



BMVBS-Online-Publikation, Nr. 01/2013

## Begleitung von Modellvorhaben zum Austausch von Nachstromspeicherheizungen

### **Impressum**

#### **Herausgeber**

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)

#### **Wissenschaftliche Begleitung**

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin  
Andreas Schüring

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im  
Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)  
Horst-Peter Schettler-Köhler (Leitung)  
Christian Ahrens

#### **Bearbeitung**

ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden  
Dr.-Ing. Thomas Hartmann, Prof. Dr.-Ing. Bert Oschatz, Matthias Ußner

#### **Vervielfältigung**

Alle Rechte vorbehalten

#### **Zitierhinweise**

BMVBS (Hrsg.): Begleitung von Modellvorhaben zum Austausch von  
Nachstromspeicherheizungen. BMVBS-Online-Publikation 01/2013.

Die vom Auftragnehmer vertretene Auffassung ist nicht unbedingt mit der  
des Herausgebers identisch.

ISSN 1869-9324

© BMVBS Januar 2013

Ein Projekt des „CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramms“ des Bundesministeriums für Verkehr,  
Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), betreut vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raum-  
forschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR).

## Inhalt

1	Kurzfassung .....	4
2	Abstract .....	7
3	Einführung .....	10
4	Grundlagen.....	11
4.1	Stand der Technik.....	11
4.2	Statistik .....	15
4.3	Ausgangsthesen .....	19
5	Bestandsaufnahme .....	21
5.1	Auswahl Teilnehmer .....	21
5.2	Stichprobe .....	25
5.3	Vorgehensweise Bestandsaufnahme .....	29
5.4	Energiebedarf vor Austausch .....	32
5.5	Energieverbrauch vor Austausch.....	34
5.6	Bedarf-/Verbrauchsabgleich vor Austausch.....	36
6	Durchführung des Heizungsaustausches .....	43
6.1	Zeitpunkt der Durchführung .....	43
6.2	Durchgeführte Maßnahmen .....	47
6.3	Best practice .....	51
7	Energieeffizienz des Heizungsaustausches .....	57
7.1	Energiebedarf nach Austausch.....	57
7.2	Energieverbrauch nach Austausch.....	59
7.3	Bedarf-/Verbrauchsabgleich nach Austausch.....	63
7.4	Vergleich vor und nach Heizungsaustausch.....	65
8	Wirtschaftlichkeit des Heizungsaustausches.....	76
8.1	Bewertungsverfahren.....	76
8.2	Investitionskosten .....	77
8.3	Annuität und kapitalgebundene Kosten .....	82
8.4	Energiepreise und verbrauchsgebundene Kosten .....	84
8.5	Wartung und betriebsgebundene Kosten .....	84
8.6	Jährliche Kosten .....	85
8.7	Gesamtkosten nach VDI 2067 .....	86
8.8	Kosten nach II. Berechnungsverordnung.....	94

9	Öffentlichkeitsarbeit .....	101
9.1	Workshop als Auftaktveranstaltung .....	101
9.2	Homepage .....	103
9.3	Weitere Aktivitäten .....	103
10	Wesentliche Ergebnisse .....	105
	Quellenverzeichnis .....	118
	Abbildungsverzeichnis .....	120
	Tabellenverzeichnis .....	122
	Anhänge .....	123
	Anhang A: Beispiel Energieausweis vor Austausch .....	123
	Anhang B: Beispiel Energieausweis nach Austausch .....	127

## 1 Kurzfassung

Die Modellvorhaben zum Austausch von Nachtstromspeicherheizungen wurden vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) unter wissenschaftlicher Begleitung durch das ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden – Forschung und Anwendung GmbH in der Zeit von November 2008 bis Ende 2011 durchgeführt.

### Hintergrund der Modellvorhaben

In der Energieeinsparverordnung 2009 (EnEV 2009) ist eine stufenweise Außerbetriebnahme von Nachtstromspeicherheizungen vorgesehen, die Anfang 2020 mehr als 30 Jahre in Betrieb und in Gebäuden mit mehr als fünf Wohneinheiten eingebaut sind. Mit der Novelle der EnEV und den Modellvorhaben zum Austausch von Nachtstromspeicherheizungen wird ein Auftrag aus dem Integrierten Energie- und Klimaprogramm (IEKP) der Bundesregierung umgesetzt.

### Modellvorhaben

An den Modellvorhaben beteiligten sich deutschlandweit über 70 Eigentümer von Wohngebäuden mit mindestens sechs Wohneinheiten. Es sollen Best-practice-Beispiele für effiziente Sanierungsstrategien herausgearbeitet und im Ergebnis zukünftigen Investoren zur Verfügung gestellt werden.

Im Rahmen der Modellvorhaben wurden untersucht:

- Reduzierung des Primärenergiebedarfs und des CO<sub>2</sub>-Austoßes
- Wirtschaftlichkeit unterschiedlicher technischer Lösungen bei den jeweiligen Rahmenbedingungen des Marktes und unter Berücksichtigung von Fördermitteln
- Darstellung und Auswertung des Energieverbrauchs vor und nach Sanierung und unter Berücksichtigung des Mieterverhaltens.

Für die betroffenen Gebäudeeigentümer sind ferner Aussagen zu den zu erwartenden Effekten einer Umstellung des Heizungssystems aus wirtschaftlicher, energetischer und umsetzungspraktischer Sicht von großem Interesse. Dabei wurden sowohl die alleinige Heizungsumstellung wie auch die Kombination aus Modernisierung der Heizungsanlage und energetischer Sanierung der Gebäude betrachtet.

## Ergebnisse

- Eine Neuvermietung von nachstrombeheizten Wohnungen fällt aufgrund steigender Energiepreise und der damit in der öffentlichen Wahrnehmung verbundenen hohen Heizkosten schwer. Bei den Eigentümern bzw. Wohnungsunternehmen besteht damit „Leidensdruck“, die Nachtstromspeicherheizungen auszutauschen. Der Austausch ist daher unabhängig von den Austauschforderungen der EnEV 2009 fester Bestandteil der Modernisierungsstrategien.
- Der einfache Weiterbetrieb der vorhandenen Nachtstromspeicherheizungen ist scheinbar die wirtschaftlichste Variante, ist aber wegen des absehbaren Ausfalls der im Bestand teilweise deutlich über 20 Jahre alten Geräte und der Schwierigkeiten bei der Neuvermietung keine wirkliche Option. Ein 1:1-Austausch der Nachtstromspeicherheizung ist wegen der nicht unerheblichen Investitionskosten und der hohen Betriebskosten nicht wirtschaftlich sowie angesichts steigender Strompreise und des Vermietungsrisikos nicht zukunftssicher. Technische Entwicklungen, die durch Nutzung von Smartgrid-Effekten die Attraktivität einer innovativen Nachstromspeicherheizung vor dem Hintergrund der Energiewende und der damit verbundenen Aufgabe der Stromspeicherung erhöhen und möglicherweise auch zu interessanten Preismodellen der Energieversorger führen könnten, sind aber vorstellbar und können ggf. in Zukunft zu einer differenzierten Bewertung einer „neuen Nachtstromspeicherheizung“ aus energetischer, wirtschaftlicher und ökologischer Sicht führen. Dies ist zum jedoch zum heutigen Zeitpunkt nicht absehbar.
- Ein Vergleich der Energieausweiswerte (Primärenergiebedarf vs. Endenergieverbrauch Heizung) führt zu einem verzerrten Bild und erweckt zunächst den Eindruck, dass die elektrische Nachtstromspeicherheizung viel besser sei als ihr Ruf. Dabei muss jedoch noch der energetische Aufwand für die Warmwasserbereitung und der oft vorzufindenden elektrischen Direktheizung im Bad mit betrachtet werden. Die Differenz zwischen Bedarf und Verbrauch schmilzt dann im Regelfall deutlich.
- Beim Umstieg von dezentralen Nachtstromspeicherheizungen auf zentrale Warmwasserheizungen sind baupraktische Aspekte, wie z.B. Leitungsführung, zentrale / dezentrale Heizungssysteme oder Infrastruktur für neue Energieträger, finanzielle Aspekte, wie z.B. Höhe der Investitionskosten, deren Umlagefähigkeit oder Förderung sowie verwaltungstechnische Aspekte, wie z.B. Heizkosten-

abrechnung maßgeblich. In den Modellvorhaben wurden häufig individuelle Lösungen umgesetzt (z.B. Verlegung der Steigleitungen auf der Außenseite der Außenwand unter der Wärmedämmung) zu finden. Die Warmwasserbereitung wird selten in den Austausch einbezogen.

- Im Modellvorhaben dominieren im Austausch die Standardsysteme Gas-Brennwerttechnik und Fernwärme, gefolgt von der Nutzung regenerativer Energie (Wärmepumpe, Solarkollektoren). Trotz des mit dem Einsatz von Gas und Fernwärme als Energieträger leicht steigenden Endenergieverbrauchs der Heizung sinken die Heizkosten (wegen der differierenden energieträgerspezifischen Energiepreise) und der Primärenergiebedarf deutlich. Das gilt auch, wenn zukünftig der Primärenergiefaktor für Strom (nicht regenerativ) auf 2,0 sinkt.
- Sowohl bei einer Gesamtkostenbetrachtung nach [VDI 2067] als auch aus Vermieter- und Mietersicht bei der Kostenberechnung nach II. Berechnungsverordnung (im sozialen Wohnungsbestand) ist der Heizungsaustausch mit dem Einsatz von Gas-Brennwerttechnik oder Fernwärme gegenüber dem 1:1-Ersatz der Nachtstromspeicherheizung im Regelfall wirtschaftlich.
- Wird der Austausch der Nachtstromspeicherheizungen mit Maßnahmen zur Verbesserung des Wärmeschutzes kombiniert, erhöht sich die Zukunftssicherheit der betroffenen Gebäude und deren Energieeffizienz steigt. Die Einsatzbedingungen für eine Vielzahl moderner Heizsysteme (z. B. Brennwerttechnik, Wärmepumpen, regenerative Energie) werden verbessert. Die Kombination des Heizungsaustausches mit umfassenden Dämmmaßnahmen an der Gebäudehülle führt aber im Vergleich mit dem ausschließlichen Heizungsaustausch zu höheren Gesamtkosten und zu Mehrkosten für den Mieter.
- Die Förderung des Abbaus von Nachtstromspeicherheizungen („Verschrottungsprämie“) erweist sich im Ergebnis des Modellvorhabens als nicht notwendig, da
  - der Austausch bereits fester Bestandteil der Modernisierungsstrategien ist,
  - der Abbau der Nachstromspeicherheizungen nicht immer mit der endgültigen Entsorgung der Geräte, sondern mit deren Einbau in anderen Objekten verbunden ist,
  - der Abbau der Nachtstromspeicherheizung bereits durch andere Förderinstrumente, wie der Förderung des Einbaus einer neuen effizienten Heizungsanlage erfasst ist.

## **2 Abstract**

The pilot project for the exchange of electric off-peak storage heaters has been conducted by the Federal Ministry of Transport, Building and Urban Affairs (BMVBS) with academic support by ITG Institute for Building Systems Engineering Dresden GmbH during the period from November 2008 to the end of 2011.

### **Background of the pilot project**

For electric off-peak storage heaters which will have been in use for over 30 years in 2020 (only in buildings with more than five dwellings) the Energy Conservation Act 2009 (EnEV 2009) officially requires a gradual phasing out of electric off-peak storage heaters. The amendment of the Energy Conservation Act 2009 (EnEV 2009) and the pilot project for the exchange of electric off-peak storage heaters are fulfilling an order of the Integrated Energy and Climate Program (IEKP) released by the Federal Government.

### **Pilot Project**

All over Germany, the pilot project involved more than 70 owners of residential buildings with at least six dwellings. Best-practice examples of effective redevelopment strategies have been worked out and the results have been made available to potential investors.

During the project the following tasks have been examined:

- Reduction of primary energy demand and CO<sub>2</sub> – emissions
- Profitability of different technical solution in the context of the market and in the context of founding
- Presentation and evaluation of energy consumption before and after redevelopment, also taking into account the behaviour of tenants.

For the involved property owners are also statements about the expected effects of a conversion of the heating system from the economic, energetic and practical implementation point of view of strong interest. Both the sole heating conversion as well as the combination of modernization of the heating system and energy refurbishment of buildings were considered.

## Results

- A new lease of dwellings equipped with electric storage heating systems is difficult due to the public awareness that rising energy prices lead to rising heating costs. This is the issue facing owners and housing companies when exchanging electrical off-peak storage heaters. Therefore the exchange of electrical off-peak storage heaters is an essential part of redevelopment strategies. It can be inferred that the demand to exchange the heaters referring to EnEV 2009 is not the main aspect.
- It is clear that the most economical solution is the ongoing usage of still existing electrical off-peak storage heaters, but the upcoming failures of the heaters mainly older than 20 years and the problems with new lease of such dwellings, make this not a real option. Simply replacing the electrical off-peak storage heaters against new ones is related with high investment costs and high operating costs. It is not profitable and not future-proof. Technical developments in regard to Smartgrid can bring back the need of additional storage possibilities; perhaps in collaboration with new interesting price models a reintroduction of a new type of electrical off-peak storage heaters could be energy-related, economically and ecologically reasonable. However this is not yet in sight.
- The comparison of energy passes (primary energy demand vs. final energy consumption) gives a wrong impression as it looks like electric off-peak storage heaters are much better than their reputation. However for the most part the energy demand for hot water preparation and direct electric heating in the bathrooms is forgotten to be regarded with. When this is taken into account the difference between demand and consumption drops significantly.
- By switching from decentralised electric off-peak storage heaters to a centralised hot water heating system aspects such as workable construction, pipe routing, centralised / decentralised heating systems, infrastructure for new energy carrier, economic aspects such as apportion of investment costs, founding, and administration aspects such as heat costs billing procedure have to be considered.
- The pilot project is dominated by standard systems such as condensing gas boilers and district heating, followed by usage of renewable energy (heat pumps, solar thermal collectors). Despite slightly rising end energy consumption by using energy carriers such as gas or district heating, the amount of heating costs (due to different energy carrier specific prices) and primary energy demand declines. If the primary



energy factor for electricity (not renewable) drops to 2.0, this statement still will be true.

- In most instances, both at a total cost basis as well as from landlords and tenants perspectives referring to second calculation ordinance (in council housing stock) the exchange to condensing gas boilers or district heating is economical compared to a 1:1 replacement of electric off-peak storage heaters.
- The building is more future-proof and has increased energy efficiency with a combination of exchange of electric off-peak storage heaters and improved heat insulation of the building. The operating conditions of use for a variety of modern heating systems (such as condensing boilers, heat pumps, renewable energy) are improved. The combination of exchange of electric off-peak storage heaters and broad heat insulation of the building envelope is more expensive compared to a 1:1 replacement.
- The project finds that the founding for exchange of electric off-peak storage heaters (scrapping premium) is no more necessary, due to:
  - exchange already being an essential part of redevelopment strategies,
  - the removal of electric off-peak storage heaters not necessarily resulting in their disposal, with reinstallation seen in other buildings,
  - the removal of electric off-peak storage heaters already having been founded by other funding instruments such as founding's for installation of new energy efficient heating systems.

### 3 Einführung

Das Modellvorhaben zum Austausch von Nachtstromspeicherheizungen wird im Rahmen der Umsetzung der Beschlüsse zum Integrierten Energie- und Klimaprogramm (IEKP) der Bundesregierung vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) unter wissenschaftlicher Begleitung durch das ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden - Forschung und Anwendung GmbH durchgeführt.

In der Energieeinsparverordnung 2009 (EnEV 2009) ist eine stufenweise Außerbetriebnahme von Nachtstromspeicherheizungen, die Anfang 2020 mehr als 30 Jahre in Betrieb und in Gebäuden mit sechs und mehr Wohneinheiten eingebaut sind, vorgesehen Infolge der langen Übergangsfrist (bis 2020) verbleibt Zeit, mit der Umstellung verbundene Fragen anhand eines Modellvorhabens zu untersuchen.

Im Modellvorhaben werden deutschlandweit über 70 Wohngebäude mit sechs und mehr Wohnungen untersucht, es sollen best-practice Beispiele für effiziente Sanierungsstrategien herausgearbeitet und interessierten Eigentümern zur Verfügung gestellt werden. Für die von der Austauschforderung der EnEV 2009 betroffenen Gebäudeeigentümer sind Aussagen zu den zu erwartenden Effekten einer Umstellung des Heizungssystems aus

- wirtschaftlicher
- energetischer und
- umsetzungspraktischer

Sicht von großem Interesse. Dabei sind die alleinige Heizungsumstellung und die Kombination aus Modernisierung der Heizungsanlage und energetischer Sanierung der Gebäude zu differenzieren.

Das Modellvorhaben zum Austausch von Nachtstromspeicherheizungen wird mit dem Ziel wissenschaftlich begleitet, verallgemeinerbare Aussagen zur Umstellung von Nachtstromspeicherheizungen auf umweltverträglichere Heizungsformen zu treffen.

## **4 Grundlagen**

### **4.1 Stand der Technik**

Der Stand der Technik bei der elektrischen Raumheizung ist in [Walther] dokumentiert. Zu Konstruktion und Betrieb von Nachtstromspeicherheizgeräten lassen sich danach folgende grundsätzliche Aussagen treffen.

#### **Geltende Normen**

DIN 44570

„ Elektrische Raumheizung; Speicherheizgeräte mit nicht steuerbarer Wärmeabgabe“

DIN 44572

„ Elektrische Raumheizung; Speicherheizgeräte mit steuerbarer Wärmeabgabe“

DIN 44573

„ Elektrische Raumheizung; Anlagen mit Speicherheizung“

DIN 44574

„ Elektrische Raumheizung; Aufladesteuerung für Speicherheizung“

#### **Lademodelle**

- Gebräuchliche Ladezeiten: 8 + 0 / 8 + 2 / 10 + 2 Stunden
- Gebräuchliche Steuerungen: Vorwärts- / Spreiz- / Rückwärts-Steuerung

#### **Wärmeabgabe**

- nicht steuerbar: nur statische Wärmeabgabe des Speicherkerns durch freie Konvektion
- steuerbar: statische Wärmeabgabe des Speicherkerns und dynamische Wärmeabgabe durch erzwungene Konvektion mit regelbarem Ventilator

#### **Bauformen**

- Standardgeräte
- Flachgeräte
- Niedrigergeräte
- Küchengeräte

#### **Speichermaterial**

- Magnesit (Basis MgO)
- Olivin (Lavagestein, Basis MgO SiO<sub>2</sub>)

#### **Dämmmaterial**

- Vermiculite (natürliches glimmerartiges Tonmaterial)
- Microtherm (körniges, mikroporöses Siliziumdioxid)
- Asbest (eingesetzt in 1970er Jahren)

In jüngerer Vergangenheit haben sich einige Studien mit der Thematik der Nachstromspeicherheizungen und möglichen Alternativen beschäftigt. Die Erkenntnisse daraus dienen im Rahmen des Modellvorhabens als Ausgangspunkt für die Überlegungen und werden hinsichtlich ihrer Verallgemeinerbarkeit geprüft und diskutiert.

In [ITG] steht die Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit verschiedener Austausch- und Ersatzmaßnahmen anhand verschiedener Fallbeispiele und auf der Basis von Strom als Energieträger im Vordergrund. Über die reinen beispielbezogenen Effizienz- und Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen (differenziert für Privateigentümer und Wohnungswirtschaft werden in [ITG] folgende Schlussfolgerungen gezogen:

1. *„Unabhängig vom Energieträger ist vielen effizienzverbessernden Maßnahmen gemeinsam, dass wegen der erforderlichen Investitionen eine Gesamtwirtschaftlichkeit kaum oder gar nicht erreichbar ist. Hier sollten deshalb auch Aspekte der Ressourcenschonung und Nachhaltigkeit beachtet und ins öffentliche Bewusstsein gerückt werden.*
2. *Die Wirtschaftlichkeit der effizienzverbessernden Maßnahmen verbessert sich grundlegend, wenn die Haustechnik im Bestand ohnehin erneuert werden muss und dabei effizientere Technik zum Zuge kommt. Analog gilt das bauseitig, z. B. bei ohnehin erforderlichem Austausch der Fenster.*
3. *Effizienzverbessernde Maßnahmen werden aus Sicht des Selbstnutzers und des Mieters wirtschaftlicher, wenn während der Nutzungsdauer der Anlagen die Energiepreise steigen und damit das Einsparpotenzial bei den verbrauchsgebundenen Kosten größer wird.*
4. *Auf Bundes-, Länder- und Kommunalebene existieren vielfältige Förderprogramme (z.B. KfW-Programm Energieeffizient Sanieren), die in den vorliegenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen nur ansatzweise berücksichtigt werden. Mit Förderung kann die Wirtschaftlichkeit für den Investor durch Investitionszuschüsse oder zinsvergünstigte Darlehen deutlich verbessert werden.*

*Die Diskussion der Wirtschaftlichkeit lässt u. U. maßgebliche, nichtmonetäre Entscheidungsargumente außer Acht, einige Wesentliche seien nachfolgend aufgeführt:*

- *Möglichkeiten zur haustechnischen Sanierung sind in bewohnten Mehrfamilienhäusern meist eingeschränkt, eine dezentrale (raum- oder wohnungsweise) Sanierung erweist sich z. B. bei Mieterwechsel als vorteilhaft.*

- *Bei dezentralen Heizsystemen in Mehrfamilienhäusern kann die Heizkostenabrechnung durch den Vermieter entfallen, die Energieversorgungsunternehmen schließen Verträge direkt mit den Mietern ab.*
- *Ein Wechsel des Energieträgers kann mit erheblichen zusätzlichen Belastungen und Aufwendungen (z.B. Hausanschluss oder Abgassystem) verbunden sein.*
- *Eine hochwertige, effiziente Haustechnik verbessert die Vermietbarkeit insbesondere in Bereichen mit Wohnungsleerstand. Sie bietet aus Sicht der Wohnungswirtschaft evtl. auch die Möglichkeit der Mieterhöhung infolge verbesserten Wohnkomforts (z. B. bei Neuvermietung).*
- *Der Einsatz moderner Haustechnik ist prinzipiell mit einer Komforterhöhung verbunden. So verbessern beispielsweise einige der betrachteten Maßnahmen die Raumluftqualität (Lüftungsspeicherheizgeräte, Zu-/Abluftanlagen, Abluftanlagen), Split-Raumklimageräte bieten zusätzlich die Möglichkeit zur aktiven sommerlichen Kühlung.“*

In [IZES] werden ebenfalls grundsätzliche Überlegungen zu den Perspektiven beim Ersatz elektrischer Heizsysteme angestellt. Hier kommt man zu folgenden Schlüssen:

*„Eine ökonomische Betrachtung der Umstellbedingungen anhand falltypischer Anwendungen (verglichen wurde die elektrische Widerstandsheizung (Nachtspeicher) mit der Erdgas-Brennwert-, Heizöl-, und Holzpellet-Heizung (mit und ohne Solar Kollektor), der Nahwärme mit Kraft-Wärme-Kopplung sowie der Elektrowärmepumpe (Split-Raumklimageräte) jeweils in einem Reihen-, einem Einfamilien- und einem Sechs-Familienhaus, die zusammen ein breites Spektrum an Wohngebäuden repräsentieren) führte zu folgenden Ergebnissen:*

- *Der Einsatz einer Holzpellet-Heizung mit Solaranlage oder hocheffizienter Nah- und Fernwärmeversorgung ist allen anderen Alternativen bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen klar überlegen.*
- *Der Anschluss an ein Nahwärmesystem erfordert für Mehrfamilienhäuser eine ähnlich hohe Investition wie der Eins-zu-Eins-Austausch der elektrischen Widerstandsheizung, hätte aber den Vorteil relativ geringerer jährlicher Vollkosten inklusive Abschreibungen für Mieter und Vermieter.*
- *Die Wärmeeinkaufskosten bei kleinen Einfamilienhäusern sind stets recht hoch, so dass eine Beibehaltung der Elektroheizung dort zu den günstigsten Lösungen zählt; allerdings würden bei vermieteten Einfamilienhäusern nur die Vermietung, nicht aber die Mieter davon profitieren.*

- *Die beiden Stromheizvarianten sowie der Anschluss an ein Nahwärmesystem belasten Vermieter finanziell am wenigsten, während für Mieter eine Pellet-Heizung kombiniert mit solarer Brauchwassererwärmung am günstigsten wäre.*

*Das Haupthemmnis für eine Umstellung ist somit die höhere Kostenbelastung der Vermieter bei den für Mieter attraktiveren Varianten ... Die zusätzlichen Belastungen der Mieter durch Lärm und Schmutz beim Umbau selbst mindern in der Praxis oft die Akzeptanz für die Umstellungen.“*

Eine zweite IZES-Studie [IZES2] kommt im Ergebnis zu folgenden Empfehlungen und bildet damit die Grundlage für die Anforderungen des §10a der EnEV 2009:

*„Nur falls Erdgas oder Nah- bzw. Fernwärme als Alternative zur Verfügung stehen, ist die Umstellung auch bei kleinen Einheiten – freistehende Einfamilien- und kleinen Mehrfamilienhäusern bis 4 WE wirtschaftlich. Die Wirtschaftlichkeit der Umstellung auf Erdgas ist bei Reihenhäusern kritisch. Hier bliebe nur der Anschluss an ein Wärmenetz als wirtschaftliche Alternative.*

*Stehen diese Versorgungsvarianten nicht zur Verfügung, kann in diesem Gebäudespektrum in der Regel ein Austausch von Nachtspeicherheizungen nur mithilfe von Fördermitteln wirtschaftlich erfolgen.*

*Außerhalb von Erdgasversorgungsgebieten bietet sich für Mehrfamilienhäuser mit 5 WE und mehr sowie für vergleichbare Nicht-Wohngebäude ab 400 m<sup>2</sup> Nutzfläche, die ähnlich wie Wohnhäuser beheizt werden, eine Holzpellettheizung oder eine Ölheizung als wirtschaftliche Alternative an.*

*Falls ein Mehrfamilienhaus je Wohnung unterschiedliche Heizsysteme aufweist, ist die Umstellung von Nachtspeicherheizungen in der Regel nicht wirtschaftlich darstellbar, weil dies meist zu der Anforderung führen wird, komplette Pumpenwarmwasserheizungen wohnungsweise einzubauen.*

*Werden einzelne Aggregate der Nachtspeicherheizung vor Ablauf ihrer Lebensdauer umgestellt, belastet deren Restwert die Wirtschaftlichkeit der Umstellung. Nur für den Austausch gegen eine Erdgasheizung (bzw. Anschluss an ein Wärmenetz) – und hier insbesondere bei Mehrfamilienhäusern – ist in dieser Hinsicht eine Flexibilität gegeben. Die Tolerierung einer Lebensdauer von 30 Jahren würde den Ergebnissen zufolge die Sicherheit, das Wirtschaftlichkeitskriterium bei einer Umstellung zu erfüllen, deutlich anheben.*

*Der Dämmstandard der Gebäude, Teilbeheizung und entlegene Räume haben bei Mehrfamilienhäusern mit 5 und mehr WE bzw. vergleichbaren Nichtwohngebäuden ab*

400 m<sup>2</sup> keinen relevanten Einfluss und müssen daher auch nicht gesondert berücksichtigt werden.

*Der Austausch von Blockspeicherheizungen erweist sich als wirtschaftlich günstiger als der Austausch von Nachtspeicherheizungen. Hier kommt bereits für das freistehende Einfamilienhaus auch die Ölheizung als wirtschaftliche Umstellalternative in Betracht. Für das Reihenhaus ist die Umstellung auf Erdgas wirtschaftlich. Der Austausch mit einer Ölheizung stellt hier einen wirtschaftlichen Grenzfall dar.“*

## 4.2 Statistik

Hinsichtlich des Bestandes an elektrischen Heizsystemen in Deutschland existieren unterschiedliche Angaben. Zum einen liegen wohnungsweise Zahlen aus den 1980er Jahren ([Borstelmann], siehe Tabelle 1) und Daten aus 2006 ([Mikrozensus], siehe Abbildung 1) vor, zum anderen gibt es eine Geräte-Bestandsstatistik für den Zeitraum von 1960 bis 2006 (Angaben Fa. Stiebel-Eltron, siehe Abbildung 2). Insbesondere Abbildung 2 zeigt, dass der Anteil der Speicherheizgeräte in den letzten Jahren bereits stark rückläufig ist und gegenüber dem Maximum Anfang der 1990er Jahre (ca. 10,5 Mill. Geräte) bis 2006 (ca. 5,6 Mill. Geräte) fast von einer Halbierung des Bestandes ausgegangen werden kann.

Der Blick auf die Daten des [Mikrozensus] zeigt außerdem, dass mit den Forderungen der EnEV 2009 maximal ein Drittel des Bestandes der Speicherheizsysteme betroffen ist. Wenn man den übrigen Bestand ebenfalls zum Austausch motivieren will, bieten sich 2 Lösungswege an:

### 1. EnEV-Anforderungen auf kleinere Gebäude erweitern

→ wegen fehlender wirtschaftlicher Vertretbarkeit von der Bundesregierung in der EnEV 2009 nicht aufgegriffen (BR-Drucksache 569-08)

### 2. KfW-Sonderförderung nicht an Gebäudegröße und Speicherheizgeräte binden

→ Zuschuss pro abgebautem Gerät unabhängig von Gebäudegröße, Förderung an Energieeffizienz der neu einzubauenden Anlage ausrichten

Speicherheizung	Direktheizung	Wärmepumpen
2.200.000 Anlagen	40.000 Anlagen	60.000 Anlagen
95,6 %	1,8 %	2,6 %
Speicherheizgeräte (95%) Fußbodenspeicherheizung (3%) Zentralspeicherheizung (2%)	Konvektoren Radiatoren Fußboden-Direkthzg.	Luft-Wasser-WP Wasser-Wasser-WP Sole-Wasser-WP

Tabelle 1: Anteile elektrischer Raumheizungssysteme (Quelle: [Borstelmann], Handbuch der elektrischen Raumheizung, Hüthig Buch Verlag Heidelberg, 1989)

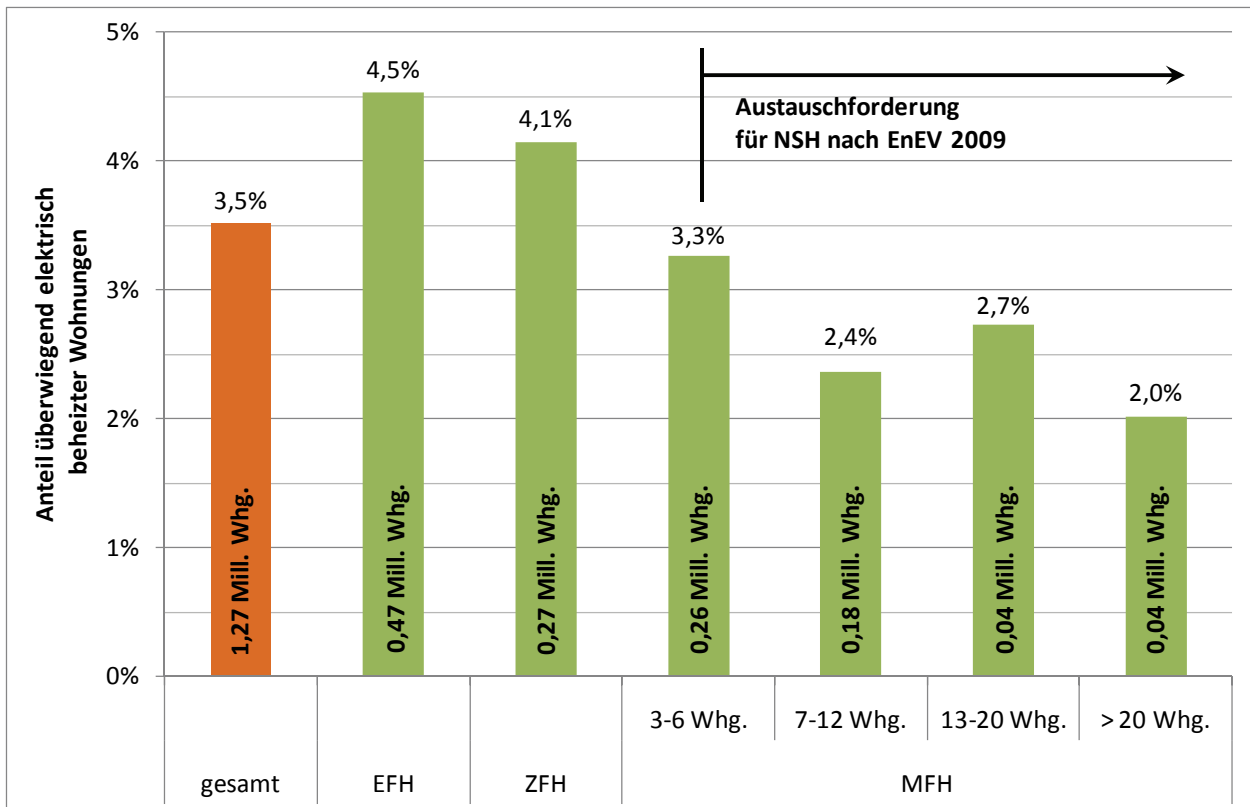


Abbildung 1: Anteil überwiegend elektrisch beheizter Wohnungen in Deutschland (Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 5, Heft 1, Bauen und Wohnen, [Mikrozensus] Zusatzerhebung 2006)

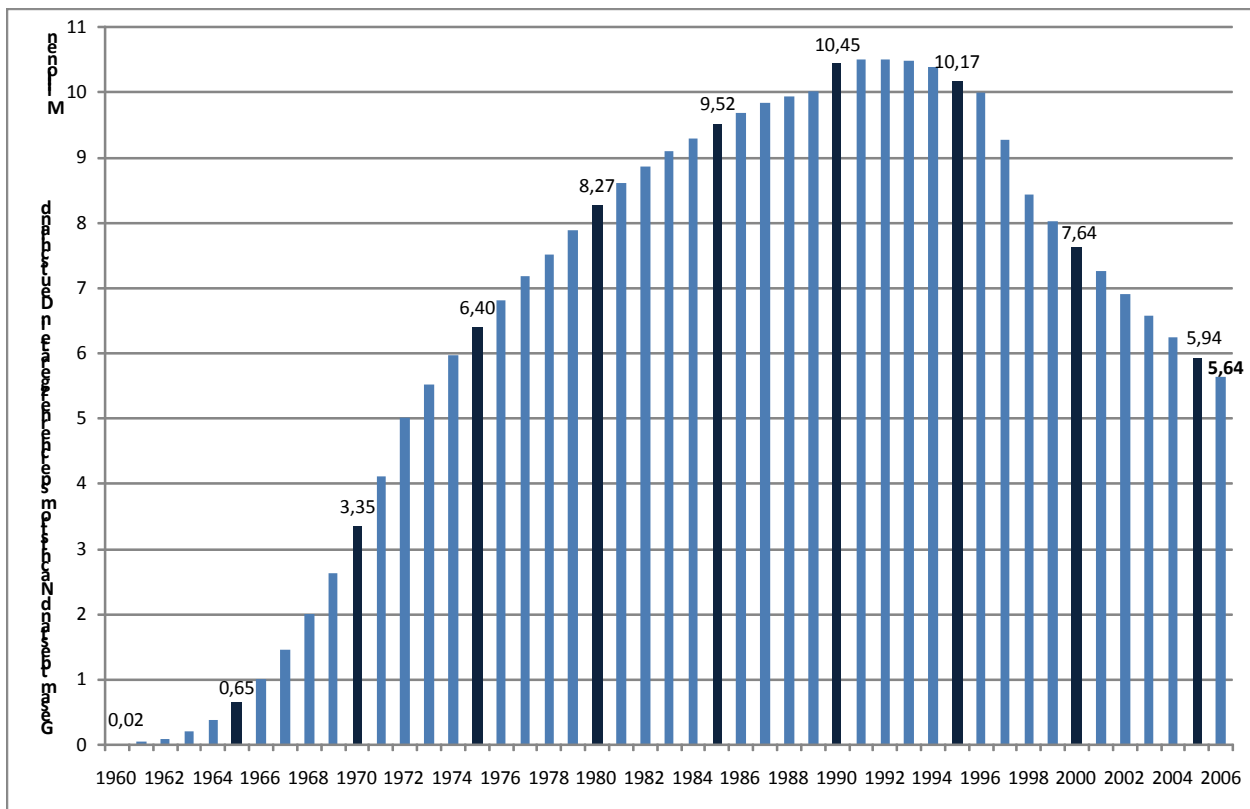


Abbildung 2: Gesamtbestand von Nachtstromspeicherheizgeräten in Deutschland unter Berücksichtigung des Geräteabsatzes und des Ersatzbedarfs (Quelle: Stiebel-Eltron unter Verwendung von Zahlen von ZVEI und VDEW)



Ein weiteres Indiz für den rückläufigen Marktanteil der Nachtstromspeicherheizung in Deutschland liefern die aktuellen Erhebungen der Verbände BDEW und HEA unter Energieversorgern.

Nach Tabelle 2 wurden 871 (2007) bzw. 1.114 (2008) Unternehmen befragt und Antwortquote von jeweils ca. 50% erzielt. Die antwortenden Unternehmen repräsentieren ca. zwei Drittel des Stromabsatzes beim Endkunden. Die Ergebnisse sollten wegen der hohen Marktabdeckung den Markttrend gut wiedergeben. Eine lineare Hochrechnung auf den Gesamtmarkt ist jedoch nicht möglich, da bei den nicht antwortenden Unternehmen der Anteil des Absatzes an Speicherheizungskunden vermutlich noch geringer ist als bei den antwortenden Unternehmen.

	2007	2008
<b>Energieversorger</b>		
Befragte Unternehmen	871	1.114
Antworte	430	570
Antwortequote	49 %	51 %
Anteil am Stromabsatz an Letztverbraucher	68,4 %	67,5 %
<b>Nachtstromspeicherheizungen</b>		
Anlagenzahl	1.632.696	1.604.438
Stromverbrauch absolut	12.581.775 MWh	13.104.623 MWh
Stromverbrauch pro Anlage	7.706 kWh	8.168 kWh
deutschlandmittlere Klimabereinigung	1,15	1,09
Stromverbrauch pro Anlage, klimabereinigt	8.862 kWh	8.903 kWh
Gemeldeter Anlagenrückgang zum Vorjahr	- 2,6 %	- 3,6 %

Tabelle 2: Erhebung zum Stromverbrauch von Nachtstromspeicherheizungen in Deutschland  
(Quelle: BDEW und HEA)

Insgesamt sind rund 1,6 Millionen Kundenanlagen als Nachtstromspeicherheizungen erfasst. Dabei ist der Begriff Anlage hier in der Regel mit einer Wohneinheit gleich zu setzen. Für diese Anlagen wird ein Gesamtverbrauch von 12,6 Mill. MWh (2007) bzw. 13,1 Mill. MWh (2008) angegeben. Im Durchschnitt aller meldenden Unternehmen ging die Zahl der Anlagen im Vergleich zum Vorjahr nach Angaben der Unternehmen um 2,6 % (2007) bzw. 3,6% (2008) Prozent zurück.

Der mittlere Stromverbrauch einer Wohnung mit Nachtstromspeicherheizung beträgt demnach unter Berücksichtigung einer überschlägigen, deutschlandmittleren Klimabereinigung ca. 8.900 kWh.

Einen weiteren wesentlichen Aspekt bei der Bewertung des Marktes der Nachtstromspeicherheizungen beleuchtet die Jahresstatistik des Bundesverbandes deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen e.V. (GdW). Abbildung 3 verdeutlicht die starken regionalen Unterschiede bei der Verteilung der Nachtstromspeicherheizungen. Nordrhein-Westfalen weist im Bereich des GdW mit Abstand den höchsten Anteil auf (7,2% bzw. ca. 32.500 Wohnungen) gefolgt von Bayern (3,2% bzw. ca. 7.500 Wohnungen) und Hamburg (2,6% bzw. ca. 1.700 Wohnungen). Andererseits spielt in vielen Bundesländern (Sachsen-Anhalt, Thüringen, Hessen, Brandenburg, Sachsen, Schleswig-Holstein, Rheinland-Pfalz, Bremen, Saarland) die Nachtstromspeicherheizung praktisch keine Rolle (Anteil unter 1%). Auch innerhalb einer Region bzw. eines Bundeslandes treten zwischen den Wohnungsunternehmen große Unterschiede hinsichtlich des Anteils der Nachtstromspeicherheizungen auf.

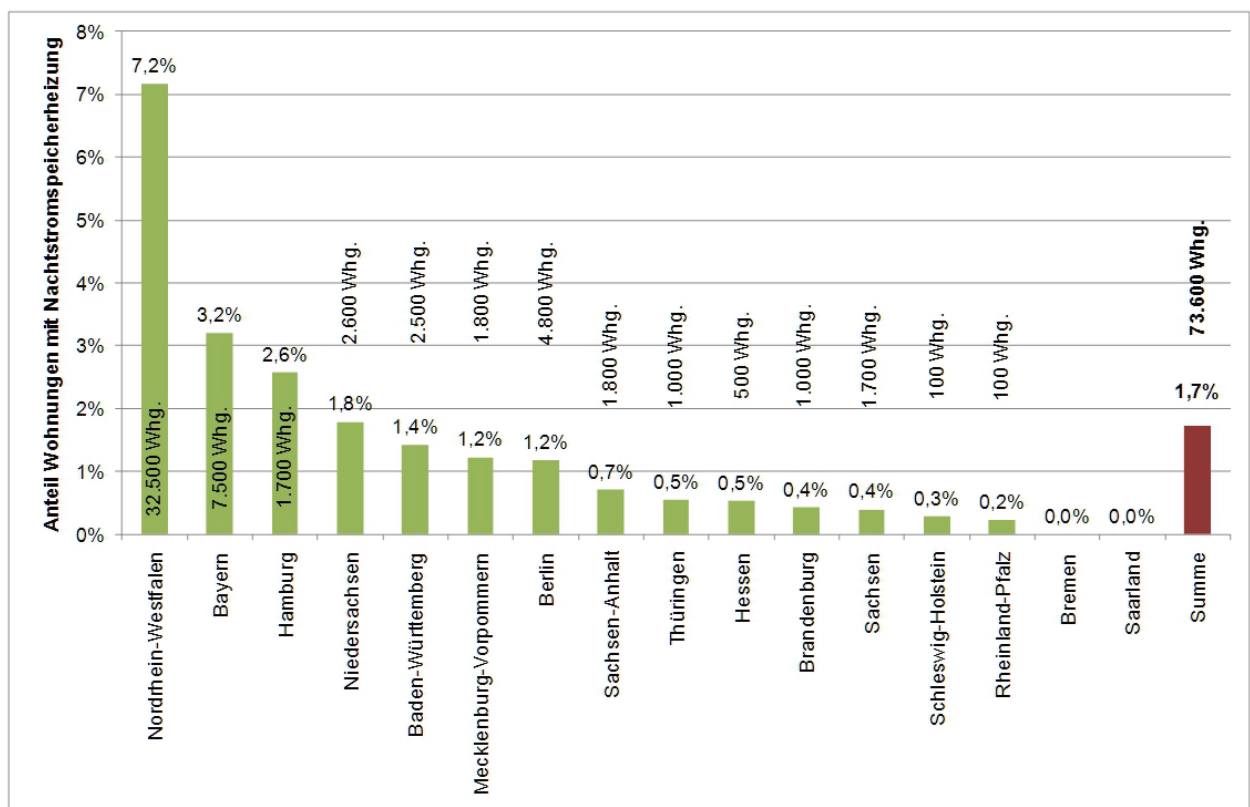


Abbildung 3: Wohnungen mit Nachtstromspeicherheizungen im Bereich des GdW - Jahresstatistik 2002  
(Quelle: GdW)

### 4.3 Ausgangsthesen

#### 1. **Nachtstromspeicherheizungen verfügen über ein schlechtes Image!**

Eine Neuvermietung von nachstrombeheizten Wohnungen fällt heute unabhängig von den Austauschforderungen der EnEV 2009 hauptsächlich aufgrund steigender Energiepreise und der damit in der öffentlichen Wahrnehmung verbundenen hohen Heizkosten schwer, es besteht bereits „Leidensdruck“ bei Eigentümern bzw. Betreibern. Bei langjährigen Mietern fällt die Bewertung der Nachtstromspeicherheizungen oft besser aus.

#### 2. **Bedarfs-Verbrauchsabgleich erfordert insbesondere bei Nachtstromspeicherheizungen Sachverstand!**

Ein simpler Vergleich der Energieausweiswerte (Primärenergiebedarf vs. Endenergieverbrauch Heizung) führt zu einem verzerrten Bild und erweckt schnell den Eindruck, dass die elektrische Nachtstromspeicherheizung viel besser sei als ihr Ruf. Tatsächlich verschieben sich die Verhältnisse unter Berücksichtigung des energetischen Aufwands für die Warmwasserbereitung und der oft vorzufindenden elektrischen Direktheizung im Bad - die Differenz zwischen Bedarf und Verbrauch schmilzt dann im Regelfall deutlich.

#### 3. **Umstieg von dezentraler Nachtstromspeicherheizung auf Warmwasserheizung als Hemmnis!**

Dabei sind baupraktische (Leitungsführung horizontal vs. vertikal und innen vs. außen, zentrale Gebäudelösung vs. dezentrale wohnungsweise Heizung, Infrastruktur für neue Energieträger und ggf. Abgasführung, Heizkostenabrechnung) und finanzielle (Investitionskosten vs. Heizkostenminderung, Umlagefähigkeit, Fördermöglichkeiten) Aspekte maßgeblich.

#### 4. **Asbestbelastung der Speicherheizungen nur noch ein untergeordnetes Thema!**

Asbesthaltige Speicherheizgeräte kamen hauptsächlich in den 1970er Jahren zum Einsatz und sind heute bereits größtenteils ersetzt. Die Asbestdiskussion spielt in der öffentlichen Wahrnehmung der Nachtstromspeicherheizung kaum noch eine Rolle.

#### 5. **Im Austausch sind vielfältige Heizungssysteme zu finden!**

In den geplanten Austauschsystemen dominieren die „Standard“-systeme Gas-Brennwerttechnik und Fernwärme, gefolgt von der Nutzung regenerativer Energie

(Wärmepumpe, Solarkollektoren). Eine untergeordnete Rolle spielen Heizöl und Biomasse als Energieträger.

#### **6. Kombination von Austausch der Nachtstromspeicherheizung und Verbesserung Wärmeschutz nachhaltig und zukunftssicher!**

Wird der Austausch der Nachtstromspeicherheizung mit Maßnahmen zur Verbesserung des Wärmeschutzes kombiniert, erhöht sich die Zukunftssicherheit der betroffenen Gebäude, da durch dann mögliche niedrigere Systemtemperaturen die Einsatzbedingungen für eine Vielzahl moderner Heizsysteme (z. B. Brennwerttechnik, Wärmepumpen, regenerative Energie) und damit deren Energieeffizienz verbessert werden.

#### **7. Warmwasserbereitung wird nur teilweise in Austausch einbezogen!**

Grund hierfür sind meist baupraktische bzw. finanzielle Gründe, wie z. B. schwierige Leitungsführung für Warmwasser und Zirkulation mit oft massivem Eingriff in die Bausubstanz (zusätzliche Installationsschächte, Sanitärinstallation und Verfließung). Da es keine ordnungsrechtlichen Vorgaben nach Energieeinsparverordnung (EnEV 2009) und keine spezielle Förderung gibt, bleibt die elektrische Warmwasserbereitung trotz Heizungsersatz oft erhalten.

#### **8. Heizkosten sinken nach Austausch trotz erhöhtem Endenergieverbrauch!**

Trotz der systemimmanent höheren Anlagenverluste zentraler Heizsysteme und eines ggf. geänderten Nutzerverhaltens (evtl. höhere Raumtemperaturen und verstärktes Fensterlüften) sinken Primärenergiebedarf (aufgrund des deutlich verringerten Primärenergiefaktors der alternativen Heizsysteme) und Heizkosten (wegen der differierenden energieträgerspezifischen Energiepreise).

### **Fazit Grundlagen**

Der Stand der Technik für Nachtstromspeicherheizungen ist normativ beschrieben und in der Literatur gut dokumentiert.

Verschiedene aktuelle Studien beschäftigen sich mit Aspekten des Austauschs von Nachtstromspeicherheizungen. Diese Studien kommen tendenziell zu ähnlichen Ergebnissen und verweisen auf die energetischen Einsparpotenziale, aber auch auf die in Abhängigkeit von den Randbedingungen u.U. problematische Wirtschaftlichkeit des Austauschs.

Für das Modellvorhaben werden Ausgangsthesen aufgestellt, die die vermutenden wesentlichen Aspekte bzw. Entscheidungskriterien beim Austausch von Nachtstromspeicherheizungen beschreiben.

## 5 Bestandsaufnahme

### 5.1 Auswahl Teilnehmer

Die ursprüngliche Aufgabenstellung des Projektes sah ca. 40 Teilnehmer am Modellvorhaben aus der Wohnungswirtschaft vor, die auf die Bundesländer Bayern, Berlin und Nordrhein-Westfalen begrenzt sein sollten. Im Dezember 2008 lagen Anträge auf Teilnahme von 299 Antragstellern für insgesamt 471 Gebäude vor, in der Auftaktbesprechung am 09.12.2008 wurde folgendes Vorgehen beschlossen:

1. Anschreiben aller Antragsteller durch ITG mit der Bitte um zusätzliche Informationen (Formblatt siehe Abbildung 4)
2. Ausschlusskriterien:
  - Gebäude < 6 WE
  - praktische Umsetzung der Maßnahmen bereits begonnen
3. Teilnehmerauswahl:
  - geplante Anzahl Teilnehmer ca. 60 bis 70
  - gleichmäßige Verteilung in drei Gruppen: Wohnungswirtschaft, Hausverwaltungen und Privateigentümer
  - Größe der Gebäude entsprechend Austauschverpflichtung in EnEV 2009
  - möglichst repräsentative Verteilung (keine Fixierung auf ca. 50 WE)
  - Gebäude mit gleichzeitiger Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes und Gebäude mit ausschließlicher Anlagenerneuerung
  - möglichst breites Spektrum der neuen Anlagentechnik (Energieträger, Anordnung zentral – dezentral, Heizung und Warmwasserbereitung, innovative Lösungen berücksichtigen)
  - geförderte Maßnahmen müssen die Anforderungen des im Rahmen des CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramms aufgelegten KfW-Förderprogrammes erfüllen (für den Austausch gewährte die Bundesregierung im Rahmen der Energieeffizient-Sanieren-Sonderförderung einen Zuschuss)
  - Austausch alter gegen neue Nachtstromspeicherheizungen und Ersatz Nachtstromspeicherheizung durch E-Direktheizung jeweils mit 1 Vergleichsobjekt

Nach Rücksendung der Formblätter bis Mitte Januar 2009 wurde durch ITG Dresden ein Auswahlvorschlag anhand o. g. Kriterien erarbeitet, die Auswahl erfolgte durch die Arbeitsgruppe bei der Besprechung am 28.01.2009. Durch ITG erfolgte per Anschreiben die Information der Teilnehmer (Abbildung 5) und nach Rückfluss der Teilnahmebestätigungen der Nichtteilnehmer (Abbildung 6).

**Modellvorhaben zum Austausch von Nachstromspeicherheizungen**  
 des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung sowie  
 des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung  
**Formblatt zur Datenerfassung für ein Gebäude**

**Antragsteller:**

Firma: .....
Name, Vorname: .....
Anschrift: .....
Telefon: .....

**Gebäude:**

Anschrift: .....	
Bundesland: .....	Baujahr (wenn bekannt): .....
Anzahl Wohnungen: .....	Anzahl Gewerbeeinheiten: .....
Wohnfläche: ..... m <sup>2</sup> (ca.)	Gewerbenutzfläche: ..... m <sup>2</sup> (ca.)
Energieversorger: .....	Energieverbrauch bekannt? <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
Energieausweis erstellt? <input type="checkbox"/>	ja: <input type="checkbox"/> nach Verbrauch <input type="checkbox"/> nach Bedarf <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>

**vorhandene Nachstromspeicherheizung NSH:**

Anzahl Geräte insgesamt: .....	
Alle Wohnungen mit NSH? <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> Anzahl Whg. ohne NSH: .....
Alle Gewerbeeinheiten mit NSH? <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> Anzahl Gewerbe ohne NSH: .....

**vorhandene Warmwasserbereitung WWB:**

Anordnung: <input type="checkbox"/>	zentral (Gebäude) <input type="checkbox"/>	dezentral (Wohnung, Raum) <input type="checkbox"/>
Energieträger: <input type="checkbox"/>	Strom <input type="checkbox"/>	andere: .....

**geplante Austauschmaßnahmen:**

Austausch schon erfolgt: <input type="checkbox"/>	ja: Zeitpunkt des erfolgten Austauschs (Jahr): .....	nein <input type="checkbox"/>
Austausch konkret geplant: <input type="checkbox"/>	ja: Zeitpunkt des geplanten Austauschs (Jahr): .....	nein <input type="checkbox"/>

**falls konkrete Planungen, Heizung**

Anordnung: <input type="checkbox"/>	zentral (Gebäude) <input type="checkbox"/>	dezentral (Wohnung, Raum) <input type="checkbox"/>	
Energieträger: <input type="checkbox"/>	Erdgas <input type="checkbox"/>	Fernwärme <input type="checkbox"/>	Heizöl <input type="checkbox"/>
(Mehrfachnen- <input type="checkbox"/>	Strom, falls ja: <input type="checkbox"/>	Wärmepumpe <input type="checkbox"/>	Speicherheizung <input type="checkbox"/>
nungen möglich) <input type="checkbox"/>	regenerativ (Solar, Holz,...) <input type="checkbox"/>	andere: .....	

**falls konkrete Planungen, Warmwasserbereitung**

Anordnung: <input type="checkbox"/>	zentral (Gebäude) <input type="checkbox"/>	dezentral (Wohnung, Raum) <input type="checkbox"/>	
Energieträger: <input type="checkbox"/>	Erdgas <input type="checkbox"/>	Fernwärme <input type="checkbox"/>	Heizöl <input type="checkbox"/>
(Mehrfachnen- <input type="checkbox"/>	Strom, falls ja: <input type="checkbox"/>	Wärmepumpe <input type="checkbox"/>	Speicher / Durchlauferhitzer <input type="checkbox"/>
nungen möglich) <input type="checkbox"/>	regenerativ (Solar, Holz,...) <input type="checkbox"/>	andere: .....	

**falls konkrete Planungen, Lüftung**

Lüftungsanlage (z.B. mit Wärmerückgewinnung):  ja  nein

**falls konkrete Planungen, Gebäude**

Wärmeschutz (z.B. Wärmedämmung Fassade):  ja  nein

**Hinweise:**

.....
.....
.....

Abbildung 4: Formblatt an Antragsteller (17.12.2008)

		<b>Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden</b> Forschung und Anwendung GmbH Dr. Felsmann - Dr. Hartmann - Prof. Oschatz - Dr. Werdin	
ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden Forschung und Anwendung GmbH Bayreuther Str. 29, 01187 DRESDEN		<b>Post:</b> ITG Dresden Bayreuther Str. 29 01187 Dresden	
«Firma» «Anrede» «Vorname» «Nachname» «Adresszeile_1»  «Postleitzahl» «Ort»		<b>Tel.:</b> (+49) - (0)351 – 417 56 93 <b>Fax:</b> (+49) - (0)351 – 417 56 99 <b>e-mail:</b> hartmann@itg-dresden.de	
Ihr Zeichen	Ihr Datum	Unser Zeichen Ha	Datum 06.02.2009
<p><b>Teilnahme am Modellvorhaben zum Austausch von Nachtstromspeicherheizungen des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung sowie des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung</b></p> <p>Sehr geehrte Damen und Herren,</p> <p>Sie haben sich um eine Teilnahme an o. g. Modellvorhaben beworben. Hiermit möchten wir Ihnen mitteilen, dass Sie mit dem Objekt</p> <p><b>«ObjektAdresse» in «ObjektPLZ» «ObjektOrt»</b></p> <p>für eine Teilnahme am Modellvorhaben ausgewählt worden sind. In der Anlage finden Sie ein Teilnahmeformblatt, mit dem Sie uns bitte rechtsverbindlich</p> <p><b>bis zum 21.02.2009 (Poststempel!) an ITG Dresden, Bayreuther Str. 29, 01187 Dresden</b></p> <p>bestätigen, dass Sie am Modellvorhaben teilnehmen werden.</p> <p>Wir möchten Sie hiermit bitten, uns die verfügbaren energetisch relevanten Unterlagen zum ausgewählten Objekt, wie z. B. Bestandsunterlagen, Energieverbrauchsdaten oder Energieausweise in Kopie oder elektronisch an hartmann@itg-dresden.de zur Verfügung zu stellen.</p>			

Abbildung 5: Information Teilnehmer (06.02.2009)


		<b>Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden</b> Forschung und Anwendung GmbH Dr. Felsmann - Dr. Hartmann - Prof. Oschatz - Dr. Werdin	
ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden Forschung und Anwendung GmbH Bayreuther Str. 29, 01187 DRESDEN		<b>Post:</b> ITG Dresden Bayreuther Str. 29 01187 Dresden	
«Adresse»		<b>Tel.:</b> (+49) - (0)351 – 417 56 93 <b>Fax:</b> (+49) - (0)351 – 417 56 99 <b>e-mail:</b> hartmann@itg-dresden.de	
Ihr Zeichen	Ihr Datum	Unser Zeichen Ha	Datum 04.03.2009
<p><b>Teilnahme am Modellvorhaben zum Austausch von Nachtstromspeicherheizungen des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung sowie des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung</b></p>			
<p>Sehr geehrte Damen und Herren,</p> <p>Sie haben sich um eine Teilnahme an o. g. Modellvorhaben beworben. Da zahlreiche Bewerbungen zur Teilnahme am Modellvorhaben eingegangen sind, konnte leider nur ein Teil davon berücksichtigt werden.</p> <p><b>Ihre Bewerbung konnte leider nicht berücksichtigt werden.</b></p>			
<p>Das o. g. Modellvorhaben soll technische und wirtschaftliche Möglichkeiten und Vorzugslösungen für den Austausch alter Nachtstromspeicherheizungen aufzeigen. Diese werden dann der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Die Bundesregierung beabsichtigt zudem, ab dem 1. April 2009 den Austausch von Nachtstromspeicherheizungen gegen eine effiziente Heizungsanlage im Rahmen des KfW-Programms Energieeffizient Sanieren – dem Nachfolger des CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramms u. a. durch einen Sonderzuschuss zu fördern. Bei Fragen zur Antragstellung können Sie sich ab dem o. g. Zeitpunkt an das Infocenter der KfW Förderbank (Tel.: 01801 - 33 55 77) wenden sowie weitere Informationen auch der Homepage der KfW-Förderbank (<a href="http://www.kfw-foerderbank.de">www.kfw-foerderbank.de</a>) entnehmen.</p>			

Abbildung 6: Information Nichtteilnehmer (04.03.2009)



## 5.2 Stichprobe

Für das Modellvorhaben wurden 75 Teilnehmer und zwei Vergleichsobjekte ausgewählt. Durch einige Absagen, die nicht komplett durch Nachrücker kompensiert werden konnten, beläuft sich die endgültige Teilnehmerzahl zum Zeitpunkt der Bestandsaufnahme auf 70, einschließlich der beiden Vergleichsobjekte. Die nachfolgenden Graphiken verdeutlichen die Zusammensetzung der Stichprobe ohne Vergleichsobjekte (regionale Verteilung: Abbildung 7 und Abbildung 8, 52 Gebäude in Städten mit >50.000 Einwohner; Eigentumsverhältnisse: Abbildung 9; Gebäudegröße als Wohnungsanzahl und Nutzfläche: Abbildung 10 und Abbildung 11) sowie die geplanten Austauschmaßnahmen (Heizung: Abbildung 12; Warmwasserbereitung: Abbildung 13). In 31 Gebäuden sollen parallel zum Heizungsaustausch Maßnahmen zur Verbesserung des Wärmeschutzes erfolgen, davon wird für 5 Gebäude das primärenergetische Ziel „EnEV 2007 -30%“ (entspricht „KfW-Effizienzhaus 100“ nach EnEV 2009) angestrebt.



Abbildung 7: Regionale Verteilung der Teilnehmer am Modellvorhaben

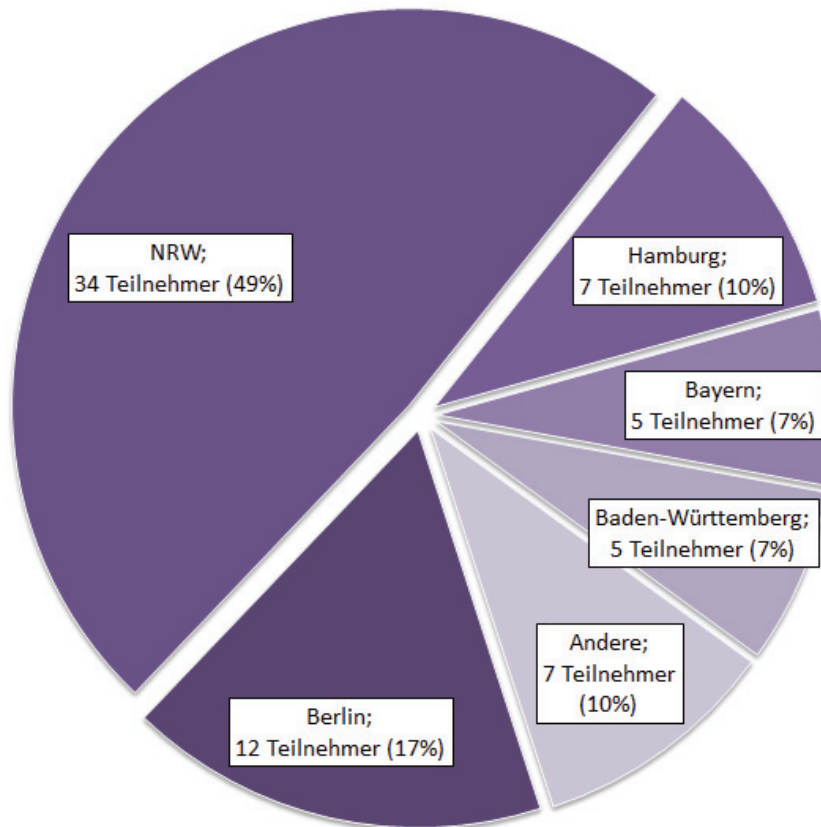


Abbildung 8: Verteilung der Teilnehmer am Modellvorhaben nach Bundesländern  
(Bestandsaufnahme, 70 Gebäude)

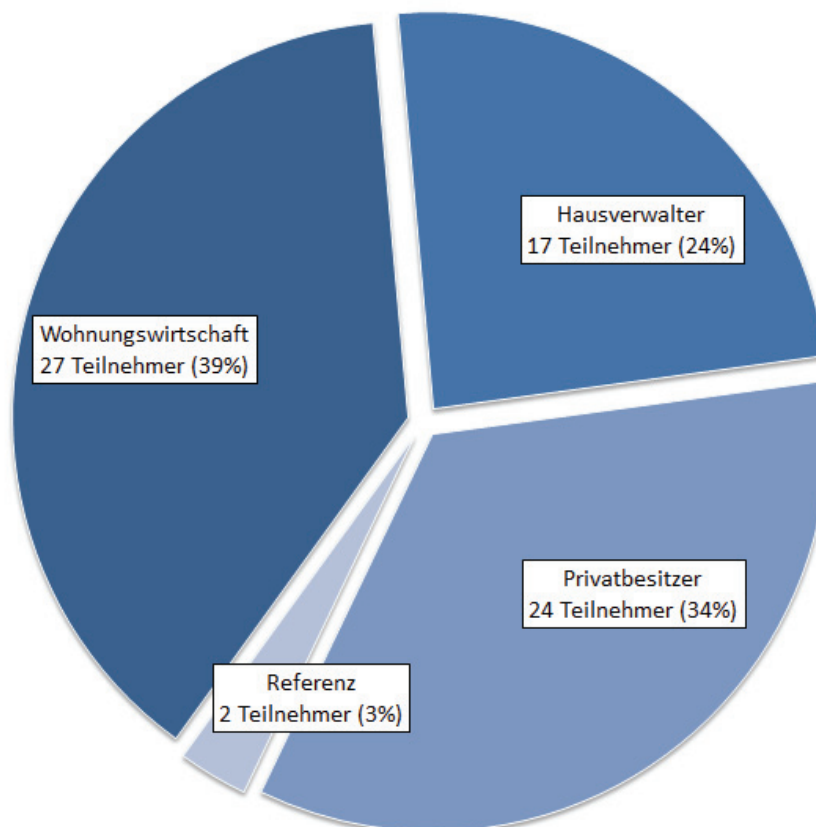


Abbildung 9: Verteilung der Teilnehmer am Modellvorhaben nach Eigentums-/Betriebsverhältnissen  
(Bestandsaufnahme, 70 Gebäude)

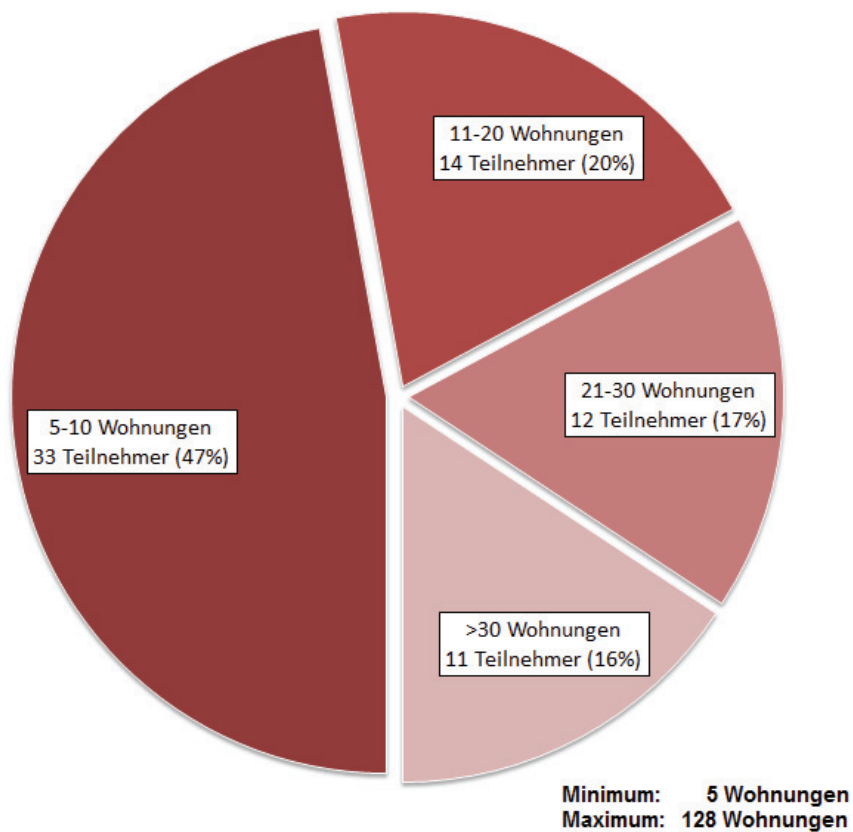


Abbildung 10: Verteilung der Teilnehmer am Modellvorhaben nach Wohnungsanzahl (Bestandsaufnahme, 70 Gebäude)

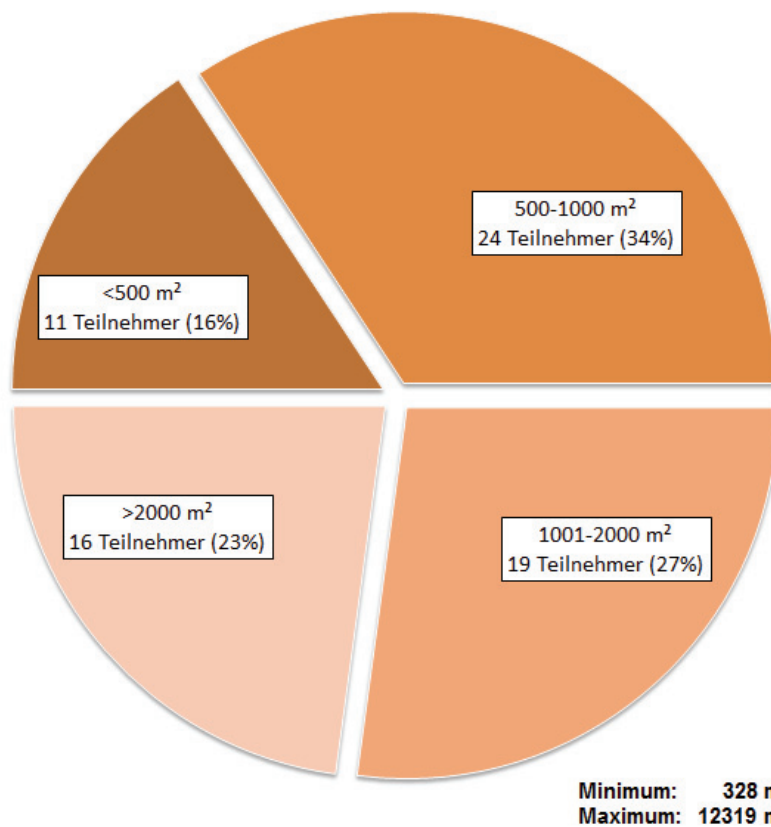


Abbildung 11: Verteilung der Teilnehmer am Modellvorhaben nach Nutzfläche (Bestandsaufnahme, 70 Gebäude)

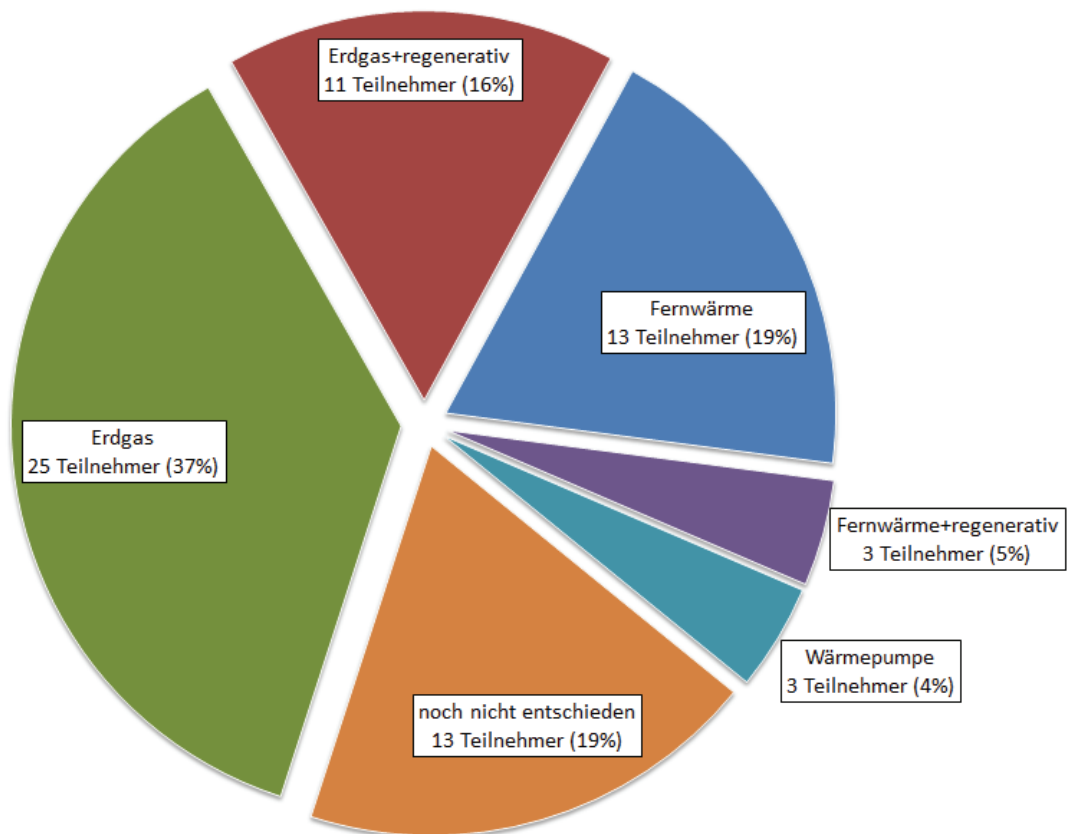


Abbildung 12: Geplante Maßnahmen Heizung (Bestandsaufnahme, 70 Gebäude)

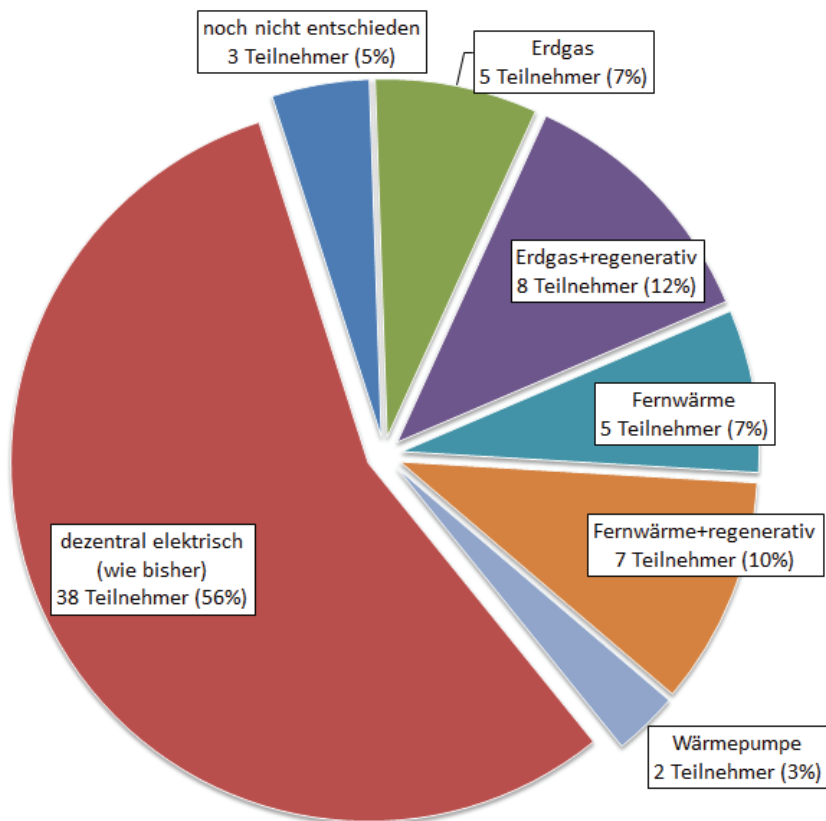


Abbildung 13: Geplante Maßnahmen Warmwasserbereitung (Bestandsaufnahme, 70 Gebäude)

### 5.3 Vorgehensweise Bestandsaufnahme

Die für die Teilnahme ausgewählten Gebäude wurden durch ITG Dresden mit dem Ziel einer energetischen Bestandsaufnahme besichtigt. Im Vorfeld erfolgte eine Abfrage zu bei den Teilnehmern verfügbaren Daten (Grundrisse, Wärmeschutzkennwerte, Dokumentation bereits durchgeführter energetischer Sanierungsmaßnahmen, Verbrauchsdaten, bereits vorhandene Ausweise). Vor Ort erfolgte die Datenaufnahme anhand von standardisierten Formblättern, siehe Abbildung 14) und Fotodokumentation (Beispiele siehe Abbildung 15) mit dem Ziel der Erstellung eines Energiebedarf- und Energieverbrauchsausweises.

Zur Bewertung der Nachtstromspeicherheizung und der elektrischen Warmwasserbereitung werden folgende Aspekte - soweit recherchierbar - berücksichtigt:

- Alter und Art der Speicherheizgeräte,
- Laderegelung,
- Beheizung in Bädern, Küchen, Nebenräumen,
- Art der Warmwasserbereitung (zentral-dezentral, Speicher-Durchlauferhitzer),
- Alter der Geräte zur Warmwasserbereitung.

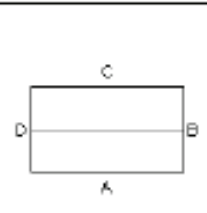
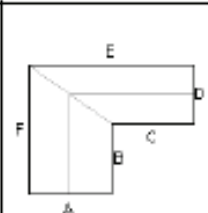
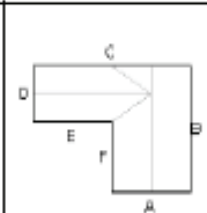
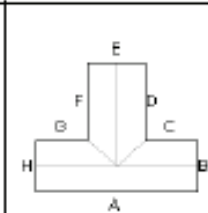
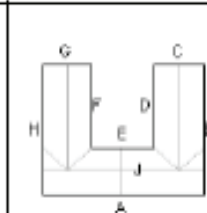
<b>Erfasser</b>		Beraternummer:	
Name, Vorname:		PLZ/Ort:	
Straße/Hausnummer			
<b>Liegenschaft</b>			
Straße/Hausnummer:		PLZ/Ort:	
<b>Eigentümer</b>			
Name, Vorname		Tel:	FAX:
Straße/Hausnummer:		PLZ/Ort:	
<b>Gebäudetyp - Haupthaus</b>			
Einfamilienhaus freistehend	Zweifamilien-Reiheneckhaus	Mehrfamilien-Reihenmittelhaus	
Einfamilien-Reiheneckhaus	Zweifamilien-Reihenmittelhaus	Fachwerkhaus	
Einfamilien-Reihenmittelhaus	Mehrfamilienhaus freistehend	Plattenbau	
Zweifamilienhaus freistehend	Mehrfamilien-Reiheneckhaus		
Baujahr			
<b>Grundriss - Haupthaus</b>			
			
			
<b>Grundriss/Außenwände</b>		Ausrichtung der Gebäudeseite A:	
Seite	LängexHöhe	innen (cm) - Wandaufbau - aussen (cm)	ges. Dicke
A	m		
B	m		

Abbildung 14: Auszug Erfassungsbogen Vor-Ort-Bestandsaufnahme (Quelle: Hottgenroth Software)



Abbildung 15: Beispiele Fotodokumentation Vor-Ort-Bestandsaufnahme

## 5.4 Energiebedarf vor Austausch

Aus den von den Teilnehmern zur Verfügung gestellten und vor Ort eruierten Angaben wird ein Energiebedarfsausweis entsprechend den Regularien der EnEV 2009, u. a. mit dem Primärenergiefaktor für Strom  $f_P = 2,6$  erstellt. Die Ausweise werden in Abhängigkeit von der Datenlage so detailliert wie möglich und sinnvoll erstellt, die Vereinfachungsregeln kommen nur bei Bedarf zur Anwendung. Die Ergebnisse sind in Abbildung 16 und in Tabelle 3 zusammengefasst. Die Kennung markiert dabei die Eigentümereinordnung (P... Privatbesitzer; V... Verwalter; W... Wohnungswirtschaft), NR steht für Nachrücker. Die Referenzobjekte sind mit R gekennzeichnet.

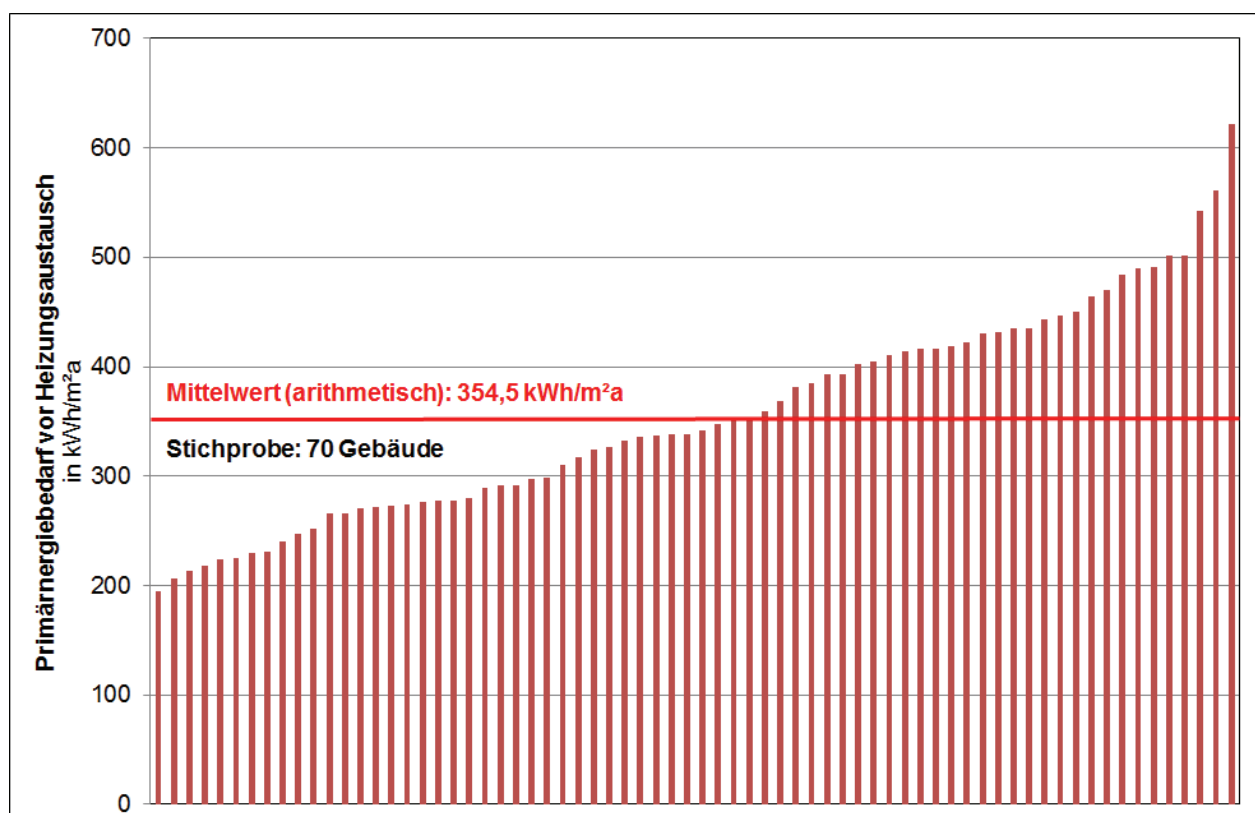


Abbildung 16: Primärenergiebedarf Vor-Sanierung (Bestandsaufnahme Vor-Sanierung, 70 Gebäude)



Kennung	Standort	Gebäude			Anlagentechnik		Bedarf vor Heizungsaustausch			
		Anzahl WE	Nutzfläche	Baujahr	Baujahr	Endenergie	Endenergie	Endenergie	Primärenergie	
		-	m <sup>2</sup>	-	-	Heizung	Warmwasser	Gesamt	Gesamt	
					kWh/m <sup>2</sup> a	kWh/m <sup>2</sup> a	kWh/m <sup>2</sup> a	kWh/m <sup>2</sup> a		
P01	Berlin	25	1490	1959	1985	131,7	23,1	154,8	402,5	
P02	Berlin	29	4346	1910	1982	116,0	14,0	130,0	338,0	
P03	Berlin	14	2000	1890	1995	84,2	32,3	116,5	291,4	
P04	Berlin	9	1435	1910	1990	86,9	19,6	106,5	277,1	
P05	Hamburg	9	1170	1907	1991	119,4	14,0	133,4	347,0	
P06	Hamburg	30	2216	1908	1990	98,1	23,7	121,8	316,8	
P07	Hamburg	11	669	1956	1991	137,1	23,1	160,2	416,5	
P08	Hamburg	8	448	1958	1998	153,4	14,0	167,4	435,3	
P09	Nieheim	11	904	1700	<1995	224,2	15,1	239,3	622,1	
P10	Düsseldorf	7	354	1918/1953	1978	194,6	13,8	208,4	541,8	
P11	Leichlingen	9	897	1967	1983	101,0	13,6	114,6	298,0	
P12	Herne	7	1075	1906	1980	164,8	15,8	180,6	469,7	
P13	Essen	8	664	1955	1990	119,2	23,9	143,1	342,0	
P14	Gelsenkirchen	7	587	1925	1984	173,1	19,7	192,8	501,4	
P15	Gelsenkirchen	9	890	1902	<1995	169,6	23,1	192,7	501,1	
P16	Boitrop	6	596	1972	1983	91,9	14,8	106,7	277,3	
P18	Bornheim	10	969	1971	1971	87,2	15,1	102,3	265,9	
P20	Lüdenscheid	7	411	1920	1985	102,4	23,1	125,5	326,3	
P21	Holzwickede	6	489	1969	1969	142,5	19,8	162,3	421,9	
P22	Schwaikheim	20	1834	1973	1974/1995	77,4	15,1	92,5	240,4	
P23	Lahr	9	887,3	1972	<1995	118,8	23,1	141,9	368,9	
P24	Konstanz	22	1367	1964	1964	142,0	23,8	165,8	431,2	
P25	Ulm	6	457	1987	1987	110,0	20,0	130,0	338,0	
PNR01	Bielefeld	31	1804	1931	1950	146,4	23,1	172,7	410,1	
V01	Berlin	9	730	1880	1968/84/91	113,8	14,0	127,8	332,4	
V02	Berlin	128	12319	1982-1984	1982	62,4	19,6	82,0	213,3	
V03	Berlin	36	3461	1910	unbekannt	157,4	23,1	181,1	297,8	
V04	Berlin	29	2367	1900	1982	161,1	18,7	179,8	274,5	
V05	Berlin	16	3123	1910	<1995	96,4	15,4	112,3	229,8	
V06	Hamburg	10	1132	1907	1994	142,1	13,6	155,7	404,8	
V09	Hamburg	15	1086	1951	1985	115,7	13,6	129,3	336,3	
V13	Solingen	6	428	1984	1984	86,6	19,8	106,4	276,7	
V14	Wermelskirchen	13	972	1963	1991	121,9	23,5	145,4	368,9	
V15	Essen	12	714	1961	1970	169,3	19,7	189,0	491,4	
V16	Essen	8	718	1911	1972	132,8	18,5	151,3	393,3	
V17	Essen	9	727	1956	1990	121,5	13,8	135,3	351,8	
V18	Essen	6	664	1925	1970	147,6	23,1	170,7	443,7	
V19	Dorsten	8	481	1936	1990	196,1	19,8	215,9	561,5	
V21	Duisburg	11	843	1963	1984	147,6	20,3	167,9	381,4	
V22	Münster	8	704	1975	1975/2004	135,8	23,3	159,1	413,8	
V23	Hürth	7	582	1970	<1995	114,5	15,2	129,7	337,3	
W01	Annaburg	18	1121	1965	1996	84,7	23,1	107,8	280,3	
W02	Berlin	72	5019	1966	1966	82,8	19,6	102,4	266,1	
W03	Berlin	24	1922	1970	1970	121,1	14,0	135,1	351,3	
W04	Berlin	58	5283	1962	1962	90,8	14,0	104,8	272,5	
W05	Blankensee	30	1891	1981	1981	115,8	32,2	148,0	384,8	
W06	Parchim	38	1356	1979	1995	99,6	19,6	119,2	309,8	
W07	Hamburg	29	2911	1908	1990	66,4	19,6	86,0	223,4	
W08	Paderborn	54	4817	1973	1990	64,1	19,6	83,7	217,5	
W09	Velbert	42	3317	1973	1994	85,1	19,6	104,7	272,2	
W10	Dortmund	16	1109	1958	<1994	163,1	23,1	186,2	484,1	
W12	Essen	10	729	1950	1990	137,9	23,1	161,0	418,7	
W13	Essen	6	394	1963	<1995	153,3	18,5	171,8	446,8	
W14	Essen	8	814	1927	1975	84,5	19,7	104,2	270,8	
W15	Essen	18	1517	1968	1972	147,6	19,6	167,2	434,6	
W17	Bramsche	5	328	1981	2002	165,4	23,1	188,5	490,2	
W18	Köln	12	733	1969	1969	146,0	19,7	165,7	430,7	
W19	Bad Laasphe	24	1800	1967	1983	155,3	23,1	178,4	463,9	
W20	Halver	8	481	1953	1984	137,0	23,1	160,1	416,3	
W21	Stuttgart	8	551	1959	1985	127,0	24,0	151,0	392,6	
W22	München	47	2699	1939	1975	153,7	19,6	173,3	450,6	
W24	Augsburg	21	2163	1970	1995	105,2	19,6	124,8	324,6	
W25	Neuburg	21	2072	1969	1969	72,0	23,1	95,1	247,1	
W26	Dillingen	28	1978	1971	1995	75,4	13,6	89,0	231,4	
WNR01	Schollene	10	433	1998	1998	80,5	16,3	96,8	251,8	
WNR02	Heiligenstadt	40	2954	1983	1983	55,3	31,3	86,6	225,2	
WNR03	Schwarzheide	40	3143	1978	1993	56,1	23,7	79,8	206,5	
WNR04	Essen	18	1474	1960	1980/1995	88,8	23,1	111,9	291,0	
R01	Fürth	10	849	1985	1985/1995	55,0	19,7	74,7	194,2	
R03	Essen	8	735	1971	2003	96,3	14,8	111,1	288,9	
						Minimum	55,0	13,6	74,7	194,2
						Mittelwert	119,7	19,8	139,6	354,5
						Maximum	224,2	32,3	239,3	622,1

Tabelle 3: Energiebedarfswerte Vor-Sanierung (Bestandsaufnahme Vor-Sanierung, 70 Gebäude)

## 5.5 Energieverbrauch vor Austausch

Die Verbrauchsdaten liegen entweder bei den Teilnehmern vor (meist schon als Verbrauchsausweis) oder werden direkt von den Energieversorgern abgefragt. Vor Ort wird zusätzlich der Leerstand im Erfassungszeitraum der Verbrauchsdaten sowie die Berücksichtigung der Warmwasserbereitung und ggf. von E-Direktheizungen (z. B. Konvektoren im Bad) in den Verbrauchsdaten eruiert. Es wird ein Energieverbrauchsausweis entsprechend den Regularien der EnEV 2009 erstellt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 17 und in Tabelle 4 zusammengefasst.

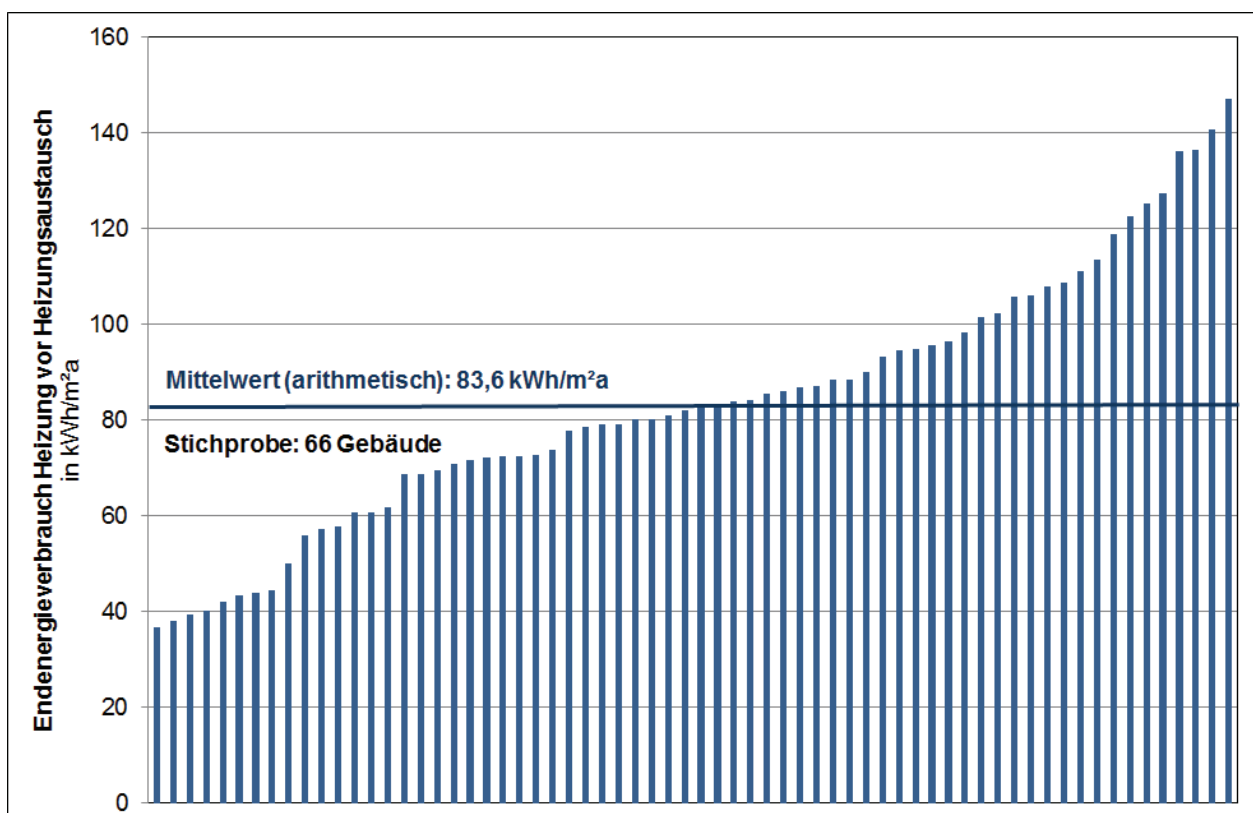


Abbildung 17: Endenergieverbrauch Heizung Vor-Sanierung  
(Bestandsaufnahme Vor-Sanierung, 66 Gebäude)

Kennung	Standort	Gebäude			Anlagentechnik	Energieverbrauch			
		Anzahl WE	Nutzfläche	Baujahr		Baujahr	Warmwasser?	Leerstand	Endenergie Heizung
		-	m <sup>2</sup>	-	-	-	%	kWh/m <sup>2</sup> a	
P01	Berlin	25	1490	1959	1985	nein	0,0	82,8	
P02	Berlin	29	4346	1910	1982	nein	0,0	50,0	
P03	Berlin	14	2000	1890	1995	nein	0,0	40,2	
P04	Berlin	9	1435	1910	1990	nein	0,0	73,8	
P05	Hamburg	9	1170	1907	1991	nein	0,0	88,5	
P06	Hamburg	30	2216	1908	1990	nein	0,0	81,1	
P07	Hamburg	11	669	1956	1991	nein	0,0	95,8	
P08	Hamburg	8	448	1958	1998	nein	0,0	101,6	
P09	Nieheim	11	904	1700	<1995	nein	1,0	-	
P10	Düsseldorf	7	354	1918/1953	1978	nein	0,1	105,8	
P11	Leichlingen	9	897	1967	1983	nein	0,0	94,6	
P12	Herne	7	1075	1906	1980	nein	0,0	43,5	
P13	Essen	8	664	1955	1990	nein	0,0	42,2	
P14	Gelsenkirchen	7	587	1925	1984	nein	0,0	71,7	
P15	Gelsenkirchen	9	890	1902	<1995	nein	0,0	68,8	
P16	Bottrop	6	596	1972	1983	nein	0,0	57,9	
P18	Bornheim	10	969	1971	1971	nein	0,0	72,3	
P20	Lüdenscheid	7	411	1920	1985	nein	0,2	106,0	
P21	Holzwickede	6	489	1969	1969	nein	0,0	93,4	
P22	Schwaikheim	20	1834	1973	1974/1995	nein	0,3	38,1	
P23	Lahr	9	887,3	1972	<1995	nein	0,6	118,9	
P24	Konstanz	22	1367	1964	1964	nein	0,0	79,3	
P25	Ulm	6	457	1987	1987	nein	0,0	147,1	
PNR01	Bielefeld	31	1804	1931	1950	nein	0,0	125,3	
V01	Berlin	9	730	1880	1968/84/91	nein	0,0	78,7	
V02	Berlin	128	12319	1982-1984	1982	nein	0,1	86,0	
V03	Berlin	36	3461	1910	unbekannt	nein	0,0	-	
V04	Berlin	29	2367	1900	1982	nein	0,0	-	
V05	Berlin	16	3123	1910	<1995	nein	0,0	60,8	
V06	Hamburg	10	1132	1907	1994	nein	0,0	102,4	
V09	Hamburg	15	1086	1951	1985	nein	0,0	80,2	
V13	Solingen	6	428	1984	1984	nein	0,0	94,9	
V14	Wermelskirchen	13	972	1963	1991	nein	0,0	60,7	
V15	Essen	12	714	1961	1970	nein	0,1	84,3	
V16	Essen	8	718	1911	1972	nein	0,1	36,7	
V17	Essen	9	727	1956	1990	nein	0,0	77,9	
V18	Essen	6	664	1925	1970	nein	0,0	108,1	
V19	Dorsten	8	481	1936	1990	nein	0,0	98,4	
V21	Duisburg	11	843	1963	1984	nein	0,0	87,0	
V22	Münster	8	704	1975	1975/2004	nein	0,0	111,2	
V23	Hürth	7	582	1970	<1995	nein	-	-	
W01	Annaburg	18	1121	1965	1996	nein	0,2	72,4	
W02	Berlin	72	5019	1966	1966	nein	0,0	82,1	
W03	Berlin	24	1922	1970	1970	nein	0,0	61,9	
W04	Berlin	58	5283	1962	1962	nein	0,0	79,3	
W05	Blankensee	30	1891	1981	1981	nein	0,0	136,2	
W06	Parchim	38	1356	1979	1995	nein	0,0	83,1	
W07	Hamburg	29	2911	1908	1990	nein	0,0	55,9	
W08	Paderborn	54	4817	1973	1990	nein	0,0	57,2	
W09	Velbert	42	3317	1973	1994	nein	0,0	90,0	
W10	Dortmund	16	1109	1958	<1994	nein	0,0	127,5	
W12	Essen	10	729	1950	1990	nein	0,1	84,0	
W13	Essen	6	394	1963	<1995	nein	0,0	122,7	
W14	Essen	8	814	1927	1975	nein	0,0	80,3	
W15	Essen	18	1517	1968	1972	nein	0,0	87,2	
W17	Bramsche	5	328	1981	2002	nein	0,0	88,5	
W18	Köln	12	733	1969	1969	nein	0,0	113,7	
W19	Bad Laasphe	24	1800	1967	1983	nein	0,0	85,7	
W20	Halver	8	481	1953	1984	nein	0,0	108,7	
W21	Stuttgart	8	551	1959	1985	nein	0,0	140,9	
W22	München	47	2699	1939	1975	nein	0,0	96,6	
W24	Augsburg	21	2163	1970	1995	nein	0,0	44,1	
W25	Neuburg	21	2072	1969	1969	ja	0,0	68,8	
W26	Dillingen	28	1978	1971	1995	nein	0,0	72,4	
WNR01	Schollene	10	433	1998	1998	ja	0,0	136,6	
WNR02	Heiligenstadt	40	2954	1983	1983	nein	0,8	44,4	
WNR03	Schwarzheide	40	3143	1978	1993	nein	0,2	71,0	
WNR04	Essen	18	1474	1960	1980/1995	nein	0,0	72,8	
R01	Fürth	10	849	1985	1985/1995	nein	0,0	39,4	
R03	Essen	8	735	1971	2003	nein	0,0	69,5	
								Minimum	36,7
								Mittelwert	83,6
								Maximum	147,1

Tabelle 4: Energieverbrauchswerte Vor-Sanierung (Bestandsaufnahme Vor-Sanierung, 66 Gebäude)

## 5.6 Bedarf-/Verbrauchsabgleich vor Austausch

Ein Vergleich von Energiebedarf und Energieverbrauch nach EnEV führt auf den ersten Blick zu dem Eindruck, dass der rechnerische Energiebedarf (z. B. Primärenergiebedarf nach Abbildung 18: 347,0 kWh/m<sup>2</sup>a) ein Mehrfaches des tatsächlich gemessenen Verbrauchs (z. B. Endenergieverbrauch Heizung nach Abbildung 19: 86,1 kWh/m<sup>2</sup>a) beträgt (kompletter Energieausweis zum Fallbeispiel siehe Anhang A).

Tabelle 5 und die folgende Zusammenstellung zeigen auf, welche Korrekturschritte im Regelfall erforderlich sind, um einen realistischen Bedarfs-/Verbrauchsabgleich bei Nachtstromspeicherheizungen anzustellen:

1. Basis Endenergie (da Primärenergie bei Strom gegenüber Endenergie um den Faktor 2,6 höher bewertet)
2. Vergleich Heizungsanteil Endenergie (da Warmwasserbereitung im Regelfall beim Verbrauch nicht erfasst)
3. Korrektur Endenergieverbrauch (im Regelfall Bad mit E-Direktheizung über Haushaltstrom)

Die auch nach der Korrektur auftretende Abweichung zwischen Verbrauch und Bedarf (im Fallbeispiel nach Tabelle 5: Verbrauch-Bedarf-Verhältnis = 89%) lässt sich auf Nutzergewohnheiten (niedrigere Raumtemperaturen, weniger Fensterlüftung, räumliche und zeitliche Teilbeheizung) zurückführen, die bei Nachtstromspeicherheizungen von den für die Bedarfsberechnung angesetzten Randbedingungen abweichen.

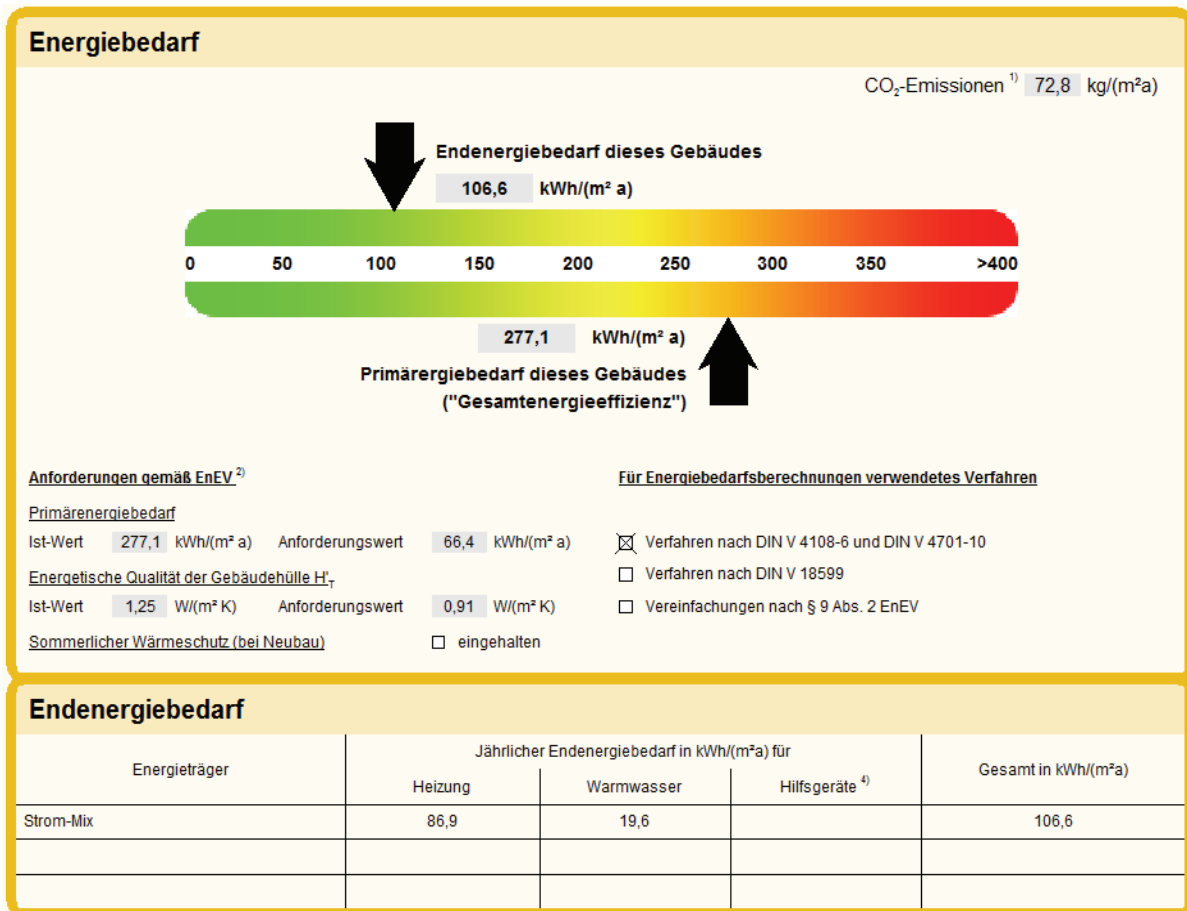


Abbildung 18: Energiebedarfsausweis (Beispiel P04 - MFH Berlin)

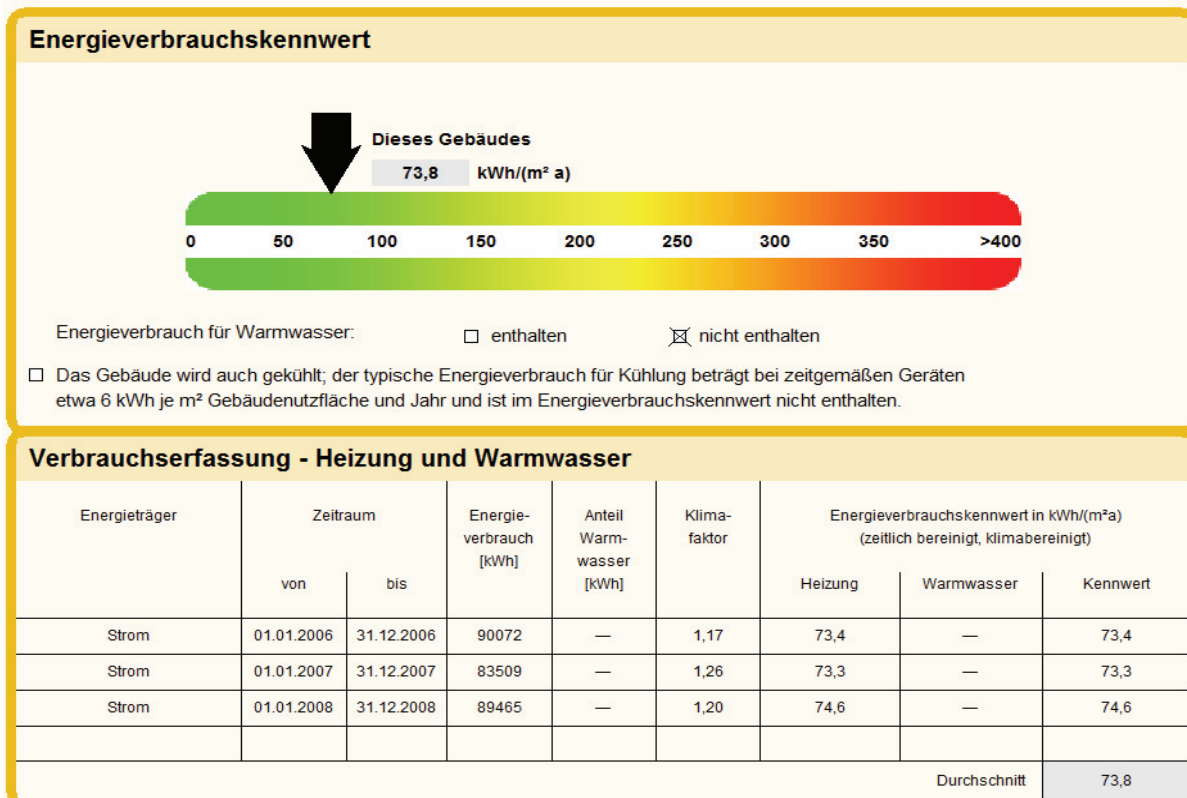


Abbildung 19: Energieverbrauchsausweis (Beispiel P04 - MFH Berlin)

	Energiebedarf in kWh/m <sup>2</sup> a	Energieverbrauch in kWh/m <sup>2</sup> a
0. Schritt	<b>277,1</b> (100%) Primärenergie	<b>73,8</b> (27%) Endenergie Heizung
1. Schritt: Bedarfwert Endenergie	106,6 Endenergie	73,8 Endenergie Heizung
2. Schritt: Trennung HZG und WWB	86,9 + 19,6 Endenergie HZG + WWB	73,8 Endenergie Heizung
3. Schritt: nicht berücksichtigter Verbrauch	86,9 + 19,6 Endenergie HZG + WWB	77,5 Endenergie Heizung korrigiert <sup>1)</sup>
4. Schritt: Vergleich	<b>86,9</b> (100%) Endenergie HZG	<b>77,5</b> (89%) Endenergie HZG korr.
1)...Abschätzung für Verbrauchskorrektur von nicht erfassten Direktstromanteilen als Flächenanteil direkt beheizter Räume bezogen auf Nutzfläche, hier 5%		

Tabelle 5: Vergleich von errechnetem Energiebedarf und gemessenem Energieverbrauch am Beispiel eines MFH in Berlin (P04)

Für alle im Modellvorhaben bei der Bestandsaufnahme komplett erfassten 66 Gebäude erfolgt der Bedarfs-/Verbrauchsabgleich in Tabelle 6 und in Abbildung 20. In den meisten Fällen liegt das korrigierte Verbrauch-Bedarf-Verhältnis im Bereich zwischen 60 und 100% (für 38 von 66 Gebäuden, davon 22 Gebäude zwischen 70 und 90%). Abweichungen nach unten (16 Gebäude < 60%, Minimum: 28%) und nach oben (12 Gebäude > 100%; Maximum: 149%) belegen den großen Nutzereinfluss unter lokalen Randbedingungen, punktuell können aber auch Schwierigkeiten bei der Datenerhebung bzw. bei der Erstellung der Energieausweise ursächlich sein.

Kennung	Standort	Gebäude		Vergleich Bedarf - Verbrauch vor Heizungs Austausch					Verhältnis %
		Anzahl WE	Nutzfläche m <sup>2</sup>	Energiebedarf		Energieverbrauch		Verhältnis %	
				Primärenergie kWh/m <sup>2</sup> a	Endenergie HZG kWh/m <sup>2</sup> a	abgerechnet kWh/m <sup>2</sup> a	Korrektur DirektHzg		
P01	Berlin	25	1490	402,5	131,7	82,8	0,0%	82,8	63%
P02	Berlin	29	4346	338,0	116,0	50,0	0,0%	50,0	43%
P03	Berlin	14	2000	291,4	84,2	40,2	7,6%	43,3	51%
P04	Berlin	9	1435	277,1	86,9	73,8	5,0%	77,5	89%
P05	Hamburg	9	1170	347,0	119,4	88,5	0,0%	88,5	74%
P06	Hamburg	30	2216	316,8	98,1	81,1	3,0%	83,5	85%
P07	Hamburg	11	669	416,5	137,1	95,8	3,0%	98,7	72%
P08	Hamburg	8	448	435,3	153,4	101,6	0,0%	101,6	66%
P09	Nieheim	11	904	622,1	224,2	-	-	-	-
P10	Düsseldorf	7	354	541,8	194,6	105,8	6,4%	112,6	58%
P11	Leichlingen	9	897	298,0	101,0	94,6	0,0%	94,6	94%
P12	Herne	7	1075	469,7	164,8	43,5	7,5%	46,8	28%
P13	Essen	8	664	342,0	119,2	42,2	0,0%	42,2	35%
P14	Gelsenkirchen	7	587	501,4	173,1	71,7	0,0%	71,7	41%
P15	Gelsenkirchen	9	890	501,1	169,6	68,8	0,0%	68,8	41%
P16	Boitrop	6	596	277,3	91,9	57,9	6,0%	61,4	67%
P18	Bornheim	10	969	265,9	87,2	72,3	6,8%	77,2	89%
P20	Lüdenscheid	7	411	326,3	102,4	106,0	8,0%	114,5	112%
P21	Holzwickede	6	489	421,9	142,5	93,4	8,9%	101,7	71%
P22	Schwaikheim	20	1834	240,4	77,4	38,1	12,3%	42,8	55%
P23	Lahr	9	887,3	368,9	118,8	118,9	4,7%	124,5	105%
P24	Konstanz	22	1367	431,2	142,0	79,3	8,0%	85,6	60%
P25	Ulm	6	457	338,0	110,0	147,1	10,0%	161,8	147%
PNR01	Bielefeld	31	1804	410,1	146,4	125,3	5,5%	132,2	90%
V01	Berlin	9	730	332,4	113,8	78,7	0,0%	78,7	69%
V02	Berlin	128	12319	213,3	62,4	86,0	4,7%	90,0	144%
V03	Berlin	36	3461	297,8	157,4	-	-	-	-
V04	Berlin	29	2367	274,5	161,1	-	-	-	-
V05	Berlin	16	3123	229,8	96,4	60,8	3,0%	62,6	65%
V06	Hamburg	10	1132	404,8	142,1	102,4	5,0%	107,5	76%
V09	Hamburg	15	1086	336,3	115,7	80,2	17,0%	93,8	81%
V13	Solingen	6	428	276,7	86,6	94,9	10,0%	104,4	121%
V14	Wermelskirchen	13	972	358,9	121,9	60,7	5,0%	63,7	52%
V15	Essen	12	714	491,4	169,3	84,3	4,0%	87,7	52%
V16	Essen	8	718	393,3	132,8	36,7	5,3%	38,6	29%
V17	Essen	9	727	351,8	121,5	77,9	6,0%	82,6	68%
V18	Essen	6	664	443,7	147,6	108,1	4,2%	112,6	76%
V19	Dorsten	8	481	561,5	196,1	98,4	5,0%	103,3	53%
V21	Duisburg	11	843	381,4	147,6	87,0	4,0%	90,5	61%
V22	Münster	8	704	413,8	135,8	111,2	4,5%	116,2	86%
V23	Hürth	7	582	337,3	114,5	-	-	-	-
W01	Annaburg	18	1121	280,3	84,7	72,4	7,0%	77,5	91%
W02	Berlin	72	5019	266,1	82,8	82,1	20,0%	98,5	119%
W03	Berlin	24	1922	351,3	121,1	61,9	0,0%	61,9	51%
W04	Berlin	58	5283	272,5	90,8	79,3	0,0%	79,3	87%
W05	Blankensee	30	1891	384,8	115,8	136,2	8,0%	147,1	127%
W06	Parchim	38	1356	309,8	99,6	83,1	7,6%	89,4	90%
W07	Hamburg	29	2911	223,4	66,4	55,9	5,0%	58,7	88%
W08	Paderborn	54	4817	217,5	64,1	57,2	6,6%	61,0	95%
W09	Velbert	42	3317	272,2	85,1	90,0	7,7%	96,9	114%
W10	Dortmund	16	1109	484,1	163,1	127,5	8,6%	138,4	85%
W12	Essen	10	729	418,7	137,9	84,0	18,0%	99,1	72%
W13	Essen	6	394	446,8	153,3	122,7	9,2%	134,0	87%
W14	Essen	8	814	270,8	84,5	80,3	10,0%	88,3	105%
W15	Essen	18	1517	434,6	147,6	87,2	4,7%	91,3	62%
W17	Bramsche	5	328	490,2	165,4	88,5	0,0%	88,5	54%
W18	Köln	12	733	430,7	146,0	113,7	11,0%	126,2	86%
W19	Bad Laasphe	24	1800	463,9	155,3	85,7	1,9%	87,3	56%
W20	Halver	8	481	416,3	137,0	108,7	8,5%	117,9	86%
W21	Stuttgart	8	551	392,6	127,0	140,9	5,0%	147,9	116%
W22	München	47	2699	450,6	153,7	96,6	0,0%	96,6	63%
W24	Augsburg	21	2163	324,6	105,2	44,1	4,1%	45,9	44%
W25	Neuburg	21	2072	247,1	72,0	68,8	10,0%	50,3	70%
W26	Dillingen	28	1978	231,4	75,4	72,4	0,0%	72,4	96%
WNR01	Schollene	10	433	251,8	80,5	136,6	0,0%	120,3	149%
WNR02	Heiligenstadt	40	2954	225,2	55,3	44,4	4,0%	46,2	84%
WNR03	Schwarzheide	40	3143	207,5	56,1	71,0	5,0%	74,6	133%
WNR04	Essen	18	1474	291,0	88,8	72,8	8,2%	78,8	89%
R01	Fürth	10	849	194,2	55,0	39,4	5,2%	41,4	75%
R03	Essen	8	735	288,9	96,3	69,5	8,1%	75,1	78%
				Minimum	55,0	-	-	38,6	28%
				Mittelwert	119,7	-	5,5%	87,7	79%
				Maximum	224,2	-	-	161,8	149%

Tabelle 6: Vergleich von errechnetem Energiebedarf und gemessenem Energieverbrauch (Bestandsaufnahme Vor-Sanierung, 66 Gebäude)

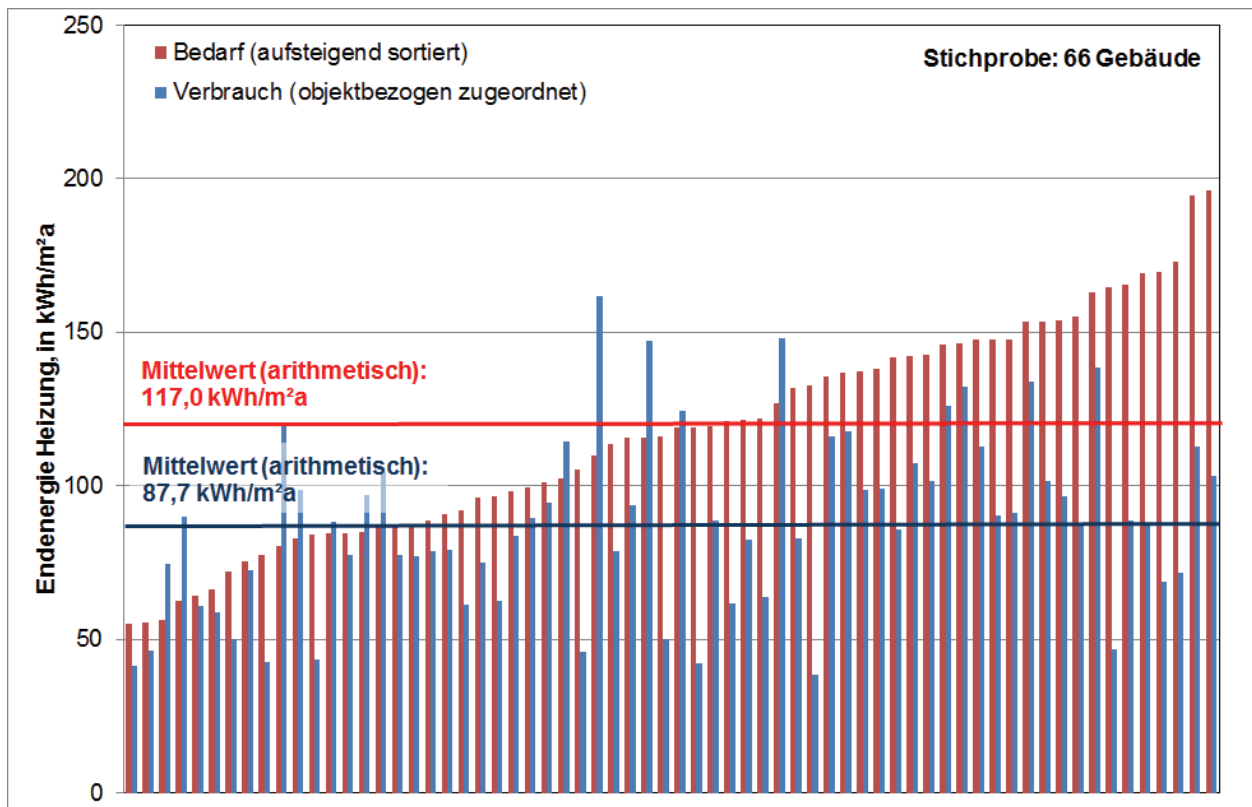


Abbildung 20: Endenergiebedarf und -verbrauch Heizung Vor-Sanierung (Bestandsaufnahme Vor-Sanierung, 66 Gebäude)

Üblich ist auch eine Klassierung von Energiekennwerten. Eine Drittelung der Stichprobe nach dem Energieverbrauch in „Wenig“- „Normal“- und „Viel“-Verbraucher führt zu der in Tabelle 7 dargestellten statistischen Bewertung. Es zeigt sich, dass die mittleren Klassenwerte von Verbrauch und Bedarf durchaus korrelieren. Inwieweit der Wärmeschutz der Gebäude auch den Energieverbrauch beeinflusst, lässt sich allerdings aus dieser Darstellung nur bedingt ableiten.

Klasse Verbrauch	Energieverbrauch Heizung korrigiert in kWh/m²a				Endenergiebedarf Heizung in kWh/m²a			
	Min	Mittel	StAbw	Max	Min	Mittel	StAbw	Max
„wenig“	38,6	57,1	12,7	77,2	55,0	100,1	36,4	173,1
„normal“	77,5	86,8	6,1	96,9	62,4	116,6	30,9	169,3
„viel“	98,5	119,1	18,1	161,8	80,5	134,4	30,6	196,1

Tabelle 7: Statistische Bewertung von klassierten Endenergieverbräuchen für die Gebäude im Modellvorhaben (Bestandsaufnahme Vor-Sanierung, 66 Gebäude)



Folgerichtig scheint auch eine Klassierung nach dem Gebäudewärmeschutz anhand des spezifischen Transmissionswärmeverlustes  $H_T'$  sinnvoll (Tabelle 8). Trotz der großen Unterschiede hinsichtlich des Gebäudewärmeschutzes - Mittelwerte der 3 Klassen  $H_T' = 0,78 / 1,17 / 1,54 \text{ W/m}^2\text{K}$  - ergibt sich in den untersuchten 66 Gebäuden nicht der erwartete Trend, dass mit verbessertem Wärmeschutz auch der Energieverbrauch deutlich sinkt. Der Verbrauchsmittelwert der Klasse Wärmeschutz „hoch“ mit  $H_T' = 0,78 \text{ W/m}^2\text{K}$  liegt nur wenig unter dem Mittelwert der Klasse Wärmeschutz „niedrig“ mit  $H_T' = 1,54 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  - 82,9 vs. 88,1 kWh/m<sup>2</sup>a.

Neben möglichen physikalischen Ursachen (verbesserter Wärmeschutz mit sinkenden Transmissionswärmeverlusten und reduzierten solaren Gewinnen) ist zu vermuten, dass viele Nutzer ihr Verhalten an den baulichen Wärmeschutz bzw. an die Heizkosten anpassen und bei schlechtem Wärmeschutz deutlich weniger Heizen. Damit ist selbstverständlich auch eine Komforteinbuße aufgrund geringerer Raumtemperaturen bzw. schlechterer Luftqualität verbunden, die aber offensichtlich oft in Kauf genommen wird.

Klasse Wärmeschutz	Spez. Transmissionswärmeverlust $H_T'$ in $\text{W/(m}^2\text{K)}$				Energieverbrauch Heizung korrigiert in $\text{kWh/m}^2\text{a}$			
	Min	Mittel	StAbw	Max	Min	Mittel	StAbw	Max
„hoch“	0,33	0,78	0,15	0,98	41,4	82,9	32,1	161,8
„mittel“	0,99	1,17	0,13	1,33	42,2	92,3	25,0	147,1
„niedrig“	1,36	1,54	0,17	2,04	38,6	88,1	28,8	138,4

Tabelle 8: Statistische Bewertung des klassierten Gebäudewärmeschutzes für die Gebäude im Modellvorhaben (Bestandsaufnahme Vor-Sanierung, 66 Gebäude)

### **Fazit Bestandsaufnahme Vor-Sanierung**

Aus den ca. 300 Antragstellern mit ungefähr 470 beantragten Gebäuden wurden unter Festlegung von Auswahlkriterien (u. a. Gebäudegröße, Eigentumsverhältnisse, geplante Maßnahmen, Austauschzeitpunkt) 70 Teilnehmer mit je einem Gebäude für die Teilnahme am Modellvorhaben ausgewählt. Alle Teilnehmer und Nichtteilnehmer wurden per Anschreiben informiert.

Die Verteilung der ausgewählten Gebäude wird hinsichtlich der regionalen Zuordnung, der Eigentumsverhältnisse, der Gebäudegröße (Wohnungsanzahl und Wohnfläche) sowie der geplanten Austauschmaßnahmen (Heizung, Warmwasserbereitung und Wärmeschutz) graphisch aufbereitet.

Alle für die Teilnahme ausgewählten Gebäude wurden durch ITG Dresden mit dem Ziel einer energetischen Bestandsaufnahme besichtigt. Im Vorfeld erfolgte eine Abfrage zu bei den Teilnehmern verfügbaren Daten. Vor Ort erfolgte die Datenaufnahme anhand von standardisierten Formblättern und eine Fotodokumentation.

Für die Gebäude werden im Rahmen der Bestandsaufnahme Energiebedarf- und Energieverbrauchsausweise vor dem Heizungsaustausch jeweils nach den Regularien der EnEV 2009 erstellt und statistisch aufbereitet. Ein Vergleich von Energiebedarf und Energieverbrauch könnte auf den ersten Blick zu dem Eindruck führen, dass der rechnerische Energiebedarf ein Mehrfaches des tatsächlich gemessenen Verbrauchs beträgt. Für einen realistischen Bedarfs-/Verbrauchsabgleich sind allerdings einige Regeln zu beachten:

1. Basis Endenergie (da Primärenergie bei Strom gegenüber Endenergie um den Faktor 2,6 höher bewertet)
2. Vergleich Heizungsanteil Endenergie (da Warmwasserbereitung im Regelfall beim Verbrauch nicht erfasst)
3. Korrektur Endenergieverbrauch (im Regelfall Bad mit E-Direktheizung über Haushaltstrom)

Das so korrigierte Verbrauch-Bedarf-Verhältnis liegt in der Stichprobe oft im Bereich zwischen 60 und 100% (38 von 66 Gebäuden), das Minimum mit 28% und das Maximum mit 149% weichen weit davon ab. Zwei typische Beispiele (W13, 6FH und W15, 18FH, beide in Essen) aus der Wohnungswirtschaft liefern folgende konkrete Werte für die Heizenergie:

- 6FH: korrigierter Verbrauch: 134,0 kWh/m<sup>2</sup>a / Energiebedarf: 153,3 kWh/m<sup>2</sup>a → 87%

- 18FH: korrigierter Verbrauch: 91,3 kWh/m<sup>2</sup>a / Energiebedarf: 147,6 kWh/m<sup>2</sup>a → 62%

Trotz der großen Unterschiede hinsichtlich des Gebäudewärmeschutzes ergibt sich nicht der erwartete Trend, dass mit verbessertem Wärmeschutz auch der Energieverbrauch deutlich sinkt.

Neben möglichen physikalischen Ursachen ist zu vermuten, dass viele Nutzer ihr Verhalten an den baulichen Wärmeschutz bzw. an die Heizkosten anpassen und bei schlechtem Wärmeschutz deutlich weniger heizen. Damit ist selbstverständlich auch eine Komforteinbuße aufgrund geringerer Raumtemperaturen bzw. schlechterer Luftqualität verbunden, die aber offensichtlich oft in Kauf genommen wird.

## 6 Durchführung des Heizungsaustausches

### 6.1 Zeitpunkt der Durchführung

Um den Stand des Heizungsaustausches bzw. der Modernisierung in Erfahrung zu bringen, wurden die Teilnehmer mit Anschreiben vom 30.10.2009 (Abbildung 21) um diesbezügliche Informationen bis zum 15. November 2009 gebeten. Um den unterschiedlichen Stand des Heizungsaustauschs erfassen zu können, wurden 2 Formblätter „vor dem Austausch“ (Abbildung 22) und „nach dem Austausch“ (Abbildung 23) verwendet. Aus den Antworten ergab sich zum Stand November 2009 folgendes Bild des Projektstandes (Tabelle 9). Offensichtlich konnten viele Teilnehmer ihre ursprünglichen Zeitpläne nicht realisieren, da der geplante Heizungsaustausch im Jahr 2009 eines der ursprünglichen Auswahlkriterien der Teilnehmer war.

Antworten auf Anschreiben vom 30.10.2009: 59 (11 fehlende Antworten)				
vor Heizungsaustausch: 32			nach Heizungsaustausch: 27	
Fertigstellung noch 2009:	Fertigstellung erst 2010:	Fertigstellung unbekannt:	Arbeiten fertig, Rechnungen fehlen:	Arbeiten fertig, Rechnungen vorgelegt:
7	22	3	11	16

Tabelle 9: Projektstand im Modellvorhaben zum Austausch von Nachtstromspeicherheizungen nach Teilnehmerumfrage vom 30.10.2009 (22.11.2009, 70 Gebäude)

Um eine möglichst große Stichprobe zur Auswertung des Vergleichs Vor- und Nach-Sanierung zu erhalten, wurden alle Teilnehmer berücksichtigt, die den Heizungsaustausch vor der Heizperiode 2010/11 durchführten. Die im Modellvorhaben letztendlich verwendbaren Gebäudedaten Nach-Sanierung zeigt Tabelle 10.

Heizungsaustausch		Daten Nach-Sanierung		
2009:	2010:	Energiebedarf:	Energieverbrauch:	Investitionskosten:
39	19	55	44	57
gesamt:		Komplett Datensätze:		
58		42		

Tabelle 10: Gebäudedaten Nach-Sanierung im Modellvorhaben zum Austausch von Nachtstromspeicherheizungen (70 Gebäude)


		<b>Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden</b> Forschung und Anwendung GmbH Prof. Felsmann - Dr. Hartmann - Prof. Oschatz - Dr. Werdin	
ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden Forschung und Anwendung GmbH Bayreuther Str. 29, 01187 DRESDEN		<b>Post:</b> ITG Dresden Bayreuther Str. 29 01187 Dresden	
«Firma» «Anrede» «Vorname» «Nachname» «Adresszeile_1»		<b>Tel.:</b> (+49) - (0)351 – 417 56 93 <b>Fax:</b> (+49) - (0)351 – 417 56 99 <b>e-mail:</b> hartmann@itg-dresden.de	
«Postleitzahl» «Ort»			
Ihr Zeichen	Ihr Datum	Unser Zeichen Ha	Datum 30.10.2009
Modellvorhaben zum Austausch von Nachtstromspeicherheizungen des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung sowie des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung <b>Objekt: «ObjektAdresse» in «ObjektPLZ» «ObjektOrt»</b>			
Sehr geehrte Damen und Herren, Sie sind mit o. g. Objekt am Modellvorhaben beteiligt. Mit diesem Schreiben möchten wir Sie um Auskunft zum Fortschritt bei der Modernisierung bzw. beim Heizungsaustausch bitten. Dazu finden Sie in der Anlage zwei Formblätter. <u>Formblatt zum Projektstand vor Abschluss</u> der Modernisierung bzw. des Heizungsaustauschs Dieses Formblatt bitte an ITG Dresden schicken, wenn die Modernisierung bzw. der Heizungsaustausch zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht abgeschlossen ist. <u>Formblatt zum Projektstand nach Abschluss</u> der Modernisierung bzw. des Heizungsaustauschs Dieses Formblatt und die Kopien der Abrechnungen bitte an ITG Dresden schicken, wenn die Modernisierung bzw. der Heizungsaustausch bereits erfolgt ist. Bitte schicken Sie das für das o. g. Objekt zum jetzigen Zeitpunkt zutreffende Formblatt <b>bis zum 15.11.2009 (Poststempel!)</b> <b>an ITG Dresden, Bayreuther Str. 29, 01187 Dresden</b>			
Informationen zum Stand des Modellvorhabens und voraussichtlich zum Jahresende erste Ergebnisse finden Sie unter: <a href="http://www.austausch-nachtstromspeicherheizungen.de">www.austausch-nachtstromspeicherheizungen.de</a>			
Mit freundlichen Grüßen			
Dr.-Ing. Thomas Hartmann Anlagen: 2 Fragebögen Teilnehmer			

Abbildung 21: Anschreiben Teilnehmer zum Stand des Heizungsaustauschs (30.10.2009)

Modellvorhaben zum Austausch von Nachstromspeicherheizungen  
des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung sowie  
des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung

**Formblatt zum Projektstand vor Abschluss  
der Modernisierung bzw. des Heizungsaustauschs**

(Dieses Formblatt bitte nur an ITG Dresden zurückschicken, wenn die Modernisierung  
bzw. der Heizungsaustausch nicht bis zum 15.11.2009 abgeschlossen wird)

Firma: .....

Name, Vorname: .....

Anschrift Objekt: .....

---

Die Modernisierung bzw. der Heizungsaustausch in o. g. Objekt  
wurde bereits begonnen  ja  nein

wird voraussichtlich abgeschlossen bis Monat  Jahr

wird nicht im Rahmen der Förderbedingungen der KfW-Bank durchgeführt.

*(Zur Information: Die weitere Teilnahme am Modellvorhaben einschließlich der KfW-Förderung setzt den Abschluss der Modernisierung bzw. des Heizungsaustauschs und die Einreichung des Verwendungsnachweises bei der KfW-Bank spätestens 18 Monate nach Erstellung der Zuschusszusage voraus.)*

---

Im Rahmen der Modernisierung bzw. des Heizungsaustauschs in o. g. Objekt sind folgende Maßnahmen geplant

Anordnung des Heizkessels / Wärmeerzeugers  zentral (Gebäude)  
 dezentral (Wohnung, Raum)

Energieträger  Erdgas  Fernwärme  Heizöl  
 regenerativ  Strom (Wärmepumpe)  
 Sonstiges Heizsystem:

Warmwasserbereitung  neu mit dem neuen Heizungssystem  
 wie bisher dezentral elektrisch (z. B. Durchlauferhitzer)

Wärmedämmung  Außenwand  Dach / oberste Geschossdecke  
 Kellerdecke  Fensteraustausch

Lüftung  ventilatorgestützte Lüftung  mit Wärmerückgewinnung

---

.....  
Ort, Datum .....  
Unterschrift / Stempel

**Bitte bis zum 15.11.2009 an ITG Dresden zurück, wenn die Modernisierung  
bzw. der Heizungsaustausch noch nicht abgeschlossen ist!**

Post: ITG Dresden, Bayreuther Str. 29, 01187 Dresden oder Fax: 0351- 417 56 99

Abbildung 22: Formblatt zum Projektstand vor Abschluss des Heizungsaustauschs (30.10.2009)

Modellvorhaben zum Austausch von Nachtstromspeicherheizungen  
des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung sowie  
des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung

**Formblatt zum Projektstand nach Abschluss  
der Modernisierung bzw. des Heizungs-austauschs**  
(Dieses Formblatt bitte an ITG Dresden nach erfolgter Modernisierung bzw. nach  
erfolgtem Heizungs-austausch zurückschicken)

Firma: .....

Name, Vorname: .....

Anschrift Objekt: .....

---

die Modernisierung bzw. der Heizungs-austausch in o. g. Objekt  
wurde abgeschlossen zum                    Monat  Jahr

Die vollständigen Abrechnungen zur Modernisierung bzw. zum Heizungs-austausch  
(Ausbau und Entsorgung der Nachtstromspeicherheizung, Heizungseinbau einschließlich  
Hausanschluss, Abgasführung, Elektroinstallation, Baunebenleistungen, Schornsteinfeger,  
ggf. Installation Warmwasserbereitung, Wärmedämmmaßnahmen, Fensteraustausch,  
Einbau Lüftungsanlagen usw.)

liegen diesem Schreiben in Kopie bei.

werden bis zum  nachgereicht.

---

Im Rahmen des Modellvorhabens werden durch ITG Dresden für alle Objekte  
Energieausweise nach Energieeinsparverordnung (EnEV 2009) erstellt. Der  
Energiebedarfsausweis nach der Modernisierung bzw. nach dem Heizungs-austausch kann  
den Teilnehmern – falls gewünscht und nach Vorlage aller Rechnungen siehe oben –  
kostenlos zur Verfügung gestellt werden.

Ja, wir sind am Energiebedarfsausweis nach der Modernisierung bzw. nach dem  
Heizungs-austausch interessiert, reichen alle erforderlichen Abrechnungen zur  
Modernisierung bzw. zum Heizungs-austausch ein und stimmen der anonymisierten  
Verwendung und ggf. Veröffentlichung im Rahmen des Modellvorhabens zu.

Nein, den Energiebedarfsausweis benötigen wir nicht.

---

.....

Ort, Datum

.....

Unterschrift / Stempel

**Bitte bis zum 15.11.2009 oder bei späterem Abschluss zeitnah nach der  
Modernisierung bzw. nach dem Heizungs-austausch an ITG Dresden zurück.**  
Post: ITG Dresden, Bayreuther Str. 29, 01187 Dresden oder Fax: 0351- 417 56 99

Abbildung 23: Formblatt zum Projektstand nach Abschluss des Heizungs-austauschs (30.10.2009)

## 6.2 Durchgeführte Maßnahmen

Für die hinsichtlich der durchgeführten Modernisierungsmaßnahmen bewertbaren 53 Gebäude (ohne Referenzgebäude) sind die Ergebnisse in Tabelle 11 sowie in Abbildung 24 und Abbildung 25 dargestellt.

Danach dominiert der Ersatz der Nachtstromspeicherheizungen durch Gas-Brennwertheizungen (37 von 53, davon einmal in Kombination mit Nutzung regenerativer Energie), in 11 Objekten kommt Fernwärme zum Einsatz (einmal in Kombination mit Nutzung regenerativer Energie). Eingesetzt werden weiterhin vier Wärmepumpen (2x Sole-Wasser, 1x Grundwasser-Wasser, 1x Luft-Wasser). Einmal wird ein VRF-Klimagerät<sup>1</sup> zum Heizen / Kühlen eingesetzt.

In nur 12 Objekten wird Warmwasserbereitung in die Modernisierung einbezogen und nicht weiterhin dezentral elektrisch betrieben – demzufolge bleibt in ca. 3 Viertel der Objekte (41 von 53) die vorhandene dezentrale elektrische Warmwasserbereitung unverändert. Folgende Gründe für die Beibehaltung der dezentralen elektrischen Warmwasserbereitung werden von den Teilnehmern häufig aufgeführt:

- hohe Akzeptanz der dezentralen Warmwasserbereitung durch die Mieter,
- baupraktisch schwierige Realisierung des Systemwechsels (zusätzliches Warmwassernetz inkl. Zirkulation, teilweiser Austausch der Armaturen, Fliesen- und Malerarbeiten in Bad und Küche),
- erhöhter Aufwand bei Heizkostenabrechnung,
- keine oder nur geringe energetische Vorteile der zentralen Lösungen durch Verteil-, Zirkulations- und Speicherverluste.

In 21 Objekten (ohne Referenzgebäude) haben parallel zum Heizungsaustausch Maßnahmen zur Verbesserung der Wärmedämmung stattgefunden. Bei 13 dieser 21 Objekte wurde eine umfassende Wärmedämmung vorgenommen. Bei den restlichen 8 Objekten erfolgten die Maßnahmen nur punktuell (z. B. Wärmedämmung Dach oder oberste Geschossdecke).

Tabelle 12 zeigt die Ergebnisse für die energetisch komplett auswertbaren 40 Gebäude.

---

<sup>1</sup> VRF-Klimagerät: VRF steht für Variable Refrigerant Flow. Dabei handelt es sich um Multisplit-Klimageräte, die - basierend auf einer speziellen hydraulischen Schaltung - gleichzeitig Heizen und Kühlen können.

Kennung	Standort	Anlagentechnik neu		Gebäude neu
		Heizung	Warmwasser	
		-	-	
P01	Berlin	Fernwärme KWK	dezentral elektrisch	-
P02	Berlin	Fernwärme KWK	dezentral elektrisch	-
P04	Berlin	Fernwärme KWK	dezentral elektrisch	10cm OGD, U(Fe)=1,3 tlw.
P06	Hamburg	Gas- Brennwert	dezentral elektrisch	-
P07	Hamburg	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
P08	Hamburg	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
P11	Leichlingen	Gas- Brennwert	dezentral elektrisch	Dachgauben + AW teilweise
P13	Essen	Gas-BW / Gas-NT / Strom	Gas-BW+solare TWE (tlw.)	20 cm WD Dach + U(Fe)=1,3 tlw.
P14	Gelsenkirchen	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
P16	Boitrop	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
P18	Bornheim	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
P20	Lüdenscheid	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
P22	Schwaikheim	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
P23	Lahr	Gas-Brennwert/ NSH	dezentral elektrisch	-
P25	Ulm	Sole-Wasser-WP	Sole-Wasser-WP	-
V01	Berlin	Fernwärme KWK	dezentral elektrisch	-
V02	Berlin	Fernwärme KWK	Fernwärme KWK	-
V03	Berlin	Gas-NT; Strom; Braunkohle	dezentral elektrisch	-
V04	Berlin	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
V06	Hamburg	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
V09	Hamburg	Gas- Brennwert	dezentral elektrisch	12cm AW
V13	Solingen	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
V14	Wermelskirchen	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
V15	Essen	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
V17	Essen	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
V18	Essen	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
V19	Dorsten	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
V21	Duisburg	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
V22	Münster	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
V23	Hürth	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
W01	Annaburg	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
W02	Berlin	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
W03	Berlin	Fernwärme KWK	Fernwärme+ Solar	Fenster, AW, OGD
W04	Berlin	Fernwärme KWK	Fernwärme	Fenster, AW
W06	Parchim	Gas-Brennwert	Gas-BW + solare TWE	WD 16cmDA; 14cmOGD; 21cmAW; 11cmUGD; U(Fe)=1,69
W08	Paderborn	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
W09	Velbert	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
W10	Dortmund	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	16 cm WD Dach
W12	Essen	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	5 cm WD Dach + U(Fe)=1,8
W13	Essen	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	WD 24cm OGD; 14cm AW; 9cm UGD; U(Fe)=1,3
W14	Essen	Fernwärme KWK	dezentral elektrisch	-
W15	Essen	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	AW 12cm, OGD 12cm, U(Fe)=1,3
W17	Bramsche	Gas-BW + solare HU	Gas-BW + Solare TWE	16 cm WD OGD + 4 cm WD AW
W18	Köln	Sole-Wasser-WP	dezentral elektrisch	WD 22cm DA; 16cm AW; 6cm UGD; U(Fe)=1,58/1,27
W19	Bad Laasphe	Luft-Wasser-WP	dezentral elektrisch	AW 14cm,OGD 12cm,U(Fe)=1,1
W20	Halver	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	AW 12cm,OGD 20cm,U(Fe)=1,1
W21	Stuttgart	Gas-Brennwert	Gas-BW+Solare TWE	AW 19cm,UGD 17cm, OGD 40cm,U(Fe)=1,3
W22	München	Nahwärme KWK	Nahwärme KWK	Fenster, OGD +10cm ,AW 10cm
W24	Augsburg	Grundwasser-WP	dezentral elektrisch	WD 16cmDA; 14cmOGD; 21cmAW; 11cmUGD; U(Fe)=1,69
W25	Neuburg	Gas-BW	Gas-BW+solare TWE	WD 12cm DA;14cm AW; 13cm UGD; U(Fe)=1
W26	Dillingen	Fernwärme KWK reg.	Fernwärme KWK reg.	WD 26cmDA; 14cmAW; 4cmUGD; U(Fe)=1,3
WNR01	Schollene	Klimagerät	dezentral elektrisch	-
WNR03	Schwarzheide	Gas-Brennwert	Gas-Brennwert	+22cm Dach
R01	Fürth	E-Direkt	dezentral elektrisch	-
R03	Essen	E-Speicherheizung	dezentral elektrisch	AW 12cm, OGD 14cm, UGD 8cm, U(Fe)=1,3
nur Heizungsaustausch				
Heizungsaustausch und punktuelle Wärmedämmung				
Heizungsaustausch und umfassende Wärmedämmung				
Referenzgebäude				

Tabelle 11 : Durchgeführte Maßnahmen im Modellvorhaben, alle Datensätze (55 Gebäude)



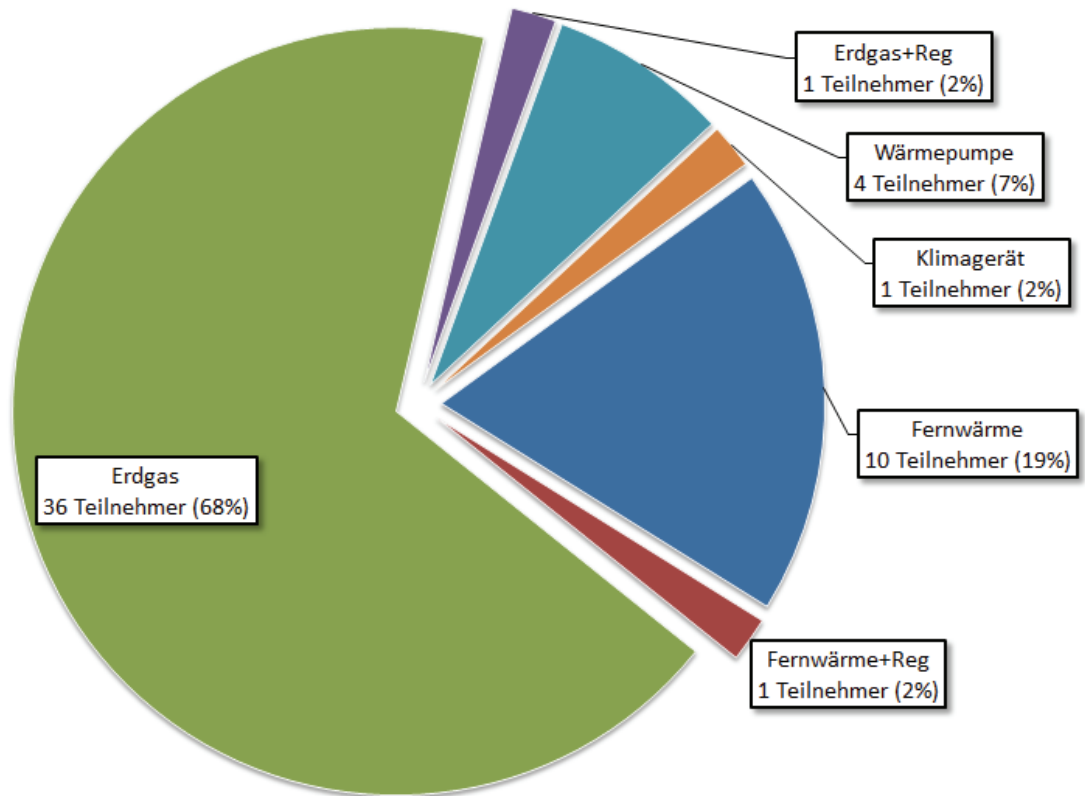


Abbildung 24: Durchgeführte Maßnahmen Heizung (Nach-Sanierung, 53 Gebäude, ohne Referenzgebäude)

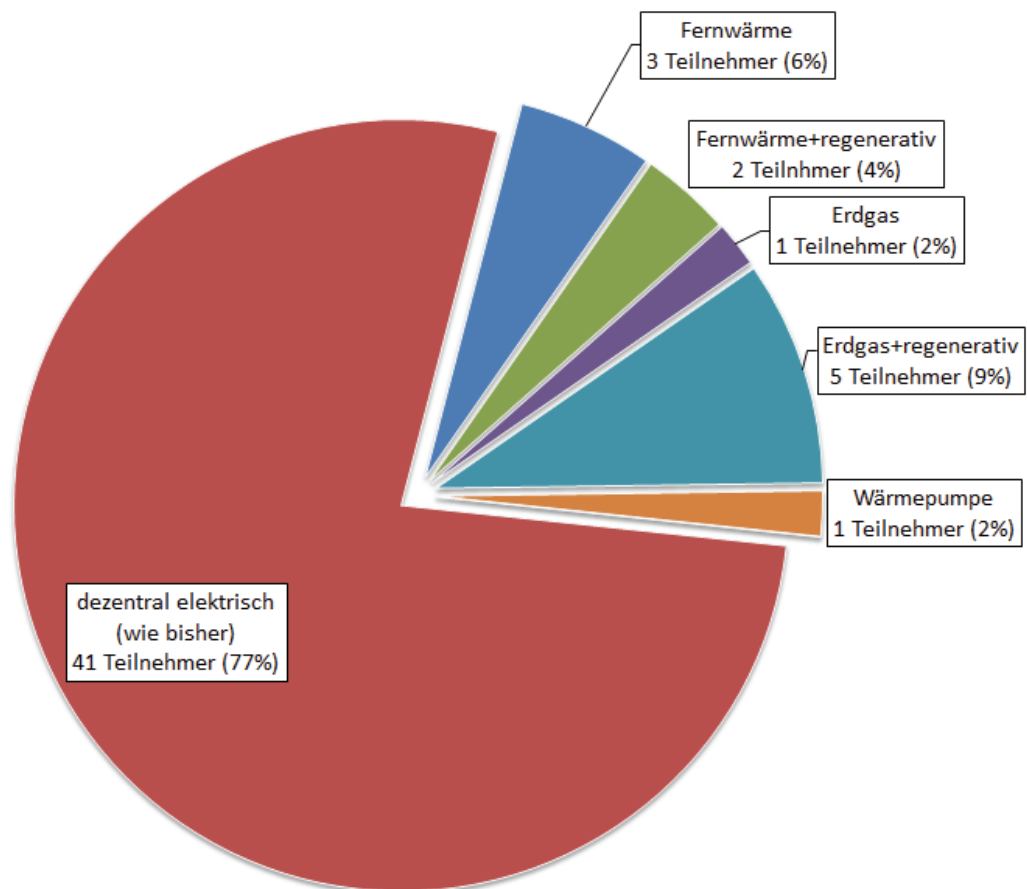


Abbildung 25: Durchgeführte Maßnahmen Warmwasserbereitung (Nach-Sanierung, 53 Gebäude, ohne Referenzgebäude)

Kennung	Standort	Anlagentechnik neu		Gebäude neu
		Heizung	Warmwasser	
		-	-	
P01	Berlin	Fernwärme KWK	dezentral elektrisch	-
P02	Berlin	Fernwärme KWK	dezentral elektrisch	-
P04	Berlin	Fernwärme KWK	dezentral elektrisch	10cm OGD, U(Fe)=1,3 tw.
P06	Hamburg	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
P07	Hamburg	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
P08	Hamburg	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
P11	Leichlingen	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	Dachgauben + AW teilweise
P14	Gelsenkirchen	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
P16	Bottrop	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
P18	Bornheim	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
P20	Lüdenscheid	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
P22	Schwaikheim	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
P25	Ulm	Sole-Wasser-WP	Sole-Wasser-WP	-
V01	Berlin	Fernwärme KWK	dezentral elektrisch	-
V02	Berlin	Fernwärme KWK	Fernwärme KWK	-
V06	Hamburg	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
V13	Solingen	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
V14	Wermelskirchen	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
V15	Essen	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
V17	Essen	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
V19	Dorsten	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
V21	Duisburg	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
W01	Annaburg	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
W03	Berlin	Fernwärme KWK	Fernwärme+ Solar	Fenster, AW, OGD
W04	Berlin	Fernwärme KWK	Fernwärme	Fenster, AW
W06	Parchim	Gas-Brennwert	Gas-BW + solare TWE	WD 16cmDA; 14cmOGD; 21cmAW; 11cmUGD; U(Fe)=1,69
W08	Paderborn	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
W09	Velbert	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	-
W10	Dortmund	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	16 cm WD Dach
W15	Essen	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	AW 12cm, OGD 12cm, U(Fe)=1,3
W17	Bramsche	Gas-BW + solare HU	Gas-BW + Solare TWE	16 cm WD OGD + 4 cm WD AW
W18	Köln	Sole-Wasser-WP	dezentral elektrisch	WD 22cm DA; 16cm AW; 6cm UGD; U(Fe)=1,58/1,27
W19	Bad Laasphe	Luft-Wasser-WP	dezentral elektrisch	AW 14cm,OGD 12cm,U(Fe)=1,1
W20	Halver	Gas-Brennwert	dezentral elektrisch	AW 12cm,OGD 20cm,U(Fe)=1,1
W21	Stuttgart	Gas-Brennwert	Gas-BW+Solare TWE	AW 19cm,UGD 17cm, OGD 40cm,U(Fe)=1,3
W22	München	Nahwärme KWK	Nahwärme KWK	Fenster, OGD +10cm ,AW 10cm
W24	Augsburg	Grundwasser-WP	dezentral elektrisch	WD 16cmDA; 14cmOGD; 21cmAW; 11cmUGD; U(Fe)=1,69
W25	Neuburg	Gas-BW	Gas-BW+solare TWE	WD 12cm DA;14cm AW; 13cm UGD; U(Fe)=1
W26	Dillingen	Fernwärme KWK reg.	Fernwärme KWK reg.	WD 26cmDA; 14cmAW; 4cmUGD; U(Fe)=1,3
WNR03	Schwarzheide	Gas-Brennwert	Gas-Brennwert	+22cm Dach
R01	Fürth	E-Direkt	dezentral elektrisch	-
R03	Essen	E-Speicherheizung	dezentral elektrisch	AW 12cm, OGD 14cm, UGD 8cm, U(Fe)=1,3
nur Heizungs austausch				
Heizungs austausch und punktuelle Wärmedämmung				
Heizungs austausch und umfassende Wärmedämmung				
Referenzgebäude				

Tabelle 12: Durchgeführte Maßnahmen im Modellvorhaben zum Austausch von Nachstromspeicherheizungen, komplett auswertbare Datensätze (40 Gebäude, ohne Referenzgebäude)

### 6.3 Best practice

Bei der konkreten Realisierung des Heizungsaustauschs ist eine Vielzahl von Randbedingungen zu beachten. Diese beeinflussen einerseits die grundsätzlichen Entscheidungen, wie die Wahl des Energieträgers, die Verknüpfung des Heizungsaustauschs mit einer energetischen Komplettmodernisierung des Gebäudes oder die Einbeziehung der Trinkwassererwärmung in den Austausch. Zum anderen werden aber auch die Detaillösungen durch die Randbedingungen beeinflusst. Die folgenden Abbildungen zeigen gelungene Detaillösungen aus dem Modellvorhaben.



Abbildung 26: Best practice – Heizzentrale im Keller



Gas-Brennwerttherme



Gas-Brennwertthermen in Kaskade



Gas-Brennwerttherme in separatem Aufstellraum im Dachboden



Abbildung 27: Best practice – Heizzentrale im Dachboden



Verteilung auf dem Dachboden  
(oberste Geschossdecke wird nachträglich noch  
komplett wärmegeklämmt)



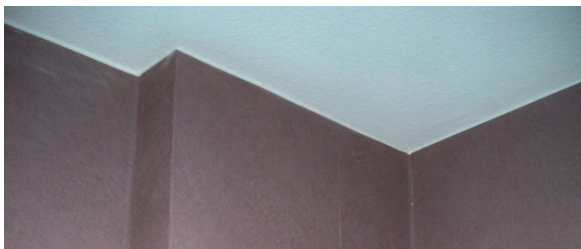
Verteilung im Kellergang  
(Kellerdecke von unten wärmegeklämmt)



Horizontale Etagenverteilung in Sockelleiste in Verbindung mit Elektroinstallation



Abbildung 28: Best practice – Horizontale Verteilleitungen



Steigleitung: innenliegend  
(nachträglich abgeköffert)



Steigleitung: außenliegend  
(im Zuge einer Effizienzhaussanierung  
nachträglich komplett wärmegeklämmt)

Abbildung 29: Best practice – Vertikale Verteilleitungen



Abbildung 30: Best practice – Einbindung von thermischen Solaranlagen in den Austausch



Abbildung 31: Best practice – Aushang eines Energieausweises im Treppenhaus

**Fazit Durchführung des Heizungsaustausches**

Um den Stand des Heizungsaustausches bzw. der Modernisierung in Erfahrung zu bringen, wurden die Teilnehmer mit Anschreiben vom 30.10.2009 um diesbezügliche Informationen bis zum 15. November 2009 gebeten. Viele Teilnehmer konnten ihre ursprünglichen Zeitpläne nicht realisieren und den Heizungsaustausch vor der Heizperiode 2009/10 durchführen. Um eine möglichst große Stichprobe zur Auswertung des Vergleichs Vor- und Nach-Sanierung zu erhalten, wurden letztendlich alle Teilnehmer berücksichtigt, die den Heizungsaustausch vor der Heizperiode 2010/11 durchführten.

Von den 70 ausgewählten Teilnehmern wurde der Heizungsaustausch von 58 fristgemäß durchgeführt. Nach dem Heizungsaustausch liegen für 55 Gebäude Bedarfswerte, für 44 Gebäude Verbrauchswerte und für 57 Gebäude Zusammenstellungen der Investitionskosten vor. Komplette Datensätze existieren für 42 Gebäude, davon erfolgte bei 26 Gebäuden der Heizungsaustausch ohne bzw. nur mit punktueller Wärmedämmung, bei 14 Gebäuden in Verbindung mit kompletter Wärmedämmung und 2 Gebäude dienen als Referenzgebäude (1x E-Speicherheizung und 1x E-Direktheizung).

Beim Ersatz der Nachtstromspeicherheizungen dominieren Gas-Brennwertheizungen (37 von 53, davon einmal in Kombination mit Nutzung regenerativer Energie), in 11 Objekten kommt Fernwärme zum Einsatz (einmal in Kombination mit Nutzung regenerativer Energie). Eingesetzt werden weiterhin vier Wärmepumpen (2x Sole-Wasser, 1x Grundwasser-Wasser, 1x Luft-Wasser). Einmal wird ein VRV-Klimagerät zum Heizen / Kühlen eingesetzt.

In nur 12 Objekten wird Warmwasserbereitung in die Modernisierung einbezogen und nicht weiterhin dezentral elektrisch betrieben – demzufolge bleibt in ca. 3 Viertel der Objekte (41 von 53) die vorhandene dezentrale elektrische Warmwasserbereitung unverändert. Als Gründe für die Beibehaltung werden die hohe Akzeptanz der dezentralen Warmwasserbereitung durch die Mieter, die schwierige baupraktische Realisierung des Systemwechsels, der höhere Aufwand der Heizkostenabrechnung und geringe energetische Vorteile der zentralen Lösungen aufgeführt. Betrachtet man die Gebäude mit modernisierter Warmwasserbereitung, lassen sich folgende Tendenzen erkennen und Hinweise ableiten:

- In 6 der 12 Gebäude kommt eine Solaranlage für die Warmwasserbereitung zum Einsatz. Ursache dafür könnten erwartete Imagevorteile und verringerte Heizkosten als Vermietungsargument sein.
- Überproportional häufig wird in mit Fernwärme beheizten Gebäuden auch die Warmwasserbereitung umgestellt (5 von 12 Gebäuden → 42%, Anteil Fernwärme in der Gesamtstichprobe: 19%).
- Ebenfalls überproportional ist der Anteil der Wohnungswirtschaft (9 von 12 Gebäuden → 75%, Anteil Wohnungswirtschaft in der Gesamtstichprobe: 43%). Eine mögliche Ursache könnte in der im Regelfall unterschiedlichen Herangehensweise an Sanierungsmaßnahmen liegen. Während in der Wohnungswirtschaft oft auf Basis eines Finanzierungsplanes der gesamte Bestand betrachtet wird, werden bei Eigentümern und Verwaltern viel häufiger Einzelmaßnahmen realisiert, die in der vorliegenden Stichprobe wahrscheinlich durch die Anforderungen der EnEV und die Förderung im Rahmen des Modellvorhabens motiviert sein dürften und sich deshalb auch auf den dort geforderten / geförderten Heizungsaustausch beschränkt.
- Die Modernisierung der Warmwasserbereitung ist praktisch in allen Fällen in eine umfangreichere Sanierung eingebunden (7 von 12 mit umfassender Wärmedämmung, 3 von 12 mit punktueller Wärmedämmung, 2 Gebäude mit schon vorab gutem Wärmeschutzniveau). Hier dürfte auch der hohe Anteil der Wohnungswirtschaft maßgeblich sein, unabhängig davon agieren auch einzelne private Eigentümer und Verwalter in Abhängigkeit von den finanziellen Möglichkeiten ganzheitlich bei der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen.

In 21 Objekten haben parallel zum Heizungsaustausch Maßnahmen zur Verbesserung der Wärmedämmung stattgefunden. Bei 13 dieser 21 Objekte wurde eine komplette Wärmedämmung vorgenommen. Bei den restlichen 8 Objekten erfolgten die Maßnahmen nur punktuell (z. B. Wärmedämmung Dach oder oberste Geschossdecke). Gelungene Detaillösungen können als best practice Beispiele zur Nachahmung empfohlen werden.



## 7 Energieeffizienz des Heizungs-austausches

### 7.1 Energiebedarf nach Austausch

Aus den von den Teilnehmern zur Verfügung gestellten und vor Ort eruierten Angaben wird ein Energiebedarfsausweis Nach-Sanierung entsprechend den Regularien der EnEV 2009 erstellt. Die Ausweise werden in Abhängigkeit von der Datenlage so detailliert wie möglich und sinnvoll erstellt, die Vereinfachungsregeln kommen nur bei Bedarf zur Anwendung. Die Ergebnisse sind in Abbildung 32 und in Tabelle 13 zusammengefasst.

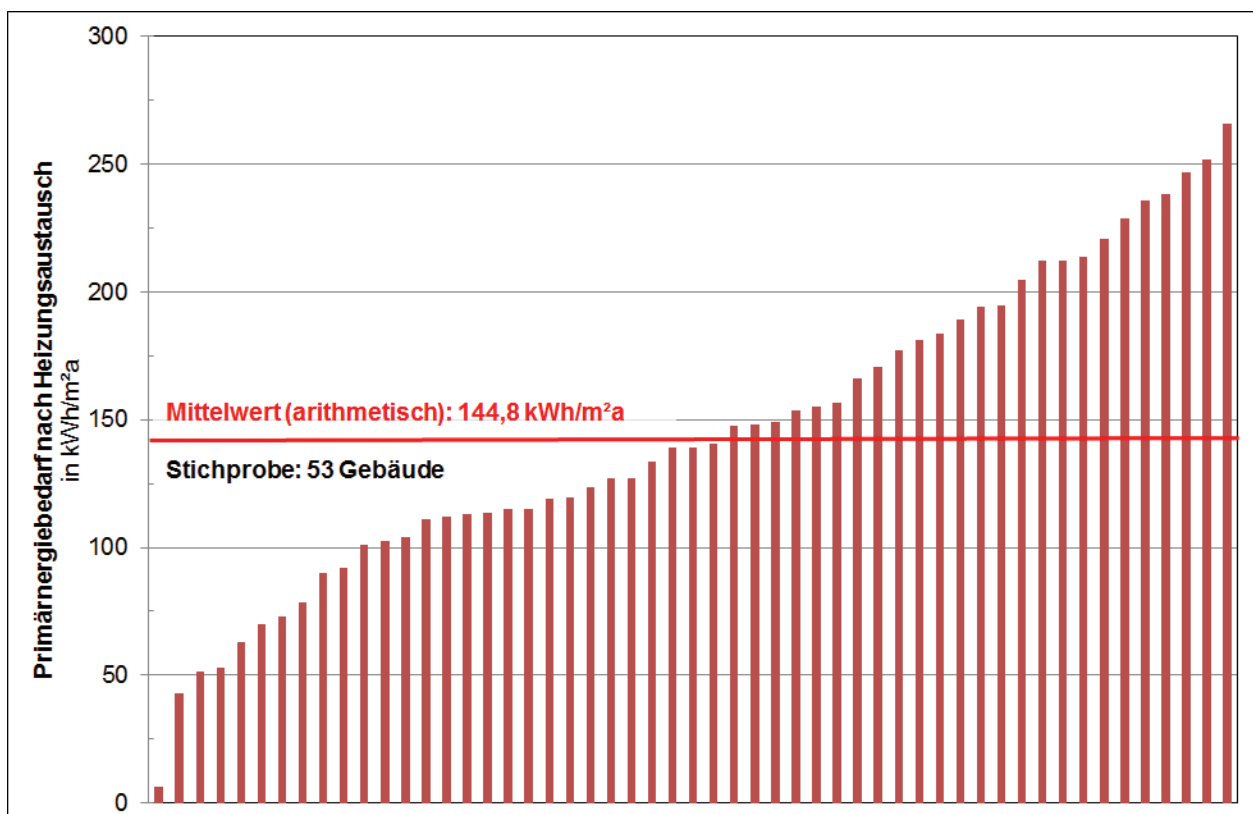


Abbildung 32: Primärenergiebedarf Nach-Sanierung (53 Gebäude, ohne Referenzgebäude)

Kennung	Standort	Gebäude			Energiebedarf nach Heizungsaustausch						
		Anzahl WE	Nutzfläche m <sup>2</sup>	Baujahr	Endenergie				Primärenergie		
					Heizung kWh/m <sup>2</sup> a	Warmwasser kWh/m <sup>2</sup> a	Hilfsgeräte kWh/m <sup>2</sup> a	Gesamt kWh/m <sup>2</sup> a	Einsparung %	Gesamt kWh/m <sup>2</sup> a	Einsparung
P01	Berlin	25	1490	1959	125,7	23,1	0,4	149,2	4%	149,1	63%
P02	Berlin	29	4346	1910	111,3	14,0	0,3	125,6	3%	115,1	66%
P04	Berlin	9	1435	1910	87,6	19,6	0,4	107,6	-1%	113,3	59%
P06	Hamburg	30	2216	1908	93,3	23,6	0,8	117,7	3%	166,1	48%
P07	Hamburg	11	669	1956	134,6	23,1	1,5	159,2	1%	212,1	49%
P08	Hamburg	8	448	1958	155,6	14,0	2,4	172,0	-3%	213,9	51%
P11	Leichlingen	9	897	1967	93,4	13,6	0,9	107,9	6%	140,5	53%
P13	Essen	8	664	1955	91,4	18,1	1,7	111,2	22%	189,0	45%
P14	Gelsenkirchen	7	587	1925	157,0	19,7	1,9	178,6	7%	229,0	54%
P16	Boitrop	6	596	1972	89,9	14,8	0,7	105,4	1%	139,1	50%
P18	Bornheim	10	969	1971	88,1	15,1	1,0	104,2	-2%	138,9	48%
P20	Lüdenscheid	7	411	1920	104,5	23,1	0,9	128,5	-2%	177,3	46%
P22	Schwaikheim	20	1834	1973	75,0	15,1	0,7	90,8	2%	123,5	49%
P23	Lahr	9	887,3	1972	104,2	23,1	0,5	128,0	10%	238,5	35%
P25	Ulm	6	457	1987	30,1	7,3	2,7	40,1	69%	104,2	69%
V01	Berlin	9	730	1880	110,3	14,0	0,5	124,8	2%	115,0	65%
V02	Berlin	128	12319	1982-1984	64,4	22,3	0,8	87,5	-7%	62,9	71%
V03	Berlin	36	3461	1910	157,0	23,1	1,3	181,5	0%	247,0	17%
V04	Berlin	29	2367	1900	109,1	18,7	0,9	128,7	28%	170,9	38%
V06	Hamburg	10	1132	1907	132,0	13,6	1,2	146,8	6%	183,6	55%
V09	Hamburg	15	1086	1951	74,4	13,6	0,8	88,8	31%	119,3	65%
V13	Solingen	6	428	1984	84,7	19,8	1,3	105,8	1%	147,9	47%
V14	Wermelskirchen	13	972	1963	118,9	23,1	1,2	143,2	2%	194,0	46%
V15	Essen	12	714	1961	164,0	19,7	1,6	185,3	2%	235,9	52%
V17	Essen	9	727	1956	128,8	13,8	1,4	144,1	-7%	181,3	48%
V18	Essen	6	664	1925	133,9	23,1	1,5	158,5	7%	251,7	43%
V19	Dorsten	8	481	1936	188,7	19,8	2,6	211,1	2%	265,7	53%
V21	Duisburg	11	843	1963	136,8	19,7	1,2	157,7	6%	204,6	46%
V22	Münster	8	704	1975	134,1	23,2	1,6	158,9	0%	212,2	49%
V23	Hürth	7	582	1970	112,6	15,2	0,6	128,4	1%	119,7	65%
W01	Annaburg	18	1121	1965	84,2	23,1	1,0	108,3	0%	155,3	45%
W02	Berlin	72	5019	1966	74,0	19,6	0,6	94,2	8%	133,7	50%
W03	Berlin	24	1922	1970	42,6	15,7	0,8	59,1	56%	42,9	88%
W04	Berlin	58	5283	1962	47,9	22,2	0,9	71,0	32%	51,3	81%
W06	Parchim	38	1356	1979	43,7	9,3	1,2	54,2	55%	127,3	59%
W08	Paderborn	54	4817	1973	68,1	19,6	0,5	88,2	-5%	127,2	42%
W09	Velbert	42	3317	1973	86,3	19,6	0,7	106,6	-2%	147,6	46%
W10	Dortmund	16	1109	1958	142,8	23,1	1,9	167,8	10%	220,7	54%
W12	Essen	10	729	1950	119,1	23,1	1,4	143,6	11%	194,5	54%
W13	Essen	6	394	1963	56,5	23,1	1,2	80,8	53%	113,4	75%
W14	Essen	8	814	1927	85,7	15,1	0,6	101,4	3%	100,8	63%
W15	Essen	18	1517	1968	53,2	19,6	0,6	73,4	56%	111,0	74%
W17	Bramsche	5	328	1981	122,0	14,0	2,7	138,7	26%	156,5	68%
W18	Köln	12	733	1969	18,1	19,7	1,7	39,5	76%	102,7	76%
W19	Bad Laasphe	24	1800	1967	16,3	23,1	3,7	43,1	76%	112,0	76%
W20	Halver	8	481	1953	82,1	23,1	1,2	106,4	34%	153,5	63%
W21	Stuttgart	8	551	1959	47,4	9,8	2,6	59,8	60%	69,8	82%
W22	München	47	2699	1939	78,9	22,8	0,8	102,5	41%	73,1	84%
W24	Augsburg	21	2163	1970	11,9	13,6	4,7	30,2	76%	78,3	76%
W25	Neuburg	21	2072	1969	22,2	16,6	3,9	42,7	55%	52,8	79%
W26	Dillingen	28	1978	1971	50,8	23,1	2,5	76,4	14%	6,5	97%
WNR01	Schollene	10	433	1998	29,7	6,0	1,5	37,2	62%	89,8	64%
WNR03	Schwarzheide	40	3143	1978	60,1	21,5	0,8	82,4	-3%	91,8	56%
<b>Mittelwerte</b>		<b>21</b>	<b>1677</b>	<b>1954</b>	<b>91,2</b>	<b>18,4</b>	<b>1,4</b>	<b>111,0</b>	<b>19%</b>	<b>144,8</b>	<b>58%</b>
R01	Fürth	10	849	1985	51,3	19,7	0,0	71,0	5%	184,5	5%
R03	Essen	8	735	1971	42,7	14,8	0,0	57,4	48%	149,3	48%

Tabelle 13: Energiebedarfswerte Nach-Sanierung (55 Gebäude, WNR01 mit Klimagerät: nur Heizbetrieb)

## 7.2 Energieverbrauch nach Austausch

Die Verbrauchsdaten wurden von den Teilnehmern mit einem Fragebogen zum 1.7.2011 (siehe Abbildung 33 und Abbildung 34) abgefragt. Dabei wurde der konkrete Abrechnungszeitraum und der Leerstand erfragt und um die Zusendung von Originalabrechnungen der Energieversorger gebeten. Als nachteilig für die Rücklaufquote erwies sich dabei, dass die finanziellen Zuschüsse an die Teilnehmer zu diesem Zeitpunkt bereits ausgezahlt waren. Bei der Konzipierung zukünftige Forschungsvorhaben mit vergleichbarem Studiendesign sollte die Auszahlung von Zuschüssen an die vollständige Übergabe der erforderlichen Daten durch die Teilnehmer gekoppelt werden.

Für insgesamt 44 Gebäude (einschließlich 2 Referenzgebäude) konnte ein Energieverbrauchsausweis erstellt werden. Dieser entspricht nicht den Regularien der EnEV 2009, da keine 3 aufeinander folgenden Heizperioden erfasst werden konnten. Die Ergebnisse sind in Abbildung 35 und in Tabelle 14 zusammengefasst.


		<b>Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden</b> Forschung und Anwendung GmbH Prof. Oschatz - Dr. Hartmann - Dr. Werdin - Prof. Felsmann	
ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden Forschung und Anwendung GmbH Bayreuther Str. 29, 01187 DRESDEN		<b>Post:</b> ITG Dresden Bayreuther Str. 29 01187 Dresden	
«Firma» «Anrede» «Vorname» «Nachname» «Adresszeile_1»		<b>Tel.:</b> (+49) - (0)351 – 417 56 93 <b>Fax:</b> (+49) - (0)351 – 417 56 99 <b>e-mail:</b> hartmann@itg-dresden.de	
«Postleitzahl» «Ort»			
Ihr Zeichen	Ihr Datum	Unser Zeichen Ha	Datum 17.06.2011
<b>Teilnahme am Modellvorhaben zum Austausch von Nachtstromspeicher-          heizungen des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung sowie          des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung</b>			
«Anrede»			
mit dem Objekt			
<b>«ObjektAdresse» in «ObjektPLZ» «ObjektOrt»</b>			
sind Sie am Modellvorhaben beteiligt. Mit diesem Schreiben möchten wir Sie um Auskunft zum Energieverbrauch nach der Heizungsmodernisierung bitten. Dazu finden Sie in der Anlage ein Formblatt. Bitte schicken Sie dieses Formblatt			
<b>bis zum 01.07.2011</b> <b>an ITG Dresden, Bayreuther Str. 29, 01187 Dresden</b> <b>oder per Fax 0351-4175699</b>			

Abbildung 33: Anschreiben Teilnehmer zu Verbrauchsdaten nach Heizungsaustausch (17.06.2011)

Modellvorhaben zum Austausch von Nachtstromspeicherheizungen  
des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung  
sowie des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung

**Formblatt zu Verbrauchsdaten der Heizung  
nach Modernisierung bzw. Heizungsaustausch**

Firma: .....

Name, Vorname: .....

Anschrift Objekt: .....

---

Die neue Heizungsanlage in o. g. Objekt

- ist in Betrieb gegangen Monat  Jahr

- wird betrieben mit Erdgas  Fernwärme  Strom (Wärmepumpe)

andere: .....

- beheizt das gesamte Objekt: ja  nein

falls nein: Der mit der neuen Heizung beheizte Anteil beträgt  
 % oder  m<sup>2</sup>

- die Warmwasserbereitung erfolgt mit der neuen Heizung ja  nein

---

Folgende Daten wurden am Gas-, Fernwärme- oder Stromzähler abgelesen:

Anfangsstand:  m<sup>3</sup> / kWh Monat  Jahr

Aktueller Stand:  m<sup>3</sup> / kWh Monat  Jahr

Hinweise:

1. Bitte nicht zutreffende Einheit (m<sup>3</sup> oder kWh) streichen.
2. Bei mehreren Zählern bitte Zählerdaten analog des Musters auf separatem Blatt notieren.
3. Liegen bereits Abrechnungen des Energieversorgers vor, diese bitte unbedingt mitschicken.
4. Bei anderen Energieträgern (z.B. Holzpellets) bitte Rechnungen des Lieferanten mitschicken.

---

Der durchschnittliche Wohnungsleerstand zwischen Inbetriebnahme der Heizung und Juni 2011 betrug in etwa  % oder  m<sup>2</sup>

---

Anmerkungen:  
.....  
.....  
.....

---

.....

Ort, Datum Unterschrift / Stempel

**Bitte bis zum 01.07.2011 an ITG Dresden zurück.**  
Post: ITG Dresden, Bayreuther Str. 29, 01187 Dresden oder Fax: 0351- 417 56 99

Abbildung 34: Formblatt zu Verbrauchsdaten nach Heizungsaustausch (17.06.2011)

Bei der Interpretation der Abbildung 35 ist zu beachten, dass für 11 Gebäude nur Gesamtverbrauchsdaten für Heizung und Warmwasserbereitung vorliegen, während für die übrigen 31 Gebäude nur der Energieverbrauch der Heizung bekannt ist. Um die Werte vergleichen zu können, wird für die Gebäude mit Verbrauchskennwerten für Heizung und Warmwasser der Endenergiebedarf für die Warmwasserbereitung vom Endenergieverbrauch abgezogen (siehe auch Tabelle 14).

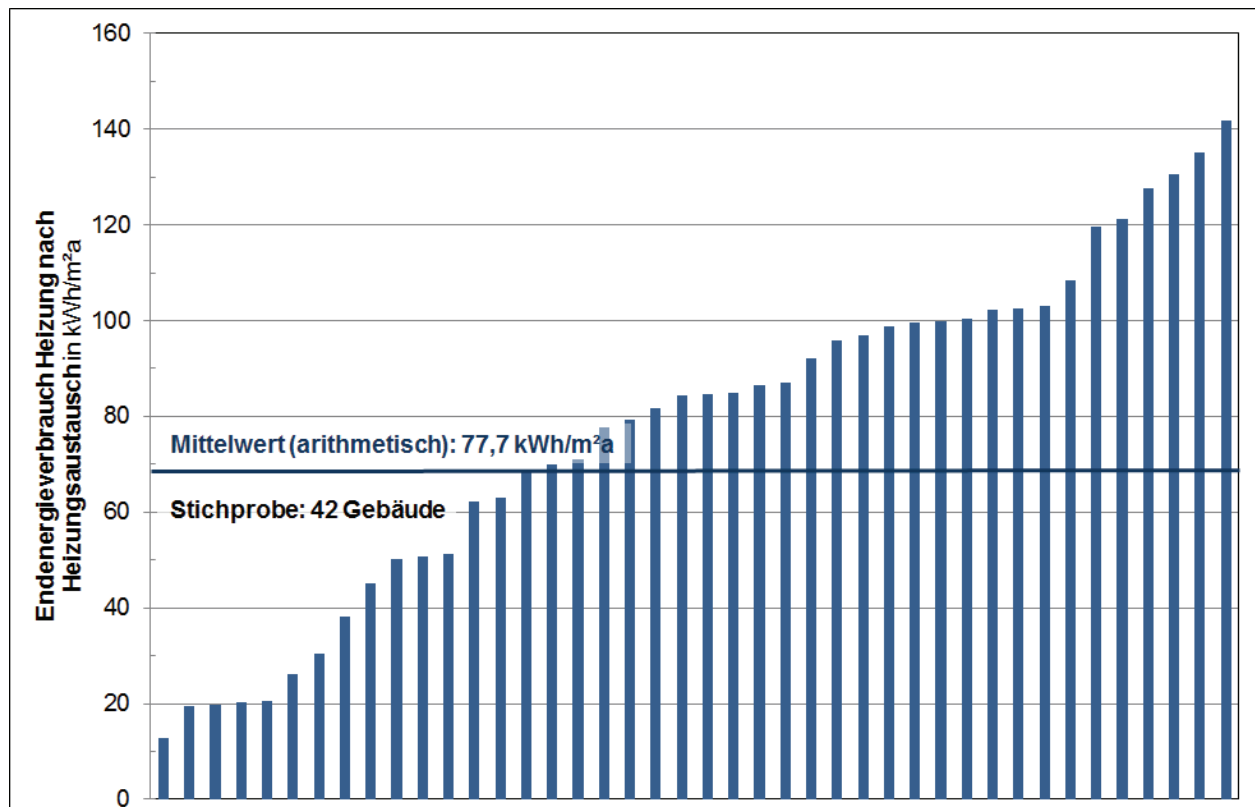


Abbildung 35: Endenergieverbrauch Heizung Nach-Sanierung (42 Gebäude, ohne Referenzgebäude)

Kennung	Standort	Gebäude			Energieverbrauch			
		Anzahl WE	Nutzfläche	Baujahr	Warm- wasser?	Leerstand	Endenergie	
		-	m <sup>2</sup>	-			-	%
P01	Berlin	25	1490	1959	nein	25,0	141,9	-
P02	Berlin	29	4346	1910	nein	3,0	50,9	-
P04	Berlin	9	1435	1910	nein	0,0	71,0	-
P06	Hamburg	30	2216	1908	nein	0,0	95,9	-
P07	Hamburg	11	669	1956	nein	0,0	135,2	-
P08	Hamburg	8	448	1958	nein	0,0	102,5	-
P11	Leichlingen	9	897	1967	nein	5,0	127,6	-
P14	Gelsenkirchen	7	587	1925	nein	9,7	84,3	-
P16	Bottrop	6	596	1972	nein	0,0	84,9	-
P18	Bornheim	10	969	1971	nein	26,8	99,7	-
P20	Lüdenscheid	7	411	1920	nein	0,0	130,7	-
P22	Schwaikheim	20	1834	1973	nein	3,0	50,3	-
P25	Ulm	6	457	1987	ja	0,0	19,6	26,9
V01	Berlin	9	730	1880	nein	0,0	81,6	-
V02	Berlin	128	12319	1982-1984	ja	10,9	96,9	119,2
V06	Hamburg	10	1132	1907	nein	0,0	99,9	-
V13	Solingen	6	428	1984	nein	0,0	119,7	-
V14	Wermelskirchen	13	972	1963	nein	0,0	84,6	-
V15	Essen	12	714	1961	nein	0,0	69,9	-
V17	Essen	9	727	1956	nein	0,0	92,2	-
V19	Dorsten	8	481	1936	nein	5,0	98,1	-
V21	Duisburg	11	843	1963	nein	0,0	108,4	-
W01	Annaburg	18	1121	1965	nein	20,0	86,5	-
W03	Berlin	24	1922	1970	ja	5,0	45,0	60,7
W04	Berlin	58	5283	1962	ja	0,0	12,8	35,0
W06	Parchim	38	1356	1979	ja	2,0	68,6	77,9
W08	Paderborn	54	4817	1973	nein	3,0	62,3	-
W09	Velbert	42	3317	1973	nein	4,3	77,7	-
W10	Dortmund	16	1109	1958	nein	5,0	121,3	-
W15	Essen	18	1517	1968	nein	0,0	63,1	-
W17	Bramsche	5	328	1981	ja	0,0	102,2	116,2
W18	Köln	12	733	1969	nein	0,0	19,7	-
W19	Bad Laasphe	24	1800	1967	nein	0,0	20,3	-
W20	Halver	8	481	1953	nein	12,5	98,9	-
W21	Stuttgart	8	551	1959	ja	0,0	87,0	96,8
W22	München	47	2699	1939	ja	1,0	38,2	61,0
W24	Augsburg	21	2163	1970	nein	0,0	30,4	-
W25	Neuburg	21	2072	1969	ja	0,0	20,5	37,1
W26	Dillingen	28	1978	1971	ja	0,0	26,1	49,2
WNR03	Schwarzheide	40	3143	1978	ja	5,7	50,8	72,3
<i>Mittelwerte</i>		22	1777	1956	-	3,7	76,9	-
R01	Fürth	10	849	1985	nein	4,0	46,1	-
R03	Essen	8	735	1971	nein	0,0	35,4	-

Tabelle 14: Energieverbrauchswerte Nach-Sanierung (44 Gebäude)

### 7.3 Bedarf-/Verbrauchsabgleich nach Austausch

Auch nach dem Heizungsaustausch ist ein Vergleich von Bedarfs- und Verbrauchskennwerten interessant, dabei wird methodisch analog zum Vergleich vor der Sanierung vorgegangen (siehe Abschnitt 5.6).

Für alle im Modellvorhaben nach dem Heizungsaustausch komplett erfassten 40 Gebäude erfolgt der Bedarfs-/Verbrauchsabgleich Abbildung 20 und in Tabelle 15. In den meisten Fällen liegt das korrigierte Verbrauch-Bedarf-Verhältnis im Bereich zwischen 70 und 130% (für 24 von 40 Gebäuden, davon 9 Gebäude zwischen 90 und 110%). Abweichungen nach unten (10 Gebäude < 70%, Minimum: 27%) und nach oben (6 Gebäude >130%; Maximum: 255%) belegen den großen Nutzereinfluss unter lokalen Randbedingungen, punktuell können aber auch Schwierigkeiten bei der Datenerhebung bzw. bei der Erstellung der Energieausweise ursächlich sein.

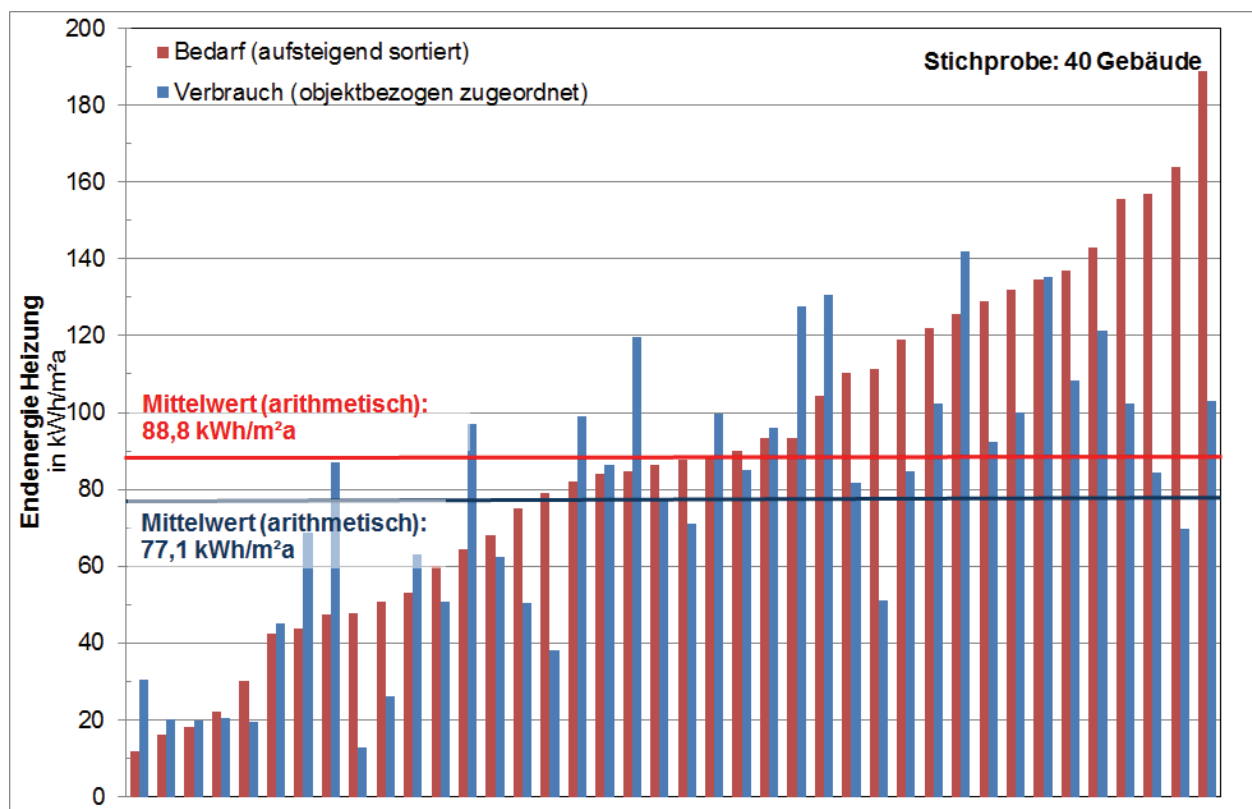


Abbildung 36: Endenergiebedarf und -verbrauch Heizung Nach-Sanierung (40 Gebäude, ohne Referenzgebäude)

Kennung	Standort	Gebäude			Endenergie Heizung		
		Anzahl WE	Nutzfläche	Baujahr	Bedarf	Verbrauch	Verhältnis
		-	m <sup>2</sup>	-			kWh/m <sup>2</sup> a
							-
P01	Berlin	25	1490	1959	125,7	141,9	113%
P02	Berlin	29	4346	1910	111,3	50,9	46%
P04	Berlin	9	1435	1910	87,6	71,0	81%
P06	Hamburg	30	2216	1908	93,3	95,9	103%
P07	Hamburg	11	669	1956	134,6	135,2	100%
P08	Hamburg	8	448	1958	155,6	102,5	66%
P11	Leichlingen	9	897	1967	93,4	127,6	137%
P14	Gelsenkirchen	7	587	1925	157,0	84,3	54%
P16	Bottrop	6	596	1972	89,9	84,9	94%
P18	Bornheim	10	969	1971	88,1	99,7	113%
P20	Lüdenscheid	7	411	1920	104,5	130,7	125%
P22	Schwaikheim	20	1834	1973	75,0	50,3	67%
P25	Ulm	6	457	1987	30,1	19,6	65%
V01	Berlin	9	730	1880	110,3	81,6	74%
V02	Berlin	128	12319	1982-1984	64,4	96,9	150%
V06	Hamburg	10	1132	1907	132,0	99,9	76%
V13	Solingen	6	428	1984	84,7	119,7	141%
V14	Wermelskirchen	13	972	1963	118,9	84,6	71%
V15	Essen	12	714	1961	164,0	69,9	43%
V17	Essen	9	727	1956	128,8	92,2	72%
V19	Dorsten	8	481	1936	188,7	98,1	52%
V21	Duisburg	11	843	1963	136,8	108,4	79%
W01	Annaburg	18	1121	1965	84,2	86,5	103%
W03	Berlin	24	1922	1970	42,6	45,0	106%
W04	Berlin	58	5283	1962	47,9	12,8	27%
W06	Parchim	38	1356	1979	43,7	68,6	157%
W08	Paderborn	54	4817	1973	68,1	62,3	91%
W09	Velbert	42	3317	1973	86,3	77,7	90%
W10	Dortmund	16	1109	1958	142,8	121,3	85%
W15	Essen	18	1517	1968	53,2	63,1	119%
W17	Bramsche	5	328	1981	122,0	102,2	84%
W18	Köln	12	733	1969	18,1	19,7	109%
W19	Bad Laasphe	24	1800	1967	16,3	20,3	125%
W20	Halver	8	481	1953	82,1	98,9	120%
W21	Stuttgart	8	551	1959	47,4	87,0	184%
W22	München	47	2699	1939	78,9	38,2	48%
W24	Augsburg	21	2163	1970	11,9	30,4	255%
W25	Neuburg	21	2072	1969	22,2	20,5	92%
W26	Dillingen	28	1978	1971	50,8	26,1	51%
WNR03	Schwarzheide	40	3143	1978	60,1	50,8	85%
<i>Mittelwerte</i>		22	1777	1956	88,8	76,9	96%
R01	Fürth	10	849	1985	51,3	46,1	90%
R03	Essen	8	735	1971	42,7	35,4	83%

Tabelle 15: Vergleich von errechnetem Energiebedarf und gemessenem Energieverbrauch  
(Nach-Sanierung, 42 Gebäude)



## 7.4 Vergleich vor und nach Heizungsaustausch

Die Energiekennwerte im Vergleich Vor- und Nach-Sanierung sollen zunächst beispielhaft für ein Gebäude aufgezeigt werden. Abbildung 37 zeigt den Endenergiebedarf und den (korrigierten) Endenergieverbrauch Heizung vor und nach dem Heizungsaustausch. Abbildung 38 basiert auf der primärenergetischen Bewertung der Heizung. Die Nachtstromspeicherheizung wird in diesem Fall durch eine Fernwärmeheizung (Primärenergiefaktor  $f_p = 0,7$ ) ersetzt.

Für alle ausgewerteten Gebäude erfolgt der Vergleich Vor- und Nach-Sanierung für den Energiebedarf (End- und Primärenergie) in Tabelle 16 und für die endenergetischen Bedarfs- und Verbrauchs-Kennwerte in Tabelle 17.

Wird der Energiebedarf vor und nach Austausch der Nachtstromspeicherheizung verglichen, fällt vor allem der zu erwartende Unterschied zwischen end- und primärenergetischem Einsparpotenzial ins Auge. Die konventionellen Lösungen Gas-Brennwert und Fernwärme führen ohne begleitende Maßnahmen zur Verbesserung des Wärmeschutzes kaum zu einer Minderung des Endenergiebedarfs.

Primärenergetisch wird allerdings auch durch den alleinigen Austausch der Nachtstromspeicherheizungen und Ersatz durch eine Heizung mit Gas-Brennwertgeräten oder mit Fernwärme ein Einsparpotenzial unter Beibehaltung der dezentralen elektrischen Warmwasserbereitung in der Größenordnung von ca. 40 bis 60% (Gas-BW mit  $f_p = 1,1$ ) bzw. von ca. 60 bis 70% (Fernwärme mit  $f_p = 0,7$  für KWK fossil) erschlossen. Das rechnerische Einsparpotenzial der Wärmepumpen bzw. des Klimagerätes erreicht auch ohne Maßnahmen zur Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes sowohl end- als auch primärenergetisch eine Größenordnung von etwa 60 bis 70%, in Verbindung mit umfassenden Wärmedämmmaßnahmen steigt das Einsparpotenzial auf 75 bis 90%.

Im Referenzobjekt R01 wird im Zuge der Sanierung die Nachtstromspeicherheizung durch eine elektrische Direktheizung ersetzt. Dies ist mit einem rechnerischen end- und primärenergetischen Einsparpotenzial von ca. 7 bzw. 5% verbunden. Im Referenzobjekt R03 wurde zunächst die Nachtstromspeicherheizung ausgetauscht (vor Inkrafttreten der EnEV 2009) und danach umfassende Wärmedämmmaßnahmen durchgeführt. Aufgrund unvollständiger Daten kann hier nur der Einfluss der Dämmmaßnahmen bei neuen Speicherheizungen untersucht werden, durch die Wärmedämmung ergibt sich in Kombination mit Nachtstromspeicherheizungen ein rechnerisches Einsparpotenzial von ca. 55% (end- und primärenergetisch).

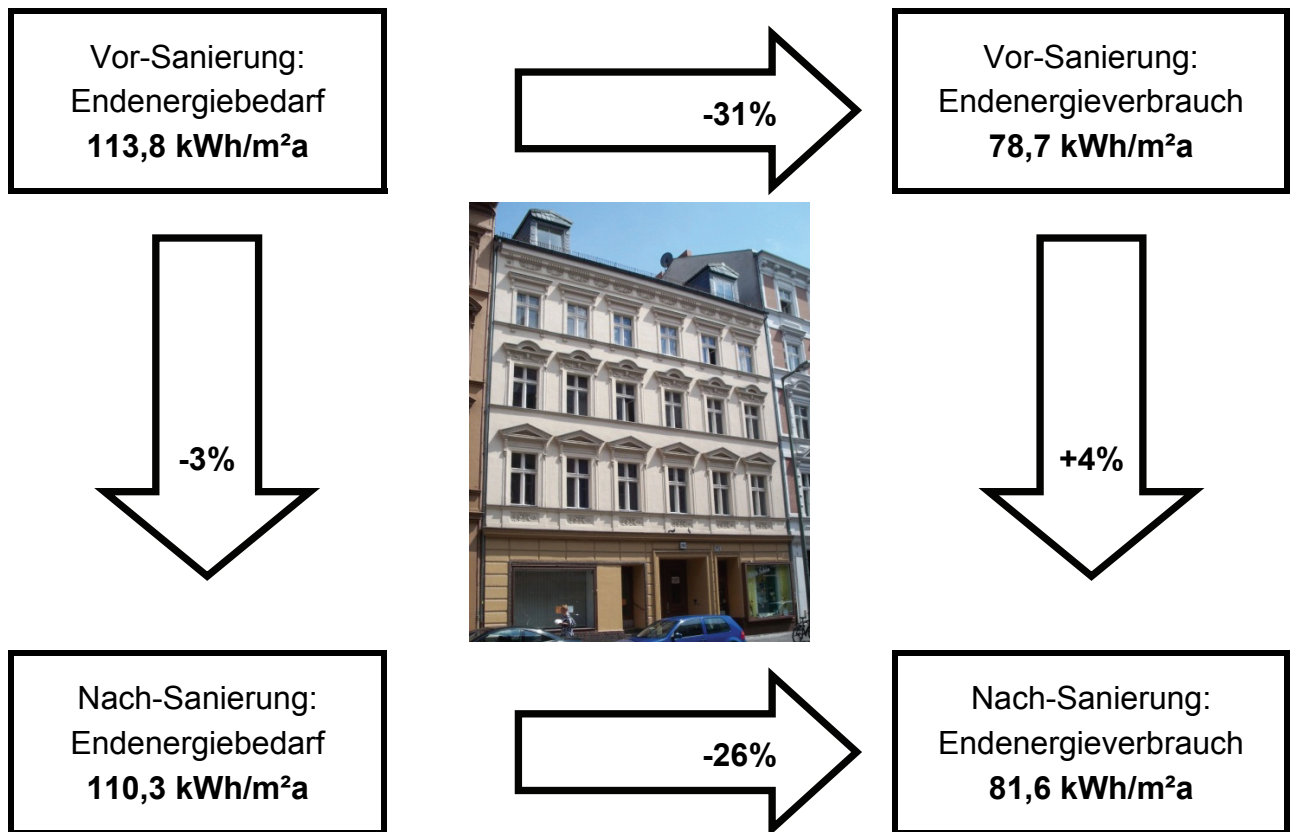


Abbildung 37: Vergleich Endenergie Heizung (Beispiel V01 - MFH Berlin)

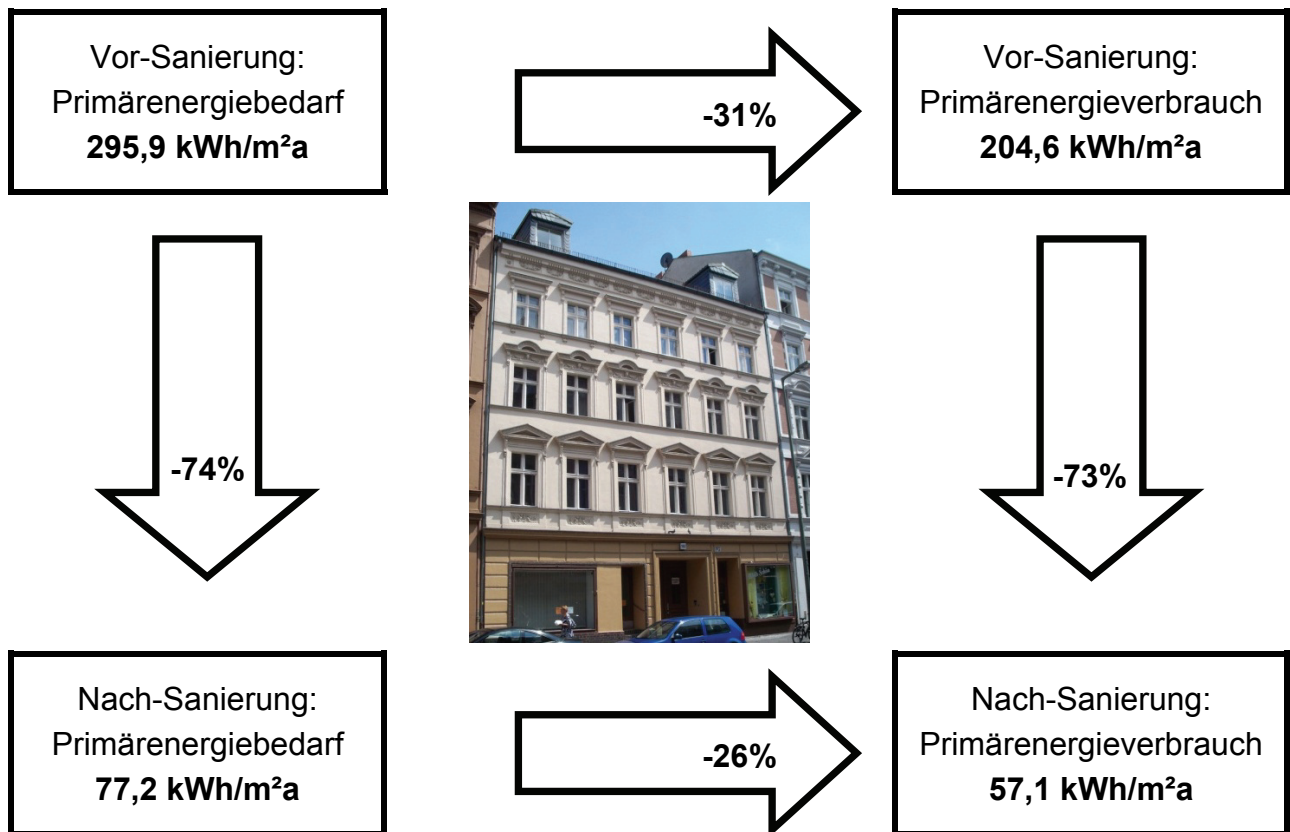


Abbildung 38: Vergleich Primärenergie Heizung (Beispiel V01 - MFH Berlin, Energieträger: Fernwärme)

Kennung	Standort	Energieträger Heizung	Endenergiebedarf Heizung			Primärenergiebedarf gesamt		
			vor Austausch kWh/m <sup>2</sup> a	nach Austausch kWh/m <sup>2</sup> a	Einsparung	vor Austausch kWh/m <sup>2</sup> a	nach Austausch kWh/m <sup>2</sup> a	Einsparung
P01	Berlin	FW	131,7	125,7	5%	402,5	149,1	63%
P02	Berlin	FW	116,0	111,3	4%	338,0	115,1	66%
P04	Berlin	FW	86,9	87,6	-1%	277,1	113,3	59%
P06	Hamburg	G	98,1	93,3	5%	316,8	166,1	48%
P07	Hamburg	G	137,1	134,6	2%	416,5	212,1	49%
P08	Hamburg	G	153,4	155,6	-1%	435,3	213,9	51%
P11	Leichlingen	G	101,0	93,4	8%	298,0	140,5	53%
P13	Essen	G	119,2	91,4	23%	342,0	189,0	45%
P14	Gelsenkirchen	G	173,1	157,0	9%	501,4	229,0	54%
P16	Boitrop	G	91,9	89,9	2%	277,3	139,1	50%
P18	Bornheim	G	87,2	88,1	-1%	265,9	138,9	48%
P20	Lüdenscheid	G	102,4	104,5	-2%	326,3	177,3	46%
P22	Schwaikheim	G	77,4	75,0	3%	240,4	123,5	49%
P23	Lahr	G	118,8	104,2	12%	368,9	238,5	35%
P25	Ulm	WP	110,0	30,1	73%	338,0	104,2	69%
V01	Berlin	FW	113,8	110,3	3%	332,4	115,0	65%
V02	Berlin	FW	62,4	64,4	-3%	213,3	62,9	71%
V03	Berlin	G+Kohle	157,4	157,0	0%	297,8	247,0	17%
V04	Berlin	G	161,1	109,1	32%	274,5	170,9	38%
V06	Hamburg	G	142,1	132,0	7%	404,8	183,6	55%
V09	Hamburg	G	115,7	74,4	36%	336,3	119,3	65%
V13	Solingen	G	86,6	84,7	2%	276,7	147,9	47%
V14	Wermelskirchen	G	121,9	118,9	2%	358,9	194,0	46%
V15	Essen	G	169,3	164,0	3%	491,4	235,9	52%
V17	Essen	G	121,5	128,8	-6%	351,8	181,3	48%
V18	Essen	G	147,6	133,9	9%	443,7	251,7	43%
V19	Dorsten	G	196,1	188,7	4%	561,5	265,7	53%
V21	Duisburg	G	147,6	136,8	7%	381,4	204,6	46%
V22	Münster	G	135,8	134,1	1%	413,8	212,2	49%
V23	Hürth	G	114,5	112,6	2%	337,3	119,7	65%
W01	Annaburg	G	84,7	84,2	1%	280,3	155,3	45%
W02	Berlin	G	82,8	74,0	11%	266,1	133,7	50%
W03	Berlin	FW	121,1	42,6	65%	351,3	42,9	88%
W04	Berlin	FW	90,8	47,9	47%	272,5	51,3	81%
W06	Parchim	G	99,6	43,7	56%	309,8	127,3	59%
W08	Paderborn	G	64,1	68,1	-6%	217,5	127,2	42%
W09	Velbert	G	85,1	86,3	-1%	272,2	147,6	46%
W10	Dortmund	G	163,1	142,8	12%	484,1	220,7	54%
W12	Essen	G	137,9	119,1	14%	418,7	194,5	54%
W13	Essen	G	153,3	56,5	63%	446,8	113,4	75%
W14	Essen	FW	84,5	85,7	-1%	270,8	100,8	63%
W15	Essen	G	147,6	53,2	64%	434,6	111,0	74%
W17	Bramsche	G	165,4	122,0	26%	490,2	156,5	68%
W18	Köln	WP	146,0	18,1	88%	430,7	102,7	76%
W19	Bad Laasphe	WP	155,3	16,3	90%	463,9	112,0	76%
W20	Halver	G	137,0	82,1	40%	416,3	153,5	63%
W21	Stuttgart	G	127,0	47,4	63%	392,6	69,8	82%
W22	München	FW	153,7	78,9	49%	450,6	73,1	84%
W24	Augsburg	WP	105,2	11,9	89%	324,6	78,3	76%
W25	Neuburg	G	72,0	22,2	69%	247,1	52,8	79%
W26	Dillingen	FW	75,4	50,8	33%	231,4	6,5	97%
WNR01	Schollene	KG	80,5	29,7	63%	251,8	89,8	64%
WNR03	Schwarzheide	G	56,1	60,1	-7%	206,5	91,8	56%
<b>Mittelwerte</b>		-	<b>118,6</b>	<b>91,2</b>	<b>22%</b>	<b>350,0</b>	<b>144,8</b>	<b>58%</b>
R01	Fürth	Strom	55,0	51,3	7%	194,2	184,5	5%
R03	Essen	Strom	96,3	42,7	56%	288,9	149,3	48%

Tabelle 16: Vergleich Energiebedarf Heizung Vor- und Nach-Sanierung (55 Gebäude)

Kennung	Standort	Energieträger Heizung	Endenergiebedarf Heizung			Endenergieverbrauch Heizung		
			vor Austausch kWh/m <sup>2</sup> a	nach Austausch kWh/m <sup>2</sup> a	Einsparung	vor Austausch kWh/m <sup>2</sup> a	nach Austausch kWh/m <sup>2</sup> a	Einsparung
P01	Berlin	FW	131,7	125,7	5%	82,8	141,9	-71%
P02	Berlin	FW	116,0	111,3	4%	50,0	51,2	-2%
P04	Berlin	FW	86,9	87,6	-1%	77,5	71,0	8%
P06	Hamburg	G	98,1	93,3	5%	83,5	95,9	-15%
P07	Hamburg	G	137,1	134,6	2%	98,7	135,2	-37%
P08	Hamburg	G	153,4	155,6	-1%	101,6	102,5	-1%
P11	Leichlingen	G	101,0	93,4	8%	94,6	127,6	-35%
P14	Gelsenkirchen	G	173,1	157,0	9%	71,7	84,3	-18%
P16	Bottrop	G	91,9	89,9	2%	61,4	84,9	-38%
P18	Bornheim	G	87,2	88,1	-1%	77,2	99,7	-29%
P20	Lüdenscheid	G	102,4	104,5	-2%	114,5	130,7	-14%
P22	Schwaikheim	G	77,4	75,0	3%	42,8	50,3	-18%
P25	Ulm	WP	110,0	30,1	73%	161,8	19,6	88%
V01	Berlin	FW	113,8	110,3	3%	78,7	81,6	-4%
V02	Berlin	FW	62,4	64,4	-3%	90,0	96,9	-8%
V06	Hamburg	G	142,1	132,0	7%	107,5	99,9	7%
V13	Solingen	G	86,6	84,7	2%	104,4	119,7	-15%
V14	Wermelskirchen	G	121,9	118,9	2%	63,7	84,6	-33%
V15	Essen	G	169,3	164,0	3%	87,7	69,9	20%
V17	Essen	G	121,5	128,8	-6%	82,6	92,2	-12%
V19	Dorsten	G	196,1	188,7	4%	103,3	103,0	0%
V21	Duisburg	G	147,6	136,8	7%	90,5	108,4	-20%
W01	Annaburg	G	84,7	84,2	1%	77,5	86,5	-12%
W03	Berlin	FW	121,1	42,6	65%	61,9	45,0	27%
W04	Berlin	FW	90,8	47,9	47%	79,3	12,8	84%
W06	Parchim	G	99,6	43,7	56%	89,4	68,6	23%
W08	Paderborn	G	64,1	68,1	-6%	61,0	62,3	-2%
W09	Velbert	G	85,1	86,3	-1%	96,9	77,7	20%
W10	Dortmund	G	163,1	142,8	12%	138,4	121,3	12%
W15	Essen	G	147,6	53,2	64%	91,3	63,1	31%
W17	Bramsche	G	165,4	122,0	26%	88,5	102,2	-15%
W18	Köln	WP	146,0	18,1	88%	126,2	19,7	84%
W19	Bad Laasphe	WP	155,3	16,3	90%	87,3	20,3	77%
W20	Halver	G	137,0	82,1	40%	117,9	98,9	16%
W21	Stuttgart	G	127,0	47,4	63%	147,9	87,0	41%
W22	München	FW	153,7	78,9	49%	96,6	38,2	60%
W24	Augsburg	WP	105,2	11,9	89%	45,9	30,4	34%
W25	Neuburg	G	72,0	22,2	69%	50,3	20,5	59%
W26	Dillingen	FW	75,4	50,8	33%	72,4	26,1	64%
WNR03	Schwarzheide	G	56,1	60,1	-7%	74,6	50,8	32%
<b>Mittelwerte</b>		-	<b>116,9</b>	<b>88,8</b>	<b>23%</b>	<b>88,2</b>	<b>77,1</b>	<b>10%</b>
R01	Fürth	Strom	55,0	51,3	7%	41,4	46,1	-11%
R03	Essen	Strom	96,3	42,7	56%	75,1	35,4	53%

Tabelle 17: Vergleich Endenergie Heizung Vor- und Nach-Sanierung (42 Gebäude)

Ein Vergleich der realen Verbrauchswerte vor und nach dem Austausch der Nachtstromspeicherheizungen führt zu folgenden Erkenntnissen. Der spezifische Endenergieverbrauch der Objekte, bei welchen keine bzw. nur eine punktuelle Wärmedämmung erfolgt, bleibt durch die Umstellung des Heizungssystems im Mittel nahezu konstant (durchschnittliche Erhöhung Endenergie Heizung 0,9 kWh/m<sup>2</sup>\*a bzw. 1%), bei allerdings starker Streuung in den einzelnen Objekten. Bei Gebäuden, bei denen neben dem Austausch der Heizungsanlage auch eine signifikante

Wärmedämmung der Gebäudehülle stattfand, verringert sich der spezifische Endenergieverbrauch um durchschnittlich ca. 46,9 kWh/m<sup>2</sup>\*a bzw. 51%). Im Vergleich von Endenergiebedarf und Endenergieverbrauch zeigt sich, dass rechnerisch ein etwas höheres Einsparpotenzial ermittelt wird, die Unterschiede zwischen Bedarf und Verbrauch aber vergleichsweise gering ausfallen – ohne Wärmedämmung im Mittel +11% vs. -1% und mit Wärmedämmung im Mittel +64% vs. 51%.

Diese Aussagen bestätigen sich auch im objektbezogenen Vergleich der Energiekennwerte (Abbildung 39: Endenergiebedarf Heizung; Abbildung 40: Primärenergiebedarf gesamt; Abbildung 41: Endenergieverbrauch Heizung; Abbildung 42: Primärenergieverbrauch Heizung mit Primärenergiefaktor Strom  $f_P = 2,6$ ; Abbildung 43: Primärenergieverbrauch Heizung mit Primärenergiefaktor Strom  $f_P = 2,0$ ). Dabei ist in allen Darstellungen der Einfluss der zusätzlichen Wärmedämmung in einzelnen Objekten zu beachten.

Wie schon argumentiert, wird bei fast gleichem Endenergiebedarf vor und nach Heizungsaustausch (Abbildung 39) bei den konventionellen Energieträgern Erdgas und Fernwärme eine erhebliche Senkung des Primärenergiebedarfs (Abbildung 40) durch die geringeren Primärenergiefaktoren erreicht. Niedrigere Anlagenaufwandszahlen bei Wärmepumpen und Klimageräten führen im Zuge des Heizungsaustausch zu einer Senkung des Endenergie- und des Primärenergiebedarfs.

Der Vergleich der Verbrauchswerte vor und nach Heizungsumtausch wird zusätzlich durch das Nutzerverhalten beeinflusst. Trotz des im Mittel etwas höheren Endenergieverbrauchs nach dem Austausch (Abbildung 41) wird durchweg in allen Objekten der Primärenergieverbrauch gesenkt, wenn mit dem Primärenergiefaktor für Strom  $f_P = 2,6$  nach EnEV 2009 gerechnet wird (Abbildung 42). Wird zukünftig der Anteil der regenerativen Energie weiter erhöht und die Effizienz der konventionellen Kraftwerke verbessert, sinkt der Primärenergiefaktor weiter ab. Auch in einem Szenario mit einem Primärenergiefaktor Strom  $f_P = 2,0$  (Abbildung 43 - dies entspricht auch den heute üblichen Annahmen für Europa) gilt jedoch für alle untersuchten Gebäude weiterhin die Aussage, dass durch den Heizungsaustausch der Primärenergieverbrauch für die Heizung gesenkt wird. Für die untersuchten 28 Gebäude des Modellvorhabens ohne Wärmedämmmaßnahmen (nur Heizungsaustausch) mit der für diese Stichprobe spezifischen Mischung verschiedener Austauschsysteme (22x Gas-Brennwert, 5x Fernwärme und 1x Wärmepumpe) wird eine primärenergetische Gleichwertigkeit erst mit einem Primärenergiefaktor Strom  $f_P = 1,07$  erreicht.

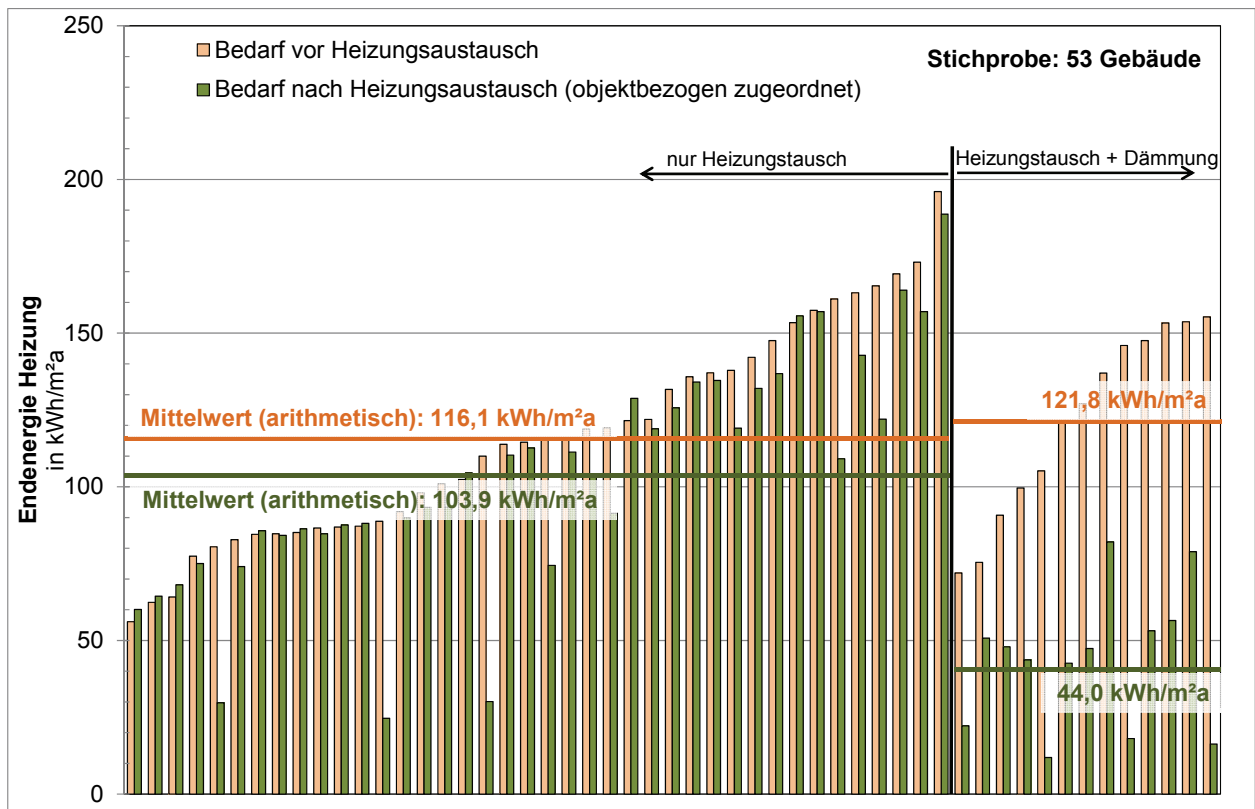


Abbildung 39: Endenergiebedarf Heizung Vor- und Nach-Sanierung (53 Gebäude, ohne Referenzgebäude)

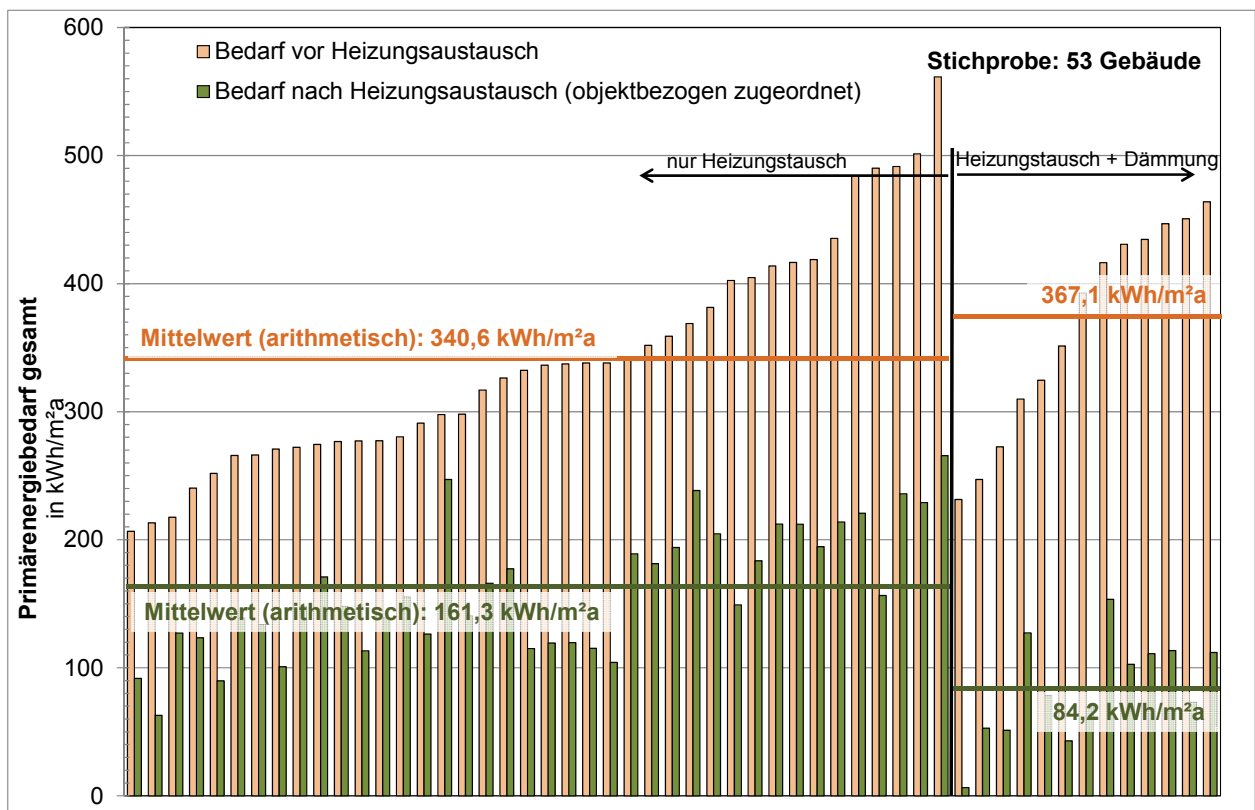


Abbildung 40: Primärenergiebedarf gesamt Vor- und Nach-Sanierung (53 Gebäude, ohne Referenzgebäude)

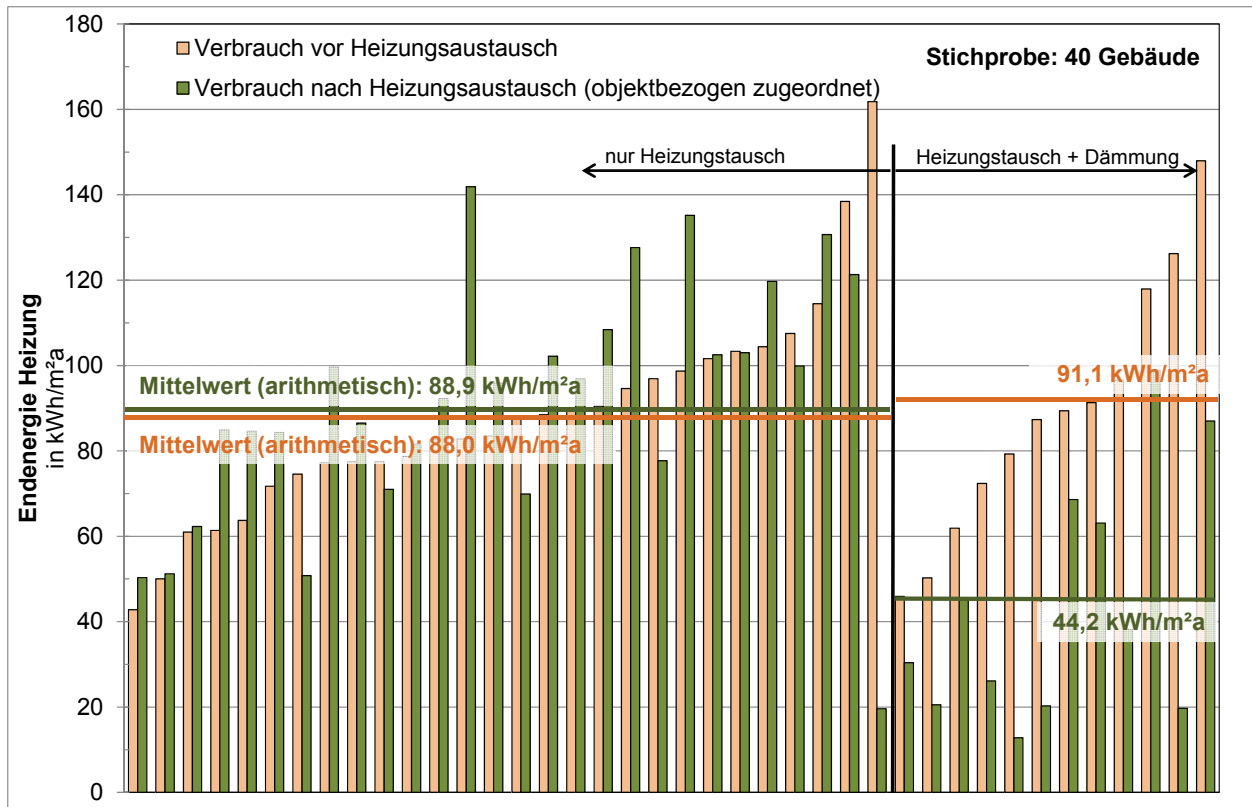


Abbildung 41: Endenergieverbrauch Heizung Vor- und Nach-Sanierung (40 Gebäude, ohne Referenzgebäude)

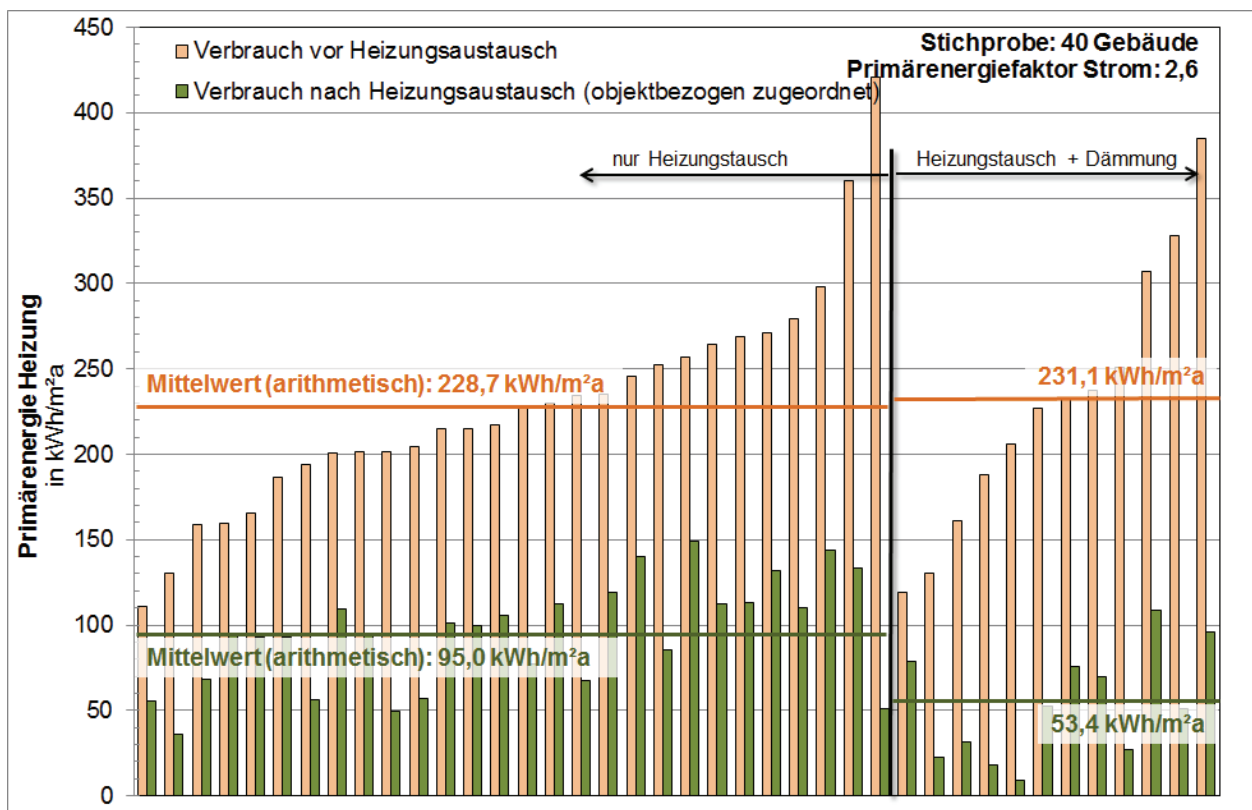


Abbildung 42: Primärenergieverbrauch Heizung Vor- und Nach-Sanierung (40 Gebäude, ohne Referenzgebäude, **Primärenergiefaktor Strom  $f_p = 2,6$** )

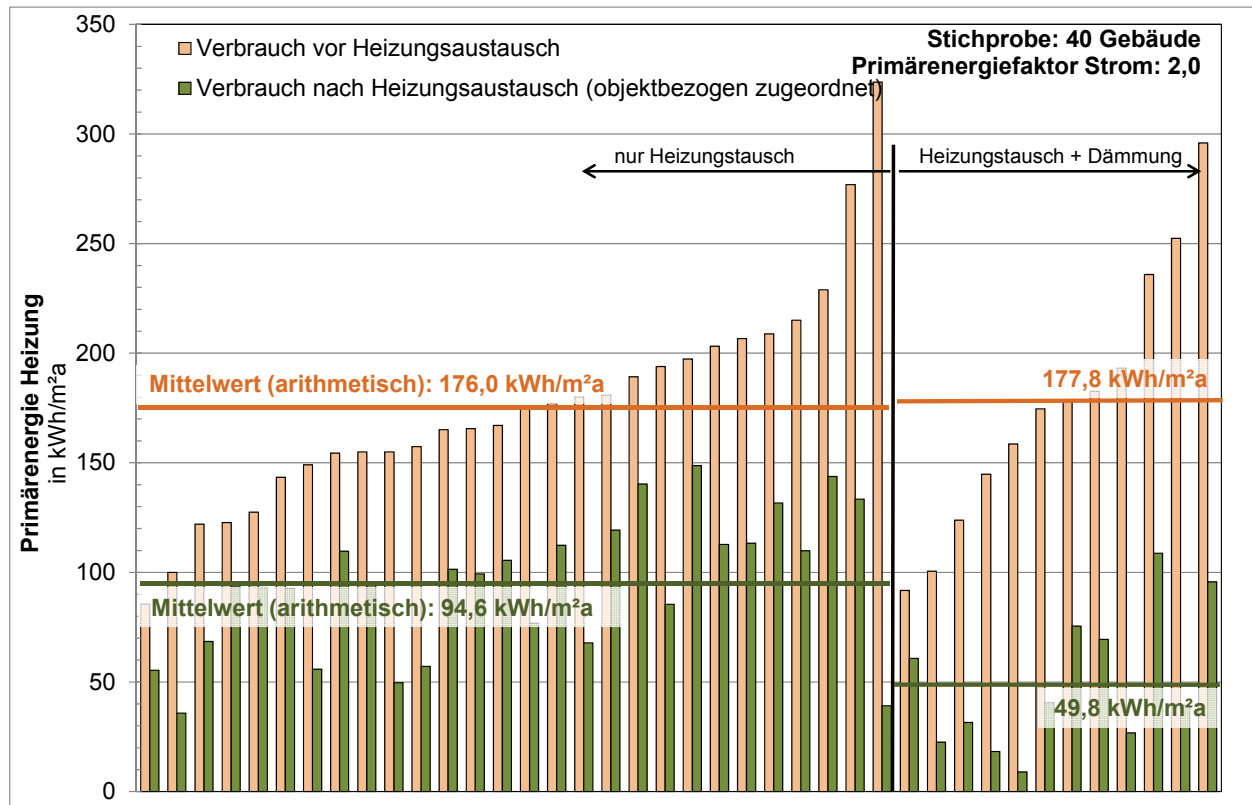


Abbildung 43: Primärenergieverbrauch Heizung Vor- und Nach-Sanierung  
(40 Gebäude, ohne Referenzgebäude, **Primärenergiefaktor Strom  $f_p = 2,0$** )

Eine statistische Zusammenfassung der energetischen Kennwerte enthält Abbildung 44. Im Vergleich Bedarf und Verbrauch fällt zunächst auf, dass der Energieverbrauch sowohl vor als auch nach dem Heizungsaustausch meist unter den jeweiligen Bedarfswerten liegt. Lediglich nach dem ausschließlichen Heizungsaustausch in Kombination mit Wärmedämmung und vor dem Austausch in der Variante „Heizung und Warmwasser – ohne Wärmedämmung“ liegt der Verbrauch über dem Bedarf. Hier sind allerdings die kleinen Stichprobengrößen (6 bzw. 3 Gebäude) zu beachten, wodurch evtl. Ausreißer (Nutzerverhalten oder Datenfehler) kaum kompensiert werden können. Durch den ausschließlichen Heizungsaustausch ohne Wärmedämmung sinkt der mittlere Endenergiebedarf, während der Endenergieverbrauch geringfügig ansteigt. Wird der Heizungsaustausch mit umfassenden Wärmedämmmaßnahmen und / oder dem Ersatz der elektrischen Warmwasserbereitung kombiniert, sinkt sowohl der Endenergiebedarf als auch der -verbrauch, letztere Absenkung fällt allerdings im Regelfall geringer aus. Ausnahmen könnten wiederum auf zu geringe Stichprobengrößen zurück zu führen sein.



Nochmals deutlich günstigere Verhältnisse ergeben sich bei einer primärenergetischen Betrachtung. Im Vergleich von Bedarf und von Verbrauch sinkt durch den Heizungsaustausch ggf. in Kombination mit Wärmedämmung und Warmwasserbereitung der Primärenergieaufwand deutlich, die Einsparung beträgt 54 bis 83% bzw. ca. 120 bis ca. 280 kWh/m<sup>2</sup>a.

Von Interesse ist auch eine Aussage, inwieweit im Vergleich von Heizungsaustausch und Wärmedämmung die rechnerischen Einsparungen in der Realität erreicht werden können. In der untersuchten Stichprobe zeigt sich, dass bei alleinigem Heizungsaustausch die vorhergesagten Einspareffekte nicht ganz erreicht werden, das Verhältnis der Einsparungen im Primärenergieverbrauch zu den Einsparungen im Primärenergiebedarf beträgt im Mittel 68% (Diskrepanz zwischen rechnerischer Einsparung und gemessenem Verbrauch: 69 kWh/m<sup>2</sup>a). Etwas größere Abweichungen treten für die Kombination Heizungsaustausch und Wärmedämmung auf, hier beträgt das Einsparverhältnis 63% (Diskrepanz: 107 kWh/m<sup>2</sup>a). Günstigere Verhältnisse treten bei Kombination mit dem Ersatz der Warmwasserbereitung auf, die kleinen Stichproben lassen allerdings keine Verallgemeinerung dieser Aussagen zu, vielmehr ist hier weiterer Untersuchungsbedarf zu erkennen.

	Kenngröße	nur Heizungsaustausch		Heizung und Warmwasser	
		Ohne Wärmedämmung	Mit Wärmedämmung	Ohne Wärmedämmung	Mit Wärmedämmung
vor Austausch	Endenergiebedarf	120,2 kWh/m <sup>2</sup> a	129,7 kWh/m <sup>2</sup> a	133,5 kWh/m <sup>2</sup> a	118,4 kWh/m <sup>2</sup> a
	Primärenergiebedarf	312,6 kWh/m <sup>2</sup> a	337,1 kWh/m <sup>2</sup> a	347,1 kWh/m <sup>2</sup> a	307,9 kWh/m <sup>2</sup> a
	Endenergieverbrauch	85,7 kWh/m <sup>2</sup> a	91,0 kWh/m <sup>2</sup> a	134,4 kWh/m <sup>2</sup> a	103,0 kWh/m <sup>2</sup> a
	Primärenergieverbrauch	222,8 kWh/m <sup>2</sup> a	236,7 kWh/m <sup>2</sup> a	349,3 kWh/m <sup>2</sup> a	267,8 kWh/m <sup>2</sup> a
	Endenergie Verbrauch/Bedarf vorher	75 %	71 %	115 %	88 %
	Primärenergie Verbrauch/Bedarf vorher	75 %	71 %	111 %	89 %
nach Austausch	Endenergiebedarf	116,3 kWh/m <sup>2</sup> a	44,9 kWh/m <sup>2</sup> a	86,7 kWh/m <sup>2</sup> a	66,8 kWh/m <sup>2</sup> a
	Primärenergiebedarf	121,8 kWh/m <sup>2</sup> a	55,1 kWh/m <sup>2</sup> a	100,4 kWh/m <sup>2</sup> a	60,7 kWh/m <sup>2</sup> a
	Endenergieverbrauch	96,1 kWh/m <sup>2</sup> a	50,6 kWh/m <sup>2</sup> a	87,4 kWh/m <sup>2</sup> a	61,3 kWh/m <sup>2</sup> a
	Primärenergieverbrauch	101,0 kWh/m <sup>2</sup> a	61,5 kWh/m <sup>2</sup> a	93,7 kWh/m <sup>2</sup> a	57,1 kWh/m <sup>2</sup> a
	Endenergie Verbrauch/Bedarf nachher	87 %	135 %	98 %	98 %
	Primärenergie Verbrauch/Bedarf nachher	87 %	116 %	98 %	98 %
Vergleich nach/vor	Einsparung Endenergiebedarf	3 %	62 %	31 %	40 %
		4,0 kWh/m <sup>2</sup> a	84,8 kWh/m <sup>2</sup> a	46,8 kWh/m <sup>2</sup> a	51,6 kWh/m <sup>2</sup> a
	Einsparung Endenergieverbrauch	-14 %	42 %	24 %	40 %
		-10,4 kWh/m <sup>2</sup> a	40,5 kWh/m <sup>2</sup> a	46,9 kWh/m <sup>2</sup> a	41,7 kWh/m <sup>2</sup> a
	Einsparung Primärenergiebedarf	61 %	83 %	71 %	80 %
		190,7 kWh/m <sup>2</sup> a	282,0 kWh/m <sup>2</sup> a	244,6 kWh/m <sup>2</sup> a	249,6 kWh/m <sup>2</sup> a
	Einsparung Primärenergieverbrauch	54 %	72 %	71 %	79 %
121,8 kWh/m <sup>2</sup> a		175,2 kWh/m <sup>2</sup> a	255,6 kWh/m <sup>2</sup> a	210,7 kWh/m <sup>2</sup> a	
Verhältnis Primärenergieeinsparungen Verbrauch zu Bedarf	68 %	63 %	116 %	91 %	
Differenz Primärenergieeinsparungen Bedarf - Verbrauch ("Mehrverbrauch")	69 kWh/m <sup>2</sup> a	107 kWh/m <sup>2</sup> a	-11 kWh/m <sup>2</sup> a	39 kWh/m <sup>2</sup> a	
Ausgewertete Stichprobe		23	6	3	8

Abbildung 44: Übersicht energetische Kennwerte zur Bewertung des Heizungsaustausches

### Fazit Energieeffizienz des Heizungsaustausches

Vergleicht man den Energiebedarf vor und nach Austausch der Nachtstromspeicherheizung, fällt vor allem der Unterschied zwischen end- und primärenergetischem Einsparpotenzial ins Auge. Die konventionellen Lösungen Gas-Brennwert und Fernwärme führen kaum zu einer Minderung des Endenergiebedarfs, allerdings wird bei Ersatz durch eine Heizung mit Gas-Brennwertgeräten oder mit Fernwärme ein primärenergetisches Einsparpotenzial unter Beibehaltung der dezentralen elektrischen Warmwasserbereitung in der Größenordnung von ca. 40 bis 60% (Gas-Brennwert) bzw. von 60 bis 70% (Fernwärme mit Standardwerten für KWK fossil) erschlossen. Das rechnerische Einsparpotenzial der Wärmepumpen bzw. des Klimagerätes erreicht auch ohne Maßnahmen zur Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes sowohl end- als auch primärenergetisch eine Größenordnung von etwa 60 bis 70%, in Verbindung mit umfassenden Wärmedämmmaßnahmen steigt das Einsparpotenzial auf 75 bis 90%. Folgende Beispiele belegen diese Verhältnisse:

- 6FH Bottrop (P16) - Gas-Brennwert:

Endenergiebedarf 91,9 → 89,9 kWh/m<sup>2</sup>a → 2% Einsparung

Primärenergiebedarf 277,3 → 139,1 kWh/m<sup>2</sup>a → 50% Einsparung

- 9FH Berlin (V01) - Fernwärme KWK:

Endenergiebedarf 113,8 → 110,3 kWh/m<sup>2</sup>a → 3% Einsparung

Primärenergiebedarf 332,4 → 115,0 kWh/m<sup>2</sup>a → 65% Einsparung

- 6FH Ulm (P25) – Sole-WP:

Endenergiebedarf 110,0 → 30,1 kWh/m<sup>2</sup>a → 73% Einsparung

Primärenergiebedarf 338,0 → 104,2 kWh/m<sup>2</sup>a → 69% Einsparung

Der spezifische Endenergieverbrauch der Objekte, bei welchen keine bzw. nur eine punktuelle Wärmedämmung erfolgt, bleibt durch die Umstellung des Heizungssystems im Mittel nahezu konstant (durchschnittliche Erhöhung Endenergie Heizung 0,9 kWh/m<sup>2</sup>\*a bzw. 1%), bei allerdings starker Streuung in den einzelnen Objekten.

Auch das lässt sich wiederum durch Fallbeispiele mit Gas-Brennwerttechnik belegen:

- 6FH Bottrop (P16):

Endenergieverbrauch 61,4 → 84,9 kWh/m<sup>2</sup>a → 38% Mehrverbrauch

- 8FH Dorsten (V19):

Endenergieverbrauch 103,3 → 103,0 kWh/m<sup>2</sup>a → 0% Einsparung

- 12FH Essen (V15):

Endenergieverbrauch 87,7 → 69,9 kWh/m<sup>2</sup>a → 20% Einsparung

Bei Gebäuden, bei denen neben dem Austausch der Heizungsanlage auch eine signifikante Wärmedämmung der Gebäudehülle stattfand, verringert sich der spezifische Endenergieverbrauch um durchschnittlich ca. 46,9 kWh/m<sup>2</sup>\*a bzw. 51%). Bei fast gleichem Endenergiebedarf vor und nach Heizungsaustausch wird bei den konventionellen Energieträgern Erdgas und Fernwärme eine erhebliche Senkung des Primärenergiebedarfs durch die geringeren Primärenergiefaktoren erreicht. Niedrigere Anlagenaufwandszahlen bei Wärmepumpen und Klimageräten führen im Zuge des Heizungsaustausch zu einer Senkung des Endenergie- und des Primärenergiebedarfs. Der Vergleich der Verbrauchswerte vor und nach Heizungsumtausch wird zusätzlich durch das Nutzerverhalten beeinflusst. Durchweg in allen Objekten wird durch den Heizungsaustausch der Primärenergieverbrauch gesenkt. Dies gilt sowohl mit dem Primärenergiefaktor für Strom  $f_p = 2,6$  nach EnEV 2009 als auch in einem Szenario mit einem Primärenergiefaktor Strom  $f_p = 2,0$ .

Bei einer statistischen Bewertung der Gebäude im Modellvorhaben fällt auf, dass der Energieverbrauch sowohl vor als auch nach dem Heizungsaustausch meist unter den jeweiligen Bedarfswerten liegt. Fallbeispiele mit Gas-Brennwerttechnik bestätigen diese Aussage:

- 6FH Bottrop (P16):

Vorher: Bedarf 91,9 kWh/m<sup>2</sup>a - Verbrauch 61,4 kWh/m<sup>2</sup>a → - 33%

Nachher: Bedarf 89,9 kWh/m<sup>2</sup>a - Verbrauch 84,9 kWh/m<sup>2</sup>a → - 6%

- 8FH Dorsten (V19):

Vorher: Bedarf 196,1 kWh/m<sup>2</sup>a - Verbrauch 103,3 kWh/m<sup>2</sup>a → - 47%

Nachher: Bedarf 188,7 kWh/m<sup>2</sup>a - Verbrauch 103,0 kWh/m<sup>2</sup>a → - 45%

- 12FH Essen (V15):

Vorher: Bedarf 169,3 kWh/m<sup>2</sup>a - Verbrauch 87,7 kWh/m<sup>2</sup>a → - 48%

Nachher: Bedarf 164,0 kWh/m<sup>2</sup>a - Verbrauch 69,9 kWh/m<sup>2</sup>a → - 57%

Von Interesse ist auch eine Aussage, inwieweit im Vergleich von Heizungsaustausch und Wärmedämmung die rechnerischen Einsparungen in der Realität erreicht werden können. In der untersuchten Stichprobe zeigt sich, dass bei alleinigem

Heizungsaustausch die vorhergesagten Einspareffekte nicht ganz erreicht werden, das Verhältnis der Einsparungen im Primärenergieverbrauch zu den Einsparungen im Primärenergiebedarf beträgt im Mittel 68% (Diskrepanz zwischen rechnerischer Einsparung und gemessenem Verbrauch: 69 kWh/m<sup>2</sup>a). Etwas größere Abweichungen treten für die Kombination Heizungsaustausch und Wärmedämmung auf, hier beträgt das Einsparverhältnis 63% (Diskrepanz: 107 kWh/m<sup>2</sup>a). Die teilweise kleinen Teilstichproben lassen allerdings keine Verallgemeinerung dieser Aussagen zu, vielmehr ist hier weiterer Untersuchungsbedarf zu erkennen.

## 8 Wirtschaftlichkeit des Heizungsaustausches

### 8.1 Bewertungsverfahren

Nach Angaben des Bundesverbandes deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen GdW existiert bei Wohnungsunternehmen kein einheitliches Berechnungsverfahren zur Wirtschaftlichkeit von Modernisierungsmaßnahmen. Vielmehr werden Investitionsentscheidungen im Einzelfall in Abhängigkeit von den Randbedingungen (Förder- und Finanzierungsmöglichkeiten, Wohnungsmarkt, sozio-ökonomische Verhältnisse der Mieter) getroffen. Auch zwischen großen Wohnungsunternehmen und Besitzern einzelner Liegenschaften unterscheiden sich die Entscheidungsprozesse. Ein vollständiger Finanzplan stellt dabei den detailliertesten Rechenansatz dar. Allerdings ist dieser von spezifischen Randbedingungen abhängig und deshalb kaum für verallgemeinerbare Aussagen z. B. im Rahmen dieses Modellvorhabens geeignet.

Eine Erhebung des Institutes für Wohnen und Umwelt bestätigt diese Aussagen (Abbildung 45). Für klassische Verfahren (Gesamtkostenansatz nach VDI 2067) mit 31% und für die II. Berechnungsverordnung (Modernisierungsumlage) mit 43% lässt sich eine Präferenz in der Wohnungswirtschaft feststellen.

Im Modellvorhaben werden Berechnungen nach VDI 2067 (Gesamtkostenansatz) und nach der II. Berechnungsverordnung (Modernisierungsumlage) durchgeführt.

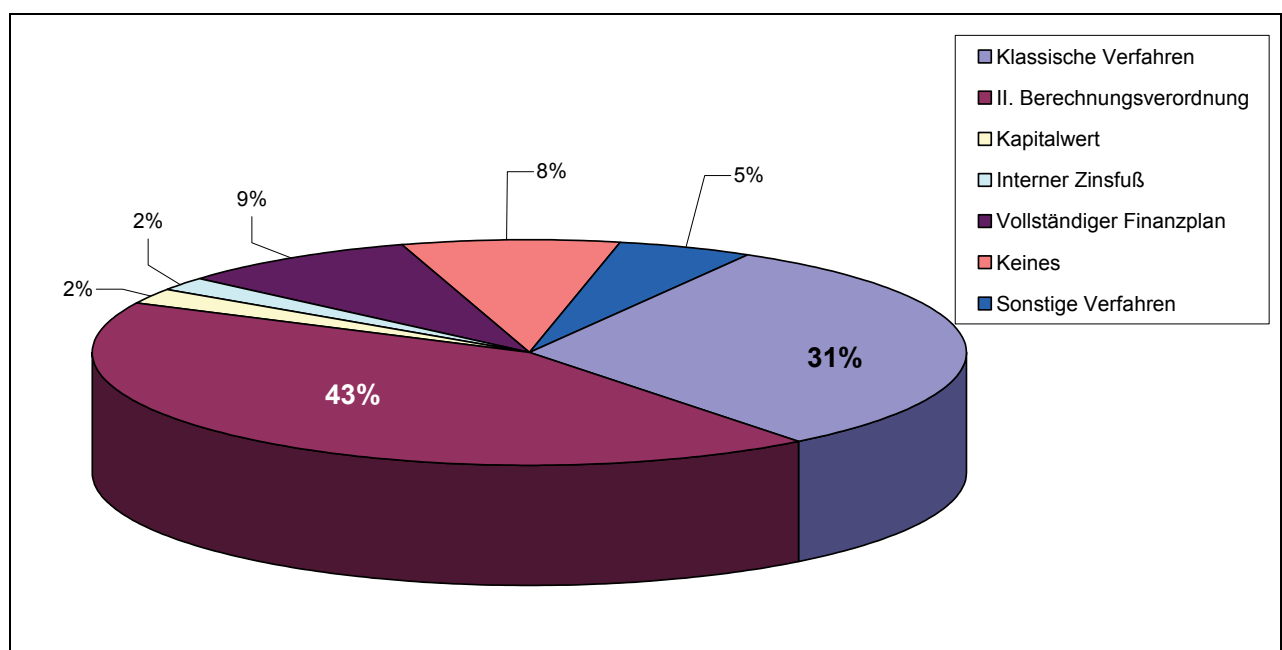


Abbildung 45: Verfahren zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit in der Wohnungswirtschaft  
(Quelle: Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, 2002)

Wird die Wirtschaftlichkeit von effizienzverbessernden Modernisierungsmaßnahmen vollständig mit dem Gesamtkostenansatz nach VDI 2067 bilanziert, sind folgende Kostenanteile zu summieren:

- kapitalgebundene Kosten (aus den Investitionskosten),
- Verbrauchsgebundene Kosten und
- Betriebsgebundene Kosten.

Um die bei der Modernisierung einmalig anfallenden Investitionskosten mit den laufenden jährlichen Ausgaben vergleichen zu können, ist deren Umrechnung erforderlich. Unter Beachtung der Nutzungsdauer, des Instandsetzungsaufwandes, des Kreditzinses und ggf. einer Preisänderungsrate werden mit einem Annuitätsfaktor die über die Nutzungsdauer jährlich anfallenden kapitalgebundenen Kosten berechnet.

Verbrauchsgebundene Kosten sind die für den Endenergiebedarf anfallenden Energiekosten unter Beachtung von Arbeitspreisen und Verrechnungspreisen des Energieträgers. Unter betriebsgebundenen Kosten versteht man die für den bestimmungsgemäßen Betrieb der Haustechnik anfallenden Kosten (Wartung).

Die II. Berechnungsverordnung (BVO 2 „Verordnung über wohnungswirtschaftliche Berechnungen“, Neufassung 1990, letzte Änderung 2003) regelt die Wirtschaftlichkeitsberechnung von baulichen Maßnahmen bei öffentlich gefördertem oder steuerbegünstigtem Wohnraum unter Anwendung des 2. Wohnungsbaugesetzes (auch bei Anwendung Wohnungsbindungsgesetz und Wohnungsgemeinnützigkeitsgesetz).

Damit im Zusammenhang stehen die Festlegungen des Bürgerlichen Gesetzbuchs (BGB, Neufassung 2002, letzte Änderung 2005), wonach die für Modernisierungsmaßnahmen (dauerhafte Verbesserung der Wohnverhältnisse oder nachhaltige Einsparung von Energie oder Wasser) angefallenen Kosten mit 11%/a unter angemessener Aufteilung auf die Wohnungen umgelegt werden können. Dabei ist zwischen der Sichtweise des Vermieters (Wohnungswirtschaft) und des Mieters zu differenzieren.

## 8.2 Investitionskosten

Die Investitionskosten des Heizungsaustausches und evtl. weiterer Modernisierungsmaßnahmen werden anhand der Schlussrechnungen bewertet, um deren vollständige Aushändigung die Teilnehmer gebeten wurden. Komplette Datensätze inkl. Modernisierungskosten sowie Energieverbräuche für mindestens eine Heizperiode liegen für insgesamt 40 Gebäude vor.

Zunächst sind die Entsorgungskosten der Nachtstromspeicherheizungen von Interesse, da die KfW-Förderung im Modellvorhaben als auch zeitweise im Rahmen des Programms Energieeffizient Sanieren – Sonderförderung (431) auf den Abbau der Geräte Bezug nahm. Tabelle 18 zeigt die vorliegenden Entsorgungskosten (Demontage und Entsorgung). Eine fiktive Förderquote bei einer Förderung von 150 €/Gerät schwankt in weiten Grenzen, für 80% der 43 ausgewerteten Gebäude liegt die fiktive Förderquote zwischen 51 und 505% bei Entsorgungskosten zwischen ca. 295 und 30 €/Gerät. Differenziert man die Kosten nach dem entsorgenden Gewerk, entstehen mittlere Kosten von 125 €/Gerät bei Entsorgungsunternehmen, 135 €/Gerät bei Selbstentsorgung, 167 €/Gerät bei Entsorgung durch den Heizungsinstallateur und 175 €/Gerät bei Entsorgung durch den Elektriker.

Kennung	Standort	Gebäude			Geräte		Entsorgungskosten brutto				Entsorgung durch
		Anzahl WE	Nutzfläche	Baujahr	Anzahl		gesamt	je Gerät	je m <sup>2</sup>	fiktive Förderquote bei 150 €/Gerät	
		-	m <sup>2</sup>	-	gesamt	Asbest	€	€/Gerät	€/m <sup>2</sup>	%	
P01	Berlin	25	1490	1959	65	k.A.	22.046	339	14,80	44%	El.
P02	Berlin	29	4346	1910	106	k.A.	19.729	186	4,54	81%	Hzg.
P04	Berlin	9	1435	1910	40	k.A.	1.027	26	0,72	584%	k.A.
P06	Hamburg	30	2216	1908	99	k.A.	13.590	137	6,13	109%	El.
P07	Hamburg	11	669	1956	33	k.A.	10.922	331	16,33	45%	El.
P08	Hamburg	8	448	1958	16	k.A.	4.233	265	9,45	57%	El.
P11	Leichlingen	9	897	1967	40	k.A.	602	15	0,67	997%	selbst
P14	Gelsenkirchen	7	587	1925	18	k.A.	4.584	255	7,81	59%	selbst
P16	Boitrop	6	596	1972	30	k.A.	3.783	126	6,35	119%	El.
P18	Bornheim	10	969	1971	38	k.A.	8.264	217	8,53	69%	El.
P20	Lüdenscheid	7	411	1920	24	k.A.	8.577	357	20,87	42%	Hzg.
P22	Schwaikheim	20	1834	1973	40	k.A.	13.901	348	7,58	43%	El.
V01	Berlin	9	730	1880	31	k.A.	3.891	126	5,33	120%	Hzg.
V02	Berlin	128	12319	1982-1984	555	k.A.	72.055	130	5,85	116%	Ent.
V03	Berlin	36	3461	1910	31	10	8.132	262	2,35	57%	El.
V04	Berlin	29	2367	1900	48	k.A.	10.510	219	4,44	69%	Ent.
V06	Hamburg	10	1132	1907	57	k.A.	14.897	261	13,16	57%	k.A.
V13	Solingen	6	428	1984	22	k.A.	2.329	106	5,44	142%	El.
V14	Wermelskirchen	13	972	1963	34	k.A.	204	6	0,21	2502%	Ent.
V15	Essen	12	714	1961	24	k.A.	3.566	149	4,99	101%	El.
V16	Essen	8	718	1911	24	k.A.	4.160	173	5,79	87%	El.
V18	Essen	6	664	1925	18	0	4.584	255	6,90	59%	El.
V19	Dorsten	8	481	1936	21	0	4.200	200	8,73	75%	El.
V21	Duisburg	11	843	1963	25	25	2.231	89	2,65	168%	Ent.
V22	Münster	8	704	1975	22	k.A.	1.115	51	1,58	296%	Ent.
W01	Annaburg	18	1121	1965	60	k.A.	2.849	47	2,54	316%	El.
W02	Berlin	72	5019	1966	252	k.A.	4.431	18	0,88	853%	k.A.
W06	Parchim	38	1356	1979	40	k.A.	1.188	30	0,88	505%	El.
W08	Paderborn	54	4817	1973	302	k.A.	28.880	96	6,00	157%	Hzg.
W09	Velbert	42	3317	1973	194	k.A.	22.242	115	6,71	131%	Hzg.
W10	Dortmund	16	1109	1958	57	k.A.	8.303	146	7,49	103%	El.
W14	Essen	8	814	1927	32	k.A.	3.453	108	4,24	139%	El.
W17	Bramsche	5	328	1981	15	k.A.	4.463	298	13,61	50%	Ent.
W18	Köln	12	733	1969	29	29	2.367	82	3,23	184%	Ent.
W19	Bad Laasphe	24	1800	1967	96	k.A.	12.043	125	6,69	120%	El.
W20	Halver	8	481	1953	24	k.A.	8.359	348	17,38	43%	El.
W22	München	47	2699	1939	192	0	15.440	80	5,72	187%	El.
W24	Augsburg	21	2163	1970	89	k.A.	12.714	143	5,88	105%	Hzg.
W25	Neuburg	21	2072	1969	100	k.A.	6.230	62	3,01	241%	El.
W26	Dillingen	28	1978	1971	78	k.A.	11.646	149	5,89	100%	Hzg.
WNR01	Schollene	10	433	1998	2	k.A.	159	80	0,37	188%	k.A.
WNR03	Schwarzheide	40	3143	1978	181	k.A.	5.385	30	1,71	504%	El.
WNR04	Essen	18	1474	1960	81	k.A.	11.077	137	7,51	110%	El.

Legende: Ent. - Entsorgungsunternehmen; El. - Elektriker; Hzg. - Heizungsinstallateur; selbst - Selbstausbau

Tabelle 18: Entsorgungskosten für Nachtstromspeicherheizungen (inkl. MwSt.) (43 Gebäude)

Die Investitionskosten für die Modernisierungsmaßnahmen im Rahmen des Modellvorhabens wurden anhand der Angaben der Teilnehmer und - soweit vorhanden - mit den vorliegenden Abrechnungen der Handwerker ermittelt. Dabei erfolgte eine Aufschlüsselung nach

- Investitionskosten Heizung (einschließlich Montageleistungen)
  - Hausanschluss,
  - Fernwärmestation oder Wärmeerzeuger inkl. Gas- und Abgasanschluss,
  - Rohrleitungen inkl. Dämmung,
  - Heizflächen,
  - Sonstiges,
- Investitionskosten Sonstiges
  - Wärmedämmung (Dach, oberste Geschosdecke, Kellerdecke, Außenwand),
  - Fensteraustausch,
  - Warmwasserbereitung,
  - Lüftung,
  - Baunebenleistungen.

Für die Investitionskosten werden neben den absoluten Werten auch spezifische Angaben je m<sup>2</sup> Nutzfläche und je Wohneinheit ermittelt.

Die Aufschlüsselung der einzelnen Positionen war je nach Rechnung von unterschiedlicher Detailliertheit. Zum Teil lagen nur Komplettpreise für gesamte Gewerke oder Bauabschnitte vor. Bei Wohnungsgesellschaften lagen zum Teil Rechnungen für mehrere Häuser vor. Hier wurden die Kosten über die Verhältnisse der Wohnflächen auf die zu betrachtenden Häuser umgerechnet. Für einige Gebäude wurden keine Verbrauchsdaten nach der Sanierung geliefert. Daher ist für diese Objekte keine Analyse der jährlichen Kosten auf Grundlage von realen Verbrauchswerten möglich.

Die mit dem Heizungsumbau verbundenen gesamten Investitionskosten werden anhand der typischen Austauschlösung Gas-Brennwerttechnik zur Heizung zunächst beispielhaft in Tabelle 19 für ein kleines und ein großes Gebäude vergleichend dargestellt.

Trotz der absolut fast um eine Größenordnung differierenden Investitionskosten sind die spezifischen Kosten je m<sup>2</sup> Nutzfläche bzw. je Wohnung durchaus vergleichbar.

	P16, Bottrop	W08, Paderborn
<b>Gebäudegröße</b>		
Anzahl Wohnungen	6	54
Nutzfläche A <sub>N</sub>	596 m <sup>2</sup>	4817 m <sup>2</sup>
<b>Investitionskosten netto</b>		
Entsorgung Nachtstromspeicherheizungen	2.738 €	24.764 €
Hausanschluss Erdgas	2.112 €	8.742 €
BW-Gerät(e), inkl. Abgas und Gasanschluss	5.549 €	45.021 €
Rohrleitungen inkl. Wärmedämmung	13.244 €	105.321 €
Heizflächen	10.015 €	70.822 €
Sonstiges (Stundenarbeiten, Dokumentation)	605 €	14.149 €
Summe netto	34.263 €	268.819 €
<b>Investitionskosten brutto</b>		
Mehrwertsteuer 19%	6.510 €	51.076 €
Zuschuss Modellvorhaben	-7.500 €	-54.400 € <sup>1)</sup>
Investitionskosten, absolut	<b>33.273 €</b>	<b>265.495 €</b>
<b>Investitionskosten spezifisch</b>		
pro Wohnung	<b>5.545 €/Whg.</b>	<b>4.917 €/Whg.</b>
pro m <sup>2</sup> Nutzfläche	<b>55,8 €/m<sup>2</sup></b>	<b>55,1 €/m<sup>2</sup></b>
<sup>1)</sup> ...nur Zuschuss für 216 Geräte beantragt		

Tabelle 19: Investitionskosten für Austausch von Nachtstromspeicherheizungen (2 Beispielgebäude)

Die Zusammenstellung der Investitionskosten für alle ausgewerteten 57 Gebäude im Modellvorhaben enthalten Tabelle 20 und Abbildung 46. Für den Heizungsaustausch einschließlich Entsorgung der Nachtstromspeicherheizung betragen die Investitionskosten brutto im Mittel ca. 5780 €/Wohnung bzw. ca. 75 €/m<sup>2</sup> Nutzfläche. Für 80% der Gebäude betragen die Investitionskosten brutto für den Heizungsaustausch zwischen 3.200 und 7.250 €/Wohnung bzw. zwischen 43 und 107 €/m<sup>2</sup> Nutzfläche. Auch die beiden Referenzgebäude liegen mit ca. 85 €/m<sup>2</sup> (R01 mit E-Direktheizung) und ca. 54 €/m<sup>2</sup> (R03 mit E-Speicherheizung) in diesem Bereich. Objektspezifische Unterschiede resultieren u.a. aus

- der Art des Heizsystems (Gas-Brennwert, Fernwärme oder Wärmepumpe),
- der Leistung des Heizsystems (in Abhängigkeit vom Wärmeschutzniveau),
- der Geometrie der Gebäude (Anzahl der Heizkörper in Abhängigkeit von der Anzahl der Räume und
- regionalen Einflüssen (Wettbewerbssituation im Handwerk, Marktpreise).

Die aus Abbildung 46 abzulesenden hohen Investitionskosten für die Trinkwassererwärmung könnte auf einen real hohen Aufwand unter Beachtung der Nebenkosten (Installation zentrales Warmwassernetz einschließlich Zirkulation,



Austausch Armaturen, Fliesen- und Malerarbeiten), evtl. aber auch auf eine schwierige Kostentrennung für die einzelnen Positionen Heizung und Trinkwassererwärmung zurück zu führen sein.

Kennung	Standort	Gebäude		Investitionskosten (brutto)								
		Anzahl WE	Nutzfläche	Heizung			Warmwasser			Wärmedämmung (inkl. Fenstertausch)		
				gesamt	pro WE	pro m <sup>2</sup>	gesamt	pro WE	pro m <sup>2</sup>	gesamt	pro WE	pro m <sup>2</sup>
-	m <sup>2</sup>	€	€/WE	€/m <sup>2</sup>	€	€/WE	€/m <sup>2</sup>	€	€/WE	€/m <sup>2</sup>		
P01	Berlin	25	1490	92.402	3.696	62,02	-	-	-	-	-	-
P02	Berlin	29	4346	173.544	5.984	39,93	-	-	-	-	-	-
P04	Berlin	9	1435	60.834	6.759	42,39	-	-	-	24.657	2.740	17,18
P06	Hamburg	30	2216	221.144	7.371	99,79	-	-	-	-	-	-
P07	Hamburg	11	669	49.564	4.506	74,09	-	-	-	-	-	-
P08	Hamburg	8	448	21.386	2.673	47,74	-	-	-	-	-	-
P11	Leichlingen	9	897	40.956	4.551	45,66	-	-	-	50.971	5.663	56,82
P13	Essen	8	664	30.851	3.856	46,46	7.691	961	11,58	-	-	-
P14	Gelsenkirchen	7	587	35.237	5.034	60,03	-	-	-	-	-	-
P16	Boitrop	6	596	39.196	6.533	65,77	-	-	-	-	-	-
P18	Bornheim	10	969	66.014	6.601	68,13	-	-	-	-	-	-
P20	Lüdenscheid	7	411	22.438	3.205	54,59	-	-	-	-	-	-
P22	Schwaikheim	20	1834	104.500	5.225	56,98	-	-	-	-	-	-
P23	Lahr	9	887	18.086	2.010	20,39	-	-	-	-	-	-
P25	Ulm	6	457	53.636	8.939	117,37	5.249	875	11,49	-	-	-
V01	Berlin	9	730	35.094	3.899	48,07	-	-	-	-	-	-
V02	Berlin	128	12319	550.435	4.300	44,68	-	-	-	-	-	-
V03	Berlin	36	3461	46.795	1.300	13,52	-	-	-	-	-	-
V04	Berlin	29	2367	131.329	4.529	55,48	-	-	-	-	-	-
V06	Hamburg	10	1132	127.857	12.786	112,95	-	-	-	-	-	-
V09	Hamburg	15	1086	65.671	4.378	60,47	-	-	-	72.134	4.809	66,42
V13	Solingen	6	428	27.901	4.650	65,19	-	-	-	-	-	-
V14	Wermelskirchen	13	972	48.763	3.751	50,17	-	-	-	-	-	-
V15	Essen	12	714	30.782	2.565	43,11	-	-	-	-	-	-
V17	Essen	9	727	31.570	3.508	43,43	-	-	-	-	-	-
V18	Essen	6	664	26.706	4.451	40,22	-	-	-	2.942	490	4,43
V19	Dorsten	8	481	24.480	3.060	50,89	-	-	-	-	-	-
V21	Duisburg	11	843	33.424	3.039	39,65	-	-	-	-	-	-
V22	Münster	8	704	25.758	3.220	36,59	-	-	-	-	-	-
V23	Hürth	7	582	11.351	1.622	19,50	-	-	-	-	-	-
W01	Annaburg	18	1121	31.586	1.755	28,18	-	-	-	-	-	-
W02	Berlin	72	5019	683.996	9.500	136,28	-	-	-	149.406	2.075	29,77
W03	Berlin	24	1922	235.922	9.830	122,75	69.430	2.893	36,12	360.032	15.001	187,32
W04	Berlin	58	5283	1.468.971	25.327	278,06	223.932	3.861	42,39	1.066.543	18.389	201,88
W06	Parchim	38	1356	103.678	2.728	76,46	3.832	101	2,83	314.246	8.270	231,75
W08	Paderborn	54	4817	293.357	5.433	60,90	-	-	-	-	-	-
W09	Velbert	42	3317	106.726	2.541	32,18	-	-	-	-	-	-
W10	Dortmund	16	1109	67.532	4.221	60,89	-	-	-	37.107	2.319	33,46
W12	Essen	10	729	35.864	3.586	49,20	-	-	-	-	-	-
W13	Essen	6	394	65.305	10.884	165,75	-	-	-	64.453	10.742	163,59
W14	Essen	8	814	106.207	13.276	130,47	-	-	-	30.601	3.825	37,59
W15	Essen	18	1517	91.338	5.074	60,21	-	-	-	467.924	25.996	308,45
W17	Bramsche	5	328	40.797	8.159	124,38	5.000	1.000	15,24	2.128	426	6,49
W18	Köln	12	733	154.387	12.866	210,62	-	-	-	351.752	29.313	479,88
W19	Bad Laasphe	24	1800	121.843	5.077	67,69	-	-	-	204.429	8.518	113,57
W20	Halver	8	481	38.984	4.873	81,05	-	-	-	160.789	20.099	334,28
W21	Stuttgart	8	551	124.133	15.517	225,29	108.728	13.591	197,33	215.025	26.878	390,25
W22	München	47	2699	292.478	6.223	108,37	297.713	6.334	110,30	285.367	6.072	105,73
W24	Augsburg	21	2163	110.465	5.260	51,07	55.185	2.628	25,51	523.794	24.943	242,16
W25	Neuburg	21	2072	92.021	4.382	44,41	208.457	9.927	100,61	434.075	20.670	209,50
W26	Dillingen	28	1978	98.747	3.527	49,92	498.449	17.802	252,00	151.573	5.413	76,63
WNR01	Schollene	10	433	72.521	7.252	167,49	-	-	-	-	-	-
WNR02	Heiligenstadt	40	2954	101.074	2.527	34,22	348.697	8.717	118,04	89.900	2.248	30,43
WNR03	Schwarzheide	40	3143	153.248	3.831	48,76	57.361	1.434	18,25	55.514	1.388	17,66
WNR04	Essen	18	1474	109.257	6.070	74,12	84.039	4.669	57,01	-	-	-
<i>Mittelwert</i>		21	1697	128.148	5.777	74,80	140.983	5.342	71,34	222.407	10.708	145,45
R01	Fürth	10	849	72.371	7.237	85,24	-	-	-	-	-	-
R03	Essen	8	592	31.772	3.972	53,67	-	-	-	-	-	-

Tabelle 20: Investitionskosten für Modernisierungsmaßnahmen im Modellvorhaben (57 Gebäude)

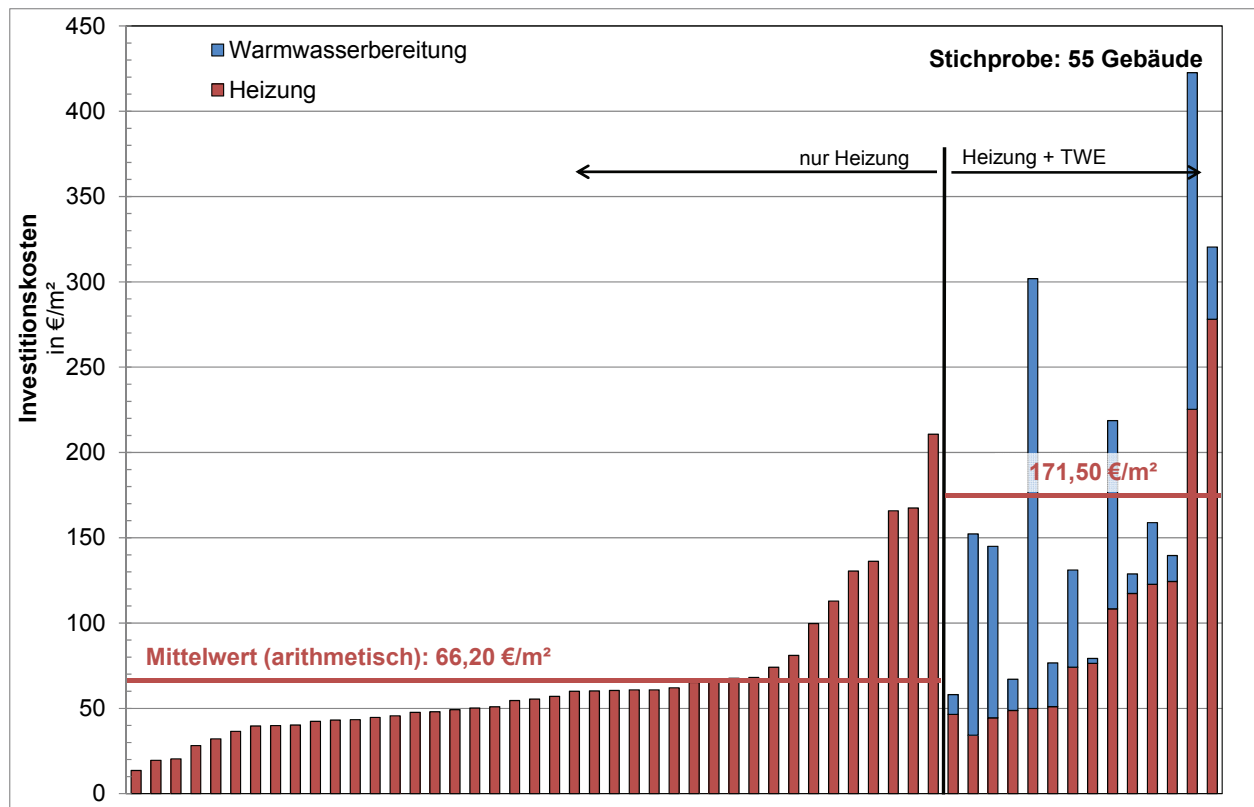


Abbildung 46: Investitionskosten für Heizungsaustausch und Trinkwassererwärmung im Modellvorhaben (55 Gebäude)

### 8.3 Annuität und kapitalgebundene Kosten

Nach VDI 2067-1 wird eine differenzierte Ermittlung der Annuitätsfaktoren durchgeführt. Für die einzelnen Anlagenkomponenten werden die rechnerische Nutzungsdauer und der Instandsetzungsaufwand detailliert berücksichtigt (VDI 2067-1, Tabelle A1). Der Anlagen-Annuitätsfaktor ergibt sich aus der Abschätzung der Kostenanteile einzelner Komponenten.

Bei komplexen Anlagen erfolgt eine Orientierung an maßgeblichen Komponenten (z.B. Wärmeerzeuger, Heizflächen und Leitungssystem). Für in der VDI 2067-1 fehlende Angaben wird auf vergleichbare Technik zurückgegriffen (E-Wärmepumpe statt Split-Raumklimageräte).

Für die nachfolgend verwendeten kapitalgebundenen Annuitätsfaktoren für Investition und Instandsetzung gelten generell folgende Randbedingungen, wobei verschiedene Kostenszenarien berücksichtigt werden:

1. Für die Modernisierung wird ein Kredit aufgenommen, der mit einem Zinssatz von 5 % (Variante I und Variante II) zurückgezahlt wird. Eine Finanzierung mit günstigeren Konditionen kann beispielsweise durch die Nutzung von Förderinstrumenten (z.B. CO<sub>2</sub>-Gebäudesanierungsprogramm) oder durch die Verwendung von Eigenkapital (z.B. Teilverkauf des Wohnungsbestandes bei Wohnungsunternehmen) möglich sein. Solchen möglichen Szenarien wird deshalb alternativ mit einem reduzierten Zinssatz von 2 % (Variante III) Rechnung getragen. Auswirkungen ergeben sich auf die Annuität der Maßnahmen und nachfolgend auf die Gesamtkosten sowie nach II. Berechnungsverordnung auf die Vermieterkosten. Die Kosten aus Mietersicht bleiben unverändert. Die Annahmen für Variante II und III basieren auf einem BMVBS-Forschungsvorhaben [Prognos].
2. Die Wartung der Anlagen wird pauschal berücksichtigt (siehe Abschnitt 8.5), eine Anrechnung bei der Annuität erfolgt nicht.
3. Der Restwert nach der rechnerischen Nutzungsdauer beträgt Null, d.h. dass danach die Komponenten bzw. die gesamte Anlage ersetzt werden müssen.
4. Die seriöse Bestimmung eines Preisänderungssatzes über einen längeren Zeitraum erweist sich als ausgesprochen schwierig, wie z. B. die jüngsten Entwicklungen bei den Öl- und Gaspreisen eindrucksvoll demonstrieren. Hinzu kommt, dass eine Berechnung mit den aktuellen Preisständen leichter verständlich ist. Deshalb wird mit den aktuellen Preisen gerechnet (Preisänderungssatz für Wartung und Instandsetzung 0%).

Die so gewählten Randbedingungen führen zu einer kontinuierlichen finanziellen Belastung über die Nutzungsdauer der effizienzverbessernden Maßnahmen.

Sonstige Kosten im Rahmen des Heizungsaustausches Anlagentechnik (Stundenarbeiten, Dokumentation, Entsorgung) werden zu je einem Drittel den Kosten des Wärmeerzeugers/Fernwärmestation, der Rohrleitungen inkl. Dämmung und der Heizflächen umgelegt. Ein möglicher Zuschuss/Förderung für den Austausch von Nachtstromspeichergeräten wird in den Berechnungen nicht berücksichtigt.

Für die bauseitigen Wärmeschutzmaßnahmen wird die Nutzungsdauer in Anlehnung an einem Bauforschungsbericht [Hirschberger] abgeschätzt, da in VDI 2067-1 keine Werte enthalten sind. Für die Wärmedämmung sowie für Fenster wurden mittlere Nutzungsdauern von 50 Jahren und ein jährlicher Aufwand für Instandsetzung von 1% definiert.

Als Referenzfall wird der Ersatz der bestehenden Nachtstromspeicherheizungen durch neue Nachtstromspeicher betrachtet, dafür werden Kosten von 1200 € netto pro Speicher angesetzt. Für den Ersatz der dezentralen elektrischen Warmwasserbereitung werden 750 € netto (Durchlauferhitzer und Kleinspeicher) oder 650 € netto (nur Durchlauferhitzer) pro Wohnung nach tatsächlicher Ausstattung der Gebäude angesetzt.

#### 8.4 Energiepreise und verbrauchsgebundene Kosten

Um eine verallgemeinerbare Wirtschaftlichkeitsbetrachtung durchführen zu können, wurden aktuelle, deutschlandmittlere Energiepreise als Arbeits- und Grundpreise ermittelt (Tabelle 21).

	netto	brutto (inkl. MwSt.)
<b>Arbeitspreise</b>		
Strom Haushalt (E-Direkthzg. im Referenzgebäude R01)	20,2 €/kWh	24,0 €/kWh
Strom Wärmepumpe / Klimageräte / Speicherheizung	13,8 €/kWh	16,4 €/kWh
Erdgas	5,0 €/kWh	5,9 €/kWh
Fernwärme	4,7 €/kWh	5,6 €/kWh
<b>Grundpreise</b>		
Strom (Zweitarifzähler)	79,20 €/a	94,25 €/a
Erdgas	150,00 €/a	178,50 €/a
Fernwärme	45,50 €/(a*kW)	54,15 €/(a*kW)

Tabelle 21: Energiepreise (mittlere Werte Deutschland, 2010)

Im Rahmen der verschiedenen Kostenszenarien wird auch die durchschnittliche jährliche Energiepreissteigerung variiert. In Variante I wird von konstanten Energiepreisen ausgegangen (Energiepreissteigerung 0%/a). In den Varianten II und III (siehe [Prognos]) wird eine über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren eine jährliche, inflationsbereinigte Energiepreissteigerung von 1,7 %/a bzw. 1,0 %/a angenommen.

#### 8.5 Wartung und betriebsgebundene Kosten

Die Wartungskosten werden nach dem Verfahren der VDI 2067-1, 2000-09 anteilig aus den Investitionskosten unter Anrechnung eines Wartungssatzes nach Tabelle 22 bestimmt.

	Wartungssatz
<b>Heizung</b>	
Gas-Brennwerttherme	1,0 %
Fernwärmestation	1,0 %
Elektro-Wärmepumpe	1,0 %
Elektro-Speicherheizung	0,5 %
Heizflächen und Leitungssystem	0,0 %
<b>Trinkwassererwärmung</b>	0,0 %
<b>Wärmedämmung</b>	0,0 %

Tabelle 22: Wartungssätze für Modernisierungsmaßnahmen nach VDI 2067-1

Da es sich im Modellvorhaben ausschließlich um Mehrfamilienhäuser handelt, ist nach dem Austausch der Nachtstromspeicherheizung eine Heizkostenabrechnung erforderlich, die in den betriebsgebundenen Kosten nach [Richter] mit 0,60 €/m<sup>2</sup>\*a netto (0,71 €/m<sup>2</sup>a brutto) berücksichtigt wird.

## 8.6 Jährliche Kosten

Für die Betrachtung der jährlichen Kosten werden die Gebäude in Abhängigkeit vom Gesamtumfang der Modernisierungsmaßnahmen verschiedenen Gruppen nach Tabelle 23 zugeordnet.

Die Gruppen „nur Heizungsaustausch“ und „Heizungsaustausch & ≥2 Dämmmaßnahmen“ besitzen mit 23 bzw. 12 Gebäuden die höchste Stichprobenanzahl und damit Aussagekraft, während die anderen 3 Gruppen mit 1 - 3 - 1 Gebäuden keine verallgemeinerbaren Aussagen zulassen.

Name	Beschreibung
nur Heizungsaustausch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ersatz Nachtstromspeicherheizgeräte durch Warmwasserheizung</li> </ul>
Heizungstausch & Warmwasser	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ersatz Nachtstromspeicherheizgeräte durch Warmwasserheizung</li> <li>• Ersatz dezentrale elektrische Trinkwassererwärmung durch zentrale Trinkwassererwärmung in Verbindung mit Heizsystem</li> </ul>
Heizungstausch & Warmwasser & Dämmung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ersatz Nachtstromspeicherheizgeräte durch Warmwasserheizung</li> <li>• Ersatz dezentrale elektrische Trinkwassererwärmung durch zentrale Trinkwassererwärmung in Verbindung mit Heizsystem</li> <li>• mindestens eine Wärmedämmmaßnahme (Fenster, Dach, oberste Geschossdecke, Kellerdecke oder Außenwand)</li> </ul>
Heizungstausch & nur 1 Dämmmaßnahme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ersatz Nachtstromspeicherheizgeräte durch Warmwasserheizung</li> <li>• eine Wärmedämmmaßnahme (Fenster, Dach, oberste Geschossdecke, Kellerdecke oder Außenwand)</li> </ul>
Heizungstausch & $\geq 2$ Dämmmaßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ersatz Nachtstromspeicherheizgeräte durch Warmwasserheizung</li> <li>• mindestens zwei Wärmedämmmaßnahmen (Fenster, Dach, oberste Geschossdecke, Kellerdecke oder Außenwand)</li> </ul>

Tabelle 23: Klassifizierung der Gebäude nach Umfang der Modernisierungsmaßnahmen

## 8.7 Gesamtkosten nach VDI 2067

Für alle Gebäude werden zunächst die einzelnen Kostenpositionen nach VDI 2067 ermittelt. Tabelle 24 zeigt beispielhaft für Variante I (Zinssatz 5%, ohne Energiepreissteigerung) für alle Gebäude die verbrauchsgebundenen Kosten sowie die Investitionen und gibt dazu informativ die statische Amortisationsdauer an. Die statische Amortisationsdauer gibt das Verhältnis von den Investitionskosten zur jährlichen Energiekosteneinsparung an, Effekte wie Verzinsung, Energiepreissteigerung und Wartungsaufwand bleiben dabei unberücksichtigt.

Kennung	Standort	Spezifische Verbrauchsbundene Kosten pro m²		Spezifische Verbrauchsbundene Kosten vor Sanierung [€/m²*Monat]		Differenz Spezifische Verbrauchsbundene Kosten vor Sanierung [€/m²*Monat]		Spezifische Verbrauchsbundene Kosten pro Wohnung		Spezifische Investkosten pro m²		Spezifische Investkosten pro WE		Spezifische Investkosten		statische Amortisation [a]
		Spezifische Verbrauchsbundene Kosten nach Sanierung [€/m²*Monat]	Spezifische Verbrauchsbundene Kosten vor Sanierung [€/m²*Monat]	Spezifische Verbrauchsbundene Kosten nach Sanierung [€/m²*Monat]	Spezifische Verbrauchsbundene Kosten vor Sanierung [€/m²*Monat]	Spezifische Verbrauchsbundene Kosten [€/m²*Monat]	Differenz Spezifische Verbrauchsbundene Kosten [€/m²*Monat]	Spezifische Investkosten pro m² [€/m²]	Spezifische Investkosten pro WE [€/WE]	Spezifische Investkosten pro m² [€/m²]	Spezifische Investkosten pro WE [€/WE]	Spezifische Investkosten	Spezifische Investkosten	Spezifische Investkosten	Spezifische Investkosten	
P01	Berlin	0,96	1,26	0,30	0,30	57,30	75,39	18,08	62,02	62,02	3,696,09	3,696,09	17,03			
P02	Berlin	0,35	0,74	0,39	0,39	51,99	110,40	58,41	39,93	39,93	5,984,29	6,888,74	9,83			
P04	Berlin	0,48	1,11	0,63	0,63	76,71	176,94	100,23	42,39	42,39	6,759,31	10,019,51	8,33			
P06	Hamburg	0,48	1,25	0,77	0,77	35,62	92,29	56,67	99,79	104,27	7,371,48	7,702,14	11,33			
P07	Hamburg	0,69	1,48	0,79	0,79	42,12	89,98	47,86	74,09	80,03	4,505,78	4,867,49	8,48			
P08	Hamburg	0,54	1,53	0,99	0,99	30,32	85,72	55,40	47,74	52,85	2,673,25	2,959,70	4,45			
P11	Leichlingen	0,65	1,37	0,72	0,72	64,71	136,88	72,17	45,66	113,28	4,550,65	11,290,20	13,04			
P14	Gelsenkirchen	0,44	1,07	0,63	0,63	37,18	90,14	52,96	60,03	60,03	5,033,87	5,033,87	7,92			
P16	Bottrop	0,45	0,92	0,47	0,47	44,29	91,28	46,99	65,77	71,81	6,532,71	7,132,97	12,65			
P18	Bornheim	0,51	1,14	0,63	0,63	49,39	110,25	60,86	68,13	68,13	6,601,37	6,601,37	9,04			
P20	Lüdenscheid	0,68	1,70	1,02	1,02	40,18	99,84	59,66	54,59	54,59	3,205,39	3,205,39	4,48			
P22	Schwalkeheim	0,26	0,67	0,41	0,41	23,61	61,55	37,93	56,98	68,00	5,225,02	6,235,44	13,70			
P25	Ulm	0,39	2,59	2,21	2,21	29,35	197,36	168,01	117,37	131,04	8,939,39	9,980,52	4,95			
V01	Berlin	0,55	1,17	0,62	0,62	44,85	95,21	50,37	48,07	62,52	3,899,36	5,071,05	8,39			
V02	Berlin	0,81	1,31	0,51	0,51	77,73	126,45	48,71	44,68	44,68	4,300,27	4,300,27	7,36			
V06	Hamburg	0,51	1,54	1,03	1,03	57,56	174,42	116,86	112,95	124,63	12,785,74	14,107,95	10,06			
V13	Solingen	0,63	1,54	0,91	0,91	44,82	109,76	64,94	65,19	74,72	4,650,09	5,330,08	6,84			
V14	Wermelskirchen	0,43	0,98	0,54	0,54	32,51	73,07	40,56	50,17	52,75	3,750,99	3,944,37	8,10			
V15	Essen	0,37	1,33	0,96	0,96	21,86	79,24	57,38	43,11	45,27	2,565,20	2,693,67	3,91			
V17	Essen	0,48	1,23	0,75	0,75	38,58	99,13	60,55	43,43	50,78	3,507,83	4,101,94	5,65			
V19	Dorsten	0,54	1,54	1,00	1,00	32,57	92,87	60,30	50,89	52,97	3,060,01	3,184,85	4,40			
V21	Duisburg	0,56	1,34	0,79	0,79	42,54	102,75	60,20	39,65	42,27	3,038,57	3,239,25	4,48			
W01	Annaburg	0,44	1,19	0,74	0,74	27,54	73,88	46,34	28,18	28,18	1,754,75	1,754,75	3,16			
W03	Berlin	0,41	1,14	0,73	0,73	32,94	91,04	58,10	122,75	388,65	9,830,08	31,124,24	44,64			
W04	Berlin	0,24	1,36	1,13	1,13	21,60	124,15	102,55	278,06	568,74	25,327,09	51,804,07	42,10			
W06	Parchim	0,40	1,71	1,31	1,31	14,17	61,09	46,92	76,46	360,95	2,728,36	12,880,28	22,88			
W08	Paderborn	0,31	0,92	0,61	0,61	27,83	82,29	54,46	60,90	64,41	5,432,53	5,745,86	8,79			
W09	Velbert	0,39	1,43	1,04	1,04	30,78	112,61	81,83	32,18	47,97	2,541,08	3,788,72	3,86			
W10	Dortmund	0,61	2,01	1,39	1,39	42,62	139,16	96,54	60,89	100,71	4,220,73	6,980,56	6,03			
W15	Essen	0,32	1,34	1,02	1,02	27,19	113,15	85,96	60,21	515,97	5,074,31	43,484,82	42,16			
W17	Bramsche	0,62	1,65	1,03	1,03	40,77	108,04	67,27	124,38	150,24	8,159,44	9,855,91	12,21			
W18	Köln	0,28	1,86	1,58	1,58	17,12	113,35	96,23	210,62	781,68	12,865,60	47,747,66	41,35			
W19	Bad Laasphe	0,28	1,74	1,22	1,22	21,16	97,49	76,32	67,69	226,70	5,076,80	17,002,83	18,56			
W20	Halver	0,52	1,74	1,22	1,22	31,34	104,90	73,55	81,05	478,84	4,872,95	28,790,32	32,62			
W21	Stuttgart	0,51	2,47	1,96	1,96	34,92	169,92	135,00	225,29	924,50	15,516,65	63,675,04	39,30			
W22	München	0,41	1,73	1,31	1,31	23,74	99,17	75,44	108,37	365,45	6,222,93	20,986,01	23,18			
W24	Augsburg	0,42	0,97	0,55	0,55	43,22	100,19	56,97	51,07	389,30	5,260,22	40,097,39	58,66			
W25	Neuburg	0,19	1,08	0,89	0,89	18,86	106,92	88,06	44,41	435,52	4,381,93	42,971,75	40,66			
W26	Dillingen	0,33	1,29	0,95	0,95	23,55	90,99	67,44	49,92	456,33	3,526,66	32,236,65	39,83			
WNR03	Schwarzheide	0,36	1,44	1,08	1,08	28,54	113,50	84,96	48,76	91,50	3,831,20	7,189,23	7,05			

Tabelle 24: Spezifische Kosten (brutto) und statische Amortisationsdauer für Modernisierungsmaßnahmen für Variante I (40 Gebäude)

	Gesamte Stichprobe alle Werte	Gesamte Stichprobe Perzentile 0,1-0,9 abgeschnitten	ungedämmt Perzentile 0,1-0,9 abgeschnitten	gedämmt Perzentile 0,1-0,9 abgeschnitten
<b>Spezifische Verbrauchsgebundene Kosten pro m<sup>2</sup> [Mittelwert]</b>				
Spezifische Verbrauchsgebundene Kosten nach Sanierung in €/m <sup>2</sup> *Monat	0,47	0,46	0,50	0,39
Spezifische Verbrauchsgebundene Kosten vor Sanierung in €/m <sup>2</sup> *Monat	1,39	1,35	1,74	1,43
Differenz Spezifische Verbrauchsgebundene Kosten in €/m <sup>2</sup> *Monat	0,92	0,87	1,07	1,04
<b>Spezifische Verbrauchsgebundene Kosten pro Wohnung [Mittelwert]</b>				
Spezifische Verbrauchsgebundene Kosten nach Sanierung in €/WE*Monat	37,09	35,49	38,29	28,35
Spezifische Verbrauchsgebundene Kosten vor Sanierung in €/WE*Monat	106,82	102,64	97,23	110,97
Differenz Spezifische Verbrauchsgebundene Kosten in €/WE*Monat	69,73	66,37	57,93	81,10
<b>Spezifische Investkosten pro m<sup>2</sup> [Mittelwert]</b>				
Spezifische Investkosten Heizung pro m <sup>2</sup> in €/m <sup>2</sup>	76,59	65,17	57,32	87,26
Spezifische Investkosten gesamt pro m <sup>2</sup> in €/m <sup>2</sup>	197,53	154,68	67,22	384,34
<b>Spezifische Investkosten pro WE [Mittelwert]</b>				
Spezifische Investkosten Heizung pro WE in €/WE	5981,50	5100,96	4510,81	6489,48
Spezifische Investkosten gesamt pro WE in €/WE	14992,57	11949,95	5345,32	29637,55
Statische Amortisation in Jahren	17,97	14,77	7,69	30,45

Tabelle 25: Zusammenstellung spezifische Kosten (brutto) und statische Amortisationsdauer für Variante I (40 Gebäude)



Tabelle 25 fasst die ausgewählten Kostenkennwerte der einzelnen Gebäude zu Mittelwerten zusammen. Um den Einfluss von „Ausreißern“ bewerten zu können, wird zwischen der gesamten und der bereinigten Stichprobe unterschieden. Bei der Bereinigung werden nur Werte zwischen 10% und 90% Perzentil berücksichtigt, d. h. die untersten und die obersten 10% der Werte entfallen. Während der Unterschied zwischen gesamter und bereinigter Stichprobe bei den verbrauchgebundenen Kosten gering ist (z.B. nutzflächenbezogene Differenz Vor- und Nach-Sanierung 0,92 €/m<sup>2</sup>\*mth und 0,87 €/m<sup>2</sup>\*mth), sind bei den Investitionskosten offensichtlich einige „Ausreißer“ nach oben zu verzeichnen (gesamt: ca. 200 €/m<sup>2</sup> / bereinigt: ca. 155 €/m<sup>2</sup>). Die durchschnittlichen Investitionskosten lagen für die bereinigte Stichprobe bei ca. 155 €/m<sup>2</sup>. Für Gebäude ohne bzw. mit punktuellen Dämmmaßnahmen betragen die spezifischen mittleren Investitionskosten ca. 65 €/m<sup>2</sup> und bei Gebäuden mit maßgeblichen Dämmmaßnahmen beliefen sich die durchschnittlichen spezifischen Investitionskosten auf ca. 385 €/m<sup>2</sup>.

Wird die statische Amortisationsdauer aus den Investitionskosten und der Energiekosteneinsparung (gleichbedeutend mit der Verringerung der verbrauchgebundenen Kosten) berechnet, ergibt sich für Gebäude ohne bzw. mit punktueller zusätzlicher Wärmedämmung ein Wert von ca. 7,7 Jahren und für Gebäude mit zusätzlicher maßgeblicher Wärmedämmung ein Wert von ca. 30,5 Jahren. Der ausschließliche Heizungsaustausch erreicht also bei der statischen Bewertung eine Amortisation in weniger als der Hälfte der rechnerischen Nutzungsdauer.

Ermittelt man weitergehend zunächst für Variante I die jährlichen Gesamtkosten nach VDI 2067, ergeben sich die Verhältnisse für die Gesamtstichprobe nach Abbildung 47. Während für die Gruppe „nur Heizungsaustausch“ die jährlichen Gesamtkosten moderat ausfallen (Minimum: 8,42 €/m<sup>2</sup>a / Mittelwert: 12,16 €/m<sup>2</sup>a / Maximum: 17,53 €/m<sup>2</sup>a), sind für die Kombination „Heizungsaustausch + ≥ 2 Dämmmaßnahmen deutlich höhere Gesamtkosten zu verzeichnen (Minimum: 11,26 €/m<sup>2</sup>a / Mittelwert: 36,50 €/m<sup>2</sup>a / Maximum: 67,20 €/m<sup>2</sup>a) - der höhere Investitionsaufwand kann in diesen Gebäuden nicht durch die Heizkostenreduzierung gedeckt werden. Ein vergleichbares Bild ergibt sich, wenn zusätzlich die Warmwasserbereitung in den Austausch einbezogen wird. Betrachtet man statt der Gesamtstichprobe die bereinigte Stichprobe (Abbildung 48), ergeben sich bei den Mittelwerten keine signifikanten Unterschiede.

Für das Vergleichsgebäude R01 (Ersatz der Nachtstromspeicherheizung durch Elektrodirektheizung bei bereits vorhandenem gutem Wärmeschutzniveau mit  $H_T = 0,5$

W/m<sup>2</sup>K) ergeben sich Gesamtkosten nach VDI 2067 von 19,19 €/m<sup>2</sup>a (Stromtarif Wärmepumpe, siehe Tabelle 21) bzw. von 21,75 €/m<sup>2</sup>a (Stromtarif Haushalt). Diese Gesamtkosten liegen auf dem Niveau des fiktiven Ersatzes der Nachtstromspeicherheizung und deutlich über dem mittlerem Kostenniveau des Heizungsaustauschs im Modellvorhaben.

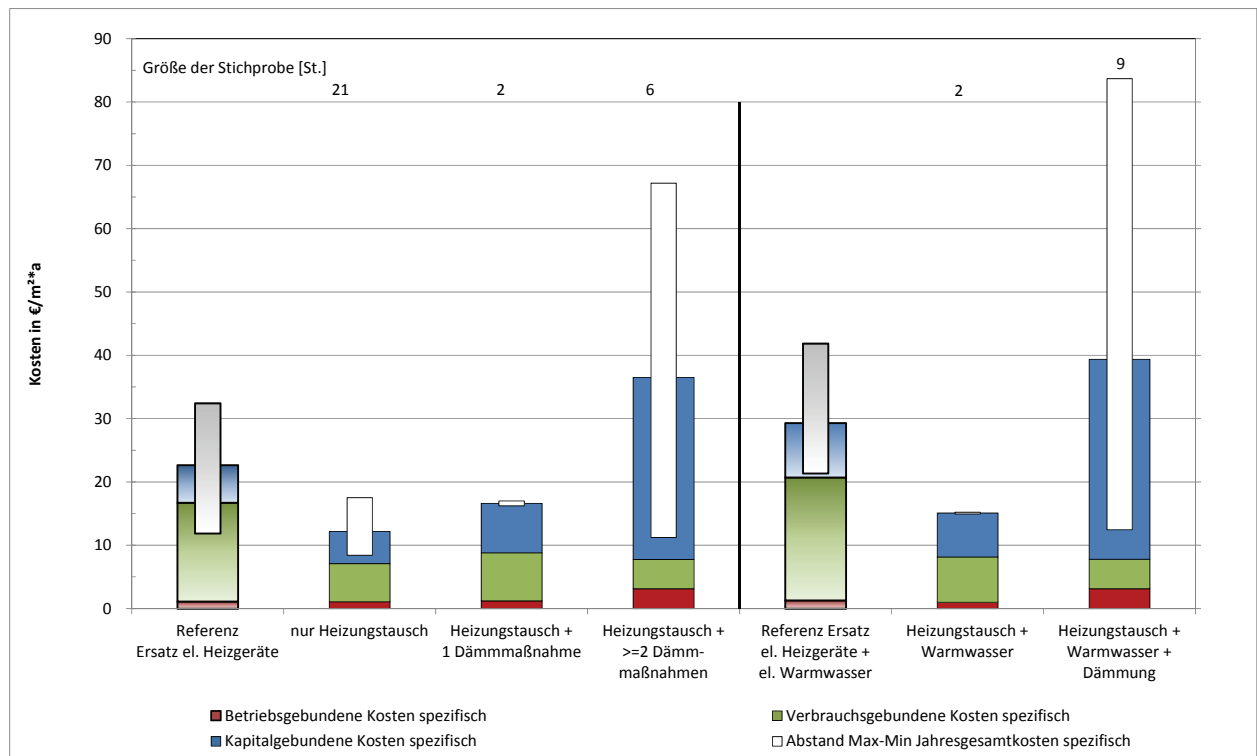


Abbildung 47: Jahresgesamtkosten nach VDI 2067 für Variante I – Gesamtstichprobe (40 Gebäude)

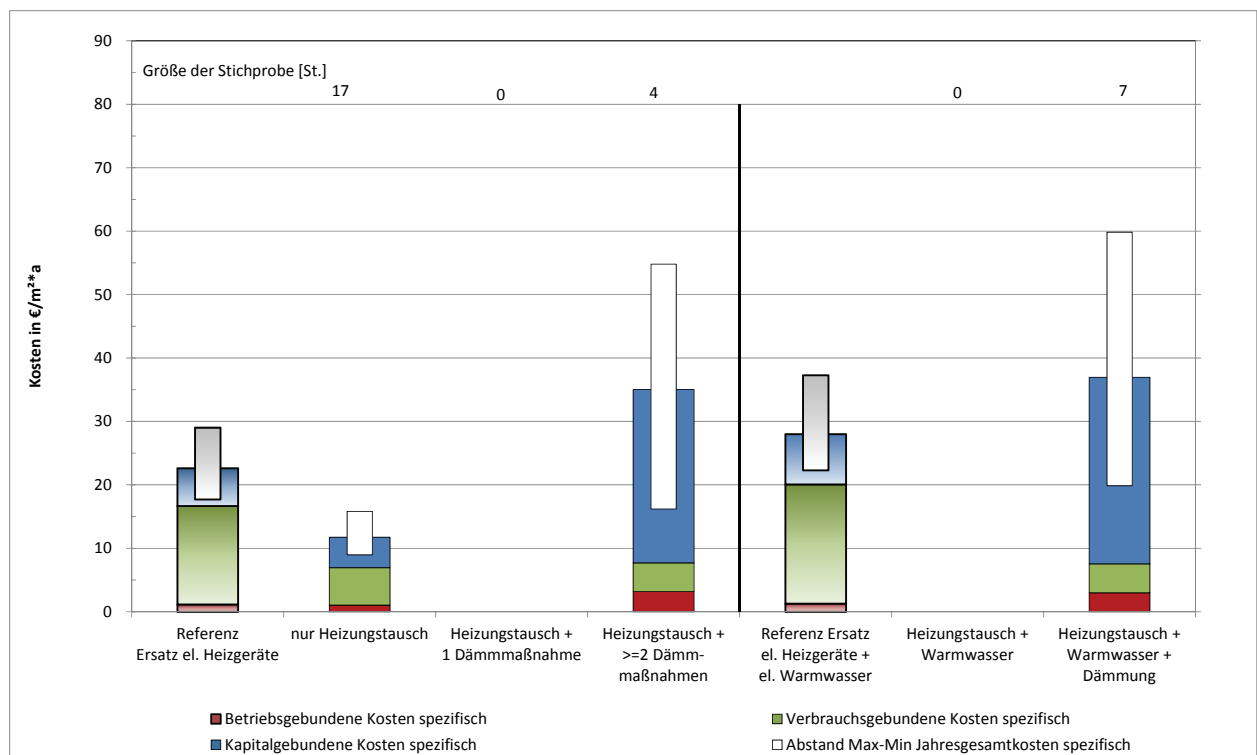


Abbildung 48: Jahresgesamtkosten nach VDI 2067 für Variante I – bereinigte Stichprobe (28 Gebäude)

Aufgrund der Option, die Finanzierung der Modernisierungsmaßnahmen mit günstigeren Konditionen (beispielsweise durch die Nutzung von Förderinstrumenten oder durch die Verwendung von Eigenkapital) zu realisieren und wegen der großen Unsicherheiten bezüglich der zukünftigen Entwicklung der Energiepreise werden bei Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen üblicherweise verschiedene Kostenszenarien unterschieden. Im Modellvorhaben werden dazu drei Varianten unterschieden, die in Tabelle 26 vergleichend gegenüber gestellt sind.

	Kapitalzinssatz	durchschnittliche inflationsbereinigte Energiepreissteigerung
Variante I	5 %	0 % (konstante Energiepreise)
Variante II	5 %	1,7 %/a
Variante III	2 %	1 %/a

Tabelle 26: Randbedingungen der Kostenszenarien (Variante I bis III)

Abbildung 49 zeigt den grafischen Vergleich der einzelnen Varianten. Durch den zusätzlichen Energiepreisanstieg in Variante II steigen gegenüber Variante I die verbrauchsgebundenen Kosten und in der Folge die Gesamtkosten. In Variante III kann der geringere Zinssatz (2 statt 5%) die Energiepreissteigerung (1%/a statt 0%) gegenüber Variante I mehr als kompensieren.

Die für Variante I hinsichtlich des Vergleichs des ausschließlichen Heizungsaustauschs und der Kombination mit zusätzlicher Wärmedämmung getroffenen Aussagen gelten aber grundsätzlich für alle betrachteten Kostenszenarien.

Die im Vorfeld recherchierten Schlussfolgerungen aus vorher gehenden, weitgehend auf theoretischen Falluntersuchungen basierenden Studien (siehe Abschnitt 4.1) können im Modellvorhaben mit dem Charakter einer Felduntersuchung nur teilweise bestätigt werden.

1. Die in [IZES2] außerhalb von Erdgasversorgungsgebieten als wirtschaftliche Varianten beschriebenen Öl- oder Pelletheizungen kommen im Rahmen des Modellvorhabens überhaupt nicht zum Einsatz. Zum einen liegen Gebäude mit Nachtstromspeicherheizungen ganz überwiegend in Ballungsräumen (52 von 70 Gebäuden in Städten mit >50.000 Einwohner), die an Erdgas- oder Fernwärmenetze angebunden sind. Auch bei den wenigen verbleibenden

Gebäuden werden ggf. Wärmepumpen- oder Flüssiggas-Lösungen favorisiert, letztere offensichtlich mit der Option eines späteren Erdgasanschlusses.

2. Der in [ITG] als vorteilhaft beschriebene Einsatz von dezentralen, wohnungsweisen Heizungssystemen kann im Modellvorhaben kaum beobachtet werden. Ursächlich dafür ist zum einen das Studiendesign - aufgrund des im Modellvorhaben begrenzten Zeithorizonts für den Austausch haben dezentrale Heizungssysteme, die meist nach und nach mit Mieterwechsel realisiert werden, kaum Eingang gefunden. Andererseits wird der Heizungsaustausch insbesondere in der Wohnungswirtschaft oft auch in Gesamtmaßnahmen, z.B. in Verbindung mit Wärmedämmung oder mit umfassenden Sanierungen, integriert, wodurch die Vorteile der dezentralen Lösungen nicht mehr wesentlich ins Gewicht fallen.
3. Im Mittel der Stichprobe im Modellvorhaben fallen die Investitionskosten für den Heizungsaustausch niedriger aus als die Investitionskosten eines 1:1-Ersatzes der Nachtstromspeicherheizung, damit werden tendenziell die Aussagen aus [IZES] bestätigt. Die in [ITG] angeführten zusätzlichen Kosten bei einem Wechsel des Energieträgers sind dabei berücksichtigt und belasten die Gesamtinvestition offensichtlich nicht übermäßig.
4. Gegenstand des Modellvorhabens sind ausschließlich Gebäude mit mindestens 6 Wohnungen, die unter die Austauschforderungen der EnEV 2009 fallen. Die in anderen Studien diskutierte problematische Wirtschaftlichkeit beim Austausch in kleineren Gebäuden kann deshalb mit den Ergebnissen des Modellvorhabens nicht bewertet werden.
5. In [ITG ] werden wegen des schlechten Images der Nachtstromspeicherheizung und des zu erwartenden Komfortgewinns der zentralen Warmwasserheizungen Sekundäreffekte wie eine bessere Vermietbarkeit in Verbindung mit verringertem Leerstand vermutet. Diese Effekte können im Modellvorhaben aufgrund der begrenzten Zeitscheine nicht validiert werden – werden allerdings durch die Teilnehmer am Modellvorhaben weitgehend bestätigt.

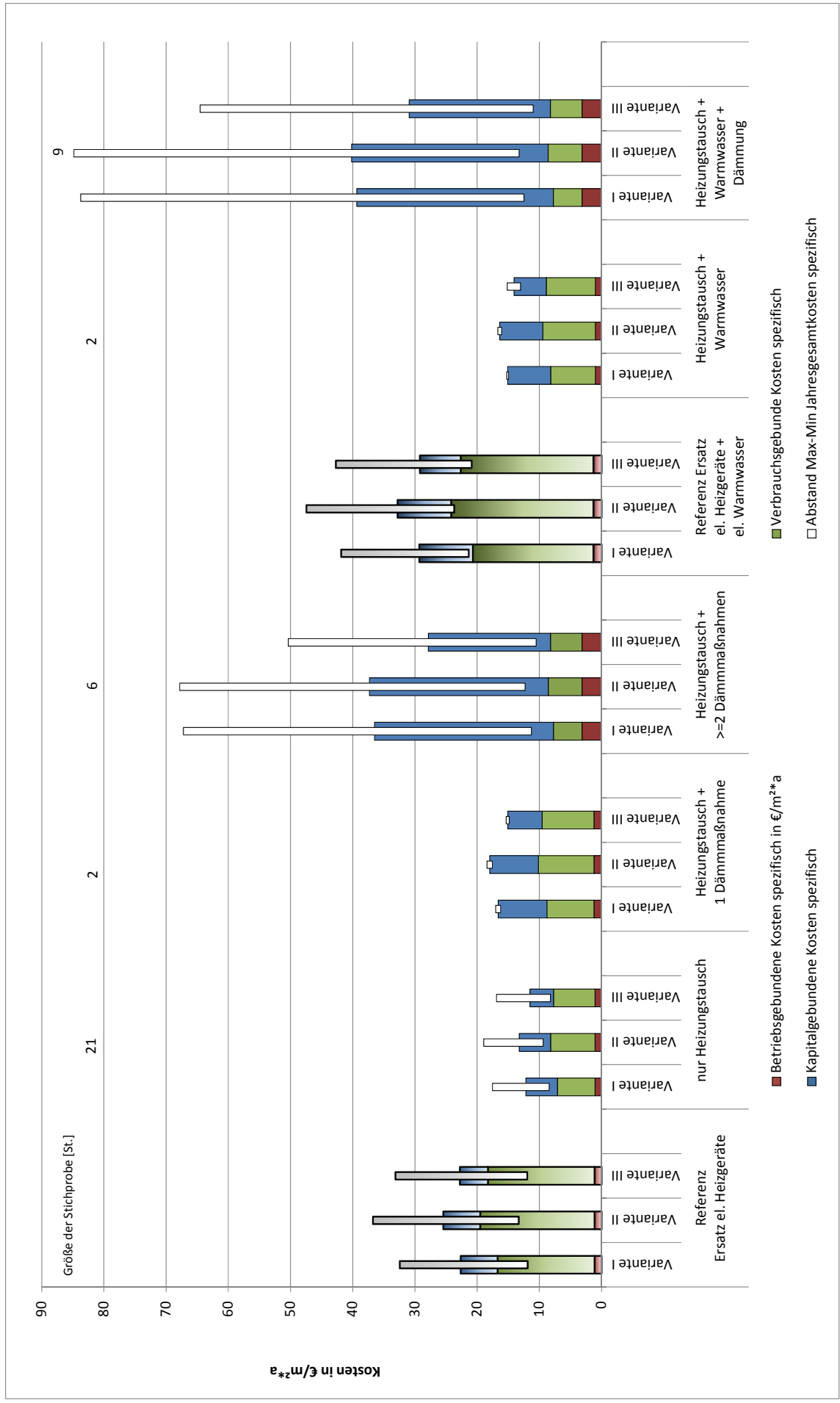


Abbildung 49: Jahresgesamtkosten nach VDI 2067 im Variantenvergleich – Gesamtstichprobe (40 Gebäude)

## 8.8 Kosten nach II. Berechnungsverordnung

Neben den Betrachtungen zur Gesamtkostensituation erfolgt eine differenzierte Kostendiskussion für Vermieter und Mieter nach II. Berechnungsverordnung. Dabei gilt:

- Berechnung der Modernisierungsumlage maßnahmebezogen (Tabelle 27)
- keine Anwendung der Kappungsgrenze (Modernisierung mit 11%/a komplett umlegbar),
- keine Begrenzung der Miete durch Mietspiegel,
- kein Ansatz erhöhter Wohnwert (z. B. höhere Kaltmiete bei Neuvermietung).

	umlagefähige Investitionskosten	Erläuterung
Heizungsaustausch	Mehrkosten	<b>nur Mehrkosten umlegbar</b> (Ersatz der vorhandenen Nachtstromspeicherheizungen ist Sanierung, nur Mehrkosten sind umlegbar)
Warmwasserbereitung	Mehrkosten	<b>nur Mehrkosten umlegbar</b> (Ersatz der vorhandenen Durchlauferhitzer/Kleinspeicher ist Sanierung, nur Mehrkosten sind umlegbar)
Fenster austausch	33%	<b>anteilig</b> (durch besseren U-Wert Energieeinsparung)
Wärmedämmung	80%	<b>anteilig</b> (vorher gering gedämmt, aber Sanierungsbedarf)

Tabelle 27: Umlagefähige Investitionskosten bei effizienzverbessernden Modernisierungsmaßnahmen

### Vermieter

Im Sinne der II. Berechnungsverordnung sind aus Sicht des Vermieters bei der wirtschaftlichen Bewertung von effizienzverbessernden Maßnahmen die erhöhten kapitalgebundenen Kosten und die Einsparung durch die Modernisierungsumlage (höhere Mieteinnahmen) gegenüber zu stellen. Betriebs- und verbrauchsgebundene Kosten sind hingegen durch die Mieter zu tragen.

Die Ergebnisse der Berechnungen aus Vermietersicht zeigt Abbildung 50 für Variante I. Effizienzverbessernde Maßnahmen (Heizungsaustausch und Wärmeschutz) führen für den Vermieter zur Verringerung der Kostenbelastung gegenüber dem Ersatz der Speicherheizgeräte und ggf. der Durchlauferhitzer / Kleinspeicher.

Ist keine Modernisierungsumlage möglich, entfallen die daraus für den Vermieter resultierenden Kostenminderungen (blaue Balken in Abbildung 50). Damit entstehen für

den Vermieter immer Mehrkosten durch den Heizungsaustausch, die den kapitalgebundenen Kosten (rote Balken in Abbildung 50) entsprechen.

Sekundäreffekte wie die bessere Vermietbarkeit und dadurch Verringerung des Leerstandes durch den Austausch der Nachtstromspeicherheizung werden in Abbildung 50 nicht berücksichtigt, können aber wegen des schlechten Image der Nachtstromspeicherheizung und des zu erwartenden Komfortgewinns der zentralen Warmwasserheizungen vermutet werden. Allerdings wird der Wohnungsleerstand von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst, so dass der konkrete Einfluss des Heizsystems u. U. schwer nachweisbar ist.

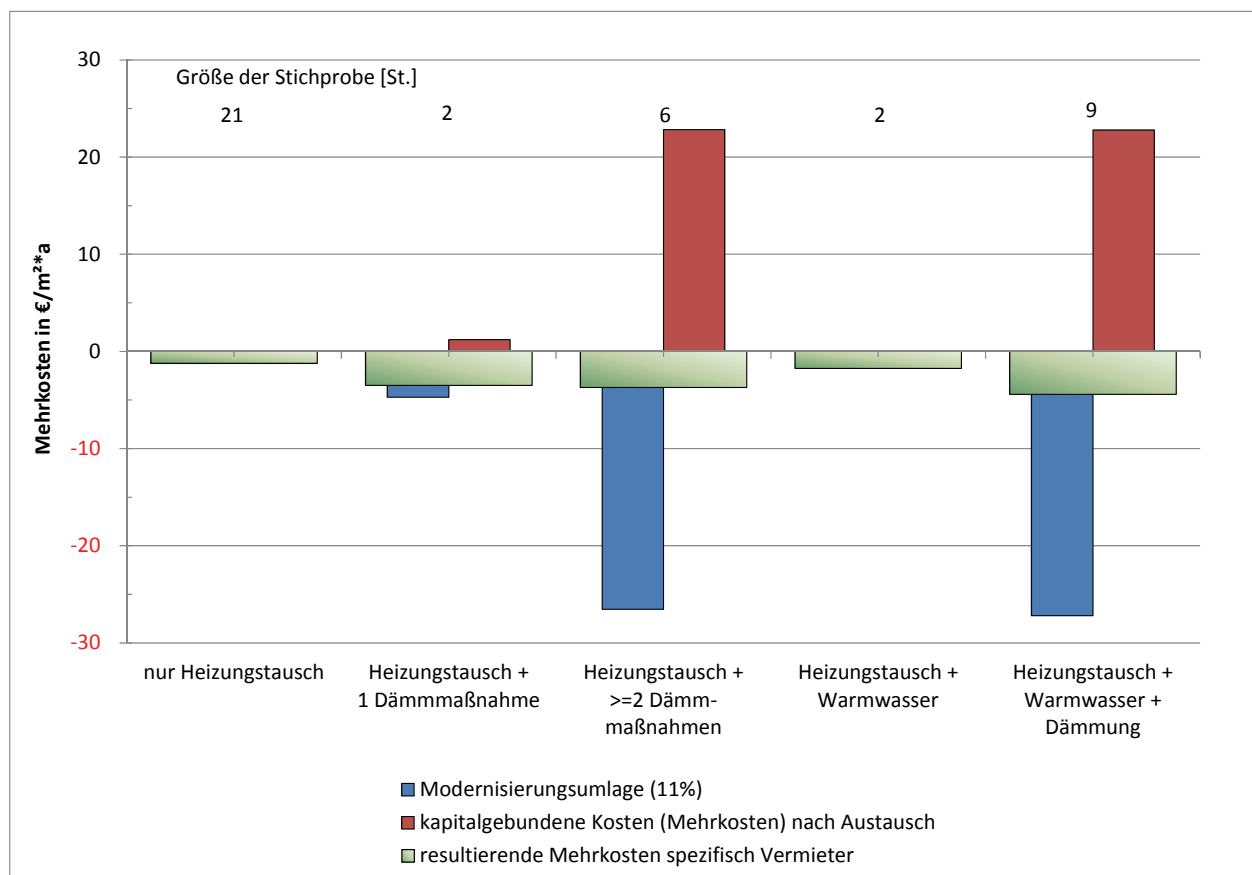


Abbildung 50: Kosten Vermieter nach II. BV für Variante I – Gesamtstichprobe (40 Gebäude)

Auch bei Variation der Kostenszenarien (Variante I bis III) in Abbildung 51 bleiben die günstigen Verhältnisse für den Vermieter bestehen. Dabei ist zu beachten, dass die hier angenommenen günstigen Randbedingungen für den Vermieter mit der kompletten Ausschöpfung der Umlage der Modernisierungskosten nicht immer realisiert werden können.

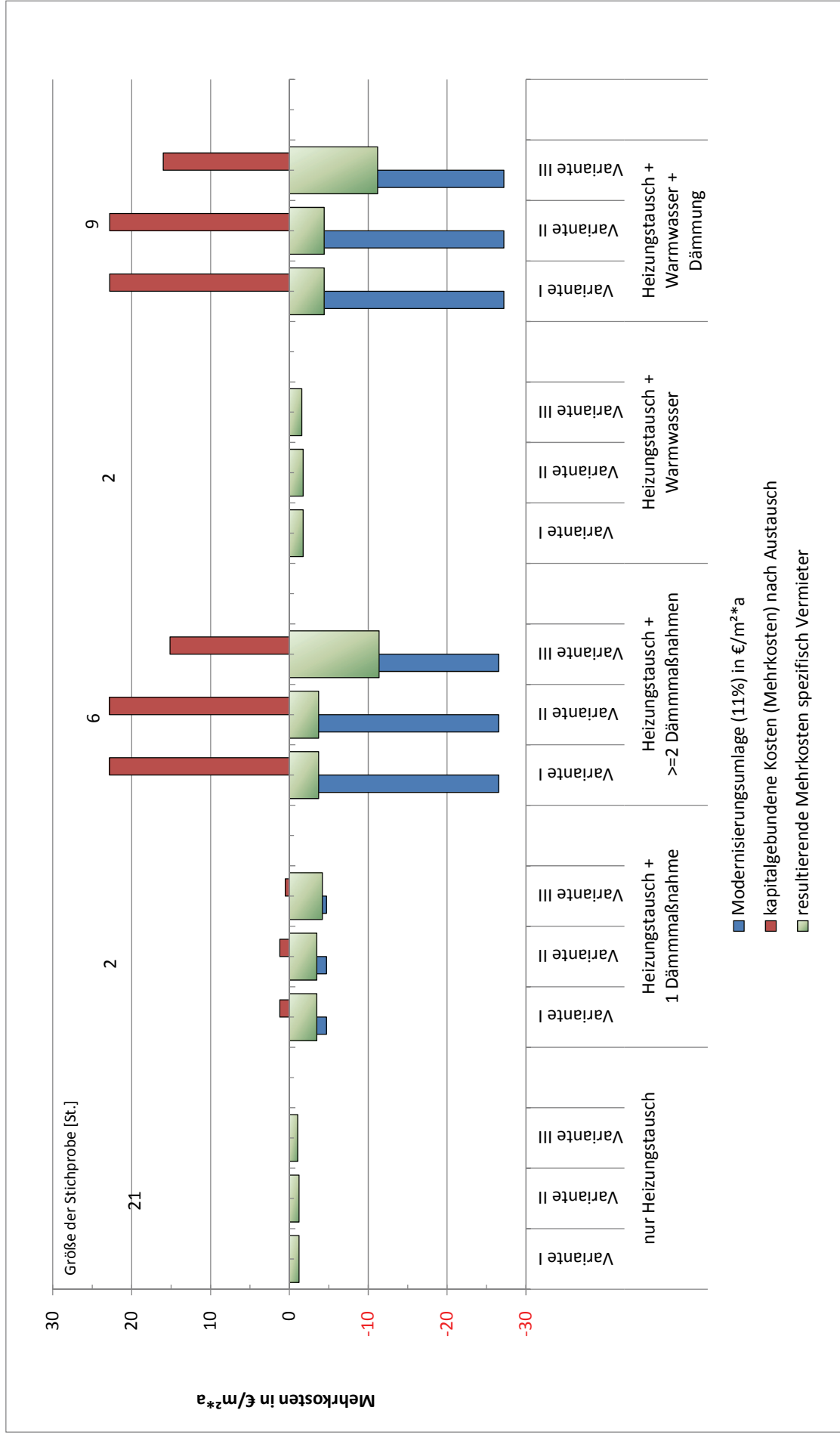


Abbildung 51: Kosten Vermieter nach II. BV im Variantenvergleich – Gesamtstichprobe (40 Gebäude)



## Mieter

Aus Sicht des Mieters sind bei der Bewertung von effizienzverbessernden Maßnahmen die Modernisierungumlage (höhere Miete) und die ggf. höheren betriebsgebundenen Kosten (zusätzliche technische Anlagen und Geräte mit Wartungsaufwand) den Einsparungen an verbrauchsgebundenen Kosten (verringertes Brennstoff- bzw. Stromverbrauch) gegenüber zu stellen.

Die Ergebnisse aus Mietersicht zeigt Abbildung 52 für Variante I. Während sich aus Mietersicht der Heizungsaustausch kostenmindernd (im Mittel  $-0,70 \text{ €/}(m^2 \cdot \text{mth})$ ) auswirkt, führt die Kombination von Heizungsaustausch und umfassenden Dämmmaßnahmen zu Mehrkosten (im Mittel  $+1,38 \text{ €/}(m^2 \cdot \text{mth})$ ). Ähnliche Kosteneffekte entstehen, wenn zusätzlich die Warmwasserbereitung in den Austausch einbezogen wird. Erfolgt keine Modernisierungumlage, profitieren die Mieter in allen Varianten von den sinkenden verbrauchsgebundenen Kosten (rote Balken in Abbildung 52 als Gesamteffekt).

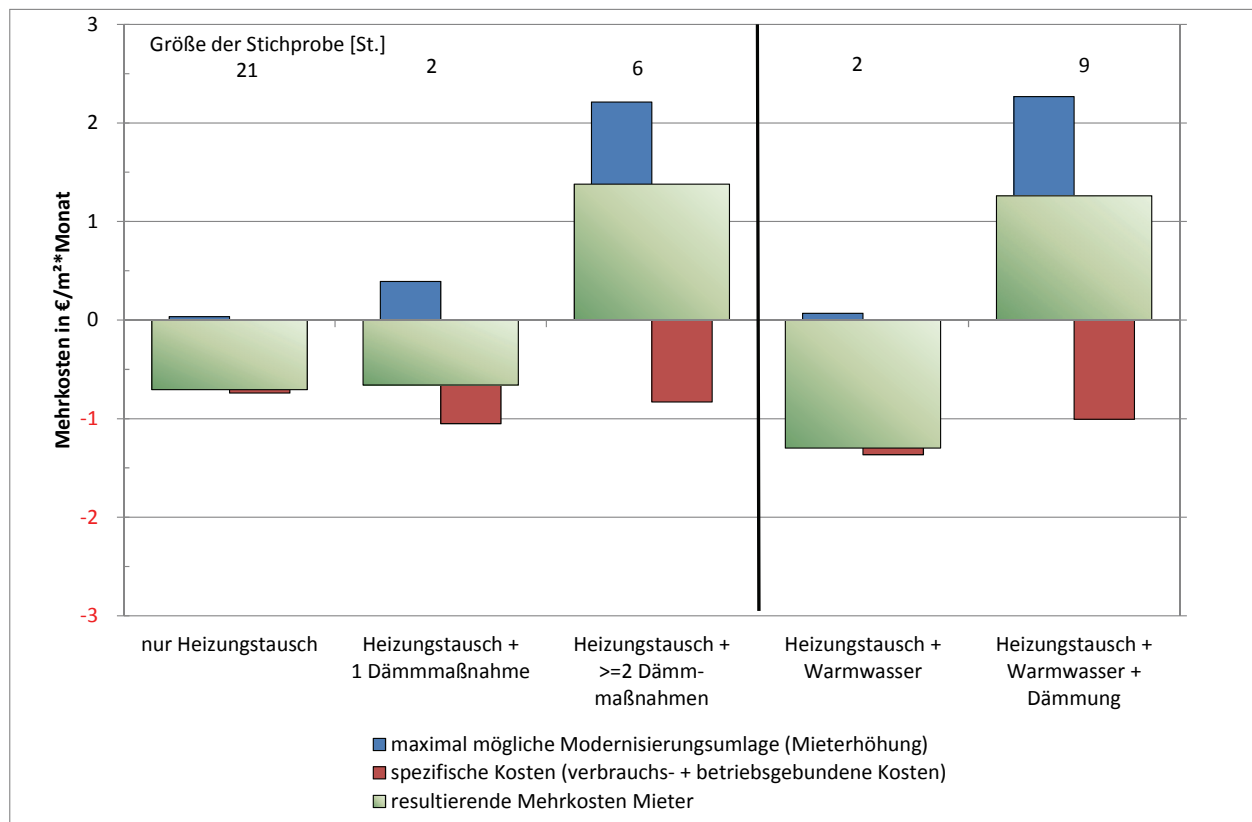


Abbildung 52: Kosten Mieter nach II. BV für Variante I – Gesamtstichprobe (40 Gebäude)

Variiert man die Kostenszenarien (Abbildung 53) bleiben wieder die Trends aus Variante I erhalten. Die Kosteneinsparung durch den Heizungsaustausch betragen für den Mieter im Mittel zwischen  $-0,70$  und  $-0,84 \text{ €/}(m^2 \cdot \text{mth})$ , für die Kombination von Heizungsaustausch und umfassenden Dämmmaßnahmen ergeben sich szenarienabhängig mittlere Mehrkosten zwischen  $+1,20$  und  $+1,38 \text{ €/}(m^2 \cdot \text{mth})$ .

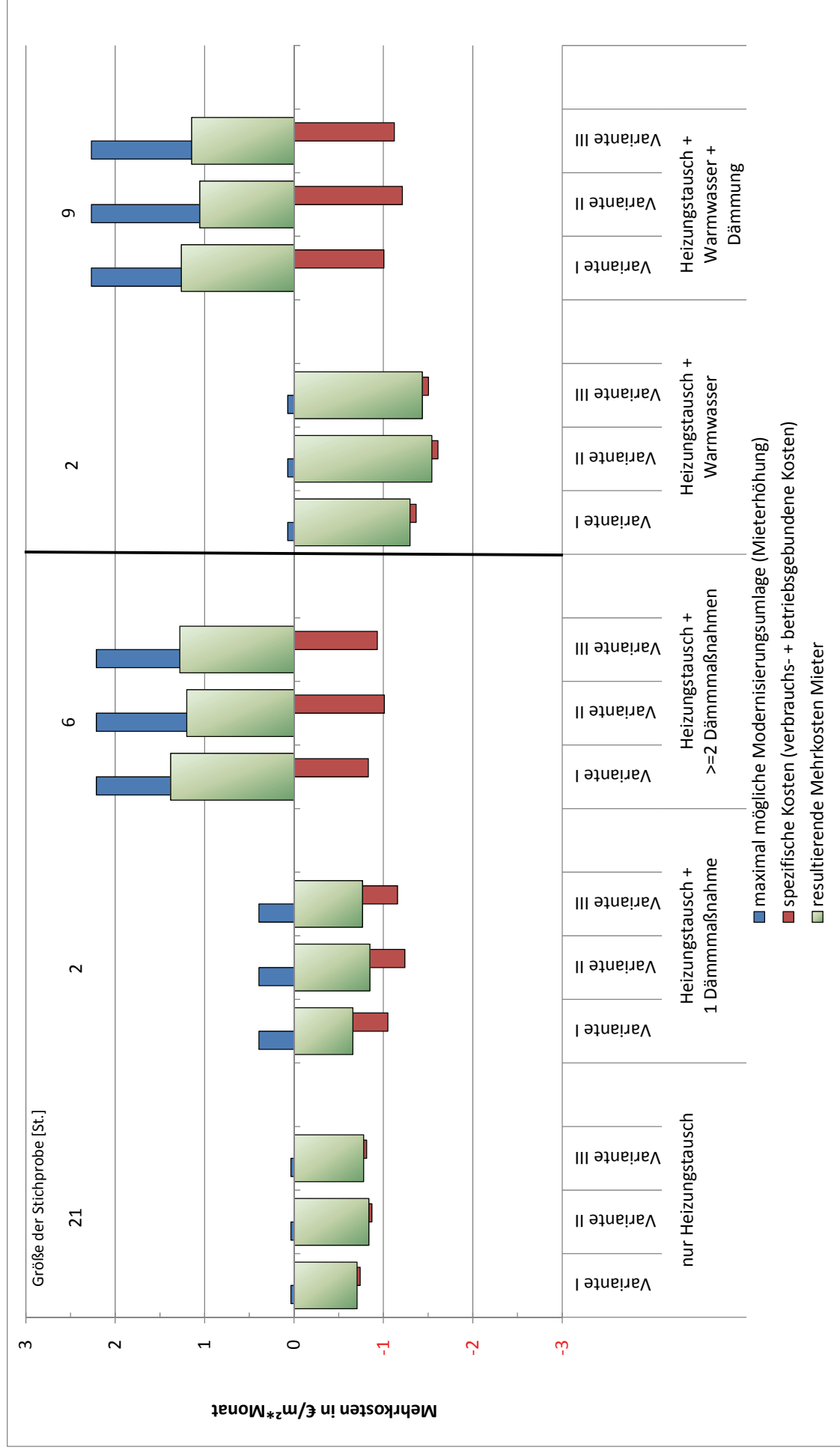


Abbildung 53: Kosten Mieter nach II. BV im Variantenvergleich – Gesamtstichprobe (40 Gebäude)

### Fazit Wirtschaftlichkeit des Heizungsaustausches

Im Modellvorhaben werden Berechnungen nach VDI 2067 (Gesamtkostenansatz) und nach der II. Berechnungsverordnung (Modernisierungsumlage) durchgeführt.

Betrachtet man zunächst die Entsorgungskosten der Nachtstromspeicherheizungen, schwankt eine fiktive Förderquote bei einer Förderung von 150 €/Gerät in weiten Grenzen, für 80% der 43 ausgewerteten Gebäude liegt die fiktive Förderquote zwischen 51 und 505% bei Entsorgungskosten von ca. 295 bis 30 €/Gerät, eine direkte Förderung des Abbaus der Nachtstromspeicherheizung erweist sich auf Basis dieser Zahlen als nicht notwendig.

Für den Heizungsaustausch einschließlich Entsorgung der Nachtstromspeicherheizung betragen die Investitionskosten brutto für die ausgewerteten 57 Gebäude im Mittel ca. 5780 €/Wohnung bzw. ca. 75 €/m<sup>2</sup> Nutzfläche. Für 80% der Gebäude betragen die Investitionskosten brutto für den Heizungsaustausch zwischen 3.200 und 7.250 €/Wohnung bzw. zwischen 43 und 107 €/m<sup>2</sup> Nutzfläche. Auch die beiden Referenzgebäude liegen mit ca. 85 €/m<sup>2</sup> (R01 mit E-Direktheizung) und ca. 54 €/m<sup>2</sup> (R03 mit E-Speicherheizung) in diesem Bereich. Fallbeispiele für die Brutto-Investitionskosten des Heizungsaustauschs bei unterschiedlichen Heizsystemen illustrieren die statistischen Werte. Dabei ist zu beachten, dass die Randbedingungen (u.a. Gebäude und Region) wesentlichen Einfluss auf die objektspezifischen Kosten haben:

- 6FH Bottrop (P16) - Gas-Brennwert: 6530 €/Wohnung = 65,80 €/m<sup>2</sup>
- 9FH Berlin (V01) - Fernwärme KWK: 3900 €/Wohnung = 48,10 €/m<sup>2</sup>
- 6FH Ulm (P25) - Sole-WP: 8940 €/Wohnung = 117,40 €/m<sup>2</sup>

Wird die statische Amortisationsdauer aus den Investitionskosten und der Energiekosteneinsparung (Stand Energiepreise 2010, ohne inflationsbereinigte Preissteigerung) berechnet, ergibt sich für Gebäude ohne bzw. mit punktueller zusätzlicher Wärmedämmung ein Wert von ca. 7,7 Jahren und für Gebäude mit zusätzlicher maßgeblicher Wärmedämmung ein Wert von ca. 30,5 Jahren.

Weitergehend werden für das Kostenszenario Variante I (Zinssatz 5% keine Energiepreissteigerung) die jährlichen Gesamtkosten nach VDI 2067 ermittelt. Während für die Gruppe „nur Heizungsaustausch“ die jährlichen Gesamtkosten moderat ausfallen (Minimum: 8,42 €/m<sup>2</sup>a / Mittelwert: 12,16 €/m<sup>2</sup>a / Maximum: 17,53 €/m<sup>2</sup>a), sind für die Kombination „Heizungsaustausch + ≥ 2 Dämmmaßnahmen deutlich höhere

Gesamtkosten zu verzeichnen (Minimum: 11,26 €/m<sup>2</sup>a / Mittelwert: 36,50 €/m<sup>2</sup>a / Maximum: 67,20 €/m<sup>2</sup>a) - der höhere Investitionsaufwand kann in diesen Gebäuden nicht durch die Heizkostenreduzierung gedeckt werden. Diese hinsichtlich des Vergleichs des ausschließlichen Heizungsaustauschs und der Kombination mit zusätzlicher Wärmedämmung getroffenen Aussagen gelten auch für die anderen betrachteten Kostenszenarien bei Variation des Zinssatzes und der Energiepreissteigerung.

Im Sinne der II. Berechnungsverordnung sind aus Sicht des Vermieters bei der wirtschaftlichen Bewertung von effizienzverbessernden Maßnahmen die erhöhten kapitalgebundenen Kosten und die Einsparung durch die Modernisierungsumlage (höhere Mieteinnahmen) gegenüber zu stellen. Effizienzverbessernde Maßnahmen (Heizungsaustausch und Wärmeschutz) führen für den Vermieter zur Verringerung der Kostenbelastung gegenüber dem Ersatz der Speicherheizgeräte und ggf. der Durchlauferhitzer / Kleinspeicher. Sekundäreffekte wie eine bessere Vermietbarkeit können wegen des schlechten Images der Nachtstromspeicherheizung und des zu erwartenden Komfortgewinns durch zentrale Warmwasserheizungen vermutet werden.

Aus Sicht des Mieters sind bei der Bewertung von effizienzverbessernden Maßnahmen die Modernisierungsumlage (höhere Miete) und die ggf. höheren betriebsgebundenen Kosten (zusätzliche technische Anlagen und Geräte mit Wartungsaufwand) den Einsparungen an verbrauchsgebundenen Kosten (verringertes Brennstoff- bzw. Stromverbrauch) gegenüber zu stellen. Während sich aus Mietersicht der Heizungsaustausch kostenmindernd (im Mittel zwischen -0,70 und -0,84 €/m<sup>2</sup>\*mth)) auswirkt, führt die Kombination von Heizungsaustausch und umfassenden Dämmmaßnahmen zu Mehrkosten (zwischen +1,20 und +1,38 €/m<sup>2</sup>\*mth)).

## 9 Öffentlichkeitsarbeit

### 9.1 Workshop als Auftaktveranstaltung

Zum Start des Modellvorhabens zum Austausch von Nachtstromspeicherheizungen fand am 23.03.2009 in Berlin ein Workshop statt. Es nahmen ca. 50 Personen teil, neben Teilnehmern am Modellvorhaben waren Vertreter des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR), der KfW-Bankengruppe, des mit der wissenschaftlichen Begleitung beauftragten ITG Dresden, der begleitenden Verbände GdW (Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen) und HEA (Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendung e.V.) sowie von Energieversorgungsunternehmen anwesend.

Vielfältige Fachvorträge, welche die politischen Rahmenbedingungen, die Fördermöglichkeiten, die Vorstellung des Modellvorhabens und Erfahrungen der Teilnehmer zum Inhalt hatten, sowie viele interessante Diskussionen sorgten für eine gelungene Veranstaltung.

Agenda		
11:00-11:25 Uhr	Begrüßung	BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung) HEA (Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendung e.V.) GdW (Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen)
11:25-11:45 Uhr	Politische Rahmenbedingungen	BMVBS
11:45-12:15 Uhr	Förderbedingungen	KfW-Bankengruppe
12:15-12:30 Uhr	Diskussion	
12:30-13:30 Uhr	Mittagspause	
13:30-14:30 Uhr	Vorstellung Modellprojekt und Teilnehmer	ITG Dresden
14:30-14:45 Uhr	Kaffeepause	
14:45-15:05 Uhr	Erfahrungen	SGF Augsburg-Firnhaberau
15:05-15:25 Uhr	Planung kleines MFH	Hausverwaltung Hückler
15:25-15:45 Uhr	Wirtschaftlichkeitsvergleich	Berliner BWG zu 1892
15:45-16:00 Uhr	Abschlussdiskussion	



## 9.2 Homepage

Informationen zum Modellvorhaben zum Austausch von Nachtstromspeicherheizungen und zu dessen Rahmenbedingungen werden auf einer durch ITG Dresden betriebenen Homepage kommuniziert. Diese dient der öffentlichen Verbreitung der Ergebnisse des Modellvorhabens dienen. Die Homepage ist seit April 2009 unter [www.austausch-nachtstromspeicherheizungen.de](http://www.austausch-nachtstromspeicherheizungen.de) online. In der Projektlaufzeit ist die Homepage mehrfach aktualisiert worden, um u.a. zeitnah die veränderten KfW-Förderbedingungen zu berücksichtigen.



29.04.2009 - ITG Dresden

**ITG**

Startseite Impressum Kontakt

**EnEV im Gebäudebestand**

- » [Anforderungen](#)
- » [Energieausweise](#)
- » [Austausch Nachtstromspeicherheizung](#)

**KfW Förderung**

- » [Übersicht](#)
- » [Programm Energieeffizient sanieren](#)
- » [Rechenbeispiel](#)

**Modellvorhaben**

- » [Teilnehmer](#)
- » [Workshop](#)
- » [Best-practice Beispiel](#)

**Modellvorhaben zum Austausch von Nachtstromspeicherheizungen**

Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) führt ein Modellvorhaben zum Austausch von Nachtstromspeicherheizungen unter wissenschaftlicher Begleitung durch das ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden - Forschung und Anwendung GmbH durch.

Neben der Novelle der Energieeinsparverordnung (EnEV 2009) werden mit dem Modellvorhaben in einem weiteren Schritt die Beschlüsse zum Integrierten Energie- und Klimaprogramm (IEKP) der Bundesregierung über den Austausch von Nachtstromspeicherheizungen umgesetzt.

Der Ersatz von Nachtstromspeicherheizungen wird im KfW-Programm „Energieeffizient sanieren“ gefördert. Im Rahmen der Sonderförderung von Einzelmaßnahmen wird ab 1. April 2009 ein Zuschuss von 200 € pro abgebautem Nachtstromspeicherheizgerät gewährt.

Mit dem Modellvorhaben sollen best-practice Beispiele für effiziente Sanierungsstrategien herausgearbeitet und interessierten Eigentümern zur Verfügung gestellt werden. Im Modellvorhaben werden deutschlandweit über 70 Wohngebäude mit mindestens 6 Wohnungen untersucht, es sind Unternehmen der Wohnungswirtschaft, Hausverwaltungen und Privateigentümer beteiligt.

**Druckversion**

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung

Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung

**weitere Links**

- [BMVBS](#)
- [BBR](#)
- [KfW](#)
- [GdW](#)
- [HEA](#)
- [ITG Dresden](#)

## 9.3 Weitere Aktivitäten

Während der Laufzeit des Modellvorhabens ist der Projektfortschritt neben dem vorliegenden Endbericht mit mehreren Zwischenberichten dokumentiert worden:

- Erstellung von 2 Zwischenberichten (Juni 2009 und November 2010)
- Erstellung eines (vorläufigen) Endberichtes Teil 1 (Dezember 2009)

Über erste Ergebnisse des Modellvorhabens wurde in Abstimmung mit dem BMVBS in speziellen Fachvorträgen berichtet:

- Berliner Energietage, Berlin, 4. Mai 2009
- VdW Bayern, Augsburg, 15. Juli 2010
- VdW NRW, Düsseldorf, 30. März 2011

- FU Berlin, Berlin, 7. Juli 2011
- EON Ruhrgas, Essen, 13. September 2011

Das Modellvorhaben wurde darüber hinaus in weiteren Vorträgen u.a. bei Fachplanerseminaren in Attendorn, 30. September 2009, in Düsseldorf, 23. Februar 2010, in Bremen, 13. April 2010 und in Hamm, 23. Juni 2010 sowie beim Fachverband SHK in Cottbus, 4. Mai 2010 und bei der Ausbildung für Energieberater in Kassel, 19. Mai 2010 und 30. September 2010 vorgestellt.

Mit bzw. nach Abschluss des Modellvorhabens sind weitere Aktivitäten im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit geplant:

- Durchführung einer Abschlussveranstaltung nach Fertigstellung des Endberichts,
- Dokumentation des Modellvorhabens auf der Homepage des BBSR ([www.bbsr.bund.de](http://www.bbsr.bund.de)),
- Veröffentlichungen,
- Vorträge.

#### **Fazit Öffentlichkeitsarbeit**

Zum Start des Modellvorhabens fand am 23.03.2009 in Berlin ein Workshop statt. Es nahmen ca. 50 Personen teil (Teilnehmern am Modellvorhaben, Mitarbeiter BMVBS, BBR, KfW und ITG Dresden, Vertreter der begleitenden Verbände GdW und HEA sowie von Energieversorgungsunternehmen). Vielfältige Fachvorträge sowie viele interessante Diskussionen sorgten für eine gelungene Veranstaltung.

Informationen zum Modellvorhaben und zu dessen Rahmenbedingungen werden auf einer durch ITG Dresden betriebenen Homepage [www.austausch-nachtstromspeicherheizungen.de](http://www.austausch-nachtstromspeicherheizungen.de) kommuniziert, die seit April 2009 online ist und seitdem regelmäßig aktualisiert worden ist.

Zur Dokumentation des Modellvorhabens sind neben dem vorliegenden Endbericht insgesamt 3 Zwischen- bzw. vorläufige Endberichte erstellt worden. Bis zum 1. Oktober 2011 sind 5 spezielle Vorträge zum Modellvorhaben gehalten worden, in weiteren Vorträgen wurde das Thema eingebunden.

Weitere geplante Aktivitäten sind u. a. die Durchführung einer Abschlussveranstaltung, sowie die Publikation der Ergebnisse in Veröffentlichungen sowie in Vorträgen insbesondere in Regionen mit heute noch hohem Anteil von Nachtstromspeicherheizungen.



## 10 Wesentliche Ergebnisse

### Grundlagen

Das Modellvorhaben zum Austausch von Nachtstromspeicherheizungen wird im Rahmen der Umsetzung der Beschlüsse zum Integrierten Energie- und Klimaprogramm (IEKP) der Bundesregierung vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) unter wissenschaftlicher Begleitung durch das ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden - Forschung und Anwendung GmbH durchgeführt.

Im Modellvorhaben werden deutschlandweit über 70 Wohngebäude mit sechs und mehr Wohnungen untersucht, es sollen Best-practice-Beispiele für effiziente Sanierungsstrategien herausgearbeitet und interessierten Eigentümern zur Verfügung gestellt werden. Für die von der Austauschforderung der EnEV 2009 betroffenen Gebäudeeigentümer sind Aussagen zu den zu erwartenden Effekten einer Umstellung des Heizungssystems aus

- wirtschaftlicher
- energetischer und
- umsetzungspraktischer

Sicht von großem Interesse. Dabei sind die alleinige Heizungsumstellung und die Kombination aus Modernisierung der Heizungsanlage und energetischer Sanierung der Gebäude zu differenzieren. Das Modellvorhaben zum Austausch von Nachtstromspeicherheizungen wird mit dem Ziel wissenschaftlich begleitet, verallgemeinerbare Aussagen zur Umstellung von Nachtstromspeicherheizungen auf umweltverträglichere Heizungsformen zu treffen.

Der Stand der Technik für Nachtstromspeicherheizungen ist normativ beschrieben und in der Literatur gut dokumentiert. Verschiedene aktuelle Studien beschäftigen sich mit Aspekten des Austauschs von Nachtstromspeicherheizungen. Diese Studien kommen tendenziell zu ähnlichen Ergebnissen und verweisen auf die energetischen Einsparpotenziale, aber auch auf die in Abhängigkeit von den Randbedingungen u.U. problematische Wirtschaftlichkeit des Austauschs.

Aus den ca. 300 Antragstellern mit ungefähr 470 beantragten Gebäuden werden unter Festlegung von Auswahlkriterien (u. a. Gebäudegröße, Eigentumsverhältnisse, geplante Maßnahmen, Austauschzeitpunkt) 70 Teilnehmer mit je einem Gebäude für die Teilnahme am Modellvorhaben ausgewählt.

Die Verteilung der ausgewählten Gebäude wird hinsichtlich der regionalen Zuordnung, der Eigentumsverhältnisse, der Gebäudegröße (Wohnungsanzahl und Wohnfläche) sowie der geplanten Austauschmaßnahmen (Heizung, Warmwasserbereitung und Wärmeschutz) graphisch aufbereitet.

### **Bestandsaufnahme**

Alle für die Teilnahme ausgewählten Gebäude werden durch ITG Dresden mit dem Ziel einer energetischen Bestandsaufnahme besichtigt. Im Vorfeld erfolgt eine Abfrage zu bei den Teilnehmern verfügbaren Daten. Vor Ort erfolgen die Datenaufnahme anhand von standardisierten Formblättern und eine Fotodokumentation.

Für die Gebäude werden im Rahmen der Bestandsaufnahme Energiebedarf- und Energieverbrauchsausweise vor dem Heizungsaustausch jeweils nach den Regularien der EnEV 2009 erstellt und statistisch aufbereitet. Ein Vergleich von Energiebedarf und Energieverbrauch könnte auf den ersten Blick zu dem Eindruck führen, dass der rechnerische Energiebedarf ein Mehrfaches des tatsächlich gemessenen Verbrauchs beträgt. Für einen realistischen Bedarfs-/Verbrauchsabgleich sind allerdings einige Regeln zu beachten:

1. Basis Endenergie (da Primärenergie bei Strom gegenüber Endenergie um den Faktor 2,6 höher bewertet)
2. Vergleich Heizungsanteil Endenergie (da Warmwasserbereitung im Regelfall beim Verbrauch nicht erfasst)
3. Korrektur Endenergieverbrauch (im Regelfall Bad mit E-Direktheizung über Haushaltstrom)

Das so korrigierte Verbrauch-Bedarf-Verhältnis liegt in der Stichprobe oft im Bereich zwischen 60 und 100% (38 von 66 Gebäuden), das Minimum mit 28% und das Maximum mit 149% weichen weit davon ab, das Vorgehen beim Abgleich von Verbrauch und Bedarf zeigt Tabelle 28. Zwei typische Beispiele (W13, 6FH und W15, 18FH, beide in Essen) aus der Wohnungswirtschaft liefern folgende konkrete Werte für die Heizenergie:

- 6FH: korrigierter Verbrauch: 134,0 kWh/m<sup>2</sup>a / Energiebedarf: 153,3 kWh/m<sup>2</sup>a → 87%
- 18FH: korrigierter Verbrauch: 91,3 kWh/m<sup>2</sup>a / Energiebedarf: 147,6 kWh/m<sup>2</sup>a → 62%

Trotz der großen Unterschiede hinsichtlich des Gebäudewärmeschutzes ergibt sich nicht der erwartete Trend, dass mit verbessertem Wärmeschutz auch der Energieverbrauch deutlich sinkt.

	Energiebedarf in kWh/m <sup>2</sup> a	Energieverbrauch in kWh/m <sup>2</sup> a
0. Schritt	<b>277,1</b> (100%) Primärenergie	<b>73,8</b> (27%) Endenergie Heizung
1. Schritt: Bedarfswert Endenergie	106,6 Endenergie	73,8 Endenergie Heizung
2. Schritt: Trennung HZG und WWB	86,9 + 19,6 Endenergie HZG + WWB	73,8 Endenergie Heizung
3. Schritt: nicht berücksichtigter Verbrauch	86,9 + 19,6 Endenergie HZG + WWB	77,5 Endenergie Heizung korrigiert <sup>1)</sup>
4. Schritt: Vergleich	<b>86,9</b> (100%) Endenergie HZG	<b>77,5</b> (89%) Endenergie HZG korr.
1)...Abschätzung für Verbrauchskorrektur von nicht erfassten Direktstromanteilen als Flächenanteil direkt beheizter Räume bezogen auf Nutzfläche, hier 5%		

Tabelle 28: Vergleich von errechnetem Energiebedarf und gemessenem Energieverbrauch am Beispiel eines MFH in Berlin (P04)

### Durchführung des Heizungsaustausches

Viele Teilnehmer konnten ihre ursprünglichen Zeitpläne nicht realisieren und den Heizungsaustausch vor der Heizperiode 2009/10 durchführen. Um eine möglichst große Stichprobe zur Auswertung des Vergleichs Vor- und Nach-Sanierung zu erhalten, werden letztendlich alle Teilnehmer berücksichtigt, die den Heizungsaustausch vor der Heizperiode 2010/11 durchgeführt haben.

Von den 70 ausgewählten Teilnehmern wird der Heizungsaustausch von 58 fristgemäß durchgeführt. Nach dem Heizungsaustausch liegen für 55 Gebäude Bedarfswerte, für 44 Gebäude Verbrauchswerte und für 57 Gebäude Zusammenstellungen der Investitionskosten vor. Komplette Datensätze existieren für 42 Gebäude, davon erfolgt bei 26 Gebäuden der Heizungsaustausch ohne bzw. nur mit punktueller Wärmedämmung, bei 14 Gebäuden in Verbindung mit kompletter Wärmedämmung und 2 Gebäude dienen als Referenzgebäude (1x E-Speicherheizung und 1x E-Direkt-heizung).

Beim Ersatz der Nachtstromspeicherheizungen (siehe Abbildung 54) dominieren Gas-Brennwertheizungen (37 von 53, davon einmal in Kombination mit Nutzung

regenerativer Energie), in 11 Objekten kommt Fernwärme zum Einsatz (einmal in Kombination mit Nutzung regenerativer Energie). Eingesetzt werden weiterhin vier Wärmepumpen (2x Sole-Wasser, 1x Grundwasser-Wasser, 1x Luft-Wasser). Einmal wird ein VRV-Klimagerät zum Heizen / Kühlen eingesetzt.

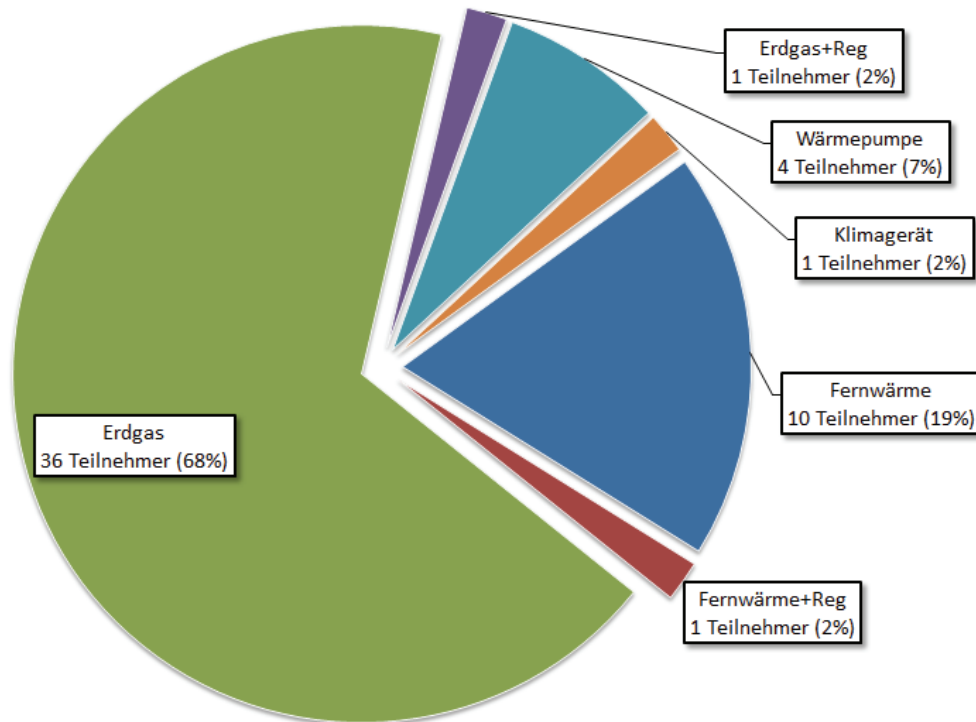


Abbildung 54: Durchgeführte Maßnahmen Heizung  
(Nach-Sanierung, 53 Gebäude, ohne Referenzgebäude)

In nur 12 Objekten wird Warmwasserbereitung in die Modernisierung einbezogen und nicht weiterhin dezentral elektrisch betrieben – demzufolge bleibt in ca. 3 Viertel der Objekte (41 von 53) die vorhandene dezentrale elektrische Warmwasserbereitung unverändert. Als Gründe für die Beibehaltung werden die hohe Akzeptanz der dezentralen Warmwasserbereitung durch die Mieter, die schwierige baupraktische Realisierung des Systemwechsels, der höhere Aufwand der Heizkostenabrechnung und geringe energetische Vorteile der zentralen Lösungen aufgeführt.

Betrachtet man die Gebäude mit modernisierter Warmwasserbereitung, lassen sich folgende Tendenzen erkennen und Hinweise ableiten:

- In 6 der 12 Gebäude kommt eine Solaranlage für die Warmwasserbereitung zum Einsatz. Ursache dafür könnten erwartete Imagevorteile und verringerte Heizkosten als Vermietungsargument sein.

- Überproportional häufig wird in mit Fernwärme beheizten Gebäuden auch die Warmwasserbereitung umgestellt (5 von 12 Gebäuden → 42%, Anteil Fernwärme in der Gesamtstichprobe: 19%).
- Ebenfalls überproportional ist der Anteil der Wohnungswirtschaft (9 von 12 Gebäuden → 75%, Anteil Wohnungswirtschaft in der Gesamtstichprobe: 43%). Eine mögliche Ursache könnte in der im Regelfall unterschiedlichen Herangehensweise an Sanierungsmaßnahmen liegen. Während in der Wohnungswirtschaft oft auf Basis eines Finanzierungsplanes der gesamte Bestand betrachtet wird, werden bei Eigentümern und Verwaltern viel häufiger Einzelmaßnahmen realisiert, die in der vorliegenden Stichprobe wahrscheinlich durch die Anforderungen der EnEV und die Förderung im Rahmen des Modellvorhabens motiviert sein dürften und sich deshalb auch auf den dort geforderten / geförderten Heizungsaustausch beschränkt.
- Die Modernisierung der Warmwasserbereitung ist praktisch in allen Fällen in eine umfangreichere Sanierung eingebunden (7 von 12 mit umfassender Wärmedämmung, 3 von 12 mit punktueller Wärmedämmung, 2 Gebäude mit schon vorab gutem Wärmeschutzniveau). Hier dürfte auch der hohe Anteil der Wohnungswirtschaft maßgeblich sein, unabhängig davon agieren auch einzelne private Eigentümer und Verwalter in Abhängigkeit von den finanziellen Möglichkeiten ganzheitlich bei der Durchführung von Sanierungsmaßnahmen.

In 21 Objekten haben parallel zum Heizungsaustausch Maßnahmen zur Verbesserung der Wärmedämmung stattgefunden. Bei 13 dieser 21 Objekte wird eine komplette Wärmedämmung vorgenommen. Bei den restlichen 8 Objekten erfolgen die Maßnahmen nur punktuell (z. B. Fensteraustausch).

Gelungene Detaillösungen können als best practice Beispiele zur Nachahmung empfohlen werden.

### **Energieeffizienz des Heizungsaustausches**

Vergleicht man den Energiebedarf vor und nach Austausch der Nachtstromspeicherheizung, fällt vor allem der Unterschied zwischen end- und primärenergetischem Einsparpotenzial ins Auge. Die konventionellen Lösungen Gas-Brennwert und Fernwärme führen kaum zu einer Minderung des Endenergiebedarfs, allerdings wird bei Ersatz durch eine Heizung mit Gas-Brennwertgeräten oder mit Fernwärme ein primärenergetisches Einsparpotenzial unter Beibehaltung der

dezentralen elektrischen Warmwasserbereitung in der Größenordnung von ca. 40 bis 60% (Gas-Brennwert) bzw. von 60 bis 70% (Fernwärme mit Standardwerten für KWK fossil) erschlossen. Das rechnerische Einsparpotenzial der Wärmepumpen bzw. des Klimagerätes erreicht auch ohne Maßnahmen zur Verbesserung des baulichen Wärmeschutzes sowohl end- als auch primärenergetisch eine Größenordnung von etwa 60 bis 70%, in Verbindung mit umfassenden Wärmedämmmaßnahmen steigt das Einsparpotenzial auf 75 bis 90%. Folgende Beispiele belegen diese Verhältnisse:

- 6FH Bottrop (P16) - Gas-Brennwert:

Endenergiebedarf 91,9 → 89,9 kWh/m<sup>2</sup>a → 2% Einsparung

Primärenergiebedarf 277,3 → 139,1 kWh/m<sup>2</sup>a → 50% Einsparung

- 9FH Berlin (V01) - Fernwärme KWK:

Endenergiebedarf 113,8 → 110,3 kWh/m<sup>2</sup>a → 3% Einsparung

Primärenergiebedarf 332,4 → 115,0 kWh/m<sup>2</sup>a → 65% Einsparung

- 6FH Ulm (P25) – Sole-WP:

Endenergiebedarf 110,0 → 30,1 kWh/m<sup>2</sup>a → 73% Einsparung

Primärenergiebedarf 338,0 → 104,2 kWh/m<sup>2</sup>a → 69% Einsparung

Der spezifische Endenergieverbrauch der Objekte, bei welchen keine bzw. nur eine punktuelle Wärmedämmung erfolgt, bleibt durch die Umstellung des Heizungssystems im Mittel nahezu konstant (durchschnittliche Erhöhung Endenergie Heizung 0,9 kWh/m<sup>2</sup>\*a bzw. 1%), bei allerdings starker Streuung in den einzelnen Objekten.

Auch das lässt sich wiederum durch Fallbeispiele mit Gas-Brennwerttechnik belegen:

- 6FH Bottrop (P16):

Endenergieverbrauch 61,4 → 84,9 kWh/m<sup>2</sup>a → 38% Mehrverbrauch

- 8FH Dorsten (V19):

Endenergieverbrauch 103,3 → 103,0 kWh/m<sup>2</sup>a → 0% Einsparung

- 12FH Essen (V15):

Endenergieverbrauch 87,7 → 69,9 kWh/m<sup>2</sup>a → 20% Einsparung

Bei Gebäuden, bei denen neben dem Austausch der Heizungsanlage auch eine signifikante Wärmedämmung der Gebäudehülle stattfand, verringert sich der spezifische Endenergieverbrauch um durchschnittlich ca. 46,9 kWh/m<sup>2</sup>\*a bzw. 51%).

Bei fast gleichem Endenergiebedarf vor und nach Heizungsaustausch wird bei den konventionellen Energieträgern Erdgas und Fernwärme eine erhebliche Senkung des Primärenergiebedarfs durch die geringeren Primärenergiefaktoren erreicht. Niedrigere Anlagenaufwandszahlen bei Wärmepumpen und Klimageräten führen im Zuge des Heizungsaustausch zu einer Senkung des Endenergie- und des Primärenergiebedarfs. Der Vergleich der Verbrauchswerte vor und nach Heizungsumtausch wird zusätzlich durch das Nutzerverhalten beeinflusst. Durchweg in allen Objekten wird durch den Heizungsaustausch der Primärenergieverbrauch gesenkt. Dies gilt sowohl mit dem Primärenergiefaktor für Strom  $f_p = 2,6$  nach EnEV 2009 als auch in einem Szenario mit einem Primärenergiefaktor Strom  $f_p = 2,0$ .

Bei einer statistischen Bewertung der Gebäude im Modellvorhaben (Tabelle 28) fällt auf, dass der Energieverbrauch sowohl vor als auch nach dem Heizungsaustausch meist unter den jeweiligen Bedarfswerten liegt. Fallbeispiele mit Gas-Brennwerttechnik bestätigen diese Aussage:

- 6FH Bottrop (P16):

Vorher: Bedarf 91,9 kWh/m<sup>2</sup>a - Verbrauch 61,4 kWh/m<sup>2</sup>a → - 33%

Nachher: Bedarf 89,9 kWh/m<sup>2</sup>a - Verbrauch 84,9 kWh/m<sup>2</sup>a → - 6%

- 8FH Dorsten (V19):

Vorher: Bedarf 196,1 kWh/m<sup>2</sup>a - Verbrauch 103,3 kWh/m<sup>2</sup>a → - 47%

Nachher: Bedarf 188,7 kWh/m<sup>2</sup>a - Verbrauch 103,0 kWh/m<sup>2</sup>a → - 45%

- 12FH Essen (V15):

Vorher: Bedarf 169,3 kWh/m<sup>2</sup>a - Verbrauch 87,7 kWh/m<sup>2</sup>a → - 48%

Nachher: Bedarf 164,0 kWh/m<sup>2</sup>a - Verbrauch 69,9 kWh/m<sup>2</sup>a → - 57%

Von Interesse ist in diesem Zusammenhang die Fragestellung, inwieweit im Vergleich von Heizungsaustausch und Wärmedämmung die rechnerischen Einsparungen in der Realität erreicht werden können. In der untersuchten Stichprobe zeigt sich, dass bei alleinigem Heizungsaustausch die vorhergesagten Einspareffekte nicht ganz erreicht werden, das Verhältnis der Einsparungen im Primärenergieverbrauch zu den Einsparungen im Primärenergiebedarf beträgt im Mittel 68% (Diskrepanz zwischen rechnerischer Einsparung und gemessenem Verbrauch: 69 kWh/m<sup>2</sup>a). Etwas größere Abweichungen treten für die Kombination Heizungsaustausch und Wärmedämmung auf, hier beträgt das Einsparverhältnis 63% (Diskrepanz: 107 kWh/m<sup>2</sup>a). Die teilweise

kleinen Teilstichproben lassen allerdings keine Verallgemeinerung dieser Aussagen zu, vielmehr ist hier weiterer Untersuchungsbedarf zu erkennen.

	Kenngröße	nur Heizungs austausch		Heizung und Warmwasser	
		Ohne Wärmedämmung	Mit Wärmedämmung	Ohne Wärmedämmung	Mit Wärmedämmung
vor Austausch	Endenergiebedarf	120,2 kWh/m <sup>2</sup> a	129,7 kWh/m <sup>2</sup> a	133,5 kWh/m <sup>2</sup> a	118,4 kWh/m <sup>2</sup> a
	Primärenergiebedarf	312,6 kWh/m <sup>2</sup> a	337,1 kWh/m <sup>2</sup> a	347,1 kWh/m <sup>2</sup> a	307,9 kWh/m <sup>2</sup> a
	Endenergieverbrauch	85,7 kWh/m <sup>2</sup> a	91,0 kWh/m <sup>2</sup> a	134,4 kWh/m <sup>2</sup> a	103,0 kWh/m <sup>2</sup> a
	Primärenergieverbrauch	222,8 kWh/m <sup>2</sup> a	236,7 kWh/m <sup>2</sup> a	349,3 kWh/m <sup>2</sup> a	267,8 kWh/m <sup>2</sup> a
	Endenergie Verbrauch/Bedarf vorher	75 %	71 %	115 %	88 %
	Primärenergie Verbrauch/Bedarf vorher	75 %	71 %	111 %	89 %
nach Austausch	Endenergiebedarf	116,3 kWh/m <sup>2</sup> a	44,9 kWh/m <sup>2</sup> a	86,7 kWh/m <sup>2</sup> a	66,8 kWh/m <sup>2</sup> a
	Primärenergiebedarf	121,8 kWh/m <sup>2</sup> a	55,1 kWh/m <sup>2</sup> a	100,4 kWh/m <sup>2</sup> a	60,7 kWh/m <sup>2</sup> a
	Endenergieverbrauch	96,1 kWh/m <sup>2</sup> a	50,6 kWh/m <sup>2</sup> a	87,4 kWh/m <sup>2</sup> a	61,3 kWh/m <sup>2</sup> a
	Primärenergieverbrauch	101,0 kWh/m <sup>2</sup> a	61,5 kWh/m <sup>2</sup> a	93,7 kWh/m <sup>2</sup> a	57,1 kWh/m <sup>2</sup> a
	Endenergie Verbrauch/Bedarf nachher	87 %	135 %	98 %	98 %
	Primärenergie Verbrauch/Bedarf nachher	87 %	116 %	98 %	98 %
Vergleich nach/vor	Einsparung Endenergiebedarf	3 %	62 %	31 %	40 %
		4,0 kWh/m <sup>2</sup> a	84,8 kWh/m <sup>2</sup> a	46,8 kWh/m <sup>2</sup> a	51,6 kWh/m <sup>2</sup> a
	Einsparung Endenergieverbrauch	-14 %	42 %	24 %	40 %
		-10,4 kWh/m <sup>2</sup> a	40,5 kWh/m <sup>2</sup> a	46,9 kWh/m <sup>2</sup> a	41,7 kWh/m <sup>2</sup> a
	Einsparung Primärenergiebedarf	61 %	83 %	71 %	80 %
		190,7 kWh/m <sup>2</sup> a	282,0 kWh/m <sup>2</sup> a	244,6 kWh/m <sup>2</sup> a	249,6 kWh/m <sup>2</sup> a
	Einsparung Primärenergieverbrauch	54 %	72 %	71 %	79 %
	121,8 kWh/m <sup>2</sup> a	175,2 kWh/m <sup>2</sup> a	255,6 kWh/m <sup>2</sup> a	210,7 kWh/m <sup>2</sup> a	
Verhältnis Primärenergieeinsparungen Verbrauch zu Bedarf	68 %	63 %	116 %	91 %	
Differenz Primärenergieeinsparungen Bedarf - Verbrauch ("Mehrverbrauch")	69 kWh/m <sup>2</sup> a	107 kWh/m <sup>2</sup> a	-11 kWh/m <sup>2</sup> a	39 kWh/m <sup>2</sup> a	
Ausgewertete Stichprobe		23	6	3	8

Abbildung 55: Übersicht energetische Kennwerte zur Bewertung des Heizungs austausches

### Wirtschaftlichkeit des Heizungs austausches

Im Modellvorhaben werden Berechnungen nach VDI 2067 (Gesamtkostenansatz) und nach der II. Berechnungsverordnung (Modernisierungumlage) durchgeführt.

Betrachtet man zunächst die Entsorgungskosten der Nachtstromspeicherheizungen, schwankt eine fiktive Förderquote bei einer Förderung von 150 €/Gerät in weiten Grenzen, für 80% der 43 ausgewerteten Gebäude liegt die fiktive Förderquote zwischen 51 und 505% bei Entsorgungskosten von ca. 295 bis 30 €/Geräte, eine direkte Förderung des Abbaus der Nachtstromspeicherheizung erweist sich auf Basis dieser Zahlen als nicht notwendig.

Für den Heizungs austausch einschließlich Entsorgung der Nachtstromspeicherheizung betragen die Investitionskosten brutto für die ausgewerteten 57 Gebäude im Mittel ca. 5780 €/Wohnung bzw. ca. 75 €/m<sup>2</sup> Nutzfläche. Für 80% der Gebäude betragen die Investitionskosten brutto für den Heizungs austausch zwischen 3.200 und



7.250 €/Wohnung bzw. zwischen 43 und 107 €/m<sup>2</sup> Nutzfläche. Auch die beiden Referenzgebäude liegen mit ca. 85 €/m<sup>2</sup> (R01 mit E-Direktheizung) und ca. 54 €/m<sup>2</sup> (R03 mit E-Speicherheizung) in diesem Bereich. Fallbeispiele für die Brutto-Investitionskosten des Heizungsaustauschs bei unterschiedlichen Heizsystemen illustrieren die statistischen Werte. Dabei ist zu beachten, dass die Randbedingungen (u.a. Gebäude und Region) wesentlichen Einfluss auf die objektspezifischen Kosten haben:

- 6FH Bottrop (P16) - Gas-Brennwert:	6530 €/Wohnung	=	65,80 €/m <sup>2</sup>
- 9FH Berlin (V01) - Fernwärme KWK:	3900 €/Wohnung	=	48,10 €/m <sup>2</sup>
- 6FH Ulm (P25) - Sole-WP:	8940 €/Wohnung	=	117,40 €/m <sup>2</sup>

Wird die statische Amortisationsdauer aus den Investitionskosten und der Energiekosteneinsparung (Stand Energiepreise 2010, ohne inflationsbereinigte Preissteigerung) berechnet, ergibt sich für Gebäude ohne bzw. mit punktueller zusätzlicher Wärmedämmung ein Wert von ca. 7,7 Jahren und für Gebäude mit zusätzlicher maßgeblicher Wärmedämmung ein Wert von ca. 30,5 Jahren.

Weitergehend werden für das Kostenszenario Variante I (Zinssatz 5%, keine Energiepreissteigerung) die jährlichen Gesamtkosten nach VDI 2067 ermittelt (Abbildung 56). Während für die Gruppe „nur Heizungsaustausch“ die jährlichen Gesamtkosten moderat ausfallen (Minimum: 8,42 €/m<sup>2</sup>a / Mittelwert: 12,16 €/m<sup>2</sup>a / Maximum: 17,53 €/m<sup>2</sup>a), sind für die Kombination „Heizungsaustausch + ≥ 2 Dämmmaßnahmen deutlich höhere Gesamtkosten zu verzeichnen (Minimum: 11,26 €/m<sup>2</sup>a / Mittelwert: 36,50 €/m<sup>2</sup>a / Maximum: 67,20 €/m<sup>2</sup>a) - der höhere Investitionsaufwand kann in diesen Gebäuden nicht durch die Heizkostenreduzierung gedeckt werden. Diese hinsichtlich des Vergleichs des ausschließlichen Heizungsaustauschs und der Kombination mit zusätzlicher Wärmedämmung getroffenen Aussagen gelten auch für die anderen betrachteten Kostenszenarien bei Variation des Zinssatzes und der Energiepreissteigerung.

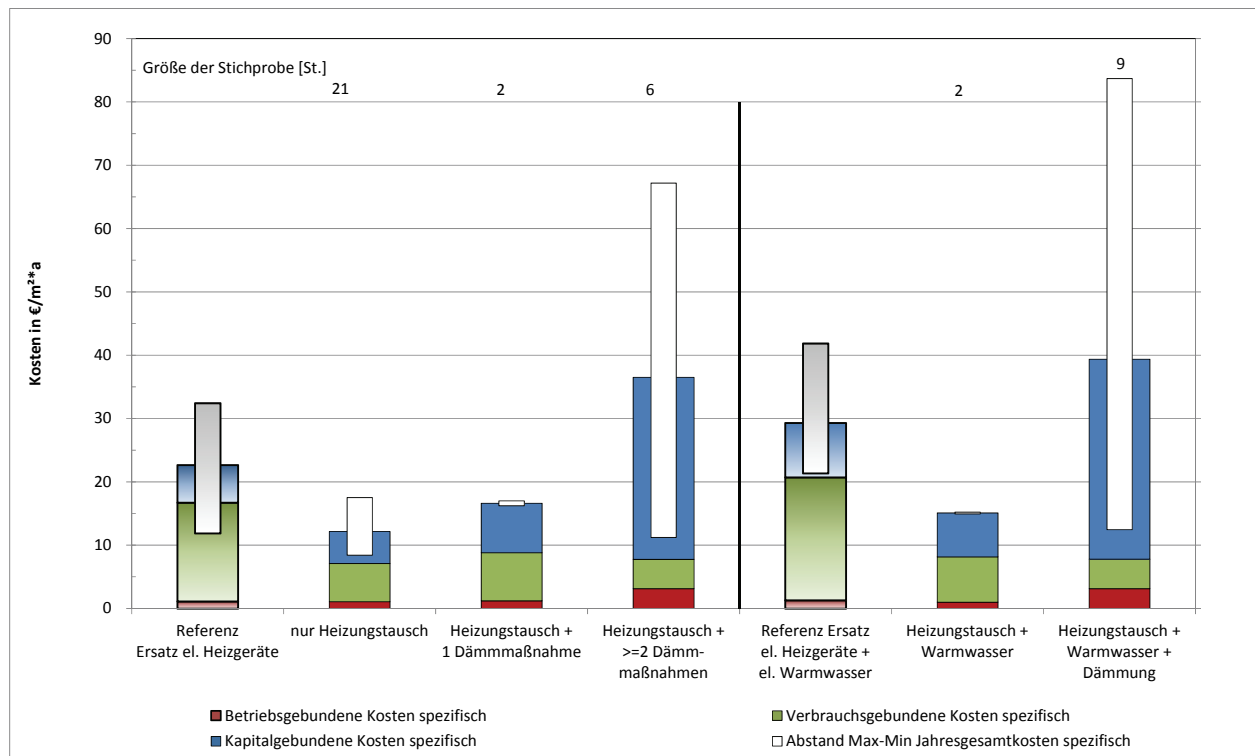


Abbildung 56: Jahresgesamtkosten nach VDI 2067 für Variante I – Gesamtstichprobe (40 Gebäude)

Im Sinne der II. Berechnungsverordnung sind aus Sicht des Vermieters bei der wirtschaftlichen Bewertung von effizienzverbessernden Maßnahmen die erhöhten kapitalgebundenen Kosten und die Einsparung durch die Modernisierungumlage (höhere Mieteinnahmen) gegenüber zu stellen. Effizienzverbessernde Maßnahmen (Heizungsaustausch und Wärmeschutz) führen für den Vermieter zur Verringerung der Kostenbelastung gegenüber dem Ersatz der Speicherheizgeräte und ggf. der Durchlauferhitzer / Kleinspeicher. Sekundäreffekte wie eine bessere Vermietbarkeit können wegen des schlechten Image der Nachtstromspeicherheizung und des zu erwartenden Komfortgewinns durch zentrale Warmwasserheizungen vermutet werden.

Aus Sicht des Mieters sind bei der Bewertung von effizienzverbessernden Maßnahmen die Modernisierungumlage (höhere Miete) und die ggf. höheren betriebsgebundenen Kosten (zusätzliche technische Anlagen und Geräte mit Wartungsaufwand) den Einsparungen an verbrauchsgebundenen Kosten (verringertes Brennstoff- bzw. Stromverbrauch) gegenüber zu stellen. Während sich aus Mietersicht der Heizungsaustausch kostenmindernd (im Mittel zwischen -0,70 und -0,84 €/m<sup>2</sup>\*mth)) auswirkt, führt die Kombination von Heizungsaustausch und umfassenden Dämmmaßnahmen zu Mehrkosten (zwischen +1,20 und +1,38 €/m<sup>2</sup>\*mth)).

## **Öffentlichkeitsarbeit**

Zum Start des Modellvorhabens fand am 23.03.2009 in Berlin ein Workshop statt. Es nahmen ca. 50 Personen teil (Teilnehmern am Modellvorhaben, Mitarbeiter BMVBS, BBR, KfW und ITG Dresden, Vertreter der begleitenden Verbände GdW und HEA sowie von Energieversorgungsunternehmen). Vielfältige Fachvorträge sowie viele interessante Diskussionen sorgten für eine gelungene Veranstaltung.

Informationen zum Modellvorhaben und zu dessen Rahmenbedingungen werden auf einer durch ITG Dresden betriebenen Homepage [www.austausch-nachtstromspeicherheizungen.de](http://www.austausch-nachtstromspeicherheizungen.de) kommuniziert, die seit April 2009 online ist und seitdem regelmäßig aktualisiert worden ist.

Zur Dokumentation des Modellvorhabens sind neben dem vorliegenden Endbericht insgesamt 3 Zwischen- bzw. vorläufige Endberichte erstellt worden. Bis zum 1. Oktober 2011 sind 5 spezielle Vorträge zum Modellvorhaben gehalten worden, in weiteren Vorträgen wurde das Thema eingebunden. Weitere geplante Aktivitäten sind u. a. die Durchführung einer Abschlussveranstaltung sowie die Publikation der Ergebnisse in Veröffentlichungen und Vorträgen insbesondere in Regionen mit heute noch hohem Anteil von Nachtstromspeicherheizungen.

## **Fazit**

1. Eine Neuvermietung von nachstrombeheizten Wohnungen fällt aufgrund steigender Energiepreise und der damit in der öffentlichen Wahrnehmung verbundenen hohen Heizkosten schwer. Bei den Eigentümern bzw. Wohnungsunternehmen besteht damit „Leidensdruck“, die Nachtstromspeicherheizungen auszutauschen. Der Austausch ist daher unabhängig von den Austauschforderungen der EnEV 2009 fester Bestandteil der Modernisierungsstrategien.
2. Der einfache Weiterbetrieb der vorhandenen Nachtstromspeicherheizungen ist scheinbar die wirtschaftlichste Variante, ist aber wegen des absehbaren Ausfalls der im Bestand teilweise deutlich über 20 Jahre alten Geräte und der Schwierigkeiten bei der Neuvermietung keine wirkliche Option. Ein 1:1-Austausch der Nachtstromspeicherheizung ist wegen der nicht unerheblichen Investitionskosten und der hohen Betriebskosten nicht wirtschaftlich sowie angesichts steigender Strompreise und des Vermietungsrisikos nicht zukunftssicher. Technische Entwicklungen, die durch Nutzung von Smartgrid-

Effekten die Attraktivität einer innovativen Nachtstromspeicherheizung vor dem Hintergrund der Energiewende und der damit verbundenen Aufgabe der Stromspeicherung erhöhen und möglicherweise auch zu interessanten Preismodellen der Energieversorger führen könnten, sind aber vorstellbar und können ggf. in Zukunft zu einer differenzierten Bewertung einer „neuen Nachtstromspeicherheizung“ aus energetischer, wirtschaftlicher und ökologischer Sicht führen. Dies ist zum jedoch zum heutigen Zeitpunkt nicht absehbar.

3. Ein Vergleich der Energieausweiswerte (Primärenergiebedarf vs. Endenergieverbrauch Heizung) führt zu einem verzerrten Bild und erweckt zunächst den Eindruck, dass die elektrische Nachtstromspeicherheizung viel besser sei als ihr Ruf. Dabei muss jedoch noch der energetische Aufwand für die Warmwasserbereitung und der oft vorzufindenden elektrischen Direktheizung im Bad mit betrachtet werden. Die Differenz zwischen Bedarf und Verbrauch schmilzt dann im Regelfall deutlich.
4. Beim Umstieg von dezentralen Nachtstromspeicherheizungen auf zentrale Warmwasserheizungen sind baupraktische Aspekte, wie z.B. Leitungsführung, zentrale / dezentrale Heizungssysteme oder Infrastruktur für neue Energieträger, finanzielle Aspekte, wie z.B. Höhe der Investitionskosten, deren Umlagefähigkeit oder Förderung sowie verwaltungstechnische Aspekte, wie z.B. Heizkostenabrechnung maßgeblich. In den Modellvorhaben wurden häufig individuelle Lösungen umgesetzt (z.B. Verlegung der Steigleitungen auf der Außenseite der Außenwand unter der Wärmedämmung) zu finden. Die Warmwasserbereitung wird selten in den Austausch einbezogen.
5. Im Modellvorhaben dominieren im Austausch die Standardsysteme Gas-Brennwerttechnik und Fernwärme, gefolgt von der Nutzung regenerativer Energie (Wärmepumpe, Solarkollektoren). Trotz des mit dem Einsatz von Gas und Fernwärme als Energieträger leicht steigenden Endenergieverbrauchs der Heizung sinken die Heizkosten (wegen der differierenden energieträgerspezifischen Energiepreise) und der Primärenergiebedarf deutlich. Das gilt auch, wenn zukünftig der Primärenergiefaktor für Strom (nicht regenerativ) auf 2,0 sinkt.

6. Sowohl bei einer Gesamtkostenbetrachtung nach [VDI 2067] als auch aus Vermieter- und Mietersicht bei der Kostenberechnung nach II. Berechnungsverordnung (im sozialen Wohnungsbestand) ist der Heizungsaustausch mit dem Einsatz von Gas-Brennwerttechnik oder Fernwärme gegenüber dem 1:1-Ersatz der Nachtstromspeicherheizung im Regelfall wirtschaftlich.
7. Wird der Austausch der Nachtstromspeicherheizungen mit Maßnahmen zur Verbesserung des Wärmeschutzes kombiniert, erhöht sich die Zukunftssicherheit der betroffenen Gebäude und deren Energieeffizienz steigt. Die Einsatzbedingungen für eine Vielzahl moderner Heizsysteme (z. B. Brennwerttechnik, Wärmepumpen, regenerative Energie) werden verbessert. Die Kombination des Heizungsaustausches mit umfassenden Dämmmaßnahmen an der Gebäudehülle führt aber im Vergleich mit dem ausschließlichen Heizungsaustausch zu höheren Gesamtkosten und zu Mehrkosten für den Mieter.
8. Die Förderung des Abbaus von Nachtstromspeicherheizungen („Verschrottungsprämie“) erweist sich im Ergebnis des Modellvorhabens als nicht notwendig, da
  - der Austausch bereits fester Bestandteil der Modernisierungsstrategien ist,
  - der Abbau der Nachtstromspeicherheizungen nicht immer mit der endgültigen Entsorgung der Geräte, sondern mit deren Einbau in anderen Objekten verbunden ist,
  - der Abbau der Nachtstromspeicherheizungen bereits durch andere Förderinstrumente, wie der Förderung des Einbaus einer neuen effizienten Heizungsanlage erfasst ist.

## Quellenverzeichnis

- [Borstelmann] Borstelmann, P.  
Handbuch der elektrischen Raumheizung  
Hüthig Buch Verlag Heidelberg, 1989
- [Hirschberger] Hirschberger et al.  
Senkung der Baufolgekosten durch systematische und  
zustandsabhängige Erhaltung von Gebäuden und langzeitkostenoptimale  
Baustoffauswahl“, IRB-Verlag, F2283
- [ITG] Hartmann, T.  
Wirtschaftlichkeit effizienzverbessernder Maßnahmen bei Wohngebäuden  
mit Elektro-Wärmespeichern  
Studie im Auftrag des Fachverbandes für Energiemarketing  
und -Anwendung (HEA) e.V.  
ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden - Forschung und  
Anwendung GmbH, Dresden, 2006
- [IZES] Frey, G. et al.  
Studie zu den Energieeffizienzpotenzialen durch Ersatz von  
elektrischem Strom im Raumwärmebereich  
im Auftrag von co2online gGmbH  
Institut für ZukunftsEnergieSysteme in Zusammenarbeit  
mit Bremer Energie Institut,  
Saarbrücken, 2007
- [IZES2] Jahn, K.; Schulz, W.; Frey, G. et al.  
Gutachten zur Außerbetriebnahme von Nachtspeicherheizungen  
im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung  
Bremer Energie Institut und Institut für ZukunftsEnergieSysteme  
Bremen, Saarbrücken, 2009
- [Mikrozensus] Statistisches Bundesamt  
Fachserie 5, Heft 1, Bauen und Wohnen  
Mikrozensus Zusatzerhebung 2006

- [Prognos] Schlesinger, M. et al.  
Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung  
EWI – GWS – Prognos AG  
Basel, Köln, Osnabrück, August 2010
- [Richter] Richter et al.  
Heizkostenerfassung im Niedrigenergiehaus  
Anlagentechnik in Bestandsgebäuden  
Abschlussbericht TU Dresden, Institut für Thermodynamik und TGA, im  
Auftrag des BBR, Dresden, Mai 2004
- [Walther] Walther, R.  
Entwicklungsstand der elektrischen Raumheizung  
Diplomarbeit, TU Dresden, Institut für Thermodynamik und TGA,  
Dresden, 1995

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anteil überwiegend elektrisch beheizter Wohnungen in Deutschland.....	16
Abbildung 2: Gesamtbestand von Nachtstromspeicherheizgeräten in Deutschland.....	16
Abbildung 3: Wohnungen mit Nachtstromspeicherheizungen im Bereich des GdW.....	18
Abbildung 4: Formblatt an Antragsteller .....	22
Abbildung 5: Information Teilnehmer.....	23
Abbildung 6: Information Nichtteilnehmer .....	24
Abbildung 7: Regionale Verteilung der Teilnehmer am Modellvorhaben .....	25
Abbildung 8: Verteilung der Teilnehmer nach Bundesländern.....	26
Abbildung 9: Verteilung der Teilnehmer nach Eigentums-/Betriebsverhältnissen.....	26
Abbildung 10: Verteilung der Teilnehmer nach Wohnungsanzahl .....	27
Abbildung 11: Verteilung der Teilnehmer nach Nutzfläche .....	27
Abbildung 12: Geplante Maßnahmen Heizung .....	28
Abbildung 13: Geplante Maßnahmen Warmwasserbereitung .....	28
Abbildung 14: Auszug Erfassungsbogen Vor-Ort-Bestandsaufnahme .....	30
Abbildung 15: Beispiele Fotodokumentation Vor-Ort-Bestandsaufnahme .....	31
Abbildung 16: Primärenergiebedarf Vor-Sanierung .....	32
Abbildung 17: Endenergieverbrauch Heizung Vor-Sanierung .....	34
Abbildung 18: Energiebedarfsausweis (Beispiel P04 - MFH Berlin) .....	37
Abbildung 19: Energieverbrauchsausweis (Beispiel P04 - MFH Berlin) .....	37
Abbildung 20: Endenergiebedarf und -verbrauch Heizung Vor-Sanierung .....	40
Abbildung 21: Anschreiben Teilnehmer zum Stand des Heizungsaustauschs .....	44
Abbildung 22: Formblatt zum Projektstand vor Abschluss des Heizungsaustauschs ....	45
Abbildung 23: Formblatt zum Projektstand nach Abschluss des Heizungsaustauschs .	46
Abbildung 24: Durchgeführte Maßnahmen Heizung .....	49
Abbildung 25: Durchgeführte Maßnahmen Warmwasserbereitung .....	49
Abbildung 26: Best practice – Heizzentrale im Keller .....	51
Abbildung 27: Best practice – Heizzentrale im Dachboden .....	52
Abbildung 28: Best practice – Horizontale Verteilleitungen .....	53
Abbildung 29: Best practice – Vertikale Verteilleitungen .....	53
Abbildung 30: Best practice – Einbindung von thermischen Solaranlagen.....	54
Abbildung 31: Best practice – Aushang eines Energieausweises im Treppenhaus.....	54
Abbildung 32: Primärenergiebedarf Nach-Sanierung .....	57
Abbildung 33: Anschreiben Teilnehmer Verbrauchsdaten nach Heizungsaustausch....	59



Abbildung 34: Formblatt Verbrauchsdaten nach Heizungsaustausch .....	60
Abbildung 35: Endenergieverbrauch Heizung Nach-Sanierung.....	61
Abbildung 36: Endenergiebedarf und -verbrauch Heizung Nach-Sanierung .....	63
Abbildung 37: Vergleich Endenergie Heizung (Beispiel V01 - MFH Berlin) .....	66
Abbildung 38: Vergleich Primärenergie Heizung (Beispiel V01 - MFH Berlin).....	66
Abbildung 39: Endenergiebedarf Heizung Vor- und Nach-Sanierung.....	70
Abbildung 40: Primärenergiebedarf gesamt Vor- und Nach-Sanierung.....	70
Abbildung 41: Endenergieverbrauch Heizung Vor- und Nach-Sanierung.....	71
Abbildung 42: Primärenergieverbrauch Heizung Vor- und Nach-Sanierung.....	71
Abbildung 43: Primärenergieverbrauch Heizung Vor- und Nach-Sanierung.....	72
Abbildung 44: Übersicht energetische Kennwerte Heizungsaustausch.....	73
Abbildung 45: Verfahren zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit.....	76
Abbildung 46: Investitionskosten für Heizungsaustausch und Trinkwassererwärmung.	82
Abbildung 47: Jahresgesamtkosten nach VDI 2067 für Variante I - gesamt.....	90
Abbildung 48: Jahresgesamtkosten nach VDI 2067 für Variante I - bereinigt.....	90
Abbildung 49: Jahresgesamtkosten nach VDI 2067 - gesamt .....	93
Abbildung 50: Kosten Vermieter nach II. BV für Variante I - gesamt .....	95
Abbildung 51: Kosten Vermieter nach II. BV im Variantenvergleich - gesamt .....	96
Abbildung 52: Kosten Mieter nach II. BV für Variante I - gesamt.....	97
Abbildung 53: Kosten Mieter nach II. BV im Variantenvergleich - gesamt.....	98
Abbildung 54: Durchgeführte Maßnahmen Heizung.....	108
Abbildung 55: Übersicht energetische Kennwerte Heizungsaustausch.....	112
Abbildung 56: Jahresgesamtkosten nach VDI 2067 für Variante I - gesamt.....	114

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anteile elektrischer Raumheizungssysteme .....	15
Tabelle 2: Erhebung zum Stromverbrauch von Nachtstromspeicherheizungen .....	17
Tabelle 3: Energiebedarfswerte Vor-Sanierung .....	33
Tabelle 4: Energieverbrauchswerte Vor-Sanierung .....	35
Tabelle 5: Vergleich von Energiebedarf und Energieverbrauch.....	38
Tabelle 6: Vergleich von Energiebedarf und Energieverbrauch.....	39
Tabelle 7: Statistische Bewertung von klassierten Endenergieverbräuchen .....	40
Tabelle 8: Statistische Bewertung des klassierten Gebäudewärmeschutzes .....	41
Tabelle 9: Projektstand im Modellvorhaben zum Austausch .....	43
Tabelle 10: Gebäudedaten Nach-Sanierung im Modellvorhaben .....	43
Tabelle 11 : Durchgeführte Maßnahmen im Modellvorhaben .....	48
Tabelle 12: Durchgeführte Maßnahmen im Modellvorhaben .....	50
Tabelle 13: Energiebedarfswerte Nach-Sanierung .....	58
Tabelle 14: Energieverbrauchswerte Nach-Sanierung .....	62
Tabelle 15: Vergleich von Energiebedarf und Energieverbrauch.....	64
Tabelle 16: Vergleich Energiebedarf Vor- und Nach-Sanierung .....	67
Tabelle 17: Vergleich Endenergie Heizung Vor- und Nach-Sanierung .....	68
Tabelle 18: Entsorgungskosten für Nachtstromspeicherheizungen.....	78
Tabelle 19: Investitionskosten für Austausch von Nachtstromspeicherheizungen.....	80
Tabelle 20: Investitionskosten für Modernisierungsmaßnahmen im Modellvorhaben....	81
Tabelle 21: Energiepreise.....	84
Tabelle 22: Wartungssätze für Modernisierungsmaßnahmen nach VDI 2067-1.....	85
Tabelle 23: Klassifizierung der Gebäude.....	86
Tabelle 24: Spezifische Kosten und statische Amortisationsdauer Variante I .....	87
Tabelle 25: Zusammenstellung spezifische Kosten und statische Amortisationsdauer .	88
Tabelle 26: Randbedingungen der Kostenszenarien (Variante I bis III).....	91
Tabelle 27: Umlagefähige Investitionskosten .....	94
Tabelle 28: Vergleich von Energiebedarf und Energieverbrauch.....	107

## Anhang

### Anhang A: Beispiel Energieausweis vor Austausch

# ENERGIEAUSWEIS

für Wohngebäude  
gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

Gültig bis: **27.07.2019** 1

### Gebäude

<b>Gebäudetyp</b>	Mehrfamilienreihenmittelhaus	
<b>Adresse</b>	Bachestr. 8, 12161 Berlin	
<b>Gebäudeteil</b>		
<b>Baujahr Gebäude</b>	1910	
<b>Baujahr Anlagentechnik <sup>1)</sup></b>	1985	
<b>Anzahl Wohnungen</b>	9	
<b>Gebäudenutzfläche (A<sub>n</sub>)</b>	1.435,2 m <sup>2</sup>	
<b>Erneuerbare Energien</b>		
<b>Lüftung</b>		
<b>Anlass der Ausstellung des Energieausweises</b>	<input type="checkbox"/> Neubau <input type="checkbox"/> Modernisierung <input checked="" type="checkbox"/> Sonstiges (freiwillig) <input type="checkbox"/> Vermietung / Verkauf <input type="checkbox"/> (Änderung / Erweiterung)	

### Hinweise zu den Angaben über die energetische Qualität des Gebäudes

Die energetische Qualität eines Gebäudes kann durch die Berechnung des **Energiebedarfes** unter standardisierten Randbedingungen oder durch die Auswertung des **Energieverbrauchs** ermittelt werden. Als Bezugsfläche dient die energetische Gebäudenutzfläche nach der EnEV, die sich in der Regel von den allgemeinen Wohnflächenangaben unterscheidet. Die angegebenen Vergleichswerte sollen überschlägige Vergleiche ermöglichen (**Erläuterungen - siehe Seite 4**).

Der Energieausweis wurde auf der Grundlage von Berechnungen des **Energiebedarfes** erstellt. Die Ergebnisse sind auf **Seite 2** dargestellt. Zusätzliche Informationen zum Verbrauch sind freiwillig.

Der Energieausweis wurde auf der Grundlage von Auswertungen des **Energieverbrauchs** erstellt. Die Ergebnisse sind auf **Seite 3** dargestellt.

Datenerhebung Bedarf/Verbrauch durch  Eigentümer  Aussteller

Dem Energieausweis sind zusätzliche Informationen zur energetischen Qualität beigefügt (freiwillige Angabe).

### Hinweise zur Verwendung des Energieausweises

Der Energieausweis dient lediglich der Information. Die Angaben im Energieausweis beziehen sich auf das gesamte Wohngebäude oder den oben bezeichneten Gebäudeteil. Der Energieausweis ist lediglich dafür gedacht, einen überschlägigen Vergleich von Gebäuden zu ermöglichen.

Aussteller:

ITG Dresden GmbH  
Dr.-Ing. Thomas Hartmann  
Bayreuther Str. 29  
01187 Dresden

28.07.2009

-----

Datum Unterschrift des Ausstellers

<sup>1)</sup> Mehrfachangaben möglich

# ENERGIEAUSWEIS

für Wohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

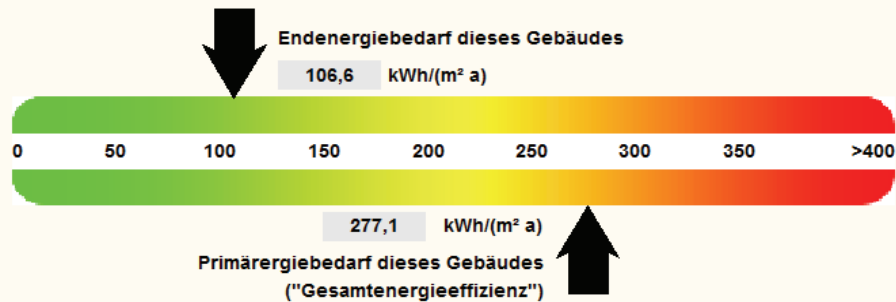
## Berechneter Energiebedarf des Gebäudes

Adresse  
Bachestr. 8  
12161 Berlin

2

## Energiebedarf

CO<sub>2</sub>-Emissionen <sup>1)</sup> 72,8 kg/(m<sup>2</sup>a)



### Anforderungen gemäß EnEV <sup>2)</sup>

#### Primärenergiebedarf

Ist-Wert 277,1 kWh/(m<sup>2</sup> a) Anforderungswert 66,4 kWh/(m<sup>2</sup> a)

#### Energetische Qualität der Gebäudehülle H<sub>T</sub>

Ist-Wert 1,25 W/(m<sup>2</sup> K) Anforderungswert 0,91 W/(m<sup>2</sup> K)

#### Sommerlicher Wärmeschutz (bei Neubau)

eingehalten

### Für Energiebedarfsberechnungen verwendetes Verfahren

Verfahren nach DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10

Verfahren nach DIN V 18599

Vereinfachungen nach § 9 Abs. 2 EnEV

## Endenergiebedarf

Energieträger	Jährlicher Endenergiebedarf in kWh/(m <sup>2</sup> a) für			Gesamt in kWh/(m <sup>2</sup> a)
	Heizung	Warmwasser	Hilfsgeräte <sup>4)</sup>	
Strom-Mix	86,9	19,6		106,6

## Ersatzmaßnahmen <sup>3)</sup>

### Anforderungen nach § 7 Nr. 2 EEWärmeG

Die um 15% verschärften Anforderungswerte sind eingehalten.

### Anforderungen nach § 7 Nr. 2 i. V. m. § 8 EEWärmeG

Die Anforderungswerte der EnEV sind um % verschärft

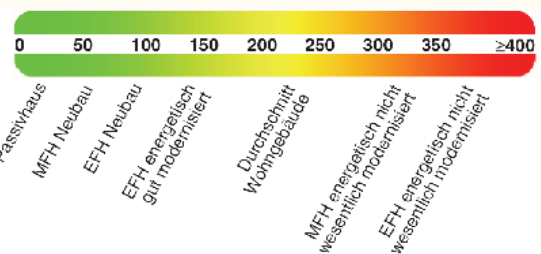
#### Primärenergiebedarf

Verschärfter Anforderungswert kWh/(m<sup>2</sup> a)

#### Transmissionswärmeverlust H<sub>T</sub>

Verschärfter Anforderungswert W/(m<sup>2</sup> K)

## Vergleichswerte Endenergiebedarf



## Erläuterungen zum Berechnungsverfahren

Die Energieeinsparverordnung lässt für die Berechnung des Energiebedarfs zwei alternative Berechnungsverfahren zu, die im Einzelfall zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können. Insbesondere wegen standardisierter Randbedingungen erlauben die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch. Die ausgewiesenen Bedarfswerte sind spezifische Werte nach der EnEV pro Quadratmeter Gebäudenutzfläche (A<sub>N</sub>).

<sup>1)</sup> freiwillige Angabe

<sup>2)</sup> bei Neubau sowie bei Modernisierung im Falle des §16 Abs. 1 Satz 2 EnEV

<sup>3)</sup> nur bei Neubau im Falle der Anwendung von § 7 Nr. 2 Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz

<sup>4)</sup> ggf. einschließlich Kühlung

<sup>5)</sup> EFH: Einfamilienhäuser, MFH: Mehrfamilienhäuser

# ENERGIEAUSWEIS

für Wohngebäude

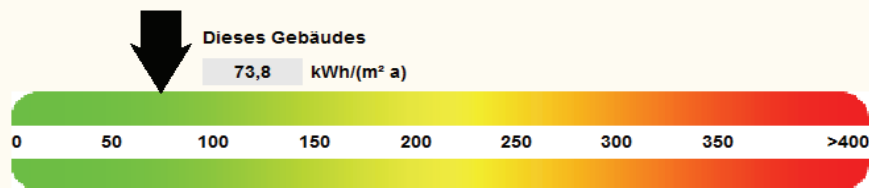
gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

Erfasster Energieverbrauch des Gebäudes

Adresse  
Bachstr. 8  
12161 Berlin

3

## Energieverbrauchskennwert



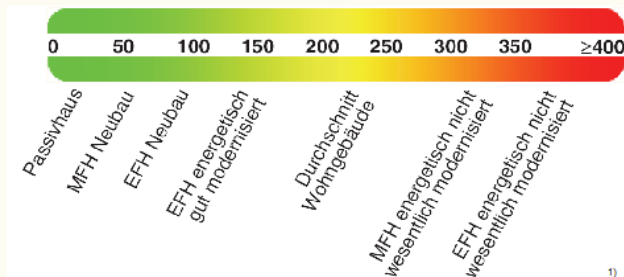
Energieverbrauch für Warmwasser:  enthalten  nicht enthalten

Das Gebäude wird auch gekühlt; der typische Energieverbrauch für Kühlung beträgt bei zeitgemäßen Geräten etwa 6 kWh je m² Gebäudenutzfläche und Jahr und ist im Energieverbrauchskennwert nicht enthalten.

## Verbrauchserfassung - Heizung und Warmwasser

Energieträger	Zeitraum		Energieverbrauch [kWh]	Anteil Warmwasser [kWh]	Klimafaktor	Energieverbrauchskennwert in kWh/(m²a) (zeitlich bereinigt, Klimabereinigt)		
	von	bis				Heizung	Warmwasser	Kennwert
Strom	01.01.2006	31.12.2006	90072	—	1,17	73,4	—	73,4
Strom	01.01.2007	31.12.2007	83509	—	1,26	73,3	—	73,3
Strom	01.01.2008	31.12.2008	89465	—	1,20	74,6	—	74,6
Durchschnitt								73,8

## Vergleichswerte Endenergiebedarf



Die modellhaft ermittelten Vergleichswerte beziehen sich auf Gebäude, in denen Wärme für Heizung und Warmwasser durch Heizkessel im Gebäude bereitgestellt wird.

Soll ein Energieverbrauchskennwert verglichen werden, der keinen Warmwasseranteil enthält, ist zu beachten, dass auf die Warmwasserbereitung je nach Gebäudegröße 20 - 40 kWh/(m²a) entfallen können.

Soll ein Energieverbrauchskennwert eines mit Fern- oder Nahwärme beheizten Gebäudes verglichen werden, ist zu beachten, dass hier normalerweise ein um 15 - 30 % geringerer Energieverbrauch als bei vergleichbaren Gebäuden mit Kesselheizung zu erwarten ist.

## Erläuterungen zum Verfahren

Das Verfahren zur Ermittlung von Energieverbrauchskennwerten ist durch die Energieeinsparverordnung vorgegeben. Die Werte sind spezifische Werte pro Quadratmeter Gebäudenutzfläche ( $A_{N0}$ ) nach der Energieeinsparverordnung. Der tatsächliche Verbrauch einer Wohnung oder eines Gebäudes weicht insbesondere wegen des Witterungseinflusses und sich ändernden Nutzerverhaltens vom angegebenen Energieverbrauchskennwert ab.

<sup>1)</sup> EFH-Einfamilienhäuser, MFH-Mehrfamilienhäuser

# ENERGIEAUSWEIS für Wohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

## Erläuterungen

4

### Energiebedarf – Seite 2

Der Energiebedarf wird in diesem Energieausweis durch den Jahres-Primärenergiebedarf und den Endenergiebedarf dargestellt. Diese Angaben werden rechnerisch ermittelt. Die angegebenen Werte sind auf der Grundlage der Bauunterlagen bzw. gebäudebezogener Daten und unter Annahme von standardisierten Randbedingungen (z.B. standardisierte Klimadaten, definiertes Nutzerverhalten, standardisierte Innentemperatur und innere Wärmegewinne usw.) berechnet. So lässt sich die energetische Qualität des Gebäudes unabhängig vom Nutzerverhalten und der Wetterlage beurteilen. Insbesondere wegen standardisierter Randbedingungen erlauben die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch.

### Primärenergiebedarf – Seite 2

Der Primärenergiebedarf bildet die Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes ab. Er berücksichtigt neben der Endenergie auch die so genannte "Vorkette" (Erkundung, Gewinnung, Verteilung, Umwandlung) der jeweils eingesetzten Energieträger (z.B. Heizöl, Gas, Strom, erneuerbare Energien etc.). Kleine Werte signalisieren einen geringen Bedarf und damit eine hohe Energieeffizienz und Ressourcen und Umwelt schonende Energienutzung. Zusätzlich können die mit dem Energiebedarf verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen des Gebäudes freiwillig angegeben werden.

### Endenergiebedarf – Seite 2

Der Endenergiebedarf gibt die nach technischen Regeln berechnete, jährlich benötigte Energiemenge für Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung an. Er wird unter Standardklima- und Standardnutzungsbedingungen errechnet und ist ein Maß für die Energieeffizienz eines Gebäudes und seiner Anlagentechnik. Der Endenergiebedarf ist die Energiemenge, die dem Gebäude bei standardisierten Bedingungen unter Berücksichtigung der Energieverluste zugeführt werden muss, damit die standardisierte Innentemperatur, der Warmwasserbedarf und die notwendige Lüftung sichergestellt werden können. Kleine Werte signalisieren einen geringen Bedarf und damit eine hohe Energieeffizienz.

Die Vergleichswerte für den Energiebedarf sind modellhaft ermittelte Werte und sollen Anhaltspunkte für grobe Vergleiche der Werte dieses Gebäudes mit den Vergleichswerten ermöglichen. Es sind ungefähre Bereiche angegeben, in denen die Werte für die einzelnen Vergleichskategorien liegen. Im Einzelfall können diese Werte auch außerhalb der angegebenen Bereiche liegen.

### Energetische Qualität der Gebäudehülle – Seite 2

Angegeben ist der spezifische, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogene Transmissionswärmeverlust (Formelzeichen in der EnEV:  $H_T$ ). Er ist ein Maß für die durchschnittliche energetische Qualität aller wärmeübertragenden Umfassungsflächen (Außenwände, Decken, Fenster etc.) eines Gebäudes. Kleine Werte signalisieren einen guten baulichen Wärmeschutz.


### Energieverbrauchskennwert – Seite 3

Der ausgewiesene Energieverbrauchskennwert wird für das Gebäude auf der Basis der Abrechnung von Heiz- und ggf. Warmwasserkosten nach der Heizkostenverordnung und/oder auf Grund anderer geeigneter Verbrauchsdaten ermittelt. Dabei werden die Energieverbrauchsdaten des gesamten Gebäudes und nicht der einzelnen Wohn- oder Nuteinheiten zugrunde gelegt. Über Klimafaktoren wird der erfasste Energieverbrauch für die Heizung hinsichtlich der konkreten örtlichen Wetterdaten auf einen deutschlandweiten Mittelwert umgerechnet. So führen beispielsweise hohe Verbräuche in einem einzelnen harten Winter nicht zu einer schlechteren Beurteilung des Gebäudes. Der Energieverbrauchskennwert gibt Hinweise auf die energetische Qualität des Gebäudes und seiner Heizungsanlage. Kleine Werte signalisieren einen geringen Verbrauch. Ein Rückschluss auf den künftig zu erwartenden Verbrauch ist jedoch nicht möglich; insbesondere können die Verbrauchsdaten einzelner Wohneinheiten stark differieren, weil sie von deren Lage im Gebäude, von der jeweiligen Nutzung und vom individuellen Verhalten abhängen.

### Gemischt genutzte Gebäude

Für Energieausweise bei gemischt genutzten Gebäuden enthält die Energieeinsparverordnung besondere Vorgaben. Danach sind - je nach Fallgestaltung - entweder ein gemeinsamer Energieausweis für alle Nutzungen oder zwei getrennte Energieausweise für Wohnungen und die übrigen Nutzungen auszustellen; dies ist auf Seite 1 der Ausweise erkennbar (ggf. Angabe "Gebäudeteil").

## Anhang B: Beispiel Energieausweis nach Austausch

<b>ENERGIEAUSWEIS</b>		für Wohngebäude	
gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)			
Gültig bis: 18.11.2019			1
Gebäude			
Gebäudetyp	Mehrfamilienreihenmittelhaus		
Adresse	Bachestr. 8, 12161 Berlin		
Gebäudeteil			
Baujahr Gebäude	1910		
Baujahr Anlagentechnik <sup>1)</sup>	2009		
Anzahl Wohnungen	9		
Gebäudenutzfläche (A <sub>N</sub> )	1.435,2 m <sup>2</sup>		
Erneuerbare Energien			
Lüftung			
Anlass der Ausstellung des Energieausweises	<input type="checkbox"/> Neubau <input type="checkbox"/> Vermietung / Verkauf <input checked="" type="checkbox"/> Modernisierung (Änderung / Erweiterung) <input type="checkbox"/> Sonstiges (freiwillig)		

### Hinweise zu den Angaben über die energetische Qualität des Gebäudes

Die energetische Qualität eines Gebäudes kann durch die Berechnung des **Energiebedarfes** unter standardisierten Randbedingungen oder durch die Auswertung des **Energieverbrauchs** ermittelt werden. Als Bezugsfläche dient die energetische Gebäudenutzfläche nach der EnEV, die sich in der Regel von den allgemeinen Wohnflächenangaben unterscheidet. Die angegebenen Vergleichswerte sollen überschlägige Vergleiche ermöglichen (**Erläuterungen** - siehe Seite 4).

- Der Energieausweis wurde auf der Grundlage von Berechnungen des **Energiebedarfs** erstellt. Die Ergebnisse sind auf **Seite 2** dargestellt. Zusätzliche Informationen zum Verbrauch sind freiwillig.
- Der Energieausweis wurde auf der Grundlage von Auswertungen des **Energieverbrauchs** erstellt. Die Ergebnisse sind auf **Seite 3** dargestellt.

Datenerhebung Bedarf/Verbrauch durch

Eigentümer

Aussteller

- Dem Energieausweis sind zusätzliche Informationen zur energetischen Qualität beigefügt (freiwillige Angabe).

### Hinweise zur Verwendung des Energieausweises

Der Energieausweis dient lediglich der Information. Die Angaben im Energieausweis beziehen sich auf das gesamte Wohngebäude oder den oben bezeichneten Gebäudeteil. Der Energieausweis ist lediglich dafür gedacht, einen überschlägigen Vergleich von Gebäuden zu ermöglichen.

Aussteller:

ITG Dresden GmbH  
Dr. Thomas Hartmann  
Bayreuther Str. 29  
01187 Dresden

04.08.2011

Datum

Unterschrift des Ausstellers

<sup>1)</sup> Mehrfachangaben möglich



# ENERGIEAUSWEIS für Wohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

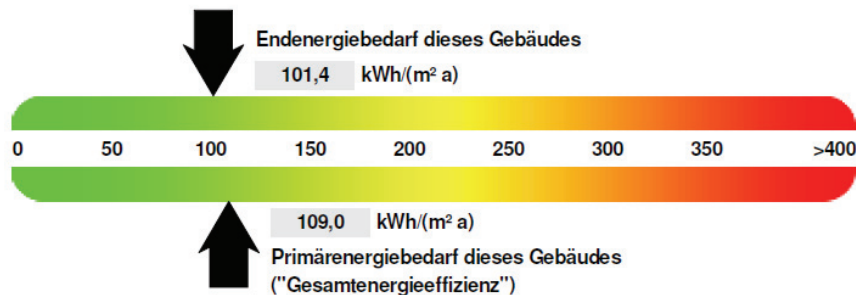
Berechneter Energiebedarf des Gebäudes

Adresse  
Bachestr. 8  
12161 Berlin

2

## Energiebedarf

CO<sub>2</sub>-Emissionen <sup>1)</sup> 33,3 kg/(m<sup>2</sup>a)



### Anforderungen gemäß EnEV <sup>2)</sup>

#### Primärenergiebedarf

Ist-Wert 109,0 kWh/(m<sup>2</sup> a) Anforderungswert 66,4 kWh/(m<sup>2</sup> a)

#### Energetische Qualität der Gebäudehülle H<sub>T</sub>

Ist-Wert 1,17 W/(m<sup>2</sup> K) Anforderungswert 0,91 W/(m<sup>2</sup> K)

#### Sommerlicher Wärmeschutz (bei Neubau)

eingehalten

### Für Energiebedarfsberechnungen verwendetes Verfahren

Verfahren nach DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10

Verfahren nach DIN V 18599

Vereinfachungen nach § 9 Abs. 2 EnEV

## Endenergiebedarf

Energieträger	Jährlicher Endenergiebedarf in kWh/(m <sup>2</sup> a) für			Gesamt in kWh/(m <sup>2</sup> a)
	Heizung	Warmwasser	Hilfsgeräte <sup>4)</sup>	
KWK, fossil	81,5			81,5
Strom-Mix		19,6	0,4	20,0

## Ersatzmaßnahmen <sup>3)</sup>

### Anforderungen nach § 7 Nr. 2 EEWärmeG

Die um 15% verschärften Anforderungswerte sind eingehalten.

### Anforderungen nach § 7 Nr. 2 i. V. m. § 8 EEWärmeG

Die Anforderungswerte der EnEV sind um % verschärft

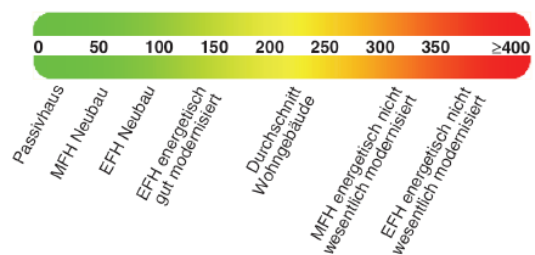
#### Primärenergiebedarf

Verschärfter Anforderungswert kWh/(m<sup>2</sup> a)

#### Transmissionswärmeverlust H<sub>T</sub>

Verschärfter Anforderungswert W/(m<sup>2</sup> K)

## Vergleichswerte Endenergiebedarf



## Erläuterungen zum Berechnungsverfahren

Die Energieeinsparverordnung lässt für die Berechnung des Energiebedarfs zwei alternative Berechnungsverfahren zu, die im Einzelfall zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können. Insbesondere wegen standardisierter Randbedingungen erlauben die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch. Die ausgewiesenen Bedarfswerte sind spezifische Werte nach der EnEV pro Quadratmeter Gebäudenutzfläche (A<sub>N</sub>).

<sup>1)</sup> freiwillige Angabe

<sup>3)</sup> nur bei Neubau im Falle der Anwendung von § 7 Nr. 2 Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz

<sup>5)</sup> EFH: Einfamilienhäuser, MFH: Mehrfamilienhäuser

<sup>2)</sup> bei Neubau sowie bei Modernisierung im Falle des §16 Abs. 1 Satz 2 EnEV

<sup>4)</sup> ggf. einschließlich Kühlung

# ENERGIEAUSWEIS für Wohngebäude

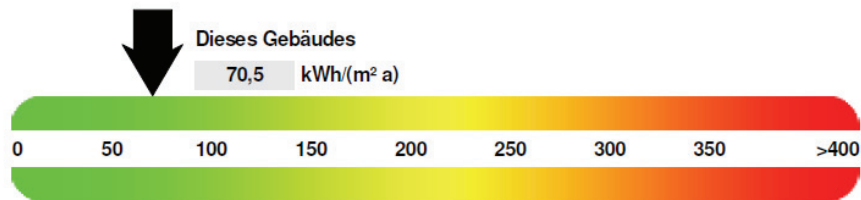
gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

Erfasster Energieverbrauch des Gebäudes

Adresse  
Bachstr. 8  
12161 Berlin

3

## Energieverbrauchskennwert



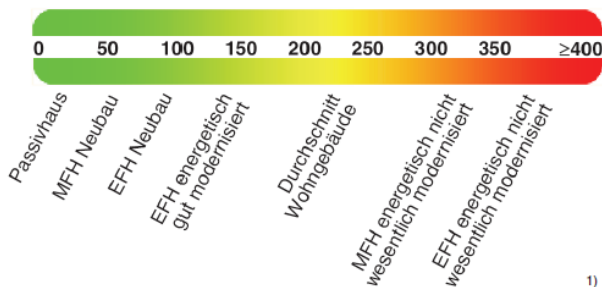
Energieverbrauch für Warmwasser:  enthalten  nicht enthalten

Das Gebäude wird auch gekühlt; der typische Energieverbrauch für Kühlung beträgt bei zeitgemäßen Geräten etwa 6 kWh je m² Gebäudenutzfläche und Jahr und ist im Energieverbrauchskennwert nicht enthalten.

## Verbrauchserfassung - Heizung und Warmwasser

Energieträger	Zeitraum		Energieverbrauch [kWh]	Anteil Warmwasser [kWh]	Klimafaktor	Energieverbrauchskennwert in kWh/(m²a) (zeitlich bereinigt, klimabereinigt)		
	von	bis				Heizung	Warmwasser	Kennwert
Fernwärme	01.09.2009	01.04.2011	183273	—	0,87	70,5	—	70,5
Durchschnitt								70,5

## Vergleichswerte Endenergiebedarf



Die modellhaft ermittelten Vergleichswerte beziehen sich auf Gebäude, in denen Wärme für Heizung und Warmwasser durch Heizkessel im Gebäude bereitgestellt wird.

Soll ein Energieverbrauchskennwert verglichen werden, der keinen Warmwasseranteil enthält, ist zu beachten, dass auf die Warmwasserbereitung je nach Gebäudegröße 20 - 40 kWh/(m²a) entfallen können.

Soll ein Energieverbrauchskennwert eines mit Fern- oder Nahwärme beheizten Gebäudes verglichen werden, ist zu beachten, dass hier normalerweise ein um 15 - 30 % geringerer Energieverbrauch als bei vergleichbaren Gebäuden mit Kesselheizung zu erwarten ist.

## Erläuterungen zum Verfahren

Das Verfahren zur Ermittlung von Energieverbrauchskennwerten ist durch die Energieeinsparverordnung vorgegeben. Die Werte sind spezifische Werte pro Quadratmeter Gebäudenutzfläche ( $A_{Nz}$ ) nach der Energieeinsparverordnung. Der tatsächliche Verbrauch einer Wohnung oder eines Gebäudes weicht insbesondere wegen des Witterungseinflusses und sich ändernden Nutzerverhaltens vom angegebenen Energieverbrauchskennwert ab.

<sup>1)</sup> EFH-Einfamilienhäuser, MFH-Mehrfamilienhäuser

# ENERGIEAUSWEIS für Wohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

## Erläuterungen

4

### Energiebedarf – Seite 2

Der Energiebedarf wird in diesem Energieausweis durch den Jahres-Primärenergiebedarf und den Endenergiebedarf dargestellt. Diese Angaben werden rechnerisch ermittelt. Die angegebenen Werte sind auf der Grundlage der Bauunterlagen bzw. gebäudebezogener Daten und unter Annahme von standardisierten Randbedingungen (z.B. standardisierte Klimadaten, definiertes Nutzerverhalten, standardisierte Innentemperatur und innere Wärmegewinne usw.) berechnet. So lässt sich die energetische Qualität des Gebäudes unabhängig vom Nutzerverhalten und der Wetterlage beurteilen. Insbesondere wegen standardisierter Randbedingungen erlauben die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch.

### Primärenergiebedarf – Seite 2

Der Primärenergiebedarf bildet die Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes ab. Er berücksichtigt neben der Endenergie auch die so genannte "Vorkette" (Erkundung, Gewinnung, Verteilung, Umwandlung) der jeweils eingesetzten Energieträger (z.B. Heizöl, Gas, Strom, erneuerbare Energien etc.). Kleine Werte signalisieren einen geringen Bedarf und damit eine hohe Energieeffizienz und Ressourcen und Umwelt schonende Energienutzung. Zusätzlich können die mit dem Energiebedarf verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen des Gebäudes freiwillig angegeben werden.

### Endenergiebedarf – Seite 2

Der Endenergiebedarf gibt die nach technischen Regeln berechnete, jährlich benötigte Energiemenge für Heizung, Lüftung und Warmwasserbereitung an. Er wird unter Standardklima- und Standardnutzungsbedingungen errechnet und ist ein Maß für die Energieeffizienz eines Gebäudes und seiner Anlagentechnik. Der Endenergiebedarf ist die Energiemenge, die dem Gebäude bei standardisierten Bedingungen unter Berücksichtigung der Energieverluste zugeführt werden muss, damit die standardisierte Innentemperatur, der Warmwasserbedarf und die notwendige Lüftung sichergestellt werden können. Kleine Werte signalisieren einen geringen Bedarf und damit eine hohe Energieeffizienz.

Die Vergleichswerte für den Energiebedarf sind modellhaft ermittelte Werte und sollen Anhaltspunkte für grobe Vergleiche der Werte dieses Gebäudes mit den Vergleichswerten ermöglichen. Es sind ungefähre Bereiche angegeben, in denen die Werte für die einzelnen Vergleichskategorien liegen. Im Einzelfall können diese Werte auch außerhalb der angegebenen Bereiche liegen.

### Energetische Qualität der Gebäudehülle – Seite 2

Angegeben ist der spezifische, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogene Transmissionswärmeverlust (Formelzeichen in der EnEV:  $H_T'$ ). Er ist ein Maß für die durchschnittliche energetische Qualität aller wärmeübertragenden Umfassungsflächen (Außenwände, Decken, Fenster etc.) eines Gebäudes. Kleine Werte signalisieren einen guten baulichen Wärmeschutz.

### Energieverbrauchskennwert – Seite 3

Der ausgewiesene Energieverbrauchskennwert wird für das Gebäude auf der Basis der Abrechnung von Heiz- und ggf. Warmwasserkosten nach der Heizkostenverordnung und/oder auf Grund anderer geeigneter Verbrauchsdaten ermittelt. Dabei werden die Energieverbrauchsdaten des gesamten Gebäudes und nicht der einzelnen Wohn- oder Nuteinheiten zugrunde gelegt. Über Klimafaktoren wird der erfasste Energieverbrauch für die Heizung hinsichtlich der konkreten örtlichen Wetterdaten auf einen deutschlandweiten Mittelwert umgerechnet. So führen beispielsweise hohe Verbräuche in einem einzelnen harten Winter nicht zu einer schlechteren Beurteilung des Gebäudes. Der Energieverbrauchskennwert gibt Hinweise auf die energetische Qualität des Gebäudes und seiner Heizungsanlage. Kleine Werte signalisieren einen geringen Verbrauch. Ein Rückschluss auf den künftig zu erwartenden Verbrauch ist jedoch nicht möglich; insbesondere können die Verbrauchsdaten einzelner Wohneinheiten stark differieren, weil sie von deren Lage im Gebäude, von der jeweiligen Nutzung und vom individuellen Verhalten abhängen.

### Gemischt genutzte Gebäude

Für Energieausweise bei gemischt genutzten Gebäuden enthält die Energieeinsparverordnung besondere Vorgaben. Danach sind - je nach Fallgestaltung - entweder ein gemeinsamer Energieausweis für alle Nutzungen oder zwei getrennte Energieausweise für Wohnungen und die übrigen Nutzungen auszustellen; dies ist auf Seite 1 der Ausweise erkennbar (ggf. Angabe "Gebäudeteil").

## Modernisierungsempfehlungen zum Energieausweis

gemäß § 20 Energieeinsparverordnung (EnEV)

### Gebäude

Adresse	Bachstr. 8 12161 Berlin	Hauptnutzung / Gebäudekategorie	Mehrfamilienreihenmittelhaus
---------	----------------------------	------------------------------------	------------------------------

### Empfehlungen zur kostengünstigen Modernisierung

Maßnahmen zur kostengünstigen Verbesserung der Energieeffizienz sind  möglich  nicht möglich

#### Empfohlene Modernisierungsmaßnahmen

Nr.	Bau- oder Anlagenteile	Maßnahmenbeschreibung
1	Wände	Wärmedämmung der Außenwand Hofseite
2	Keller	Dämmung der Kellerdecke
3	Warmwasser	Warmwasserbereitung in Verbindung mit Fernwärme

weitere Empfehlungen auf gesondertem Blatt

**Hinweis:** Modernisierungsempfehlungen für das Gebäude dienen lediglich der Information. Sie sind kurz gefasste Hinweise und kein Ersatz für eine Energieberatung.

### Beispielhafter Variantenvergleich (Angaben freiwillig)

	Ist-Zustand	Modernisierungsvariante 1	Modernisierungsvariante 2
Modernisierung gemäß Nummern	<del>                    </del>	1,2,3	
Primärenergiebedarf [kWh/(m²a)]			
Einsparung gegenüber Ist-Zustand [%]	<del>                    </del>		
Endenergiebedarf [kWh/(m²a)]			
Einsparung gegenüber Ist-Zustand [%]	<del>                    </del>		
CO <sub>2</sub> -Emissionen [kg/(m²a)]			
Einsparung gegenüber Ist-Zustand [%]	<del>                    </del>		

Aussteller:

ITG Dresden GmbH  
Dr. Thomas Hartmann  
Bayreuther Str. 29  
01187 Dresden

04.08.2011

Datum

Unterschrift des Ausstellers