

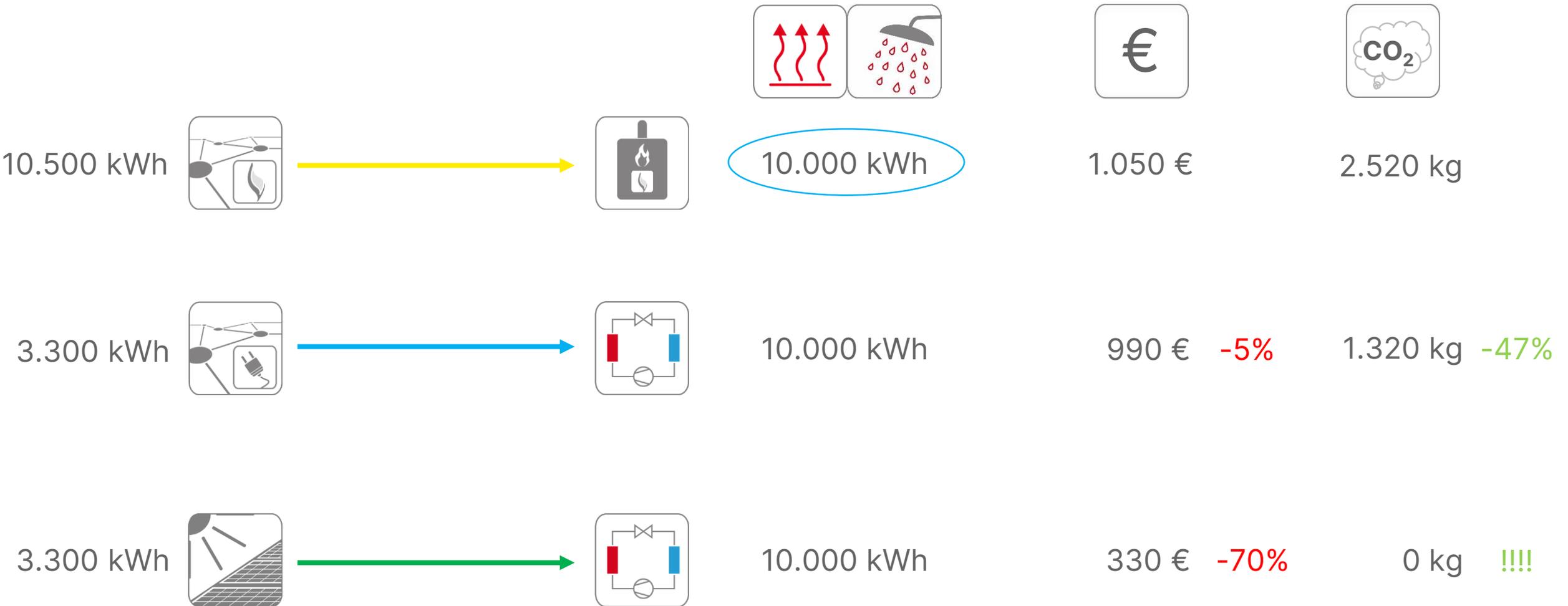
Große Luftwärmepumpen in der Stadt

Dr.-Ing. Boris Mahler, Geschäftsführender Gesellschafter



Warum eigentlich Wärmepumpen einsetzen?

10.000 kWh/a Wärme HZg+WW für 70m² Wohnung



Typische Wärmequellen für Wärmepumpen

Energiequelle



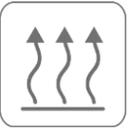
Erdreich



Wasser



Luft/Sonne



Abwärme



Speicher

Energieüberträger



Erdwärmesonden



Flächenkollektor



Energiepfähle



Brunnen



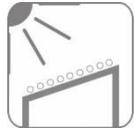
Abwasser WT



offenes Gewässer



Außenluftverdampfer



Luftabsorber



Solarthermie / PVT



Rückkühler



Eisspeicher



Spiralsonden



Erdwärmekörbe



Grabenkollektor



Erdreich WT



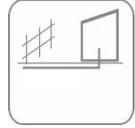
e-Tank®



Wärme-rohr (Phasenwechsel)



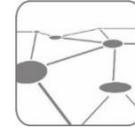
Spundwand



Energie-Zaun



Abluft WP



Kalte Nahwärme



Fundament, Bodenplatte

überarbeitet, Piktogramme:
F. Bockelmann, TU-Braunschweig

Eine (Luft-)Wärmepumpe ist KEIN Gaskessel!

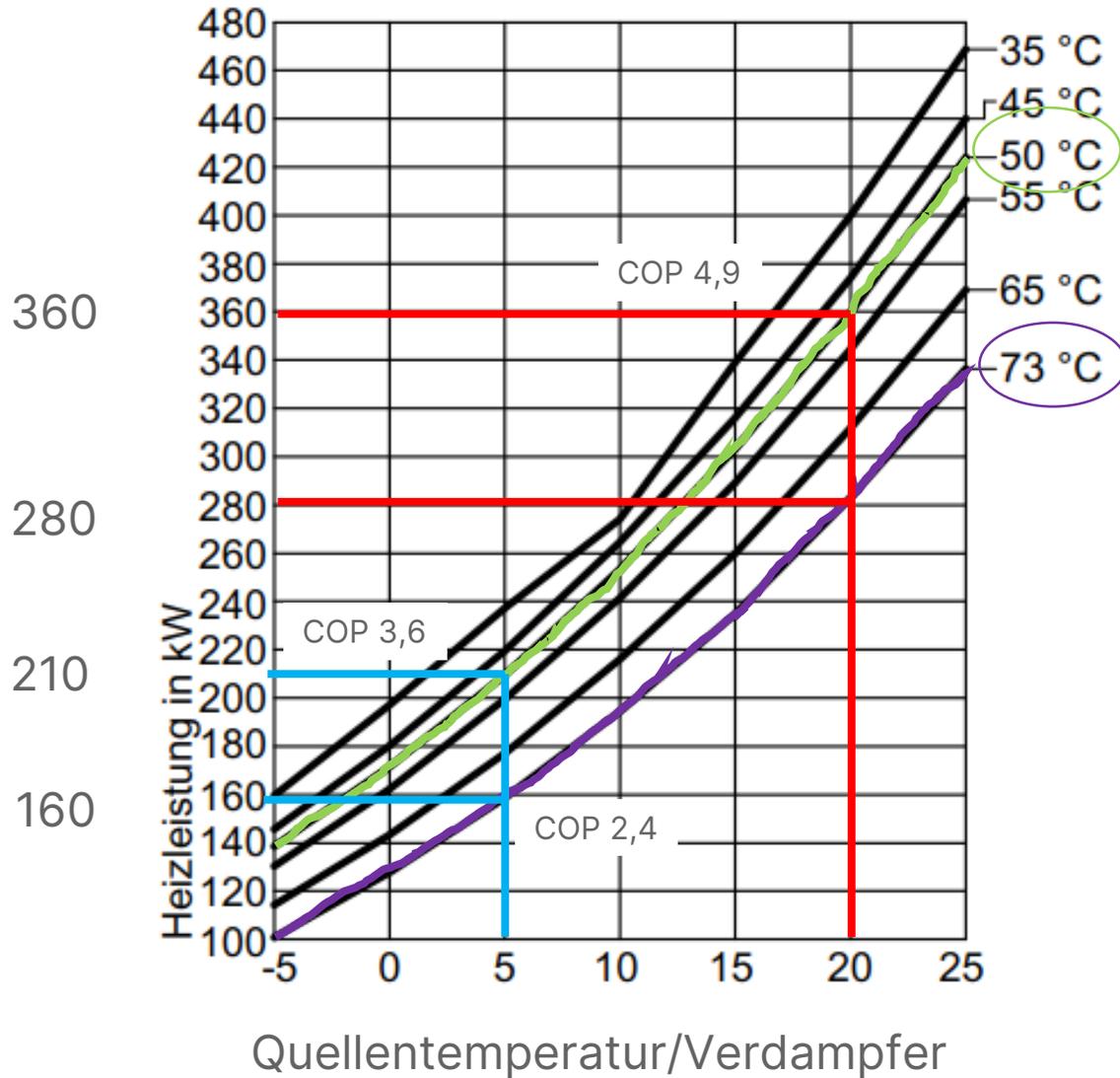
- Leistung ist nicht konstant
 - abhängig von Außenluft-Temperatur
 - abhängig von (Heiz-)Zieltemperatur
 - abhängig von Außenluft-Feuchte
 - abhängig von „Silent-Mode“
 - abhängig von Abtau-Modus

} in Planung/Ausschreibung berücksichtigen
- Benötigt Mindestdurchfluss und soll nicht takten
 - Pufferspeicher
 - Leistungsregelung

} Platzbedarf
- hebt typischerweise die Temperatur nur um 5-10 K an
 - andere hydraulische und regelungstechnische Einbindung
- braucht VIEL Luft
 - Außenaufstellung zumindest von Verdampfer + Ventilator

} Schall
- (manche) Kältemittel brennbar!

Heizleistung von Wärmepumpen

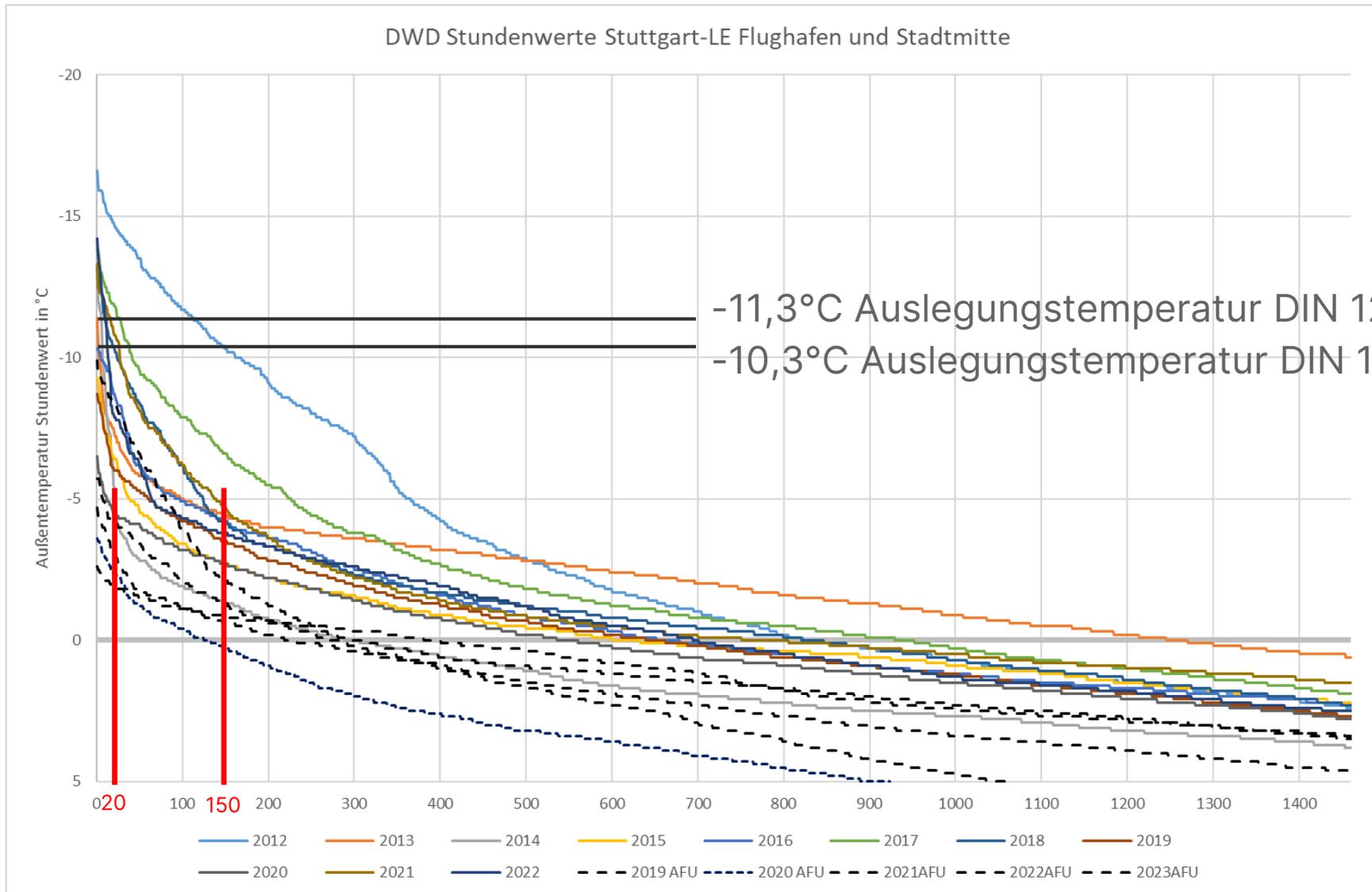


Senktemperatur/
Kondensator

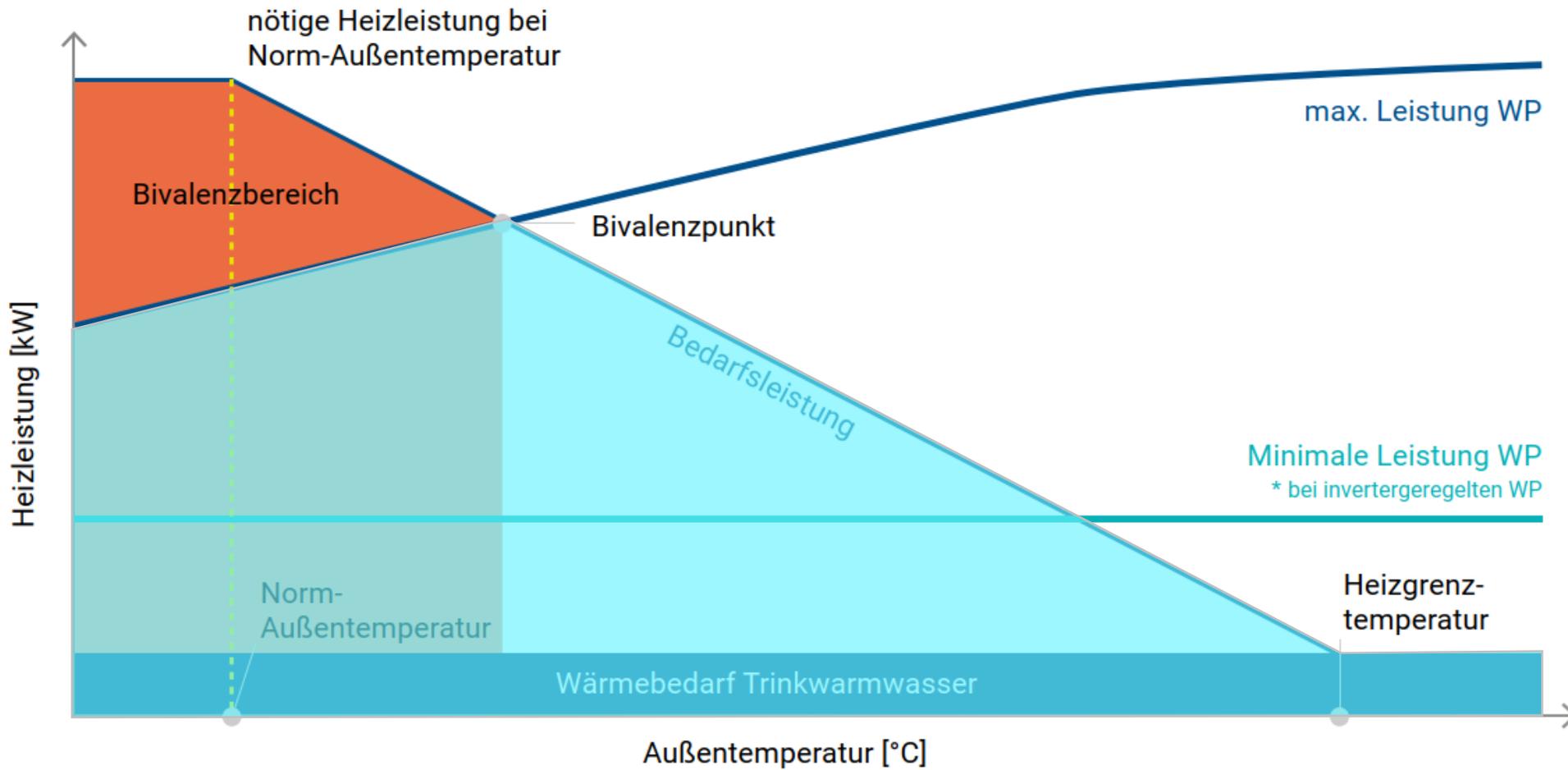
⇒ Leistung Faktor 4-5
je nach Betriebsbedingungen

⇒ 10% besserer COP
bei 5K kleinerem Temperaturhub

Gemessene Temperaturen der letzten Jahre



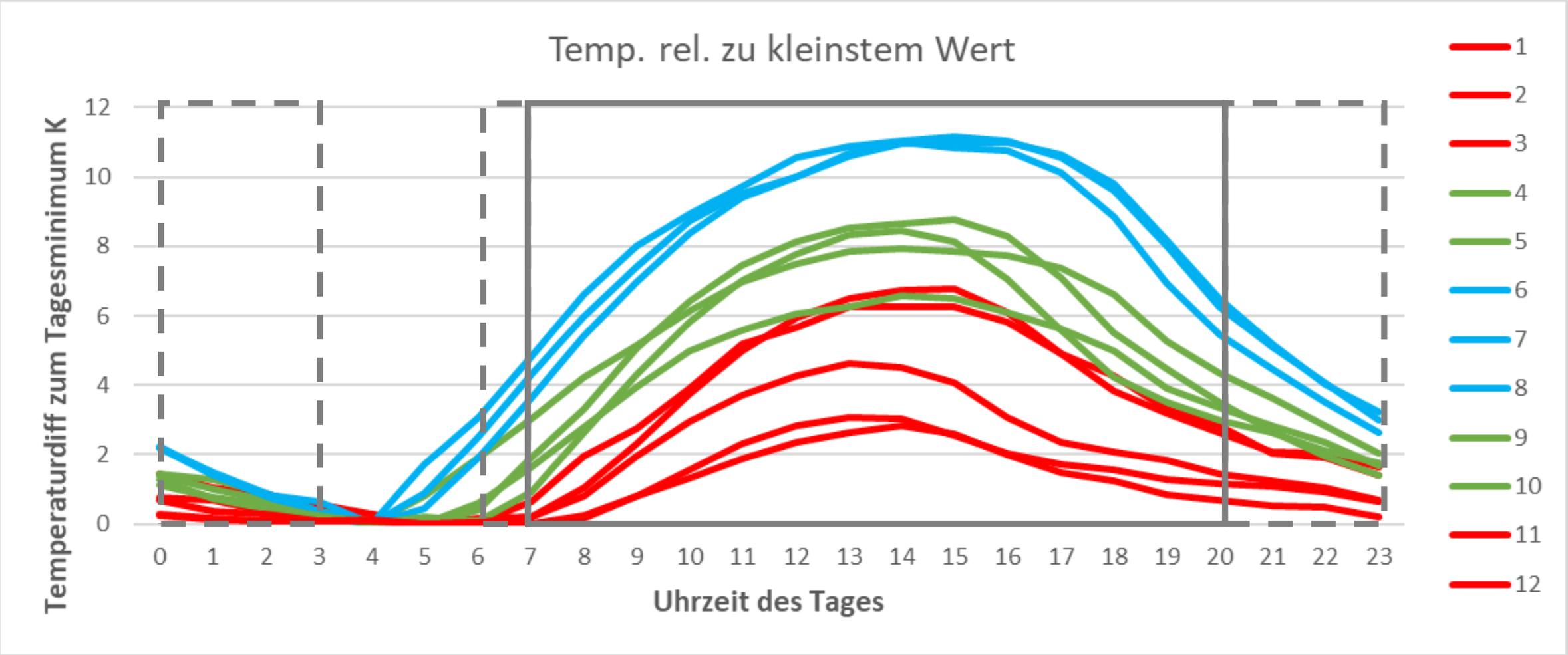
Schematische Darstellung Bivalenzpunkt WP



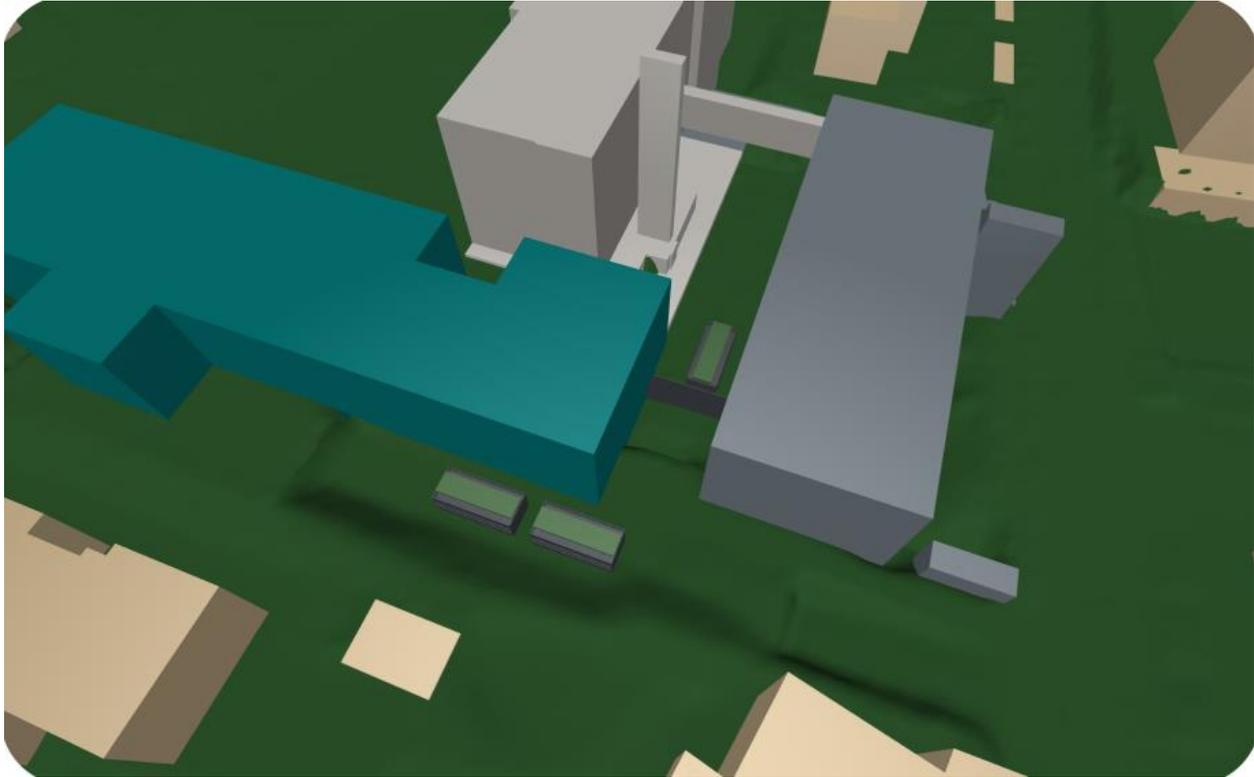
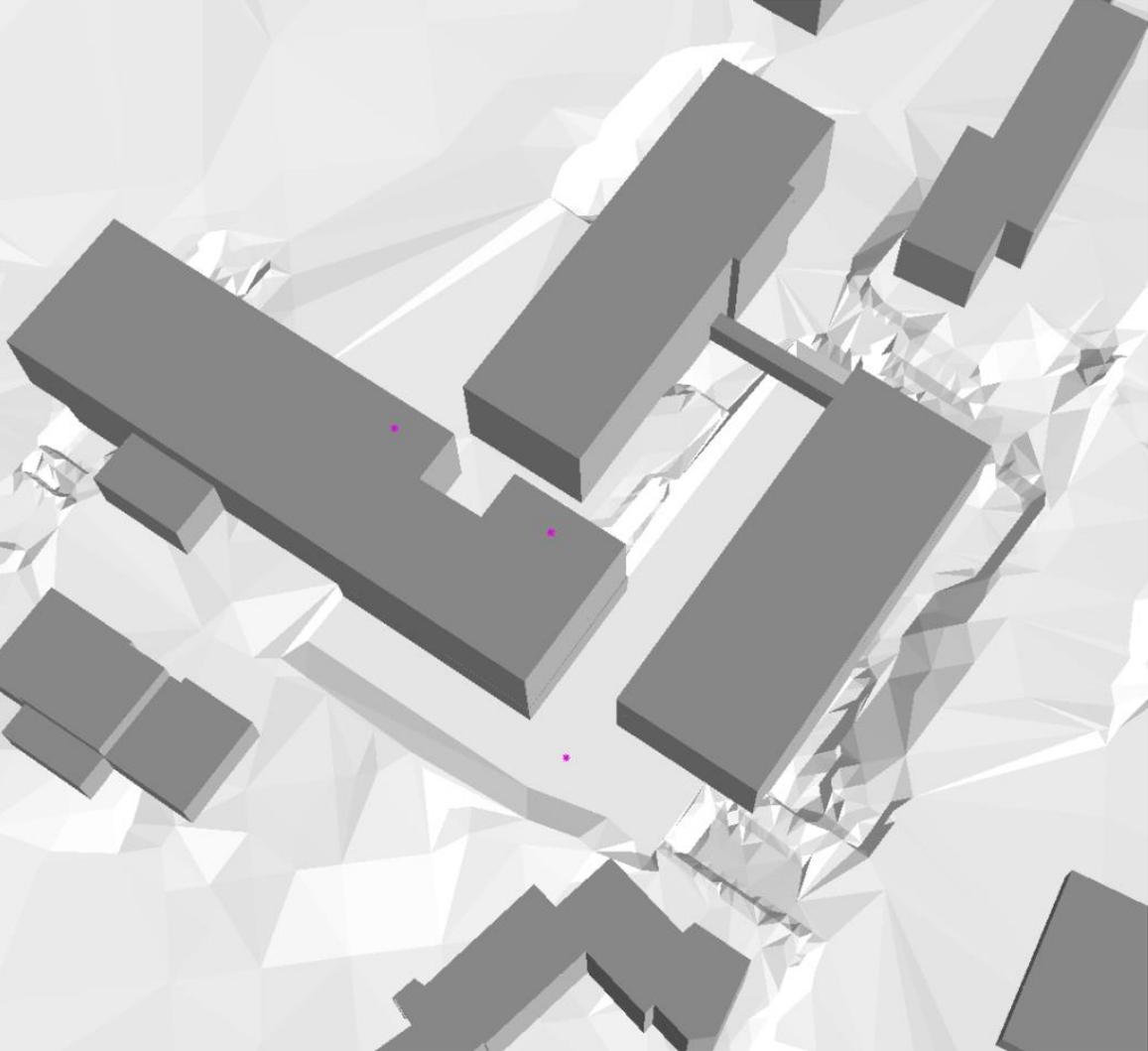
Quelle: Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.) (dena, 2024): „Praxisleitfaden für Wärmepumpen in Mehrfamilienhäusern. Status Quo. Erfahrungen. Möglichkeiten.“

Statistik exemplarisch für Messwerte Stuttgart

01.01.2022 bis Anfang 2024



Große Luft-Wärmepumpe in der Stadt

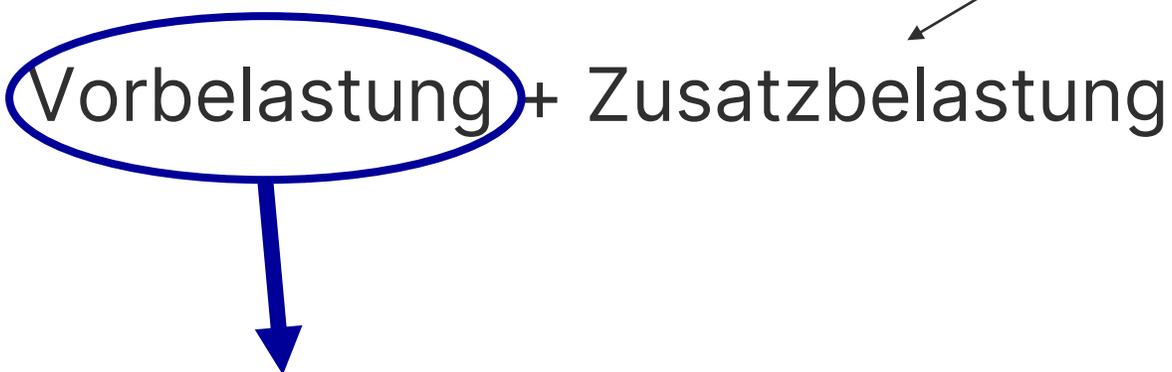


Anforderungen Schallimmissionsschutz

Berücksichtigung der Vorbelastung nach TA Lärm

$$\text{Gesamtbelastung} = \text{Vorbelastung} + \text{Zusatzbelastung}$$

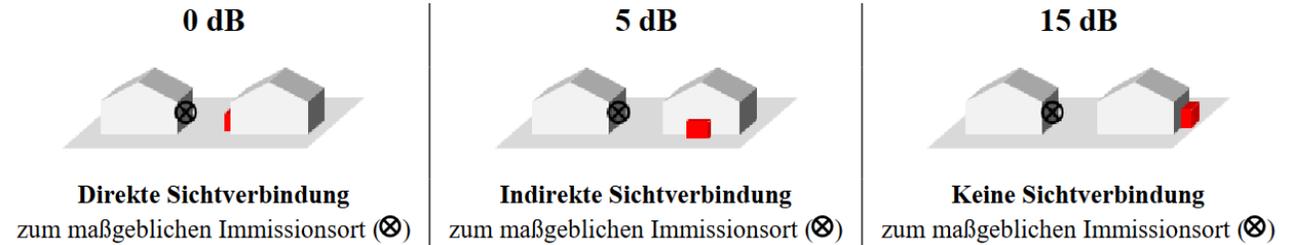
WP



TA Lärm: „Die Bestimmung der Vorbelastung kann entfallen, wenn die Immissionsrichtwerte um 6 dB(A) unterschritten werden.“

Gebietseinstufung	Tag (06:00-22:00Uhr)	Nacht (22:00-06:00Uhr)
Allgemeine Wohngebiete	55 dB(A) -6 dB(A)	40 dB(A) -6 dB(A)
Reine Wohngebiete	50 dB(A) -6 dB(A)	35 dB(A) -6 dB(A)

Sichtverbindung - Abzug

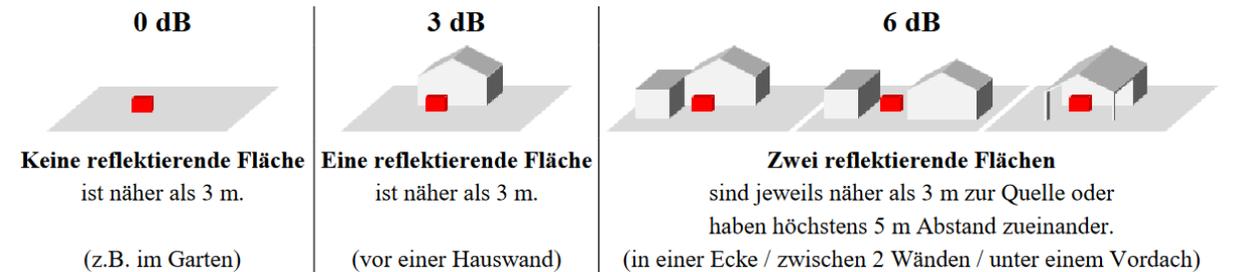


Ton- oder Informationshaltigkeit - Zuschlag

(Einzeltöne oder wiederkehrende Klänge sind im Gerätegeräusch...)

nicht wahrzunehmen.	0 dB
wahrzunehmen.	3 dB
deutlich zu hören.	6 dB

Reflexionswert - Zuschlag



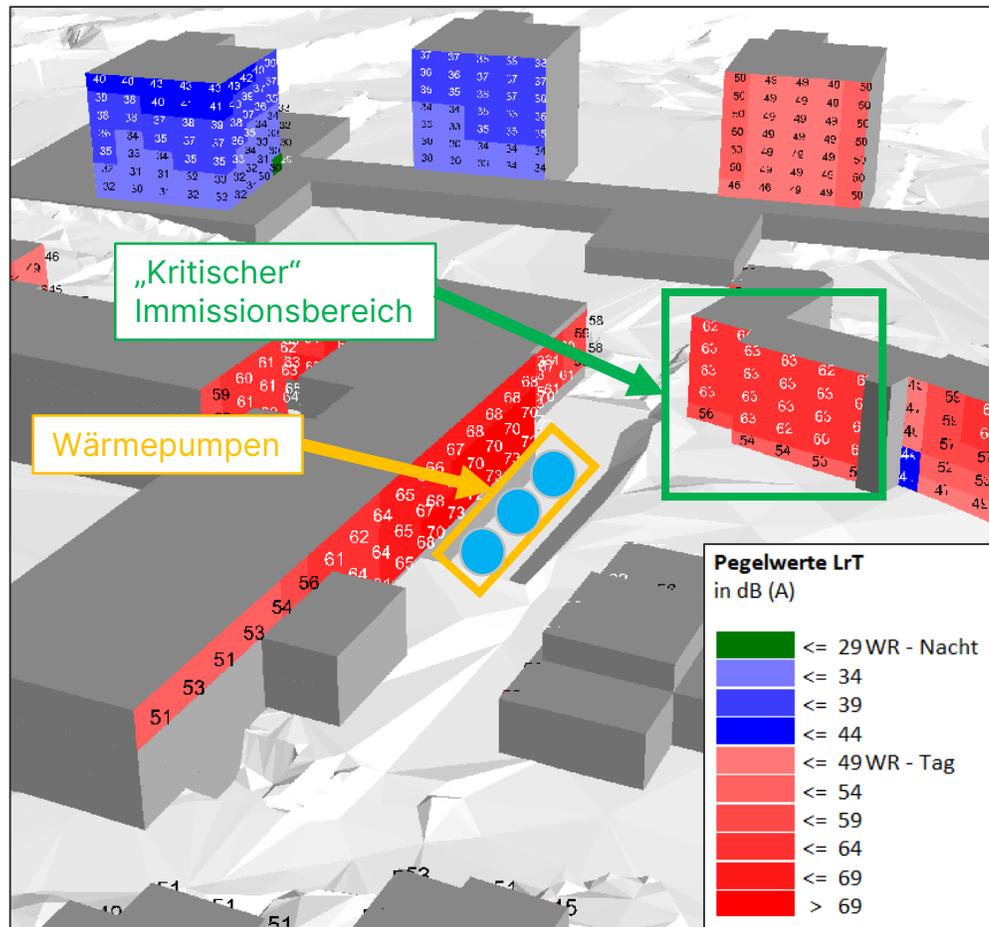
<https://lwpapp.webyte.de>



Schallimmissions-Simulation

Aufstellung mehrerer Wärmepumpen direkt neben einem **reinen Wohngebiet (WR)**

Luft-WP ohne Maßnahmen:



- Schalleistung je WP: $L_w = 93$ dB(A)
 - Immissionsrichtwerte für WR (inkl. Vorbelastung):
 - Tag: 44 dB(A)
 - Nacht: 29 dB(A)
- Deutliche Überschreitung am Tag: **Bis zu 20 dB(A)**
- Deutliche Überschreitung in der Nacht: **Bis zu 35 dB(A)**

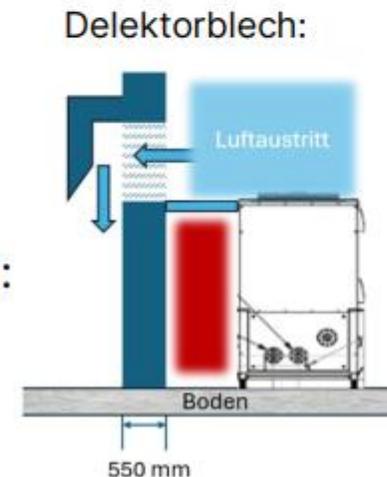
Schalldämmhaube + Zusatzmaßnahmen

Schalldämmhaube (Richtqualität Silent Mode):

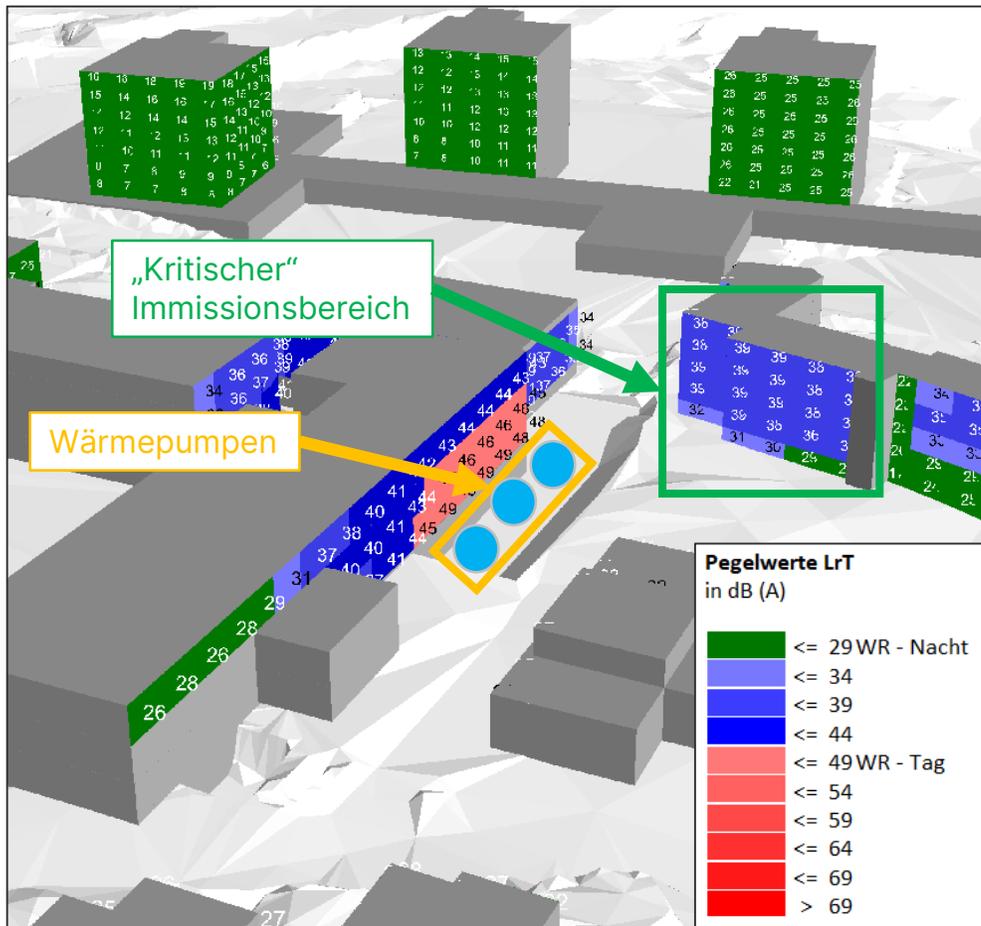
100% Last	Frequenzspektrum in Hz							
	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
SKADEC Lufgekühlte WP S.H.D.F.575.S.4.4								
Schallpegelreduktion mit Schallhaube	-11	-11	-15	-23	-25	-25	-27	-25



- Zusätzliche Reduktion (nach Angabe des Herstellers):
 - Delektorblech: **- 2 dB(A)**
 - Begrünung der Schalldämmhaube: **- 2 dB(A)**

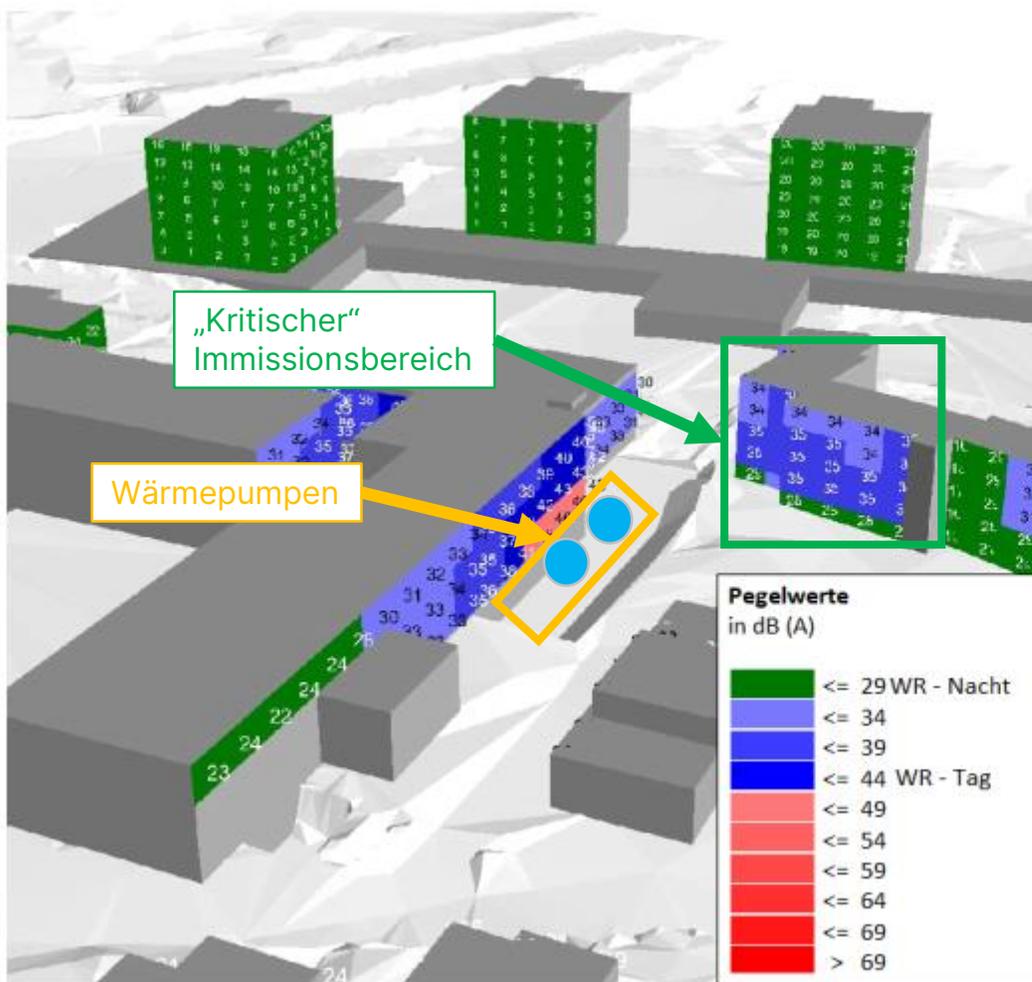


Projektbeispiel + Schalldämmhaube



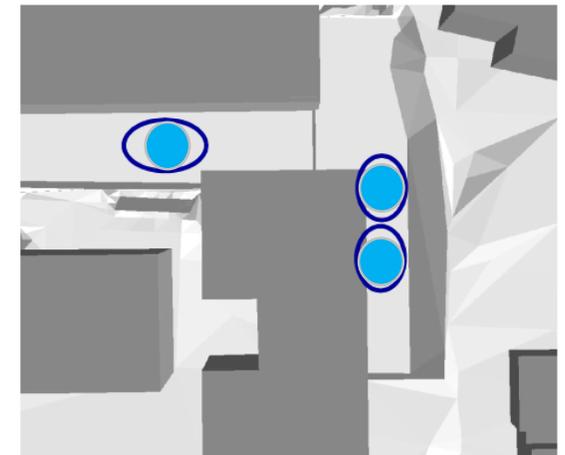
- Durch **hochwertige Schalldämmhauben** werden die Beurteilungspegel deutlich reduziert
- Am Tag werden die Anforderungen eingehalten
- Überschreitung in der Nacht: Bis zu 10 dB(A)

Andere Aufstellung der WP + Zusatzmaßnahmen



Maßnahmen:

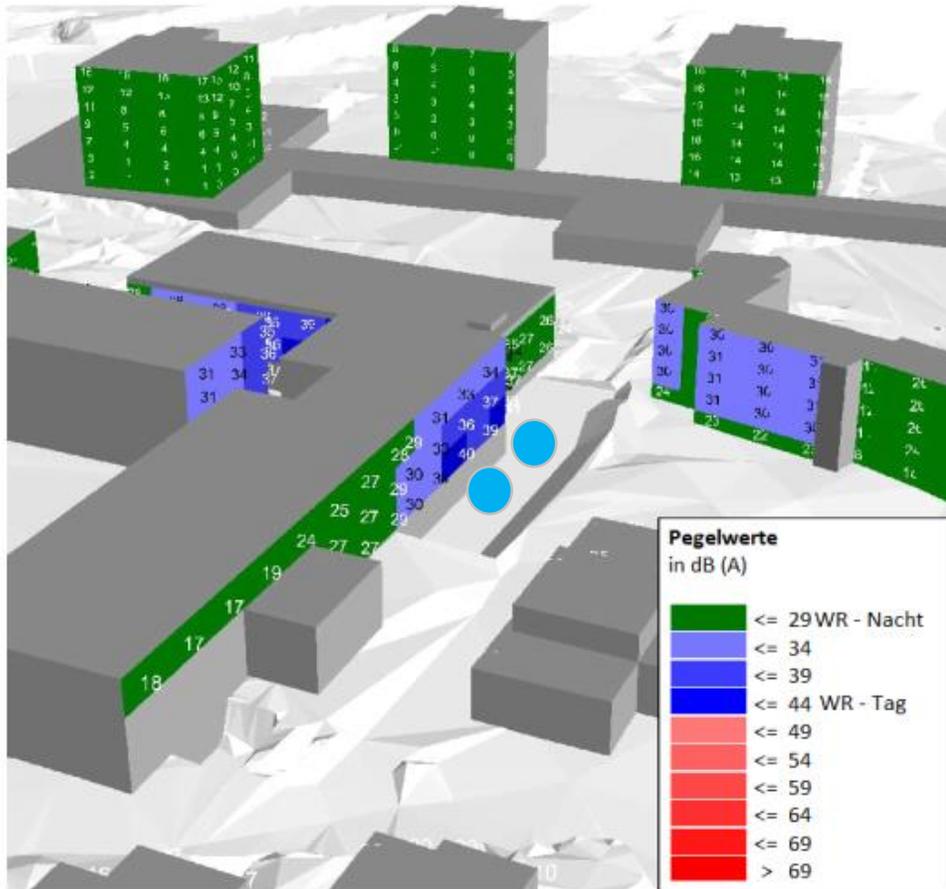
- 2 WP Hinterhof:
 - Schalldämmhaube inkl. Deflektorblech + Begrünung
- 1 WP Tiefhof:
 - Schalldämmhaube inkl. Deflektorblech + Begrünung



Ergebnis:

- Tag: IRW unterschritten
- Nacht: Überschreitung von ~6 dB(A)

zusätzlich reduzierte Leistung Nachts



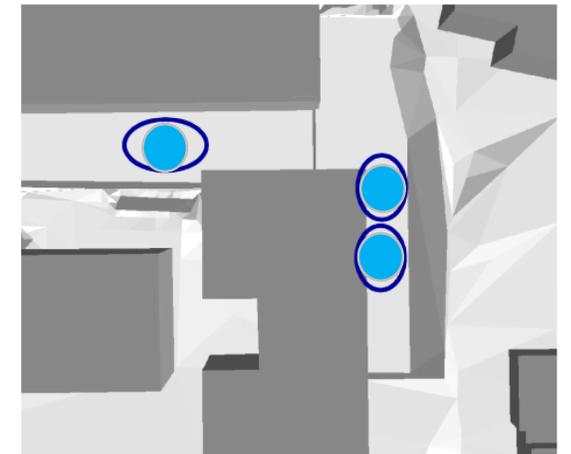
Maßnahmen:

- 2 WP Hinterhof:
 - Schalldämmhaube inkl. Deflektorblech + Begrünung
 - Jeweils 25 % Leistung
- 1 WP Tiefhof:
 - Schalldämmhaube inkl. Deflektorblech + Begrünung
 - 100 % Leistung

→ Leistung gesamt: **150%**

Ergebnis:

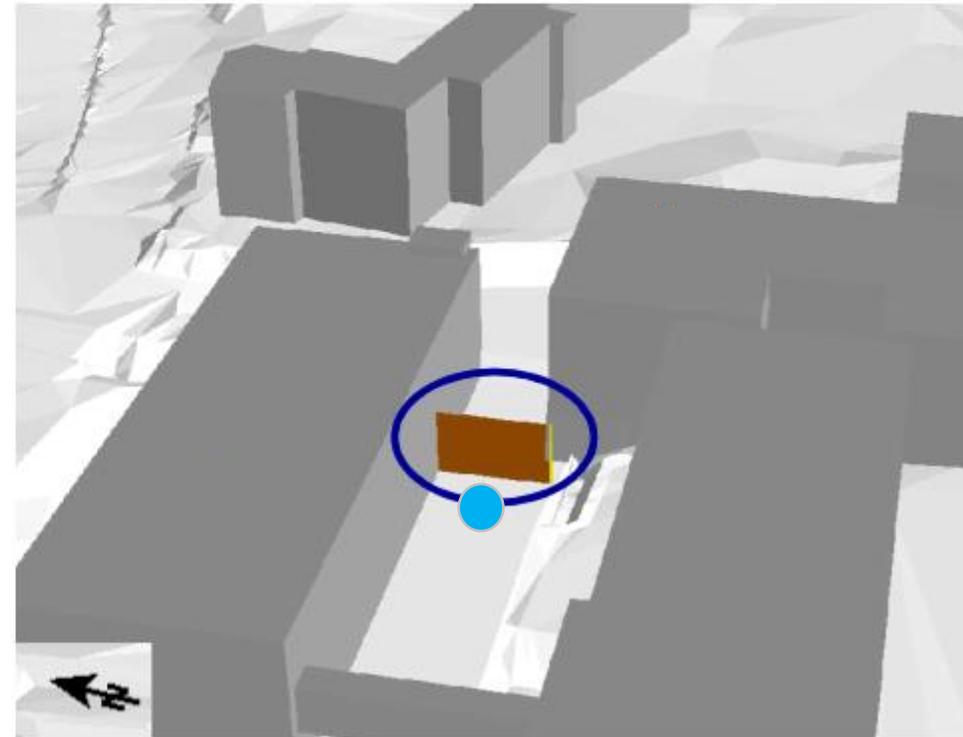
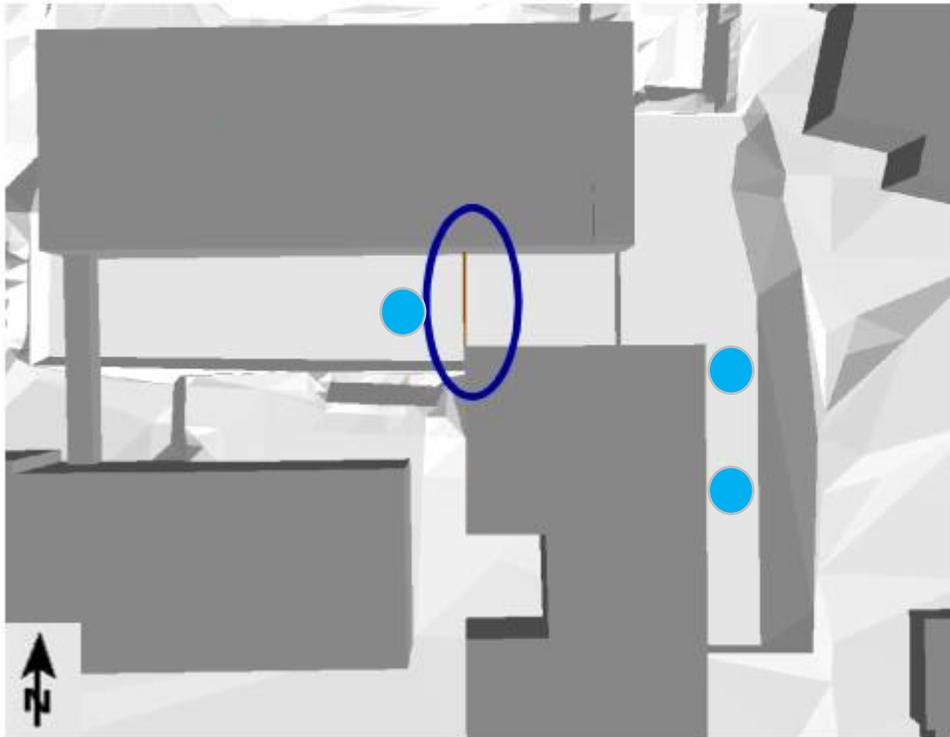
→ **Nacht: Überschreitung von ~2 dB(A)**

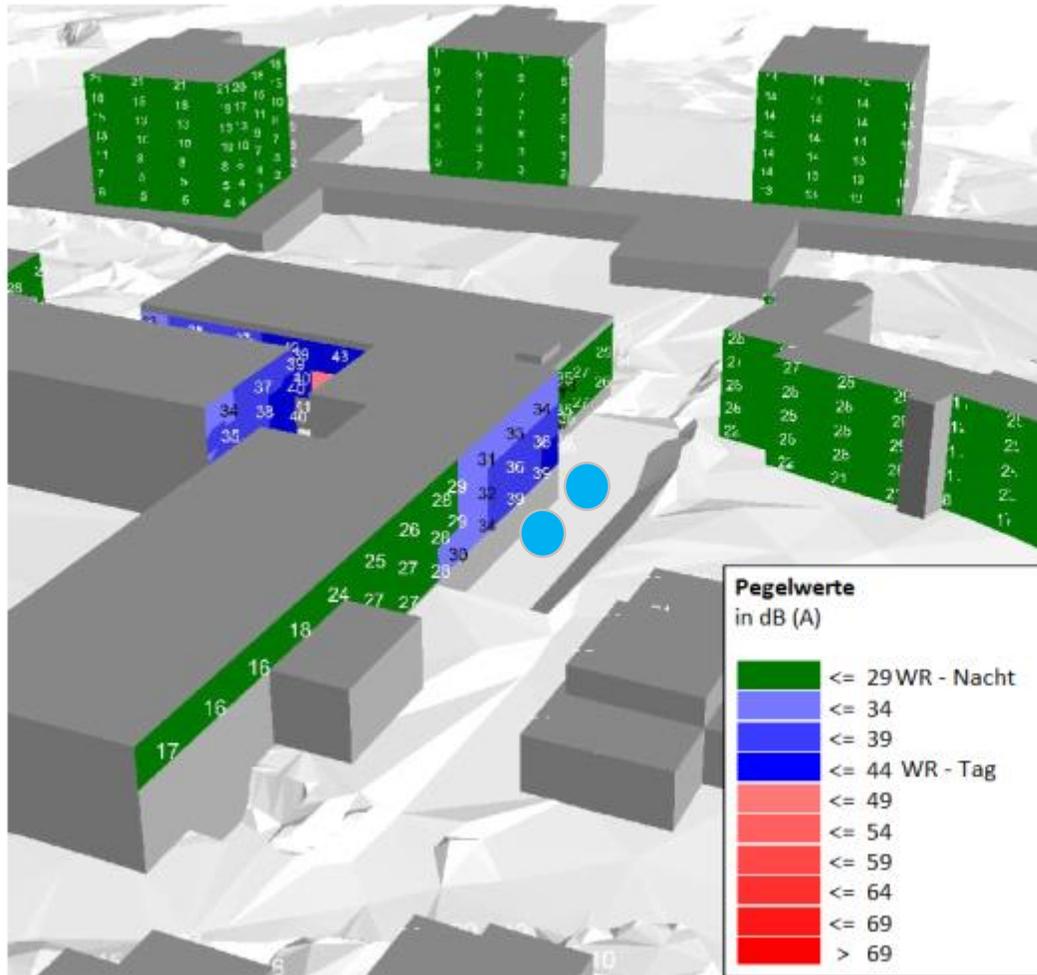


zusätzlich Lärmschutzwand Tiefhof zu Wohnen

Lärmschutzwand:

- Zwischen Gebäude 1 und Bau 2 (Bündig an beide Gebäude)
- Höhe ~ 6 m ab OK Tiefhof
- Abstand zwischen WP (Schalldämmhaube) und LSW ~ 2 m





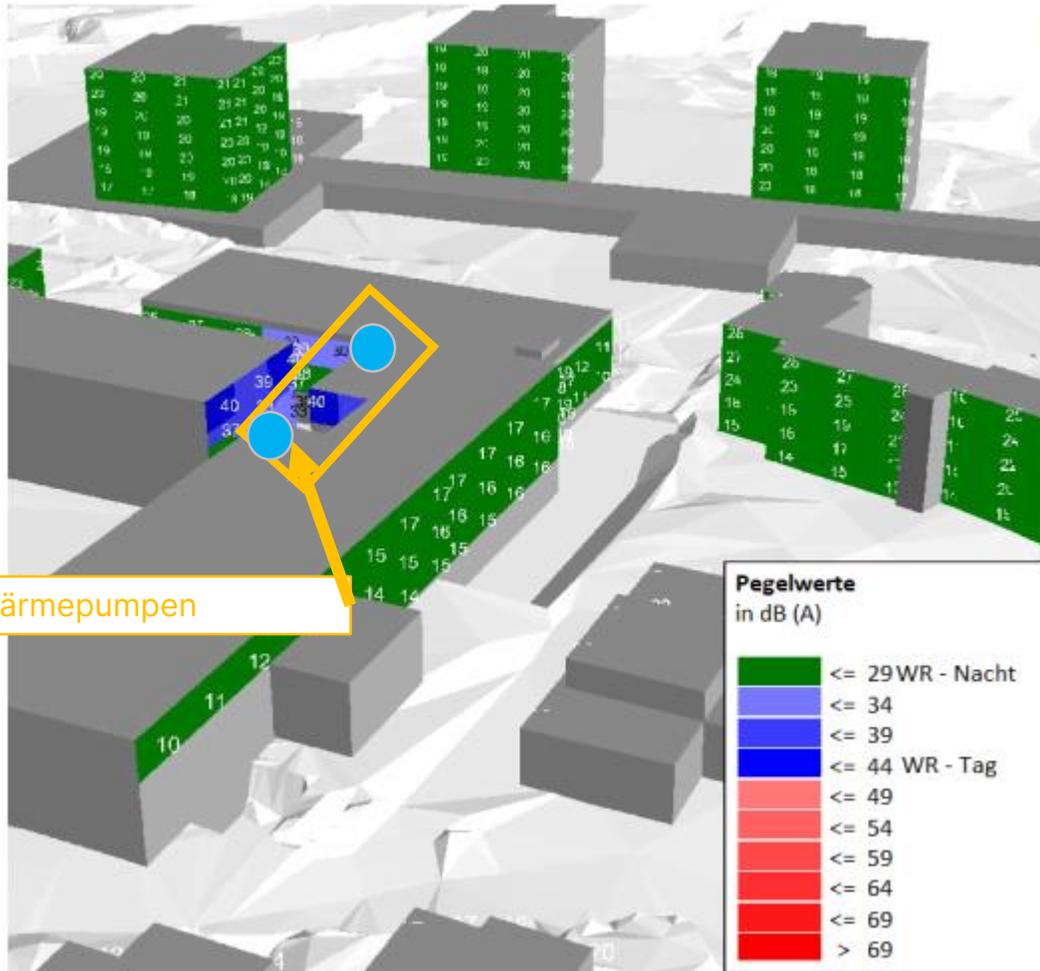
Maßnahmen:

- 2 WP Hinterhof:
 - Schalldämmhaube inkl. Deflektorblech + Begrünung
 - Jeweils 25 % Leistung
- 1 WP Tiefhof:
 - Schalldämmhaube ohne Deflektorblech, ohne Begrünung
 - 100 % Leistung
 - Lärmschutzwand (siehe Folie vorher)

→ Leistung gesamt: **150%**

Ergebnis:

→ **Nacht: IRW unterschritten**



Maßnahmen:

- 2 WP Dach Neubau 2:
 - Schalldämmhaube inkl. Deflektorblech ohne Begrünung
 - Jeweils 100 % Leistung
- 1 WP Hinterhof:
 - 0 % Leistung → ausgeschaltet

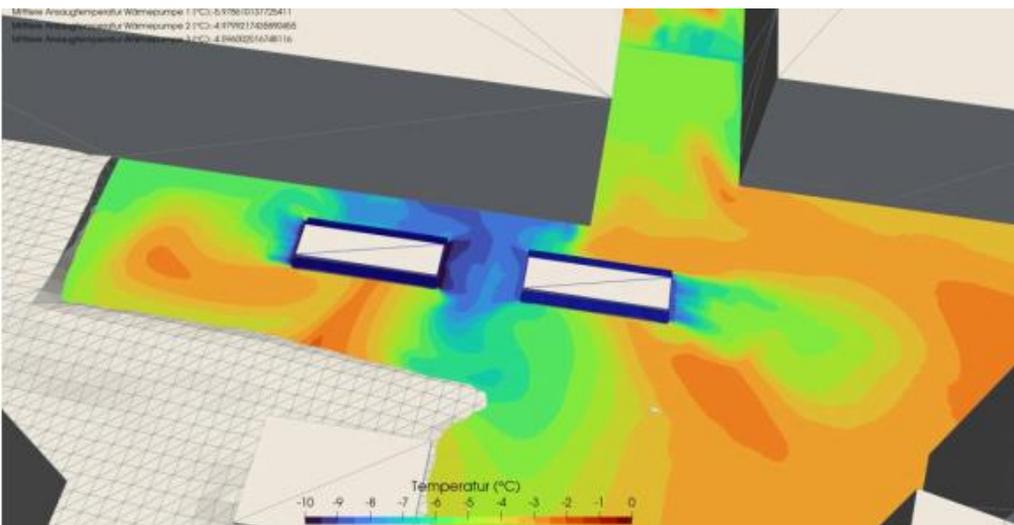
→ Leistung gesamt: **200%**

Ergebnis:

→ **Nacht: IRW unterschritten**



Luftströmung-Simulation (0°C Außenluft)

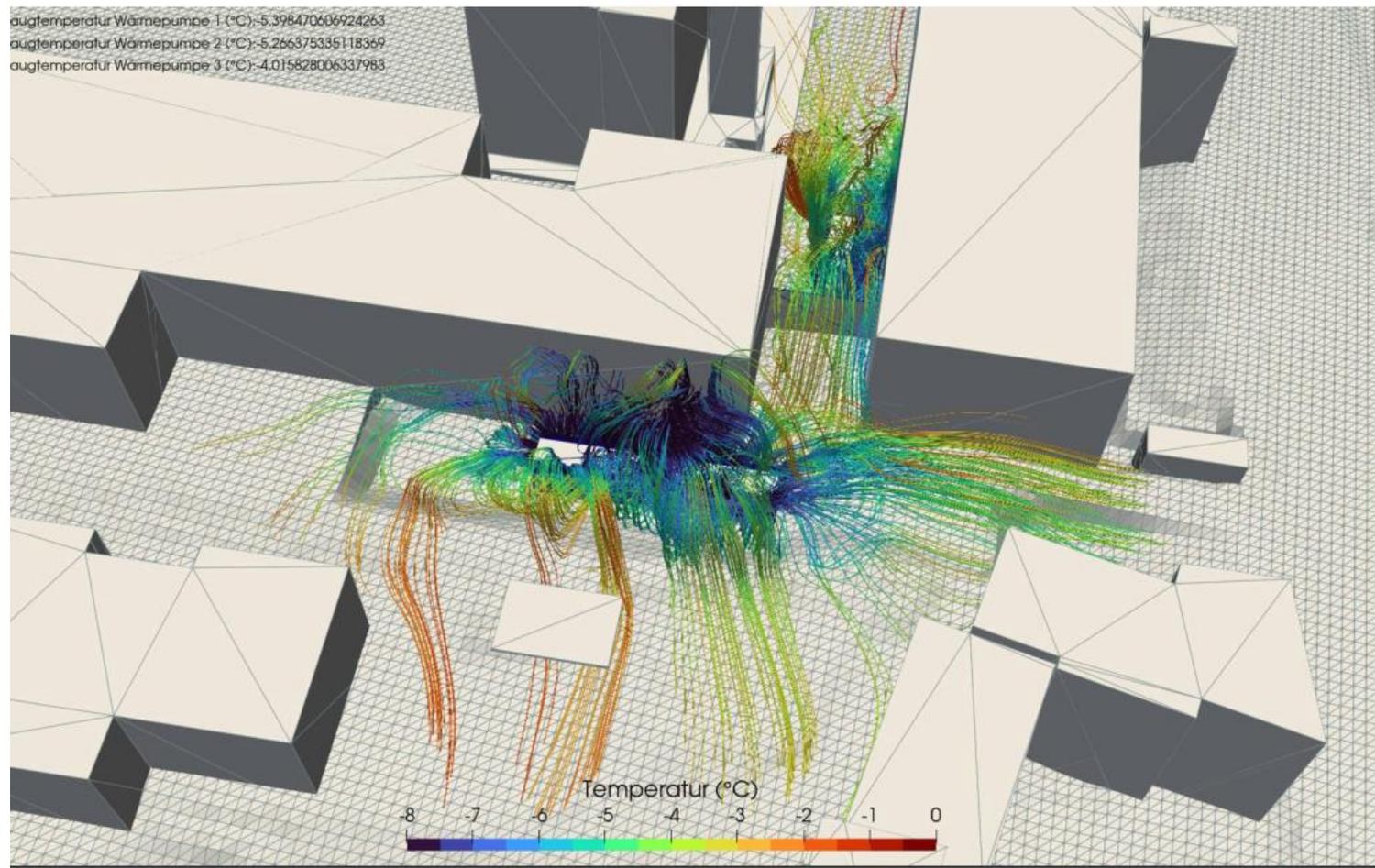


Ansaugtemperaturen

M1: -5,4 °C

M2: -5,3 °C

M3: -4,0 °C





Frosteffekte bei niedrigen Temperaturen, auch $> 0^{\circ}\text{C}$

Abstand zu Straßen/Wegen halten!
Eisbildung hängt auch ab von

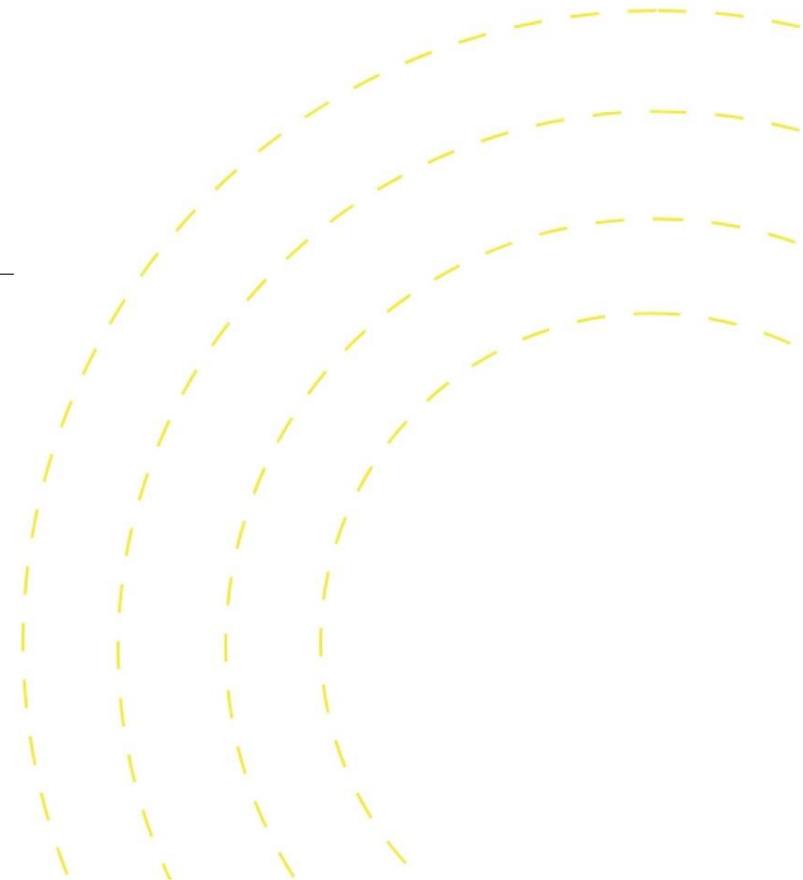
- Topologie
- Windgeschwindigkeit
- Windrichtung
- Ventilatorgeschwindigkeit

Saugende Ventilatoren

- geringere Frosteffekte als drückende Ventilatoren

Heizen und Kühlen

- Umbau einer Industriehalle zu Büros
- Integration WP in bestehende Heizanlage
- Reversibel Heizen und Kühlen



Bestandshalle und Dach für die WP



Vergleich drei geeignete Fabrikate

	Fabrikat A	Fabrikat B	Fabrikat C
EER (A35 W6)	3,2	2,8	2,6
COP (A5 W48)	3,1	2,8	2,1
Regelbarkeit	25-100%	25-50-75-100%	20-100%
Kältemittel	R513A A1 GWP 631	R32 A2L GWP 675	R410A R32 ggf.
Gewicht je WP	7,8 t	3,5 t	2,1 t
Angebotspreis	465 T€	187 T€	193 T€

2 x WP mit je 240 kWth Heizen und 270 kWth Kühlen



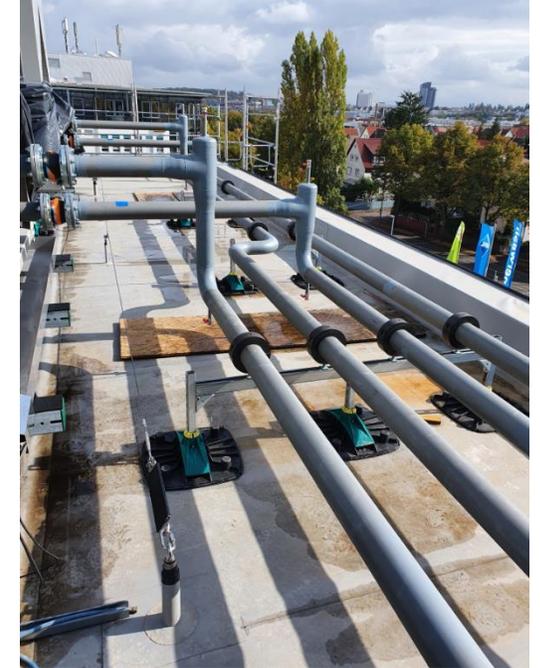
eine Maschine wiegt 3,5 t
R32 GWP 675 mit 55kg Füllmenge
Silent Ausführung 92 -> 86 dB SLP

Mischgebiet – Schallanforderungen
gerade eingehalten
optional Schallschutzwand nachrüstbar



Lastverteiler Füße mit Statik
abstimmen
Material Unterlage muss zu
Material Dachabdichtung passen

Ölauffangwanne – eigentlich nicht notwendig
Federschwingungsdämpfer - Körperschall



Anbindeleitungen
- Glykol?
- Begleitheizband!

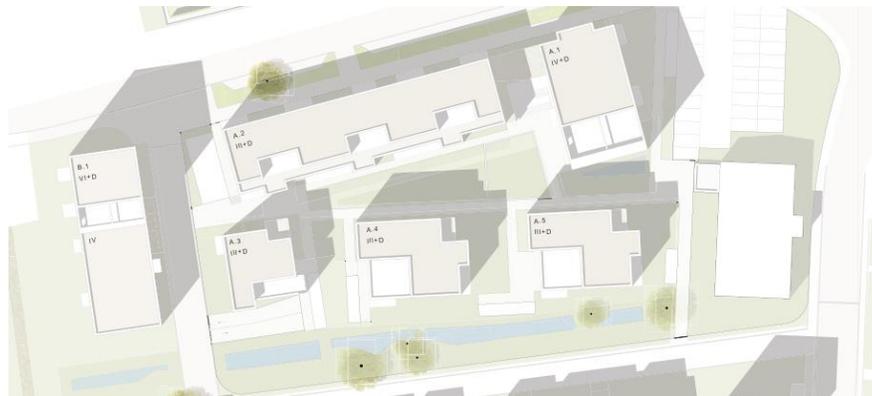
Luft-WP für Wohngebäude



75 WE Neubau 2 x 66kWth bei -11°C



120 WE Sanierung 2 x 50 kWth bei 0°C
+ 150 kW Gaskessel



Herangehensweise Luft-Wärmepumpe

- Prüfen ob teilweise Sanierung der Gebäudehülle geplant/notwendig ist
- ggf. vorhandene Gas-/Ölkessel behalten für Winterspitze
- WP so auslegen, dass nach einer Ertüchtigung der Hülle monovalente Versorgung möglich wird

- Elektroanschluss prüfen

- hydraulischer Abgleich / ggf. Austausch einzelner Heizkörper
-> Reduzierung der Heiztemperaturen

- Platz für Pufferspeicher
- Platz für Außeneinheit
- Schallschutz prüfen
- PV nicht vergessen

- **UMSETZEN!!!**