

2 Methodik

Dieses Kapitel beschreibt Vorgehen und Methodik der Studie. Dargestellt werden Datenquellen, Erhebung und Aufbereitung, die Annahmen und Randbedingungen für Berechnungen sowie die verwendeten Modelle und Auswerteverfahren.

2.1 Datenquellen und Erhebungsmethoden

Die Datenerhebung im Rahmen dieser Machbarkeitsstudie basierte auf der systematischen Auswertung bestehender Datenquellen, technischer Literatur sowie gezielter Einzelfallrecherchen.

Datenquellen:

- Technische Fachgespräche mit Herstellerunternehmen: Durchführung strukturierter Interviews mit 11 Herstellern (Wärmepumpen und Wärmeabgabesysteme) sowie 7 Fachexpert*innen zur Erhebung von produkt- und technologiebezogenem Parameter (z. B. erforderliche Vorlauftemperaturen, Kombinierbarkeit mit Bestandsabgabesystemen, typische Einsatzgrenzen).
- Inhouse Know-How im Bereich der Planung von haustechnischen Anlagen.
- ENERGIEatlas Wien (UIV): Nutzung vorhandener städtischer Datensätze zur Typisierung von Bestandsgebäuden und deren Wärmeabgabesystemen (z. B. Gebäudetyp, Baujahr, Heizsystem, Energiekennzahlen), die zugrunde liegenden Einzelangaben sind anonymisiert und wurden aggregiert ausgewertet.
- Monitoring- und Evaluierungsberichte aus Dekarbonisierungsprojekten: Auswertung dokumentierter Erfahrungen und Kennzahlen aus bereits umgesetzten Projekten, insbesondere aus der Initiative „100 Projekte Raus aus Gas“ sowie aus Studien zur Wärme- und Kälteversorgung im Bestandswohnbau.
- Fachliteratur und technische Normen: z. B. ÖNORM EN ISO 7730, ÖNORM H 5155, EU-Ökodesign-Richtlinien, Fachartikel zur Effizienz von Flächenheiz- und Kühlsystemen).
- Marktrecherche: Analyse des aktuellen Marktangebots verfügbarer Technologien zur Adaptierung oder Umrüstung von Wärmeabgabesystemen (z. B. Flächenheizungen, Gebläsekonvektoren, kombinierte Systeme) unter Berücksichtigung von Datenblättern, Herstellerangaben und Fachpublikationen.
- Förder- und Rechtslage: Erfassung der relevanten rechtlichen Rahmenbedingungen (z. B. Wiener Bauordnung, Heizkostenabrechnungsgesetz) sowie der verfügbaren Förderprogramme (städtische und bundesweite Programme für Heizungsumstellung und Gebäudetechnikoptimierung).

2.2 Analytisches Vorgehen

Der erste Schritt bestand darin, einen belastbaren Überblick über die aktuelle Situation zu gewinnen, also die Verteilung der Wärmeabgabesysteme in Wiener Wohngebäuden zu verstehen. Dafür wurden zunächst Begriffe und Systemtypen einheitlich definiert. Auf dieser Grundlage wurden Daten aus dem ENERGIEatlas Wien (UIV, 2025) herangezogen, um den Status quo in Wien abzubilden.

Zur Ableitung repräsentativer Aussagen wurde ein Stichprobenverfahren angewendet. Ausgehend von 975.976 Wohneinheiten im Jahr 2023 (Statista Research Department) ergab sich bei 95 % Konfidenzniveau und ± 5 % Fehlermarge eine Stichprobengröße von $n = 384$. Diese 384 Gebäude wurden analysiert und die relevanten Attribute vereinheitlicht aufbereitet. Die nachfolgende Tabelle zeigt die erhobenen Daten sowie deren Quellen:

Tabelle 3: verfügbare Attribute des ENERGIEatlas (UIV, 2025)

Attribut	Quelle
BW-ID	Modelliert (GEL S/E/P II) ²
Bauperiode	Adress-, Gebäude- und Wohnungsregister (AGWR) ³
Bruttogeschoßfläche konditioniert	Modelliert (GEL S/E/P II)
Hauptnutzung	AGWR
A/V ⁴ Verhältnis / Kompaktheit	Modelliert (GEL S/E/P II)
Spezifischer HWB kWh/m ² /a	Modelliert (GEL S/E/P II)
Energieträger Raumheizung	AGWR
Gerät Wärmebereitstellung	AGWR

Da der Systemtyp der Wärmeabgabe in den Ausgangsdaten nicht enthalten ist, wurde ein regelbasiertes Prognosemodell erstellt. Die Regeln stützen sich auf Normen und Standards, branchenspezifische Benchmarks sowie die Projekterfahrung der Firma Allplan GmbH in Wien. Die folgende Tabelle erläutert die in Excel implementierten Regeln für die Daten sowie die jeweiligen Begründungen:

² FFG-Projekt „Räumliche Energieplanung für die Wärmewende“ (Spatial Energy Planning for Energy Transition, SEP), Projektnr. [3851883](#).

³ Das Gebäude- und Wohnungsregister (kurz GWR oder auch AGWR für Adress-, Gebäude- und Wohnungsregister) ist ein von der Statistik Österreich geführtes, amtliches Verzeichnis mit Daten zu Grundstücken, Gebäuden und Wohnungen.

⁴ Das A/V-Verhältnis steht für das Verhältnis der Gebäudehüllfläche (A) zum beheizten Gebäudevolumen (V).

Tabelle 4: Definierte Regeln zur Prognose des Wärmeabgabesystems

Nr.	Regel	Kommentar
1	Gebäude, die vor 1945 errichtet wurden und ein Raumheizgerät besitzen, werden mit einem Einzelofen beheizt.	In Altbauten vor 1945 waren Einzelöfen die typische Heizlösung.
2	Gebäude aus der Bauperiode vor 1970 mit Standardkessel und einem HWB > 90 kWh/m²a nutzen Radiatoren mit hoher Vorlauftemperatur.	Ältere, wenig gedämmte Gebäude haben einen hohen Wärmebedarf und benötigen Hochtemperatur-Radiatoren.
3	Gebäude ab Baujahr 1991 mit Standardkessel und einem HWB ≤ 70 kWh/m²a sind mit Niedertemperatur-Radiatoren ausgestattet.	Neuere Gebäude haben geringere Heizlasten, sodass NT-Radiatoren ausreichend sind.
4	Gebäude ab Baujahr 2000 mit Wärmepumpe nutzen in der Regel eine Flächenheizung.	Wärmepumpen arbeiten optimal mit großflächigen Niedertemperatursystemen.
5	Bei Fernwärme und HWB > 70 werden Hochtemperatur-Radiatoren eingesetzt; bei HWB ≤ 70 sind Niedertemperatur-Radiatoren üblich.	Die Auslegung des Radiators hängt bei Fernwärme stark vom Energiebedarf des Gebäudes ab.
6	Gebäude mit HWB < 50 kWh/m²a und einem A/V-Verhältnis < 0,5 setzen auf Bauteilaktivierung.	Sehr energieeffiziente, kompakte Gebäude eignen sich für diese moderne Technologie.
7	Kombithermen mit HWB ≤ 70 kWh/m²a versorgen Niedertemperatur-Radiatoren; bei höherem HWB werden Hochtemperatur-Radiatoren genutzt.	Kombithermen sind für NT-Systeme geeignet, benötigen bei hohem Wärmebedarf jedoch HT-Systeme.
8	Gebäude mit Raumheizgerät und Bauperiode vor 1970 nutzen typischerweise einen Einzelofen.	Diese Kombination war bis in die 1970er Jahre Standard.
9	Bei Fernwärme aus KWK und HWB ≤ 70 werden NT-Radiatoren eingesetzt, ansonsten HT-Radiatoren.	KWK-Fernwärme kann NT-Systeme effizient versorgen, bei hohem Bedarf sind HT-Systeme nötig.
10	Gebäude vor 1970 verwenden Hochtemperatur-Radiatoren; Gebäude ab 2000 mit HWB < 60 kWh/m²a nutzen Flächenheizungen.	Ältere Gebäude brauchen hohe Vorlauftemperaturen, während Neubauten mit Flächenheizungen effizienter sind.
11	Gebäude mit erneuerbaren Systemen und HWB < 70 kWh/m²a nutzen Flächenheizungen.	Erneuerbare Heizsysteme funktionieren besonders gut mit Flächenheizungen.

Nach Anwendung der Regeln wurden zunächst > 30 % der Fälle als „unklar“ klassifiziert. Zur Auflösung dieser Restmenge wurde ein einfaches Trainingsmodell auf Basis der bereits eindeutig zugeordneten Datensätze eingesetzt. Damit konnten alle verbleibenden Fälle dem wahrscheinlichsten Systemtyp zugeordnet werden; der Anteil „unklar“ sank auf 0 %. Auf Basis der so gewonnenen Ergebnisse wurde eine Gebäudetypologie in Abhängigkeit der Wärmeabgabesysteme für Wien abgeleitet.

Ein weiterer Schwerpunkt ist das Verständnis von Wärmepumpen im Niedervorlauftemperatur-Kontext: verfügbare Benchmarks und typische Einsatzgrenzen wurden für Wien analysiert. Ergänzend wurden die Adaptierbarkeit der Wärmeabgabesysteme für niedrige VLT sowie technische, rechtliche, organisatorische und wirtschaftliche Aspekte bewertet.

Zur Ableitung praxistauglicher Handlungspfade wurde ein Entscheidungsbaum entwickelt. Er zeigt je nach Ist-Zustand kurzfristige, mittelfristige und langfristige Optionen und macht transparent, unter welchen Voraussetzungen der Einsatz von Wärmepumpen bzw. anderer NVLT-Systeme möglich ist. Die Ausarbeitung basiert auf In-house-Know-how und dokumentierten Fallstudien.

2.3 Methodik Simulation

Ziel der Simulation ist es, die Wechselwirkungen zwischen Wärmeabgabesystemen und Nutzungsverhalten anhand eines modellierten Referenzraums eines typischen Wiener Wohnbaus der 1990er Jahre zu analysieren. Die Untersuchung basiert auf einer dynamischen Gebäudesimulation mittels eines Referenzmodells, in der unter verschiedenen Nutzungsszenarien die Entwicklung der thermischen Behaglichkeit, des Heizwärmebedarfs (in kWh/m²a) sowie der operativen Raumtemperatur analysiert wird.

Die Analyse dient dabei insbesondere der Beantwortung folgender Fragestellungen:

1. Welche Effekte haben unterschiedliche Nutzungsverhalten auf Komfort und Energieverbrauch?
2. Wie verändern sich die Ergebnisse in Abhängigkeit vom eingesetzten Wärmeabgabesystem?

Die Simulation basiert auf einem standardisierten Referenzraum, für den bauphysikalische Parameter, interne Lasten und klimatische Randbedingungen festgelegt wurden.

Tabelle 5: Rahmenbedingungen des Raummodells für Simulationen

Parameter	Wert	Bemerkung
Raumgröße (Bruttogrundfläche - BGF)	20 m ²	Typischer Wohnraum mit Regelgeschoßhöhe 2,6 m
Fensterfläche	Zweifachverglasung, U _g = 2,9 W/m ² K	ca. 2,5 m ²
Bauphysik	U-Wert 0,25 W/m ² K	Gebäudestandart 1995
Luftwechsel	0,6 h ⁻¹	Infiltration
Orientierung	Fensterseitig Ost	-
Klimadaten	Innere Stadt Wien	-
Verschattungssystem	Vorhanden	Rollos
Anwesenheitsprofil	SIA-Standard „Wohnen, MFH“	-
Max. zulässig Vorlauftemperaturen	Radiator: 55 °C; FBH: 40 °C	NT-Auslegung
Klimatensatz	Wien - Mitte	

Für die Untersuchung wurden **drei unterschiedliche Wärmeabgabesysteme** modelliert, die sowohl den heutigen Stand der Technik als auch zukünftige Entwicklungen im Wohnbau abbilden. Dazu zählen klassische NT-Radiatoren, wie sie typischerweise im Gebäudebestand vorkommen, Flächenheizsysteme in Form von Fußbodenheizungen sowie innovative, lüfterunterstützte Niedertemperaturradiatoren.

Bei den untersuchten **Nutzungsszenarien** wurden bewusst praxisnahe Verhaltensweisen gewählt, die in Wohnkonstellationen besonders häufig auftreten und einen unmittelbaren Einfluss sowohl auf den Energiebedarf als auch auf die Behaglichkeit (impliziert auch Raumtemperatur) haben. Dazu zählen vor allem das Lüftungsverhalten, die Wahl der Raumtemperatur, Verschattungseinstellungen sowie der Betrieb und Wartungszustand der Heizflächen.

Im Detail wurden folgende Szenarien für die Untersuchung definiert, die in der nächsten Tabelle aufgelistet werden. Die **Referenzvariante**, welche als Maßstab für den Vergleich dient, entspricht einem Lüftungsverhalten von dreimal täglich fünf Minuten Stoßlüften, einer Raumtemperaturvorgabe von 22 °C, keiner Nachtabsenkung sowie einem geringen Verschattungsanteil (Verschattung ab 400 W/m²). Leistungsverluste aufgrund unzureichend entlüfteter Radiatoren oder verstellter Heizflächen werden hierbei nicht berücksichtigt.

Tabelle 6: Ausgewähltes Nutzungsverhalten für die Simulation

Nr.	Szenario	Wert	Postfix (Variantenkennung)
1	Lüftungsverhalten	3x täglich Stoßlüften (5min) *	L1 (REF)
		2 h Dauerlüften (gekippt)	L2
		4 h Dauerlüften (gekippt)	L3
2	Raumtemperaturwertvorgabe	22 °C *	L1 (REF)
		23 °C	SO1
		24 °C	SO2
3	Nachabsenkung	Ja - (20:00 bis 05:00; - 3 K)	AKTIVE
		Nein *	L1 (REF)
4	Steuerung der solaren Einträge durch Verschattungssysteme (z.B.: Markisolekten, Raffstore, Rollläden)	0 W/m ²	SH2
		bis 200 W/m ²	SH1
		bis 400 W/m ² *	L1 (REF)
5	Verstellte/Verbaute Heizflächen	0 % ^{*/+}	L1 (REF)
		50 %	ST
6	Leistungsreduktion der Heizflächen aufgrund schlechter Wartung; Stichwort: Entlüftung von Radiatoren	0 % ^{*/+}	L1 (REF)
		50 %	W1
		80 %	W2

* ...Referenzvariante

+ ...Untersuchung nur für NT-Radiatoren

Zur Bewertung der Szenarien wurden drei zentrale Kennwerte herangezogen und für jedes Szenario eine quantitative Bewertung durchgeführt:

Erstens wurde die thermische Behaglichkeit nach dem Fanger-Modell beurteilt. Dabei kamen sowohl der Index für das subjektive Behaglichkeitsempfinden, der *Predicted Mean Vote* (PMV), als auch der Index *Predicted Percentage of Dissatisfied* (PPD) zum Einsatz, der den voraussichtlichen Anteil unzufriedener Personen angibt. Der PMV-Wert beschreibt die subjektive thermische Empfindung einer Person auf einer Skala von -3 (kalt) bis +3 (heiß). Dieser ergibt sich aus dem Zusammenspiel von Umgebungsbedingungen wie operative Temperatur, Luftbewegung oder Strahlungswärme sowie persönlichen Faktoren wie Kleidung und Aktivitätsniveau. Der zugehörige PPD-Wert kann aus dem PMV – Wert abgeleitet werden und gibt an, wie viele Personen voraussichtlich mit dem Raumklima unzufrieden sind und macht damit sichtbar, wie breit die Komfortwahrnehmung in einer Gruppe ausfällt (Abbildung 3).

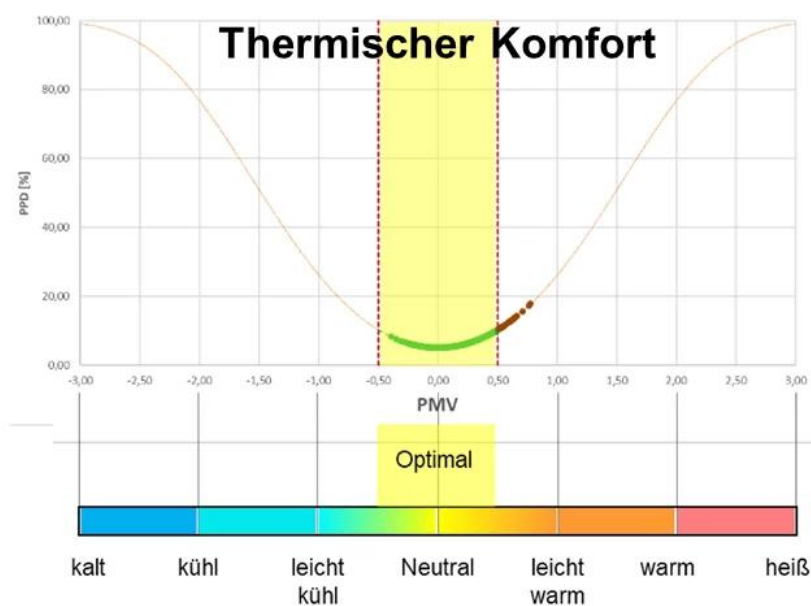


Abbildung 3: Zusammenhang zwischen dem Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD) und dem Predicted Mean Vote (PMV) (Quelle: (Hoinka, 2025))

Für die Interpretation der Simulationsergebnisse werden die folgenden, an ISO 7730 orientierten Komfortbereiche verwendet:

Komfortbewertung PMV:

- optimaler Komfort: $-0.5 \leq \text{PMV} \leq +0.5$
- akzeptabel kühl/warm: -1.0 bis -0.5 oder +0.5 bis +1.0
- außerhalb Komfortbereich: $\text{PMV} < -1.0$ oder $\text{PMV} > +1.0$

Komfortbewertung PPD:

- Gutes thermisches Raumklima: < 10 %
Das ist das Standardziel für eine hohe thermische Behaglichkeit und bedeutet, dass weniger als 10% der Raumnutzer mit dem Klima unzufrieden sind.
- Mäßig bis akzeptable thermische Behaglichkeit: 10 - 20 %
Zwischen 10 % und 20 % der anwesenden Personen werden voraussichtlich mit dem Raumklima unzufrieden sein (zu warm oder zu kalt).
- Thermisch unbehaglich, hohe Unzufriedenheit: > 20 %
Ein PPD-Wert über 20% wird als ungenügend oder thermisch unbehaglich eingestuft und deutet auf ein schlechtes Raumklima hin.

Zweitens wurde der spezifische Nutzenergiebedarf in kWh/m²a ermittelt. Dieser setzt sich aus dem Wärmeenergiebedarf sowie - sofern vorhanden - dem elektrischen Energiebedarf jener Abgabesysteme zusammen, die zusätzlich mit einer Ventilationseinheit ausgestattet sind. Die Energiebilanz bezieht sich dabei ausschließlich auf den Bedarf des Abgabesystems; Verteilungs- und Erzeugungsverluste wurden nicht berücksichtigt. Diese Vorgehensweise wurde bewusst gewählt, um den Einfluss und die Effizienz des Abgabesystems selbst gezielt zu untersuchen und einen direkten Vergleich zwischen den Varianten zu ermöglichen. Dabei ist zu beachten, dass diese isolierte Betrachtung auch Einschränkungen mit sich bringt: Da das Gesamtsystem nicht berücksichtigt wird, können Wechselwirkungen mit dem Wärmeerzeuger unberücksichtigt bleiben oder nur verzerrt dargestellt werden. Auf diese Aspekte wird in den Ergebnissen entsprechend hingewiesen.

Drittens wurde das Raumklima anhand der mittleren *operativen Raumtemperatur* analysiert und bewertet. Die operative Temperatur ergibt sich aus dem gewichteten Mittel zwischen Lufttemperatur und mittlerer Strahlungstemperatur der umgebenden Raumflächen. Sie ist damit ein Maß, das sowohl die fühlbare Lufttemperatur als auch die thermische Wirkung warmer oder kalter Oberflächen berücksichtigt. Im Vergleich zur reinen Lufttemperatur bildet die operative Temperatur das tatsächliche thermische Empfinden deutlich besser ab, insbesondere in Räumen mit großen oder unterschiedlich temperierten Oberflächen (z. B. Fensterflächen, Bauteiltemperierungen, Strahlungsheizungen). Sie eignet sich daher deutlich besser für die Bewertung der thermischen Behaglichkeit und der raumklimatischen Qualität.

Die Ergebnisse der Simulationsstudie werden jeweils im Vergleich zur Referenzvariante dargestellt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich sämtliche Berechnungen ausschließlich auf die Heizperiode von Oktober bis April beziehen.