

Durch intelligente Heizungsregelung realisierbare Energie-Einsparpotentiale

Dr.-Ing. Matthias Kersken
Fraunhofer Institut für Bauphysik IBP
Holzkirchen, Deutschland



Durch intelligente Heizungsregelung realisierbare Energie-Einsparpotentiale

1. Hintergrund

Intelligente Regelungen in Wohngebäuden, manche werden als «Smart Home» bezeichnet, werden häufig mit dem Argument der Energieeinsparung assoziiert und teils damit beworben. Potentiale zur Einsparung sind unzweifelhaft vorhanden, allerdings nicht bezüglich jeden Aspekts und ohne Vorbedingungen. So spart beispielsweise alleine die Tatsache, dass eine Funktion fern- bzw. über das Smartphone steuerbar ist, noch keine Energie ein. Im Gegenteil, zunächst muss jede Steuerbarkeit mit einem zusätzlichen Stromverbrauch inkl. Standby-Verlusten erkaufte werden, die je nach gewähltem System in ihrer Höhe sehr unterschiedlich ausfallen können. Hieraus ergibt sich, dass Smart Home-Systeme unter dem Aspekt der Energieeinsparung, unbeachtet anderer Aspekte wie Komfort oder Sicherheit, nur dort eingesetzt werden sollten, wo signifikante Energiemengen verbraucht werden. Als mögliche Anwendungen können hier z. B. die Heizenergie, der Sonnenschutz (Kühlenergie / sommerliche Überhitzung) oder Lastverschiebung größerer elektrischer Verbraucher zur Erhöhung des PV-Eigenverbrauchs genannt werden. Im hier dargelegten Referat werden energetische und ökonomische Einsparpotentiale bezüglich des Heizwärmebedarfs von Heizungsanlagen mit Gaskessel und klassischen Heizkörpern auf Basis von entsprechenden thermisch-energetischen Gebäudesimulationen bewertet. Die Veröffentlichung fasst die Ergebnisse aus mehreren Untersuchungen im Industrierauftrag zusammen.

2. Randbedingungen

Der Heizenergieverbrauch einer Wohneinheit (Gebäude bzw. Wohnung) ist im Wesentlichen eine Funktion der während der Heizperiode auftretenden mittleren Temperaturdifferenz zwischen innen und außen und der energetischen Qualität der Bausubstanz. Entsprechend stellen diese beiden Parameter zwar nicht die einzigen, aber die wichtigsten beiden Randbedingungen für eine derartige Untersuchung dar.

2.1. Temperaturen und Nutzungsprofile

Da die Außentemperatur nicht beeinflusst werden kann und auch die Raumlufttemperaturen bei Anwesenheit der Bewohner komfortabel sein müssen, kann eine Heizenergieeinsparung durch reduzierte Raumlufttemperaturen im Wesentlichen nur während der Abwesenheitszeiten realisiert werden. Die Erschließung der Heizenergieeinsparpotentiale erfolgt bei allen intelligenten Regelungen, zumindest anteilig, über die gezielte Reduktion der Temperaturdifferenz bei gleichzeitiger Vermeidung von Komforteinbußen. Dies wird durch ein Absenken der Lufttemperaturen in der Wohneinheit bzw. den einzelnen Räumen der Wohneinheit bei Abwesenheit erreicht. Rechtzeitiges Wiederaufheizen vor Nutzungsbeginn vermeidet (in der Regel) Komforteinschränkungen. Zur Realisierung dieser Absenkezeiten existieren zahlreiche Ansätze, die verbreitetsten sind einfach programmierbare (Interface) Zeitpläne, Anwesenheitserkennung mit Lernfunktion und Geofencing (Positionsauswertung zugeordneter Smartphones).

Unabhängig von der systemspezifischen Quelle der Abwesenheitszeiten ist für die Betrachtung im Rahmen einer Simulation die Verwendung von reproduzierbaren und realitätsnahen Nutzungsprofilen essenziell für die Qualität der Ergebnisse. Dies gilt sowohl für die intelligente Regelung als auch für den Referenzfall mit »normaler« Regelung. Für den Referenzfall werden die Berechnungsgrundlagen der EnEV [1] bzw. GEG [2] herangezogen, in diesem Fall DIN V 18599 Teil 10 [3]. Hier wird für Wohngebäude eine konstante Raumlufttemperatur von 20 °C angesetzt, mit einer Nachtabschaltung (Einfamilienhaus) bzw. Nachtabsenkung (4 K, Mehrfamilienhaus) von 23:00 bis 6:00 Uhr. Für die Bewertung der intelligenten Regelung hat das Fraunhofer IBP, basierend auf Umfragedaten [4], realitätsnahe und statistisch belegte raumweise Anwesenheitsprofile erstellt. Diese können für unterschiedliche Haushaltsgrößen und unterschiedliche Lebenssituationen (Arbeitnehmer, Schüler, ...) erstellt werden. So kann z. B. zwischen einem berufstätigen Single und einer

Familie mit zwei vollberufstätigen Erwachsenen und einem bzw. zwei Kindern unterschieden werden. Diese beiden Nutzungsprofile sind beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt. Aus den raum- bzw. wohnheit-weisen Nutzungszeiten können entsprechende Zeiten mit Komfort- und Absenkttemperaturen (hier 21 °C / 17 °C), inkl. Berücksichtigung von Aufheizzeiten, abgeleitet werden.

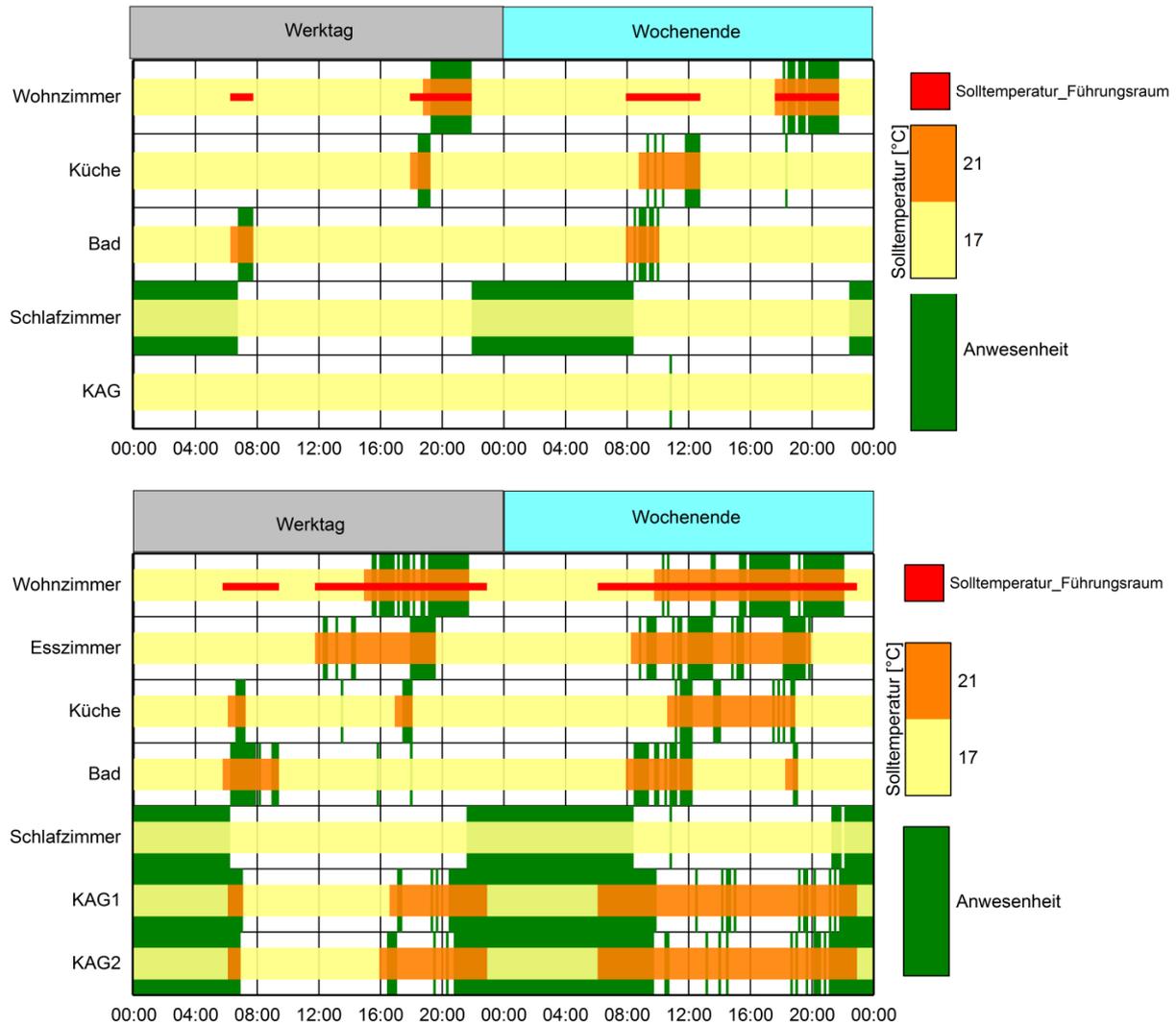


Abbildung 1: Raumweise Nutzungszeiten für einen berufstätigen Single (oben) und eine 4-köpfige Familie mit zwei berufstätigen Erwachsenen (unten) inkl. der aus der Nutzung resultierenden raumweisen Solltemperaturprofile. Die Umhüllende aller raumweisen Heizzeiten für eine wohnheit-zentrale Temperaturregelung (z. B. Führungsraum) ist rot im Wohnzimmer mit dargestellt. »KAG« repräsentiert eine gemischte Raumnutzung aus Kinder-, Arbeits- und Gästezimmer.

2.2. Gebäude – Geometrie und energetische Qualität

Zur Festlegung repräsentativer Grundrisse werden der Literatur sowohl typische Wohneinheitsgrößen [5] als auch Baualter [6] mit entsprechenden energetischen Qualitäten (unsanierter Fall) [7] entnommen. Die energetische Qualität der Neubaufälle entspricht der EnEV-Referenztechnik [1]. Diese beiden Wohneinheiten sind in Abbildung 2 dargestellt. Bei der Geschosswohnung (GW) handelt es sich um einen generischen Grundriss, während für das Einfamilienhaus (EFH) die Geometrie der Zwillingshäuser am Fraunhofer IBP verwendet wird [8].

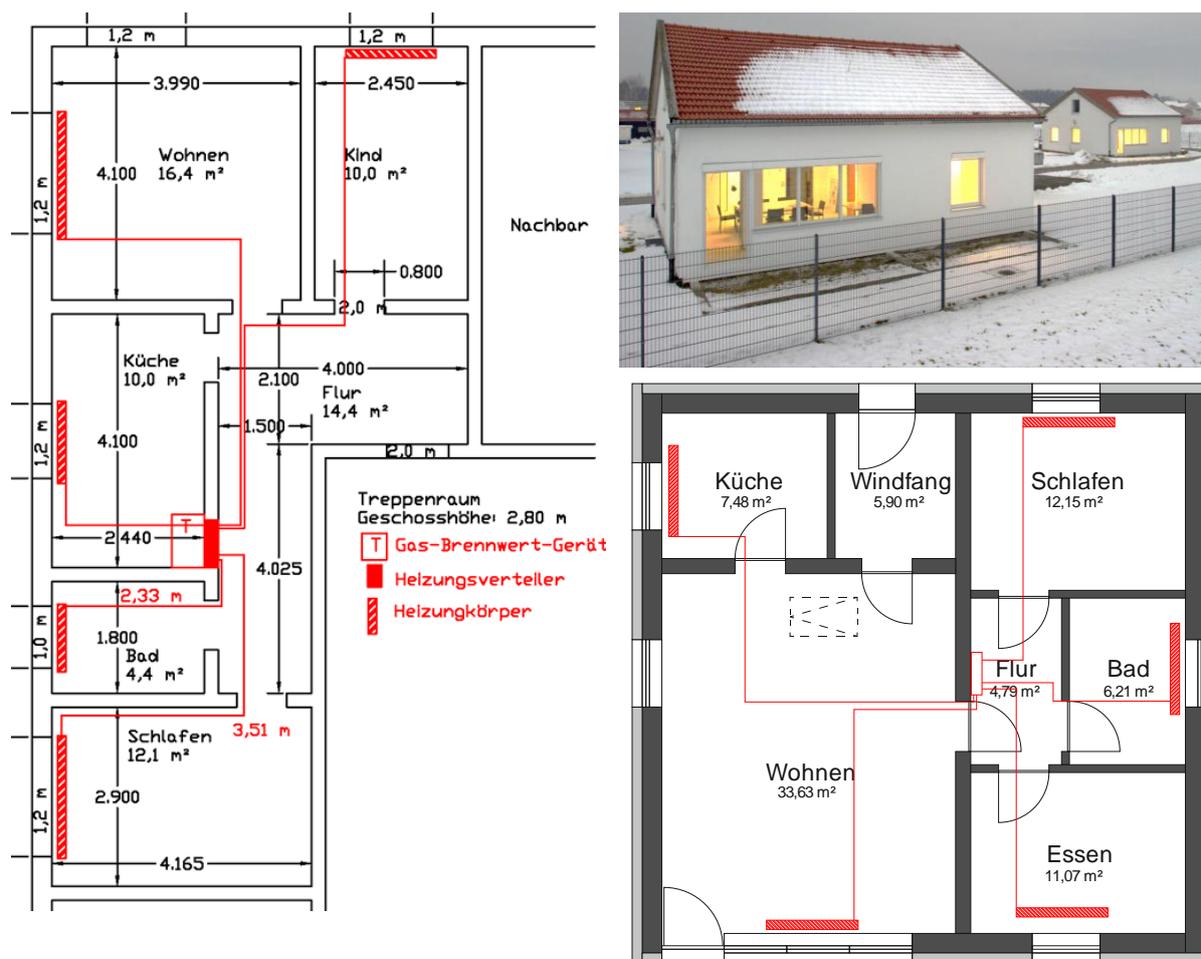


Abbildung 2: Grundriss der Typ-Geschosswohnung (links) und des Erdgeschosses des Zwillingshauses am Fraunhofer IBP (rechts) inkl. Heizkörperpositionen, Verteilnetz und Etagenverteiler.

2.3. Heizsystem

In fast allen hier zusammengefassten Studien wurde für den Wirkungsgrad des in der Simulation betrachteten Gas-Brennwert- bzw. Niedertemperatur-Kessels ein Effizienzkennfeld eines realen Wärmeerzeugers zu Grunde gelegt. Die Hydraulik des Heizsystems wird modelliert und die resultierenden Volumenströme sowie die Vor- und Rücklauftemperaturen an allen Systemkomponenten in 1-Minuten-Schritten simuliert. Hierdurch können am Wärmeerzeuger stets die aktuellen Arbeitspunkte abgebildet werden. An dieser Stelle sei erwähnt, dass Gas-Brennwert- und Niedertemperatur-Kessel am maximalen Leistungspunkt nicht pauschal die geringste Effizienz aufweisen. Diese hängt vor allem von der Höhe der Vor- und Rücklauftemperaturen ab. Trinkwarmwasser(TWW)-Zapfungen sind im Durchlauferhitzer-Prinzip berücksichtigt.

Ein weiterer wichtiger Aspekt, der die erschließbaren Einsparpotentiale beeinflusst, ist die Auslegung der Heizkörper. Sind diese sehr klein dimensioniert (geringe Heizleistung), müssen die Phasen zur Wiederaufheizung des Gebäudes länger gewählt werden, was wiederum die Dauer der möglichen Absenkerperioden reduziert. In gewissen Grenzen kann eine kleine Heizkörperauslegung durch eine Anhebung der Vorlauftemperatur und eine Erhöhung der maximalen Modulation (Begrenzung der Heizleistung zur Anpassung des Systems an die Heizlastberechnung) des Wärmeerzeugers kompensiert werden. Die Heizkörper in den hier betrachteten Studien sind nach DIN EN 12831 [9] entsprechend der Raumheizlast ausgelegt und berücksichtigen einen Zuschlag für instationäres Aufheizen (30 Minuten).

3. Methodik und Potentiale

3.1. Methode

Für alle betrachteten Fälle werden zwei Szenarien simuliert und miteinander verglichen. Einerseits das Untersuchungsszenario, welches durch Gebäudetyp, Baustandard, Nutzungsprofil und Funktionsumfang der intelligenten Regelung definiert ist. An dieser Stelle sei angemerkt, dass einige der untersuchten Regelungen zusätzlich zur reinen Absenkung der Raumlufttemperaturen über weitere Funktionalitäten wie die Berücksichtigung einer Wetterprognose oder einer Rollladensteuerung verfügen. Zusätzlich wird jeweils ein Referenzszenario berechnet, das aus demselben Gebäude, derselben Nutzung und einem identischen Wärmeerzeuger besteht, aber eine Regelung entsprechend der EnEV-Referenztechnik aufweist. Zwischen jeweils diesen beiden Szenarien wird die Veränderung im Energiebedarf inkl. den entsprechenden ökonomischen Auswirkungen und die Veränderung der Raumlufttemperaturen während der Nutzungszeit (Komfort) bewertet.

3.2. Energie-Einsparpotentiale

Die Bewertung der Energieeinsparpotentiale erfolgt relativ, bezogen auf die jeweilige Referenzvariante, da diese Publikation Wohneinheiten mit sehr unterschiedlichen absoluten Wärmebedarfswerten beinhaltet. Hier muss zwischen Einsparung bezüglich der Endenergie für Heizung und Heizung inkl. TWW-Bereitung unterschieden werden, da die absolute Einsparung dieselbe ist, jedoch nicht der absolute Bedarf, auf den die Einsparung bezogen wird. Entsprechend fallen die relativen Reduktionen bezogen auf den Gesamtbedarf von Heizung und TWW-Bereitung (siehe Abbildung 3) geringer aus als bei Bezug ausschließlich auf den Bedarf für die Gebäudebeheizung (in dieser Publikation nicht weiter thematisiert). Abbildung 3 zeigt die ermittelten Einsparpotentiale für den Neubau und den unsanierten Altbau. Es wird sowohl nach der Haushaltsgröße (Personenanzahl) als auch nach dem Typ der Wohneinheit unterschieden. Hierbei zeigt sich, dass die Potentiale bei geringer Haushaltsgröße und beim Einfamilienhaus höher sind. Bei kleinen Haushalten mit wenigen Personen sind die durchschnittlichen Abwesenheitszeiten und damit die möglichen Absenkezeiträume länger. Die Geschosswohnung kühlt sich wegen der Nachbarwohnungen während der Absenkezeiten langsamer aus, weswegen sich die Temperaturdifferenz im Heizperiodenmittel zur Außenluft weniger stark reduziert als beim EFH. Eine detailliertere Analyse der Einsparpotentiale findet sich in [10].

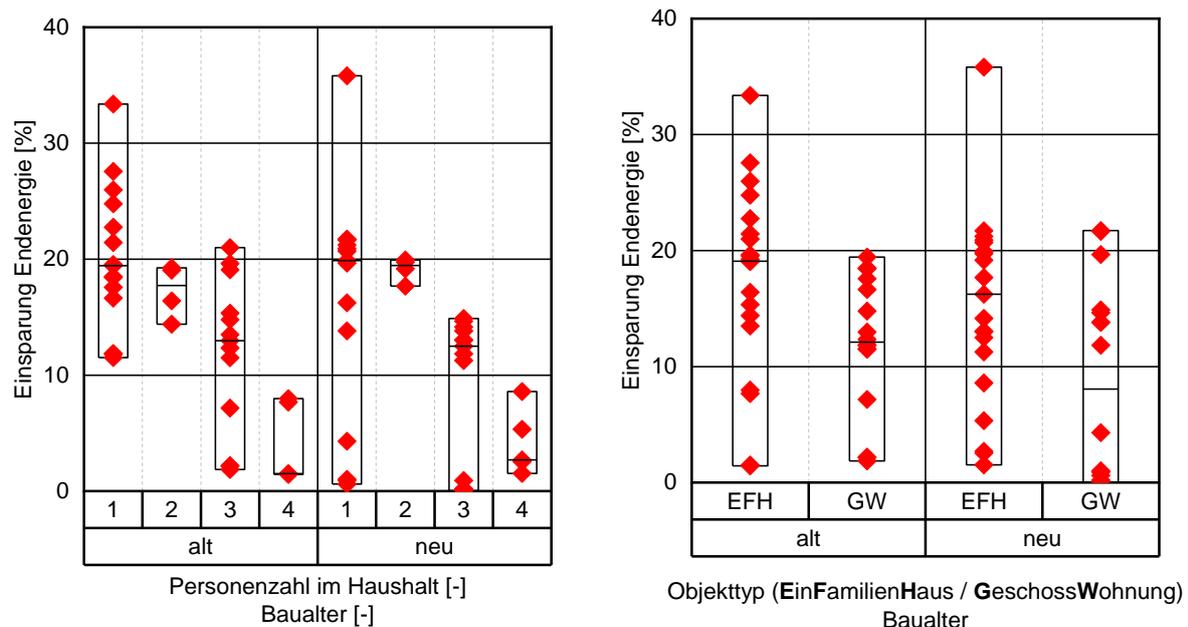


Abbildung 3: Prozentuale Einsparpotentiale beim Endenergiebedarf für Heizung und Trinkwarmwasser in Abhängigkeit von der Haushaltsgröße und dem Baualter (links) sowie in Abhängigkeit von der Art der Wohneinheit und dem Baualter (rechts).

3.3. Ökonomische Bewertung

Zur Bewertung der ökonomischen Effekte wird die absolute energetische Einsparung [kWh/a] mit einem Gaspreis von 5,6 ct/kWh multipliziert. In Abbildung 4 zeigt sich, dass die ökonomischen Einsparpotentiale, analog zu den energetischen Einsparpotentialen, mit kleinerer Haushaltsgröße steigen. Allerdings kann ebenfalls erkannt werden, dass diese Potentiale sowohl bei der Geschosswohnung als auch im Neubaubereich geringer sind, was in den absolut geringeren Wärmebedarfswerten begründet ist.

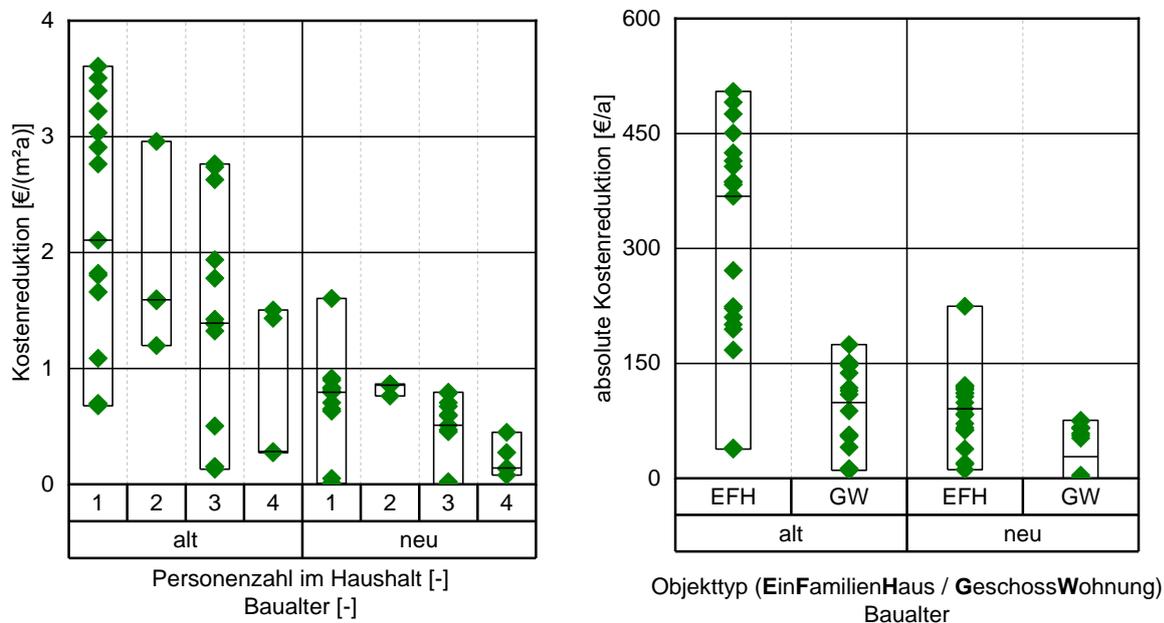


Abbildung 4: Ökonomische Einsparpotentiale für die Heizung in Abhängigkeit von der Haushaltsgröße und dem Baualter (links) sowie in Abhängigkeit von der Art der Wohneinheit und dem Baualter (rechts).

3.4. Auswirkungen auf das Raumklima

Zur Bewertung des Einflusses auf das Raumklima wird sowohl für den untersuchten Fall mit intelligenter Raumregelung als auch für den dazugehörigen Referenzfall der Anteil an Stunden in der Heizperiode berechnet, in denen sich, während der Nutzungszeiten der Räume (Nutzungsprofil), die Raumlufttemperaturen außerhalb der Komfort-Kategorie II (Neubau) bzw. Kategorie III (unsanierter Bestandsbau) nach DIN EN 15251 [11] befinden. Hieraus wird die relative Veränderung zum Referenzfall ermittelt. Diese Veränderung ist in Abbildung 5 in Abhängigkeit von dem relativen energetischen und dem ökonomischen Einsparpotential dargestellt. Es ist ein gewisser Zusammenhang zwischen Einsparpotential und Veränderung des Komforts erkennbar, allerdings mit einer starken Streuung. Dies zeigt, dass die Einsparung teils mit einer gewissen Reduktion des Komforts einhergeht, vor allem aber, dass die Qualität der Regelung bzw. deren Parametrisierung ausschlaggebend für das Raumklima ist. Bemerkenswert sind vor allem die negativen Werte auf der X-Achse auf der linken Seite beider Grafen. Hier zeigt sich, dass es möglich ist, sowohl das Raumklima zu verbessern als auch gleichzeitig Energie bzw. Geld zu sparen.

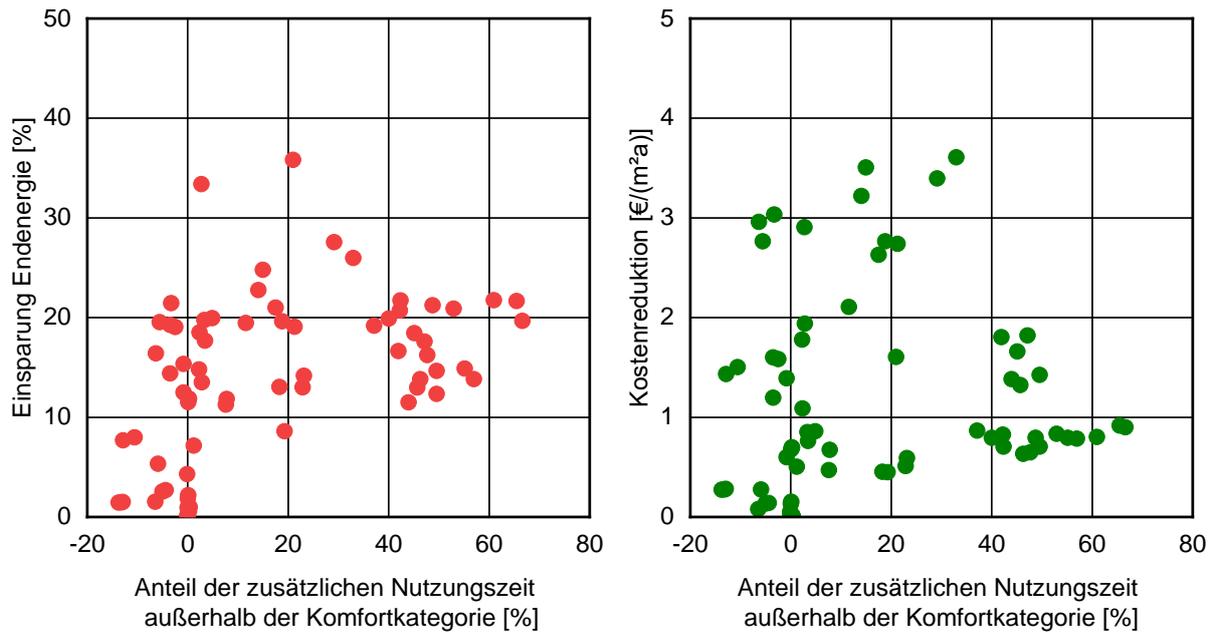


Abbildung 5: Prozentuale Erhöhung des Anteils der Nutzungszeiten außerhalb der zulässigen Komfortkategorie bezogen auf die Referenzregelung. Die negativen Werte auf den linken Seiten der X-Achsen entsprechen somit einer Verbesserung des thermischen Raumklimas. Links dargestellt in Abhängigkeit von der prozentualen Endenergieeinsparung, rechts vom spezifischen Energiekostenreduktionspotenzial.

4. Zusammenfassung

In dieser Veröffentlichung werden mehrere Industriestudien zusammengefasst, die sich mit den Einsparpotentialen der intelligenten Regelung von Gasheizungen bzw. Raumlufttemperaturen beschäftigen. Es zeigt sich, dass diese Potentiale umso größer sind, je kleiner die Haushaltsgröße (wenig Personen) und je höher der absolute Energiebedarf der betrachteten Wohneinheit ist. Die maximal erreichbaren Energieeinsparungen der hier betrachteten Szenarien liegen im Bereich von 30 % bzw. bei 500 €/a. Eine Verringerung des Temperaturkomforts findet nicht zwingend parallel statt. Für die Realisierung dieser Einsparpotentiale ist es einerseits erforderlich, dass es ausreichend lange Abwesenheitszeiten gibt, in denen die Raumlufttemperaturen ohne Komforteinbußen reduziert werden können, und andererseits, dass das Heizsystem nicht unterdimensioniert ist und somit ein Wiederaufheizen der Räume innerhalb einer möglichst kurzen Zeitspanne erlaubt. Weiterführende Analysen finden sich beispielsweise in [10] und [12].

5. Literaturverzeichnis

- [1] EnEV - Energieeinsparverordnung – Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden – Stand der Zweiten Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung vom 18. November 2013 (BGBl. I S. 3951).
- [2] Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (GebäudeEnergieGesetz - GEG) vom 8.08.2020.
- [3] DIN V 18599: Teil1-10:2018-09: Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung.
- [4] Eurostat, Harmonized European Time of Use Survey, 2000..
- [5] Bayerische Landesamt für Statistik, „Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung: Statistischer Bericht. Version für 2014 verfügbar unter https://www.statistik.bayern.de/medien/presse/156_2015_56_f_statistische_bericht.xls,” 28.06.2016. [Online]. Available: https://www.statistik.bayern.de/medien/presse/156_2015_56_f_statistische_bericht.xls.

- [6] Bayerisches Landesamt für Statistik, „Ergebnis des Zensus 2011 zum Berichtszeitpunkt 9. Mai 2011, Statistische Ämter des Bundes und der Länder, 2014,“ 28 06 2016. [Online]. Available: https://ergebnisse.zensus2011.de/#dynTable:statUnit=GEBAEUDE;absRel=ANZAHL;ags=09;agsAxis=X;yAxis=BAUJAHR_MZ.
- [7] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie und Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand, 7. April 2015.
- [8] H. Sinnesbichler und I. Heusler, „Zwillingsforschung in der Bauphysik,“ HLH, Bd. 66, Mai 2015.
- [9] DIN EN 12832 Beiblatt 1:2008-07:Heizsysteme in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast – Nationaler Anhang NA.
- [10] M. Kersken, H. Sinnesbichler und H. Erhorn, „Analyse der Einsparpotenziale durch Smarthome und intelligente Heizungsregelungen,“ Bauphysik, pp. 276 - 285, DOI: 10.1002/bapi.201800003, Oktober 2018.
- [11] DIN EN 15251:2012-12: Eingangparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik; Deutsche Fassung EN 15251:2007.
- [12] M. Kersken und H. Sinnesbichler, „IBP-MITTEILUNG 527 - SIMULATIONSSTUDIE ZUM ENERGIEEINSPARPOTENTIAL EINER HEIZUNGSREGELUNG MIT ABWESENHEITSERKENNUNG UND WETTERPROGNOSE,“ Fraunhofer IBP, Stuttgart, 2013.