

Thermische Flexibilität von Gebäuden: Potenziale, Methoden und Erkenntnisse für ein zukunftsfähiges Energiesystem

FfE Whitepaper

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Executive Summary

Hinweis: Bei der vorliegenden Veröffentlichung handelt es sich um ein Whitepaper. Das heißt, dass wir, die FfE, unser aktuelles Verständnis zu der thermischen Flexibilität der Gebäudehülle vorstellen. Wir freuen uns über Anmerkungen und einen fundierten Austausch mit Expert:innen.

Die Wärmewende stellt Deutschland vor große Herausforderungen: Der Gebäudesektor verursacht fast die Hälfte des Endenergieverbrauchs – und mit dem Hochlauf von Wärmepumpen steigt die elektrische Last erheblich. Doch Gebäude können mehr als nur Energie verbrauchen: Ihre thermische Masse macht sie selbst zu dezentralen Energiespeichern, die Lastspitzen abfedern und Energie zeitlich verschieben können.

Dieser Beitrag stellt ein methodisches und analytisches Vorgehen zur Bewertung der thermischen Flexibilität typischer deutscher Wohngebäude vor, basierend auf einem normgestützten thermischen Netzwerkmodell. Die Ergebnisse zeigen, wie unterschiedlich Baualtersklassen und Sanierungszustände das nutzbare Flexibilitätspotenzial prägen – und dass insbesondere moderne Gebäude wertvolle Speicher darstellen.

Zentrale Ergebnisse:



Durch stundenweise Innenraumtemperaturreduktion lassen sich 4-13 % des täglichen Wärmebedarfs durch eine Wärmespeicherung in der Gebäudehülle verschieben.



Energetische Sanierung: In Gebäuden mit besserer Wärmedämmung lässt sich die Speicherdauer zusätzlich verbessern.



Das praktische Flexibilitätspotenzial wird von diversen Faktoren beeinflusst, wie dem Klima, den Nutzungsbedingungen und den Gebäudecharakteristiken.

Thema: Thermische Flexibilität von Gebäuden – Potenziale, Methoden und Erkenntnisse für ein zukunftsfähiges Energiesystem

Warum thermische Flexibilität wichtig wird

Mit rund 47% des deutschen Endenergieverbrauchs prägt der Gebäudesektor die Energie- und Klimabilanz maßgeblich [1]. Gleichzeitig werden heute 75 % aller Wohnungen fossil beheizt [2], während politische Szenarien bis 2030 von 6 Mio. Wärmepumpen ausgehen [3]. Dies würde bedeuten, dass Wärmepumpen zukünftig 26 % des Heizwärmeverbrauchs ausmachen. Zum Vergleich geht man von einem Anteil der Gaskessel von 38 % im Jahr 2030 aus [3].

Damit verschiebt sich der Wärmebedarf zunehmend ins Stromsystem – ein System, das bereits mit fluktuierenden erneuerbaren Energien arbeiten muss. Flexibilität ist daher ein zentrales Element eines stabilen zukünftigen Energiesystems. Im Wärmesektor kann diese sowohl durch flexible Wärmeerzeugung als auch durch Speicherung bereitgestellt werden. Beides ist sowohl zentral im Wärmenetz als auch dezentral in Gebäuden möglich. Gebäude selbst bieten dabei eine oft unterschätzte und bislang nicht aktiv genutzte Möglichkeit: Ihre Gebäudemasse (Wände, Böden, Decken) kann Wärme aufnehmen, speichern und zeitverzögert abgeben. Das macht sie – ganz ohne zusätzliche Speicher – zu dezentralen, verteilten Flexibilitätsressourcen.

Eine großflächige Abschätzung wird bislang durch die Heterogenität des Gebäudebestandes gehemmt, welche durch unterschiedliche Geometrien, Baualterklassen und damit verbundene Bauweisen bedingt ist. Im Vergleich zu dezentralen thermischen Speichern ist somit eine allgemeine Aussage zum Flexibilitätspotenzial der thermischen Gebäudemasse nur bedingt möglich.

Deswegen wurde folgender Ansatz für eine Flexibilitätsabschätzung gewählt: Zuerst wird ein mathematisches Gebäudemodell in Form von Energiebilanzgleichungen aufgestellt. Damit lassen sich, je nach Wahl der Inputparameter, die charakteristischen Temperatur- und Heizlastverläufe in stündlicher Auflösung ermitteln. Mithilfe von Gebäudetypisierung und Hinterlegung der relevanten Parameter je Gebäudetyp kann

anschließend das thermische Verhalten mehrerer Gebäude abgeschätzt werden. Durch die Wahl eines Flexibilitätsereignisses, das in dem untersuchten Fall eine Heizlastreduktion bedeutet, wird der Einfluss auf den thermischen Komfort der Bewohner des jeweiligen Typgebäudes abgeschätzt. So-mit lassen sich je nach verschobener Energiemenge Aussagen zu dem jeweiligen Flexibilitätspotenzial eines Gebäudes treffen. Zukünftig lässt sich daraus über Statistiken zur Gesamtzahl der im Bestand vorhandenen Gebäudetypen eine Hochrechnung des vorhandenen Flexibilitätspotenzials regional bzw. deutschlandweit durchführen.

Methodisches Vorgehen: So wird thermische Flexibilität analysiert

Für die systematische Untersuchung wurde ein methodischer Ansatz entwickelt, der auf drei Säulen basiert:

1. Thermisches Netzwerkmodell (5R1C) nach DIN ISO 13790 [4]

Um das thermische Verhalten eines Gebäudes als Reaktion auf dynamische interne und externe Einflüsse wie Außentemperaturen, solare Einstrahlung oder interne Wärmegegewinne, die durch das Vorhandensein von Personen und Geräten entstehen, zu untersuchen, wird ein mathematisches Gleichungssystem aufgestellt. Eine Abbildung des Gebäudes als thermisches Netzwerk mit Wärmewiderständen (Wände, Fenster) und Kapazitäten (Wandmassen, interne Luftmengen) erlaubt eine vereinfachte Berechnung der:

- Raumlufttemperatur
- Innenoberflächentemperatur
- Temperatur der Gebäudemasse
- Heizlasten

als gekoppelte Knoten. Die Ergebnisse unterscheiden sich je nach Gebäudetyp, Baualter des Gebäudes und dessen Sanierungszustand.

2. Gebäudetypen auf deutscher Datenbasis

Die Eingabedaten hängen maßgeblich von dem gewählten Gebäude ab. Zur Abdeckung des deutschen Gebäudebestands wurden repräsentative Kombinationen ausgewertet:

- Gebäudetypen: Einfamilienhaus (EFH) & Mehrfamilienhaus (MFH)
- Baualtersklassen: 1860–1918, 1958–1968, 2002–2009
- Sanierungszustände: unsaniert & vollsaniert

Als belastbare Datengrundlage wurde die TABULA-Gebäudetypologie gewählt [5]. Diese enthält für den deutschen Gebäudebestand (Stand 2015) Daten zu durchschnittlichen Flächen der Außenbauteile und zu den dazugehörigen U-Werten (flächenspezifischer Wärmedurchgangskoeffizient in Watt pro Quadratmeter Fläche und Kelvin Temperaturunterschied), welche den Gebäudewärmebedarf beeinflussen.

3. Stündliche Simulation & Flexibilitätsanalyse

Jedes Gebäude wird über ein vollständiges Jahr (Wetterdaten, solare Einstrahlung) simuliert: Temperaturverläufe, Heizleistungen und Energiebedarfe werden ermittelt. Die somit entstehenden Wärmebedarfslastgänge können anschließend genutzt werden, um die zur Verfügung stehende Flexibilität zu berechnen. Die Flexibilität entsteht durch die Kopplung von Wärmebereitstellung und Strombezug der Wärmepumpe. Für das Stromnetz wird die Flexibilität über die Anpassung der bezogenen elektrischen Leistung der Wärmepumpe bereitgestellt. Die Quantifizierung erfolgt allerdings durch die wärmeseitige Quantifizierung der gespeicherten Wärmemenge der thermischen Gebäudemasse. Zur Untersuchung der Flexibilität werden folgende Schritte unternommen:

- Ermittlung des Strombedarfes über typische COP-Werte
- Anwendung von Abschaltzeitreihen in typischen Verteilnetzen, welche im Rahmen des Projektes „Haushaltsnahe Flexibilität nutzen“ erstellt worden sind [6]
- Umrechnung der entstehenden Stromlast in reduzierte Wärmemengen

- Nutzung der reduzierten Wärmelastgänge, um den Flexibilitätseinfluss auf Komforttemperaturen in den jeweiligen Gebäuden mithilfe des thermischen Gebäudemodells zu ermitteln

Ein besonderer Fokus liegt im Untersuchungsfall auf netzseitigen Eingriffen gemäß §14a EnWG [7]. Es wird versucht, die folgende Forschungsfrage zu beantworten: Wie reagiert ein Gebäude, wenn der Netzbetreiber kurzfristig den Strombezug dimmt und somit Heizleistung reduziert werden müssen?

Zentrale Ergebnisse: Was Gebäude wirklich leisten können

1. Temperaturstabilität und Speicherfähigkeit

Hinsichtlich des thermischen Verhaltens lassen sich unterschiedliche Muster abhängig vom Gebäudetyp erkennen. Ältere unsanierte Gebäude weisen aufgrund der geringen Isolierung hohe Wärmeverluste und Temperaturschwankungen auf. Durch die höhere spezifische Wärmekapazität der Baumaterialien weisen diese ein hohes Speicherpotenzial auf. Das praktische Potenzial wird allerdings durch die schnellere Abkühlung reduziert. Modernisierte/neue Gebäude besitzen eine geringere Speichermasse durch die leichtere Bauweise, zeichnen sich aber durch eine bessere thermische Isolierung aus. Somit bleibt die Wärme auch nach einer Heizlastreduktion länger im System und es lässt sich eine höhere nutzbare Flexibilität pro Grad Temperaturabsenkung erzielen. Von den analysierten Gebäudetypen zeigen insbesondere die MFHs aufgrund der Bauweise und eines geringen Hüllflächenverhältnisses ein deutlicheres Dämpfungsverhalten hinsichtlich der Temperaturänderungen. Sie eignen sich somit besonders gut zur Flexibilitätsbereitstellung.

2. Wie viel Energie kann verschoben werden?

Durch eine Absenkung der Komforttemperatur für 12 Stunden (19 °C bzw. 18 °C) wurde zudem untersucht, wie viel Energie durch die Reduktion der zugeführten Heizleistung eingespart werden kann. Für EFHs ergeben sich dabei folgende Energiemengen (vgl. Abbildung 1)

- EFH 1910, unsaniert: Es kann bis zu 12,6 kWh eingespart werden, was 4,3 % des täglichen Heizwärmebedarfs entspricht

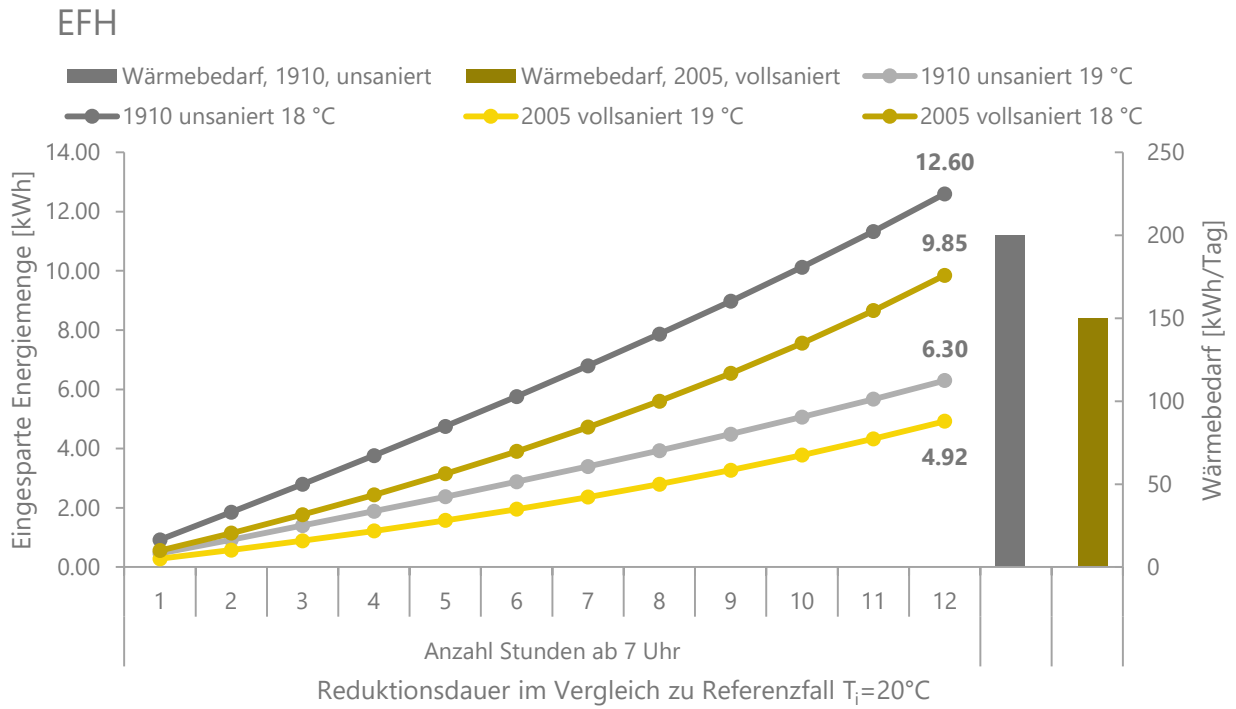


Abbildung 1: Darstellung der kumulierten eingesparten Energiemengen bei einer Innenraumtemperaturreduktion von 20 °C auf 18 °C für zwei Baualterklassen und 2 Sanierungszustände eines EFHs

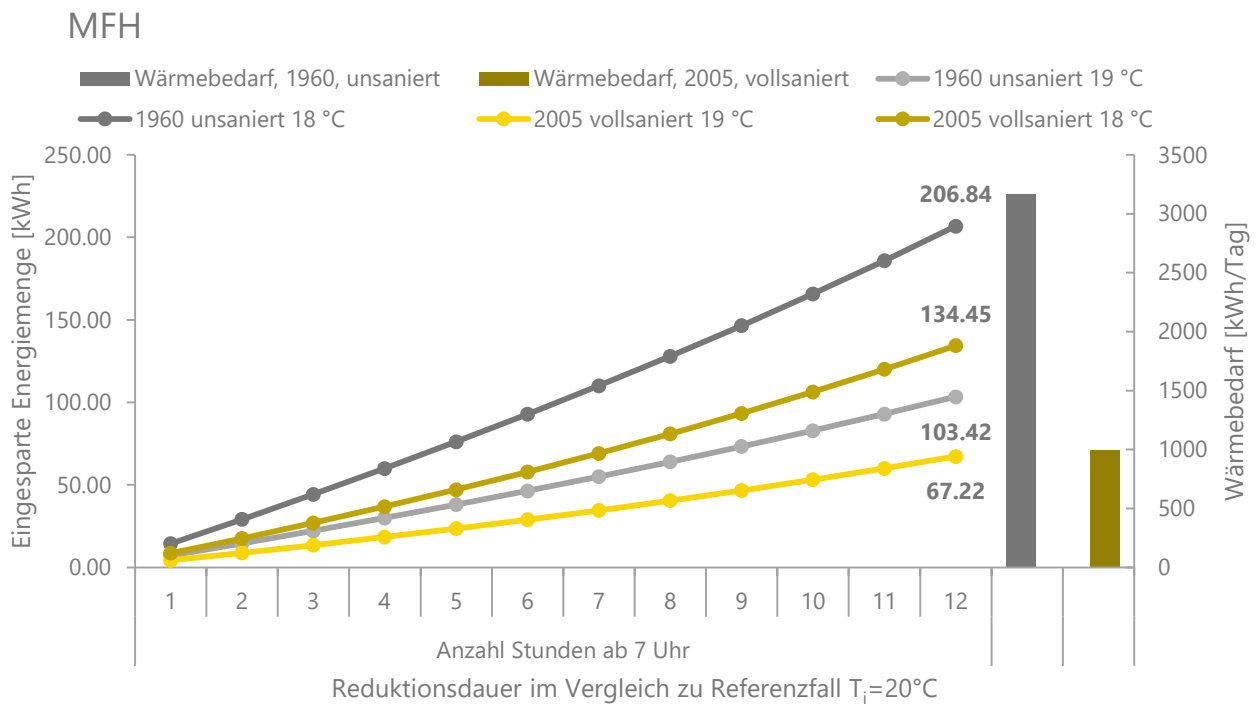


Abbildung 2: Darstellung der kumulierten eingesparten Energiemengen bei einer Innenraumtemperaturreduktion von 20 °C auf 18 °C für zwei Baualterklassen und 2 Sanierungszustände eines MFHs

- EFH 2005, vollsanziert: Es kann bis zu 9,9 kWh eingespart werden, dies beläuft sich auf 13,3 % des täglichen Heizwärmebedarfs.

Für MFHs lassen sich größere einspeicherbare Mengen feststellen, die allerdings in Bezug auf die täglichen Bedarfe in gleicher Größenordnung stehen (vgl. Abbildung 2):

- MFH 1960, unsaniert: Es lassen sich bis zu 206 kWh einsparen, was 6,5 % des täglichen Heizwärmebedarfs entspricht
- MFH 2005, saniert: ca. 134 kWh und somit 13,5 % des Heizbedarfes lassen sich täglich einsparen

An dieser Stelle lässt sich, analog zu Punkt 1, der positive Einfluss der Sanierung auf das Flexibilitätspotenzial feststellen, da sich die einspeicherbare Menge verdoppeln bzw. verdreifachen lässt.

3. Vergleich mit klassischen Wärmespeichern

Ein Vergleich der Speicherkapazität der Gebäude mit entsprechenden Volumina von thermischen Speichern, die üblicherweise in EFHs und MFHs installiert werden, zeigt, dass die berechnete Gebäudespeicherkapazität der eines 700-L Kombi-Warmwasserspeicher für EFHs entspricht [6]. Im Falle eines MFHs kann je nach Baualtersklasse und Sanierungszustand potenziell eine 12-mal größere Wärmemenge eines vergleichbaren Speichers innerhalb von 12 Stunden verschoben werden.

Relevanz für die Energiewende

Die Ergebnisse zeigen:

- Gebäude können als kurzfristig wirksame thermische Speicher dienen.
- Sanierte Gebäude sind besonders wertvoll, da sie weniger Wärme verlieren.
- In Summe kann der deutsche Gebäudebestand relevante Energiemengen zeitlich verschieben.

In den untersuchten Fällen können Energiemengen durch Nutzung der thermischen Gebäudemasse für eine kurzfristige Temperaturreduktion hin zur unteren Komfortgrenze verschoben werden. Aufgrund der kleineren Temperaturbereiche stellen sie allerdings keinen Ersatz für thermische Speicher, die eine größere Überhitzung und Unterkühlung erlauben, dar. Dennoch bildet die Nutzung der Wärmespeicherkapazität von Gebäuden einen wichtigen Baustein zur Netzstabilisierung und zur Integration erneuerbarer Energien. Die Methode eignet sich aufgrund der Verwendung einer deutschen Wohngebäudetypologie auch für Hochskalierungen auf System- und Netzebene. Zudem lässt sich die Relevanz der Sanierung des Gebäudebestands feststellen, welche nicht nur der Wärmebedarfsreduktion dient, sondern auch das Flexibilitätspotenzial eines Gebäudes erhöhen kann.

Impressum

Herausgeber



Am Blütenanger 71
80995 München
+49 89 158121-0
info@ffe.de
www.ffe.de

Veröffentlicht am
19.02.2026

Autor:innen

Niklas Jooß
Yasmin Abu Trabi
Jakob Zahler
Nele Maas

Stellv. wissenschaftlicher Leiter

Dr.-Ing. Serafin von Roon

Geschäftsleitung

Dr.-Ing. Serafin von Roon
Dr.-Ing. Christoph Pellingner
Dr.-Ing. Anna Gruber
Dr.-Ing. Andrej Guminski

Förderkennzeichen: 03EI4078C



Quellen

- [1] AGEE-Stat, „Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland“. 17. November 2025. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/dokument/zeitreihen-zur-entwicklung-der-erneuerbaren>
- [2] DESTATIS, „2022 Census: three-quarters of all dwellings heated by oil or gas“, Press release No. 45 of 25 June 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/Zensus2022-Pressemitteilungen/PM_zensus2022_45.html
- [3] Fraunhofer IWES/IBP, „Heat Transition 2030. Key technologies for reaching the intermediate and long-term climate targets in the building sector“. Agora Energiewende, Februar 2017
- [4] DIN, DIN EN ISO 13790: Energieeffizienz von Gebäuden - Berechnung des Energiebedarfs für Heizung und Kühlung, Berlin., September 2008
- [5] T. Loga, B. Stein, und N. Diefenbach, „TABULA WebTool“. Zugegriffen: 8. Dezember 2025. [Online]. Verfügbar unter: <https://webtool.building-typology.eu/#bm>
- [6] Agora Energiewende und FfE e.V., „Haushaltsnahe Flexibilitäten nutzen. Wie Elektrofahrzeuge, Wärmepumpen und Co. die Stromkosten für alle senken können.“, Agora Energiewende, Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V., Berlin, München, 2023.
- [7] Bundesamt für Justiz, Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz - EnWG) § 14a Netzorientierte Steuerung von steuerbaren Verbrauchseinrichtungen und steuerbaren Netzanschlüssen; Festlegungskompetenzen. 2024.

Bitte zitieren als

FfE (2026): Thermische Flexibilität von Gebäuden: Potenziale, Methoden und Erkenntnisse für ein zukunftsfähiges Energiesystem: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V.

Haftungsausschluss (Disclaimer)

Dieses Whitepaper wurde von der Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FfE) erstellt und dient ausschließlich zu Informationszwecken. Alle in diesem Whitepaper enthaltenen Inhalte, Analysen und Empfehlungen spiegeln die Meinung der FfE wider

und stellen keine rechtliche oder beratende Empfehlung dar.

Das Vervielfältigen, Verbreiten, oder jegliche kommerzielle Nutzung der in diesem Whitepaper enthaltenen Inhalte ist ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung der FfE untersagt. Jegliche Veröffentlichung oder Weitergabe des Whitepapers muss mit der Angabe des Links zur entsprechenden Seite auf der FfE-Website erfolgen, auf der das Whitepaper zur Verfügung gestellt wird. Dieser Link muss bei jeder Verteilung des Whitepapers deutlich sichtbar gemacht werden.

Die FfE übernimmt keine Haftung für die Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität der dargestellten Informationen. Jegliche Nutzung der Inhalte erfolgt auf eigene Verantwortung. Die FfE haftet nicht für direkte oder indirekte Schäden, die aus der Verwendung der Informationen oder Handlungen, die auf Basis dieses Whitepapers durchgeführt werden, resultieren.