



# Machbarkeitsstudie „Dekarbonisierung vor thermischer Sanierung?“

Studienpräsentation

**e7 GmbH:**  
Johannes Rammerstorfer  
Alina Peischl  
Susanne Kuchar  
**Scandens AG:**  
Diego Sigrist



## 1. In welchem Umfang ist eine thermische Sanierung vor Dekarbonisierung erforderlich bzw. sinnvoll?

- Und welche Gebäude(typen) können sofort ohne Sanierung dekarbonisiert werden?

## 2. Was ist bei einer Dekarbonisierung vor thermischer Sanierung zu berücksichtigen?

- Z.B Vorbereitungen für Maßnahmen die erst später umgesetzt werden, Auslegung des Heizsystems und Hybridlösungen zur Vermeidung von Lock-In-Effekten

## 3. Was ist im Zusammenhang mit einer schrittweisen thermischen Sanierung im Zuge einer Dekarbonisierung von Relevanz?

- Sinnvolle Reihenfolge der Maßnahmen, Faktoren für Reihenfolge der Maßnahmensetzung etc.

**Fokus der Studie**

Raumwärmebereitstellung für MFH

**Ergebnis**

Fundierte Hilfestellung für  
Entscheidungsträger:innen

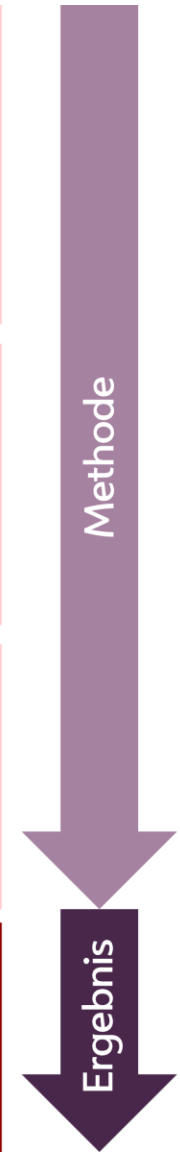
- Dekarbonisierung und Sanierung in zwei Schritten in der Studie analysiert:
  - Was ist kurzfristig notwendig, um Dekarbonisierung durchführen zu können?
  - Was ist langfristig notwendig für ein effizientes Gebäude?

## 1. Kurzfristig: Zwischenziel

- **Fokus auf Dekarbonisierung ggf. mit einzelnen erforderlichen thermischen Sanierungsmaßnahmen**
  - Dekarbonisierte Wärmeversorgung
  - Wärmepumpenlösung: Gebäude ist **Low-Temperature-Ready**

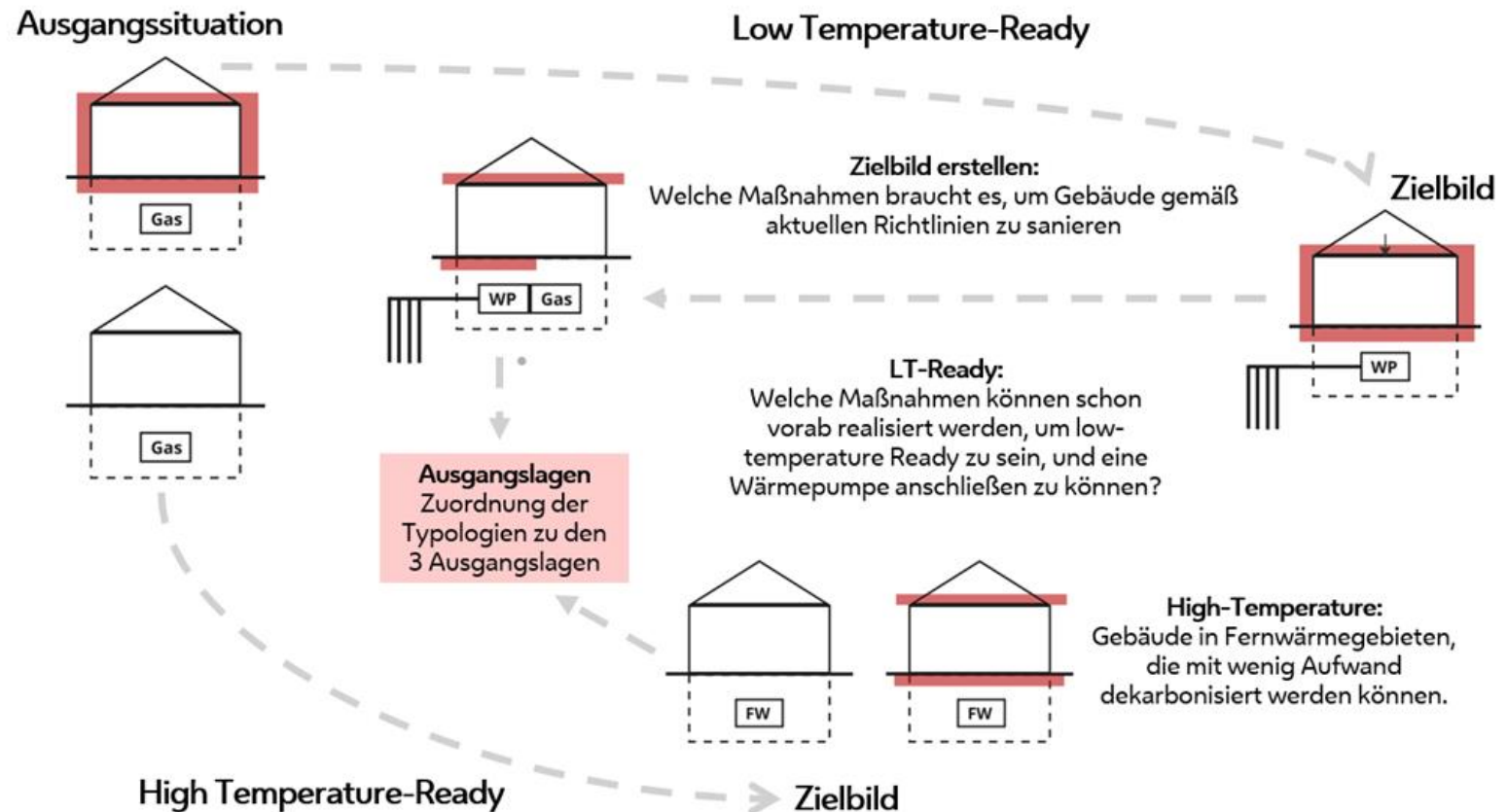
## 2. Langfristig: Zielbild (Effizienzziele Klimafahrplan)

- **Umfassende thermische Sanierung des gesamten Gebäudes**
  - Thermischer Standard gemäß aktuellen Anforderungen:
    - Heizwärmebedarf entsprechend der „21-Linie“ gemäß OIB-Richtlinie 6, 2023



# Methode – Low-Temperature-Ansatz

1. Prüfung der Ausgangssituation
2. Erstellung des Sanierungs-Zielbilds
3. High-Temperature:
  - Gebäude, die in Fernwärmegebieten
4. Entwicklung Low-Temperature-Ready-Ansatz
  - Identifikation kurzfristig umsetzbarer Zwischenschritte
  - Wärmepumpenlösungen



# Definition Low-Temperature Ready

## Referenzen aus der Literatur

- **Warum 55 °C als Grenzwert für Low-Temperature-Readiness (LT-Ready):**
  - Mit Richtlinien und Förderprogrammen vereinbar ( $\eta_s$  mindestens 140 Prozent bei 55° Celcius Vorlauftemperatur wird von vielen WP Herstellern erreicht)
  - Effizienter Wärmepumpenbetrieb mit 55°C noch möglich für gute Jahresarbeitszahlen (JAZ)
- In Literatur wurden folgende Aspekte im Bezug auf LT-Readiness bereits analysiert:
  - Definition LT-Readiness in mehreren Studien: Heizleistung bei VL  $\leq$  55 °C abdeckbar
  - Niedertemperaturbetrieb  $\leq$  55 °C durch minimalinvasive Maßnahmen möglich: Dämmung einzelner Bauteile (Dach, Kellerdecke); Heizkörpertausch / -vergrößerung; Hydraulischer Abgleich, Regelungsoptimierung (LT Ready, Rutten, 2021)
  - Auswertung Verbrauchsdaten von 120.000 MFH in DE: 50 % der Gebäude bereits ohne bauliche Maßnahmen „Wärmepumpen-ready“, weitere 40 % mit gezielten Maßnahmen (Heizflächentausch, hydr. Abgleich) (WÄRME, Techem, 2022)
  - Niedertemperaturfähigkeit der Gebäudehülle beim Einsatz von Wärmepumpen bei VL-Temp von 60 bis 70°C (JAZ>3) (Hausladen, 2024)

# STEP 1

Auswahl 30 typische Gebäude



# Auswahl typische Gebäude

- Berücksichtigung von:
  - Dekarbonisierungstypen aus Wiener Wärme und Kälte 2040
  - Tabula Datenbank
- Mischung aus :
  - 100 Projekte Raus aus Gas
  - e7-Projekte

- Identifizierte Kriterien für Auswahl
  - Z.B.: Baujahr, Sanierungsstatus, Energiebedarf, Baukörper (Kompaktheit), Zentral/Dezentral, Verteilung, Wärmeabgabesystem, Temperaturniveau (Vorlauf) etc.

Quelle: [webtool.tabula-typologie.eu](http://webtool.tabula-typologie.eu)

Quelle: <https://www.wien.gv.at/umwelt/100-projekte-raus-aus-gas>

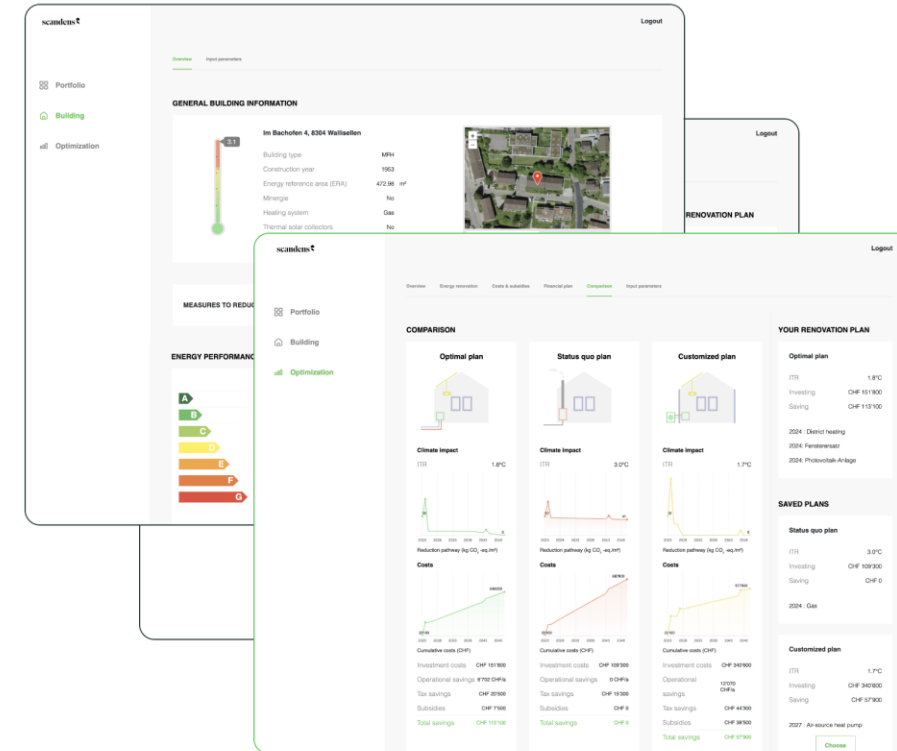
## STEP 2

Simulation Bestand - 30 typische Gebäude

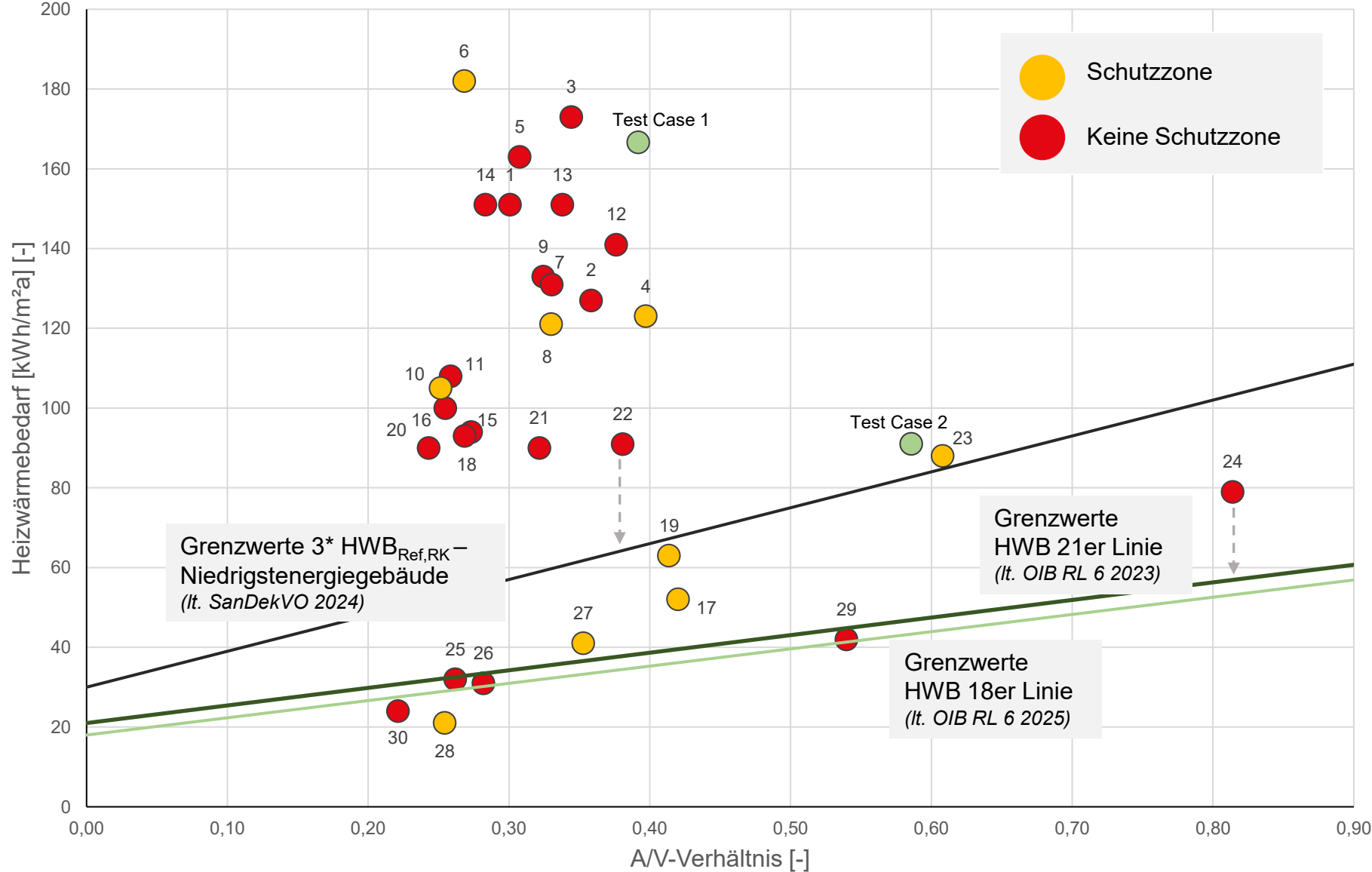


# Simulationssoftware Scandens

- Ziel Bearbeitung Projekt: Möglichst reale Energiebedarfe und möglichst viele Gebäude analysieren
- Funktion & Nutzen im Projekt
  - Energieanalysen und Sanierungsfahrpläne → Tool für Portfolioanalyse
  - Ganzheitliche Bewertung von Maßnahmen (Energie; Ökologisch; Wirtschaftlich) → vergleichende Analysen Sanierungsszenarien
  - Gebäudemodellierung 3D-Geometrie auf Basis LOD2 (digitaler Zwilling mit einer thermischen Zone)
  - Stündlich-dynamische Ganzjahressimulation gemäß ISO 52016
- Technische Vorteile
  - Höhere Genauigkeit, realitätsnahe Resultate aufgrund stündl. Simulation
  - Darstellung des Zusammenspiels von Hüllmaßnahmen & Wärmeerzeugung
  - Ziel: Identifikation des wirtschaftlich optimalen Sanierungspfads („Sweet Spot“ zwischen Hülle und Technik)
- JAZ-Berechnung (Jahresarbeitszahl)
- Entscheidungsgrundlage:
  - Welche Maßnahmen sind technisch sinnvoll und wirtschaftlich vorteilhaft? (16 Varianten je Gebäude simuliert)

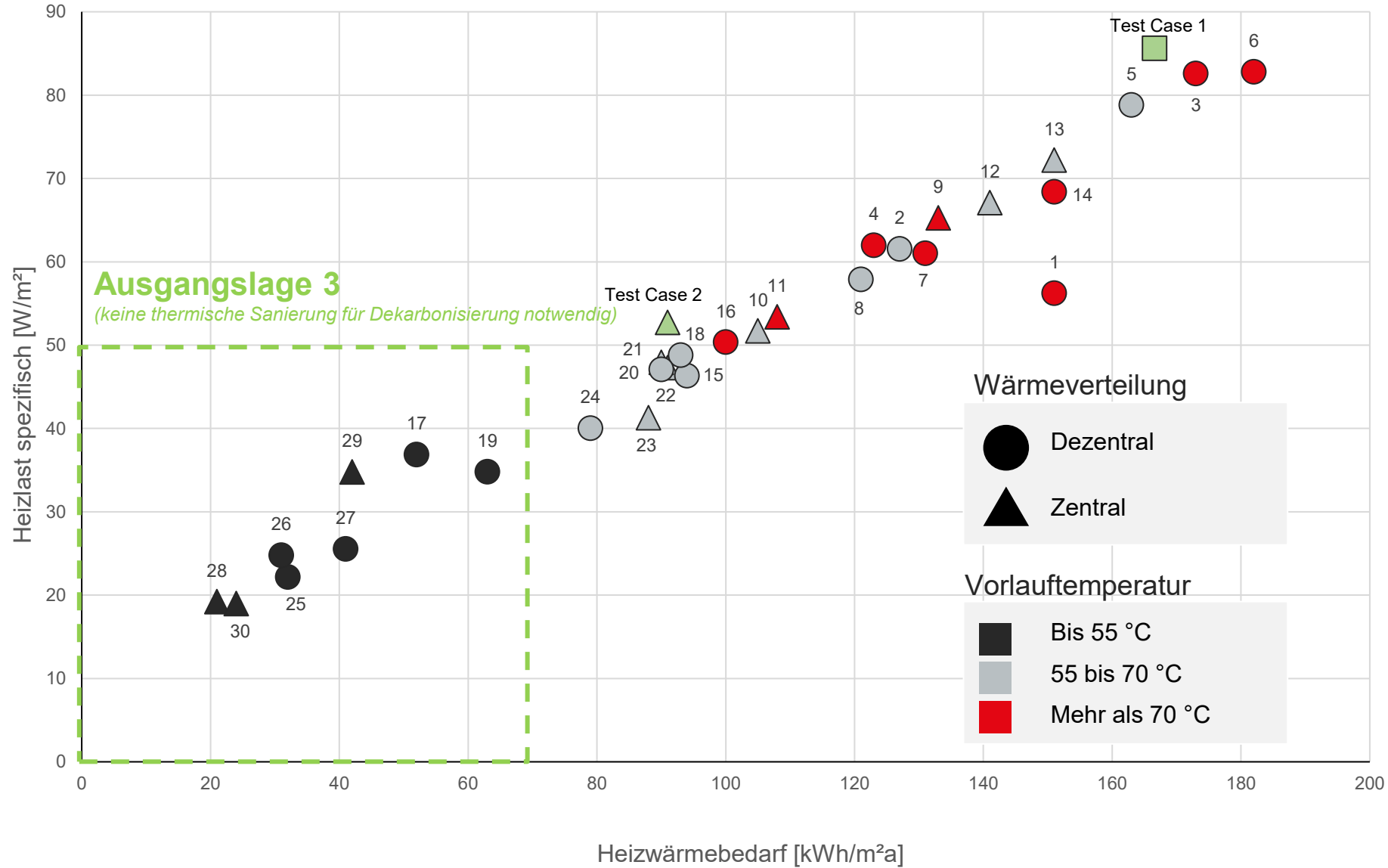


# Ergebnisse Sim. Bestand – Heizwärmebedarf



Zielbild

# Ergebnisse Sim. Bestand – Heizlast



## STEP 3

Definition und Zuordnung Ausgangslagen  
Optimierung Wärmeabgabe



## ■ Prioritätenreihung Maßnahmen:

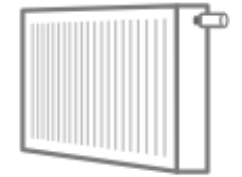
### 1. Optimierung Wärmeabgabesystem (Wärmeverteilung und -abgabe)

- Ermittlung plausible Optimierung Wärmeabgabesystem
  - Analyse Abgabeleistungen unterschiedliche Heizkörpertypen bei unterschiedlichen VL- und RL-Temperaturen.
  - Optimierungspotenziale durch Hydraulischer Abgleich, Nutzung von Heizkörperverstärkern
- **Festlegung plausible Leistungsvergrößerung Wärmeabgabesystem:**
  - Kleinflächige Heizkörper: 94 %
  - Großflächig Heizkörper: 34%
- Festlegung neue VL-Temperatur nach Optimierung Abgabesystem

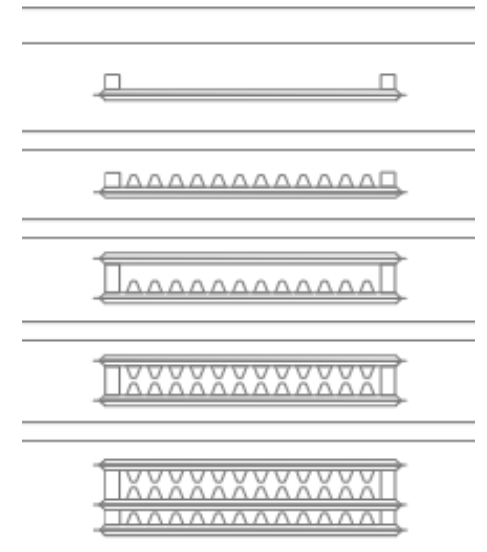
Zusätzlicher Nutzen für etwaige  
Temperierung im Sommer (Kühlbetrieb)

### 2. Dann thermische Sanierungsmaßnahmen (thermische Gebäudehülle)

- Erforderliche Dämm-Maßnahmen für LT-Ready



Flachheizkörper profiliert

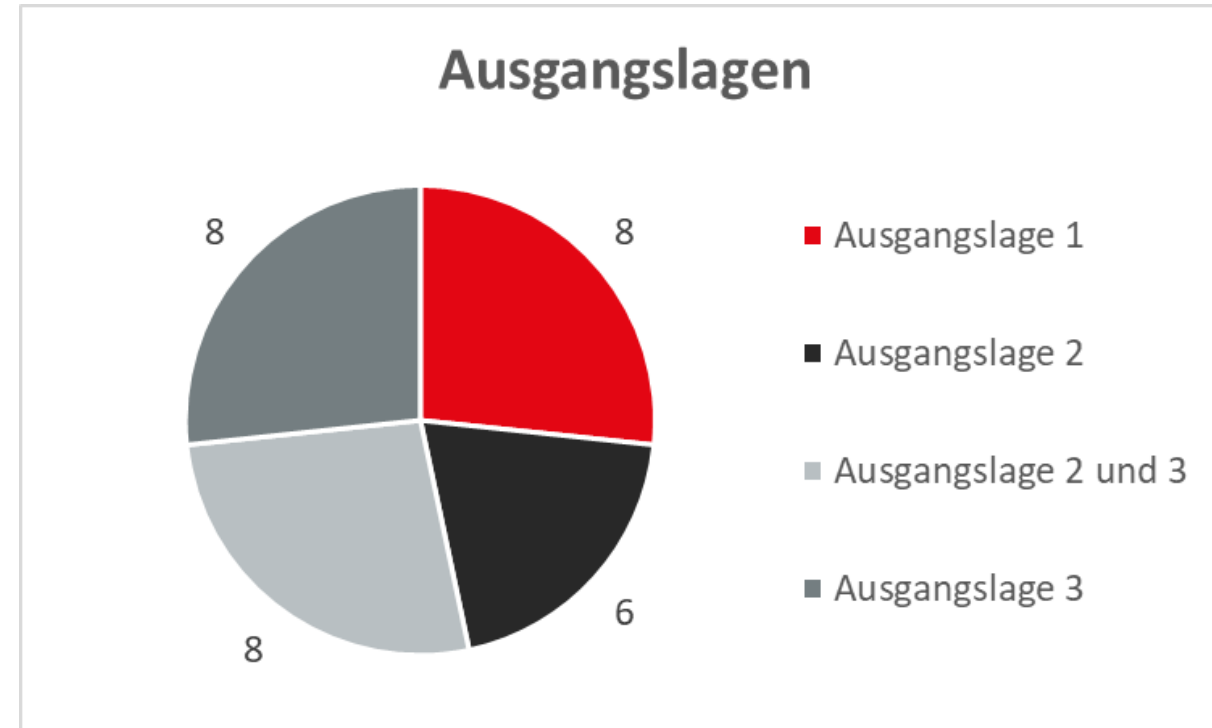


Literatur und Monitoringergebnisse zeigen, Wärmeabgabesysteme sind oft überdimensioniert. Optimierungspotenziale durch hydraulischen Abgleich und Anpassung Heizkurven in vielen Objekten gegeben

# Zuordnung Bestand zu Ausgangslagen

- Zuordnung: Bestand inkl. Wärmeabgabe Optimierung
- Ergebnis Zuordnung zu Ausgangslagen (bei Wärmepumpe und Fernwärmeausbaugesamt), Thermischer Sanierungsbedarf:

- **Ausgangslage 1 (erforderlich):** Vorlauftemperatur nach Vergrößerung bei über 60°C, HWB > 100 kWh/m<sup>2</sup>a und Heizleistung > 50 W/m<sup>2</sup>
- **Ausgangslage 2 (sinnvoll):** Grenzfall 1 - Vorlauftemperatur zwischen 55-60 °C; HWB > 100 kWh/m<sup>2</sup>a und Heizleistung > 50 W/m<sup>2</sup>
- **Ausgangslage 2 und 3 (sinnvoll/nicht erforderlich):** Grenzfall 2 - Vorlauftemperatur zwischen 55-60 °C; HWB < 100 kWh/m<sup>2</sup>a und Heizleistung < 50 W/m<sup>2</sup>
- **Ausgangslage 3 (nicht erforderlich):** alle Gebäude die bereits jetzt mit einer Vorlauftemperatur von <55°C betrieben werden



**Anmerkung:** Fernwärmegebiet → alle Ausgangslage 3, können ohne thermische Sanierung dekarbonisiert werden

# STEP 4

Simulation Zwischenziele und Zielbilder



## ■ Definition Schrittweise Sanierung:

### □ Schritt 1: Zwischenziel: Fokus auf Dekarbonisierung ggf. mit einzelnen erforderlichen thermischen Sanierungsmaßnahmen

- Dekarbonisierte Wärmeversorgung
- Wärmepumpenlösung: Gebäude ist Low-Temperature-Ready, d. h. die erforderliche Heizleistung kann mit einer maximalen Vorlauftemperatur von 55 °C gedeckt werden.

**a) Zwischenziel – Technisches Minimum:** Ziel: Gebäude auf eine Vorlauftemperatur von **55 °C** bringen (Low-Temperature-Ready)

- Fokus auf **minimal technisch notwendige Maßnahmen**

**b) Zwischenziel – Wirtschaftliches Optimum:** Ziel: **Optimiertes Maßnahmenpaket** für Dekarbonisierung und Wirtschaftlichkeit

- Bewertung: Maßnahmen, die über einen Zeitraum von **30 Jahren wirtschaftlich sinnvoll** sind
- Abhängig vom **Kosten-Nutzen-Verhältnis** können mehr Maßnahmen sinnvoll sein als im technischen Minimum

**Anmerkung: Nur mit Luft-Wärmepumpen simuliert, schlechtester Fall  
JAZ für Raumwärme je nach Objekt zwischen 2,7 und 3,8 → im Mittel 2,9**

## ■ Definition Schrittweise Sanierung:

### □ Schritt 2: Zielbild: Umfassende thermische Sanierung des gesamten Gebäudes

- Thermischer Standard gemäß aktuellen Anforderungen:
  - Heizwärmebedarf entsprechend der „21-Linie“ gemäß OIB-Richtlinie 6, 2023
- Für Gebäude in Schutzzonen oder mit Denkmalschutz: U-Werte laut OIB-RL 6 für alle Bauteile außerhalb Denkmalschutzes oder Schutzzone.
- Unabhängig von Fernwärmeanschluss

Zielbild

**Anmerkung: Nur mit Luft-Wärmepumpen simuliert, schlechtester WP-Fall  
JAZ für Raumwärme je nach Objekt zwischen 2,8 und 3,9 → im Mittel 3,11**

# Schrittweise Sanierung

## ■ Ziel im Rahmen der Studie:

- Wärmeversorgung zuerst dekarbonisieren (Wärmepumpe oder Fernwärme)
- Thermische Sanierung nachgelagert umsetzbar (z. B. bei hohen Investitionskosten)

## ■ Schnittstellenmanagement:

- Gesamtkonzept vor erster Maßnahme notwendig
- Koordination technischer, organisatorischer und zeitlicher Abhängigkeiten

## ■ Empfohlene Maßnahmenreihenfolge:

- Maßnahmen mit geringer Schnittstellenabhängigkeit (z. B. Dach, Kellerdecke)
- Maßnahmen mit hoher Abhängigkeit (z. B. Fenster und Fassade) → ideal kombiniert

## ■ Systemdimensionierung

- Überdimensionierung vermeiden, modulierende WP
- Gesamtkonzept vor erster Maßnahme notwendig → Was soll in Zukunft erreicht werden (Leistung/Energie)
- Effizienter Wärmepumpenbetrieb bei Vorlauftemperatur  $\leq 55$  °C; Wärmepumpen technisch auch bis 70 °C betreibbar, aber mit deutlich sinkender Effizienz

# STEP 5

Clusterung der Gebäude anhand der Ergebnisse



# Ergebnisse Gebäudecluster

Z = Zentralisierung  
 O = Optimierung Wärmeabgabe  
 AW = thermische Sanierung der Außenwand  
 D/OG = thermische Sanierung Dach oder oberste Geschossdecke  
 KD = thermische Sanierung Kellerdecke  
 F = thermische Sanierung Fenster/Fenstertausch

Gebäude-Cluster	Status Quo						Zwischenziel technisches Minimum LT (erforderlich)					
	HWB [kWh/m <sup>2</sup> a]	Wärmeabgabesystem	VL [°C]	Heizleistung [W/m <sup>2</sup> BGF]	Ausgangslage		Z	O	AW	D/OG	KD	F
	≥ 170	Großflächige Wärmeabgabe Kleinflächige Wärmeabgabe	≥ 70	≥ 50	1		(x)	x	x	x		
	100-170	Kleinflächige Wärmeabgabe	≥ 90	≥ 50	1		(x)	x	x			
	100 -170	Großflächige Wärmeabgabe	70 - 80	≥ 50	2		(x)	x	x	x		
	100 -170	Großflächige Wärmeabgabe Kleinflächige Wärmeabgabe	70 - 80	< 50	2		(x)	x		x		
	< 100	Großflächige Wärmeabgabe Kleinflächige Wärmeabgabe Fußbodenheizung	55 - 70	< 50	3	2	(x)	x	x			
	≤ 60	Großflächige Wärmeabgabe Kleinflächige Wärmeabgabe Fußbodenheizung	≤ 55	< 50	3		(x)					
	Fernwärme (alle)					3		(x)				

# STEP 6

Aufbereiten der Ergebnisse für Zielgruppe



# Entwurf Entscheidungsbaum

## REPORT ENTSCHEIDUNGSBAUM

Die Stadt Wien verfolgt das Ziel, bis 2040 klimaneutral zu werden (MA 20, 2022). Ein zentraler Hebel dafür ist die Dekarbonisierung des Gebäudebestands, insbesondere durch den Ausstieg aus fossilen Brennstoffen. **Test Case 1** Innovation Vienna GmbH, u. übertragbarer Lösungen.

Das vorliegende Projekt verthermischer Sanierung und schneller Umstieg auf erneuerbare, umfassenden thermischen abgestufte Maßnahmenpaketausgangssituation – zu einer Zentrale Grundlage ist die Z Orientierung für realistische - **Ausgangslage 1:** Ma Gebäudehülle erforderlich, Maßna - **Ausgangslage 2:** Ma erforderlich, Maßna - **Ausgangslage 3:** Ke erforderlich.

Dieser Report basiert auf der Entscheidungstool und dier ohne sofortige thermische Er ersetzt kein Sanierungs Einordnung des Gebäudes

### Gebäudetyp: 2 (dezentral)

Kriterien	Bereich/Wert	Mein Gebäude
Fernwärmegebiet	nein	nein
Nutzfläche oder Brutto-Grundfläche		MFH < 15 WE
HWB	≥ 160 kWh/m <sup>2</sup> a	903 m <sup>2</sup> NF
Baukörper		166 kWh/m <sup>2</sup> a
Zentral/Dezentral Wärmebereitstellung	dez	Dezentral

Wärmeverteilung	Wärmeabgabe	Vorlauftemperatur A/V	Spez. Heizleistung
Grö Kle	Grö Kle	≥ 7	≥ 5

Zuordnung zu Ausgangslage	Ausgangslage

### Allgemeine Hinweise:

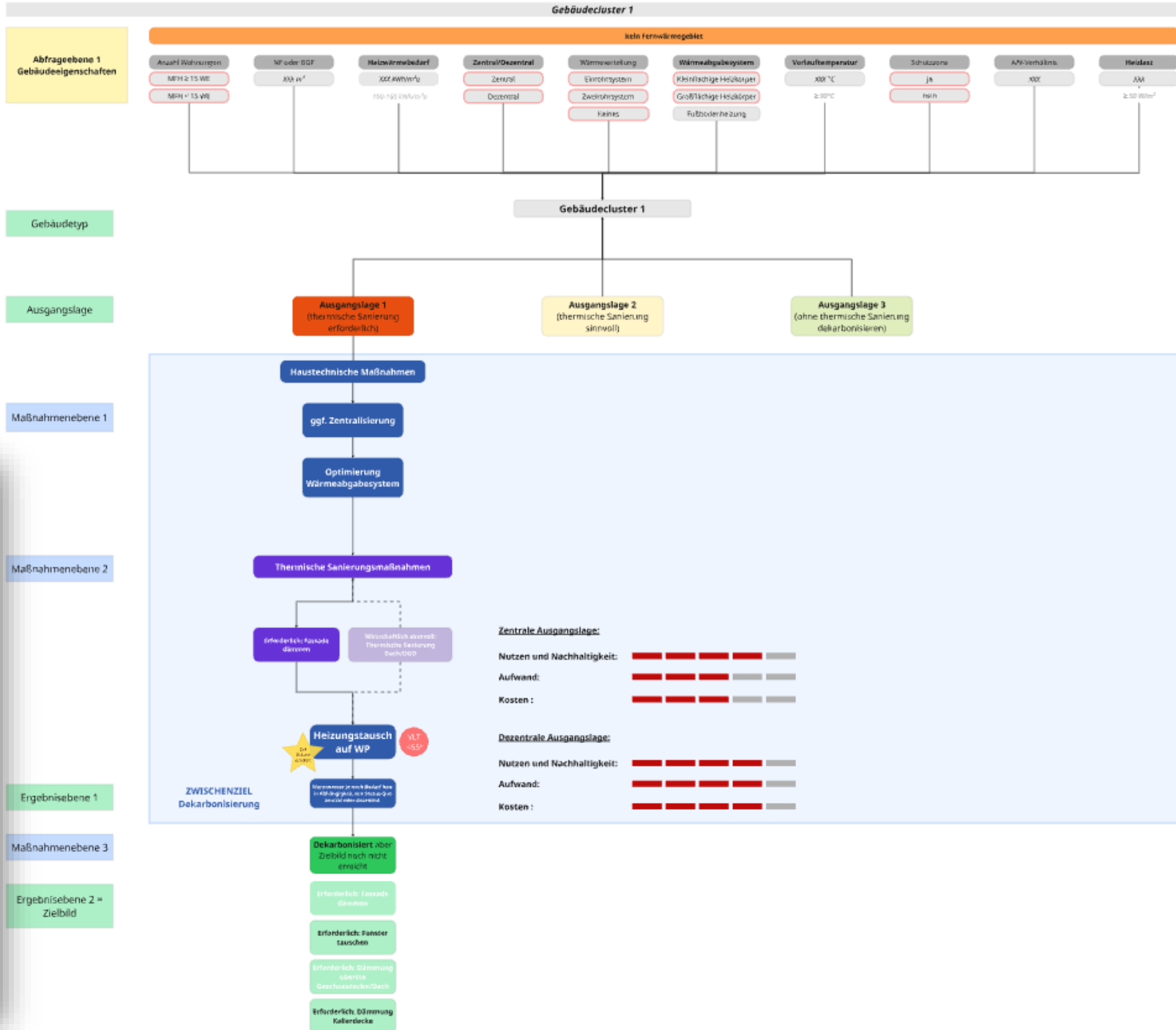
- Gebäudetypen vs. Einze prüfen; die Einteilung er Sanierungskonzept zu e
- Gemischte Wärmeabgab Wärmeabgabesystemer oder anteilmäßig differ vorhanden ist, ist ein Dir
- Um zu prüfen, in wie we reduziert werden kann, Messung des Raumluft Außentemperaturen kar des gewünschten Raum hydraulischer Abgleich f Maßnahmenreihenfolge Zielbild abgeglichen wei Optionen verhindern.
- Vor einer Sanierung ist c Sinnhaftigkeit einer Inve
- Die Nutzer\*innenakzept Eingriff in bewohnte Wc und soziale Beeinträcht

Maßnahmen frühzeitig zu kommunizieren, um die Akzeptanz der Bewohner\*innen zu steigern.

Haustechnische Maßnahmen:	
Zentralisierung	Ja (RAG-Navit: 4.1)
Optimierung Wärmeabgabe	Ja (RAG-Navit: 3)
Warmwasser	Warmwasser je nach Bedarf bzw. in Abhängigkeit von Status-Quo zentral oder dezentral. (RAG-Navit: 7)
Dekarbonisierung	Umstellung auf Wärmepumpe

### Hinweise:

- Zentralisierung: In bisher dezentral beheizten Gebäuden ist die Errichtung einer Energiezentrale samt ihrer Hauptverteilung die Voraussetzung für die Zentralisierung der Wärmebereitstellung und damit der Nutzbarkeit einer Vielzahl unterschiedlicher erneuerbarer Energieträger. Als Verbindung zwischen den Nutzeinheiten und der neu errichteten Energiezentrale ist eine gedämmte Wärmeverteilung zu errichten. Die Zentralisierung der Wärmeversorgung erfordert die Zustimmung und Mitwirkung der Nutzer, da bauliche Eingriffe in Allgemeinbereichen und Wohnungen zu Einschränkungen während der Installation führen können.
- Eine Optimierung des Wärmeabgabesystem ist für die Dekarbonisierung erforderlich. In vielen Fällen ist von einer Überdimensionierung der Wärmeabgabe auszugehen. Durch Hydraulischer Abgleich und Senkung der Heizkurve bzw. Vorlauftemperaturen kann das System effizienter oder bereits Niedertemperaturtauglich betrieben werden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit der Vergrößerung der Wärmeabgabeflächen. Die je Gebäudetyp angenommene Heizflächenvergrößerung basiert auf plausiblen Annahmen bei kleinflächiger Wärmeabgabe wird ein höherer Anpassungsbedarf angenommen als bei bestehender großflächiger Abgabe. Unterschiedliche Möglichkeiten
  - Heizkörper Tausch (Flache Heizkörper werden durch HK mit mehreren Platten ersetzt)
  - Wärmepumpenheizkörper mit Stützfüßer für erhöhte Leistungsabgabe mit niedrigeren Vorlauftemperaturen. Hier ist ein Elektro-Anschluss erforderlich.
  - Zusätzliche Wand oder Deckenheizung, Paneele für Heiz- und Kühlbetrieb.
 Detaillauslegung erfolgt objektbezogen, es muss nicht in allen Räumen gleichermaßen eine Optimierung bzw. Vergrößerung der Abgabeflächen erfolgen. Der Heizkörpertausch erfordert einen Eingriff in der Wohnung und somit einen organisatorischen Aufwand.
- Eckwohnungen und exponierte Lagen: Wohnungen in Randlagen (z. B. Dachgeschoss, Erdgeschoss, Eckwohnungen) sind hinsichtlich Wärmeabgabe gesondert zu betrachten; in diesen Fällen kann eine zus. Vergrößerung der Heizflächen erforderlich sein.
- Verteilungen: Bei Leistungserhöhung der Abgabeflächen ist zu prüfen, ob das Verteilungssystem die Leistung auch bereitstellen kann. Verteilungen und Zuleitungen Wohnungen sind meist überdimensioniert, es ist zu prüfen ob die vorhandene Dimension ausreicht.
- Die Errichtung einer Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung stellt eine weitere Möglichkeit zur Reduktion des Energiebedarfs und der erforderlichen Heizleistung dar.
- Bei einer Sanierung mit Umstellung auf Wärmepumpe ist beides möglich: Die Warmwasserbereitung kann sowohl zentral als auch dezentral erfolgen.
- Warmwasser dezentral: Im Rahmen der Zentralisierung der Wärmeverteilung können verschiedene Varianten der Warmwasserbereitung gewählt werden: Das Warmwasser





# Zusammenfassung und Ausblick

---



- **Projektfazit: Dekarbonisierung ohne umfassende Sanierung?**
  - Die vorliegende Analyse von 30 typischen Objekten zeigt: Eine Dekarbonisierung **ist nicht zwangsläufig mit einer umfassenden thermischen Sanierung verbunden.**
  - Durch gezielte technische Maßnahmen – **Optimierung der Wärmeabgabe** und **Umstellung auf zentrale erneuerbare Wärmeversorgungssysteme** – kann bereits ein wesentlicher Schritt zur Dekarbonisierung gesetzt werden.
    - Hebel zur Reduktion der Vorlauftemperatur; Dekarbonisierung vor Sanierung mit vergleichsweise geringem baulichem und finanziellem Aufwand möglich
  
- **Wesentliche Erkenntnisse**
  - **Nicht nur der Heizwärmebedarf (HWB) ist entscheidend**  
→ Vor allem bei Wärmepumpen ist die **Vorlauftemperatur** zentral.
  - Kriterium „**Low-Temperature-Ready**“:  $\leq 55$  °C Vorlauftemperatur
  
- **Studienabgleich & Erkenntnisse:** Andere Berichte bestätigen: **Dekarbonisierung auch ohne umfassende Sanierung möglich** (Literatur und Ergebnisse decken sich)

- **Reduktion der Vorlauftemperatur ist zentrale Stellgröße**
  - Viele Systeme **sind überdimensioniert (Auch Abgabesysteme!)**
  - Im Großteil der Heizperiode reicht **niedrige VL-Temperatur**, günstige Spitzenlastsysteme andenken
  - Empfehlung für Optimierung Abgabesystem (als Basis für Dekarbonisierung):
    - **Genaue Bedarfsanalyse** (Tatsächliche Verbräuche, Vorlauftemperaturen, **Heizungsmonitoring** etc.)
    - Senkung Heizkurven und hydraulischer Abgleich
    - **Raumweise Betrachtung** (exponierte Lage oder Räume mit geringen Abgabeflächen)
    - **Wärmeabgabeoptimierung Leistungsvergrößerung** (Hydraulischer Abgleich, HK-Tausch, Heizkörperverstärker etc.)
  
- **Sanierung als langfristiger Prozess → Gesamtkonzept (Sanierungsfahrplan) erforderlich**
  - Schritt 1: Dekarbonisierung inkl. Umsetzung technisch erforderlicher Maßnahmen für LT-Ready;
  - Schritt 2: thermische Maßnahmen in hoher Qualität bei Sanierungsbedarf (Instandhaltungszyklus), Schnittstellen zwischen Maßnahmen berücksichtigen

# Projektteam



**DI (FH) Johannes Rammerstorfer**

[johannes.rammerstorfer@e-sieben.at](mailto:johannes.rammerstorfer@e-sieben.at)

+43 676 918 60 63



**DI Alina Peischl**

[alina.peischl@e-sieben.at](mailto:alina.peischl@e-sieben.at)

+43 670 409 85 03



**Diego Sigrist, MSc.**

[diego@scandens.ch](mailto:diego@scandens.ch)

- Towards low flow temperatures: Making buildings ready for heat pumps and modern district heating:  
[https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/Publikationen/Energie/ifeu\\_rap\\_2023\\_Towards\\_low\\_flow\\_temperatures.pdf](https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/Publikationen/Energie/ifeu_rap_2023_Towards_low_flow_temperatures.pdf)
- LT-Ready: Affordable renovation concepts that enable low-temperature heating and provided thermal comfort  
<https://repository.tudelft.nl/record/uuid:8b8dedf6-de44-4438-ae6d-2a471656e243>
- WÄRME - Erhebungen und Analysen zum Energieverbrauch und zur CO2-Emission für Heizung und Warmwasser in deutschen Mehrfamilienhäusern <https://www.techem.com/content/dam/techem/downloads/techem-com/vkw-studie/23-44-001%20VKW%202022%20Leseversion.pdf.coredownload.inline.pdf>
- Präzisierung der Niedertemperaturfähigkeit der Gebäudehülle von Bestandsgebäuden beim Einsatz von Wärmepumpen.  
<https://www.hamburg.de/resource/blob/967272/4efb3b741e157351ea7d14ad51f0910b/gutachten-nt-ready-data.pdf>



# e7 energy innovation & engineering

Ingenieurbüro für Energie- und Umwelttechnik

---

Hasengasse 12/2, 1100 Wien

Tel.: +43 1 907 80 26

[www.e-sieben.at](http://www.e-sieben.at)

# Soziale Akzeptanz für die smarte Anwendung von bidirektionalem Laden für Elektrofahrzeuge

## Projektergebnisse aus Car2Flex & ICBC

Veranstaltungsreihe „Einblick mit Ausblick“  
Wien, 16. März 2026

Christian Pfeiffer

Wir bringen Forschung und  
Innovation zusammen

# Inhalt

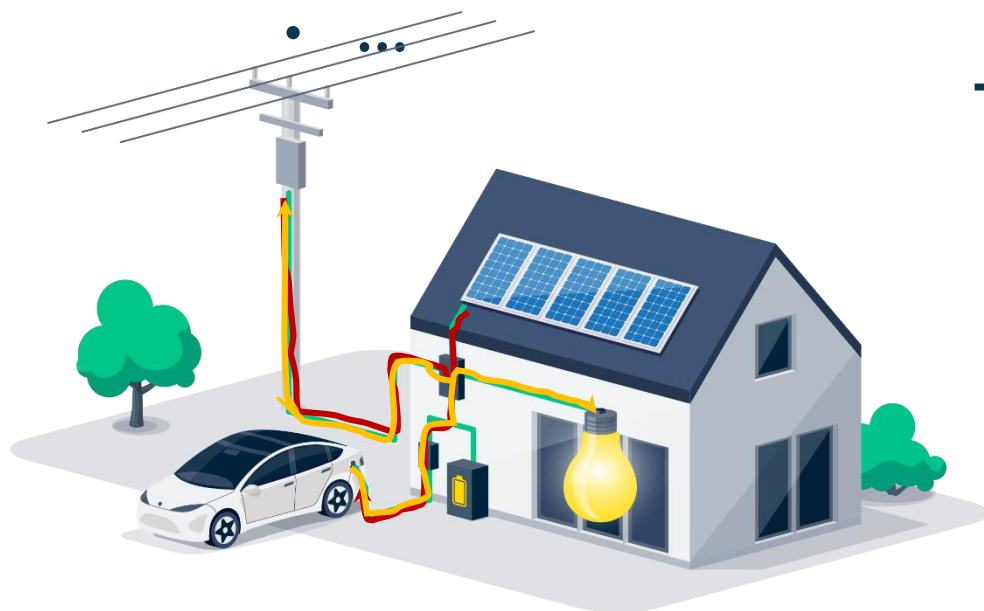
- **Hintergrund und Projektvorstellung**
- **Methode**
- **Stichprobenbeschreibung**
- **Ergebnisse**
- **Schlussfolgerung**

# Inhalt

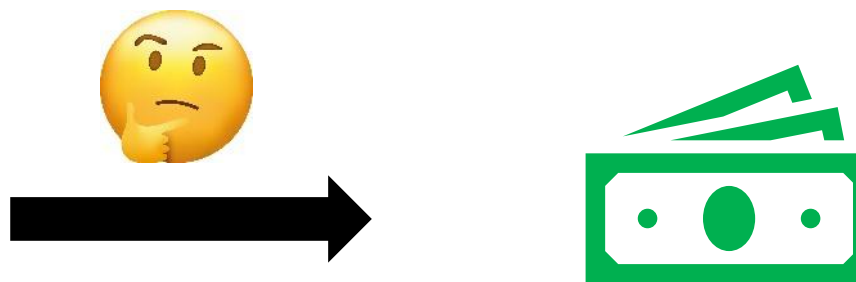
- **Hintergrund und Projektvorstellung**
- Methode
- Stichprobenbeschreibung
- Ergebnisse
- Schlussfolgerung

## Hintergrund und Projektvorstellung

- **Bidirektionales Laden als vielversprechende Technologie für die Nutzung von Energie-Flexibilität von Elektroautos:**
  - Regulierung von Spannungsschwankungen im Stromnetz
  - Haushalts-Stromspeicher



→ Schürt Erwartungen hinsichtlich finanzieller Vergütung



## Hintergrund und Projektvorstellung

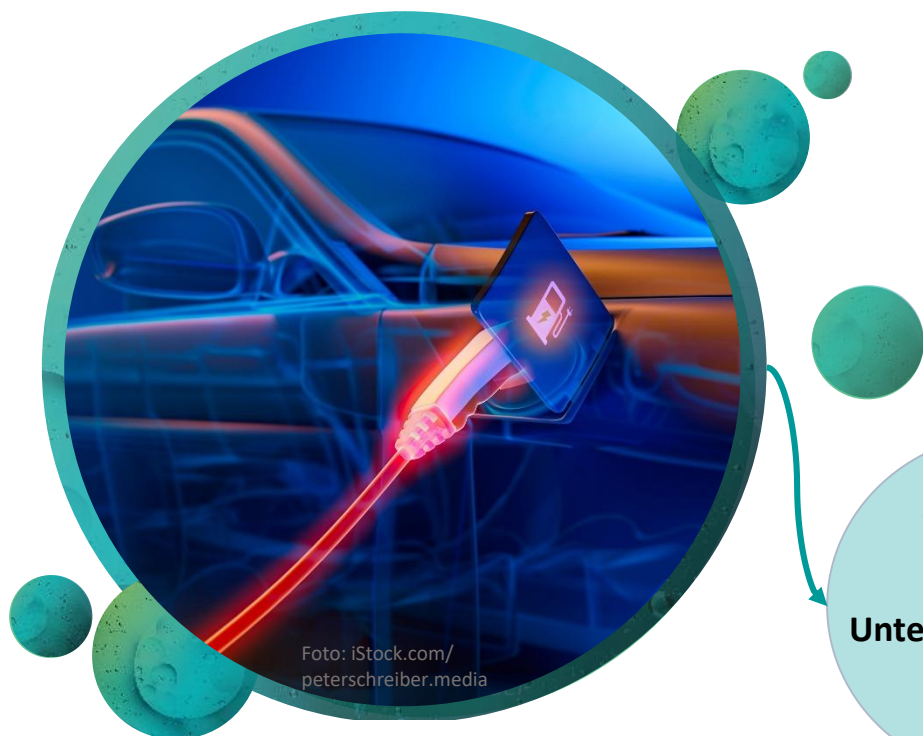
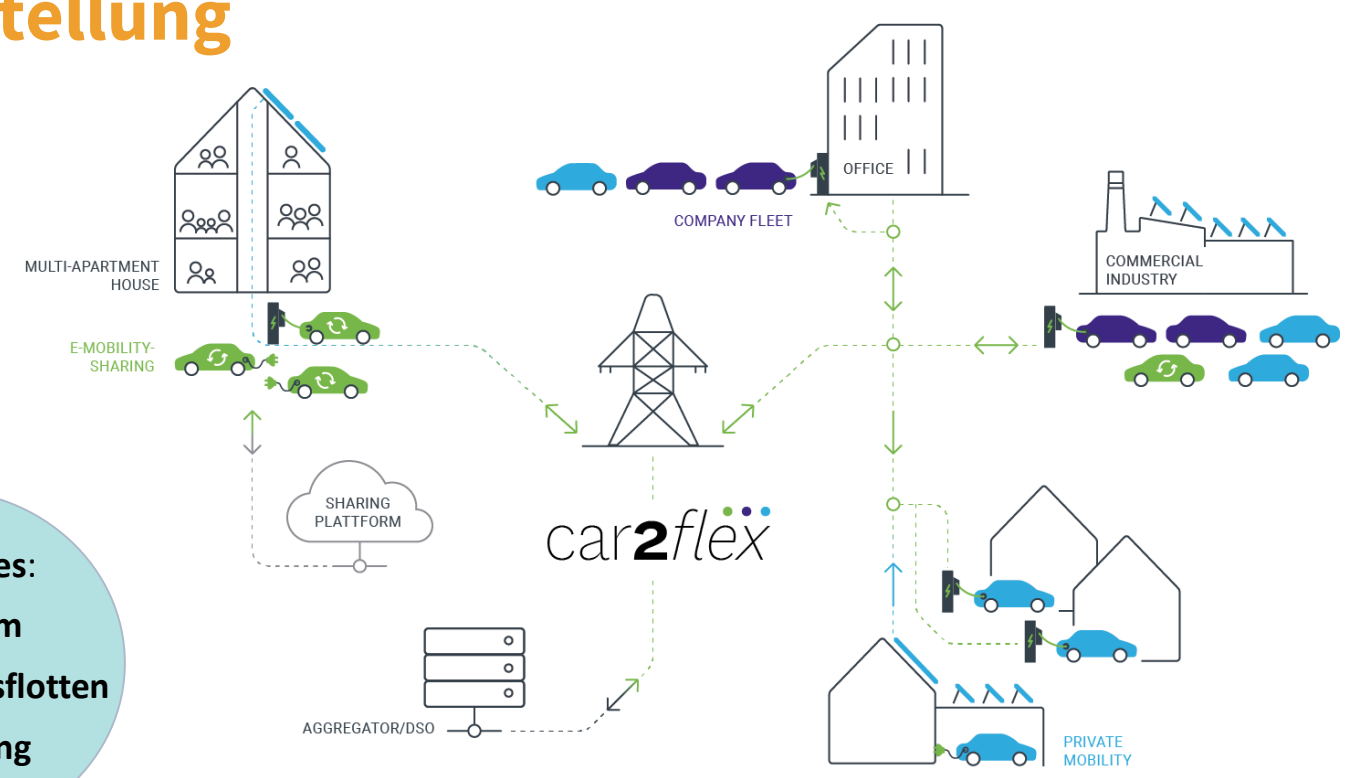




Foto: iStock.com/  
peterschreiber.media

**3 Use Cases:**  
Eigenheim  
Unternehmensflotten  
Car-Sharing

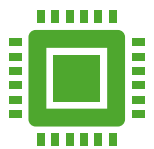
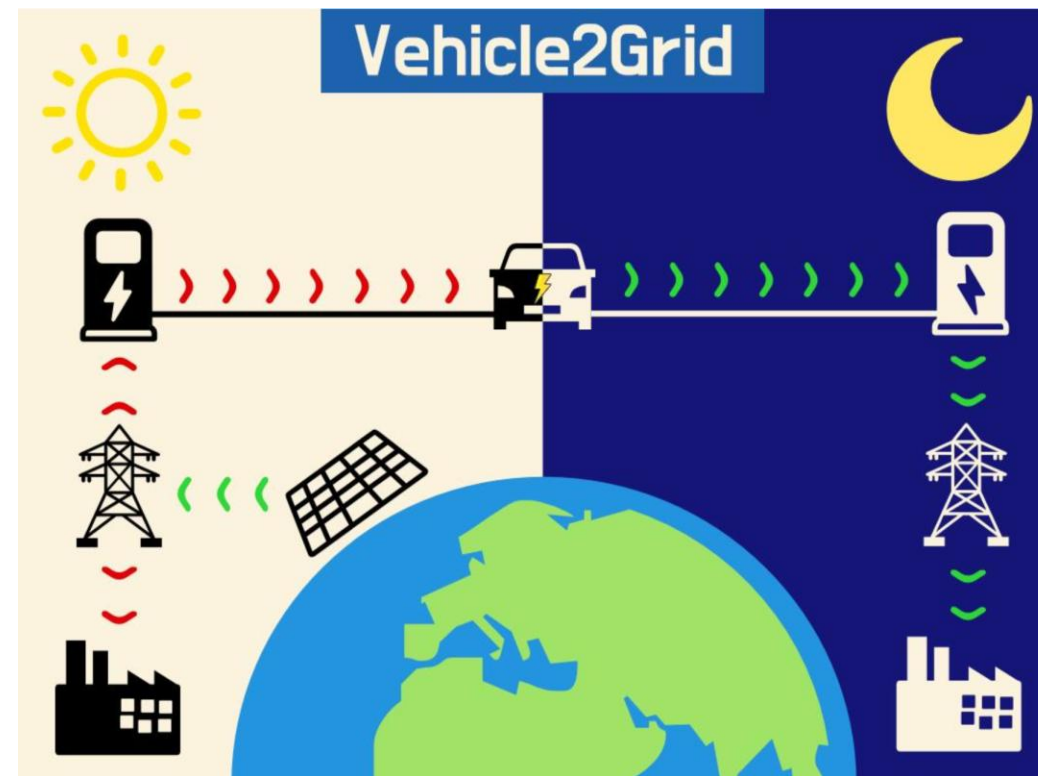
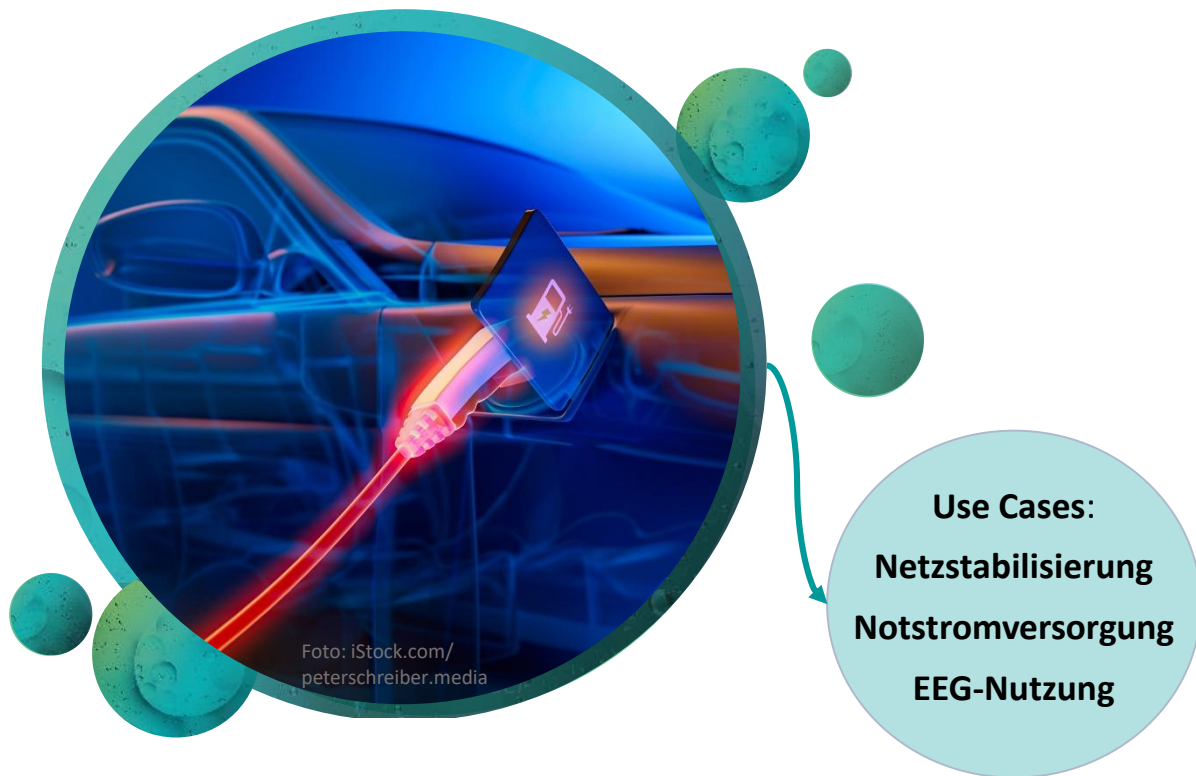


 Entwicklung von bidirektionalen DC-Ladepunkten

 Regelungsalgorithmen für systemdienliche Ladestrategien

 Neue wirtschaftliche Anreize & Erschließung des Flexibilitätspotenzials der E-Auto-Batterien

## Hintergrund und Projektvorstellung



Bereitstellung  
zukunftsicherer  
Hardware-Schnittstellen



Sicherstellung von Daten-  
souveränität und umfassenden  
Prozessen zum Datenaustausch



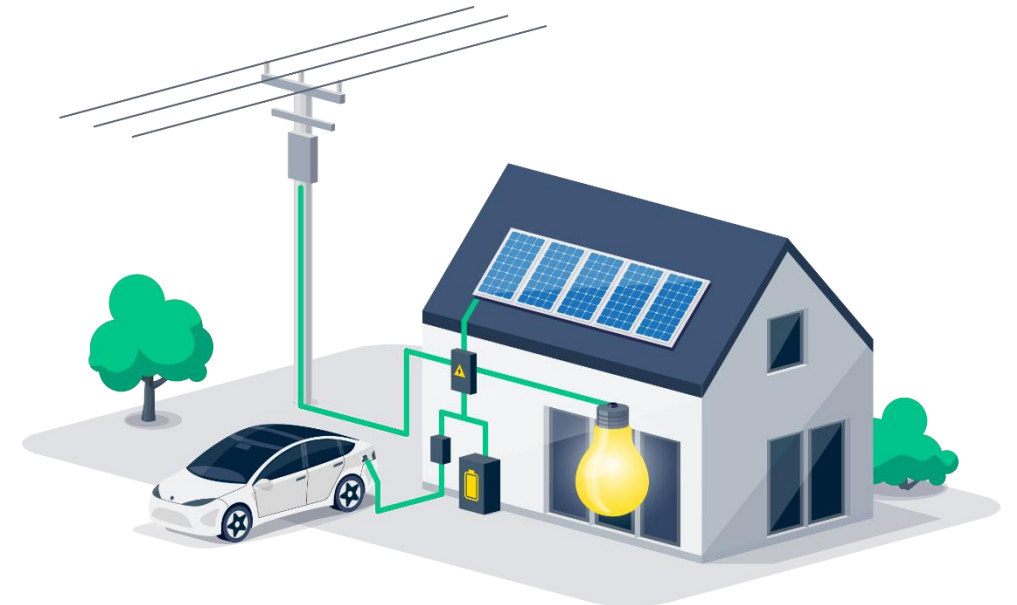
Bereitstellung von Integrationskon-  
zepten für die vielfältige Protokoll-  
landschaft im V2G-Ökosystem

# Hintergrund und Projektvorstellung

## Fragestellung

**Wie akzeptieren private Nutzer\*innen die smarte Anwendung von bidirektionalem Laden für Elektrofahrzeuge?**

- **Akzeptanz für bidirektional ladefähige Wallboxen**
- **Zahlungsbereitschaft**
- **Akzeptable Ansteckdauer**
- **Akzeptable Vergütung**



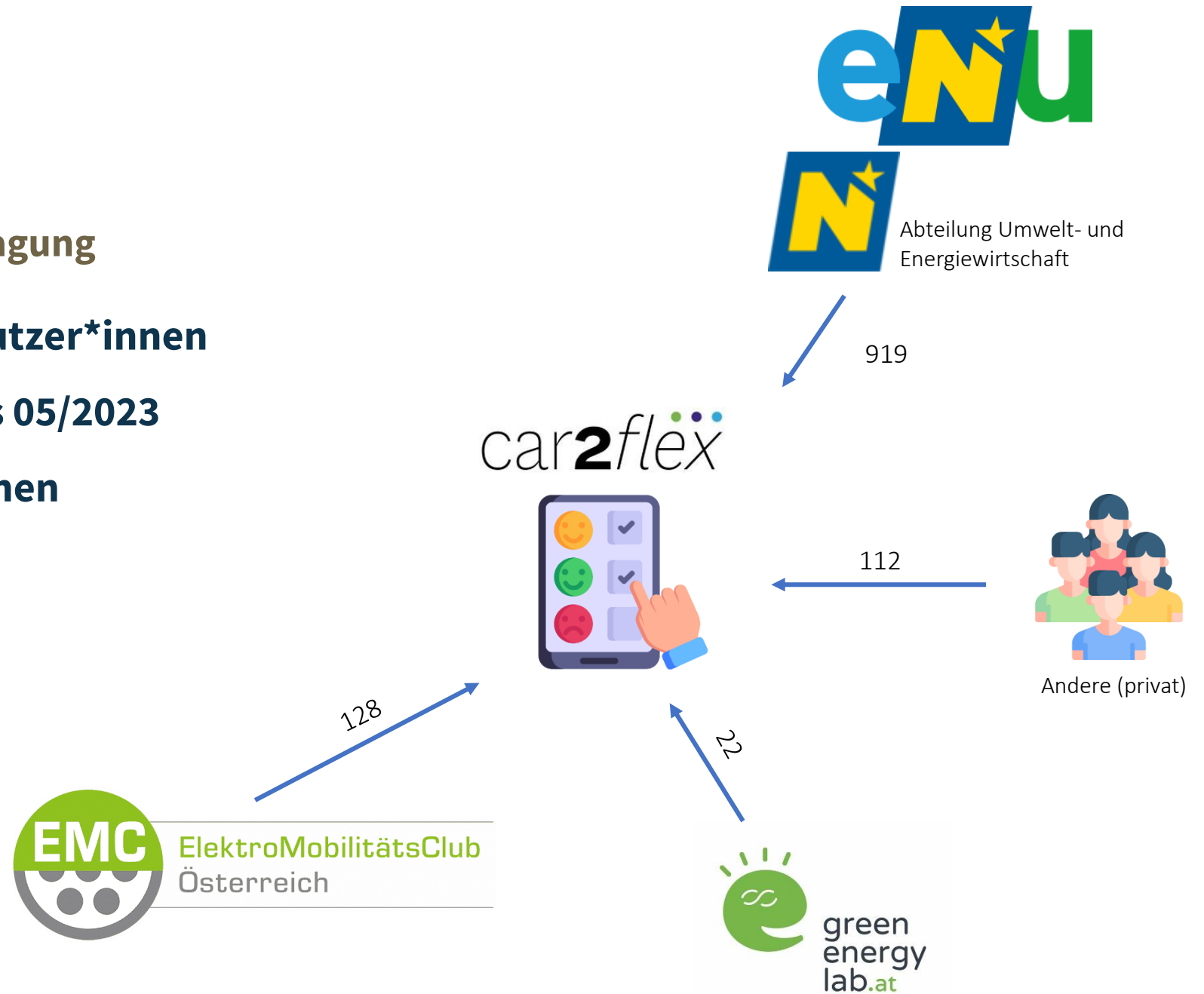
# Inhalt

- Hintergrund und Projektvorstellung
- **Methode**
- Stichprobenbeschreibung
- Ergebnisse
- Schlussfolgerung

## Methode

### Quantitative Online-Befragung

- **Zielgruppe: E-Auto Nutzer\*innen**
- **Zeitraum: 12/2022 bis 05/2023**
- **n = 1.181 Proband\*innen**



# Methode

## Abfragen

- **Soziodemografische Daten**
- **Haushaltsmerkmale**
- **Mobilitätsverhalten**
- **Akzeptanzdimensionen zum bidirektionalem Laden**
  - **Akzeptanz für bidirektional ladefähige Wallboxen**
  - **Zahlungsbereitschaft**
  - **Akzeptable Ansteckdauer**
  - **Akzeptable Vergütung**

## Methode

### Akzeptanz für bidirektional ladefähige Wallboxen

- **Discrete Choice Experiment**

<b>Merkmale</b>	<b>Ausprägungen</b>
Anschaffungskosten	<b>2000 €</b> , 3000 €, 4000 €, 5000 €, 6000€
Ladeprozess	<b>unidirektional</b> , bidirektional
Garantierte Batterielebenszeit	<b>7 Jahre</b> , 8 Jahre, 9 Jahre
Lademanagement	<b>kostenoptimiert</b> , netzoptimiert, klimafreundlich
Mindestladestand	<b>20%</b> , 30%, 50%






Fett gedruckte Ausprägungen dienen als Referenz für weitere Vergleiche.

## Methode

### Akzeptanz für bidirektional ladefähige Wallboxen

- **Discrete Choice Experiment**

Welche der beiden E-Ladeinfrastrukturen würden Sie bevorzugen?

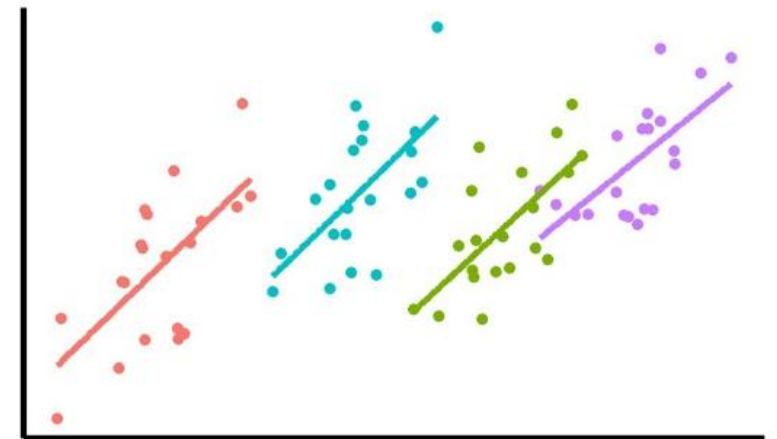
	Ladeinfrastruktur A	Ladeinfrastruktur B
Anschaffungskosten 	4000 €	2000 €
Garantie Batterielebenszeit 	8 Jahre	7 Jahre
Ladeprozess 	bidirektional	unidirektional
Immer verfügbarer Mindestladestand 	30%	50%
Lademanagement 	klimafreundlich	netzoptimiert

Ladeinfrastruktur A       Ladeinfrastruktur B

## Methode

### Akzeptanz für bidirektional ladefähige Wallboxen

- **Linear Mixed-Model Regression**
- **Vergleich der Regressionsmodelle:**
  - **OLS-Regression:  $Y = X\beta + o$**   
 $Y$  ... Responsevariable  
 $X$  ... Matrix der Einflussgrößen  
 $\beta$  ... Vektor aus festen Effekten  
 $o$  ... Vektor aus Fehlertermen
  - **Linear Mixed-Model Regression:  $Y = X\beta + Zb + o$**   
 $Z$  ... Matrix der Einflussgrößen  
 $b$  ... Vektor aus zufälligen Effekten



## Methode

### Zahlungsbereitschaft

- **Messung der Zahlungsbereitschaft für die Merkmalspezifikation „bidirektional“**
- **Marginal Willingness to Pay**

$$MWTP_k = -\beta_k / \beta_c$$

$\beta_k$  ... **Effektgröße zur nicht-monetären Spezifikation**

$\beta_c$  ... **Effektgröße zu Anschaffungskosten**

- **Konfidenzintervalle nach der Delta-Methode:**

$$MWTP_k \pm z_{\alpha/2} \frac{1}{\beta_c} \sqrt{\text{Var}(\beta_k) + 2MWTP_k \text{Cov}(\beta_k, \beta_c) + MWTP_k^2 \text{Var}(\beta_c)}$$

# Methode

## Akzeptable Ansteckdauer und Vergütung

- **Van Westendorp Price Sensitivity Meter<sup>1</sup>**

Stellen Sie sich nun vor, Sie würden Ihr E-Auto dem Netzbetreiber für bidirektionales Laden zur Verfügung stellen. Ihr Auto muss dazu immer, wenn es nicht gefahren wird, an einer Ladestation angesteckt werden und Sie können entscheiden, welchen Mindestladestand das Auto nicht unterschreiten darf. ?

---

Welche Höhe der finanziellen Entschädigung würden Sie für dieses Ladekonzept als ein gutes Geschäft empfinden, sodass Sie auf jeden Fall teilnehmen würden.

€ pro Monat

---

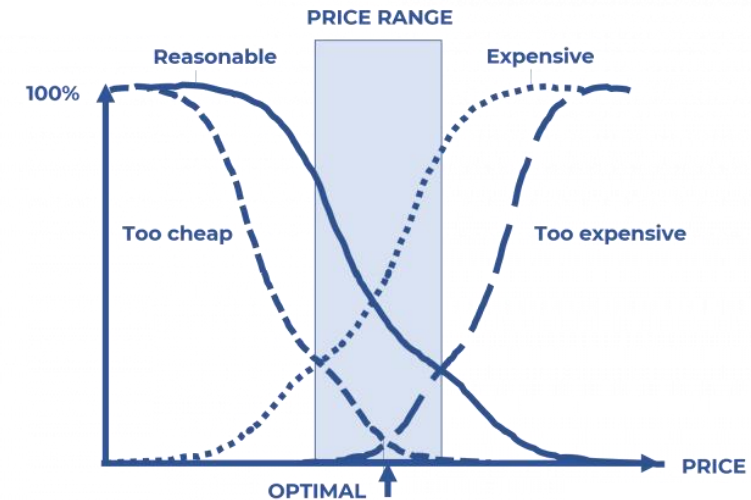
Welche Höhe der finanziellen Entschädigung würden Sie für dieses Ladekonzept als niedrig empfinden, aber gerade noch akzeptabel, sodass Sie trotzdem teilnehmen würden?

€ pro Monat

---

Welche Höhe der finanziellen Entschädigung würden Sie als zu niedrig empfinden, sodass Sie nicht mehr teilnehmen würden?

€ pro Monat



<sup>1</sup> Van Westendorp, P.H. (1976): NSS-Price Sensitivity-Meter (PSM) – a new approach to study consumer perception of prices. Proceedings of the 29th ESOMAR Congress, pp. 139-167

# Inhalt

- Hintergrund und Projektvorstellung
- Methode
- **Stichprobenbeschreibung**
- Ergebnisse
- Schlussfolgerung

# Stichprobenbeschreibung

## Soziodemografische Daten und Haushaltsmerkmale

n = 1.181 Proband:innen



11%



88%



<1%



40% tertiär | 29% Matura | 17% BMS | 13% Lehre



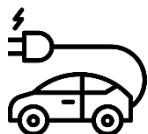
7% bis €2.000 | 25% bis €3.300 | 34% bis €4.900 | 34% über €4.900



AGE 53 ± 12,5 Jahre



29% <2.000 EW | 28% <5000 EW | 24% <20.000 EW | 14% <500.000 EW | 4% ≥500.000 EW



89%



70%



27%



12% Wohnung

# Stichprobenbeschreibung

## Mobilitätsverhalten

Antrieb

Marke

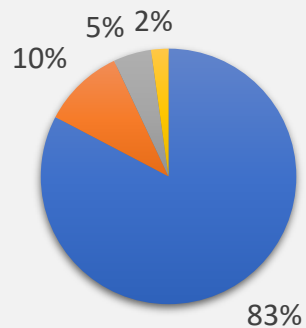
Wege

km/Jahr

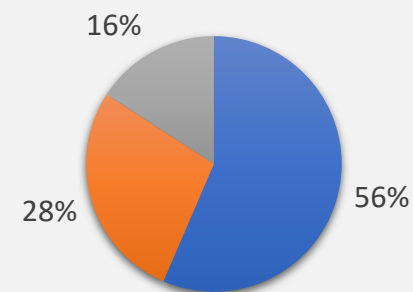


#1

n=806



**Tesla**  
Hyundai, VW,  
Kia, BMW, Skoda,  
Opel, Audi

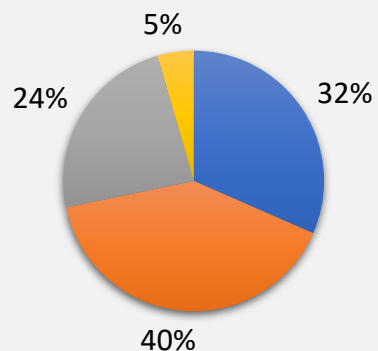


~ 18.055

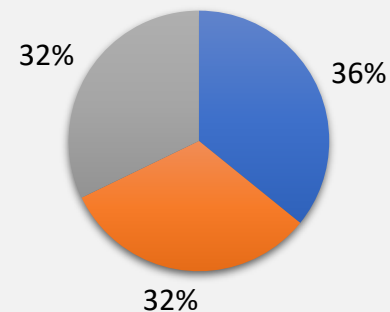


#2

n=602



**VW**  
Skoda, BMW  
Opel, Hyundai,  
Mercedes, Kia,  
Tesla



~ 9.610

■ Elektro ■ Diesel ■ Benzin ■ Hybrid

■ Arbeit/Ausbildung ■ Einkäufe/Erledigungen ■ Freizeitaktivitäten

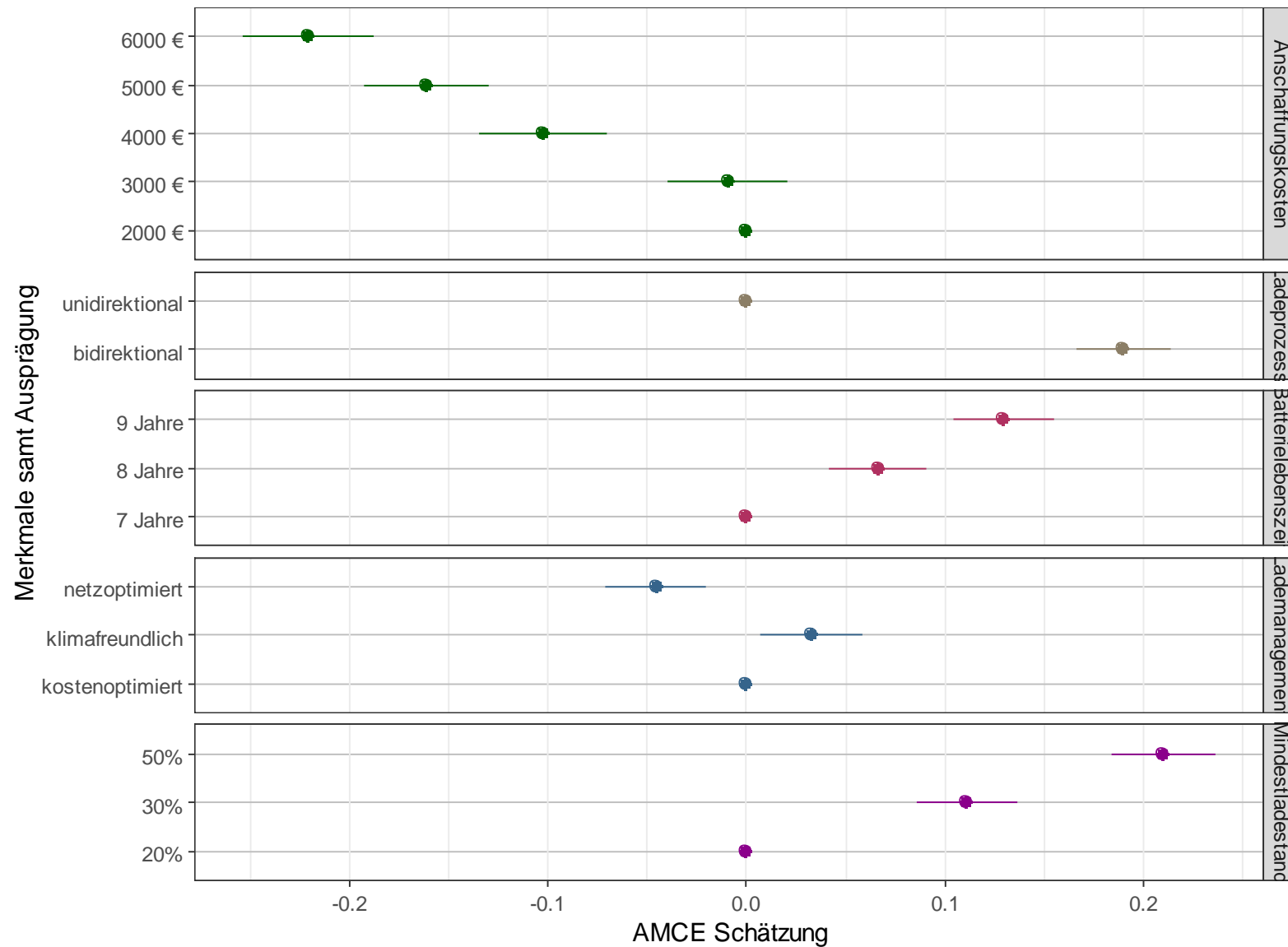
# Inhalt

- Hintergrund und Projektvorstellung
- Methode
- Stichprobenbeschreibung
- **Ergebnisse**
- Schlussfolgerung

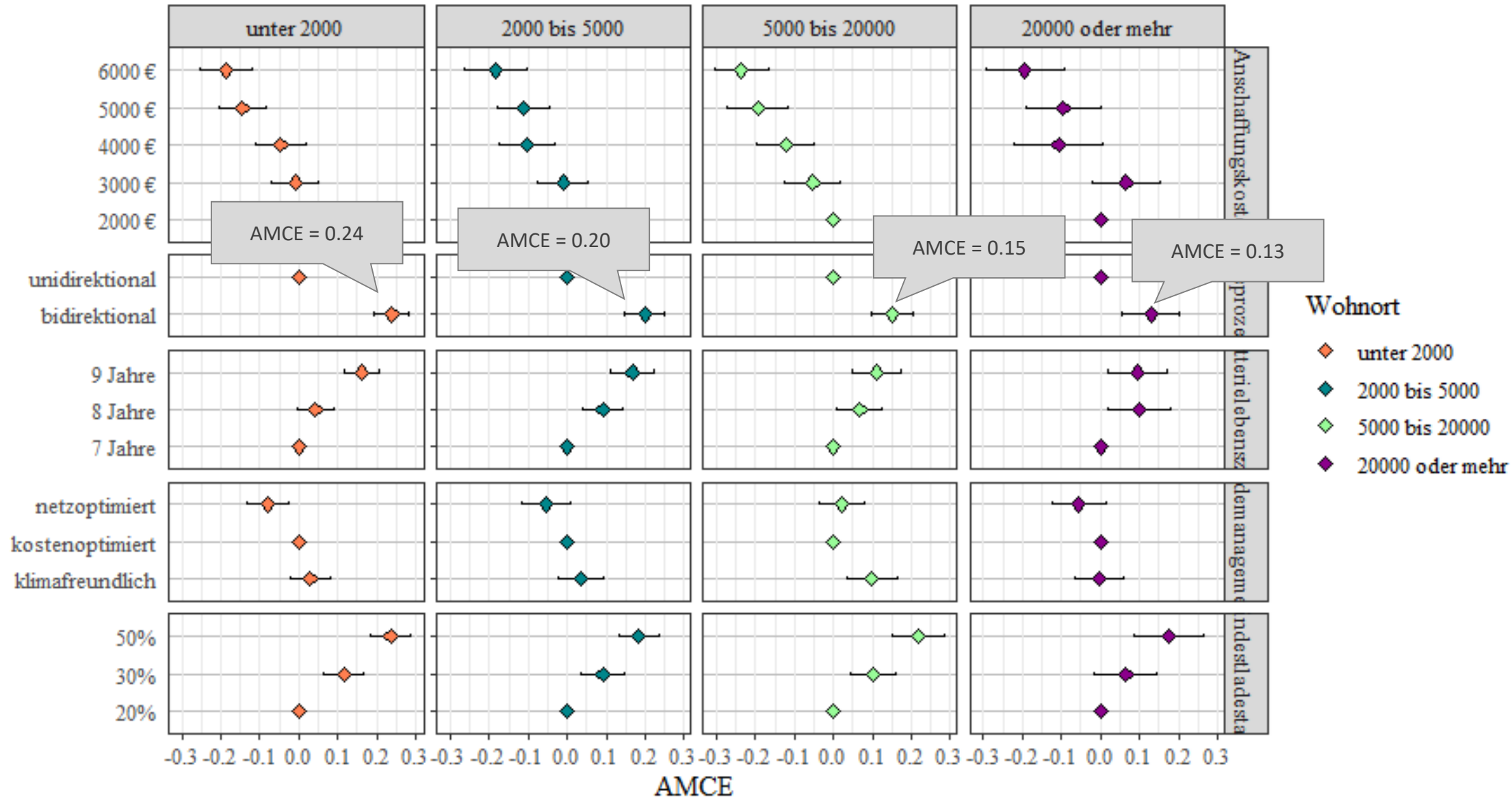
## Ergebnisse

### Akzeptanz für bidirektional ladefähige Wallboxen

### Kriterien zur Entscheidung für oder gegen eine E-Ladeinfrastruktur



## Akzeptanz für bidirektional ladefähige Wallboxen nach Gemeindegröße



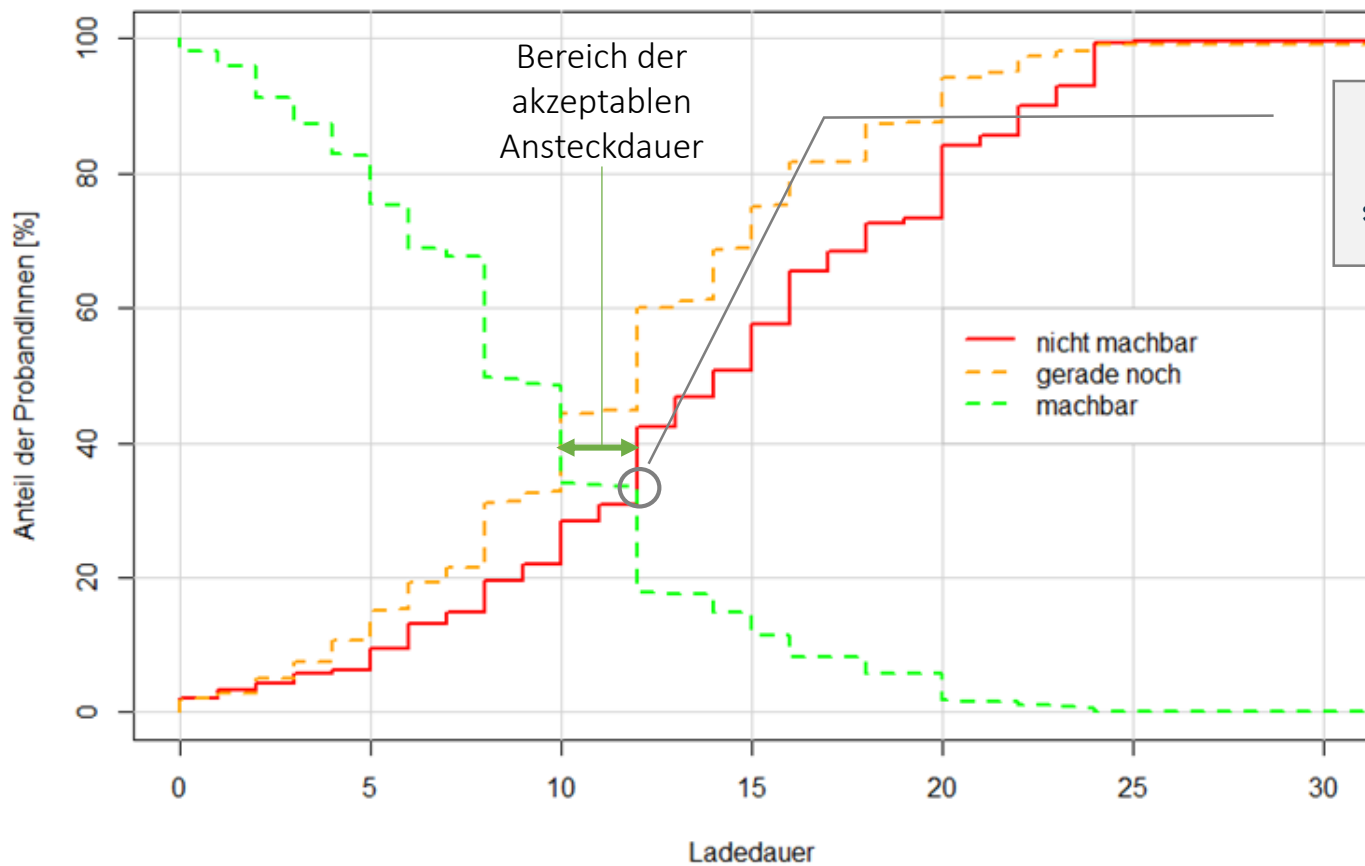
## Ergebnisse

### Zahlungsbereitschaft

Merkmal	Ausprägung	WTP	95%-KI
Ladeprozess	unidirektional	-	
	bidirektional	3181,46 €	[2728,38; 3635,23]
Batterielebenszeit	7 Jahre	-	
	8 Jahre	1167,01 €	[778,02; 1555,99]
	9 Jahre	2172,64 €	[1736,95; 2608,33]
Lademanagement	kostenoptimiert	-	
	netzoptimiert	-648,06 €	[-1021,94; -274,17]
	klimafreundlich	480,41 €	[106,50; 854,32]
Mindestladestand	20%	-	
	30%	1683,69 €	[1272,24; 2095,13]
	50%	3303,11 €	[2793,79; 3812,42]

# Ergebnisse

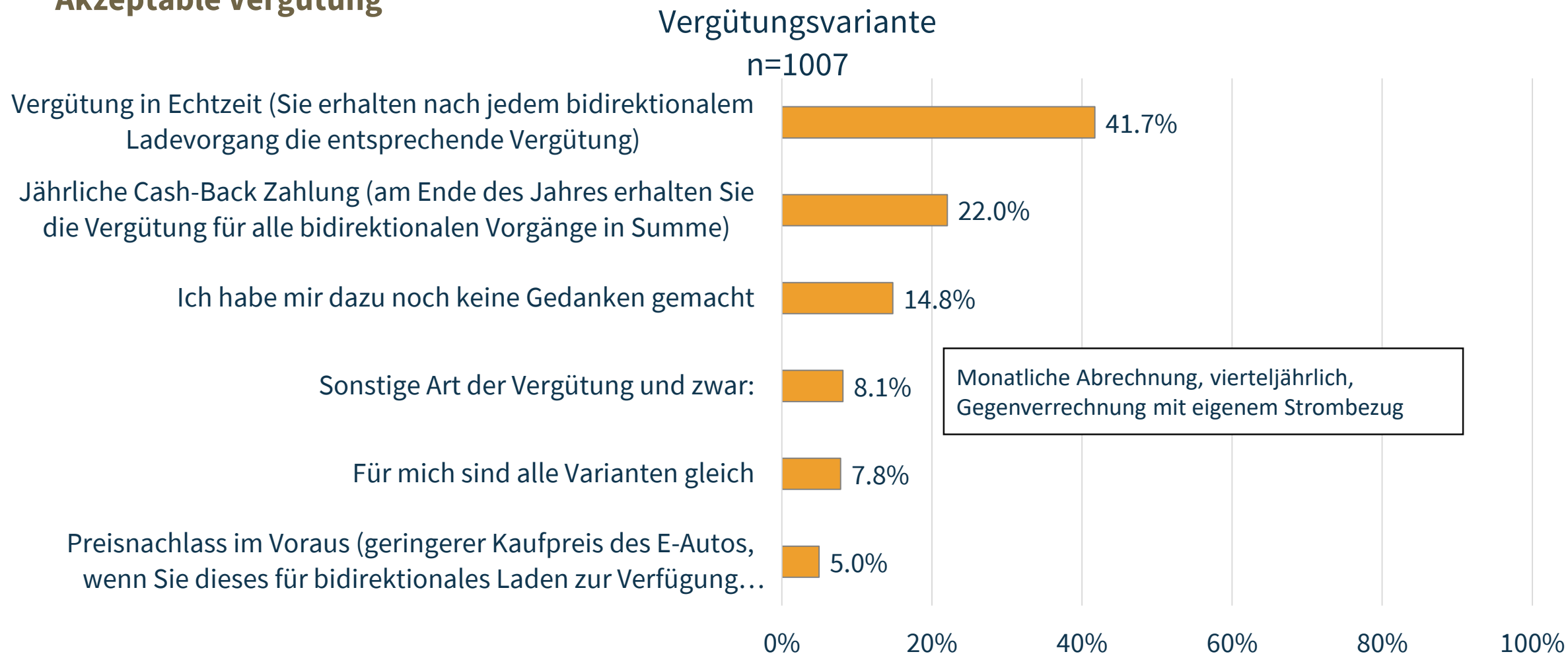
## Akzeptable Ansteckdauer



**12h Ansteckdauer pro Tag  
„geringster Widerstand“ von 34,3%**

# Ergebnisse

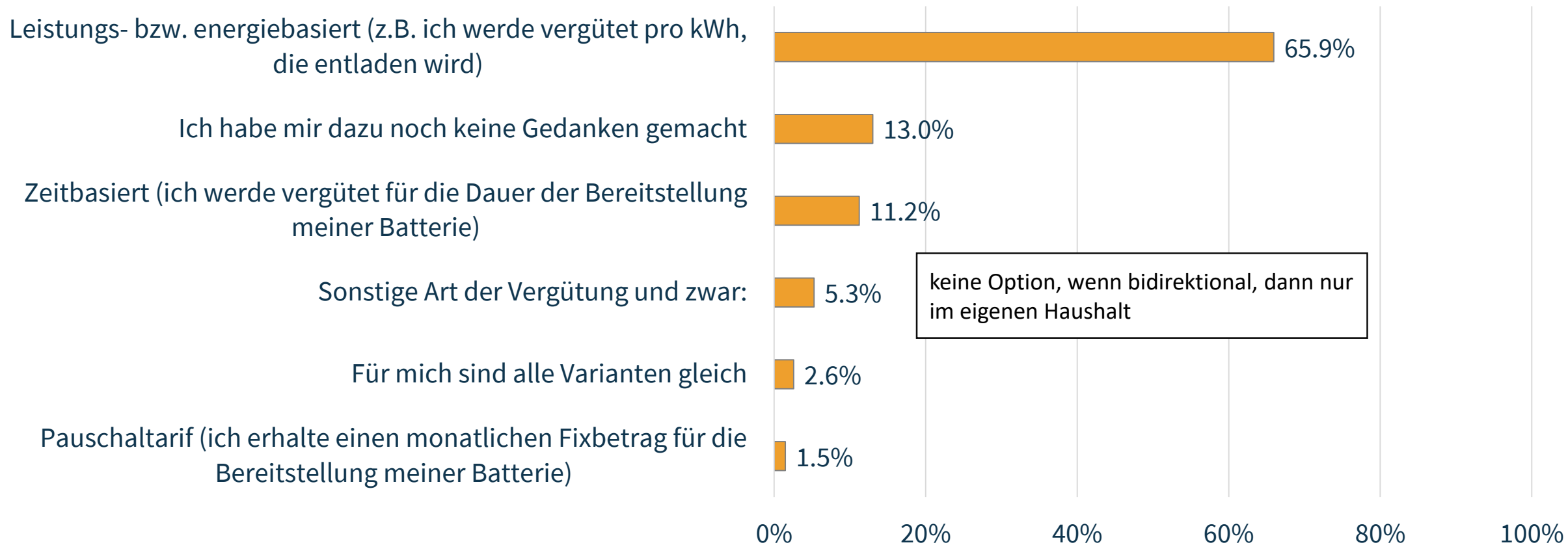
## Akzeptable Vergütung



# Ergebnisse

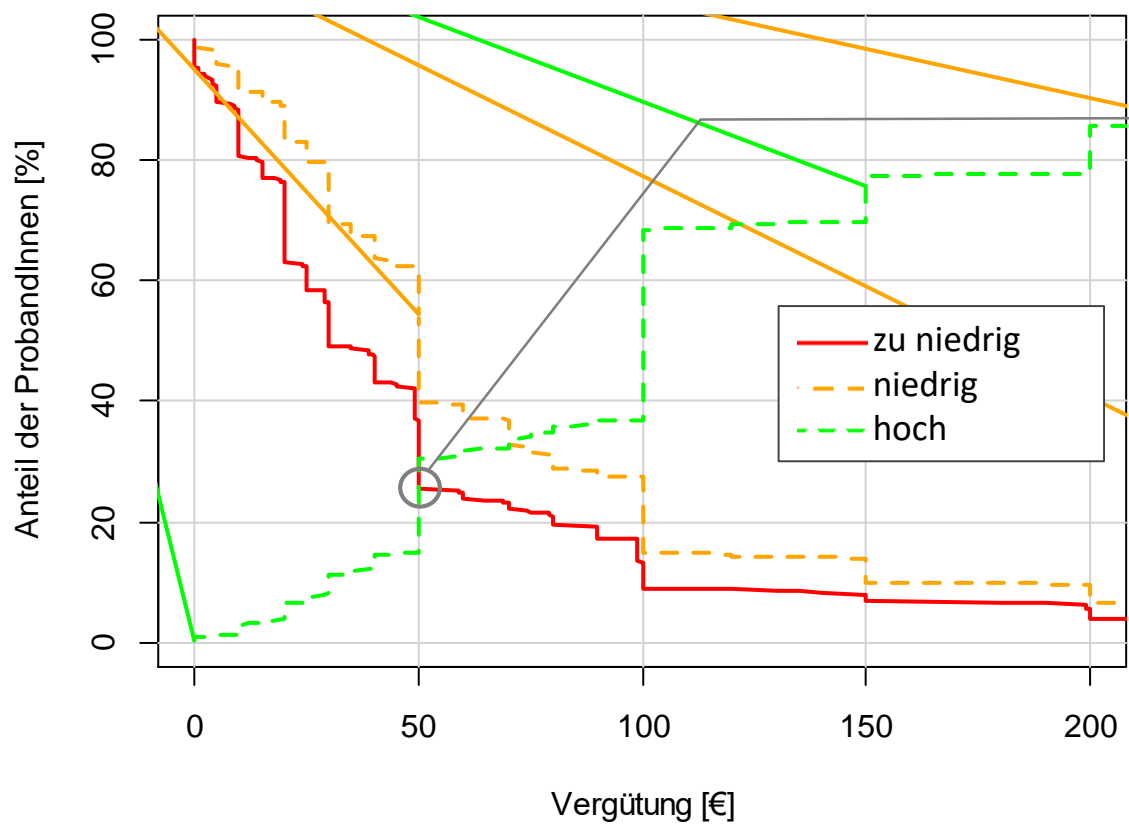
## Akzeptable Vergütung

Vergütungstarif  
(n=1007)



# Ergebnisse

## Akzeptable Vergütung



**€ 50,- Vergütung pro Monat  
„geringster Widerstand“ von 25,4%**

# Inhalt

- Hintergrund und Projektvorstellung
- Methode
- Stichprobenbeschreibung
- Ergebnisse
- **Schlussfolgerung**

## Schlussfolgerung

- **Wallbox mit bidirektionaler Ladefähigkeit hat positiven Einfluss auf Akzeptanz  
→ höhere Zahlungsbereitschaft gegeben**
- **Akzeptanz primär durch technische Eigenschaften bestimmt, weniger durch sozio-demografische Merkmale**
- **Ausnahme: Akzeptanz für bidirektionales Laden nimmt mit höherer Einwohner\*innenanzahl ab**
- **Bedenken hinsichtlich Batteriedegradation und Reichweitenangst bleiben zentrale Barrieren für die Akzeptanz**
- **Bidirektionales Laden vor allem bei klaren wirtschaftlichen Vorteilen und transparenten Regeln für Nutzung und Kompensation akzeptiert**



## Danksagung



Christian Pfeiffer  
[christian.pfeiffer@hochschule-burgenland.at](mailto:christian.pfeiffer@hochschule-burgenland.at)

car**2**flex

The flagship project Car2Flex (880780) was funded as part of the 3rd call for proposals in the Energy Model Region program.



The project ICBC (FO999915239) is funded as part of the 2023 call for proposals in the Digital Technologies program of the Federal Ministry for Climate Protection, Environment, Energy, Mobility, Innovation, and Technology (BMK).

# Mehr qualitativ hochwertige Sanierungen in kommunalen Gebäuden

Erfahrungen, Werkzeuge und Empfehlungen aus dem EU-Projekt IncorporatEE

[www.sanierungsplus.at](http://www.sanierungsplus.at)

Margot Grim-Schlink, e7



SanierungsPLUS has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under the name of IncorporatEE and grant agreement no. 101033805.



# SanierungPLUS – Was steckt dahinter?

EU-gefördertes Forschungs- und Praxisprojekt mit dem offiziellen Namen IncorporatEE, das kommunale Verwaltungen mit konkreten Werkzeugen und Prozessen unterstützt, mehr und bessere Gebäudesanierungen umzusetzen.



## FÖRDERUNG

EU Horizon 2020  
(Grant Agreement Nr. 101033805)



## ZIEL

Umsetzung von Energieinvestitionen  
- Energieeffizienz  
- Erneuerbare Energien



## ERGEBNIS

- Angepasste Projektentwicklungs-, Planungs- und Bauprozesse
- Zahlreich umgesetzte Projekte (Sanierungen, Effizienzsteigerungen, erneuerbare Energie)
- Kostenloses Online-Schulungsprogramm + praxiserprobte Tools für alle Kommunen



## LAUFZEIT

4 Jahre intensive Forschungs- und  
Entwicklungsarbeit



## TESTUMGEBUNG

Öffentliche Gebäude in den Pilotstädten  
Salzburg und Villach



STADT : SALZBURG

villach



SIR

Sanierungs  
PLUS

# Vier Partner – eine gemeinsame Mission



## e7 energy innovation & engineering

Projektleitung, technisch-wissenschaftlicher Wissenstransfer, Technical Assistance, Entwicklung der Methoden und Tools.



## SIR – Salzburger Institut für Raumordnung

Know-how Gemeindebegleitung, Kommunikationsarbeit, fachliche Begleitung der Städte.



## Stadt Salzburg

Pilotstadt, Einbringung des kommunalen Gebäudebestands als Testumgebung für neue Prozesse, Aufbau internes Know-how



## Stadt Villach

Pilotstadt, Einbringung des kommunalen Gebäudebestands als Testumgebung für neue Prozesse, Aufbau internes Know-how.



**STADT : SALZBURG**

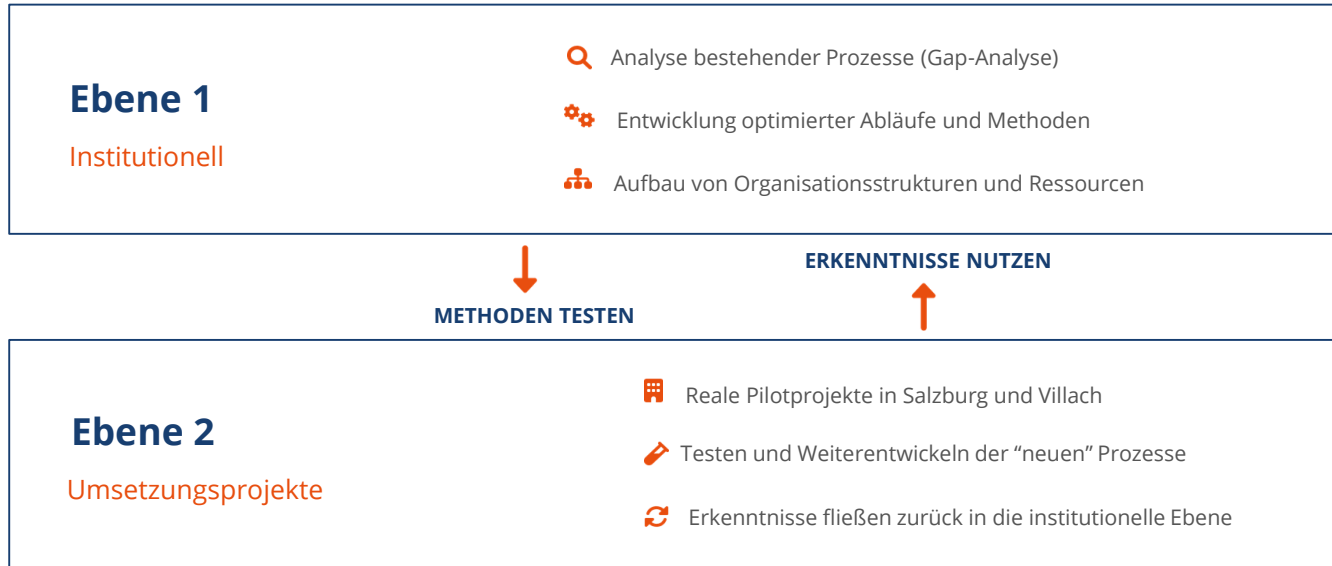
**villach**



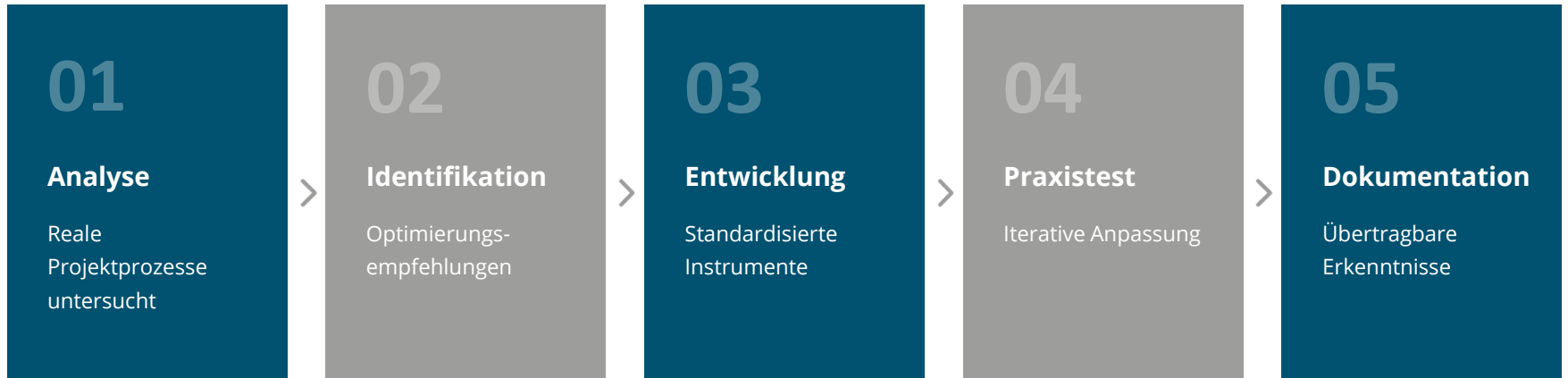
**SIR**

Sanierungs  
**PLUS**

# SanierungPLUS wirkt auf zwei Ebenen gleichzeitig



# Fünf konkrete Arbeitsschritte führten von der Problemanalyse zu übertragbaren Lösungen



➔ **Ergebnis: Praxistaugliche Methodik für kommunale Sanierungen**

# Die Gap-Analyse zeigt Optimierungsmöglichkeiten bei Projektvorbereitung, Entscheidungsgrundlagen und Qualitätssicherung


Systematische Analyse der Ist-Prozesse in Salzburg und Villach – und anderen Städten und Gemeinden  
Optimierungsmöglichkeiten der Prozesse identifiziert – konkrete Empfehlungen erarbeitet


BEREICH	IST-ZUSTAND (LÜCKE)	WAS ES BRAUCHT (LÖSUNG)
Projektvorbereitung	✘ Vorphasen werden mit übergeordneten Zielen nicht harmonisiert	→ Nachhaltigkeitsstrategie, Immobilienstrategie, Portfolioanalyse, Budgetierung
Nachhaltigkeitsziele	⚠ Zu allgemein formuliert	→ Konkrete, messbare Kriterien (Kriterienkatalog)
Planungsgrundlagen	🔍 Zu wenig Entscheidungsgrundlagen	→ Machbarkeitsstudien, LZK-Berechnung
Qualitätssicherung	✘ Im Detail lückenhaft	→ Durchgehende QS von Planung bis Betrieb


# Konkrete Kriterien schaffen Verbindlichkeit


Im Projekt wurde für die Städte Salzburg und Villach ein Kriterienkatalog entwickelt.

Auf der Basis von klima**aktiv**, ergänzt mit Kriterien, die den Städten wichtig sind – Schwerpunkt Gebäudetechnik

 **Messbare Zielwerte:** Definiert konkrete Vorgaben für Energie, Versorgung, Komfort und Nachhaltigkeit.

 **klimaaktiv-Orientierung:** Baut auf bewährten klimaaktiv-Kriterien auf und ergänzt diese um spezifische gebäudetechnische Vorgaben.

 **Vertragliche Integration:** Kann direkt in Leistungsbilder und Ausschreibungstexte integriert werden, um Verbindlichkeit zu schaffen.

 **Qualitätssicherung:** Ermöglicht die systematische Überprüfung: Wurden die Ziele in jeder Planungsphase eingehalten?

## KRITERIENKATALOG (Auszug)

Kriterium	Anforderungen
<i>Texte in Grau und Kursiv, sind an die Ziele des AD für das Gebäude anzupassen.</i>	
<b>Klimaanforderung und Standort</b>	
Mehrfachnutzung Außenraum	Standortbelegung durch frei zugänglichen Außenraum (Durchwegung, Spielplatz, Sportplatz). Funktionale/qualitative Außenraumkonzepte mit Freilegung der frei zugänglichen Bereiche.
Mehrfachnutzung Innenraum	Maximierung der Gebäudelauslastung durch Doppelnutzung, Zwischennutzung, geteilte Raumkonzepte, temporäre Lösungen etc.
Heimliche Begrünung	Es sind heimische, standortangenehme, klimastabile und wenig allergene Pflanzen zu verwenden. Bestimmung des vertikalen/diagonalen bzw. horizontalen Lebensraumes, entsprechende Bepflanzung und Pflege.
Bauwerkbegrünung	Eine Dachbegrünung ist zu prüfen und, wo möglich, auszuführen. Werden Gründächer umgesetzt, so sind diese mit Regenwasser-Retention auszuführen. Es sind Bewässer- und evapotranspirative Elektroanlagen zu wählen. Die Aufwände müssen auf die Wachstumsbedingungen abgestimmt werden um eine biodiversere Bepflanzung zu ermöglichen. Ein Regenwasseranlagen auf den Dächern sind so auszuführen, dass ein kaskadenförmiges Regenwassermanagement mit möglichst wenig Abfluss in die EG-Ebene entsteht. Eine normgerechte Ausführung nach ÖNORM L 1113 ist durchzuführen. Vertikale Begrünung, Fassadenbegrünung sind zu prüfen und wo möglich auszuführen. Eine bodengebundene Fassadenbegrünung ist aufgrund der leichteren Wartung, Pflege und Bewässerung zu bevorzugen. Räume als Verschattung vorziehen. Eine einfache und vertikale Pflege und Wartung der Grünbereiche ist zu berücksichtigen. Vertikale Wartungen müssen ohne externe Hilfsmittel (Stänge, Fassadenkletterer, etc.) und ausschließlich von Allgemeinflächen aus möglich sein.
Wassermanagement	Im Außenbereich ist auf einen hohen Anteil an unversiegelten Flächen zur Versickerung zu achten (Schwammstadtprinzip). Über den gesamten Standort ist ein <b>Ablaufbewertwert</b> von 11,1 bei einem dreiwöchigen Starkregnergebnis anzustreben, noch besser ist ein Ablaufbewertwert von 0,0. Die Grund- und Grauwassernutzung für die Bewässerung ist zu prüfen. Der Umgang mit der Oberflächenabwasserung sollte folgender Prioritätenreihenfolge entsprechen: Vermeidung/Minimierung von versiegelten Flächen, Rückhalten (Retention) und Verdunsten über Grünräume, Versickerung über Sickerschichten (bei Erfordernis mit technischem Filter), Retention ober- oder unterirdisch in Becken oder Staustufen (ggf. als Sammelstelle an der Grundrückgrenze), Ableitung in Kanalisation.

# Investitionsentscheidungen ohne Lebenszyklusblick kosten Gemeinden langfristig mehr

- **Fehlende Entscheidungsgrundlagen:**  
Gängige Planungsprozesse liefern zu wenig Informationen, insbesondere im Bereich Nachhaltigkeit.
- **Betriebskosten dominieren:**  
Lebenszykluskostenberechnungen (LZK) zeigen, dass die Betriebskosten die Investitionskosten oft um ein Vielfaches übersteigen.

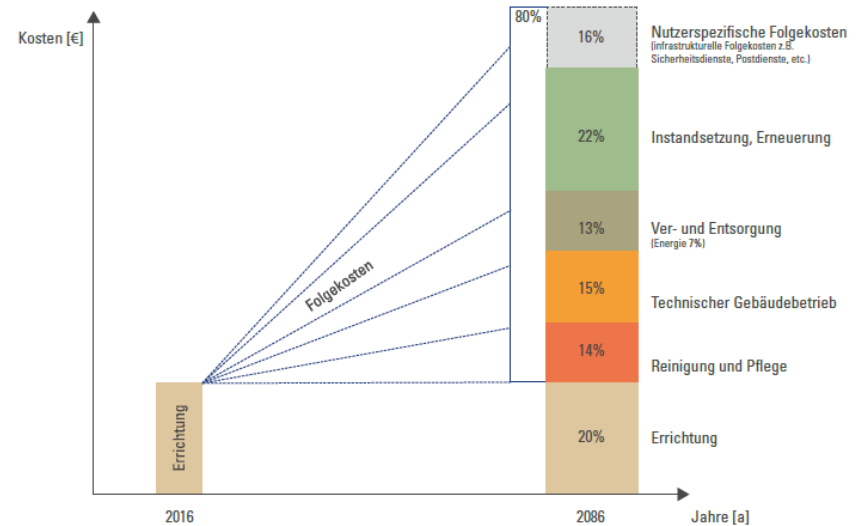


Abb. 1: Typische Relation von Folgekosten zu Errichtungskosten über 70 Jahre Gebäudenutzung. Beispiel für ein Bürogebäude bei Summierung der Folgekosten unter Berücksichtigung von Preissteigerungen und Diskontierung auf Preisbasis 2016

# Praxis zeigt Wirkung: Variantenstudie Warmwasser spart bis zu 50 % Energie

Beispiel Schule: Durchdachte Planung mit Variantenstudie ermöglicht konkrete Energieeinsparungen.

## AUSGANGSLAGE

Warmwasserversorgung für Schulküche und Turnsaal-Duschen. Der Warmwasserbedarf kann in solchen Gebäuden bis zu **50 % des gesamten Wärmeverbrauchs** ausmachen.

## UNTERSUCHUNG

Es wurden drei unterschiedliche Varianten technisch, wirtschaftlich und ökologisch verglichen, um die optimale Lösung zu finden.

## ZENTRALE ERKENNTNISSE

- ✓ **Bedarfsanpassung:**  
Dusch-Abgabestellen können aufgrund geringer Nutzung reduziert werden.
- ✓ **Leitungsoptimierung:**  
Kürzere Leitungswege senken die Wärmeverteilungsverluste drastisch.
- ✓ **Betriebsoptimierung:**  
Abschaltung in langen nutzungsfreien Zeiten (Ferien) ist bei Einhaltung der Hygiene möglich.

## UNTERSUCHTE VARIANTEN



Variante 1: Fernwärme (zentral)



Variante 2: Strom (zentral)



Variante 3: Dezentrale Durchflusserhitzer

**bis zu 50 %**

ENERGIEEINSPARUNG DURCH OPTIMIERTE PLANUNG



STADT : SALZBURG

villach



SIR

Sanierungs  
PLUS

# Qualität sichern von der Beauftragung bis in den Betrieb

Ein durchgehender QS-Prozess stellt sicher, dass die in der Planung definierten Ziele auch im fertigen Gebäude und im laufenden Betrieb erreicht werden.



## Phase 1

### STRATEGIE & VORBEREITUNG

- Nachhaltigkeitskriterien definieren
- Machbarkeitsstudien inkl. Sanierungs- und Energieoptionen
- Messbare Ziele festlegen
- QS-Anforderungen in Verträge integrieren



## Phase 2

### PLANUNG

- Technische Kontrolle der Planung
- Umfassende Variantenstudien
- Gebäude- und Anlagensimulationen
- Betriebsfälleanalyse
- Plausibilitätsprüfungen



## Phase 3

### BAU & INBETRIEBNAHME

- Örtliche Bauaufsicht (ÖBA)
- Technisches Monitoring
- Inbetriebnahmemanagement (bei Projekten)



## Phase 4

### BETRIEB

- Technisches Monitoring bis Ende Gewährleistungspflicht
- Laufendes Energieverbrauchs-Monitoring
- Systematische Mängelidentifikation

# Alles Wissen kostenlos und kompakt: Das Online-Schulungsprogramm

Das gesamte im Projekt SanierungPLUS erarbeitete Wissen steht kommunalen Verwaltungen als kostenloses Online-Schulungsprogramm zur Verfügung.



## KOMPAKTES WISSEN

Ca. 20 kurze, praxisnahe Videos (jeweils 5-10 Minuten) zu allen relevanten Phasen der Sanierung.



## DIREKT ANWENDBAR

Zahlreiche Downloads wie fertige Texte für Angebotseinholung und Leitfäden zur sofortigen Nutzung.



## FÜR DIE PRAXIS GEMACHT

Maßgeschneidert für Gebäudeverantwortliche in Gemeinden.

[www.sanierungsplus.at](http://www.sanierungsplus.at)



STADT : SALZBURG

villach



SIR

Sanierungs  
PLUS



**DI Margot Grim-Schlink**

e7 energy innovation & engineering

Hasengasse 12/2

1100 Wien

M +43 676 76 13 251

[margot.grim-schlink@e-sieben.at](mailto:margot.grim-schlink@e-sieben.at)

[www.e-sieben.at](http://www.e-sieben.at)