



**Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung**

im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung



BBSR-Online-Publikation Nr. 17/2017

Nutzenergiebedarf für Warmwasser in Wohngebäuden

Ein Projekt des Forschungsprogramms „Zukunft Bau“ des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) betreut vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR).

ISSN 1868-0097

IMPRESSUM

Herausgeber

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
Deichmanns Aue 31– 37
53179 Bonn

Wissenschaftliche Begleitung

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
Referat II 2 – Energieeinsparung, Klimaschutz
Christian Ahrens
christian.ahrens@bbr.bund.de

Auftragnehmer

Ecofys, Köln
Markus Offermann, Bernhard von Manteuffel, Dr. Andreas Hermelink, Ashok John

co2online, Berlin
Katy Jahnke

ista, Essen
Karsten Zastrau

Stand

Februar 2015

Vervielfältigung

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

Zitierweise

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
(Hrsg.): Nutzenergiebedarf für Warmwasser in Wohngebäuden. BBSR-Online-Publikation 17/2017, Bonn, September 2017.

Executive Summary

The standard values for the useful energy demand for hot water have been valid and unchanged for over 20 years and are at a level similar to the heating demand in nearly-zero energy buildings. Against the background of past and planned reductions to the requirements of the Energy Savings Ordinance, the energy demand stemming from hot water has seen a steady increase in importance.

In this study the current characteristic values were reviewed regarding the needs for domestic hot water heating and a proposal for possible amendments was developed. The effects of the proposed adjustments were checked by model calculations and as a final task, a proposal for implementation in the respective guidelines was developed. For the first chapter, the following data was initially analysed:

1. Data from relevant Publications
2. Data on multi-family dwellings in the form of over 2 million billing-relevant measurements of the company ista
3. Data on single-family homes from programs of the company co2online
4. Data collected specifically for the project in form of an online survey

During the research phase no direct numbers for the useful energy demand of hot water could be retrieved from relevant publications. However, based on the analyses of the data provided by the companies Techem and Brunata, it can be assumed that the current hot water energy demand per useful area can be placed in the range of 9-13 kWh/(m²a) for multi-family homes.

Out of more than 2 million records from the company ista an average of 11.1 kWh/m² could be determined for the area-specific drinking hot water demand. After appropriate adjustment approximately 1.7 million records contained sufficiently reliable data that was used to determine this average. In addition, a clear correlation was observed between the highly individual personal hot water demand and the living area per residential unit. From the approximately 40,000 data sets that were retrieved from different co2online programs, an average of 10 kWh/(m²a) could be derived for multi-family homes.

For the 331 data sets for single-family houses that were collected through an online survey performed by co2online and were found to be the most robust, an average of 9.2 kWh/(m²a) was calculated for the domestic hot water demand.

At all observed distributions the median is always less than the mean value. For the one- and two-family houses, the observed scattering is even greater than for the multi-family homes.

Based on the mean values of the above data found to be sufficiently robust, a generally applicable (approximate) equation could be derived for residential buildings. This equation offers a description for domestic hot water heating requirements per useful floor area:

$$q_{tw} = \left\{ 15 - \left(A_{N,WE,m} \cdot 0,04 \frac{1}{m^2} \right) \right\} \frac{kWh}{m^2 \cdot a}$$

With

q_{tw} : domestic hot water demand per useful floor area, kWh/(m²a)

$A_{N,WE,m}$ median useful floor area of living units within the building (= A_N / n_{WE} with n_{WE} : number of living units in building), m²

Secondary condition: $q_{tw} \geq 7 \frac{kWh}{m^2 \cdot a}$

Considering the usual apartment sizes, the new method shows a slight reduction in the useful energy for hot water demand compared to the current values following the DIN 4701 and DIN V 18599 standards for typical multi-family houses (depending on the method of calculation 10% vs. 19%). For typical one and two-family homes the application of the new method results in a greater reduction in useful energy demand by 34% and 11% respectively. These well founded findings are consistent on the one hand with the increased share of per capita living space in recent years and on the other hand also with the higher increase of living space at the private owned homes.

To investigate the potential impact of the proposed rule extensive analyses and calculations were performed.

Supported by the model calculations it can be assumed that the total primary and final energy demand in buildings can be lowered on average by about 5% from the current required levels. In older buildings, which show higher space heating demands, the effect is even smaller. In high performance buildings, the average change in energy demand is larger, but usually remains below 15% when comparing the new methodology with results from calculations with the current useful energy demand.

The new regulation assesses decentralized water heaters in large homes as slightly more favourable. The improvement of the total primary energy demand at those buildings is in a range of about 5 %.

At buildings with large homes and solar thermal collector systems the theoretical relative solar coverage rates of the domestic hot water demand increase marginally in case of a fixed collector size, while the total coverage amount gets smaller.¹

It could be shown that the impact on the degree of performance in the annexes to the EEWärmeG (15% solar coverage of the total heating and cooling demand) are negligible for the fixed system size.

The proposed amendment could therefore be included in the Energy Saving Ordinance or the relevant technical regulations, without the need for major adjustments. A proposal on this subject is presented in the last chapter.

¹ The assessment of cost effectiveness solar thermal systems should always be based on the individual demand. This is suggested by the high observed variances in energy demand, especially for 1- and 2-family houses.

Additionally, the energy performance certificate would not necessarily have to be altered. The explanatory notes (Page 5) within the energy performance certificate should provide an explanation with regards to the new methodology therefore allowing for comparability with existing energy certificates. This explanation should point out that the new calculation method uses a modified useful energy demand for hot water, which leads to slight deviations of the energy parameters. Considering the proposed new method the total primary energy demand for new buildings will on average correspond to around a 5% lower value than the ones calculated according to previous methods.

In order to consider the increased importance of the hot water share it is also advised to disclose the hot water demand separately to primary and final energy demand in the next revision of the energy certificates.

Zusammenfassung

Die seit über 20 Jahre gültigen Pauschalwerte für den Warmwasser-Nutzenergiebedarf liegen auf einem ähnlichen Niveau wie der Heizwärmebedarf von Niedrigstenergiegebäuden. Vor dem Hintergrund der vergangenen und geplanten Verschärfungen der EnEV-Anforderungen ist die Bedeutung des Warmwassers stetig angestiegen.

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden daher die aktuellen Kennwerte zum Trinkwarmwasserwärmebedarf überprüft und ein Anpassungsvorschlag entwickelt. Die Auswirkungen des Anpassungsvorschlages wurden durch Modellrechnungen überprüft und anschließend ein Vorschlag zur Implementierung in das Regelwerk gemacht.

Im Rahmen des ersten Kapitels wurden dabei die folgenden Datenquellen ausgewertet:

1. Daten aus Recherche zu relevanten Veröffentlichungen
2. Daten zu Mehrfamilienhäusern in Form von über 2 Mio. abrechnungsrelevanten Messwerten der Firma ista
3. Daten zu Ein- und Zweifamilienhäusern aus Programmen der Firma co2online
4. Daten, die im Rahmen einer eigens für das Projekt durchgeführten Onlinebefragung erhoben wurden

Aus der Recherche zu relevanten Veröffentlichungen konnten keine direkt verwendbaren Zahlen zum Warmwasser-Nutzenergiebedarf ermittelt werden. Basierend auf den Auswertungen der Daten der Firmen Techem und Brunata kann jedoch davon ausgegangen werden, dass der aktuelle nutzfleichenbezogene Trinkwarmwasserwärmebedarf für Mehrfamilienhäuser im Bereich zwischen 9 und 13 kWh/(m²a) anzusiedeln ist.

Aus den über 2 Mio. Datensätzen der Firma ista konnte, nach entsprechender Bereinigung und Aufbereitung, aus ca. 1,7 Mio. verwendbaren Daten ein Mittelwert für den nutzfleichen-spezifischen Trinkwarmwasserwärmebedarf von 11,1 kWh/(m²a) ermittelt werden. Darüber hinaus konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen Nutzfläche pro Wohneinheit und nutzfleichenbezogenem Trinkwarmwasserwärmebedarf beobachtet werden. Aus den ca. 40.000 Datensätzen, die im Rahmen von verschiedenen co2online-Programmen ermittelt wurden, konnte für Mehrfamilienhäuser ein ähnlicher Mittelwert von 10 kWh/m²a abgeleitet werden.

Für die bei Ein- und Zweifamilienhäusern als am belastbarsten befundenen 331 Daten aus der Online-Befragung von co2online konnte ein Mittelwert von 9,2 kWh/(m²a) bestimmt werden.

Alle beobachteten Verteilungen sind linksschief, d.h. der Median ist immer kleiner als der Mittelwert, da die Verbräuche nach unten durch „0“ begrenzt sind. Bei den Ein- und Zweifamilienhäusern ist die beobachtete Streuung erheblich größer als bei den Mehrfamilienhäusern.

Aus den Mittelwerten der oben genannten, hinreichend belastbaren Daten konnte folgende, für Wohngebäude (EZFH und MFH) allgemein anwendbare Näherungsgleichung zur Beschreibung eines nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarfs abgeleitet werden:

$$q_{tw} = \left\{ 15 - \left(A_{N,WE,m} \cdot 0,04 \frac{1}{m^2} \right) \right\} \frac{kWh}{m^2 \cdot a}$$

Mit

q_{tw} : nutzflächenbezogener Trinkwarmwasserwärmebedarf, kWh/(m²·a)

$A_{N,WE,m}$: mittlere Nutzfläche der Wohneinheiten des Gebäudes (= A_N / n_{WE} mit n_{WE} : Anzahl der Wohneinheiten des Gebäudes), m²

Nebenbedingung: $q_{tw} \geq 7 \frac{kWh}{m^2 \cdot a}$

Betrachtet man übliche Wohnungsgrößen, so ergibt sich nach dem neuen Verfahren im Vergleich zu den aktuellen Werten nach DIN 4701 bzw. DIN V 18599 für typische Mehrfamilienhäuser eine leichte Absenkung des Nutzenergiebedarfs für Warmwasser (10 % bzw. 19 %, abhängig vom Rechenverfahren). Für typische Ein- und Zweifamilienhäuser ergibt sich eine stärkere Absenkung des Nutzenergiebedarfs für Warmwasser um 34 % bzw. 11 %. Diese fundierten Erkenntnisse decken sich, sowohl was die Größenordnung betrifft als auch was die unterschiedlichen Anstiege in Anhängigkeit vom Gebäudetyp betrifft, sehr gut mit den gestiegenen Anteilen der pro Kopf Wohnfläche seit der letzten Untersuchung.

Um die möglichen Auswirkungen der vorgeschlagenen Regel zu untersuchen, wurden umfangreiche Untersuchungen und Berechnungen durchgeführt.

Gestützt durch Modellrechnungen kann davon ausgegangen werden, dass durch die vorgeschlagene neue Methodik der Gesamtprimär- und endenergiebedarf für Gebäude, die dem derzeit gültigen Anforderungsniveau entsprechen, im Mittel um ca. 5 % abgesenkt wird. Bei Altbauten, die einen größeren Heizwärmebedarf aufweisen, ist der Einfluss noch geringer. Bei hocheffizienten Gebäuden ist die mittlere zu erwartende Veränderung gegenüber einer Berechnung mit aktuellem Nutzenergiebedarf größer, bleibt jedoch in der Regel unter 15 %.

Durch die neue Regelung werden Gebäude mit dezentralen Durchlauferhitzern in großen Wohnungen im Vergleich zum Referenzgebäude primärenergetisch etwas günstiger bewertet. Die Verbesserung beim Gesamtprimärenergiebedarf bei diesen Gebäuden liegt im Bereich von ca. 5 %.

In Gebäuden mit großen Wohnungen und solarthermischen Anlagen erhöhen sich bei gleichbleibender Anlagengröße die theoretisch erzielbaren relativen Deckungsraten am Wasserbedarf geringfügig, die rechnerischen absoluten Deckungsraten werden dahingegen etwas geringer².

Es konnte nachgewiesen werden, dass die Auswirkungen auf die Erfüllungsfunktion im Anhang zum EEWärmeG (15 %-iger solarer Deckungsanteil am Gesamtwärme- und Kältebedarf) bei gleichbleibender Anlagengröße vernachlässigbar gering sind.

Die vorgeschlagene Änderung könnte daher - ohne tiefgreifendere Anpassungsnotwendigkeiten - in die EnEV bzw. das zugehörige technische Regelwerk übernommen werden. Ein Vorschlag hierzu wird im letzten Kapitel vorgestellt.

Auch der Energieausweis müsste nicht zwingend verändert werden. In den Erläuterungen (Seite 5) des Energieausweises sollte bezüglich der Vergleichbarkeit mit bestehenden Energieausweisen darauf hingewiesen werden, dass bei dem neuen Verfahren ein geänderter Nutzenergiebedarf für

² Die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von solarthermischen Anlagen sollte immer auf Basis des erwarteten individuellen Bedarfs erfolgen. Dies legen u.a. die hohen beobachteten Varianzen, insbesondere beim Energiebedarf der 1- und 2-Familienhäuser, nahe.

Warmwasser vorausgesetzt wird, der zu leichten Abweichungen der Energiekennwerte führt, die für Neubauten, die den Anforderungen der aktuellen EnEV entsprechen, durchschnittlich ca. 5 % unter den nach bisherigen Verfahren berechneten liegen.

Um der gestiegenen Bedeutung des Warmwasseranteils gerecht zu werden, wird darüber hinaus empfohlen, in der nächsten Überarbeitung des Energieausweises den Warmwasseranteil des Primär- und Endenergiebedarfs separat auszuweisen.

Hintergrund und Ziel

Die Europäische Gebäuderichtlinie (EPBD) schreibt ab 2021 für alle Wohngebäude-Neubauten den sogenannten Niedrigstenergiestandard verbindlich vor. Laut Anhang 1 der EPBD wird die Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes durch den Energiebedarf für Heizung und Kühlung und durch den Wärmebedarf für (Trink-)Warmwasser dargestellt.

Bislang stand in Deutschland vor allem die Reduzierung des Heizwärmebedarfs im Vordergrund. Dies spiegelt sich auch in der aktuellen Energieeinsparverordnung (EnEV) wieder, die wesentliche Vorgaben der EPBD in deutsches Recht umsetzt. Die aktuell gemäß EnEV gültigen Pauschalwerte für den Nutzenergiebedarf Warmwasser – gleichlautend mit den gültigen Normen DIN V 4701 und 18599 – liegen jedoch auf einem ähnlichen Niveau wie der Heizwärmebedarf von Niedrigstenergiegebäuden. Die Hintergrunduntersuchung zur Erstellung der Pauschalwerte ist außerdem bereits über 20 Jahre alt und wurde damals ausschließlich aus den Daten von Mehrfamilienhäusern entwickelt.

Die steigende Bedeutung des Warmwasserbedarfs im Hinblick auf Niedrigstenergiegebäude erfordert eine detaillierte Untersuchung des Nutzenergiebedarfs für Warmwasser. Hierbei sind vor allem auch geänderte Einflussfaktoren wie z.B. die gestiegene spezifische Wohnfläche pro Kopf zu berücksichtigen.

Vor diesem Hintergrund soll die vorliegende Studie den Nutzenergiebedarf für Warmwasser in Wohngebäuden im Detail untersuchen. Die Untersuchung basiert dazu auf einem zentralen und umfassenden empirischen Teil (Auswertung von Mess-, Abrechnungsdaten), der sowohl Mehrfamilienhäuser als auch Ein- und Zweifamilienhäuser abdeckt und mit einer detaillierten Befragung abgerundet wird. Zudem werden die empirischen Daten plausibilisiert und analysiert und daraus aktualisierte Werte des nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarfs abgeleitet. Diese werden anschließend in Modellrechnungen hinsichtlich Ihrer möglichen Auswirkungen untersucht. Am Ende des Berichts wird ein Konzeptvorschlag für die Berücksichtigung in der künftigen EnEV vorgestellt.

Inhaltsverzeichnis

Executive Summary	2
Zusammenfassung	5
Hintergrund und Ziel	8
Inhaltsverzeichnis	9
Einleitung	10
1. Gewinnung und Aufbereitung der Daten zum Warmwasserbedarf	13
1.1 Recherche zu Veröffentlichungen existierender Studien und Untersuchungen	13
1.2 Mess- und Abrechnungsdaten von co2online und ista	20
1.3 Online-Umfrage zur Erlangung zusätzlicher Informationen	42
1.4 Stichprobenartige Marktrecherche zu relevanten Technologien und deren Einfluss auf den Warmwasserbedarf	52
1.5 Analyse und Plausibilitätsprüfung	57
2. Vorschlag für eine neue Methodik zur Warmwasserbedarfsberechnung der EnEV	66
2.1 Vorschlag: Rechenvorschrift für Mehrfamilienhäuser	67
2.2 Vorschlag: Rechenvorschrift für Ein- und Zweifamilienhäuser	68
2.3 Vorschlag: Allgemeingültige Rechenvorschrift für Ein- und Zweifamilienhäuser und Mehrfamilienhäuser	70
3. Diskussion der möglichen Auswirkungen des vorgeschlagenen neuen Verfahrens	71
4. Durchführung von Modellberechnungen zur Konkretisierung der Diskussion	74
4.1 Geometrie Modellgebäude	74
4.2 Varianten der Modellrechnung	76
4.3 Ergebnisse der Modellrechnung	79
5. Erarbeitung eines Anpassungsvorschlags für die künftige EnEV	89
5.1 Ausgangslage	89
5.2 Anpassungsvorschlag	91
Literaturverzeichnis	94
Anhang	97

Einleitung

In den vergangenen Jahren ist der spezifische Heizwärmebedarf von Wohn- und Nichtwohngebäuden aufgrund erheblich verbesserter thermischer Bauteilqualitäten, technischer Systeme (insbesondere Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung) deutlich gesunken. Es scheint unbestritten, dass sich dieser Trend auch in Zukunft fortsetzen wird. Neben der Verschärfung der EnEV 2014 schreibt die Europäische Gebäuderichtlinie (EPBD) ab 2021 für alle Neubauten den so genannten Niedrigstenergiestandard verbindlich vor.

Ein Niedrigstenergiegebäude ist laut Gebäuderichtlinie „ein Gebäude, das eine sehr hohe Gesamtenergieeffizienz aufweist. Der fast bei null liegende oder sehr geringe Energiebedarf sollte zu einem wesentlichen Teil durch Energie aus erneuerbaren Quellen – einschließlich Energie aus erneuerbaren Quellen, die am Standort oder in der Nähe erzeugt wird – gedeckt werden.“ Laut Anhang 1 der EPBD wird die **Gesamtenergieeffizienz** eines Gebäudes durch den Energiebedarf für Heizung und Kühlung und durch den Wärmebedarf für (Trink-) **Warmwasser** dargestellt.

Entsprechend ist die relative Bedeutung des Warmwassers für die Gesamtenergieeffizienz von Wohngebäuden seit der EnEV 2002 stark gestiegen, und die Frage, ob der Niedrigstenergiestandard wirtschaftlich erreichbar ist, hängt auch ganz wesentlich davon ab, inwieweit es in den nächsten Jahren gelingen wird, den Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung unter Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeitsaspekten zu verringern.

Anhand eines Passivhauses, welches derzeit als möglicher Vertreter des Niedrigstenergiegebäude-Standards diskutiert wird, lässt sich die hohe Bedeutung des Warmwassers leicht veranschaulichen: Der maximale Heizwärmebedarf eines Passivhauses beträgt $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, bezogen auf die Wohnfläche. Die EnEV bezieht den oben genannten Nutzwärmebedarf für Warmwasser auf die Gebäudenutzfläche A_N . Die Gebäudenutzfläche kann gemäß EnEV §19 Absatz 2 bei Ein- und Zweifamilienhäusern mit beheiztem Keller mit dem 1,35-fachen der Wohnfläche und bei allen sonstigen Wohngebäuden mit dem 1,2-fachen der Wohnfläche angesetzt werden. Aus dem o.g. nutzflächenbezogenen Pauschalwert von $12,5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ergibt sich dann ein wohnflächenbezogener Wert von ebenfalls $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ oder mehr. Bei einer alternativ möglichen Berechnung gem. DIN V 18599-10 Tabelle 3 ist ein auf die Nettogeschossfläche bezogener Wert für Einfamilienhäuser (EFH) von $11 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ sowie für Mehrfamilienhäuser (MFH) von $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ zu berücksichtigen.

Auch wenn das Anforderungsniveau für Niedrigstenergiehäuser erst noch festzulegen sein wird, macht die vorgenannte Betrachtung am Beispiel des Passivhauses doch deutlich, dass der Wärmebedarf für Warmwasser im Niedrigstenergiegebäude etwa den gleichen Stellenwert haben dürfte wie der Wärmebedarf für Heizung. Es ist daher naheliegend, die bisherigen Pauschalwerte für den Nutzwärmebedarf des Warmwassers – also den Anteil, der die typische Nachfrage des Nutzers repräsentiert und damit (nach Addition der Verluste für Erzeugung, Speicherung und Verteilung) einen wesentlichen Bestandteil des Gesamtenergiebedarfs darstellt – kritisch zu überprüfen und an aktuelle Verhältnisse anzugleichen.

Solche Überlegungen sollen auf Basis **verlässlicher und aktueller empirischer Daten** systematisch am Kontext der EPBD (insbesondere dem „Niedrigstenergiegebäude“), der EnEV sowie dem EEWärmeG ausgerichtet und umfassend analysiert werden.

Die zu Beginn des Projektes stehende Analyse der vorzugsweise **empirischen Datenquellen**, sowie deren Umfang und Qualität sind **entscheidend** für die Belastbarkeit und Relevanz der nachfolgenden Projektschritte.

Im vorliegenden Projekt sollen u.a. folgende Fragen geklärt werden:

- Wie hoch ist aktuell in etwa der tatsächliche (nutzflächenbezogene) Nutzwärmebedarf für Warmwasser und wie wird er sich voraussichtlich in den kommenden Jahren entwickeln?
- Welches sind die wesentlichen Einflussfaktoren auf den Nutzwärmebedarf?
- Müssen dabei die offensichtlich hohen individuellen Varianzen insbesondere beim Ein- und Zweifamilienhaus berücksichtigt werden? Wenn ja, wie?
- Können diese neuen Erkenntnisse in einen aktualisierten Wert oder einer praktikablen Rechenregel abgebildet werden? Falls ja, wie?
- Welche Konsequenzen hätte die Einführung eines neuen Wertes bzw. einer neuen Rechenregel?
- Wie könnte ein Konzept zur Einführung einer Wärmebedarfsberechnung für Warmwasser in die EnEV aussehen, die eine ausgewogene, praxisnahe und praktikable Umsetzung gewährleistet? Welche Grenzwerte sollten gelten?

Letztlich ist es das Ziel, die Nutzungsrandbedingungen für Warmwasser gem. DIN V 18599-10 Tabelle 4 (EFH: $q_{w,b} = 11 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{NGF}.a}$ sowie MFH: $q_{w,b} = 15 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{NGF}.a}$) bzw. gem. DIN V 4701 ($12,5 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{N}.a}$) zu überprüfen und Vorschläge zu deren Aktualisierung zu erarbeiten. Dabei sollen zunächst möglichst wertfrei und wissenschaftlich fundiert umfassend die derzeit vorliegenden Daten und Erkenntnisse gesichtet und ausgewertet werden. Auf dieser Basis können die wesentlichen Einflussfaktoren bestimmt werden, die schließlich soweit wie möglich auf die bestehenden Bezugsgrößen A_n oder Wohnfläche zurückzuführen sind. Das heißt auch, dass in diesem Projekt der grundsätzliche Ansatz, den Nutzwärmebedarf für Warmwasser in den Nutzungsrandbedingungen zu erfassen, nach Möglichkeit nicht grundsätzlich in Frage gestellt werden soll.

Auf Maßnahmen zur Reduzierung des Warmwasser-Nutzwärmebedarfs – also verhaltensbezogene oder verhaltensbeeinflussende Maßnahmen (z. B. durchflussreduzierte Armaturen, Armaturen, die durch ihre Konstruktion niedrigere Zapftemperaturen begünstigen) wird in Kapitel 1.4.2 eingegangen. Da jedoch wie bei den übrigen Nutzungsrandbedingungen in der EnEV die Vergleichbarkeit des Nutzungskomforts im Fokus stehen soll, werden die Effekte dieser teilweise sehr sinnvollen Maßnahmen nicht bei dem im Rahmen dieser Studie anzupassenden Nutzwärmebedarf für Warmwasser berücksichtigt.

Konzept

Zur Bearbeitung der Aufgabenstellung wurde die Studie in die folgenden Arbeitsschritte unterteilt, die in den folgenden Kapiteln als Struktur herangezogen wurde:

1. Arbeitsschritt: Gewinnung und Aufbereitung von Daten zum Warmwasserbedarf
2. Arbeitsschritt: Entwicklung einer Regel zur Warmwasserbedarfsberechnung nach EnEV
3. Arbeitsschritt: Überlegungen zu den Auswirkungen des festgelegten Verfahrens
4. Arbeitsschritt: Durchführung von Modellberechnungen zur Konkretisierung der Ergebnisse der Diskussion
5. Arbeitsschritt: Erarbeitung eines Konzeptvorschlags für die künftige EnEV

1. Gewinnung und Aufbereitung der Daten zum Warmwasserbedarf

Im Rahmen des ersten Arbeitsschrittes werden die Grundlagen für alle weiteren Arbeitsschritte geschaffen.

Die Gewinnung und Aufbereitung der Daten zum Warmwasserbedarf erfolgt in mehreren Schritten:

- 1.1 Recherche zu Veröffentlichungen existierender Studien und Untersuchungen
- 1.2 Auswertung von Mess- und Abrechnungsdaten der Projektpartner co2online und ista
- 1.3 Entwicklung, Durchführung und Auswertung einer Online-Umfrage zur Erlangung zusätzlicher Informationen
- 1.4 Theoretische Analyse zu Einflussfaktoren auf den Warmwasserbedarf zur Plausibilitätsprüfung und Beseitigung von Informationslücken

Die Ergebnisse der einzelnen Schritte werden im Folgenden dargestellt.

1.1 Recherche zu Veröffentlichungen existierender Studien und Untersuchungen

Im Zuge dieses Abschnittes von Arbeitsschritt 1 wurde eine Vielzahl relevanter Studien des vorliegenden Themenkomplexes gesichtet und miteinander verglichen. Dafür wurden im Rahmen einer Recherche Studien und Fachinformationen gesammelt, die relevante Informationen zum Nutzwärmebedarf von Warmwasser in Wohngebäuden enthalten. Eine zusammenfassende Übersicht der Ergebnisse der Recherche ist in der Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1. Wesentliche Informationsquellen und Inhalte in Bezug auf den Nutzwärmebedarf Trinkwarmwasser

Abkürzung	Name der Informationsquelle	Datengrundlage	Ermittelte Kennwerte	Kennwertart	Relevanter Inhalt/Bemerkungen
[Techem 2010] [Techem 2012]	Energiekennwerte - Hilfen für den Wohnungswirt	Datengrundlage 2008/2009, jährliche Veröffentlichung Messwerte (Zähler) von > 170.000 MFHs Datengrundlage 2010/2011: >130.000 MFHs	MFH (2008/2009): 32,8 kWh/(m ² WFL.a) (Mittelwert abgeleitet) MFH (2011): 33,7 kWh/(m ² WFL.a) (Mittelwert abgeleitet)	Endenergieverbrauch (WW)	<u>Energieverbrauchskennzahlen von Mehrfamilienhäusern</u> - Gesamtenergieverbrauch (Raumwärme und Warmwasser) - Anteil des Warmwasserverbrauchs am Gesamtenergieverbrauch nach Energieträger - Gebäude mit einer durchschnittlichen Wohnungsgröße >200 m ² werden nicht untersucht - Regionale Auswertung auf PLZ-Ebene - spezifischer Warmwasserverbrauch 570 l/m ² (ermittelt aus Verbrauchswerten von 227 Wohnungen [Techem 2010])
[Brunata-Metrona 2010]	Universelle Energiekennzahlen für Deutschland – Teil 3: Spezifischer Energieverbrauch für zentrale Warmwasserbereitung und Relation zum Heizenergieverbrauch	Brunata-Metrona Gruppe, 2010, Messwerte (Zähler) der letzten 6 Jahre von rund 150.000 Liegenschaften	Liegenschaften: (50%-Quantil/ Median): ca. 26 kWh/(m ² WFL.a)	Endenergieverbrauch (WW)	<u>Energieverbrauchskennzahlen von Liegenschaften</u> - Anteil des Warmwasserverbrauchs am gesamten Liegenschaftsenergiekennwert (Raumwärme und Warmwasser) - Energieverbrauch nach Liegenschaftsgröße
[IKZ 2000]	Der Nutzenergiebedarf für die Trinkwassererwärmung und der Energieaufwand für die Nutzenübergabe	VDI-Richtlinie 2067 Blatt 12, Messergebnisse, Herstellerangaben Entnahmearmaturen	315...695 kWh/(P.a) → über Personen oder Räume hochrechenbar a) Dusche und Wanne: 150 bis 440 kWh/(P.a) b) Waschtisch: 100 bis 190 kWh/(P.a) c) Reinigung des Geschirrs: (i) nur von Hand: 80 kWh/P.a (ii) Maschine und von Hand 20 kWh/(P.a) d) Waschmaschine	Nutzenergie (WW)	<u>Erläuterung VDI 2067, Blatt 12</u> - Wasser- und Wärmebedarf für erwärmtes Trinkwasser pro Zapfstelle (personenbezogen) - Abgrenzung zwischen Nutzenergiebedarf, Nutzenübergabe und Wärmeerzeugung

Abkürzung	Name der Informationsquelle	Datengrundlage	Ermittelte Kennwerte	Kennwertart	Relevanter Inhalt/Bemerkungen
			10 bis 20 kWh/(P.a)		
[Jagnow et al. 2002] [Schüßler]	TWW - Qualifikation zum/r Energieberater/in TGA – Kennwerte - Wasserverbrauch	Diverse Quellen	1. [Jagnow et al. 2002] EFH: 15-17 kWh/(m ² NFL.a) MFH: 15-25 kWh/(m ² NFL.a) 2. [Schüßler] EFH: 10,2 kWh/(m ² WFL.a) RH: 11,7 kWh/(m ² WFL.a) KMH: 21,6 kWh/(m ² WFL.a) GMH: 29,6 kWh/(m ² WFL.a) HH: 29,0 kWh/(m ² WFL.a)	Nutzenergie (WW)	<u>Nutzenergie- und Verbrauchskennwerte (Quellen-sammlung)</u> - (Kalt- und) Warmwasserverbrauch nach Gebäudetyp, Personenanzahl, Einsatzgebiet - Kennwerte aus der genannten Sekundärliteratur
[Solarcity Linz 2010]	Endbericht - Ergebnisse Energiebilanz und Treibhausgasemissionen – Forschungsprojekt Evaluation der Solarcity Linz Pichling	Messwerte Stadtteil (2 Jahre), 2006-2008 65.000 Energieverbrauchsdaten von 1.298 WE	Wohngebäude Nutzenergie WW: 13 kWh/(m ² BGF.a) (Verteil-/ Speicherverluste HZ/WW: 22 kWh/(m ² BGF.a); Werte wurden gemessen und teilweise berechnet)	Nutzenergie (WW)	<u>Energiebedarf im Vergleich zu Energieverbrauch</u> - Detaillierte Analyse und Vergleich des geplanten Energiebedarfs (Energieausweise) und des gemessenen Energieverbrauchs für Raumwärme und Warmwasser → Niedrig- bis Niedrigstenergiegebäude (teilweise PHPP) - Energiemix aus Solarthermie (mittlere solarer Deckungsgrad 35%) und Fernwärme
[Testhäuser Zürich 1984]	Wohnkolonie Limmatstrasse, Zürich: Ergebnisse der energetischen Sanierung: Raumlufttemperaturen und Wärmeverbrauch der drei Testhäuser	1984, stündliche Messwerte, 19 Wohnungen in MFHs		stündlicher Endenergieverbrauch (WW)	<u>Messungen des stündlichen Warmwasserverbrauchs in Mehrfamilienhäusern:</u> - Tagesprofil stündlicher Warmwasserverbrauch - Wochenprofil Tagesmittelwerte Warmwasserverbrauch
[ages 2007]	Verbrauchskennwerte 2005 Energie- und Wasserverbrauchskennwerte in der Bundesrepublik Deutschland	Energieversorgungs- und dienstleistungsunternehmen, 2003-2005		Endenergieverbrauch (Wärme und Wasser)	<u>Energieverbrauchskennwerte Nichtwohngebäude und Mehrfamilienhäuser:</u> - Wärme- und Wasserverbrauch

Abkürzung	Name der Informationsquelle	Datengrundlage	Ermittelte Kennwerte	Kennwertart	Relevanter Inhalt/Bemerkungen
		Empirische Verbrauchsdaten > 120.000 Wärmeverbrauchsdaten > 14.000 Wasserverbrauchsdaten			- Informationen zu Zirkulationsleitungen, BJ Wärmeerzeuger/Gebäude, Energieträger, etc. - Gebäudearten nach BWZ ➔ Onlinekennwerte unter: http://kw2003.de/
[Fritsch et al. 2010]	Mutschmann/ Stimmelmayer Taschenbuch der Wasserversorgung	theoretische Studie (u.a. auf Basis von Normen, Gesetzen, Verordnungen, Vorschriften und Richtlinien)	Mindestfließdruck $p_{\min} \text{ FI [1bar]}$: a) Mischbatterie für Brausewanne, Badewanne: 0,15 l/s b) Küchenspüle, Waschtisch, Sitzwaschbecken: 0,07 l/s	Liter pro Sekunde	<u>Kennwerte zu Mindestfließdrücken und Berechnungsdurchfluss (Richtwerte) von Warmwasser, unterschieden nach der Entnahmestelle</u>
[Brillinger et al. 2009]	Warmwasserbereitung und -verteilung bei Niedrigenergiesanierungen im Wohnungsbau	Messungen von 71 Mehrfamilienhäusern mit insgesamt 4792 Wohneinheiten bei 1-3-Zimmer-Wohnungen von 35-75 m ² für ein MFH mit 375 Wohnungen je (WW) pro An (abgeleitete Werte)	12,4 kWh/(m ² .a) 26,2 kWh/(m ² .a)	Nutzenergie	Warmwasserbereitung und -verteilung im Wohnungsbau - Untersuchung WW-Bereitungsoptionen in EFH, RH, 2 MFH-Typen - Basis: zentrale WW-Bereitung mit Zirkulation
[FfE]	Reduzierung von Energieverbrauch und CO ₂ -Emissionen durch dezentrale elektrische Warmwasserversorgung	Theoretische Analyse zum Vergleich unterschiedlicher Warmwassersysteme	EFH: 12,5 kWh/(m ² .a) 3-FH: 12,6 kWh/(m ² .a) MFH: 16,8 kWh/(m ² .a)	Ansatz für Warmwasser Nutzenergie über Personenzahl und Norm-Zapfprofile	<u>Vergleich zentrale/dezentrale WW-Bereitung</u> - EnEV-Sanierung von Bestandsgebäuden: EFH, 3-FH, MFH - zentrale WW-Bereitung (Gas/Öl) mit Zirkulation - dezentrale WW-Bereitung elektr. Durchlauferhitzer
[BBSR 07/2009]	Entwicklung eines Normteils zur DIN V 18599 für Wohngebäude und Beur-	DIN V 4701-10: 12,5 kWh/m ² NFL.a DIN V 18599: <u>EFH:</u>	keine Ermittlung von Kennwerten	keine Ermittlung von Kennwerten	<u>Energiebedarfsberechnung DIN V 18599, EnEV-Formulierungen</u> - Energiebedarf nach DIN V 18599 nachvollziehbar und praktisch handhabbar machen

Abkürzung	Name der Informationsquelle	Datengrundlage	Ermittelte Kennwerte	Kennwertart	Relevanter Inhalt/Bemerkungen
	teilung energetischer Anforderungen an Wohngebäude in Zusammenhang mit Fortschreibung der EnEV	12 kWh/m ² NFL.a MFH: 16 kWh/m ² NFL.a			- EnEV-Anforderungen-Formulierungen - Warmwasser nicht Hauptthema, jedoch Unterschiede zu DIN V 4701/4108 dargelegt
[Wolff]	Berechnungsgang der EnEV, DIN V 4701 Teil 10 und DIN V 4108 Teil 6 und die Konsequenzen	DIN V 4701, DIN V 4108	keine Ermittlung von Kennwerten	keine Ermittlung von Kennwerten	<u>Hinterfragung EnEV-Nachweis</u> - Gegenüberstellung des offiziellen Wegs des EnEV-Nachweises mit einem pragmatischen/einfachen Weg zur Energiebilanzierung
[Datenbasis Gebäudebestand 2010]	Datenerhebung zur energetischen Qualität und zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand	7.510 empirische Gebäudedatensätze	keine Ermittlung von Kennwerten	keine Ermittlung von Kennwerten	<u>Datenbasis-Abfragen als Rahmendaten für Hochrechnungen und Praxisbezug:</u> - WW-System - Verteilungen: Zirkulation, Dämmung

 Studien mit Informationen zu Kennwerten

 Studien ohne Informationen zu Kennwerten, aber mit anderer Relevanz für die Untersuchung

Umfassende Daten zum Warmwasserverbrauch sind vor allem den Veröffentlichungen von [Techem 2010] und [Techem 2012] sowie der Brunata Veröffentlichung „Universelle Energiekennzahlen für Deutschland“ [Brunata Metrona 2010] zu entnehmen. Aus [Brunata Metrona 2010] ergibt sich als Median des wohnflächenspezifischen Energiebedarfs für den Warmwasserverbrauch ein Wert von 26 kWh/(m².a). Die aus den Daten von Techem ermittelten Mittelwerte liegen mit ca. 33 kWh/(m².a) deutlich höher als der Median, der sich aus Brunata Metrona Daten ergibt. Die zuvor genannten Werte beinhalten die Verluste für Erzeugung, Speicherung und Verteilung.

Gemäß der VDI Richtlinie 2067 werden ca. 2/3 des Warmwasserbedarfs für Duschen und Baden sowie ca. 30 % zur Teilreinigung des Körpers (Waschtisch) verwendet. Der restliche Bedarf von ca. 4 % entfällt auf die Reinigung des Geschirrs und des Gebäudes.

Neben den genannten Studien wird der Nutzwärmebedarf des Trinkwarmwassers in den folgenden Normen behandelt.

Tabelle 2. Wesentliche Normen in Bezug auf den Nutzwärmebedarf Trinkwarmwasser

Abkürzung	Name der Norm
[DIN V 4701-10:2003-08]	DIN V 4701-10:2003-08 Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung
[DIN V 4108-6:2000]	DIN V 4108-6:2000 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs
[DIN V 18599-8:2011-12]	DIN V 18599-8:2011-12 Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teil 8: Nutz- und Endenergiebedarf von Warmwasserbereitungssystemen
[DIN EN 15316-3-1:2008]	DIN EN 15316-3-1:2008 Heizungsanlagen in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Energieanforderungen und Nutzungsgrade der Anlagen – Teil 3-1: Trinkwassererwärmung, Charakterisierung des Bedarfs (Zapfprogramm)
[DIN EN 15316-3-2:2007]	DIN EN 15316-3-2:2007 Heizungsanlagen in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Energieanforderungen und Nutzungsgrade der Anlagen – Teil 3-2: Trinkwassererwärmung, Verteilung
[DIN EN 15316-3-3:2007]	DIN EN 15316-3-3:2007 Heizungsanlagen in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Energieanforderungen und Nutzungsgrade der Anlagen – Teil 3-3: Trinkwassererwärmung, Erzeugung
[DIN EN 15450:2007]	DIN EN 15450:2007 Heizungsanlagen in Gebäuden – Planung von Heizungsanlagen mit Wärmepumpen
[DIN EN 60379:2004]	DIN EN 60379:2004 Verfahren zum Messen der Gebrauchseigenschaften von elektrischen Warmwasserspeichern für den Hausgebrauch
[DIN EN 806-2:2005]	DIN EN 806-2:2005 Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen – Teil 2: Planung
[VDI 2067-12:2000]	VDI 2067-12:2000

Abkürzung	Name der Norm
	Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen Nutzenergiebedarf für die Trinkwassererwärmung
[VDI 2067-22:2011]	VDI 2067-22:2011 Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen Energieaufwand der Nutzenübergabe bei Anlagen zur Trinkwassererwärmung
[VDI 3807-1-5:2013]	VDI 3807-1-5:2013 Energieverbrauchskennwerte für Gebäude Grundlagen
[VDI 4650-1:2009]	VDI 4650-1:2009 Kurzverfahren zur Berechnung der Jahresarbeitszahl von Wärmepumpenanlagen
[HeizAnIV]	Heizungsanlagen-Verordnung (HeizAnIV) Verordnung über energiesparende Anforderungen an heiztechnische Anlagen und Brauchwasseranlagen
[DIN 4753 Teil 1-3]	Zentrale Wassererwärmungsanlagen

1.2 Mess- und Abrechnungsdaten von co2online und ista

Von den Firmen ista und co2online wurden für die Auswertung umfangreiche Datensätze zur Verfügung gestellt. Während die ca. 2 Mio. Datensätze der Firma ista Daten für Mehrfamilienhäuser beinhalten, enthalten die Daten von co2online auch Informationen zum Warmwasserverbrauch von Ein- und Zweifamilienhäusern, die in der Regel eine niedrigere Bewohnerdichte aufweisen. Da die für das Forschungsprojekt zur Verfügung gestellten Messdaten überwiegend verbrauchsbezogen sind, war zunächst eine Aufbereitung notwendig, um daraus den Nutzenergiebedarf für Warmwasser zu ermitteln.

1.2.1 Bestimmung der relevanten Leitungsverluste zur Aufbereitung der Daten

Aufgrund der Tatsache, dass sowohl bei den Daten von ista als auch bei denen von co2online der Warmwasserverbrauch überwiegend in m^3/a angegeben bzw. abgeleitet wird, sind zur Bestimmung des Nutzenergiebedarfs die Wärmeverluste zwischen Wasserspeicher, in dem das Wasser mit Auslegungssystemtemperatur vorgehalten wird, und der Zapfstelle zu berücksichtigen. Während die Temperatur der Kaltwasserzuleitung in Anlehnung an die Heizkostenverordnung hinreichend genau im Jahresmittel für Gesamtdeutschland mit 10°C angenommen werden kann, ist die Bestimmung der tatsächlichen Zapftemperatur schwieriger, da diese von vielen Faktoren (z.B. der Zapfdauer und -frequenz, der Leitungslänge und -dämmung) abhängt. Ausgehend von der in der Regel bekannten Auslegungstemperatur (= mittlere Speichertemperatur) kann zunächst der spezifische Roh-Nutzenergiebedarf (inkl. der Leitungsverluste zur Zapfstelle) anhand der folgenden Gleichung bestimmt werden:

$$q = V \cdot c_{w, \text{spez}} \cdot (t_{\text{System}} - t_{\text{Kaltwasser}}) / A_N$$

mit

q:	spez. Roh-Nutzenergiebedarf (inkl. Leitungsverluste zur Zapfstelle), $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$
V:	gemessenes Warmwasservolumen, m^3
$c_{w, \text{spez}}$:	spezifische Wärmekapazität Wasser, $\text{kWh}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$
t_{System} :	Systemtemperatur des Warmwassersystems, $^\circ\text{C}$
$t_{\text{Kaltwasser}}$:	Kaltwassertemperatur, $^\circ\text{C}$
A_N :	Gebäudenutzfläche gemäß EnEV, m^2

Die zur Bestimmung des Trinkwarmwasserwärmebedarfs noch zu berücksichtigenden relevanten Leitungsverluste zur Zapfstelle bestehen zum einen aus den Energieverlusten des nach der Zapfung in den Leitungen verbleibenden warmen Wassers, welches sich auf Zimmertemperatur abkühlt, wenn zeitnah keine weitere Zapfung erfolgt. Diese Verluste werden in der Literatur häufig auch als Standverluste bezeichnet. Zum anderen sind die Transmissionsverluste während des Zapfvorgangs zu berücksichtigen, die zu einer Reduktion der Zapftemperatur führen.

Für die Bestimmung des Anteils der oben genannten Leitungsverluste ist es sinnvoll, die Grundlagen aus den Normen V 18599-8 bzw. DIN V 4701-10 heranzuziehen, da diese letztendlich für die Bestimmung des (gesamten) End- und Primärenergiebedarfs gemäß EnEV maßgeblich sind.

Zur Bestimmung der Leitungsverluste wurden zunächst die Längen der Verteil-, Strang- und Stichleitungen sowohl gemäß DIN V 18599-8 als auch gemäß DIN V 4701-10 ermittelt.

Da die Rohdaten neben der Wohnfläche und allenfalls der Geschosszahl keine näheren Informationen zu der Gebäudegeometrie oder der Leitungslänge beinhalteten, mussten hierfür Annahmen getroffen werden, die im Folgenden dargestellt werden:

- Abschätzung der größten gestreckten Länge (L_g) und größten gestreckten Breite (B_g) zur Ermittlung der Leitungslängen
 - EZFH
 - $L_g = 1,1 * (\text{Wohnfläche} / \text{Geschosszahl})^{(1/2)}$
 - $B_g = 1/1,1 * (\text{Wohnfläche} / \text{Geschosszahl})^{(1/2)}$
 - MFH
 - $L_g = 1,3 * (\text{Wohnfläche} / \text{Geschosszahl})^{(1/2)}$
 - $B_g = 1/1,3 * (\text{Wohnfläche} / \text{Geschosszahl})^{(1/2)}$
- Abschätzung der Geschosszahl (=Anzahl beheizter Geschosse; n_g), falls nicht im Datensatz vorhanden
 - EZFH
 - $n_g = \text{durchschnittliche } n_g \text{ aller EZFH}$
 - MFH
 - $n_g = \text{Wohnfläche} / (335/3)^3$
- Annahmen zur Höhe der Geschosse (h_g)
 - EZFH
 - $h_g = 2,75 \text{ m}$
 - MFH
 - $h_g = 3,00 \text{ m}$

In den Normen wird nicht zwischen Stand- und Transmissionsverlusten während des Zapfvorgangs, sondern nur zwischen Verlusten in Verteil-, Strang-, und Stichleitungen unterschieden. Während davon auszugehen ist, dass die in den Normen für die Stichleitungen ausgewiesenen Verluste den dafür zu berücksichtigenden Stand- und Transmissionsverlusten während des Zapfvorgangs entsprechen, ist bei einem Zirkulationssystem jeweils nur ein Teil der nach den Normen bestimmten Verluste der Verteil- und Strangleitungen für die Aufbereitung der Rohdaten zu berücksichtigen. Es wurden daher zunächst für alle Systeme, auch für diejenigen mit Zirkulationsleitung, die Rohrabschnittsverluste ohne Zirkulationssystem mittels der folgenden Gleichungen und Randbedingungen ermittelt.

³ Der Divisor (335/3) wurde in Anlehnung an [Klauß et al. 2010] zum typischen „Mehrfamilienhaus klein“ mit einer Wohnfläche von 335 m² und 3 Stockwerken festgelegt.

DIN V 18599-8:2011-12

Die allgemeine Bestimmung der Wärmeverluste eines Rohrabschnitts eines Trinkwarmwasser-Rohrnetzes ohne Zirkulationsleitung erfolgt nach:

$$Q_{w,d,i} = \frac{1}{1000} \cdot U_i \cdot L_i \cdot (\theta_{w,av} - \theta_l) \cdot d_{op,mth} \cdot t_{op,day}$$

mit

- $Q_{w,d,i}$: Wärmeverluste des Rohrabschnitts (im Monat), in kWh;
 U_i : längenspezifischer Wärmedurchgangskoeffizient, in W/(m • K);
 L_i : Länge des Rohrabschnitts (halbe Länge der Zirkulationsleitungen), in m;
 $\theta_{w,av}$: mittlere Temperatur des Rohrabschnitts (ohne Zirkulationsbetrieb: $25 \cdot U-0,2$), in °C;
 θ_l : mittlere Umgebungstemperatur (im beheizten Bereich: 20°C, im unbeheizten Bereich: 13°C), in °C;
 $d_{op,mth}$: monatliche Betriebsdauer für Trinkwarmwasser, in d;
 $t_{op,day}$: tägliche Betriebsdauer mit entsprechender Temperatur $\theta_{w,av}$ (ohne Zirkulation: 24h)

DIN V 4701-10:2003-08

Die allgemeine Bestimmung der Wärmeabgabe eines Rohrabschnitts eines Trinkwarmwasser-Rohrnetzes ohne Zirkulationsleitung erfolgt nach:

$$Q_{TW,d,i} = \frac{1}{1000} \cdot U_i \cdot L_i \cdot (\vartheta_{TW,m} - \vartheta_{u,m}) \cdot t_{TW} \cdot z$$

mit

- $Q_{TW,d,i}$: Wärmeabgabe des Rohrabschnitts, in kWh/a;
 U_i : längenspezifischer Wärmedurchgangskoeffizient, in W/(m • K);
 L_i : Länge des Rohrabschnitts (halbe Länge der Zirkulationsleitungen), in m;
 $\vartheta_{TW,m}$: mittlere Temperatur des Rohrabschnitts (ohne Zirkulationsbetrieb: 32°C), in °C;
 $\vartheta_{u,m}$: mittlere Umgebungstemperatur (im beheizten Bereich: 20°C, im unbeheizten Bereich: 13°C), in °C;
 t_{TW} : Bereitstellungsdauer für Trinkwarmwasser (350 d/a), in d/a;
 z : Wärmeabgabe des Rohrabschnitts, in kWh/a;

- Falls die Information vorhanden war, ob der Keller beheizt ist, wurde dies bei der Dämmqualität der Verteilleitungen (beheizt: $U = 0,3 \text{ W/(m.K)}$; unbeheizt: $U = 0,2 \text{ W/(m.K)}$) und bei der Umgebungstemperatur berücksichtigt (beheizt: 20°C; unbeheizt: 13°C). Im Normalfall wurden folgende Dämmqualitäten für die einzelnen Rohrabschnitte berücksichtigt⁴:
 - Verteilleitung: $U = 0,2 \text{ W/(m.K)}$
 - Strangleitung: $U = 0,3 \text{ W/(m.K)}$
 - Stickleitung: $U = 0,4 \text{ W/(m.K)}$

Es ist davon auszugehen, dass bei der Bestimmung der beschriebenen Wärmeverluste bei einem vorhandenen Zirkulationssystem eine Berücksichtigung der gesamten Leitungslängen zu einer Überschätzung führt. Darüber hinaus wird bei der Bestimmung des gesamten End- und Primärener-

⁴ Entspricht der Dämmqualität gedämmter Leitungen von 1980-1995 gemäß DIN V 18599-8:2011-12, Tabelle 10 (innen liegende Stränge)

giebedarfs ein Teil der oben berechneten Verluste als Gutschrift auf den Heizwärmebedarf angerechnet. Da eine exakte Bestimmung der Anteile der zu berücksichtigenden Stand- und Transmissionsverluste während des Zapfvorgangs nicht möglich ist, musste hierfür eine Annahme getroffen werden:

Für die Bestimmung des relevanten Trinkwarmwasserwärmebedarfs aus den zur Verfügung gestellten Rohdaten wurde die Hälfte der Verluste nach Norm unter Berücksichtigung der zuvor beschriebenen Randbedingungen berücksichtigt.

Im Folgenden werden die für die Aufbereitung der Rohdaten berücksichtigbaren nutzflächenspezifischen (A_N) Stand- und Transmissionsverluste während des Zapfvorgangs exemplarisch für Daten der Firma co2online dargestellt. Für die Daten von ista ergibt sich eine ähnliche Verteilung und Größenordnung.

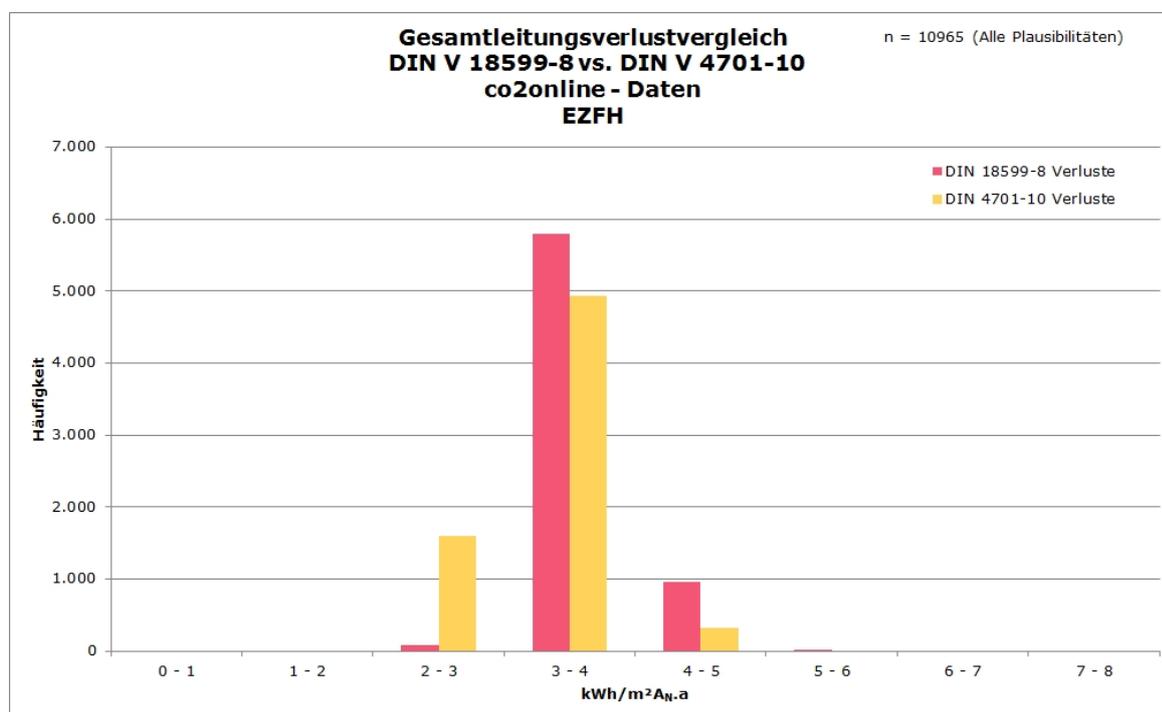


Abbildung 1: Vergleich der zur Aufbereitung der Rohdaten verwendbaren Stand- und Transmissionsverluste während des Zapfvorgangs gemäß DIN V 18599-8 und DIN V 4701-10 (Ansatz: ohne Zirkulationssystem, 50 %; siehe Text) für Ein- und Zweifamilienhäuser für ca. 10.965 Datensätze

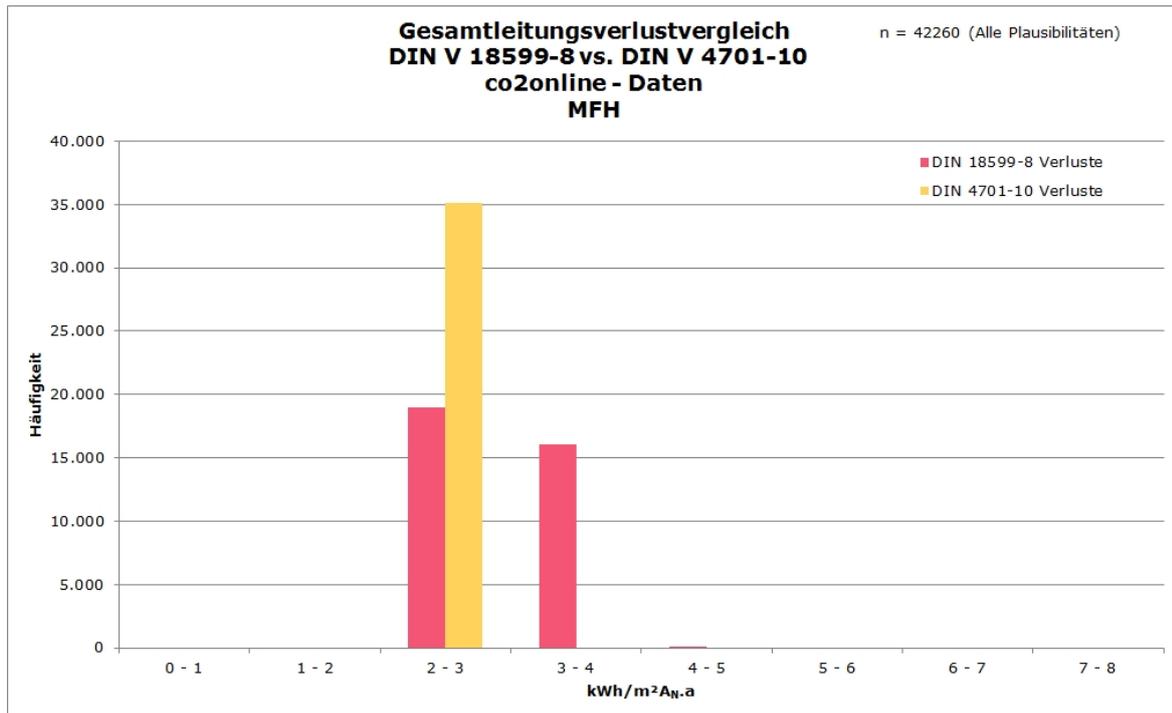


Abbildung 2: Vergleich der zur Aufbereitung der Rohdaten verwendbaren Stand- und Transmissionsverluste während des Zapfvorgangs gemäß DIN V 18599-8 und DIN V 4701-10 (Ansatz: ohne Zirkulationssystem, 50 %; siehe Text) für Mehrfamilienhäuser für ca. 42.260 Datensätze

Für Einfamilienhäuser liegen die zu berücksichtigenden Verluste im Wesentlichen im Bereich von 3-4 kWh/(m².a), während die Verluste für Mehrfamilienhäuser etwas geringer sind. Tendenziell weist die DIN V 18599 etwas höhere Verluste als die DIN V 4701-10 aus.

Für die weiteren Auswertungen wurden die gemäß **DIN V 4701-10** ermittelten Leitungsverluste verwendet, da aufgrund der klareren Leitungslängenermittlung über die Gebäudenutzfläche weniger Unschärfen bei der Ermittlung der Verluste zu erwarten sind. Zudem verweist die EnEV im Referenzgebäudeverfahren ausschließlich auf die Leitungslängen gem. DIN V 4701-10⁵.

Die Transmissionsgewinne im Kaltwasserstrang, die durch Kaltwasserbeimischung bei Einstellung einer gewünschten Warmwassertemperatur auftreten, wurden bei den folgenden Betrachtungen vernachlässigt.

1.2.2 Daten der Firma ista

Die Firma ista verfügt über eine umfangreiche Datenbank mit über **2 Mio. Datensätzen** von Heiz- und Warmwasserverbräuchen für den Zeitraum von **2000 bis 2012**, auf dessen Grundlage die jährliche Heizkostenabrechnung gemäß der Heizkostenverordnung durchgeführt wird. Aufgrund der Bereitstellung von historischen Daten lassen sich somit ggf. auch Trends beim Warmwasserverbrauch ableiten. Durch die Anreicherung der Daten um Angaben zur Objektgröße und bspw. der Anzahl der Wohneinheiten lassen sich weitere Einflussfaktoren auf den Warmwasserverbrauch analysieren. Die Daten zeichnen sich durch eine sehr hohe Qualität aus, da sie als Grundlage für die

⁵ EnEV 2014 Anlage 1, Tabelle 1, Nr. 6, Leitungslängen nach DIN V 4701-10:2003-08 Tabelle 5.1-2 (Anlage zur Warmwasserbereitung).

Heizkostenabrechnung und den Energieausweis herangezogen wurden und für diese zahlreichen Plausibilitätskontrollen unterzogen wurden.

Konkret lag zur Auswertung folgendes Datenmaterial vor:

- Gebäude-ID („ID“)
- Postleitzahl der Liegenschaft („LG-PLZ“)
- Beginn des Abrechnungszeitraums („ABRE von“)
- Ende des Abrechnungszeitraums („ABRE bis“)
- Gesamtverbrauch für Heizen und Warmwasser („Gesamtverbrauch“)
- Angabe der Einheit des Brennstoffes des Gesamtverbrauchs („Brennstoffeinheit“)
- Gemäß Heizkostenverordnung errechneter Anteil des Warmwasserverbrauchs an dem Gesamtverbrauch („Verbrauch Warmwasser prozentual“)
- Art des verwendeten Energieträgers („Brennstoffart“)
- Angabe des unteren Heizwerts des Brennstoffs („Unterer Heizwert“)
- Beheizte Wohnfläche des Objektes („Beheizte Wohnfläche“)
- Anzahl der Nutzeinheiten des Objektes („Anzahl Nutzeinheiten“)
- Angabe des Gebäudebaujahrs, falls vorhanden („Baujahr Gebäude“)
- Angabe des Baujahrs der Anlagentechnik, falls vorhanden („Baujahr Anlagentechnik“)
- Kennzeichnung des Datensatzes bei brennwertbezogener Abrechnung⁶

Plausibilitätsprüfung der Daten

Die Daten beinhalten zum weit überwiegenden Teil die Verbräuche von Mehrfamilienhäusern. Zu einem geringen Anteil von ca. 1 % sind laut Angaben von ista darin jedoch auch Nichtwohngebäude enthalten sowie auch 10 bis 15 % mischgenutzte Gebäude, bei denen typischerweise im Erdgeschoß eine gewerbliche Nutzung vorliegt, während sich in den Obergeschossen Wohnungen befinden. Zur Bereinigung der Daten wurden unrealistisch große Nutzeinheitengrößen über 250 m², die meist bei Nichtwohngebäuden zu erwarten sind, bei den Auswertungen nicht berücksichtigt. Es ist davon auszugehen, dass der geringe verbleibende Anteil der Nichtwohngebäude keinen signifikanten Einfluss auf die daraus abzuleitenden Werte hat.

Zudem wurden zur Qualitätsverbesserung der Daten nicht plausible und extreme Werte bei den weiteren Betrachtungen eliminiert. Dabei wurden folgende Kriterien angewandt:

- Abrechnungszeiträume, die nicht zwischen 350 und 380 Tagen pro Jahr lagen, wurden aufgrund der eventuellen jahreszeitlichen Abhängigkeit des Nutzwärmebedarfs von der Auswertung ausgeschlossen (s. Tabelle 14)
- Vorgabe eines plausiblen Wertebereichs des Nutzwärmebedarfs von Warmwasser von 1 bis 37,5 kWh/(m²A_N.a)⁷
- Ausschluss der Pauschalannahmen von 18 % des Gesamtenergiebedarfs und 32 kWh/m²Wohnfläche.a⁸
- Ausschluss von Datensätzen ohne Angabe einer Wohnfläche

⁶ Hintergrund: Notwendigkeit der Umrechnung der brennwertbezogenen Angaben für den Energieträger Erdgas für den Zeitraum nach der Novellierung der Heizkostenverordnung am 01.01.2009.

⁷ Die Obergrenze von 37,5 kWh/(m²A_N.a) entspricht dem dreifachen des Normwertes nach DIN V 4701-10 von 12,5 kWh/(m²A_N.a)

⁸ Dies sind die Pauschalwerte nach Heizkostenverordnung, die anzunehmen sind, wenn keine genaueren Messwerte vorliegen

In der Regel handelt es sich bei den von ista zur Verfügung gestellten Daten um die aus dem gemessenen Warmwasservolumen errechneten Werte. Zur Bestimmung des nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarfs mussten diese daher wieder auf das Warmwasservolumen zurückgerechnet werden. Die Rückrechnung erfolgte für die aufgeführten unterschiedlichen Fälle nach den folgenden Gleichungen:

Standardfall alle Energieträger:

$$V = \frac{B \cdot H_u \cdot A_w}{(2,5 \cdot (60^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}))}$$

mit

- V: Warmwasservolumen, m³
 B: Brennstoffmenge, jeweilige Einheit
 H_u: Unterer Heizwert des Brennstoffs, -
 A_w: Warmwasseranteil an Brennstoffmenge, %

1. Fall: Vor Novellierung der Heizkostenverordnung (HKVO), Abrechnungsjahr < 2009

- Erdgas H (m³):

$$V = \frac{B \cdot 10,5 \cdot A_w}{(2,5 \cdot (60^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}))}$$

- Fernwärme:

$$V = \frac{B \cdot H_u \cdot A_w}{(2,0 \cdot (60^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}))}$$

2. Fall: Nach Novellierung der Heizkostenverordnung (HKVO), Abrechnungsjahr >= 2009

- Erdgas H (m³):

Mit Brennwertbezug:

$$V = \frac{B \cdot 10,0 \cdot A_w}{(1,11 \cdot 2,5 \cdot (60^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}))}$$

Ohne Brennwertbezug

$$V = \frac{B \cdot 10,0 \cdot A_w}{(2,5 \cdot (60^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}))}$$

- Fernwärme:

$$V = \frac{B \cdot H_u \cdot A_w \cdot 1,15}{(2,5 \cdot (60^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}))}$$

In den nach der o.g. Bereinigung verbleibenden Warmwasserverbrauchskennwerten sind noch Anteile von Leitungsverlusten enthalten, die gemäß der im vorigen Kapitel beschriebenen Methodik berechnet und von den, wie oben beschrieben, ermittelten Werten abgezogen wurden. Unter Berücksichtigung einer Temperaturdifferenz von 50 K zwischen der mittleren Kaltwassertemperatur

von 10°C (d.h. einer mittleren Systemtemperatur von 60°C) ergibt sich daraus die folgende Häufigkeitsverteilung des nutzflächenbezogenen⁹ Trinkwarmwasserwärmebedarfs.

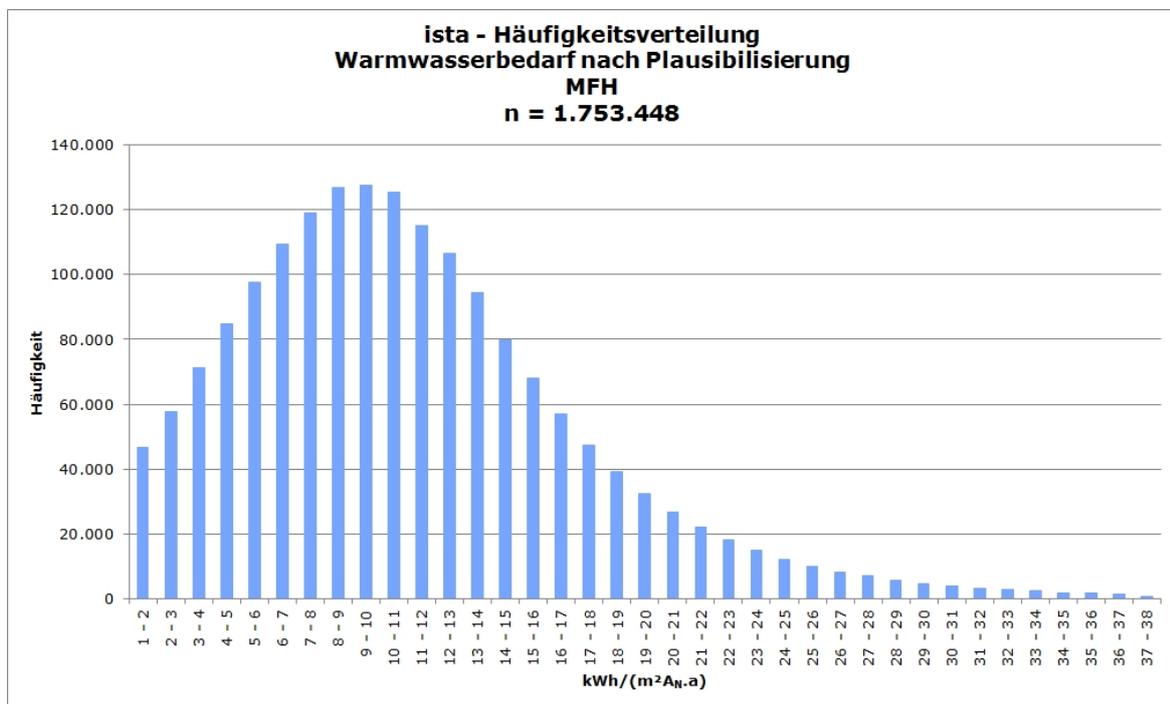


Abbildung 3: Häufigkeitsverteilung des nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarfs von 1,75 Mio. Datensätzen nach Abzug der relevanten Stand- und Transmissionsverluste, errechnet aus den von der Firma ista im Zeitraum 2000-2012 erhobenen Warmwassermengen.

Aus den Daten ergeben sich die folgenden statistischen Größen für die Mehrfamilienhäuser in kWh/(m²AN.a):

- **Mittelwert: 11,1**
- Median: 10,3
- Standardabweichung: 6,1

Der Gesamtmittelwert von **11,1 kWh/(m²AN.a)** weicht aufgrund der Schiefe der oben erkennbaren Verteilung vom Maximalwert der Häufigkeitsverteilung, der Klasse von 9- 10 kWh/(m²AN.a) ab. Die beiden folgenden Abbildungen zeigen die Mittelwerte des nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarfs jeweils nach Abrechnungsjahren und nach Wohneinheitengröße, mit Darstellung der jeweiligen Anzahl der Datensätze (graue Linie).

⁹ Errechnet aus der Wohnfläche gem. EnEV 2014 §19, Absatz 2: „Ist die Gebäudenutzfläche nicht bekannt, kann sie bei Wohngebäuden mit bis zu zwei Wohneinheiten mit beheiztem Keller pauschal mit dem 1,35fachen Wert der Wohnfläche, bei sonstigen Wohngebäuden mit dem 1,2fachen Wert der Wohnfläche angesetzt werden.“ Anmerkung: Die ista-Daten sind ausschließlich Mehrfamilienhäuser. Daraus folgt, dass mehr als 2 Wohneinheiten vorhanden sind und das 1,2fache der Wohnfläche für die Gebäudenutzfläche angenommen werden kann.

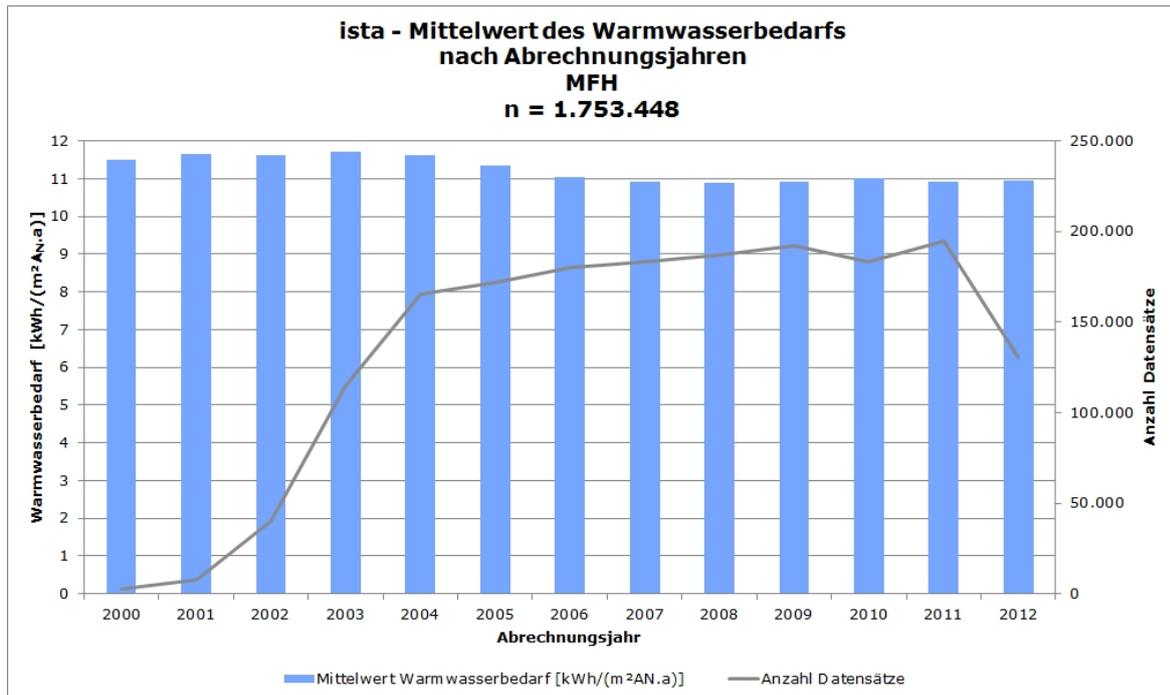


Abbildung 4: Darstellung der Mittelwerte des nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarfs für die Jahre 2000 bis 2012

Die Darstellung **in Abhängigkeit von den Abrechnungsjahren** der Mehrfamilienhäuser zeigt, dass der **nutzflächenbezogene Trinkwarmwasserwärmebedarf zunächst rückläufig** war (von etwa 11,6 im Jahr 2003 auf 10,9 kWh/(m²AN.a) im Jahr 2012). **Seit 2007 sind die Werte jedoch bei ca. 11 kWh/(m²AN.a) stabil.** Da die Anzahl der Datensätze ab dem Jahr 2003 über 100.000 beträgt, kann davon ausgegangen werden, dass die erzeugten Mittelwerte aussagekräftig sind.

Die folgende Darstellung der Mittelwerte in **Abhängigkeit von der Wohneinheitengröße** zeigt eine offensichtlich **signifikante Abhängigkeit des nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarfs von der Wohneinheitengröße**: Je größer die Wohneinheit, desto geringer wird der Bedarf (von etwa 12,5 kWh/(m²AN.a) bei 40 -50 m² auf ca. 7 kWh/(m²AN.a) bei 170-250 m²).

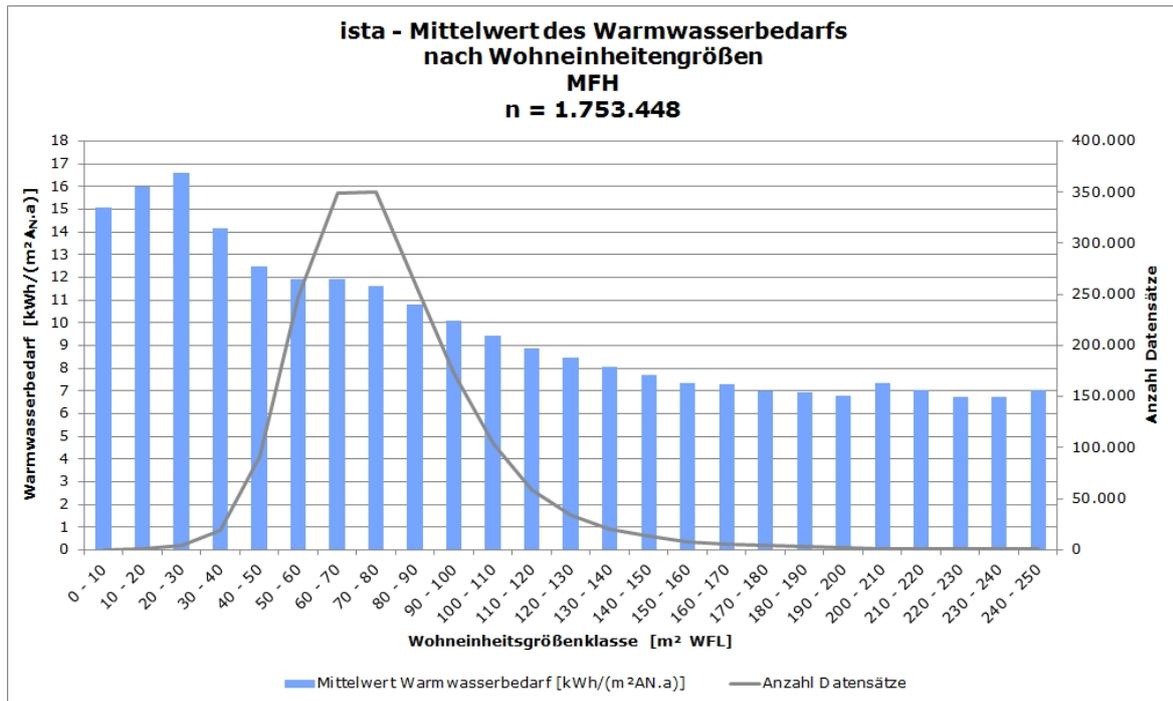


Abbildung 5: Darstellung der Mittelwerte des nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarfs für unterschiedliche Wohneinheitengrößen (in 10 m² Wohnfläche-Schritten)

1.2.3 Daten der Firma co2online

co2online erhebt in mehreren laufenden Programmen Daten zum Warmwasserverbrauch („Heiz-Check“, „ModernisierungsCheck“, Heizgutachten). Zur Verdeutlichung der Art der Datenerhebung aus den von co2online zur Verfügung gestellten Online-Beratungstools dient folgende Abbildung der Eingabemasken der Online-Ratgeber, exemplarisch am Beispiel des ModernisierungsChecks.

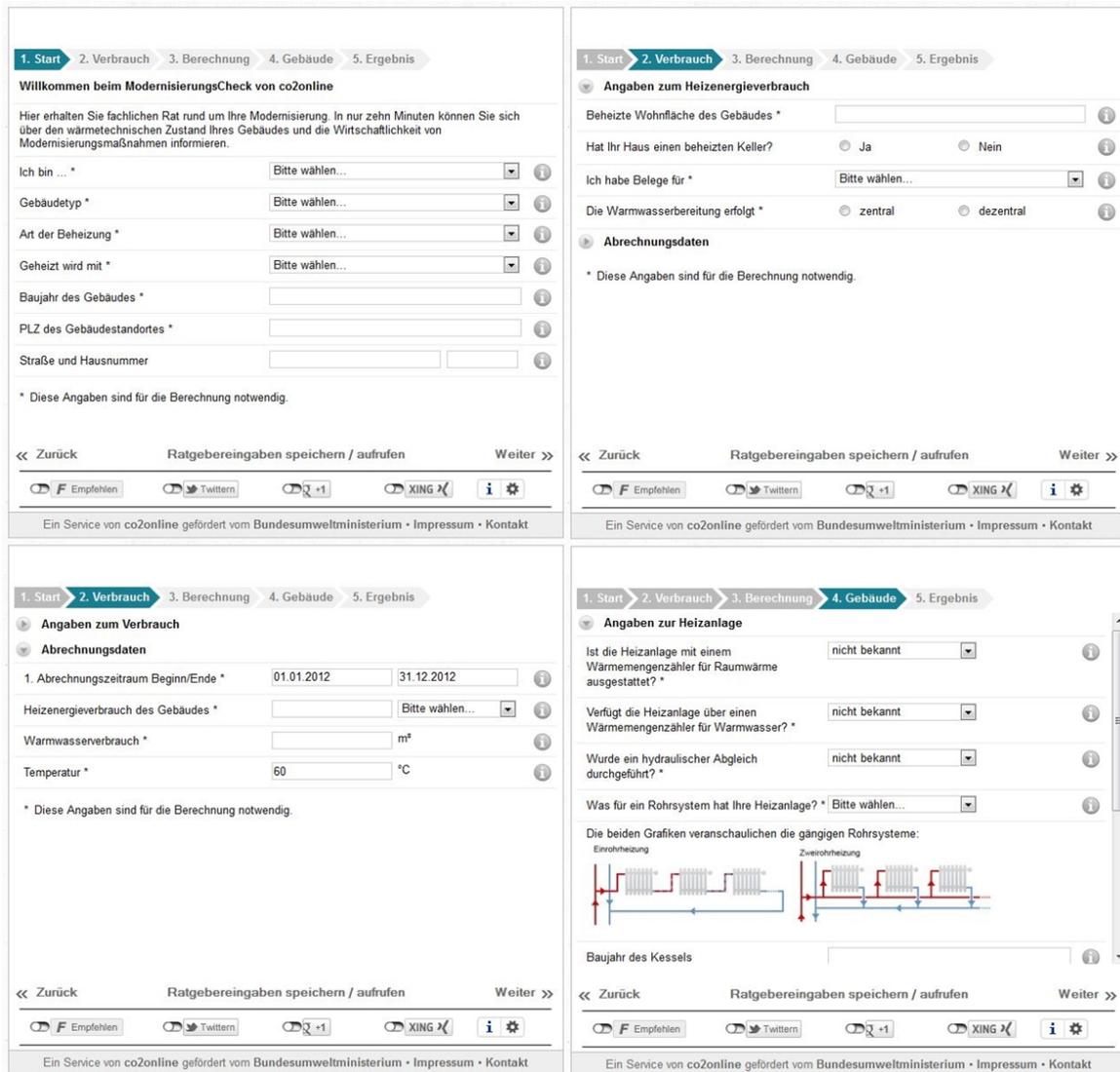


Abbildung 6: Eingabemasken der Gebäude- und Verbrauchsdaten des ModernisierungsChecks von co2online

Die hier von den Nutzern eingegebenen Daten werden in einer sql-Datenbank mitgeschrieben und wurden für das Vorhaben extrahiert. Daraus ergaben sich direkte Bezüge zwischen den Gebäude- und Verbrauchsdaten einzelner Haushalte.

Zur Auswertung im Rahmen des Projektes lagen ca. **1 Million Gebäudedatensätze** aus allen co2online-Programmen vor. Dabei ist zu beachten, dass nicht alle Angaben in den Ratgebern verpflichtend sind, so dass einige der Parameter nicht für jeden einzelnen Datensatz in der Datenbank vorlagen. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Daten von co2online einen sinnvollen Querschnitt durch die deutschen Wohngebäude darstellen.

Bisherige Auswertungen aus der Datenbank, insbesondere in Bezug auf die Repräsentativität der Daten, zeigen ein deutliches Bild, welches die nachfolgenden Tabellen veranschaulichen. Gezeigt wird hier ein Vergleich der Zusammensetzung der co2online-Gebäudedaten zu den Daten des statistischen Bundesamtes (destatis).

Tabelle 3. Zusammensetzung der co2online-Gebäudedaten nach Gebäudetyp, Baujahr, Energieträger, Warmwasserbereitung und mittlerer Gebäudefläche

Parameter	co2online	destatis
Gebäudetyp		
EZFH	76,8 %	83,0 %
MFH	23,2 %	17,0 %
Baujahr		
bis 1918	8,6 %	15,0 %
1919-1948	9,1 %	15,0 %
1949-1978	43,5 %	41,0 %
1979-1995	26,1 %	17,0 %
1996-2000	7,1 %	6,0 %
ab 2001	5,9 %	6,0 %
Energieträger		
Erdgas	47,6 %	48,6 %
Fernwärme	4,4 %	13,2 %
Flüssiggas	1,4 %	-
Heizöl	46,0 %	30,2 %
Strom	0,7 %	4,0 %
Holzpellets	0,7 %	3,0 %
Warmwasserbereitung		
dezentral	13,9 %	-
zentral	86,1 %	-
Mittlere Gebäudefläche		
EZFH	158,5 m ²	-
MFH	828,8 m ²	-

Tabelle 4. Zusammensetzung der co2online-Gebäudedaten nach Bundesländern

Bundesland	co2online	destatis
Baden-Württemberg	12,6 %	12,9 %
Bayern	16,1 %	16,0 %
Berlin	2,8 %	1,8 %
Brandenburg	2,2 %	3,3 %
Bremen	0,7 %	0,8 %
Hamburg	1,4 %	1,3 %
Hessen	8,6 %	7,4 %
Mecklenburg-Vorpommern	1,0 %	2,0 %
Niedersachsen	10,6 %	11,4 %
Nordrhein-Westfalen	23,4 %	20,4 %
Rheinland-Pfalz	5,4 %	6,2 %
Saarland	1,5 %	1,7 %
Sachsen	3,8 %	4,5 %
Sachsen-Anhalt	1,7 %	3,2 %
Schleswig-Holstein	4,4 %	4,1 %
Thüringen	1,6 %	2,9 %

Eine Auszählung der für das Vorhaben relevanten Warmwasserverbräuche aus den co2online-Gebäudedaten zeigt Tabelle 5 (siehe unten).

Insgesamt stehen im Bereich der **Ein- und Zweifamilienhäuser (EZFH)** ca. **30.000 Gebäudedaten** und im Bereich der **Mehrfamilienhäuser (MFH)** über **50.000 Gebäudedaten** mit Angaben zum Warmwasserverbrauch aus Abrechnungsdaten und zu Teilen in gemessenen Kilowattstunden von Wärmemengenzählern zur Verfügung (s. Tabelle 5).

Tabelle 5. Warmwasserverbräuche co2online nach Programm

Gebäudetyp	co2online-Programm	Anzahl Datensätze	
		Warmwasser verbrauch m ³	Warmwasser verbrauch kWh
-	-		
EZFH	HeizCheck	19.494	1.261
MFH		23.432	1.544
EZFH	ModernisierungsCheck	9.393	490
MFH		2.830	241
EZFH	Heizgutachten	899	0
MFH		24.209	44
EZFH	SUMME	29.786	1.751
MFH		50.471	1.829

Die Daten umfassen den Zeitraum von **2002 bis 2012**. Neben den in der Datenbank vorhandenen Warmwasserverbräuchen konnten auch die dazugehörigen **Gebäudedaten**, wie Baujahr, Fläche, Energieträger und Baujahr des Wärmeezeugers ausgewertet werden.

Zudem ist seit Mai 2013 der co2online WasserCheck online, in dem Nutzer Angaben zu ihren Warmwassersystemen machen können. Die Stichprobe ist bislang jedoch nicht groß genug, um repräsentative Aussagen über die Verteilung von Warmwassersystemen treffen zu können. Die folgende Tabelle zeigt jüngere Auswertungen (Stand Oktober 2013) aus dem WasserCheck. Die Prozentangaben beziehen sich dabei auf die Anteile innerhalb der Gebäudekategorie EZFH bzw. MFH.

Tabelle 6. Auswertungen des co2online WasserChecks

Gebäudetyp	zentral/ dezentral	System	Anteil
EZFH	zentral	mit Zirkulation	50 %
		ohne Zirkulation	33 %
	dezentral	Strom-Boiler	4 %
		Strom-Durchlauferhitzer	12 %
MFH	zentral	mit Zirkulation	47 %
		ohne Zirkulation	11 %
	dezentral	Strom-Boiler	6 %
		Strom-Durchlauferhitzer	30 %
		Erdgas-Etagenheizung	6 %

Der Fokus der Auswertungen der Daten von co2online liegt auf den fast 30.000 Gebäudedaten von Ein- und Zweifamilienhäusern, einer Gruppe, die von den ista Datensätzen nicht bzw. nur unzureichend erfasst wird. Zum Vergleich und zur Validierung der Daten von co2online wurden jedoch auch die ca. 50.000 Gebäudedaten der Mehrfamilienhäuser analog zu den ista Datensätzen ausgewertet.

Unter Anderem lag zur Auswertung folgendes Datenmaterial seitens co2online vor:

- Gebäudetyp EZFH bzw. MFH („gebaeude_typ“)
- Wohnfläche („gebaeude_wohnfläche“)
- Energieträger („energietraeger“)
- Art der Warmwasserbereitung („wwb“)
- Beginn des Abrechnungszeitraums („abrech_von“)
- Ende des Abrechnungszeitraums („abrech_bis“)
- Verbrauch Warmwasser, m³ („verbrauch_ww“)
- Systemtemperatur Warmwasser („temp_ww“)
- Keller beheizt/unbeheizt („keller_beheizt“)
- Anzahl Stockwerke („anzahl_stockwerke“)
- Anzahl Wohneinheiten („anzahl_wohneinheiten“)
- Anzahl Personen („anzahl_personen“)
- Quelle des Datensatzes („quelle“)

Plausibilitätsprüfung der Daten

Bevor die Daten ausgewertet wurden, wurden auch die Daten von co2online einer Plausibilitätsprüfung unterzogen. Im Gegensatz zu den von ista erhobenen abrechnungsrelevanten Daten beruhen die Daten von co2online auf freiwilligen Nutzereingaben, die nur in beschränktem Umfang geprüft werden können. Daher wurde hierbei eine noch umfassendere Qualitätsprüfung als bei den ista Daten durchgeführt.

Insbesondere bei den Angaben zum Warmwasserbedarf in Kubikmetern scheint es nicht selten zu Missverständnissen gekommen zu sein. Extrem hohe Werte wurden von der weiteren Auswertung ausgeschlossen, da hier offensichtlich gelegentlich der Warmwasserbedarf mit dem Gesamtwasserbedarf verwechselt worden ist. Die Plausibilitätsgrenze wurde hierfür auf 27,4 Kubikmeter pro Person und Jahr¹⁰ festgelegt. Außerdem wurden alle Werte kleiner als $1 \text{ m}^3/(\text{P}\cdot\text{a})$ ausgeschlossen. Darüber hinaus wurden zusätzlich die folgenden Prüfungen vorgenommen:

- Vorgabe eines plausiblen Wertebereichs von 1 bis $37,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{A}_\text{N}\cdot\text{a})$ ^{11 12}
- Mittelwerte der Abrechnungszeiträume (abfragebedingt waren nur max. 3 eingebbar), die nicht zwischen 350 und 380 Tagen pro Jahr lagen, wurden aufgrund der eventuellen jahreszeitlichen Abhängigkeit des Nutzwärmebedarfs von der Auswertung ausgeschlossen (s. Tabelle 14)
- Angegebene m^3 , die nach einer Division durch 5 einen Wert ohne Nachkommastelle ergaben, wurden als „grob geschätzt“ eingestuft und daher ausgeschlossen
- Angegebene m^3 , die nach einer Division durch die Personenanzahl¹³ einen Wert ohne Nachkommastelle ergaben, wurden ebenfalls als „geschätzt“ eingestuft und daher ausgeschlossen

Die folgenden Abbildungen zeigen die oben beschriebenen Plausibilitätsstufen sowohl für die Ein- und Zweifamilienhäuser als auch für Mehrfamilienhäuser.

Die Datenreihe „Alle Plausibilitäten“ muss dabei nicht grundsätzlich die niedrigste Häufigkeit aufweisen, da es in den Teilplausibilitäten auch Fälle gibt, in denen keine eindeutige Aussage plausibel/unplausibel möglich war¹⁴.

¹⁰ Begründung der Annahme: $25 \text{ l}/\text{P}\cdot\text{d} * 1 \text{ Person} * 365 \text{ d/a} * 1/1000 \text{ m}^3/\text{L} = 9,125 \text{ m}^3/\text{P}\cdot\text{a}$, Festlegung Obergrenze: $3 * 9,125 = 27,375 \text{ m}^3$

¹¹ Begründung der Annahme der Obergrenze: $12,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{A}_\text{N}\cdot\text{a}) * 3 = 37,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{A}_\text{N}\cdot\text{a})$

¹² Errechnet aus der Wohnfläche gem. EnEV 2009 §19, Absatz 2: „Ist die Gebäudenutzfläche nicht bekannt, kann sie bei Wohngebäuden mit bis zu zwei Wohneinheiten mit beheiztem Keller pauschal mit dem 1,35fachen Wert der Wohnfläche, bei sonstigen Wohngebäuden mit dem 1,2fachen Wert der Wohnfläche angesetzt werden.“

¹³ Bei mehr als einer Person

¹⁴ Beispiel: keine Personenanzahl vorhanden für „Plausibilität m^3/P “

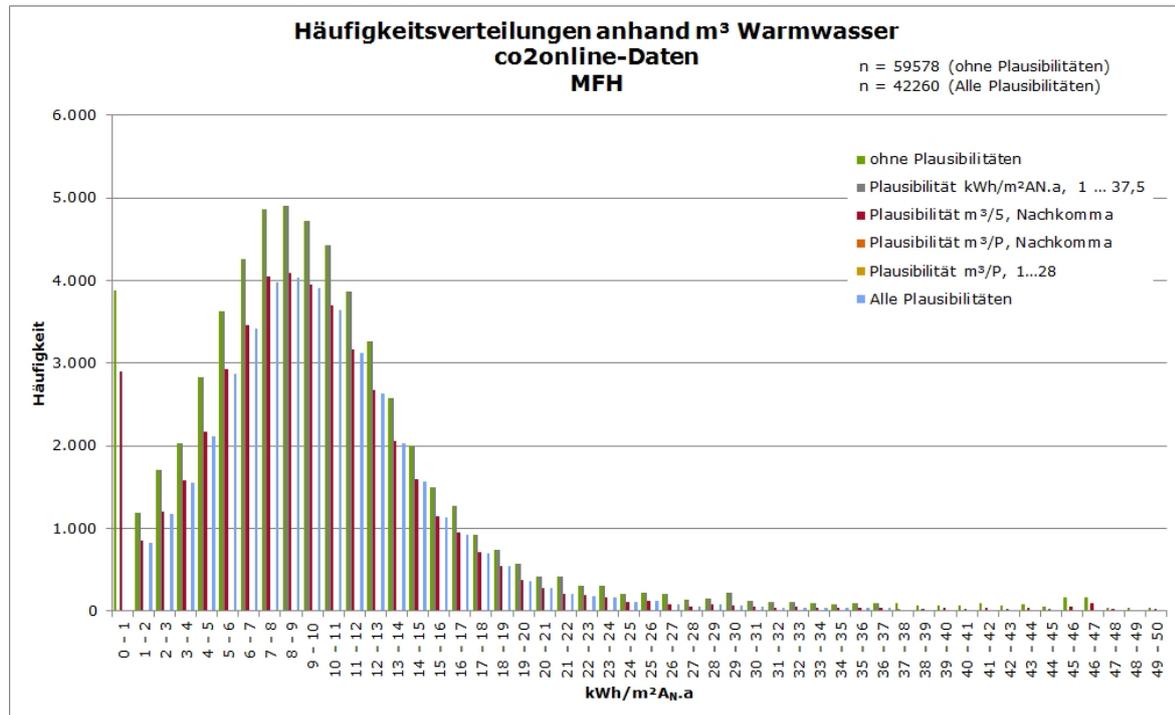


Abbildung 7: Vergleichende Häufigkeitsverteilung der Angaben zum Trinkwarmwasserwärmebedarfs von ca. 59.578 Datensätzen für Mehrfamilienhäuser unter Berücksichtigung unterschiedlicher Qualitätsprüfungen

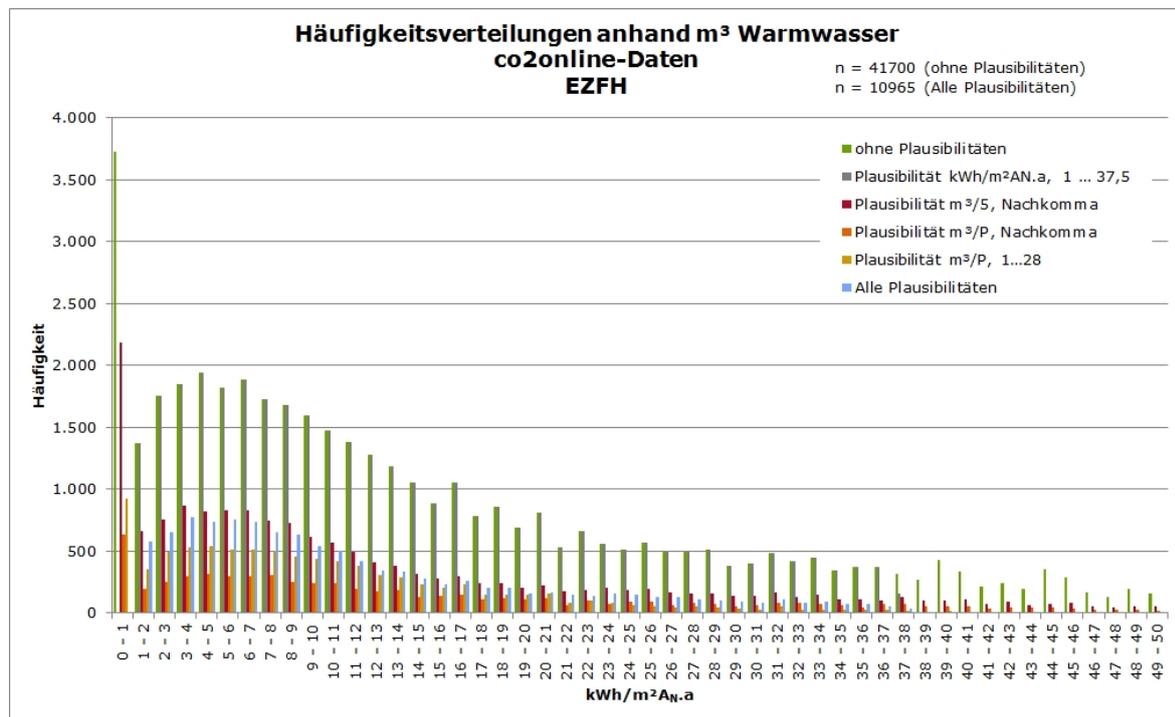


Abbildung 8: Vergleichende Häufigkeitsverteilung der Angaben zum nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarf von 41.700 Datensätzen für Ein- und Zweifamilienhäuser unter Berücksichtigung unterschiedlicher Qualitätsprüfungen

Für die im Folgenden beschriebenen Auswertungen wurden nach Abzug aller durch Plausibilitätsprüfungen aussortierten Daten für Ein- und Zweifamilienhäuser noch **10.965 Datensätze** und für Mehrfamilienhäuser noch **42.260 Datensätze** verwendet. Die Anzahl der nutzbaren Datensätze für

Ein- und Zweifamilienhäuser wurde vor allem durch die Elimination der offensichtlichen Schätzwerte und der Verwechslung des Warmwasserbedarfs mit dem Gesamtwasserbedarf stark dezimiert.

Ergebnisse der Auswertungen für die Mehrfamilienhäuser

Unter Berücksichtigung der relevanten Verluste (siehe in Kapitel 1.2.1) ergibt sich für den nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarf der Mehrfamilienhäuser die folgende Häufigkeitsverteilung.

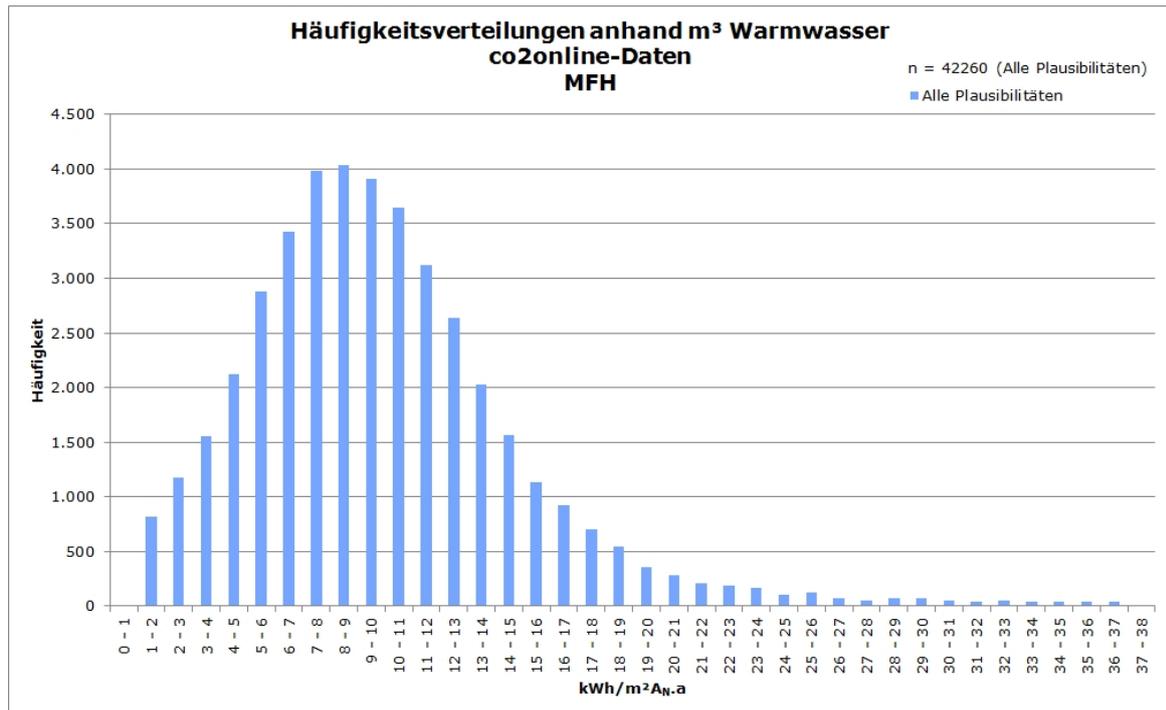


Abbildung 9: Häufigkeitsverteilung des nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarfs von 42.260 Datensätzen von Mehrfamilienhäusern nach allen Plausibilitätsbereinigungen und Abzug der relevanten Stand- und Transmissionsverluste, errechnet aus den von der Firma co2online im Zeitraum 2002-2012 im Rahmen von unterschiedlichen Kampagnen erhobenen Daten.

Aus den Daten ergeben sich außerdem die folgenden statistischen Größen für die Mehrfamilienhäuser in kWh/(m²AN.a):

- **Mittelwert: 10,0**
- 25% - Perzentil: 6,6
- Median: 9,3
- 75% - Perzentil: 12,3
- Standardabweichung: 5,1

Der Mittelwert von **10,0 kWh/(m²AN.a)** weicht von dem aus den ista-Datensätzen ermittelten Mittelwert (**11,1 kWh/(m²AN.a)**) ab. Eine mögliche Begründung hierfür könnte sein, dass bei den co2online-Daten zu einem höheren Anteil davon ausgegangen werden kann, dass die Teilnehmer der co2online-Programme eher an dem Thema interessiert sind und deswegen mit etwas sparsamerem Warmwasserverhalten gerechnet werden kann.

Die folgenden beiden Abbildungen zeigen die Mittelwerte des nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarfs nach Abrechnungsjahren und nach Wohnflächenbereichen mit Darstellung der jeweiligen Anzahl der Datensätze (graue Linie).

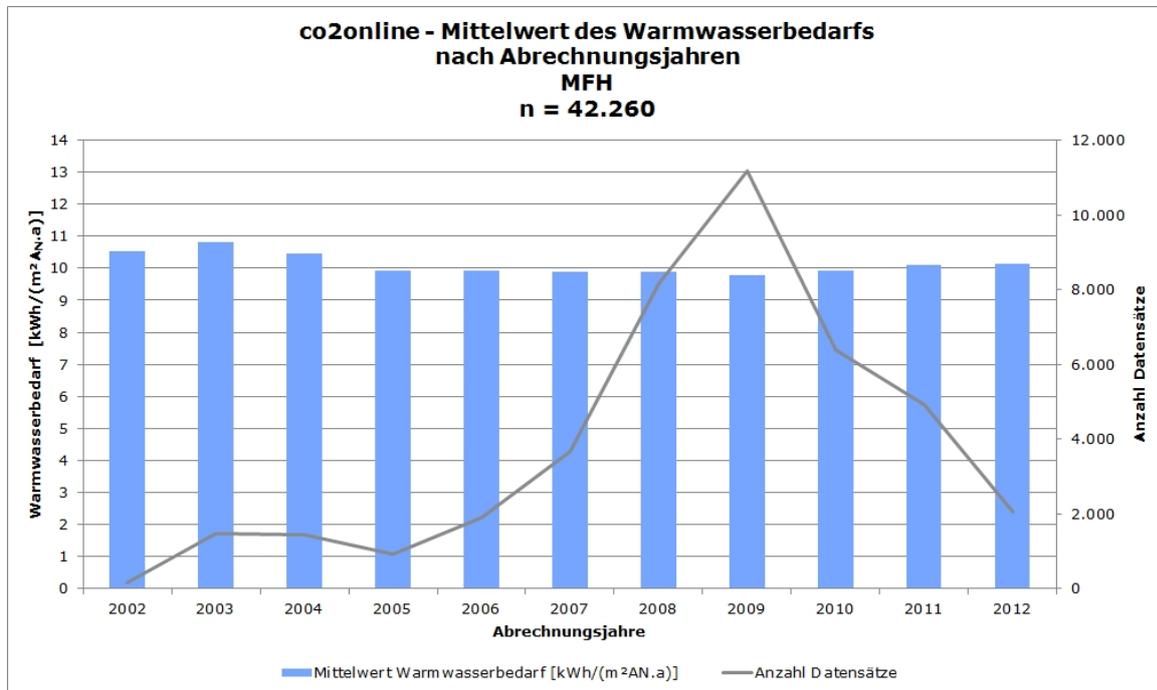


Abbildung 10: Darstellung der Mittelwerte des nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarfs für die Jahre 2002 bis 2012 für Mehrfamilienhäuser

Die Darstellung in **Abhängigkeit von den Abrechnungsjahren** der Mehrfamilienhäuser zeigt, dass der nutzflächenbezogene Trinkwarmwasserwärmebedarf fast analog zu den Erkenntnissen der ista Daten vor **allem in den Jahren vor 2006 leicht rückläufig** ist (hierbei etwa von 10,8 im Jahr 2003 auf 9,9 kWh/(m²AN.a) im Jahr 2005), während **danach kein eindeutiger Trend** mehr zu beobachten ist. Auffällig ist die Häufigkeit im ersten Geltungsjahr der Novellierung der Heizkostenverordnung (2009), für das mit Abstand die meisten Daten vorliegen (ca. 11.200). Offensichtlich hat die damit verbundene Verunsicherung zu einer verstärkten Dateneingabe auf den co2online Portalen geführt.

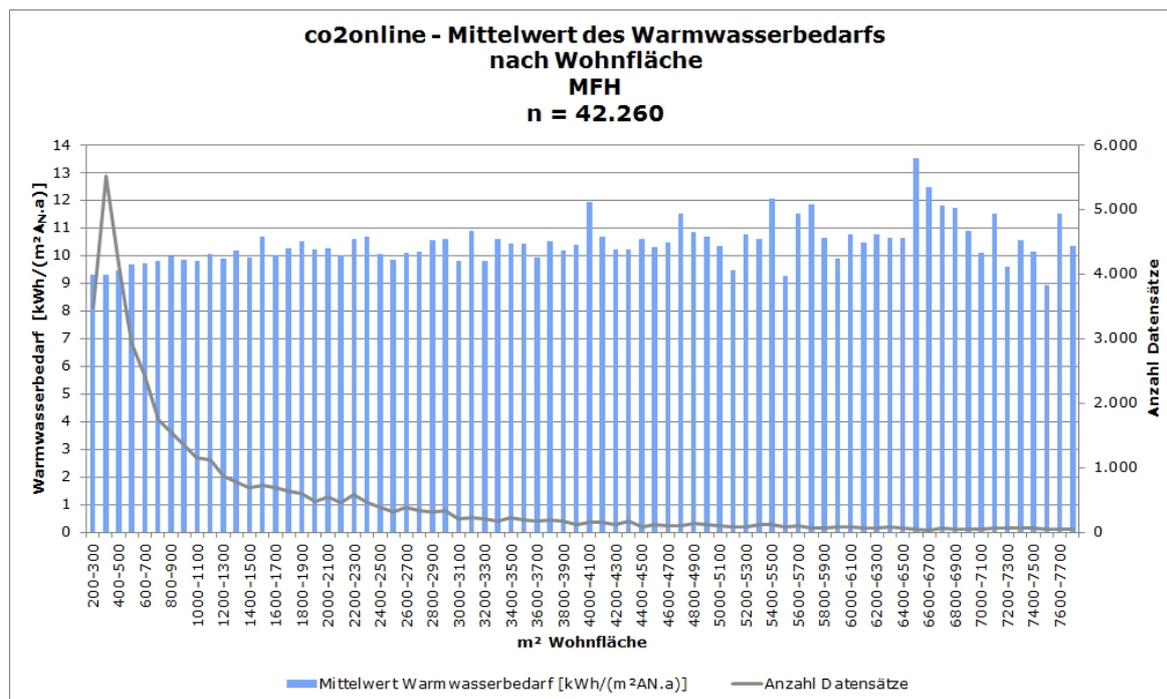


Abbildung 11: Darstellung der Mittelwerte des nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarfs für unterschiedliche Wohnflächen (in 100 m² Schritten) für Mehrfamilienhäuser

Die obige Abbildung zeigt, dass bei kleinen Mehrfamilienhäusern bis etwa 1200 m² Wohnfläche (mit mehr als 1000 Datensätzen in den jeweiligen Klassen) der Kennwert zwischen 9,3 und 10,0 kWh/(m²AN.a) liegt, wobei die kleineren Mehrfamilienhäuser einen geringeren Bedarf aufweisen. Bei den größeren Mehrfamilienhäusern gibt es Ausreißer nach oben (maximal ca. 13,5 kWh/(m²AN.a)), die sich jedoch lediglich auf ca. 50 Datensätze stützen.

Zu vermuten ist, dass **nicht** eine **Abhängigkeit von der Gebäudegröße**, sondern vielmehr, wie bei der Auswertung der ista Daten gezeigt, eine **Abhängigkeit von der Wohnungsgröße** vorliegt. Eine wohneneinheitengrößenspezifische Darstellung der Mittelwerte in Abhängigkeit von der Wohnfläche –analog zur Auswertung der ista Daten – wurde nicht durchgeführt, da lediglich ca. 20 % der Datensätze der Mehrfamilienhäuser eine Wohneinheiteninformation beinhaltet.

Ergebnisse der Auswertungen für Ein- und Zweifamilienhäuser

Für die Daten der Ein- und Zweifamilienhäuser konnten folgende Erkenntnisse abgeleitet werden:

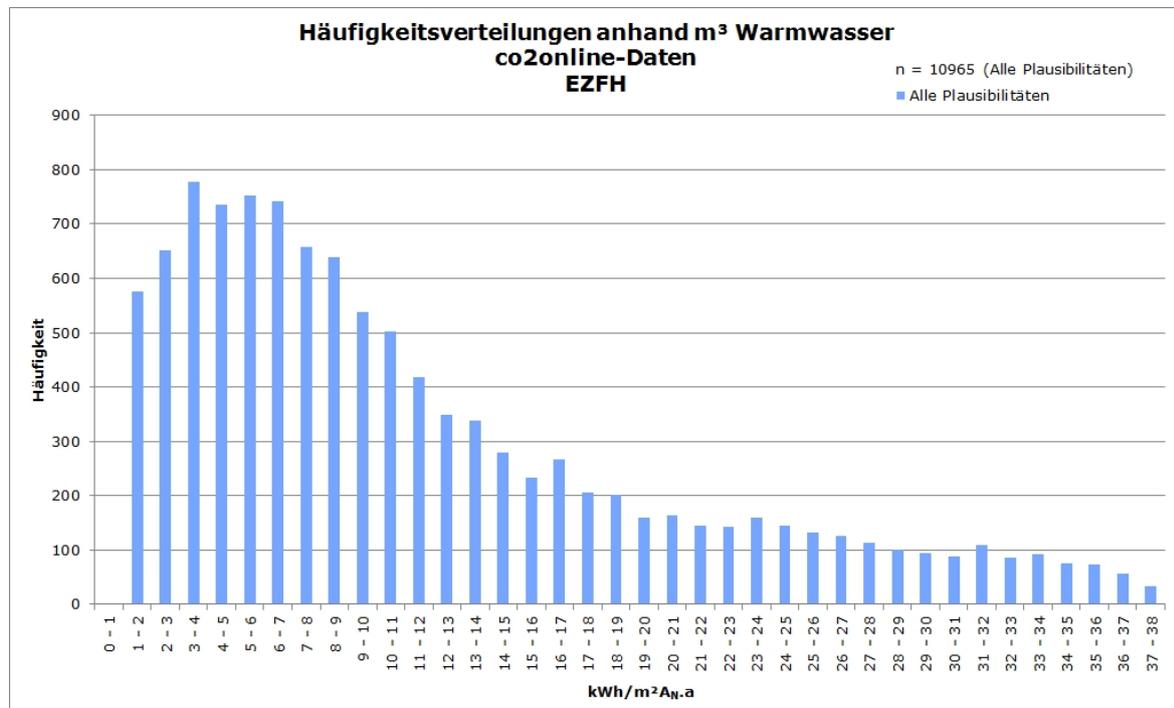


Abbildung 12: Häufigkeitsverteilung des nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarfs von 10.965 Datensätzen für Ein- und Zweifamilienhäuser nach Plausibilitätsbereinigung und Abzug der relevanten Stand- und Transmissionsverluste, errechnet aus den von der Firma co2online im Zeitraum 2002-2012 im Rahmen von unterschiedlichen Kampagnen erhobenen Daten.

Aus den Daten ergeben sich außerdem die folgenden statistischen Größen für die Ein- und Zweifamilienhäuser in kWh/(m²AN.a):

- **Mittelwert: 11,6**
- 25% - Perzentil: 5,0
- Median: 8,9
- 75% - Perzentil: 16,1
- Standardabweichung: 8,7

Der rechnerische Mittelwert bei den Ein- und Zweifamilienhäusern ist wider Erwarten höher als der Mittelwert bei den Mehrfamilienhäusern. Im Vergleich zu den Mehrfamilienhäusern zeigt sich aus der Auswertung der Daten, dass bei den Einfamilienhäusern offensichtlich eine sehr viel höhere Streuung des nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarfs vorliegt, wobei sich die meisten Datensätze im Bereich von 1 bis 9 kWh/(m²AN.a) befinden. Das Maximum liegt bei der Häufigkeitsklasse von 3 - 4 kWh/(m²AN.a)). Sowohl das Maximum als auch der Median sind erwartungsgemäß niedriger als bei den Mehrfamilienhäusern. Die vergleichsweise großen Häufigkeiten bei sehr hohem Warmwasserbedarf über 20 kWh/(m²AN.a) legen die Vermutung nahe, dass hier immer noch eine signifikante Anzahl von nicht relevanten Daten beinhaltet sind, die nicht durch die Plausibilitätsprüfungen eliminiert werden konnten.

Die beiden folgenden Abbildungen zeigen die Mittelwerte des nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarfs nach Abrechnungsjahren mit Darstellung der jeweiligen Anzahl der Datensätze und des Wohnflächenmittelwertes.

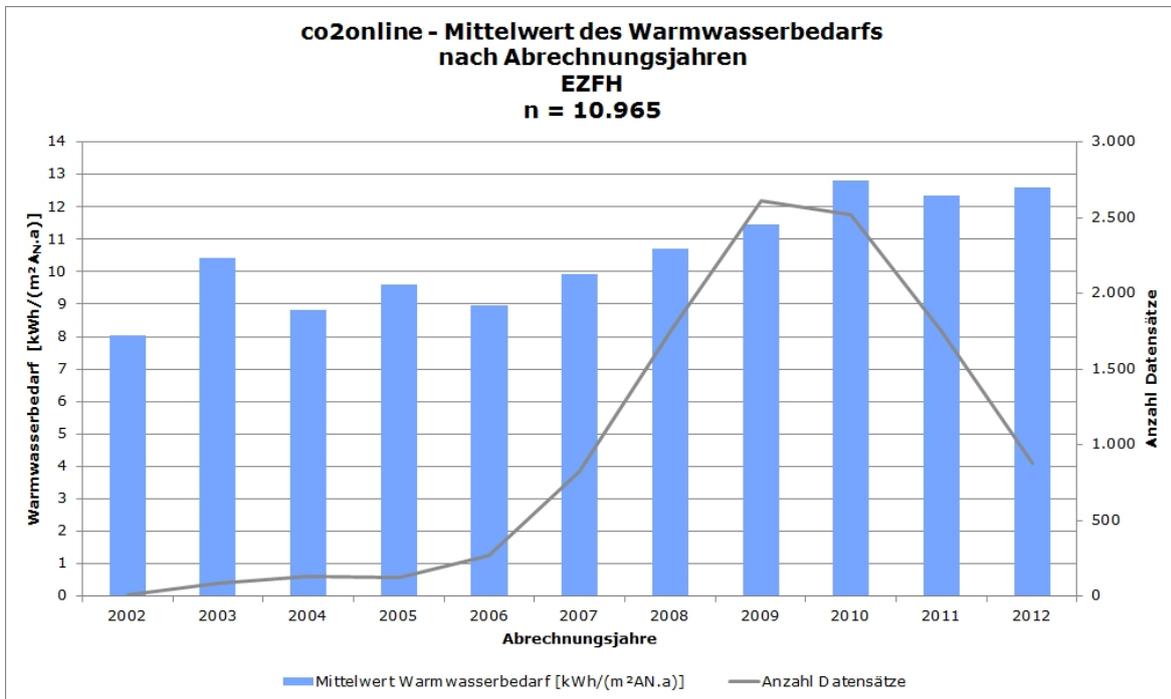


Abbildung 13: Darstellung der Mittelwerte des nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarfs für die Jahre 2002 bis 2012 für Ein- und Zweifamilienhäuser

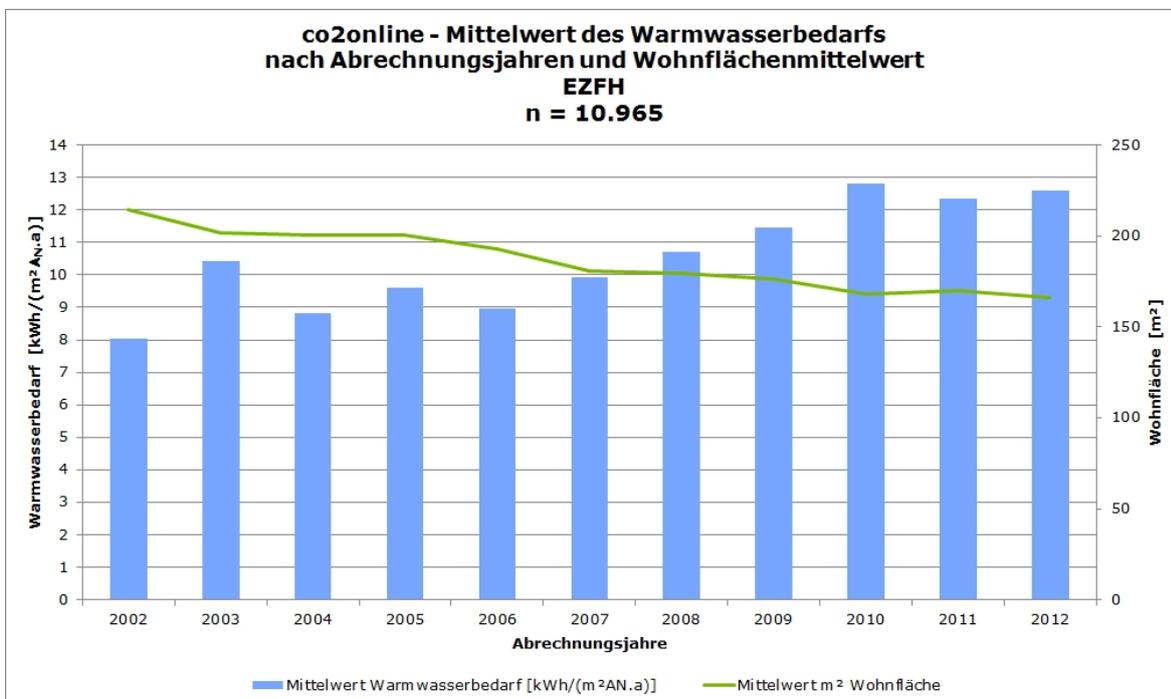


Abbildung 14: Darstellung der Mittelwerte des nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarfs und der Mittelwerte der Wohnfläche für die Jahre 2002 bis 2012 für Ein- und Zweifamilienhäuser

Die obere Darstellung des nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarfs in **Abhängigkeit von den Abrechnungsjahren** der Ein- und Zweifamilienhäuser zeigt große Schwankungen, aber insgesamt einen Anstieg des nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarfs (etwa von 9 im Jahr 2006 auf ca. 12,6 kWh/(m²A_N.a) im Jahr 2012). Ein Grund für den ansteigenden nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarf über die Zeit ist das offensichtliche Absinken der mittleren Wohnfläche in den co2online Daten. Dieser steht dem allgemeinen Trend entgegen (siehe Abbildung 31).

In der unteren Abbildung ist der Zusammenhang zu der durchschnittlichen Wohnfläche aller Abrechnungsjahre dargestellt.

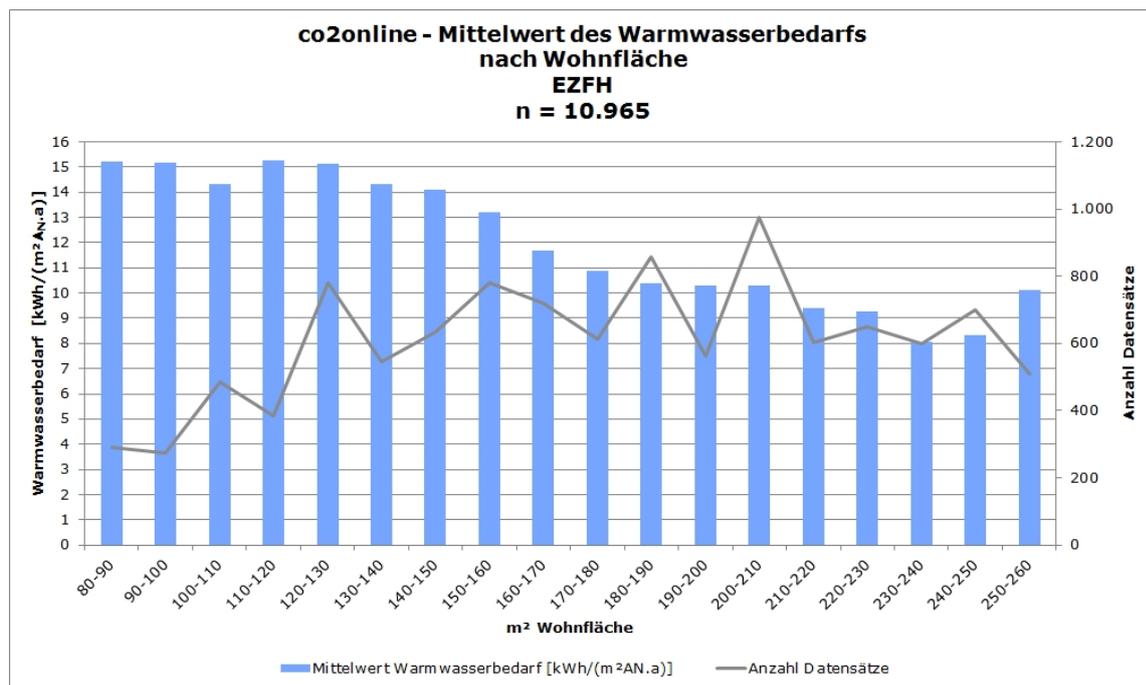


Abbildung 15: Darstellung der Mittelwerte des nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarfs für unterschiedliche Wohnflächen (in 10 m² Schritten) für Ein- und Zweifamilienhäuser

Die Darstellung der Mittelwerte in **Abhängigkeit von der Wohnfläche** zeigt ebenfalls (wie bei den ista-Daten) einen **Zusammenhang zwischen Wohnungsgröße und dem nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarf**. Während bei den kleinen Ein- und Zweifamilienhäusern bis etwa 150 m² Wohnfläche ein Kennwert zwischen 14,1 und 15,2 kWh/(m²A_N.a) vorliegt, sinkt dieser bei den größeren EZFHs nahezu stetig bis auf 8 kWh/(m²A_N.a) für die Klasse „230 - 250 m² Wohnfläche“ ab.

1.3 Online-Umfrage zur Erlangung zusätzlicher Informationen

Das Ziel der im Rahmen des Projektes durchgeführten Umfrage war es, die offensichtlichen bestehenden Unsicherheiten und Erkenntnislücken bei Ein- und Zweifamilienhäusern möglichst vollständig zu schließen, sowie die den flächenbezogenen Warmwasserverbrauch bestimmenden Einflussfaktoren zu erkennen. Insbesondere für Einfamilienhäuser war davon auszugehen, dass nur sehr wenige belastbare Messwerte vorliegen. Durch die in der Umfrage abgefragten Kenngrößen war es möglich, auch ohne konkrete Messwerte den nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarf indirekt zu ermitteln. Des Weiteren sollten durch die Umfrage Unsicherheiten aus anderen Quellen minimiert werden, sowie eine möglichst hohe Repräsentativität der Daten erreicht werden. Per E-Mail wurden 18.666 Fragebögen, vornehmlich an die Personengruppen aus der co2online Datenbank, versandt, die als Bewohner von Ein- und Zweifamilienhäusern identifiziert werden konnten. Der Start der Befragung erfolgte, wie geplant, Mitte Dezember 2013. Der Rücklauf der Befragung belief sich bis Mitte Januar auf 1.090 Fragebögen und lag demnach über dem angestrebten Ziel von 1.000 Fragebögen. Die dennoch recht niedrige Rücklaufquote von knapp 6 % ist möglicherweise der Komplexität der Befragung geschuldet. Die genauen Inhalte des Fragebogens können im Anhang eingesehen werden.

1.3.1 Daten aus co2online-Onlineumfrage

Die folgende Abbildung zeigt die Verteilung der Fragebögen auf die einzelnen Gebäudetypen.

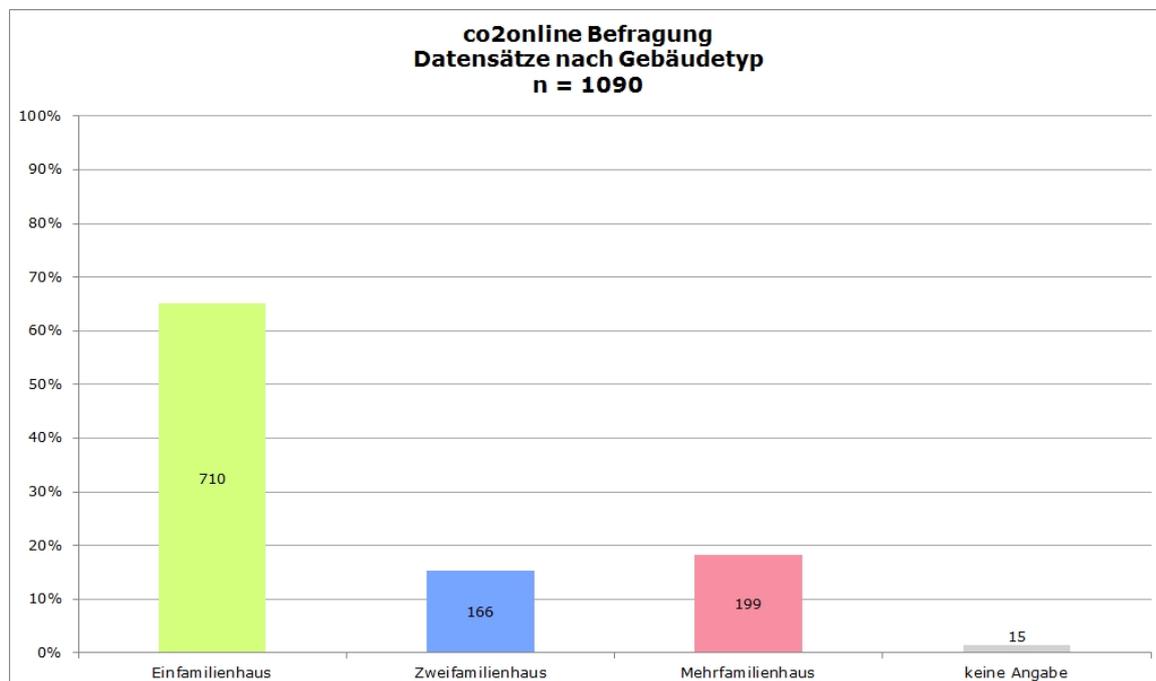


Abbildung 16: Häufigkeitsverteilung der Gebäudetypen von 1.090 Datensätzen von Ein- und Zweifamilienhäusern von der Firma co2online im Jahr 2013 im Rahmen einer Onlineumfrage erhobenen Daten.

Die folgenden Auswertungen fokussieren sich auf den Bereich der Ein- und Zweifamilienhäuser, da dort – nach Betrachtung der bisherigen Daten – der höchste Informationsbedarf besteht.

Leitungsverluste

Da in den Fragebögen zur Bestimmung des nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarfs die tatsächlichen Warmwasserzapfdauern abgefragt wurden, sind, wie bei den Messwerten, die über die Durchflussmengen bestimmt werden, auch die Verluste, die durch Wartezeit entstehen, bis warmes Wasser an der Zapfstelle verfügbar ist, zu berücksichtigen. Diese wurden gemäß der DIN V 4701-10 analog zu der in Kapitel 1.2.1 dargestellten Methodik bestimmt.

Der Leitungsverlust wurde in den folgenden Auswertungen pro Datensatz ermittelt und individuell berücksichtigt. Bei dieser Vorgehensweise ergibt sich ein mittlerer Verlust von etwa 3,6 kWh/(m²A_N.a).

Plausibilitätsprüfung der Daten

Bevor die Daten weiter ausgewertet wurden, wurden sie einer Plausibilitätsprüfung unterzogen. Die folgenden Prüfungen wurden vorgenommen:

- Vorgabe eines plausiblen Wertebereichs für die Durchflussmenge der Zapfungen von 3 bis 30 Liter/min¹⁵
- Vorgabe eines plausiblen Wertebereichs eines nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarfs von 1 bis 37,5 kWh/(m²A_N.a)^{16 17}

Nach Anwendung der obigen Plausibilitäten verbleiben für die Einfamilienhäuser noch 273 und für die Zweifamilienhäuser noch 58 Datensätze für die folgenden Auswertungen. Davon sind lediglich 24 Datensätze Messwerte. Erwartungsgemäß lagen bei dem weit überwiegenden Teil (307 Datensätze) keine Messwerte vor. Hier wurden die Bedarfswerte aus weiteren Angaben des Fragebogens (Volumenstrom, Anzahl/Dauer/Temperaturen der Zapfungen) errechnet.

¹⁵ Die üblichen Durchflussmengen variieren im Bereich von 6 l/min (mit Wasserspararmatur) bis 15 l/min (ohne Wasserspararmatur)

¹⁶ Begründung der Annahme der Obergrenze: 12,5 kWh/(m²A_N.a) * 3 = 37,5 kWh/(m²A_N.a)

¹⁷ Errechnet aus der Wohnfläche gem. EnEV 2014 §19, Absatz 2: „Ist die Gebäudenutzfläche nicht bekannt, kann sie bei Wohngebäuden mit bis zu zwei Wohneinheiten mit beheiztem Keller pauschal mit dem 1,35fachen Wert der Wohnfläche, bei sonstigen Wohngebäuden mit dem 1,2fachen Wert der Wohnfläche angesetzt werden.“

1.3.2 Ergebnisse der Auswertungen für die Ein- und Zweifamilienhäuser

Die folgenden Abbildungen zeigen zunächst die getrennten Häufigkeitsverteilungen des nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarfs für die Ein- und Zweifamilienhäuser (EFH / ZFH, s. Abbildung 17) und anschließend die zusammengefasste Betrachtung (EZFH, s. Abbildung 18).

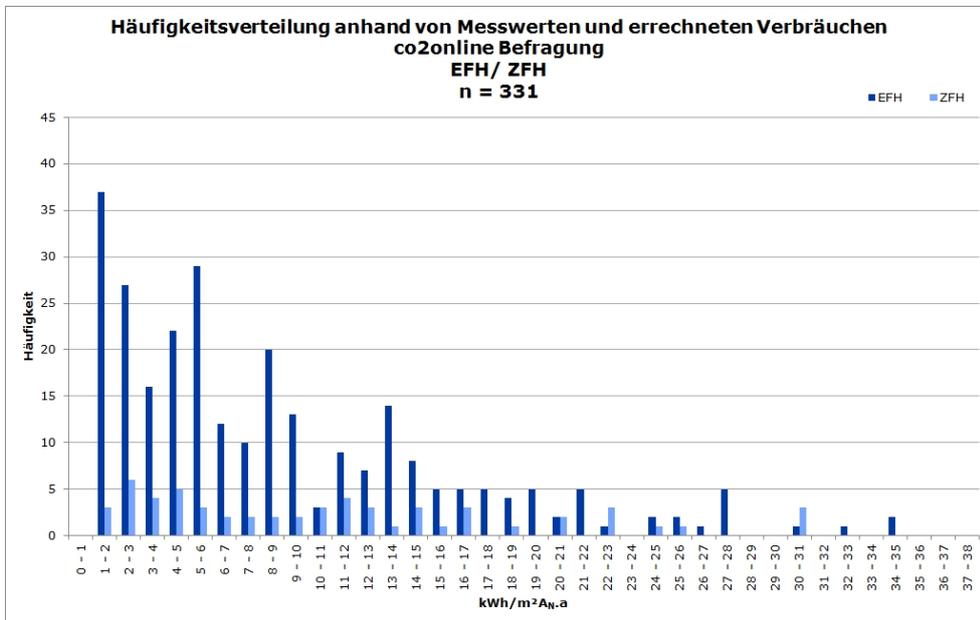


Abbildung 17: Häufigkeitsverteilung des nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarfs von 331 Datensätzen von Ein- und Zweifamilienhäusern (getrennt) nach Plausibilitätsbereinigung und Abzug der relevanten Stand- und Transmissionsverluste, errechnet aus den von der Firma co2online im Jahr 2013 im Rahmen einer On-lineumfrage erhobenen Daten.

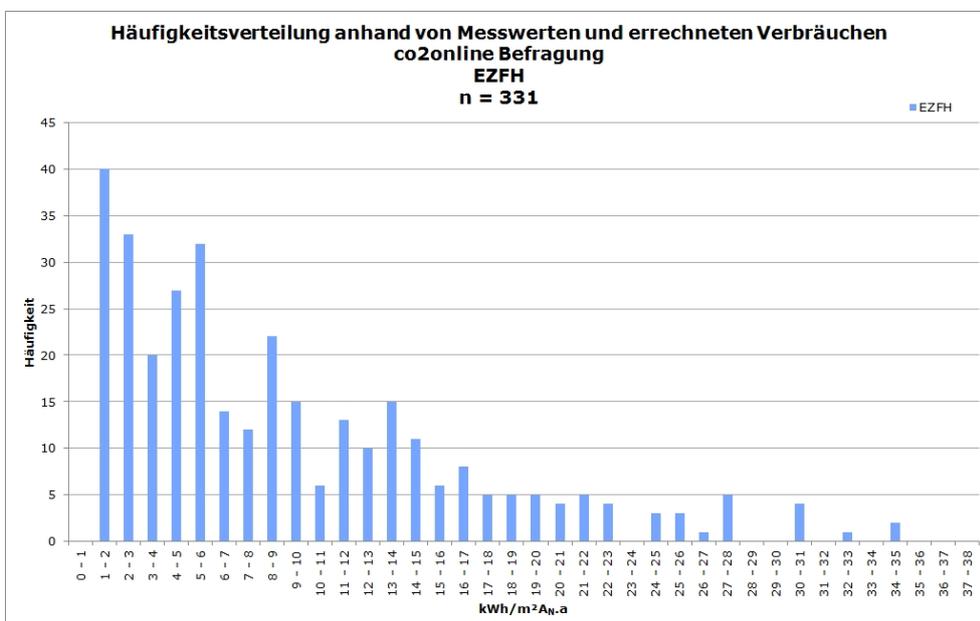


Abbildung 18: Häufigkeitsverteilung des nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarfs von 331 Datensätzen von Ein- und Zweifamilienhäusern (gemeinsam) nach Plausibilitätsbereinigung und Abzug der relevanten Stand- und Transmissionsverluste, errechnet aus den von der Firma co2online im Jahr 2013 im Rahmen einer On-lineumfrage erhobenen Daten.

Aus den Daten ergeben sich die folgenden statistischen Größen für die Ein- und Zweifamilienhäuser in kWh/(m²A_{N.a}):

- **Mittelwert: 9,2**
- **Häufigste Klasse: 1-2**
- **Median: 6,8**
- **25% - Perzentil: 3,6**
- **75% - Perzentil: 13,1**
- **Standardabweichung: 7,3**

Der Mittelwert aus der Online-Umfrage von **9,2 kWh/(m²A_{N.a})** ist niedriger als der Mittelwert, der sich aus den Datensätzen von co2online (11,6 kWh/(m²A_{N.a})) ergibt.

Insgesamt zeigt sich auch bei den Ergebnissen der Online-Umfrage sehr große Streuung der Werte. Außerdem sind die Werte extrem schief verteilt. Während fast 20 % einen Bedarf von unter 3 kWh/(m²A_{N.a}) haben, wird der Mittelwert, vor allem durch die knapp 4 % der Fälle, die einen extrem hohen Verbrauch von über 25 kWh/(m²A_{N.a}) aufweisen, deutlich angehoben.

1.3.3 Zusatzauswertungen aus der Onlinebefragung

Um weitere Hintergrundinformationen zum Warmwasserbedarf zu erlangen, wurden im Rahmen der Online-Befragung auch weitere Daten abgefragt. Die entsprechenden Ergebnisse werden im Folgenden dargestellt.

a. Nutzereinschätzungen zum eigenen Warmwasserverbrauch

Zunächst wurden die Nutzer gefragt, ob Sie in Ihrem Haushalt bewusst Warmwasser sparen (s. Abbildung 19) und was die Gründe für den sparsamen Umgang mit Warmwasser sind (s. Abbildung 20).

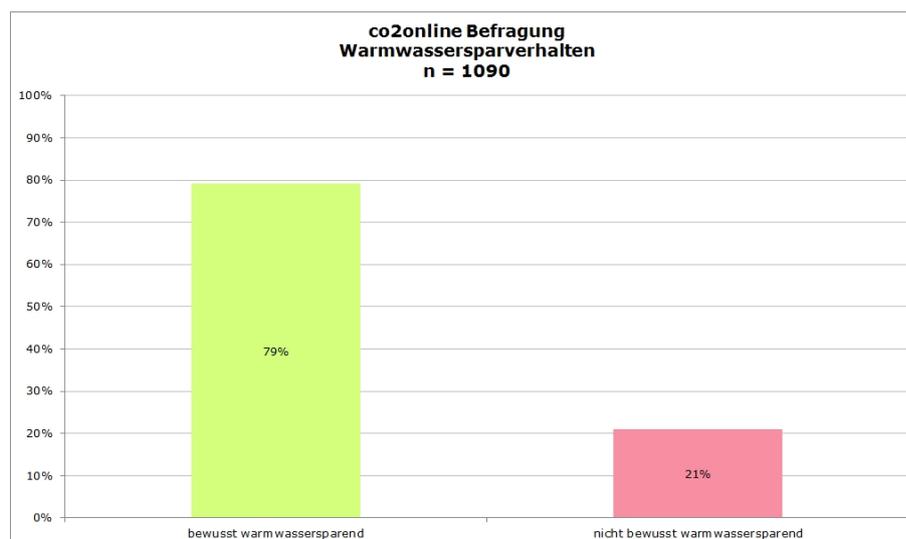


Abbildung 19: Warmwassersparverhalten (bewusst, nicht bewusst), Quelle: Onlineumfrage co2online

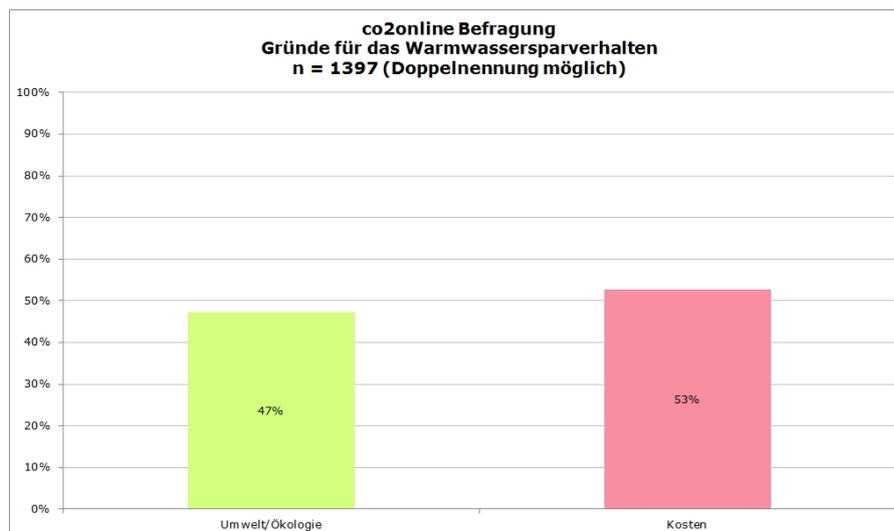


Abbildung 20: Gründe für das Warmwassersparverhalten (Umwelt, Kosten), Quelle: Onlineumfrage co2online

Knapp **80 %** der Befragten gaben an, bewusst Warmwasser zu sparen. Dies taten sie fast zu gleichen Teilen aus ökologischen und monetären Beweggründen.

Abbildung 21 zeigt die Ergebnisse der Frage nach der aktuellen Einschätzung des eigenen Warmwasserverbrauchs.

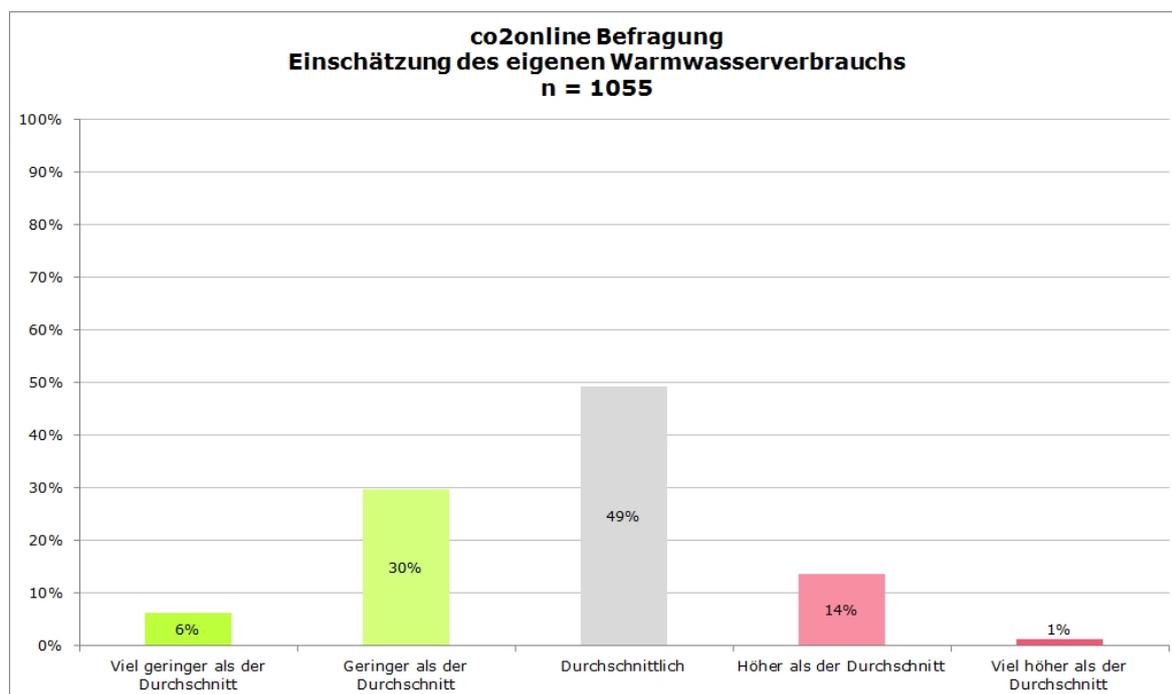


Abbildung 21: Einschätzung des eigenen Warmwasserverbrauchs, Quelle: Onlineumfrage co2online

Die obige Auswertung zeigt, dass ca. 1/3 der Befragten ihren eigenen Warmwasserverbrauch unter dem des Durchschnitts sehen. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass die Teilnehmer der co2online-Programme eher an dem Thema Wassersparen interessiert sind. Dies lässt den Rückschluss zu, dass die angegebenen Werte tendenziell einen etwas sparsameren Umgang mit Warmwasser berücksichtigen und die durchschnittlichen Werte aller Verbraucher etwas höher liegen.

b. Nutzereinschätzungen zur Entwicklung des eigenen Warmwasserverbrauch

Abbildung 22 zeigt die Befragungsergebnisse zum Thema einer möglichen Änderung des Verbrauchsverhaltens im Laufe der Zeit.

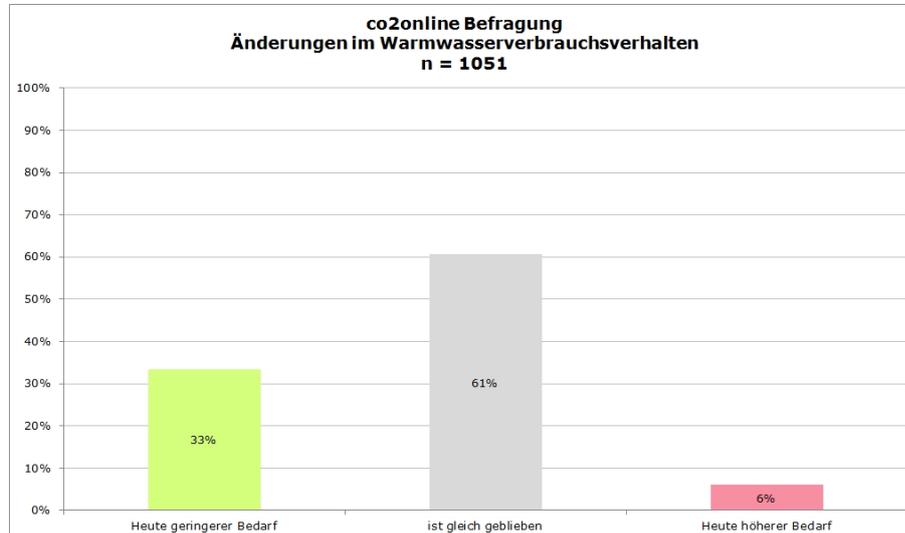


Abbildung 22: Änderung im Warmwasserverbrauchsverhalten, Quelle: Onlineumfrage co2online

Die obige Auswertung zeigt, dass ca. 1/3 der Befragten denkt, heute einen geringeren Verbrauch als früher zu erreichen. Diese subjektive Einschätzung deckt sich nicht mit den Erkenntnissen z.B. aus den Zeitreihen der ista-Daten (vgl. Abbildung 4), die für die letzten 7 Jahre einen nahezu unveränderten Verbrauch ausweisen. Der größte Anteil der Befragten schätzt jedoch, dass ihr Verbrauch unverändert geblieben ist (ca. 60 %).

c. Leitungsverluste für Einregulierung

Aus den Befragungsdaten konnten auch die Leitungsverluste ermittelt werden, die im Wesentlichen durch die Wartezeit entstehen, bis der Nutzer warmes Wasser an der Zapfstelle erhält.

Die Ermittlung der Leitungsverluste erfolgte nach folgender Gleichung:

$$\Sigma q = V_{\text{Wartezeit}} \cdot c_{w,\text{spez}} \cdot (t_{\text{Zapfung}} - t_{\text{Kaltwasser}}) / A_N$$

mit

Σq :	Einregulierungsverluste als Summe über alle Zapfstellen, kWh/(m ² A _N .a)
$V_{\text{Wartezeit}}$:	Warmwasservolumen der einzelnen Zapfstellen, l (ermittelt aus Volumenstrom (l/s), der in der Wartezeit durchläuft, bis warmes Wasser die Zapfstelle erreicht)
$c_{w,\text{spez}}$:	spezifische Wärmekapazität Wasser, kWh/(l.K)
t_{Zapfung} :	Temperatur der Zapfung, °C
$t_{\text{Kaltwasser}}$:	Kaltwassertemperatur, °C
A_N :	Gebäudenutzfläche gemäß EnEV, m ²

Bei diesem Berechnungsverfahren ergibt sich ein mittlerer Verlust für die Einregulierung von **0,5 kWh/(m²A_N.a)**.

d. Wirksamkeit von Wasserspararmaturen

Die Nutzer sollten im Rahmen des Onlinefragebogens eine einfache Durchflussmessung in den Duschen durchführen. Daraus wurde ein Vergleich zwischen dem Warmwasserbedarf bei vorhandenen und nicht vorhandenen Wasserspararmaturen angestellt. Dabei wurde zum einen der Warmwasserbedarf des Duschens über ein Jahr (m³/a) und zum anderen der mittlere Volumenstrom der Duschen (l/min) mit und ohne Wasserspararmaturen verglichen.

Tabelle 7. Auswertungen zur Wirksamkeit von Wasserspararmaturen der Duschen (Standardabweichung in Klammern)

Wasserspararmatur	Mittelwert Warmwasserbedarf Dusche [m ³ /a]	Mittelwert Volumenstrom Dusche [l/min]
vorhanden	35,2	8,7 (± 4,4)
nicht vorhanden	33,2	9,2 (± 4,6)

Es zeigt sich, dass weder im Warmwasserbedarf noch beim Volumenstrom ein signifikanter Unterschied zu erkennen ist. Die Differenz beim durchschnittlichen Volumenstrom liegt lediglich bei 0,5 l/min und ist nicht signifikant.

e. Zusammensetzung des Warmwasserverbrauchs

Wie aus der folgenden Abbildung zu erkennen ist, wird erwartungsgemäß für die Dusche das meiste Warmwasser benötigt. Auf die Küche und die Waschbecken entfallen jeweils ca. 20 %, wobei hier die Verluste, die bei der Zapfung entstehen, noch beinhaltet sind, so dass davon auszugehen ist, dass der Anteil von Dusche (und Badewanne) am nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarf noch höher als dargestellt ist.

Dies deckt sich im Wesentlichen mit den Werten der VDI-Richtlinie 2067 Blatt 12, wonach ebenfalls ca. 60 % des Warmwassers für Dusche und Badewanne (soweit vorhanden) verwendet werden. Der Anteil der Küche (mit Spülmaschine und Kaltwasseranschluss) wird in der VDI Richtlinie geringer, der der Waschtische mit ca. 30 % höher angegeben.

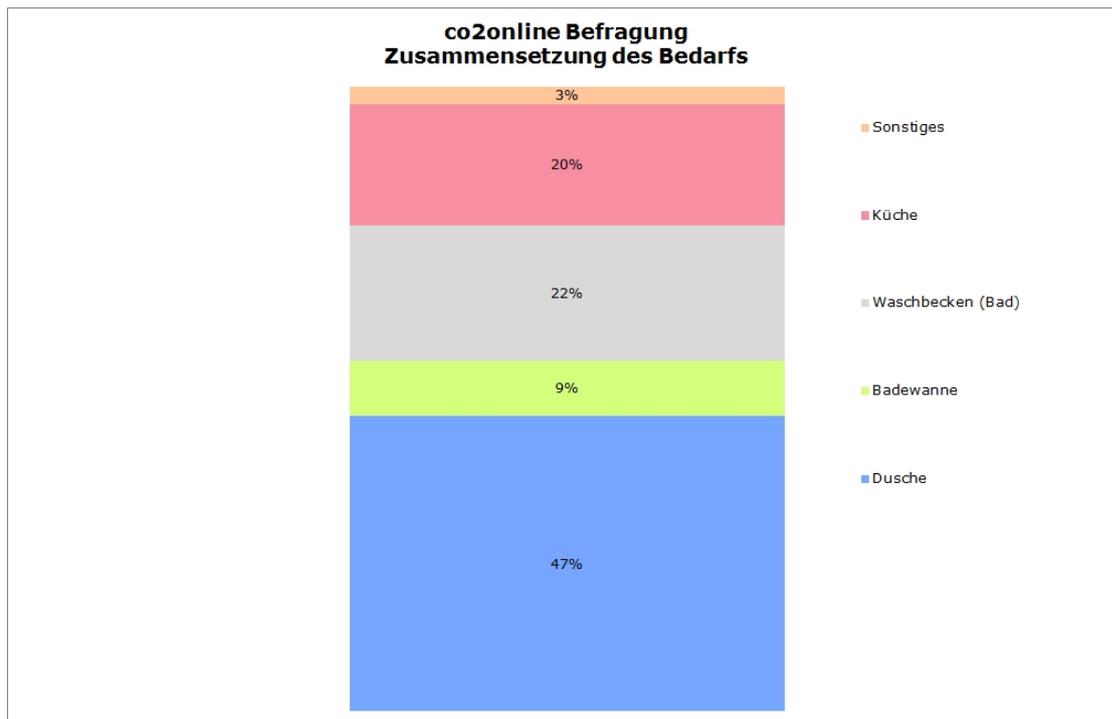


Abbildung 23: Prozentuale Zusammensetzung des nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarfs, Quelle: Onlineumfrage co2online.

Abschließend zeigt die folgende Abbildung, ob die Befragten warmes Wasser für das Waschen der Hände oder das Putzen der Zähne benötigen.

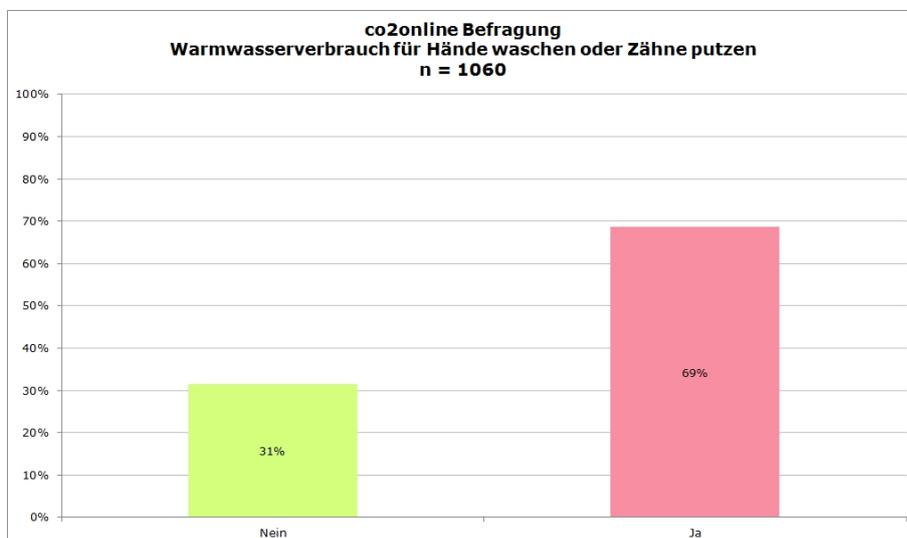


Abbildung 24: Warmwasserverbrauch für Hände waschen oder Zähne putzen (Ja/Nein), errechnet aus den von der Firma co2online im Jahr 2013 im Rahmen einer Onlineumfrage erhobenen Daten.

Es zeigt sich, dass mehr als 2/3 der Befragten Warmwasser für Händewaschen und Zähneputzen bevorzugen, ein nicht zu vernachlässigender Teil von über 30 % jedoch auch auf warmes Wasser verzichtet.

f. Einfluss des Warmwassersystems oder Energieträgers

Wie aus den folgenden Abbildungen zu entnehmen ist, konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Anlagenart und dem nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarf nachgewiesen werden.

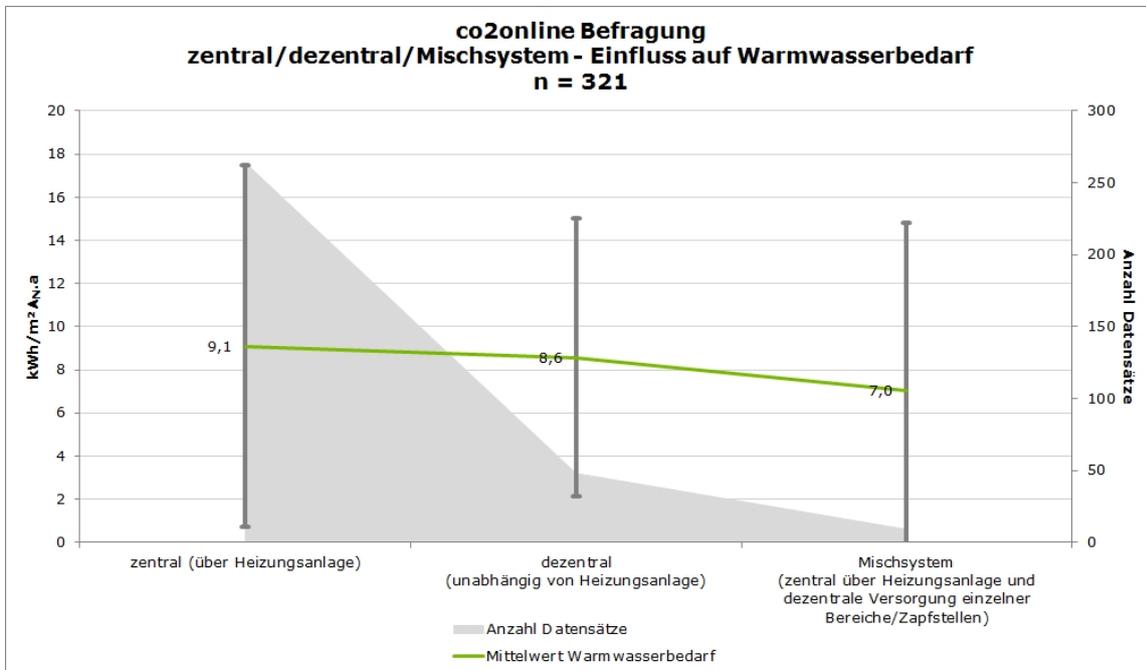


Abbildung 25: Zusammenhang zwischen dem Anlagenart (zentral/dezentral/Mischsystem) und dem nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarf (Standardabweichung: graue Fehlerlinien)

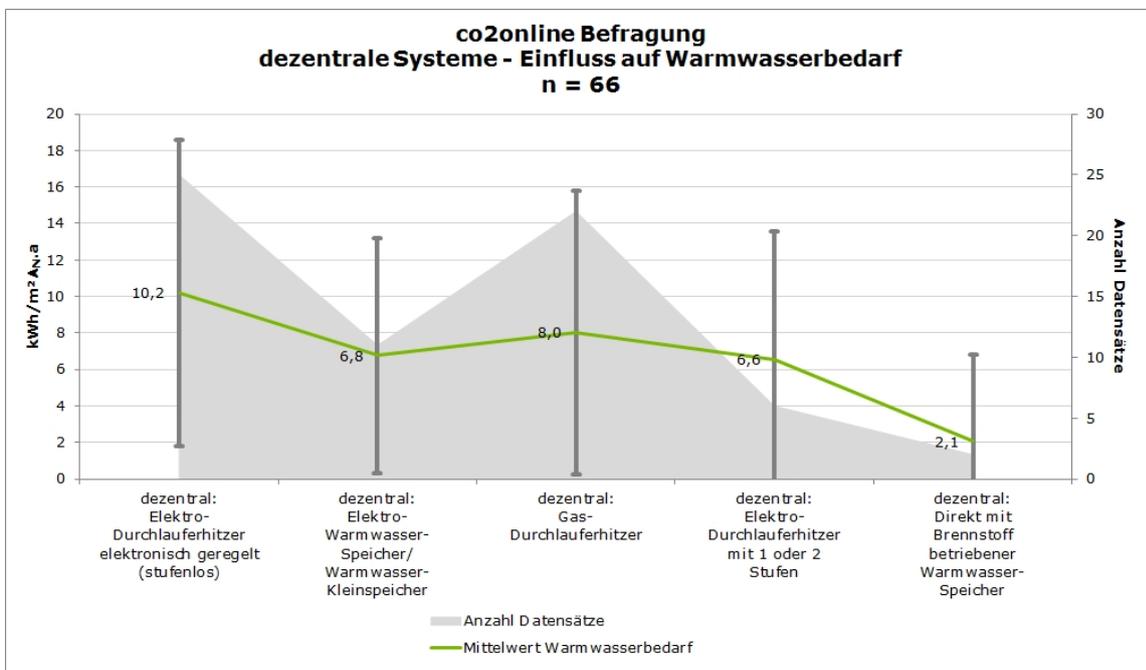


Abbildung 26: Zusammenhang zwischen den dezentralen Anlagenart und dem nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarf (Standardabweichung: graue Fehlerlinien)

Ein leicht verändertes Bild zeigt sich bei einem Vergleich der Energieträger (siehe Abbildung 26). Hier scheinen die Nutzer von Systemen mit regenerativen Energieträgern (Wärmepumpe und Holzpelletkessel) tendenziell einen etwas höheren Bedarf zu haben. Die hohen Standardabweichungen und die geringe Anzahl der Datensätze lassen jedoch keinen belastbaren Rückschluss zu.

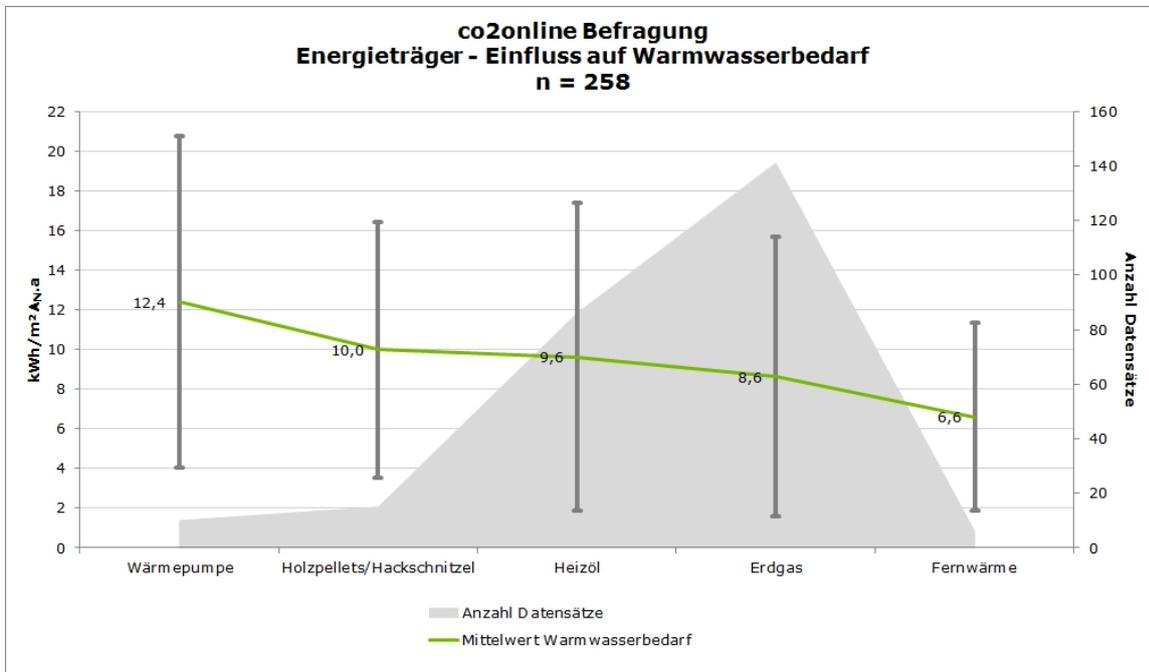


Abbildung 27: Zusammenhang zwischen der Energieerzeugerart und dem nutzfleichenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarf (Standardabweichung: graue Fehlerlinien)

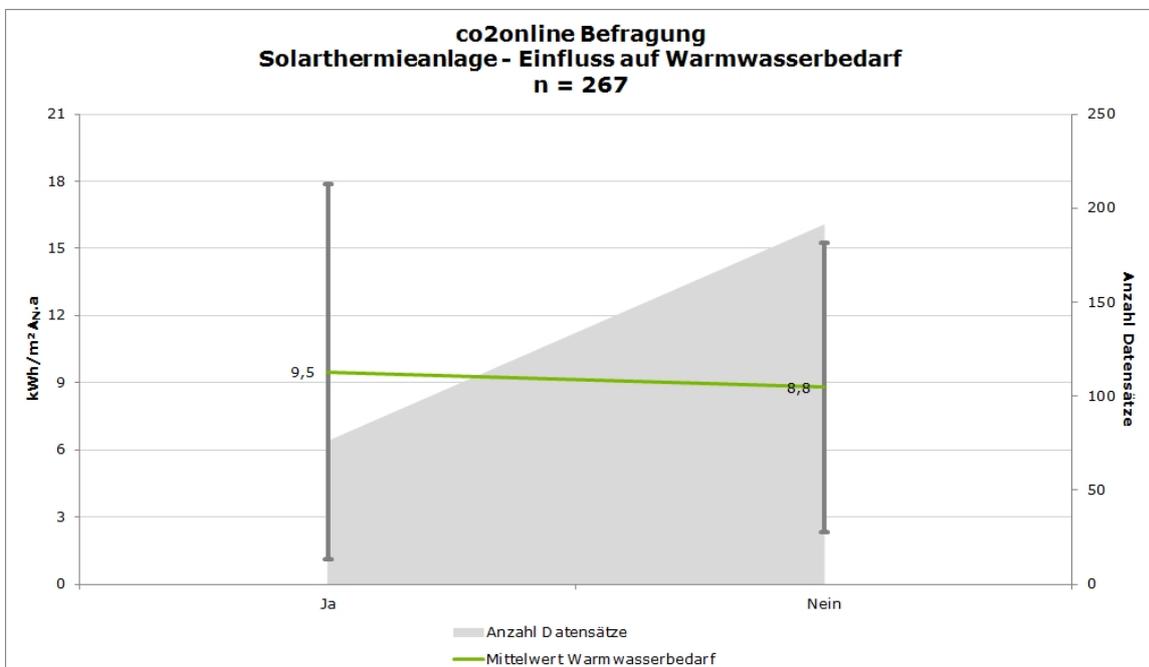


Abbildung 28: Zusammenhang zwischen dem nutzfleichenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarf und Solarthermie (Standardabweichung: graue Fehlerlinien)

Die Existenz einer Solarthermieanlage zeigt ebenfalls keinen nachweisbaren Einfluss auf den nutzfleichenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarf.

1.4 Stichprobenartige Marktrecherche zu relevanten Technologien und deren Einfluss auf den Warmwasserbedarf

In diesem Arbeitsschritt werden die für den nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarf relevanten Technologien untersucht. Dabei wird in zwei Stufen vorgegangen:

1. Mehrere Datenbankabfragen der „Datenbasis Gebäudebestand“ für einen Überblick über die verwendeten Technologien zur Warmwassererzeugung
2. Marktrecherche zu weiteren den nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarf beeinflussenden Technologien

1.4.1 Überblick: Datenbasis Gebäudebestand

Das Forschungsprojekt „Datenbasis Gebäudebestand“ ([Datenbasis Gebäudebestand 2010]) hat im Jahr 2009/10 eine deutschlandweite Befragung der Eigentümer von Wohngebäuden durchgeführt. Dabei wurden 7.510 Gebäudedatensätze¹⁸ (im weiteren Verlauf als „alle Wohngebäude“ bezeichnet) erfasst, die in einer Datenbank zusammengefasst wurden, die über Anfragen auswertbar ist. Die für dieses Projekt relevanten Auswertungen der Datenbank werden im Folgenden in Tabellenform dargestellt und erläutert.

Zunächst wurde abgefragt, ob die Warmwassererzeugung separat oder in Kombination mit dem Heizwärmeerzeuger erfolgt (s. Tabelle 8).

Tabelle 8. Warmwassererzeugung in Deutschland, zentral/dezentral, nach Erzeugungsart (zentral/dezentral) und Gebäudetypen gem. [Datenbasis Gebäudebestand 2010]

Parameter	Alle Wohngebäude ¹⁹	EZFH ²⁰	MFH ²¹
keine Angabe	4 %	4 %	3 %
Warmwassererzeugung kombiniert mit Heizung (zentral)	74 %	76 %	67 %
Separater Warmwassererzeuger (dezentral)	22 %	21 %	30 %
SUMME	100 %	100 %	100 %

Es zeigt sich, dass mindestens zu gut einem Fünftel aller Wohngebäude die Warmwassererzeugung separat zum Heizsystem erfolgt. Dabei zeigt sich ein deutlicher Unterschied zwischen EZFHs und MFHs von ca. 9 % mehr separaten Wärmeerzeugern bei den MFHs. Dieser Unterschied war zu erwarten, da die Abrechnung pro Wohnung erleichtert wird und die hohen Verluste durch Zirkulationsleitungen entfallen.

Die Zirkulationsleitungen wurden in der folgenden Auswertung abgefragt (s. Tabelle 9).

¹⁸ Davon 7.364 Wohngebäude und 146 Nichtwohngebäude mit Wohnungen.

¹⁹ Davon ca. 82 % EZFH und 18 % MFH.

²⁰ Ein-/Zweifamilienhäuser.

²¹ Mehrfamilienhäuser.

Tabelle 9. Warmwassererzeugung in Deutschland, zentral/dezentral, Zirkulationsleitungen, nach Gebäudetypen gem. [Datenbasis Gebäudebestand 2010]

Parameter	Alle Wohngebäude	EZFH	MFH
keine Angabe	14 %	14 %	13 %
keine Warmwasserzirkulation	47 %	47 %	46 %
Warmwasserzirkulation	39 %	39 %	41 %
SUMME	100 %	100 %	100 %

In ca. 40 % aller Wohngebäude mit Warmwasser-Verteilleitungen gibt es Warmwasser-Zirkulationsleitungen. Überraschenderweise sind die Unterschiede zwischen EZFH und MFH nicht nennenswert.

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Wärmeerzeuger für den Fall, dass die Warmwassererzeugung in Kombination mit dem Heizsystem erfolgt (zentral).

Tabelle 10. Warmwassererzeugung in Deutschland, zentral, nach Erzeuger und Gebäudetypen gem. [Datenbasis Gebäudebestand 2010]

Parameter	Alle Wohngebäude	EZFH	MFH
keine Angabe	6 %	5 %	14 %
Heizkessel/Therme	92 %	93 %	85 %
Wärmepumpe	2 %	2 %	1 %
Blockheizkraftwerk (BHKW)	0 %	0 %	0 %
Elektrische Direktheizung	0 %	0 %	0 %
Sonstiger Erzeuger	0 %	0 %	0 %
SUMME	100 %	100 %	100 %

Es zeigt sich deutlich, dass die Heizkessel hier dominieren und lediglich 2 % der zentralen Wärmeerzeuger Wärmepumpen sind.

Tabelle 11 zeigt die Verteilung der unterschiedlichen separaten Warmwassererzeuger (dezentral).

Tabelle 11. Warmwassererzeugung in Deutschland, dezentral, nach Erzeuger und Gebäudetypen gem. [Datenbasis Gebäudebestand 2010]

Parameter	Alle Wohngebäude	EZFH	MFH
keine Angabe	5 %	5 %	4 %
Elektro-Durchlauferhitzer	50 %	46 %	63 %
Elektro-Warmwasser-Speicher/Warmwasser-Kleinspeicher	20 %	22 %	12 %
Gas-Durchlauferhitzer	10 %	8 %	17 %
Direkt mit Brennstoff betriebener Warmwasser-Speicher	14 %	17 %	4 %
Kellerluft-/Abluft-Wärmepumpe	2 %	2 %	0 %
SUMME	100 %	100 %	100 %

In etwa der Hälfte aller dezentral versorgten Wohngebäude erfolgt die Warmwasserbereitung über Elektro-Durchlauferhitzer. Es folgen die Elektro-Warmwasserspeicher mit einem Anteil von etwa einem Fünftel aller Gebäude, gefolgt von direkt mit Brennstoff betriebenen Warmwasserspeichern

(14 %) und den Gas-Durchlauferhitzern (10 %). Bei den dezentralen Wärmeerzeugern ist der Systemunterschied zwischen MFH und EZFH sehr deutlich zu erkennen. Der Anteil der Elektro-Durchlauferhitzer ist bei den MFH ebenso wie die Gas-Durchlauferhitzer (zweithäufigste Kategorie) deutlich höher als bei den EZFH. Bei den EZFHs ist hingegen der Anteil der Elektro-Warmwasserspeicher und der direkt mit Brennstoff betriebenen Warmwasserspeicher höher als bei den MFH.

1.4.2 Marktrecherche Wassersparttechnologien

Beim Nutzenergiebedarf für Warmwasser ist grundsätzlich zwischen dem Bedarf zur Befriedigung der grundlegenden Bedürfnisse (Körperpflege und Geschirr- und Gebäudereinigung) und dem tatsächlichen mittleren, messtechnisch bestimmbareren Bedarf zu unterscheiden. Letzterer enthält z.B. auch Verluste, die durch schlecht regelbare Armaturen entstehen. In diesem Zusammenhang sind auch Duschköpfe und Perlatoren als bedarfsmindernd anzusehen, wenn durch diese im Vergleich zu üblichen Systemen die grundlegenden Bedürfnisse ohne Komforteinbußen mit einer geringeren Warmwassermenge befriedigt werden können. Ebenfalls bedarfsmindernd zu bewerten sind Systeme, die die Wärme aus dem Abwasser zurückgewinnen.

Für die folgenden Technologien wurde eine Marktrecherche durchgeführt:

- Wassersparperlatoren bzw. -duschköpfe
- Armaturtypen (Einstellung von Temperatur und Durchflussmenge)
- Abwasser Wärmerückgewinnungsanlagen

Zur Bewertung von Wasserspararmaturen wurde von der europäischen Sanitärarmaturenindustrie ein Water Efficiency Label (WELL) entwickelt, welches als Bewertungsmaßstab für häusliche Anwendungen zwei Bewertungskriterien (Durchfluss-) „Menge“ und „Temperatur“ (Temperaturbegrenzungsregler) vorsieht. Die Bewertung von Armaturen erfolgt durch die Vergabe von Sternen. Für jede Kategorie gibt es maximal zwei Sterne.

Wassersparperlatoren bzw. -duschköpfe:

Während herkömmliche Duschköpfe einen Durchfluss von ca. 15 l/min haben, benötigen sogenannte Sparbrausen eine reduzierte Durchflussmenge. Die Einsparung erfolgt entweder durch eine tatsächliche Reduktion der durchfließenden Wassermenge durch integrierte Durchflussbegrenzer und/oder mit Hilfe von speziellen Konstruktionen im Brausenkopf von Duschen, die das Wasser entsprechend aufbereiten (z.B. spezielle Düsen zum Ansaugen von Luft). Der Einsatz von Durchflussbegrenzern ist jedoch i.d.R. alleine nicht ausreichend und führt lediglich zu einem vergleichsweise schwachen Wasserstrahl und damit zu einem Komfortverlust, der durch längere Zapfzeiten ausgeglichen wird.

Der Marktanteil an neu verkauften Wasserspararmaturen wird mit ca. 50 % abgeschätzt (siehe auch [Quack, Brommer 2011])

Über den Einfluss von Wasserspararmaturen auf den nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarf konnten im Rahmen der durchgeführten Recherche keine empirischen Daten, aus denen sich statistisch fundierte Zusammenhänge ableiten ließen, gefunden werden.

Laut Herstellerangaben wird durch derartige Armaturen sowohl bei Waschtischen als auch bei Duschköpfen der Wasserdurchfluss ohne Komforteinbußen um bis zu 60 % reduziert. Aus den Er-

gebnissen der Onlinebefragung konnte jedoch kein verminderter nutzflächenbezogene Trinkwarmwasserwärmebedarf bei der Verwendung von Wasserspararmaturen nachgewiesen werden (s. Kapitel Wirksamkeit von Wasserspararmaturen 1.3.3dd).

Armatortypen

Sowohl in der Dusche als auch bei den Badwaschbecken und in der Spüle gibt es verschiedene Ausführungen von Armaturen zur Einstellung von Temperatur und Durchflussmenge.

Im Wesentlichen sind dabei zwei Typen zu unterscheiden:

- Separate Ventile für Warm- und Kaltwasser
- Einhebelmischer

Da durch Einhebelmischer eine schnellere und bessere Einstellung der Wunschtemperatur erreicht werden kann, hat sich diese Technologie durchgesetzt, und es kann ohne Nachweis davon ausgegangen werden, dass diese die Zweiventilarmaturen weitestgehend vom Markt verdrängt haben. Neben den beiden zuvor genannten Typen werden in Duschen zunehmend Thermostatventilarmaturen eingesetzt, bei denen die Durchflussmenge und die Temperatur (meist mit 38°C-Begrenzer) separat geregelt wird. Durch derartige Armaturen kann die Wunschduchtemperatur noch schneller erreicht und gehalten und somit die entsprechenden Verluste minimiert werden.

Neben den zuvor genannten Systemen gibt es auch solche, die eine Pause-Taste besitzen, welche eine Unterbrechung, z.B. zum Einseifen, erleichtert, welche grundsätzlich dazu geeignet sind, den Warmwasserverbrauch weiter zu reduzieren. Eine ähnliche Wirkung ist auch von High Tech Armaturen zu erwarten, bei denen die nutzerspezifischen Einstellungen elektronisch abgespeichert werden und auf Knopfdruck abgerufen werden können.

Bei Waschtischen und Küchenspülen können durch eine Infrarotregelung die Zapfzeiten automatisch auf die tatsächliche Bedarfszeiten reduziert werden, wodurch sich ebenfalls Einsparpotentiale ergeben.

Neben den zuvor genannten gibt es noch eine Vielzahl anderer Armatur-Technologien wie z.B. solche mit LED Beleuchtung, deren Farbe sich mit der Dushdauer ändert, was ebenfalls das Wassersparen fördern kann.

Die Systeme mit direkten Einfluss auf den nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarf (Mischertypen: Ventile, Einhebelmischer oder Thermostatventile) führen theoretisch zu einer Reduktion der Regel-Verluste. Diese Verluste sind jedoch nicht explizit in den derzeitigen Rechenvorschriften oder Normen abgebildet.

Über den Einfluss verschiedener Armatortypen auf den nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarf konnten im Rahmen der durchgeführten Recherche keine empirischen Daten gefunden werden, aus denen sich statistisch fundierte Zusammenhänge ableiten lassen.

Da bei dem im Rahmen dieser Studie zu überprüfenden Nutzwärmebedarf für Warmwasser wie bei den übrigen Nutzungsrandbedingungen der EnEV die Vergleichbarkeit des Nutzungskomforts im Fokus stehen soll, werden die Effekte dieser teilweise sehr sinnvollen Maßnahmen im Folgenden jedoch nicht weiter berücksichtigt.

1.4.3 Exkurs zu Abwasser-Wärmerückgewinnungsanlagen

Das Frischwasser, welches das Gebäude im Mittel mit ca. 10°C erreicht, verlässt das selbige nach der Nutzung, selbst ohne zusätzliche Erwärmung durch einen Warmwasserbereiter, im Mittel mit

einer deutlich höheren Temperatur (i.d.R. 14 bis 20°C). Neben dem Warmwasser besteht hier vor allem auch ein Potential beim Kaltwasser. Aus einer überschlägigen Berechnung lässt sich ein theoretisches Potential von nahezu 8 kWh/(m².a) ableiten²². Im Winterhalbjahr muss hierfür ein bislang bei den Rechenverfahren zur EnEV noch nicht berücksichtigter zusätzlicher Heizenergiebedarf von 3 – 5 kWh/(m².a) aufgewendet werden.

Bei den Wärmerückgewinnungsanlagen aus Abwasser, die grundsätzlich in Frage kommen, um als warmwasserbedarfsmindernd berücksichtigt zu werden, gibt es unterschiedliche Systeme.

Grundsätzlich können folgende Systeme unterschieden werden:

Abwasser-Wärmerückgewinnungs-Systeme im Durchlaufprinzip:

Sowohl beim Fallrohr- als auch beim Duschtassen-Wärmetauscher wird ein Wärmeübergang zwischen kaltem Wasserzulauf und dem wärmeren Abwasser hergestellt. Bei längeren Zapfungen, bei denen zur Erreichung der Wunschzapftemperatur kaltes Wasser beigemischt wird (z.B. beim Duschen, nicht jedoch beim Baden, da Zapfung und Abfluss nicht gleichzeitig), sind gewisse Einsparpotentiale vorhanden.

Abwasser-Wärmerückgewinnungs-Systeme im Speicherprinzip:

Im Gegensatz zu den zuvor genannten Systemen ist bei den Speichersystemen eine vollständige Gleichzeitigkeit zwischen Zapfung und Abfluss nicht unbedingt erforderlich: Bei Abwasser-Wärmerückgewinnungssystemen nach dem Speicherprinzip wird das Abwasser in einem Speicher aufgefangen. Hier wird ihm die Wärme entzogen, bevor es kälter in den Abfluss geleitet wird. Bei Systemen, die nach dem Speicherprinzip arbeiten, wird häufig das gesamte Abwasser genutzt und/oder Wärmepumpen eingesetzt.

Gemäß einer Studie von [Heinz et al. 2013] können bei komplexeren Anlagen theoretisch bis zu 30 % der Wärme aus dem Warmwasser zurückgewonnen werden. Bei einfachen Duschtassenwärmetauschern variieren die Herstellerangaben der Rückwärmeleistungen von 2 bis 5 kW bzw. zwischen 20 bis zu 50 %.

Eines der Hauptprobleme bei Abwasserwärmerückgewinnungssystemen ist die Mikrofilmbildung, die zu einer Verschlechterung des Wirkungsgrades führt. Unabhängige, wissenschaftlich belastbare Messergebnisse zur Wirksamkeit von Abwasser-Wärmerückgewinnungs-Systemen konnten nicht gefunden werden.

Obwohl Wärmerückgewinnungssysteme zu einer Reduktion des Energiebedarfs zur Warmwassererzeugung führen, werden diese nicht weiter im Rahmen dieser Studie thematisiert, da sie keinen Einfluss auf den grundsätzlichen Nutzenergiebedarf haben. Eine weitere Prüfung und ggf. Berücksichtigung bei den Rechenverfahren zum Warmwasser-Energiebedarf halten wir für sinnvoll.

Neben den zuvor genannten Technologien zur Reduktion des nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarfs soll an dieser Stelle auch auf die Möglichkeit des Warmwasseranschlusses von Wasch- und Spülmaschinen hingewiesen werden. Auch diese Möglichkeit der Reduktion des Gesamtprimärenergieverbrauchs eines Wohngebäudes wird, obwohl unter geeigneten Rahmenbedingungen sinnvoll, aufgrund des beschriebenen Fokus, im Rahmen dieser Untersuchung nicht weiter berücksichtigt.

²² Grundlage: 120 l/Person und Tag, 40 m²/Person, mittlerer Temperaturunterschied zwischen Zu- und Abfluss aus dem Gebäude 6 K

1.5 Analyse und Plausibilitätsprüfung

Zur Höhe und zu den Hintergründen des Nutzwärmebedarfs für Warmwasser existieren nur wenige aktuelle Quellen mit fundierten Messdaten. Daher werden die zuvor erfassten und statistisch ausgewerteten Daten im vorliegenden Kapitel mit den Erkenntnissen aus den Kapiteln 1.1, 1.3.3 und 1.4. bewertet und ggf. durch weiterführende theoretische Überlegungen ergänzt.

1.5.1 Vorüberlegungen

Der **Wunsch** nach warmen Wasser kann deutlich von der **Wirklichkeit** des tatsächlich erhaltenen Warmwassers abweichen. Beispielsweise kann es durch lange Leitungswege zur Zapfstelle eines Handwaschbeckens passieren, dass der Verbraucher zwar warmes Wasser anfordert, jedoch nicht auf das warme Wasser wartet. In diesem Fall hätte der Nutzer einen wirklichen Warmwasserbedarf, dieser wurde aber nicht erfüllt. Grundsätzlich müsste, in Analogie zum Heizwärmebedarf, auch beim Warmwasserbedarf davon ausgegangen werden, dass der tatsächliche Bedarf die Bemessungsgröße darstellt und nicht ein durch Komforteinbußen reduzierter Bedarf. Tatsächlich ist es jedoch sehr schwierig, den Unterschied zwischen dem wirklichen und eingeschränkten Bedarf zu bestimmen.

Um u.a. die oben beschriebenen Überlegungen zu hinterfragen, wurden, wie in Kapitel 1.3.3 beschrieben, zusätzliche Parameter der Onlinebefragung ausgewertet. Demnach wird im Einklang mit der VDI 2067 der größte Anteil des Warmwassers für das Duschen benötigt. Beim Duschen kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die Toleranz bei Komforteinbußen sehr gering sein wird. Anders verhält sich die Situation bei den Waschtischen. Laut der Onlinebefragung bevorzugen allerdings ca. 1/3 der Verbraucher kaltes Wasser für das Händewaschen und Zähneputzen. In der Küche wird warmes Wasser vor allem zum Spülen benötigt. Der Warmwasserbedarf ist jedoch in der Küche geringer als bei den Waschtischen im Bad, andererseits ist zum Spülen warmes Wasser unabdinglich.

Ausgehend von einem anteiligen Warmwasserbedarf von ca. 20 % bei den offensichtlich ausschlaggebenden Waschtischen kann angenommen werden, dass die Reduktion des Warmwasserbedarfs durch Komforteinbußen im Bereich von maximal 10 % des gesamten Warmwasserbedarfs liegt. Während eine zu lange Wartezeit auf warmes Wasser zu einer scheinbaren Reduktion des Warmwasserbedarfs führt, führen die Einregelzeiten der Wunschtemperatur (vor allem in der Dusche und der Küche) zu einer bislang ebenfalls noch nicht berücksichtigten Bedarfserhöhung.

Beide Effekte sind vergleichsweise gering und gegenläufig, daher werden sie im Folgenden nicht weiter berücksichtigt.

1.5.2 Analyse der allgemeinen Daten

In der folgenden Tabelle werden nochmals die Erkenntnisse zu den nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarfen, die aus den Messwerten der Fa. ista sowie den Daten der Fa. co2online und der Onlinebefragung abgeleitet werden konnten, zusammengefasst:

Tabelle 12. Wesentliche Erkenntnisse der ista und co2online Daten zum nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarf (Mittelwert, Median, Maximum)

Gebäudetyp	Quelle	Mittelwert (Standardabweichung) [kWh/m ² A _{N.a}]	Median (25% Perzentil/ 75% Perzentil) [kWh/m ² A _{N.a}]	Maximum der Häufigkeitsverteilung [kWh/m ² A _{N.a}]
MFH	Messung ca. 1,7 Mio. Datensätze ista, 2000-2012	11,1 (6,1)	10,3 (/) ²³	9-10
	Nutzereingabe ca. 42.000 Datensätze co2online, 2002-2012	10,0 (5,1)	9,3 (6,6/12,3)	8-9
EFH/ZFH	Nutzereingabe ca. 11.000 Datensätze co2online, 2002-2012	11,6 (8,7)	8,9 (5,0/16,1)	3-4
	Onlinebefragung ca. 400 Datensätze co2online, 2013	9,2 (7,3)	6,8 (3,6/13,1)	1-2

Die **Mittelwerte** der ermittelten nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarfe aller Gebäudetypen liegen im Bereich zwischen **9,2 und 11,6 kWh/(m².a)**, die Mediane deutlich darunter (6,8 und 9,3 kWh/(m².a)). Die Unterschiede sind jedoch vor allem bei den **Häufigkeitsmaxima** gravierend. Hier ist eine Bandbreite von **1 bis 10 kWh/(m².a)** zu beobachten.

Die Datensätze für **Mehrfamilienhäuser** der Fa. ista sind abrechnungsrelevante Messwerte, die auf einer sehr großen Stichprobengröße beruhen. Ihnen kann daher eine sehr hohe Relevanz beigemessen werden. Ähnlich wie bei den co2online Daten für die Mehrfamilienhäuser ist der Unterschied zwischen Maximum der Häufigkeitsverteilung und dem Mittelwert bei den ista Daten mit 1-2 kWh/(m².a) vergleichsweise gering. Auch die Form der Häufigkeitsverteilung ist bei beiden Datenquellen ähnlich: Sie ist etwas schief -gestaucht bei den niedrigeren Bedarfen und gedehnt bei den höheren Bedarfen. Die möglichen Gesamtfehler, z.B. diejenigen, die bei der Berücksichtigung der Leitungsverluste (hier 2-3 kWh/(m².a), siehe Kapitel 1.2.1) entstehen, sind nicht exakt quantifizierbar, es wird jedoch davon ausgegangen, dass diese im Bereich von 2 kWh/(m².a) liegen.

Umfassende Vergleichswerte zum Warmwasserverbrauch von Mehrfamilienhäusern aus der Literatur sind vor allem den regelmäßigen Veröffentlichungen von Techem „Energiekennwerte - Hilfen für den Wohnungswirt“ ([Techem 2010] und [Techem 2012]), sowie der Brunata Veröffentlichung „Universelle Energiekennzahlen für Deutschland“ [Brunata Metrona 2010] zu entnehmen. Gemäß der Brunata Studie ergibt sich ein Median des wohnflächenspezifischen Warmwasserverbrauchs von 26 kWh/(m².a). Die aus den Daten von Techem ermittelten Mittelwerte liegen mit 26 kWh/(m².a)

²³ Aufgrund der großen Datenmenge war es im Rahmen des Projektes technisch nicht möglich, die Perzentile zu bestimmen.

bis 33 kWh/(m².a)²⁴ etwas höher als der Median von Brunata Metrona. Die Werte von Techem und Brunata beinhalten die Verluste für Erzeugung, Speicherung und Verteilung, da sie gemäß der Heizkostenverordnung ermittelt wurden. [Techem 2012] hebt deutlich hervor, dass der „überwiegende Teil der (...) eingegangenen Werte mit der in der Heizkostenverordnung bestimmten Formel aus dem Warmwasservolumen errechnet“ wurden. Wenn man weiterhin den aus der Heizkostenverordnung resultierenden Gesamtnutzungsgrad der Warmwasseraufbereitung von etwa 47 %²⁵ ansetzt, so führen die Ergebnisse von Brunata und Techem (26 bis maximal 33 kWh/m²WFL.a inkl. Verluste) zu ähnlichen Ergebnissen, wie die vorliegende Untersuchung:

Aus dem Median Brunata: $26 \text{ kWh/m}^2\text{WFL.a} / 1,2 * 0,47 = \mathbf{10,2 \text{ kWh/m}^2\text{A}_{N.a}}$

Aus dem Mittelwert Techem: $33 \text{ kWh/m}^2\text{WFL.a} / 1,2 * 0,47 = \mathbf{12,9 \text{ kWh/m}^2\text{A}_{N.a}}$

Auf dieser Grundlage ist davon auszugehen, dass sinnvoller nutzflächenbezogener Trinkwarmwasserwärmebedarf für **Mehrfamilienhäuser** im Bereich zwischen **9 und 13 kWh/(m².a)** anzunehmen ist.

Anders verhält es sich bei den **Ein- und Zweifamilienhäusern**. Hier liegen sehr viel weniger Datensätze vor. Zudem ist zu befürchten, dass bei der Nutzereingabe eine nicht zu vernachlässigende Fehlerquote zu berücksichtigen ist, worauf u.a. auch der sich nicht mit den Erfahrungen deckende, hohe Anteil an angeblich verfügbaren Messwerten bei den Nutzereingaben schließen lässt. Zum einen ist, wie zuvor beschrieben, offensichtlich häufiger die Eingabe zum Warmwasserverbrauch mit dem Kaltwasserverbrauch verwechselt worden (was letztendlich zu einer Überschätzung des Warmwasserbedarfs führt), zum anderen könnte es sich bei den Angaben um teilweise unrealistische Schätzungen handeln. Beide Fehlerquellen wurden in dieser Untersuchung durch die vorgelagerten Plausibilitätsprüfungen weitestgehend minimiert.

Obwohl vom Stichprobenumfang vergleichsweise gering, halten wir dennoch die aus den **Onlinebefragungen** abgeleiteten Werte für Ein- und Zweifamilienhäuser für die verlässlichsten der derzeit verfügbaren Daten, da diese speziell auf das vorliegende Projekt zugeschnitten wurden. Der Mittelwert aus diesen Datensätzen liegt mit ca. 9 kWh/(m².a) etwas unter dem der Mehrfamilienhäuser, was aufgrund der wahrscheinlich im Mittel größeren Wohnfläche pro Person plausibel erscheint. Insgesamt muss jedoch insbesondere bei den Ein- und Zweifamilienhäusern nochmals auf den großen möglichen Gesamtfehler (allein die Standardabweichungen liegen im Bereich von 8 kWh/(m².a)) hingewiesen werden. Die sich bei den Ein- und Zweifamilienhäusern ergebende Verteilung ist mit einem **Häufigkeitsmaximum** im Bereich zwischen **1 und 4 kWh/(m².a)** und einem **Median zwischen 6,8 und 8,9 kWh/(m².a)** erheblich schiefer als diejenige der Mehrfamilienhäuser. Ein geringerer Nutzenergiebedarf bei Ein- und Zweifamilienhäusern wird u.a. auch in [Schübler] beschrieben. Hier wird für Einfamilien- und Reihenhäuser ein wohnflächenbezogener Nutzenergiebedarf von 10,2 kWh/(m².a) bzw. 11,7 kWh/(m².a) angegeben, was nutzflächenbezogenen Werten von 8,5 kWh/(m².a) bzw. 9,8 kWh/(m².a) entspricht²⁶. Für Mehrfamilienhäuser werden in der gleichen Quelle wohnflächenbezogene Nutzenergiebedarfswerte von 21,6 bis 29,6 kWh/(m².a) – entsprechend 18 kWh/(m².a) bis 24,7 kWh/(m².a) pro Gebäudenutzfläche – genannt, was mehr als einen Faktor 2 über den Werten für Einfamilienhäusern liegt jedoch auch deutlich über den zuvor beschriebenen Werten für Mehrfamilienhäuser. In [Jagnow et al. 2002] wird die Spanne des wohnflächenbezogenen Nutzenergiebedarfs Warmwasser für Einfamilienhäuser mit

²⁴ Fernwärme = 26 kWh/(m².a), Erdgas = 33 kWh/(m².a)

²⁵ [Techem 2012], S.28

²⁶ EnEV 2014 §19, Absatz 2: „Ist die Gebäudenutzfläche nicht bekannt, kann sie bei Wohngebäuden mit bis zu zwei Wohneinheiten mit beheiztem Keller pauschal mit dem 1,35fachen Wert der Wohnfläche, bei sonstigen Wohngebäuden mit dem 1,2fachen Wert der Wohnfläche angesetzt werden.“ **Anmerkung:** Für externe Studien wurde für alle Gebäude der Faktor 1,2 angesetzt.

15 bis 17 kWh/(m².a) – entsprechend 12,5 bis 14,2 kWh/(m².a) pro Gebäudenutzfläche – deutlich höher angesetzt.

Während bei Mehrfamilienhäusern der Mittelwert als Grundlage für den Warmwasser-Nutzenergiebedarf herangezogen werden sollte²⁷, ist es beim Ein- und Zweifamilienhaus zu diskutieren, ob hierbei nicht auch der Median oder das Häufigkeitsmaximum die relevanten Größen darstellen.

1.5.3 Analyse von Einflussfaktoren

a. Wohnungsgröße

Grundsätzlich ist der nutzflächenbezogene Trinkwarmwasserwärmebedarf eine höchst individuelle, allerdings zunächst **personenbezogene** Größe. Es kann davon ausgegangen werden, dass zwischen Wohnungsgröße und Bewohneranzahl eine signifikante Korrelation besteht. Diese konnte anhand der Messdaten sowohl für Mehrfamilienhäuser als auch für Ein- und Zweifamilienhäuser beobachtet werden.

Die folgende Abbildung zeigt den aus den ista Daten abgeleiteten Zusammenhang der Wohneinheitengröße in den **Mehrfamilienhäusern** zum nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarf. Die Wohneinheitenklassen sind dabei anders als noch in Abbildung 5 nicht auf die Wohnfläche, sondern auf die Gebäudenutzfläche bezogen.

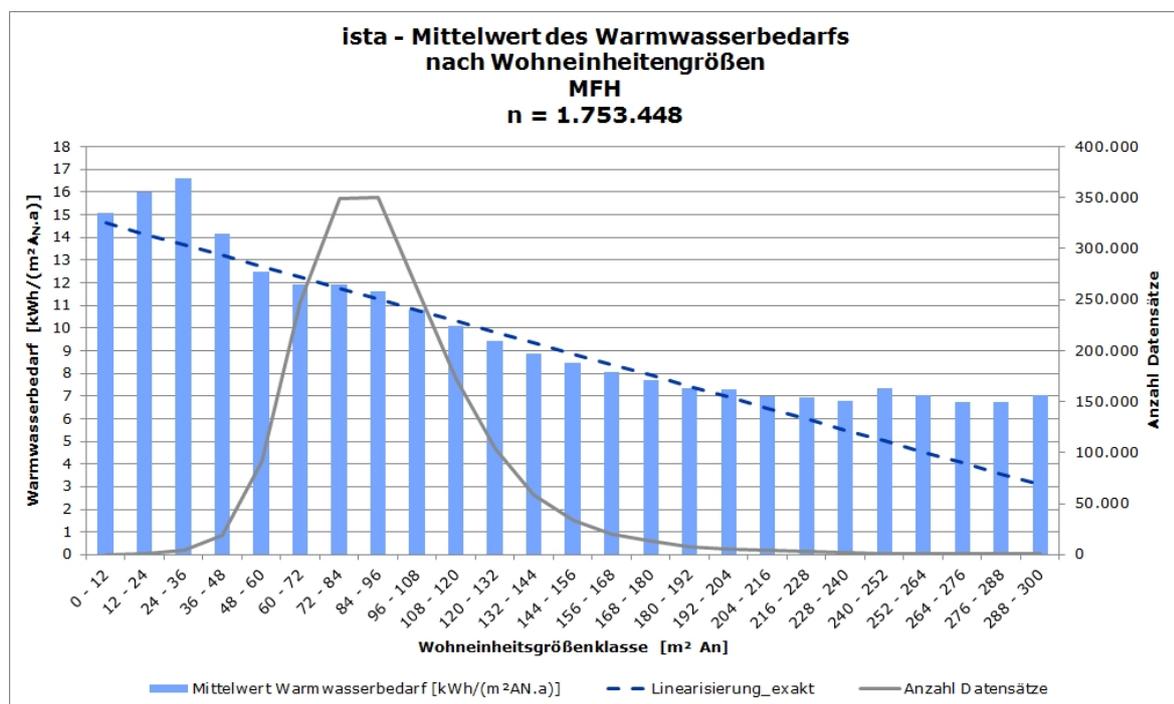


Abbildung 29: Darstellung der Mittelwerte des nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarfs für Mehrfamilienhäuser für unterschiedliche Wohneinheitengrößen (in 12 m² Nutzfläche-Schritten)

²⁷ Beurteilungsrelevant ist das gesamte Gebäude. Der Gesamtnutzenergiebedarf ergibt sich aus der Summe über den Einzelbedarf der Wohnungen.

Bei Mehrfamilienhäusern sinkt entsprechend Abbildung 29 der nutzflächenbezogene Trinkwarmwasserwärmebedarf ausgehend von ca. 14 kWh/(m².a) bei Appartements mit 36-48 m² Nutzfläche auf ca. 50 % (d.h. auf ca. 7 kWh/(m².a)) bei einer 216-228 m² großen Wohnung ab.

Dementsprechend, ausgehend von einem umgekehrt proportionalen Zusammenhang zwischen Wohnungsgröße und nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarf, beläuft sich die Reduktion in den Grenzen von 36 bis 228 m² Nutzfläche pro Wohneinheit bei Mehrfamilienhäusern auf eine Degression von **0,040 kWh/(m².a) pro m² zusätzlicher Nutzfläche**. Diese Degression ergibt in Kombination mit dem Mittelwert der Mehrfamilienhäuser von **11,1 kWh/(m².a)** und der mittleren Nutzfläche pro Wohneinheit von **94,3 m²** die lineare Abhängigkeit, die die Gerade „**Linearisierung_exakt**“ in Abbildung 29 gemäß der folgenden Gleichung abbildet.

$$q_{tw} = 11,1 \frac{kWh}{m^2 \cdot a} + (94,3 m^2 - A_{N,WE,m}) \cdot 0,040 \frac{kWh}{m^2 \cdot a}$$

mit

q_{tw} : nutzflächenbezogener Trinkwarmwasserwärmebedarf (DIN 4701), in kWh/(m².a) ²⁸
 $A_{N,WE,m}$: mittlere Nutzfläche der Wohneinheiten des Gebäudes, berechnet aus der Nutzfläche des Gesamtgebäudes (standardmäßig festgelegt als $A_N = 0,32 \cdot V_e$) dividiert durch die Anzahl der Wohneinheiten, in m²

Für Wohneinheitengrößen von über 228 m² und unter 36 m² Nutzfläche führt die obenstehende Gleichung zu teilweise deutlich abweichenden Werten. Dabei sollte jedoch angemerkt werden, dass 1,737 Mio. von 1,752 Mio. Datensätze (d.h. über 99 %) in dem sehr gut wiedergegebenen Intervall zwischen 36 m² und 228 m² liegen.

Die folgende Abbildung zeigt den Zusammenhang zwischen der Wohneinheitengröße und dem nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarf für die **Ein- und Zweifamilienhäuser** aus den Daten der Online Umfrage²⁹.

²⁸ $q_{w,b} = q_{tw} \cdot A_N / A_{NGF}$: nettogrundflächenbezogener Nutzwärmebedarf Trinkwarmwasser (DIN V 18599)

²⁹ Die Klassen sind dabei – wie bereits bei den Mehrfamilienhäusern – nicht auf die Wohnfläche, sondern auf die Gebäudenutzfläche bezogen.

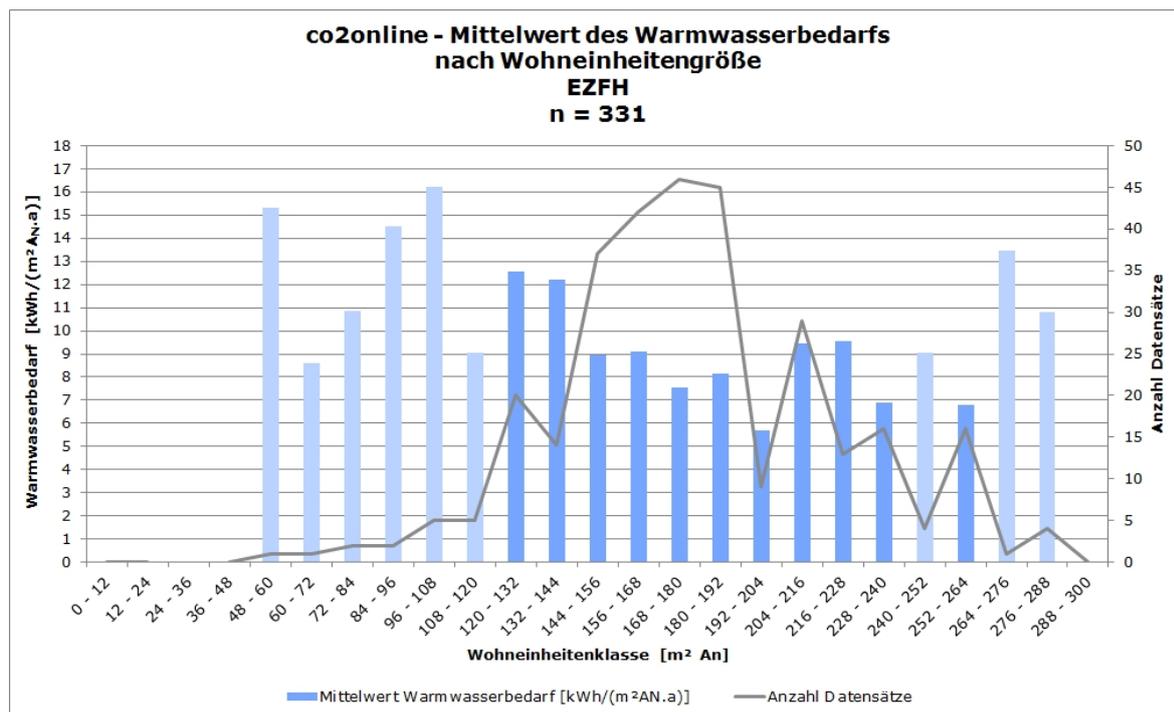


Abbildung 30: Darstellung der Mittelwerte des energiebezugsflächenspezifischen Warmwasserbedarfs für Ein- und Zweifamilienhäuser für unterschiedliche Gebäudegrößen (in 12 m² Nutzfläche-Schritten), ermittelt aus den im Rahmen der Online Befragung gesammelten Daten (Häufigkeiten ≤ 5 blasser dargestellt)

Bei den im Rahmen der co2online-Onlinebefragung gesammelten Daten für Ein- und Zweifamilienhäuser sinkt der Warmwasserbedarf im maßgeblichen Intervall zwischen 120 und 260 m², ausgehend von ca. 12,5 kWh/(m²·a) bei einem Gebäude mit 120-132 m² Nutzfläche auf ca. 7 kWh/(m²·a) bei einem 252-264 m² großen Gebäude ab. Das entspricht einer Degression von 0,044 kWh/(m²·a) pro m² Nutzfläche.

b. Langfristige Entwicklung des Warmwasserbedarfs

Da der Warmwasserbedarf grundsätzlich eine personenbezogene Größe ist, die aus Praktikabilitäts- und Konformitätserwägungen im Rahmen der EnEV wie der Heizwärmebedarf auf die Nutzfläche bezogen werden soll, ist es sinnvoll, für die zeitliche Entwicklung des Warmwasser Nutzenergiebedarfs die Entwicklung der Wohnfläche pro Einwohner zu betrachten.

Die langfristige Entwicklung der Wohnfläche pro Einwohner zeigt einen Anstieg von ca. 35 m²/Person in 1991 auf ca. 43 m²/Person in 2010, d.h. von ca. 22 % bzw. ca. 1% pro Jahr. Der Anstieg verläuft zunächst bis zur Jahrtausendwende bis fast 40 m²/Person nahezu linear. Danach flacht er etwas ab. Da der Nutzenergiebedarf des Warmwassers umgekehrt proportional zur pro Kopf Wohnfläche sein sollte, resultiert daraus eine erwartete Reduzierung von ca. 18 % im Laufe des betrachteten Zeitraumes.

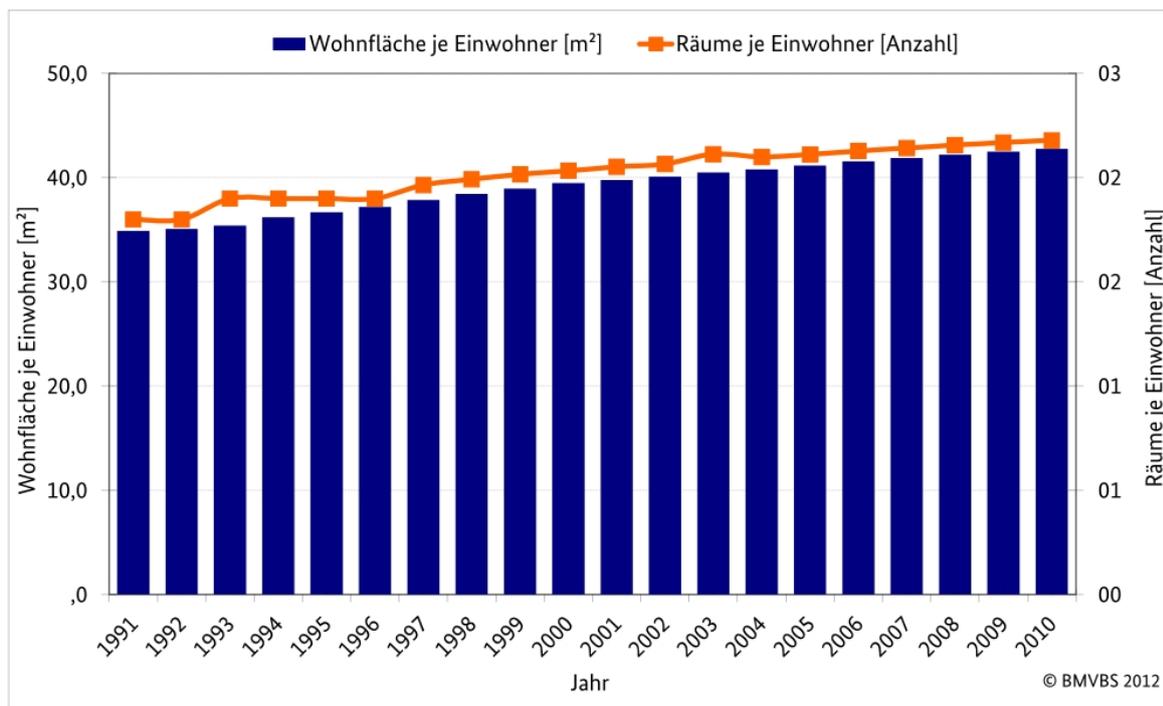


Abbildung 31: Entwicklung der spezifischen Wohnfläche und Räume pro Einwohner in Deutschland (Quelle: BMVBS 2012)

Anhand der vorhandenen Statistiken kann außerdem zwischen Mietern (mutmaßlich überwiegend Mehrfamilienhäuser) und Eigentümern (mutmaßlich überwiegend Ein- und Zweifamilienhäuser) unterschieden werden. Dabei zeigt sich, wie in der folgenden Tabelle dargestellt, zum Einen, dass Eigentümer über ca. 30 % mehr Wohnfläche verfügen und zum anderen, dass deren Wohnflächenzuwachs stärker steigt als bei den Mietern.

Tabelle 13: Vergleich der Entwicklung der Wohnfläche pro Einwohner, differenziert nach Mieter und Eigentümern³⁰

	Wohnfläche je Einwohner [m²] 1998	Wohnfläche je Einwohner [m²] 2010	Differenz
Mieter	34,4	38,2	+ 11 %
Eigentümer	44,8	50,6	+ 13 %
Differenz	+ 29 %	+ 32 %	

Neben dem Einfluss der Personendichte spielen auch Verhaltensänderungen und marktrelevante Technologien eine Rolle, die Einfluss auf den Nutzenergiebedarf haben. Die Beurteilung und noch vielmehr die Quantifizierung dieser Faktoren ist jedoch schwierig. Obwohl aus der Onlinebefragung eine leichte Tendenz zur Reduktion des Warmwasserbedarfs herausgelesen werden konnte und eigentlich auch davon ausgegangen werden sollte, dass neue Technologien eher zu einer Reduktion des Warmwasserverbrauchs führen, ist dies jedoch nicht belastbar. Dem gegenüber stehen ggf. gestiegene Hygiene- oder Komfortbedürfnisse, die auch durch entsprechende Technologien (z.B. Regenduschen) befriedigt werden.

³⁰ ³⁰ Datenbasis: BBSR-Wohnungsmarktbeobachtung, Statistisches Bundesamt: Sonderauswertungen der Mikrozensus-Zusatzerhebungen Wohnen 1998 und 2010

Da aus dem jährlichen Anstieg der pro Kopf Wohnfläche in den letzten Jahren lediglich eine jährliche Reduzierung des Nutzenergiebedarfs für Warmwasser von unter einem Prozent abzuleiten ist, erscheint es daher nicht sinnvoll, diese mögliche künftige Reduktion des Warmwasserbedarfs in eine neue Rechenregel in die EnEV aufzunehmen.

c. Zeitliche Verteilung des Warmwasserbedarfs

Bislang wird in allen relevanten Rechenvorschriften zur Bestimmung des Energiebedarfs für Warmwasser lediglich von mittleren Jahreskennwerten für den Nutzenergiebedarf ausgegangen. Bei der Wärmeerzeugung über solarthermische Anlagen oder Wärmepumpen (insbesondere Luftwärmepumpen) hat jedoch die zeitliche Verteilung des Bedarfs einen Einfluss auf die Systemeffizienz und die Deckungsanteile von regenerativer Energie. Da das Warmwasser bei der Erzeugung über solarthermische Anlagen oder Wärmepumpen in der Regel über Pufferspeicher bereitgestellt wird, ist, anders als bei Durchlauferhitzern, ein stündlich aufgelöster Warmwasserbedarf bei diesen Systemen eher von untergeordneter Bedeutung.

Auch bei elektrischen Durchlauferhitzern macht die Bestimmung eines stündlich aufgelösten Warmwasserbedarfs erst Sinn, wenn es entsprechend aufgelöste Primärenergiefaktoren bzw. CO₂-Faktoren für Strom gäbe, die bei der Energiebedarfsberechnung herangezogen würden. Obwohl eine stundenfeine Berechnung im Sinne einer besseren Systembewertung zu begrüßen wäre, sollten hier, auch im Zusammenhang mit der Gebäudebeheizung, praktikablere Lösungen angestrebt werden, deren Entwicklung den Rahmen des vorliegenden Forschungsprojektes weit überschreiten würde.

Es gibt Quellen, die darauf schließen lassen, dass der Nutzenergiebedarf für Warmwasser nicht nur einer tageszeitlichen sondern auch einer jahreszeitlichen Schwankung unterliegt.

Zum Beispiel wurden für ein im Rahmen des BMVBS Modellvorhabens "Effizienzhaus Plus Standard" vermessenes Einfamilienhaus in Leonberg für die Jahre 2011 und 2012 die folgende monatliche Verteilung des Warmwasserverbrauchs ermittelt.

Tabelle 14. Messdaten Warmwasserverbrauch, Effizienzhaus Plus in Leonberg

Monat	Wärmemengenzähler Warmwasser [kWh]	
	2011	2012
Jan	105	83
Feb	65	93
Mar	95	113
Apr	91	106
Mai	83	80
Jun	58	49
Jul	68	69
Aug	56	34
Sep	89	49
Okt	82	64
Nov	72	92
Dez	107	144
SUMME	971	977

Die Tabelle zeigt, dass im Sommer ein teilweise deutlich verminderter Warmwasserbedarf besteht (z.B. Dez 2012: 144 kWh, Aug 2012: 34 kWh, Faktor 4). Mutmaßliche Gründe hierfür könnten zum einen niedrigere Duschtemperaturen und kürzere Duschzeiten sowie eine urlaubsbedingte Abwesenheit sein.

Sollten sich die o.g. Erkenntnisse im Rahmen valider Untersuchungen bestätigen lassen, würde die Effizienz von solarthermischen Anlagen und Luftwärmepumpen nach derzeitiger Berechnungsmethodik überschätzt. Wir erachten es daher als sinnvoll, in diesem Feld weitere Untersuchungen durchzuführen und ggf. die derzeitige Berechnungsmethodik entsprechend anzupassen.

2. Vorschlag für eine neue Methodik zur Warmwasserbedarfsberechnung der EnEV

Auf Basis der im vorherigen Arbeitsschritt gesammelten Informationen soll die Gültigkeit des aktuellen nutzflächenbezogenen Pauschalwertes für den Nutzwärmebedarf für Warmwasser von 12,5 kWh/m²a (gemäß DIN 4701) bzw. des gem. DIN V 18599-10 Tabelle 4 auf die Nettogrundfläche bezogenen Wertes von 11 kWh/m²a für Einfamilienhäuser (EFH) sowie von 15 kWh/m²a für Mehrfamilienhäuser (MFH) überprüft werden.

Im Falle von signifikanten Abweichungen zwischen Normwerten und Wirklichkeit sind diese zu quantifizieren und in einer praktikablen, neue Regel zur Warmwasserbedarfsberechnung nach EnEV zu beschreiben.

Allein wegen der Tatsache, dass die unterschiedlichen möglichen Rechenverfahren zum EnEV-Nachweis unterschiedliche Werte für den Nutzwärmebedarf für Warmwasser voraussetzen, erscheint es sinnvoll, die bisherigen Pauschalwerte zu überdenken.

Grundsätzlich ist der Warmwasser-Nutzenergiebedarf eine personenbezogene, höchst individuelle Größe. Es wäre daher theoretisch sinnvoll, wie z.B. in [FfE 2012] vorgeschlagen, den Nutzenergiebedarf in Abhängigkeit von der für das jeweilige Gebäude projektierten Bewohnerzahl zu bestimmen. Die projektierte Bewohnerzahl ist jedoch eine sehr „weiche“ Größe, die zur Erlangung einer scheinbar besseren Energieeffizienz leicht manipuliert werden könnte. Selbst bei einer guten Projektierung ist darüber hinaus davon auszugehen, dass sich in der Realität langfristig Abweichungen ergeben. Dies trifft insbesondere auf Einfamilienhäuser zu, die in der Regel mit Kindern projektiert sind, jedoch zu einem großen Teil der späteren Nutzungsdauer ausschließlich nur noch von den Eltern bewohnt werden.

Bei der Festlegung neuer Werte sollte darauf geachtet werden, dass diese neben einem möglichst hohen Realitätsbezug auch dem vorrangigen Ziel der EnEV, der Senkung des tatsächlichen Primärenergiebedarfs und der CO₂-Emissionen, dienlich sind.

Während bei Mehrfamilienhäusern zum einen die Standardabweichungen vom Mittelwert relativ klein sind und sich außerdem individuelle Mittelwertabweichungen über die Gesamtheit aller Wohnungen eines Mehrfamilienhauses ausgleichen, sind die beobachteten individuellen Abweichungen bei den Ein- und Zweifamilienhäusern erheblich größer.

Andere, den Nutzenergiebedarf für Warmwasser offensichtlich auch beeinflussende Faktoren, wie z.B. sozialer Status der Bewohner oder die Lage des Gebäudes etc., können aus Gründen der Gleichbehandlung nicht berücksichtigt werden.

2.1 Vorschlag: Rechenvorschrift für Mehrfamilienhäuser

Bei Mehrfamilienhäusern kann davon ausgegangen werden, dass durch die verhältnismäßig große Anzahl der Bewohner im Mittel individuelle Extremwerte beim Warmwasser-Nutzenergiebedarf ausgeglichen werden. Dies kann verfestigt werden, wenn man die Mieterwechsel über die Nutzungsdauer des Gebäudes berücksichtigt. Die ausgewerteten Messdaten zeigen, dass die bisherigen Werte von $12,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{A}_{\text{N}} \cdot \text{a})$ (DIN 4701) bzw. $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{A}_{\text{NGF}} \cdot \text{a})$ (DIN V 18599) im Mittel aktuell zu hoch angesetzt sind. Ausgehend von dem Mittelwert der ca. 1,7 Mio. ausgewerteten Datensätze der Fa. ista (s. Kapitel 1.2.2) von $11,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ und dem Maximalwert der entsprechenden Häufigkeitsverteilung (zwischen $9-10 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$) schlagen wir vor, für Mehrfamilienhäuser **den maßgeblichen Nutzenergiebedarf für Warmwasser auf $11,0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$** abzusenken. Die auch aus Praktikabilitätsgründen durchgeführte Abrundung ist vor dem Hintergrund der erwarteten künftigen Entwicklung und der Links-Schiefe der Häufigkeitsverteilung zulässig.

Um jedoch auch der beobachteten deutlichen Abhängigkeit von der Wohnungsgröße Rechnung zu tragen, schlagen wir darüber hinaus vor, entsprechend der Abweichung von der mittleren Bezugswohnungsgröße einen Zu- bzw. Abschlag zu berücksichtigen.

Da der Einfluss einer praxisgerechten Rundung, wie in Abbildung 32 dargestellt, gering ist, schlagen wir die Verwendung der folgenden eingängigen Parameter vor:

Zu- bzw. Abschlagsfaktor: $0,04 \text{ kWh}/(\text{m}^4 \cdot \text{a})$
Mittlere Bezugswohnungsgröße: 100 m^2

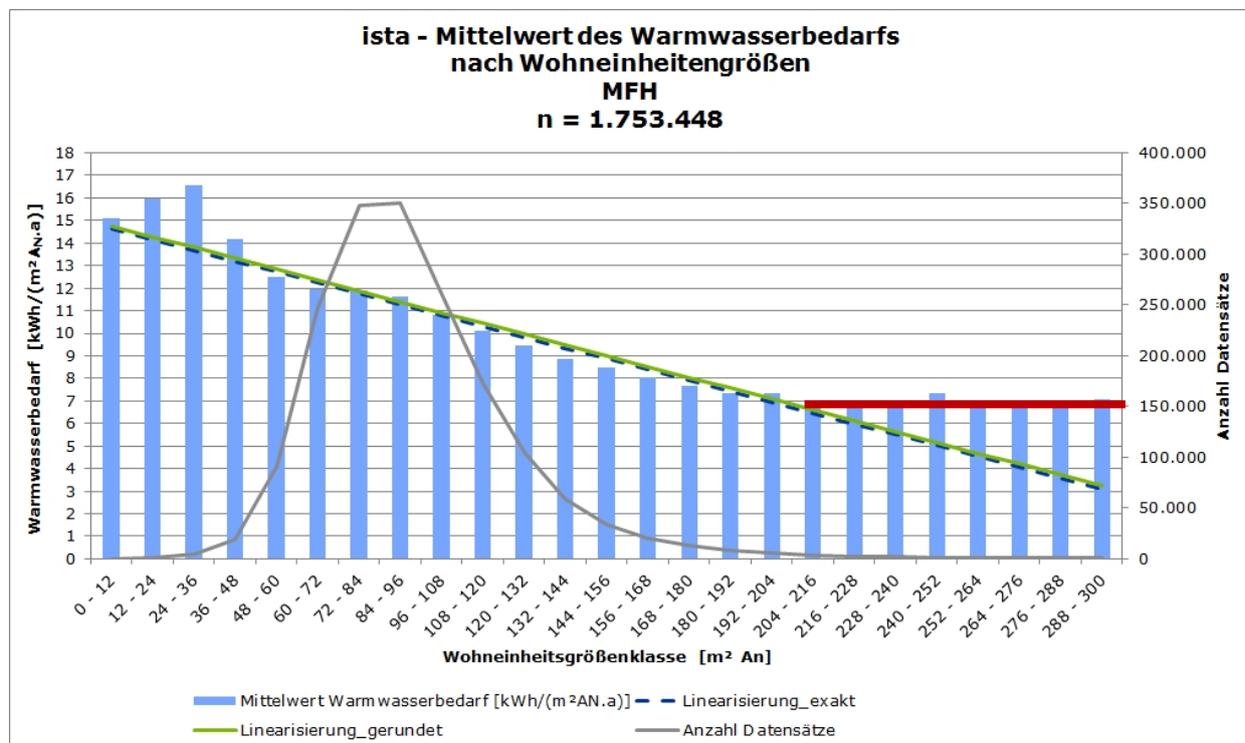


Abbildung 32: Vergleichende Darstellung der vorgeschlagenen gerundeten- gegenüber der exakten Linearisierung der Mittelwerte des energiebezugsflächenspezifischen Warmwasserbedarfs für Mehrfamilienhäuser für unterschiedliche Wohneinheitengrößen

Zusammenfassend schlagen wir somit für Mehrfamilienhäuser die folgende neue einheitliche Rechenvorschrift (für die Rechenverfahren gem. DIN 4701 und DIN V 18599) vor:

$$q_{tw} = 11 \frac{kWh}{m^2 \cdot a} + (100 m^2 - A_{N,WE,m}) \cdot 0,04 \frac{kWh}{m^4 \cdot a}$$

mit

q_{tw} : nutzflächenbezogener Trinkwarmwasserwärmebedarf (DIN 4701), in kWh/(m²·a) ³¹
 $A_{N,WE,m}$: mittlere Nutzfläche der Wohneinheiten des Gebäudes, berechnet aus der Nutzfläche des Gesamtgebäudes (standardmäßig festgelegt als $A_N = 0,32 \cdot V_e$) dividiert durch die Anzahl der Wohneinheiten, in m²

Die oben genannte lineare Gleichung zeigt bis zur Wohneinheitsgröße von ca. 200 m² eine sehr gute Übereinstimmung mit den aus den Messungen abgeleiteten Werten. Ab einer Wohnungsgröße von ca. 200 m² verhardt der spezifische Bedarf jedoch offensichtlich auf einem Minimalwert von 7 kWh/m² a.

Auch wenn die Anzahl der Datensätze (und somit auch die statistische Relevanz) bei Wohneinheitsgrößen über 200 m² vergleichsweise gering ist, wird vorgeschlagen, diesen Minimalwert auch in die Vorschrift zu übernehmen.

Dies wird durch die folgende Nebenbedingung sichergestellt:

$$q_{tw} \geq 7 \frac{kWh}{m^2 \cdot a}$$

2.2 Vorschlag: Rechenvorschrift für Ein- und Zweifamilienhäuser

Da, wie dargestellt, der Nutzenergiebedarf für Ein- und Zweifamilienhäuser einer viel größeren individuellen Bandbreite und einer größeren Unsicherheit unterliegt, wurde im Sinne einer möglichst einheitlichen praktikablen Lösung versucht, den für Mehrfamilienhäuser vorgeschlagenen nutzflächenabhängigen Ansatz auch auf Ein- und Zweifamilienhäuser zu übertragen. Aus dem in der folgenden Abbildung dargestellten Vergleich der für Mehrfamilienhäuser vorgeschlagenen gerundeten Linearisierung und der Mittelwerte des nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarfs aus der Onlinebefragung wird deutlich, dass eine Übernahme der Rechenmethodik für Mehrfamilienhäuser zu einer hinreichend guten Übereinstimmung, insbesondere bei den, relevanten und mit den höchsten Häufigkeiten belegten Wohneinheits-Größenklassen (in der Abbildung dunkelblau hervorgehoben) führt.

³¹ $q_{w,b} = q_{tw} \cdot A_N / A_{NGF}$: nettogrundflächenbezogener Nutzwärmebedarf Trinkwarmwasser (DIN V 18599)

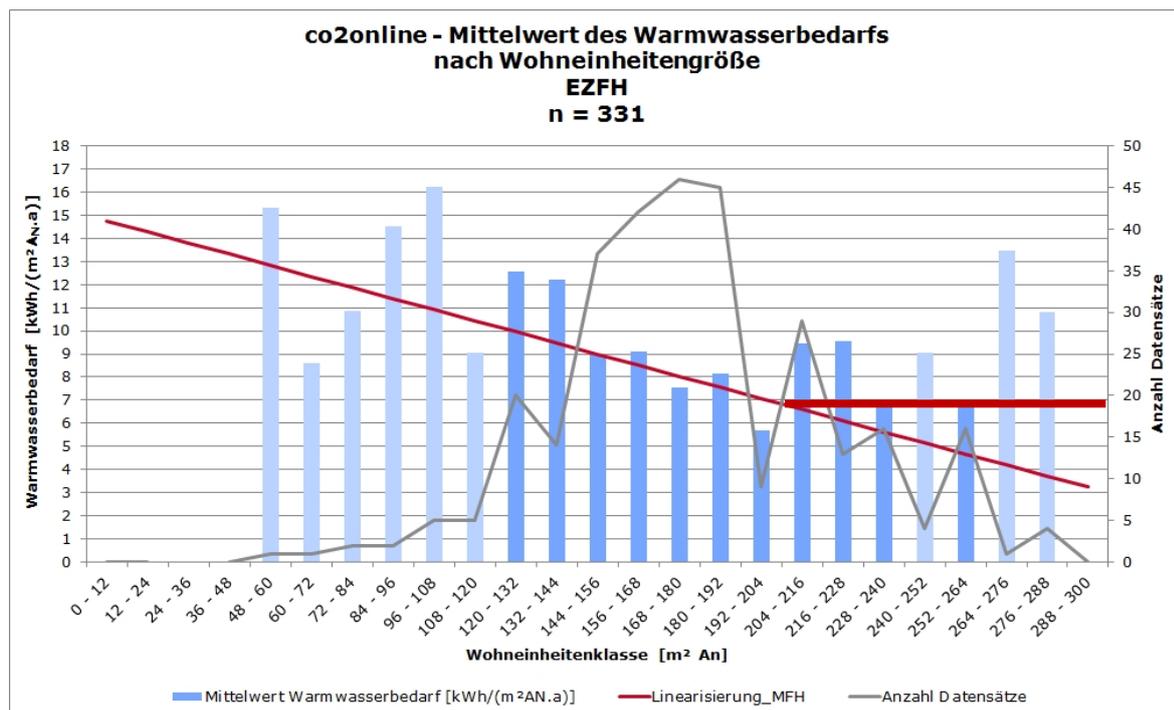


Abbildung 33: Vergleichende Darstellung zwischen der zuvor für Mehrfamilienhäuser vorgeschlagenen gerundeten Linearisierung und der Mittelwerte des energiebezugsflächenspezifischen Warmwasserbedarfs für Ein- und Zweifamilienhäuser aus der Onlinebefragung für unterschiedliche Wohneinheitengrößenklassen.

Obwohl die neu vorgeschlagene Rechenvorschrift für Mehrfamilienhäuser bei Ein- und Zweifamilienhäusern, insbesondere bei sehr kleinen und großen Wohnungsgrößen, zu einem tendenziell geringeren nutzflächenbezogenen Trinkwarmwasserwärmebedarf als die ausgewiesenen Mittelwerte führt, halten wir es vor dem Hintergrund der Tatsache, dass bei Ein- und Zweifamilienhäusern eine große Mehrheit offensichtlich einen deutlich geringeren Nutzwärmebedarf als den Mittelwert hat, im Sinne einer einfachen und praktikablen Lösung für vertretbar, die für Mehrfamilienhäuser vorgeschlagene Rechenvorschrift auch für Ein- und Zweifamilienhäuser zu übernehmen.

Zur Minimierung von möglichen Systemfehlauslegungen, die aufgrund der dargestellten großen Varianzen bei offensichtlich zu erwartenden langfristigen signifikanten Abweichungen des Nutzwärmebedarfs bei Ein- und Zweifamilienhäusern möglich sind, könnte darüber nachgedacht werden, neben dem, gemäß der neuen Rechenvorschrift bestimmten Standardwert, im Energieausweis auch Raum für einen Hinweis zu lassen, dass ein Warmwassersystem bewusst auf einen erwarteten höheren oder niedrigeren Warmwasserbedarf optimiert wurde. Um dies zu konkretisieren, könnte darüber hinaus auch der sich dabei ergebende Minderbedarf gegenüber der Standardauslegung beziffert werden.

Es ist jedoch fraglich, ob es sinnvoll ist, ohne Gewissheit bzgl. der Langfristigkeit, die in der Regel nicht gegeben sein wird, eine nicht standardwertgerechte Auslegung zu unterstützen.

2.3 Vorschlag: Allgemeingültige Rechenvorschrift für Ein- und Zweifamilienhäuser und Mehrfamilienhäuser

Zusammenfassend schlagen wir vor, für alle Gebäude, sowohl für das Rechenverfahren gemäß DIN 4701 als auch gemäß DIN V 18599, die nachstehende neue Gleichung zur Berechnung des Nutzenergiebedarfs für Trinkwarmwasser zu verwenden:

$$q_{\text{tw}} = 15 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{a}} - (A_{\text{N,WE,m}} \cdot 0,04 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^4 \cdot \text{a}})$$

mit

q_{tw} : nutzflächenbezogener Trinkwarmwasserwärmebedarf

$A_{\text{N,WE,m}}$: = $A_{\text{N}}/n_{\text{WE}}$, mittlere Nutzfläche der Wohneinheiten des Gebäudes

wobei

A_{N} : Gebäudenutzfläche

n_{WE} : Anzahl der Wohneinheiten des Gebäudes

Nebenbedingung: $q_{\text{tw}} \geq 7 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{a}}$

3. Diskussion der möglichen Auswirkungen des vorgeschlagenen neuen Verfahrens

Im Folgenden werden die erwarteten Auswirkungen des neuen Verfahrens zur Bestimmung des Warmwasser-Nutzenergiebedarfs gegenüber dem Status Quo diskutiert.

Im Vergleich zu dem in den beiden derzeit zulässigen Rechenverfahren nicht einheitlich geregelten Nutzenergiebedarf von Warmwasser würde das vorgeschlagene neue übergreifende Verfahren eine sicherlich erstrebenswerte Vereinheitlichung bringen. Obwohl auch mit dem neuen Verfahren, aus besagten Gründen, nicht der eigentlich relevanteste Parameter, die Personenzahl, direkt berücksichtigt wird, so wird diese zumindest indirekt über den Wohnungsgrößenbezug berücksichtigt. Betrachtet man übliche Wohnungsgrößen (von Mehrfamilienhäusern um $94 \text{ m}^2 A_N$ ³² und Ein- und Zweifamilienhäusern um $170 \text{ m}^2 A_N$ ³³, so ergibt sich nach dem neuen Verfahren im Gegensatz zu den aktuellen Werten nach DIN 4701 bzw. DIN V 18599 für

- Mehrfamilienhäuser eine leichte Absenkung des Nutzenergiebedarfs für Warmwasser von $12,5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ bzw. $13,8 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ³⁴ auf $11,2 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (d.h. um 10 % bzw. 19 %)
- Ein und Zweifamilienhäuser eine stärkere Absenkung des Bedarfsniveaus bei Ein- und Zweifamilienhäusern von $12,5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ bzw. von $10,1 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ³⁵ auf im Mittel $8,2 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (d.h. um 34 % bzw. 11 %)

Die sich bereits in den Werten zur DIN V 18599 widerspiegelnde Diskrepanz zwischen Mehrfamilienhäusern und Ein- und Zweifamilienhäusern findet sich somit auch im vorgeschlagenen neuen Verfahren, wenn auch indirekt, wieder. Betrachtet man die Erzeugernutzwärme für die Warmwasserbereitung, d.h. inklusive der Systemverluste durch Verteilung und Speicherung, die bei Zirkulationssystemen in der Regel über $10 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ liegen, ist davon auszugehen, dass die Auswirkungen durch die Absenkung des Warmwasser-Nutzenergiebedarfs bei Mehrfamilienhäusern auf den maßgeblichen Gesamt-Primärenergiebedarfskennwert für Warmwasser unter 10 % liegen.

Die Auswirkungen, die eine Reduktion des Nutzenergiebedarfs für Warmwasser auf die bestehende Gesetzgebung (EnEV und EEWärmeG) hätte, werden im Folgenden noch näher diskutiert.

Eher kritisch ist demgegenüber der zusätzliche Aufwand für die erforderliche Berechnung des Nutzenergiebedarfs nach dem neuen Verfahren zu sehen, auch wenn die entsprechende Gleichung trivial ist.

Ein weiterer möglicher Kritikpunkt des vorgeschlagenen neuen Verfahrens ist, dass keine klaren einheitlichen Kennwerte für den Warmwasser-Nutzenenergiebedarf mehr vorgegeben werden, sondern für jedes Gebäude ein individueller Wert zu ermitteln ist. Allerdings trifft dies auch insgesamt auf das aktuelle Referenzgebäudeverfahren für die Bestimmung des maximalen Primärenergiebedarfs zu. Im Vergleich zu den o.g. Nachteilen halten wir die durch die vorgeschlagenen Anpassun-

³² Aus den Angaben von ista konnte für die 1,7 Mio. Datensätze eine mittlere A_N pro Wohneinheit von etwa 94 m^2 bestimmt werden.

³³ Aus den Angaben von co2online konnte für die knapp 30.000 Datensätze eine mittlere A_N für Ein- und Zweifamilienhäuser von etwa 203 m^2 bestimmt werden. Da hierzu keine genaueren Angaben verfügbar waren, wurde auf dieser Grundlage die mittlere A_N pro Wohneinheit in Ein- und Zweifamilienhäusern auf 170 m^2 abgeschätzt.

³⁴ Berücksichtigter Umrechnungsfaktor zwischen A_N und A_{NGF} 1,09

³⁵ Berücksichtigter Umrechnungsfaktor zwischen A_N und A_{NGF} 1,09

gen erreichbare Realitätsnähe für wichtiger, zumal außerdem unter Berücksichtigung von realistischen Wohnungsgrößen die Bandbreite mit 7 kWh/m²a bis ca. 13,5 kWh/m²a überschaubar ist und nicht bedeutend von der bisher möglichen Bandbreite der beiden Rechenverfahren (DIN 4701 und DIN V 18599) abweicht.

Im Folgenden werden weitere Fragen zu möglichen Auswirkungen betrachtet, die die vorgeschlagene neue Rechenvorschrift nach sich ziehen können:

1. Wie sind die Auswirkungen auf die energetischen Kennwerte der Gebäude?

Das Primärenergiebedarfsniveau für Heizung, Kühlung und Warmwasser bei neuen Gebäuden ab 2016 liegt im Bereich von ca. 50 kWh/m²a. Der Anteil des Warmwassers, inklusive Verluste, variiert dabei systemabhängig in einem Bereich von unter 20 % bis über 50 %. Bei einer beschriebenen Reduktion des Warmwasser-Nutzenergiebedarfs im Bereich von 1 kWh/m²a bis 5 kWh/m²a ist somit davon auszugehen, dass das Anforderungsniveau für den Gesamt-Primärenergiebedarf maximal 10 % absinkt. Bei Altbauten sind, wegen des i.d.R. erheblich höheren Heizwärmebedarfs (im Bereich von 100 kWh/m²a und mehr), die zu erwartenden Auswirkungen des vorgeschlagenen neuen Verfahrens für den Warmwasser-Nutzenergiebedarf auf die Gesamtkennwerte noch wesentlich geringer. Da sich die aktuelle, für das Jahr 2016 vorgesehene, Verschärfung der EnEV um 25 % auf den Gesamtprimärenergiebedarf bezieht, die praktischen Einsparpotentiale beim Warmwassersystem jedoch begrenzt sind, müssen die überwiegenden Einsparungen aus einer überproportionalen Reduzierung des Heizenergiebedarfs resultieren. Durch eine Absenkung des Warmwasserbedarfs würde man künftigen anteiligen Verschärfungen wieder mehr Spielraum gegeben. Die Bedeutung des Heiz- und Kühlenergiebedarfs, insbesondere bei großen Wohnungen, würde realitätsgemäß wieder etwas zunehmen.

2. Wie verändert sich der Anteil des Warmwassers am Gesamt-Primärenergiebedarf, insbesondere auch bei künftigen Niedrigstenergiegebäuden?

Die aktuelle EnEV sieht für 2016 eine Absenkung des Jahres-Primärenergiebedarfs-Anforderungswertes gegenüber dem Referenzgebäude von 25 % vor. Bis 2020 ist mit einer weiteren Verschärfung der Anforderung zu rechnen. Eine künftige Absenkung des Anforderungsniveaus z.B. im Extremfall bis auf das Passivhausniveau (spezifischer Heizwärmebedarf < 15 kWh/m²a) würde, ausgehend von den Anforderungswerten 2016, in etwa eine weitere Halbierung des Heizenergiebedarfs bedeuten. Durch die vorgeschlagene Absenkung der Warmwasser-Nutzwärmebedarfswerte würde die Relevanzverschiebung zugunsten des Warmwassers zumindest reduziert werden. Insgesamt wird jedoch die Wahl des Warmwassersystems (große Bandbreite zwischen elektrischem Durchlauferhitzer und solar gestütztem Zentralsystem) nach wie vor den größten Einfluss auf den Anteil des Warmwassers am Gesamtenergiebedarf haben.

3. Wie kann angesichts der großen Zahl bereits ausgestellter Energieausweise deren Vergleichbarkeit auch künftig gesichert werden?

Wie bereits dargestellt, würde es durch das vorgeschlagene Verfahren vor allem bei großen Wohnungen im Neubau zu einer spürbaren Absenkung des Jahres-Primärenergiebedarfs kommen.

Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Absenkung des Jahres-Primärenergiebedarfs auch hierbei in der Regel unter 10 % liegt. Diese Abweichung könnte daher einfach, wie auch die sich ergebenden Unterschiede der beiden zulässigen Rechenverfahren, ohne weiter

spezifizierte Vergleichsdarstellungen durch einen Hinweis im Energieausweis berücksichtigt werden. Da die Abweichungen jedoch systematisch sind, d.h. immer zu einer Reduktion des Jahres-Primärenergiebedarfs führen, ist ggf. zu überlegen, ob zumindest überschlägig auf dessen Auswirkungen hingewiesen werden soll. Eine Anpassung der recht grob eingeteilten Klassengrenzen ist wahrscheinlich nicht erforderlich.

4. Wie ist der Einfluss auf die Marktchancen unterschiedlicher Technologien und Energieträger?

a) Dezentrale Systeme

Durch die Reduktion des Warmwasser-Nutzenergiebedarfs bei dem vorgeschlagenen Verfahren werden dezentrale Systeme, mit geringen Systemverlusten aber meist höheren Anlagenaufwandszahlen (insbesondere elektrische Durchlauferhitzer) günstiger gestellt als zentrale Systeme. Insbesondere auch vor dem Hintergrund des deutlich reduzierten Primärenergiefaktors für Strom (1,8 ab 2016) wird es insbesondere bei großen Wohnungen häufiger als bisher vorkommen, dass durch das vorgeschlagene Verfahren dezentrale elektrische Durchlauferhitzer primärenergetisch günstiger bewertet werden als zentrale Systeme mit fossilem Wärmeerzeuger und Zirkulationssystem.

b) Solare Warmwasserbereitung

Insbesondere bei großen Einfamilienhäusern wird sich die rechnerische (nicht die tatsächliche) Wirtschaftlichkeit einer nach EEWärmeG ausgelegten Anlage (Kollektorfläche = $0,04 A_N$) verschlechtern. Es ist hier, vor allem wenn auf ein Zirkulationssystem verzichtet wird, mit einer virtuellen Ertragsreduktion im Bereich von 10 % zu rechnen. Gleichzeitig steigen in diesem Fall jedoch die erzielbaren solaren Deckungsraten des Warmwasseranteils.

In diesem Zusammenhang sei an dieser Stelle auch nochmals auf die in Kapitel 1.5.3c beschriebene wahrscheinlich ungleiche jahreszeitliche Verteilung verwiesen (mutmaßlich geringerer Warmwasserverbrauch im Sommer als im Winter).

Für Gebäude, bei denen auch längerfristig offensichtlich ein gegenüber dem Standard geringerer/höherer Warmwasser-Nutzwärmebedarf zu erwarten ist, könnte im Energieausweis zumindest die Möglichkeit eines entsprechenden Vermerks gegeben werden. Dadurch könnte die derzeitige Gefahr einer systematischen Fehlinterpretation der Systeme durch unpassende Standardwerte minimiert werden. Fraglich ist jedoch, wann entsprechende „Langfristigkeit“ gegeben ist und ob diese wirklich bei der Gebäudeerrichtung prognostizierbar ist.

5. Welche Auswirkung hat die neue Rechenvorschrift auf die Bewertung der Warmwasserversorgung im Kontext des EEWärmeG?

Gemäß der Anforderungen des EEWärmeG sind die Anforderungen an neue Gebäude durch Solaranlagen erfüllt, wenn hierdurch mindestens 15 % des Gesamtenergiebedarfs für Wärme und Kälte gedeckt wird. Es wird vorausgesetzt, dass dies bei einer Größe der solarthermischen Anlage von $0,04 \times A_N$ erfüllt ist. Davon ausgehend, dass diese Anforderung auch nach 2015 nicht geändert wird, würde durch die Verschärfung der Anforderungen in 2016 der durch Solarthermie gedeckte Anteil gegenüber dem heutigen Anteil steigen. Es ist zu erwarten, dass diese Steigerung erheblich höher ist als die teilweise durch das neue Verfahren zu erwartende Minderungen. Unabhängig von der vorgeschlagenen Änderungen des Warmwasser-Nutzenergiebedarfs wird empfohlen, die gem. EEWärmeG geforderte Mindestgröße (bzw. den Deckungsanteil) der Solarthermieanlage nach 2016 nochmals zu prüfen. Eventuell kann diese angehoben werden.

4. Durchführung von Modellberechnungen zur Konkretisierung der Diskussion

Durch die Berechnungen in diesem Kapitel sollen die bereits im vorigen Kapitel diskutierten erwarteten Auswirkungen geprüft und validiert und detailliert quantifiziert werden. Dazu wurden Gebäude und Systeme ausgewählt, die zum einen besonders relevant sind und für die zum anderen besonders signifikante Abweichungen beim vorgeschlagenen neuen Verfahren erwartet werden. Die Berechnungen wurden als Vergleichsrechnungen nach beiden derzeit gültigen Rechenverfahren ausgeführt.

4.1 Geometrie Modellgebäude

Es wurden, wie zuvor beschrieben, insbesondere Gebäude ausgewählt, die entweder beim Neubau besonders häufig sind, oder bei denen bei dem neuen Verfahren signifikante Änderungen zu erwarten sind.

Bei Altbauten sind durch den in der Regel geringeren Wärmeschutz die erwarteten Auswirkungen vergleichsweise gering. Zudem gelten u.a. für Altbauten derzeit keine Anforderungen zur Erfüllung eines Anteils erneuerbarer Energien.

Als ersten Repräsentanten der in Deutschland beim Neubau verbreiteten verdichteten Bauweisen wurde eine Doppelhaushälfte (bzw. ein Reihenendhaus) ausgewählt³⁶. Zur Abbildung eines typischen Mehrfamilienhauses wurde bzgl. der Geometrie ein beidseitig angebautes Mehrfamilienhaus³⁷ ausgewählt. Weiterhin wurden, um den Einfluss der Wohnungsgrößenabhängigkeit des neuen Verfahrens darzustellen, für das Mehrfamilienhaus jeweils 3, 6 und 12 Wohneinheiten³⁸ berücksichtigt. Die geometriespezifischen Kenndaten der Gebäude sind in der folgenden Tabelle 15 dargestellt.

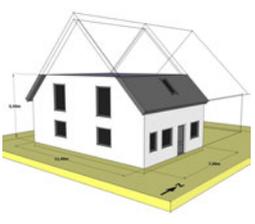
³⁶ „DHH_süd“, [Klauß et al. 2010]

³⁷ „MFH_klein“, [Klauß et al. 2010],

6 Wohneinheiten: 79 m² Gebäudenutzfläche je Wohneinheit

³⁸ „MFH_klein“, [Klauß et al. 2010], 3 Wohneinheiten: 158 m² Gebäudenutzfläche je Wohneinheit, 6 Wohneinheiten: 79 m² Gebäudenutzfläche je Wohneinheit; 12 Wohneinheiten: 40 m² Gebäudenutzfläche je Wohneinheit

Tabelle 15. Geometriespezifische Kenndaten der ausgewählten Modellgebäude

Modellgebäude	Außenbauteil	Fläche ³⁹ [m ²]	A/V ⁴⁰ [m ⁻¹]	Bezugs- flächen [m ²]	Fensterflä- chen-anteil ⁴¹ [%]
Doppelhaushälfte  Ansicht Südost	Fassade Nord	0	0,61	A _N = 165 A _{NGF} = 152 A _{Wohn} = 138	8
	Fassade West	30			
	Fassade Süd	71			
	Fassade Ost	30			
	Dach / OG-Decke	100			
	Unt. Abschluss	86			
	Fenster	22			
Mehrfamilienhaus  Ansicht Südost	Fassade Nord	14	0,42	A _N = 474 A _{NGF} = 434 A _{Wohn} = 395	15
	Fassade West	120			
	Fassade Süd	14			
	Fassade Ost	120			
	Dach	189			
	Unt. Abschluss	189			
	Fenster	96			

Im folgenden Kapitel werden die Varianten der Modellrechnung dargelegt.

³⁹ Die bezifferte Fläche umfasst Fassadenflächen einschließlich Fenster.

⁴⁰ Darstellung des Verhältnisses von Oberfläche (A) zu Volumen (V) als Maß für die Kompaktheit eines Gebäudes.

⁴¹ Flächenanteil bezogen auf die Außenbauteilfläche.

4.2 Varianten der Modellrechnung

Durch die Modellberechnungen sollen insbesondere die folgenden Aspekte untersucht werden:

1. Wie hoch sind die Abweichungen bei Primärenergie- und Endenergiebedarf bei Gebäuden mit **hohem Wärmeschutz**?
2. Wie verändert sich bei niedrigerem Wärmeschutz die **Einhaltung des EEWärmeG** in Bezug auf regenerative Energien (insbesondere Solarthermie)?
3. Wie sind die Auswirkungen auf Gebäude mit **Anlagen mit hohen, verbrauchsunabhängigen Verlusten** und solchen mit **Warmwassererzeugern mit hohen Anlagenaufwandszahlen** (e_p)?

Zur Klärung dieser Fragen wurden sieben Varianten (Gebäudehülle und Anlagentechnik) für die Modellrechnungen der Doppelhaushälfte entworfen, von denen sechs in abgewandelter Form auch für die Mehrfamilienhaus-Modellrechnungen Anwendung finden (s. Tabelle 16 und Tabelle 17).

Tabelle 16. Variantenbeschreibung, Modellberechnungen Doppelhaushälfte

(Da das aktuelle Anforderungsniveau „EnEV 2009“ nicht beurteilungsrelevant ist, wurde es grau schattiert dargestellt)

Nr.	Energiestandard	Warmwassersystem	Hüllqualität / Lüftung
0.	EnEV 2009 (PE Strom-Mix = 1,8)*	Gas-Brennwertkessel mit Zirkulationssystem mit Solarthermie***	AW: 0,28 W/m ² .K DA: 0,20 W/m ² .K KE: 0,35 W/m ² .K FE: 1,30 W/m ² .K EnEV Abluft
1.	EnEV 2016 (EnEV 2009, PE -25%)*	Gas-Brennwertkessel mit Zirkulationssystem mit Solarthermie	AW: 0,12 W/m ² .K DA: 0,10 W/m ² .K KE: 0,18 W/m ² .K FE: 1,00 W/m ² .K EnEV Abluft
2.	EnEV 2016	Gas-Brennwertkessel ohne Zirkulationssystem mit Solarthermie	AW: 0,15 W/m ² .K DA: 0,14 W/m ² .K KE: 0,18 W/m ² .K FE: 1,30 W/m ² .K EnEV Abluft
3.	EnEV 2016	Elektr. Durchlauferhitzer ohne Zirkulationssystem ohne Solarthermie	AW: 0,20 W/m ² .K DA: 0,14 W/m ² .K KE: 0,18 W/m ² .K FE: 1,30 W/m ² .K WRG 90%
4.	EnEV 2016	Luftwärmepumpe ohne Zirkulationssystem ohne Solarthermie	EnEV 2009-Gebäude- hülle EnEV Abluft
5.	EH 55**	Gas-Brennwertkessel ohne Zirkulationssystem mit Solarthermie	AW: 0,16 W/m ² .K DA: 0,20 W/m ² .K KE: 0,35 W/m ² .K FE: 1,00 W/m ² .K WRG 90%
6.	EH 55**	Wasserwärmepumpe ohne Zirkulationssystem ohne Solarthermie	AW: 0,16 W/m ² .K DA: 0,20 W/m ² .K KE: 0,35 W/m ² .K FE: 1,00 W/m ² .K EnEV Abluft
7.	EH 40**	Holzpelletkessel ohne Zirkulationssystem mit Solarthermie	AW: 0,12 W/m ² .K DA: 0,10 W/m ² .K KE: 0,18 W/m ² .K FE: 1,00 W/m ² .K EnEV Abluft

*) **Primärenergie**⁴²: Gemäß EnEV 2014, Anlage 1, Tabelle 1, Zeile 1.0 (Inkrafttreten am 01.05.2014) muss der Jahres-Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes ab dem 01.01.2016 mit dem Faktor **0,75** multipliziert werden.

H_{T} ⁴³: Gemäß EnEV 2014, Anlage 1, Nr. 1.2 muss H_{T} ab dem 01.01.2016 mindestens dem aus den in der EnEV 2009/2014 definierten Wärmedurchgangskoeffizienten (Anlage 1, Tabelle 1, Zeile 1.1-2) resultierenden H_{T} entsprechen.

Primärenergiefaktor Strom⁴⁴: Für alle Berechnungen wurde der ab 2016 gültige Primärenergiefaktors für den Strom-Mix von **1,8** berücksichtigt.

***) Anlehnung an die bestehenden KfW-Effizienzhauskategorien in Bezug auf die Anforderungen an die Gebäudehülle (H_{T}) bzw. an den Primärenergiebedarf (EH 55: PE = 55 % von EnEV 2014, H_{T} = 70% von EnEV 2014; EH 40: PE = 40 % von EnEV 2014, H_{T} = 55% von EnEV 2014)

****) Gemäß EnEV 2014 Anlage 1, Tabelle 1, Nr. 6 dürfen Solaranlagen mit Flachkollektor je nach verwendetem Berechnungsverfahren (DIN V 4701 bzw. DIN V 18599) unterschiedliche Größen aufweisen:

⁴² „Der nach einem der in Nummer 2.1 angegebenen Verfahren berechnete Jahres-Primärenergiebedarf des Referenzgebäudes nach den Zeilen 1.1 bis 8 ist für Neubauvorhaben ab dem 1. Januar 2016 mit dem Faktor 0,75 zu multiplizieren. § 28 bleibt unberührt.“ (EnEV 2014, Anlage 1, Tabelle 1, Zeile 1.0)

⁴³ „Ab dem 1. Januar 2016 darf der spezifische, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogene Transmissionswärmeverlust eines zu errichtenden Wohngebäudes das 1,0fache des entsprechenden Wertes des jeweiligen Referenzgebäudes nicht überschreiten. Die jeweiligen Höchstwerte der Tabelle 2 dürfen dabei nicht überschritten werden. § 28 bleibt unberührt.“ (EnEV 2014, Anlage 1, Nr. 1.2)

⁴⁴ EnEV 2014, Anlage 1, Nr. 2

DIN V 4701-10:2003-08 (Tabelle 5.1-10): $A_c = 0,09 * A_N^{0,8}$

DHH = 5,4 m² Kollektor; MFH = 12,4 m² Kollektor

DIN V 18599-8:2011-12 (Tabelle 15): $A_c = 0,095 * A_{NGF}^{0,8}$

DHH = 5,3 m² Kollektor; MFH = 12,2 m² Kollektor

Das EEWärmeG 2011 schreibt folgenden Beitrag durch solare Strahlungsenergie vor:

EEWärmeG 2011 (§5, Absatz 1): 15 % Deckungsanteil des Wärme- und Kälteenergiebedarfs

Alternativ kann auch eine Mindestkollektorfläche verwendet werden, die die obige Anforderung automatisch erfüllt:

EEWärmeG 2011 (Anlage I, Nr. 1a, aa) und bb): $A_c = 0,04 * A_N$ bzw. $0,03 * A_N$

DHH = 6,6 m² Apertur; MFH = 14,2 m² Apertur

In dieser Untersuchung wurden die jeweils ca. 15 % kleineren Standard-Kollektorflächen der DIN V 4701-10 und DIN V 18599-8 verwendet (verwendete Größen s.o.), da diese als inhärenter Teil der Normen betrachtet werden.

Bei den Modellrechnungen für die Mehrfamilienhäuser wurden bei Zentralsystemen nur Varianten mit Zirkulation betrachtet.

Tabelle 17. Variantenbeschreibung, Modellberechnungen Mehrfamilienhäuser

(Da das aktuelle Anforderungsniveau „EnEV 2009“ nicht beurteilungsrelevant ist, wurde es grau schattiert dargestellt)

Nr.	Energiestandard	Warmwassersystem	Hüllqualität / Lüftung
0.	EnEV 2009	Gas-Brennwertkessel mit Zirkulationssystem mit Solarthermie	AW: 0,28 W/m ² .K DA: 0,20 W/m ² .K KE: 0,35 W/m ² .K FE: 1,30 W/m ² .K EnEV Abluft
1.	EnEV 2016 (EnEV 2009, PE -25%)	Gas-Brennwertkessel mit Zirkulationssystem mit Solarthermie	AW: 0,14 W/m ² .K DA: 0,14 W/m ² .K KE: 0,18 W/m ² .K FE: 0,75 W/m ² .K EnEV Abluft
2.	EnEV 2016	Gas-Brennwertkessel ohne Zirkulationssystem mit Solarthermie	
3.	EnEV 2016	Elektr. Durchlauferhitzer ohne Zirkulationssystem ohne Solarthermie	AW: 0,15 W/m ² .K DA: 0,14 W/m ² .K KE: 0,18 W/m ² .K FE: 1,00 W/m ² .K WRG 90%
4.	EnEV 2016	Luftwärmepumpe mit Zirkulationssystem ohne Solarthermie	EnEV 2009-Gebäudehülle EnEV Abluft
5.	EH 55	Gas-Brennwertkessel mit Zirkulationssystem mit Solarthermie	AW: 0,18 W/m ² .K DA: 0,20 W/m ² .K KE: 0,18 W/m ² .K FE: 1,00 W/m ² .K WRG 90%
6.	EH 55	Wasserwärmepumpe mit Zirkulationssystem ohne Solarthermie	EnEV 2009-Gebäudehülle EnEV Abluft
7.	EH 40	Holzpelletkessel mit Zirkulationssystem mit Solarthermie	AW: 0,12 W/m ² .K DA: 0,14 W/m ² .K KE: 0,18 W/m ² .K FE: 1,30 W/m ² .K EnEV Abluft

Die Ergebnisse der Modellrechnungen werden im folgenden Kapitel beschrieben.

4.3 Ergebnisse der Modellrechnung

Die im vorherigen Kapitel beschriebenen Varianten wurden für die untersuchte Doppelhaushälfte und für das Mehrfamilienhaus sowohl gemäß DIN V 4108-6/4701-10 als auch gemäß DIN V 18599:2011-12 berechnet.

Für die Modellrechnungen wurde die Software „Energieberater 18599“ (Version 8.0.7) der Firma Hottgenroth Software GmbH & Co. KG verwendet (zertifiziert nach ISO 9001:2008). Dort wurden die im vorigen Kapitel beschriebenen Varianten sowohl gemäß DIN V 4108-6/4701-10 als auch gemäß DIN V 18599:2011-12 berechnet. Mit dem Ziel, vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, wurden die zuvor beschriebenen Varianten zunächst in Bezug auf Einhaltung der Anforderungswerte (Referenzgebäude) auf Basis der DIN V 4108-6/4701-10 entwickelt. Die daraus resultierenden energetisch relevanten Parameter⁴⁵ wurden ohne Neujustierung als Eingabewerte für die DIN V 18599 verwendet. Durch dieses Verfahren ist die direkte Vergleichbarkeit der Berechnungsverfahren gegeben, es kommt allerdings bei den gem. DIN V 18599 berechneten Varianten vor, dass diese teilweise nicht zu 100 % die Anforderungswerte erfüllen.

Einige ergebnisrelevante Unterschiede der bei den Modellrechnungen berücksichtigten Standard-Rahmenbedingungen sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

Tabelle 18. Ergebnisrelevante Unterschiede DIN V 4108-6/4701-10 und DIN V 18599:2011-12

Thema	DIN V 4108-6/4701-10	DIN V 18599:2011-12
Nutzenergiebedarf Warmwasser (Bezugsfläche A_N)	DHH: 12,5 kWh/m ² .a MFH: 12,5 kWh/m ² .a	DHH: 10,1 kWh/m ² .a MFH: 13,8 kWh/m ² .a
Luft-Wasser-Wärmepumpe***	HZ: e = 0,30 WW: e = 0,30	HZ: e = 0,26 * WW: e = 0,42 **
Wasser-Wasser-Wärmepumpe***	HZ: e = 0,19 WW: e = 0,23	HZ: e = 0,15 WW: e = 0,35 **

*) 20% elektrische Nachheizung nötig

**) 12,5% elektrische Nachheizung nötig

***) Die Wärmepumpenberechnung im Rechenverfahren nach 18599 der Hottgenroth Software wird aktuell überarbeitet.

Bei der Berechnung nach DIN V 4108-6/4701-10 konnte der zu verändernde Warmwasser-Nutzenergiebedarf direkt in ein Eingabefeld der Software eingesetzt werden. Da das bei der Berechnung nach DIN V 18599:2011-12 nicht möglich war, musste hier ein abweichender Ansatz gewählt werden⁴⁶.

Die Ergebnisse sind in den folgenden Tabellen dargestellt.

⁴⁵ Gem. EnEV 2014 Anlage 1, Tabelle 1, Nr. 5/6 wurden für alle Berechnungen die Leitungslängen nach DIN V 4701-10:2003-08 Tabelle 5.3-2 (Heizanlage) bzw. Tabelle 5.1-2 (Anlage zur Warmwasserbereitung) verwendet. Zudem wurde ein anderer Holzpellet-Standardkessel verwendet, um den Wirkungsgrad des Holzpelletkessels auf ein realistisches Niveau anzuheben.

⁴⁶ Dabei wurde die Nettogrundfläche – die u.a. die Berechnungsgrundlage für den Warmwasserbereich darstellt – angepasst, um die Effekte der Nutzenergiebedarfsänderung auf den Warmwasserteil zu ermitteln. Es wurde davon ausgegangen, dass sich der Heizenergiebedarf, abgesehen von den unregelmäßigen Wärmeeinträgen (Gutschriften), bei einer WW-Nutzenergiebedarfsänderung nicht ändert. Der Einfluss auf den Heizbereich, der aufgrund der unregelmäßigen Wärmeeinträge (Gutschriften) aus dem Warmwasserbereich besteht, wurde über den folgenden vereinfachten Ansatz abgeschätzt: Gutschrift 18599 = $-(1 - \text{Summe Verteil-/Speicherverluste WW 18599_neu} / \text{Summe Verteil-/Speicherverluste WW 18599_alt}) \cdot \text{Gutschrift 4701}$

Tabelle 19. Ergebnisse DIN V 4108-6/4701-10 und DIN V 18599:2011-12, Modellberechnungen Doppelhaushälfte (DHH), Bisheriger/Neu vorgeschlagener Warmwasserkennwert, hier: Vergleich des Warmwasseranteil am Gesamtenergiebedarf

Nr.	Kurzbezeichnung	DIN V 4108-6 / 4701-10					DIN V 18599:2011-12				
		Endenergie-be- darf *		Solarthermie- Anteil EEWärmeG **	Primärenergie- bedarf		Endenergie-be- darf		Solarthermie- Anteil EEWärmeG	Primärenergie- bedarf	
		[kWh/m ² .a]		[%]	[kWh/m ² .a]		[kWh/m ² .a]		[%]	[kWh/m ² .a]	
		HZ	WW	-	HZ	WW	HZ	WW	-	HZ	WW
DHH Alter Warmwasserkennwert		Nutzwärmebedarf = 12,5 kWh/m ² .a					Nutzwärmebedarf = 10,1 kWh/m ² .a				
0	EnEV2009_Referenz	41,9	14,3	19,8%	47,3	16,6	40,7	15,0	19,8%	45,8	17,5
1	EnEV2016_Gas_mZirk_mST	27,1	14,3	25,8%	30,9	16,6	27,3	15,3	25,1%	31,0	17,8
2	EnEV2016_Gas_oZirk_mST	32,9	9,0	23,3%	37,3	10,2	33,9	10,2	22,0%	38,2	11,9
3	EnEV2016_Du_oZirk_oST_90%	18,3	14,0	0,0%	21,2	25,2	22,1	12,6	0,0%	25,2	22,7
4	EnEV2016_L-WP_oZirk_oST	15,6	6,0	0,0%	28,1	10,8	21,5	9,1	0,0%	38,6	16,3
5	EH55_Gas_oZirk_mST_90%	19,9	9,0	31,6%	22,9	10,2	19,6	10,6	30,6%	22,3	12,5
6	EH55_W-WP_oZirk_oST	11,3	5,1	0,0%	20,4	9,2	11,5	9,8	0,0%	20,8	17,7
7	EH40_Pe_oZirk_mST	42,7	9,4	25,0%	13,6	2,6	36,4	7,7	21,4%	9,0	2,6
DHH Neuer Warmwasserkennwert		Nutzwärmebedarf = 8,4 kWh/m ² .a					Nutzwärmebedarf = 8,4 kWh/m ² .a				
0	EnEV2009_Referenz	41,9	10,7	19,8%	47,3	12,7	40,9	13,6	19,1%	46,0	15,9
1	EnEV2016_Gas_mZirk_mST	27,1	10,7	26,3%	30,9	12,7	27,5	13,9	24,4%	31,1	16,2
2	EnEV2016_Gas_oZirk_mST	32,9	6,0	22,6%	37,3	6,9	33,9	9,0	20,9%	38,2	10,6
3	EnEV2016_Du_oZirk_oST_90%	18,3	9,9	0,0%	21,2	17,8	22,1	10,5	0,0%	25,2	18,9
4	EnEV2016_L-WP_oZirk_oST	15,6	4,8	0,0%	28,1	8,6	21,6	8,2	0,0%	39,0	14,7
5	EH55_Gas_oZirk_mST_90%	19,9	6,0	31,6%	22,9	6,9	19,7	9,4	29,5%	22,4	11,1
6	EH55_W-WP_oZirk_oST	11,3	4,2	0,0%	20,4	7,5	11,3	9,1	0,0%	20,4	16,4
7	EH40_Pe_oZirk_mST	42,7	5,6	24,4%	13,6	1,8	36,4	6,9	20,0%	9,0	2,3

*) Endenergie inkl. Hilfsenergie

**) Deckungsanteil der Solarthermieanlage in Bezug auf den Wärme- und Kälteenergiebedarf (EEWärmeG 2011 (§5, Absatz 1) schreibt 15 % Deckungsanteil vor)

Tabelle 20. Ergebnisse DIN V 4108-6/4701-10 und DIN V 18599:2011-12, Modellberechnungen Mehrfamilienhaus (MFH) 3 WE, Bisheriger/Neu vorgeschlagener Warmwasserkennwert, hier: Vergleich des Warmwasseranteil am Gesamtenergiebedarf

Nr.	Kurzbezeichnung	DIN V 4108-6 / 4701-10					DIN V 18599:2011-12				
		Endenergie-be- darf *		Solarthermie- Anteil EEWärmeG ** [%]	Primärenergie- bedarf		Endenergie-be- darf		Solarthermie- Anteil EEWärmeG [%]	Primärenergie- bedarf	
		[kWh/m ² .a]			[kWh/m ² .a]		[kWh/m ² .a]			[kWh/m ² .a]	
HZ	WW	-	HZ	WW	HZ	WW	-	HZ	WW		
MFH Alter Warmwasserkennwert		Nutzwärmebedarf = 12,5 kWh/m ² .a					Nutzwärmebedarf = 13,8 kWh/m ² .a				
0	EnEV2009_Referenz	40,7	12,4	16,1%	45,4	14,1	37,7	14,8	18,0%	42,0	17,0
1	EnEV2016_Gas_mZirk_mST	26,8	12,4	21,1%	30,1	14,1	24,2	15,1	23,2%	27,0	17,3
2											
3	EnEV2016_Du_oZirk_oST_90%	14,8	13,5	0,0%	16,8	24,3	14,2	16,2	0,0%	16,0	29,1
4	EnEV2016_L-WP_mZirk_oST	13,6	6,7	0,0%	24,6	12,1	17,4	11,7	0,0%	31,3	21,1
5	EH55_Gas_mZirk_mST_90%	14,5	12,4	29,1%	16,5	14,1	14,7	15,4	29,1%	16,6	17,6
6	EH55_W-WP_mZirk_oST	10,7	5,7	0,0%	19,3	10,2	8,2	11,3	0,0%	14,8	20,3
7	EH40_Pe_mZirk_mST	45,3	14,7	18,9%	12,8	3,9	32,8	13,1	20,6%	7,3	3,9
MFH_3 WE Neuer Warmwasserkennwert		Nutzwärmebedarf = 8,7 kWh/m ² .a					Nutzwärmebedarf = 8,7 kWh/m ² .a				
0	EnEV2009_Referenz	40,7	9,2	16,0%	45,4	10,5	37,7	10,7	16,8%	42,0	12,4
1	EnEV2016_Gas_mZirk_mST	26,8	9,2	21,3%	30,1	10,5	24,2	10,9	22,3%	27,0	12,6
2											
3	EnEV2016_Du_oZirk_oST_90%	14,8	9,7	0,0%	16,8	17,5	14,4	10,2	0,0%	16,2	18,4
4	EnEV2016_L-WP_mZirk_oST	13,6	5,6	0,0%	24,6	10,0	17,6	9,2	0,0%	31,6	16,5
5	EH55_Gas_mZirk_mST_90%	14,5	9,2	30,4%	16,5	10,5	14,8	11,1	28,9%	16,6	12,9
6	EH55_W-WP_mZirk_oST	10,7	4,8	0,0%	19,3	8,6	8,1	9,1	0,0%	14,5	16,3
7	EH40_Pe_mZirk_mST	45,3	10,5	18,9%	12,8	3,0	33,0	9,4	19,6%	7,4	3,0

*) Endenergie inkl. Hilfsenergie

**) Deckungsanteil der Solarthermieanlage in Bezug auf den Wärme- und Kälteenergiebedarfs (EEWärmeG 2011 (§5, Absatz 1) schreibt 15 % Deckungsanteil vor)

Tabelle 21. Ergebnisse DIN V 4108-6/4701-10 und DIN V 18599:2011-12, Modellberechnungen Mehrfamilienhaus (MFH), 6 und 12 WE, Neu vorgeschlagener Warmwasserkennwert, hier: Vergleich des Warmwasseranteil am Gesamtenergiebedarf

		DIN V 4108-6 / 4701-10					DIN V 18599:2011-12				
		Endenergie-be- darf *		Solarthermie- Anteil EEWärmeG **	Primärenergie- bedarf		Endenergie-be- darf		Solarthermie- Anteil EEWärmeG	Primärenergie- bedarf	
		[kWh/m ² .a]		[%]	[kWh/m ² .a]		[kWh/m ² .a]		[%]	[kWh/m ² .a]	
Nr.	Kurzbezeichnung	HZ	WW	-	HZ	WW	HZ	WW	-	HZ	WW
MFH_6 WE		Nutzwärmebedarf = 11,8 kWh/m ² .a					Nutzwärmebedarf = 11,8 kWh/m ² .a				
Neuer Warmwasserkennwert											
0	EnEV2009_Referenz	40,7	11,8	16,1%	45,4	13,4	37,6	13,3	17,7%	42,0	15,2
1	EnEV2016_Gas_mZirk_mST	26,8	11,8	21,2%	30,1	13,4	24,1	13,5	23,0%	26,9	15,5
2											
3	EnEV2016_Du_oZirk_oST_90%	14,8	12,9	0,0%	16,8	23,1	14,3	13,9	0,0%	16,1	25,1
4	EnEV2016_L-WP_mZirk_oST	13,6	6,5	0,0%	24,6	11,7	17,6	10,8	0,0%	31,6	19,4
5	EH55_Gas_mZirk_mST_90%	14,5	11,8	29,4%	16,5	13,4	14,7	13,8	29,2%	16,5	15,8
6	EH55_W-WP_mZirk_oST	10,7	5,5	0,0%	19,3	10,0	8,1	10,5	0,0%	14,5	18,8
7	EH40_Pe_mZirk_mST	45,3	14,0	19,0%	12,8	3,7	32,9	11,6	20,4%	7,4	3,6
MFH_12 WE		Nutzwärmebedarf = 13,4 kWh/m ² .a					Nutzwärmebedarf = 13,4 kWh/m ² .a				
Neuer Warmwasserkennwert											
0	EnEV2009_Referenz	40,7	13,2	16,2%	45,4	15,0	37,6	14,6	17,9%	42,0	16,7
1	EnEV2016_Gas_mZirk_mST	26,8	13,2	21,0%	30,1	15,0	24,1	14,8	23,2%	26,9	17,0
2											
3	EnEV2016_Du_oZirk_oST_90%	14,8	14,4	0,0%	16,8	26,0	14,3	15,8	0,0%	16,0	28,4
4	EnEV2016_L-WP_mZirk_oST	13,6	7,0	0,0%	24,6	12,6	17,6	11,6	0,0%	31,6	20,8
5	EH55_Gas_mZirk_mST_90%	14,5	13,2	28,8%	16,5	15,0	14,7	15,1	29,1%	16,5	17,3
6	EH55_W-WP_mZirk_oST	10,7	5,9	0,0%	19,3	10,6	8,1	11,2	0,0%	14,5	20,1
7	EH40_Pe_mZirk_mST	45,3	15,8	18,9%	12,8	4,1	32,9	12,8	20,6%	7,3	3,9

*) Endenergie inkl. Hilfsenergie

**) Deckungsanteil der Solarthermieanlage in Bezug auf den Wärme- und Kälteenergiebedarf (EEWärmeG 2011 (§5, Absatz 1) schreibt 15 % Deckungsanteil vor)

Aus den in den Tabellen dargestellten Ergebnissen wird ersichtlich, dass die Änderungen des Solarthermieanteils gemäß EEWärmeG vergleichsweise gering sind.

Bei der Berechnung nach DIN V 4108-6/4701-10 sinken die Anteile um maximal 0,7 % (23,3 % auf 22,6 %, Variante 2) ab. Bei der Berechnung nach DIN V 18599:2011-12 entsprechend um maximal 1,4% (21,4 auf 20,0 %, Variante 7).

Beim Mehrfamilienhaus treten die größten Differenzen bei der niedrigen Belegungsdichte (3 Wohneinheiten) – allerdings mit Unterschieden bei den beiden Berechnungsverfahren – auf.

Bei der Berechnung nach DIN V 4108-6/4701-10 steigen die Anteile um bis zu 1,3 % (29,1 auf 30,4 %, Variante 5) an. Bei den höheren Belegungsdichten ergeben sich bei der Berechnung nach DIN V 4108-6/4701-10 unter Berücksichtigung des neuen Verfahrens allerdings auch sinkende Solarthermieanteile um bis zu 0,3 % (29,1 auf 28,8 %, WE_12, Variante 5). Bei der Berechnung nach DIN V 18599:2011-12 sinken die Anteile im Fall aller Belegungsdichten maximal um 1 % (20,6 auf 19,6 %, WE_3, Variante 7) ab.

Diese Unterschiede waren zu erwarten, da die Ausgangs-Nutzenergiebedarfe der Normen ebenfalls voneinander abweichen. Dementsprechend ist es logisch, dass bei der Berechnung nach DIN V 4108-6/4701-10 die Anteile für die unterschiedlichen Mehrfamilienhauskonfigurationen teilweise sinken und steigen (12,5 im Vergleich zu 8,7/11,8/13,4 kWh/m².a) und bei der Berechnung nach DIN V 18599:2011-12 ausschließlich sinken (13,75 im Vergleich zu 8,7/11,8/13,4 kWh/m².a). Insgesamt liegen jedoch, trotz der etwas kleineren berücksichtigten Kollektorflächen als die durch das EEWärmeG vorgeschlagenen (0,04 bzw. 0,03 A_N), alle Solarthermieanteile deutlich über der Minimalanforderung von 15 %. Teilweise werden bei energetisch sehr hochwertigen Bauweisen, unabhängig vom berücksichtigten Nutzenergiebedarf, sogar Werte über 30 % erreicht.

In der folgenden Tabelle 22 ist nochmals für die unterschiedlichen Gebäude eine Übersicht der sich bei den unterschiedlichen Rechenverfahren ergebenden Solarthermieanteile gem. EEWärmeG-Anteilen dargestellt.

Tabelle 22. Ergebnisse DIN V 4108-6/4701-10 und DIN V 18599:2011-12, Vergleich bisheriger mit neu vorgeschlagenem Kennwert, Solarthermie-Anteil gem. EEWärmeG für Varianten mit fossilen Wärmeerzeugern, die die Anforderungen der EnEV 2016 erfüllen

Gebäudetyp	Variante	Solarthermie-Anteil EEWärmeG* Alter Kennwert [%]	Solarthermie-Anteil EEWärmeG Neuer Kennwert [%]
DHH_4701	EnEV2016_Gas_mZirk_mST	26%	26%
DHH_4701	EnEV2016_Gas_oZirk_mST	23%	23%
MFH_4701_3WE	EnEV2016_Gas_mZirk_mST	21%	21%
MFH_4701_6WE	EnEV2016_Gas_mZirk_mST	21%	21%
MFH_4701_12WE	EnEV2016_Gas_mZirk_mST	21%	21%
DHH_18599	EnEV2016_Gas_mZirk_mST	25%	24%
DHH_18599	EnEV2016_Gas_oZirk_mST	22%	21%
MFH_18599_3WE	EnEV2016_Gas_mZirk_mST	23%	22%
MFH_18599_6WE	EnEV2016_Gas_mZirk_mST	23%	23%
MFH_18599_12WE	EnEV2016_Gas_mZirk_mST	23%	23%

*) Deckungsanteil der Solarthermieanlage in Bezug auf den Wärme- und Kälteenergiebedarf (EEWärmeG 2011 (§5, Absatz 1) schreibt 15 % Deckungsanteil vor)

Eine Anpassung des EEWärmeG erscheint vor diesem Hintergrund nicht notwendig. Allerdings könnte über eine Anhebung des minimalen Deckungsanteils auf 20 % nachgedacht werden.

Ähnliches wie bereits für den Solarthermieanteil in Bezug auf den (Gesamt-)Wärmebedarf gilt auch für den Anteil des Warmwassers am (Gesamt-)Wärmebedarf. Die Anteile sind im Wesentlichen abhängig von der gewählten Systemkonfiguration und bewegen sich dabei in einem Bereich von um die 15 % bei manchen Konfigurationen mit Solarthermieanlage und bei ca. 50 % für dezentrale elektrische Durchlauferhitzer. Unter Berücksichtigung des neuen Verfahrens käme es in den meisten Fällen zu einem Absinken des Warmwasseranteils am Gesamtenergiebedarf.

Tabelle 23. Ergebnisse DIN V 4108-6/4701-10, Vergleich bisheriger mit neu vorgeschlagenem Kennwert, Gebäudetyp: Doppelhaushälfte, Anteile Warmwasser

Variante	Primär-energie-bedarf Heizen (exkl. Gutschrift) [kWh/m².a]	Primär-energie-bedarf Warmwasser (inkl. Gutschrift) Alter Kennwert [kWh/m².a]	Primär-energie-bedarf Warmwasser (inkl. Gutschrift) Neuer Kennwert [kWh/m².a]	Anteil Warmwasser Alter Kennwert [%]	Anteil Warmwasser Neuer Kennwert [%]
EnEV2009_Referenz	52,7	11,2	7,3	18%	12%
EnEV2016_Gas_mZirk_mST	36,3	11,2	7,3	24%	17%
EnEV2016_Gas_oZirk_mST	40,1	7,4	4,1	16%	9%
EnEV2016_Du_oZirk_oST_90%	22,4	24,0	16,6	52%	43%
EnEV2016_LWP_oZirk_oST	29,9	9,1	6,9	23%	19%
EH55_Gas_oZirk_mST_90%	25,7	7,4	4,1	22%	14%
EH55_W-WP_oZirk_oST	21,5	8,1	6,4	27%	23%
EH40_Pe_oZirk_mST	14,3	1,8	1,1	11%	7%
PH_Gas_oZirk_mST *	21,8	7,4	4,1	25%	16%
PH_Du_oZirk_oST *	20,2	24,0	16,6	54%	45%

*) Die Passivhausvarianten wurden vereinfacht mit einem Heizwärmebedarf von 15 kWh/m².a und die Verteil- und Speicherverluste sowie die Primärenergiebedarfe Warmwasser (inkl. Gutschrift) von den korrespondierenden Varianten „EnEV2016_Gas_oZirk_mST“ und „EnEV2016_Du_oZirk_oST_90%“ übernommen.

Neben dem Warmwasseranteil sinkt jedoch vor allem, wie in Tabelle 24 und Tabelle 25 dargestellt, auch der Gesamtenergiebedarf insgesamt. Je nach Wohneinheitsgröße, Systemkonfiguration und Rechenverfahren bewegt sich die erwartete Änderung in einem Bereich zwischen +2 % (Variante 1: MFH 12 WE nach DIN V 4701) und -15 % (Variante 3: DHH elektrische Durchlauferhitzer).

Tabelle 24. Ergebnisse DIN V 4108-6/4701-10 und DIN V 18599:2011-12, Vergleich bisheriger mit neu vorgeschlagenem Kennwert, hier: Gesamt-Primärenergiebedarf von Variante 1 (EnEV2016_Gas_mZirk_mST), Abweichungen unterschiedlicher Wohneinheitengrößen

Gebäudetyp	Alter Warmwasserkennwert [kWh/m ² .a]	Neuer Warmwasserkennwert [kWh/m ² .a]	Primär-energiebedarf Gesamt Alter Kennwert [kWh/m ² .a]	Primär-energiebedarf Gesamt Neuer Kennwert [kWh/m ² .a]	Abweichung [kWh/m ² .a]	Abweichung [%]
DHH_4701	12,5	8,4	49,5	45,6	-3,9	-8%
MFH_4701_3WE	12,5	8,7	46,2	42,6	-3,6	-8%
MFH_4701_6WE	12,5	11,8	46,2	45,5	-0,7	-1%
MFH_4701_12WE	12,5	13,4	46,2	47,1	0,9	2%
DHH_18599	10,1	8,4	49,6	48,1	-1,4	-3%
MFH_18599_3WE	13,8	8,7	45,1	40,3	-4,8	-11%
MFH_18599_6WE	13,8	11,8	45,1	43,2	-1,9	-4%
MFH_18599_12WE	13,8	13,4	45,1	44,6	-0,4	-1%

Tabelle 25. Ergebnisse DIN V 4108-6/4701-10, Vergleich bisheriger mit neu vorgeschlagenem Kennwert, hier: Gesamt-Primärenergiebedarf, Gebäudetyp: Doppelhaushälfte, Abweichungen unterschiedlicher Warmwassererzeugersysteme

Variante	Primär-energiebedarf Gesamt Alter Kennwert [kWh/m ² .a]	Primär-energiebedarf Gesamt Neuer Kennwert [kWh/m ² .a]	Abweichung [kWh/m ² .a]	Abweichung [%]
EnEV2016_Gas_mZirk_mST	49,5	45,6	-3,9	-8%
EnEV2016_Gas_oZirk_mST	49,5	46,2	-3,3	-7%
EnEV2016_Du_oZirk_oST_90%	49,4	42,0	-7,4	-15%
EnEV2016_L-WP_oZirk_oST	38,9	36,6	-2,3	-6%

Für die Doppelhaushälfte, bei der sich unter Berücksichtigung des Rechenverfahrens nach DIN V 4108-6/4701-10 die größten Abweichungen ergeben, wurden in Tabelle 26 die sich ergebenden Änderungen des Endenergiebedarfs bei verschiedenen Gebäudequalitäten dargestellt. Die Abweichungen entsprechen im Wesentlichen denen des Primärenergiebedarfs, wie in den vorherigen Tabellen dargestellt. Darüber hinaus wird jedoch ersichtlich, dass der Betrag der Abweichungen bei zunehmender thermischer Gebäudequalität im Mittel ansteigt (vgl. z.B. EnEV2016_Gas_oZirk_mST: -7%; EH55_Gas_oZirk_mST_90%: -10%).

Tabelle 26. Ergebnisse DIN V 4108-6/4701-10, Vergleich bisheriger mit neu vorgeschlagenem Kennwert, Gebäudetyp: Doppelhaushälfte, Endenergiebedarf

Variante	Endenergiebedarf Heizen und Warmwasser Alter Kennwert [kWh/m ² .a]	Endenergiebedarf Heizen und Warmwasser Neuer Kennwert [kWh/m ² .a]	Abweichung [%]
EnEV2016_Gas_mZirk_mST	41,4	37,9	-9%
EnEV2016_Gas_oZirk_mST	41,9	38,9	-7%
EnEV2016_Du_oZirk_oST_90%	32,3	28,2	-13%
EnEV2016_LWP_oZirk_oST	21,6	20,4	-6%
EH55_Gas_oZirk_mST_90%	28,9	25,9	-10%
EH55_W-WP_oZirk_oST	16,4	15,5	-6%
EH40_Pe_oZirk_mST	52,1	48,3	-7%
PH_Gas_oZirk_mST	24,2	21,3	-12%
PH_Du_oZirk_oST	30,8	26,7	-13%

Tabelle 27 werden am Beispiel der Doppelhaushälfte die gemäß DIN V 4108-6/4701-10 berechneten Warmwasser-Kennwerte unterschiedlicher Systeme miteinander verglichen. Es fällt auf, dass die Verluste bei einem Zirkulationssystem, bereits nach dem aktuellen Verfahren, in einer ähnlichen Größenordnung wie der Nutzwärmebedarf liegen. Unter Berücksichtigung der vorgeschlagenen Neuerung würden für die betrachtete Doppelhaushälfte die Verluste des Zirkulationssystems den neuen reduzierten Nutzenenergiebedarf sogar noch übersteigen. Der Einfluss der Systemauswahl auf die Erzeugernutzwärme ist groß und führt zu einer Bandbreite der resultierenden Erzeugernutzwärmewerte zwischen 6,6 kWh/m²a und 23,7 kWh/m²a. Unter Berücksichtigung des neuen Verfahrens sinkt diese bei der betrachteten Doppelhaushälfte auf Werte zwischen 3,7 kWh/m²a und 19,6 kWh/m²a ab. Die Differenz zwischen aktuellem und neuem Verfahren entspricht bei Systemen ohne Solarthermie der Differenz der Nutzwärmebedarfe, im betrachteten Fall 4,1 kWh/m²a. Mit einer solarthermischen Anlage reduziert sich die Differenz auf 2,8 kWh/m²a ohne Zirkulationssystem bzw. 3,3 kWh/m²a mit Zirkulationssystem, d.h. auf etwa $\frac{3}{4}$ der Nutzwärmedifferenzen. Da bei der Berechnung gem. DIN V 4108-6/4701-10 die Verluste unabhängig vom Nutzenergiebedarf sind⁴⁷, bleibt auch die Gutschrift verfahrensunabhängig unverändert.

Sollte eine Quantifizierung der Differenz zwischen bestehendem und vorgeschlagenem neuen Verfahren gewünscht werden, so wäre dies ohne großen Rechenaufwand möglich: Die sich ergebenden Differenzen beim (Gesamt-) Primärenergiebedarf zwischen aktuellem und neuem vorgeschlagenem Verfahren ließen sich also überschlägig aus der Differenz des Nutzenergiebedarfs, multipliziert mit der primärenergetischen Erzeugeraufwandszahl (ep) des Warmwassersystems errechnen. Bei einer solarthermischen Anlage wäre ggf. noch ein entsprechender Abschlag, z.B. 25 %, zu berücksichtigen.

⁴⁷ Beim Rechenverfahren ergibt sich eine geringfügige Abhängigkeit der Verluste vom Nutzenergiebedarf.

Tabelle 27. Ergebnisse DIN V 4108-6/4701-10, Vergleich aktueller mit neu vorgeschlagenem Kennwert, Gebäudetyp: Doppelhaushälfte, Hier: Detailvergleich Kennwerte Warmwasser unterschiedlicher Erzeugersysteme

Variante	Verfahren	Nutzwärmebedarf Warmwasser [kWh/m ² .a]	Verluste Warmwasser [kWh/m ² .a]	Anteil Solarthermie an Erzeuger- nutzwärme Warmwasser [%]	Erzeuger- nutz- wärme Warm- wasser exkl. So- larthermie [kWh/ m ² .a]	Gutschrift Warm- wasser für Heizwär- mebedarf [kWh/ m ² .a]
EnEV2016_Gas_mZirk_mST	aktuell	12,5	11,2	54%	10,8	-5,1
EnEV2016_Gas_oZirk_mST	aktuell	12,5	5,9	64%	6,6	-2,6
EnEV2016_Gas_mZirk_oST	aktuell	12,5	11,2	0%	23,7	-5,1
EnEV2016_Gas_oZirk_oST	aktuell	12,5	5,9	0%	18,4	-2,6
EnEV2016_Du_oZirk_oST_90%	aktuell	12,5	1,5	0%	14,0	-0,7
EnEV2016_Gas_mZirk_mST	neu	8,4	11,2	62%	7,5	-5,1
EnEV2016_Gas_oZirk_mST	neu	8,4	5,9	74%	3,7	-2,6
EnEV2016_Gas_mZirk_oST	neu	8,4	11,2	0%	19,6	-5,1
EnEV2016_Gas_oZirk_oST	neu	8,4	5,9	0%	14,3	-2,6
EnEV2016_Du_oZirk_oST_90%	neu	8,4	1,5	0%	9,9	-0,7
EnEV2016_Gas_mZirk_mST	aktuell -neu	-4,1	0,0	7%	-3,3	0,0
EnEV2016_Gas_oZirk_mST	aktuell -neu	-4,1	0,0	9%	-2,8	0,0
EnEV2016_Gas_mZirk_oST	aktuell -neu	-4,1	0,0	0%	-4,1	0,0
EnEV2016_Gas_oZirk_oST	aktuell -neu	-4,1	0,0	0%	-4,1	0,0
EnEV2016_Du_oZirk_oST_90%	aktuell -neu	-4,1	0,0	0%	-4,1	0,0
EnEV2016_Gas_mZirk_mST	aktuell -neu	-33%	0%	14%	-31%	0%
EnEV2016_Gas_oZirk_mST	aktuell -neu	-33%	0%	15%	-43%	0%
EnEV2016_Gas_mZirk_oST	aktuell -neu	-33%	0%	0%	-17%	0%
EnEV2016_Gas_oZirk_oST	aktuell -neu	-33%	0%	0%	-22%	0%
EnEV2016_Du_oZirk_oST_90%	aktuell -neu	-33%	0%	0%	-29%	0%

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass Auswirkungen des neuen Verfahrens begrenzt wären und es bei einer Implementierung, wie dargestellt, möglich wäre, alle wesentlichen Strukturen grundsätzlich beizubehalten.

5. Erarbeitung eines Anpassungsvorschlags für die künftige EnEV

Im vorliegenden Kapitel wird unter Berücksichtigung der im Rahmen der Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse ein Konzeptvorschlag für eine mögliche Implementierung des neuen Verfahrens zur Bestimmung des Nutzenergiebedarfs für Warmwasser in die EnEV unterbreitet. Eine entsprechende Anpassung des EEWärmeG wird, wie im vorherigen Kapitel dargestellt, für nicht notwendig erachtet.

5.1 Ausgangslage

In der aktuellen EnEV 2014 wird die Berücksichtigung des Warmwasserbedarfs in Wohngebäuden in **Anlage 1, Nr. 2.2** beschrieben:

2.2 Berücksichtigung der Warmwasserbereitung

Bei Wohngebäuden ist der Energiebedarf für Warmwasser in der Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs wie folgt zu berücksichtigen:

- a) Bei der Berechnung gemäß Nr. 2.1.1 ist der Nutzenergiebedarf für Warmwasser nach Tabelle 4 der DIN V 18599-10: 2011-12 anzusetzen.*
- b) Bei der Berechnung gemäß Nr. 2.1.2 ist der Nutzwärmebedarf für die Warmwasserbereitung Q_w im Sinne von DIN V 4701-10: 2003-08 mit $12,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ anzusetzen.*

Dementsprechend ist der Nutzenergiebedarf Warmwasser jeweils vom gewählten Berechnungsverfahren abhängig und beträgt entsprechend der DIN V 4701-10: 2003-08 immer **12,5 kWh/m²An.a.** Bei der Berechnung nach DIN V 18599-10: 2011-12 muss zwischen einem Kennwert für Einfamilienhäuser (**11 kWh/m²ANGF.a**) und Mehrfamilienhäuser (**15 kWh/m²ANGF.a**) unterschieden werden.

Die Seite 2 des aktuellen Energiebedarfsausweis für Wohngebäude (EnEV Anlage 6 (Muster Energieausweis Wohngebäude)), auf der die energetischen Kennwerte genannt werden sollen, hat das folgende Erscheinungsbild:

ENERGIEAUSWEIS für Wohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. der Energieeinsparverordnung (EnEV) vom 1

Berechneter Energiebedarf des Gebäudes

Registriernummer ²

(oder: „Registriernummer wurde beantragt am...“)

2

Energiebedarf

CO₂-Emissionen ³ kg/(m²·a)

Endenergiebedarf dieses Gebäudes

kWh/(m²·a)

Primärenergiebedarf dieses Gebäudes

kWh/(m²·a)

Anforderungen gemäß EnEV ⁴

<p>Primärenergiebedarf</p> <p>Ist-Wert <input type="text"/> kWh/(m²·a) Anforderungswert <input type="text"/> kWh/(m²·a)</p> <p>Energetische Qualität der Gebäudehülle H_t'</p> <p>Ist-Wert <input type="text"/> W/(m²·K) Anforderungswert <input type="text"/> W/(m²·K)</p> <p>Sommerlicher Wärmeschutz (bei Neubau) <input type="checkbox"/> eingehalten</p>	<p>Für Energiebedarfsberechnungen verwendetes Verfahren</p> <p><input type="checkbox"/> Verfahren nach DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10</p> <p><input type="checkbox"/> Verfahren nach DIN V 18599</p> <p><input type="checkbox"/> Regelung nach § 3 Absatz 5 EnEV</p> <p><input type="checkbox"/> Vereinfachungen nach § 9 Absatz 2 EnEV</p>
---	--

Endenergiebedarf dieses Gebäudes

[Pflichtangabe in Immobilienanzeigen]

kWh/(m²·a)

Angaben zum EEWärmeG ⁵

Nutzung erneuerbarer Energien zur Deckung des Wärme- und Kältebedarfs auf Grund des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG)

Art:		Deckungsanteil:	
			%
			%
			%

Ersatzmaßnahmen ⁶

Die Anforderungen des EEWärmeG werden durch die Ersatzmaßnahme nach § 7 Absatz 1 Nummer 2 EEWärmeG erfüllt.

Die nach § 7 Absatz 1 Nummer 2 EEWärmeG verschärfen Anforderungswerte der EnEV sind eingehalten.

Die in Verbindung mit § 8 EEWärmeG um % verschärfen Anforderungswerte der EnEV sind eingehalten.

Verschärfte Anforderungswerte

Primärenergiebedarf: kWh/(m²·a)

Verschärfte Anforderungswerte für die energetische Qualität der Gebäudehülle H_t': W/(m²·K)

Vergleichswerte Endenergie

7

Erläuterungen zum Berechnungsverfahren

Die Energieeinsparverordnung lässt für die Berechnung des Energiebedarfs unterschiedliche Verfahren zu, die im Einzelfall zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können. Insbesondere wegen standardisierter Randbedingungen erlauben die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch. Die ausgewiesenen Bedarfswerte der Skala sind spezifische Werte nach der EnEV pro Quadratmeter Gebäudenutzfläche (A₀), die im Allgemeinen größer ist als die Wohnfläche des Gebäudes.

¹ siehe Fußnote 1 auf Seite 1 des Energieausweises ² siehe Fußnote 2 auf Seite 1 des Energieausweises ³ freiwillige Angabe

⁴ nur bei Neubau sowie bei Modernisierung im Fall des § 16 Absatz 1 Satz 3 EnEV ⁵ nur bei Neubau

⁶ nur bei Neubau im Fall der Anwendung von § 7 Absatz 1 Nummer 2 EEWärmeG ⁷ EFH: Einfamilienhaus, MFH: Mehrfamilienhaus

Abbildung 34: Muster von Seite 2 des aktuellen Energiebedarfsausweises

Erarbeitung eines Anpassungsvorschlags für die künftige EnEV

BBSR-Online-Publikation Nr. 17/2017

5.2 Anpassungsvorschlag

Zur Umsetzung des neuen Verfahrens zur Bestimmung des Warmwasser-Nutzenergiebedarfs wird vorgeschlagen, die genannte Textpassage in **EnEV Anlage 1, Nr. 2.2** wie folgt anzupassen:

2.2 Berücksichtigung der Warmwasserbereitung

Bei Wohngebäuden ist der Nutzenergiebedarf für Warmwasser in der Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs wie folgt zu berücksichtigen:

a) Bei der Berechnung gemäß Nr. 2.1.2 ist der Nutzwärmebedarf für die Warmwasserbereitung q_{tw} , abweichend zu DIN V 4701-10: 2003-08, wie folgt anzusetzen:

$$q_{tw} = \left\{ 15 - \left(A_{N,WE,m} \cdot 0,04 \frac{1}{m^2} \right) \right\} \frac{kWh}{m^2 \cdot a}$$

mit

q_{tw} : nutzflächenbezogener Trinkwarmwasserwärmebedarf, kWh/(m²·a)

$A_{N,WE,m}$: mittlere Nutzfläche der Wohneinheiten des Gebäudes (= A_N / n_{WE}

mit n_{WE} : Anzahl der Wohneinheiten des Gebäudes), m²

Nebenbedingung: $q_{tw} \geq 7 \frac{kWh}{m^2 \cdot a}$

b) Bei der Berechnung gemäß Nr. 2.1.1 ist der Nutzenergiebedarf für Warmwasser $q_{w,b}$, abweichend von Tabelle 4 der DIN V 18599-10: 2011-12, wie folgt anzusetzen:

$$q_{w,b} = q_{tw} \cdot \frac{A_N}{A_{NGF}}$$

mit

$q_{w,b}$: nettogrundflächenbezogener Trinkwarmwasserwärmebedarf, kWh/(m²·a)

q_{tw} : nutzflächenbezogener Trinkwarmwasserwärmebedarf gemäß a), kWh/(m²·a)

A_N : Gebäudenutzfläche, m²

A_{NGF} : Nettogrundfläche des Gebäudes, m²

Dementsprechend würde der Nutzenergiebedarf für Warmwasser unabhängig vom angewandten Rechenverfahren werden.

Alternativ wäre es auch denkbar, die Verweise unverändert zu lassen und die Änderungen in den entsprechenden Normen DIN V 18599-10: 2011-12 und DIN V 4701-10: 2003-08 vorzunehmen. Weitere Anpassungen, z.B. bei der Bandtachoeinstufung des End- und Primärenergiebedarfs des Gebäudes, halten wir aufgrund der erwarteten geringen durchschnittlichen Absenkung im Bereich von ca. 5 % (max. 15 %, vgl. Primärenergiebedarf der untersuchten Doppelhaushälfte mit Durchlauferhitzern) derzeit für nicht erforderlich.

In den Erläuterungen (Seite 5) des Energieausweises sollte bezüglich der Vergleichbarkeit mit bestehenden Energieausweisen darauf hingewiesen werden, dass bei dem neuen Verfahren ein geänderter Nutzenergiebedarf für Warmwasser vorausgesetzt wird, der zu leichten Abweichungen der

Energiekennwerte führt, die für Neubauten, die den Anforderungen der aktuellen EnEV entsprechen, durchschnittlich ca. 5 % unter den nach bisherigen Verfahren berechneten Werten liegen. Sollten die energetischen Anforderungen in Zukunft weiter signifikant verschärft werden, sollte auch unabhängig vom möglichen neuen Verfahren zur Bestimmung des Nutzenergiebedarfs für Warmwasser eine Anpassung der BandtachoEinstufung des End- und Primärenergiebedarfs in Erwägung gezogen werden.

Da der Energiebedarf für Warmwasser, wie dargestellt, bereits heute schon einen sehr signifikanten Anteil am Gesamtenergiebedarf haben kann, schlagen wir vor, dies durch eine entsprechende Kennzeichnung auf dem Energieausweis zu honorieren.

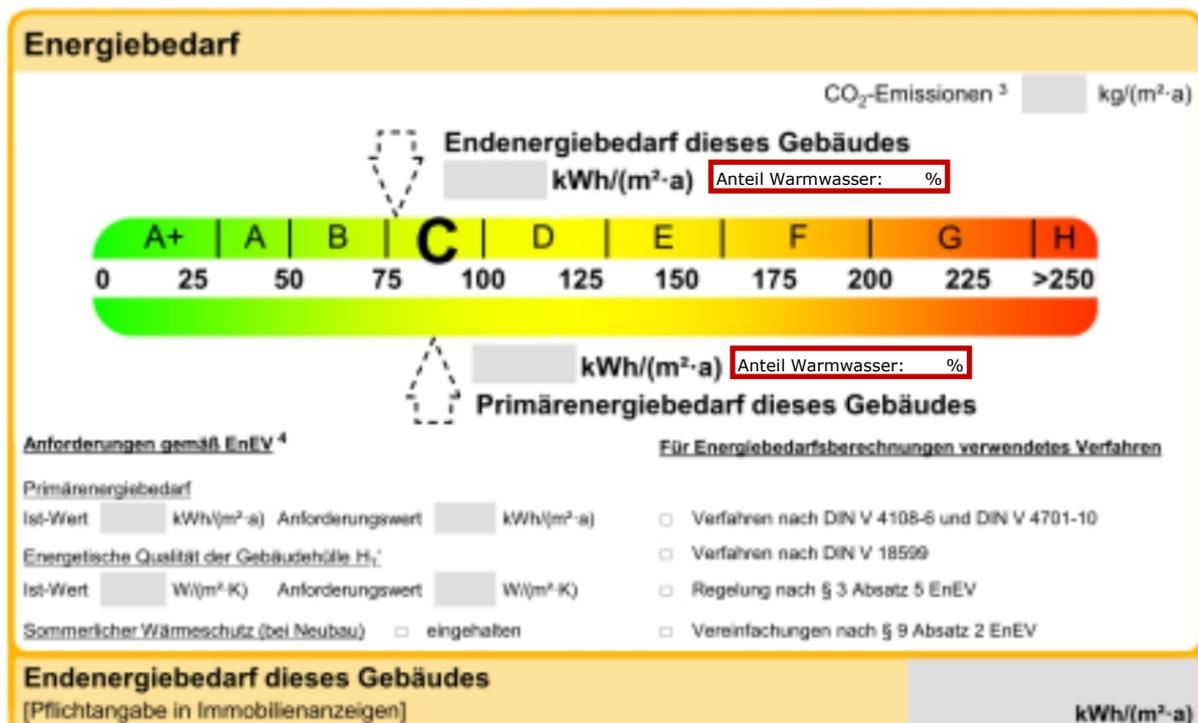


Abbildung 35: Vorschlag zur Anpassung von Seite 2 des aktuellen Energiebedarfsausweises, Änderungsvorschlag durch roten Rahmen hervorgehoben

Da sich durch das neue Verfahren die Anteile erneuerbarer Energien bei solarthermischen Anlagen zur Unterstützung der Warmwasserbereitung nach EEWärmeG nicht wesentlich verändern, sind diesbezüglich keine Anpassungen erforderlich.

Abschließende Anmerkungen:

Zum einen wegen des geringeren Nutzenergiebedarfs für Warmwasser aber auch vor dem Hintergrund der allgemein verschärften energetischen Anforderungen halten wir es nicht mehr für zeitgemäß, für neue Einfamilienhäuser ein Zirkulationssystem als Referenzsystem vorauszusetzen. In energieoptimierten Einfamilienhäusern werden die Zapfstellen in der Nähe der Wärmeerzeuger angeordnet, so dass in der Regel auch ohne signifikante Komforteinbußen auf ein Zirkulationssystem verzichtet werden kann.

Um Softwareherstellern ausreichend Zeit für die Implementierung der vorgeschlagenen Anpassung zu geben, sollte ggf. die Bekanntgabe der geplanten Umsetzung des vorgeschlagenen neuen Verfahrens in einem angemessenen Zeitraum vor Inkrafttreten der Anpassung erfolgen.

Literaturverzeichnis

ages 2007. Verbrauchskennwerte 2005 Energie- und Wasserverbrauchskennwerte in der Bundesrepublik Deutschland. 2007

http://ages-gmbh.de/index.php?option=com_content&task=blogsection&id=7&Itemid=38 (Zugriff: 26.02.2014)

BBSR 07/2009. Entwicklung eines Normteils zur DIN V 18599 für Wohngebäude und Beurteilung energetischer Anforderungen an Wohngebäude in Zusammenhang mit Fortschreibung der EnEV

<http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BBSROnline/2009/ON072009.html?nn=395966> (Zugriff: 26.02.2014)

Brillinger et al. 2009. Warmwasserbereitung und -verteilung bei Niedrigenergiesanierungen im Wohnungsbau. ME-Consult GmbH. 2009

Brunata-Metrona 2010. Universelle Energiekennzahlen für Deutschland – Teil 3: Spezifischer Energieverbrauch für zentrale Warmwasserbereitung und Relation zum Heizenergieverbrauch. Bauphysik 32 (2010), Heft 3. 2010

Datenbasis Gebäudebestand 2010. Datenerhebung zur energetischen Qualität und zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand. 2010

http://datenbasis.iwu.de/dl/Endbericht_Datenbasis.pdf (Zugriff: 26.02.2014)

DIN 4753-1-3:2011. DIN 4753 Teil 1-3 - Zentrale Wassererwärmungsanlagen. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. 2011

DIN EN 806-2:2005. DIN EN 806-2:2005 - Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen – Teil 2: Planung. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. 2005

DIN EN 15316-3-1:2008. DIN EN 15316-3-1:2008 - Heizungsanlagen in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Energieanforderungen und Nutzungsgrade der Anlagen – Teil 3-1: Trinkwassererwärmung, Charakterisierung des Bedarfs (Zapfprogramm). DIN Deutsches Institut für Normung e. V. 2008

DIN EN 15316-3-2:2007. DIN EN 15316-3-2:2007 - Heizungsanlagen in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Energieanforderungen und Nutzungsgrade der Anlagen – Teil 3-2: Trinkwassererwärmung, Verteilung. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. 2007

DIN EN 15316-3-3:2007. DIN EN 15316-3-3:2007 - Heizungsanlagen in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Energieanforderungen und Nutzungsgrade der Anlagen – Teil 3-3: Trinkwassererwärmung, Erzeugung. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. 2007

DIN EN 15450:2007. DIN EN 15450:2007 - Heizungsanlagen in Gebäuden – Planung von Heizungsanlagen mit Wärmepumpen. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. 2007

DIN EN 60379:2004. DIN EN 60379:2004 - Verfahren zum Messen der Gebrauchseigenschaften von elektrischen Warmwasserspeichern für den Hausgebrauch. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. 2004

DIN V 4108-6:2000. DIN V 4108-6:2000 - Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. 2000

DIN V 4701-10:2003-08. DIN V 4701-10:2003-08 - Energetische Bewertung heiz- und raumlufttechnischer Anlagen Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. 2003

DIN V 18599-8:2011-12. DIN V 18599-8:2011-12 - Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teil 8: Nutz- und Endenergiebedarf von Warmwasserbereitungssystemen. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. 2011

FfE 2012. Reduzierung von Energieverbrauch und CO₂-Emissionen durch dezentrale elektrische Warmwasserversorgung.
<http://www.waerme-plus.de/d/studie-elektronische-durchlauferhitzer.pdf> (Zugriff: 26.02.2014)

Fritsch et al. 2010. Mutschmann/ Stimmelmayer Taschenbuch der Wasserversorgung. 2010

Heinz et al. 2013. Wärmerückgewinnung aus Abwasser im Niedrigenergie- und Passivhaus: Potenzial und Konzepte in Kombination mit Solarthermie und Wärmepumpe. 2013
http://www.hausderzukunft.at/hdz_pdf/berichte/endbericht_1303_waermerueckgewinnung_aus_abwasser.pdf (Zugriff: 26.02.2014)

HeizAnIV. Heizungsanlagen-Verordnung (HeizAnIV) - Verordnung über energiesparende Anforderungen an heiztechnische Anlagen und Brauchwasseranlagen

IKZ 2000. Der Nutzenergiebedarf für die Trinkwassererwärmung und der Energieaufwand für die Nutzenübergabe. IKZ-Haustechnik, Ausgabe 3/2000, S. 22 ff. 2000

Jagnow et al. 2002. Qualifikation zum/r Energieberater/in TGA, Kennwerte – Wasserverbrauch
https://www.energieberaterkurs.de/export/sites/default/de/Dateien_Kennwerte/kennwerte_wasserverbrauch.pdf (Zugriff: 26.02.2014)

Klauß et al. 2010. Entwicklung einer Datenbank mit Modellgebäuden für energiebezogene Untersuchungen, insbesondere der Wirtschaftlichkeit. Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e.V. (ZUB). Kassel, 2010.
http://www.bbsr.bund.de/cln_032/nn_117864/BBSR/DE/FP/ZB/Auftragsforschung/5EnergieKlimaBauen/2010/DatenbankModellgebäude/04_veroeffentlichungen.html (Zugriff: 19.12.2012)

Quack, Brommer 2011. PROSA - Energie- und wassersparende Hand- und Kopfbrausen, Entwicklung der Vergabekriterien für ein klimaschutzbezogenes Umweltzeichen. Öko-Institut e.V. 2011
<http://www.oeko.de/oekodoc/1427/2011-504-de.pdf> (Zugriff: 26.02.2014)

Schübler. Qualifikation zum/r Energieberater/in TGA, Kennwerte – Wasserverbrauch
https://www.energieberaterkurs.de/export/sites/default/de/Dateien_Kennwerte/kennwerte_wasserverbrauch.pdf (Zugriff: 26.02.2014)

Solarcity Linz 2010. Endbericht - Ergebnisse Energiebilanz und Treibhausgasemissionen – Forschungsprojekt Evaluation der Solarcity Linz Pichling. 2010

Techem 2010. Energiekennwerte - Hilfen für den Wohnungswirt, Ausgabe 2010. Techem Energy Services GmbH. 2010.

Techem 2012. Energiekennwerte - Hilfen für den Wohnungswirt, Ausgabe 2012. Techem Energy Services GmbH. 2012.

Testhäuser Zürich 1984. Wohnkolonie Limmatstrasse, Zürich: Ergebnisse der energetischen Sanierung: Raum-lufttemperaturen und Wärmeverbrauch der drei Testhäuser. 1984

VDI 2067-12:2000. VDI 2067-12:2000 - Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen, Nutzenergiebedarf für die Trinkwassererwärmung. VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V. 2000

VDI 2067-22:2011. VDI 2067-22:2011 - Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen, Energieaufwand der Nutzenübergabe bei Anlagen zur Trinkwassererwärmung. VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V. 2011

VDI 3807-1-5:2013. VDI 3807-1-5:2013 - Energieverbrauchskennwerte für Gebäude Grundlagen VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V. 2013

VDI 4650-1:2009. VDI 4650-1:2009 - Kurzverfahren zur Berechnung der Jahresarbeitszahl von Wärmepumpenanlagen

Wolff. Berechnungsgang der EnEV, DIN V 4701 Teil 10 und DIN V 4108 Teil 6 und die Konsequenzen.

http://www.delta-q.de/export/sites/default/de/downloads/phi_vortrag.pdf (Zugriff: 26.02.2014)

Anhang

Die folgenden Auflistungen zeigen eine Variablenliste der von co2online erhobenen Daten mit den jeweiligen Datenmengen in der Datenbank.

Variable	Anzahl Datensätze	Bemerkung
land_key	1.030.589	geografische Verortung des Gebäudes, Aufschlüsselung möglich: Bundesland, Regierungsbezirk, Landkreis, Gemeinde
sto_plz		
gebäude_ort	603.391	
gebäude_gemeindeschlüssel	1.011.887	
land_ziffer		
regierungsbezirk_ziffer		
kreis_ziffer		
gemeinde_ziffer	1.030.589	
land		
regierungsbezirk		
kreis		
gemeinde		
auftraggeber	1.030.481	Daten wurden durch ...erhoben (Hauseigentümer, Mieter, Wohnungseigentümer, ...), Aussagen über Besitzverhältnisse
gebäude_typ	984.616	Gebäudetyp (1-2 Familienhaus, Mehrfamilienhaus)
gebäude_baujahr	866.095	
gebäude_fläche	1.030.589	Fläche für Heizkostenabrechnung
gebäude_nutzfläche	1.030.589	Fläche nach EnEV, je nach Gebäude 1,2 oder 1,35 mal der gebäude_fläche
gebäude_lage	465.786	Lage (freistehend, Ecke, Mitte)
wohnung_lage		
heizung_typ	1.030.572	Zentralheizung, Etagenheizung etc.
energieträger	1.030.588	Einheit des verwendeten Energieträgers, z.B. m ³ , Rm, kWh
einheit_et		
energiegehalt		

Abbildung 36: co2online, Datenmengen Datenbank, Teil 1

wwb	1.030.589	Art der Warmwasserbereitung (zentral/dezentral)
wwb_messung	824.269	wurde Warmwasserverbrauch gemessen oder geschätzt
keller_beheizt	158.793	ja/nein bzw. y/n
nutzung	928.038	nur wohnen, teilgewerblich
bewohneranzahl	599.164	
abrechnungsjahre	1.030.464	Wie viele Abrechnungsjahre wurden angegeben, maximal 3 möglich
abrech_von	1.029.974	Start des eingetragenen Abrechnungszeitraums
abrech_bis		Ende des eingetragenen Abrechnungszeitraums
verbrauch_et	1.029.974	Jahresverbrauch in Energieträgereinheit
verbrauch_kwh	1.029.974	Jahresverbrauch in kWh
verbrauch_ww_m3	708.476	Warmwasserverbrauch in m ³
temp_ww	797.297	eingestellte Temperatur für Warmwasser
gebaeude_stricheinheiten	36.457	wenn keine Angaben zum Jahresverbrauch in ET-Einheit
wohnung_stricheinheiten	31.906	
klimafaktor_enev	1.029.974	für die Klimabereinigung der Heizenergieverbräuche benötigter regionaler
klimafaktor_wohnort		
evkw_wohnort_heizung	1.029.974	Energieverbrauchskennwert für Heizung auf den Wohnort klimabereinigt
evkw_enev_heizung		Energieverbrauchskennwert
evkw_enev_ww		Energieverbrauchskennwert für WW nach EnEV klimabereinigt
evkw_enev_ges		Energieverbrauchskennwert gesamt (Heizung und WW) nach EnEV klimabereinigt
dachform	459.288	

Abbildung 37: co2online, Datenmengen Datenbank, Teil 2

dachausbau	397.935	ist das Dach ausgebaut (ja/nein bzw. y/n)
anzahl_stockwerke	443.114	nur für Mehrfamilienhäuser relevant
anzahl_wohnungen	288.719	
leerstand	2.397	
wt_zustand_bekannt	13.963	wärmetechnischer Zustand bekannt
solaranlage	268.070	gibt es eine Solaranlage (ja/nein bzw. y/n)
baujahr_kellerdecke	38.970	Baujahr der jeweiligen Bauteile, Gibt an ob diese nachträglich erneuert bzw. gedämmt wurden, allerdings ohne Angabe der Dämmstärken und Teilsanierungen
baujahr_fenster	175.666	
baujahr_fassade	87.848	
baujahr_dach	131.416	
baujahr_obergeschoss	50.361	
baujahr_heizung	236.136	
baujahr_solar	28.661	
massnahme_dach	127.655	
massnahme_obergeschoss	126.464	Interesse an Maßnahme ja/nein bzw. y/n
massnahme_fassade	148.186	
massnahme_kellerdecke	139.286	
massnahme_fenster	138.220	
massnahme_heizung	54.863	
massnahme_lastkessel	752	
massnahme_solar	44.446	
hydraulikabgleich	83.059	wurde ein hydraulischer abgleich durchgeführt ja/nein/unbekannt bzw. y/n/u
hydraulikabgleich_jahr	57.683	
kessel_baujahr	142.930	
kessel_typ	76.900	
kessel_hersteller	82.183	
kessel_modell	82.122	
kessel_leistung	81.925	

Quelle: Die Gebäudedatenbank von co2online umfasst knapp 1 Mio. Gebäudedaten und aktualisiert sich tagtäglich. Die Daten werden durch die interaktiven Beratungsinstrumente der co2online gemeinnützigen GmbH erhoben, die vom Bundesumweltministerium gefördert werden.

Abbildung 38: co2online, Datenmengen Datenbank, Teil 3

Fragebogen Nutzenergiebedarf

Nutzenergiebedarf Warmwasser

BBSR-Forschungsprojekt
Nutzerbefragung

Berlin, den 02.12.2014



Abbildung 39: Seite 1 des Fragebogens Nutzenergiebedarf der Fa. co2online

Fragebogen Nutzenergiebedarf in Wohngebäuden

Für die Problemstellung des vorliegenden Vorhabens sehen wir aktuell die folgenden Fragen als wesentlich an, die sich in Teilen an den Abfragen des WasserChecks orientieren können, um eine Vergleichsbasis der Ergebnisse zu schaffen:

Anschreiben

Sehr geehrte Ratgebemutzerin, sehr geehrter Ratgebemutzer,

im Rahmen eines Forschungsprojektes im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung zur Erfassung der Warmwasserverbräuche deutscher Haushalte möchten wir Sie um Ihre Unterstützung und um die Teilnahme an einer kurzen Befragung bitten.

Bitte nehmen Sie sich fünfzehn Minuten für die Beantwortung unseres kurzen Fragebogens, den Sie unter folgendem Link öffnen können:

<http://umfrage2.co2online.de/index.php/survey/index/sid/149251/token/vmcskv8ckcz9vez/lang/de>

Dankeschön für Ihre Teilnahme verlosen wir unter allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern, die den Fragebogen vollständig ausgefüllt haben, 15 Wassersparsets im Wert von je ca. 20 Euro.

Mit freundlichen Grüßen

Katy Jahnke

Managerin Research

Telefon: 030 2102186 18

E-Mail: research@co2online.de

Introtext

Vielen Dank für die Teilnahme an unserer Befragung zu Warmwasserverbräuchen in deutschen Haushalten.

Für die Beantwortung des Fragebogens benötigen Sie ca. fünfzehn Minuten. Sollten Sie über eine Warmwasseruhr oder einen Wärmemengenzähler für Ihren Warmwasserverbrauch verfügen, bitten wir Sie Ihre aktuellen und falls vorhanden auch ältere Verbrauchsdaten bereit zu legen um die Beantwortung einiger Fragen zu erleichtern.

Ihre Antworten werden selbstverständlich anonym behandelt und nur zu Forschungszwecken innerhalb des Projektes verwendet. Bitte aktivieren Sie die Cookies in Ihrem Internetbrowser, damit die Befragung einwandfrei funktioniert.

Zum Starten der Umfrage klicken Sie bitte auf „weiter“.

Für Fragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung unter:

Katy Jahnke

Managerin Research

Telefon: 030 2102186 18

E-Mail: research@co2online.de

Abbildung 40: Seite 2 des Fragebogens Nutzenergiebedarf der Fa. co2online

Fragebogen**Erfassung von Warmwasserverbräuchen**

1. Ist Ihre Wohneinheit mit einer **Warmwasseruhr** oder einem **Wärmemengenzähler** ausgestattet?

Ja/Nein/mehrere Zähler?

2. Liegen Ihnen aktuelle (und evtl. auch ältere) Warmwasserverbrauchsdaten vor, z.B. aus Ihrer letzten Betriebskostenabrechnung?

Ja/Nein

Fallsteuerung:



Wenn Ja	Wenn Nein
<p>3 a Wenn ja, wo genau befindet sich der Zähler zur Bestimmung des Warmwasserverbrauchs?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vor dem Wärmeerzeuger • Zwischen Wärmeerzeuger und Speicher/Verteilssystem • Zwischen Speicher und Verteilssystem • Hinter dem zentralen Verteilssystem (Zirkulationssystem) • Sonstiges 	<p>3b Durchschnittliche* gewünschte Warmwasser- Zapftemperaturen in Ihrem Haushalt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Duschen <ul style="list-style-type: none"> - lauwarm: 32 °C - normal: 36 °C - heiß: 40 °C - sonstige Temperatur (gemessen): __°C • Baden <ul style="list-style-type: none"> - lauwarm: 32 °C - normal: 36 °C - heiß: 40 °C - sonstige Temperatur (gemessen): __°C • Bad (Waschbecken: Waschen, Rasieren, Zähneputzen,) <ul style="list-style-type: none"> - kalt (kein Warmwasser) - temperiert: 20 °C - lauwarm: 32 °C - sonstige Temperatur (gemessen): __°C • Küche (Spülen) <ul style="list-style-type: none"> - warm: 40 °C - heiß: 50 °C - sonstige Temperatur (gemessen): __°C • Sonstige Zapfstellen <ul style="list-style-type: none"> - sonstige Temperatur (gemessen): __°C <p>* Durchschnitt, gemittelt über die Personen im Haushalt und das gesamte Jahr</p>
<p>4 a Wie hoch ist der gemessene Warmwasserverbrauch (m³ und Systemtemperatur, kWh)?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ermöglichung der Eingabe mehrerer Jahre • 	<p>4 b Bestimmung Warmwassermenge: Wie viele Sekunden vergehen ungefähr bis ein 1 l Gefäß gefüllt ist</p> <p>a) Bei Einstellung der o.g. gewünschten Zapftemperatur bei</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dusche • Badewanne • Bad (Waschbecken)

Abbildung 42: Seite 4 des Fragebogens Nutzenergiebedarf der Fa. co2online



	<ul style="list-style-type: none"> • Küche (Spülen) Sonstige																								
5 a Wie hoch ist die eingestellte Systemtemperatur?	5 b Wie viele Minuten (im Mittel über das gesamte Jahr und alle Personen im Haushalt) pro Tag wird Warmwasser gewünscht* Hilfestellung zu typischen Zapfzeiten: z.B. Dusche kurz: 2 Minuten; Dusche ausgiebig 8 Minuten oder länger, Badewannenfüllung 15 Minuten, Hände waschen (schnell), 0,1 Minuten (= 6 Sekunden),... <table border="1" data-bbox="805 450 1362 981"> <thead> <tr> <th data-bbox="805 450 1011 555">Zapfstellen</th> <th data-bbox="1011 450 1187 555">An Werktagen</th> <th data-bbox="1187 450 1362 555">An Wochenende und Feiertagen (nur, falls abweichend)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="805 555 1011 645">Dusche im Winter und in der Übergangszeit</td> <td data-bbox="1011 555 1187 645"></td> <td data-bbox="1187 555 1362 645"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="805 645 1011 741">Falls abweichend: Dusche im Sommer (Mitte Juni bis Mitte September)</td> <td data-bbox="1011 645 1187 741"></td> <td data-bbox="1187 645 1362 741"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="805 741 1011 815">Badewanne im Winter und in der Übergangszeit</td> <td data-bbox="1011 741 1187 815"></td> <td data-bbox="1187 741 1362 815"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="805 815 1011 911">Falls Abweichend Badewanne im Sommer (Mitte Juni bis Mitte September)</td> <td data-bbox="1011 815 1187 911"></td> <td data-bbox="1187 815 1362 911"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="805 911 1011 943">Haschbecken im Bad</td> <td data-bbox="1011 911 1187 943"></td> <td data-bbox="1187 911 1362 943"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="805 943 1011 974">Küche</td> <td data-bbox="1011 943 1187 974"></td> <td data-bbox="1187 943 1362 974"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="805 974 1011 981">Sonstige</td> <td data-bbox="1011 974 1187 981"></td> <td data-bbox="1187 974 1362 981"></td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="805 1010 1362 1030">* bitte hier wirklich nur den gewünschten Warmwasserbedarf angeben.</p>	Zapfstellen	An Werktagen	An Wochenende und Feiertagen (nur, falls abweichend)	Dusche im Winter und in der Übergangszeit			Falls abweichend: Dusche im Sommer (Mitte Juni bis Mitte September)			Badewanne im Winter und in der Übergangszeit			Falls Abweichend Badewanne im Sommer (Mitte Juni bis Mitte September)			Haschbecken im Bad			Küche			Sonstige		
Zapfstellen	An Werktagen	An Wochenende und Feiertagen (nur, falls abweichend)																							
Dusche im Winter und in der Übergangszeit																									
Falls abweichend: Dusche im Sommer (Mitte Juni bis Mitte September)																									
Badewanne im Winter und in der Übergangszeit																									
Falls Abweichend Badewanne im Sommer (Mitte Juni bis Mitte September)																									
Haschbecken im Bad																									
Küche																									
Sonstige																									

Abbildung 43: Seite 5 des Fragebogens Nutzenergiebedarf der Fa. co2online

co2online

	<p>Insbesondere bei den Waschbecken kommt es häufig vor dass</p> <ol style="list-style-type: none">1. ohne wirklichen Bedarf z.B. bei Einhebelmischern durch mittige Stellung Warmwasser gezapft wird, ohne dass Warmwasser benötigt wird; => Diesen (<u>Schein-)bedarf bitte nicht berücksichtigen</u>2. Zwar z.B. zum Händewaschen Warmwasser gewünscht wird, aber aufgrund Zeitverzögerung bis Warmwasser verfügbar ist letztendlich doch nur kaltes Wasser gezapft wird. => Diesen (<u>nicht befriedigten) Bedarf bitte berücksichtigen</u> <p>Anmerkungen: Wenn aus Bequemlichkeit während des Zähneputzens oder Einseifens das <u>Warmwasser laufen gelassen</u> wird ist, dies als <u>gewünschter Bedarf</u> zu bewerten Auch die <u>Einstellzeit der richtigen Temperatur</u> beim Duschen ist <u>kein Bedarf</u></p>
--	--

Seite 6 von 9

Abbildung 44: Seite 6 des Fragebogens Nutzenergiebedarf der Fa. co2online

Ihr Warmwassersystem

6. Wie erfolgt die Warmwassererzeugung in Ihrer Wohneinheit?

 Zentral über die Heizungsanlage

a. Mit welchem Energieträger/Brennstoff:

- Erdgas
- Heizöl
- Fernwärme
- Holzpellets
- Strom direkt
- Wärmepumpe
- Sonstige:

b. Wo ist der Heizkessel/Warmwassererzeuger aufgestellt?

- im beheizten Bereich (z.B. Küche, Bad, Wohnbereich)
- im unbeheizten Bereich (z.B. Keller)

c. Gibt es ein Zirkulationssystem?

- Ja
Sind die Rohrleitungen gedämmt:
 - o Ja
 - o Nein
- Nein

d. Gibt es eine solarthermische Anlage

- Ja
- Nein

 dezentral (gesamte Warmwassererzeugung unabhängig von Heizungsanlage) über:

- Elektro-Durchlauferhitzer
- Elektro-Warmwasser-Speicher/Warmwasser-Kleinspeicher
- Gas-Durchlauferhitzer
- Direkt mit Brennstoff betriebener Warmwasser-Speicher

 Zentralversorgung über die Heizungsanlage und dezentrale Versorgung einzelner Bereiche)

- welche Bereiche werden dezentral versorgt?

8. Welche Armaturen liegen bei den Zapfstellen/Wasserhähnen vor?

Seite 7 von 9

Abbildung 45: Seite 7 des Fragebogens Nutzenergiebedarf der Fa. co2online

	 Einhebelmischer	 Wasserhahn Zweigriff	 Thermostat- armatur	Sonstige
Bad (Dusche)				
Bad (Badewanne)				
Bad (Waschbecken)				
Küche				
Sonstige				

Ihr Nutzerverhalten

9. Wie viele Warmwasserzapfungen* werden durchschnittlich pro Tag vorgenommen
- Anm.: Eine Zapfung wird nur als solche gewertet, wenn zwischen der vorherigen Zapfung mehr als 15 Minuten vergangen sind

Zapfstellen	Zapfungen pro Tag
Dusche	
Badewanne	
Waschbecken im Bad	
Küche	
Sonstige	

10. Wie lange warten Sie ungefähr (in Sekunden), bis bei Ihren Zapfstellen warmes Wasser aus dem Hahn kommt?

- Dusche
- Badewanne
- Waschbecken
- Küche
- Sonstige

11. Bevorzugen die Personen in Ihrem Haushalt überwiegend warmes Wasser für das Händewaschen oder Zähneputzen?

- Ja/Nein
- Falls ja: Warten Sie i.d.R. bis das Warmwasser „ankommt“
- Falls nein: Kann es sein, dass Sie „versehentlich“ Warmwasser zapfen (z.B. Mittelstellung bei Einhebelmischer)

12. Haben Sie in der Dusche Probleme die richtige Temperatur einzustellen?

- Ja/Nein

Abbildung 46: Seite 8 des Fragebogens Nutzenergiebedarf der Fa. co2online

- Falls ja: Wie hoch schätzen Sie den prozentualen Anteil des Warmwassers der dabei unnötiger Weise jedes Mal verbraucht wird (= Zeit für Einregelung : Gesamtzeit bei der Warmwasser für Duschzwecke gezapft wird)
13. Wie würden Sie Ihren Warmwasserverbrauch im Vergleich zum Durchschnitt einschätzen? (Alternativfragestellung siehe Ende)?
- Viel geringer als der Durchschnitt
 - Geringer als der Durchschnitt
 - Durchschnittlich
 - Höher als der Durchschnitt
 - Viel höher als der Durchschnitt
- a. Wenn in Ihrem Haushalt Warmwasser gespart wird, was sind Ihre Gründe?
- i. Kosten
 - ii. Ökologie
 - iii. In unserem Haushalt wird nicht bewusst sparsam mit Warmwasser umgegangen
- b. Haben die Personen in Ihrem Haushalt (Kinder ausgenommen) Ihren Warmwasserbedarf in den letzten Jahren verändert?
- Heute geringerer Bedarf
 - Nein
 - Heute höherer Bedarf

Angaben zur Wohneinheit

14. Bitte geben Sie genauere Informationen zu Ihrer Wohneinheit an
- o m² Wohnfläche
15. Wie viele Personen wohnen durchschnittlich in der Abrechnungseinheit (bitte getrennt nach > 12 Jahre und < 12 Jahre)?
- o Erwachsene und Kinder über 12 Jahre:
 - o Kinder unter 12 Jahre:
16. Wie häufig stand die Wohnung z.B. weg. Urlaub leer (Wochen pro Jahr)?

Layout Fragebogen:



0% 100%

Ihr Warmwassersystem

Wie erfolgt die **Warmwassererzeugung** in Ihrer Wohneinheit?

Bitte wählen Sie eine der folgenden Antworten:

dezentral (unabhängig von Heizungsanlage) ▼

dezentrale Warmwasserbereitung mit:
Bitte wählen Sie einen oder mehrere Punkte aus der Liste aus.

- Elektro-Durchlauferhitzer
- Elektro-Warmwasser-Speicher/Warmwasser-Kleinspeicher
- Gas-Durchlauferhitzer
- Direkt mit Brennstoff betriebener Warmwasser-Speicher
- Sonstiges:

Wie viele **Warmwasserzapfstellen/-wasserhähne** haben Sie in Ihrer Wohneinheit?

In dieses Feld dürfen nur Zahlen eingegeben werden.

Welche Armaturen liegen bei den Zapfstellen/Wasserhähnen vor?

	 Einhebelmischer	 Wasserhahn Zweigriff	 Thermostatarmatur	Sonstige
Bad (Dusche)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bad (Badewanne, wenn vorhanden)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bad (Waschbecken)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Küche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sonstige	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

◀ Zurück
Weiter ▶

Abbildung 48: co2online, Layout des Fragebogens