
Gasverbrauch senken, Heizkosten sparen: Bewertung von einfachen Energieeffizienzmaßnahmen

Laura Maier¹, Michael Mans¹, Fabian Wüllhorst¹, Yi Nie¹, Rita Streblov^{1,2}, Dirk Müller¹

¹ Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimattechnik, E.ON Energieforschungszentrum, RWTH Aachen

² TU Berlin, Einstein Center Digital Future



This work is licensed under a
[Creative Commons Attribution 3.0 Germany License](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/de/).

Please cite this article as:

L. Maier, M. Mans, F. Wüllhorst, R. Streblov, D. Müller *Gasverbrauch senken, Heizkosten sparen: Bewertung von einfachen Energieeffizienzmaßnahmen*, White Paper, RWTH-EBC 2022-006, Aachen, 2022, DOI: [10.18154/RWTH-2022-07544](https://doi.org/10.18154/RWTH-2022-07544)

RWTH Aachen University
E.ON Energy Research Center
Institute for Energy Efficient Buildings and Indoor Climate (EBC)
Mathieustr. 10, 52074 Aachen

T +49 241 80-49760, F +49 241 80-49769,
ebc-office@eonerc.rwth-aachen.de, www.eonerc.rwth-aachen.de/ebc

Gasverbrauch senken, Heizkosten sparen: Bewertung von einfachen Energieeffizienzmaßnahmen

Laura Maier¹, Michael Mans¹, Fabian Wüllhorst¹, Yi Nie¹, Rita Streblov^{1,2}, Dirk Müller¹

¹Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimatechnik, E.ON Energieforschungszentrum, RWTH Aachen University

²TU Berlin, Einstein Center Digital Future

Zusammenfassung

Aufgrund des russischen Angriffs auf die Ukraine ist mit einer deutlichen Verknappung und weiteren Verteuerung des Erdgases in Deutschland zu rechnen. Neben der Industrie und dem Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen können die privaten Haushalte erhebliche Einsparungen im Gasverbrauch für Raumwärme und Trinkwarmwasser durch einfach umsetzbare technische Maßnahmen und Verhaltensanpassungen erreichen, die nur mit geringen Komforteinschränkungen verbunden sind. Da die Raumwärme und das Trinkwarmwasser ungefähr 70 % des Energieverbrauchs privater Haushalte ausmachen und fast jede zweite deutsche Wohnung mit Erdgas beheizt wird, kann hier ein wesentlicher Beitrag zur notwendigen Reduktion des Erdgasverbrauchs geleistet werden, ohne dass volkswirtschaftliche Nachteile entstehen. Einige der hier vorgestellten Maßnahmen können ohne eine Investition umgesetzt werden, während andere Maßnahmen geringe oder moderate Investitionen in die technische Ausstattung oder Dämmmaterialien voraussetzen. Maßnahmen mit einem sehr hohen Investitionsbedarf werden in dieser Studie nicht betrachtet, da hier nicht von einer kurzfristigen Umsetzung ausgegangen werden kann. Es wurde auch darauf geachtet, dass alle der hier untersuchten Maßnahmen weitgehend ohne Unterstützung durch das Handwerk umgesetzt werden können, wenn handwerkliche Grundkenntnisse vorliegen. So können private Haushalte und Hausbesitzer auch bei der weiterhin hohen Auslastung des Handwerks sofort handeln und einen Beitrag zur Reduktion des Gasverbrauchs leisten. Bauliche Aktivitäten, die mehr handwerkliche Expertise erfordern, sind gekennzeichnet. Die Ergebnisse der durchgeführten Berechnungen machen deutlich, dass auch ohne Investitionen Verbrauchsreduktionen von bis zu 30 % und bei etwas höheren Investitionen von bis zu 49 % des Raumwärmebedarfs möglich sind. Im Bereich des Energiebedarfs für das Trinkwarmwasser können zusätzlich 69 % bis 81 % gespart werden, wenn die Nutzer eines Gebäudes bisher nicht besonders sparsam mit Trinkwarmwasser umgegangen sind. Alle in dieser Untersuchung ermittelten Einsparungen fallen in der Praxis geringer aus, wenn einige der genannten Maßnahmen bereits in der Vergangenheit umgesetzt worden oder die Nutzer eines Gebäudes schon immer sehr sparsam mit Energie umgegangen sind.

Schlagwörter

Gaseinsparungen – Energieverbrauch – Effizienzmaßnahmen – Heizkosten

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Analyse des Wohngebäudebestandes	2
3	Analyse eines typischen Einfamilienhauses	3
3.1	Raumwärmebedarf	3
3.2	Berechnungsmodell Einfamilienhaus	4
3.3	Reduktion des Raumwärmebedarfs	5
3.4	Reduktion: Trinkwarmwasserbedarf	6
3.5	Maßnahmenpakete	7
4	Einsparpotentiale	8
4.1	Senkung des Raumwärmebedarfs	8
4.2	Senkung des Trinkwarmwasserbedarfs	8
4.3	Maßnahmenpakete	10
5	Zusammenfassung	11
	Danksagung	12

1 Einleitung

Im Jahr 2021 bezog Deutschland 55 % des Erdgases aus Russland. Im ersten Halbjahr des Jahres 2022 hat sich dieser Anteil durch die reduzierte Lieferung und eine angepasste Beschaffungspolitik bereits auf ungefähr 35 % reduziert und bis Ende des Jahres soll dieser Anteil weiter gesenkt werden¹. Neben der Nutzung anderer Energiequellen und alternativer Importmöglichkeiten für Erdgas muss kurzfristig der Erdgasverbrauch reduziert werden, da nicht die gesamte aus Russland gelieferte Erdgasmenge durch andere Quellen ersetzt werden kann. Die Bundesnetzagentur geht in einigen ihrer Szenarien da-

¹Bundesnetzagentur. (2022). Aktuelle Lage der Gasversorgung in Deutschland. S. https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Versorgungssicherheit/aktuelle_gasversorgung/start.html. Abgerufen am 28. Juli 2022

von aus, dass 20 % des Erdgasverbrauchs eingespart werden müssen und die EU fordert von allen Mitgliedstaaten eine Einsparung von 15 %².

Die Reduktion des Gasverbrauchs in der Industrie und im Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen kann zu erheblichen wirtschaftlichen Einbußen führen. Daher sollten private Haushalte einen möglichst hohen Beitrag zu den Einsparungen leisten, zumal so die finanziellen Belastungen durch steigende Erdgaspreise zumindest teilweise kompensiert werden können.

Da Raumwärme ungefähr 70 % des Energieverbrauchs privater Haushalte ausmacht und fast jede zweite Wohnung mit Erdgas beheizt wird, ist die Bedeutung dieses Sektors zur Gaseinsparung in diesem Bereich groß³. Um dieses Potential genauer darzustellen, sind in dieser Veröffentlichung die Ergebnisse zur Quantifizierung kurzfristig realisierbarer Maßnahmen zur Reduktion von Energiebedarfen im Bereich **Raumwärme** (Gebäude) und **Trinkwarmwasser** (Brauchwasser) zusammengefasst.

Hierbei sollen folgende zentrale Fragen beantwortet werden:

1. *Wie hoch ist das Gaseinsparpotential im deutschen Wohngebäudesektor bei Umsetzung sehr einfacher Maßnahmen?*
2. *Wie viel Gas kann durch einzelne Maßnahmen eingespart werden, und welche Handlungsempfehlungen können abgeleitet werden?*

Zunächst wird eine Abschätzung der möglichen Erdgaseinsparung im gesamten deutschen Wohngebäudebestand durch einfache Maßnahmen durchgeführt. Hieraus können bereits ers-

²Bundesnetzagentur. (22. Juni 2022). FAQ zum Foliensatz Gas-Mengengerüst von 06/22 bis 06/23 der Bundesnetzagentur. S. https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Versorgungssicherheit/aktuelle_gasversorgung/HintergrundFAQ/FAQ_Gas-Mengengeruest.pdf?__blob=publicationFile&v=2. Abgerufen am 28. Juli 2022

³Umweltbundesamt. (25. März 2022). Energieverbrauch nach Energieträgern und Sektoren. S. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieverbrauch-nach-energietraegern-sektoren#entwicklung-des-endenergieverbrauchs-nach-sektoren-und-energietraegern>. Abgerufen am 28. Juli 2022

te Potentiale und Energiemengen abgeleitet werden. Im Anschluss erfolgt eine detaillierte Untersuchung an einem typischen Einfamilienhaus, in der Einzelmaßnahmen sowie definierte Maßnahmenpakete in einer aufwendigeren Berechnung bewertet werden.

Auch Gebäude, die nicht mit Erdgas beheizt werden, können durch eine Reduktion ihres Energieverbrauchs zu einer Entlastung des Energiemarktes beitragen, da jede eingesparte Kilowattstunde zu einer Substitution von Erdgas an anderer Stelle im Energiesystem verwendet werden kann.

2 Analyse des Wohngebäudebestandes

Ungefähr 50 % des deutschen Gebäudebestands werden mit Erdgas beheizt, da in der Vergangenheit dieser Energieträger durch die sehr saubere Verbrennung in kompakten Wärmeerzeugern als vorteilhaft galt⁴. Unter heutigen Gesichtspunkten ist die Erdgasverbrennung zur Bereitstellung von Wärme nur eine Übergangstechnik in der laufenden Wärmewende. Die aktuelle Erdgaskrise erfordert zusätzliche Anstrengungen, den Erdgasverbrauch in den Bestandsgebäude noch in dieser Heizperiode zu reduzieren.

In einem ersten Schritt sollen die möglichen Erdgaseinsparungen in Deutschland über eine Betrachtung des gesamten Wohngebäudebestands ermittelt werden. Da nicht jedes Gebäude einzeln berechnet werden kann, wird auf Basis von in Deutschland üblichen Typgebäuden und den zugrundeliegenden Baujahren sowie dem vorherrschenden Sanierungsstand abgeschätzt, wie sich Maßnahmen zur Energieeinsparung auf den gesamten Bestand auswirken. Hierbei werden die bekannten Tabula-Daten zur Gebäudetypolo-

⁴BDEW. (28. Januar 2021). Entwicklung der Beheizungsstruktur des Wohnungsbestands in Deutschland. S. https://www.bdew.de/media/documents/Beheizungsstruktur_Wohnungsbestand_Entw_ab_1995_online_o_jaehrlich_CMi_2801202_udEP16f.pdf. Abgerufen am 28. Juli 2022

gie⁵ des Instituts Wohnen und Umwelt genutzt. In Kombination mit dem DENA Gebäudereport⁶ lässt sich so durch die Berücksichtigung von unsanierten und teilsanierten Gebäuden sowie der Verteilung des Heizsystems ein repräsentativer Wohngebäudebestand bis zum Baujahr 2009 für Deutschland abbilden. Bei der Auswertung der Daten wird die relative Häufigkeit jedes Typgebäudes im Bestand berücksichtigt.

Die Ergebnisse (siehe Tabelle 1) dieser Berechnungen zeigen, dass nennenswerte Erdgasersparungen für die Raumwärme im Wohngebäudebestand bereits durch einfache und auch im privaten Bereich gut umsetzbare Maßnahmen erreicht werden können. So wird durch die Absenkung der Innenraumtemperatur um 1K von heute typischen 21 °C auf 20 °C bereits eine Einsparung von 10% über alle Wohngebäude in Deutschland umgesetzt, ohne dass größere Einschränkungen des thermischen Komforts zu erwarten sind. Eine Absenkung der Raumtemperatur auf 19 °C würde sogar Einsparungen von 20% ergeben.

Eine Absenkung der Raumtemperatur in der Nacht auf 19 °C ergibt eine Einsparung von 8%, eine Nachtabsenkung auf 17 °C führt zu einer Bedarfsreduktion von 14%. Die Kombination aus einer Temperaturabsenkung auf 19 °C und Nachtabsenkung auf 17 °C würde über den gesamten Wohngebäudebestand eine Einsparung von sogar 27% ergeben.

Diese Zahlen zeigen, dass mit zumutbaren Maßnahmen erhebliche Reduktionen des Energie- und Gasverbrauchs möglich sind. Allerdings ist anzumerken, dass es sich hier um berechnete Einsparungen handelt, die Abweichungen zu der in der Praxis auftretenden Minderung des Gasverbrauchs aufweisen können. Außerdem werden viele Gebäude bereits heute mit einer Nachtabsenkung der Raumtemperaturen betrieben, so dass dieser Effekt nur bei Gebäuden auftritt,

⁵Loga, T.; Stein, B.; Diefenbach, N.; Born, R.: Deutsche Wohngebäudetypologie. Beispielhafte Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von typischen Wohngebäuden, 2015

⁶Dena (2021): DENA-GEBÄUDEREPORT 2022. Zahlen, Daten, Fakten, Deutsche Energie-Agentur

bei denen heute noch keine automatische Nachtabsenkung aktiviert worden ist.

Im folgenden Abschnitt sollen weitere Maßnahmen und die Kombination von Maßnahmen zur Bedarfsreduktion an einem typischen Einfamilienhaus detaillierter untersucht werden. Hier kann zwar keine direkte Hochrechnung auf den gesamten Bestand der Gebäude erfolgen, viele der Ergebnisse lassen sich aber zumindest tendenziell auf viele Gebäudetypen in Deutschland übertragen.

3 Analyse eines typischen Einfamilienhauses

Nach der Abschätzung ausgewählter Maßnahmen zur Reduktion des Energie- und Gasbedarfs für den deutschen Gebäudebestand werden nun detaillierte Berechnungen am Beispiel eines typischen Einfamilienhauses durchgeführt. Mit den Berechnungen sollen möglichst genaue Werte unter Berücksichtigung der Bauphysik und des Nutzerverhaltens ermittelt werden. Zusätzlich werden auch Kombinationen von Maßnahmen beleuchtet. Das Einfamilienhaus wird mit drei verschiedenen Dämmstandards und mit den Klimadaten von drei Standorten in Deutschland dynamisch berechnet.

3.1 Raumwärmebedarf

In einem Einfamilienhaus fallen zwei Arten von Wärmebedarfen an: Raumwärme und Trinkwarmwasser. Diese beiden Bedarfe werden getrennt berechnet, auch wenn dadurch vernachlässigt wird, dass Wärmeverluste des Trinkwarmwassersystems innerhalb der beheizten Hülle zur Beheizung des Gebäudes beitragen. Dieser Effekt ist bei gedämmten Leitungssystemen jedoch gering und hat für die hier durchgeführten Analysen keine Bedeutung. Vereinfachend werden daher die Einzelmaßnahmen für die Raumwärme und das Trinkwarmwasser zunächst getrennt betrachtet (siehe Abschnitt 3.3 für Raumwärme

Tabelle 1 – Einsparpotential nach Maßnahmen im deutschen Wohngebäudebestand für gasbefeuerte Wohneinheiten.

Reduktion des Raumwärmebedarfs		
	TWh/a	relative Einsparung
Referenz	201	-
Temperaturabsenkung 20 °C (dauerhaft)	180	10 %
Temperaturabsenkung 19 °C (dauerhaft)	161	20 %
Nachtabsenkung auf 19 °C	185	8 %
Nachtabsenkung auf 17 °C	173	14 %
Nachtabsenkung mit bedarfsgerechtem Heizen	178	11 %
Temperaturabsenkung 20 °C + Nachtabsenkung auf 17 °C	161	20 %
Temperaturabsenkung 19 °C + Nachtabsenkung auf 17 °C	148	27 %

und Abschnitt 3.4 für Trinkwarmwasser). Bei der Analyse der neun Maßnahmenpakete (siehe Abschnitt 4.3) werden die Auswirkungen beider Bedarfe wieder zusammengeführt.

Bei den Maßnahmenpaketen ist zu beachten, dass die Einsparungen immer auf den jeweiligen Einzelbedarf des gewählten Referenzfalls für die Raumwärme und das Trinkwarmwasser bezogen sind. Dies bedeutet, dass gleiche prozentuale Einsparungen in den beiden Kategorien Raumwärme und Trinkwarmwasser nicht zu gleichen absoluten Werten führen, da sich diese Werte auf eine unterschiedliche Basis beziehen.

Wie hoch der Anteil von Trinkwarmwasser am Gesamtbedarf ist, hängt vom Baustandard, der Nutzung, dem Nutzerverhalten und dem Gebäudetyp ab. Der Anteil des Energiebedarfs für Trinkwarmwasser am Gesamtenergiebedarf für Raumwärme und Trinkwarmwasser variiert im deutschen Gebäudebestand zwischen ca. 3 % und 45 %⁷. Alte, nicht modernisierte Einfamilienhäuser weisen üblicherweise den geringsten Anteil des Trinkwarmwassers am Gesamtwärmebedarf auf. In Neubauten und insbesondere in Passivhäusern sowie Plusenergiehäusern kann der Wärmebedarf des Trinkwarmwassers dem Raumwärmebedarf entsprechen.

⁷Perin, P. (03. Januar 2012). Simulationsbasierte Analyse der Einflussfaktoren auf Betriebszahlen von Wärmepumpenanlagen. Karlsruhe, Baden-Württemberg, Deutschland. Von https://publikationsserver.tu-brunschweig.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dbbs_derivate_00032874/Perrin_SimulationsbasierteAnalyseWPAnlagen.pdffabgerufen

Im Rahmen der Studie werden Maßnahmen betrachtet, welche in die Kategorien Verhaltensanpassung (es ist keine Investition notwendig) und technische Anpassungen (Investition ist notwendig) eingeteilt werden. In der Praxis können technische Installationen die Erreichung der Verhaltensanpassung unterstützen, wenn beispielsweise durch die Installation eines smarten Thermostats ein Zeitprofil für die Raumsolltemperatur hinterlegt wird. Allerdings sind die hier aufgelisteten Verhaltensanpassungen auch ohne technische Geräte realisierbar. Im Rahmen der Maßnahmenpakete werden unterschiedliche Investitionsniveaus (kein, mittel, hoch) sowie Umsetzungsgrade bzw. Verhaltensanpassungsgrade (klein, mittel, hoch) definiert. Hierbei kann auch bei einem hohen Investitionsniveau von Kosten ausgegangen werden, die deutlich unter den Kosten einer typischen Gebäudesanierung liegen. Unter dem Umsetzungsgrad wird verstanden, wie konsequent die Nutzer eine Maßnahme durchführen beziehungsweise wie viele Maßnahmen sie umsetzen.

3.2 Berechnungsmodell Einfamilienhaus

Das Einfamilienhaus weist eine nutzbare Fläche von 150 m² auf, wobei in dieser Studie drei unterschiedliche Dämmstandards angesetzt werden: Wärmeschutzverordnung (WSchV) 1984, WSchV 1995 und die Energieeinsparverordnung (EnEV) 2009. Alle Berechnungen werden für die Standorte Potsdam, Fichtelberg und Mannheim durch-

geführt. Hierbei repräsentiert Fichtelberg einen vergleichsweise kalten, Mannheim einen warmen und Potsdam einen durchschnittlichen Standort hinsichtlich der Testreferenzjahre (Wetterszenarien) des Deutschen Wetterdienstes⁸.

Es wird immer von einer nach DIN EN 12831 erfolgenden Belüftung des Gebäudes durch eine regelmäßige Fensterlüftung und einer gewünschten Raumsolltemperatur von 21 °C als Referenz ausgegangen. Wie bereits beschrieben, können die Ergebnisse auch auf andere Gebäude übertragen werden, auch wenn die Höhe der zu erwartenden Einsparungen je nach Standort sowie Bau- und Dämmstandard des Gebäudes variieren kann.

Zur Berechnung der Einsparpotentiale im Trinkwarmwasserbereich wird ein weiteres Modell implementiert. Eine Gastherme, ein Trinkwarmwasserspeicher, eine Zirkulationspumpe und Rohrleitungen, sowie Zapfstellen werden in diesem Modell berücksichtigt. Der Speicher hat in allen Studien ein Volumen von 300 l. Die Zirkulationsleitungen sind insgesamt 22 m lang, 2 m mit Luftkontakt, 20 m in der Wand. Die Regelung umfasst eine konstante Hysterese von 5 K und eine thermische Desinfektion der kältesten Stelle über 60 °C an jedem dritten Tag. Als Basisfall für die Maßnahmenpakete wird ein etwas höherer Trinkwarmwasserbedarf nach Profil L⁹ mit konstanter Solltemperatur von 60 °C, keiner Rohrdämmung, schlechter Speicherdämmung sowie einer konstant laufenden Zirkulationspumpe angenommen. Die Referenz beschreibt damit einen Nutzer, der bisher wenig auf seinen Trinkwarmwasserverbrauch geachtet hat und es wird eine einfache technische Ausführung des Trinkwarmwassersystems angesetzt.

Die Berechnungsmodelle, die im Rahmen der Studie genutzt wurden, sind in der Modellie-

⁸Deutscher Wetterdienst, B. f. (Juli 2017). Ortsgenaue Testreferenzjahre von Deutschland für mittlere, extreme und zukünftige Witterungsverhältnisse. Abgerufen am 28. Juli 2022 von https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/zb/Auftragsforschung/5EnergieKlimaBauen/2013/testreferenzjahre/try-handbuch.pdf;jsessionid=32F96E889EBF9043C884BC440CF32493.live21301?__blob=publicationFile&v=1

⁹Europäische Union - Regulation EU No 812 - Februar 2013

rungssprache Modelica programmiert und sind frei verfügbar unter <https://github.com/RWTH-EBC/AixLib>.

3.3 Reduktion des Raumwärmebedarfs

Zunächst wird untersucht, wie sich der Energiebedarf für die Beheizung der Räume reduzieren lässt. Dabei werden zehn Maßnahmen beschrieben und bewertet.

Anpassung des Verhaltens: Raumwärme

Die Nutzer können durch die Einstellungen an den vorhandenen Geräten ihre Präferenzen für die Raumtemperaturen einstellen. Heute beträgt die typische Temperatur in Wohnräumen 21 °C, so dass auch bei einer leichten Bekleidung eine thermische Behaglichkeit sichergestellt ist. Durch Anpassung der Kleidung kann auch bei tieferen Raumtemperaturen immer noch eine ausreichende thermische Behaglichkeit erreicht werden. Es wird bei allen unten genannten Maßnahmen von heute handelsüblichen Komponenten ausgegangen.

1. Raumtemperaturen dauerhaft absenken: Reduktion der Innenraumtemperatur von 21 °C auf 20 °C bei geringem Umsetzungsgrad.
2. Reduktion der Innenraumtemperatur von 21 °C auf 19 °C bei mittlerem bis hohem Umsetzungsgrad.
3. Raumtemperaturen nachts absenken: 23 bis 6 Uhr Absenkung der Raumtemperatur in allen Räumen auf 17 °C.
4. Raumtemperaturen temporär absenken: Bei einer Abwesenheit der Nutzer findet eine Absenkung der Innenraumtemperatur auf 19 °C statt.
5. Raumtemperaturen temporär absenken und Nachtabsenkung: Kombination von Maßnahme 1 und 2.
6. Einzelnen Raum nicht beheizen: Ein nicht oder wenig genutzter Raum (z.B. Flur) wird nicht mehr beheizt.

Die oben genannten Maßnahmen zielen primär auf eine Reduktion der Raumtemperatur ab. Die-

se Reduktion kann durch eine Anpassung der Einstellung an den Thermostaten oder einer zentralen Einstellung der Raumtemperatur über ein Steuergerät mit Display bei einer handelsüblichen Fußbodenheizung erreicht werden. Konventionelle Thermostate, welche die Raumist- und -solltemperatur nicht anzeigen, bedienen sich meist eines 5-Stufen-Systems. Einen Überblick darüber, wie die dargestellten Stufen mit den Innenraumtemperaturen zusammenhängen, wird in der Literatur gegeben¹⁰.

Die Raumtemperatur kann alternativ in einer Raumhöhe von ungefähr einem Meter und einem Wandabstand von mindestens einem halben Meter mit einem Temperaturfühler bestimmt werden. Da handelsübliche Messgeräte nicht kalibriert sind, kann es zu Abweichungen in Bezug auf die absoluten Temperaturen kommen. Eine Temperaturänderung kann aber immer mit einer guten Genauigkeit erfasst werden.

Technische Maßnahmen: Raumwärme

Die technischen Maßnahmen zur Reduktion des Raumwärmebedarfs zielen auf Ausbesserung oder kleinere Baumaßnahmen, die bei verfügbarem Material auch von geübten Heimwerkern durchgeführt werden können. Hinweise der Hersteller und bestehende Bauvorschriften müssen beachtet werden.

7. Fenster abdichten: Vermeidung von zu hohen Lüftungswärmeverlusten durch Infiltration.
8. Kellerdecke dämmen: Befestigung von Dämmmaterial an der Kellerdecke von unbeheiztem Keller.
9. Dachsparren nachdämmen: Befestigung von Dämmmaterial zwischen den Dachsparren als Nachdämmung einer bereits existierenden Dämmung.
10. Dezentrale Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung: Einbau von dezentralen Geräten zur Wohnungslüftung.

¹⁰Kunde, J. (20. Oktober 2021). Thermostat: Die Zahlen und ihre Bedeutung. (V. C. SE, Hrsg.) Deutschland. Abgerufen am 28. Juli 2022 von <https://heizung.de/heizung/wissen/thermostat-die-zahlen-und-ihre-bedeutung/>

Falls keine eigenen Erfahrungen in den handwerklichen Arbeiten vorliegen, wird immer empfohlen, das Fachhandwerk - insbesondere bei Arbeiten an den elektrischen Installationen - hinzuzuziehen, auch wenn durch die hohe Auslastung des Handwerks mit größeren Wartezeiten gerechnet werden muss.

Die in dieser Studie gezeigte Dachdämmung basiert auf dem Konzept der Nachdämmung, weswegen die aufgezeigten Einsparpotenziale gering ausfallen. Existiert keinerlei Dämmung zwischen den Dachsparren, kann von einem deutlich höheren Einspareffekt ausgegangen werden. Konzepte wie die Aufsparrendämmung, welche die höchsten Einspareffekte unter den Dachdämmungen aufweisen, werden nicht als kurzfristig umzusetzende Maßnahme klassifiziert und daher nicht betrachtet.

3.4 Reduktion: Trinkwarmwasserbedarf

Anpassung des Verhaltens: Trinkwarmwasser

Im Rahmen der Verhaltensanpassung wird die Senkung des Bedarfs nach Profil L (entspricht 35 Minuten Duschzeit pro Wohneinheit und Tag) auf

11. Profil M (ca. 20 Minuten Duschzeit pro Wohneinheit und Tag)
12. und Profil S (ca. 6 Minuten Duschzeit pro Wohneinheit und Tag)

nach EU Regulation 812/2013 betrachtet¹¹. In der praktischen Umsetzung existieren diverse Optionen diese Bedarfsänderung zu erreichen:

- Wasch- und Duschzeiten reduzieren: Intensive, kurze Reinigungsphase, Vermeidung einer täglichen Dusche.
- Duschen statt Baden: Die Füllung einer Badewanne benötigt deutlich mehr Energie als die Nutzung einer Dusche.
- Armaturen auswechseln: Neue Armaturen an den Zapfstellen können die notwendigen Mengen an Trinkwarmwasser reduzieren.

¹¹Europäische Union - Regulation EU No 812 - Februar 2013

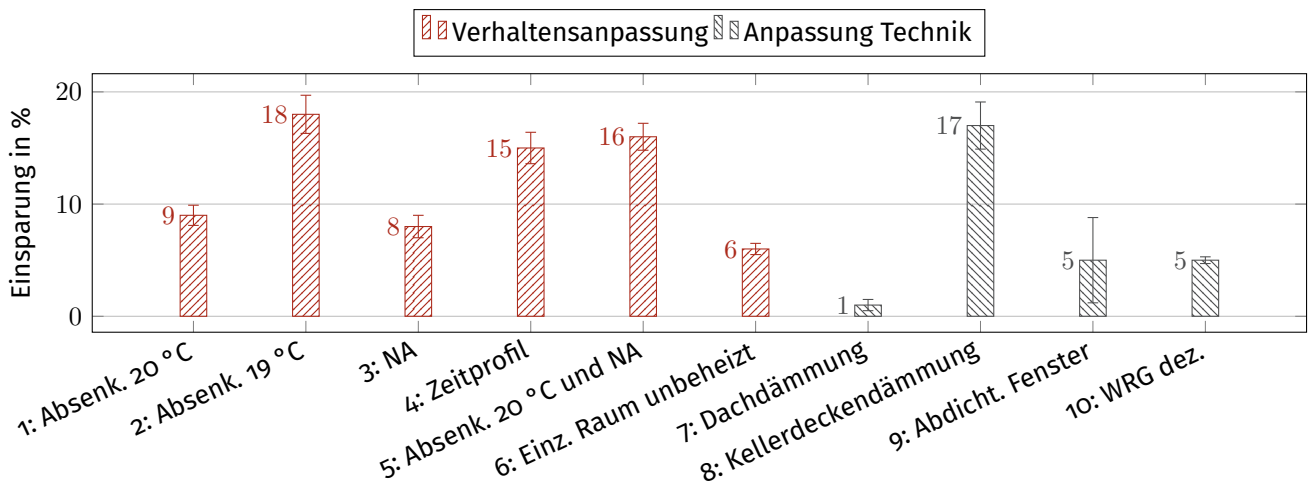


Abbildung 1 – Bewertung von Energieeinsparungen durch Einzelmaßnahmen für den Raumwärmebedarf. Der Fehlerbalken gibt die Standardabweichung um den Mittelwert an. NA := Nachtabsenkung, WRG := Wärmerückgewinnung, dez. := dezentral

Technische Maßnahmen: Trinkwarmwasser

Es handelt sich hier um Einstellungen, die an handelsüblichen Wärmeerzeugern vorgenommen werden können. Die Details können aus den Betriebsanleitungen der Hersteller entnommen werden. Zusätzlich werden einfache Nacharbeiten an der Dämmung des Trinkwarmwassersystems adressiert.

13. Trinkwarmwassertemperatur auf 50 °C reduzieren: Die Wunschtemperatur des Trinkwarmwassers wird reduziert. Der Wärmeerzeuger muss in diesem Fall über eine Funktion zum Schutz vor Legionellen verfügen.
14. Trinkwarmwassertemperatur auf 40 °C reduzieren: Der Wärmeerzeuger muss in diesem Fall über eine Funktion zum Schutz vor Legionellen verfügen.
15. Speicher dämmen: Die Dämmung des Speichers prüfen und ggf. ausbessern.
16. Leitungen dämmen: Nicht gedämmte Leitungen mit Dämmmaterial versehen.

Kombinierte Maßnahmen: Trinkwarmwasser

Die im Folgenden vorgestellten Maßnahmen an der Einstellung der Zirkulationspumpe und den Vorgaben von Temperaturprofilen für das Trinkwarmwasser können nur durchgeführt werden, wenn eine Anpassung der Nutzungszeiten seitens der Nutzer akzeptiert werden. Konkret werden für beide Maßnahmen vier Stufen berechnet:

- Durchgehende Nutzung Trinkwarmwasser
- Nutzung Trinkwarmwasser nur tagsüber
- Nutzung Trinkwarmwasser zwischen 7 und 9 Uhr sowie zwischen 19 und 21 Uhr
- Nutzung Trinkwarmwasser zwischen 7 und 9 Uhr

Die Maßnahmen umfassen:

17. Zeitprofil für Zirkulationspumpen: Die Zirkulation des Trinkwarmwassers auf die Hauptnutzungszeit beschränken. Auch hier müssen die Herstellervorgaben zum Schutz vor Legionellen eingehalten werden.
18. Temperaturprofil: Einige Heizungsanlagen können ein Temperaturprofil für das Trinkwarmwasser vorgeben. Somit kann die Solltemperatur außerhalb der Nutzungszeit (z.B. nachts, nachmittags) reduziert und Verluste minimiert werden.

3.5 Maßnahmenpakete

Insgesamt werden neun Maßnahmenpakete definiert, welche sich in unterschiedliche Investitions- und Umsetzungsgrade einteilen lassen. Die Zuteilung, welche Maßnahme in welchem Paket berücksichtigt wird, ist in Tabelle 2 aufgelistet. Hinsichtlich der notwendigen Ausgaben wird in keine, eine mittlere und eine

höhere Investition unterschieden. Die Maßnahmen zur Verhaltensanpassung können ohne eine Investitionstätigkeit erfolgen, wodurch die mögliche Anwendung auch bei Haushalten mit geringen finanziellen Mitteln sichergestellt ist.

Die Einteilung in unterschiedliche Umsetzungsgrade bezieht sich auf die Intensität der Maßnahme sowie die Menge der realisierten Maßnahmen. So wird eine Reduktion der Raumtemperatur auf 20 °C beispielsweise als kleiner, während eine Reduktion auf 19 °C als mittlerer Umsetzungsgrad definiert. Die Maßnahmenpakete zeigen jeweils die prozentualen Einsparungen hinsichtlich der Raumwärme und des Trinkwarmwasserbedarfs separat auf.

An dieser Stelle sei nochmals darauf hingewiesen, dass die prozentualen Einsparungen bei der Raumwärme und dem Trinkwarmwasser nicht gleichgesetzt werden können, da sie je nach Gebäude einen unterschiedlichen Anteil am Gesamtenergiebedarf ausmachen.

4 Einsparpotentiale

Abbildung 1 und 2 zeigen die prozentualen Einsparungen der 10 Maßnahmen zur Reduktion des Raumwärmebedarfs und der acht Maßnahmen zur Senkung des Energiebedarfs für Trinkwarmwasser. Zusätzlich zu den durchschnittlichen Einsparungen, welche durch das arithmetische Mittel angegeben werden, wird die jeweilige Streuung der berechneten Einsparpotentiale durch Angabe der Standardabweichung angezeigt.

4.1 Senkung des Raumwärmebedarfs

In Abbildung 1 sind die prozentualen Einsparungen der Maßnahmen eins bis zehn mit dem Streuband dargestellt. Eine Anpassung des Verhaltens in Bezug auf Raumwärme führt zu Einsparungen zwischen 6 % bis 18 %, während eine einfache Anpassung der Technik ein Einsparpotential von 1 % bis 17 % aufweist. Als effektivste

Maßnahme hinsichtlich einer Verhaltensanpassung sind Maßnahme 2 und 5 hervorzuheben. Bei der Maßnahme 2 wird die Raumtemperatur um 2 K reduziert, wodurch durchschnittlich 18 % eingespart werden können. Diese Anpassung der Raumtemperatur wird durch die Nutzer deutlich wahrgenommen, eine Innenraumtemperatur von 19 °C kann jedoch mit Wahl einer wintergerechten Bekleidung akzeptabel sein.

Die Kombination einer Absenkung auf 20 °C und einer Nachtabsenkung (Maßnahme 5) erzielt mit 16 % bezogen auf eine Verhaltensanpassung die zweithöchste Einsparung. Eine Nicht-Beheizung eines ausgewählten Raums führt in den Berechnungen zu einer durchschnittlichen Einsparung von 6 %. In der vorliegenden Untersuchung wurde der Flur als nicht beheizter und vorher beheizter Raum gewählt, der nur einen geringen Anteil am Gesamtwärmebedarf ausmacht.

Hinsichtlich einer Anpassung der Technik sticht die Kellerdeckendämmung mit einer durchschnittlichen Einsparung von 17 % deutlich hervor. Bei dieser Berechnung wird angenommen, dass sich diese hohe Einsparung auf die Dämmung der Decke eines unbeheizten Kellers bezieht. Wird der Raum bereits beheizt oder weist die Trennwand zwischen Keller und Erdgeschoss bereits einen höheren Dämmstandard auf, wird ein geringeres Einsparpotential erwartet.

Im Gegensatz dazu zeigt die zusätzliche Dachdämmung nur ein geringes Einsparpotential. Der Vergleichsfall bezieht sich jedoch auf ein bereits gedämmtes Dach, das dem jeweiligen Dämmstandard entspricht. Dadurch fallen die Potentiale über alle Dämmstandards und Standorte hinweg gering aus. Ist das Dach jedoch nicht gedämmt, so werden deutlich höhere Einsparpotentiale erschlossen.

4.2 Senkung des Trinkwarmwasserbedarfs

In Abbildung 2 sind die prozentualen Einsparungen aller Maßnahmen mit dem Streuband dargestellt. Die Bandbreite in den Bewertungen ent-

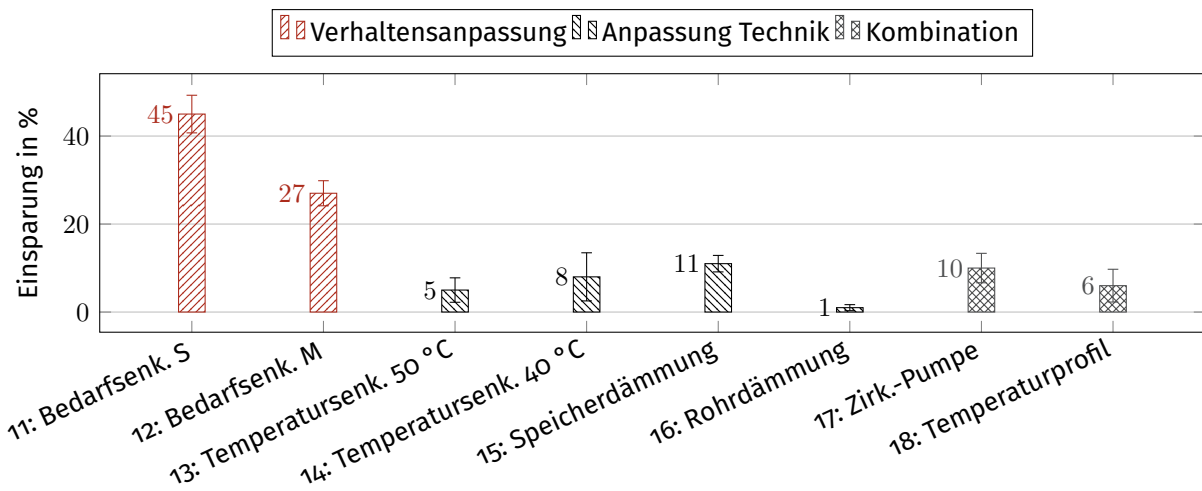


Abbildung 2 – Bewertung der prozentualen Energieeinsparungen des Trinkwarmwasserbedarfs durch Einzelmaßnahmen. Der Fehlerbalken gibt die Standardabweichung um den Mittelwert an.

steht, da hier der Effekt der einzelnen Maßnahmen unter verschiedenen Randbedingungen bewertet wird. Beispielsweise sind die Einsparung der Maßnahme *Speicherdämmung* kleiner, wenn eine niedrigere Solltemperatur von 40 °C voreingestellt ist.

Das größte Einsparpotential im Trinkwarmwasserbereich bietet die Verhaltensanpassung *Bedarfsreduktion*. Zwar sind die berechneten Einsparungen mit 27% (Profil M) und 45% (Profil S) groß, jedoch beträgt die theoretisch maximale Einsparung 50% (Profil M) sowie 82% (Profil S). Die Diskrepanz zwischen diesen Werten entsteht, da der Warmwasserspeicher unabhängig vom Bedarf auf Temperatur gehalten wird, Wasser im Gebäude zirkuliert, sowie Vorgänge zur thermischen Desinfektion notwendig sind. Wenn alle Maßnahmen zur Reduktion der Verluste im Trinkwarmwassersystem umgesetzt werden (Paket 9), kann der theoretische Maximalwert für die Einsparungen nahezu erreicht werden. Dieses Beispiel zeigt, dass neben der Bewertung von Einzelmaßnahmen auch die Bewertung von Maßnahmenkombinationen im Sinne der vorgestellten Pakete sinnvoll und notwendig ist.

Technische Maßnahmen zur Reduktion des Trinkwarmwasserbedarfs umfassen die Rohr- und Speicherdämmung, sowie die Absenkung der Solltemperatur des Trinkwarmwassers. Die Rohrdämmung bietet Einsparungen von ca. 1%. Da

kurze Leitungen zwischen Speicher und Wand berechnet wurden (Gesamtlänge 2 m), könnten die Einsparungen in der Realität je nach Leitungsführung größer sein. Die Speicherdämmung wird über die Senkung der Bereitschaftsverluste von 3 kWh (Effizienzklasse D) auf 0,5 kWh (Effizienzklasse A+) berechnet. Eine so effiziente Dämmung ist bei alten Speichern nur schwer erreichbar und impliziert daher die Neuanschaffung des Speichers. Dadurch entstehen Kosten, die nur bei einer geringen Restnutzungszeit des Speichers gerechtfertigt sind. Mit Einsparungen im Bereich von 11% sind die Einsparungen in den meisten Fällen nicht ausreichend, um diese Investition kurzfristig zu refinanzieren.

Die Absenkung der Trinkwarmwassersolltemperatur ist theoretisch möglich, da Trinkwassertemperaturen von 40 °C für eine Dusche ausreichend sind. Zu bedenken ist allerdings, dass bei Temperaturen unter 55 °C Legionellenbildung¹² auftreten kann. Dies erfordert eine regelmäßige thermische Desinfektion (hier angenommen: alle 3 Tage). **Sollte die Heizungsanlage kein Programm zur thermischen Desinfektion aufweisen, sollte die Soll-Temperatur nicht unter 60 °C eingestellt werden.**

¹²Van Kenhove, Elisa - Coupled Thermohydraulic and Biologic Modelling of Legionella Pneumophila Proliferation in Domestic Hot Water Systems - 2018

		Investition		
		kein	mittel	hoch
 Verhaltensumstellung/Umsetzungsgrad	klein	Paket 1 9 % bis 10 % 9 % bis 10 %	Paket 4 15 % bis 18 % 14 % bis 15 %	Paket 7 27 % bis 33 % 16 % bis 17 %
		Paket 2 14 % bis 16 % 42 % bis 47 %	Paket 5 24 % bis 29 % 54 % bis 60 %	Paket 8 34 % bis 41 % 55 % bis 60 %
	mittel	Paket 3 26 % bis 30 % 66 % bis 69 %	Paket 6 30 % bis 35 % 73 % bis 79 %	Paket 9 42 % bis 49 % bis 81 %
		hoch		

Abbildung 3 – Maßnahmenpakete unterteilt in Umsetzungsgrad von klein bis hoch und Investitionsumfang von kein bis hoch.

Die Maßnahmen Zirkulationspumpen- und Temperaturprofil erfordern eine Einstellung an dem vorhandenen Trinkwarmwassersystem und eine Anpassung des eigenen Verhaltens. Die Einstellungen für den Betrieb der Zirkulationspumpe und die zeitlichen Vorgaben für die Trinkwarmwassertemperatur können bei höherwertigen Wärmeerzeugern an dem Bediengerät oder über eine APP des Herstellers vorgenommen werden.

In den Zeiten, in denen die Zirkulationspumpe nicht betrieben wird, steht Trinkwarmwasser nur mit einer Verzögerung an den Zapfstellen zur Verfügung, da das gesamte Trinkwarmwassernetz nicht durchgehend durchströmt wird. In diesen Zeiträumen kann durch die Nutzung von ausschließlich kaltem Wasser Verschwendung vermieden werden.

In den Zeiträumen mit abgesenkten Trinkwarmwassertemperaturen müssen ebenfalls Nutzungseinschränkungen akzeptiert werden, da die maximalen Wassertemperaturen an allen Zapfstellen eines Gebäudes geringer ausfallen. Diese Punkte sind insbesondere bei Mehrfamilienhäusern relevant, da hier sehr un-

terschiedliche Nutzer und Nutzergewohnheiten beachtet werden müssen.

Je nach Umsetzungsgrad der Verhaltensanpassung sind Zeitfenster von Nachtabsenkung über morgens und abends hin zu nur einmal am Tag berechnet worden. Die jeweiligen Einsparpotentiale liegen mit 10 % und 6 % ähnlich hoch wie die Neuanschaffung eines Speichers. Falls Zeitprofile für Pumpen und Temperatur ohne neue Anlagentechnik realisierbar sind, sind diese Maßnahmen ohne weitere zusätzliche Kosten umsetzbar. Einzig die Flexibilität, an beliebigen Tages- und Nachtzeiten Warmwasser zu nutzen, geht verloren. Wie auch bei der Temperaturabsenkung gilt für beide Maßnahmen, **dass der Legionellen-schutz sichergestellt sein muss.**

4.3 Maßnahmenpakete

In Abbildung 3 sind die Einsparpotentiale von neun definierten Maßnahmenpaketen dargestellt. Diese werden als Kombination der Einzelmaßnahmen nach ihrem Umsetzungsgrad sowie der Höhe der notwendigen Investition unterteilt (siehe Tabelle 2).

Bereits mit dem **kleinsten Maßnahmenpaket 1**, welches nur einen kleinen Aufwand und keine Investition erfordert, können bereits 9 % bis 10 % an Raumwärme und an Energie für Trinkwarmwasser eingespart werden. Eine Erhöhung der Intensität der Maßnahmen resultiert dann in einem Potential bis zu 30 % hinsichtlich des Raumwärmebedarfs und bis zu 69 % bezogen auf den Trinkwarmwasserbedarf (Maßnahmenpaket 3). Diese Maßnahmenpakete sind unabhängig von der Wohnsituation großflächig umsetzbar und erfordern keine gesonderten Anschaffungen oder handwerkliche Expertise.

Die **mittleren Investitionspakete 4 bis 6** zeichnen sich dadurch aus, dass bei nicht ausreichenden eigenen Kenntnissen Fachpersonal mit einbezogen werden sollte und es sind kleinere Investitionen erforderlich. Insgesamt kann hier bereits bei kleinem Umsetzungsgrad das Einsparpotential mit 15 % bis 18 % bezogen auf die Raumwärme beziehungsweise 14 % bis 15 % bezogen auf den Energiebedarf für Trinkwarmwasser fast verdoppelt werden. Insgesamt wird bei höchstem Umsetzungsgrad auf der mittleren Investitionsstufe ein Potential von bis zu 35 % bezüglich der Raumwärme- und bis zu 79 % bezüglich der Energie für Trinkwarmwasser aufgezeigt.

Die **höchste Investitionsstufe** umfasst Materialbeschaffungen für Dämmmaterialien, Lüftungstechnik oder einen neuen Speicher. Auch hier wird für einige der notwendigen Aktivitäten das Hinzuziehen von Fachpersonal empfohlen. Das Einsparpotential auf der niedrigsten Umsetzungsstufe beläuft sich auf bis zu 33 % bezogen auf den Raumwärmebedarf und bis zu 17 % bezogen auf den Energiebedarf für Trinkwarmwasser. Bei Umsetzung bzw. Kombination aller in dieser Studie untersuchten Maßnahmen können Einsparpotentiale hinsichtlich des Raumwärmebedarfs bis zu 49 % bzw. bis zu 81 % hinsichtlich des Energiebedarfs für Trinkwarmwasser aufgezeigt werden. Wird der Anteil der Energie für das Trinkwarmwasser zwischen 3 % und 45 % gemäß des Baustandards eines Gebäudes angesetzt, führt dieses Maßnahmenpaket zu einer maximalen Be-

darfsreduktion zwischen 50 % für ältere Gebäude und 63 % für hochgedämmte Gebäude.

Diese Ergebnisse zeigen, dass ältere Gebäude durch ihren höheren Verbrauch zwar in absoluten Zahlen mehr Energie einsparen können, gleichzeitig ist die mögliche prozentuale Reduktion bei neuen Gebäuden größer. Daher ist die Umsetzung dieser Maßnahmen für alle Gebäude empfehlenswert.

5 Zusammenfassung

Für eine kurzfristige Reduktion des Energie- und Gasverbrauchs im deutschen Gebäudebestand werden einfache und schnell umsetzbare Maßnahmen aufgezeigt und auf Basis detaillierter Berechnungen hinsichtlich ihres Energieeinsparpotentials bewertet und eingeordnet. Dabei werden die Einsparungen getrennt nach dem Energiebedarf für Raumwärme und für Trinkwarmwasser ermittelt.

Die Maßnahmen umfassen sowohl Verhaltensanpassungen der Nutzer, die sich beispielsweise in der Absenkung der Raumsolltemperatur zeigen, als auch technische Einstellungen, die an handelsüblichen Wärmeerzeugern vorgenommen werden können. Zusätzlich werden einfache Dämmmaßnahmen sowie die Nachrüstung einer kontrollierten Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung betrachtet. Auch diese Maßnahmen können bei vorliegender handwerklicher Expertise mit einer überschaubaren Einbindung von Fachpersonal umgesetzt werden. Allerdings müssen natürlich alle sicherheitstechnischen Vorschriften, insbesondere bei elektrischen Installationen, eingehalten werden.

Die Potentiale der Maßnahmen werden sowohl einzeln (siehe Abschnitt 4.1 und 4.2) als auch in Form von neun Maßnahmenpaketen (siehe Abschnitt 4.3) bewertet. Da es sich nur um Berechnungsergebnisse handelt, wird von Bedarfswerten gesprochen. Die messbaren Verbrauchswerte können von diesen Werten abweichen, da sowohl das Nutzerverhalten als auch die mathematische

Beschreibung der Gebäude- und Anlagentechnik die Realität nur annähernd beschreiben können.

Im ersten Teil dieses Beitrags wird gezeigt, dass für den gesamten deutschen Wohngebäudebestand bereits durch sehr einfach umzusetzende Maßnahmen Einsparungen zwischen 10 % und 26 % erreicht werden können. Diese Energieeinsparungen werden ausschließlich durch Anpassungen des Verhaltens und einfache Einstellungen an den vorhandenen Wärmeerzeugern erzielt.

Im zweiten Teil der Studie werden detaillierte Berechnungen für ein typisches Einfamilienhaus an drei Standorten und mit drei repräsentativen Dämmstandards vorgestellt. Hinsichtlich der Auswirkung von Einzelmaßnahmen zeigt sich, dass eine stärkere Absenkung der Raumtemperatur von 21 °C auf 19 °C mit 18 % das höchste Potential aufweist. Diese Maßnahme ist in jedem Gebäude umsetzbar und kann mit einer Anpassung der Bekleidung akzeptabel sein. Weiterhin zeigen die Berechnungen, dass eine Kombination aus einer mäßigeren Reduktion der Raumtemperatur auf 20 °C kombiniert mit einer Nachtabsenkung mit einem Einsparpotential von 16 % (Maßnahme 5) ergibt. So können ohne jede Einschränkung der thermischen Behaglichkeit nennenswerte Einsparungen erreicht werden.

Als technische Anpassung an der Gebäudehülle zeigt die Dämmung der Decke eines ungedämmten und nicht beheizten Kellers mit durchschnittlich 17 % das höchste Einsparpotential. Bei ausreichender Kellerdeckenhöhe und einer guten Zugänglichkeit kann diese Arbeit mit guten handwerklichen Fähigkeiten umgesetzt werden.

Auch hinsichtlich des Energiebedarfs für Trinkwarmwasser kann eine Anpassung des Dusch- und Badeverhaltens eine Reduktion bis zu durchschnittlich 45 % für diesen Anteil der im Gebäude eingesetzten Energie bewirken (Maßnahme 11). Technische Modifikationen resultieren in Einsparungen zwischen 1 % und 11 %.

Die in diesem Beitrag untersuchten neun Maßnahmenpakete führen zu Einsparungen zwischen 9 % und 49 % hinsichtlich des Raumwärmebe-

darfs und zwischen 9 % und 81 % bezogen auf den Energiebedarf für Trinkwarmwasser. Insbesondere konnte gezeigt werden, dass kurzfristig und ohne Investitionen umsetzbare Maßnahmen bereits zu Einsparungen bis zu 30 % bezogen auf den Raumwärmebedarf und bis zu 69 % bezüglich des Energiebedarfs für Trinkwarmwasser führen können.

Die Bestandsgebäude bieten somit ein ausreichendes Potential, um der Erdgasverknappung zu begegnen. Allerdings muss es gelingen, die Nutzer und die Gebäudeeigentümer zu einer schnellen Umsetzung einiger der hier diskutierten Maßnahmen zu motivieren.

Danksagung

Einige der in dieser Untersuchung berechneten Einsparungen wurden auch in einer Umfrage im Rahmen des 11. Projektleitungstreffens *Energiewendebauen* von den beteiligten Experten genannt und bewertet. Diese Informationen waren für die Autoren für die Auswahl von Maßnahmen sehr hilfreich. Die Arbeit wurde durch das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz geförderte Projekt BF 2020: Begleitforschung Energiewendebauen Modul Gebäude (Förderkennzeichen 03EWB002A) und Eigenmittel der RWTH Aachen und der TU Berlin finanziert.

Die Verantwortung für den Inhalt liegt alleine bei den Autoren.

Tabelle 2 – Übersicht über die definierten Maßnahmenpakete.

		Pakete	Paket 1	Paket 2	Paket 3	Paket 4	Paket 5	Paket 6	Paket 7	Paket 8	Paket 9
		Investitionsgrad	kein	kein	kein	mittel	mittel	mittel	hoch	hoch	hoch
		Umsetzungsgrad	klein	mittel	hoch	klein	mittel	hoch	klein	mittel	hoch
Anpassung des Verhaltens	1.	Absenkung 20 °C	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	2.	Absenkung 19 °C			x			x			x
	6.	Raum ausstellen		x	x		x	x			x
	3.	Nachtabsenkung			x			x			x
	4.	Zeitprofil				x	x	x	x	x	x
	13.	Temperatursenkung TWW 50 °C	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	11.	Mittlere Wasch- und Duschzeiten		x	x		x	x		x	x
	18.	Temperaturprofil Nachtabsenkung	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	18.	Temperaturprofil Morgens und Abends		x	x		x	x		x	x
	18.	Temperaturprofil Morgens			x			x			x
	12.	Kurze Wasch- und Duschzeiten			x			x			x
	14.	Temperatursenkung TWW 40 °C			x			x			x
Anpassung Technik	9.	Abdichtung Fenster					x	x		x	x
	8.	Kellerdeckendämmung							x	x	x
	7.	Dachdämmung								x	x
	10.	WRG dezentral									x
	17.	Zirkulationspumpe Nachtabsenkung				x	x	x	x	x	x
	17.	Zirkulationspumpe Morgens und Abends					x	x		x	x
	17.	Zirkulationspumpe Morgens						x			x
	16.	Rohrdämmung						x	x	x	x
15.	Speicherdämmung										x