

Einfluss behaglichkeitsgeführter Gebäudekonditionierungen auf die Auslegung von Erdwärmepumpensystemen unter Berücksichtigung verschiedener Gebäudestandards

Sciencebar Posterbeitrag beim Geothermiekongress 2023

Tobias Wolf¹, Kai George² und Michael Rath^{1,2}

¹ Hochschule Bochum, Lehrgebiet für Gebäudeenergie-technik

² Fraunhofer Institut für Energieinfrastrukturen und Geothermie (IEG)

Kontakt: Mail: tobias.wolf@hs-bochum.de - Tel: 0234-32-10269

Hochschule Bochum
Bochum University
of Applied Sciences



Zusammenfassung

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass für die **behaglichkeitsgeführten Raumkonditionierungen**, besonders bei Alt- und Bestandsbauten, die **spezifischen Kosten** um bis zu **13% niedriger** ausfallen als bei der Regelung nach der Lufttemperatur. Bei Gebäuden mit niedriger Heizlast und niedrigem Heizwärmebedarf sind die spezifischen Kosten bis zu 14% größer im Vergleich zur Lufttemperaturregelung.

Einleitung

Vorangegangene Untersuchungen haben gezeigt, dass mit der in der Praxis gängigen **Lufttemperaturregelung** nur eine **ungefähre Bedarfsdeckung von Wärme und Kälte** erreicht werden kann. Vielmehr muss das aktuelle thermische Empfinden der Menschen in die Betriebsführung von Gebäuden integriert werden. In dieser Arbeit wurde zusätzlich untersucht, welche Auswirkungen eine behaglichkeitsgeführte Gebäudekonditionierung auf die Auslegung und Dimensionierung von Erdwärmepumpensystemen für verschiedene Gebäudestandards hat.

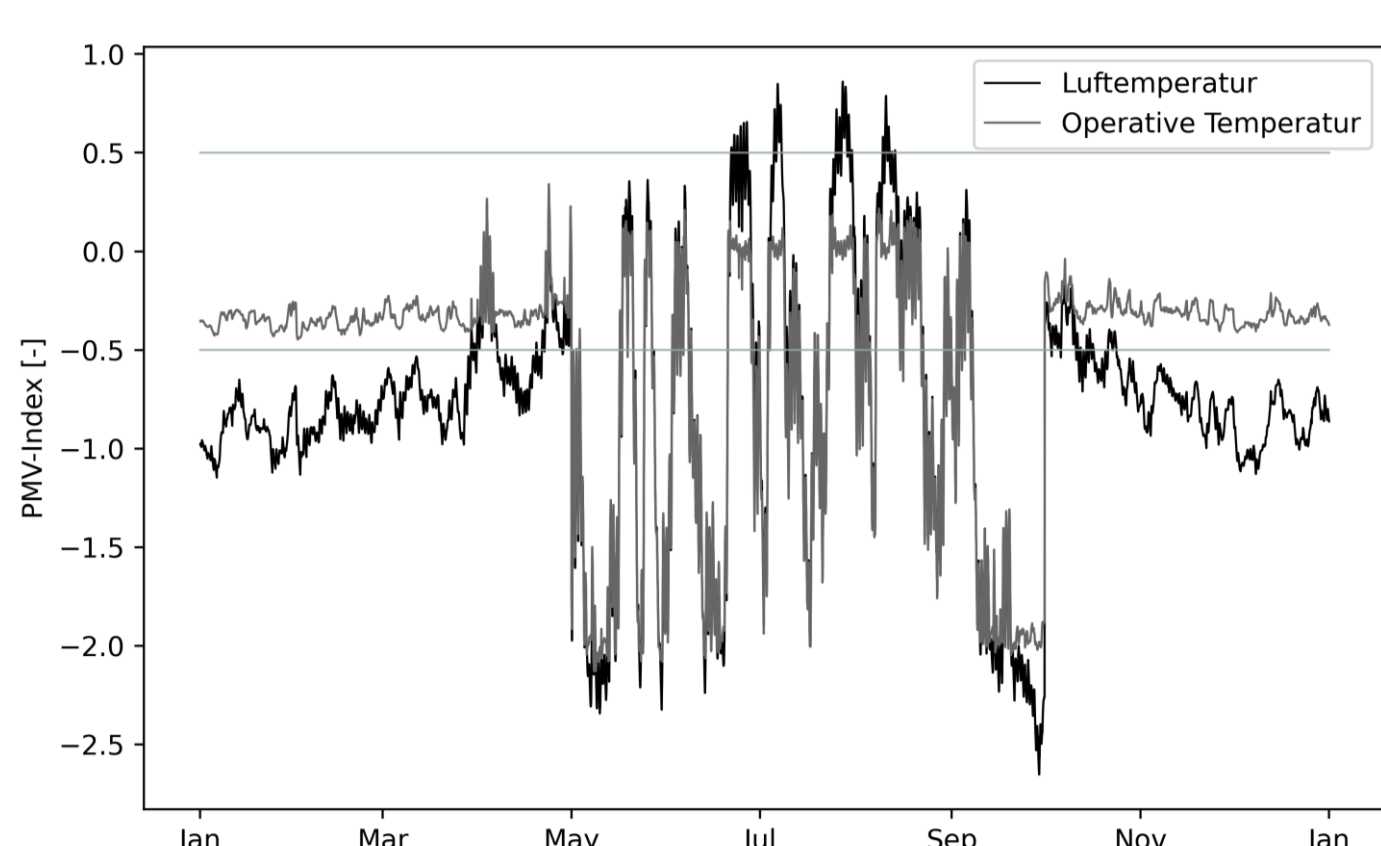


Abbildung 1: Verlauf des PMV-Indexes für die Lufttemperatur und operative Temperaturregelung im Altbau

Vorteile behaglichkeitsgeführter Gebäude:

- Realistischere und bedarfsgerechte Lastprofile gegenüber Lufttemperaturregelung
- In der Heizperiode keine Unterschreitung des Sollwertes für die Anforderungen an die Behaglichkeit in Gebäuden

Methodik

Für die Untersuchungen wurden für **drei verschiedene Gebäudestandards** (Referenzgebäude, Passivhaus und Altbau) unter Zuhilfenahme von Energy Plus, **Parameterstudien** für die **Regelung** nach der **Lufttemperatur**, der **operativen Temperatur** und dem **Fanger-PMV** durchgeführt.

Mit den ermittelten Lasten und Energieverbräuchen jeder Parameterstudie wurde anschließend, unter Verwendung der **Annuitätenmethode** der **VDI 2067**, das **Erdwärmepumpensystem ausgelegt** und wirtschaftlich **bewertet**.

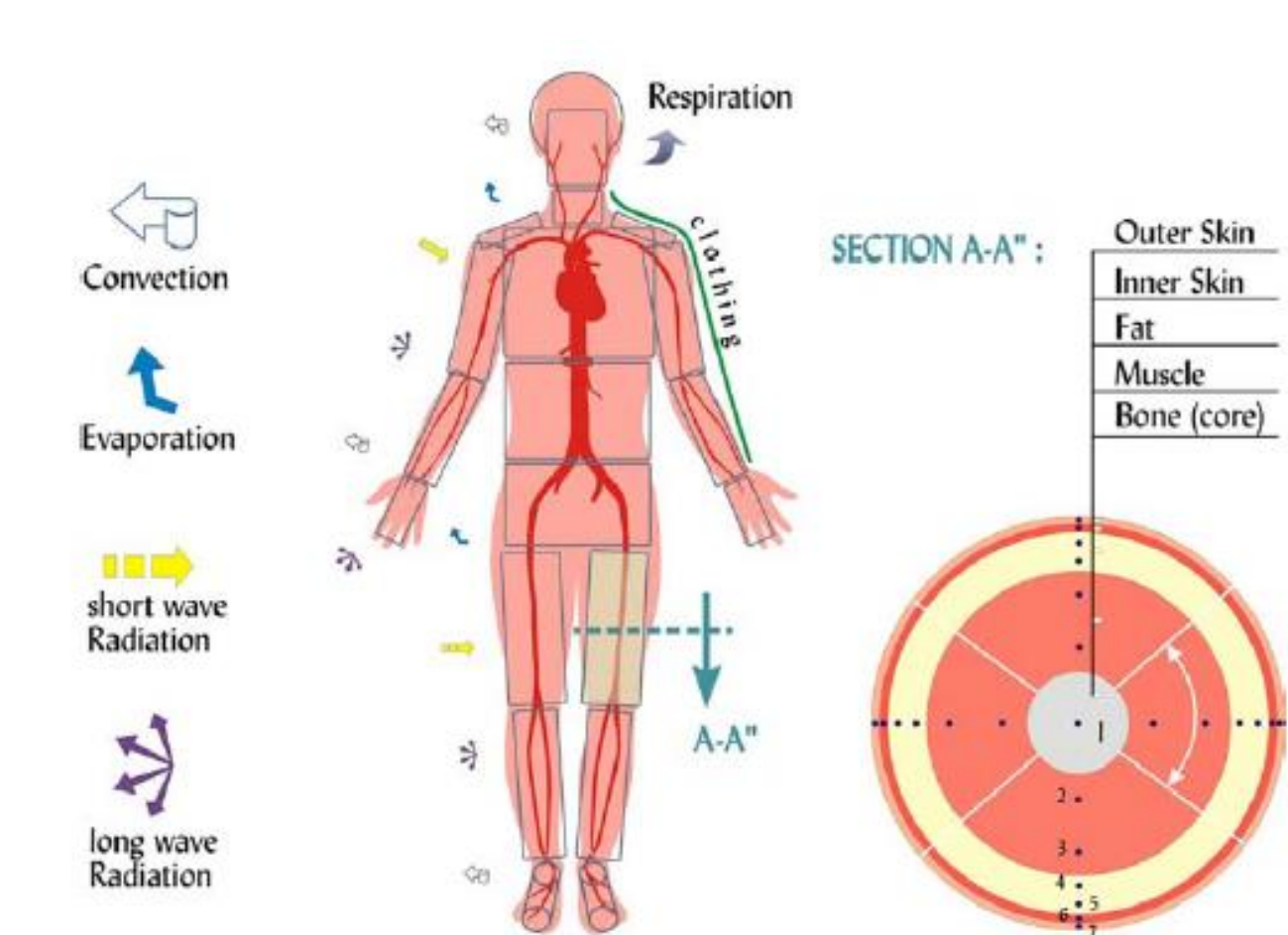


Abbildung 2: Das passive thermoregulatorische System des menschlichen Körpers (Fiala et al., 2010)

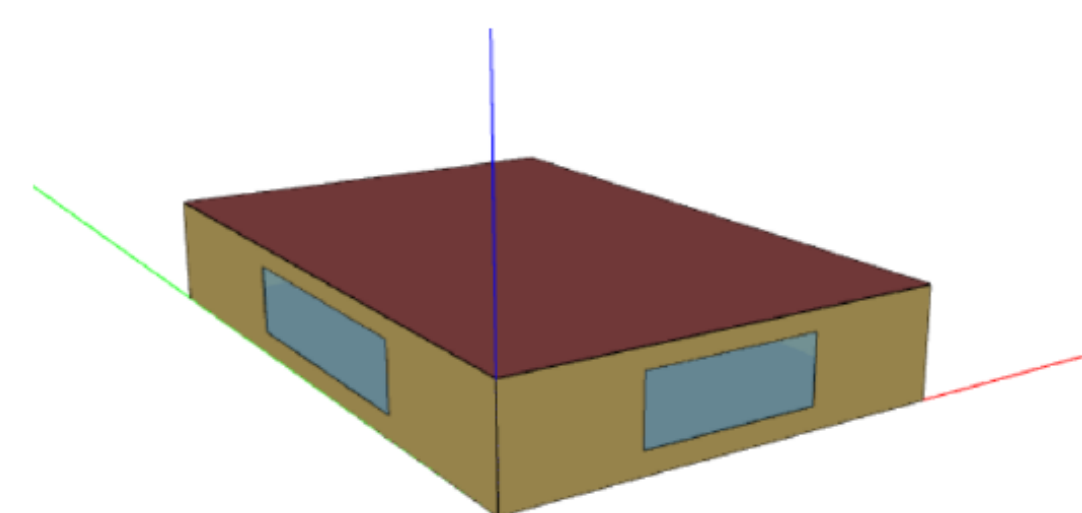


Abbildung 3: Gebäudemodell in Energy Plus

Tabelle 1: Mittlere Wärmedurchgangskoeffizienten der Gebäudestandards

	Referenzgebäude	Altbau	Passivhaus
U_{Mittel} [W/m ² K]	0.53	1.56	0.36

Regelungsarten

Lufttemperatur

Für die Lufttemperatur, welche typischerweise für die Führung von Gebäudeenergieanlagen in der Praxis genutzt wird, wurde ein **Sollwert** von $\vartheta_{L,Soll} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ festgelegt.

Operative Temperatur

Die operative Temperatur ϑ_{op} ist ein Raumklimaparameter, der unter bestimmten Bedingungen **näherungsweise der gefühlten Temperatur** im Raum entspricht und somit zur Beurteilung der Behaglichkeit von Menschen herangezogen werden kann. Die operative Temperatur berechnet sich wie folgt:

$$\vartheta_{op} = \frac{\vartheta_L + \vartheta_{\bar{R}}}{2}$$

- ϑ_L - Lufttemperatur
- $\vartheta_{\bar{R}}$ - mittlere Strahlungstemperatur der Umfassungsflächen

Der **Sollwert** für die operative Temperatur wurde gemäß den Richtwerten der DIN EN ISO 16798-1 auf $\vartheta_{op,Soll} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ festgelegt.

Fanger-PMV

Der PMV-Index (predicted mean vote) beschreibt das **mittlere thermische Empfinden** einer **größeren Personengruppe im Raum**, die den gleichen Umgebungsbedingungen ausgesetzt ist. Die Bestimmung des PMV erfolgt durch das **Behaglichkeitsmodell nach (Fanger, 1977)**. Für die **Regelung** nach dem Fanger-PMV wurde ein **Sollwert** gemäß DIN EN ISO 7730 von **PMV = ± 0.5** .

Tabelle 2: Temperaturskala nach (DIN EN ISO 7730, 2006)

PMV	Wärmeempfinden
+3	heiß
+2	warm
+1	etwas warm
0	neutral
-1	etwas kühl
-2	kühl
-3	kalt

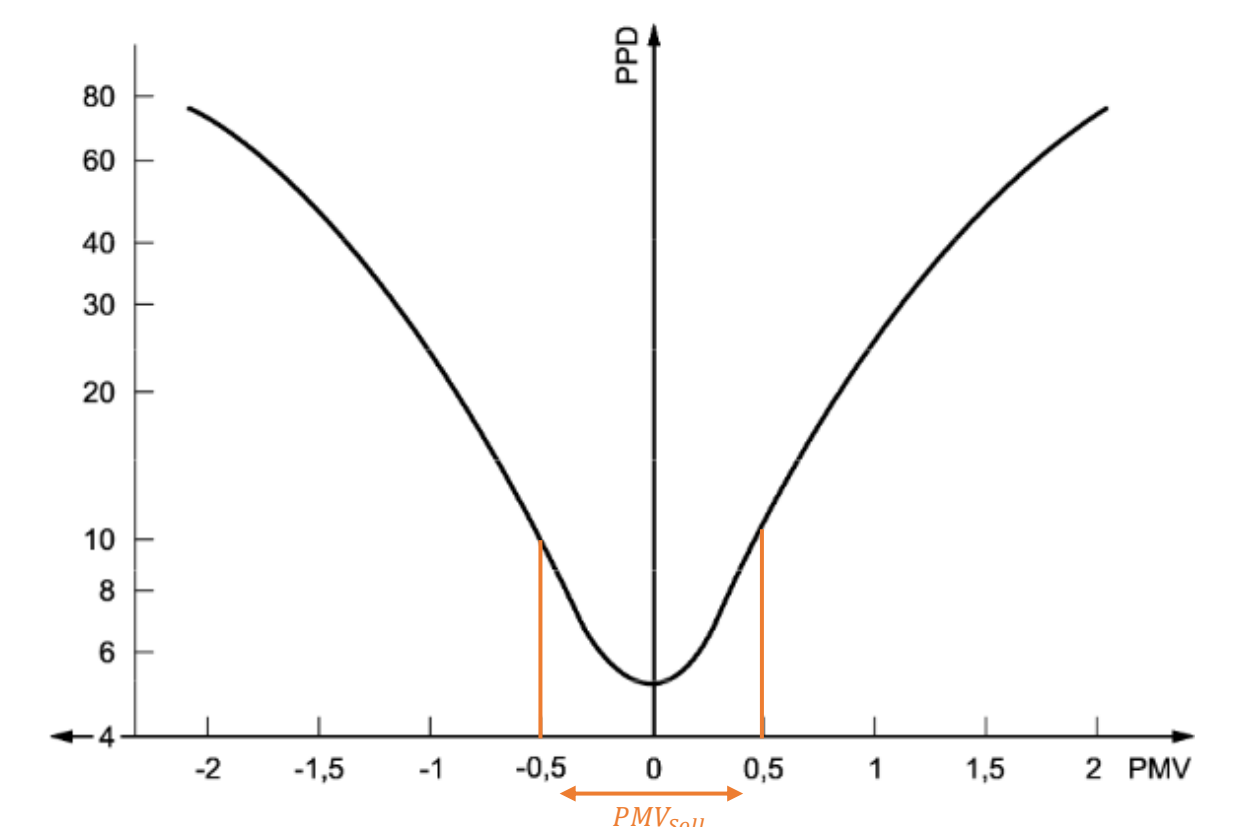


Abbildung 4: Verteilungsfunktion des PPD (DIN EN ISO 7730, 2006)

Ergebnisse und Diskussion

Einfluss der Regelungen auf Bohrmeter

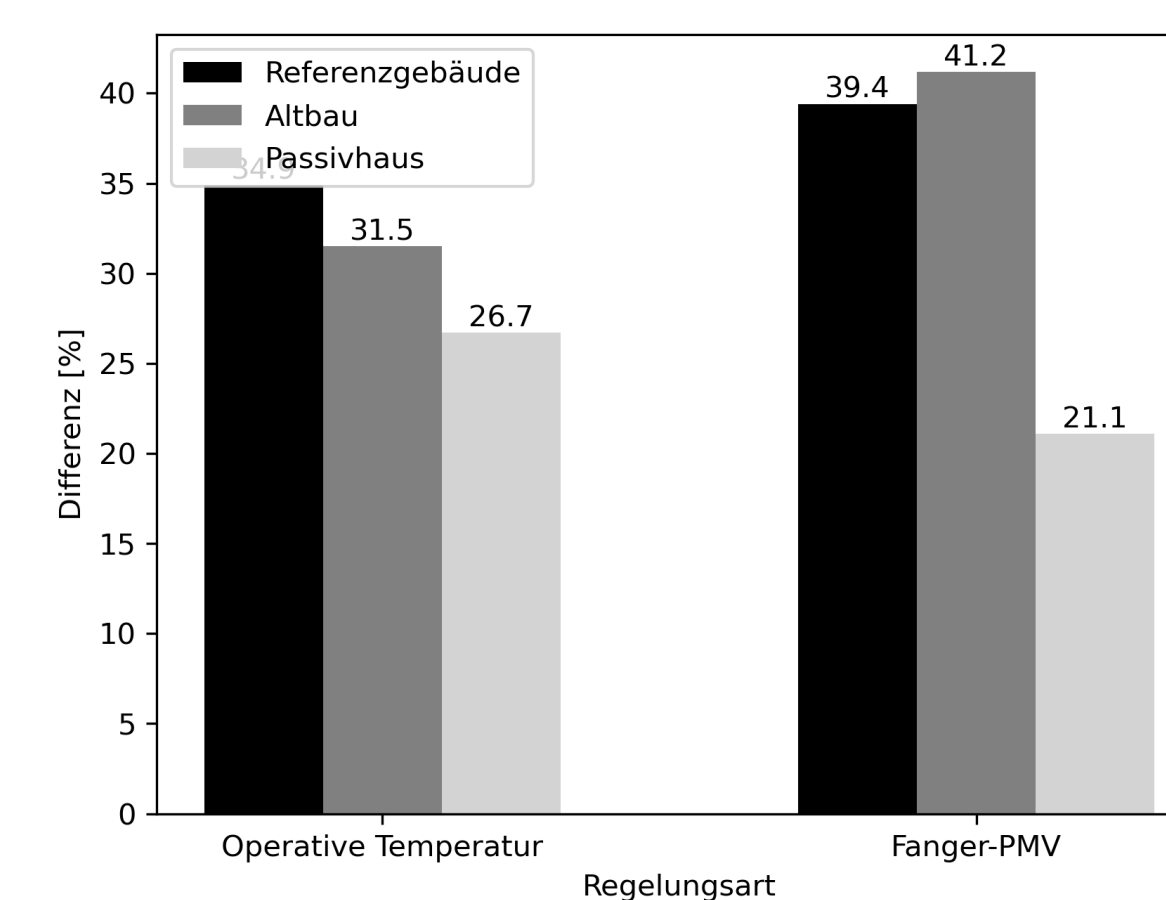


Abbildung 5: Prozentuale Abweichung der Bohrmeter je Gebäudestandard gegenüber der Lufttemperaturregelung

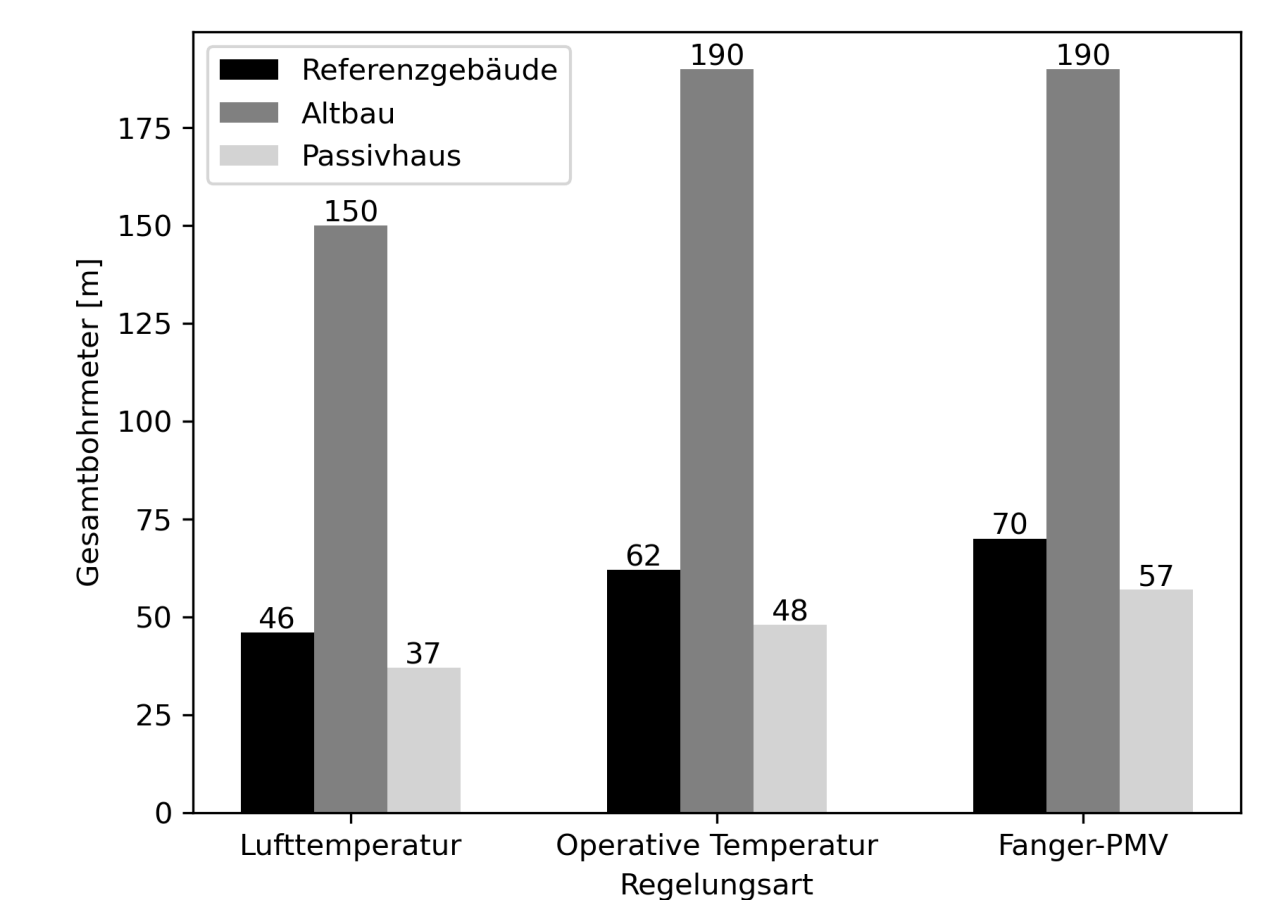


Abbildung 6: Gesamtbohrmeter je Gebäudestandard und Regelungsart

- Im **Vergleich zur Lufttemperaturregelung** führen die nach der Behaglichkeit geregelten Gebäude zu **höheren Gesamtbohrmetern** von bis zu **41%**
- **Behaglichkeitsgeführte Regelung** führt zu **höherer Gesamtbohrmeteranzahl** bei allen Gebäudestandards

Einfluss der Regelungen auf die spezifischen Kosten

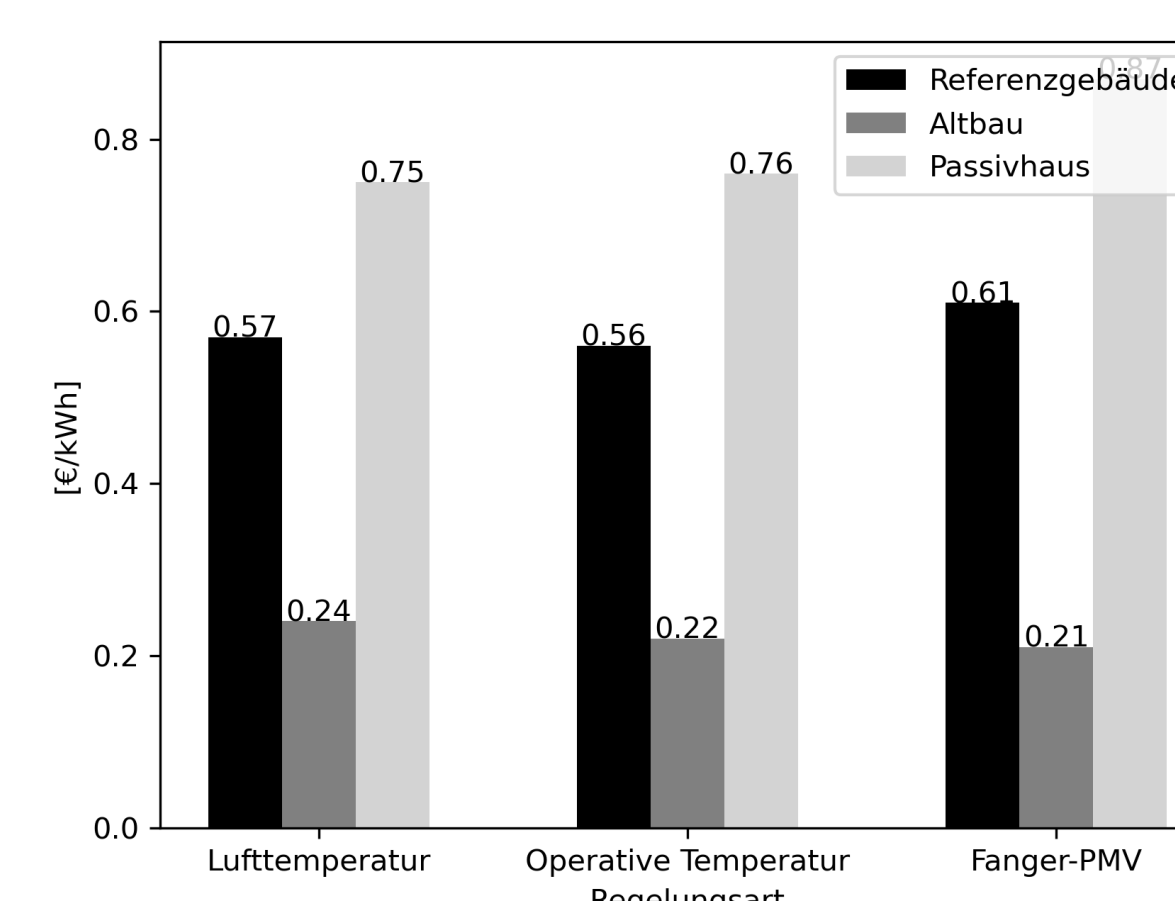


Abbildung 7: Spezifische Kosten je Gebäudestandard und Regelungsart

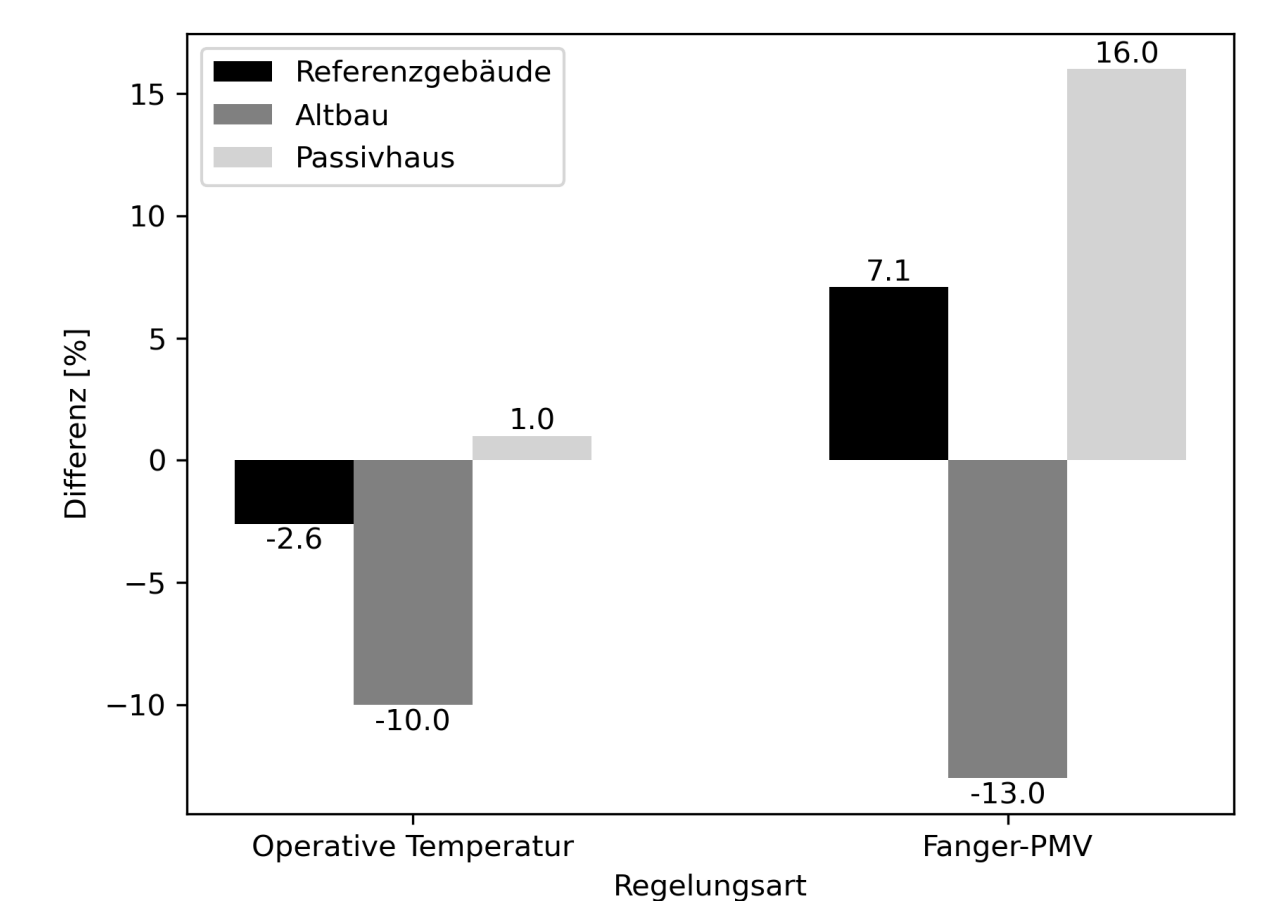


Abbildung 8: Prozentuale Abweichung der spezifischen Kosten gegenüber der Lufttemperaturregelung

- **Altbau** weist die **niedrigsten Kosten pro kWh** auf – **Passivhaus** die **Höchsten**
- Je höher die bedarfsgebundenen Kosten gegenüber dem Gesamtinvest, desto niedriger sind die spezifischen Kosten
- **Spezifische Kosten** für behaglichkeitsgeführte Regelungen bei **Bestands- und Altbauten** um bis zu **13% niedriger** gegenüber der **Lufttemperaturregelung**

Einfluss der Regelungen auf spezifische Heizwärmebedarfe

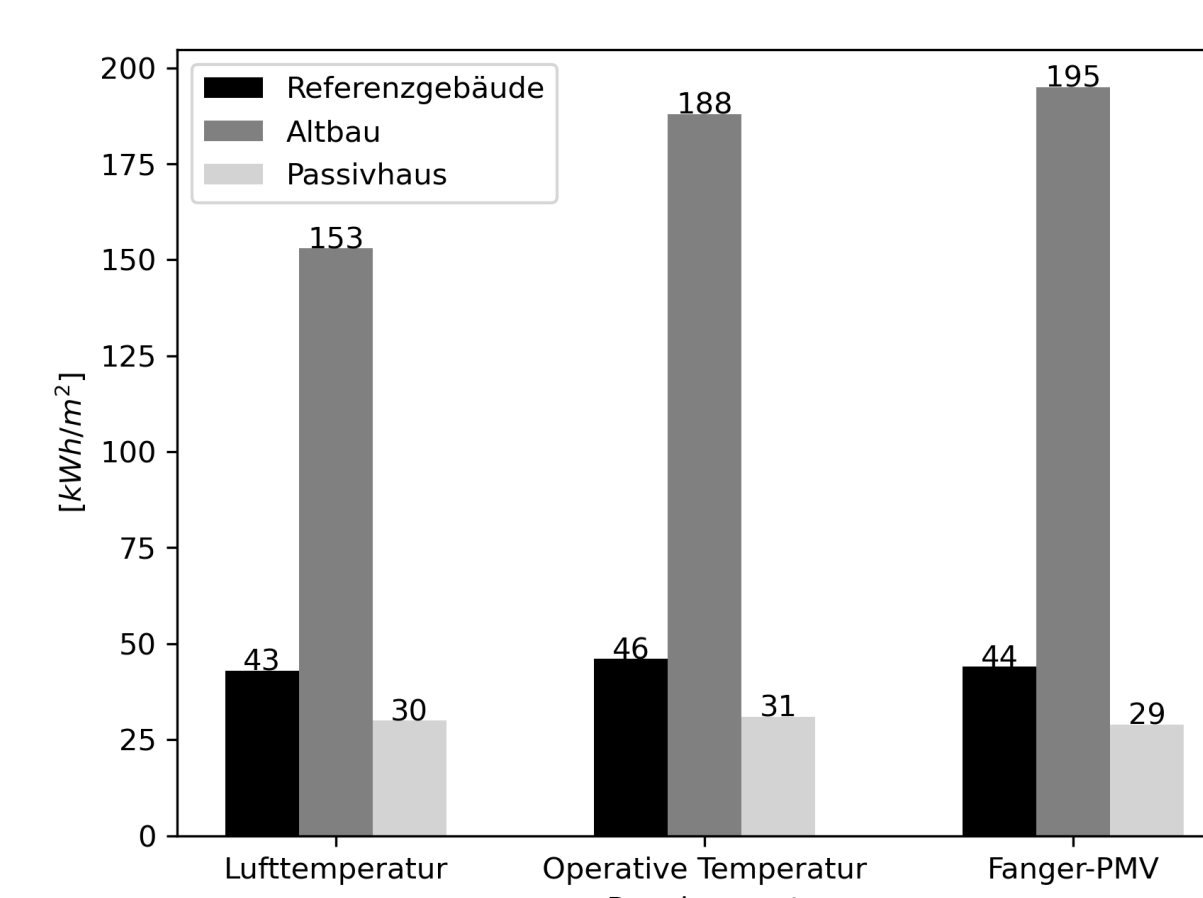


Abbildung 8: Spezifische Heizwärmebedarfe je Gebäudestandard und Regelungsart

- Bei Bestands- und Altbauten führen die behaglichkeitsgeführten Regelungen zu höheren spezifischen Heizwärmebedarfen
- Beim **Passivhaus** fallen die **spezifischen Heizwärmebedarfe** für die **behaglichkeitsgeführten Regelungen** **niedriger** aus gegenüber der Lufttemperaturregelung

Literatur

DIN EN ISO 16798-1 (2022). *Energetische Bewertung von Gebäuden – Lüftung von Gebäuden – Teil 1: Eingangsparameter für das Innenraumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden bezüglich Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik*. Hrsg. von Beuth Verlag, Berlin

DIN EN ISO 7730 (2006). *Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und PPD-Indexes und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit*. Hrsg. von Beuth Verlag, Berlin

Fanger, P.O. (1977). *Thermal Comfort*. Danish Technical Press, Copenhagen

VDI 2067-1 (2012). *Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen – Grundlagen und Kostenberechnung*. Hrsg. von Verein Deutscher Ingenieure e.V. Düsseldorf