

# WÄRMEBEDARFSSCHÄTZUNG FÜR WOHNGEBÄUDE

Sarah SCHNEEBERGER<sup>1(\*)</sup>, Edward LUCAS<sup>2</sup>, Curtis MEISTER<sup>2</sup>, Philipp SCHUETZ<sup>2</sup>

## Inhalt

Kenntnisse über den Heiz- und Kühlbedarf von Gebäuden bilden die Grundlage für die Planung zukünftiger nachhaltiger Energiesysteme, Flexibilitätsanalysen und die Bewertung der Energieeffizienz des Gebäudebestands. Sowohl der aktuelle Bedarf als auch eine zukünftige Prognose des Bedarfs sind von Interesse, wobei erstere, falls vorhanden, aus Verbrauchsmessungen abgeleitet werden kann. Allerdings werden Verbrauchswerte nicht für jedes Gebäude in der Schweiz erfasst, und selbst wenn sie erfasst werden, sind nicht immer stündliche Bedarfsprofile verfügbar. Daher sind Schätzungen des jährlichen und stündlichen Wärmeenergiebedarfs erforderlich.

Die meisten verwendeten Ansätze, um gebäudespezifische Wärmebedarfe zu modellieren sind physikalische und statistische Modelle [1]. Physikalische Modelle brauchen oft sehr viele Informationen über das Gebäude und die Umgebung, und zudem wurde in vielen Studien nachgewiesen, dass es zu grossen Abweichungen kommt, wenn physikalische Modelle nicht mit realen Messdaten kalibriert werden [2]. Um verlässliche Resultate mit statistischen Modellen zu erhalten, sind einerseits viele Trainingsdaten notwendig, sowie genügend Eigenschaften als Modelleingaben [1].

Das Ziel dieser Studie, ist die gebäudespezifische Modellierung des Wärmebedarfs über den gesamten Gebäudepark. Als Datengrundlage wird das öffentlich zugängliche Gebäude- und Wohnregister (GWR) [3], welches Informationen wie Bauperiode, Gebäudekategorie und Grundfläche für jedes Gebäude in der Schweiz enthält, verwendet. Mit diesen Gebäudeinformationen, Referenzwerte pro Archetypen, Wetterdaten und einem einfachen physikalischen Modell lässt sich der Bedarf jedes Gebäudes schätzen. Mithilfe von Messdaten wird das Modell kalibriert, wobei eine Klima-Regions-abhängige Kalibrierung pro Archetypen angestrebt wird. Den Fokus wird hier auf eine Region (Kanton Basel-Landschaft) gelegt. Bei genügend Messdaten wäre eine interessante Erweiterung der Vergleich mit der entsprechenden multiplen linearen Regression, und weiteren statistischen Ansätzen.

## Methodik

Physikalisch kann der Heizwärmebedarf über den Transmissionswärmeverlust abgeschätzt werden, indem berechnet wird, wie viel Wärmeverlust in Abhängigkeit von der Aussentemperatur durch Raumwärme kompensiert werden muss, um eine vordefinierte Ziel-Innentemperatur zu halten. Dieser physikalische Zusammenhang kann durch eine komplexe Gleichung mit detaillierten Informationen zum Gebäude, und zu den Bewohnenden aufgestellt werden. Eingeschränkt durch die vorhandenen Informationen zu den Gebäuden, wurde dieser Ansatz vereinfacht. Genauer lässt sich durch eine vereinfachte Energiebilanzgleichung eines Gebäudes der Wärmebedarf  $Q$  durch den Wärmeverlust approximieren:

$$mc \frac{\partial T}{\partial t} = \dot{Q} - H(T - T_{amb}) + g I(t) + \dot{Q}_{appliances} + \dot{Q}_{persons} \quad (1)$$

Dabei gehen wir von stationären Bedingungen ( $\frac{\partial T}{\partial t} = 0 \text{ K/s}$ ) aus und vernachlässigen den Beitrag von Sonneneinstrahlung ( $g = 0 \text{ m}^2$ ), Personen ( $\dot{Q}_{persons} = 0 \text{ W}$ ) und Geräten ( $\dot{Q}_{appliances} = 0 \text{ W}$ ), und erhalten somit

$$Q = H \int (T - T_{amb}(t)) dt, \quad (2)$$

---

<sup>1</sup> Competence Centre for Thermal Energy Storage, Hochschule Luzern, Technikumstrasse 21, 6048 Horw, +41 41 349 37 88, [sarah.schneeberger@hslu.ch](mailto:sarah.schneeberger@hslu.ch), hslu.ch/tes

<sup>2</sup> Competence Centre for Thermal Energy Storage, Hochschule Luzern, Technikumstrasse 21, 6048 Horw

wobei  $H$  den Transmissionswärmeverlust,  $T$  die Ziel-Innentemperatur und  $T_{\text{amb}}$  die Aussentemperatur im Zeitpunkt  $t$  darstellt. Zur Berechnung des Transmissionswärmeverlustes werden Referenzwerte der Wärmedurchgangskoeffizient von Gebäudeelementen [4], und die anhand der Grundfläche abgeschätzte Gebäudegeometrie verwendet. Das Integral wird durch die Summe über die Heiztage und die Verwendung stündlicher Durchschnittstemperaturen, die aus der Python-Bibliothek Meteostat extrahiert werden, approximiert. Ein Tag wird als Heiztag ausgewiesen, wenn die durchschnittliche tägliche Umgebungstemperatur kleiner als eine festgelegte Referenztemperatur ist.

Finalisiert wird das Modell durch die Validierung und Kalibrierung des erhaltenen Wärmebedarfes durch reale gemessene Gasverbrauchsdaten aus dem Kanton Basel-Landschaft. Wobei der Kalibrierungsfaktor pro Archetypen über die Energiekennzahl [ $kWh/(m^2 y)$ ], der durch die Energiebezugsfläche [ $m^2$ ] normierte Wärmebedarf [ $kWh$ ], bestimmt wird.

## Ergebnisse

Aufgrund des Vergleichs der Verteilung der Wärmebedarfsschätzung mit den gemessenen Daten aus dem Kanton Basel-Landschaft (Abbildung 1), kann davon ausgegangen werden, dass das Modell den gesamten Wärmebedarf der Wohngebäude des Kantons gut abschätzt. Das Streudiagramm des Heizenergiebedarfs (Abbildung 2) ist eher breit gestreut, was darauf hindeutet, dass es eine Abweichung in der gebäudespezifischen Schätzung gibt. Dies widerspiegelt sich auch im mittleren prozentualen Fehler, der sich bei 38.4% beläuft.

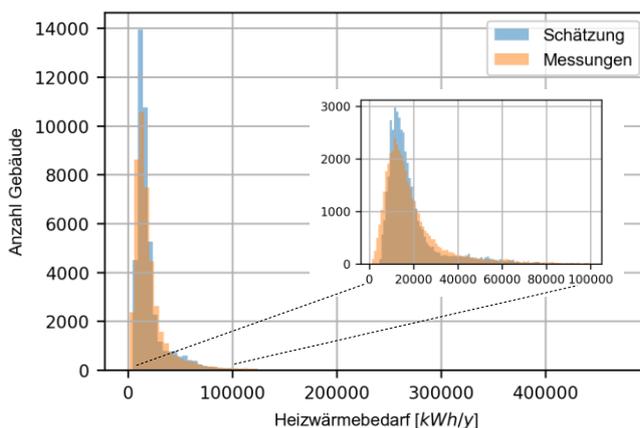


Abbildung 1: Vergleich der Verteilung der BL-korrigierten Schätzungen des Wärmeenergiebedarfs mit Messdaten. Im Zoom wurden kleinere Bins verwendet, um von der höheren Auflösung zu profitieren.

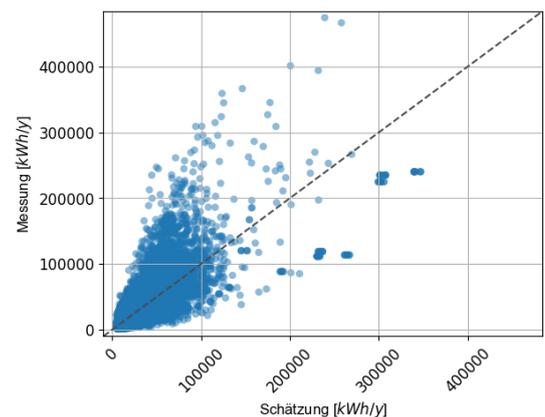


Abbildung 2: Gegenüberstellung der BL-korrigierten Schätzung und der Messung pro Gebäude

## Referenzen

- [1] C. Deb and A. Schlueter, "Review of data-driven energy modelling techniques for building retrofit," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 144, p. 110990, Jul. 2021, doi: 10.1016/J.RSER.2021.110990.
- [2] Staffell, S. Pfenninger, and N. Johnson, "Nature Energy nature energy A global model of hourly space heating and cooling demand at multiple spatial scales", doi: 10.1038/s41560-023-01341-5.
- [3] "GWR | Eidg. Gebäude- und Wohnungsregister." Accessed: May 16, 2023. [Online]. Available: <https://www.housing-stat.ch/de/madd/index.html>
  - A. Pongelli, Y. D. Priore, J. P. Bacher, and T. Jusselme, "Definition of Building Archetypes Based on the Swiss Energy Performance Certificates Database," *Buildings*, vol. 13, no. 1, p. 40, Jan. 2023, doi: 10.3390/BUILDINGS13010040/S1.