Wärmedämmung von Altbauten wurden seit 1993 insgesamt 250 Schrägdachdämmungen mit zusammen etwa 20.000 m<sup>2</sup> Dachfläche gefördert. Die derzeitige Mindestdämmstärke zur Förderung beträgt 18 cm bei Dämmstoff der WLG 035; bei dickerer Dämmung bis 26 cm Stärke wird erhöhte Förderung gewährt. Empfohlen wird, die Mindestdämmstärke in 2009 auf 22 cm zu erhöhen.

Die Fotos in oberer Abb. 2.1.4.1-5 auf der nächsten Seite zeigen Beispiele nachträglicher Schrägdachdämmung von außen oder von innen.

Sollen Schrägdächer wegen intakter und hochwertiger innerer und äußerer Bekleidungen von keiner Seite geöffnet werden, gibt es auch Möglichkeiten, nur den vorhandenen Sparrenzwischenraum mit Dämmstoff zu verfüllen, sofern dieser vom Dachraum aus zugänglich ist. Diese Variante ist nur bei geeigneten Randbedingungen empfehlenswert, insbesondere muss die innere Oberfläche luftdicht und sollte möglichst dampfbremsend sein. Weiterhin darf außenseitig kein dampfdichtes Unterdach vorhanden sein und die Dacheindeckung muss relativ regendicht sein. Ist der Sparrenzwischenraum unten an der Traufe stabil und dicht abgekastet, kann Perlite oder Zellulosedämmstoff direkt eingeblasen werden. Ist der Sparrenzwischenraum nicht sicher dicht, sodass Dämmstoff wieder herausrieseln oder wehen könnte, kann man den Dämmstoff in spezielle Säcke einbauen, die vorher im Sparrenzwischenraum entfaltet werden. Solche Lösungen sollten nur nach kompetenter bauphysikalischer Beratung und durch erfahrene Fachunternehmen ausgeführt werden. Der Zellulosehersteller Isofloc bietet bei geeigneten Randbedingungen für sein derartiges "Wagner-Dach" sogar 7 Jahre Garantie an. Die unteren beiden Bilder auf folgender Seite zeigen zwei so ausgeführte Beispiele.





Schrägdachdämmung von außen  
Dämmung zwischen und auf den  
Sparren



Schrägdach mit Leichtsteinfüllung



Schrägdach von innen geöffnet  
bisher ohne Dämmung hinter der  
Innenbekleidung



Schrägdachdämmung von innen  
mit innerer Aufdoppelung und  
neuen luftdichtenden Folien



Schrägdach mit beiderseitiger  
Öffnung und Sparrenaufdoppelung



Schrägdachdämmung von innen  
mit innerer Sparrenaufdoppelung

Abb. 2.1.4.1-5 Varianten der Schrägdachdämmung von außen oder innen

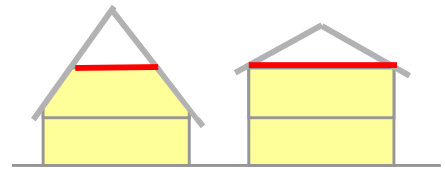


Abb. 2.1.4.1-6 Varianten der Dämmung nur im Sparrenzwischenraum ohne Bauteilöffnung mit Perlite Schütt-  
dämmstoff (links) und Zellulose in Säcken (rechts)



#### 2.1.4.2 Kehlbalkendecken unter unbeheizten Dachböden

Vielen Detmolder Häuser haben unbeheizte Dachböden und darunter als oberen Abschluss der beheizten Zone eine Kehlbalkendecke als Teil der Wärme übertragenden Gebäudehülle. Bei anderthalbgeschossigen Häusern sind dies meist Holzbalkendecken. Bei größeren Häusern mit einem oder mehreren Vollgeschossen und ohne Schrägen in der obersten Etage sind es häufig auch Betondecken. Nebenstehende Skizze zeigt diese beiden Bauformen.



Folgende Übersicht zeigt die gängigen Konstruktionen von Kehlbalkendecken:

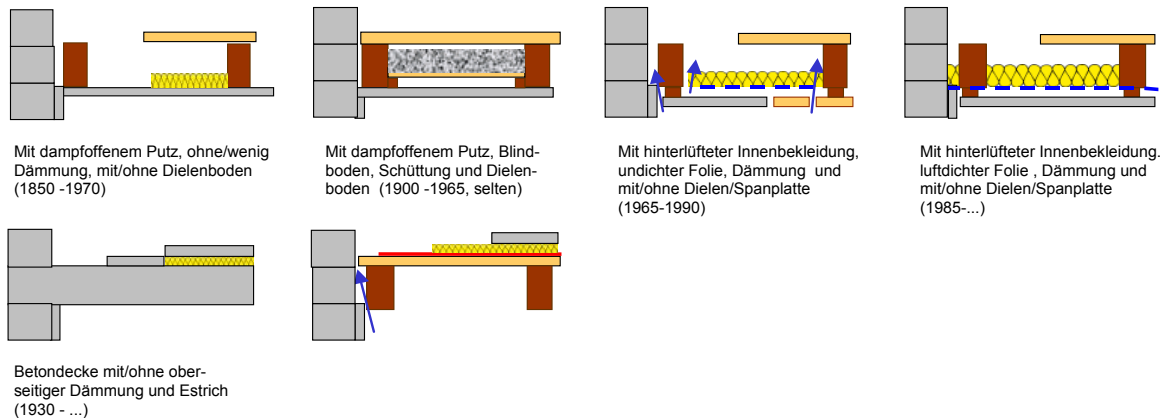


Abb. 2.1.4.2-1 Kehlbalkendecken, Bauarten

Bei Kehlbalkendecken aus Holz kommen dieselben Varianten von unterseitigen (inneren) Bekleidungen und von Sanierungsmöglichkeiten vor wie bei den im vorigen Kapitel erläuterten Holz-Schrägdächern. Die folgenden Skizzen zeigen Varianten der am häufigsten realisierten oberseitigen Zusatzdämmungen auf Holz- und Betondecken sowie auf Sichtbalkendecken.

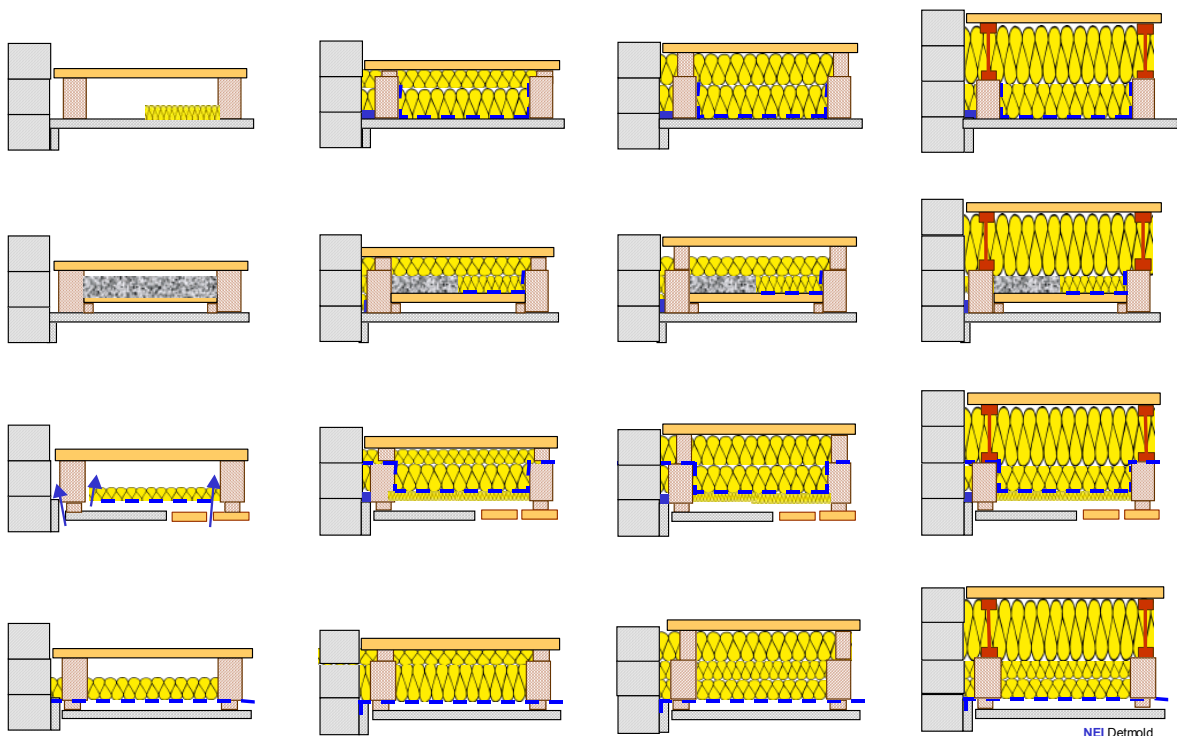


Abb. 2.1.4-2 Holz-Kehlbalkendecken mit Unterbekleidung, Sanierungsvarianten von oben

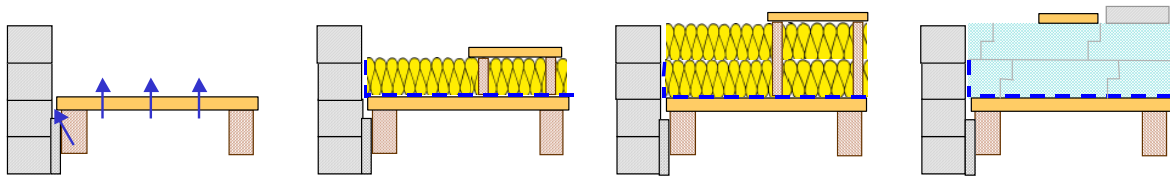


Abb. 2.1.4.2-3 Sichtbalken-, Kehlbalkendecken, Sanierungsvarianten von oben

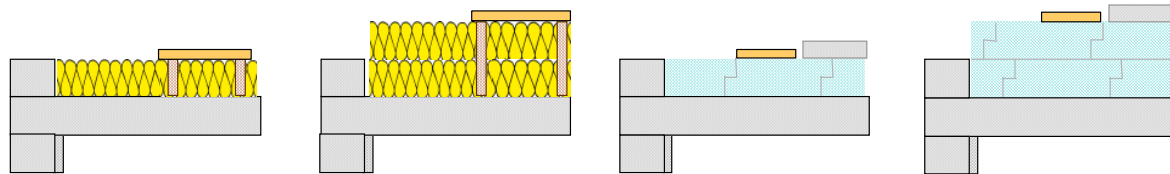


Abb. 2.1.4.2-4 Beton-Kehlbalkendecken, Sanierungsvarianten von oben

Als oberseitige (äußere) Bekleidungen sind auf alten, unterseitig bekleideten Holzbalkendecken in der Regel sägeraue Holz-Dielenböden vorhanden, bei teilsanierten Altbauten oder Häusern nach 1970 zuweilen auch Spanplattenböden. Sichtbalkendecken kommen oft in alten Fachwerkhäusern ohne jede obere Dichtungs- und Dämmschicht als reine Dielenböden über Deelen und danebenliegenden Räumen vor. Auf solchen Decken war früher im Winter oft Stroh oder Heu gelagert worden, was eine erhebliche Dämmwirkung der Decke mit sich brachte. Bei Aufgabe oder Umstellung der Landwirtschaft und bei Umnutzung der früher fast gar nicht geheizten Schlafkammern unter Deelenböden in normal beheizte Wohnräume entfielen diese winterlichen Bedeckungen und entstanden neue Dämmbedarfe, sodass neue Luftdichtungs- und Wärmedämmschichten einzubauen sind. Oberste Geschossdecken aus Beton sind bei vielen älteren Häusern ohne Dämmung, bei Baualtern 1960-70 oft mit 2-4 cm PS- oder Korkdämmung unter Estrichen und erst nach etwa 1975 meist mit 6 und mehr cm Dämmung hergestellt. Oft waren solche Dämmungen zwar geplant, wurden aber nicht ausgeführt, weil unklar war, ob der Dachraum noch ausgebaut werden soll. Die häufig vorhandenen Mängel können also unterschiedlichste Ursachen haben.

Für die Dämmung nicht begehbaren aber zugänglicher oberster Geschossdecken<sup>3</sup> gibt es seit der EnEV 2001 eine bis 2006 befristete Nachrüstpflicht für Wärmedämmung auf einen U-Wert von max. 0,30 W/m<sup>2</sup>K. Diese wurde aber mangels aktiver Überprüfung durch die Bauordnung nur wenig befolgt und ist den meisten Hauseigentümern nicht einmal bekannt.

Folgende Tabellen 2.1.4.2-5 und 2.1.4.2-6 zeigen am Beispiel einer 100 m<sup>2</sup> großen Holz- bzw. Betondecke und bei angenommenen 7 Ct/kWh Wärmekosten, welche Wärmeverluste und Heizkosten über solche Decken pro Jahr und innerhalb von 40 Jahren entstehen, wenn die Decken in einer dieser sechs thermischen Qualitäten hergestellt sind und normal beheizte Räume gegen den Dachraum abgrenzen. Aus den dargestellten Differenzen kann man den energetischen und finanziellen Nutzen zusätzlicher Dämmschichten erkennen.

<b>Kehlbalkendecken (Holz)</b>	sehr kalt	kalt	kühl	mäßig warm	Neubau-Standard	Niedrig-Energie-Standard	Passivhaus-Standard
<b>Dämmstärke</b>	0 cm	3 cm	5 cm	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
<b>U-Wert</b>	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
<b>Wärmeverlust p.a.</b>	26.880 kWh	9.148 kWh	6.409 kWh	3.671 kWh	1.730 kWh	1.084 kWh	0.790 kWh
<b>Wärmeverlustein 40a</b>	1.075.200 kWh	365.904 kWh	256.368 kWh	146.832 kWh	69.216 kWh	43.344 kWh	31.584 kWh
<b>Heizkosten p.a.</b>	1882 EUR	640 EUR	449 EUR	257 EUR	121 EUR	76 EUR	55 EUR
<b>Heizkosten in 40a</b>	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 Nutzungsdauer: 40 Jahre

Wärmepreis: 7 Eurocent/kWh

Abb. 2.1.4.2-5 Einsparpotenziale an Holz-Kehlbalkendecken

<sup>3</sup> "nicht begehrbar" bedeutet, dass die Dachböden über solchen Decken nach evtl. Ausbau keine so große Innenhöhe mehr haben, dass sich ein normal großer Mensch auf einer ausreichenden Fläche aufrecht bewegen kann.

<b>Kehlbalkendecken (Beton)</b>	<b>sehr kalt</b>	<b>kalt</b>	<b>kühl</b>	<b>mäßig warm</b>	<b>Neubau-Standard</b>	<b>Niedrig-Energie-Standard</b>	<b>Passivhaus-Standard</b>
<b>Dämmstärke</b>	0 cm	3 cm	5 cm	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
<b>U-Wert</b>	3,50 W/m²K	0,96 W/m²K	0,65 W/m²K	0,36 W/m²K	0,17 W/m²K	0,11 W/m²K	0,09 W/m²K
<b>Wärmeverlust p.a.</b>	29.400 kWh	8.064 kWh	5.460 kWh	3.024 kWh	1.428 kWh	0.924 kWh	0.714 kWh
<b>Wärmeverlustein 40a</b>	1.176.000 kWh	322.560 kWh	218.400 kWh	120.960 kWh	57.120 kWh	36.960 kWh	28.560 kWh
<b>Heizkosten p.a.</b>	2058 EUR	564 EUR	382 EUR	212 EUR	100 EUR	65 EUR	50 EUR
<b>Heizkosten in 40a</b>	82.320 EUR	22.579 EUR	15.288 EUR	8.467 EUR	3.998 EUR	2.587 EUR	1.999 EUR

Deckenfläche: 100 m²

Kalkulierte Nutzungsdauer: 40 Jahre

Wärmepreis: 7 Eurocent/kWh

Abb. 2.1.4.2-6 Einsparpotenziale an Beton-Kehlbalkendecken

Empfehlenswert sind bei Dämmungen oberster Geschossdecken heute grundsätzlich Dämmstärken von 28-40 cm, bei denen nicht nur sehr niedrige winterliche Wärmeverluste auftreten, sondern auch der sommerliche Hitzeschutz wirklich komfortabel wird. Da die Dämmung solcher Decken im wettergeschützten Innenbereich des Hauses erfolgt, ist sie sehr preiswert und kann zum erheblichen Teil in Eigenleistung erfolgen. Die nachträgliche Dämmung ungedämmter oder nur sehr wenig gedämmter oberster Geschossdecken ist in Altbauten meist das rentabelste Einsparpotenzial an der Gebäudehülle überhaupt.

Während bei der oberseitigen Dämmung von Betondecken wegen deren Luftdichtheit und hoher Dampfbremswirkung nahezu keine Ausführungsfehler möglich sind, müssen bei der Dämmung von Holz-Kehlbalkendecken Aspekte der Luftdichtheit und des Feuchteschutzes individuell geprüft werden, und müssen entsprechende Funktionsschichten teils nachgerüstet werden, um Feuchteschäden durch falsche Sanierung zu vermeiden. Abgesehen von hier normalerweise nicht vorhandenem Risiko des äußeren Nässeintrags durch Regen oder Flugschnee, ist dabei die Problematik ähnlich wie bereits im vorigen Unterkapitel bei Holz-Schrägdächern erläutert.

Im Detmolder Förderprogramm für nachträgliche Wärmedämmung von Altbauten wurden seit 2005 insgesamt 67 nachträgliche Deckendämmungen mit zusammen 8.500 m² Deckenfläche gefördert. Weitere Deckenflächen wurden zwischen 2003 und 2005 gefördert, damals aber noch nicht separat erfasst, sondern bei den Schrägdächern subsumiert. Die derzeitige Mindestdämmstärke für eine Förderung beträgt 24 cm bei Dämmstoff der WLG 035; bei dickerer Dämmung bis 30 cm Stärke wird eine erhöhte Förderung gewährt.

Folgende Bilder zeigen ausgewählte Ausführungsbeispiele:



Ab. 2.1.4.2-7 Dämmung von Kehlbalkendecken - Ausführungsvarianten

### 2.1.4.3 Flachdächer

Flachdächer kommen in Detmold insgesamt eher selten, jedoch bei Bungalows in mehreren Baugebieten der 1960er- bis 1970er Jahre sowie bei großen Wohn- und Geschäftsgebäuden durchaus in nennenswerter Anzahl vor. Zu nennen sind dabei z.B. das Baugebiet Saint-Omer-Straße, viele Schul- und Bürogebäude aus 1970-1990 und die meisten Industriegebäude in Detmold. Luftbilder aus <http://maps.live.de> zeigen solche Gebiete.

In konstruktiver und wärmetechnischer Hinsicht sind Flachdächer in Holzbalkendecken, Stahlbetondecken und in Elementdecken auf Traggestellen zu unterscheiden. Die Holzbalkendecken gliedern sich in Kalt- und Warmdachkonstruktionen. Elementdecken auf Stahl-, Beton- oder Holztragwerken bestehen z.B. aus großformatigen Porenbetonplatten (z.B. Hangar 21), aus wärmegeprägten Sandwichelementen (z.B. Trapezbleche mit PU-Schaumfüllung) oder nur aus großformatigen Flächenbildnern wie Trapezblechen, auf denen oberseitig separate Dämm- und Dichtungsschichten montiert sind. Sie kommen vor allem bei größeren Hallenbauten vor.

Folgende Skizze zeigt die Konstruktionen der häufigsten Holz- und Beton-Flachdächer:

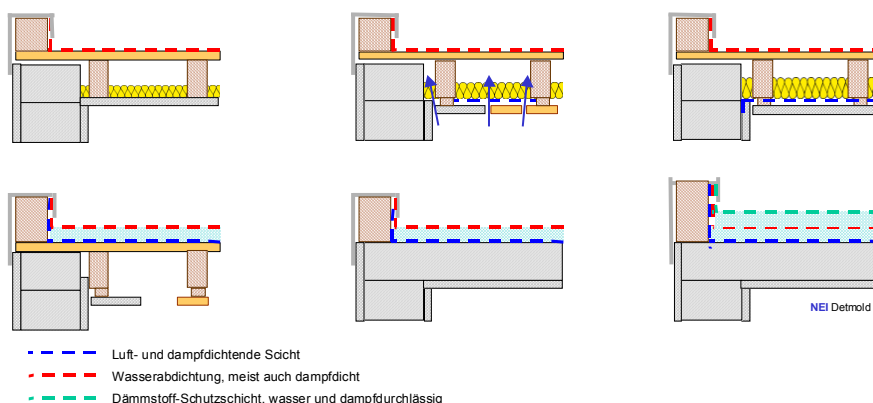
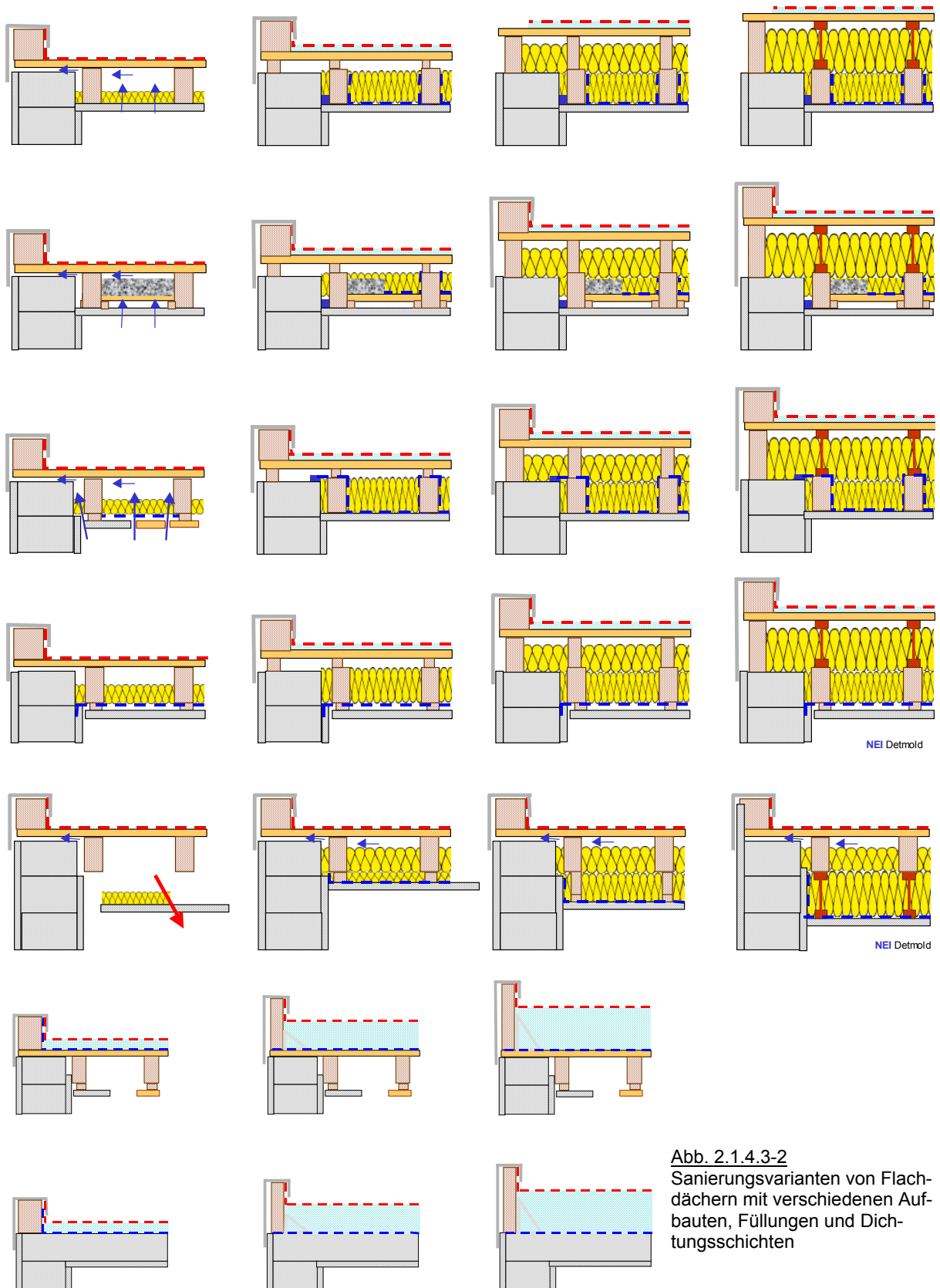


Abb. 2.1.4.3-1 Flachdach-Konstruktionen (oben Kaltdächer, unten Holz-Warmdach, Beton-Warmdach und Beton-Umkehrdach)

Die Wärmedämmeigenschaften von Holz- und Beton-Flachdächern sind vergleichbar mit denen von Holz- und Beton-Kehlbalkendecken, wie sie im vorigen Kapitel beschrieben sind. Bei Flachdächern aus Fertigelementen gibt es eine recht große Vielfalt älterer und neuer Ausführungen, wobei aber nur bei den Leichtbeton-Massivdeckenelementen die(se) Tragkonstruktion auch eine wärmetechnische Rolle spielt. Ansonsten sind die Unterkonstruktionen der großen Hallendächer für den Wärmeschutz nahezu unerheblich, und es ist für die Bestandsbewertung nur die reine Dämmstärke der fast immer oben aufliegenden Dämmung sowie deren Funktionstüchtigkeit wichtig, die vor allem von der Trockenheit der Dämmschichten abhängt. Insofern sind sie in ihren energetischen Eigenschaften weitgehend mit Holz-Warmdächern vergleichbar und werden hier nicht separat behandelt.

Bzgl. ihrer Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparpotenziale haben Flachdächer weniger Möglichkeiten als oberste Geschossdecken, da sie oberseitig immer eine absolut wasserdichte Schicht haben müssen, die meist auch relativ dampfdicht ist. Feuchte aus dem Deckenhohlraum kann daher i.d.R. nicht nach oben austrocknen. Deshalb haben Flachdächer entweder eine Belüftungsschicht oberhalb der Dämmstoffe und unter ihrer oberen Wasserabdichtung zur Feuchteabfuhr ("Kaltdach") oder haben eine sehr leistungsfähige innere Abdichtung, die sicher und dauerhaft Feuchteinträge verhindert oder sind insgesamt nur aus feuchtigkeitsunempfindlichen Materialien hergestellt. Zur Ermittlung des individuellen Sanierungspotenzials muss man diese Randbedingungen daher prüfen.

Die folgenden Skizzen zeigen Varianten nachträglicher Dämmungen von Holz-Kaltdächern, Holz-Warmdächern und Beton-Warmdächern





Folgende Tabellen 2.1.4.3-3 und 2.1.4.3-4 zeigen am Beispiel eines 100 m<sup>2</sup> großen Holz- bzw. Beton-Flachdachs bei angenommenen 7 Ct/kWh Wärmekosten, welche Wärmeverluste und Heizkosten über solche Dächer pro Jahr und innerhalb von 40 Jahren entstehen, wenn die Dächer in einer dieser sechs thermischen Qualitäten hergestellt sind und normal beheizte Räume gegen Außenluft abgrenzen. Aus den dargestellten Differenzen kann man den energetischen und finanziellen Nutzen zusätzlicher Dämmschichten erkennen.

<b>Holz-Flachdach (Kaltdach)</b>	<b>sehr kalt</b>		<b>kalt</b>	<b>kühl</b>	<b>Neubau- Standard</b>	<b>Niedrig- Energie- Standard</b>	<b>Passivhaus- Standard</b>
<b>Dämmstärke</b>	<b>0 cm</b>	<b>3 cm</b>	<b>5 cm</b>	<b>10 cm</b>	<b>20 cm</b>	<b>30 cm</b>	<b>40 cm</b>
<b>U-Wert</b>	2,64 W/m <sup>2</sup> K	1,01 W/m <sup>2</sup> K	0,72 W/m <sup>2</sup> K	0,63 W/m <sup>2</sup> K	0,21 W/m <sup>2</sup> K	0,15 W/m <sup>2</sup> K	0,11 W/m <sup>2</sup> K
<b>Wärmeverlust p.a.</b>	22.210 kWh	8.484 kWh	6.082 kWh	5.326 kWh	1.798 kWh	1.235 kWh	0.941 kWh
<b>Wärmeverlust in 40 a</b>	888.384 kWh	339.360 kWh	243.264 kWh	213.024 kWh	71.904 kWh	49.392 kWh	37.632 kWh
<b>Wärmekosten p.a.</b>	1555 EUR	594 EUR	426 EUR	373 EUR	126 EUR	86 EUR	66 EUR
<b>Wärmekosten in 40 a</b>	62.187 EUR	23.755 EUR	17.028 EUR	14.912 EUR	5.033 EUR	3.457 EUR	2.634 EUR

Größe der Decke: 100 m<sup>2</sup>

Kalkulationsdauer: 40 Jahre

Wärmepreis: 7 Eurocent/kWh

Abb. 2.1.4.3-3 Holz-Flachdächer, Einsparpotenziale,

<b>Beton- Flachdach (Warmdach)</b>	<b>sehr kalt</b>		<b>kalt</b>	<b>kühl</b>	<b>Neubau- Standard</b>	<b>Niedrig- Energie- Standard</b>	<b>Passivhaus- Standard</b>
<b>Dämmstärke</b>	<b>0 cm</b>	<b>3 cm</b>	<b>5 cm</b>	<b>10 cm</b>	<b>20 cm</b>	<b>30 cm</b>	<b>40 cm</b>
<b>U-Wert</b>	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
<b>Wärmeverlust p.a.</b>	26.880 kWh	9.156 kWh	6.384 kWh	3.679 kWh	1.604 kWh	1.033 kWh	0.764 kWh
<b>Wärmeverlust in 40 a</b>	1.075.200 kWh	366.240 kWh	255.360 kWh	147.168 kWh	64.176 kWh	41.328 kWh	30.576 kWh
<b>Wärmekosten p.a.</b>	1882 EUR	641 EUR	447 EUR	258 EUR	112 EUR	72 EUR	54 EUR
<b>Wärmekosten in 40 a</b>	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>

Kalkulationsdauer: 40 Jahre

Wärmepreis: 7 Eurocent/kWh

Abb. 2.1.4.3-4 Beton-Flachdächer, Einsparpotenziale

Empfehlenswert sind bei Flachdach-Dämmungen heute grundsätzlich Dämmstärken von 28-40 cm, bei denen nicht nur sehr niedrige winterliche Wärmeverluste auftreten, sondern auch der sommerliche Hitzeschutz wirklich komfortabel wird. Wirtschaftlich günstige Momente sind dazu bei Warmdächern die im Schnitt alle 20 Jahre fälligen Reparaturen oder Erneuerungen der Dachhaut, bei Kaltdächern kann auch der Wunsch nach Sanierung der Innenoberflächen ein Anlass sein. Dies ist bei vielen Flachdachbauten aus den 1970er Jahren der Fall, wo ursprünglich als innere (untere) Bekleidung Holzvertäfelungen eingebaut worden waren, die inzwischen nachgedunkelt sind und nicht mehr den heutigen Gestaltungswünschen entsprechen. Hierbei entsteht auch eine gute Gelegenheit, die baualterstypischen Undichtheiten dieser Innenbekleidungen nachhaltig zu sanieren, was neben den Transmissions- auch die Lüftungswärmeverluste deutlich verringern kann. Seltener sind Sanierungen wegen durchgefallener oberer Beplankungen. Muss aber bei einem Holz-Kaltdach aus solchem Grund die ganze obere Schalung abgenommen werden, lässt sich mit relativ geringem Mehraufwand auch ein hervorragender Wärmeschutz nachrüsten. Flachdachsanierungen ohne Reparaturanlass sind in der Regel nur bei Dämmstärken unter 10 cm wirtschaftlich, sofern man die nach einer Sanierung verlängerte Nutzungsdauer nicht einbezieht.

Im Detmolder Förderprogramm für nachträgliche Wärmedämmung von Altbauten wurden seit 1993 etwa 30 nachträgliche Flachdachdämmungen mit zusammen etwa 4.500 m<sup>2</sup> Dachfläche gefördert, die in den Jahresberichten der Energieberatung bei den Schrägdächern subsumiert sind. Die derzeitige Mindestdämmstärke für Förderung beträgt 18 cm bei Dämmstoff der WLG 035; bei dickerer Dämmung bis 30 cm Stärke wird eine erhöhte Förderung gewährt. Für die Förderung ab 2009 wird eine Erhöhung der Mindestdämmung auf 24 cm empfohlen.

Folgende Bilder zeigen ausgewählte Ausführungsbeispiele.



Holz-Kaltdachsanierungen von oben



Holz-Kaltdachsanierungen von oben



Holz-Kaltdachsanierung von unten



Beton-Fachdachsanierung von oben (24 cm)

Ab. 2.1.4.3-5 Dämmung von Flachdächern: Ausführungsvarianten

### 2.1.5 Einsparpotenziale durch die Verringerung von Lüftungswärmeverlusten

Zur Versorgung mit Frischluft, zur Abfuhr bzw. Verdünnung schädlicher Luftinhaltsstoffe aus inneren Emissionsquellen und zur Abfuhr innerer Feuchtelasten ist ein regelmäßiger und ausreichender Luftwechsel der Raumluft mit Frischluft erforderlich. Pro anwesende Person rechnet man in der Heizperiode mit 25-30 cbm/h Frischluftbedarf. Davon unabhängig beträgt die zur Schadstoffabfuhr nötige Mindestluftwechselrate in Wohngebäuden etwa 0,20 bis 0,30 1/h. Bei besonderen Emissionsquellen (Raucherhaushalt, Labor, Fertigung...) können die abzuführenden Sonderemissionen eine höhere Luftwechselrate erfordern. Die höchste dieser drei Einzelanforderungen ist dabei stets maßgeblich. Während zu niedrige Luftwechselraten zu Sauerstoffarmut, CO<sub>2</sub>-Anreicherung und anderen Belastungen führen, bewirken zu hohe Luftwechselraten im Winter neben unnötig hohen Lüftungswärmeverlusten eine starke Austrocknung der Raumluft, die u.a. für Bronchien und Schleimhäute unangenehm ist.

Die tatsächliche Luftwechselrate in einem Gebäude ergibt sich aus der Häufigkeit und Dauer aktiven Lüftens über Fenster oder Türen, aus den Luftströmen durch bauliche Undichtheiten sowie aus den mechanisch transportierten Luftmengen durch eventuelle Lüftungsanlagen. Im Volumenstrom regelbar sind nur Fensterlüftung und mechanische Lüftung. Auf die Höhe des Fugenluftwechsels hat man dagegen keinen Einfluss, seine Intensität hängt nur von Winddruck und Temperaturgefälle zwischen innen und außen ab.

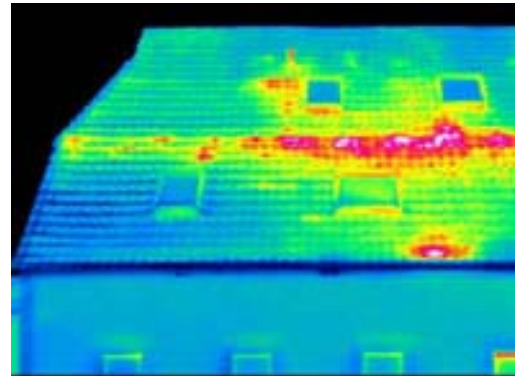


Abb. 2.1.5-1 Thermographie der Wärmeverluste durch Luftundichtheiten an der Mittelfette eines Walmdachs

Die für eine ausreichende Be- und Entlüftung z.B. einer Wohnung nötige Luftmenge ist bei richtig dosierter raumweiser Fensterlüftung zwischen 2 und 3-mal so hoch wie bei mechanischer Lüftung. Während nämlich bei Fensterlüftung typischerweise in jedem Raum zugleich die Frischluftzufuhr und die Abluftabfuhr erbracht wird, findet bei mechanischer Lüftung nicht eine Be- und Entlüftung jedes einzelnen Raumes mit Frischluft statt. Vielmehr wird Frischluft nur in die sog. Zulufräume (Wohnen, Essen, Kinder, Schlafen) eingeblasen und strömt dann durch die sog. Überströmräume (z. B. Flure) bis in die sog. Ablufträume (Küche, Bad, WC), aus denen sie nach Aufnahme der dort höheren Feuchte und Geruchslasten schließlich abgesaugt und abgeblasen wird. Diese gerichtete Durchströmung der Häuser ermöglicht es, dass jeder Kubikmeter Luft drei statt eines Jobs erfüllt. Er versorgt die Aufenthaltsräume mit der höchsten Luftqualität, durchströmt ständig die Überströmzonen und verhindert damit dort schlechte Luftanreicherung und er entsorgt am Ende noch die besonderen Belastungen der Ablufträume. Abb. 2.1.5-3 zeigt die strömungstechnischen Unterschiede von Fensterlüftung bzw. Lüftung mit mechanischen Anlagen.

Bezüglich der mit Lüften verbundenen Wärmeverluste geht bei Fenster- und Fugenlüftung stets alles in der Abluft enthaltene Wärme verloren. Die Möglichkeit zur Abluftwärmerückgewinnung besteht nur bei mechanischen Lüftungsanlagen. Effiziente Lüftungsanlagen können heute 75 bis 95 % der in der Abluft enthaltenen Wärme rückgewinnen. Mit ihnen kann man die Lüftungswärmeverluste auf bis zu 5 % des bei richtiger Fensterlüftung anfallenden Wertes verringern.



Abb. 2.1.5-2 Der Komfort mechanischer Lüftung ist heute in jedem Auto selbstverständlich

Die Lüftungswärmeverluste machen bei alten sehr wenig wärmegeprägten Gebäuden zwischen 15 und 20 %, bei Neubauten etwa 40 %, bei Niedrigenergie-Häusern etwa 50 % der gesamten Wärmeverluste aus. Würden Häuser mit einer hervorragend wärmegeprägten Passivhaus-Gebäudehülle mit Fensterlüftung belüftet, betrügen die Lüftungswärmeverluste etwa 80 % ihrer Gesamtverluste. Besonders energiesparende Bauweisen wie z. B. die Passivhausbauweise sind daher in Alt- und Neubauten überhaupt nur mit sehr dichten Gebäudehüllen und mit mechanischen Lüftungsanlagen mit hoch effizienter Wärmerückgewinnung möglich. Neben der Energieeinsparung bewirken diese auch eine erhebliche Komfortsteigerung. Ohne jedes Erfordernis von "Lüftungsdisziplin" hat man mit ihnen eine stets gute Frischluftversorgung, Geruchs-

und Feuchteabfuhr in präzise dosierbarer Menge, also einen Komfortgewinn, den wir z.B. in keinem Auto missen wollten.

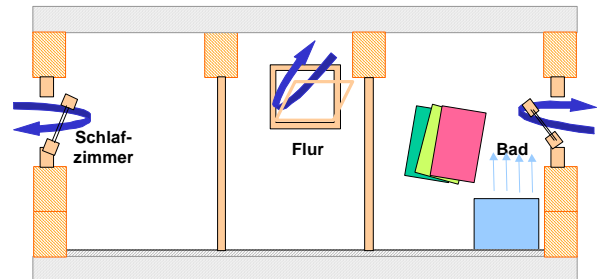
Energie- und damit CO<sub>2</sub>-Einsparpotenziale bei den Lüftungswärmeverlusten bestehen also

- in der Vermeidung überhöhter Fensterlüftung bei Häusern mit nur Fensterlüftung,
- in der Verringerung unerwünschter Fugenlüftung durch bessere Abdichtung der Gebäudehülle bei allen Gebäuden und
- im Ersatz von Fensterlüftung durch mechanische Lüftung mit Wärmerückgewinnung in allen hinreichend dichten Wohn- und Nichtwohngebäuden.

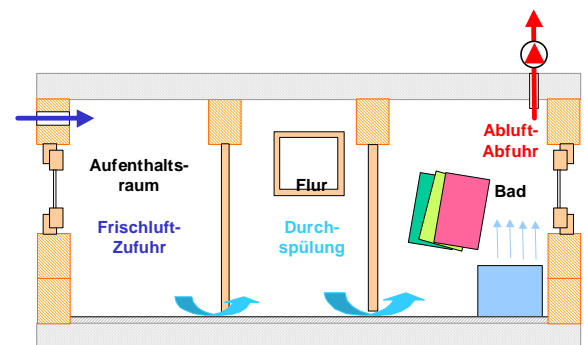
Ausweislich der Gebäudedatenerhebung werden 86 % der Detmolder Gebäude derzeit ausschließlich mit Fenstern belüftet. Etwa 3 Prozent verfügen über zusätzliche Schachtlüftungen, meist für innenliegende Feuchträume, etwa 8 % haben zusätzliche Einzelventilatoren. Zentrale Abluftanlagen haben nur etwa 0,5 % der Gebäude, Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung 1,6 %. Hinzu kommen je nach Baualter und Baukonstruktion unterschiedlich hohe Fugenlüftungsanteile.

Die Erfahrung mit Schimmelbildung in Wohnräumen, insbesondere nach dem Ersatz von Einzelofenheizungen durch Zentralheizungen mit Wegfall des Verbrennungsluftdurchsatzes im Raum sowie nach dem Austausch alter undichter Fenster, Wohnungsabschluss- und Haustüren durch neue dicht schließende Elemente zeigen, dass der für Trockenhaltung und Lufthygiene mit wirksam gewesene Fugenlüftungsanteil oft unterschätzt wurde. Viele Gebäudenutzer haben erhebliche Probleme mit der angemessenen Dosierung der Fensterlüftung. Dies hat seine Ursache darin, dass Menschen für den Sauerstoff-, CO<sub>2</sub>- und Feuchtegehalt von halbwegs normal temperierter Raumluft keine ausreichende Sensorik haben und technische Sensoren als Hilfsmittel nur wenig verbreitet sind. Müdigkeit durch Sauerstoffmangel wird oft mit Kaffee statt mit Frischluft bekämpft, und bei der Schimmelbekämpfung wird oft zunächst mehr Wärmedämmung gefordert, als dass für ausreichende Feuchteabfuhr gesorgt wird. Überhöhte Feuchte wird allerdings durch Erwärmen nicht trockener. Solche Strategien laufen deshalb bzgl. Schimmel oft ins Leere, sind aber zur Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparung fraglos nützlich.

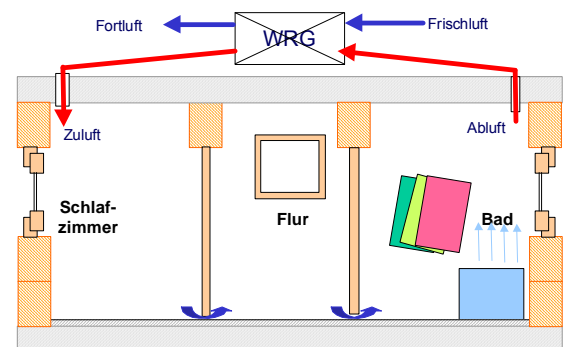
Steht bei einer Sanierung die Schimmelbekämpfung im Vordergrund und ist die Energieeinsparung nachrangig, können auch einfachere Lüftungssysteme eingesetzt werden. Zur Reduzierung überhöhter Raumluftfeuchte ist vor allem eine Feuchteabsaugung an den Orten der größten Feuchtefreisetzung hilfreich, also in Bädern und Küchen. Baut man hier raumweise oder wohnungszentrale Abluftanlagen ein, die ständig oder mit selbsttätiger Feuchteregelung Abluft aus solchen Räumen absaugen, kann man damit die sich sonst in die Wohnung ausbreitenden Feuchtelasten stark verringern. Ergänzt man solche Anlagen um Außenwand-Zuluftventile in den Aufenthaltsräumen, kann man mit dem Unterdruck der Absaugung sogar eine in gewissem Maße dosierbare Frischluftnachsaugung bewirken, die allerdings auch von Winddruck und innerer Thermik im Haus abhängt. Reine Abluftanlagen ermöglichen allerdings keine hocheffiziente Wärmerückgewinnung. Meist enthalten sie gar keine Wärmerückgewinnung; teils sind Wärmepumpen angeschlossen, welche die aus der Abluft rückgewonnene Wärme für andere Zwecke



Beim raumweisen Fensterlüften erledigt jeder cbm Frischluft nur 1 Job



Beim maschinellen Lüften erledigt jeder cbm Frischluft 3 Jobs  
Gleichviel Luftqualität benötigt nur 1/3 der Luftmenge



Beim maschinellen Lüften mit Wärmerückgewinnung (WRG) wird zudem 70 - 95 % der Wärme zurückgewonnen

Abb. 2.1.5-3 Lüftungsvarianten mit Fenstern, zentraler Abluftanlage und mit zentraler WRG-Anlage



nutzbar machen. Das mit ihnen erreichbare Einsparpotenzial ist daher eher gering. Zur Vermeidung von Feuchteschäden in sonst sehr dichten Alt- und Neubauwohnungen können sie aber einen wichtigen Beitrag leisten.

Neben zentralen Lüftungsanlagen mit WRG und zentralen oder dezentralen Abluftanlagen ohne WRG gibt es noch eine Reihe weiterer Konfigurationen dezentraler oder zentraler Lüftungsanlagen, wie Einzelraumlüfter mit oder ohne WRG oder zentrale Anlagen mit integrierten Wärmepumpen, auf die hier aber nicht weiter eingegangen wird.

Das im Detmolder Gebäudebestand brachliegende Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial durch Verringerung der Lüftungswärmeverluste ist also theoretisch relativ groß. Im Neubau beträgt der Anteil der Wohngebäude mit Lüftungsanlage heute bundesweit erst etwa 10 %, bei Altbauten dürfte der Anteil der mechanisch belüfteten Gebäude erst um 1 % liegen, obwohl es bereits gute und vielfach übertragbare Einzelbeispiele mit hoher Nutzerzufriedenheit gibt. Mit der absehbaren weiteren Ausbreitung besonders Energie sparender Neubaustandards (derzeit z.B. KfW-40- und Passivhäuser) wird der Anteil der Neubauten mit Lüftung und Wärmerückgewinnung sicher künftig stark zunehmen. Aus der Nutzererfahrung hochwertig sanierter Altbauten sowie hochwertiger Neubauten z.B. in Passivhausbauweise ist dies sowohl energetisch als auch lufthygienisch empfehlenswert. Während bei Neubauten dieser Komfortfaktor bereits häufiger von Anfang an gewünscht wird, ist bei Altbauten noch verstärkte Öffentlichkeitsarbeit nötig, um die energetischen, Feuchteschutz- und Komfortvorteile noch stärker bekannt zu machen. Auf den jährlichen Lippischen Altbausanierungstagen organisiert die Detmolder Energieberatung mit Unterstützung durch die Stadtwerke und ausgesuchte Installateure dazu schon seit mehreren Jahren Informationsangebote und Fachvorträge.

Im Rahmen des 1990-1993 aufgelegten Detmolder Förderprogramms für Niedrigenergie-Häuser waren damals etwa 20 EFH oder MFH mit Lüftungsanlagen errichtet worden, deren Erfahrungen auch in etwa 200 Folgebauten einfließen. Dieses waren damals überwiegend noch zentrale Abluftanlagen und nur in wenigen Fällen Lüftungsanlagen mit WRG. Lüftungsanlagen mit WRG wurden in Detmold seit 1998 in etwa 100 Bürogebäude, KfW-40- und Passivhaus-Wohngebäude sowie etwa 10 Altbauten nachträglich eingebaut. Im Rahmen des NRW-Progress-Programms wie auch des Detmolder Förderprogramms für nachträgliche Wärmedämmung von Altbauten wird der nachträgliche Einbau von Lüftungsanlagen mit WRG seit 2007 gefördert.

Die folgenden Bilder zeigen ausgeführte Lüftungsanlagen in Detmolder Alt- und Neubauten.

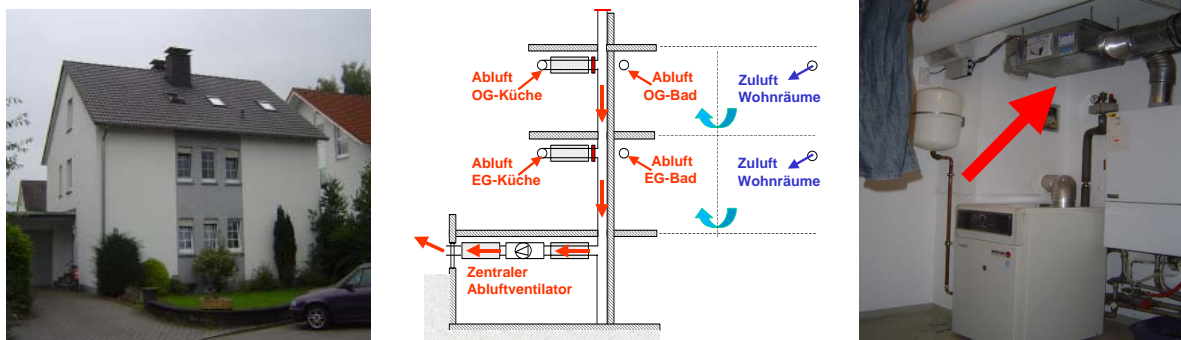


Abb. 2.1.5-4 Nachträglich eingebaute zentrale Abluftanlage in einem 3-FH aus ca. 1965 zur Sicherstellung der Feuchteabfuhr aus Küchen und Bädern wg. Schimmelproblemen nach Einbau neuer Fenster



Abb. 2.1.5-5 Nachträglich eingebaute Lüftungsanlage mit WRG in einer mit Außenlärm belasteten Wohnung in der Detmolder Innenstadt





Abb. 2.1.5-6 Nachträglich eingebaute Lüftungsanlage mit WRG in einem Büroanbau mit Gewerberaum am Rand der Detmolder Innenstadt



Abb. 2.1.5-7 Lüftungsanlage mit WRG in einem besonders Energiesparenden Neubau in Rheda

## 2.1.6 Erhöhung passiv-solarer und innerer Wärmegewinne

Neben der Verringerung der Wärmeverluste durch Transmission und Lüftung besteht auch in der Erhöhung der passiv-solaren Wärmegewinne eines Hauses und seiner inneren Wärmequellen ein Potenzial zur Verringerung des Heizwärmebedarfs und damit der CO<sub>2</sub>-Emissionen. Dieses Potenzial ist bei Neubauten recht groß und nahezu kostenlos, solange Gebäudeausrichtung, Fensteranordnung, Dachgeometrie und Haustechnik noch disponibel sind. Bei bestehenden Gebäuden ist es meist kleiner, aber oft auch nicht unerheblich.

### 2.1.6.1 Solare Wärmegewinne

Die während der Heizperiode durch Fenster passiv in das Haus gelangende energiereiche Solarstrahlung leistet grundsätzlich einen Beitrag zur Senkung des winterlichen Heizwärmebedarfs. Bei Altbauten mit sehr hohen Wärmeverlusten kann sie 5 bis 20 % des Heizwärmebedarfs abdecken. Bei hoch wärmedämmten und konsequent südorientierten Häusern können die passiv-solaren Wärmegewinne bis zu 80 % der winterlichen Wärmeversorgung leisten, woher auch der Name "Passivhaus" kommt. Sind Gebäude allerdings übermäßig verglast und haben ihre Ost-, Süd- und Westfenster keine ausreichenden Abschattungsmöglichkeiten, können ihre solaren Wärmegewinne in den Übergangsjahreszeiten und im Sommer höher als der Wärmebedarf sein, sodass die Gebäude überhitzen und technische Kühlung benötigen. Dieses Risiko besteht besonders dann, wenn zugleich hohe innere Wärmegewinne durch viel künstliche Beleuchtung, Personen- und / oder Geräteabwärme vorkommen. Die technische Kühlung kann dann im Sommer mehr Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen verursachen, als die winterliche Sonne einzusparen hilft. Für "Solar-" bzw. "Glasarchitektur" gibt es daher je nach Gebäudeart und Nutzung auch klare Obergrenzen für die Fassadenverglasung, die leider oft nicht rechtzeitig erkannt werden (z.B. GILDE-Zentrum).

Die meisten in Detmold stehenden Gebäude haben allerdings die Obergrenze sinnvoll nutzbarer solarer Wärmegewinne bei weitem noch nicht erreicht. Auch die meisten Neubauten werden bisher nicht passiv-solar optimiert entworfen. Insofern bestehen hier erhebliche unausgeschöpfte Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparpotenziale.

Folgende Abb. 2.1.6-1 zeigt an einem EFH und einem MFH in Passivhausbauweise, wie stark sich der Heizwärmebedarf und die Höhe der nutzbaren solaren Wärmegewinne ändert, wenn diese Häuser nach Süden, Westen/Osten oder Norden ausgerichtet sind. Bei dem links abgebildeten EFH, das neben großen Südfenstern im EG auch relativ viele West- und Ostfenster und nur wenig Nordfenster hat, steigt durch Drehung des Baukörpers von Süd nach West oder Ost der Heizwärmebedarf um 15 %, bei einer Ausrichtung nach Norden um 38 %. Bei dem stärker südorientierten Reihenhaus ist der Effekt größer. Bei Drehung nach West oder Ost steigt der Heizwärmebedarf um 64 %, bei Drehung nach Nord um 93 %, verdoppelt sich also fast. Der Rückgang der solaren Wärmegewinne, der unabhängig von der Passivhausbauweise ist, ist in der Grafik ebenfalls (gelb) dargestellt.

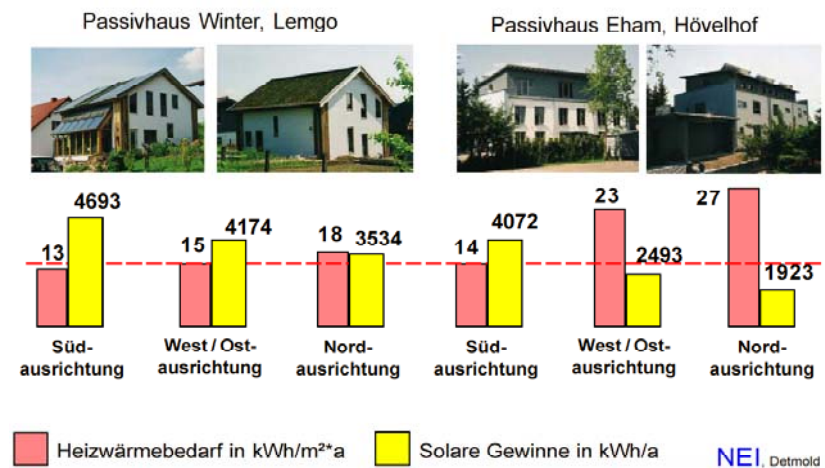


Abb. 2.1.6-1 Bedeutung der Südausrichtung für solare Wärmegewinne



Abb. 2.1.6-2 Gute Solararchitektur und solar nachteilige Bausituation

Abb. 2.1.6-2 zeigt zwei Neubauten mit unterschiedlicher solarer Qualität. Das linke Haus hat eine eindeutige

Südorientierung. Alle vier Aufenthaltsräume im EG und OG sind nach Süden orientiert und haben große Südfenster. West-, Ost- und Nordfassade sind fast geschlossen. Die Balkongestelle, die über dem OG zugleich Kollektorträger sind, dienen auch als Abschattung der steil einfallenden Hochsommersonne. Das Haus ist zudem so platziert, dass es im Winter bei Sonneneinfallswinkeln bis nur 16° nicht durch Nachbarhäuser verschattet wird. Das rechte Haus in Abb. 2.1.6-2 hat dagegen keine eindeutige Solarorientierung und ist wegen eines nicht solaroptimierten Bebauungsplans so platziert, dass es auf seiner Südseite im Winter stark vom Nachbarhaus verschattet wird. Das Foto wurde im Februar gegen Mittag aufgenommen.

Abb. 2.1.6-3 zeigt solare Aspekte zweier Detmolder Altbauten und eines Neubaus. Das obere linke Bild zeigt eine durch zu groß gewordene Nadelbäume inzwischen voll verschattete Fassade, was deren solare Gewinne stark behindern. Das obere rechte Bild zeigt einen Neubau, dessen außen liegende Jalousien auch im Winter zur Lichtdämpfung halb geschlossen sind und damit solaren Warmegewinnen den Zutritt versperren. Die unteren Bilder zeigen die Südansicht eines älteren EFH, bei dem im Rahmen der Modernisierung Südfenster im EG vergrößert und im OG neu eingebaut wurden, was die Solargewinne und den Wohnwert erhöht.



Übermäßige Abschattung durch gewachsene Bäume



Halbgeschlossene Außenjalousien behindern solare Warmegewinne



Südfassade vor der Sanierung mit nur wenig Südfenstern



Südfassade nach Sanierung mit vergrößerten Südfenstern

Abb 2.1.6-3 Passive Solarenergienutzung bei Alt- und Neubau

In der Detailplanung zur Erhöhung solarer Warmegewinne sollten stets folgende Aspekte berücksichtigt werden:

Solare Warmegewinne erfolgen nur durch die Glasflächen der Fenster, nicht durch Rahmen. Der Glasanteil ist bei gleichem Rohbaumaß der Fensteröffnung umso höher, je schlanker die Rahmenprofile sind und in je weniger Flügel oder Sprossensegmente ein Fenster unterteilt ist. Die rechts dargestellten vier Fenstervarianten haben z.B. bei gleichem Rohbaumaß 1,8 \* 1,4 m und gleicher Bruttofläche von 2,5 m² von links nach rechts:



- Glasflächen von 2,18 / 1,46 / 1,50 / 1,38 m²
- Rahmenflächen von 0,38 / 1,04 / 1,00 / 1,12 m²
- Glasrandlängen von 6,8 / 9,4 / 8,6 / 10,4 m (=Wärmebrücken)

Je nach Qualität von Glas, Rahmen und Glas-Randverbund treten infolgedessen unterschiedlich hohe Wärmeverluste und auch unterschiedlich hohe solare Gewinne auf.



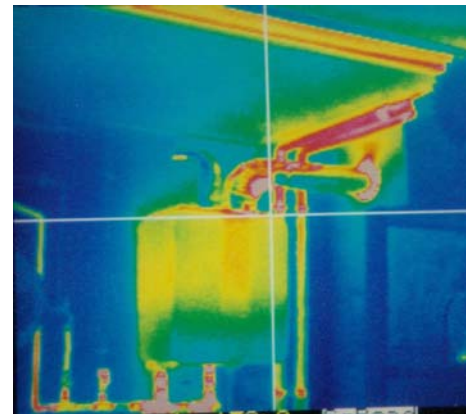
Empfehlenswert sind aus energetischer und Klimaschutz-orientierter Sicht

- in der Stadtplanung Grundstücksaufteilungen, Baufeldfestsetzungen und Geometrievorgaben, die zu keiner Verschattung durch Nachbargebäude im Winter führen (vgl. Kap. 5)
- beim Neubau möglichst eindeutige Südorientierung der Gebäude,
- beim Altbau Vermeidung nachträglicher Verschattungen durch Pflanzen, Anbauten oder z.B. feste Terrassenüberdachungen vor Wohnzimmerfenstern,
- bei Umbauten eher Vergrößerung der Süd- als anderer Fenster und ggf. Verkleinerung von nicht in dieser Größe benötigten Nordfenstern,
- auf jeden Fall Einbau von 3-fach-Glas, bei südorientierten und unverschatteten Fenstern möglichst nicht nur mit niedrigen Ug-, sondern auch mit hohen g-Werten und
- ein ausreichender sommerlicher Wärmeschutz von besonnten Fenstern zur Vermeidung der Notwendigkeit von technischer Kühlung.

#### 2.1.6.2 Innere Wärmegewinne

Unter inneren Wärmegewinnen eines Gebäudes versteht man alle Wärmefreisetzungen aus Energieanwendungen, die innerhalb der Wärme übertragenden Gebäudehülle erfolgen. Bis auf die teils noch warm aus dem Haus ins Kanalnetz abfließenden Abwässer und der teils warm ausströmenden Abluft enden nämlich physikalisch gesehen fast alle Energieanwendungen im Haus als Wärme, also gleichermaßen z.B. der Stromverbrauch der Lampe, der des Staubsaugers, die Abwärme des Menschen und des Kochtopfs incl. seiner warmen Speisen.

Der Abwärmeeffekt vieler Energieanwendungen mag im Winter nützlich scheinen, weil er einen Teil des Heizwärmebedarfs deckt, der insoweit von der Heizanlage nicht mehr zu erbringen ist. Vielfach ist aber Abwärme auch ein Indiz für Ineffizienz.



So ist es z.B. nicht wünschenswert, dass ein Staubsauger für

#### 2.1.6-4 Innere Wärmequellen durch Abwärme einer Gastherme

die gleiche Saugleistung oder ein Kühlschrank für die gleiche Kühlleistung mehr Strom als nötig verbraucht, nur um mehr Abwärme zu erzeugen. Ebenso wenig ist es wünschenswert, dass z.B. eine vom Keller zum Bad im Obergeschoss führende Warmwasserleitung schlecht gedämmt ist, nur um längs ihrer Trasse Abwärme als Heizleistung bereit zu stellen. Diese Leitungsverluste treten nämlich nicht nur im Winter auf, wenn ihre Abwärme vielleicht nützlich ist, sondern auch im Sommer, wenn sie nicht benötigt werden, aber trotzdem den Energiebedarf der Warmwasserbereitung erhöhen. Wird Abwärme aus Energieanwendungen bereit gestellt, die eher teure Energieträger wie z.B. Strom nutzen und substituiert damit Heizwärme aus preiswerteren Energieträgern wie z.B. Gas oder Pellets ist der Abwärmenutzen oft auch in dieser Hinsicht teuer erkaufte.

Bei der Potenzialanalyse ist insofern zwischen solchen inneren Wärmequellen zu unterscheiden, die eher verringert werden sollten und jenen, die unvermeidlich sind und bei denen nur zu überlegen ist, wie sie möglichst sinnvoll genutzt werden können. Hierzu einige Beispiele:

- Heizanlagen sowie Heizwasser- und Warmwasserspeicher sollten im Neubau und auch bei Altbauanierungen möglichst gut wärmedämmt sein und nicht in kalten Kellern oder Nebenräumen, sondern innerhalb der wärmedämmenden Gebäudehülle platziert werden, also dort wo ihre Abwärme nicht verloren geht, sondern nutzbar ist. Vgl. dazu Abb. 2.1.6-4.
- Heizungs- und Warmwasserverteileitungen sollten nicht mehr in kalten Kellern, kalten Dachräumen, unbeheizten Treppenhäusern, ungedämmten Abseiten oder in Wandschlitzen ungedämmter Außenwände verlegt werden, sondern nur innenseitig der Dämnhülle des Gebäudes. Sie sollten

zudem möglichst kurz und sehr gut gedämmt sein. Nur dann ist ihre Abwärme relativ gering und kommt zudem der beheizten Zone zugute.

- Leuchten in regelmäßig beleuchteten Räumen sollten nur noch mit effizienten Leuchtmitteln und mit Bedarfserkennung und Helligkeitsregelung installiert werden. (Näheres siehe Kapitel 2.3.1). Durch ineffiziente elektrische Leuchten erzeugte Abwärme erzeugt nämlich wesentlich mehr CO<sub>2</sub> als übliche Heizenergien (außer in direktelektrisch beheizten Häusern).
- Haushaltsgeräte für dauernde oder regelmäßige Nutzung sollten so sparsam wie möglich sein (z.B. mit EU-Energielabel A++). Die durch ineffiziente Geräte erzeugte Abwärme erzeugt nämlich wesentlich mehr CO<sub>2</sub> als übliche Heizenergien (außer in direktelektrisch beheizten Häusern).
- Abwärme aus warmem Bade-, Dusch-, Spülmaschinen- und Waschmaschinen-Abwasser sollte nicht ohne zumindest teilweisen vorherigen Wärmeentzug in den Kanal eingeleitet werden. Für die häusliche Abwasserwärmerückgewinnung gibt es bisher zwar noch keine fertigen Systeme, doch kann dies ein lohnender Markt werden.
- Abwärme aus dem Standby-Verbrauch von Elektro- und Elektronikgeräten sollte so weit als möglich vermieden werden (Näheres siehe Kapitel 2.3).



## 2.2 CO<sub>2</sub>-Einsparung aus Warmwasserbereitung

Der Energieeinsatz und die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Bereich der Warmwasserversorgung machen bei Wohngebäuden zwischen 15 % und 100 % des Heizwärmebedarfs aus. Der untere Wert gilt z.B. für ein älteres EFH mit hohem Heizwärmebedarf und nur 2 Bewohnern; der höhere Wert wurde an einem MFH mit 45 WE und 120 Bewohnern in Passivhausbauweise ermittelt.

Die Höhe der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Warmwasserbereitung eines Objekts hängen ab von

- dem Warmwasserverbrauch der Nutzer
- der Art der Zapfarmaturen
- der Länge und Wärmedämmung der Warmwasserleitungen
- dem Vorhandensein und der Betriebsdauer einer evtl. Warmwasser-Zirkulation
- den Verlusten eines evtl. vorh. Warmwasserspeichers
- den Erzeugungsverlusten des Warmwassererzeugers und den CO<sub>2</sub>-Emissionen der bei der Erzeugung eingesetzten Energieträger und
- dem Anteil der direkten oder indirekten Wärmerückgewinnung aus Abwasserwärme.

Einsparpotenziale liegen daher in

- sparsamem Warmwasserverbrauch
- selbstschließenden und strömungsgünstigen Armaturen mit Perleffekt
- nahe beieinander liegender Anordnung von Feucht- und Technikraum
- Minimierung von Leitungslängen
- deutlich besserer Wärmedämmung der Leitungen als gesetzlich mindestens vorgeschrieben
- bei kurzen Leitungsnetzen Verzicht auf eine Zirkulation, sonst aber Ausstattung mit bedarfsge-rechter Regelung
- Einsatz sehr gut gedämmter Speicher und Aufstellung dieser Speicher innerhalb der beheizten Zone des Hauses, sodass ihre Abwärme als Heizwärme nutzbar ist
- rationeller Erzeugung von Warmwasser, z.B. unter Einsatz thermischer Solaranlagen, jedenfalls aber nicht elektrisch, solange andere Energieträger heranziehbar sind
- Einsatz von Wärmerückgewinnungstechniken aus Abwasserwärme; dies ist besonders auch bei größerem und stetigem gewerblichem Warmwasserbedarf wichtig.

Der Großteil der hier genannten Aspekte betrifft konventionelle Techniken und sind im Neu- wie auch im Altbau gültig. In Altbauten verursachen im unbeheizten Keller stehende Speicher, ungedämmte oder nur wenig gedämmte Verteilleitungen durch kalte Keller, in ungedämmten Außenwänden und in Abseiten liegende Leitungen hohe Verluste. Abb. 2.2-1 zeigt z.B. eine ungedämmte Leitungsführung in einer Abseite, wie sie 1950-1965 häufig so als Heizungs- oder Zirkulationsleitung gebaut wurde.



Abb. 2.2-1 Wärmeverluste durch ungedämmte Leitungen in einer ungedämmten Abseite

Ausweislich der Gebäudedatenerhebung wird in Detmold Warmwasser zu etwa 74 % in den Zentralheizungsanlagen der Häuser erzeugt, zu 10 % aus Elektrodurchlauferhitzern oder Elektrospeichern, zu 8 % aus Gas-Etagenheizungen, zu 7 % aus direkt befeuerten Speichern und zu etwa 1 % mit Wärmepumpen. 43 % der Häuser haben keine Warmwasser-Zirkulation, 40 % eine mit zeitgesteuerter Pumpe und 17 % eine ohne Uhr.

Thermische Solaranlagen sind ausweislich des bisherigen Rücklaufs in 17,1 % der Häuser installiert, was vom Autor für zu hoch gehalten wird. Die Stadt Detmold hatte in den Jahren 1990- 2000 insgesamt 194 Solarkollektoren mit 1.771 m<sup>2</sup> Kollektorfläche als Markteinführungshilfe gefördert und damit den regionalen Solarmarkt auch anzuregen geholfen. Selbst wenn man annimmt, dass in den weiteren 8 Jahren bis 2008 nochmals die fünffache Menge installiert wurde, wären dies insgesamt derzeit nur etwa 1.200 Anlagen, was bezogen auf etwa 20.000 Häuser nur 6 % entspräche.

Empfehlenswert sind heute jedenfalls zentrale Warmwasserversorgungen aus Fernwärme, Holz-, Gas- oder Ölzentralheizungen mit solarer Unterstützung oder aus Gas-Etagenheizungen. Elektrische Warmwassersysteme sollten als Grundversorgung nicht mehr installiert werden, sondern nur bei abgelegenen Zapfstellen, deren Zuleitungsverluste sonst zu hoch wären.

## 2.3. CO<sub>2</sub>-Einsparung aus Stromverbrauch

Der Stromverbrauch in Detmold von insgesamt etwa 305 Mio. kWh verursacht jährlich etwa 105.000 t CO<sub>2</sub>-Emissionen, was gemäß der Methodik aus Teil I des Detmolder Klimaschutzkonzepts etwa 23 % der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen Detmolds entspricht. Davon entfallen etwa 65 Prozent auf Sonderverstragskunden in Industrie, Gewerbe und Verwaltung, 30 % auf Tarifkunden in Haushalten und Kleingewerbe und 5 % auf Heizstrom, soweit dieser über die diesbezüglichen Sondertarife abgerechnet wird.

Die mit heutigem Stand der Technik mögliche Effizienz von Stromanwendungen ist sowohl in privaten Haushalten, in Industrie und Gewerbe sowie in öffentlichen Einrichtungen bei weitem nicht ausgeschöpft. Dies liegt teils daran, dass die Einsparpotenziale den Planern oder Investoren von Verbrauchsgeräten und zugehörigen Regelungen nicht bekannt sind und deshalb nicht nachgefragt werden. Teils wird auch die Wirtschaftlichkeit evtl. anfänglicher Mehrinvestitionen für effizientere Komponenten nicht ausreichend geprüft, sondern nur ohne Prüfung bezweifelt, und es werden entsprechende Alternativen daher gar nicht ernsthaft und unter Wettbewerbsbedingungen nachgefragt. Teils scheitern positive Investorenansätze auch daran, dass die zur Realisierung befragten Marktpartner selbst mangels bisheriger Nachfrage unerfahren sind und daher keine attraktiven Angebote unterbreiten können, sodass überbezahlte Anfangs-Angebote entstehen, was die lokale Markteinführung effizienter Technikvarianten behindert. Schließlich gibt es erhebliche Teilmärkte, wo das Investoren-Nutzer-Dilemma längst allgemein als rentabel erkannte Investitionen in höhere Stromeffizienz behindert, weil der Investor (z.B. der Hauseigentümer) zwar dafür die Mehrkosten zu tragen hätte, jedoch der Nutzer (z.B. ein Mieter) den Nutzen davon hat und es für den hier gebotenen fairen Interessenausgleich keine leicht handhabbaren, durchsetzbaren und zugleich übervorteilungsarmen Regularien gibt.

Das individuelle Strom-Einsparpotenzial ist bei jedem Verbraucher unterschiedlich. Viele technische Effizienzpotenziale kommen dabei gleichartig bei unterschiedlichsten Verbrauchern wie z.B. in Kleinhaushalten, Verwaltungsgebäuden oder Gewerbebetrieben vor. Im Folgenden werden daher die wichtigen Potenziale nach Techniken und nicht nach Nutzerarten getrennt dargestellt.

### 2.3.1 Effiziente Pumpen

Pumpen haben die Aufgabe, Medien im erforderlichen Umfang zur Bedarfsstelle zu fördern. Ist der im Bedarfsfall erforderliche Förderumfang immer gleich hoch, kann eine Pumpe einstufig ausgelegt werden und muss die Regelung nur eine AN-AUS-Regelung sein. Einsparpotenziale bestehen dann nur in der richtigen Erkennung des Bedarfsfalls, um unnötigen Betrieb zu vermeiden, in der richtigen Auslegung der Pumpe, um zu hohe Leistungsaufnahme zu vermeiden, die evtl. sonst gegen die Pumpe durch Drosselung des Medienflusses weggeregelt werden muss und in der Wahl von Pumpen, welche die nötige Förderleistungen mit möglichst wenig Stromverbrauch erreichen.

In vielen Mediennetzen mit einstufigem Förderbedarf sind überdimensionierte Pumpen eingebaut, deren zu hohe Förderleistung ständig durch Strömungsbremsen ausgeglichen wird, welche den überhöhten Pumpstromeinsatz zu Abwärme vernichten. Ein Einsparpotenzial liegt hier in einer richtigen Pumpendimensionierung. Die Wirtschaftlichkeit hängt von den jährlichen Nutzungsstunden und der Restlebensdauer der Pumpe ab. Spätestens bei nächster ohnehin fälliger Erneuerung sollte jedenfalls eine angepasste Pumpe eingesetzt werden. In Mediennetzen mit einstufigem Förderbedarf fehlt teils auch eine echte Bedarfserkennung. Förderpumpen werden nur manuell geschaltet und der tatsächliche Bedarf an Medienförderung wird durch Absperrhähne nachgeregelt. In solchen Fällen fördern die Pumpen teils längere Zeit gegen verschlossene Entnahmestellen. Hier kann eine vollautomatische Kombination aus Rückschlagventil und Druckwächter oder aus Druckwächter mit Abschaltrelais und einer Wiederinbetriebnahme nur nach Knopfdruck Abhilfe schaffen.

Anders ist es bei den wesentlich häufigeren Pumpen mit mengenmäßig variablem Förderbedarf. Hier wird hohe Stromeffizienz nur erreicht, wenn neben der generellen Bedarfserkennung, ob überhaupt ein Förderbedarf vorhanden ist, auch eine Mengenerkennung stattfindet, wie hoch der Förderbedarf ist und wenn Pumpen eingebaut sind, die diese variable Förderung mit möglichst geringem Strombedarf leisten können. Diese Randbedingung existiert bei jeder üblichen Pumpenwarmwasser-Zentralheizung (PWW-ZH), die je nach Außentemperatur entweder gar kein oder nur die jeweils nötige Menge Heizwasser fördern soll. Da heute an fast allen Heizkörpern selbsttätige Thermostatventile den raumweise benötigten Heizwasser-Volumenstrom regeln, lässt sich der gesamte zu fördernde Volumenstrom am Strömungswiderstand des gesamten Heizkreises ermitteln.

Während konventionelle, unregelte Heizungspumpen mit konstanter Stromaufnahme unabhängig vom Heizbedarf stets mit gleicher Kraft gegen offene oder auch geschlossene Thermostatventile anpumpen, erkennen moderne Energiesparpumpen an dem Verhältnis ihrer Stromaufnahme zu ihrer Drehzahl den Strömungswiderstand im Heizkreis und regeln ihre Leistung automatisch so nach, dass nur die nötige Heizwassermenge gefördert wird. Dies führt zu ganz erheblichen Stromeinsparungen und ist daher ein relativ großes CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial in allen zentralbeheizten Häusern. Voraussetzung für den Einsatz solcher Energiesparpumpen ist, dass die technisch als Überhitzungsvorsorge nötige Mindestumlaufwassermenge des jeweiligen Heizkessels sichergestellt ist. Vor der Umrüstung einer Pumpe ist daher jedenfalls entweder der Kesselhersteller oder ein damit vertrauter Installateur zu befragen.



Selbstregelnde Heizungspumpe

Neben dem Ersatz unregelter durch geregelte Pumpen liegt auch im Einsatz von Pumpen mit effizienteren Motoren ein Einsparpotenzial. Hier hängt es aber vom jeweiligen Anwendungsfall an, ob solche Pumpen empfehlenswert und marktvfugbar sind. Aus der Entwicklung besonders energiesparender Ventilatoren ist bekannt, dass im Bereich kleiner Leistungen teils Gleichstrommotoren Antriebsleistungen mit weniger Stromaufnahme erbringen können, als Wechselstrommotoren. Bei größeren Leistungen ab etwa 500 W haben dagegen Drehstrommotoren wiederum Vorteile.

Zahlenwerte über die Häufigkeit von in Detmold vorhandenen Heizanlagen, in denen Standardpumpen installiert und durch Energiesparpumpen einbaubar sind, liegen keine vor. Vermutet wird, dass in mehr als 80 % älterer Heizungen noch Standardpumpen installiert sind. Das Austauschpotenzial ist aber etwas geringer, da ein Teil der Heizanlagen entweder aus regeltechnischen Gründen keine selbstregelnden Pumpen verträgt und in einem andern Teil von Heizanlagen die Pumpen integriert sind, sodass hier nicht jede Energiesparpumpe einbaubar ist.

Empfehlenswert und wirtschaftlich ist diese Umrüstung aber in jedem Fall, in dem sie möglich ist. Ausnahmen sind solche Heizanlagen, bei denen in den nächsten Jahren eine komplette Erneuerung ansteht und nicht sicher ist, ob in der neuen Anlage nicht eine neue Pumpe sowieso integriert sein wird. Die Stadtwerke Detmold fördern solche Umrüstungen bei ihren Gas- und Stromkunden mit Zuschüssen.

### 2.3.2 Effiziente Beleuchtung

Strom- und CO<sub>2</sub>-Einsparpotenziale bei der Beleuchtung bestehen an drei Ansatzpunkten:

1. durch bedarfsgerechte Regelung statt Dauerbetrieb oder nur AN-AUS-Schalter
2. durch effizientere Leuchtmittel (Lampen) und
3. durch Lampengehäuse, die den Lichtaustritt in die gewünschte Richtung lenken und nicht unnötig dämpfen

#### 2.3.2.1 Lichtregelung

In Privathaushalten sind heute noch fast ausschließlich und in Nutzgebäuden überwiegend einstufige Lichtregelungen mit reinen AN-AUS-Schaltern vorhanden. Dadurch kommt es zu höherem Lichtstromverbrauch in ungenutzten Räumen sowie bei zunehmendem Tageslichteinfall als erforderlich. Moderne Lichtregelungen mit Präsenzmeldern und/oder Raumhelligkeitssensoren ermöglichen demgegenüber eine sehr komfortable, weil automatische stufenlose Lichtregelung. In fensterlosen Räumen, wo im Bedarfsfall immer dieselbe Kunstlichtstärke benötigt wird, genügen Präsenzmelder und kann auf eine Helligkeitssensorik verzichtet werden. In Räumen, in denen dauernd oder während bestimmter Nutzungszeiten eine Dauerbeleuchtung auch bei Personenabwesenheit gewünscht wird, ist eine reine Helligkeitssteuerung in Kombination mit einem Zeitprogramm sinnvoll. In Funktionsräumen wie z.B. Turnhallen, in denen je nach Sportart unterschiedliche Helligkeit benötigt wird, sind Regelungen sinnvoll, die entweder nach einprogrammiertem Belegungsplan oder nur mit autorisiertem Schlüsselschalter höhere als die Mindesthelligkeit des Normalbetriebs erlauben. In etwa 80 Büros der Stadtverwaltung sind heute schon selbsttätig helligkeitsgeregelter Leuchten im Einsatz und werden dort auch wegen ihrer Flimmerfreiheit geschätzt. Teile der Straßenbeleuchtung sind schon zumindest zweistufig schaltbar angelegt und damit in Teilen der Dämmerung sparsamer als reine AN-AUS geschaltete Modelle.



Helligkeitssensor in einer Büroleuchte

Das noch brachliegende Strom-Einsparpotenzial durch eine dem Stand der Technik entsprechende Lichtregelung dürfte aber erst zu etwa 4 % ausgenutzt sein. Empfehlenswert sind künftig für alle nicht fensterlosen Schul- und Büroräume sowie Flure selbsttätige Lichtregelungen mit Präsenzmeldern und/oder selbsttätiger Helligkeitsregelung und für alle nur temporär genutzten Räume mit kurzen Leuchtdauern wenigstens Präsenzmelder.

### 2.3.2.2 Effiziente Leuchtmittel

Die zur Raumbelichtung heute überwiegend eingesetzten Lampen haben sehr unterschiedlich hohe Lichtausbeuten im Verhältnis zu ihrem Stromverbrauch. Abb. 2.3.2-1 zeigt typische Kennwerte:

Die im oberen Tabellenteil aufgelisteten Lampen eignen sich dabei von der Lichtfarbe und Flackerfreiheit für hochwertige Innenraumbelichtungen. Die drei unteren Lampentypen kommen bei Hallen-, Hof- und Straßenbeleuchtung vor.

Alle Angaben gelten für die reinen Lampen. Bei Leuchtstoff- und Entladungslampen sind zusätzlich Vorschaltgeräte nötig, die weiteren Stromverbrauch haben. Dieser ist aber nicht so hoch, dass er die hier dargestellte Abstufung beeinträchtigen würde.

Lampentyp	Watt	Lumen	Lumen / Watt	Lebensdauer
Glühbirne Standard	60	740	12,3	1.500
Glühbirne Standard	100	1.340	13,4	1.500
Glühbirne Krypton	60	760	12,7	1.500
Glühbirne Krypton	100	1.420	14,2	1.500
Kompaktleuchtstofflampe	15	900	60,0	6.000
Kompaktleuchtstofflampe	23	1.500	65,2	6.000
LED Globe Lampe	3	165	55,0	25.000
Langfeldleuchte 36 W T8	36	3.100	86,1	20.000
Langfeldleuchte 58 W T8	58	5.200	89,7	20.000
Langfeldleuchte 35 W T5	35	3.050	87,1	20.000
Halogen-Metall dampf HCI-T	37	3.300	89,2	12.000
Halogen-Metall dampf HCI-T	100	9.500	95,0	12.000
Halogen-Metall dampf HQI-T	150	13.000	86,7	9.000
Natriumdampf-Hochdruck NAV-T	150	15.000	100,0	24.000
Natriumdampf-Niederdruck SOX	135	22.500	166,7	16.000
Quecksilberdampf HQL-4Y	125	6.800	54,4	25.000

Abb. 2.3.2-1 Effizienz von Lampenarten

Generell nicht mehr empfehlenswert sind aus energetischer und klimapolitischer Sicht heute für die Allgemeinbeleuchtung von Wohnräumen, Schulen, Büros, Fluren und Nebenräumen Glühlampen oder Niedervolt-Halogenlampen sowie 240-V-Halogenlampen in reiner Glühbauweise, da diese Lampenarten 75-85 % Wärme und nur 15-25 % Licht abgeben. Empfehlenswert sind heute vielmehr je nach Helligkeitsbedarf Langfeldleuchten und Kompaktleuchtstofflampen sowie LED-Lampen. Der LED-Markt entwickelt sich derzeit sehr rasch von Spezialanwendungen hin zur Allgemein- und Effektbeleuchtung und es ist möglich, dass LED-Leuchten binnen kurzem sowohl bezüglich ihrer Effizienz als auch hinsichtlich der Akzeptanz ihres Farbspektrums die Kompaktleuchtstofflampen überholen.

Bezüglich der Lichtfarben sei darauf hingewiesen, dass neben dem von einer Lampe direkt emittierten Farbspektrum auch die Filter- und Reflektionseffekte von Lampengehäusen und Raum- und Objektflächen für den Gesamteffekt erheblich sind. Genauso wenig wie eine blendende nackte Glühbirne angenehmes Licht bereitstellt, müssen andere Lampenarten ähnlich unkorrigierte Lichteffekte haben.

### 2.3.2.3 Effiziente Lampengehäuse

Helligkeit wird bei genauerer Analyse meist nicht allgemein, sondern nur in abgrenzbaren Flächenanteilen und Höhenniveaus eines Raumes benötigt, z.B. auf Stufenhöhe im Treppenhaus oder auf Tischhöhe in einem Büro. Der Lichtbedarf kann dabei räumlich relativ stark begrenzt sein (Leselampe) oder auch über größere Flächen gleichmäßig vorhanden sein (Klassenzimmer). Die Entfernung zwischen Lichtquelle und Lichtbedarf kann dabei je nach Raumgeometrie, verfügbaren Installationszonen, Schutzbedarf und anderen Randbedingungen näher beieinander sein (Stehlampe) oder auch weiter entfernt (Deckenleuchte in Büros oder Hallen oder Straßenlampen). Teils bestehen auch gleichzeitige Anforderungen an Helligkeit und an Blendschutz. Hieraus entstehen Vorgaben für Leuchtgehäuse, mit denen man die Lichtabstrahlung bündeln und Lichtaustrittswinkel begrenzen kann.

Moderne Büroleuchten mit exakt auf die Raumgeometrie angepassten Reflektorwannen und die Blendung begrenzenden Rasterungen sind dafür das bekannteste Beispiel. Moderne Straßenlampen haben auch oft sehr exakt bestimmbare Ausleuchtungsbereiche, auf die sie ihr ganzes Licht bündeln. Freistrahkende Kugelleuchten oder Lampengehäuse aus dunklem lichtabsorbierendem Material oder mit trüben opaken Lampenabdeckungen als Ersatz-Blendbegrenzung vergeuden dagegen viel Licht nutzlos. Einsparpotenziale bestehen hier meist in kompletter Umrüstung der Leuchten. In Büros oder Klassenzimmern, aber auch bei der Straßenbeleuchtung kann durch Umrüstung auf effiziente Lampen

und Leuchten und Regelungen teils nachher mit weniger als der Hälfte des Stromverbrauchs gleichviel oder sogar mehr Helligkeit in der Nutzebene erzeugt werden.

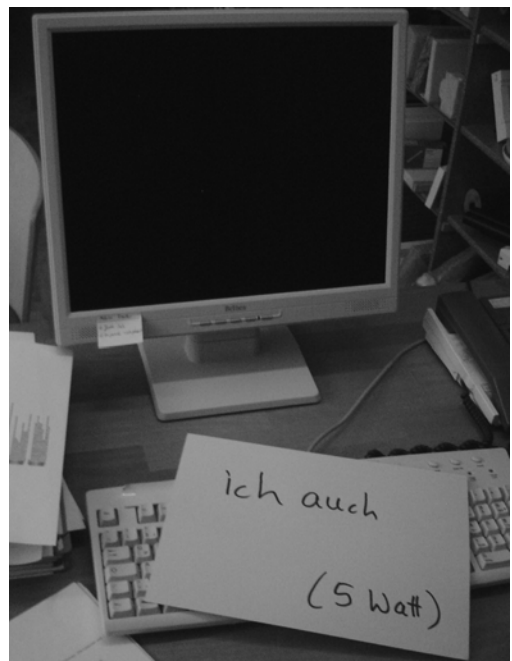
### 2.3.3 Minimierung von Standby-Verlusten

Ein steigender Teil von Stromanwendungen enthält heute elektronische Komponenten, die auch außerhalb der Betriebszeiten der Hauptanwendung unter Spannung stehen und Strom verbrauchen, die sog. Standby-Verluste. Diese können sinnvoll sein, oft sind sie unnötig. Nach Angaben des Umweltbundesamtes vom 17.07.2008 machen der Stromverbrauch für Standby-Funktionen in Deutschland etwa 22 Mrd. kWh/a aus, was der Stromerzeugung von etwa 4 Großkraftwerken à 800 MW Leistung entspricht. Davon ist mindestens 1/4 offensichtlich unnötig und soll durch eine neue EG-Verordnung zur Begrenzung der Stromverluste im so genannten „Bereitschafts- und Schein-Aus-Zustand“ von Büro- und Haushaltsgeräten innerhalb der nächsten 10 Jahre vermieden werden.

Eine Wasserschutz-Automatik eines ständig an eine druckführende Wasserleitung angeschlossenen Geräts wie einer Spülmaschine mag eine sinnvolle Komponente sein. Bei einer Leuchte, die per Lichtschalter an oder ausgeschaltet wird, ist dagegen ein Dauerstromverbrauch während der Abschaltzeit nicht erforderlich, oft aber vorhanden. Beispiele mit uneindeutiger Bewertung sind z.B. Faxgeräte, Bildschirme oder Drucker in Büros, bei denen sinnvolle Dauerfunktionen teils nötig sind, teils den Nutzerkomfort erhöhen. Nötig ist z.B. eine Faxempfangsbereitschaft bei Anruf, diskutierbar ist die Funktion einer schnelleren Druckbereitschaft nach längerer Pause um den Preis eines ständigen Warmhaltens von thermischen Druckerkomponenten. Bei einer Großzahl von Geräten treten zudem zu hohe Standby-Verluste nur deshalb auf, weil die nötigen Komponenten zu ineffizient oder zu billig gebaut sind. So kann z.B. statt der Dauerbereitschaft einer größeren Baugruppe eine nur wenig Standby-Strom benötigende Sensorik-Komponente ausreichen, um das Eintreten des Bedarfsfalls zu erkennen und dann die für die nötigen Aktionen erforderliche größere Komponente erst starten.

Im privaten Bereich sind auch bei längerer Nicht-Nutzung nicht komplett abgeschaltete Elektronik-Geräte wie Satellitenanlagen, Fernseher, Hifi-Anlagen, Video-Anlagen, Radios, Radiowecker, Niedervolt-Beleuchtungen die häufigsten Standby-Verbrauchsverursacher. Da viele solche Geräte gar nicht mehr ganz abschaltbar sind, sollten sie mit separatem Netzschalter oder schaltbarem Verlängerungskabel ausgerüstet werden.

Im Bürobereich verursachen Bildschirme, Drucker und Faxgeräte sowie gar nicht abgestellte Computer zunehmende Stand-By-Verbräuche. Hier sind vor allem automatische Bedarfserkennungssysteme hilfreich, die die Geräte bei Nichtbetätigung in Spar- und Schlafmodi überführen.





### 2.3.4 Besonders sparsame Haushaltsgeräte

Ein relativ großes Strom- und CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial liegt bei Neuanschaffungen von Geräten im Kauf besonders sparsamer Geräte. Während es für dauernd oder regelmäßig betriebene Kleinelektrogeräte keine standardisierten Messnormen und Deklarationspflichten gibt, gibt es für Kühl- und Gefriergeräte, Wasch- und Spülmaschinen sowie Wäschetrockner und Herde seit vielen Jahren immerhin halbwegs brauchbare Deklarationspflichten. Am besten bekannt ist dabei das europäische ABC-Label für Haushaltsgroßgeräte und Lampen mit Rechtsgrundlage im Energieverbrauchskennzeichnungsgesetz.

Die Bemessungsmaßstäbe dieses Labelings sind leider teils stark veraltet und führen zu erheblichen Fehlbewertungen, wie folgende Abb. 2.3.4-1 zeigt. Immerhin ist damit ein leicht verständliches Instrument vorhanden, das nach der überfälligen Aktualisierung der Bemessungsmaßstäbe wieder einige Jahre brauchbar sein kann.

Empfehlenswert ist heute bei Kühl- und Gefriergeräten nur noch die Anschaffung von A++-Geräten, da "A"-Geräte meist bereits jene mit den höchsten Verbräuchen aller lieferbaren Geräte sind. Bei Wasch- und Spülmaschinen ist das offiziell beste "A"-Labeling schon seit Jahren nicht mehr hilfreich, da es fast nur noch "A"-Geräte gibt und eine darunter liegende Differenzierung nach "A+" oder "A++" offiziell nicht besteht.

Eine wesentlich detailliertere Kaufhilfe als dieses Label bieten die vom Niedrig-Energie-Institut betriebene Internetdatenbank [www.spargeraete.de](http://www.spargeraete.de) und die von verschiedenen Institutionen jährlich publizierte Broschüre "Besonders sparsame Haushaltsgeräte" mit Hitlisten der jeweils sparsamsten Geräte.

		Energieeffizienzklasse									
Kühl- und Gefriergeräte	Form/Größe	Anzahl	A++	A+	A	B	C	D	E	F	G
Kühlschränke ohne Sternefach	TG/TGU	68	6	18	38	6	--	--	--	--	--
Kühlschränke ohne Sternefach	SG -400 l	64	1	29	33	1	--	--	--	--	--
Kühlschränke mit (*/**)-Fach	TG/TGU	53	7	18	28	--	--	--	--	--	--
Kühlschränke mit (*/**)-Fach	SG -400 l	22	--	10	12	--	--	--	--	--	--
Kühlschränke mit (*/**)-Fach	EG, 89 cm	85	3	35	41	6	--	--	--	--	--
Kühl-Gefrier-Kombis / MZG	SG 200-400 l	442	24	160	254	4	--	--	--	--	--
Gefrierschränke	TG/TGU	53	2	16	32	3	--	--	--	--	--
Gefrierschränke	SG -400 l	206	33	79	90	4	--	--	--	--	--
Gefriertruhen	200-400 l	85	30	36	4	13	--	--	2	--	--
Waschmaschinen											
				A+	A	B	C	D	E	F	G
Frontlader	4,5 kg	34	n.v.	--	32	1	1	--	--	--	--
Toplader	4,5 kg	13		--	13	--	--	--	--	--	--
Frontlader	5,0 kg	147		25	120	2	--	--	--	--	--
Toplader	5,0 kg	68		15	49	4	--	--	--	--	--
Front-/Toplader XXL	5,5 - 7,0 kg	257		27	230	--	--	--	--	--	--
Waschtrockner											
					A	B	C	D	E	F	G
Front-/Toplader	4,5 kg	3	n.v.	--	--	2	1	--	--	--	--
Front-/Toplader	5,0 kg	35		3	17	15	--	--	--	--	--
Front-/Toplader	6,0 kg	9		--	3	6	--	--	--	--	--
Trommel-Wäschetrockner											
					A	B	C	D	E	F	G
Ablufttrockner, gasbetrieben	5,0 kg	1	n.v.	1	--	--	--	--	--	--	--
Ablufttrockner, elektrisch	4,5-7,0 kg	62		--	--	61	--	1	--	--	--
Kondenstrockner mit Wärmepumpe	6,0 kg	4		4	--	--	--	--	--	--	--
Kondenstrockner, elektrisch	4,5-7,0 kg	136		--	47	89	--	--	--	--	--
Spülmaschinen											
					A	B	C	D	E	F	G
Frontlader ca. 60 cm breit	12-15 Ged.	516	n.v.	506	4	6	--	--	--	--	--
Frontlader ca. 45 cm breit	8-10 Ged.	195		178	15	2	--	--	--	--	--

TG=Tischgerät, TGU=Tischgerät unterbaufähig, SG=Standgerät, EG=Einbaugerät, Ged=Zahl Maßgedecke  
n.v. = A++ und A+ gibt es bei diesen Geräten nicht. Quelle: NEI-Hausgerätedatenbank Stand 17.08.2008

Abb. 2.3.4-1 Übersicht EU-Labeling