

GEBÄUDESANIERUNG UND HYBRIDE WÄRMEPUMPENSYSTEME – BÜNDEL VON MODERNISIERUNGSMAßNAHMEN FÜR ÖFFENTLICHE NICHTWOHNGBÄUDE

Tim SCHAFFITZEL^{1(*)}, Markus BLESL²

Hintergrund und Motivation

Für den Gebäudesektor bestehen auf verschiedenen institutionellen Ebenen Klimaziele, deren Erreichung mit politischen Vorgaben gewährleistet werden soll. Für deren Einhaltung tragen politische Institutionen auch eine eigene Verantwortung, da die öffentliche Hand selbst Gebäude besitzt. Durch die gesetzliche Verankerung der Vorbildfunktion der öffentlichen Hand wird die öffentliche Hand dieser Verantwortung auch gerecht. Während § 4 des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) die öffentliche Hand im Allgemeinen adressiert [1], existiert in Baden-Württemberg ein Klimaschutzpakt, bei dem sich Gemeinden und Landkreise auf freiwilliger Basis aktiv zur in § 5 des Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetzes des Landes [2] formulierten Vorbildfunktion bekennen.

Öffentliche Gebäude sind in der Regel Nichtwohngebäude (NWG). Die knapp 2 Millionen GEG-relevanten NWG in Deutschland weisen im Verhältnis zu ihrer Anzahl einen höheren Endenergieverbrauch als Wohngebäude auf [3]. Allein kommunale NWG haben einen Anteil von ca. 9 % [4], was die Relevanz der öffentlichen Nichtwohngebäude unterstreicht. Optionen von Modernisierungsmaßnahmen zur Erreichung der Klimaziele werden für diesen Beitrag anhand eines Bezirksamtes in der Peripherie einer Großstadt analysiert.

Problemstellung

Sowohl der Einsatz einer Wärmepumpe als auch eine Gebäudesanierung ist mit hohen Investitionen verbunden. Auf kommunaler Ebene besteht häufig das Problem, dass diese – wenn überhaupt – in zeitlicher Staffelung finanziell gestemmt werden können. Um dem Zielkonflikt eines schnellen Wechsels des fossilen Wärmeerzeugers bei gleichzeitig möglichst effizientem Betrieb zu begegnen, kann ein hybrides Wärmepumpensystem in Betracht gezogen, welches eine Wärmepumpe mit dem fossilen Bestandskessel kombiniert. Mit fortschreitender Gebäudesanierung fungiert der Bestandskessel zunehmend als Spitzenlastkessel und kann schließlich außer Betrieb genommen werden.

Die Berücksichtigung der Reihenfolge und des zeitlichen Abstands von Modernisierungsmaßnahmen für Einzelgebäude inklusive einer Lebenszykluskostenbetrachtung wurde in der Literatur bislang nur wenig beleuchtet. Richarz et al. 2021 ermitteln in ihrer Optimierung die optimale Reihenfolge und den optimalen Zeitpunkt der Einzelmaßnahmen mit Hilfe einer Pareto-Front, was als „scheduling“ bezeichnet wird [5]. Hybride Wärmepumpensysteme und auch deren Wechselwirkungen mit Sanierungsmaßnahmen, die sich in den zeitlich dynamischen Größen Deckungsanteil und Heizkreis-Temperaturniveau ausdrücken, wurden in der Literatur bislang nicht adressiert. Ziel der Untersuchung ist es daher, Bündel von Modernisierungsmaßnahmen technoökonomisch in Bezug auf Einfluss von Zeitpunkt und Reihenfolge der Umsetzung sowie wechselseitiger Abhängigkeiten zu bewerten.

Methodik

Der im Folgenden beschriebene Ansatz entspricht einer Simulation von Kosten, Energie und CO₂-Emissionen. Die Berechnung des Jahresheizwärmebedarfs, basierend auf der DIN V 18599-2, in Abhängigkeit des Transmissionswärmeverlusts von drei Gebäudehüllenkomponenten (Dach, Außenwand, Fenster) enthält mehrfache Kopplungen von Parametern. Zusammen mit der

¹ Universität Stuttgart - Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Heßbrühlstraße 49A, 70565 Stuttgart, Tel: +49 711 685-87863, tim.schaffitzel@ier.uni-stuttgart.de, <https://www.ier.uni-stuttgart.de/>

² Universität Stuttgart - Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Heßbrühlstraße 49A, 70565 Stuttgart, Tel: +49 711 685-87865, markus.blesl@ier.uni-stuttgart.de, <https://www.ier.uni-stuttgart.de/>

Jahresarbeitszahl und dem Deckungsanteil der Wärmepumpe, die von der Gebäudeenergieeffizienz abhängen, ergibt sich ein Gesamtsystem mit vielschichtigen Abhängigkeiten. Dieses lässt sich leichter simulieren als optimieren und ermöglicht zudem die Bewertung von Szenarien, die nicht den optimalen Pfad beschreiben, sondern reale finanzielle und betriebsbedingte Hemmnisse in Betracht ziehen. Als Zeithorizont der Betrachtung wird das Jahr 2040 (Zieljahr für Klimaneutralität Baden-Württemberg) gewählt. Für den Betrachtungszeitraum wird jede Modernisierungsmaßnahme sowie das Maßnahmenbündel mit der Kapitalwertmethode inklusive Restwertbetrachtung bewertet.

Ergebnisse

Während Modernisierungsmaßnahmen an der Gebäudehülle zur Senkung der Transmissionswärmeverluste und damit zur Reduktion des Heizwärmebedarfs (Nutzenergie Raumwärme) führen, resultiert aus den Wärmeerzeuger betreffenden Modernisierungsmaßnahmen in der Regel eine Senkung der CO₂-Emissionen aufgrund eines Energieträgerwechsels bei der Deckung des Endenergiebedarfs. Der quantitative Minderungseffekt hängt dabei vom Gebäudezustand vor Maßnahmenumsetzung ab. Abbildung 1 zeigt die Entwicklung des spezifischen Heizwärmebedarfs (blau) und der spezifischen CO₂-Emissionen (schwarz) des Bezirksamts im Zeitverlauf bis 2040 für ein ausgewähltes Szenario (siehe Abbildung 1 oben rechts).

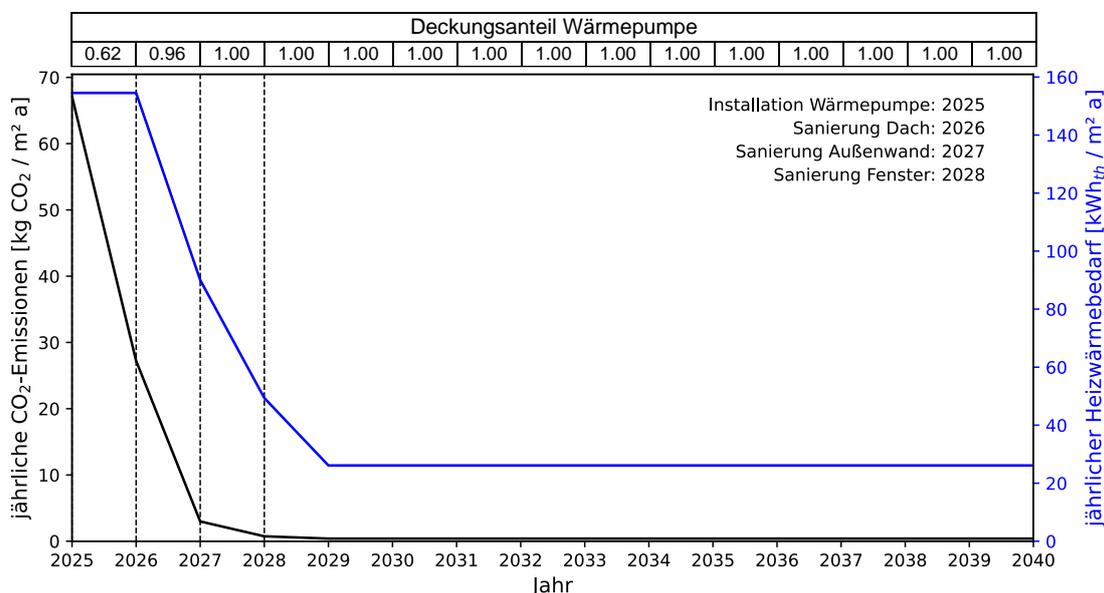


Abbildung 1: Entwicklung von spezifischem Heizwärmebedarf und spezifischen CO₂-Emissionen des Bezirksamts (Beispielgebäude) im Zeitverlauf

Der Wechsel des Wärmeerzeugers zu Beginn führt aufgrund einer partiellen Verdrängung von fossilem Brennstoff zur CO₂-Emissionsminderung bei konstantem Heizwärmebedarf. Durch die Sanierung in drei Schritten über drei Jahre sinken nach Maßnahmenumsetzung jeweils der Heizwärmebedarf und damit auch die CO₂-Emissionen. Kann mit einer Sanierungsmaßnahme keine weitere Steigerung des Deckungsanteils der Wärmepumpe erreicht werden (hier Fenstersanierung 2028), resultiert nur eine sehr geringe Minderung der CO₂-Emissionen, die lediglich auf die Einsparung von als regenerativ angenommenem Wärmepumpen-Strom mit relativ niedrigem Emissionsfaktor zurückzuführen ist.

Den größten Einfluss auf die Ergebnisse, konkret die Steigung der Graphen in Abbildung 1, haben die U-Werte der Gebäudekomponenten vor und nach Maßnahmenumsetzung sowie der Deckungsanteil der Wärmepumpe.

Das Konzept eines hybriden Wärmepumpensystems in Verbindung mit einer begleitenden Gebäudesanierung ist ein adäquates Konzept, um finanziellen Restriktionen und individuellen Randbedingungen zu begegnen und trotzdem innerhalb eines definierten Zeitraums die Transformation eines Gebäudes zur Klimaneutralität zu gewährleisten. Ein Nachteil und Hemmnis kann der Platzbedarf sein, da für einige Jahre ein Bestandskessel und eine Wärmepumpe parallel betrieben werden müssen. Außerdem entstehen doppelte Wartungskosten, die aber gemessen am neuen Invest und den Betriebskosteneinsparungen relativ gering sind.

Referenzen

- [1] BMWK, BMWSB, Gebäudeenergiegesetz (GEG), 20.07.2023, verfügbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/geg/>
- [2] Land Baden-Württemberg, Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg (KlimaG BW), 01.02.2023, verfügbar unter: https://www.landtag-bw.de/files/live/sites/LTBW/files/dokumente/WP17/Drucksachen/4000/17_4015_D.pdf
- [3] Deutsche Energie-Agentur (dena), „DENA-GEBÄUDEREPORT 2023. Zahlen, Daten, Fakten zum Klimaschutz im Gebäudebestand“, Berlin, 2022, verfügbar unter: <https://www.dena.de/newsroom/publikationsdetailansicht/pub/dena-gebaeudereport-2023/>
- [4] Deutsche Energie-Agentur (dena), „dena-Analyse: Kommunale Nichtwohngebäude: Rahmenbedingungen und Ausblick für klimafreundliche Gebäude in Städten und Gemeinden“, Berlin, 2018, verfügbar unter: https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9277_dena-Analyse_Kommunale_Nichtwohngebäude.pdf
- [5] J. Richarz, S. Henn, T. Osterhage und D. Müller, „Optimal scheduling of modernization measures for typical non-residential buildings“, Energy, vol. 238, 2021, DOI: 10.1016/j.energy.2021.121871.