

IES | Institut für Energiesysteme

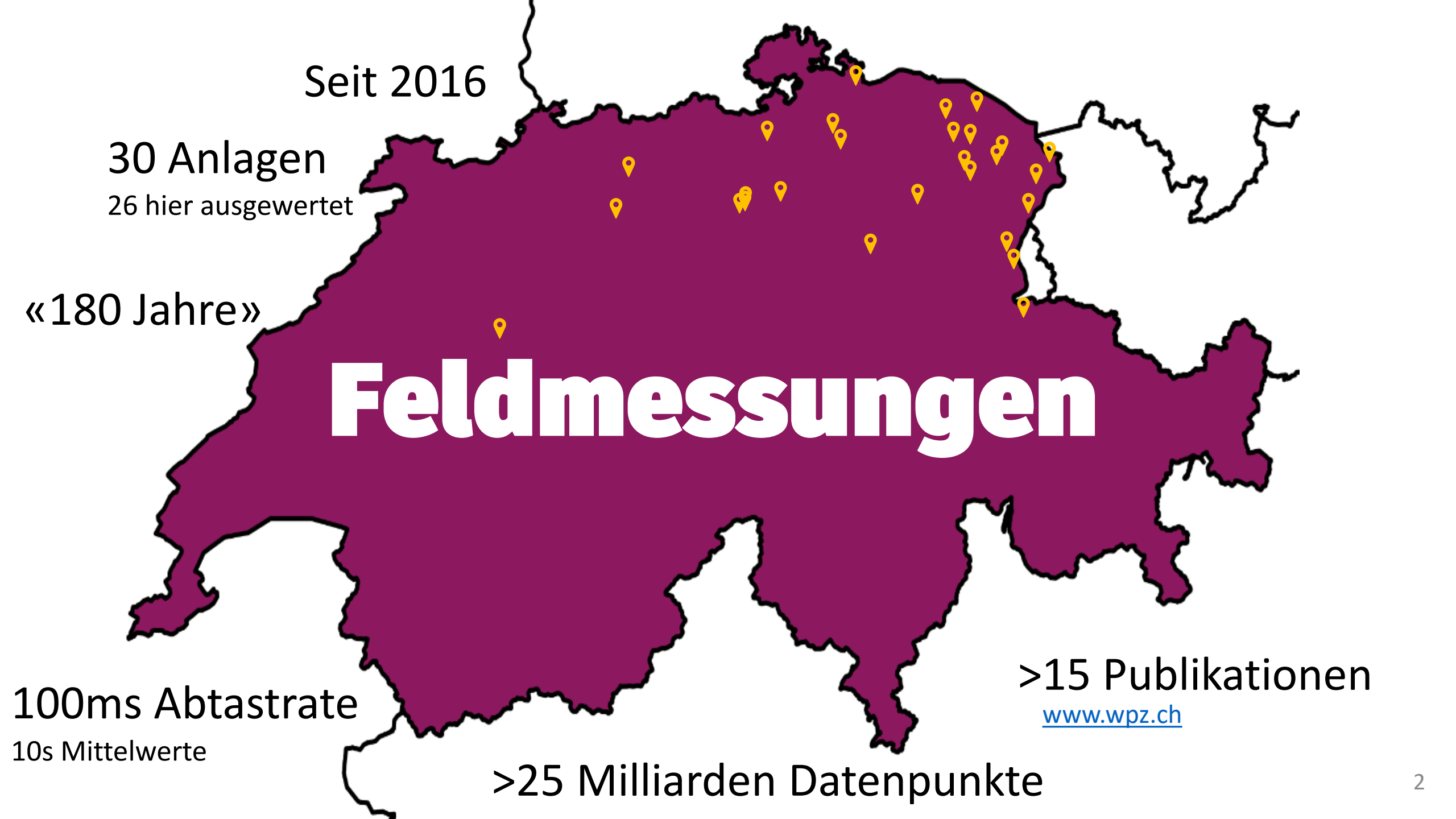
OST Ostschweizer Fachhochschule

WO WISSEN WIRKT.

Betriebsverhalten von überdimensionierten Wärmepumpen:

Eine Analyse von Feldmessdaten

Silvan Bernal, L. Brendel, C. Arpagaus, S. Bertsch


Seit 2016
30 Anlagen
26 hier ausgewertet
«180 Jahre»
Feldmessungen
100ms Abtastrate
10s Mittelwerte
>15 Publikationen
www.wpz.ch
>25 Milliarden Datenpunkte

Anlagenübersicht

4 **Luft/Wasser**
Fixdrehzahl

F001 F005 F008 F020

10 **Luft/Wasser**
Inverter

F011 F012 F015 F016 F017
F023 F024 F025 F027 F030[1]

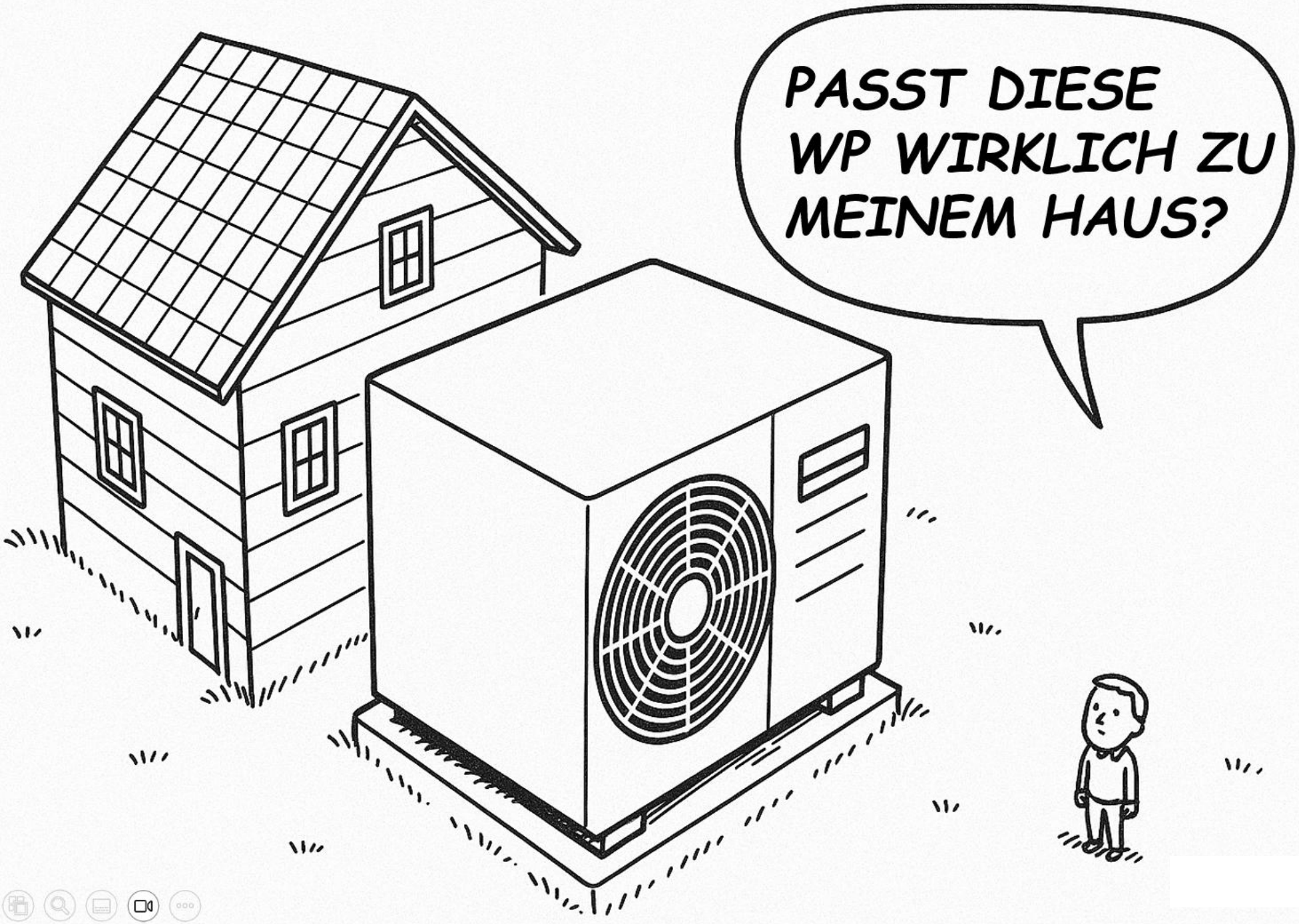
4 **Sole/Wasser**
Fixdrehzahl

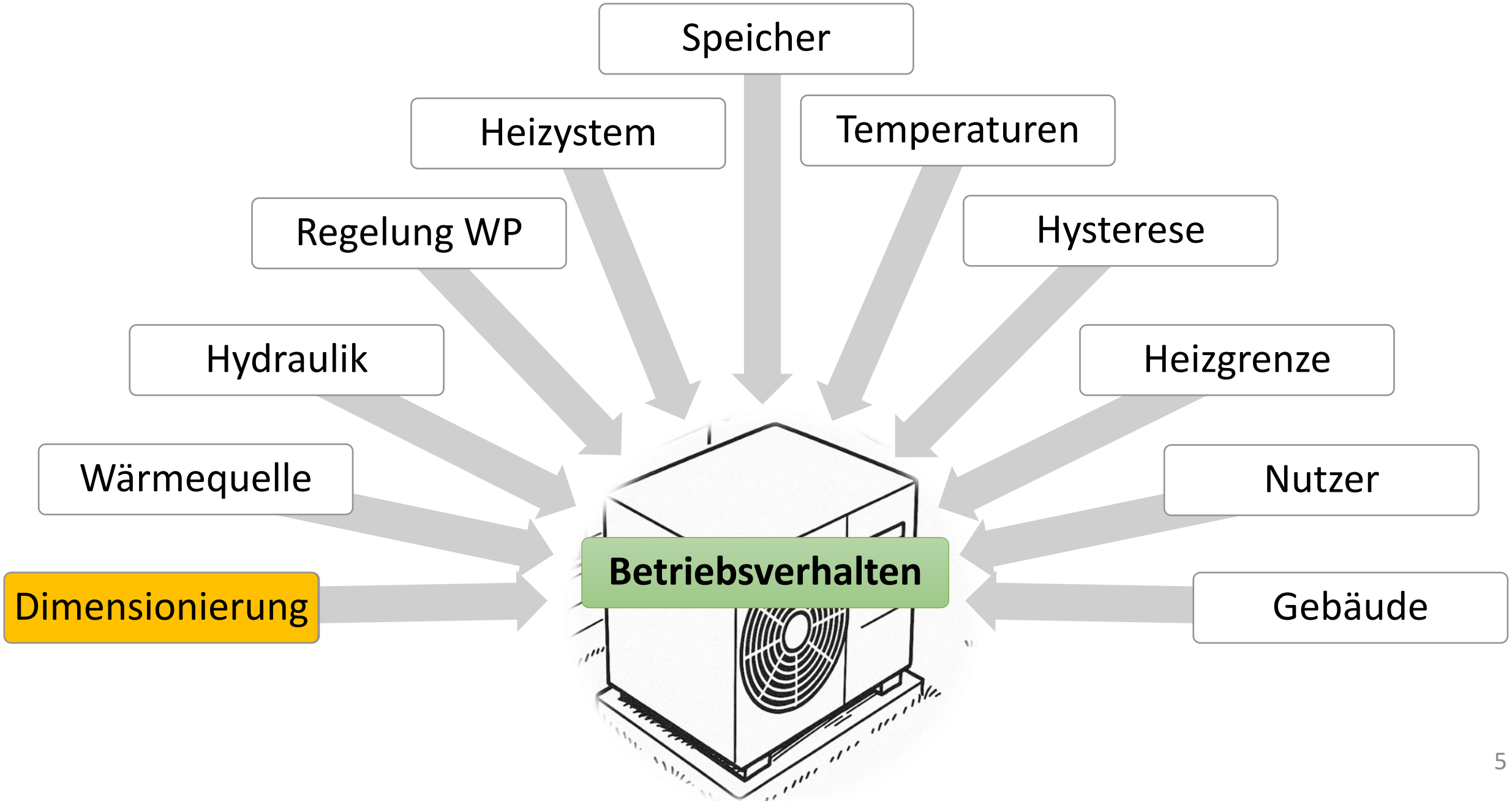
F007 F010 F019 F028

8 **Sole/Wasser**
Inverter

F002 F004 F006 F013 F014
F021 F022[2] F029

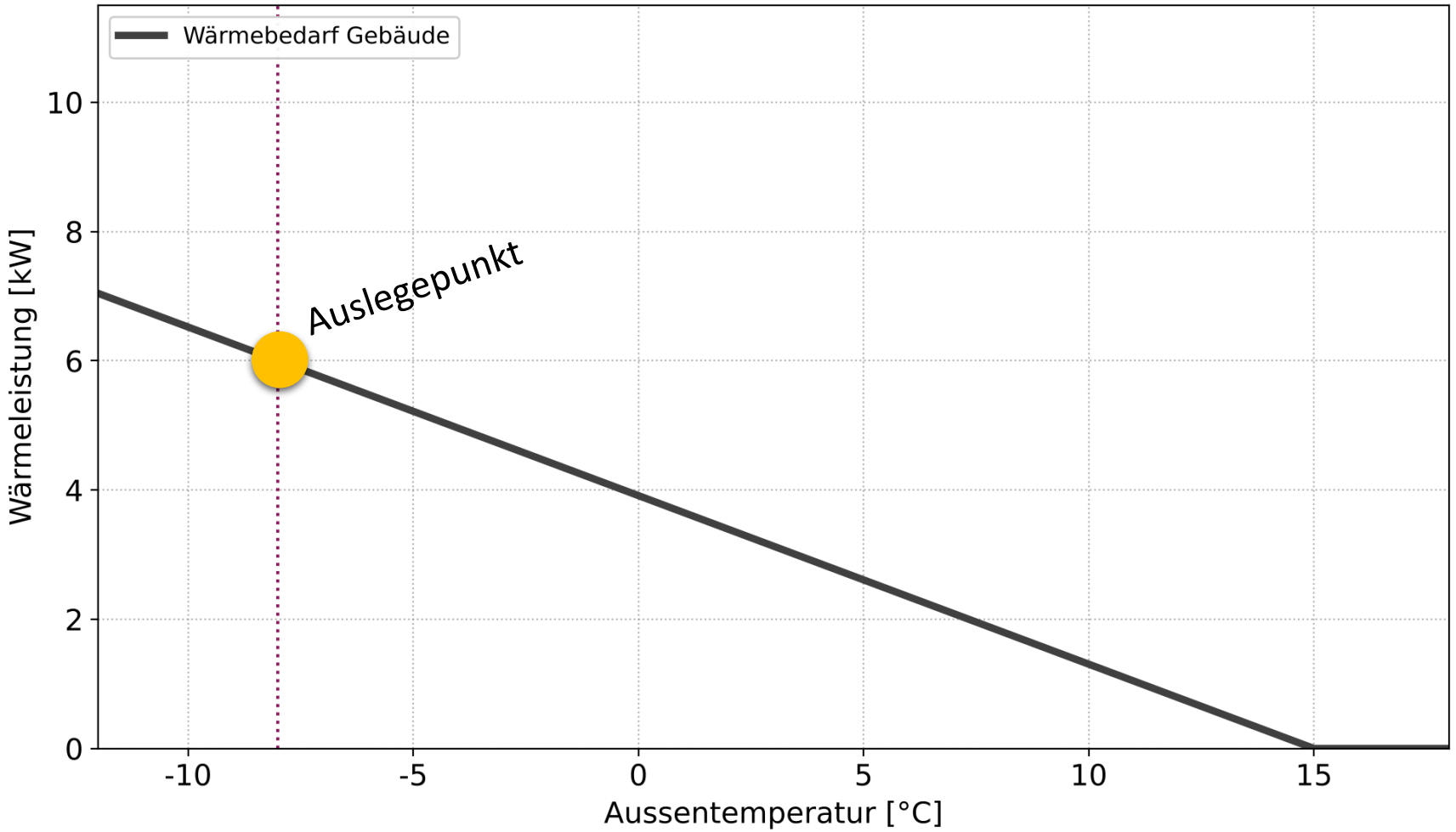
26 Anlagen. [1] zweistufig (Jahresbericht 2023) [2] Inverter, moduliert aber nicht


PASST DIESE WP WIRKLICH ZU MEINEM HAUS?


Speicher
Heizystem
Temperaturen
Regelung WP
Hysterese
Hydraulik
Heizgrenze
Wärmequelle
Nutzer
Betriebsverhalten
Dimensionierung
Gebäude

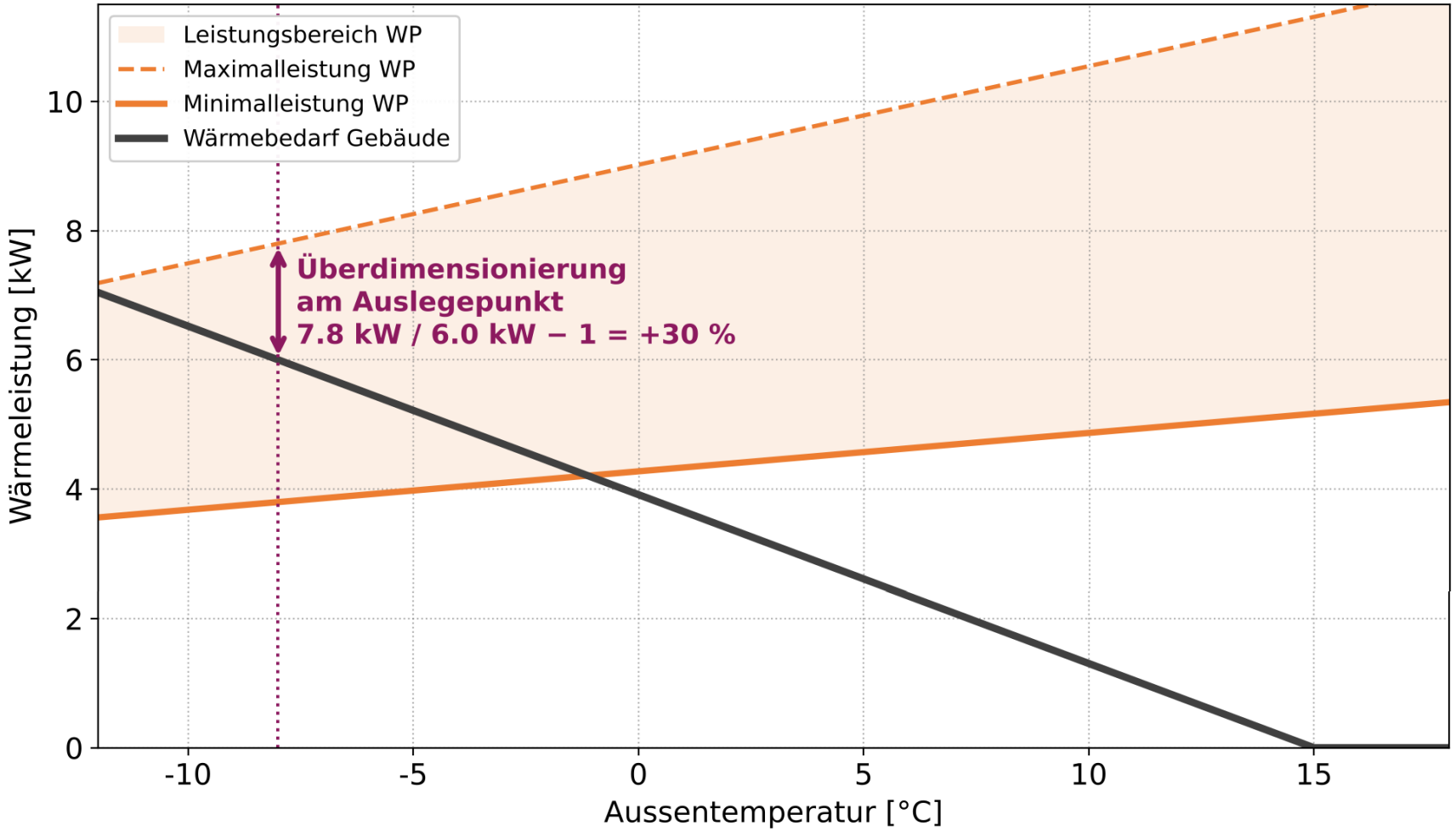
(Über-)
Dimensionierung

Überdimensionierung am Auslegepunkt



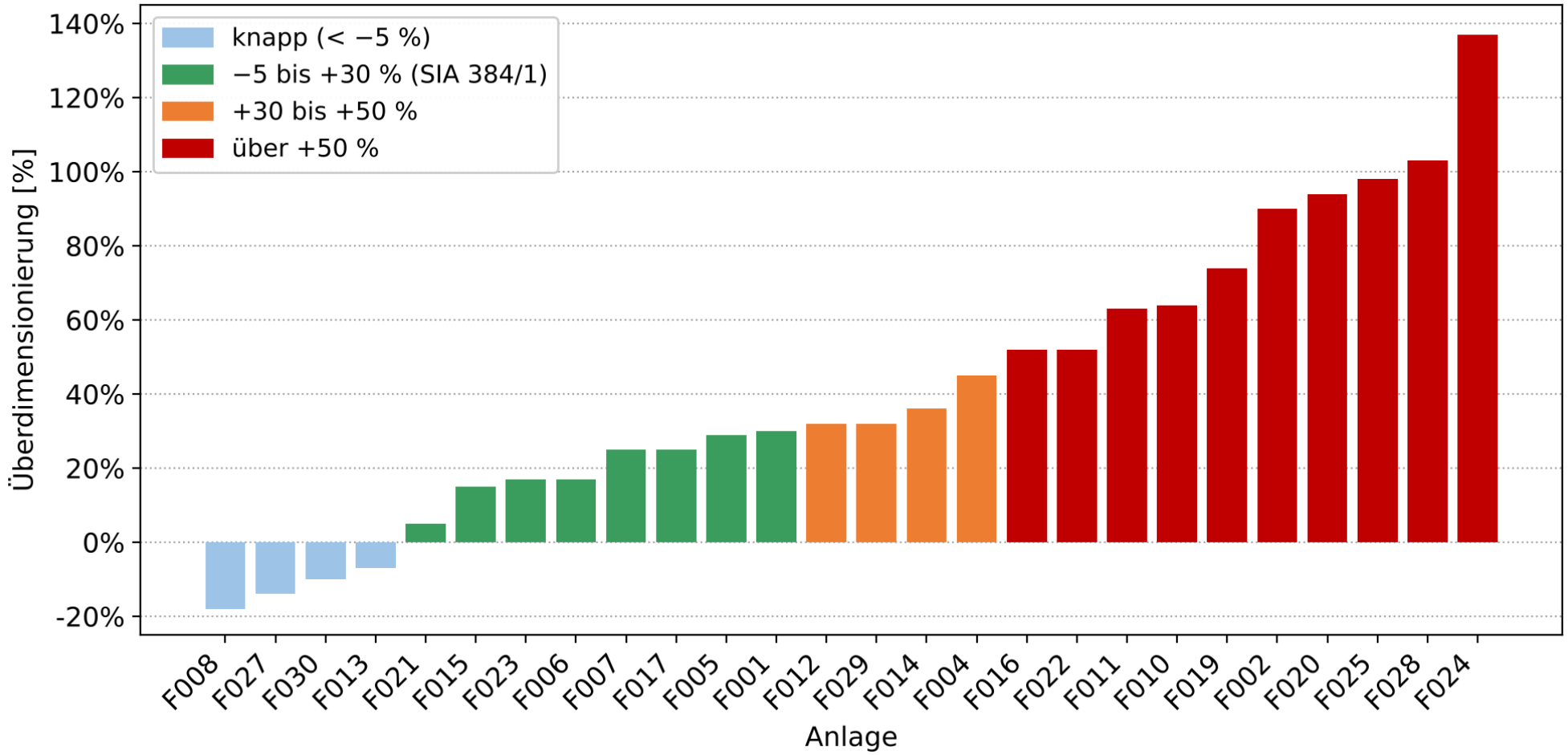
Prinzipskizze mit Beispielwerten

Überdimensionierung am Auslegepunkt



Prinzipskizze mit Beispielwerten

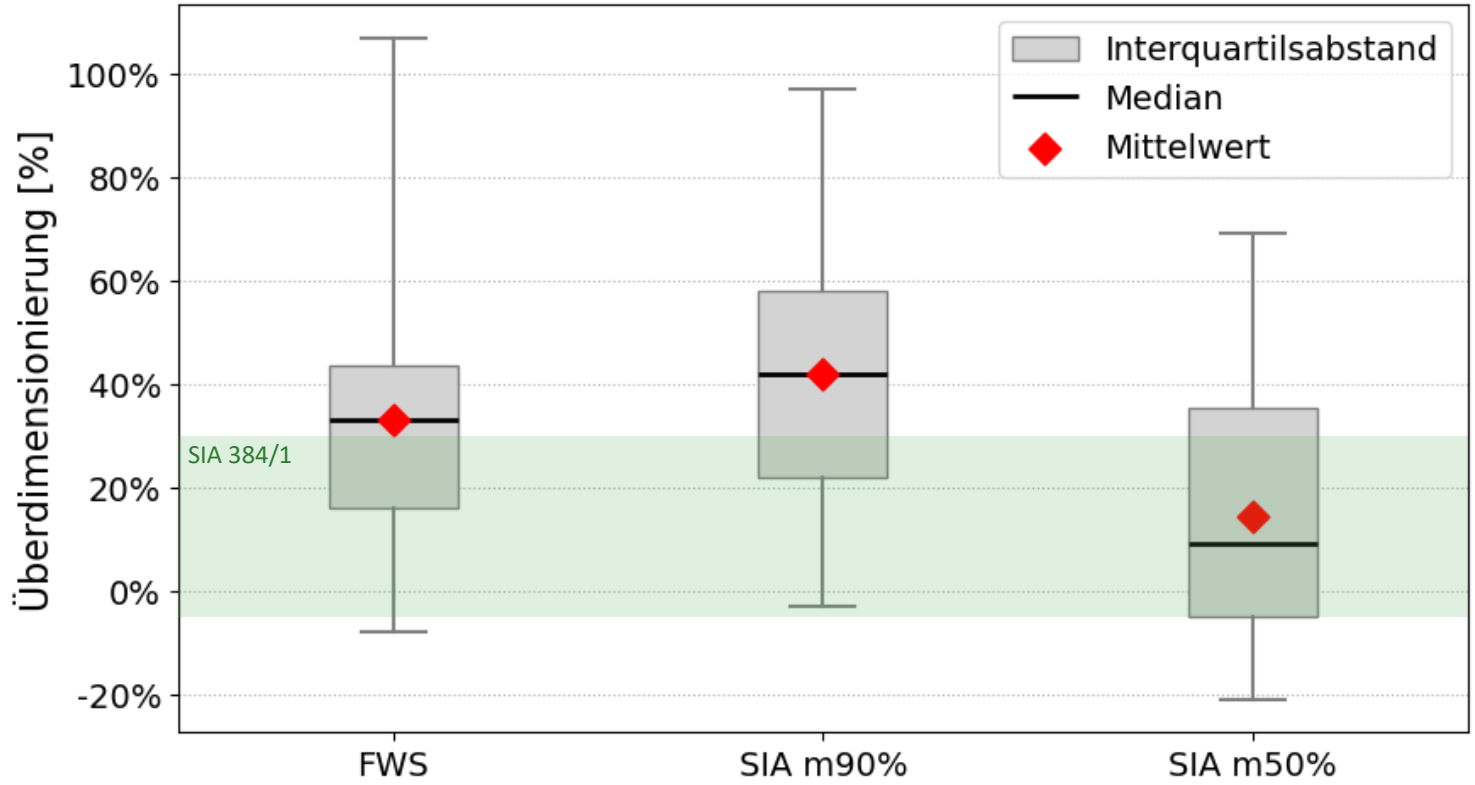
Dimensionierungsanalyse



Monovalent ohne Heizstab bei -6°C bis -9°C (Standortabhängig)

Mögliche Gründe für Überdimensionierung

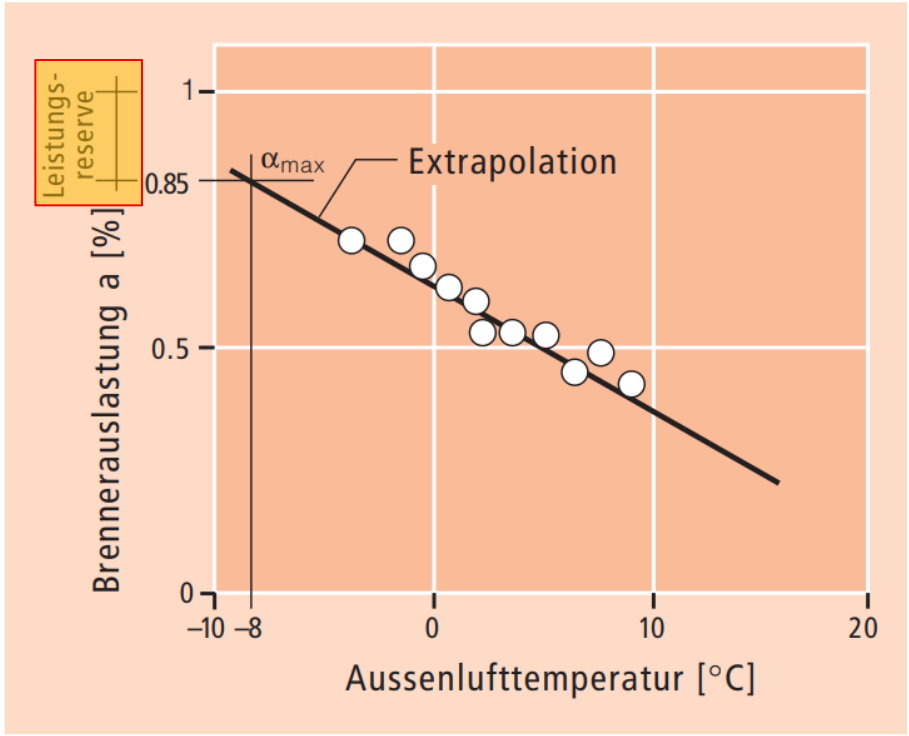
- Dimensionierungsmethoden (Heizlast, Brennstoffverbrauch, Messungen, …)
  - Vereinfachungen



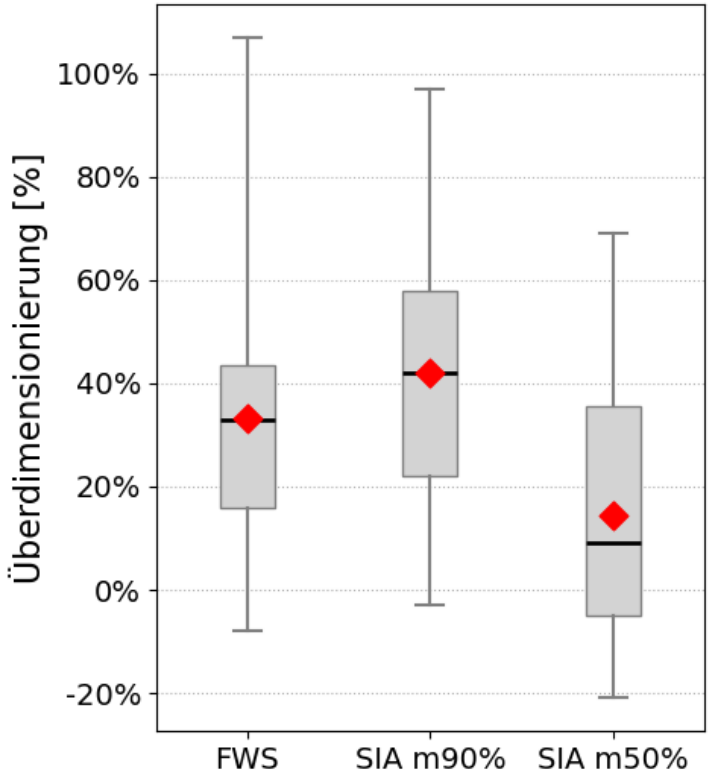
Quelle: Feldmessungen, Jahresbericht 2023, Bernal et. al (2023)

Mögliche Gründe für Überdimensionierung

- Dimensionierungsmethoden (Heizlast, Brennstoffverbrauch, Messungen, …)
  - Vereinfachungen
- Zuschläge / Reserven
  - Sicherheit



Energiekennlinie aus Auslastungsmessungen



Quelle: https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/165

Mögliche Gründe für Überdimensionierung

- Dimensionierungsmethoden (Heizlast, Brennstoffverbrauch, Messungen, …)
  - Vereinfachungen
- Zuschläge / Reserven
  - Sicherheit
- Geräteverfügbarkeit
  - Herstellerbindung
  - Effizienz
  - Zulässigkeit

get Suche...

Wärmepumpen / Luft/Wasser

ID	Markenname	EHPA Gütesiegel	EEff-Klasse_m_...	Pdesignh_m_35	ηs_m_35	EEff-Klasse_m_...	Pdesignh_m_55	ηs_m_55	COP A7/W35	L_WA,i.Freien	L_WA_max im F...	Leistungsregelu...	Kältemittel
30618	Acond Economis...	✓	A+++	7.65 kW	188 %	A+++	7.5 kW	150 %	5	54 dB(A)	57 dB(A)	modulierend	R-290
30620	Acond Economis...	✓	A+++	15.4 kW	194 %	A+++	14.2 kW	152 %	5.1	57 dB(A)	60 dB(A)	modulierend	R-290
30595	Acond Economis...	✓	A+++	4.2 kW	195 %	A++	4.65 kW	145 %	5.1	53 dB(A)	56 dB(A)	modulierend	R-290
29335	Acond Grandis-...	✓	A+++	18.8 kW	200 %	A+++	18 kW	158 %	5.2	50 dB(A)	53 dB(A)	modulierend	R-290
28436	Acond Grandis-N	✓	A+++	4.2 kW	212 %	A+++	4 kW	159 %	5.5	46 dB(A)	49 dB(A)	modulierend	R-290
28438	Acond Grandis-R	✓	A+++	10.19 kW	220 %	A+++	9.97 kW	165 %	5.5	48 dB(A)	51 dB(A)	modulierend	R-290
27066	Acond PRO-N	✓	A+++	4.71 kW	187 %	A++	4.61 kW	144 %	4.9	48 dB(A)	51 dB(A)	modulierend	R-290
27067	Acond PRO-R	✓	A+++	10.38 kW	199 %	A+++	10.17 kW	165 %	5.2	53 dB(A)	56 dB(A)	modulierend	R-290
28081	AIRKOMPAKT AI...	✓	A++	9 kW	159 %	A++	9 kW	133 %	4.3	66 dB(A)	66 dB(A)	einstufig	R-290
28687	AIRKOMPAKT AI...	✓	A++	12 kW	160 %	A++	11 kW	125 %	4.1	68 dB(A)	68 dB(A)	einstufig	R-290
28688	AIRKOMPAKT AI...	✓	A++	15 kW	160 %	A++	14 kW	131 %	4.7	69 dB(A)	69 dB(A)	einstufig	R-290
29570	alpha innotec H...	✓	A+++	11 kW	197 %	A+++	11 kW	152 %	5	49 dB(A)	60 dB(A)	modulierend	R-290
29571	alpha innotec H...	✓	A+++	16 kW	195 %	A+++	15 kW	153 %	5.5	46 dB(A)	60 dB(A)	modulierend	R-290
28810	alpha innotec H...	✓	A+++	6 kW	187 %	A++	6 kW	142 %	5	45 dB(A)	59 dB(A)	modulierend	R-290
28832	alpha innotec H...	✓	A+++	9 kW	185 %	A++	8 kW	146 %	5.2	46 dB(A)	59 dB(A)	modulierend	R-290
27346	alpha innotec Je...		A+++	6 kW	178 %	A++	5 kW	134 %	5	51 dB(A)	62 dB(A)	modulierend	R-410A

2306 Produkte

Quelle: https://www.produktdatenbank-get.at/#/

Folgen von Überdimensionierung

«bezahle vier, brauche drei…»



Folgen von Überdimensionierung

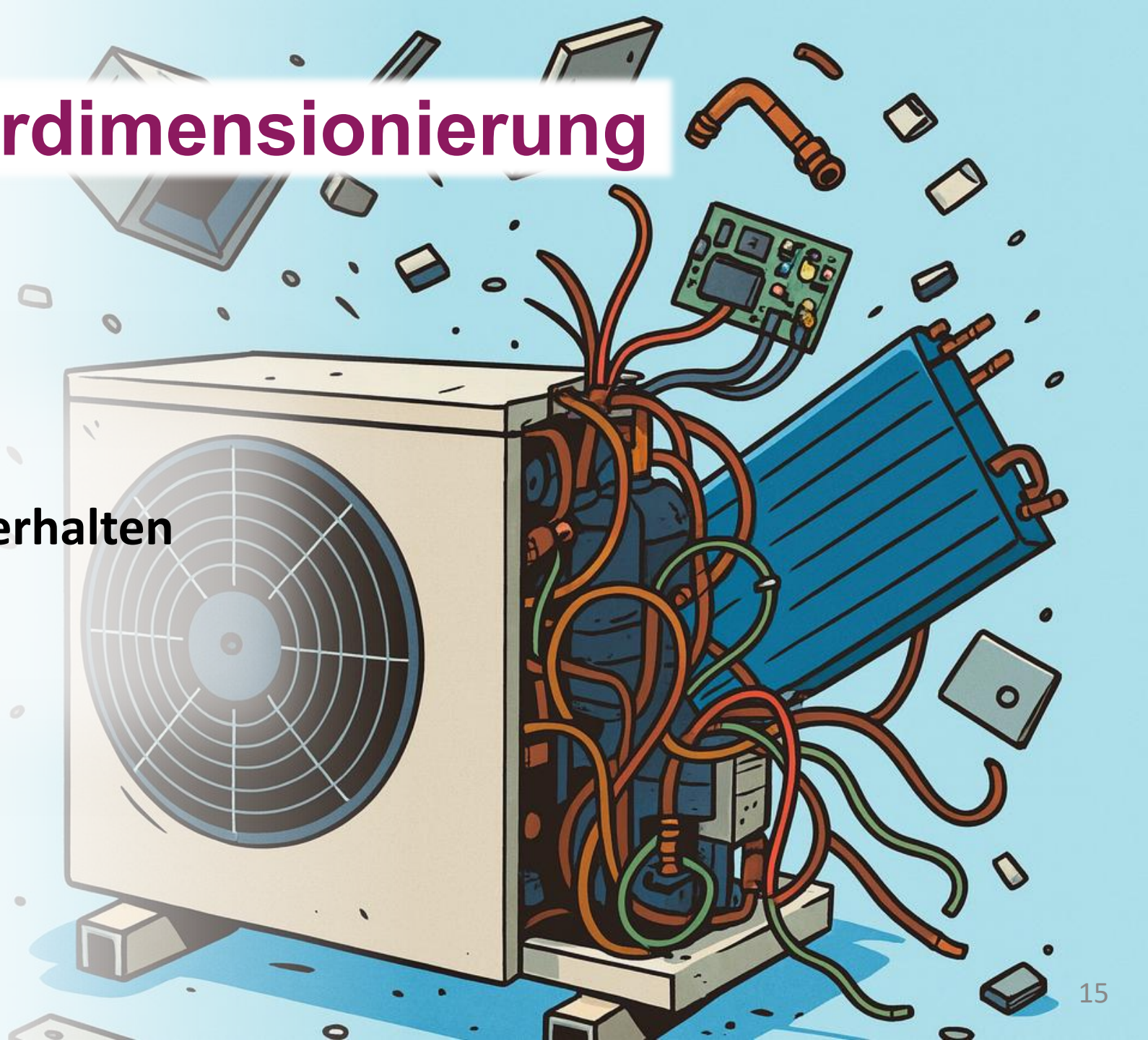
- **Mehrkosten**

- **Verändertes Betriebsverhalten**

  Höhere Taktraten:

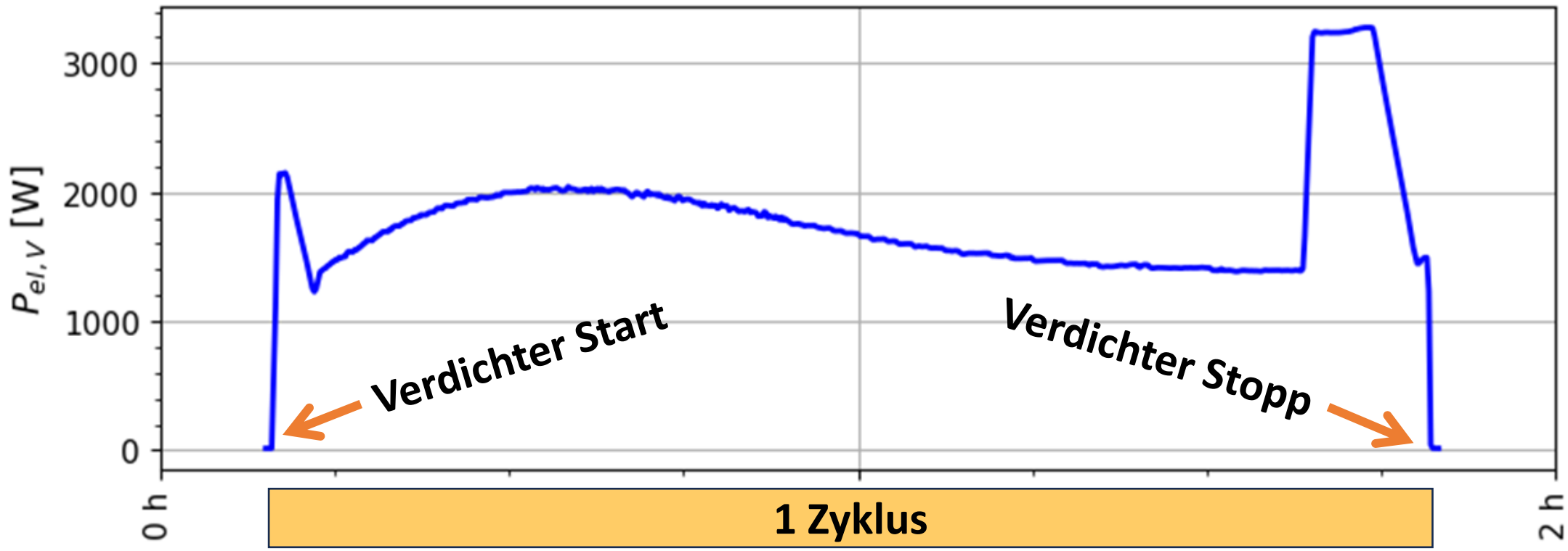
  Geringere Lebensdauer?

  Geringere Effizienz?



Betriebsverhalten

Laufzeitermittlung



Laufzeit = 100 Minuten

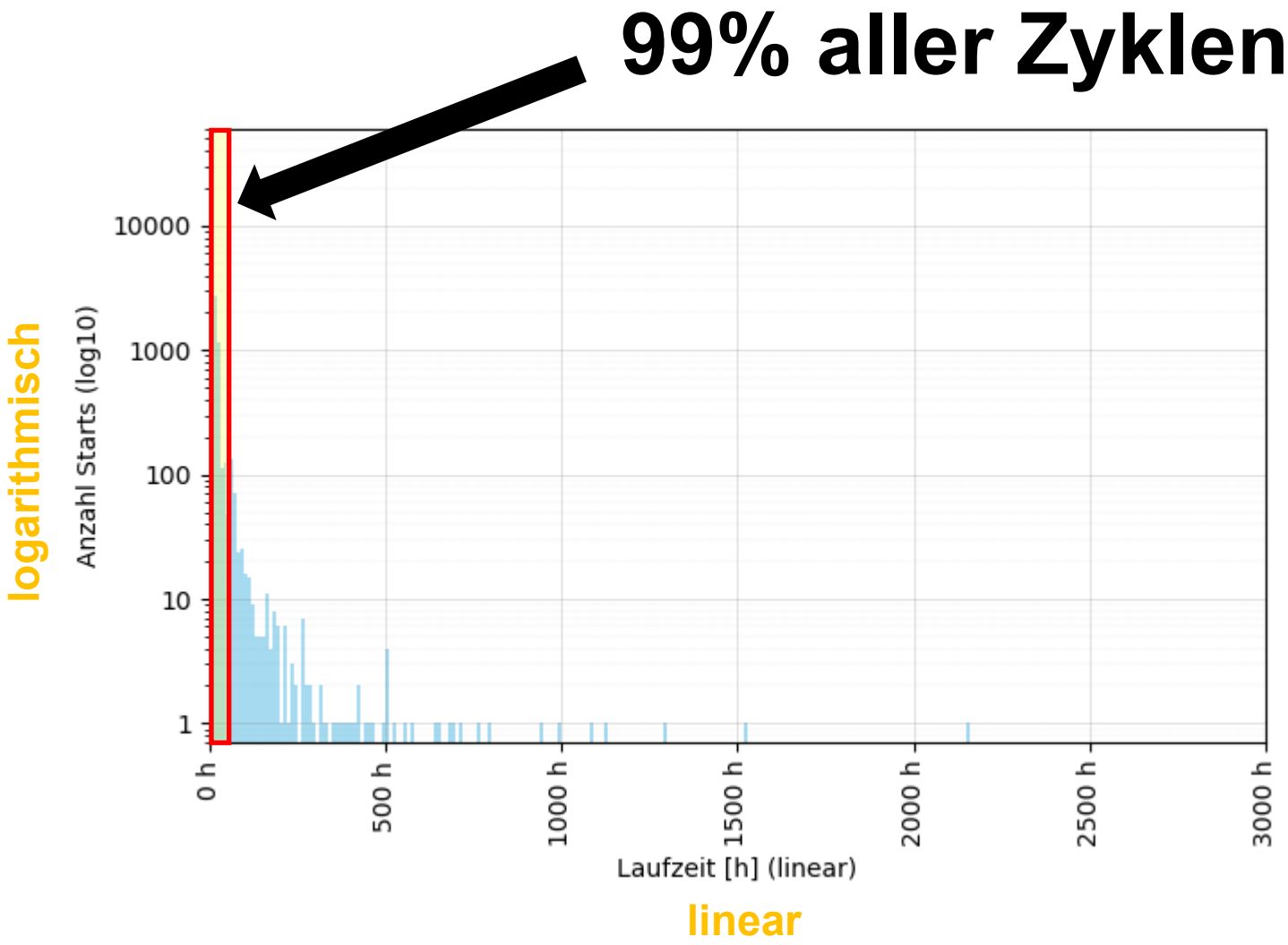
Aktive Filter:

- Keine Datenunterbrüche >1 Minute
- Keine Zyklen mit Laufzeit <1 Minute

456’218 Betriebs-Stunden

397’989 Starts

Übersicht (Zeitbereich ca. vier Monate)

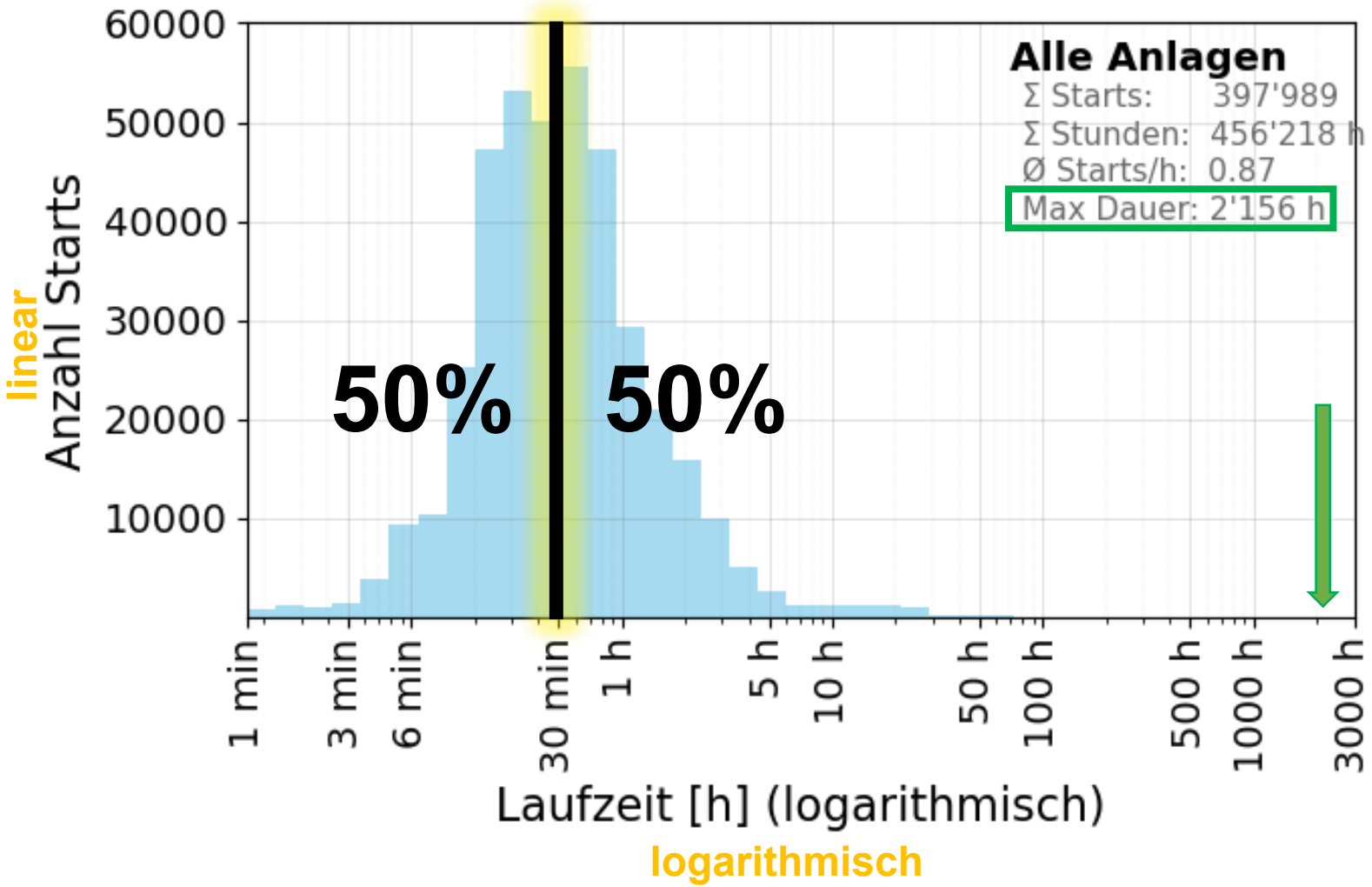


Betriebszustände

- Heizen
- Warmwasser
- Abtauen
- Kühlen

397’989 Starts

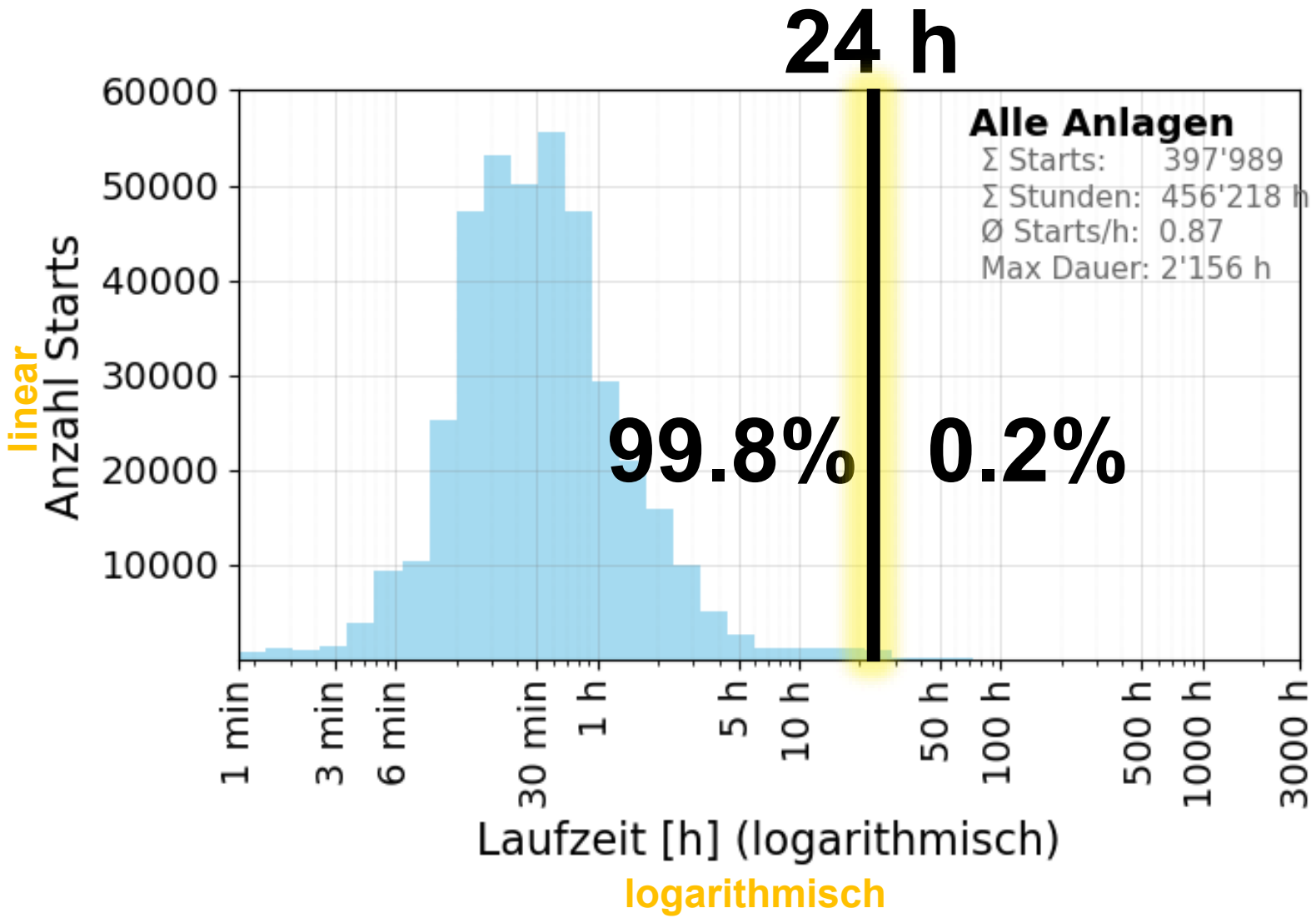
Übersicht: alle Zyklen, alle Anlagen, 4 Monate

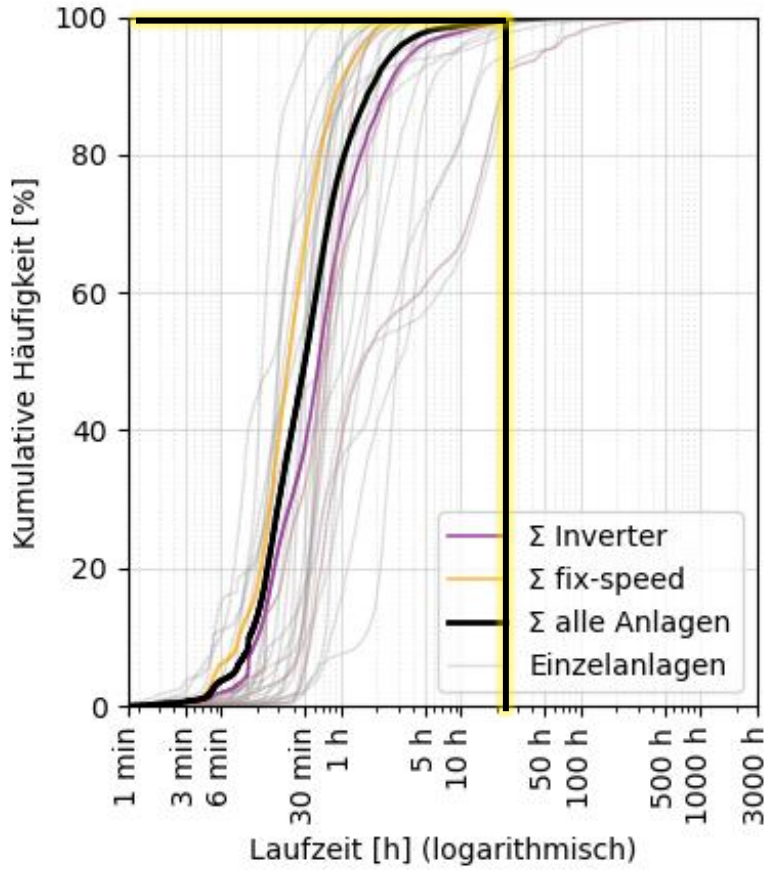


Median: 30min

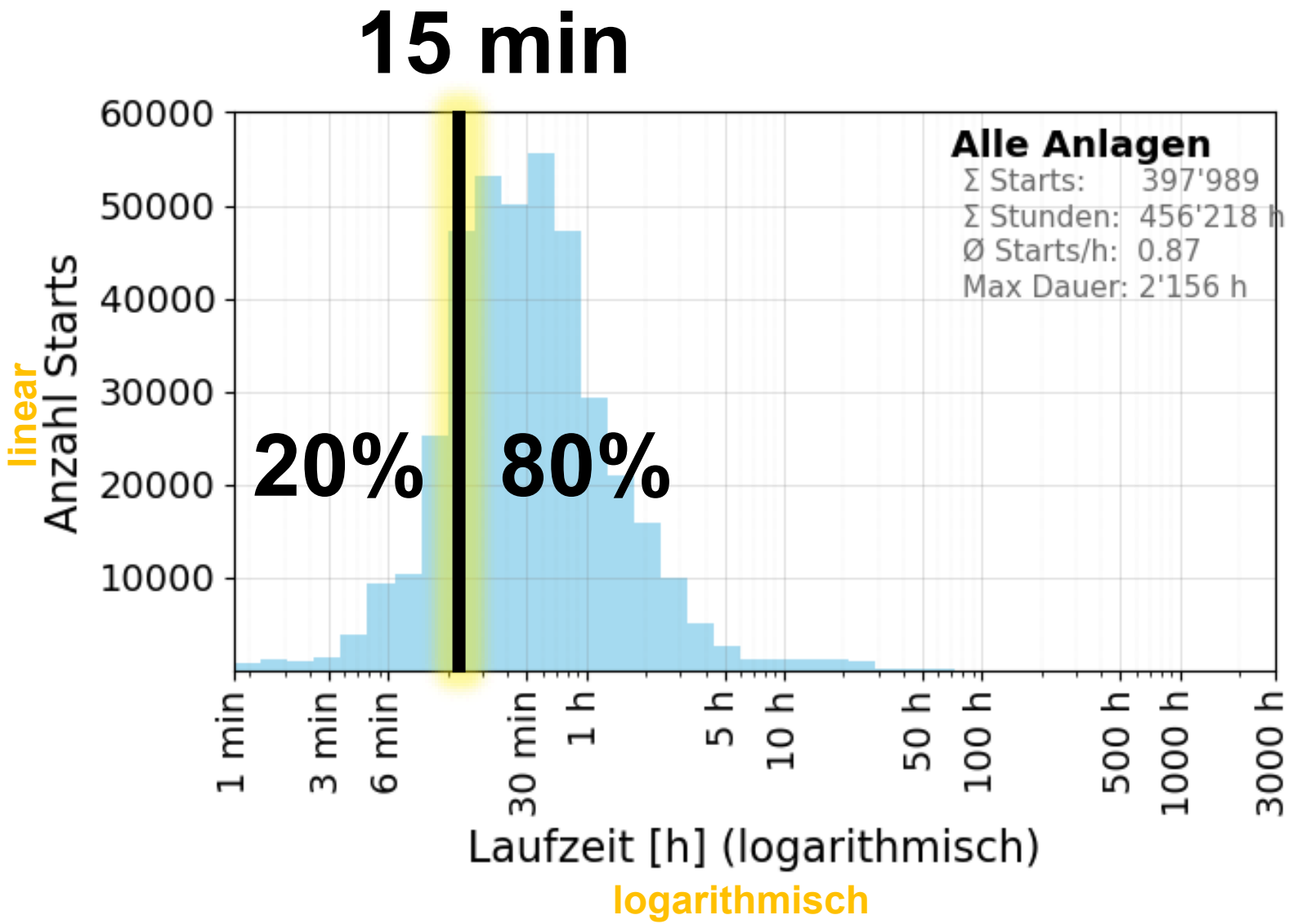
Maximum: 2’156h

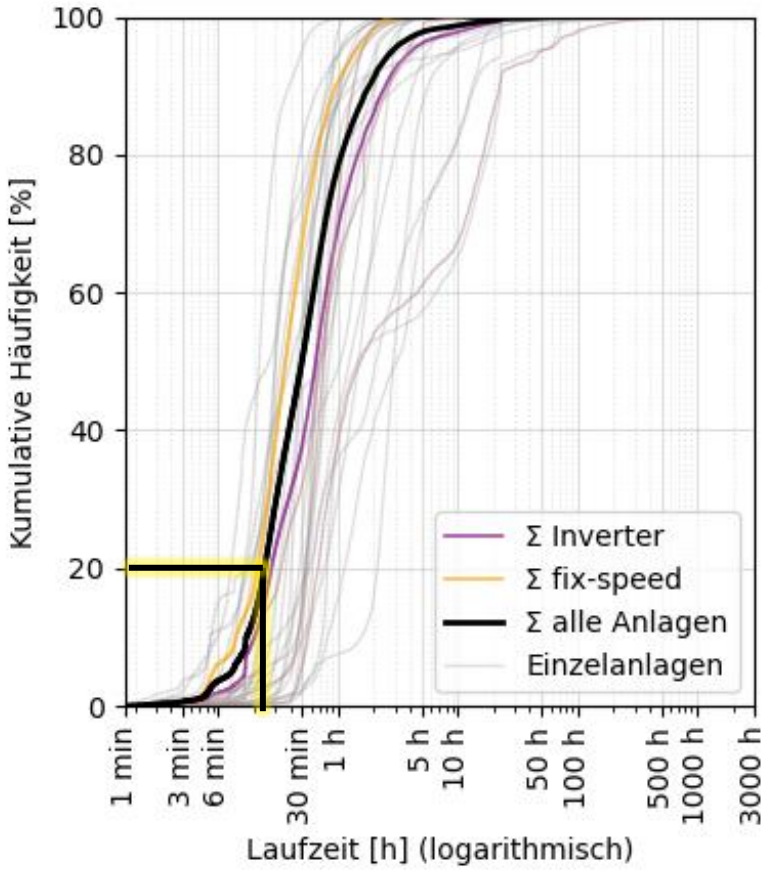
Übersicht: alle Zyklen, alle Anlagen, 4 Monate





Übersicht: alle Zyklen, alle Anlagen, 4 Monate





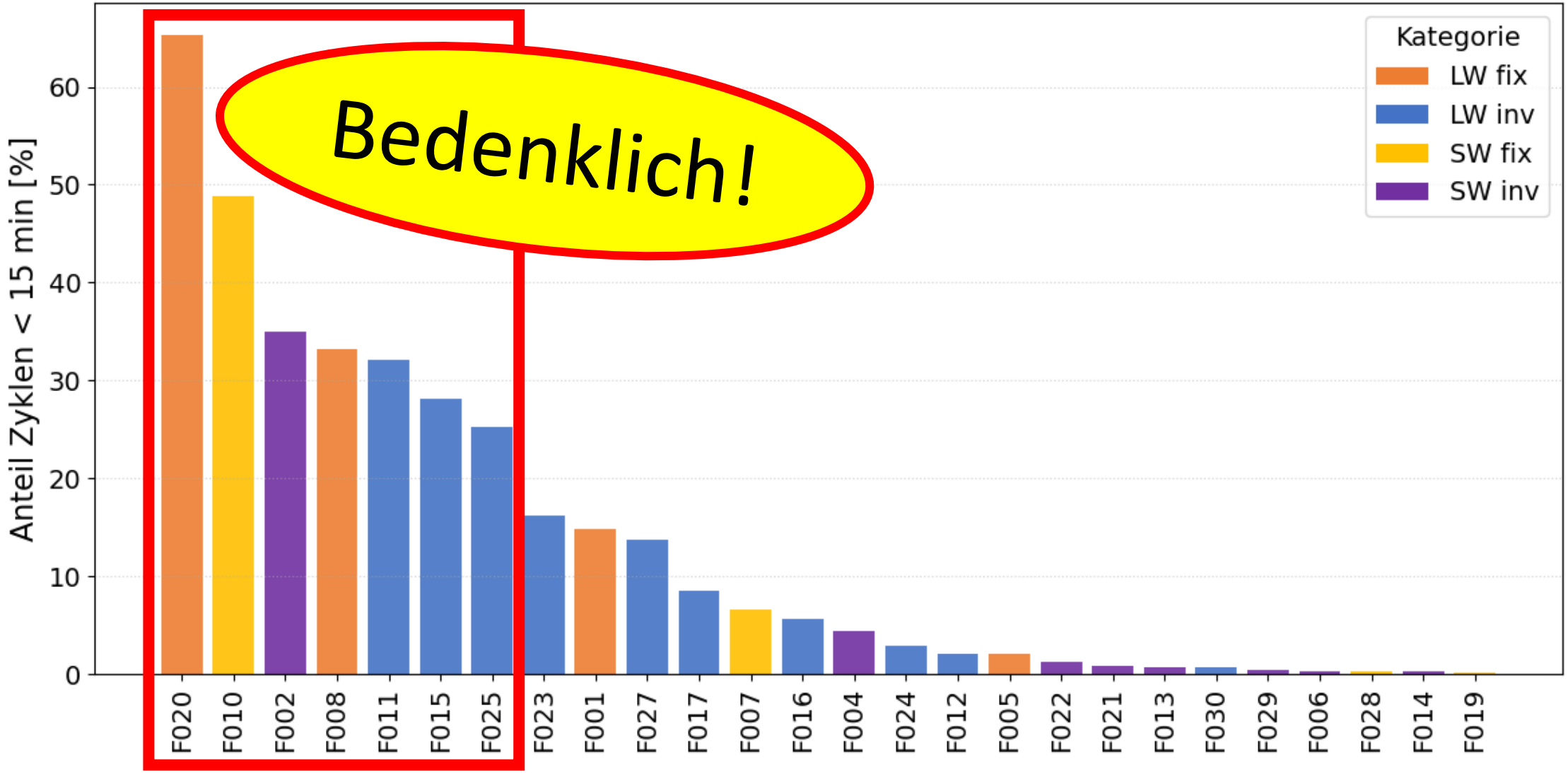
Warum interessiert uns das?

Laufzeiten von unter 15 Minuten führen zu wesentlichen Effizienzeinbussen

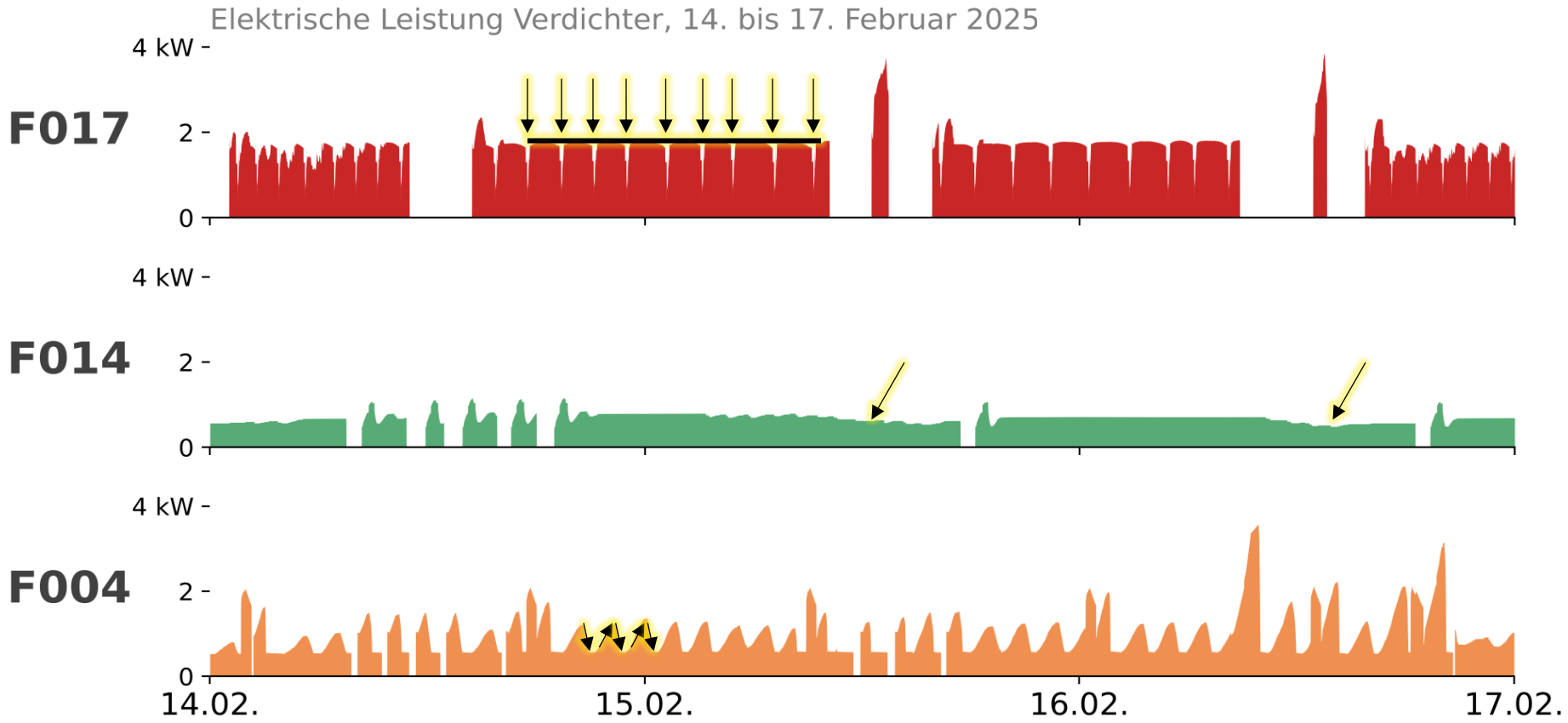
Green, R. (2012). The effects of cycling on heat pump performance [Project Report No. 46640]. Department of Energy and Climate Change (DECC), United Kingdom. https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a78e0d9e5274a2acd18a7c6/7389-effects-cycling-heat-pump-performance.pdf

Uhlmann, M. & Bertsch, S. S. (2012). Theoretical and experimental investigation of startup and shutdown behavior of residential heat pumps. International Journal of Refrigeration, 35(5), 1346–1358. https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2012.08.008

Wie bezüglich der Effizienzeinbussen?



Drei Wärmepumpen, drei Regelstrategien

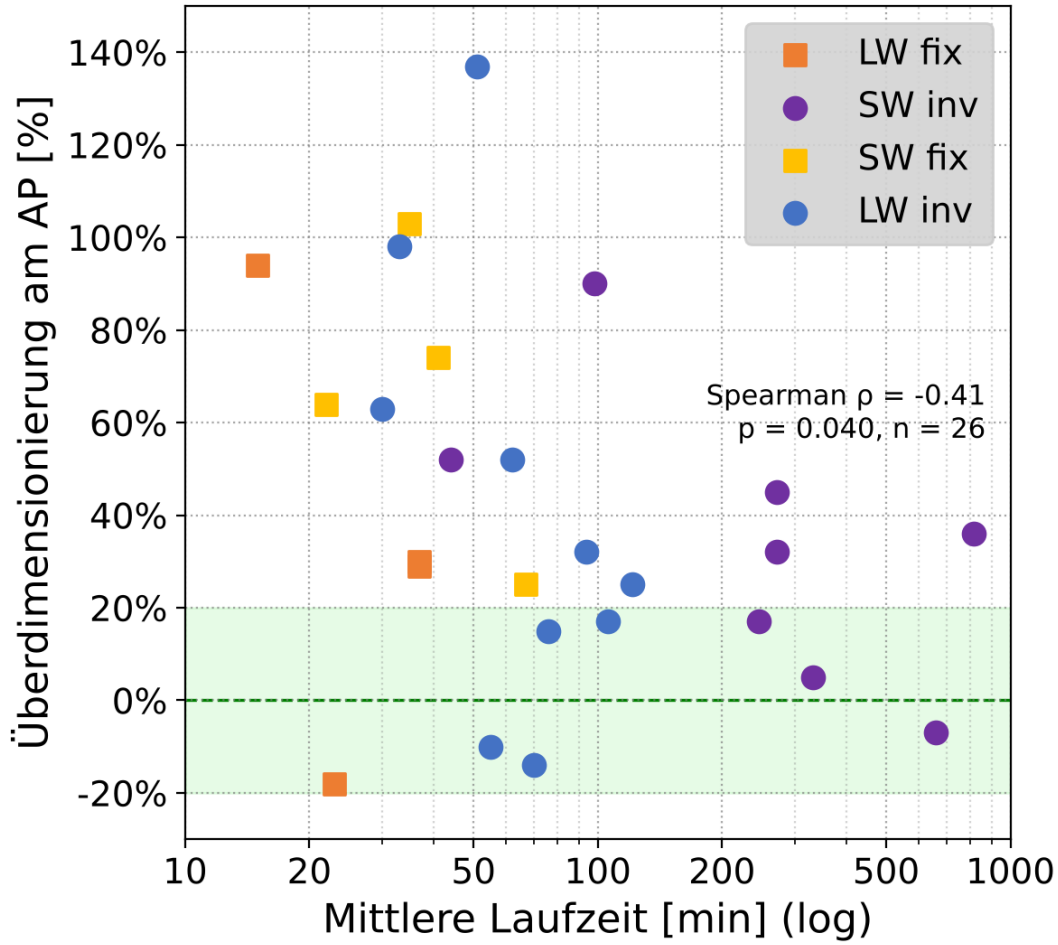


Zusammenfassung

- Sehr hohe Laufzeiten sind möglich
- Inverter besser als fix-speed
- Kurze Zyklen treten bei allen Anlagen auf
- Betriebsverhalten sehr unterschiedlich

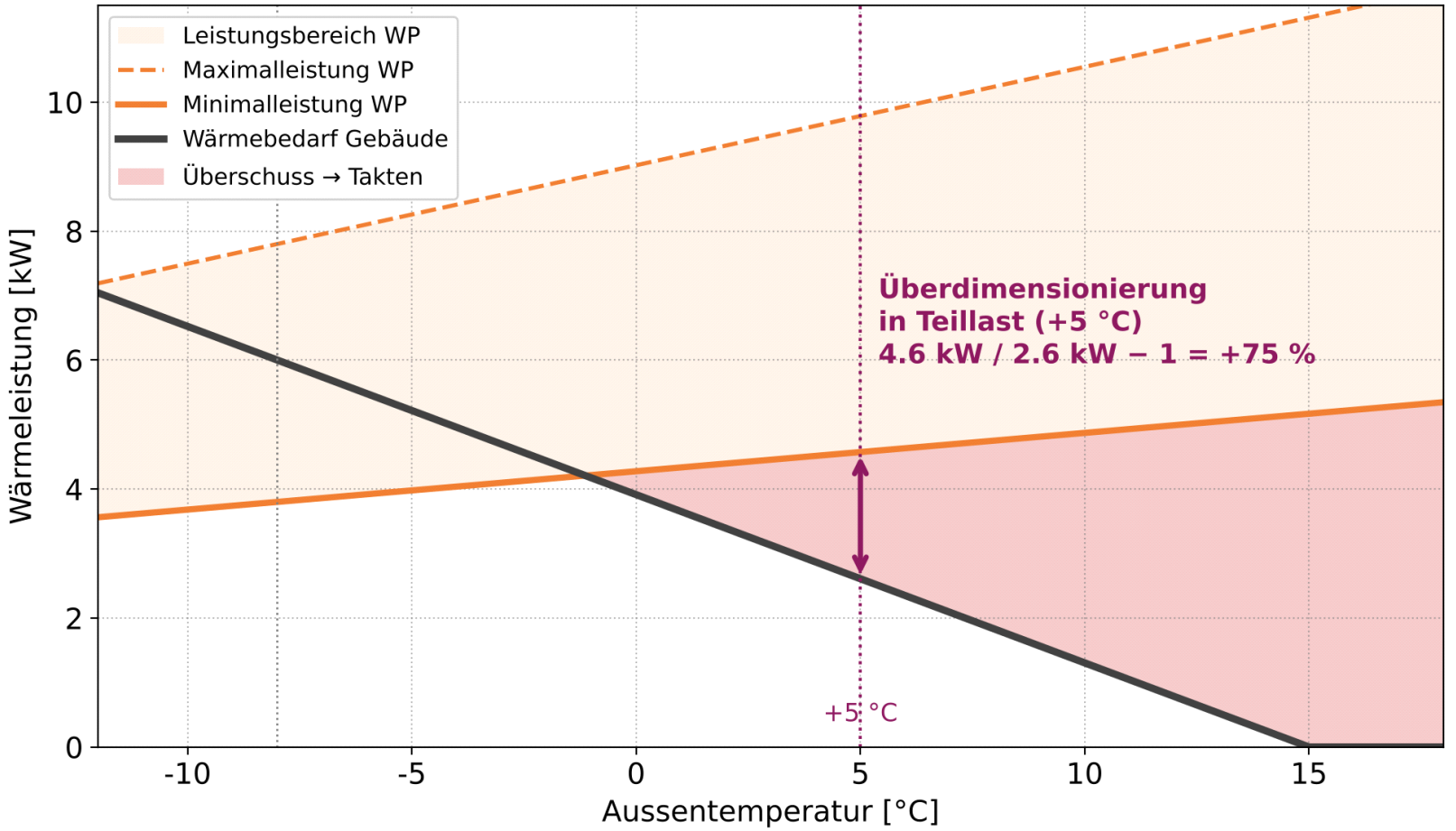
Warum?

Ist Überdimensionierung Schuld?

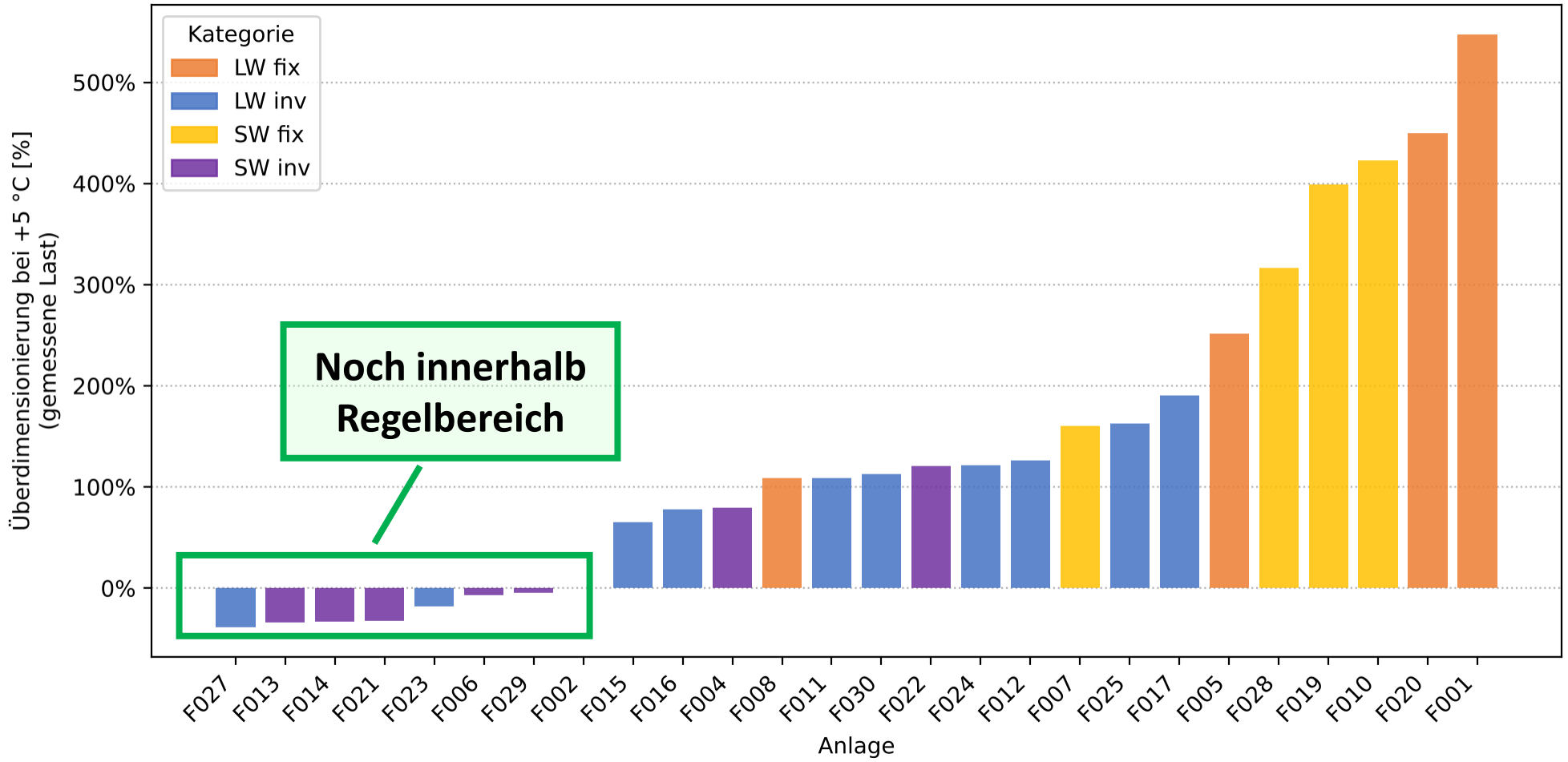


Aber…

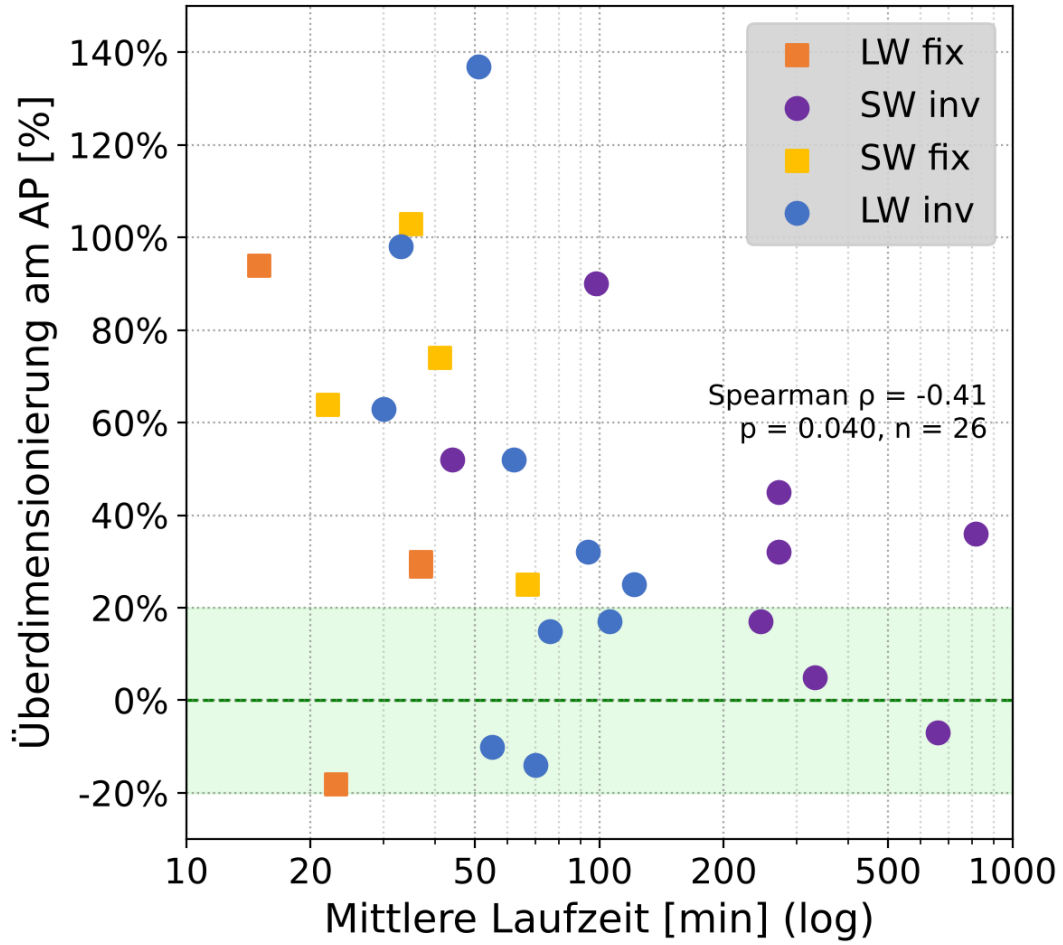
Überdimensionierung (bei +5°C)



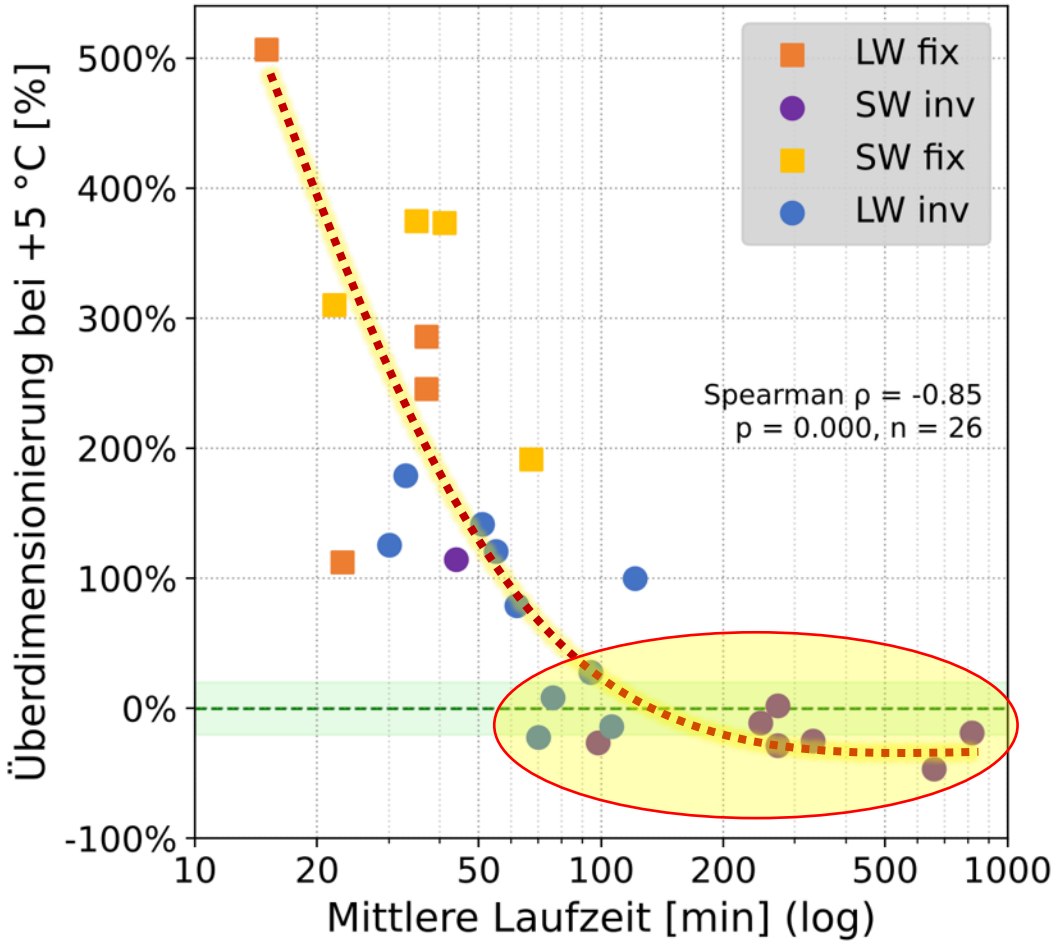
Dimensionierungsanalyse (bei +5°C)



WELCHE Überdimensionierung ist Schuld?



Auslegepunkt



Teillast

Unveröffentlichte Vorab-Analysen & Resultate

Was steckt hinter den kurzen Zyklen?

Takten aus unterschiedlichen Gründen

6 Minimalleistung erreicht

3 Stopp ohne Abregeln

1 Warmwasser fertig

2 Abtauung

5 zu wenige kurze Zyklen (< 30)

Schnell ansteigende VL/RL-Temperaturen

Hydraulik

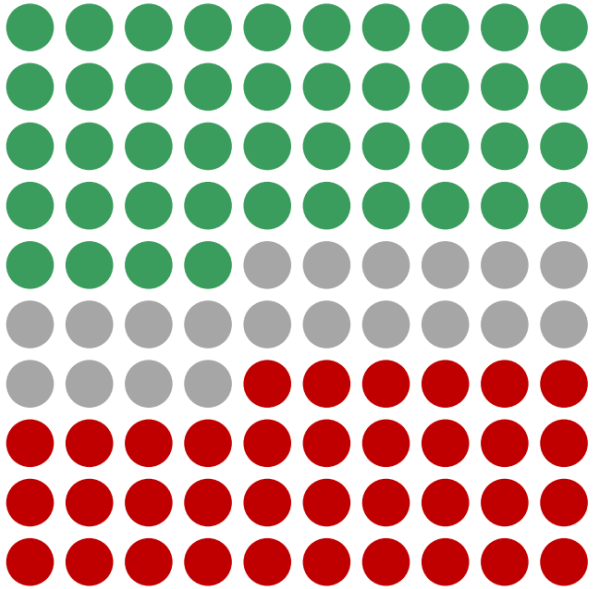
Regelung

Leistungsregelung zu Träge

Unveröffentlichte Vorab-Analysen & Resultate

Spezialfälle

F027: Jeder dritte Start folgt auf eine Abtauung

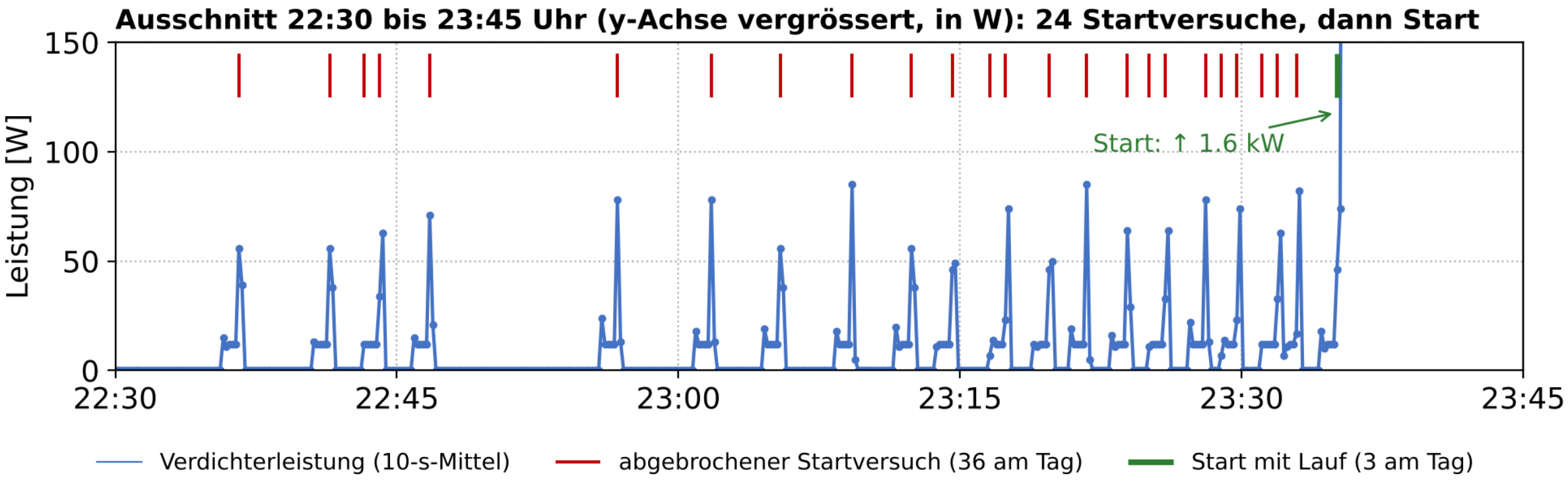


45 % Start nach Pause ≥ 3 min

20 % Neustart < 3 min, ohne Abtauung

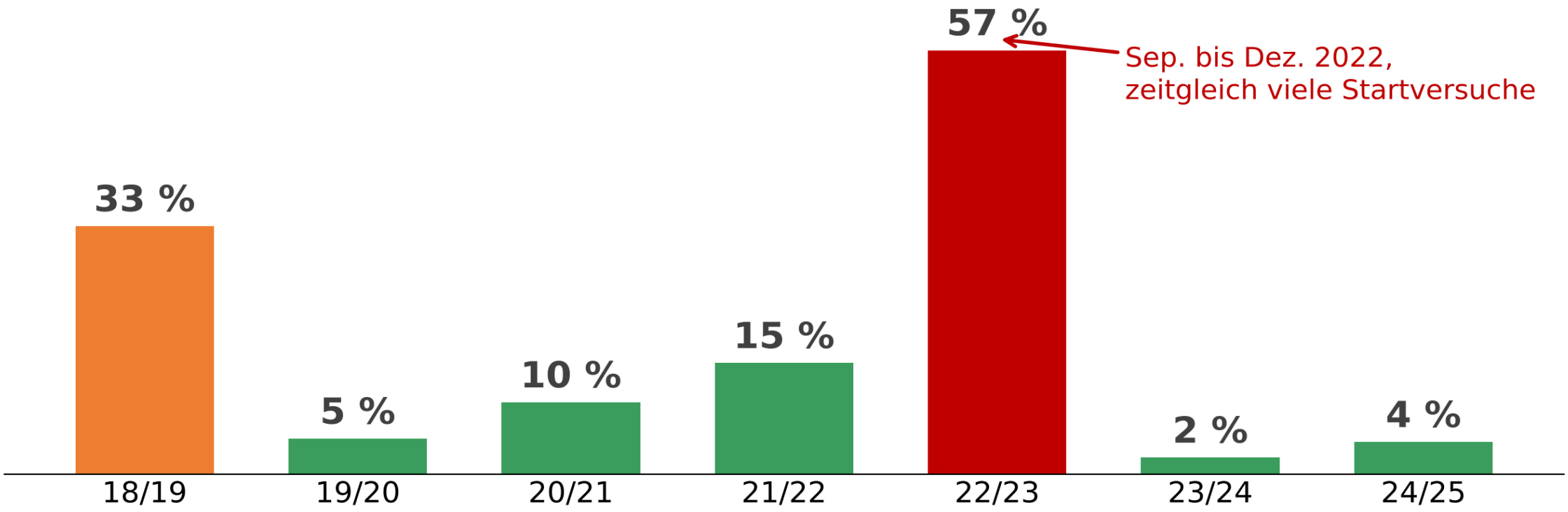
36 % Neustart direkt nach Abtauung

F017: Startversuche im Tagesverlauf

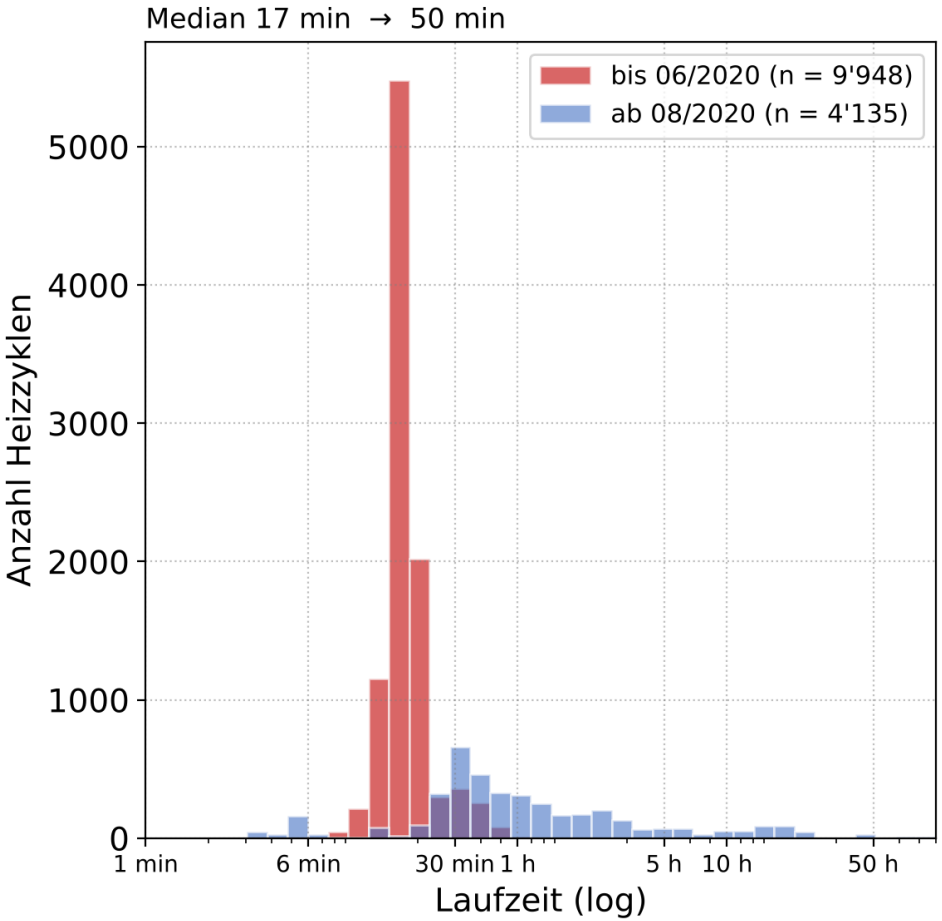


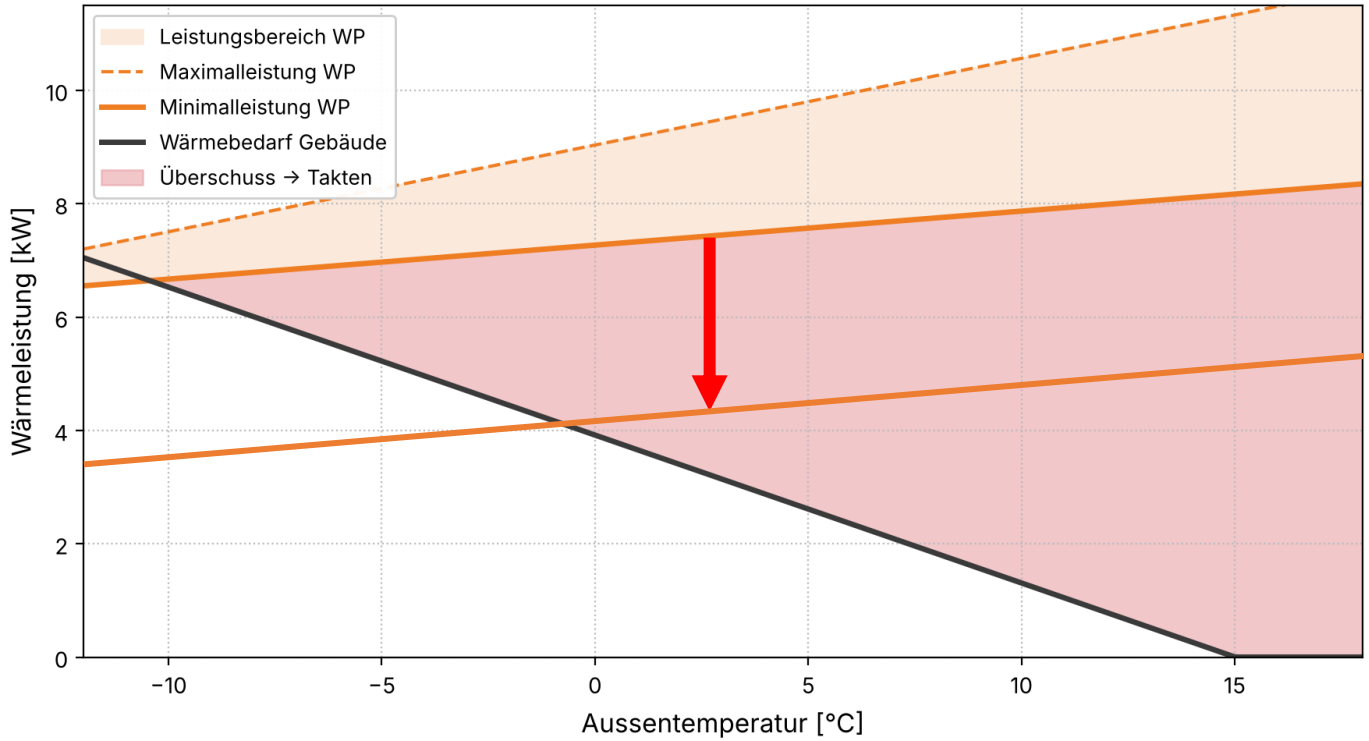
F017: Auffällig nur im Herbst 2022

Anteil kurzer Heizzyklen (< 30 min) je Heizperiode



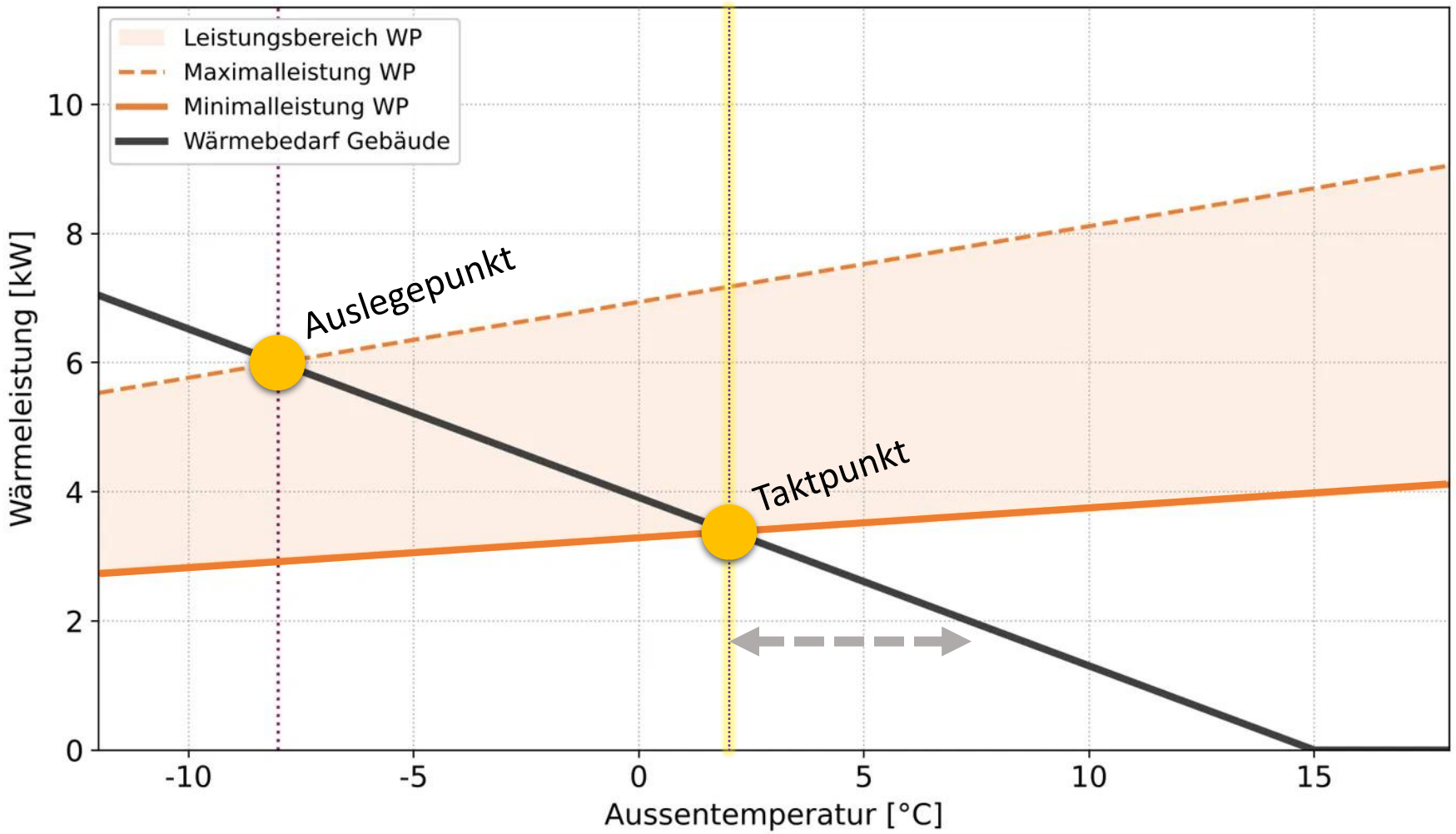
F023: Software-Optimierung 07/2020



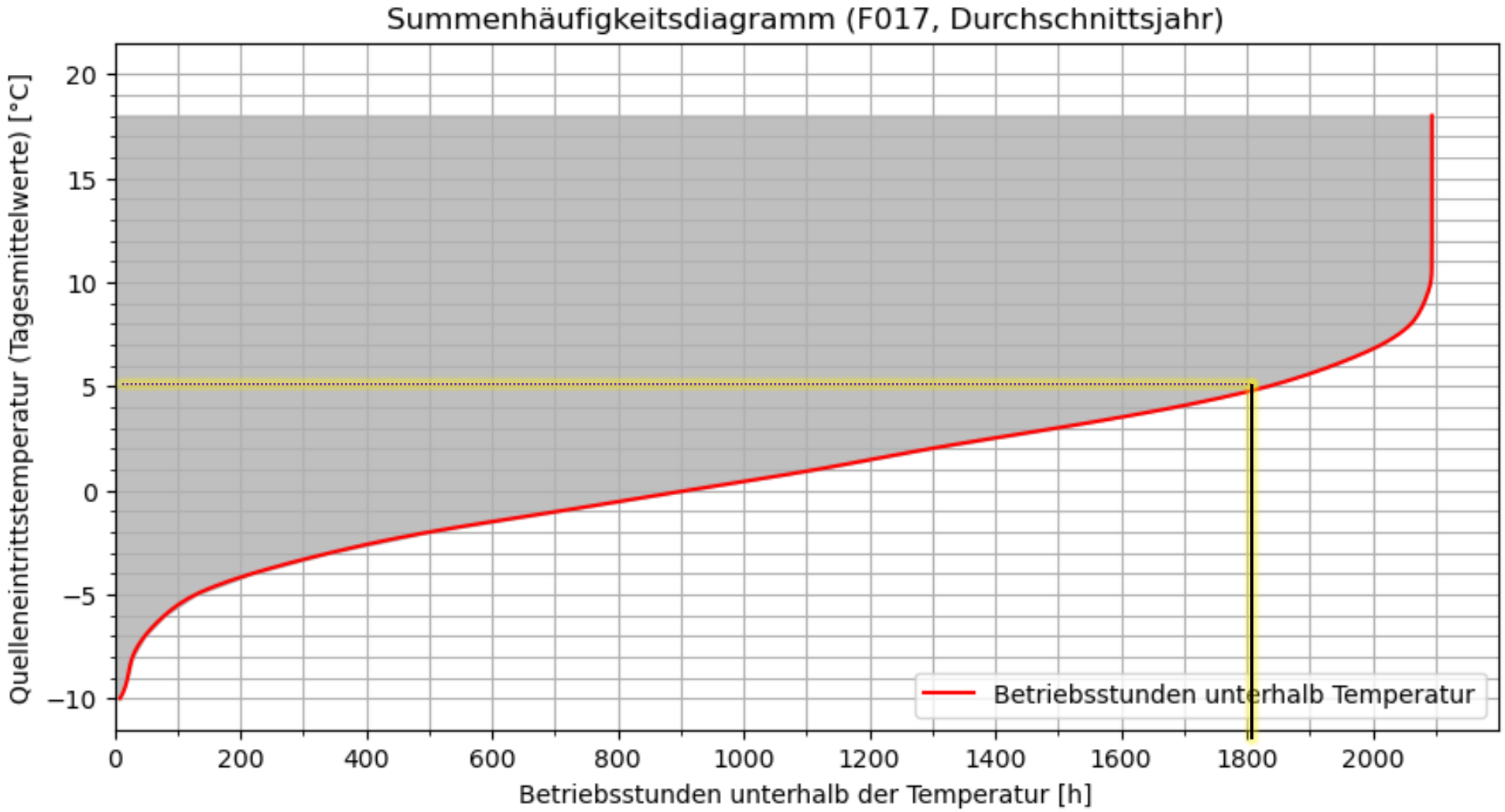


Was können wir verbessern?

Bestimmung des «Taktpunkts»

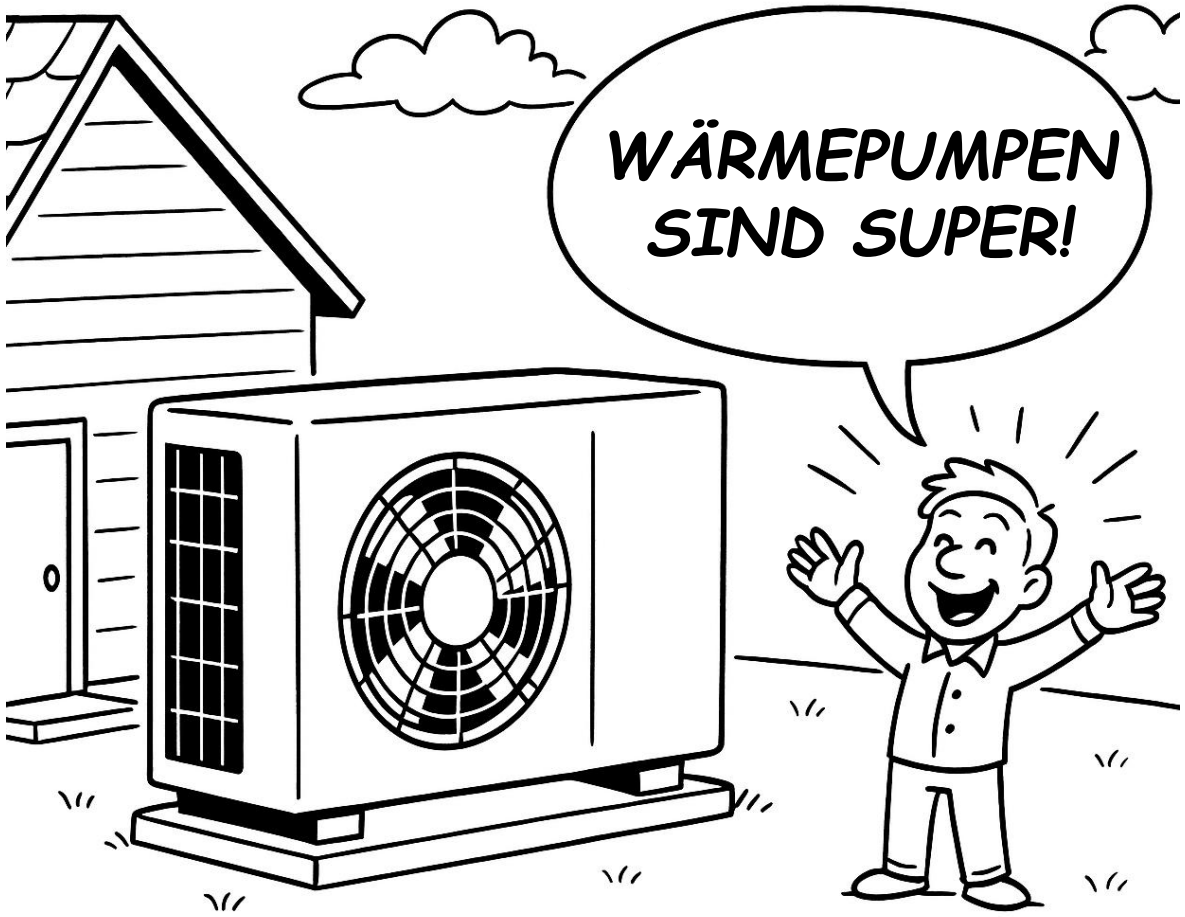


Bestimmung des nutzbaren Regelbereichs



Was ist dazu notwendig?

- Erweiterte Leistungsbedarfsermittlung
- Minimalleistung der Wärmepumpe
- Praxistaugliche Tools und Methoden



OST
Ostschweizer
Fachhochschule

WPZ
Wärmepumpen-Testzentrum

IES | Institut für
Energiesysteme

Silvan Bernal

OST - Ostschweizer Fachhochschule,
Campus Buchs

silvan.bernal@ost.ch