# Vereinfachte Ermittlung von Primärenergiekennwerten

zur Bewertung der wärmetechnischen Beschaffenheit

in ökologischen Mietspiegeln

Abschlussbericht zu dem Forschungsprojekt

**Entwicklung eines vereinfachten Verfahrens zur Ermittlung gebäudespezifischer Primärenergiekennwerte, geeignet als Bewertungsmerkmal im Mietspiegel**

gefördert unter dem Az: 18380 von der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

durchgeführt vom
Institut Wohnen und Umwelt Annastraße 15, 64285 Darmstadt
Jens Knissel, Roland Alles, Rolf Born, Tobias Loga,
Konny Müller, Verena Stercz

im Auftrag der
Stadt Darmstadt
Dezernat V - Umweltdezernat

Reprotechnik: Reda Hatteh

Institut Wohnen und Umwelt
Annastraße 15
64285 Darmstadt
www.iwu.de
Juli 2006

ISBN - Nr.: 3 – 932074 – 87 – 4
IWU - Bestellnummer: 05 / 06

# Inhaltsverzeichnis


**ZUSAMMENFASSUNG** **1**

**1 AUSGANGSSITUATION UND AUFGABENSTELLUNG** **2**

**2 VERBRAUCHSKENNWERT** **4**

**2.1 Datengrundlage** **5**

**2.2 Vergleich von Bedarfs- und Verbrauchskennwert** **5**

**2.3 Verbessern der Übereinstimmung** **10**
2.3.1 Einfache Anpassung 11
2.3.2 Differenzierte Anpassung 13
2.3.3 Erzielte Verbesserung bei der Übereinstimmung 19

**2.4 Eignung für die Mietspiegelerstellung** **23**
2.4.1 Minimale Anzahl der Wohneinheiten 24
2.4.2 Anforderung an die Übereinstimmung mit Bedarfskennwert 25

**2.5 Eignung für Mietspiegelanwendung** **28**
2.5.1 Anwendung auf den Mietspiegel Darmstadt 29

**2.6 Zusammenfassung und Ausblick** **30**

**3 KURZVERFAHREN ENERGIEPROFIL (KVEP)** **32**

**3.1 Beschreibung des Kurzverfahrens Energieprofil (KVEP)** **33**
3.1.1 Durchführung 33
3.1.2 Teil I – Flächenschätzverfahren 33
3.1.3 Teil II – Bauteilkatalog / Pauschalwerte für die Wärmedurchgangskoeffizienten 37
3.1.4 Teil III – Komponentenkatalog Heizung und Warmwasser / Pauschalwerte für die Anlagentechnik 38
3.1.5 Der Fragebogen 39

**3.2 Eignung des Kurzverfahrens** **42**
3.2.1 Unschärfen im Primärenergiekennwert durch die Flächenschätzung 43
3.2.2 Unterschiede in der Bewertung der wärmetechnischen Beschaffenheit 47
3.2.3 Mietspiegelerstellung 48
3.2.4 Mietspiegelanwendung 49

**3.3 Automatisches Einlesen und Berechnen 51**
3.3.1 Prinzipielles Vorgehen 51
3.3.2 Fragenbogen 53
3.3.3 Zentrale Datenbank 53
3.3.4 Berechnung der Energiekennwerte 55
3.3.5 Erste Erfahrungen aus dem Anwendungstest 55

**3.4 Zusammenfassung und Ausblick 56**

**4 ANWENDUNGSTEST 58**

**4.1 Methodisches Vorgehen 59**
4.1.1 Auswahl der Gebäude 59
4.1.2 Berechnungsverfahren 61
4.1.3 Exakte Berechnung mit detaillierter Datenaufnahme 62
4.1.4 Berechnung mit vereinfachter Datenaufnahme (KVEP) 62
4.1.5 Verbrauchskennwert 62
4.1.6 Sonstiges 63

**4.2 Primärenergiekennwerte im Vergleich 64**
4.2.1 Differenzen zwischen exakter Berechnung und KVEP mit Datenaufnahme durch den Fachmann 70
4.2.2 Fehlerhafte Angabe für die Wohnfläche 75
4.2.3 Differenz bei vereinfachter Datenaufnahme durch Eigentümer und Fachmann 77
4.2.4 Hinweise zu Einsatzgrenzen und Weiterentwicklungspotenzial 80
4.2.5 Verbrauchskennwert 82

**4.3 Zeitaufwand für die Datenerhebung 84**

**4.4 Zusammenfassung und Ausblick 87**

**LITERATURVERZEICHNIS 89**

**ANHANG 1: FRAGEBOGEN UND ERLÄUTERUNGEN FÜR DAS KURZVERFAHREN KVEP 91**

**ANHANG 2: BESCHREIBUNG DER IM ANWENDUNGSTEST UNTERSUCHTEN GEBÄUDE 97**

# Zusammenfassung

Der ökologische Mietspiegel ist ein Instrument, um sozialverträgliche und marktwirtschaftliche Anreize für Energiesparmaßnahmen in Mietwohngebäuden zu schaffen. Er wurde erstmalig in Darmstadt umgesetzt. Bei der Mietspiegelerstellung müssen in kurzer Zeit für die Gebäude der Mietspiegelstichprobe die Primärenergiekennwerte ermittelt werden. Mit Förderung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt und der Stadt Darmstadt untersucht das Institut Wohnen und Umwelt in diesem Zusammenhang Möglichkeiten zur vereinfachten Ermittlung von Primärenergiekennwerten. Betrachtet werden

- die Verwendung des gemessenen Verbrauchs (Verbrauchskennwert)
- und eine Berechnung mit vereinfachter Datenaufnahme (KVEP).

Der Verbrauchskennwert kann für zentral beheizte Gebäude aus dem gemessenen Heizenergieverbrauch ermittelt werden. Die Auswertung von ca. 1700 Gebäuden zeigte, dass Verbrauchskennwerte erhebliche Differenzen zu den berechneten Kennwerten (mit individueller Flächenermittlung) aufweisen. Neben einer großen Streuung ergibt sich eine deutliche Mittelwertverschiebung, was auf systematische Abweichungen hindeutet. Durch Anpassungsfaktoren kann die Mittelwertverschiebung ausgeglichen werden. Wird eine aufwändigere Anpassung auf der Grundlage von Regressionsrechnungen vorgenommen, kann zudem die Standardabweichung für „alle Gebäude“ von 41 % auf 30 % und für Gebäude „ab 8 Wohneinheiten“ von 30 % auf 26 % reduziert werden. Die Unterschiede zwischen beiden Kennwerten sind weiterhin hoch. Die bei der Mietspiegelerstellung erforderliche Eindeutigkeit bei der Bestimmung der wärmetechnischen Beschaffenheit erlaubt es nicht, neben dem Bedarfs- auch den Verbrauchskennwert für die energetische Bewertung heranzuziehen.

Mit dem Kurzverfahren Energieprofil (KVEP) kann aus einer vereinfachten Datenerhebung. über statistisch ermittelte Zusammenhänge ein vollständiger Datensatz für die Berechnung generiert werden. Der Zeitaufwand für die vereinfachte Datenerhebung reduziert sich auf 10 bis 15 Minuten. Er entspricht damit der Zeit, die für die Ermittlung der Verbrauchskennwerte erforderlich ist. Die Abweichung, die sich aus der Flächenschätzung des KVEP ergeben, sind gering. Die Streuung der Primärenergiekennwerte weist eine Standardabweichung von 7 % auf.

Die Berechnung mit vereinfachter Datenaufnahme nach KVEP ist damit das geeignete Werkzeug, um den Zeit- und Kostenaufwand sowohl bei der Mietspiegelerstellung als auch der späteren Anwendung zu reduzieren. Es stellt einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung von ökologischen Mietspiegeln in der Breite dar.

# 1 Ausgangssituation und Aufgabenstellung

Die Integration der wärmetechnischen Gebäudebeschaffenheit als Wohnwertkriterium in den Mietspiegel – plakativ auch „ökologischer Mietspiegel“ genannt - ist ein vielversprechender Ansatz, um die Mietpreisgerechtigkeit zu erhöhen und gleichzeitig die Rahmenbedingungen für die Umsetzung von Energiesparmaßnahmen in Mietwohngebäuden zu verbessern.

In dem ebenfalls von der DBU und der Stadt Darmstadt unterstützten Forschungsprojekt „Ökologischer Mietspiegel – Empirische Untersuchung über den möglichen Zusammenhang zwischen der Höhe der Vergleichsmiete und der wärmetechnischen Beschaffenheit des Gebäudes“ wurde der Einfluss der wärmetechnischen Beschaffenheit auf die Netto-Miete im Rahmen der Mietspiegelerstellung in Darmstadt untersucht. Es zeigte sich, dass die Netto-Miete signifikant von der wärmetechnischen Gebäudebeschaffenheit beeinflusst wird. Für Gebäude mit guter wärmetechnischer Beschaffenheit berechnete sich ein Zuschlag von 0,37 € pro m² Wohnfläche und Monat. Dieser Zuschlag verbessert die Wirtschaftlichkeit von energetischen Modernisierungen für die Vermieter und erhöht die Mietpreisgerechtigkeit für die Mieter.

Um den Zusammenhang zwischen Netto-Miete und wärmetechnischer Beschaffenheit bei der Mietspiegelerstellung zu analysieren, muss die wärmetechnische Beschaffenheit quantifiziert, d. h. operationalisiert werden. Die Operationalisierung der wärmetechnischen Beschaffenheit geschieht über den Primärenergiekennwert, der für die Gebäude der Mietspiegelstichprobe unter Verwendung von Standardnutzungsbedingungen und Standardklima ermittelt wird.

Die Bestimmung der Primärenergiekennwerte erfolgte bei der ersten Mietspiegelerstellung in Darmstadt mit Hilfe eines ingenieurmäßigen Berechnungsverfahrens. Die Erfahrungen zeigen, dass für die Erhebung der Gebäudedaten und zur Bestimmung der Primärenergiekennwerte ein erheblicher finanzieller, organisatorischer und zeitlicher Zusatzaufwand bei der Mietspiegelerstellung erforderlich ist. Die Reduktion dieses Aufwandes ist umso wichtiger, als dieser alle vier Jahre bei der Neuerstellung des Mietspiegels anfällt. Zudem muss bei der Anwendung eines ökologischen Mietspiegels für eine Vielzahl von Gebäuden die wärmetechnische Beschaffenheit ermittelt werden.

Soll der Ansatz „ökologischer Mietspiegel“ über das erste Modellprojekt in Darmstadt hinaus eine Perspektive haben und mittelfristig in der Breite umgesetzt werden, ist es unbedingt erforderlich, dass der Aufwand zur Bestimmung der Primärenergiekennwerte erheblich reduziert wird.

In diesem Forschungsprojekt werden Möglichkeiten untersucht, um den Zusatzaufwand zur Bestimmung des Primärenergiekennwerts und damit der Operationalisierung der wärmetechnischen Beschaffenheit zu reduzieren. Untersucht wird zum einen die Eignung des aus dem

gemessenen Heizenergieverbrauch ermittelten Verbrauchskennwerts. Zum anderen wird das Kurzverfahrens Energieprofil (KVEP) betrachtet.

Der Projektbericht setzt sich aus mehreren Arbeitspaketen zusammen.

Abschnitt 2:
Es wird untersucht, ob und unter welchen Randbedingungen der gemessene Heizenergieverbrauch zur Quantifizierung des Primärenergiekennwerts herangezogen werden kann.
Abschnitt 3: Kurzverfahren
Im Rahmen eines vom Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung geförderten Forschungsprojektes wurde ein Verfahren entwickelt, über das aus einer vereinfachten Datenaufnahme ein vollständiger Datensatz für die Berechnung generiert werden kann. Dies wird als Kurzverfahren Energieprofil (KVEP) bezeichnet. Es wird untersucht, ob das Kurzverfahren Energieprofil zur Berechnung der Primärenergiekennwerte bei der Mietspiegelerstellung herangezogen werden kann. Zudem wird die Möglichkeit zum automatischen Einlesen der entsprechenden Fragebögen entwickelt und erprobt.
Abschnitt 4: Anwendungstest
Im Rahmen eines Anwendungstests wird untersucht, wie sich die Berechnungsergebnisse mit detaillierter und vereinfachter Datenaufnahme sowie die Ermittlung der Verbrauchskennwerte in Bezug auf Genauigkeit und Zeitaufwand bei der energetischen Bewertung unterscheiden. Hierzu werden für eine Anzahl von Gebäuden die Primärenergiekennwerte nach den unterschiedlichen Verfahren ermittelt.

# 2 Verbrauchskennwert

In diesem Abschnitt wird die Eignung des Verbrauchskennwertes für die energetische Bewertung von Gebäuden bei der Mietspiegelerstellung und -anwendung untersucht. Zielsetzung ist die Reduktion des Zeit- und Kostenaufwands.

Der Verbrauchskennwert wird aus dem gemessenen Heizenergieverbrauch ermittelt. Für zentral beheizte Gebäude sind die erforderlichen Daten in der jährlichen Heizkostenabrechnung enthalten, so dass der Verbrauchskennwert mit geringem Aufwand ermittelt werden kann. Durch Multiplikation mit entsprechenden Primärenergiefaktoren kann der Primärenergiekennwert bestimmt werden, der zur Bewertung des Mietspiegelmerkmals wärmetechnische Beschaffenheit erforderlich ist.

Eine Bewertung der wärmtechnischen Beschaffenheit bei der Mietspiegelerstellung und Mietspiegelanwendung allein auf der Grundlage von Verbrauchskennwerten ist nicht möglich, da Verbrauchskennwerte nur für zentral beheizte Gebäude erhoben werden können. Verbrauchskennwerte können somit nur eine Ergänzung zu den berechneten Bedarfskennwerten darstellen.

Eine wesentliche Bedingung für die ergänzende Verwendung von Verbrauchskennwerten ist jedoch, dass diese zu einer ähnlichen Bewertung der energetischen Effizienz – d. h. der wärmetechnischen Beschaffenheit – führen, wie die (berechneten) Bedarfskennwerte. Erforderlich ist,

- dass sich im Mittel über eine große Anzahl von Gebäuden keine systematischen Abweichungen zwischen Verbrauchs- und Bedarfskennwerten ergeben und
- dass die Streuung zwischen den beiden Kennwerten ein akzeptables Maß nicht übersteigt.

Um diese Fragen zu beantworten, wird auf eine große Anzahl von im Rahmen der Energieberatung aufgenommenen Gebäuden zurückgegriffen. Für die Gebäude liegt sowohl der mit einer detaillierten Datenerhebung berechnete Energiebedarf vor als auch der gemessene Heizenergieverbrauch. Es werden die Unterschiede zwischen Verbrauchs- und Bedarfskennwerten ermittelt (Abschnitt 2.2) und durch Anpassungen versucht, die Übereinstimmung zwischen Verbrauchs- und Bedarfskennwerten zu verbessern (Abschnitt 2.3).

Bei der Bewertung der Eignung von Verbrauchskennwerten wird unterschieden zwischen

- der Mietspiegelerstellung (Abschnitt 2.4)
- und der Anwendung des bestehenden Mietspiegels auf ein konkretes Gebäude (Abschnitt 2.5).

## 2.1 Datengrundlage

Der Vergleich von berechnetem Bedarfskennwert und dem gemessenen Verbrauchskennwert wird anhand von 4670 Gebäuden durchgeführt, deren Datensätze in einer Datenbank abgelegt sind. Die Daten wurden innerhalb von regionalen Energiepassaktionen erhoben. Eine detaillierte Darstellung der Datenbasis findet sich in [Loga 2005]. Für diese Gebäude wurde im Rahmen von Energiepassaktionen der Primärenergiekennwert berechnet und der gemessene Heizenergieverbrauch erfasst. Je Gebäude wurden ca. 1200 Werte in einer Gebäudedatenbank abgespeichert. Vor der Auswertung wurden die Daten überprüft.

- Es wurde abgefragt, ob die Daten vollständig und plausibel sind. Ausreißer, die mehr als die zweifache Standardabweichung vom Mittelwert entfernt liegen, wurden entfernt.
- Da der Verbrauchskennwert nur bei zentral beheizten Gebäuden gebildet werden kann, werden in der Auswertung nur Gebäude verwendet, bei denen 100% der Heizenergie von einen zentralen Wärmerzeuger bereitgestellt wird. Das Warmwasser kann zentral oder dezentral erzeugt werden.
- Es wurde überprüft, ob gemessene Verbrauchsdaten vorliegen.

Von den insgesamt 4670 Datensätze erfüllten 1709 Gebäude diese Kriterien.

## 2.2 Vergleich von Bedarfs- und Verbrauchskennwert

Im Folgenden werden die Bedarfs- und Verbrauchskennwerte der 1709 ausgewerteten Gebäudedatensätze einander gegenübergestellt.

Untersucht wird der Endenergiekennwert Heizung. Wenn die Warmwasserbereitung in den Verbrauchswerten enthalten ist, wurde jeweils der rechnerische Energiebedarf für die Warmwasserbereitung abgezogen. Die gemessenen Verbrauchswerte Heizung wurden klimabereinigt und auf das Durchschnittsklima Deutschland normiert (die Datensätze stammen aus unterschiedlichen Regionen in Deutschland).

Auf der Basis der Datensätze wurde der Bedarfskennwert für jedes Gebäude neu berechnet. Als Randbedingungen wurden die Vorgaben der EnEV 2002 bzw. der DIN V 4108-6:2003 in Verbindung mit [AHEP 2004] verwendet. Die berechneten Bedarfskennwerte entsprechen also den Vorgaben der dena für den Energiepass-Feldversuch.

In Abbildung 2-1 bis Abbildung 2-6 ist jeweils der Zusammenhang zwischen Bedarfs- und Verbrauchskennwert dargestellt. Betrachtet wird dabei die Endenergie Heizung. Zunächst werden die Ergebnisse für jeden Energieträger (Heizöl, Erdgas und Fernwärme), anschließend für drei Gebäudegrößen aufgezeigt. Die Kennwerte sind durch den Bezug auf die Wohnfläche gebildet.

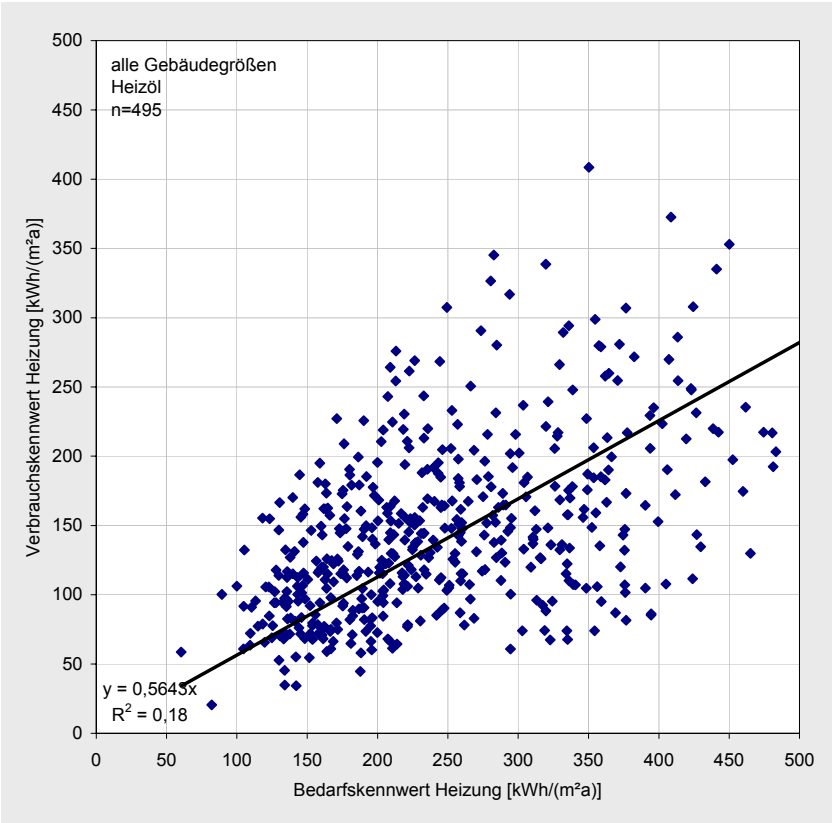



**Abbildung 2-1**

**Zusammenhang zwischen dem Verbrauchskennwert und dem Bedarfskennwert Heizung**

**– alle Gebäudegrößen**

**– Heizöl**

**jeweils bezogen auf die beheizte Wohnfläche**

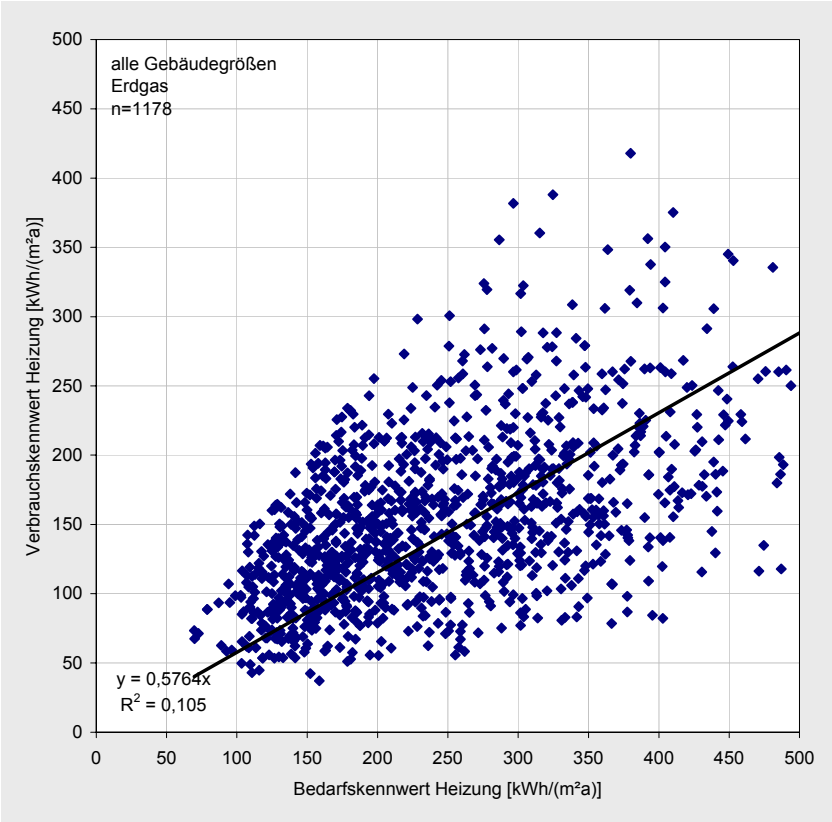



**Abbildung 2-2**

**Zusammenhang zwischen dem Verbrauchskennwert und dem Bedarfskennwert Heizung**

**– alle Gebäudegrößen**

**– Erdgas**

**jeweils bezogen auf die beheizte Wohnfläche**

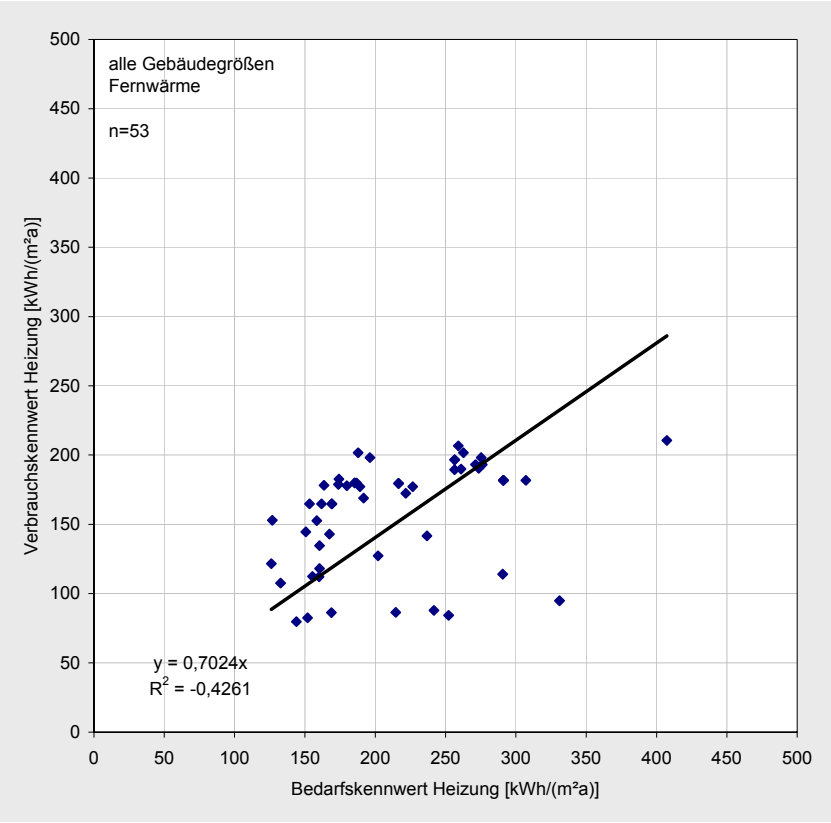



**Abbildung 2-3**

**Zusammenhang zwischen dem Verbrauchskennwert und dem Bedarfskennwert Heizung**

**– alle Gebäudegrößen**

**– Fernwärme**

**jeweils bezogen auf die beheizte Wohnfläche**

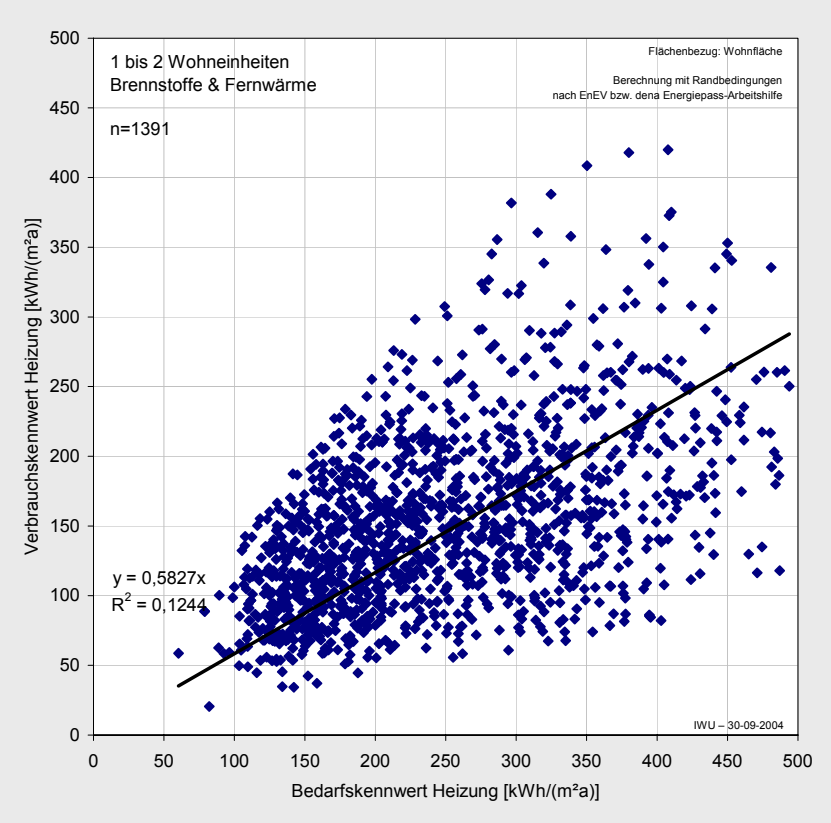



**Abbildung 2-4**

**Zusammenhang zwischen dem Verbrauchskennwert und dem Bedarfskennwert Heizung**

**– Ein- und Zweifamilienhäuser**

**– Brennstoffe und Fernwärme**

**jeweils bezogen auf die beheizte Wohnfläche**

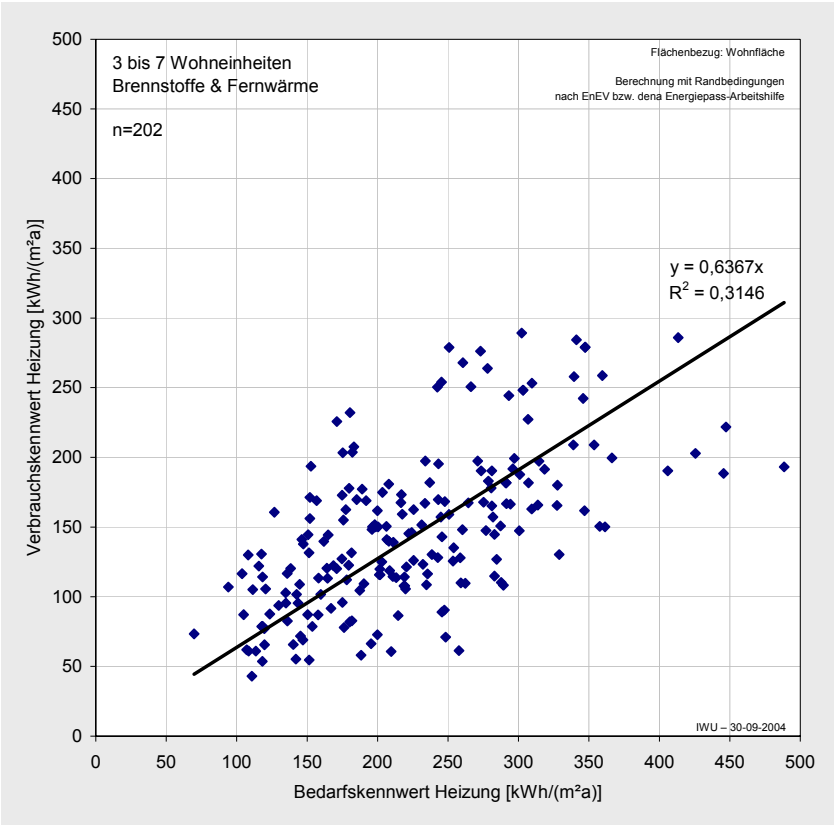



**Abbildung 2-5**

**Zusammenhang zwischen dem Verbrauchskennwert und dem Bedarfskennwert Heizung**

**– Mehrfamilienhäuser mit 3 bis 7 Wohneinheiten**

**– Brennstoffe und Fernwärme**

**jeweils bezogen auf die beheizte Wohnfläche**

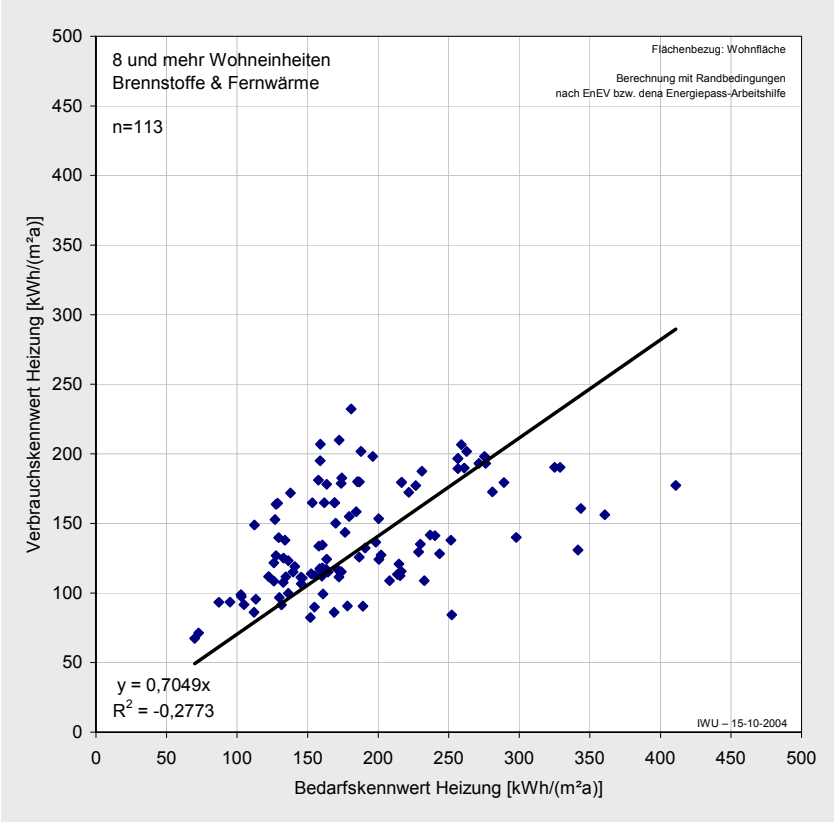



**Abbildung 2-6**

**Zusammenhang zwischen dem Verbrauchskennwert und dem Bedarfskennwert Heizung**

**– Mehrfamilienhäuser mit 8 und mehr Wohneinheiten**

**– Brennstoffe und Fernwärme**

**jeweils bezogen auf die beheizte Wohnfläche**

Generell wird durch die Berechnung der Energiebedarf im Vergleich zum gemessenen Verbrauch überschätzt. Es ist eine Tendenz zu erkennen, dass dieses Missverhältnis um so größer ist, je schlechter die energetische Qualität des Gebäudes ist und je weniger Wohnein-

heiten es aufweist. Die Tendenz entspricht also in etwa den in [Loga et al. 2003] und [Loga/Großklos 2003] dargestellten Auswertungen.

Eine besondere Abhängigkeit vom Energieträger ist nicht zu erkennen. Allerdings ist die Anzahl der Gebäude im Fall der Fernwärme zu gering, um für diesen Energieträger belastbare Aussagen zu machen.

Aus Abbildung 2-1 bis Abbildung 2-6 wird deutlich, dass es erhebliche Diskrepanzen zwischen den berechneten Bedarfskennwerten und den auf gemessenen Heizenergieverbräuchen basierenden Verbrauchskennwerten gibt. Die in die Abbildungen eingezeichnete Trendlinie entspricht in keinem Fall der Winkelhalbierenden. Dies ist ein Zeichen dafür, dass es neben

- der deutlichen Streuung auch
- systematische Unterschiede

zwischen Bedarfs- und Verbrauchskennwert gibt.

Die Differenzen sind auf Unschärfen sowohl beim Verbrauchskennwert als auch beim Bedarfskennwert zurückzuführen. Eine Zuordnung der Anteile an der Streuung zu den beiden Größen ist beim gegenwärtigen Stand des Wissens kaum möglich.

Mögliche Ursachen für die Streuung und für systematische Abweichungen bei der Ermittlung des **Bedarfskennwertes** sind:

- geometrische Daten: Ungenauigkeiten und Fehler bei der Flächen- und Volumenbestimmung;
- bautechnische Daten: Unsicherheiten bei der Einschätzung der Wärmeleitfähigkeiten, Schichtdicken und Übergangskoeffizienten bzw. der U-Werte, Überschätzung der Verluste an den Gebäudekanten, Nichtberücksichtigen von konstruktiven Wärmebrücken, falsche Einschätzung der Verschattung;
- anlagentechnische Daten: Längen und Dämmstärke von Rohrleitungen, Abweichungen durch ungedämmte oder unzureichend gedämmte Leitungen, Verluste an Anschlüssen, Armaturen oder Durchbrüchen, Einschätzung der Netztemperatur, Reglereinstellung, Nachtabsenkung, angesetzte Erzeugeraufwandszahl, dynamische Effekte im Wärmeerzeuger, Nutzbarkeit der Wärmeverluste der anlagentechnischen Komponenten;
- Nutzung: unzureichende Abbildung des Verhaltens eines „durchschnittlichen Nutzers“ in dem entsprechenden Gebäudetyp (Raumtemperaturen, Nachtabsenkung, teilweise Nichtbeheizung von einzelnen Räumen, Lüftung, innere Wärmequellen, Warmwasserverbrauch).

Mögliche Ursachen für die Streuung und für systematische Abweichungen bei der Ermittlung des **Verbrauchskennwertes** sind:

- Nutzung: individuelle Abweichung von der Standardnutzung bei der Belegungsdichte und beim Verhalten (Raumtemperaturen, Fensteröffnung, Warmwasserverbrauch). Einfluss des sozialen Milieus und der Region auf das Nutzerverhaltens sowie die Betriebsführung der Anlagentechnik (aktuelle Reglereinstellungen, Nachtabsenkung etc.);

- Klima- und Standortbereinigung: lokale Besonderheiten, geschützte oder freie Lage, keine Bereinigung der Schwankung der solaren Einstrahlung;
- Erfassung: Mess- und Übertragungsfehler, keine exakte Jahresmessung (Heizöl).

In der Praxis findet man eine Überlagerung der genannten Effekte. Eine Zuordnung und Quantifizierung ist für viele der genannten Parameter auf dem gegenwärtigen Stand des Wissens kaum möglich. Um bei der energetischen Einstufung und Planung von Maßnahmen eine größere Sicherheit zu erlangen, sollten in zukünftigen Forschungsprojekten verstärkt auch die Unsicherheiten der einzelnen Parameter, ihre Abhängigkeit von der Art der Datenerhebung und ihre Auswirkung auf das Ergebnis untersucht werden. Aufbauend auf die hier durchgeführten statistischen Untersuchungen ist die Analyse von Einzelgebäuden erforderlich, um die Ursachen für Differenzen zurückverfolgen und identifizieren zu können. Darauf aufbauend sollten die bestehenden Berechnungsverfahren angepasst werden.

## 2.3 Verbessern der Übereinstimmung

Ziel einer Energiebedarfsberechnung muss es sein, zumindest über eine große Anzahl von Gebäuden den tatsächlichen Verbrauch im Mittel abzubilden. Die systematischen Abweichungen deuten darauf hin, dass die Berechnungsalgorithmen und/oder die angesetzten Randbedingungen die realen Verhältnisse nicht mit auseichender Genauigkeit abbilden.

Im Weiteren wird untersucht, wie die Diskrepanz zwischen Bedarfs- und Verbrauchskennwert reduziert werden kann. Zu Bewertung der Übereinstimmung wird der Faktor $f_C$ gebildet.

**Gl. 2-1** $f_C$ = Bedarfskennwert / Verbrauchskennwert

Bei $f_C = 1$ sind Bedarfs- und Verbrauchskennwert identisch. Ist $f_C > 1$, liegt der Bedarfskennwert über dem Verbrauchskennwert. Ist $f_C < 1$, ist der Verbrauchskennwert größer als der Bedarfskennwert.

Da in dem hier angenommenen Anwendungsfall nur der Verbrauchskennwert bekannt ist, kann die Übereinstimmung nur verbessert werden, indem der Verbrauchskennwert modifiziert wird. Der modifizierte Verbrauchskennwert berechnet sich für ein Gebäude durch Multiplikation des Verbrauchskennwerts mit einem Anpassungsfaktor $f_{AP}$.

**Gl. 2-2** $$b_{H,EnEV} = f_{AP} \cdot b_{H,K}$$

| mit: | | | |
|---|---|---|---|
| | $b_{H,EnEV}$ | an den Bedarfskennwert nach EnEV angepasster Verbrauchskennwert (bezogen auf die beheizte Wohnfläche) | [kWh/(m²a)] |
| | $f_{AP}$ | Faktor zur Anpassung an das Berechnungsverfahren der EnEV 2002 | [ - ] |
| | $b_{H,K}$ | Standort- und klimabereinigter Verbrauchskennwert für Heizung | [kWh/(m²a)] |

Der Faktor $f_{AP}$ zur Anpassung des Verbrauchs an den Bedarf berücksichtigt, dass das Berechnungsverfahren der DIN V 4108-6:2003 bzw. EnEV 2002 Energiebedarfskennwerte liefert, die systematisch von den klimabereinigten Verbrauchskennwerten abweichen. Es werden zwei Ansätze zur Ermittlung des Anpassungsfaktors $f_{AP}$ untersucht:

- in Abschnitt 2.3.1 wird eine einfache Anpassung durchgeführt. Es werden Anpassungsfaktoren für unterschiedliche Klassen der Gebäudegröße ermittelt. Die Gebäudegröße wird dabei über die Anzahl der Wohneinheiten quantifiziert.
- in Abschnitt 2.3.2 wird eine differenzierte Anpassung vorgenommen. Die Berechnungsvorschrift und die Faktoren zur Ermittlung von $f_{AP}$ werden über multilineare Regressionsanalysen bestimmt.

### 2.3.1 Einfache Anpassung

Als einfache Variante der Anpassung wird in diesem Abschnitt ein Faktor in Abhängigkeit der Anzahl der Wohneinheiten ermittelt. Der Faktor $f_{VB,x}$ für eine Gebäudegruppe x wird nach folgendem Zusammenhang ermittelt:

**Gl. 2-3**

$$f_{VB,x} = \frac{\sum_{i=1 \text{ bis } n} \frac{k^i_{H,EnEV}}{b^i_{H,K}}}{n_x}$$

mit:

| | | |
|---|---|---|
| $k_{H,EnEV}$ | Bedarfskennwert Heizung, berechnet nach dem Verfahren der EnEV 2002 und [AHEP 2004] | kWh(m²a) |
| $n_x$ | Anzahl der Gebäude in der Gebäudegruppe x | |
| $I$ | Laufindex über die Gebäude der Gebäudegruppe x | |

$f_{VB,x}$ entspricht dem einfachen Anpassungsfaktor.

**Gl. 2-4**

$$f_{AP} = f_{VB,x}$$

$f_{VB}$ entspricht dem mittleren Verhältnis „Bedarfs- zu Verbrauchskennwert“. Für die gesamte Gebäudegruppe kann damit die systematische Abweichung **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** korrigiert werden. Bei Einzelgebäuden können sich jedoch nennenswerte Differenzen ergeben.

Für jedes Gebäude wurde das Verhältnis von Bedarfskennwert zu Verbrauchskennwert gebildet. Die Mittelwerte und die Standardabweichung in Abhängigkeit von der Gebäudegröße sind in Tabelle 2-1 wiedergegeben. Für Gebäude mit 8 und mehr Wohneinheiten ergibt sich ein Faktor von 1,36. Die Standardabweichung gibt an, wie stark das Verhältnis von Bedarfs- zu Verbrauchskennwert der einzelnen Gebäude um den Mittelwert schwankt. In Klammern ist die Standardabweichung bezogen auf das mittlere $f_{VB}$ angegeben.

| Gebäude mit | Anzahl der ausgewerteten Gebäude | Mittelwert des Verhältnisses Bedarfskennwert zu Verbrauchskennwert Heizung $f_{VB}$ | Standard-abweichung (% bezogen auf $f_{VB}$) |
|---|---|---|---|
| Ein- und Zweifamilienhäuser | 1429 | **1,78** | **0,74** (42%) |
| kleine Mehrfamilienh. (3 bis 7 Wohneinheiten) | 202 | **1,62** | **0,55** (34%) |
| große Mehrfamilienh. (über 8 Wohneinheiten) | 113 | **1,36** | **0,41** (30%) |

**Tabelle 2-1: Aus der Gebäudestichprobe ermittelte Faktoren $f_{VB}$ zur Anpassung der Verbrauchskennwerte an das Berechnungsverfahren der EnEV 2002**

Abbildung 2-7 zeigt die Auswirkung der Anwendung des so bestimmten Anpassungsfaktors. Die Trendgerade liegt etwa auf der Winkelhalbierenden des Diagramms. Im Mittel stimmen Bedarfs- und Verbrauchskennwert jetzt weitgehend überein.

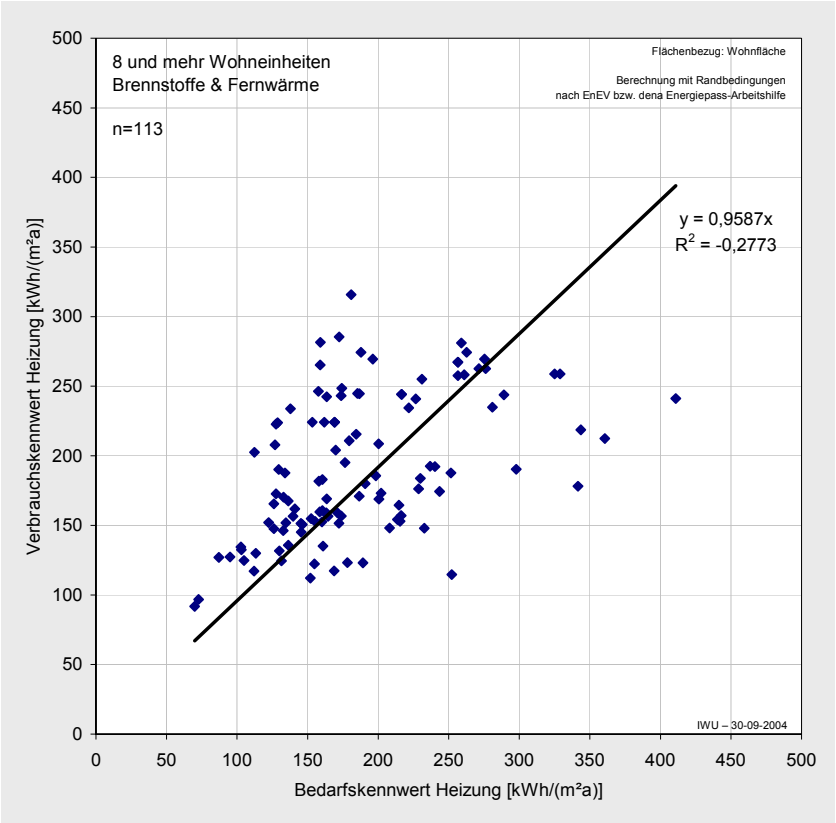



**Abbildung 2-7:**

**Zusammenhang zwischen dem <u>angepassten</u> Verbrauchskennwert und dem Bedarfskennwert Heizung**

**- große Mehrfamilienhäuser**

**- Brennstoffe und Fernwärme**

**jedoch Verbrauchswerte angepasst mit $f_{VB}$ = 1,36**

### 2.3.2 Differenzierte Anpassung

In einem zweiten Schritt wird versucht, die Übereinstimmung zwischen Bedarfs- und Verbrauchskennwert durch die Anwendung von differenzierteren Anpassungsfaktoren zu verbessern. Die differenzierten Anpassungsfaktoren werden mit Hilfe von Regressionsanalysen ermittelt. Über die Heizkostenabrechung hinaus werden zusätzliche Informationen aus der Gebäudedatenbank herangezogen.

Erläuterungen zur Methode der Regressionsanalyse

Die lineare Regressionsanalyse ist eines von vielen struktur-prüfenden Verfahren der multivariaten Analysetechnik in der empirischen Forschung. Das bedeutet, dass zu Beginn aus sachlogischer Sicht ein linearer Zusammenhang zwischen einer zu erklärenden Variablen A und einer oder mehreren unabhängigen Variablen $U_1$, $U_2$, ... $U_n$ vermutet wird, der anhand der ausgewählten Methode untersucht werden soll. Die Regression dient außerdem dazu, Werte der abhängigen Variablen durch die übrigen, unabhängigen Variablen zu schätzen und vorherzusagen. Mit Hilfe der Regressionskoeffizienten $r_1$, $r_2$, ... $r_n$ wird der Einfluss der unabhängigen Variablen $U_1$, $U_2$, ... $U_n$ auf die abhängige Variable A quantifiziert.
Die lineare Regressionsgleichung sieht im Allgemeinen wie folgt aus:

**Gl. 2-5** $$a_P = C + r_1 U_1 + r_2 U_2 + ... + r_n U_n$$

mit:

| | | |
|---|---|---|
| | $a_P$ | über Regressionsgleichung bestimmter Prognosewert (Regressand) |
| | $C$ | Regressionskonstante |
| | $r$ | Regressionskoeffizient |
| | $U$ | unabhängige Variable (Regressor) |

Die Differenz zwischen dem tatsächlichen Wert a und dem prognostizierten Wert $a_p$ wird als Residuum bezeichnet. Je geringer die Quadratsumme aller Residuen ist, umso besser erklären die Regressoren den Regressanden. Darauf aufbauend existiert ein Maß für die Modellgüte, das Bestimmtheitsmaß $R^2$. Dieses gibt den Anteil der durch das Regressionsmodell erklärten Streuung an der Gesamtstreuung wieder. Beträgt $R^2 = 100\%$, kann die gesamte Varianz durch das Regressionsmodell erklärt werden. Bei $R^2 = 0\%$ kann das Regressionsmodell keinen Beitrag zur Erklärung der Varianz liefen.

Vor der Anwendung der Regressionsanalyse müssen eine Reihe von Voraussetzungen überprüft werden.

Es ist darauf zu achten, Multikollinearität der unabhängigen Variablen auszuschließen. Dies kann durch das Festsetzen einer angemessenen Toleranzgrenze geschehen. Die Toleranz beschreibt, zu wie viel Prozent ein Regressor nicht durch die anderen Regressoren erklärt werden kann. Optimal wäre eine Toleranz von 100 %. Dies kommt allerdings in den seltensten Fällen vor, wenn ein in sich zusammenhängender Komplex an Merkmalen betrachtet wird.

Die Meinungen, welcher Wert für die Toleranzgrenze angemessen ist, teilen sich. Im Allgemeinen scheinen Toleranzwerte von 20 % und mehr als unproblematisch zu gelten.

Eine weitere Voraussetzung ist die Homoskedastizität, eine gleich bleibende Streuung der Residuen in Abhängigkeit der durch die Regressionsgleichung vorhergesagten Werte. Ist diese verletzt, spricht man von Heteroskedastizität.

Zudem müssen die Residuen normal verteilt sein, was anhand einer Häufigkeitsverteilung mit Bestimmung des Mittelwertes und der Standardabweichung leicht zu sehen ist.

Autokorrelation (Prüfung von je zwei aufeinander folgenden Residuen) ist bei Zeitreihenanalysen und mehrstufigen Stichprobenziehungen zu prüfen, was in diesem konkreten Fall aber nicht vorliegt.

Die Koeffizienten müssen über eine vorher bestimmte Signifikanz (T-Test) verfügen, wie auch die Regressionsgleichung als Ganzes (F-Test).

Neben den Voraussetzungen muss nach Durchführung der Regressionsanalysen die Struktur und Höhe der ermittelten Koeffizienten auf Plausibilität und inhaltliche Übertragbarkeit überprüft werden. Wichtig ist, dass sowohl die Regressionsgleichung als Ganzes einen Sinn ergibt, als auch die Koeffizienten einzeln betrachtet im Vergleich ihres Betrages.

Das Konfidenzintervall eines Koeffizienten gibt zusätzlich darüber Auskunft, in welchem Bereich sich dieser zu 95 % bewegt; je kleiner die Intervallbreite, desto sicherer ist der errechnete Wert des Koeffizienten. Wichtig ist dabei, dass die Unter- und Obergrenze des Intervalls über das selbe Vorzeichen verfügen. Ansonsten könnte man zu 95 % nicht einmal sagen, ob das unabhängige Merkmal einen negativen (Abschlag) oder positiven (Zuschlag) Einfluss hat.

<u>Durchführen der Berechnungen</u>

In den folgenden Regressionsrechnungen wird $f_C$ als abhängige Variable a verwendet. Mit den Regressionsrechnungen wird überprüft, ob die folgenden unabhängigen Variablen U einen Beitrag zur Erklärung des Zahlenwertes von $f_C$ liefern. Untersucht werden folgende unabhängige Variablen $U_1$ bis $U_n$. Es wird jeweils kurz erläutert, weswegen erwartet wird, dass die variablen den Zahlenwert von $f_C$ und damit die Übereinstimmung von Bedarfs- und Verbrauchskennwert beeinflussen.

1. **Höhe des Verbrauchskennwertes**: Als Verbrauchskennwert wird der klima- und standortbereinigte Wert $b_{H,K}$ verwendet (siehe Abschnitt 2.3.1). Die Übereinstimmung kann von der Höhe des Verbrauchskennwerts, d. h. von der Effizienz des Gebäudes, abhängen.
2. **Anzahl der Wohneinheiten**: Beschreibt die Größe eines Gebäudes. Es wird erwartet, dass die Übereinstimmung mit zunehmender Anzahl von Wohneinheiten besser wird, da das individuelle Nutzerverhalten immer stärker herausgemittelt wird.

3. **Baualtersklasse**: Die Übereinstimmung kann durch baualtersspezifische Besonderheiten beeinflusst werden. So treten z. B. in den Baualtersklassen unterschiedlich starke Wärmebrücken auf. Zudem werden in der Berechnung für die Baualtersgruppe übliche Standard-U-Werte verwendet. Diese Annahme kann Einfluss auf die Übereinstimmung der Kennwerte haben. Darüber hinaus wird sich die energetische Effizienz mit dem Baualter ändern. Ältere Gebäude haben im Mittel einen schlechteren energetischen Standard und damit höhere Kennwerte als jüngere Gebäude.
4. **Baujahr Wärmeerzeuger**: In der Berechnung wird die Anlagenaufwandszahl nach Baualtersklassen differenziert. Mit dieser Variable wird untersucht, ob gewisse Baualterszeiträume Besonderheiten aufweisen, d. h. dass das theoretische Modell die Praxis nur unzureichend abbildet.
5. **Energieträger**: Die Aufwandszahl des Wärmeerzeugers ist neben dem Baualter von der Art des Energieträgers (Gas, Öl, Fern- oder Nahwärme) abhängig. Besonderheiten können durch diesen Faktor erkannt werden.
6. **Zentrale oder dezentrale Warmwasserbereitung**: Der auf die zentrale Warmwasserbereitung entfallende Anteil des gemessenen Heizenergieverbrauchs wurde vor der Auswertung durch pauschale Ansätze herausgerechnet. Diese unabhängige Variable quantifiziert also eine systematische Unter- oder Überschätzung des Warmwasserbedarfs durch die pauschalen Annahmen.
7. **Nachträgliche Dämmung**: Durch nachträgliche Dämmmaßnahmen kann die Übereinstimmung beeinflusst werden. So fallen Unschärfen bei der Beschreibung der Ausgangs-U-Werte bei einer nachträglichen Dämmung nicht mehr ins Gewicht. Zudem ist bekannt, dass sich das Nutzerverhalten nach energetischen Sanierungen ändert. Hierdurch kann eine bessere oder schlechtere Übereinstimmung mit dem Standardnutzerverhalten hervorgerufen werden. Zudem ist eine nachträgliche Dämmung auch ein Maß für die energetische Effizienz.

Die Regressionsgleichung stellt sich für dieses Modell wie folgt dar

**Gl. 2-6**

$$f_{C,P} = C + r_b * b_{H,K} + r_{WE,x} + r_{BA,x} + r_{WErz,x} + r_{ET,x} + r_{WW} + r_{nD}$$

mit:

| | |
|---|---|
| $f_{C,P}$ | aus Regressionsgleichung ermittelter Prognosewert für $f_C$ |
| $r_b$ | Regressionskoeffizient zum Verbrauchskennwert |
| $r_{WE.x}$ | Zuschlag/Abschlag für die Klasse x der Anzahl der Wohneinheiten |
| $r_{BA,x}$ | Zuschlag/Abschlag für die Baualtersklasse x |
| $r_{WErz,x}$ | Zuschlag/Abschlag für die Wärmeerzeuger-Baualtersklasse x |
| $r_{ET,x}$ | Zuschlag/Abschlag für den Energieträger x |
| $r_{WW}$ | Zuschlag/Abschlag für zentrale Warmwasserbereitung |
| $r_{nD}$ | Zuschlag/Abschlag für nachträgliche durchgeführte Dämmmaßnahmen |

Der differenzierte Anpassungsfaktor entspricht dem Prognosewert $f_{C,P}$

**Gl. 2-7** $$f_{AP} = f_{C,P.}$$

Für die Untersuchung wurden die oben erläuterten Voraussetzungen überprüft. Als Voraussetzung für die Aufnahme einer unabhängigen Variablen in das Regressionsmodell wird eine Toleranz (Unabhängigkeit) von über 20 % angesetzt. Die Homoskedastizität ist nicht vollständig gegeben. Der Erklärungswert des Modells sinkt mit steigendem $f_C$. Ein Grund hierfür kann der stärke Einfluss des Nutzerverhaltens sein, der bei größerem $f_C$ zunimmt. Ansonsten sind die Voraussetzungen erfüllt.

Durchgeführt wird die Regression für alle 1709 Gebäude. Es wird ein Modell mit maximalem Erklärungswert bestimmt. Dieses wird als „detailliertes Regressionsmodell“ bezeichnet. Mit diesem Modell wird überprüft, welchen Einfluss die aufgeführten unabhängigen Variablen auf den Wert von $f_C$ haben.

Für die praktische Anwendung wird ein Modell mit weniger Variablen aufgestellt, das als „reduziertes Regressionsmodell“ bezeichnet wird. Durch die Reduktion der Variablen wird der Zeitaufwand für Anpassung reduziert. In Kauf genommen wird dabei, dass das reduzierte Regressionsmodell einen leicht verminderten Erklärungswert $R^2$ erreicht. Die Regressionskoeffizienten für diese beiden Varianten sind in Tabelle 2-2 dargestellt.

| Variabel | Ausprägung | Anzahl | Detailliertes Modell | Reduziertes Modell |
|---|---|---|---|---|
| $R^2$ Bestimmtheitsmaß | | | 46,3 % | 43,1 % |
| $C$ Konstante | | 1709 | 2,741 | 2,805 |
| $r_{b:}$ Verbrauchskennwert | | 1709 | -0,008 | -0,007 |
| $r_{WE,x}$: Anzahl Wohneinheiten | bis 2 | 1394 | 0 | 0 |
| | 3 bis 7 | 202 | -0,376 | -0,363 |
| | 8 bis 20 | 91 | -0,643 | -0,599 |
| | ab 21 | 22 | -0,750 | -0,721 |
| $r_{BA.x}$: Baualter des Gebäudes | bis 1918 | 135 | 0,581 | 0,529 |
| | 1919 bis 1948 | 205 | 0,631 | 0,602 |
| | 1949 bis 1957 | 163 | 0,473 | 0,454 |
| | 1958 bis 1968 | 400 | 0,364 | 0,328 |
| | 1969 bis 1978 | 464 | 0 | 0 |
| | 1979 bis 1983 | 222 | -0,288 | -0,288 |
| | 1984 bis 1994 | 108 | -0,258 | -0,209 |
| | ab 1995 | 12 | -0,366 | -0,319 |
| $r_{WErz,x}$ Baualter Wärmeerzeuger | bis 1986 | 8 | 0 | |
| | 1987 bis 1994 | 256 | 0,208 | |
| | ab 1995 | 1436 | 0 | |
| $r_{Et,x}$ Art des Energieträgers | Gas | 1185 | 0 | -0,083 |
| | Öl | 487 | 0,058 | 0 |
| | Fernwärme | 53 | 0 | 0 |
| | Strom | 1 | 0 | 0 |
| | Sonstiges | 10 | 0 | 0 |
| $r_{WW}$ Zentrale Warmwassererzeugung | Ja | 1317 | 0,087 | |
| $r_{nD}$ nachträgliche Dämmung | Ja | 738 | - 0,208 | |

**Tabelle 2-2: Regressionskoeffizienten für die untersuchten Modelle**

Eine Interpretation der Regressionskoeffizienten ist nur unter Vorbehalt möglich. Zum einen kann die Höhe des Regressionskoeffizienten durch nicht untersuchte Eigenschaften der Stichprobe beeinflusst werden. Beispielsweise können Gebäude mit einer Ölheizung noch andere gemeinsame Eigenschaften aufweisen, die nichts mit dem Energieträger zu tun haben. Sie

können beispielsweise vermehrt im ländlichen Raum liegen, wo eine geringere Personenbelegung üblich ist.

Andererseits kann sich ein Einflussfaktor in mehreren Variablen niederschlagen. Dies ist insbesondere von Bedeutung, wenn Variablen nicht vollständig unabhängig voneinander sind. So wird der Einfluss der energetischen Effizienz auf die Übereinstimmung von Bedarfs- und Verbrauchskennwert zumindest durch drei Variablen

- Verbrauchskennwert
- Baualter
- Nachträgliche Dämmung

abgebildet. Eine Interpretation ist damit nur gemeinsam möglich.

Vor diesem Hintergrund ist die folgende Interpretation der Koeffizienten zu sehen. Interpretiert wird jeweils nur die Höhe der Regressionskoeffizienten innerhalb einzelner Klassen. Betrachtet wird das detaillierte Regressionsmodell. Da die Konstante mit 2,741 im Vergleich zu den anderen Zahlenwerten einen hohen positiven Wert aufweist, können positive Regressionskoeffizienten als Verschlechterung der Übereinstimmung und negative Zahlenwerte als Verbesserung der Übereinstimmung interpretiert werden.

Mit zunehmender Anzahl von Wohneinheiten nehmen die Regressionskoeffizienten ab, d. h. die Übereinstimmung von Bedarfs- und Verbrauchskennwert wird besser. Ein wesentlicher Grund hierfür wird der abnehmende Einfluss des individuellen Nutzerverhaltens bei größeren Gebäuden sein.

Beim Baualter ist ein Sinken des Regressionskoeffizienten mit abnehmendem Alter des Gebäudes (zunehmendes Baualter) zu beobachten. Dies ist auf die Verschärfung der gesetzlichen energetischen Mindeststandards im Zeitverlauf zurückzuführen. Bei den Baualtersklassen „1919 bis 1948“ und „1984 bis 1994“ liegen die Regressionskoeffizienten höher als der Trend erwarten lässt. Dies kann auf einen anderen Effekt hindeuten. Möglicherweise beschreiben die Standardannahmen für die U-Werte in diesen Klassen die tatsächlichen Situation schlechter als in den anderen Baualtersklassen.

Für die Wärmeerzeuger aus der Baualtersklasse 1987 bis 1994 übersteigt der Bedarfskennwert den Verbrauchskennwert stärker als bei Wärmeerzeugern ab 1995. Dies kann darauf hindeuten, dass die Verluste der älteren Wärmeerzeuger in der Berechnung überschätzt werden.

Für Öl weichen die Kennwerte stärker voneinander ab. Dies kann in den Messfehlern bei der Bestimmung des jährlichen Ölverbrauchs begründet sein.

Für Gebäude mit zentraler Warmwassererzeugung übersteigen die Bedarfskennwerte die Verbrauchskennwerte stärker als bei dezentraler Warmwasserbereitung. Gründe können darin liegen, dass

- der pauschalen Abzug bei zentraler Warmwasserbereitung zu gering ist oder
- die Anlagenverluste bei der zentralen Warmwasserbereitung überschätzt werden.

Bei einer nachträglich ausgeführten Dämmung verbessert sich die Übereinstimmung der Kennwerte. Mögliche Ursachen sind:

- Die Baualterszuschläge/-abschläge müssen bei nachträglich gedämmten Gebäuden korrigiert werden.
- Unschärfen bei der Beschreibung der U-Werte der Gebäudehülle wirken sich bei nachträglicher Dämmung weniger auf das Ergebnis aus.

### 2.3.3 Erzielte Verbesserung bei der Übereinstimmung

Um die durch die Anpassung erzielte Verbesserung bewerten zu können wird zunächst der modifizierte Verbrauchskennwert $b_{H,EnEV}$ ermittelt. Mit diesem modifizierten Verbrauchskennwert wird wieder das Verhältnis $f_C$ gebildet.

**Gl. 2-8**

$$f_C = \frac{Bedarfskennwert}{\text{mod}\,ifiziertem\ Verbrauchskennwert}$$

Die Häufigkeitsverteilung des Faktors $f_C$ bei Auswertung aller Gebäude ist in Abbildung 2-8 dargestellt. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zeigt die gleiche Auswertung für die Teilmenge der Gebäude ab 8 Wohneinheiten. Ausgewertet ist jeweils die Endenergie für Heizung. Unter den Abbildungen sind die wichtigsten statistischen Kenngrößen aufgeführt. Dargestellt in den Abbildungen sind

- als blaue Linie (mit Rauten) das Verhältnis von Bedarfs- und Verbrauchskennwert ohne Modifikation des Verbrauchskennwertes
- als gelbe Linie (mit Quadraten) $f_C$ bei Multiplikation mit den einfachen Anpassungsfaktoren nach Abschnitt 2.3.1 – Tabelle 2-1
- als rote Linie (mit Dreiecken) $f_C$ bei Durchführung der differenzierten Anpassung über das detaillierte Regressionsmodell. Die Kurve bei Anwendung des reduzierten Regressionsmodells ist weitgehend identisch, so dass aus Gründen der Übersichtlichkeit auf eine gesonderte Kurve verzichtet wird.

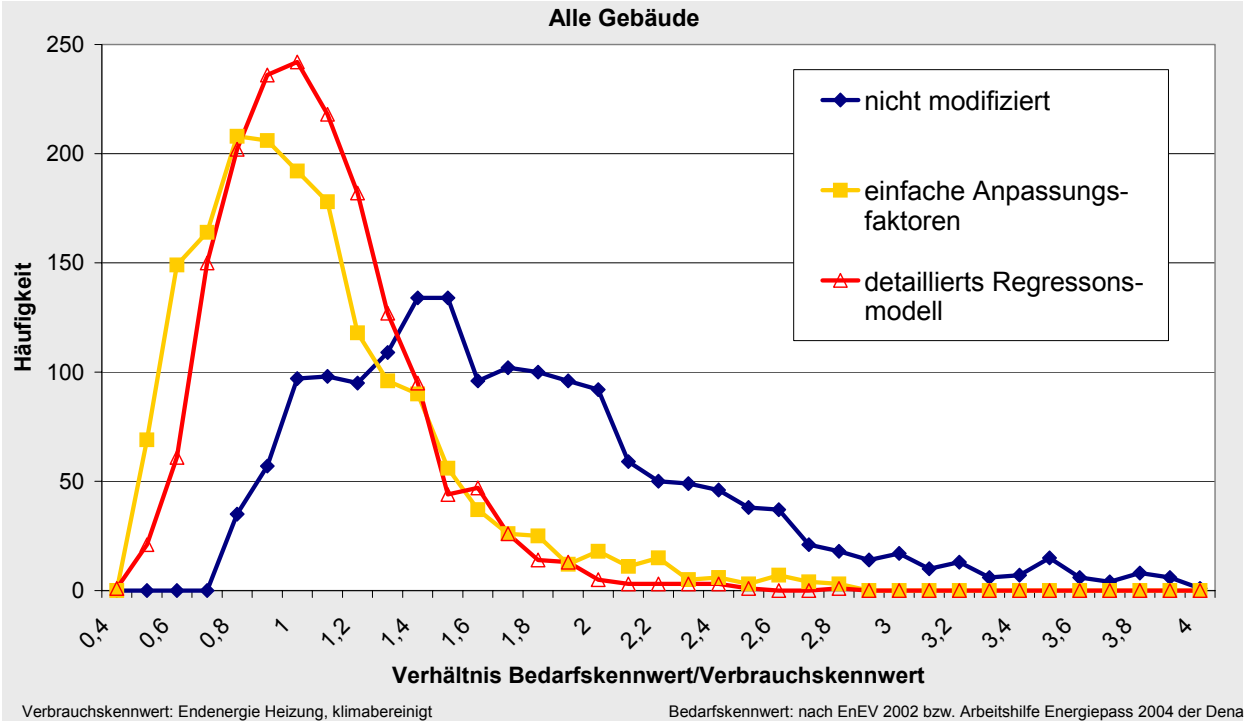



**Abbildung 2-8: Häufigkeitsverteilung des Verhältnisses Bedarfs- zu Verbrauchskennwert *fc* bei Auswertung der Energie Heizung für alle Gebäude**

| Alle Gebäude | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | nicht modifiziert | einfache Anpassungs-faktoren | detailliertes Regressions-modell | reduziertes Regressions-modell |
| Mittelwert | 1,74 | 1,00 | 1,01 | 1,02 |
| Standardabw. in % | 41% | 40% | 30% | 30% |
| 0,95 - Quantil | 3,18 | 1,79 | 1,57 | 1,59 |
| 0,8 - Quantil | 2,20 | 1,27 | 1,23 | 1,24 |
| **Median** | **1,59** | **0,93** | **0,98** | **0,99** |
| 0,2 - Quantil | 1,15 | 0,68 | 0,75 | 0,76 |
| 0,05 - Quantil | 0,89 | 0,51 | 0,60 | 0,61 |
| Quant. 0,8 - 0,2 in % | 66% | 64% | 49% | 48% |

**Tabelle 2-3: Statistische Kenngrößen der in Abbildung 2-8 dargestellten Kurven**

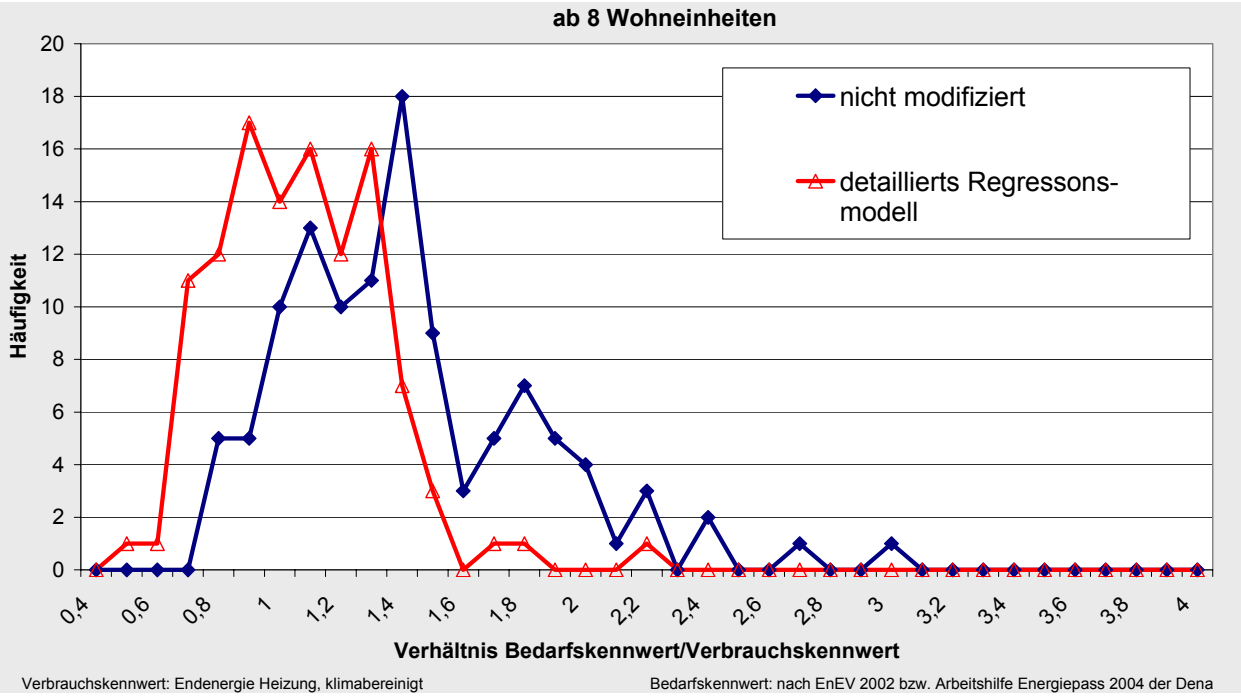



**Abbildung 2-9: Häufigkeitsverteilung des Verhältnisses Bedarfs zu Verbrauchskennwert $fc$ bei Auswertung der Energie Heizung für Gebäude ab 8 Wohneinheiten**

| ab 8 Wohneinheiten | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | nicht modifiziert | einfache Anpassungs-faktoren | detailliertes Regressions-modell | reduziertes Regressionsmodell |
| Mittelwert | 1,36 | 1,00 | 1,02 | 0,99 |
| Standardabw. in % | 30% | 30% | 26% | 26% |
| 0,95 - Quantil | 2,13 | 1,57 | 1,41 | 1,47 |
| 0,8 - Quantil | 1,70 | 1,25 | 1,23 | 1,14 |
| **Median** | **1,30** | **0,96** | **1,01** | **0,97** |
| 0,2 - Quantil | 1,02 | 0,75 | 0,79 | 0,77 |
| 0,05 - Quantil | 0,81 | 0,60 | 0,66 | 0,66 |
| Quant. 0,8 - 0,2 in % | 52% | 52% | 44% | 37% |

**Tabelle 2-4: Statistische Kenngrößen der in Abbildung 2-9 dargestellten Kurven**

Ohne Modifikation ist der Mittelwert von $f_C$ zu höheren Werten verschoben. Die Bedarfskennwerte liegen damit im Mittel deutlich über den Verbrauchskennwerten. Bei der Auswertung aller Gebäude liegt der Mittelwert von $f_C$ bei 1,74 (Median =1,59) für Gebäude ab 8 Wohneinheiten bei 1,36 (Median = 1,30). Die über die Standardabweichung beschriebene Streuung beträgt 41 % (bezogen auf den Mittelwert von $f_C$) bzw. 30 % für Gebäude ab 8 Wohneinheiten.

Durch die in Abschnitt 2.3.1 beschriebenen einfachen Anpassungsfaktoren kann die systematische Abweichung des Mittelwerts ausgeglichen werden. Der arithmetische Mittelwert liegt in beiden Fällen bei 1,00. Die Streuung bleibt weitgehend identisch.

Wird eine Modifikation über die Regressionsgleichung durchgeführt, können die systematischen Abweichungen im Mittelwert weitgehend ausgeglichen werden. Zudem wird die Streuung reduziert. Mit dem detaillierten Regressionsmodell wird die Standardabweichung von 41 % auf 30 % reduziert. Werden nur die Gebäude ab 8 Wohneinheiten betrachtet, ergibt sich eine Reduktion von 30 % auf 26 %.

Die Anwendung des „reduzierten Regressionsmodells“ führt zu leichten Verschiebungen beim Mittelwert. Die Standardabweichung entspricht der des „detaillierten Regressionsmodells“. Der Abstand zwischen dem 0,8 und 0,2 Quantil ist ebenfalls ein Maß für die Streuung. Es wird weniger von Ausreißern beeinflusst als die Standardabweichung. Für die Teilmenge ab 8 Wohneinheiten schneidet das reduzierte Modell bei dem Quantilsabstand sogar besser ab als das detaillierte Modell.

Im Rahmen des Projektes wurden eine größere Anzahl von weiteren Regressionsrechnungen durchgeführt, die im Endbericht nicht dokumentiert sind. So wurden Regressionsrechnungen für die Untergruppe von allen Gebäuden ab 8 Wohneinheiten durchgeführt. Aufgrund der geringen Anzahl der Gebäude (n=117) und der dadurch möglichen Zufälligkeit der Ergebnisse wurde jedoch auf die Anwendung dieses Modells verzichtet.

Wird der Bedarfskennwert als abhängige Variable verwendet, wird für die hier untersuchten Gebäude eine leicht bessere Übereinstimmung gefunden als für die im folgenden dokumentierten Modelle. Die Toleranz, d. h. die Unabhängigkeit der unabhängigen Variablen von 20 % wird jedoch nicht erreicht, so dass diese Modellrichtung nicht weiter verfolgt wurde.

## 2.4 Eignung für die Mietspiegelerstellung

Im diesem Abschnitt wird untersucht, ob der Verbrauchskennwert nach Anpassung über das in Abschnitt 2.3.2 entwickelte reduzierte Regressionsmodell bei der Mietspiegelerstellung in Ergänzung zu dem Bedarfskennwert herangezogen werden kann. Um den Hintergrund darzustellen, wird zunächst das Vorgehen bei der Mietspiegelerstellung und der Integration des Merkmals „wärmetechnische Beschaffenheit“ erläutert.

Mietspiegel geben eine Übersicht über die in einem Gebiet gezahlten ortsüblichen Mieten. Sie ermöglichen die Ermittlung einer so genannten ortsüblichen Vergleichsmiete. Diese kann als Richtschnur bei Fragen der Mieterhöhungen von Mietern und Vermietern herangezogen werden. Die ortsübliche Vergleichsmiete wird bei der Mietspiegelerstellung ermittelt, indem eine Zufallsstichprobe erhoben wird und über statistische Analysen die den Mietpreis bestimmenden Kriterien ermittelt und quantifiziert werden.

Die energetische Gebäudequalität wird im so genannten ökologischen Mietspiegel über das Merkmal wärmetechnische Beschaffenheit berücksichtigt. Um zu überprüfen, ob die wärmetechnische Beschaffenheit einen signifikanten Einfluss auf die Netto-Miete hat, muss diese in diese statistische Analyse der Mietspiegelerstellung mit einbezogen werden [Knissel/Alles 2003]. Die wärmetechnische Beschaffenheit ist ein abstrakter Begriff. Sie wird durch Anwendung der so genannten Übertragungsmatrix aus dem Primärenergiekennwert ermittelt. Während der Primärenergiekennwert eine kontinuierliche Größe ist, weist die wärmetechnische Beschaffenheit nur noch einzelne Klassen auf (z. B gut, mittel, schlecht). Diese Klassen werden in die statistische Auswertung eingespeist. Diese prinzipiellen Zusammenhänge sind in Abbildung 2-10 skizziert.

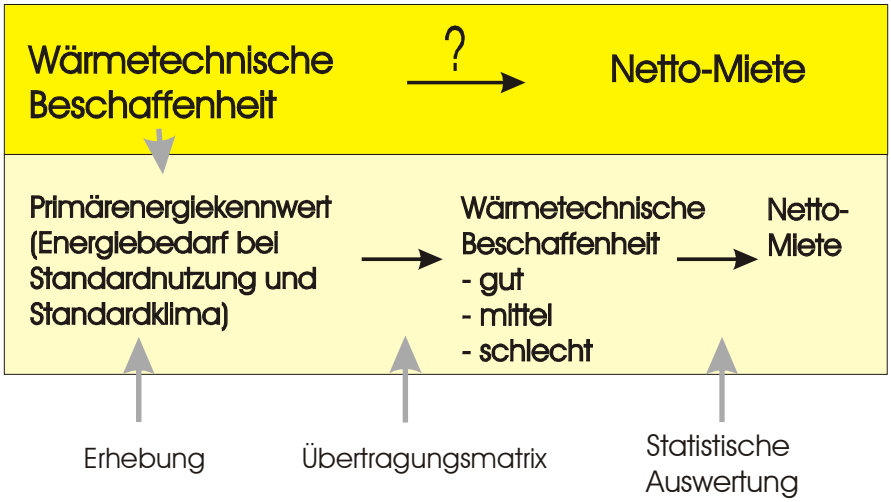



**Abbildung 2-10: prinzipielles Vorgehen bei der Berücksichtigung der wärmetechnischen Beschaffenheit im Rahmen der Mietspiegelerstellung**

### 2.4.1 Minimale Anzahl der Wohneinheiten

Um eine möglichst objektive Bewertung der energetischen Effizienz eines Gebäudes vornehmen zu können, sollte der Einfluss des Verhaltens eines einzelnen Nutzers auf den Energieverbrauchskennwert möglichst gering sein. Je größer die Anzahl von Wohnungen in einem Gebäude, desto stärker mittelt sich das individuelle Nutzerverhalten heraus.

Aus verschiedenen Projekten sind Nutzerstreuungen in ihrer ungefähren Größenordnung bekannt (siehe Übersichten in [Feist 1997] / [Eicke-Hennig 1998] / [Loga et al. 2003]). Beispielsweise wird in [Weidlich 1987] für 351 Wohnungen in energetisch gleichwertigen Bestandsgebäuden der Verbrauch dokumentiert: 90 % der Verbrauchswerte liegen in einer Spanne zwischen 70 % und 160 %, bezogen auf den Mittelwert. Nimmt man vereinfachend eine symmetrische Verteilung der einzelnen Verbrauchswerte an, so entspricht diese Streuung einer Standardabweichung von ca. 40 %. Die Unsicherheit des Verbrauchswerts für das Gesamtgebäude hängt dann gemäß statistischen Gesetzmäßigkeiten von der Anzahl der Nutzer bzw. Wohnungen ab, deren Verbrauch gemeinsam erfasst wird (Abbildung 2-11). Bei 4 Wohnungen beträgt die Standardabweichung 20 %, bei 8 Wohnungen 14 %, bei 12 Wohnungen 12 % und bei 16 Wohnungen 10 %.

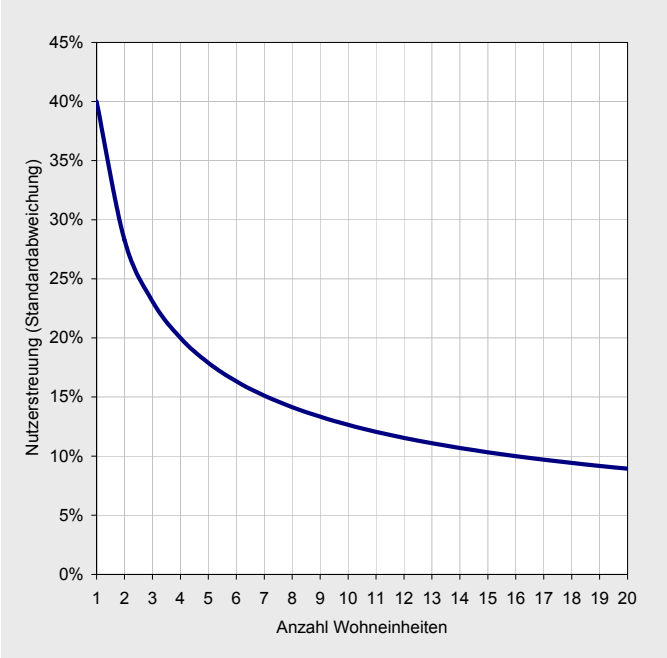



**Abbildung 2-11:**

**Prinzipieller Zusammenhang zwischen der Streuung des Gesamtverbrauchs aufgrund des Nutzereinflusses und der Anzahl der Wohneinheiten**

Für die Anwendung der Verbrauchskennwerte im Rahmen des ökologischen Mietspiegels ist es sinnvoll, eine Mindestanzahl für die Wohneinheiten zu definieren, um den Einfluss der Nutzerverhaltens auf den Kennwert zu begrenzen. Für die vorliegende Untersuchung wird eine Mindestanzahl von 8 Wohneinheiten angenommen. Die individuellen Einflüsse mitteln sich über das gesamte Gebäude betrachtet bereits deutlich heraus. Die Standardabweichung

der durch das unterschiedliche Nutzerverhalten hervorgerufenen Schwankungen im Heizenergieverbrauch beträgt für diesen Fall noch 14 %.

### 2.4.2 Anforderung an die Übereinstimmung mit Bedarfskennwert

Auch nach Einführung einer Mindestanzahl von Wohneinheiten und der Anpassung der Verbrauchskennwerte über das reduzierte Regressionsmodell, bleibt eine Abweichung zwischen Bedarfs- und Verbrauchskennwert bestehen (siehe Tabelle 2-4 und Abbildung 2-9). Im Folgenden wird die Frage geklärt, ob die verbleibenden Unterschiede bei der Mietspiegelerstellung akzeptiert werden können. Im positiven Fall könnte der Verbrauchskennwert bei zentral beheizten Gebäuden mit mehr als 8 Wohneinheiten anstelle des Bedarfskennwertes zur Ermittlung des Primärenergiekennwertes und damit der wärmtechnischen Beschaffenheit herangezogen werden kann.

Bei der Mietspiegelerstellung können Unschärfen bei der Ermittlung der Primärenergiekennwerte hingenommen werden. Für die statistische Auswertung wird aus den Primärenergiekennwerten durch Anwendung der Übertragungsmatrix ohnehin die aggregierte Variable „Wärmetechnische Beschaffenheit“ erzeugt. Die Unschärfen beim Primärenergiekennwert müssen also lediglich klein gegenüber der Klassenbreite der Übertragungsmatrix sein. Dies gewährleistet, dass es nur im Bereich der Klassengrenzen zu einer begrenzten Anzahl von Unterschieden bei der Einschätzung der wärmetechnischen Beschaffenheit der Gebäude kommt, je nachdem, ob der Bedarfs- oder Verbrauchskennwert verwendet wird.

Die Häufigkeit, mit der die wärmetechnische Beschaffenheit eines Gebäudes bei Verwendung von Bedarfs- und Verbrauchskennwert unterschiedlich eingeschätzt wird, ist also auch abhängig von der Ausprägung der Übertragungsmatrix. Im Rahmen der Mietspiegelerstellung Darmstadt 2003 wurden in einer Voruntersuchung unterschiedliche Ausprägungsformen der Übertragungsmatrix analysiert. Die differenzierteste Form der Übertragungsmatrix unterscheidet zwischen fünf energetischen Klassen und den Gebäudetypen „Ein- und Zweifamilienhaus“ und „Mehrfamilienhaus“.

| zehn Klassen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Wärmetechnische Beschaffenheit | | | | |
| | | Sehr schlecht | Schlecht | Mittel | Gut | Sehr gut |
| Primärenergiekennwert in kWh/(m²$_{AN}$a) | Einfamilienhaus | > 480 | 480 - 375 | 375 - 175 | 175 - 140 | < 140 |
| | Mehrfamilienhaus | > 375 | 375 - 300 | 300 - 150 | 150 - 100 | < 100 |

**Tabelle 2-5: Übertragungsmatrix zur Bestimmung der wärmetechnischen Beschaffenheit aus den Primärenergiekennwerten bei der Mietspiegelerstellung. Hier: differenzierte Form mit fünf Klassen der energetischen Effizienz und zwei Gebäudeklassen**

Um die Klassengrenzen zu ermitteln wurden unterschiedliche energetische Standards für die Gebäudehülle und das Heizungssystem definiert und kombiniert. Über Beispielrechnungen wurden die zu den Kombinationen korrespondierenden Primärenergiekennwerte ermittelt. Ausführlich ist dies in [Knissel/Alles 2003] erläutert.

Die Voruntersuchungen zeigten für die Mietspiegelstichprobe keinen signifikanten Einfluss der wärmetechnischen Beschaffenheit bei einer derart detaillierten Ausprägung der Übertragungsmatrix. Ein wesentlicher Grund hierfür war die geringe Anzahl von Ein- und Zweifamilienhäusern (13 %) und von sehr guten wie sehr schlechten Gebäuden. Aus dem Grund wurde die Übertragungsmatrix in Darmstadt auf eine einfache Vektorform mit drei Elementen reduziert.

| drei Klassen | | | |
|---|---|---|---|
| | Wärmetechnische Beschaffenheit | | |
| | Schlecht | Mittel | Gut |
| Primärenergiekennwert in kWh/(m²$_{AN}$a) | > 300 | 300 - 175 | < 175 |

**Tabelle 2-6: Übertragungsmatrix zur Bestimmung der wärmetechnischen Beschaffenheit aus den Primärenergiekennwerten bei der Mietspiegelerstellung. Hier: Einfache Form mit drei Klassen der energetischen Effizienz**

Auch wenn sich bei der Erstellung des Mietspiegels Darmstadt 2003 für die differenzierte Form der Übertragungsmatrix (zehn Klassen) kein signifikanter Einfluss der wärmetechnischen Beschaffenheit auf die Netto-Miete gezeigt hat, so ist eine entsprechende differenzierte Prüfung bei der nächsten Mietspiegelerstellung wieder vorzunehmen. So könnten z. B. als Folge von durchgeführten energetischen Modernisierungen im Zeitverlauf immer mehr Gebäude in die Klasse "sehr gut fallen". Der Verbrauchskennwert muss also auch bei Anwendung der detaillierten Übertragungsmatrix in den überwiegenden Fällen zur gleichen Einschätzung der wärmetechnischen Beschaffenheit führen wie der Bedarfskennwert.

Da nur Gebäude mit 8 und mehr Wohneinheiten über den Verbrauchskennwert energetisch bewertet werden, sind die Klassengrenzen für Mehrfamilienhäuser aus Tabelle 2-5 zu betrachten. Die Unterschiede zwischen Bedarfs- und modifiziertem Verbrauchskennwert müssen klein sein gegenüber der Klassenbreite, so dass unterschiedliche Einschätzungen bei der wärmetechnischen Beschaffenheit sich auf den Bereich der Klassengrenzen beschränken.

Um dies zu beurteilen, werden die Absolutwerte der Streuung aus Tabelle 2-4 und Abbildung 2-9 auf Primärenergieebene ermittelt. Es wird angenommen, dass der berechnete Bedarfskennwert genau in der Klassenmitte liegt. Die Differenz zwischen Bedarfs- und Verbrauchskennwerten wird bestimmt, indem der Verlauf von $f_C$ aus Abbildung 2-9 auf einen Bezugswert angewendet wird. Der Bezugswert wird gebildet, indem vom Bedarfskennwert $Q_{,P,EnEV}$

die pauschalen Anteile für Warmwasser von $Q_{P,WW}$ = 30 kWh/(m²$_{AN}$ a) und für Hilfsenergie von $Q_{P,HE}$ = 7 kWh/(m²$_{AN}$ a) abgezogen werden.

**Gl. 2-9** $$\Delta Q_{BKW-VKW} = (Q_{P,EnEV} - Q_{P,WW} - Q_{P,HE})\,(1 - \frac{1}{f_C})$$

Der Differenz $\Delta Q_{BKW\text{-}VKW}$ wird die Häufigkeit von $f_C$ zugerordnet. In Abbildung 2-12 ist die Häufigkeit dargestellt, mit der unterschiedliche Differenzen auftreten. Betrachtet wird beispielhaft die Klasse „wärmetechnische Beschaffenheit: schlecht“. Als gelber halbtransparenter Bereich ist die Klassenbreite von 75 kWh/(m²$_{AN}$a) eingetragen.

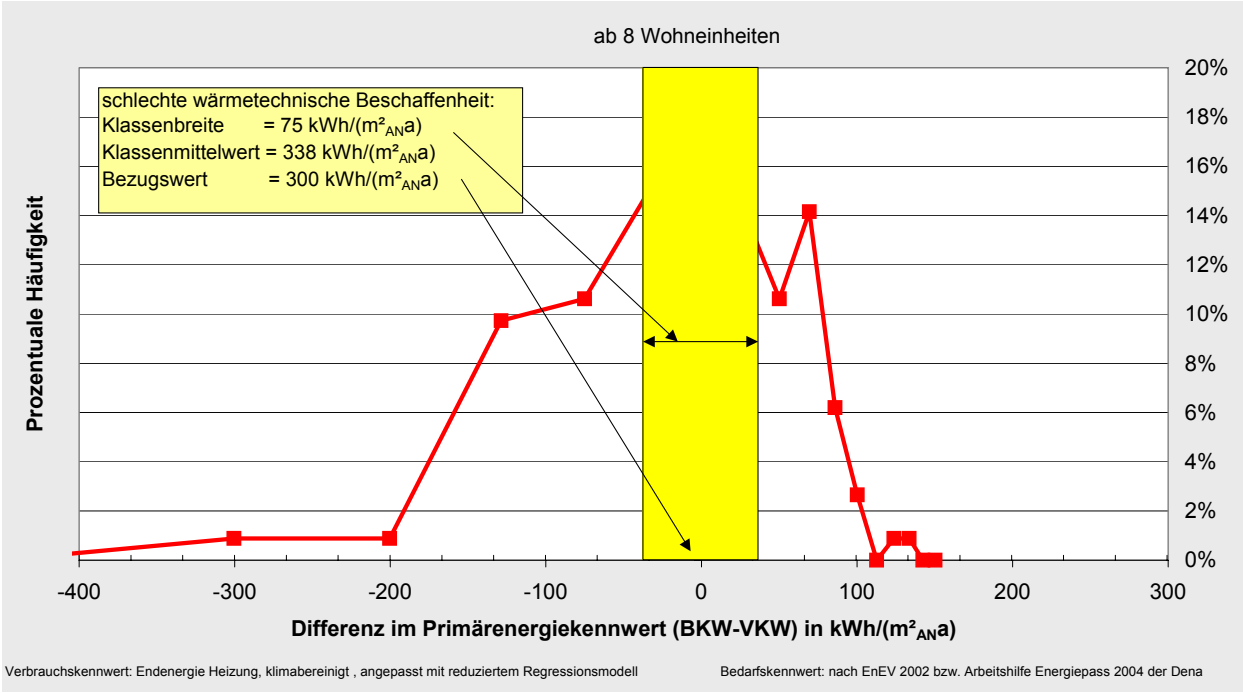



**Abbildung 2-12: Prozentuale Häufigkeit der Differenz zwischen Bedarfs- und modifiziertem Verbrauchskennwert $\Delta Q_{BKW\text{-}VKW}$ ab 8 Wohneinheiten auf Primärenergieebene im Vergleich zu Klassenbereite für schlechte wärmetechnische Beschaffenheit (75 kWh/(m²$_{AN}$ a)) der differenzierten Übergangsmatrix**

Es wird deutlich, dass der mit dem modifizierten Verbrauchskennwert ermittelte Primärenergiekennwert mit einer Häufigkeit von über 50 % außerhalb der Klasse „wärmetechnische Beschaffenheit schlecht“ liegt, selbst wenn der Bedarfskennwert direkt in der Klassenmitte angenommen wird. Die Verwendung des modifizierten Verbrauchskennwerts wird somit bei einer großen Anzahl von Fällen zu einer anderen Einschätzung der wärmetechnischen Beschaffenheit führen als der Bedarfskennwert. Auch ohne weitergehende Prüfung kann geschlussfolgert werden, dass die bei der Mietspiegelerstellung geforderte Eindeutigkeit bei der Bewertung der wärmetechnischen Beschaffenheit nicht in ausreichendem Maß gegeben ist. Für die Mietspiegelerstellung können modifizierte Verbrauchskennwerte damit nicht als Verfahren zur vereinfachten energetischen Bewertung genutzt werden.

## 2.5 Eignung für Mietspiegelanwendung

Bei der Anwendung des Mietspiegels muss die wärmetechnische Beschaffenheit für einzelne Gebäude ermittelt werden. Dabei müssen nur die im Mietspiegel ausgewiesenen signifikanten Klassengrenzen überprüft werden.

Beim Mietspiegel in Darmstadt zeigte sich z. B. ein signifikanter Einfluss auf die Netto-Miete nur für eine gute wärmetechnische Beschaffenheit. Entsprechend ist im Mietspiegel nur der Grenzwert von 175 kWh/(m²$_{AN}$ a) definiert. Wird dieser unterschritten, liegt eine gute wärmetechnische Beschaffenheit vor und der Zuschlag darf erhoben werden.

Im Folgenden wird die Eignung des modifizierten Verbrauchskennwerts für den einfachen Fall, dass nur ein Grenzwert vorhanden ist, untersucht. Es wird ein Grenzwert von 175 kWh/(m²$_{AN}$ a) betrachtet. In dem Fall kann der Verbrauchskennwert einen Hinweis darauf geben, ob der Bedarfskennwert den Grenzwert unterschreitet und damit eine gute wärmetechnische Beschaffenheit für ein Gebäude gegeben ist.

Die Wahrscheinlichkeit, mit der der Bedarfskennwert den Grenzwert unterschreitet, wird dabei um so größer, je niedriger der modifizierte Verbrauchskennwert liegt.

Um die Wahrscheinlichkeit quantifizieren zu können, wird die prozentuale Häufigkeitsverteilung der Differenzen (z. B. aus Abbildung 2-12) als die Wahrscheinlichkeit interpretiert, mit der der modifizierte Verbrauchskennwert von dem Bedarfskennwert für einen konkreten Fall abweicht. Als Summenkurve ist diese Wahrscheinlichkeit in Abbildung 2-13 für den Grenzwert von 175 kWh/(m²$_{AN}$ a) dargestellt. Betrachtet wird der Primärenergiekennwert für Heizung und Warmwasser und Hilfsenergie von zentral beheizten Gebäuden mit 8 und mehr Wohneinheiten.

In Bezug auf den Verbrauchskennwert wird angenommen, dass

- der Verbrauchskennwert (Anteil für Heizung) klimabereinigt wurde
- die Anpassung des Verbrauchskennwertes mit dem reduzierten Regressionsmodell aus Tabelle 2-2 erfolgt.

Zur Ermittlung des Bezugswertes wird der Primärenergieaufwand für die Warmwasserbereitung pauschal mit 30 kWh/(m²$_{AN}$ a) und für Hilfsenergie pauschal mit 7 kWh/(m²$_{AN}$ a) von dem Grenzwert abgezogen.

In Bezug auf den Bedarfskennwert wird davon ausgegangen, dass er mit den Randbedingungen des DENA-Feldversuches berechnet wurde (siehe Abschnitt 2.2).

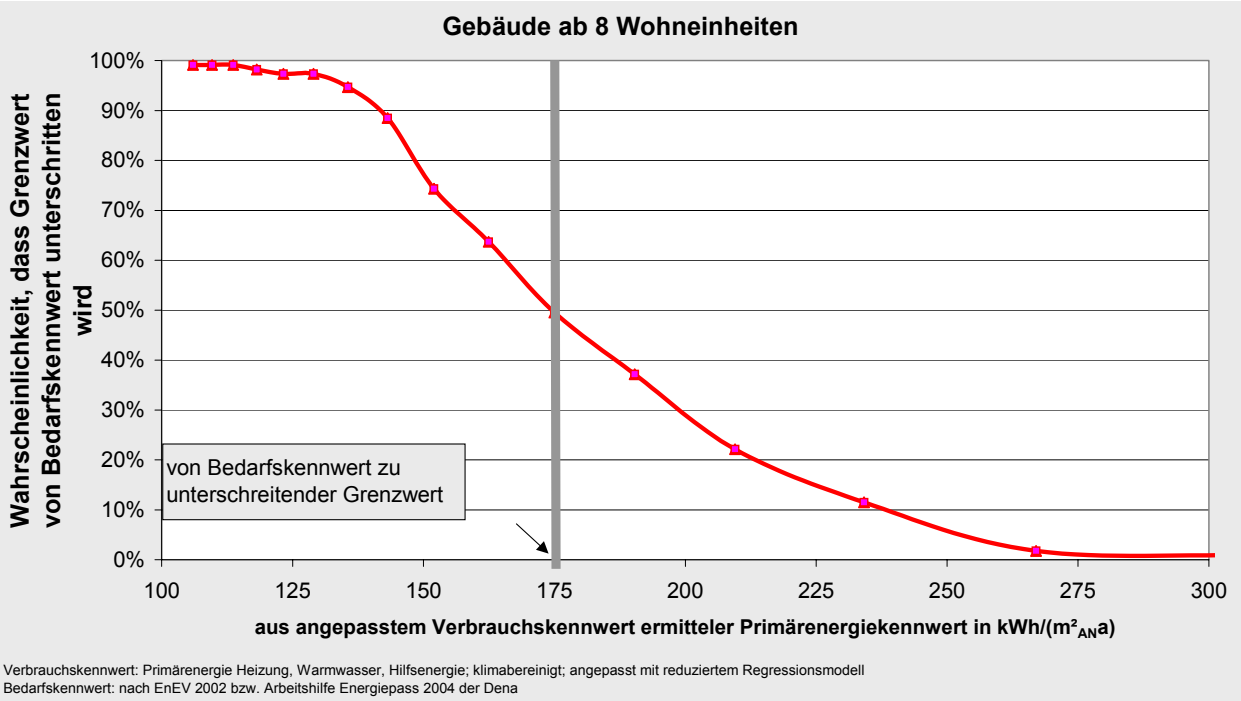



**Abbildung 2-13: Wahrscheinlichkeit mit die Bewertung der wärmetechnischen Beschaffenheit über den modifizierten Verbrauchskennwert zutrifft, sofern nur ein Grenzwert überprüft werden muss**

Liegt der aus dem angepassten Verbrauch ermittelte Primärenergiekennwert bei 175 kWh/(m²$_{AN}$ a) und entspricht er damit dem Grenzwert, so liegt die Wahrscheinlichkeit nur knapp über 50 %, dass der Grenzwert auch vom Bedarfskennwert unterschritten wird. Bei einem Primärenergiekennwert von 143 kWh/(m²$_{AN}$ a) liegt die Wahrscheinlichkeit bei 94 %, bei 114 kWh/(m²$_{AN}$ a) erreicht die Wahrscheinlichkeit 99 %.

Unabhängig von den hier angegebenen Hinweisen, die der Verbrauchskennwert geben kann, ist letztendlich der berechnete Primärenergiekennwert die ausschlaggebende Größe für den substantiierten Nachweis der wärmetechnischen Beschaffenheit.

### 2.5.1 Anwendung auf den Mietspiegel Darmstadt

Die in Abbildung 2-13 dargestellten Zusammenhänge können in der Form nicht auf den im Darmstädter Mietspiegel ausgewiesenen Grenzwert von 175 kWh/(m²$_{AN}$ a) angewendet werden. Der Primärenergiekennwert wird in Darmstadt nach den Randbedingungen des EPHW berechnet, da die Mietspiegelstichprobe mit diesem Verfahren bewertet wurde. Den Auswertungen in Abschnitt 2.2 und Abschnitt 2.3 liegt jedoch die Berechnung mit den Randbedingungen des DENA Feldversuches zu Grunde.

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde versucht, eine Abbildung 2-13 entsprechende Aussage aus den Daten der Mietspiegelstichprobe Darmstadt abzuleiten. Dies ist nicht gelungen. Die Erfassung des gemessenen Heizenergieverbrauchs bei der Bewertung der Gebäude

der Mietspiegelstichprobe war nicht erforderlich und wurde nur vereinzelt zu Plausibilitätszwecken durchgeführt. Insgesamt ergaben sich für zu wenig Gebäude belastbare Angaben zu dem Verbrauchskennwert, so dass keine statistisch abgesicherten Aussagen getroffen werden konnten.

Bei der nächsten Mietspiegelerhebung kann mehr Augenmerk auch auf den Verbrauchskennwert gelegt werden, so dass entsprechende Zusammenhänge mit vertretbarer statistischer Belastbarkeit abgeleitet und dargestellt werden können.

## 2.6 Zusammenfassung und Ausblick

Der Verbrauchskennwert wird aus dem gemessenen Heizenergieverbrauch ermittelt. Bei zentralbeheizten Gebäuden sind die erforderlichen Daten in der jährlichen Heizkostenabrechnung enthalten, so dass der Verbrauchskennwert mit geringem Zeit- und Kostenaufwand ermittelt werden kann. In diesem Abschnitt wird die Eignung des Verbrauchskennwertes zur vereinfachten Bestimmung des Primärenergiekennwertes und damit der wärmetechnischen Beschaffenheit untersucht.

Während eine Berechnung des Energiebedarfs grundsätzlich für alle Gebäude möglich ist, können Verbrauchskennwerte nur für zentralbeheizte Gebäude mit vertretbarem Aufwand ermittelt werden. Ein für alle Gebäude anwendbares Konzept zur energetischen Gebäudebewertung – bei Mietspiegeln des Merkmals „wärmetechnische Beschaffenheit – muss deswegen auf dem Bedarfskennwert basieren. Verbrauchskennwerte können jedoch unter gewissen Bedingungen alternativ zum Bedarfskennwert verwendet werden.

Wesentliche Voraussetzung für die alternative Verwendung von Verbrauchskennwerten ist, dass diese zu einer ähnlichen Bewertung der energetischen Effizienz – im Fall des Mietspiegels der wärmetechnischen Beschaffenheit – führen wie die (berechneten) Bedarfskennwerte. Erforderlich ist,

- dass sich im Mittel über eine große Anzahl von Gebäuden keine systematischen Abweichungen zwischen Verbrauchs- und Bedarfskennwerten ergeben und
- dass die Streuung zwischen den beiden Kennwerten ein akzeptables Maß nicht übersteigt.

Auf der Grundlage von 1709 im Rahmen der Energieberatung erfassten Gebäuden konnte die Differenzen zwischen berechnetem Bedarfskennwert und Verbrauchskennwert ermittelt werden. Die Auswertung der Daten zeigt große Abweichungen zwischen den beiden Kennwerten. Dabei gibt es neben einer hohen Streuung auch eine systematische Abweichung. Insbesondere bei Gebäuden mit hohem Energiebedarf liegen die Verbrauchskennwerte systematisch niedriger als die berechneten Bedarfskennwerte.

Es wurde versucht, die Differenzen durch Korrektur der Verbrauchskennwerte zu verringern. Hierzu wurden einfache Anpassungsfaktoren in Abhängigkeit von der Anzahl der Wohnein-

heiten bestimmt. Damit kann die systematische Abweichung zwischen beiden Kennwerten weitgehend eliminiert werden. Wird eine differenzierte Anpassung vorgenommen, bei der die Anpassungsgleichung und die Faktoren über Regressionsrechnungen ermittelt wurden, kann zudem eine Reduktion der Standardabweichung erzielt werden. Für „alle Gebäude“ ergibt sich eine Reduktion der Standardabweichung von 41 % auf 30 % (bezogen auf den Mittelwert), für Gebäude ab 8 Wohneinheiten von 30 % auf 26 %. Insgesamt bleibt aber immer noch eine hohe Streuung bestehen.

Bei der Mietspiegelerstellung kann der Verbrauchskennwert nicht verwendet werden. Selbst nach Durchführung der differenzierten Anpassung und der Beschränkung auf Gebäude ab 8 Wohneinheiten sind die Differenzen zum berechneten Bedarfskennwert - vor dem Hintergrund der zu bewertenden Klassengrenzen groß. Bei über 50 % der Fälle würde sich eine von dem Bedarfskennwert abweichende Klasse für die wärmetechnische Beschaffenheit ergeben. Die bei der Mietspiegelerstellung erforderliche Eindeutigkeit in Bezug auf die wärmetechnische Beschaffenheit wird nicht erreicht.

Bei der Mietspiegelanwendung kann der Verbrauchskennwert prinzipiell für eine Einschätzung der wärmetechnischen Beschaffenheit herangezogen werden, insbesondere wenn es nur einen Grenzwert gibt. Hierzu sind aber statistisch abgesicherte Aussagen zu der Wahrscheinlichkeit einer richtigen Bewertung in Abhängigkeit vom Abstand des Verbrauchskennwertes vom Grenzwert erforderlich. Die hierfür erforderlichen Daten müssen bei der Mietspiegelerstellung mit erhoben werden.

In Zukunft ist es notwendig, die Ursachen für die Differenzen zwischen Berechnung und gemessenem Verbrauch weiter zu analysieren. Das oben dargestellte Verfahren zur Anpassung des Verbrauchkennwertes nimmt die in EnEV 2002 bzw. DIN V 4108-6:2003 und [AHEP 2004] für den EnEV-Nachweis festgelegten Randbedingungen als gegebene Voraussetzung. Von der Sache her sinnvoller wäre es jedoch, die Ansätze für die rechnerische Bilanzierung so zu korrigieren, dass im Mittel auch der tatsächlich gemessene Verbrauch abgebildet wird. Aus Sicht des Verbrauchers würde dies den Vorteil haben, dass die im Energieausweis ausgewiesenen berechneten Kennwerte bei durchschnittlicher Nutzung mit den gemessenen Verbrauchwerten übereinstimmen.

Die Berechnungsansätze und Randbedingungen sind so anzupassen, dass zumindest im Mittel über viele Gebäude eine dem Verbrauch entsprechende Einschätzung gewährleistet ist. Nach der in dieser Studie gemachten statistischen Aussage sind hierzu Einzelfallbetrachtungen notwendig, in denen die Ursachen für Abweichungen zurückverfolgt werden.

# 3 Kurzverfahren Energieprofil (KVEP)

Der Verbrauchskennwert kann nur bei zentral beheizten Gebäuden ermittelt werden und ist nach den Untersuchungen aus Abschnitt 2 nur sehr eingeschränkt zur Quantifizierung des Primärenergiekennwertes und damit der wärmetechnischen Beschaffenheit nutzbar. Für den überwiegenden Teil der Gebäude wird der Primärenergiekennwert weiterhin rechnerisch ermittelt werden müssen.

In dem vom Bundesamt für Bauwesen und Raumordung (BBR) geförderten Forschungsvorhaben „Entwicklung eines vereinfachten, statistisch abgesicherten Verfahrens zur Erhebung von Gebäudedaten für die Erstellung des Energieprofils von Gebäuden“ hat das IWU ein vereinfachtes Verfahren entwickelt, um mit wenigen, einfachen Eingabedaten einen plausiblen Gebäudedatensatz zu erzeugen [Loga 2005]. Die Eingabedaten werden dabei in einem zweiseitigen Fragebogen erfasst.

Die Vereinfachungen betreffen drei Bereiche der Datenaufnahme

1. Durch statistische Analyse einer Gebäudestichprobe von mehr als 4000 Wohngebäuden wurde ein einfaches Verfahren zur Abschätzung der Bauteilflächen (Außenwand, Fenster, Dach, etc.) entwickelt („Flächenschätzverfahren“).
2. Es wurde eine Tabelle mit Standard-U-Werten erstellt, die – ausgehend vom Baualter, Bauweise und nachträglich durchgeführter Maßnahmen – eine grobe Bewertung der Qualität der thermischen Hülle von Bestandsgebäuden erlauben.
3. Es wurden Pauschalwerte für eine grobe Bewertung der Anlagen zur Raumheizung und Warmwasserbereitung von Bestands-Wohngebäuden abgeleitet. Diese basieren auf den vorliegenden Normen zur Anlagentechnik sowie ergänzenden Quellen. Sie sind differenziert in die Teilsysteme Übergabe, Verteilung, Speicherung und Erzeugung.

Auf diesen Ergebnissen baut das vorliegende Forschungsprojekt auf. Ziel ist es, zu untersuchen, ob die Berechnung mit vereinfachter Datenaufnahme (KVEP) für die Mietspiegelerstellung und Mietspiegelanwendung herangezogen werden kann. Nach einer zusammenfassenden Darstellung des Ansatzes zur Erzeugung eines vereinfachten Datensatzes für die Bilanzierung (Abschnitt 3.1) wird in Abschnitt 3.2 der Fehler durch die Vereinfachungen bei der Hüllflächenermittlung quantifiziert und die Eignung für die Erstellung und Anwendung von Mietspiegeln überprüft. In Abschnitt 3.3 wird die Realisierung und Erprobung des automatischen Einlesens und Berechnens beschrieben.

## 3.1 Beschreibung des Kurzverfahrens Energieprofil (KVEP)

In dem Projekt „Kurzverfahren Energieprofil“ wurden Verfahren entwickelt, mit dem aus einer begrenzten Anzahl von einfach zu erhebenden Angaben zu Gebäude und Anlagentechnik ein vollständiger Datensatz für die Berechnung des Primärenergiekennwertes generiert werden kann. Damit wird der Aufwand für die energetische Bilanzierung und Klassifizierung größerer Gebäudebestände reduziert. Das Forschungsprojekt wurde mit Mitteln des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung gefördert (Aktenzeichen: Z6 – 10.07.03-03.15 / II 13 – 80 01 03-15).

### 3.1.1 Durchführung

Die Vereinfachungen der Datenermittlung betreffen drei voneinander unabhängige Bereiche:

- die Flächenerhebung,
- die Ermittlung der U-Werte,
- die Ermittlung der anlagentechnischen Daten.

Im Rahmen des Projekts wurden innerhalb dieser Bereiche jeweils für bestimmte Gruppen typische Werte hergeleitet. Bei der Anwendung des Verfahrens erfolgt die energetische Bewertung dann jeweils durch Zuordnung zu diesen Typen. Mit wenigen Angaben kann so ein vollständiger Gebäudedatensatz generiert werden, mit dem die Energiebilanz gemäß DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10 bzw. -12 berechnet werden kann.

### 3.1.2 Teil I – Flächenschätzverfahren

Gegenstand des ersten Teils des Forschungsprojekts war die Entwicklung eines Verfahrens zur Abschätzung der Teilflächen der thermischen Hülle. Die Eingangsdaten des Flächenschätzverfahrens sollten sich dabei nach Möglichkeit auf wenige Grunddaten beschränken, die in der Regel beim Gebäudeeigentümer bzw. Wohnungsunternehmen vorliegen. Ein Aufmaß kann so vermieden werden.

Grundlage für die Entwicklung des Flächenschätzverfahrens ist die statistische Analyse einer Gebäudedatenbank mit den wärmetechnisch relevanten Daten von mehr als 4000 Wohngebäuden (siehe Tabelle 3-1). Die im Rahmen von Energieberatungsaktionen erhobenen Daten wurden größtenteils vom Klimaschutzfonds proKlima Hannover, vom Sächsischen Umweltministerium und vom Impulsprogramm Hessen zur Verfügung gestellt. Im Rahmen der Auswertung wurden die Variablen ermittelt, die sich deutlich auf die Größe der einzelnen Bauteilflächen (Außenwand, Fenster, Dach, etc.) auswirken. Dies sind im Wesentlichen:

- die beheizte Wohnfläche
- die Anzahl der beheizten Vollgeschosse
- der Beheizungsgrad des Dach- und Kellergeschosses (nicht/teilweise/vollständig beheizt)
- die Anbausituation (freistehend/1 Nachbargebäude/2 Nachbargebäude).

Die Abhängigkeit der unterschiedlichen Bauteilflächen von diesen Variablen wurde quantifiziert und die entsprechenden Parameter in einer Tabelle zusammengestellt. Die Variablen und die tabellierten Parameter stellen zusammen das Flächenschätzverfahren dar.

Sollen bei der Anwendung des Verfahrens für ein konkretes Gebäude die Bauteilflächen abgeschätzt werden, so müssen nur noch die genannten Variablen erhoben werden (siehe Fragebogen Abbildung 3-3). Die statistisch ermittelten Parameter und ihr funktionaler Zusammenhang mit den Variablen liefern dann die geschätzten Bauteilflächen. Beispielsweise lautet die Gleichung für die Ermittlung der Fassadenfläche pro Geschoss $A_{Fa}$:

$$A_{Fa} = p_{Fa} \cdot A_{W/G} + q_{Fa} \qquad [m^2]$$

mit:

$p_{Fa}$ Parameter „Fassadenfläche pro m² Geschosswohnfläche" [m²/m²]

- $p_{Fa}$ = 0,66 für kompakte Gebäude
- $p_{Fa}$ = 0,80 für gestreckte oder komplexe Gebäude (siehe Grundflächenskizze auf dem Fragebogen Abbildung 3-3)

$q_{Fa}$ Parameter „Zuschlagsfläche Fassade je Geschoss" [m²]

- $q_{Fa}$ = 50 m² für freistehende Gebäude
- $q_{Fa}$ = 30 m² für Gebäude mit einem angrenzenden Nachbargebäude
- $q_{Fa}$ = 10 m² für Gebäude mit zwei angrenzenden Nachbargebäuden

$A_{W/G}$ Wohnfläche pro Geschoss („Geschosswohnfläche") [m²]

Die Genauigkeit des Verfahrens wurde durch Anwendung auf die Gebäudedatenbank quantifiziert: Werden die Transmissionswärmeverluste auf der Basis der geschätzten Flächen bestimmt, so liegt die Standardabweichung bei etwa 15 % (bezogen auf die mit realen Flächen bestimmten Transmissionswärmeverluste, siehe Abbildung 3-2). Damit weist das Verfahren zwar eine gewisse Unschärfe auf – andererseits wird jedoch das Risiko von Fehlern bei der Flächenermittlung gegenüber der detaillierten Erhebung reduziert (Fehler beim Aufmaß, Doppeltrechnen oder Vergessen von Flächen). Dies wird in Abschnitt 4.2.2 näher diskutiert.

| | | Anzahl Gebäude-datensätze |
|---|---|---|
| Energiepass Region Hannover / proKlima | | 1854 |
| Energiesparaktion Hessen | FAS-Aktion | 813 |
| | Odenwald-Aktion | 723 |
| Energiepass Sachsen | Bereich Dresden | 906 |
| Mietspiegelerhebung Darmstadt | | 374 |
| weitere kleinere Datenbanken | | 881 |
| Gesamt | | 5551 |

**Tabelle 3-1: Im Rahmen des Projekts „Kurzverfahren Energieprofil" analysierte Gebäudedatenbanken**

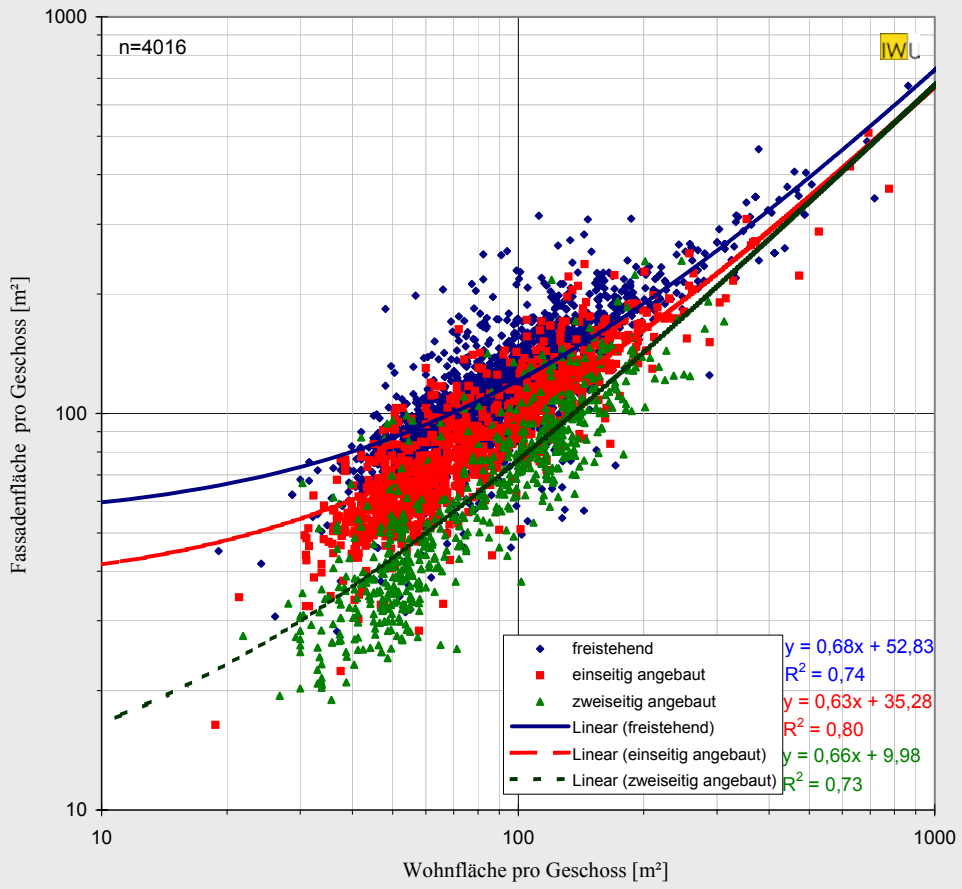



**Abbildung 3-1: Beispiel für die Analyse der Gebäudedatenbanken – Fassadenfläche pro Geschoss in Abhängigkeit von der beheizten Wohnfläche pro Geschoss – Differenziert nach Anbausituation**

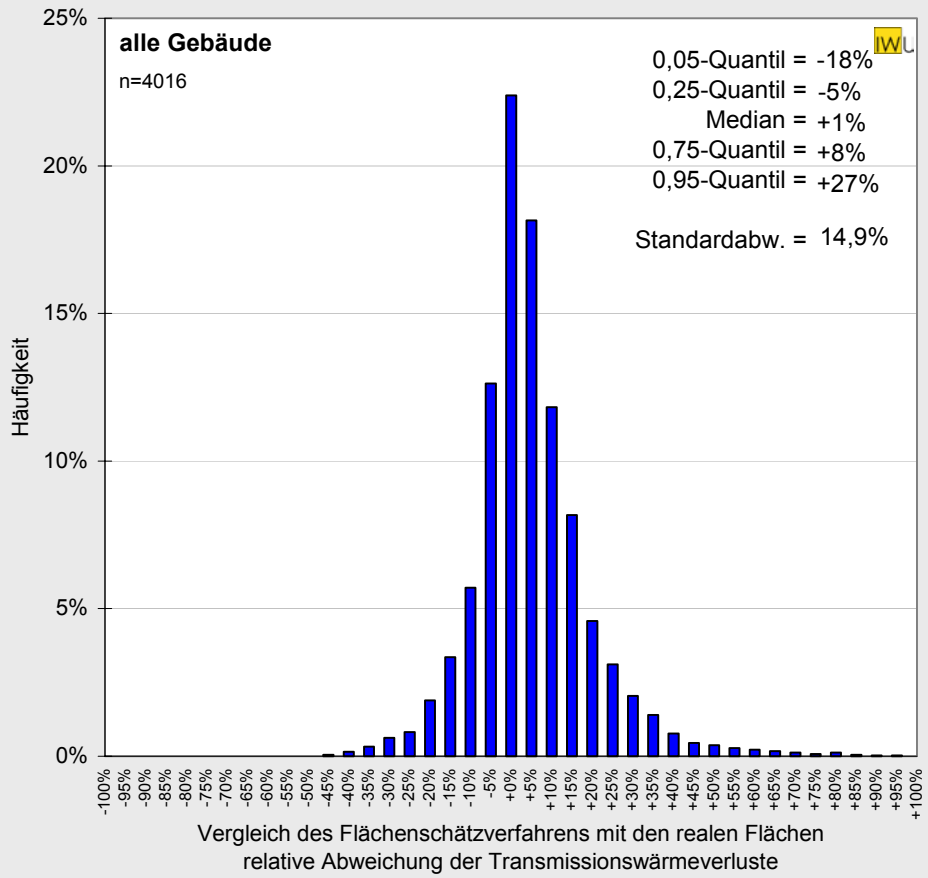



**Abbildung 3-2:Vergleich der Ergebnisse des Flächenschätzverfahrens mit den realen Flächen – Häufigkeiten der Abweichung des auf der Grundlage der jeweiligen Flächen bestimmten Transmissionswärmeverlusts für 4016 Gebäude**

### 3.1.3 Teil II – Bauteilkatalog / Pauschalwerte für die Wärmedurchgangskoeffizienten

Im Teil II des Projekts „Kurzverfahren Energieprofil“ wurde – ausgehend von verschiedenen Untersuchungen – ein Katalog erstellt, der entsprechende Pauschalwerte für die Wärmedurchgangskoeffizienten der Bauteile Außenwand, Kellerdecke, Dach und Fenster enthält (siehe Auszug in Tabelle 3-2). Die energetische Qualität der Bauteile hängt dabei ab vom jeweiligen Baualter der Bauweise und von gegebenenfalls nachträglich durchgeführten Maßnahmen.

| **Steildach** (beheizte Dachräume) | | | **Ur-zustand** | **zusätzliche Dämmung** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **2 cm** | **5 cm** | **8 cm** | **12 cm** | **16 cm** | **20 cm** | **30 cm** |
| **Bauart** | **typischer Erstellungs-zeitraum** | **typische Konstruktion** | **Pauschalwerte für den Wärmedurchgangskoeffizienten in W/(m²K)** | | | | | | | |
| | | | | Zwischensparrendämmung | | | | zusätzlich Aufsparrendämmu | | |
| **Putzträger, leeres Gefach** | **bis 1948** | Putz auf Schilfmatte oder Spalier-latten | 2,6 | 1,11 | 0,66 | 0,49 | 0,38 | 0,27 | 0,21 | 0,14 |
| **Lehmschlag** | **bis 1948** | Strohlehm-wickel zwischen den Sparren | 1,3 | 0,81 | 0,55 | 0,43 | 0,35 | 0,26 | 0,21 | 0,14 |
| **Holzfaserplatte, leeres Gefach** | **1919 bis 1968** | Holzfaser-platten 3,5 cm verputzt | 1,4 | 0,84 | 0,56 | 0,44 | 0,35 | 0,26 | 0,21 | 0,14 |
| **Ausmauerung mit z.B. Bims-vollsteinen** | **1949 bis 1978** | Sonderfall: Zwischen-sparren-dämmung nicht mögl. | 1,4 | 0,82 | 0,51 | 0,37 | 0,27 | 0,21 | 0,18 | 0,12 |
| **5 cm Dämmung** | **1958 bis 1978** | 5 cm Dämmung zwischen denn Sparren (wird entfernt) | 0,8 | 1,11 | 0,66 | 0,49 | 0,38 | 0,27 | 0,21 | 0,14 |
| **8 cm Dämmung** | **1968 bis 1983** | 8 cm Dämmung zwischen denn Sparren (wird entfernt) | 0,5 | 1,11 | 0,66 | 0,49 | 0,38 | 0,27 | 0,21 | 0,14 |
| **12 cm Dämmung** | **ab 1984** | 12 cm zwischen den Sparren (zusätzl. Aufsparren- | 0,4 | 0,33 | 0,27 | 0,22 | 0,18 | 0,15 | 0,13 | 0,10 |

**Tabelle 3-2: Auszug aus dem Bauteilkatalog**

### 3.1.4 Teil III – Komponentenkatalog Heizung und Warmwasser / Pauschalwerte für die Anlagentechnik

In Teil III des Projekts „Kurzverfahren Energieprofil“ wurde ein Komponentenkatalog für die Anlagentechnik entwickelt. Er orientiert sich am Schema der DIN V 4701-10 Anhang C. Für die relevanten Kenngrößen wurden jeweils Pauschalwerte für unterschiedliche Baualtersklassen und Gebäudegrößen bestimmt (siehe Auszug in Tabelle 3-3). Grundlage für die Berechnung dieser Pauschalwerte waren größtenteils Algorithmen und Kennwerte aus DIN V 4701-10 und DIN V 4701-12.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Pufferspeicher El.-Wärmep. / -Nachtsp. | bis 1994 | 5,2 | 5,2 | 0,0 | 0,0 |
| Pufferspeicher El.-Wärmep. / -Nachtsp. | ab 1995 | 4,0 | 4,0 | 0,0 | 0,0 |
| Pufferspeicher für Holzkessel | bis 1994 | 9,8 | 9,8 | 0,0 | 0,0 |
| Pufferspeicher für Holzkessel | ab 1995 | 6,4 | 6,4 | 0,0 | 0,0 |
| **Heizwärme Erzeugung** | | **Erzeuger-Aufwands-zahl $e_{H,g}$ [ - ]** | | **Hilfsenergie-bedarf $q_{H,g,HE}$ [kWh/(m²a)]** | |
| | | **Wohnungsanzahl** | | **Wohnungsanzal** | |
| Name | Baualtersklasse | 1 bis 2 | 3 und mehr | 1 bis 2 | 3 unc mehr |
| | Basiswert für $f_Ü$ | 2,0 | 2,0 | | |
| | Basiswert für $Q'_n$ | 24 | 500 | | |
| Konstanttemperatur-Kessel | bis 1986 | 1,33 | 1,21 | 1,9 | 0,4 |
| Konstanttemperatur-Kessel | 1987 bis 1994 | 1,29 | 1,18 | 1,9 | 0,4 |
| Konstanttemperatur-Kessel | ab 1995 | 1,26 | 1,14 | 1,9 | 0,4 |
| Niedertemperatur-Kessel | bis 1986 | 1,23 | 1,18 | 1,9 | 0,4 |
| Niedertemperatur-Kessel | 1987 bis 1994 | 1,18 | 1,12 | 1,9 | 0,4 |
| Niedertemperatur-Kessel | ab 1995 | 1,12 | 1,08 | 1,9 | 0,4 |
| Brennwert-Kessel | bis 1986 | 1,11 | 1,07 | 1,9 | 0,4 |
| Brennwert-Kessel | 1987 bis 1994 | 1,08 | 1,04 | 1,9 | 0,4 |
| Brennwert-Kessel | ab 1995 | 1,06 | 1,03 | 1,9 | 0,4 |
| Gas-Therme (Umlaufwasserheizer) | bis 1994 | 1,16 | 1,16 | 1,9 | 0,4 |
| Gas-Therme (Umlaufwasserheizer) | ab 1995 | 1,08 | 1,08 | 1,9 | 0,4 |
| Gas-Brennwert-Therme | bis 1994 | 1,07 | 1,07 | 1,9 | 0,4 |
| Gas-Brennwert-Therme | ab 1995 | 0,99 | 0,99 | 1,9 | 0,4 |
| Elektro-Wärmepumpe Erdreich oder Grundw. | bis 1994 | 0,32 | 0,32 | 1,1 | 0,8 |
| Elektro-WP Erdreich oder Grundw. mit Heizstab | bis 1994 | 0,36 | 0,36 | 1,1 | 0,8 |
| Elektro-Wärmepumpe Erdreich oder Grundw. | ab 1995 | 0,29 | 0,29 | 1,1 | 0,8 |

**Tabelle 3-3: Auszug aus dem Katalog für die Pauschalwerte Anlagentechnik**

### 3.1.5 Der Fragebogen

Für die Ermittlung der im „Kurzverfahren Energieprofil“ erforderlichen Eingabedaten reicht ein zwei Seiten umfassender Fragebogen aus, der im Rahmen des Projekts erarbeitet wurde (Abbildung 3-3).

An die Bewertung mit dem „Kurzverfahren Energieprofil“ kann auch eine grobe Energieberatung angeschlossen werden. Daher wird auch der gemessene Energieverbrauch für Heizung bzw. für Heizung und Warmwasser mit erhoben. Damit können für die Energieberatung die Randbedingungen der Berechnung so angepasst werden, dass der heutige Verbrauch durch die Berechnung abgebildet wird (für die Ermittlung der durch Maßnahmen erzielbaren Energieeinsparung, nicht jedoch für die Klassifizierung).

① Gebäude

| | |
|---|---|
| Hauptstraße (Straße) | 12 (Haus-Nr.) |
| 12345 (PLZ) | Musterstadt (Ort) |

② Eigentümer: Anton Jedermann

| | |
|---|---|
| Hauptstraße (Straße) | 12 (Haus-Nr.) |
| 12345 (PLZ) | Musterstadt (Ort) |

③ Anzahl Vollgeschosse: 4

Anzahl Wohnungen: 10

④ beheizte Wohnfläche: 1.000 m²

⑤ Baujahr: 1934

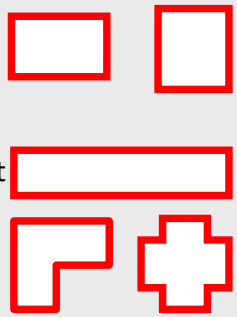
⑥ lichte Raumhöhe (ca.): 2,50

⑦ direkt angrenzende Nachbargebäude

- ○ keins (freistehend)
- ○ auf einer Seite
- ● auf zwei Seiten

⑧ Grundriss

- ● kompakt
- ○ langgestreckt oder gewinkelt oder komplex



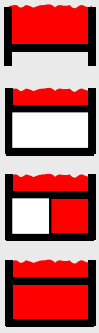
⑨ Dach

- ○ Flachdach oder flach geneigtes Dach
- ● Dachgeschoss unbeheizt
- ○ Dachgeschoss teilweise beheizt
- ○ Dachgeschoss voll beheizt

☐ Dachgauben oder andere Dachaufbauten vorhanden

⑩ Keller

- ○ nicht unterkellert
- ● Kellergeschoss unbeheizt
- ○ Kellergeschoss teilweise beheizt
- ○ Kellergeschoss voll beheizt



⑪ Konstruktionsart und nachträgliche Dämmung

| | Konstruktionsart massiv | Konstruktionsart Holz | nachträglich aufgebrachte Dämmung Dämmstärke | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Dach (wenn Dachgeschoss beheizt) | ☐ | ☐ | | cm | auf | % der Fläche |
| oberste Geschossdecke (wenn Dachgeschoss nicht beheizt) | ☐ | ✓ | 4 | cm | auf 100 | % der Fläche |
| Außenwände | ✓ | ☐ | | cm | auf | % der Fläche |
| Fußboden zum Keller oder Erdreich | ✓ | ☐ | | cm | auf | % der Fläche |

⑫ Fenster

Jahr des Fenstereinbaus (ca.): 1980

- ☐ Holzfenster, einfach verglast
- ☐ Holzfenster, zwei Scheiben (Isolierverglasung, Kastenfenster, Verbundfenster)
- ✓ Kunststofffenster, Isolierverglasung
- ☐ Alu- oder Stahlfenster, Isolierverglasung

Zentralheizung

- (●) Kessel oder Therme
  - Brennstoff
    - (●) Erdgas / Flüssiggas
    - ( ) Heizöl
    - ( ) Scheitholz / Pellets
  - Baujahr
    - ( ) bis 1986
    - (●) 1987-1994
    - ( ) ab 1995
  - bei Gas- oder Ölkessel
    - Kesseltemperatur ( ) konstant (●) gleitend
    - [ ] mit Brennwertnutzung
- ( ) Elektrospeicher / Elektro-Wärmepumpe
  - Wärmeerzeugung
    - ( ) nur El.-Wärmepumpe
    - ( ) El.-Wärmep. mit Heizstab
    - ( ) El.-Wärmep. + Kessel
    - ( ) nur Elektro-Heizstab
  - Wärmequelle El.-WP.
    - ( ) Außenluft
    - ( ) Erdreich/Grundw.
  - Baujahr El.-WP.
    - ( ) bis 1994 ( ) ab 1995
- ( ) Fern-/Nahwärme
  - Wärmeerzeugung
    - ( ) Kessel / Heizwerk
    - ( ) Heizkraftwerk / BHKW
    - [ ] Anteil Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung > 50%
- Wärmeverteilung
  - Baualter / Dämmstandard
    - ( ) 50er bis 70er Jahre
      - [✓] nachträgl. gedämmt
    - ( ) 80er und 90er Jahre
    - ( ) gedämmt nach EnEV

Wohnungsweise Beheizung

- ( ) Gas-Etagenheizung (Umlaufwasserheizer)
  - [ ] mit Brennwertnutzung
- Einbau
  - ( ) bis 1994 ( ) ab 1995

Raumweise Beheizung

- ( ) Einzelöfen
- ( ) Gasraumheizgeräte
- ( ) Elektroheizgeräte oder Elektro-Nachtspeicherheizung
- Brennstoff für Einzelöfen
  - ( ) Heizöl ( ) Kohle ( ) Holz

Warmwasserbereitung

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

Energieverbrauch gemäß letzter Abrechnung des Versorgers

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

**Abbildung 3-3: Fragebogen für das „Kurzverfahren Energieprofil“**

## 3.2 Eignung des Kurzverfahrens

Im Rahmen der Mietspiegelerstellung müssen die Primärenergiekennwerte für die Gebäude der Mietspiegelstichprobe ermittelt werden. Auf dieser Grundlage wird durch Anwendung der Übertragungsmatrix ein Status der wärmetechnische Beschaffenheit bestimmt. Die wärmetechnische Beschaffenheit ist keine kontinuierliche Größe mehr sondern quantifiziert die energetische Gebäudequalität nur noch in einer begrenzten Anzahl von Klassen (z. B. einfach – mittel – gut). Diese Klassen werden in die Mietspiegelanalyse als eine von vielen Variablen eingebracht und ihr Einfluss auf die Netto-Miete bestimmt. Dieses prinzipielle Vorgehen ist in Abbildung 3-4 dargestellt.

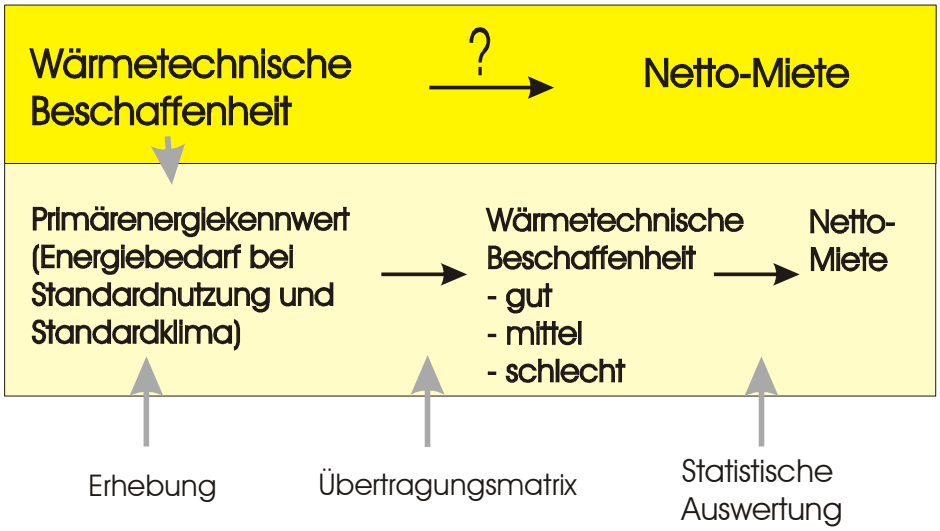



**Abbildung 3-4: prinzipielles Vorgehen bei der Integration der wärmetechnischen Beschaffenheit in die statistische Analyse bei der Mietspiegelerstellung**

Werden die Primärenergiekennwerte bei der Mietspiegelerstellung über das Kurzverfahren berechnet, ergeben sich aufgrund der getroffenen Vereinfachungen Abweichungen gegenüber exakten Berechnungen. Ziel dieses Abschnittes ist es zu untersuchen, ob die Unschärfen bei der energetischen Gebäudebewertung das Mietspiegelmodell erheblich verändern. Hierzu werden im Folgenden

1. die Unschärfen bei den Primärenergiekennwerten bestimmt
2. die sich hieraus ergebenen Unterschiede bei der Zuweisung der Klassen für die wärmtechnische Beschaffenheit dargestellt und
3. untersucht, ob diese Abweichungen einen nennenswerten Einfluss auf das Ergebnis der Regressionsanalyse und damit das Mietspiegelmodell haben.

### 3.2.1 Unschärfen im Primärenergiekennwert durch die Flächenschätzung

Um die Abweichungen, die sich aus der vereinfachten Datenerhebung ergeben, im Primärenergiekennwert angeben zu können, muss ein Referenzverfahren definiert werden. Wünschenswert wäre es, als Referenzverfahren das zukünftig in der EnEV 2006 definierte Verfahren zur energetischen Bewertung von bestehenden Wohngebäuden heranzuziehen. Aufgrund der Verzögerungen, die sich im Rahmen der politischen und fachlichen Umsetzung der EnEV 2006 ergeben haben, ist dieses Verfahren derzeit (Oktober 2005) noch nicht bekannt.

Es wird jedoch erwartet, dass auch in dem Verfahren der EnEV 2006 zur energetischen Bewertung von bestehenden Wohngebäuden Vereinfachungen zugelassen werden. Diese werden nach derzeitigem Kenntnisstand bei der Ermittlung der U-Werte der Gebäudehülle und bei der Bewertung der Anlagentechnik zumindest prinzipiell den Vereinfachungen des Kurzverfahrens KVEP entsprechen.

Unterschiede ergeben sich bei der Ermittlung der Gebäudehülle.

- So muss für das EnEV 2006 Verfahren die Hüllfläche vermutlich aus Plänen oder einem Aufmaß ermittelt werden, wobei gewisse Vereinfachungen zulässig seine werden.
- Im Kurzverfahren werden die Teilflächen der Gebäudehülle mit den in Abschnitt 3.1 beschriebenen statistisch abgeleiteten Schätzfunktionen ermittelt. Dieses Verfahren wird im Weiteren als Flächenschätzverfahren bezeichnet.

Es ist somit zu erwarten, dass die Unschärfen des KVEP gegenüber EnEV 2006 lediglich aus dem Flächenschätzverfahren erwachsen.

Im Folgenden werden die Abweichungen im Primärenergiekennwert $\Delta Q_{h,P}$ durch die Flächenschätzung am Beispiel der Gebäude der Mietspiegelstichprobe Darmstadt 2003 quantifiziert. Für diese Gebäude wurde die Gebäudehülle individuell ermittelt. Die Flächen sind genauso wie weitere Eingabedaten und Berechnungsergebnisse in einer Datenbank abgespeichert (siehe Abschnitt 2.1). Unter Verwendung der Angaben aus der Datenbank wird für die vorliegenden Gebäude die Gebäudehüllfläche mit dem Flächenschätzverfahren ermittelt.

Auf dieser Grundlage werden für jedes Gebäude zwei Werte für die Transmissionsverluste bestimmt:

1. individuell ermittelte Flächen $Q_{T,A(individuell)}$
2. nach KVEP geschätzten Flächen $Q_{T,A(geschätzt)}$.

Die U-Werte der Außenbauteile sind dabei in beiden Fällen identisch. Die Differenz der Transmissionsverluste ergibt sich zu

**Gl. 3-1** $$\Delta Q_{h,T} = Q_{h,T,A(geschäzt)} - Q_{h,T,A(individuell)}$$

mit

| | |
|---|---|
| $\Delta Q_{h,T}$ | Abweichung in den Transmissionswärmeverlusten aufgrund der Flächenschätzung |

Die Differenzen im Primärenergiekennwert werden vereinfacht nach folgender Gleichung ermittelt.

**Gl. 3-2** $$\Delta Q_{h,P} = \Delta Q_{h,Trams} \cdot \overline{e}_{a,h} \cdot \overline{p}_h$$

mit

| | |
|---|---|
| $\Delta Q_{h,P}$ | Differenz im Primärenergiekennwert aufgrund der Flächenschätzung |
| $\overline{e}_{a,h}$ | Mittlere Endenergie-Aufwandszahl der Heizsysteme (Mittelung entsprechend dem Anteil am Heizwärmebedarf) |
| $\overline{p}_h$ | Mittlerer Primärenergiefaktor der eingesetzten Energieträger (Mittelung entsprechend dem Anteil am Endenergiebedarf) |

Unterschiede in den solaren Einträgen werden an dieser Stelle vernachlässigt. Sie würden zu einer Verringerung der Differenz $\Delta Q_{h,P}$ führen.

Die mit den geschätzten Flächen ermittelten Primärenergiekennwerte werden bestimmt, indem je Gebäude die Abweichung $\Delta Q_{h,P}$ zu dem Primärenergiekennwert addiert wird, der sich aus der Berechnung mit einer individuellen Ermittlung der Hüllfläche ergibt.

**Gl. 3-3** $$Q_{h+w,P,A(geschätzt)} = Q_{h+w,P,A(individuell)} + \Delta Q_{h,P}$$

mit

| | |
|---|---|
| $\Delta Q_{h,P}$ | Differenz im Primärenergiekennwert aufgrund der Flächenschätzung |
| $Q_{h+w,P,A(individuell)}$ | Primärenergiekennwert für Heizung und Warmwasser mit individueller Flächenermittlung |
| $Q_{h+w,P,A(geschätzt)}$ | Primärenergiekennwert für Heizung und Warmwasser bei Anwendung des Flächenschätzverfahrens |

Zur Ergebnisdarstellung wird der Quotient aus beiden Kennwerten bestimmt.

**Gl. 3-4** $$f_S = \frac{Q_{h+w,P,A(geschätzt)}}{Q_{h+w,P,A(individuell)}}$$

Für 380 Gebäude Mietspiegelstichprobe Darmstadt 2003 konnte das Flächenschätzverfahren angewendet und die Abweichungen im Primärenergiekennwert ermittelt werden. In

Abbildung 3-5 sind die Primärenergiekennwerte mit geschätzten und individuell ermittelten Flächen gegeneinander aufgetragen. Zur Orientierung sind die Linien eingezeichnet, die einer 10 %igen Abweichung nach oben und unten entsprechen.

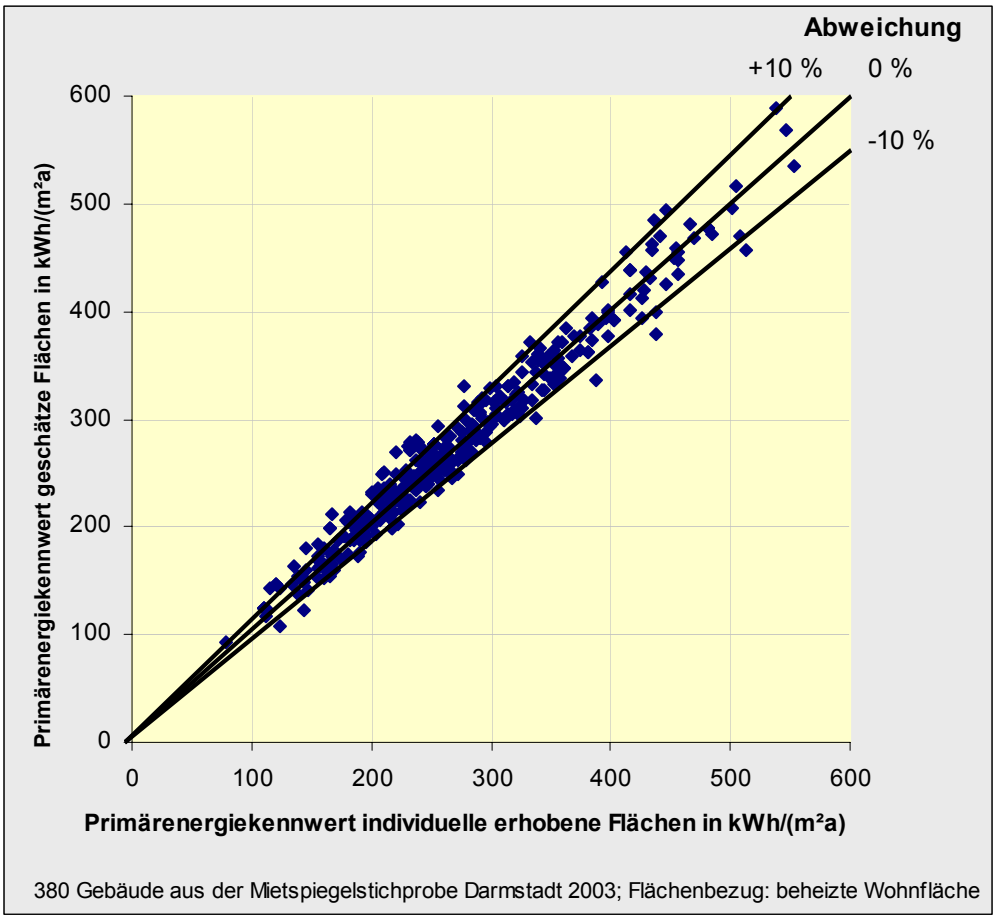



**Abbildung 3-5: Vergleich der Primärenergiekennwerte mit geschätzten und individuell ermittelten Flächen**

Insgesamt ergeben sich folgende statistischen Kenngrößen für den Quotienten $f_S$ aus Gl. 3-4.

| | | Anzahl | Mittel-wert | Standard-abweich. | 5% Quantil | 25% Quantil | Median | 75% Quantil | 95% Quantil |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | alle Gebäude | 380 | 1,03 | 7% | 0,93 | 0,98 | 1,02 | 1,07 | 1,17 |
| Gebäu-detyp | Mehrfamilienhäuser | 338 | 1,03 | 7% | 0,94 | 0,98 | 1,02 | 1,07 | 1,18 |
| | Ein- und Zweifamilienh. | 42 | 1,02 | 6% | 0,92 | 0,98 | 1,02 | 1,06 | 1,10 |
| Baualtersklasse | bis 1918 | 43 | 1,06 | 7% | 0,95 | 0,99 | 1,05 | 1,10 | 1,19 |
| | 1919 bis 1948 | 42 | 1,00 | 4% | 0,91 | 0,99 | 1,01 | 1,02 | 1,06 |
| | 1949 bis 1957 | 135 | 1,02 | 7% | 0,92 | 0,97 | 1,01 | 1,07 | 1,17 |
| | 1958 bis 1968 | 82 | 1,04 | 6% | 0,95 | 1,00 | 1,03 | 1,07 | 1,17 |
| | 1969 bis 1978 | 46 | 1,04 | 7% | 0,95 | 1,01 | 1,03 | 1,07 | 1,16 |
| | ab 1979 | 32 | 1,03 | 9% | 0,91 | 0,97 | 1,02 | 1,11 | 1,20 |

**Tabelle 3-4: statistische Kenngrößen der Verteilung des Quotienten** $f_s$

Die Mittelwertverschiebung von 3 % zeigt, dass bei der vorliegenden Gebäudestichprobe mit dem Flächenschätzverfahren im Mittel etwas höhere Kennwerte berechnet werden als bei Verwendung individuell erhobenen Flächen. Die Standardabweichung liegt für alle Gebäude bei einem geringen Wert von 7 %. Die Quantile zeigen, dass die größeren Abweichungen in Richtung höherer Primärenergiekennwerte auftreten.

Die Differenzierung zwischen Ein- und Mehrfamilienhäusern zeigt ein ähnliches Bild für beide Untergruppen. Lediglich das 95 %-Quantil liegt bei den Einfamilienhäusern etwas niedriger.

Wird nach Baualtersklassen differenziert, ergeben sich auch ähnliche Zusammenhänge in den Unterklassen. Lediglich die Baualtersklasse 1919 bis 1948 weicht etwas vom typischen Verlauf ab. Hier fällt die Überschätzung des Primärenergiekennwertes durch das Flächenschätzverfahren etwas geringer aus. Aufgrund der geringen Fallzahlen je Untergruppe sollen die Differenzen jedoch nicht weiter interpretiert werden.

Insgesamt sind die Unschärfen, die durch die Flächenschätzung beim Primärenergiekennwerte hervorgerufen werden, mit einer Standardabweichung von 7 % gering. Zudem führt die Verwendung des Flächenschätzverfahrens im Mittel zu etwas höheren Kennwerten und damit zu leicht konservativen Ergebnissen.

### 3.2.2 Unterschiede in der Bewertung der wärmetechnischen Beschaffenheit

Im Mietspiegel wird nicht die Primärenergie sondern die wärmetechnische Beschaffenheit als Variable verwendet. Die wärmetechnische Beschaffenheit ist keine kontinuierliche Größe sondern weist diskrete Klassen auf. Die Einordnung der Gebäude in die Klassen geschieht über den Primärenergiekennwert. Die Klassengrenzen sind in der Übertragungsmatrix definiert.

Im Rahmen der Mietspiegelerstellung in Darmstadt wurden mehrere Ausprägungen der Übertragungsmatrix untersucht. Tabelle 2-5 zeigt die differenzierte Form, Tabelle 2-6 die einfache Form der Übertragungsmatrix. Voruntersuchungen zeigten, dass ein signifikanter Zusammenhang zwischen wärmetechnischer Beschaffenheit und Netto-Miete bei der Mietspiegelerstellung Darmstadt 2003 nur bei Anwendung der einfachen Übertragungsmatrix aus Tabelle 2-6 bestand. Entsprechend wurde diese Form der Übertragungsmatrix in dem ausführlichen Mietspiegelmodell verwendet.

Da in der Zukunft eine Ausdifferenzierung des Marktes durchaus vorstellbar ist, müssen bei der zukünftigen Mietspiegelerstellung jedoch neben der einfachen auch die differenzierte Form der Übertragungsmatrix aus Tabelle 2-5 untersucht werden. Das Kurzverfahren muss also sowohl für die Anwendung der einfachen wie der differenzierten Übertragungsmatrix geeignet sein.

Um zu bewerten, welche Auswirkungen die Anwendung des Flächenschätzverfahrens auf die Zuweisung der wärmetechnischen Beschaffenheit hat, wird diese Einordnung für jedes Gebäude auf Grundlage

- des Primärenergiekennwertes mit individueller Flächenermittlung und
- des Primärenergiekennwertes mit Flächenschätzverfahren

vorgenommen.

Es wird untersucht, in wie vielen Fällen sich die Einordnung um eine oder um zwei Klassen verschiebt, wenn die mit dem Flächenschätzverfahren ermittelten Primärenergiekennwerte verwendet werden.

Durchgeführt wird die Analyse an den Gebäuden der Mietspiegelstichprobe Darmstadt 2003. Bei etwa 40 Gebäuden konnte aufgrund fehlender Angaben in der Datenbank das Flächenschätzverfahren nicht angewendet werden. In diesen Fällen wird eine mittlere Abweichung angenommen, wie sie sich aus der Analyse für die anderen 380 Gebäude ergab. 50 % aller Gebäude liegen bei der Gausverteilung nach [Clauß 1977] in einem Intervall, dessen Intervallgrenzen etwa 70 % der Standardabweichung entsprechen.

Tabelle 3-5 zeigt die Unterschiede bei der Zuweisung der wärmetechnischen Beschaffenheit bei Anwendung der einfachen (drei Klassen) und der differenzierten Form (10 Klassen) der Übertragungsmatrix.

| | Einfache Übertragungsmatrix (drei Klassen, Tabelle 2-6) | Differenzierte Übertragungsmatrix (10 Klassen, Tabelle 2-5) |
|---|---|---|
| Verschiebung um eine Klasse | 32 Stück<br>(8 %) | 38<br>(9 %) |
| Verschiebung um zwei Klassen | 0 | 0 |

**Tabelle 3-5: Änderungen bei der Zuweisung der wärmetechnischen Beschaffenheit bei Anwendung der mit dem Flächenschätzverfahren ermittelten Primärenergiekennwerte (betrachtet: 420 Gebäude)**

Von den 420 Gebäuden werden bei Anwendung der einfachen Übertragungsmatrix 32 Gebäude in eine andere Klasse der wärmetechnischen Beschaffenheit eingeordnet. Dies entspricht 8 % der Gebäude. Die Anwendung der differenzierten Form der Übertragungsmatrix führt bei 38 Gebäuden zu einer anderen Einordnung, was 9 % der Gebäude entspricht.

### 3.2.3 Mietspiegelerstellung

Das Kurzverfahren ist für die Gebäudebewertung bei der Mietspiegelerstellung geeignet, wenn die Unterschiede bei der Zuweisung der wärmetechnischen Beschaffenheit nicht zu einer entscheidenden Änderung des Ergebnisses der statistischen Analyse und damit des Mietspiegelmodells führen.

Dies wird für das Mietspiegelmodell Darmstadt 2003 untersucht. Das Modell ist in [Knissel/Alles 2003] und [Alles/Knissel 2006] dokumentiert.

Um die Auswirkungen auf das Mietspiegelmodell zu untersuchen, wird eine erneute statistische Analyse mit den Werten der wärmetechnischen Beschaffenheit durchgeführt, wie sie sich für das Flächenschätzverfahren ergeben. Das sich ergebende Mietspiegelmodell (Einfluss der Variablen auf die Netto-Miete, Signifikanzen) wird mit der ursprünglichen Variante verglichen (Primärenergiekennwerte mit individuellen Flächenermittlung) und die Differenzen analysiert.

Es zeigt sich, dass sowohl die Bewertung des Einflusses der wärmetechnischen Beschaffenheit als auch der Einfluss der anderen Mietpreisdeterminanten sich nur gering ändern. Lediglich bei dem Lagemerkmal „Industriegebiet/Gewerbegebiet“ erhöht sich der Abschlag merklich um 17%. Diese Gruppe ist aber nur mit wenigen Fällen besetzt. Deswegen wirken sich Änderungen bei der wärmetechnischen Beschaffenheit in dieser Klasse besonders aus.

Insgesamt führt die Verwendung der mit dem Flächenschätzverfahren ermittelten Primärenergiekennwerte zu keiner wesentlichen Änderung des Mietspiegelmodells, so dass deren Verwendung an dieser Stelle als unkritisch und damit zulässig zu bezeichnen ist.

### 3.2.4 Mietspiegelanwendung

Möchte ein Vermieter den Zuschlag für eine gute wärmetechnische Beschaffenheit geltend machen, muss er den Primärenergiekennwert für sein Gebäude bestimmen und die entsprechende Klasse der wärmetechnischen Beschaffenheit nachweisen. Auch hier ist es natürlich wünschenswert, den Zeitvorteil des Flächenschätzverfahrens zu nutzen.

Während bei der Mietspiegelerstellung aufgrund der großen Anzahl von Gebäuden die mittleren Abweichungen entscheidend sind, können bei der Bewertung eines einzelnen Gebäudes auch die maximalen Abweichungen bedeutsam werden.

Die Aussagekraft des mit dem Flächenschätzverfahren ermittelten Primärenergiekennwertes in Bezug auf die wärmetechnische Beschaffenheit kann nur über eine Wahrscheinlichkeit ausgedrückt werden. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Bewertung über KVEP zutrifft, steigt, je weiter der Primärenergiekennwert eines Gebäudes von dem Grenzwert entfernt liegt.

In Abbildung 3-6 ist der Verlauf der Wahrscheinlichkeit dargestellt, wie er sich aus der Auswertung der Gebäude der Mietspiegelstichprobe ergibt. Verwendet für die Darstellung wird der Verlauf der Quantile aus Tabelle 3-4 für die Variante „alle Gebäude“. Je weiter der unter Verwendung des Flächenschätzverfahrens ermittelte Primärenergiekennwert für Heizung, Warmwasser und Hilfsenergie von einem Grenzwert entfernt liegt, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Grenzwertunter- bzw. –überschreitung auch durch den mit individuell ermittelten Flächen berechneten Primärenergiekennwert festgestellt wird.

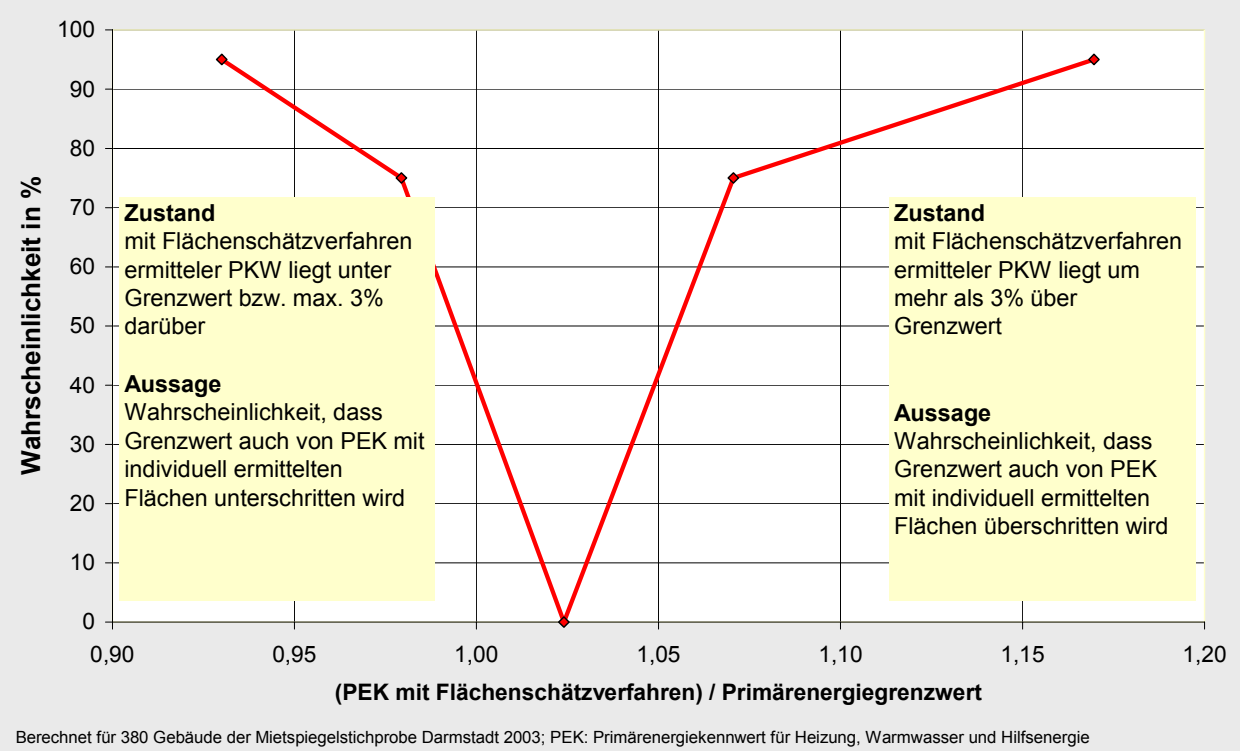



**Abbildung 3-6: Wahrscheinlichkeit mit der die Bewertung einer Grenzwertüber- bzw. –unterschreitung durch den Primärenergiekennwert mit Flächenschätzverfahren zutrifft**

Ist die Wahrscheinlichkeit für die jeweilige Situation nicht ausreichend, muss eine individuelle Flächenermittlung erfolgen und auf dieser Grundlage der Primärenergiekennwert ermittelt werden. Dieser erlaubt dann die exakte Bewertung der Grenzwertüber- bzw. –unterschreitung.

Die hier gemachten Aussagen beziehen nur die Unschärfen des Flächenschätzverfahrens ein. Sie gelten entsprechend in Bezug auf das zukünftigen Verfahren der EnEV 2006, sofern dies wie oben beschrieben umgesetzt wird.

Die hier gemachten Aussagen gelten **nicht** für die Anwendung im Rahmen des Mietspiegels Darmstadt 2003. Da die bei der Mietspiegelerstellung im Jahr 2003 angewandte Berechnung keine Vereinfachungen bei U-Werten und Anlagentechnik beinhaltete, ergeben sich hierdurch zusätzliche Abweichungen gegenüber dem Kurzverfahren KVEP. Hinweise zur gesamten Unschärfe durch alle drei Vereinfachungen werden in Abschnitt 4.2.1 gegeben.

## 3.3 Automatisches Einlesen und Berechnen

In Abschnitt 3.2.3 wurde gezeigt, dass das Kurzverfahren mit ausreichender Genauigkeit für die Bewertung der wärmetechnischen Beschaffenheit bei der Mietspiegelerstellung verwendet werden kann. Die Datenerhebung erfolgt dabei über einen Fragebogen.

Um den Zeitaufwand bei der Mietspiegelerstellung zu reduzieren, wird ein Verfahren entwickelt, mit dem die Fragebögen automatisch eingelesen und die Primärenergiekennwerte zu berechnet werden können.. Erforderlich hierzu sind folgende Arbeitsschritte

- das Erstellen von Fragebögen, die automatisch gelesen werden können
- der Aufbau einer zentralen Datenbank, in der Eingabe- und Ergebnisdaten verwaltet werden
- die Entwicklung eines Rechenkerns, in dem der Gebäudedatensatz für die Berechnung aus den Fragebogendaten erzeugt sowie Plausibilitätsprüfungen und Berechnung durchgeführt werden.

Diese Punkte werden näher erläutert.

### 3.3.1 Prinzipielles Vorgehen

Ein mögliches Vorgehen bei der Umsetzung des automatischen Einlesens von Fragebögen und Berechnens der Primärenergiekennwerte bei der zukünftigen Mietspiegelerstellung ist in Abbildung 3-7 dargestellt und wird im Folgenden erläutert.

Zunächst werden die Gebäudeeigentümer angeschrieben und gebeten, den mitgeschickten Fragebogen zu ihrem Gebäude auszufüllen und zurückzusenden. Der Fragebogen ist mit einem speziellen Programm zum automatisches Einlesen und Texterkennung erstellt. Im vorliegenden Fall wurde das Programm Teleform Version 7.0 verwendet.

Die ausgefüllten Fragebögen werden eingescannt und über die Texterkennungssoftware die manuellen Einträge im Fragebogen identifiziert.

An dieser Stelle werden bereits die ersten Korrekturen vorgenommen. Kann das Programm ein Zeichen (Buchstabe, Zahl, Kreuz) nicht eindeutig identifizieren, wird ein Vorschlag gemacht, den der Bearbeiter akzeptieren oder korrigieren kann.

Sind für Variablen mehrere Angaben eingetragen (d. h. über bestimmte Variable: z. B. zwei Angaben für den Wärmeerzeuger), muss der Bearbeiter die sinnvolle Variante auswählen, oder den Fragebogen als fehlerhaft verwerfen.

Ist der Einlesevorgang abgeschlossen, werden die Fragebogendaten von Teleform in eine Excel-Datenbank für die Rohdaten abgespeichert. Von hier aus werden sie in die zentrale Excel-

Datenbank eingelesen. Danach kann hier eine automatische Plausibilitätsprüfung durchgeführt werden.

Sind die Datensätze vollständig und geprüft, wird von der zentralen Datenbank aus die Berechnung gestartet. Die Fragebogendaten werden in eine Excel-Umsetzung des Kurzverfahrens KVEP exportiert und der erforderliche Gebäudedatensatz generiert. Auf Grundlage dieses Gebäudedatensatzes werden die Primärenergiekennwerte berechnet.

Der Gebäudedatensatz und die Ergebnisse (inklusive wichtiger Zwischenergebnisse) werden in die zentrale Excel-Datenbank zurückgeschrieben. Der über das Kurzverfahren erstellte Gebäudedatensatz steht damit auch für andere Rechenverfahren zur Verfügung

Damit beinhaltet die zentrale Datenbank folgende Daten je Gebäude:

- den Fragebogendatensatz
- den (aus dem Fragebogendatensatz mit KVEP generierten) Gebäudedatensatz
- die Berechnungsergebnisse (inklusive Zwischenergebnisse).

Als Ergebnisse der Berechnung liegen u. a. die Primärenergiekennwerte vor, die für die Klassifizierung der wärmetechnischen Beschaffenheit erforderlich sind. Damit ist die energetische Bewertung der Gebäude der Mietspiegelstichprobe abgeschlossen.

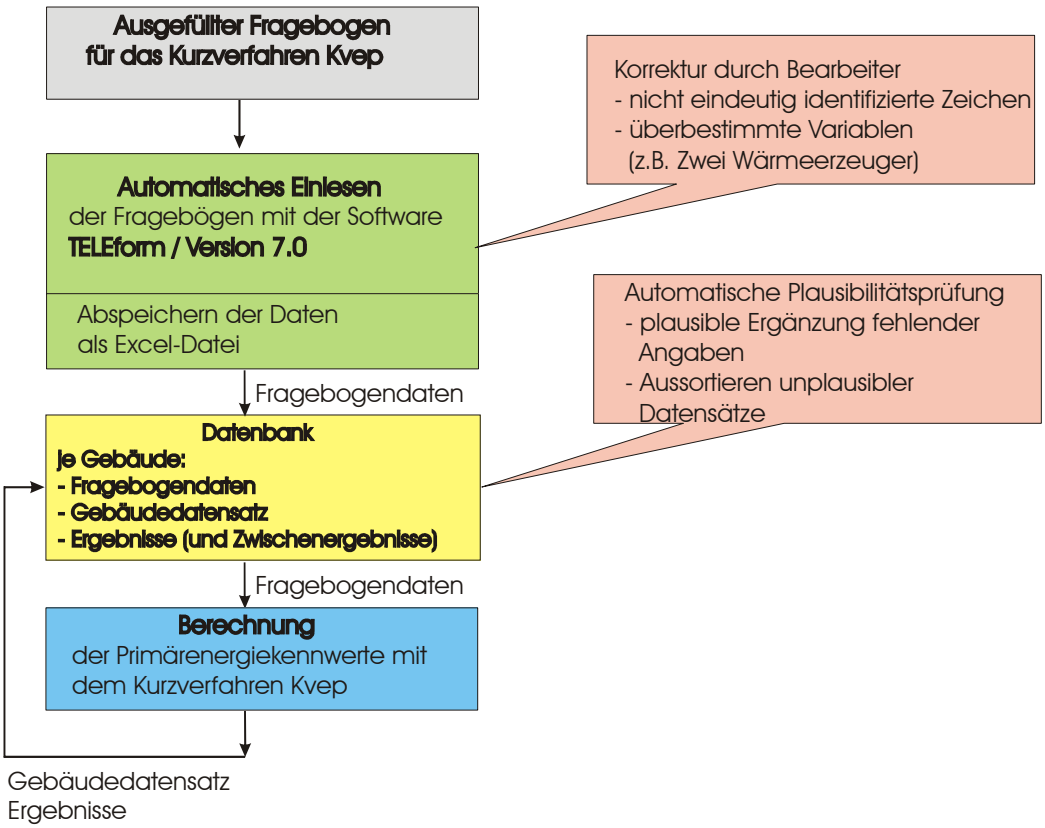



**Abbildung 3-7: Prinzipielles Vorgehen beim automatischen Einlesen und Berechnen**

### 3.3.2 Fragenbogen

Um die manuell ausgefüllten Fragebögen automatisch möglichst fehlerfrei einlesen zu können, werden diese mit dem Softwareprogramm erstellt, mit dem auch die Daten eingelesen und identifiziert werden sollen. Anhand eines damit erstellten Fragebogenformulars erkennt das Texterkennungsprogramm, an welcher Stelle des Blattes ein Zeichen und welches Zeichen (Text, Zahl, Kreuz, ...) in welche Variable eingelesen werden soll. Das automatische Einlesen wurde im vorliegenden Fall mit der Software TELEform (Version 7.0) realisiert.

Der in Abbildung 3-3 dargestellte Fragebogen des KVEP wurde entsprechend mit TELEform neu erstellt. Im Rahmen des in Abschnitt 4 beschriebenen Anwendungstests wurde dieser neue Fragebogen in Bezug auf Eindeutigkeit und Verständlichkeit hin optimiert. Zudem wurden die Erläuterungen zu den Fragen verbessert. Es wurden für den Anwendungstest Fragen zur Höhe des gemessenen Heizenergieverbrauchs und zum Zeitaufwand für das Ausfüllen des Fragebogens ergänzt.

Der Fragebogen sowie die Erläuterungen sind in Anhang 1 dokumentiert.

### 3.3.3 Zentrale Datenbank

In der zentralen Datenbank sind folgende Daten abgelegt:

- Fragebogendatensatz
- aus den Fragebogendaten erzeugter Gebäudedatensatz für die Berechnung
- die Berechnungsergebnisse mit wichtigen Zwischenergebnissen

Um die Bearbeitung der Daten zu erleichtern, wurde ein Datenbankmanager erstellt (siehe Abbildung 3-8).

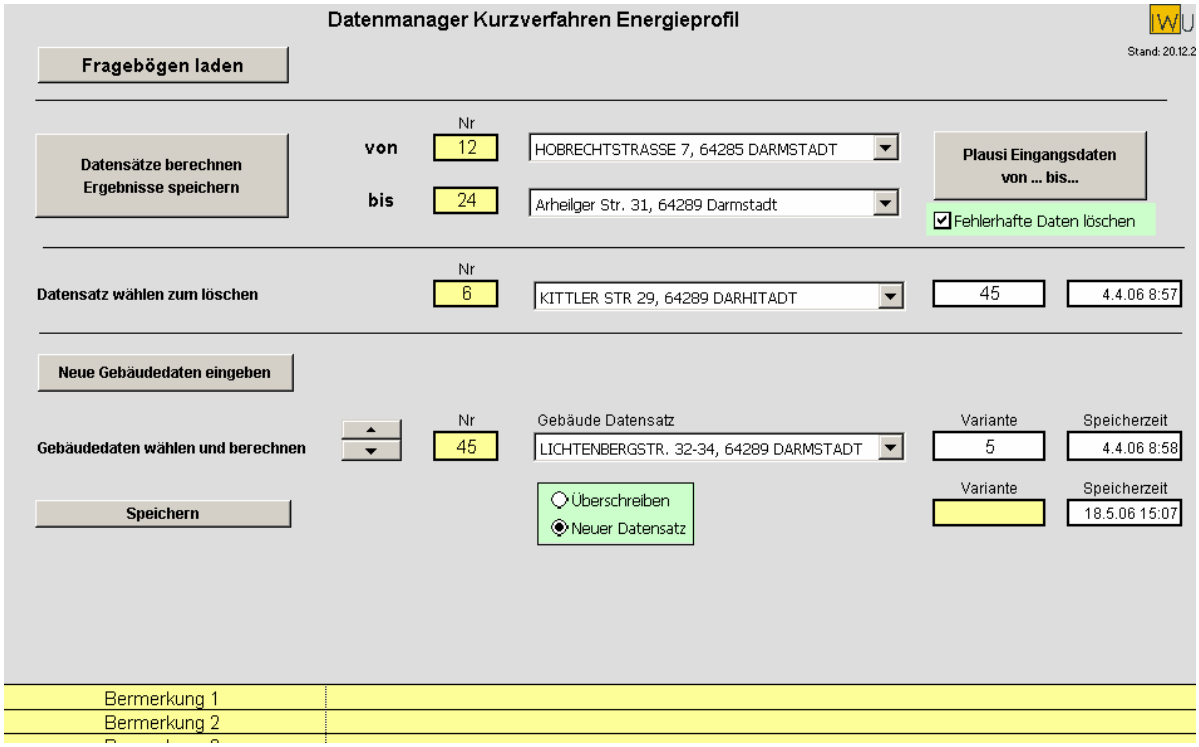



**Abbildung 3-8: Oberfläche zum Bearbeiten der Daten in der zentralen Datenbank**

Der Datenbankmanager ermöglicht folgende Funktionen:

- Laden der Daten aus der durch das Einleseprogramm von TELEform erzeugten Excel-Datei
- Eingeben von Datensätzen über eine Eingabemaske bzw. Ändern von Datensätzen
- Durchführen einer Plausibilitätsprüfung für ausgewählte Datensätze.
- Berechnen von ausgewählten Datensätzen mit dem Kurzverfahren KVEP
- Löschen von Datensätzen
- Ändern von bestehenden Datensätzen
- Eintragen von Bemerkungen zu dem jeweils aktuellen Datensatz.

Bei der Plausibilitätsprüfung werden fehlende Daten, soweit möglich, sinnvoll ergänzt. Jede Ergänzung wird mit einer Warnung in dem Datensatz dokumentiert. Lücken, die nicht ergänzt werden können, erzeugen eine Fehlermeldung im Datensatz. Zudem werden bestimmte Aussagen auf ihre Vereinbarkeit überprüft. Widersprüchlichkeiten werden mit einer Warnung dokumentiert. Es sind nur eine begrenzte Anzahl von Warnungen je Datensatz zulässig. Bei Überschreiten dieser Anzahl wird der Datensatz als unplausibel angesehen und optional zusammen mit den Datensätzen, die eine Fehlermeldung enthalten, in ein gesondertes Datenblatt mit fehlerhaften Datensätzen verschoben.

Als fehlerhaft und unplausibel werden Datensätze gewertet, wenn

- eine sinnvolle Ergänzung von fehlenden Eingaben nicht möglich ist
- der plausible Wertebereich von Zahlenwerten überschritten wird
- nicht auflösbare Widersprüche zwischen Aussagen erkannt werden.

In diesen Fällen wird der Datensatz bei Wahl der entsprechenden Option in das Datenblatt für fehlerhafte Datensätze verschoben. Er kann bei Bedarf nachbearbeitet werden.

### 3.3.4 Berechnung der Energiekennwerte

Die Berechnung der Primärenergiekennwerte erfolgt mit dem in Abschnitt 3.1 dargestellten Verfahren. Für den Anwendungstest (siehe Abschnitt 4) und die zukünftige Anwendung im Rahmen des ökologischen Mietspiegels Darmstadt wurden die Berechnungsrandbedingungen des ökologischen Mietspiegels Darmstadt 2003 im Kurzverfahren als Berechnungsmodus umgesetzt.

Die Energiekennwerte können je nach Anwendungsfall bezogen auf die beheizte Wohnfläche oder die Gebäudenutzfläche $A_N$ angegeben werden.

### 3.3.5 Erste Erfahrungen aus dem Anwendungstest

Im Rahmen des in Abschnitt 4 beschriebenen Anwendungstests konnten der Fragebogen verbessert sowie erste Erfahrungen mit dem automatischen Einlesen der Fragebögen und Berechnen der Energiekennwerte gemacht werden.

In Bezug auf das automatische Einlesen der Fragebögen ergab der Anwendungstest folgende Ergebnisse.

- Das automatische Einlesen ist prinzipiell möglich. Trotz der bei vielen Bögen beim Einlesen erforderlichen vom Einleseprogramm angeforderten Überprüfungen und dabei notwendigen Korrekturen wird der Zeitaufwand für die Bearbeitung verringert.
- Bei der Identifizierung der Eintragungen wurden Kreuze in der Regel richtig erkannt. Zahlen waren oft schwierig zu interpretieren, so dass das Programm zur Sicherheit häufiger nachfragte. Vereinzelt wurden allerdings Zahlen auch falsch interpretiert und ohne Nachfrage falsch abgespeichert. Handschriftlicher Text konnte von dem Programm in der Regel nicht befriedigend identifiziert werden.

Verbessert werden kann die korrekte Identifizierung von Zeichen nach Aussagen der Hersteller durch die Verwendung der neusten Softwareversion von TELEform. Zudem werden bei der Mietspiegelerstellung aufgrund des Datenschutzes die Fragebögen über eine fortlaufende Fragebogen-Nummer identifiziert. Das Einlesen von Textfeldern (Namen und Adressen) ist somit nicht erforderlich.

Handschriftliche Eingaben von Zahlen sollten soweit irgend möglich durch das Ankreuzen vorgegebener Auswahlfelder ersetzt werden.

Insgesamt ist damit das automatische Einlesen und Berechnen bei zukünftigen Mietspiegelerstellungen eine interessante Möglichkeit, den Zeitaufwand für die energetische Bewertung der Gebäude der Mietspiegelstichprobe zu reduzieren.

## 3.4 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des Projekts „Kurzverfahren Energieprofil“ wurde ein vereinfachtes Verfahren zur Erstellung von Energiepässen für Bestandswohngebäude entwickelt [Loga 2005]. Die Vereinfachungen betreffen drei Bereiche der Datenaufnahme:

1. Durch statistische Analyse einer Gebäudestichprobe von mehr als 4000 Wohngebäuden wurde ein Verfahren zur Abschätzung der Bauteilflächen (Außenwand, Fenster, Dach, etc.) entwickelt („Flächenschätzverfahren“).
2. Es wurde eine Tabelle mit pauschalen U-Werten erstellt, die – ausgehend von Baualter, Bauweise und nachträglich durchgeführten Maßnahmen – eine grobe Bewertung der Qualität der thermischen Hülle von Bestandsgebäuden erlaubt.
3. Es wurden Pauschalwerte für eine grobe Bewertung der Anlagen zur Raumheizung und Warmwasserbereitung von Bestands-Wohngebäuden abgeleitet. Diese basieren auf den vorliegenden Normen zur Anlagentechnik sowie ergänzenden Quellen. Sie sind differenziert in die Teilsysteme Übergabe, Verteilung, Speicherung und Erzeugung.

Mit dem „Kurzverfahren Energieprofil“ liegt somit ein geschlossenes Verfahren vor, das auf der Basis der wesentlichen Daten des Gebäudes eine vereinfachte Bewertung ohne aufwändige Begehung des Objekts und detaillierte Datenaufnahme erlaubt. Neben der Durchführung von ersten Initial-Energieberatungen ermöglicht das Verfahren die energetische Bewertung größerer Gebäudebestände, wie sie z. B. bei der Erstellung von ökologischen Mietspiegeln erforderlich ist.

Die EnEV 2006 wird im Bereich U-Werte und Anlagentechnik voraussichtlich ähnliche Vereinfachungen der Datenerhebung zulassen wie KVEP. Lediglich die Hüllflächenbestimmung wird aufwändiger, da hier vermutlich die individuellen Abmessungen des Gebäudes zu Grunde zu legen sind. Die Abweichungen von KVEP gegenüber der geforderten Datenerhebung der EnEV 2006 (bestehende Gebäude) werden sich demnach auf die Flächenschätzung der Gebäudehülle reduzieren. Die Unschärfe gegenüber der individuellen Flächenermittlung wurde anhand der Gebäude der Mietspiegelstichprobe Darmstadt analysiert. Die Standardabweichung der Primärenergiekennwerte liegt bei 7 %, wobei eine Mittelwertverschiebung um 3 % hin zu höheren Werten festgestellt wird. Damit wird mit dem Kurzverfahren trotz reduziertem Erhebungsaufwand immer noch eine sehr hohe Genauigkeit erreicht.

Um zu bewerten, ob die Genauigkeit bei der Ermittlung der Primärenergiekennwert für die Mietspiegelerstellung tolerierbar ist, wurden die statistischen Analysen zum ökologischen Mietspiegel in Darmstadt erneut mit den über das Kurzverfahren ermittelten Primärenergiekennwerten durchgeführt.

Aufgrund der Unschärfe in den Primärenergiekennwerten ergibt sich für 8 bis 9% der Fälle eine Verschiebung der wärmetechnischen Beschaffenheit um eine Klasse. Änderungen über zwei Klassen treten nicht auf. Mit dieser Klassifizierung der wärmetechnischen Beschaffenheit wurde das Mietspiegelmodell für Darmstadt erneut gerechnet. Trotz vereinzelter kleinerer Verschiebungen führt die Verwendung der mit dem Flächenschätzverfahren ermittelten Primärenergiekennwerte zu keiner wesentlichen Änderung des Mietspiegelmodells. Die Verwendung des Kurzverfahrens KVEP bei der Mietspiegelerstellung ist damit an dieser Stelle unkritisch und zulässig.

# 4 Anwendungstest

Mit dem Verbrauchskennwert, dem Kurzverfahren und dem ingenieurmäßigen Verfahren stehen drei Verfahren für die energetische Bewertung von Gebäuden zur Verfügung. Die Verfahren unterscheiden sich im Zeitaufwand und in der Genauigkeit bei der Bewertung.

Die Unterschiede in Zeitaufwand und Genauigkeit werden wird im Rahmen des Anwendungstests näher beleuchtet. Es werden die Primärenergiekennwerte für mehrere Gebäude nach dem ingenieurmäßigen Verfahren (exakte Berechnung), dem Kurzverfahren (KVEP) und dem gemessenen Verbrauch bestimmt. Für das Kurzverfahren erfolgt die Datenaufnahme zum einen durch die Eigentümer (KVEP-Eigentümer) zum anderen durch Fachleute (KVEP-Fachleute) (siehe Tabelle 4-1).

| Abkürzung | Datenaufnahme | Ausführender |
|---|---|---|
| KVEP Eigentümer | Vereinfacht nach KVEP | Eigentümer |
| KVEP Fachmann | Vereinfacht nach KVEP | Fachmann mit Ortstermin |
| Exakte Berechnung | Detailliert mit exakter Flächenermittlung aus Grundrisszeichnungen oder Messungen am Gebäude | Fachmann mit Ortstermin |
| Verbrauchskennwert | | Eigentümer |

**Tabelle 4-1: Im Rahmen des Anwendungstests verwendete Verfahren zur Ermittlung der Primärenergiekennwerte der Gebäude**

Insgesamt wurden für 29 Gebäude die Gebäudedaten durch die Eigentümer bereitgestellt und die Primärenergiekennwerte mit dem KVEP berechnet. 15 dieser Gebäude waren zentral beheizt und es wurden Angaben von den Eigentümern zum gemessenen Verbrauch gemacht. Für 17 der 29 Gebäude wurde die vom Gebäudeeigentümer durchgeführte Datenerhebung von einem Fachmann überprüft, wobei für 12 dieser Gebäude eine exakte Datenerhebung durchgeführt und der Primärenergiekennwert berechnet wurde.

| | Anzahl |
|---|---|
| Vereinfachte Datenaufnahme durch Eigentümer | 29 |
| Vereinfachte Datenaufnahme durch Fachmann | 17 |
| Exakte Berechnung durch Fachmann | 12 |
| Verbrauchskennwert | 15 |

Der Zeitaufwand für die Datenerhebung wird von den Eigentümern in dem Fragebogen abgefragt und bei der Projektbearbeitung dokumentiert.

Auf dieser Grundlage werden folgende Fragen beantwortet:

1. Welche Abweichungen treten je Verfahren gegenüber der exakten Berechnung auf?
2. Welche Unschärfen ergeben sich, wenn die vereinfachte Datenerhebung für das KVEP durch die Eigentümer und nicht durch Fachleute erfolgt?
3. Wie hoch ist der jeweilige Zeitaufwand für die Datenerhebung?

Aufgrund der geringen Anzahl der Gebäude können an dieser Stelle keine statistisch abgesicherten Aussagen getroffen werden. Die Auswertung erlaubt jedoch eine erste Einschätzung der Zusammenhänge. Insbesondere können aus der Analyse der Abweichungen bei Einzelobjekten Hinweise zum Anwendungsbereich und zum Weiterentwicklungsbedarf gewonnen werden. Zudem wird im Rahmen des Anwendungstests das automatische Einlesen der Fragebögen getestet und die Verständlichkeit des Fragebogens verbessert (siehe Abschnitt 3).

## 4.1 Methodisches Vorgehen

### 4.1.1 Auswahl der Gebäude

Der Anwendungstest wird an vermieteten Gebäuden überwiegend aus dem Martinsviertel in Darmstadt durchgeführt. Die Gebäude wurden so ausgewählt, dass eine möglichst große Vielfalt erreicht wird. Abbildung 4-1 bis Abbildung 4-3 geben einen Überblick über die untersuchten Gebäude. In Anhang 2 sind die Gebäude mit einem Foto und ihren wichtigsten Kenndaten dokumentiert. Es überwiegt die Anzahl der Gebäude von Wohnungsbaugesellschaften, da nur wenig private Vermieter aus dem Darmstädter Martinsviertel für die Teilnahme an der Untersuchung gewonnen werden konnten.

An dieser Stelle möchten wir uns bei den privaten Vermietern und folgenden Wohnungsbaugesellschaften für die Unterstützung bedanken:

- Bauverein AG / Darmstadt
- Nassauische Heimstätte GmbH / Frankfurt am Main
- LUWOGE – BASF Gruppe / Ludwigshafen
- GAGFAH / Frankfurt am Main

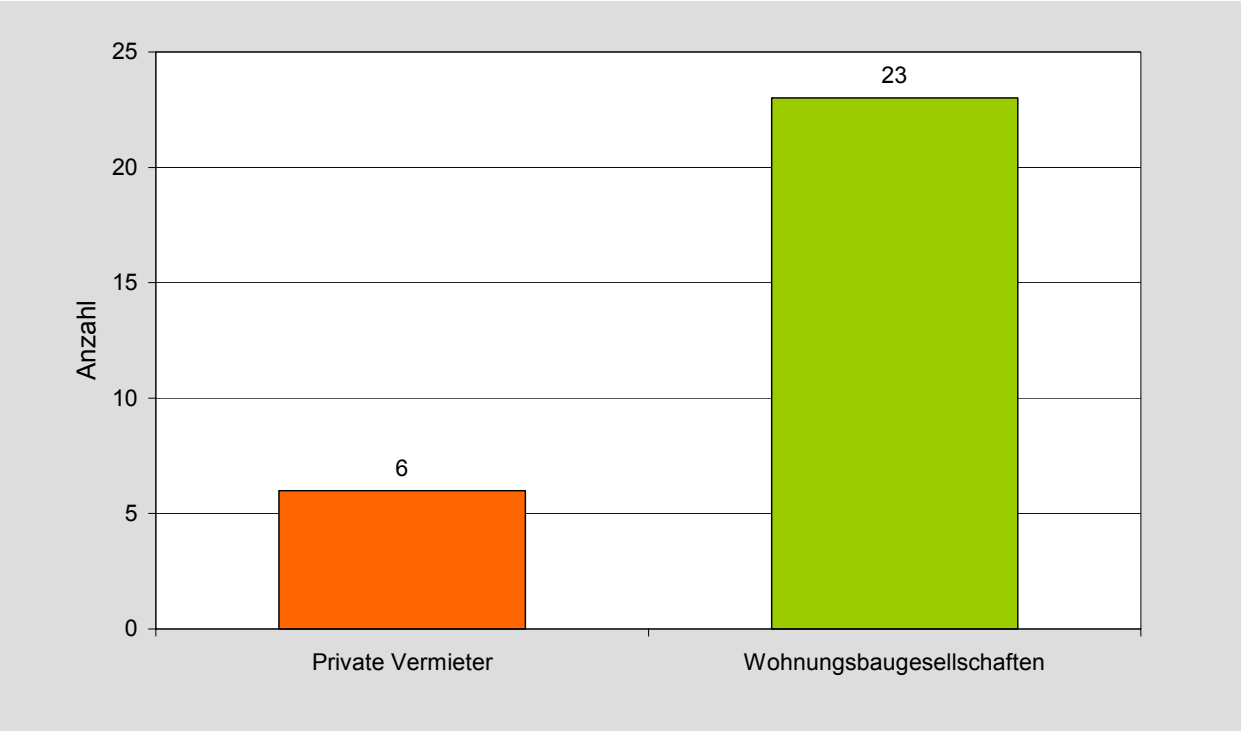



**Abbildung 4-1: Eigentümerstruktur der untersuchten Gebäude**

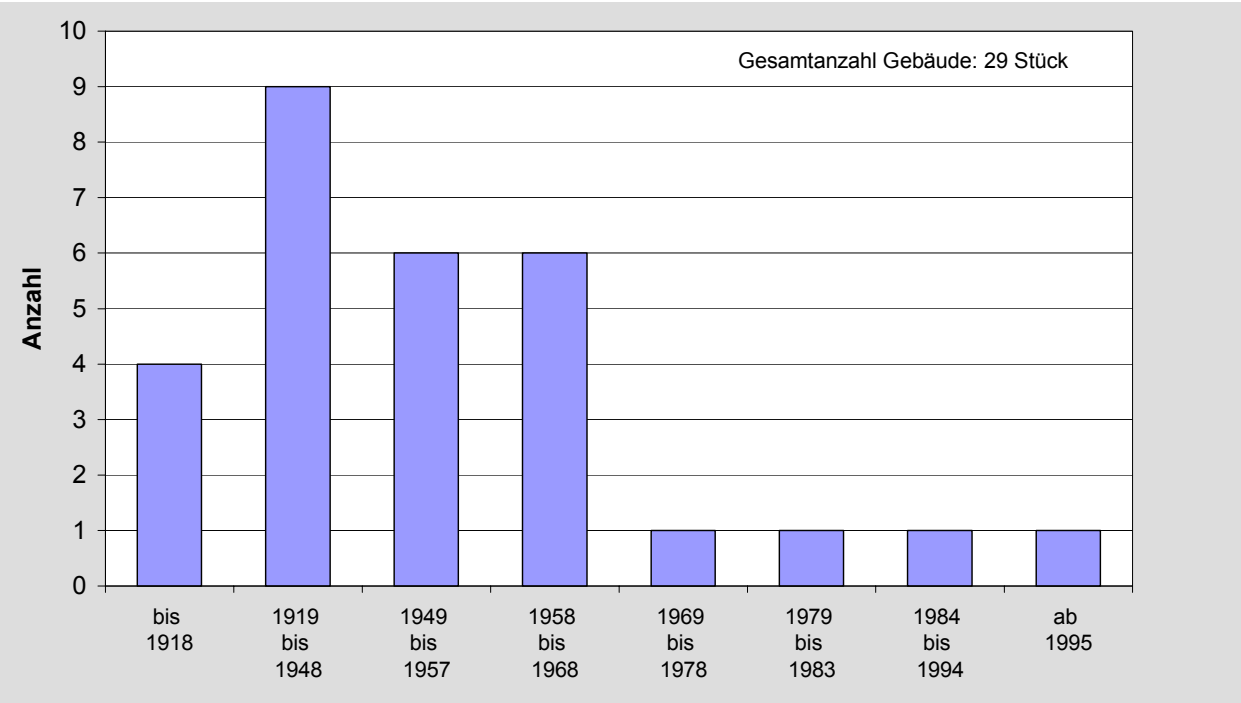



**Abbildung 4-2: Verteilung der untersuchten Gebäude auf die Baualtersklassen der deutschen Gebäudetypologie**

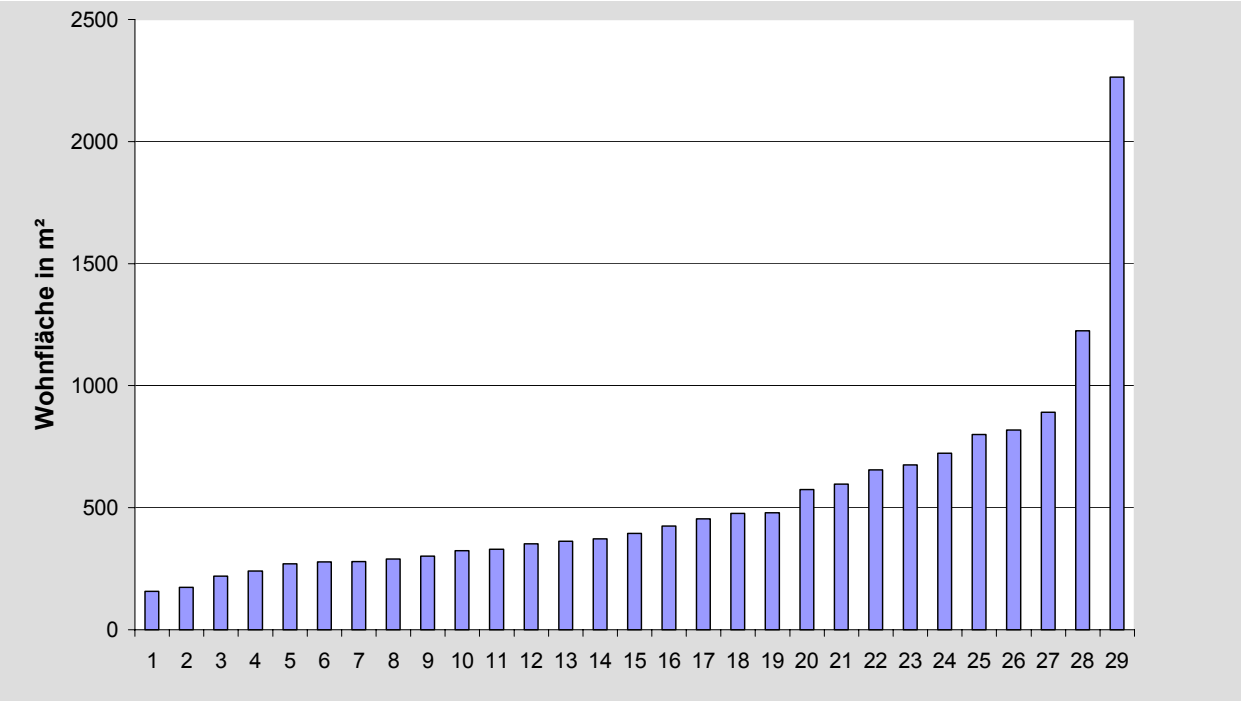



**Abbildung 4-3: Wohnfläche der untersuchten Gebäude**

### 4.1.2 Berechnungsverfahren

Die exakte Berechnung erfolgt mit der Software Energiepass Hessen [Bially] Version 4.5. Sie ist eine Umsetzung des im IWU entwickelten Berechnungsverfahrens Energiepass Heizung/Warmwasser [EPHW].

Von dem in Abschnitt 2 dieses Berichtes verwendeten Berechnungsverfahren der EnEV 2002 bzw. des Energiepasses und den dazugehörigen Normen (DIN V 4108 - Teil 6; DIN V 4701 - Teil 12; DIN V 4701 - Teil 10 ; PAS 1027) unterscheiden sich die Ergebnisse von [EPHW] im Wesentlichen durch die Wahl der Randbedingungen. So werden in [EPHW] Randbedingungen verwendet, die aus Sicht des IWU die tatsächliche Energiebilanz besser abbilden. Abgewichen wird in diesem Abschnitt von dem offiziellen Berechnungsverfahren der EnEV 2002, um das KVEP auch für die aktuelle Anwendung des ökologischen Mietspiegel in Darmstadt nutzen zu können.

Die Berechnung nach dem Kurzverfahren Energieprofil erfolgt durch die vom IWU erstellte Softwareumsetzung KVEP.xls. Um die verfahrensbedingten Abweichung in den Primärenergiekennwerten so gering wie möglich zu halten, wurden auch hier ein Berechnungsmodus nach [EPHW] mit Randbedingungen „ökologischer Mietspiegel Darmstadt“ implementiert.

### 4.1.3 Exakte Berechnung mit detaillierter Datenaufnahme

Die exakte Berechnung wird auf der Grundlage einer detaillierten Datenaufnahme durchgeführt. Die detaillierte Aufnahme der Daten wurde im Zuge eines Ortstermins durchgeführt.

Die Hüllfläche (Außenwand, Fenster, Dach und Kellerdecke bzw. - fußboden) des Gebäudes wurde rechnerisch ermittelt. Soweit möglich wurde auf Grundrisszeichnungen und Schnitte zurückgegriffen. Waren diese nicht mehr verfügbar, wurden die Flächen am Objekt selbst gemessen. Die beheizte Wohnfläche wurde nicht neu ermittelt. Es wurden die von den Eigentümern angegebenen Werte verwendet.

Es wurde versucht, über die Eigentümer Information über den Aufbau der Außenbauteile (Außenwand, Fenster, Dach, Kellerdecke bzw. –fußboden) zu bekommen. War dies nicht erfolgreich und wurden keine Hinweise auf einen speziellen Aufbau gefunden, wurde auch bei der exakten Datenaufnahme mit Standardbauteilen der entsprechenden Baualtersklasse gerechnet.

Ausgehend von der Art des Wärmeerzeugers, seinem Baujahr und seiner Leistung wurden die Aufwandszahlen in der Berechnung ermittelt. Die Länge der Heizungsverteilleitungen und Warmwasserverteilleitungen konnte auch bei der detaillierten Datenerhebung aufgrund der in der Regel verschlossenen Privatkeller nicht gemessen werden. Hier wurden in der Berechnung ebenso wie bei der Hilfsenergie Standardwerte angenommen. Das Volumen und der Dämmstandard des Warmwasserspeichers wurden in der Regel erhoben und in der Berechnung berücksichtigt.

### 4.1.4 Berechnung mit vereinfachter Datenaufnahme (KVEP)

Die im Rahmen der vereinfachten Datenaufnahme erhobenen Angaben sind aus dem Fragebogen in Anhang 1 zu ersehen. Hieraus generiert KVEP einen vollständigen Eingabedatensatz für die Berechnung. Zudem werden in dem Fragebogen die erforderlichen Angaben zum Berechnen der Verbrauchskennwerte abgefragt.

Die vereinfachte Datenerhebung erfolgte zweimal. Zunächst wurden die Fragebögen (siehe Anhang 1) von den Eigentümern ausgefüllt. Für eine Auswahl von Gebäuden wurden diese Angaben bei einem Ortstermin von einem Fachmann überprüft. Dies geschah entweder im Rahmen der exakten Datenaufnahme oder durch einen gesonderten Termin.

### 4.1.5 Verbrauchskennwert

Die Verbrauchskennwerte wurden auf der Grundlage der im Fragebogen gemachten Angaben der Eigentümer ermittelt. Bei 9 der 15 Fälle wurden Unplausibilitäten festgestellt und die Angaben entsprechend manuell korrigiert.

Die Verbrauchskennwerte wurde klimabereinigt in Bezug auf das Jahr und den Standort.

Zudem wurden folgende Punkte abgefragt, um Unplausibilitäten erkennen zu können:

- Wurde neben dem angegebenen Verbrauch ein anderer Brennstoff oder Strom zum Heizen eingesetzt?
- Wurden in den letzen drei Jahren energetische Verbesserungen durchgeführt?

### 4.1.6 Sonstiges

Klima

Die Berechnungen werden mit dem Standardklima für Hessen entsprechend EPHW durchgeführt. Die Heizgradstunden betragen 84 kKh/a.

Die Verbrauchskennwerte wurden auf dieses Klima normiert.

Primärenergiekennwerte

Dargestellt ist der Primärenergiekennwert für Heizung, Warmwasser und Hilfsenergie. Die Werte sind auf die beheizte Wohnfläche bezogen. Die Primärenergiefaktoren entsprechen den Angaben aus [EPHW]. Als Energieinhalt der Brennstoffe wird der untere Heizwert verwendet.

## 4.2 Primärenergiekennwerte im Vergleich

In diesem Abschnitt werden die nach den unterschiedlichen Verfahren ermittelten Primärenergiekennwerte zusammenfassend für alle Gebäude dargestellt. Die wesentlichen Abweichungen werden gebäudeweise diskutiert. Eine nach Berechnungsverfahren differenzierte Darstellung der Ergebnisse findet sich in den Abschnitten 4.2.1 und 4.2.3.

Bei der Diskussion der Abweichungen wird unterstellt, dass die exakte Berechnung die energetische Qualität des Gebäudes richtig beschreibt. Natürlich besitzt diese auch eine gewisse Unschärfe. Zudem können Eingabefehler vorliegen, was in Abschnitt 4.2.2 ausgeführt wird. Die Differenzen und systematischen Abweichungen der exakten Berechnung zu dem tatsächlich gemessenen Verbrauch legen nahe, dass der Realitätsbezug der Berechnung verbesserungsbedürftig ist. Da aber auch der Verbrauchskennwert von unterschiedlichen, nicht nachvollziehbaren Größen (Nutzerverhalten, Leerstand, Klimaschwankungen, Einstellung Heizungsregelung ...) beeinflusst wird, stellt die exakte Berechnung den nachvollziehbarsten Bezugspunkt unter den Primärenergiekennwerten dar.

Die Unterschiede zwischen exakter Berechnung und KVEP ergeben sich im hier durchgeführten Anwendungstest aus den Vereinfachungen in den drei Bereichen

- Flächenschätzung
- Verwendung von Standardwerten für den U-Wert
- Verwendung von Pauschalwerten für die Anlagentechnik.

Dies unterscheidet sich von den Untersuchungen aus Abschnitt 3.2.1, wo nur die Differenzen aus der Flächenschätzung untersucht werden.

Eine Diskussion der Unterschiede zwischen Verbrauchskennwert und Berechnung erfolgt für die Fälle, bei denen Hinweise auf die Ursachen der möglichen Differenzen vorliegen.

Abbildung 4-4 zeigt die nach den unterschiedlichen Verfahren ermittelten Primärenergiekennwerte. Ausgewiesen sind nur die Gebäude, bei denen es neben der Berechnung KVEP-Eigentümer noch wenigstens einen anderen Kennwert gibt. In Anhang 2 sind die Gebäude mit Foto und den wichtigsten Kenndaten dokumentiert.

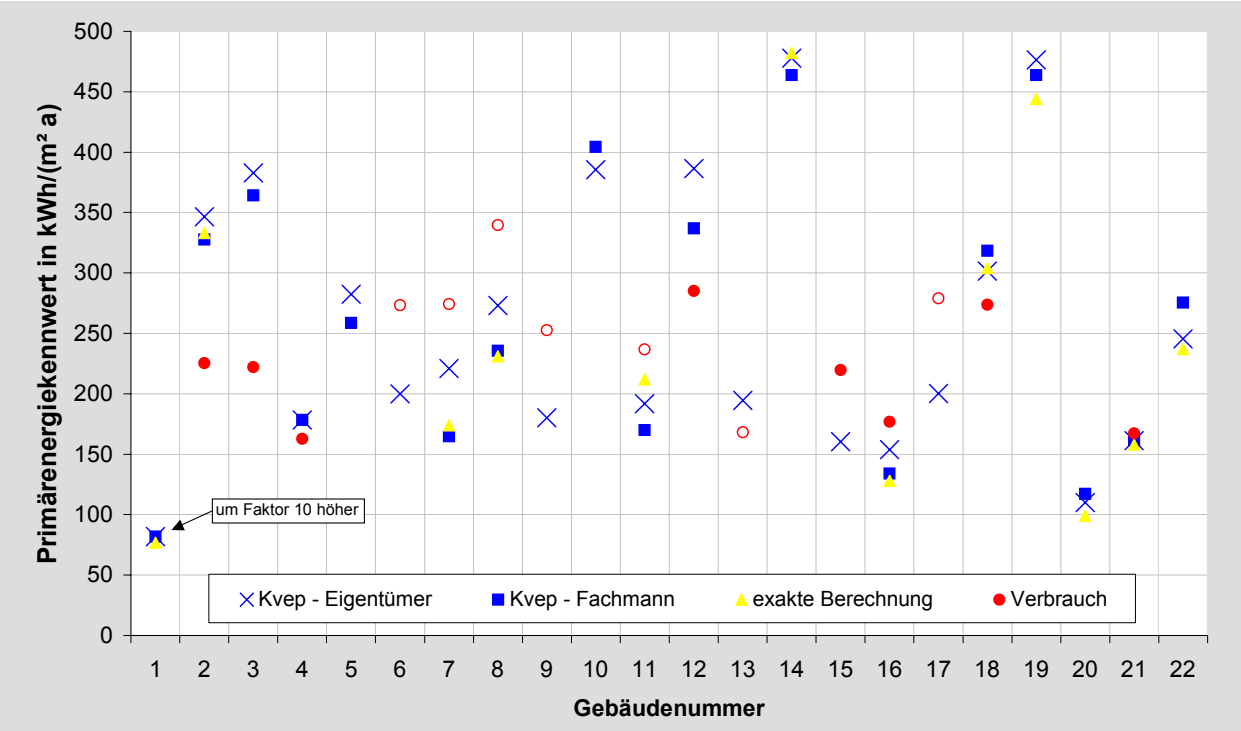



**Abbildung 4-4: Primärenergiekennwerte für Heizung, Warmwasser und Hilfsenergie berechnet nach unterschiedlichen Verfahren**

**Gebäude 1**

Bei dem Gebäude handelt es sich um eine direkt elektrisch beheizte Doppelhaushälfte mit einem Primärenergiekennwert nach der exakten Berechnung von 766 kWh/(m²a). Die Kennwerte dieses Gebäudes wurden für die Darstellung in Abbildung 4-4 durch den **Faktor 10 dividiert,** damit die Skala der Y-Achse auf 500 kWh/(m²a) begrenzt bleiben kann.

**Gebäude 2**

Die Geometrie des Gebäudes ist sehr individuell. So weist das Gebäude eine Tordurchfahrt auf, über der ein 3,5 m hoher Wohnraum liegt. Neben der Tordurchfahrt weist das Gebäude drei Geschosse mit entsprechend niedrigen Raumhöhen auf. Für eine derartig ausgefallene Geometrie kann die Flächenschätzung nicht plausibel angewendet werden. Mit den geschätzten Flächen werden die Transmissionsverluste um 18 % niedriger berechnet. Dies wird dadurch ausgeglichen, dass die Verluste der Anlagentechnik in KVEP höher bewertet werden. Insgesamt ergibt sich eine Abweichung im Primärenergiekennwert von nur 1 %.

<u>KVEP-Eigentümer</u>

Vom Eigentümer wurde eine 3 cm starke Wärmedämmung nicht angegeben, die am Fußboden im Bereich einer Tordurchfahrt angebracht worden war (35 % der Fußbodenfläche).

<u>Verbrauchskennwert</u>

Der über den gemessenen Verbrauch ermittelte Primärenergiekennwert liegt um 32 % unter dem der exakten Berechnung. Durch die Diskussion dieser Differenz mit dem Eigentümer

kam zu Tage, dass nachträglich vor zwei der vier Außenwände eine Vormauerschale aus Porenbeton gesetzt wurde. Diese erhöht den Wärmeleitwiderstand und verringert die Verluste. Würde die zusätzliche „Innendämmung“ in der exakten Berechnung angesetzt, würde sich die Differenz auf 27 % reduzieren. Dies erklärt jedoch nur einen geringen Teil der Abweichungen.

**Gebäude 3**

Verbrauchskennwert

Wie für Gebäude 2 wurde auch für Gebäude 3 im Nachhinein festgestellt, dass eine Vormauerschale aus Porenbeton vor zwei der vier Außenwände gesetzt wurde.

**Gebäude 5**

KVEP-Eigentümer

In dem Gebäude wird Warmwasser in drei Wohnungen über eine Gas-Etagenheizung und in zwei Wohnungen über Elektrospeicher bereitgestellt. KVEP erlaubt nur die Definition von einem System zur Warmwasserbereitung, wobei das überwiegende System zu wählen ist. Entsprechend wurde vom Fachmann die Warmwasserbereitung über die Gas-Etagenheizung gewählt.

Der Eigentümer hat als System zur **Warmwasserbereitung** beide Fälle angekreuzt. In diesem Fall wird beim automatischen Einlesen das ineffizientere System ausgewählt, was im vorliegenden Fall der Elektrospeicher ist. Dies führt zu einem Anstieg des Primärenergiekennwerts um ca. 30 kWh/(m²a).

Zudem weist das Gebäude drei unterschiedliche Arten von Fenstern auf.

- Einfachverglaste Fenster
- Kunststofffenster mit Wärmeschutzverglasung
- Aluminiumfenster mit Wärmeschutzverglasung.

In KVEP kann dieser Fall nur vereinfacht abgebildet werden. Es können unterschiedliche Fenstertypen definiert werden, wobei gleiche Flächenanteile für die Berechnung angenommen werden (je 50 % bei zwei Fenstertypen, je 33 % bei drei Fenstertypen ...). Da in dem Gebäude überwiegend Kunststofffenster mit Wärmeschutzverglasung eingebaut sind, hat der Fachmann nur diese berücksichtigt und dabei die anderen Glasarten vernachlässigt. Da nach dem überwiegenden Fenstertyp gefragt ist, ist dies das richtige Vorgehen. Die Wärmeverluste der Fenster werden in dem Fall jedoch unterschätzt.

Der Eigentümer hat alle **drei Fenstertypen angekreuzt**, was im Prinzip richtig ist. Hierdurch werden die einfachverglasten und die Aluminiumfenster jedoch mit einem Flächenanteil von 33 % in der Berechnung berücksichtigt. Dies führt zu erhöhten Verlusten und einem Anstieg des Primärenergiekennwerts um ca. 20 kWh/(m²a).

**Gebäude 6**

Verbrauch

Die **Heizzentrale beheizt mehrere Gebäude**. Der Anteil des gemessenen Gesamtverbrauchs, der auf die untersuchte Hausnummer entfällt, wurde über die Wohnfläche abgeschätzt. Hierbei werden Unterschiede im energetischen Zustand sowie das jeweilige A/V-Verhältnis der Gebäude nicht berücksichtigt, so dass der ausgewiesene Verbrauchskennwert nur bedingt belastbar ist. Um dies zu kennzeichnen, wird als Symbol in Abbildung 4-4 ein roter Kreis verwendet.

**Gebäude 7**

Exakte Berechnung

Die Dachgeschosssituation dieses Gebäudes ist kompliziert. Das Dachgeschoss des Gebäudes ist teilweise beheizt. Die Dämmung ist in den Dachschrägen jedoch bis an den First geführt. Die korrekte Abbildung dieses Zustandes ist nur über eine aufwändige Berechnung mit zwei Zonen möglich. Vereinfacht wird in der exakten Berechnung die Dämmebene im Dach als Gebäudehüllfläche interpretiert und das Dach damit als voll beheizt angesetzt. Dies ist jedoch nur eine Näherung.

KVEP-Eigentümer

Beim Ausfüllen des Fragebogens wurde vom Eigentümer richtigerweise eine 10 cm starke **Dämmung der Dachschrägen** angegeben. Gleichzeitig wurde das **Dach als unbeheizt** definiert. Bei einem unbeheizten Dach wird vom Programm jedoch die oberste Geschossdecke als thermische Hüllfläche interpretiert. Da diese im vorliegenden Fall ungedämmt war, berechnet sich für diesen Fall ein deutlich höherer Primärenergiekennwert.

Weiter weist dieses Gebäude eine **Kontaktfläche** zu einem zweiten Gebäude auf, die jedoch **weniger als 50 %** der Außenwandfläche einer kurzen Seite des Gebäudes beträgt. Der Eigentümer gab hier fälschlicherweise ein angrenzendes Nachbargebäude an. Um diesen Fehler zukünftig zu vermeiden, wurde ein entsprechender Hinweis in die Erläuterungen zum Fragebogen aufgenommen.

Verbrauchskennwert

Siehe Gebäude 6.

**Gebäude 8**

KVEP-Eigentümer

Vom Eigentümer wurde eine **elektrische Warmwasserbereitung** über Durchlauferhitzer angegeben. Bei der Begehung wurde jedoch eine zentrale Warmwasserbereitung festgestellt. Dies erklärt die wesentliche Differenz im Primärenergiekennwert.

Verbrauchskennwert

Siehe Gebäude 6.

**Gebäude 9**
Verbrauchskennwert
Siehe Gebäude 6.

**Gebäude 11**
KVEP-Fachmann
Der vom Fachmann berechnete KVEP Wert liegt deutlich unter dem Wert der exakten Berechnung. Der Grund dafür ist eine **untypisch kleine Wohnfläche** im Verhältnis zur Brutto-Grundfläche des Gebäudes. Eine untypisch geringe Wohnfläche kann auf architektonische Besonderheiten zurückzuführen sein, wie z. B. auf besonders großzügige Treppenhäuser oder Flure. Andererseits kann aber auch eine fehlerhafte Flächenangabe verantwortlich sein (siehe Gebäude 18).

Da in KVEP ausgehend von der Wohnfläche typische Werte für die Hüllflächen generiert werden, ergeben sich in einem solchen Fall zu geringe Flächen der Gebäudehülle. Wird in KVEP ein typischer Wert für die Wohnfläche (443 m² statt 352 m²) angesetzt, stimmen die Berechnungen gut überein. Diese Problematik wird in Abschnitt 4.2.2 näher untersucht.

Verbrauchskennwert
Siehe Gebäude 6.

**Gebäude 12**
KVEP-Eigentümer
Die **Anzahl der Vollgeschosse** wurde vom Eigentümer statt mit 3 fälschlicherweise mit 2 angegeben. Hierdurch verschlechtert sich das A/V-Verhältnis des Gebäudes und der Primärenergiekennwert steigt an.

Verbrauchskennwert
In dem Gebäude werden die im Mittel 65 m² großen Wohnungen überwiegend von je einer ältere Personen bewohnt. Aufgrund der geringen Belegungsdichte ist davon auszugehen, dass ein größerer Anteil der Wohnfläche nicht direkt beheizt wird. Zudem ist ein geringer Warmwasserbedarf zu erwarten. Die der Berechnungen zugrunde liegende Standardnutzung entspricht damit nicht dem hier vorgefunden Fall. Dies kann die Differenz zur Berechnung zumindest zum Teil erklären.

**Gebäude 13**
Verbrauchskennwert
Siehe Gebäude 6.

**Gebäude 16**
KVEP-Eigentümer
Eine vorhandene **Brennwertnutzung** wurde nicht angegeben und ein falsches Baujahr der **Heizungsverteilleitungen** angekreuzt. Hierdurch stieg der Primärenergiekennwert an.

**Gebäude 17**

Verbrauchskennwert

Siehe Gebäude 6.

**Gebäude 18**

KVEP-Fachmann

Bei den ersten Berechnungen lag der nach KVEP-Fachmann berechnete Primärenergiekennwert um 14 % unter der exakten Berechnung. Die Differenzen waren auf die Unterschiede in der Hüllfläche zurückzuführen, die von KVEP geringer berechnet wurde. Die Abweichungen ergaben sich aufgrund eines für die Gebäudegeometrie **untypisch geringen Wertes der Wohnfläche** von 462 m². Der vom Eigentümer angegebene Wert lag im Verhältnis zur Brutto-Grundfläche an der unteren Plausibilitätsschwelle.

Auf Nachfrage wurde festgestellt, dass tatsächlich neben der Wohnfläche noch eine vermietete Gewerbefläche von 192 m² in dem beheizten Gebäudevolumen liegt. Nach Korrektur der Wohnfläche reduzierten sich die Differenzen zwischen KVEP-Fachmann und exakter Berechnung auf 5 %

Dies verdeutlicht die Sensitivität der exakten Berechnung von dem richtigen Verhältnis Wohnfläche zu Hüllfläche. Hierzu werden in Abschnitt 4.2.2 weitere Hinweise gegeben.

**Gebäude 20**

KVEP-Fachmann

Die wesentlichen Gründe für den etwas höheren Kennwert des KVEP liegen in der ungünstigeren rechnerischen Bewertung des **Gas-Brennwertkessels** und einem höheren Hilfsstrombedarf. Hierdurch ergibt sich ein Anstieg im Primärenergiekennwert von 19 kWh/(m²a). Aufgrund des niedrigen Primärenergiekennwerts des Gebäude entspricht dies einer hohen prozentualen Abweichung von 19 %.

KVEP-Eigentümer

Das Gebäude wurde im Jahr 2001 als **Niedrigenergiehaus** errichtet. Dabei wurden bei der Dämmung die gesetzlichen Standards überschritten. Über das Mindestanforderung hinaus wurden zusätzliche Dämmstoffdicken umgesetzt: 7 cm Dach, 9 cm Außenwand, 6 cm Kellerdecke. Bei der exakten Abbildung eines solchen Gebäude in KVEP müssen die über den gesetzlichen Mindeststandard hinausgehenden Zentimeter Dämmstoffdicke als nachträglich aufgebrachte Dämmung eingetragen werden. Da diese aus der U-Wertdifferenz (tatsächlicher U-Wert zu Standard-U-Wert der Baualtersklasse) ausgerechnet werden müssen, ist dies in der Regel nur vom Fachmann leistbar.

Im vorliegenden Fall wurde vom Eigentümer die gesamte aufgebrachte Dämmung als nachträgliche Dämmstoffdicke eingetragen. Die Auswirkungen auf den Primärenergiekennwert

sind jedoch gering, da die gesetzlichen Mindeststandards für diese Baualtersgruppen bereits gut sind.

**Gebäude 22**

KVEP-Fachmann

Im vorliegenden Fall sind die Abweichungen durch die einzelnen Vereinfachungen gering (Hüllfläche 7 %; U-Wert 3 %, Anlagentechnik 6 %). Da sie aber alle größer als Null sind, gibt es **keine Kompensation der Fehler** und es ergibt sich insgesamt eine Abweichung von 16 %.

### 4.2.1 Differenzen zwischen exakter Berechnung und KVEP mit Datenaufnahme durch den Fachmann

Für die Berechnung der Primärenergiekennwerte mit KVEP und Datenaufnahme durch den Fachmann (KVEP-Fachmann) wurden die Berechnungsrandbedingungen mit der exakten Berechnung abgeglichen. Auftretende Differenzen sind also allein auf die bei KVEP getroffenen Vereinfachungen zurückzuführen. Wie bereits erwähnt, werden Vereinfachungen in drei Bereichen getroffen:

1. Hüllflächenermittlung durch das Flächenschätzverfahren
2. Standard-U-Werte, abhängig von Baualter und Bauweise
3. pauschale Berücksichtigung der Anlagentechnik.

Um den Beitrag der jeweiligen Vereinfachungen auf die Gesamtunschärfe bewerten zu können, wird ausgehend von der exakten Berechnung jeweils eine Vereinfachung angewendet und der Primärenergiekennwert ermittelt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 4-5 bis Abbildung 4-7 dargestellt. Abbildung 4-8 zeigt die Abweichung, die sich bei Anwendung aller Vereinfachungen ergibt. Dargestellt ist jeweils die Abweichung zwischen dem Primärenergiekennwert KVEP $Q_{P,KVEP}$ und exakter Berechnung $Q_{P,exakt}$ bezogen auf den Primärenergiekennwert der exakten Berechnung $Q_{P,exakt}$.

**Gl. 4-1**

$$\text{Abweichung in Prozent} = \frac{Q_{P,Kvep} - Q_{P,exakt}}{Q_{P,exakt}}$$

Aufgrund der geringen Anzahl der zur Verfügung stehenden Gebäude werden keine Angaben zu Mittelwert und Streuung gemacht, sondern die jeweilige Häufigkeitsverteilung dargestellt. Als Bezeichnung für die Häufigkeitsklassen wird der Klassenmittelwert verwendet.

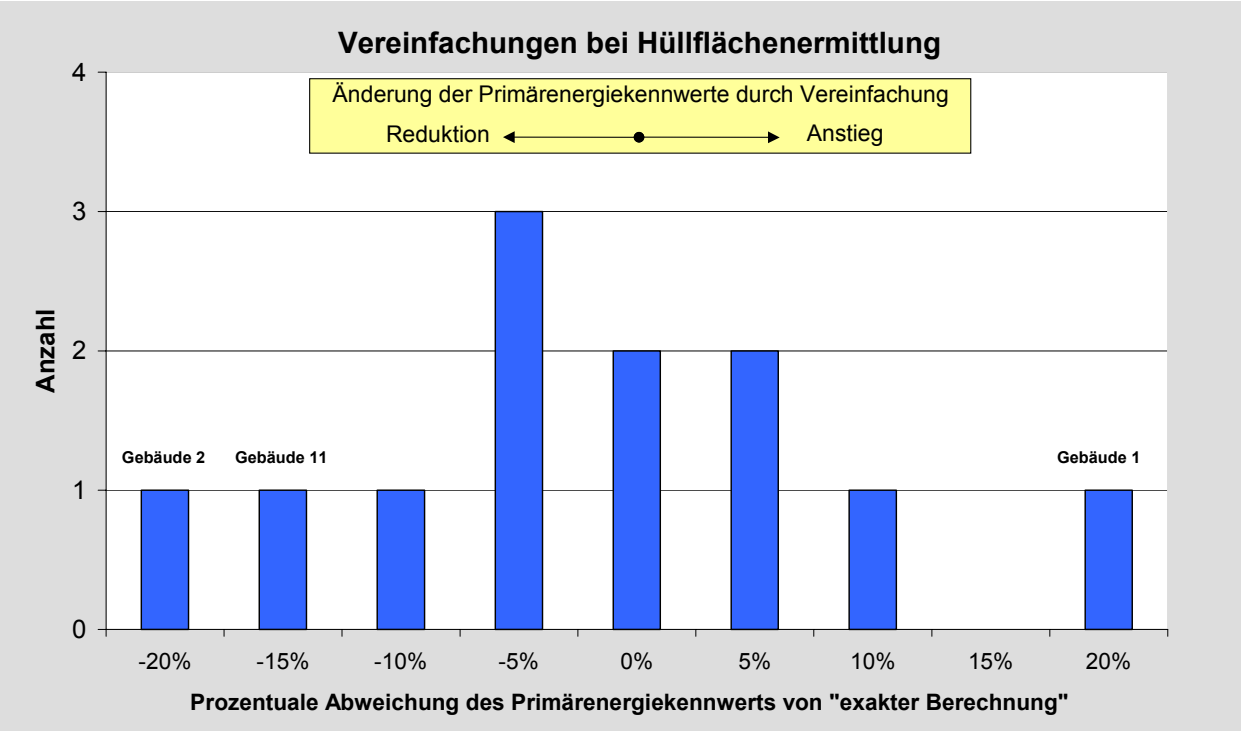



**Abbildung 4-5: Abweichungen im Primärenergiekennwert aufgrund der vereinfachten Hüllflächenermittlung durch das Flächenschätzverfahren**

Für 9 der 12 Gebäude liegt die Abweichung des Primärenergiekennwertes durch die Flächenschätzung im Bereich von +/- 10%. Dies ist ein zufriedenstellendes Ergebnis.

Für Gebäude 2 liegt der Primärenergiekennwert um ca. 20 % unter der exakten Berechnung. Grund ist die individuelle Geometrie des Gebäudes. Es hat eine Tordurchfahrt und zwei Gebäudeteile mit unterschiedlicher Anzahl von Vollgeschossen.

Bei Gebäude 11 ergeben sich größere Abweichungen aufgrund einer sehr kleinen Wohnfläche. Hierdurch stehen Gebäudehülle und Wohnfläche in einem untypischen Verhältnis, was sich deutlich auf die Höhe des Primärenergiekennwertes der exakten Berechnung auswirkt (siehe Abbildung 4-9). Ob es sich im vorliegenden Fall um einen Eingabefehler oder um eine Besonderheit des Gebäudes handelt, ist unklar.

Bei Gebäude 1 handelt es sich um ein Einfamilienhaus mit einem Walmdach. Bei der Flächenschätzung wird insbesondere die Außenwandfläche zu groß berechnet.

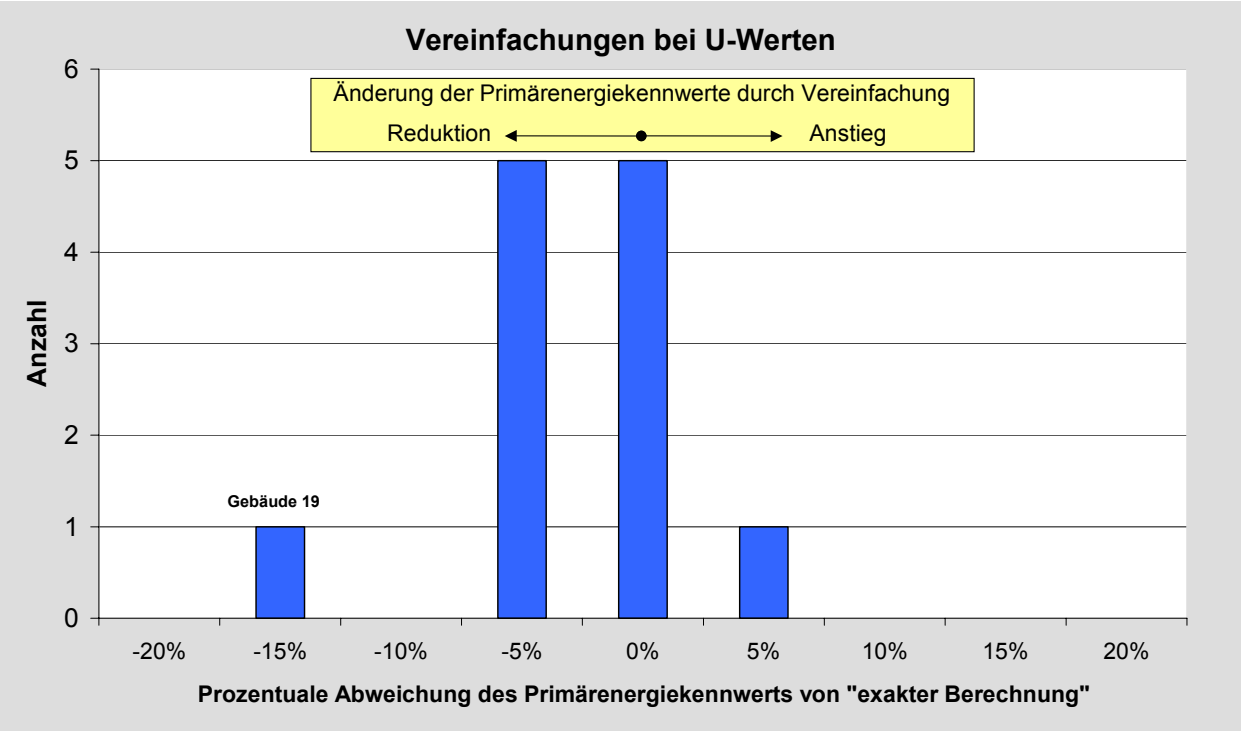



**Abbildung 4-6: Abweichungen im Primärenergiekennwert aufgrund der Verwendung von Standardwerten für die U-Werte der Gebäudehülle**

Die Abweichung liegt in der Regel im Bereich von +/- 5 % und stimmt damit gut mit der exakten Berechnung überein. Bei der Interpretation des Ergebnisses muss bedacht werden, dass in der exakten Berechnung ebenfalls Standard-U-Werte verwendet wurden, sofern der tatsächliche Bauteilaufbau nicht bekannt war und keine ausreichenden Hinweise auf einen speziellen Aufbau gefunden wurden.

Für Gebäude 19 ergibt sich ein um ca. 15 % zu geringer Primärenergiekennwert bei Verwendung der pauschalen U-Werte des Kurzverfahrens. Dies liegt zum einen daran, dass ein auskragendes Geschoss nicht berücksichtigt wird und die nachträglich aufgebrachte Außenwanddämmung in der verwendeten Excel-Umsetzung von KVEP auch auf die Kellerwände angewendet wird. Die Kellerwände sind im vorliegenden Fall jedoch ungedämmt, da sie im Wesentlichen im Erdreich liegen. Die Frage der nachträglichen Dämmung von Außenwänden beheizter Kellerräume ist kein systematisches Problem von KVEP sondern eine Frage der Softwareumsetzung (siehe Abschnitt 4.2.4).

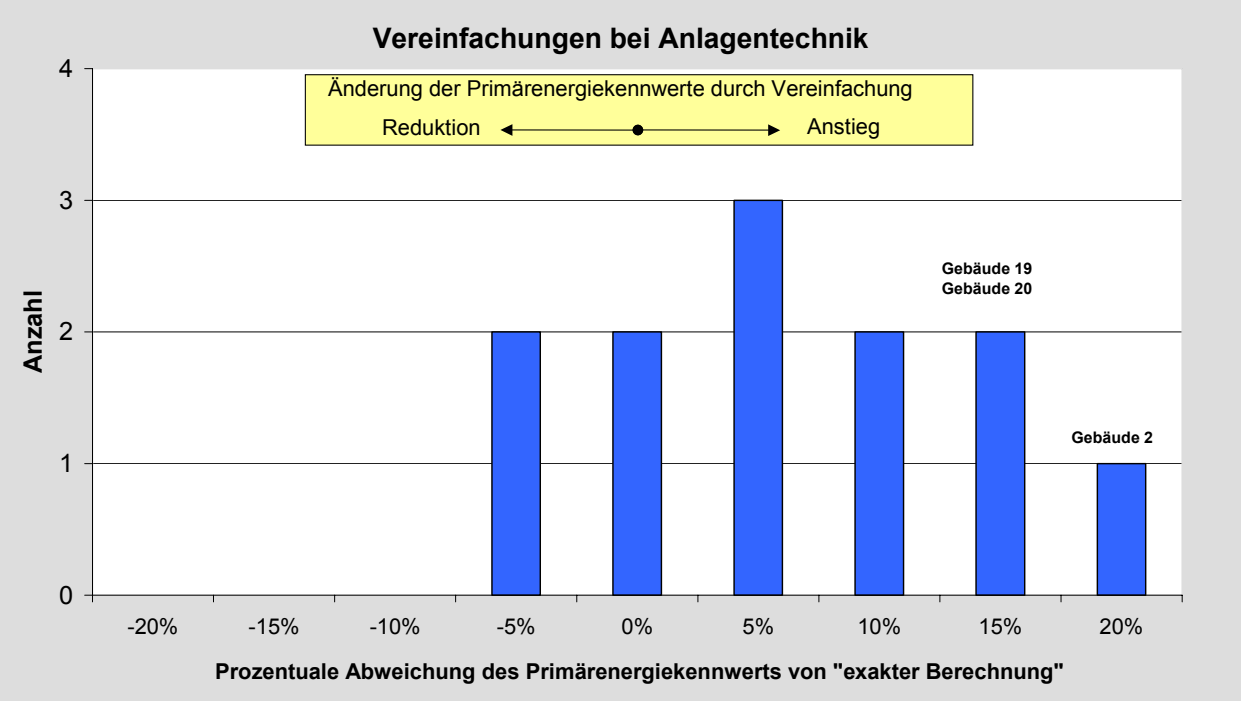



**Abbildung 4-7: Abweichungen im Primärenergiekennwert aufgrund der pauschalen Primärenergieaufwandszahlen für die Anlagentechnik**

Im Kurzverfahren Energieprofil werden die Verluste der Anlagentechnik tendenziell zu hoch eingeschätzt.

Die größten Differenzen ergeben sich für Gebäude 2. Ursache ist neben der konservativeren Einschätzung des Gas-Niedertemperaturkessels ein Baualterssprung zwischen 1994 und 1995 in KVEP (bzw. der zugrundeliegenden Norm DIN 4701 Teil 12). In der exakten Berechnung ist ein derartiger Baualterssprung nicht vorhanden.

Bei Gebäude 19 liegt ein Mischsystem aus Gas-, Kohle- und Elektroeinzelöfen vor. Dieses wird im KVEP als rein elektrische Versorgung abgebildet.

In Gebäude 20 ergeben sich die Unterschiede zum einen durch die etwas konservativere Bewertung des Brennwertkessels im KVEP. Zum anderen schlagen die etwas höheren Werte der Hilfsenergie bei dem geringen Primärenergiekennwert des Gebäudes in der Prozentdarstellung deutlicher zu Buche.

Werden die Vereinfachungen in allen drei Bereichen angewendet, ergibt sich die in Abbildung 4-8 dargestellte Abweichung von der exakten Berechnung.

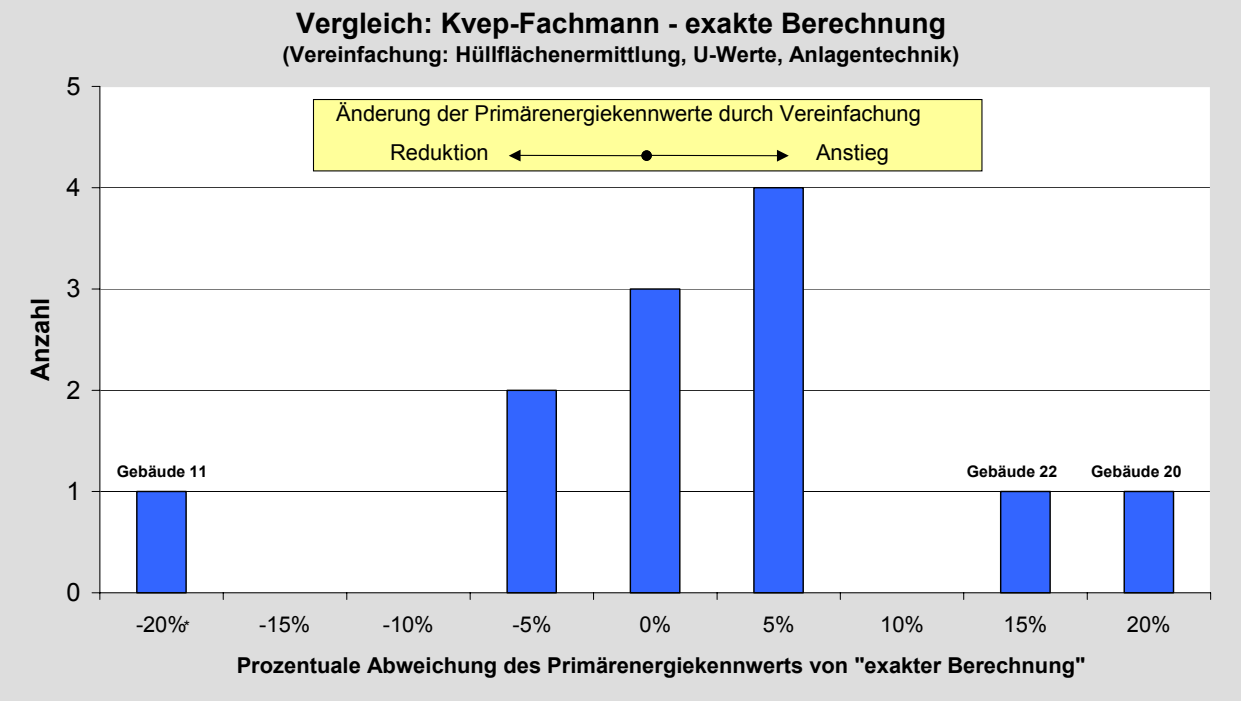



**Abbildung 4-8: Abweichungen im Primärenergiekennwert bei Anwendung alle Vereinfachungen: Hüllflächenermittlung, U-Werte und Anlagentechnik**

Für neun der 12 ausgewerteten Gebäude liegt die Abweichung von der exakten Berechnung zwischen +/- 5%. Dies ist eine gute Übereinstimmung.

Das Ergebnis bei Anwendung aller Vereinfachungen stimmt besser mit der exakten Berechnung überein als die alleinige Vereinfachung bei der Hüllflächenermittlung oder Anlagentechnik. Der Grund ist eine Kompensation, die zwischen den Fehlern in den drei Bereichen auftritt. So liegt beispielsweise der Primärenergiekennwert für Gebäude 2 nur um 1% unter dem der exakten Berechnung, obwohl sowohl bei der Flächenermittlung und der Bewertung der Anlagentechnik große Differenzen (allerdings mit unterschiedlichem Vorzeichen) auftreten.

Aus dem gleichen Grund weicht der Primärenergiekennwert des Gebäudes an Gebäude 22 deutlich von der exakten Berechnung ab. Die Abweichungen der einzelnen Vereinfachungen liegen jeweils in der Häufigkeitsklasse + 5 %. Damit findet in dem Fall keine Kompensation zwischen den Einzelfehlern statt und der Gesamtfehler liegt in der Klasse 15 %.

Für Gebäude 20 ergibt sich eine Verstärkung der Abweichung im Bereich der Anlagentechnik (14 %) durch die Abweichung bei der Hüllflächenermittlung von 4 %. Insgesamt ergibt sich eine prozentuale Abweichung von 19 %. In Abbildung 4-4 sticht dieses Gebäude nicht hervor, da aufgrund des guten energetischen Standards die absolute Abweichung mit 19 kWh/(m²a) gering ist.

### 4.2.2 Fehlerhafte Angabe für die Wohnfläche

Bei den Interpretationen der Abweichungen wurde bisher davon ausgegangen, dass die exakte Berechnung fehlerfrei ist und sie damit den energetischen Zustand der Gebäude richtig beschreibt. Nun ist aus der Praxis hinlänglich bekannt, dass insbesondere die detaillierte Ermittlung der Gebäudehüllfläche wie auch der Wohnfläche fehlerträchtig ist. Zudem gibt es in bestimmten Fällen keine eindeutigen Regeln zu Flächenermittlung (z. B. Kontaktflächen des Treppenhauses zum unbeheizten Dach- und Kellergeschoss, offene Abgänge in einen unbeheizten Keller).

Im vorliegenden Projekt wurde die Gebäudehüllfläche aus den Grundrisszeichnungen oder aus vor Ort aufgenommenen Gebäudeabmessungen ermittelt. Diese Berechnung wurde von einer zweiten Person kontrolliert, so dass die Flächen mit einer hohen Wahrscheinlichkeit richtig ermittelt sind. Die beheizte Wohnfläche wurde nach den Angaben der Eigentümer angesetzt. Bei fehlerhaften Angaben zur Wohnfläche besteht also die Möglichkeit, dass Wohnfläche und Hüllfläche nicht zueinander passen. Dies wurde bei Gebäude 11 und Gebäude 18 festgestellt. Die Wahrscheinlichkeit für derartige Fehler wird in der Praxis vermutlich noch höher liegen, da nicht der gleiche Zeitaufwand für die Flächenermittlung zur Verfügung steht wie in dem vorliegenden Projekt.

Bei KVEP kann ein derartiger Fehler nicht auftreten, da nur die Wohnfläche als Eingangsgröße dient. Die Gebäudehüllfläche wird aus dieser Größe abgeleitet.

Den Einfluss von Fehlern bei der Flächenermittlung (hier Wohnflächenermittlung) zeigt Abbildung 4-9. Beispielhaft untersucht wird ein Mehrfamilienhaus aus den 50er Jahren. Die tatsächliche Wohnfläche liegt bei 890 m².

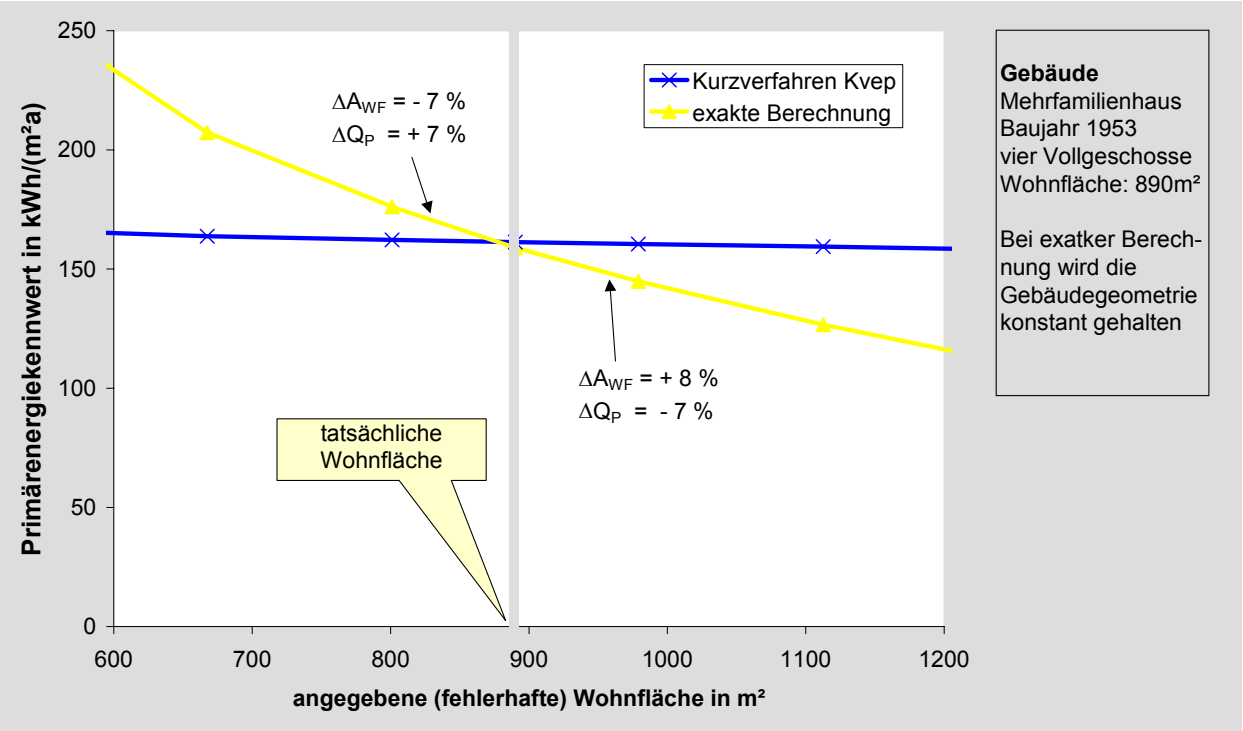



**Abbildung 4-9: Sensitivität des Primärenergiekennwertes auf Fehler bei der Ermittlung der Wohnfläche**

Das Kurzverfahren ist robust gegen Fehler bei der Wohnflächenermittlung. Der Primärenergiekennwert ändert sich nur in sehr beschränktem Maße. Wird die Wohnfläche bei dem Kurzverfahren KVEP größer oder kleiner als der tatsächliche Wert angegeben, wird die Gebäudehüllfläche automatisch auf- bzw. abskaliert. Das Gebäude wird also vergrößert oder verkleinert. Die Gebäudehülle steht damit immer in einem sinnvollen Verhältnis zur Wohnfläche. Desgleichen werden die Lüftungswärmeverluste angepasst, da das beheizte Luftvolumen über die Wohnfläche berechnet wird. Die Sensitivität von fehlerhaften Wohnflächenangaben auf den Primärenergiekennwert ist damit gering.

Für die exakte Berechnung ergibt sich eine hohe Sensitivität des Primärenergiekennwertes auf fehlerhafte Angaben zur Wohnfläche. Da Gebäudehüllfläche und Wohnfläche unabhängig voneinander ermittelt werden, können sich unplausible Situationen ergeben, bei denen Wohnfläche und Hüllfläche nicht zueinander passen. Dies beeinfluss den Primärenergiekennwert deutlich, da dieser als Quotient von absolutem Primärenergiebedarf und Wohnfläche berechnet wird. Entsprechend ergibt sich eine deutliche Änderung im Primärenergiekennwert.

Die Unschärfen durch die Vereinfachungen beim KVEP müssen vor diesem Hintergrund bewertet werden. Ein Unterschätzen der Wohnfläche um 25 % bewirkt in der exakten Berechnung einen Anstieg des Primärenergiekennwertes um 30 %, ein Überschätzen der Wohnfläche um 25 % eine Reduktion des Primärenergiekennwerts um 20 %.

Die in Abschnitt 3.2.1 bestimmten mittleren Unschärfen des KVEP durch die Flächenschätzung von +/- 7% (Standardabweichung des Primärenergiekennwerts), würde in der exakten Berechnung bei einem Fehler in der Wohnflächenermittlung von +8 % bzw. –7 % auftreten. Dies ist ein in der Praxis nicht unwahrscheinlicher Fehlerbereich für diese Größe.

Da die Wahrscheinlichkeit von Fehlern mit dem Umfang und der Komplexität der Datenaufnahme ansteigt, wird die exakte Berechnung in der Praxis selbst mit einer gewissen Unschärfe behaftet sein. Vor diesem Hintergrund relativiert sich die Unschärfe von KVEP.

### 4.2.3 Differenz bei vereinfachter Datenaufnahme durch Eigentümer und Fachmann

In diesem Abschnitt wird der Frage nachgegangen, welche Änderungen sich im Primärenergiekennwert ergeben, wenn die Datenaufnahme durch die Eigentümer und nicht durch Fachleute erfolgt.

Um dies zu beantworten wurden im Rahmen des Anwendungstests die Fragebögen zur Datenerhebung für das KVEP (siehe Anhang 1) zunächst vom Gebäudeeigentümer ausgefüllt. In einem zweiten Schritt wurden die Angaben von einem Fachmann im Rahmen eines Vor-Ort-Termins und eines Gesprächs mit den Eigentümern überprüft bzw. korrigiert. Diese Überprüfung geschah in den meisten Fällen im Rahmen der Datenerhebung für die exakte Berechnung.

Damit stehen zwei Eingabedatensätze für die Berechnung mit dem KVEP zur Verfügung:

1. Datenaufnahme durch Eigentümer
2. Datenaufnahme durch Fachmann.

Für beide Datensätze wird der Primärenergiekennwert berechnet und die Differenzen ermittelt. Einen qualitativen Eindruck von den sich ergebenden Kennwerten und den Vergleich mit der exakten Berechnung und dem Verbrauchskennwert gab bereits Abbildung 4-4 wieder. Im Weiteren werden die gewonnenen Ergebnisse diskutiert.

Als erstes Ergebnis kann festgehalten werden, dass alle Eigentümer den Fragebogen ausfüllen konnten. Es gab in keinem Fall die Rückkopplung, dass die Angaben zu umfangreich oder zu schwierig zu erheben seien.

In einzelnen Fällen waren Felder nicht ausgefüllt. Der Grund ist vermutlich nicht das fehlende Fachwissen, da es sich in der Regel um einfache Fragen handelte. Vielmehr scheint dem Anwender nicht auf den ersten Blick deutlich zu werden, welche Fragen er zu beantworten hat. Hier kann die Struktur des Fragebogens noch verbessert werden. Um die Fragebögen trotz fehlender Angaben verwenden zu können, wurde ein Schema entwickelt, über das nicht ausgefüllte Felder mit plausiblen und konservativen Werten ergänzt werden.

In einzelnen Fällen waren Fragen doppelt beantwortet. Dies trat insbesondere im Fall von Mischsystemen bei der Heizung oder Warmwasserbereitung auf. In dem Fall wurde das ineffizientere der angegebenen Systeme für die Berechnung angesetzt.

Um Differenzen zu bewerten, wurde für beide Fälle der Primärenergiekennwert berechnet und die prozentualen Abweichungen entsprechend Gl. 4-1 bestimmt. Als Referenzwert wird der Primärenergiekennwert KVEP-Fachmann angesetzt. Das Ergebnis zeigt Abbildung 4-10.

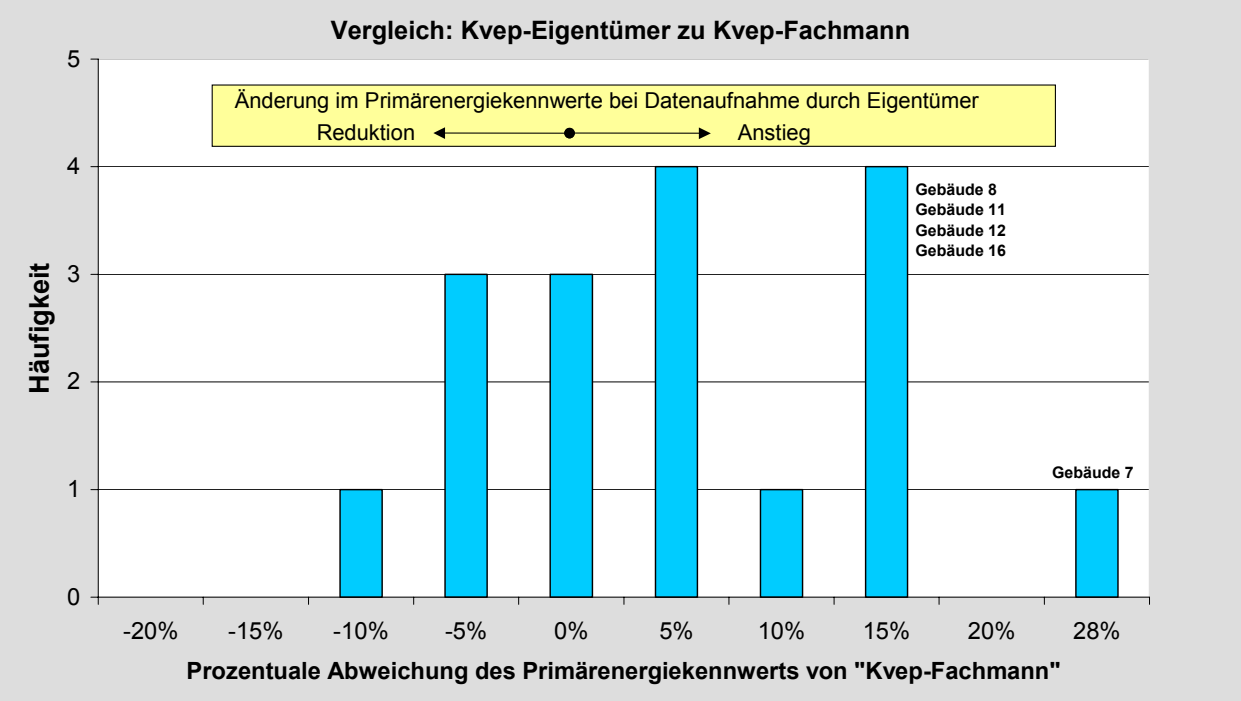



**Abbildung 4-10: Änderung im mit KVEP ermittelten Primärenergiekennwert bei Datenaufnahme durch die Eigentümer statt durch Fachleute**

Für 10 der 17 ausgewerteten Gebäude liegen die Abweichungen beim Primärenergiekennwert infolge der Datenerhebung durch den Eigentümer im Bereich von +/- 5 %, für 12 Gebäude im Bereich +/- 10 %.

Bei den verbleibenden fünf Gebäuden traten relevante Fehler bei der Datenerhebung auf. Die Ursachen sind in Abschnitt 4.2 erläutert und werden im Folgenden deswegen nur noch kurz benannt.

| | |
|---|---|
| Gebäude 7 | Dämmung im Dachbereich wurde wegen Fehleingabe nicht berücksichtigt |
| Gebäude 8 | Es wurde fälschlicherweise eine elektrische Warmwasserbereitung eingetragen |
| Gebäude 11 | gedämmte Warmwasserverteilleitungen wurden als ungedämmt angegeben |
| Gebäude 12 | Anzahl der Vollgeschosse wurde mit 2 anstatt mit 3 beziffert. |
| Gebäude 16 | Eine vorhandene Brennwertnutzung wurde nicht vermerkt. |

Die falschen Angaben zur Art der Warmwasserbereitung und zur Anzahl der Vollgeschosse können als Flüchtigkeitsfehler angesehen werden. Sie sind vermutlich in ähnlicher Weise auf unzureichende Unterlagen zu den Gebäuden zurückzuführen wie das Nichtangeben der Brennwertnutzung und einer Dämmung der Verteilleitungen. Über eine Datenaufnahme vor Ort könnten derartige Fehler vermieden werden.

Bei der Dachdämmung von Gebäude 7 handelt es sich um einen Sonderfall. So wurde eine nachträgliche Dämmung des Daches bei einem nicht beheizten Dachgeschoss angegeben (liegt auch tatsächlich vor). Bei einem nicht beheizten Dachgeschoss nimmt das Programm jedoch die oberste Geschossdecke als oberen Gebäudeabschluss an. Diese weist im vorliegenden Fall keine nachträgliche Dämmung auf, so dass vom Programm höhere Transmissionsverluste berechnet werden was, sich in einem höheren Primärenergiekennwert widerspiegelt. Um diesen mit der derzeitigen Softwareversion richtig abzubilden, muss dem Anwender die Modellbildung bei der Berechnung bekannt sein. Zukünftig kann dieser Fehler von der Software abgefangen werden.

Insgesamt hatten die Eigentümer mit dem Ausfüllen der Fragebögen offensichtlich keine größeren Schwierigkeiten. Größere Abweichungen im Primärenergiekennwert waren nur in wenigen Fällen auf tatsächlich fehlendes Fachwissen zurückzuführen. Es wird erwartet, dass über eine übersichtliche Gliederung des Fragebogens und vereinzelte zusätzliche Erläuterungen die Fehlerquote noch reduziert werden kann. Zudem sollte der Eigentümer auf die Notwendigkeit hingewiesen werden, die Angaben vor Ort zu überprüfen.

Trotz der Fehler bei der Datenaufnahme durch die Eigentümer entspricht die Abweichung von der exakten Berechnung etwa dem Wert, der sich bei Datenaufnahme durch den Fachmann ergibt (Standardabweichung im Primärenergiekennwert ca. 10 %). Der Grund ist, dass sich die in Abbildung 4-8 und Abbildung 4-10 gezeigten Unschärfen teilweise kompensieren. Der Mittelwert ist jedoch zu höheren Werten verschoben (7 % statt 2 %). Das bedeutet, dass sich für die hier untersuchten Fälle bei Verwendung der Angaben der Eigentümer im Mittel um 5 % höhere Primärenergiekennwerte berechnen als bei einer Datenaufnahme durch Fachleute. Diese hier gefundenen ersten Hinweis müssen durch weitere Untersuchung untermauert werden.

### 4.2.4 Hinweise zu Einsatzgrenzen und Weiterentwicklungspotenzial

Bei der Anwendung des KVEP wurden Fälle deutlich, in denen die Abbildung eines Gebäudes über das aufgrund der Vereinfachungen zu erwartende Maß hinaus schwierig war. Diese werden im Folgenden erläutert, um Einsatzgrenzen und auch Weiterentwicklungsbedarf beim Kurzverfahren aufzuzeigen.

Unterschieden wird zwischen Punkten, die auf

1. das methodische Verfahren oder
2. die Umsetzung durch das IWU in dem Exceltool KVEP.xls

zurückzuführen sind.

Methodisches Verfahren:

Nicht abgebildet werden können:

- besonders großzügige oder kleine Verkehrsflächen, da in KVEP immer ein mittleres Verhältnis Wohnfläche zu Nettogeschossfläche angenommen wird
- gegen Außenluft grenzende Fußbodenbereiche wie z. B. bei Tordurchfahrten oder auskragenden Geschossen.
- Loggien bzw. andere Vor- und Rücksprünge in der Fassade.

Umsetzung in Excel-Arbeitshilfe KVEP.xls

Das Kurzverfahren Energieprofil wurde in einer Excel-Arbeitshilfe KVEP.xls umgesetzt. Diese wurde für den Anwendungstest verwendet. Die Anwendung zeigte unterschiedliche Punkte der Gebäudemodellierung, die in der Software nicht abgebildet werden konnten (Stand 10. April 2006).

- Unterschiedliche Fenster: In KVEP können mehrere Fenstertypen eingegeben werden. Allerdings wird ein identischer Anteil an der Gesamtfensterfläche angenommen (zwei Fenstertypen: jeweils 50 % der Gesamtfensterfläche). Denkbar wäre es, den prozentualen Anteil für jeden Fenstertyp vom Anwender angeben zu lassen.
- Nachträgliche Außenwanddämmung: In KVEP wird eine nachträgliche Außenwanddämmung auch auf die Kelleraußenwände angewendet. Hier wäre eine Differenzierung in der Software möglich.
- Anteil der Kellerwände gegen Außenluft: In KVEP grenzen Kellerwände immer an Erdreich. Es wäre möglich, einen Prozentwert für die an Außenluft grenzenden Kellerwände anzugeben.
- Wiederaufgebaute Gebäude: Wurden Gebäude im Krieg zerstört und anschließend wiederaufgebaut, kommen Bauteile aus unterschiedlichen Baualtersklassen vor (z. B. Außenwände: Baualtersklasse bis 1918; Oberste Geschossdecke: Baualtersklasse 1949 – 1957). Es wäre denkbar, den Bauteilen unterschiedliche Baualtersklassen zuzuordnen.

- Bekannte U-Werte: In KVEP werden die U-Werte durch das Baualter und die Konstruktionsart festgelegt. Sind die U-Werte von Fenstern oder anderen Bauteilen bekannt, ist eine nachträgliche Korrektur zwar prinzipiell möglich aber umständlich. Es wäre denkbar, individuelle U-Werte zu erfassen und bei der Berechnung zu berücksichtigen. Auf diese Weise könnten auch Fälle abgebildet werden, in denen der Wärmeschutz der Bauteile von dem gesetzlichen Mindeststandard abweicht (z. B. Niedrigenergiehaus).
- Mischsysteme bei der Beheizung: Derzeit kann nur ein Heizsystem vorgesehen werden. Es wäre denkbar, dass mehrere Heizsystem vom Anwender definiert werden, wobei jeweils ein Deckungsanteil am Gesamtheizenergiebedarf angegeben werden muss.
- Mischsysteme bei der Warmwasserbereitung. Siehe Mischsysteme bei der Beheizung.

Bei der Umsetzung von Verfeinerungen bei der Datenerhebung und in der Software ist immer zu bedenken, dass eine weitere Differenzierung einen zusätzlichen Aufwand nach sich zieht. Der Wunsch einer möglichst differenzierten Eingabe muss immer mit dem Wunsch einer möglichst einfachen und schnellen Datenerfassung abgewogen werden. Aus dem Anwendungstest wurde deutlich, dass in den meisten Fällen die hier gewählte Form der Differenzierung ausreichend war. Erweiterungsbedarf ergab sich vor allem bei der Abbildung von Sonderfällen. Es ist denkbar, die hier aufgezeigten Punkte in einem zusätzlichen Fragebogen zusammenzufassen, der nur für die Abbildung von Sonderfällen herangezogen wird.

Neben der Berechnungssoftware ergab sich aus dem Anwendungstest auch für den Fragebogen ein Weiterentwicklungspotenzial.

<u>Vergessene Angaben oder zu viele Angaben.</u>
Der Fragebogen ist nicht für jeden Eigentümer in ausreichendem Maß selbsterklärend. In einigen Fällen sind erforderliche Angaben nicht gemacht worden, z.b. zur Anzahl der angrenzenden Nachbargebäude.

In anderen Fällen wurden mehrere Angaben gemacht, obwohl nur ein Eintrag zulässig war. Dieser Fehler trat insbesondere bei Mischsystemen zur Heizung und Warmwasserbereitung auf (im Fragebogen ist nur ein Eintrag zulässig).

<u>Verständnisfehler</u>
Es wurde nicht in jedem Fall von den Eigentümern richtig verstanden, wie die abgefragten Begriffe definiert sind. Entsprechende Erläuterungen wurden zwar in einem zweiseitigen Erläuterungsbogen gegeben (siehe Anhang). Dieser wurden jedoch nur selten gelesen. Klärende Hinweise müssen entsprechen möglichst weitgehend in den Fragebogen selbst aufgenommen werden, ohne dass dabei die Übersichtlichkeit verloren geht.

### 4.2.5 Verbrauchskennwert

Für 15 der 29 untersuchten Gebäude konnten Verbrauchskennwerte ermittelt werden. In neun der 15 Fälle waren die ermittelten Kennwerte zunächst unplausibel.

In acht Fällen war die Einheit des Verbrauchs falsch angegeben (Gas in m³ statt in kWh). Dies konnte für die Auswertung korrigiert werden.

In einem Fall wurde auf Nachfrage festgestellt, dass noch ein Kindergarten von der Heizzentrale versorgt wird. Die Angaben konnten damit nicht zur Auswertung hinzugezogen werden.

In sieben untersuchten Fällen werden von den Heizzentralen mehrere Gebäude versorgt. Die auf die hier untersuchten Gebäude entfallenden Anteile des Gesamtverbrauchs werden nicht gesondert gemessen, sondern mussten über die Wohnfläche abgeschätzt werden. Hierbei werden unterschiedliche energetischen Zustände der Gebäude sowie das jeweilige A/V-Verhältnis nicht berücksichtigt, so dass die ausgewiesenen Verbrauchskennwerte nur bedingt belastbar sind. Diese Verbrauchskennwerte sind in Abbildung 4-4 nicht als ausgefüllter roter Punkt sondern als Kreis gekennzeichnet.

Ein Vergleich des Verbrauchskennwertes mit der exakten Berechnung ist für sieben Fälle möglich. Das Ergebnis zeigt Abbildung 4-11.

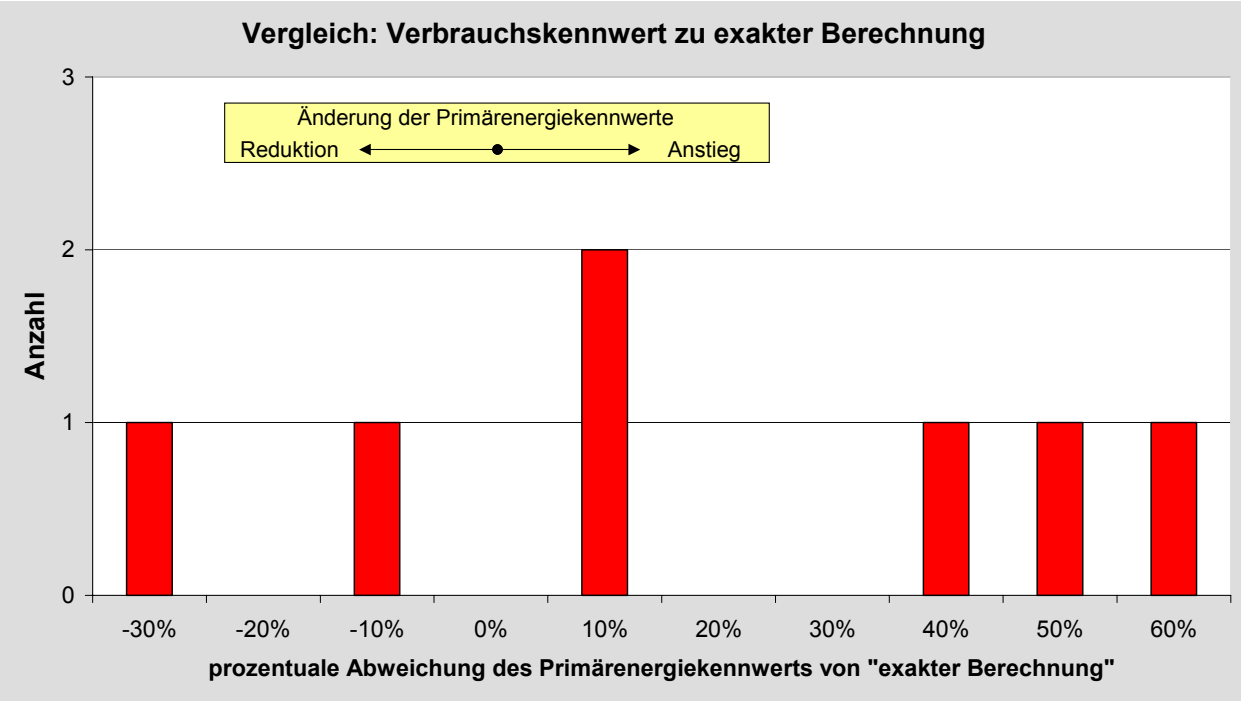



**Abbildung 4-11: Abweichungen des über den gemessenen Verbrauch ermittelten Primärenergiekennwerts von der „exakten Berechnung“**

Die auftretenden Abweichungen im Primärenergiekennwert liegen für die untersuchten Fälle zwischen -30 % und 60 %. Eine Interpretation dieser erheblichen Abweichungen ist nur sehr schwer möglich. In einigen Fällen können jedoch Hinweise gegeben werden.

Für drei Gebäude musste der Anteil am Gesamtverbrauch der Heizzentrale über die Wohnfläche ermittelt werden. Wie vorne erwähnt, sind diese Kennwerte nur bedingt aussagekräftig. Die Abweichung für diese Gebäude liegen in den Klassen 10 %, 50 % und 60 %.

Für das Gebäude der Klasse 30 % wurde im Nachhinein festgestellt, dass an zwei von vier Außenwänden eine Vormauerschale aus Porenbeton errichtet wurde, die zusätzlich als Wärmewiderstand wirkt. Diese ist in der Berechnung nicht enthalten. Allerdings zeigen gesonderte Berechnungen, dass hierdurch nur ein geringer Anteil der Differenz erklärt werden kann, so dass weiterhin eine erhebliche, nicht erklärbare Abweichung verbleibt.

Insgesamt bestätigt sich die in Abschnitt 2 getroffene Aussage, dass die Unterschiede zwischen berechneten und aus dem gemessenen Verbrauch ermittelten Energiekennwerten hoch sind.

Unabhängig davon ist es sinnvoll, den gemessenen Heizenergieverbrauch bei der Datenaufnahme zu erfragen, um bei der Energieberatung einen Abgleich zwischen Verbrauch und Berechnung vorzunehmen. Dadurch wird sichergestellt, dass die ausgewiesene Einsparung im richtigen Verhältnis zum tatsächlichen Verbrauch steht.

## 4.3 Zeitaufwand für die Datenerhebung

In dem Fragebogen zum KVEP (siehe Anhang 1) wurde der Zeitaufwand abgefragt, der bei den Eigentümern für das Ausfüllen der Fragen zum KVEP (Seite 1 und 2) und zum gemessenen Heizenergieverbrauch (Seite 3) erforderlich war. Insgesamt wurden 29 Angaben zum KVEP und 15 Angaben zum Verbrauchskennwert gemacht. Das Ergebnis ist in Abbildung 4-12 dargestellt.

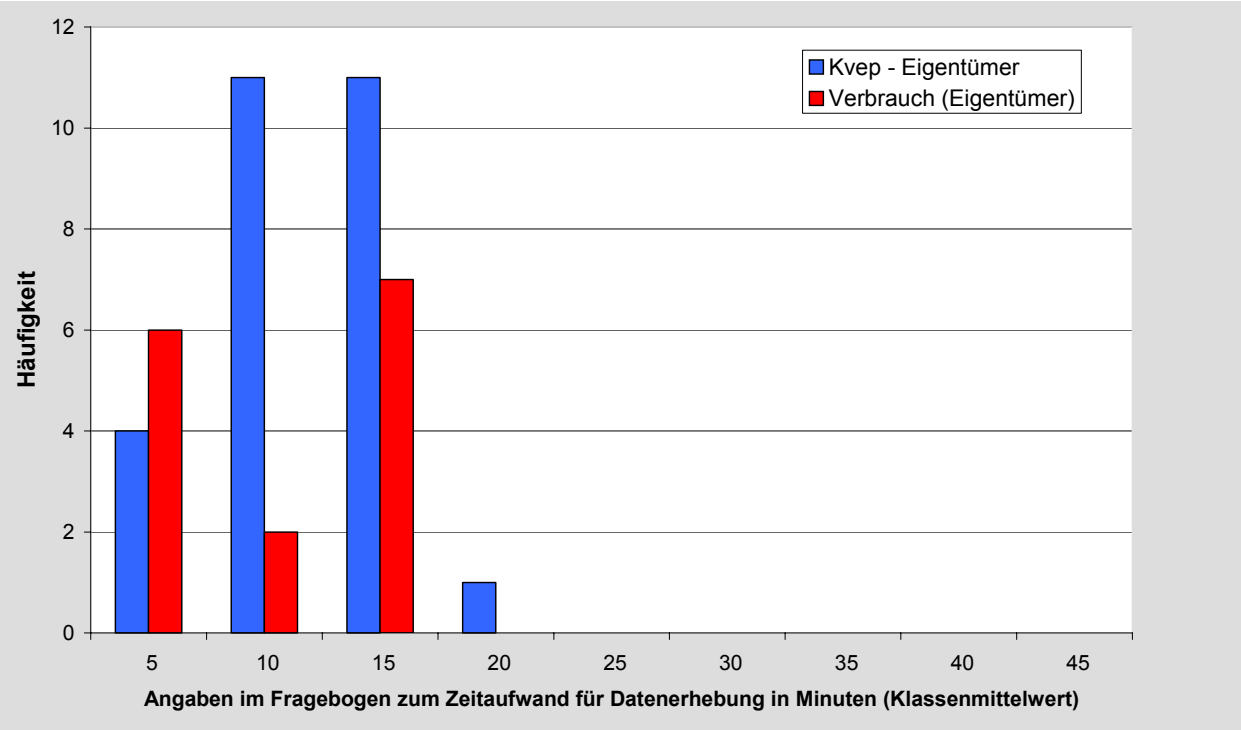



**Abbildung 4-12: Im Fragebogen von den Eigentümern angegebener Zeitaufwand zum Ausfüllen der entsprechenden Fragen**

Der Zeitaufwand für die Datenerhebung beim Verbrauchskennwert liegt zwischen 5 und 15 Minuten, wobei zwei Maxima bei 5 und 15 Minuten auftreten. Für das KVEP liegt der Zeitaufwand in dem gleichen Bereich, wobei in einem Fall ein Aufwand von 20 Minuten angegeben wurde. Die überwiegende Anzahl der Fälle liegt bei 10 bis 15 Minuten.

Der Zeitaufwand für die Datenerhebung durch den Fachmann wurde aus der Erfahrung im Rahmen der Projektbearbeitung abgeschätzt. Nicht berücksichtigt sind dabei die An- und Abfahrtszeiten und die allgemeinen Gespräche, die mit dem Eigentümer geführt wurden. Insgesamt ergab sich ein Aufwand für die vereinfachte Datenaufnahme des KVEP durch den Fachmann von 10 bis 20 Minuten.

Für die exakte Berechnung entstand im Rahmen der Projektbearbeitung ein Zeitaufwand für die Datenerhebung von drei bis fünf Stunden. Dieser setzt sich zusammen aus dem höheren

Zeitaufwand für den Ortstermin, das Nacharbeiten und Klären von Einzelfragen sowie insbesondere dem Aufwand für die Ermittlung der Flächen der Gebäudehülle. Besonders aufwändig sind dabei die Bewertung von Vor- und Rücksprüngen in der Fassade, die Ermittlung der Fensterflächen und die oft komplizierte Ermittlung der Kontaktflächen des Treppenhauses zum ungeheizten Keller und/oder Dachgeschoss.

In Abbildung 4-13 sind die Zeiten im Vergleich dargestellt. Ergänzt wurde ein Zeitintervall für die Datenaufnahme mit vereinfachter Flächenermittlung. Hier wird die Hüllfläche über die Hauptabmaße ermittelt. Die Wärmeverluste über die vernachlässigten Flächen können durch pauschale Faktoren berücksichtigt werden. Dieser Wert ist ein Erfahrungswert aus der Energieberatung und wurde nicht im Rahmen des Projektes ermittelt.

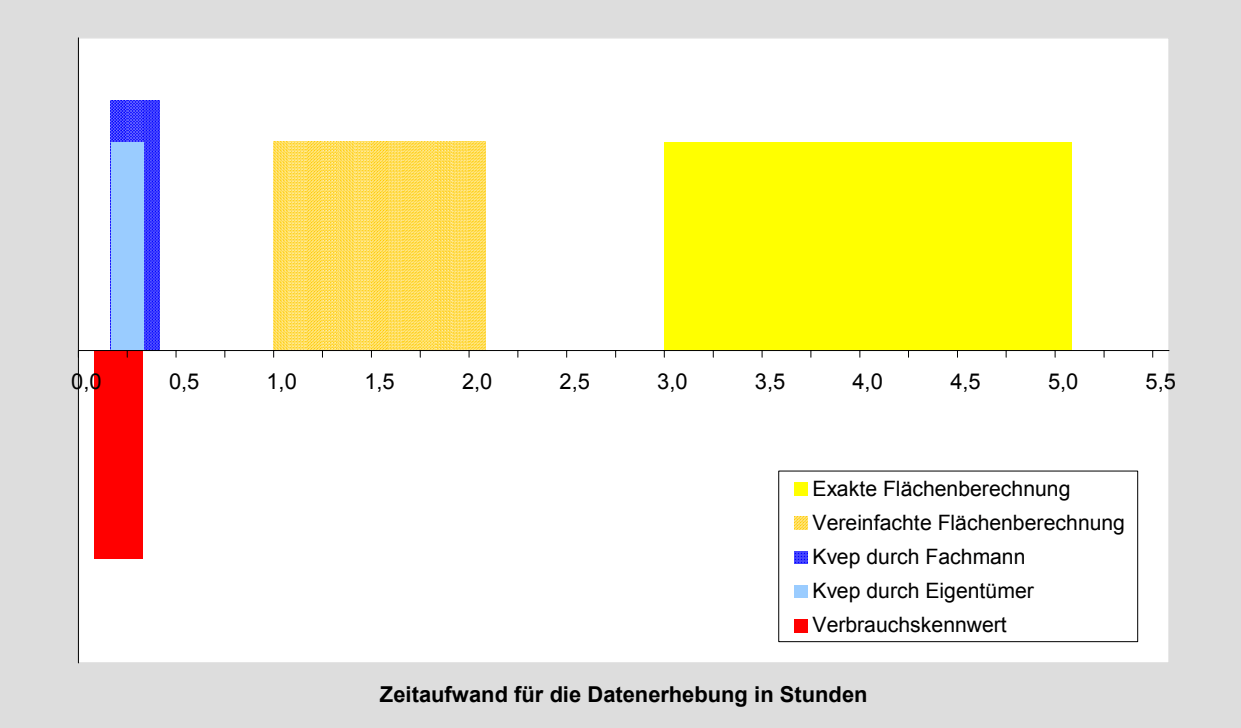



**Abbildung 4-13: Zeitaufwand für die Datenerhebung zur Ermittlung des Primärenergiekennwertes für die unterschiedlichen Verfahren**

Der mittlere Zeitaufwand für die KVEP-Datenerhebung durch die Eigentümer beträgt 12 Minuten. Dies entspricht einer entscheidenden Reduktion des Zeitaufwandes gegenüber der exakten Ermittlung. Hier ist für die Datenerhebung ein mittlerer Zeitaufwand von 4 Stunden erforderlich. Selbst gegenüber einer Aufnahme mit vereinfachter Flächenberechnung reduziert sich der Zeitaufwand noch etwa um den Faktor 8.

Ein vergleichbares Ergebnis ergibt sich auch für den Fall, dass die KVEP-Datenerhebung durch den Fachmann erfolgt (Mittelwert 15 Minuten). Nicht berücksichtigt sind dabei An- und Abfahrtszeiten sowie allgemeine Gespräche mit dem Eigentümern.

Für die Ermittlung der Daten des Verbrauchskennwertes ergab sich aus der Auswertung der Fragebögen ein mittlerer Zeitaufwand von 9 Minuten. Nicht enthalten ist dabei der Zeitaufwand für die Bestimmung der Wohnfläche, da diese bereits bei den Angaben zum KVEP abgefragt wird. Die Datenerhebung für KVEP und Verbrauchskennwert liegt damit in dem gleichen Bereich.

Die hier gemachten Angaben beziehen sich nur auf die Datenerhebung. Der Aufwand für die Eingabe der Daten in die Software und die Plausibilitätskontrolle ist nicht enthalten. Da für das KVEP deutlich weniger Eingabedaten erforderlich sind, ist davon auszugehen, dass sich der Aufwand für Eingabe und Plausibilitätskontrolle beim KVEP in ähnlicher Weise gegenüber der exakten Berechnung reduziert wie der Aufwand zu Datenerhebung.

## 4.4 Zusammenfassung und Ausblick

Mit dem Verbrauchskennwert, dem Kurzverfahren Energieprofil und dem ingenieurmäßigen Verfahren stehen drei Ansätze für die energetische Bewertung von Gebäuden zur Verfügung. Kurzverfahren und ingenieurmäßiges Verfahren unterscheiden sich dabei im Wesentlichen durch den Umfang der Datenaufnahme. Im Rahmen des Anwendungstests wird der Zeitaufwand und die Genauigkeit bei der energetischen Bewertung der unterschiedlichen Verfahren näher beleuchtet. Dabei können aufgrund der geringen Anzahl der Gebäude keine statistisch abgesicherten Aussagen sondern nur erst Hinweise gegeben werden können.

Im Rahmen des Anwendungstests werden die Primärenergiekennwerte für mehrerer Gebäuden nach dem ingenieurmäßigen Verfahren (exakte Berechnung), dem Kurzverfahren (KVEP) und aus dem gemessenen Verbrauch bestimmt. Für das Kurzverfahren erfolgt die Datenaufnahme zum einen durch die Eigentümer (KVEP-Eigentümer) zum anderen durch Fachleute (KVEP-Fachleute).

Der Vergleich der Primärenergiekennwerte zeigt, dass die Bewertung der energetischen Qualität für den Fall der vereinfachten Datenaufnahme durch den Fachmann (KVEP-Fachmann) gut mit der exakten Berechnung übereinstimmt. Tendenziell liegen die Primärenergiekennwerte des KVEP etwas höher.

Wird die Datenerhebung für KVEP durch die Eigentümer vorgenommen (KVEP-Eigentümer), ergeben sich durch fehlerhafte Angaben Veränderungen in den Primärenergiekennwerten. Gegenüber der exakten Berechnung erhöht sich der Mittelwert der Primärenergiekennwerte um 5 %, d. h. die Gebäude werden im Mittel etwas schlechter bewertet. Die Streuung gegenüber der exakten Berechnung entspricht dem Fall der Datenerhebung durch Fachleute (KVEP-Fachmann). Die Analyse der von den Eigentümern gemachten Fehler legt die Vermutung nahe, dass durch eine weitere Verbessung des Fragebogens die Fehlerquote reduziert werden kann.

Von den Eigentümern wurde in dem Fragebogen die Zeit zum Ausfüllen der Daten zum KVEP im Mittel mit 12 Minuten, für die Daten zum Verbrauchskennwert mit 9 Minuten angegeben. Aus der Projektbearbeitung ergab sich ein mittlerer Zeitaufwand (ohne An- und Abfahrt) für die vereinfachte Datenaufnahme durch den Fachmann von 10 bis 20 Minuten und für die exakte Erhebung von 3 bis 5 Stunden. Dies zeigt, dass mit dem KVEP eine entscheidende Reduktion des Zeitaufwandes für die Berechnung möglich ist. Der Zeitaufwand ist mit dem des Verbrauchskennwertes vergleichbar.

Zukünftig ist es wünschenswert, die hier gemachten Aussagen durch weitere Untersuchungen zu untermauern. Zudem sollte die Software und der Fragebogen auf den Erfahrungen des Anwendungstests weiter verbessert werden.

# Literaturverzeichnis


[AHEP 2004] Loga, T.; Diefenbach, N.; Born, R.: Energetische Bewertung von Bestandsgebäuden. Arbeitshilfe für die Ausstellung von Energiepässen; Broschüre erstellt im Auftrag der Deutschen Energieagentur GmbH (dena); Darmstadt/Berlin, März 2004

[Alles/Knissel 2006] Alles, Roland; Jens Knissel: Modellprojekt Ökologischer Mietspiegel Darmstadt; Institut Wohnen und Umwelt; Darmstadt, 2006 (noch unveröffentlicht)

[Bially] Energieberatungssoftware: Energiepass Hessen; Ingenieurbüro Bially, Am Hang 26; 61130 Nidderau

[Clauß 1977] Clauß, G.; H. Ebner : Grundlagen der Statistik ; Harri Deutsch Verlag; Thun und Frankfurt am Main; 1977

[Eicke-Hennig 1998] [Eicke-Hennig 1998] Eicke-Hennig, W.: Niedrigenergiehäuser - Der Einfluß des Nutzerverhaltens; Bundesbaublatt Heft 1/98

[EPHW] Loga, Tobias; Ulrich Imkeller-Benjes: Energie-Pass Heizung/Warmwasser; Institut Wohnen und Umwelt; Darmstadt, 1997

[Feist 1997] Feist, W.: Meßergebnisse zur Nutzerstreuung des Energieverbrauchs bei ausgewerteten Bauprojekten; Protokollband Nr. 9 „Nutzerverhalten“ des Arbeitskreises Kostengünstige Passivhäuser; Passivhaus-Institut, Darmstadt 1997

[Knissel/Alles 2003] Knissel, Jens; Roland Alles: Ökologischer Mietspiegel - Empirische Untersuchung über den möglichen Zusammenhang zwischen der Höhe der Vergleichsmiete und der wärmetechnischen Beschaffenheit des Gebäudes; Institut Wohnen und Umwelt; Darmstadt, 2003

[Loga 2005] Loga; Tobias; Nikolaus Diefenbach, Jens Knissel, Rolf Born: Kurzverfahren Energieprofil – Ein vereinfachtes, statistisch abgesichertes Verfahren zur Erhebung von Gebäudedaten für die energetische Bewertung von Gebäuden; Fraunhofer IRB-Verlag; Stuttgart 2005

[Loga et al. 2003] Loga, Tobias; Großklos, Marc; Knissel, Jens: Der Einfluss des Gebäudestandards und des Nutzerverhaltens auf die Heizkosten – Konsequenzen für die verbrauchsabhängige Abrechnung. Eine Untersuchung im Auftrag der Viterra Energy Services AG, Essen; IWU Darmstadt, Juli 2003

[Loga/Großklos 2003] Loga, Tobias; Großklos, Marc: Messwerte für Raumlufttemperaturen in Wohngebäuden und Konsequenzen für DIN 18599; Dokument NABau 00.82.00 N_0078; IWU, Darmstadt 2003

[Weidlich 1987] Ingenieurgesellschaft Weidlich: „Energiegutachten Wohnhausgruppe 906“; im Auftrag des Senators für Wirtschaft und Arbeit; Berlin 1987

# Anhang 1: Fragebogen und Erläuterungen für das Kurzverfahren KVEP

**Fragebogen - Kurzverfahren Energieprofil S.1**

*Da der Fragebogen automatisch eingelesen wird, bitte deutlich in Druckbuchstaben schreiben und einen schwarzen Schreiber (Kugelschreiber, Filzstift, Bleistift) verwenden. Erläuterungen zu den Fragen finden Sie am Schluß des Bogens.*

**Gebäude**

Straße: Hausnr.:

(1) Postleitzahl: Ort:

(2) **Eigentümer / Ansprechpartner** *Bitte nur einen Ansprechpartner nennen*

Vorname: Nachname:

Wohnungsunternehmen / Firma

Straße: Hausnr.:

Postleitzahl: Ort:

(3) **Anzahl Vollgeschosse**

(4) **Anzahl Wohnungen**

(5) **beheizte Wohnfläche** (gerundet) ,0 m²

(6) **Baujahr ca.**

Eintrag nur, wenn Raumhöhe kleiner 2,3m oder größer 2,7m

(7) **lichte Raumhöhe (ca.)** , m

**direkt angrenzendes Nachbargebäude** (8)

- keins (freistehend)
- auf einer Seite
- auf zwei Seiten

**Grundriss** (9)

- kompakt
  Länge max. 3 * Breite
- langgestreckt oder gewinkelt oder komplex

**Dach** (10)

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

**Keller** (11)

- nicht unterkellert
- unbeheizter Keller
- teilweise beheizter Keller
- voll beheizter Keller

**Konstruktionsart und nachträgliche Dämmung** (12)

| | Konstruktionsart massiv | Konstruktionsart Holz | nachträglich aufgebrachte Dämmung Dämmstärke gerundet | | auf % der dämmbaren Fläche | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Dach** (wenn Dachgeschoss beheizt) | ☐ | ☐ | | cm | | % |
| **oberste Geschossdecke** (wenn Dachgeschoss nicht beheizt) | ☐ | ☐ | | cm | | % |
| **Außenwände** | ☐ | ☐ | | cm | | % |
| **Fußboden** zum Keller oder Erdreich | ☐ | ☐ | | cm | | % |

**Fenster**

- ☐ Holzfenster, einfach verglast
- ☐ Holzfenster, 2 Scheiben Isolierverglasung, Kastenfenster, Verbundfenster
- ☐ Kunststofffenster, Isolierverglasung
- ☐ Alu- oder Stahlfenster, Isolierverglasung

(13) Jahr des Fenstereinbaus (ca.), falls nachträglich ausgetauscht

6070271744

**Fragebogen - Kurzverfahren Energieprofil S.2**

5125271744

## Heizung

**Zentralheizung**

○ Kessel oder Therme

Brennstoff
○ Erdgas / Flüssiggas
○ Heizöl
○ Scheitholz / Pellets

Baujahr
○ bis 1986
○ 1987-1994
○ ab 1995

bei Gas- oder Ölkessel
Kesseltemperatur ○ konstant ○ gleitend
☐ mit Brennwertnutzung

14

○ Elektrospeicher / Elektro-Wärmepumpe

Wärmeerzeugung
○ nur El.-Wärmepumpe
○ El.-Wärmep. mit Heizstab
○ El.-Wärmep. + Kessel
○ nur Elektro-Heizstab

Wärmequelle El.Wärmep.
○ Außenluft
○ Erdreich / Grundw.

Baujahr El.Wärmepumpe
○ bis 1994 ○ ab 1995

○ Fern- / Nahwärme

Wärmeerzeugung
○ Kessel / Heizwerk
○ Heizkraftwerk / BHKW
☐ Anteil Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplung > 50%
○ nicht bekannt

**Heizungsverteilleitungen**

Baualter / Dämmstandard der Verteilleitungen
○ 50er bis 70er Jahre
☐ nachträglich gedämmt
○ 80er und 90er Jahre
○ ab 2000

15

**Wohnungsweise Beheizung**

○ Gas-Etagenheizung (Umlaufwassererhitzer)
☐ mit Brennwertnutzung

Einbau ○ bis 1994 ○ ab 1995

**Raumweise Beheizung**

○ Einzelöfen
○ Gasraumheizgeräte

Brennstoff für Einzelöfen
○ Heizöl ○ Kohle ○ Holz

○ Elektroheizgeräte oder Elektro-Nachtspeicherheizung

**Mischsystem / Sonstiges**

○ Gas-Etagenheizung und Einzelöfen/-heizgeräte oder sonstiges hier nicht aufgeführtes Heizsystem

## Warmwasserbereitung

○ kombiniert mit Zentralheizung (s.o.)
○ zentraler Gas-Speicherwassererwärmer
○ zentraler Elektro-Speicher
○ Kellerluft-/Abluft-Wärmepumpe

**Zentrale Warmwasserbereitung**
☐ mit Warmwasserzirkulation
☐ mit thermischer Solaranlage

Baualter Wärmeverteilung
○ 50er bis 70er Jahre ○ 80er & 90er Jahre ○ ab 2000
☐ nachträglich gedämmt

○ kombiniert mit Gas-Etagenheizung (s.o.)
○ Gas-Durchlauferhitzer
○ Elektro-Durchlauferhitzer
○ Elektro-Speicher / -Kleinspeicher

**Einbau Speicher bzw. Durchlauferhitzer**
○ bis 1994 ○ ab 1995

**Fragebogen - Kurzverfahren Energieprofil S.3**

6301271741

***Nur bei zentralbeheizten Gebäuden ausfüllen:***

**Energieverbrauch der letzten 3 Jahre**

**Verbrauchswert** (16) **im Jahr**

**Einheit und Energieträger** (nur ein Kreuz)

- ◯ Liter Heizöl
- ◯ m³ Erdgas
- ◯ kWh Erdgas
- ◯ MWh Erdgas
- ◯ Liter Flüssiggas
- ◯ kWh Fernwärme
- ◯ kWh Strom
- ◯ Raummeter Holz
- ◯ Schüttkubikmeter Kohle

**Verbrauchswert für** (17)

- ◯ Heizung (ohne Warmwasser)
- ◯ Heizung und Warmwasser

**Wurde zusätzlich zu dem oben angegebenen Verbrauch ein anderer Brennstoff oder Strom zum Heizen eingesetzt ?** (18)

◯ gar nicht ◯ wenig ◯ häufig

**Wurden in den letzten 3 Jahren energetische Verbesserungen durchgeführt ?**

**Nein** ☐

| **Ja, im Bereich der** | **Jahr der Durchführung** |
|---|---|
| ☐ Fenster | |
| ☐ Dämmung | |
| ☐ Heizungsanlage | |

**Bitte geben Sie an, wieviel Zeit Sie (ungefähr) für das Ausfüllen des Fragebogens benötigt haben (inkl. Beschaffung der Daten):** (19)

| | | |
|---|---|---|
| Für die Seiten 1 und 2 (Gebäude und Heizung) | | Minuten |
| Für die Seite 3 (Energieverbrauch) | | Minuten |

***Vielen Dank für Ihre Mühe***

Fragebogen - Kurzverfahren Energieprofil mit Verbrauchserfassung 2005
IWU, Annastr.15, 64285 Darmstadt
Tel. 06151 - 2904 -75 (Di-Do)
Email: k.mueller@iwu.de

**Kurzverfahren Energieprofil** **Erläuterungen zum Fragebogen**

**Da der Fragebogen automatisch eingelesen wird, bitte deutlich in Druckbuchstaben schreiben und einen schwarzen Stift (Kugelschreiber, Filzstift oder Bleistift) verwenden.**

1 **Adresse:** Daten für Gebäudeidentifikation. Bei verschiedenen Gebäuden mit gleicher Hausnummer bitte beim Straßennamen entsprechendes Kürzel ergänzen, z.B. Vorderhaus: VH, Seitenflügel links: SF-l, Hinterhaus: HH.

2 **Eigentümer:** Bei mehreren Eigentümern oder Wohnungsbaugesellschaften bitte einen Ansprechpartner benennen.

3 **Anzahl Vollgeschosse:** ohne Dachgeschoss und ohne Kellergeschoss, auch wenn diese Wohnräume enthalten. Ein Dachgeschoss liegt vor, wenn Räume mit Dachschrägen vorhanden sind.

4 **Anzahl Wohnungen:** Anzahl der Wohnungen im Gebäude.

5 **beheizte Wohnfläche:** beheizter Teil der Wohnfläche; kann dem Bauantrag, den Mietverträgen oder der Heizkostenabrechnung entnommen werden. Sind Kellerräume beheizbar (d.h. mit Heizflächen ausgestattet), zählt die Nutzfläche dieser Räume auch zur "beheizten Wohnfläche").

6 **Baujahr:** Wenn das Baujahr des Gebäudes nicht genau bekannt ist, reicht eine Schätzung. Im Falle von späteren Erweiterungen ist das Jahr dieser Maßnahme anzugeben, sofern mehr als 50% der Wohnfläche in dem erweiterten Gebäudeteil liegt.

7 **lichte Raumhöhe:** gemessen von der Oberseite Fußboden bis zur Unterseite Decke. Liegen unterschiedliche lichte Raumhöhen vor, ist ein Mittelwert anzugeben. Ein Wert muss nur eingetragen werden, wenn die Raumhöhe über 2,70 m oder unter 2,30 m liegt.

8 **direkt angrenzende Nachbargebäude:** liegt vor, wenn die dem Nachbargebäude zugewandte Wandfläche zu mehr als 50 % unmittelbar an das Nachbargebäude grenzt. Steht das Nachbargebäude nicht in unmittelbarem Kontakt (Traufgasse), so gilt es nicht als direkt angrenzend

9 **Grundriss:** kompakt ist ein Grundriss, wenn er etwa die Form eines Quadrats oder Rechtecks hat und die Gebäudelänge höchstens das Dreifache der Gebäudebreite beträgt.

10 **Dach:** Ist die Dachneigung kleiner als 30°, so muss "Flachdach oder flach geneigtes Dach" angekreuzt werden. Ein "teilweise beheiztes" bzw. "voll beheiztes" Dachgeschoss liegt vor, wenn die nutzbaren Flächen im Dachgeschoss teilweise bzw. vollständig mit einer Beheizungsmöglichkeit ausgestattet sind. Ein unbeheizter Spitzboden wird bei dieser Bewertung vernachlässigt.

11 **Keller:** Ein "teilweise beheiztes" bzw. "voll beheiztes" Kellergeschoss liegt vor, wenn die nutzbaren Flächen im Kellergeschoss teilweise bzw. vollständig mit einer Beheizungsmöglichkeit ausgestattet sind. Die entsprechende Nutzfläche ist in diesem Fall der "beheizten Wohnfläche" hinzuzurechnen (siehe Erläuterung zur "beheizten Wohnfläche").

12 **Konstruktionsart:** gemeint ist die jeweils überwiegende Konstruktionsart. Zum Beispiel ist im Fall von Fachwerk- und Fertighauswänden, bei Holzbalkendecken, Steildächern (Pfetten-/Sparrendach) jeweils "Holz" anzukreuzen. Im Fall von gemauerten Wänden oder Betonbauteilen ist dagegen jeweils "massiv" zu wählen.
**nachträgliche Dämmung:** Anrechenbar ist die Dicke von Dämmstoffen mit einer Wärmeleitfähigkeit von max. 0,05 W/(m·K) (WLG 050). Bei Mineralwolle, Styropor oder Zellulosedämmstoff ist dies in der Regel gegeben. Ist die Wärmeleitfähigkeit besser als der Standardwert von 0,04 W/(m·K), darf eine äquivalente Dämmstoffdicke berechnet und eingetragen werden.

13 **Bauart Fenster:** Bei Holzfenstern mit Isolierverglasung ist "Holzfenster, zwei Scheiben" zu wählen. Liegt Wärmeschutzverglasung vor, wird Isolierverglasung angekreuzt (Standardannahme: Isolierverglasung ab 1995 entspricht 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung).

**Jahr des Fenstereinbaus:** Wurden die Fenster nur teilweise oder sukzessive ersetzt, so ist das Jahr einzutragen, in dem der größte Teil der Fenster ausgetauscht wurde.

**Fragebogen Blatt 2 - Heizungsanlage**

**Grauer Balken:** Auf dem grauen Balken am linken Rand muss jeweils ein System für die Heizung und ein System für die Warmwasserbereitung ausgewählt werden. Dieses System wird durch die Angaben rechts davon näher bestimmt. Sollten mehrere Systeme in dem Gebäude vorhanden sein, ist das System zu wählen, das den überwiegenden Teil der Wärme bereitstellt.

**Auswahlfelder:** Bei runden Auswahlfeldern darf pro Kasten nur ein Feld angekreuzt werden. Bei quadratischen Feldern ist die Wahl mehrerer Felder möglich.

**Kessel oder Therme**

(14) **Kesseltemperatur konstant:** Kesseltemperatur bleibt die Heizperiode über gleich hoch (70 bis 90°C); zu wählen bei "Standardkesseln" bzw. "Konstanttemperaturkesseln"

**Kesseltemperatur gleitend:** Kesseltemperatur wird bei milder Witterung automatisch abgesenkt (auf ca. 30 bis 40 °C); zu wählen im Fall von "Niedertemperaturkesseln" oder "Brennwertkesseln"

Ist bei einem Einfamilienhaus der Gaskessel bzw. die Therme in einem beheizten Raum installiert, kann "Gas-Etagenheizung" gewählt werden.

(15) **Wärmeverteilung**

**Baualter/Dämmstandard**

**50er bis 70er Jahre:** zu wählen wenn die Rohrleitungen der Heizwärmeverteilung in den 50er, 60er oder 70er Jahren eingebaut wurden (erkennbar z.B. an der Gipsverkleidung), die Dämmstärke entspricht etwa dem halben Rohrdurchmesser

**nachträglich gedämmt:** ankreuzen, wenn die Leitungen im zugänglichen Bereich (unter der Kellerdecke) nachträglich gemäß Heizungsanlagenverordnung (HeizAnlV) gedämmt wurden; die Dämmstärke entspricht dann etwa dem Rohrdurchmesser.

**80er und 90er Jahre:** die Dämmstärke entspricht etwa dem Rohrdurchmesser; sind jedoch Abschnitte der im unbeheizten Bereich verlegten Leitungen ungedämmt, muss "50er bis 70er" gewählt werden

**ab 2000:** gedämmt nach Energieeinsparverordnung; die Dämmstärke entspricht überall (auch Bögen, Verzweigungen...) mindestens dem Rohrdurchmesser.

**Fragebogen Blatt 3 - Verbrauchskennwerte**

(16) **Verbrauchswert:** ist nur bei zentral beheizten Gebäuden anzugeben. Er bezieht sich auf das gesamte Gebäude und muss immer ein ganzes Jahr umfassen. Er kann der Heizkostenabrechnung des Versorgers entnommen werden, da diese in der Regel neben dem wohnungsbezogenen Verbrauch auch den Verbrauch (mit Einheit) bezogen auf das Gebäude angibt.

(17) **Verbrauchswert für:** "Heizung und Warmwasser" ist auch anzukreuzen, wenn nur das Bad aber nicht die Küche von der zentralen Heizungsanlage mit Warmwasser versorgt wird.

(18) **Zusätzlich anderer Brennstoff oder Strom:** Beispiele für "wenig": gelegentliche Nutzung eines elektrischen Heizlüfters oder eines Holzofens/offernen Kamins in einem Raum. Dezentrale elektrische Warmwasserbereitung in der Küche bei zentraler Warmwasserbereitung im Bad.

(19) **Zeit zum Aufüllen des Fragebogens:** Bitte immer - d.h. auch bei nicht zentral beheizten Gebäuden - angeben.

# Anhang 2: Beschreibung der im Anwendungstest untersuchten Gebäude

| | |
|---|---|
| | **Gebäude 1**<br>Baujahr: 1921<br>Wohnfläche: 158 m²<br>Anzahl Vollgeschosse: 1<br>Anzahl Wohneinheiten: 1<br><br>Nachträgliche Dämmung<br>• nein<br>Holzfenster mit Isolierverglasung<br><br>Heizung: Elektroheizgeräte<br>Warmwasser: elektrischer Kleinspeicher |
| | **Gebäude 2**<br>Baujahr: 1890<br>Wohnfläche: 174 m²<br>Anzahl Vollgeschosse: 2<br>Anzahl Wohneinheiten: 1<br><br>Nachträgliche Dämmung<br>• Dach: 12 cm auf 100 % der Fläche<br>• Fußboden: 3 cm auf 35 % der Fläche<br>Kunststofffenster mit Isolierverglasung<br><br>Heizung: Gaszentralheizung<br>Warmwasser: kombiniert mit Zentralheizung |

| | |
|---|---|
| | **Gebäude 3**<br>Baujahr: 1890<br>Wohnfläche: 220 m²<br>Anzahl Vollgeschosse: 2<br>Anzahl Wohneinheiten: 3<br><br>Nachträgliche Dämmung<br>• Dach: 12 cm auf 100 % der Fläche<br>Kunststofffenster mit Isolierverglasung<br><br>Heizung: Gaszentralheizung<br>Warmwasser: kombiniert mit Zentralheizung |
| | **Gebäude 4**<br>Baujahr: 1959<br>Wohnfläche: 240 m²<br>Anzahl Vollgeschosse: 2<br>Anzahl Wohneinheiten: 3<br><br>Nachträgliche Dämmung<br>• Dach: 12 cm auf 100 % der Fläche<br>• Außenwände auf 80 % der Fläche<br>Holzfenster mit Isolierverglasung<br><br>Heizung: Gaszentralheizung<br>Warmwasser: kombiniert mit Zentralheizung |
| **Foto vom Gebäudeeigentümer nicht freigegeben** | **Gebäude 5**<br>Baujahr: 1905<br>Wohnfläche: 270 m²<br>Anzahl Vollgeschosse: 2<br>Anzahl Wohneinheiten: 5<br><br>Nachträgliche Dämmung<br>• Dach: 12 cm auf 100 % der Fläche<br>mehrere unterschiedliche Fenstertypen<br><br>Heizung: Gas-Etagenheizung<br>Warmwasser: elektrischer Kleinspeicher |

**Gebäude 6**

Baujahr: 1933
Wohnfläche: 277 m²
Anzahl Vollgeschosse: 3
Anzahl Wohneinheiten: 6

Nachträgliche Dämmung
- oberste Geschossdecke: 3 cm auf 100 % der Fläche
- Außenwände: 6 cm auf 100 % der Fläche
- Kellerdecke: 3 cm auf 100 % der Fläche

Kunststofffenster mit Isolierverglasung

Heizung: Gas-Zentralheizung
Warmwasser: kombiniert mit Zentralheizung

**Gebäude 7**

Baujahr: 1930
Wohnfläche: 279 m²
Anzahl Vollgeschosse: 3
Anzahl Wohneinheiten: 6

Nachträgliche Dämmung
- Dachschräge: 12 cm auf 100 % der Fläche
- Außenwände: 6 cm auf 100 % der Fläche
- Kellerdecke: 3 cm auf 100 % der Fläche

Kunststofffenster mit Isolierverglasung

Heizung: Gas-Zentralheizung
Warmwasser: kombiniert mit Zentralheizung

**Gebäude 8**

Baujahr: 1951
Wohnfläche: 437 m²
Anzahl Vollgeschosse: 4
Anzahl Wohneinheiten: 7

Nachträgliche Dämmung
- Außenwände: 6 cm auf 100 % der Fläche
- Kellerdecke: 3 cm auf 100 % der Fläche

Kunststofffenster mit Isolierverglasung
Heizung: Gas-Zentralheizung
Warmwasser: kombiniert mit Zentralheizung

**Gebäude 9**

Baujahr: 1930
Wohnfläche: 301 m²
Anzahl Vollgeschosse: 3
Anzahl Wohneinheiten: 6

Nachträgliche Dämmung
- Dachschräge: 10 cm auf 100 % der Fläche
- Außenwände: 8 cm auf 100 % der Fläche
- Kellerdecke: 3 cm auf 100 % der Fläche

Kunststofffenster mit Isolierverglasung

Heizung: Gas-Zentralheizung
Warmwasser: Gas-Durchlauferhitzer

**Gebäude 10**

Baujahr: 1891
Wohnfläche: 330 m²
Anzahl Vollgeschosse: 2
Anzahl Wohneinheiten: 3

Nachträgliche Dämmung
- nein

Holzfenster mit Isolierverglasung

Heizung: Gas-Etagenheizung
Warmwasser: Gas-Durchlauferhitzer

**Gebäude 11**

Baujahr: 1933
Wohnfläche: 352 m²
Anzahl Vollgeschosse: 4
Anzahl Wohneinheiten: 7

Nachträgliche Dämmung
- oberste Geschossdecke: 3 cm auf 100 % der Fläche
- Außenwand: 8 cm auf 100 % der Fläche
- Kellerdecke: 3 cm auf 100 % der Fläche

Kunststofffenster mit Isolierverglasung

Heizung: Gas-Zentralheizung
Warmwasser: kombiniert mit Zentralheizung

**Gebäude 12**

Baujahr: 1961
Wohnfläche: 395 m²
Anzahl Vollgeschosse: 3
Anzahl Wohneinheiten: 6

Nachträgliche Dämmung
- nein

Kunststofffenster mit Isolierverglasung

Heizung: Ölzentralheizung
Warmwasser: elektrischer Kleinspeicher

**Gebäude 13**

Baujahr: 1937
Wohnfläche: 424 m²
Anzahl Vollgeschosse: 4
Anzahl Wohneinheiten: 32

Nachträgliche Dämmung
- oberste Geschossdecke: 5 cm auf 100 % der Fläche
- Außenwände: 8 cm auf 100 % der Fläche
- Kellerdecke: 3 cm auf 100 % der Fläche

Kunststofffenster mit Isolierverglasung
Heizung: Gas-Zentralheizung
Warmwasser: elektrische Durchlauferhitzer

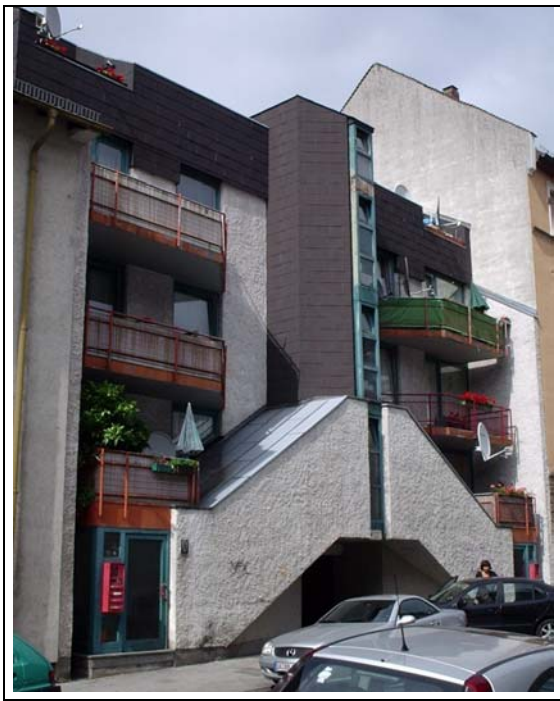
**Gebäude 14**

Baujahr: 1954
Wohnfläche: 455 m²
Anzahl Vollgeschosse: 4
Anzahl Wohneinheiten: 8

Nachträgliche Dämmung
- Außenwände: 6cm auf 100 % der Fläche

Kunststofffenster mit Isolierverglasung

Heizung: Elektroheizgeräte
Warmwasser: elektrische Durchlauferhitzer



**Gebäude 15**

Baujahr: 1980
Wohnfläche: 158 m²
Anzahl Vollgeschosse: 4
Anzahl Wohneinheiten: 8

Nachträgliche Dämmung
- Dachschräge: 8 cm auf 100 % der Fläche
- Kellerdecke: 4 cm auf 100 % der Fläche

Holzfenster mit Isolierverglasung

Heizung: Gas-Zentralheizung
Warmwasser: kombiniert mit Zentralheizung

**Gebäude 16**

Baujahr: 1963
Wohnfläche: 597 m²
Anzahl Vollgeschosse: 4
Anzahl Wohneinheiten: 8

Nachträgliche Dämmung
- oberste Geschossdecke: 11 cm auf 100 % der Fläche
- Außenwände: 11 cm auf 100% der Fläche
- Kellerdecke: 7 cm auf 100 % der Fläche

Holzfenster mit Isolierverglasung

Heizung: Gas-Zentralheizung
Warmwasser: kombiniert mit Zentralheizung

**Gebäude 17**

Baujahr: 1933
Wohnfläche: 654 m²
Anzahl Vollgeschosse: 5
Anzahl Wohneinheiten: 10

Nachträgliche Dämmung
- oberste Geschossdecke: 3 cm auf 100 % der Fläche
- Außenwände: 10 cm auf 100 % der Fläche
- Kellerdecke: 3 cm auf 100 % der Fläche

Kunststofffenster mit Isolierverglasung

Heizung: Gas-Zentralheizung
Warmwasser: elektrische Durchlauferhitzer

**Gebäude 18**

Baujahr: 1956
Wohnfläche: 654 m²
Anzahl Vollgeschosse: 3
Anzahl Wohneinheiten: 7

Nachträgliche Dämmung
- nein

Kunststofffenster mit Isolierverglasung

Heizung: Gas-Zentralheizung
Warmwasser: elektrische Durchlauferhitzer

**Gebäude 19**

Baujahr: 1954
Wohnfläche: 158 m²
Anzahl Vollgeschosse: 4
Anzahl Wohneinheiten: 12

Nachträgliche Dämmung
- Außenwand: 6 cm auf 100 % der Fläche

Holzfenster mit Vorsatzscheibe

Heizung: Elektroheizgeräte
Warmwasser: elektrische Kleinspeicher

**Gebäude 20**

Baujahr: 2001
Wohnfläche: 158 m²
Anzahl Vollgeschosse: 3
Anzahl Wohneinheiten: 11

Dämmstärken <u>über</u> den gesetzlichen Mindestanforderungen

- Dachschräge: 7 cm auf 100 % der Fläche
- Außenwände: 9 cm auf 100 % der Fläche
- Kellerdecke: 8 cm auf 100 % der Fläche

Kunststofffenster mit Wärmeschutzverglasung

Heizung: Gas-Zentralheizung
Warmwasser: kombiniert mit Zentralheizung

**Gebäude 21**

Baujahr: 1953
Wohnfläche: 891 m²
Anzahl Vollgeschosse: 4
Anzahl Wohneinheiten: 16

Nachträgliche Dämmung

- Dachschräge: 12 cm auf 100 % der Fläche
- Außenwände: 10 cm auf 100 % der Fläche

Kunststofffenster mit Isolierverglasung

Heizung: Gas-Zentralheizung
Warmwasser: kombiniert mit Zentralheizung

**Gebäude 22**

Baujahr: 1930
Wohnfläche: 771 m²
Anzahl Vollgeschosse: 3
Anzahl Wohneinheiten: 8

Nachträgliche Dämmung

- nein

Kunststofffenster mit Isolierverglasung

Heizung: Gas-Zentralheizung
Warmwasser: kombiniert mit Zentralheizung