# Stationäre Leistungsdaten von instationären Messdaten: Beschleunigtes Messverfahren angewandt auf eine Hochtemperaturwärmepumpe

Leon P. M. Brendel
Cordin Arpagaus
Sidharth Paranjape
Stefan S. Bertsch

Departement: Technik -> Systemtechnik -> **Institut für Energiesysteme IES**
https://www.ost.ch/de/forschung-und-dienstleistungen/technik/systemtechnik/ies/

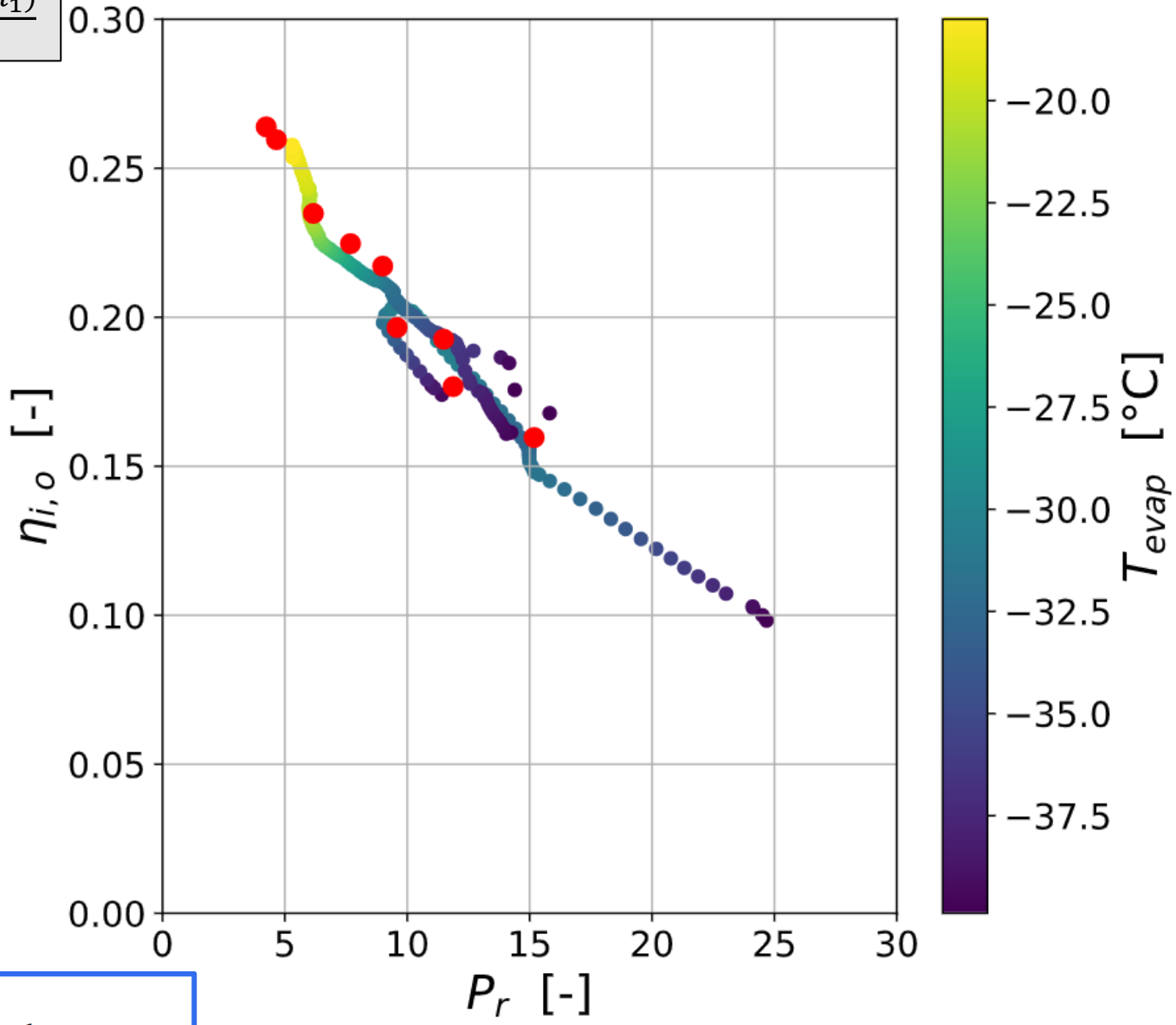
# Übersicht

- Einleitung
- Versuchsaufbau und stationäre Daten
- Instationäre Daten und Datanbearbeitung
- Diskussion
- Zusammenfassung

# Beschleunigte Gütegradmessung

$$\eta_{i,o} = \frac{\dot{m}(h_{2s} - h_1)}{\dot{W}}$$

- Ölfreier Scrollverdichter, ca. 300 W Kühlleistung
- 9 stationäre Zustandspunkte gemessen
  - Aufwand ca. 2 Arbeitstage
  - Druckverhältnis 5 bis 15
- 20 Minuten instationäre Daten mit simplem Postprocessing
- Selbes Ergebnis




***Postprocessing***

"
- Disregarding data with a superheat of less than 1 K
- Flattening data using a moving average over the last 40 seconds
- Disregarding any data with an evaporation temperature lower than -40°C

[1]Brendel, Leon P M, Stephen L Caskey, James E Braun, und Eckhard A Groll. „Characterizing Steady State Compressor Performance by Using Transient Test Data". In *Purdue Conferences 202One*. West Lafayette, IN, USA, 2021.

# Experimentelles Arbeiten oft langwierig

- Hoch und runterfahren von Anlagen
- Kriterien für stationäre Zustände
- Einflüsse von Umgebung
- Fehlverhalten vom Prüfstand oder Prüfling
- Fähigkeiten von Testpersonal
- Vorherige Studie: Verdichtergütegradmessung quasistationär[1]

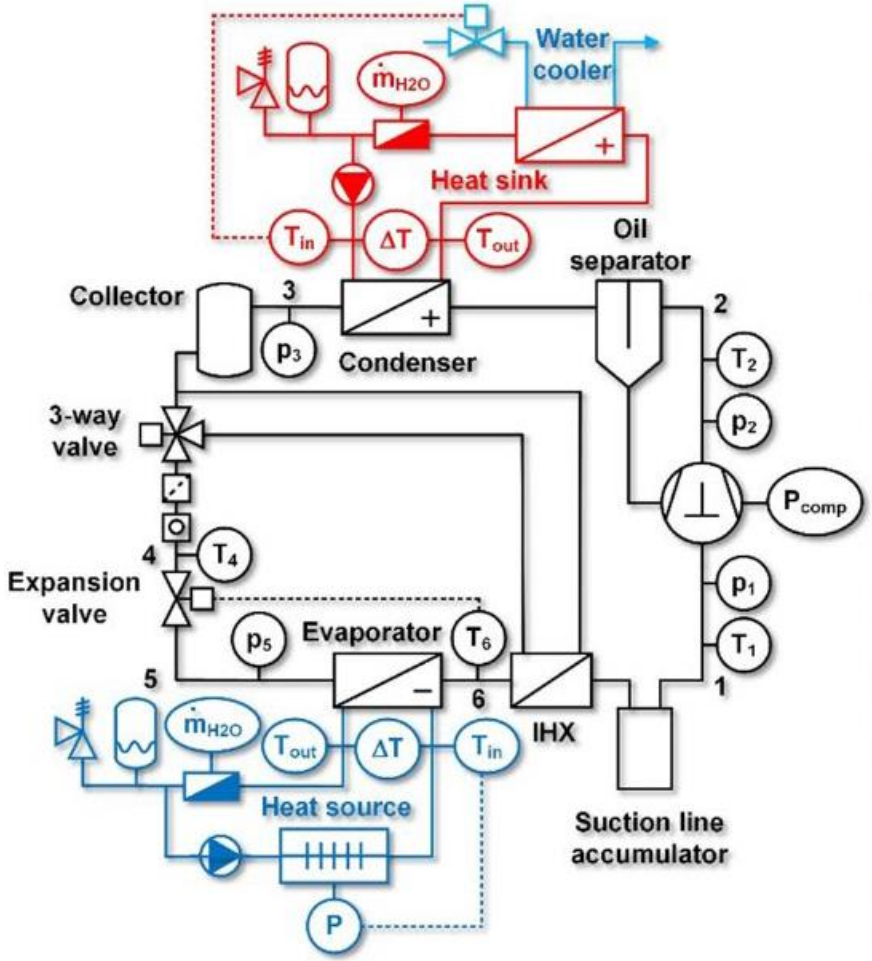
[1]Brendel, Leon P M, Stephen L Caskey, James E Braun, und Eckhard A Groll. „Characterizing Steady State Compressor Performance by Using Transient Test Data“. In *Purdue Conferences 202One*. West Lafayette, IN, USA, 2021.

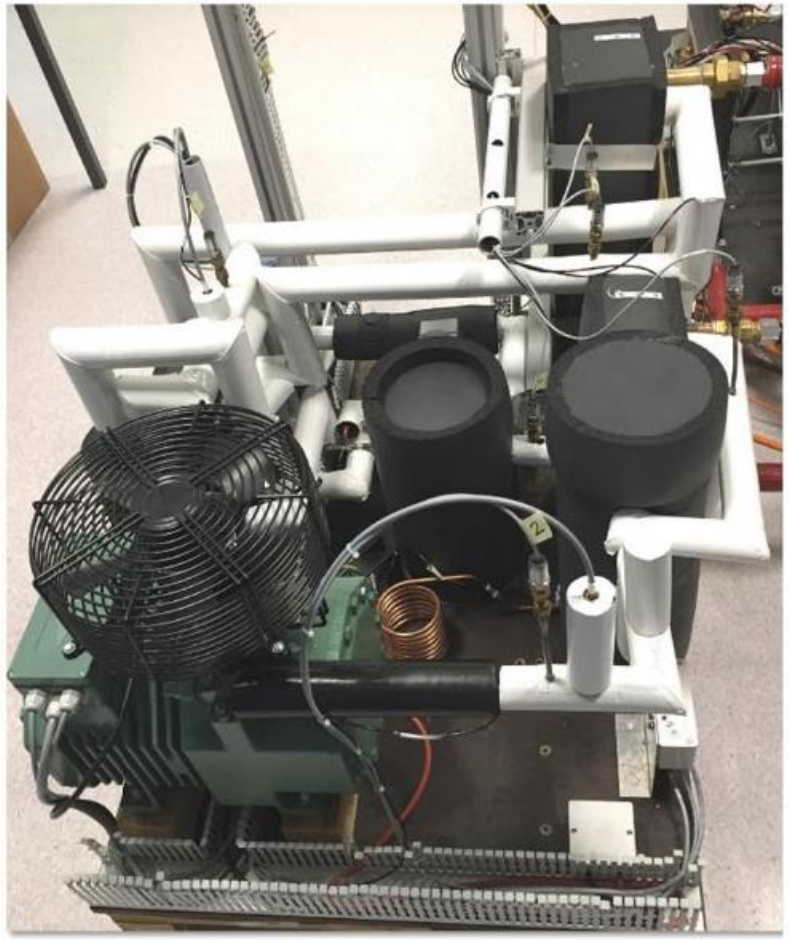
# Übersicht

- Einleitung
- Versuchsaufbau und stationäre Daten
- Instationäre Daten und Datanbearbeitung
- Diskussion
- Zusammenfassung

# Hochtemperatur-wärmepumpe

- Bis 10 kW Heizleistung
- Ca. 3.5 kg R1336mzz(E)
- Hubkolbenverdichter
- Interner Wärmeübertrager
- Sammler und Akkumulator

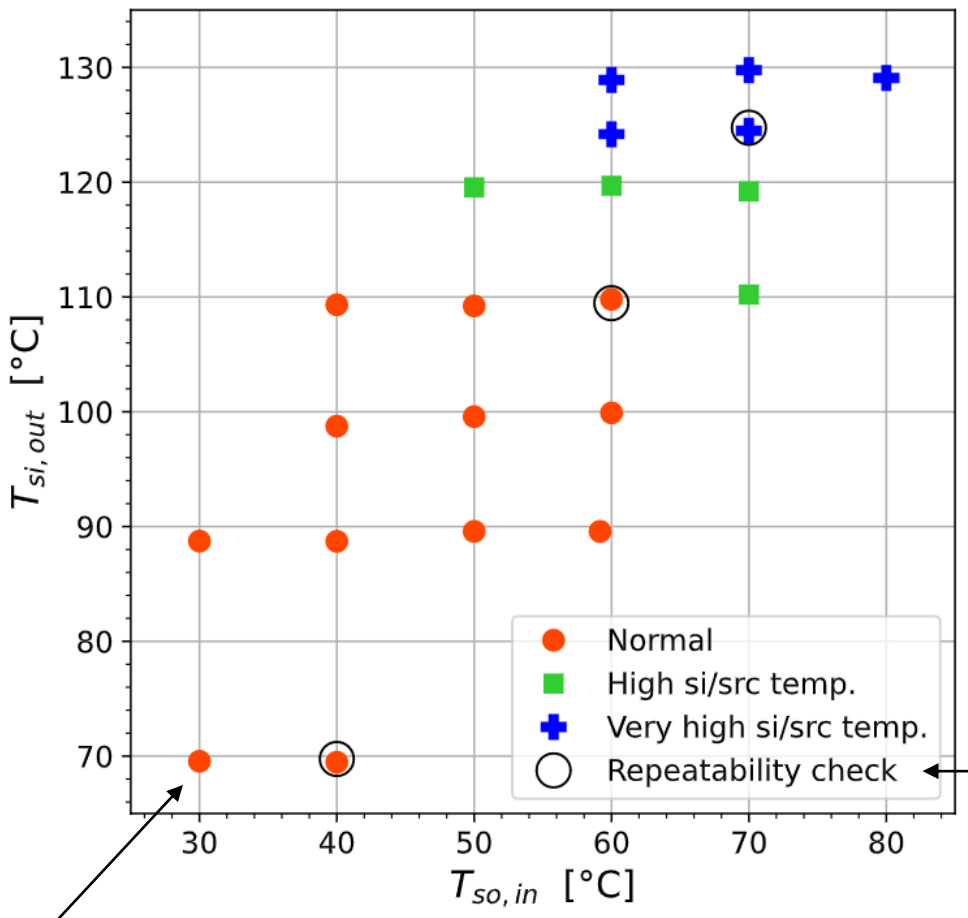


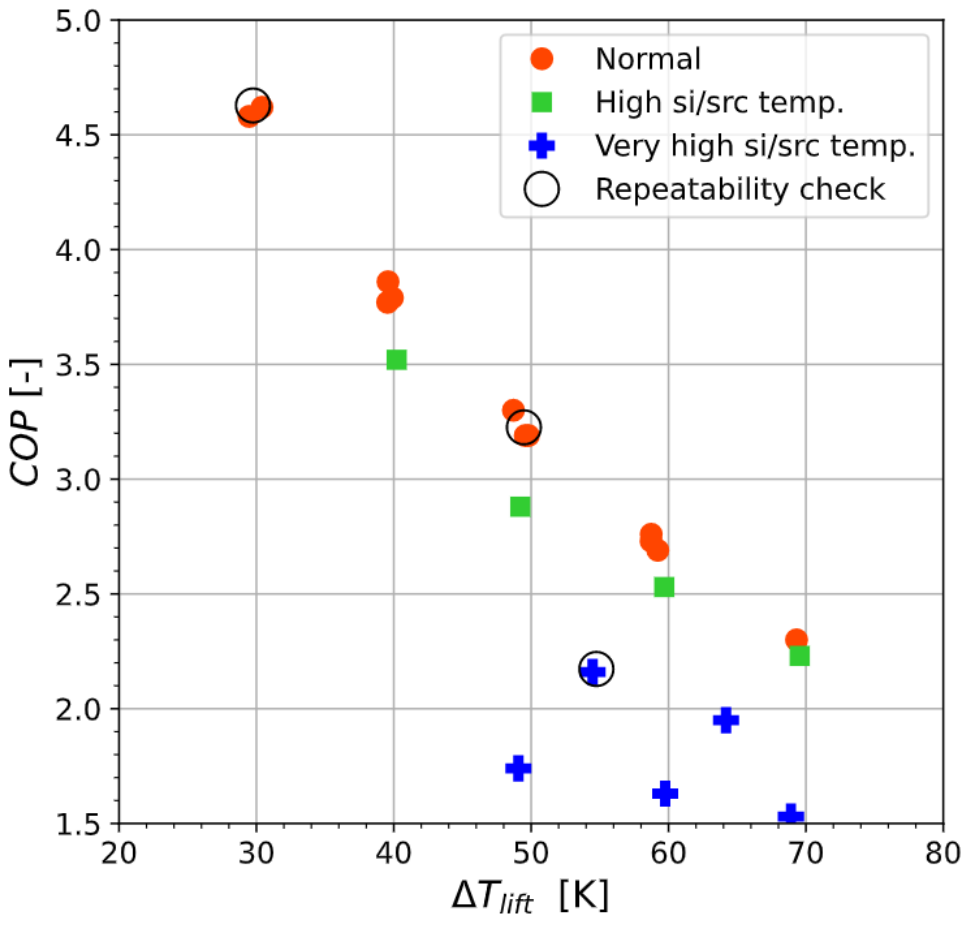
Arpagaus, Cordin, Sidharth Paranjape, Leon P. M. Brendel, Luke D. Simoni, Konstantinos Kontomaris, and Stefan S. Bertsch. “Experimental Investigation of R1336mzz(E) in a Laboratory High-Temperature Heat Pump.” West Lafayette, IN, USA, 2022.

# Stationäre Messdaten

**Testmatrix**



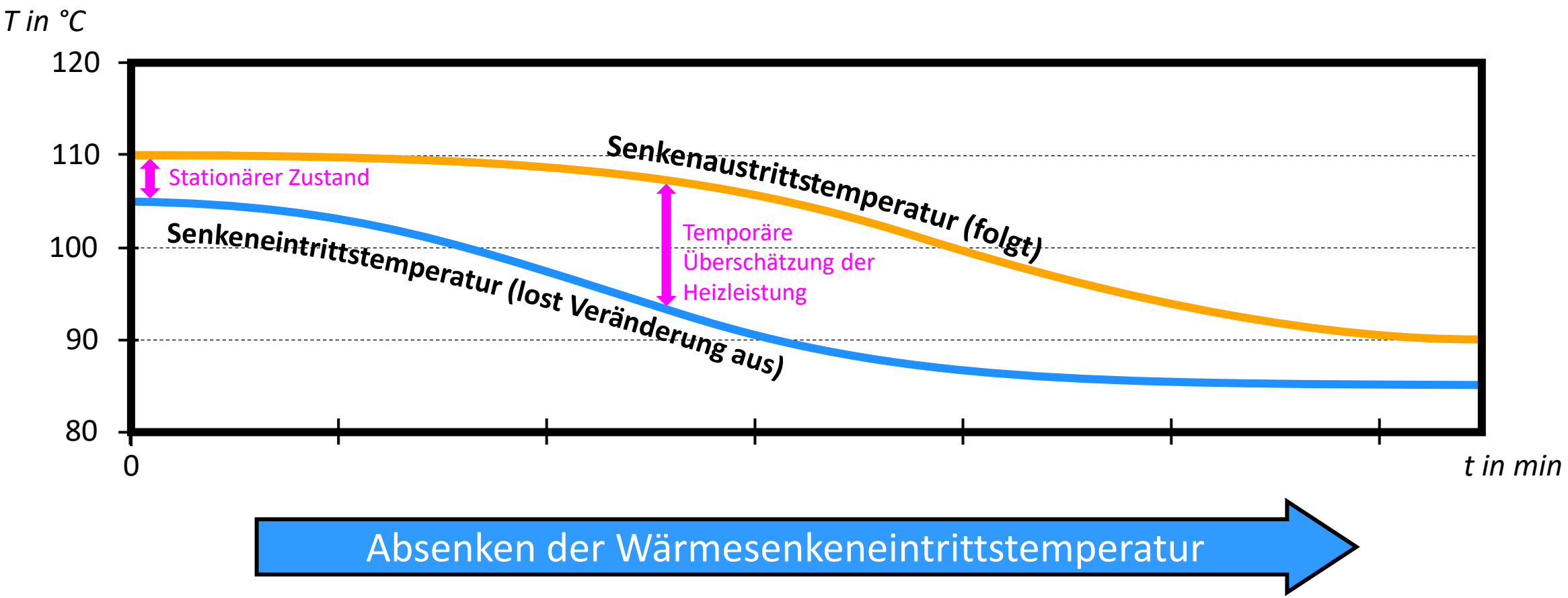

**COP als Funktion von Temperaturlift**




*Ca. 1 Stunde pro Punkt*

*Weil Anlage mehrere Monate nicht benutzt wurde*

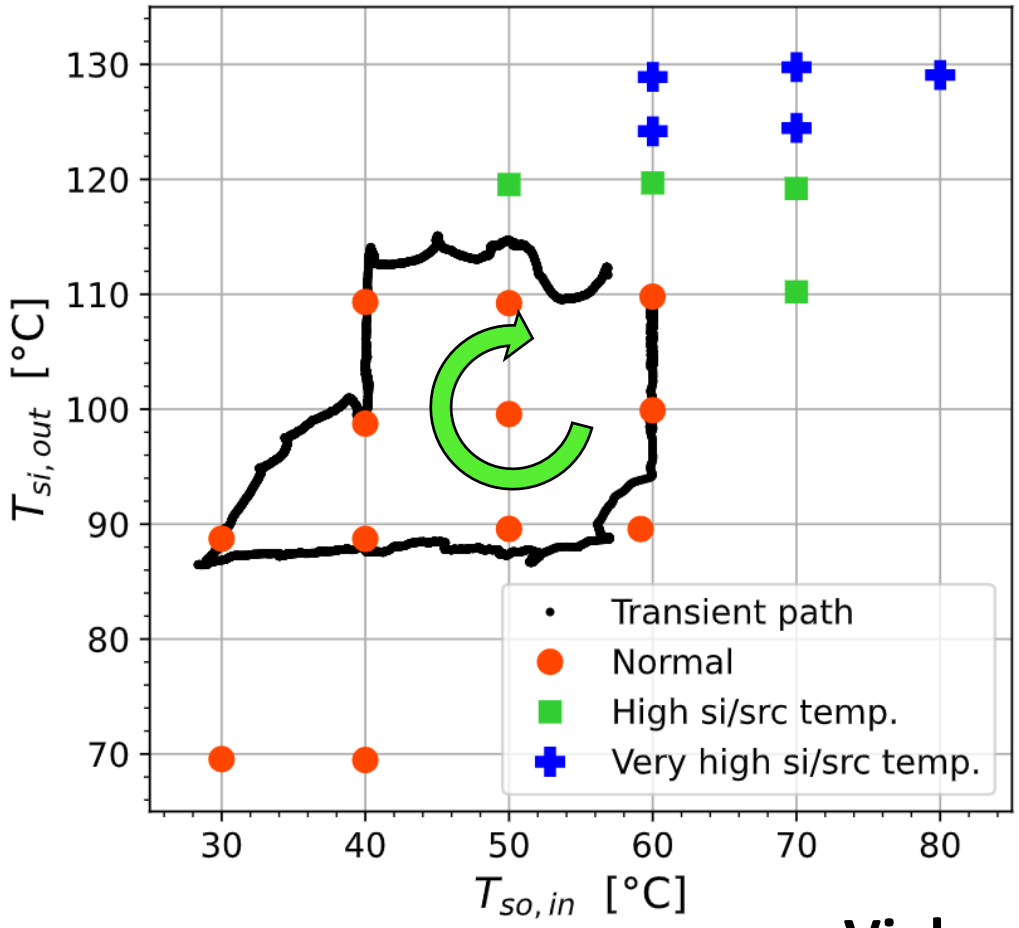
# Instationäre Wärmeübertrager

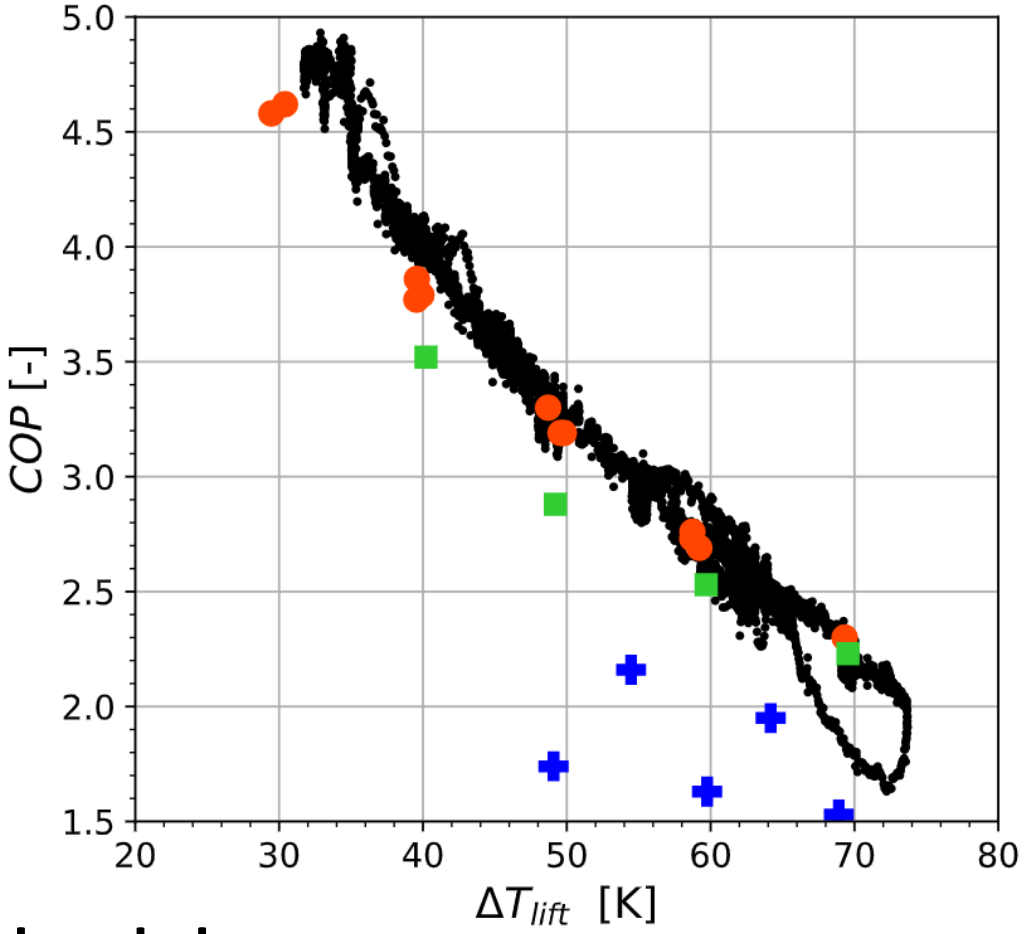


# Übersicht

- Einleitung
- Versuchsaufbau und stationäre Daten
- Instationäre Daten und Datanbearbeitung
- Diskussion
- Zusammenfassung

# Erster Versuch



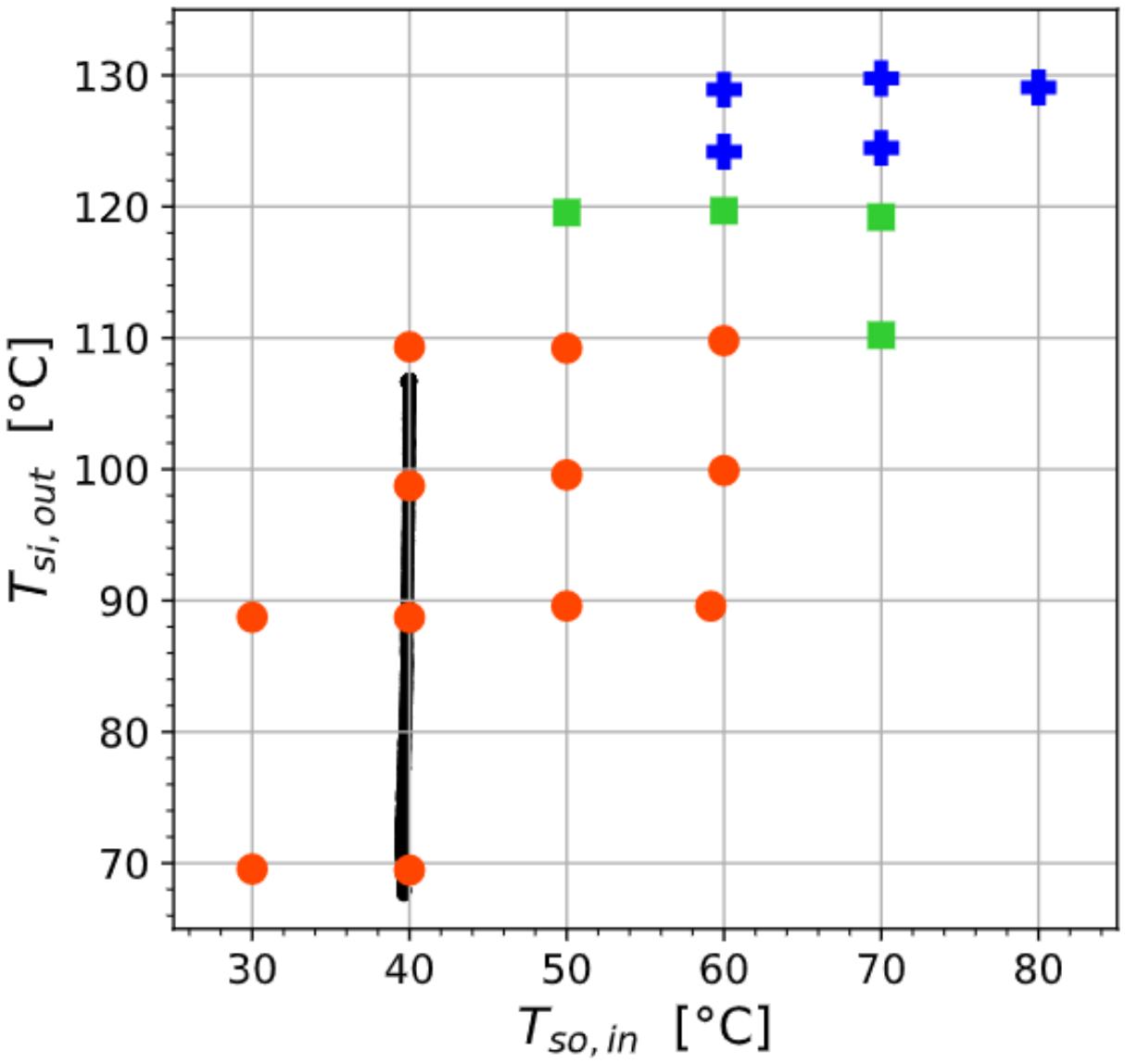




**Vielversprechend aber unzureichend genau und unsystematisch!**

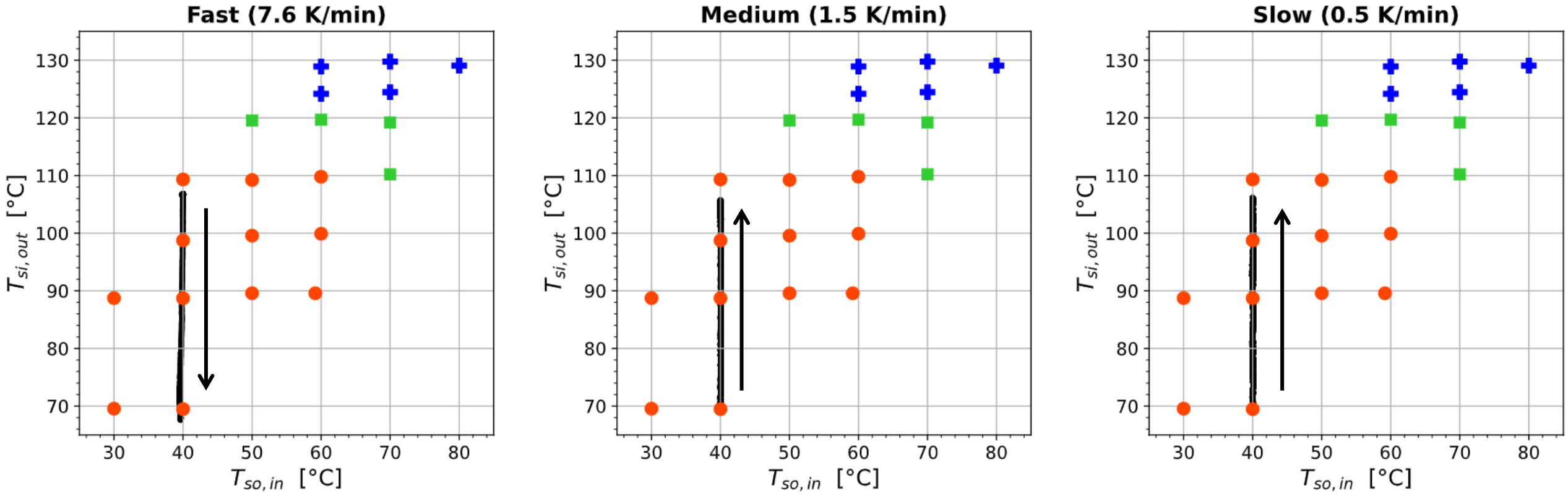
# Änderung Senkentemperatur

- Temperaturlift von 30 bis 70 K

- Unterschiedliche Änderungsgeschwindigkeiten und Richtungen



# Änderungsgeschwindigkeit und -richtung

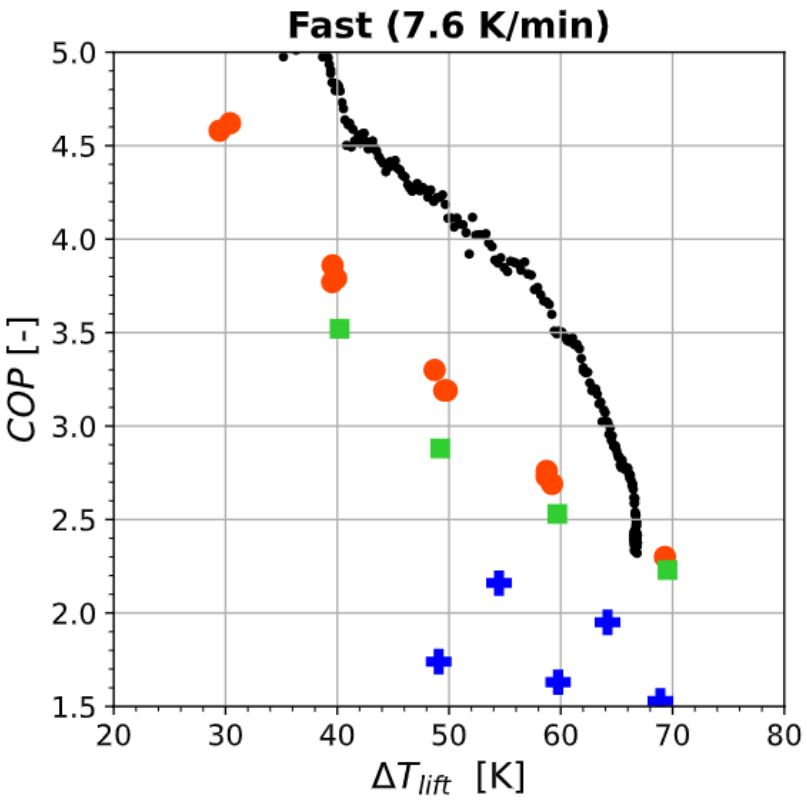


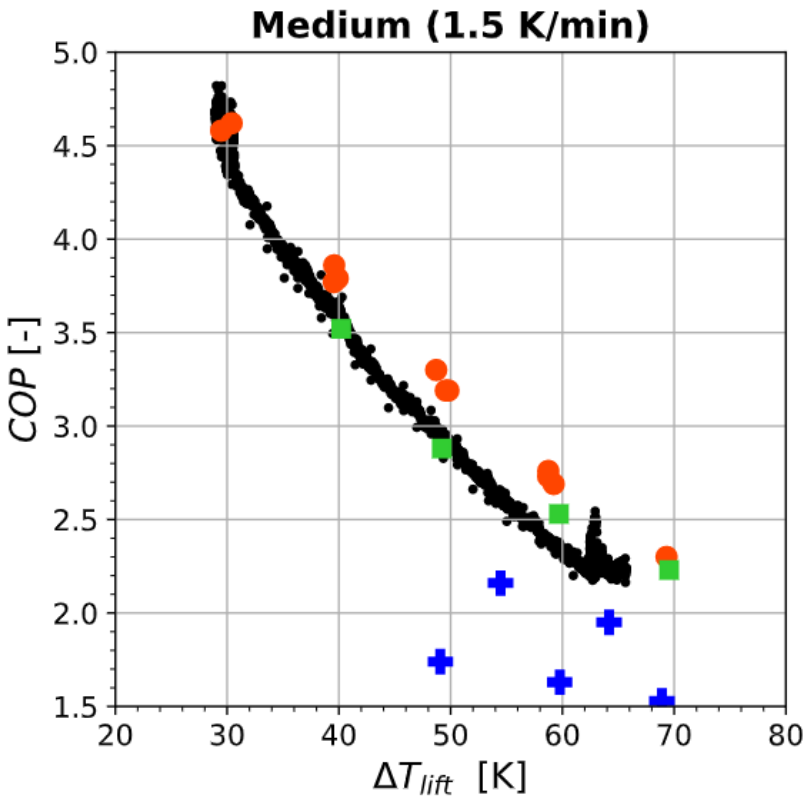

5 min total
7.6 K/min

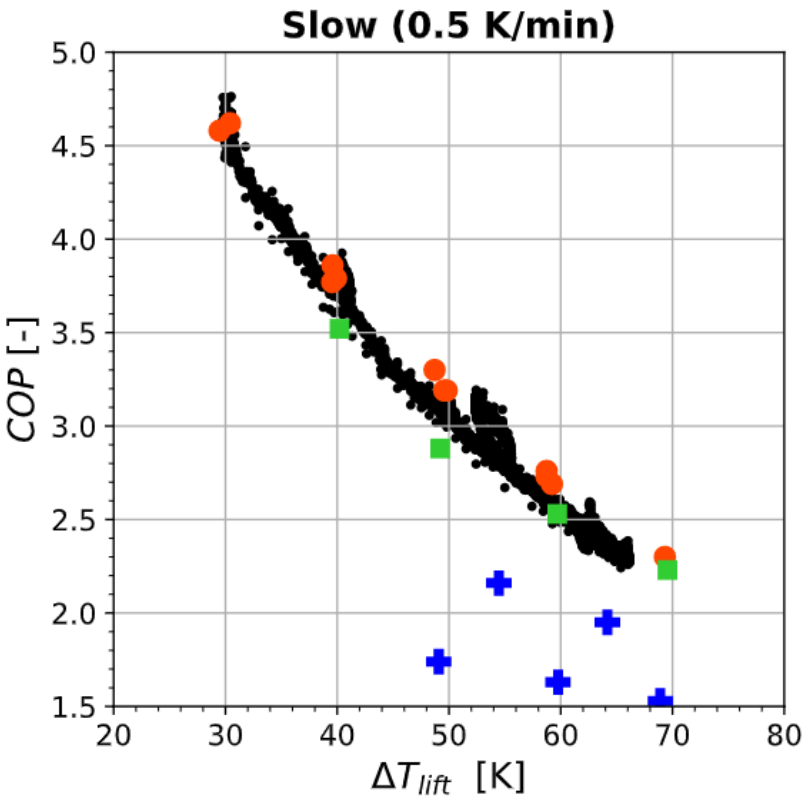
27 min total
1.5 K/min

80 min total
0.5 K/min

# Vergleiche mit stationären Messungen



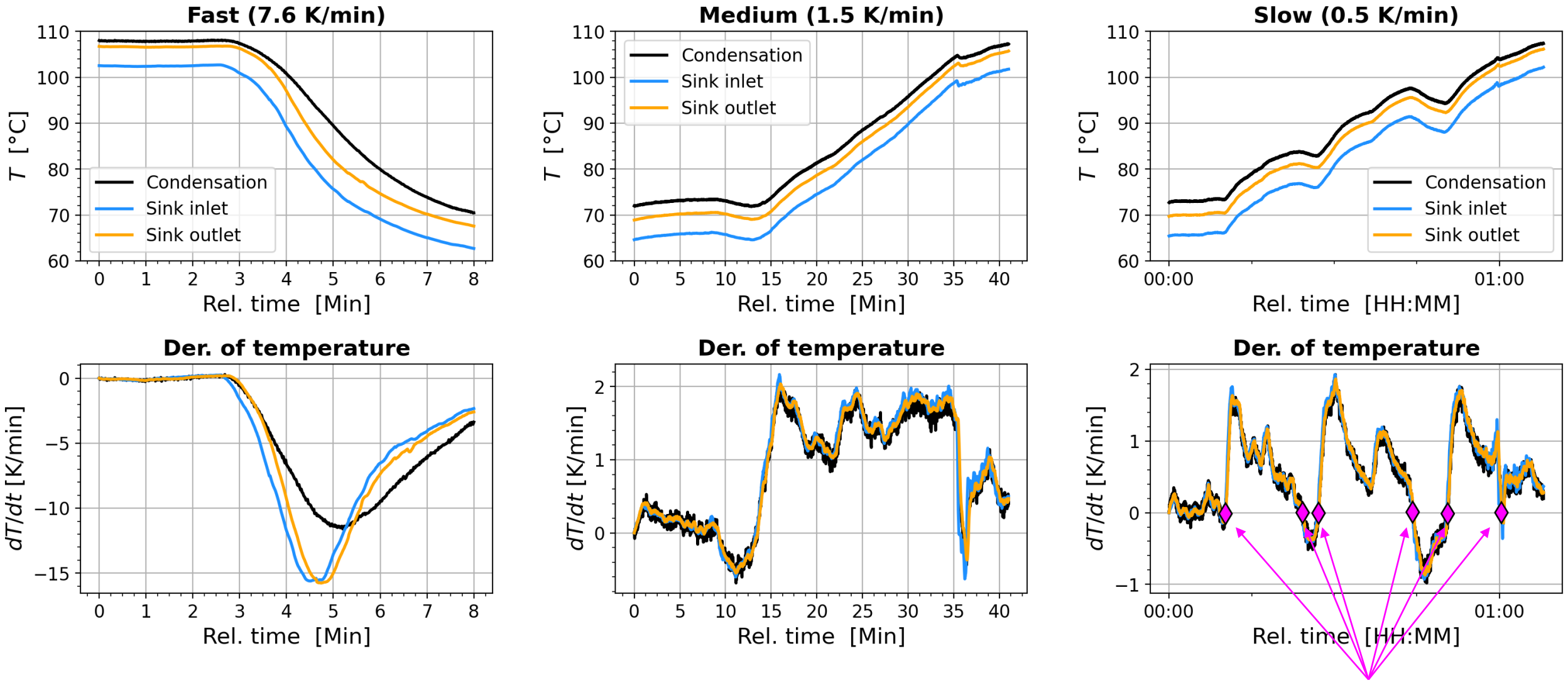




5 min total
7.6 K/min

27 min total
1.5 K/min

80 min total
0.5 K/min

# Vergleich der ersten Ableitung

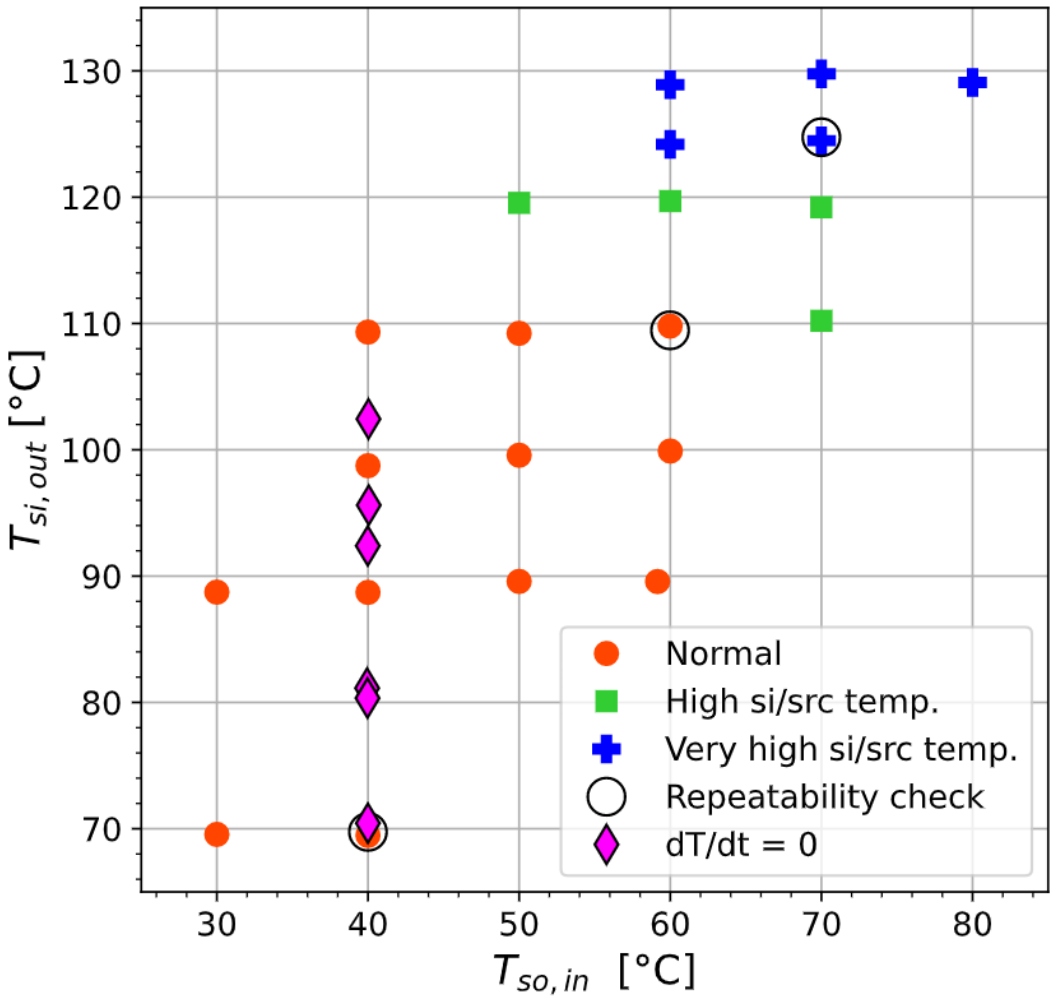


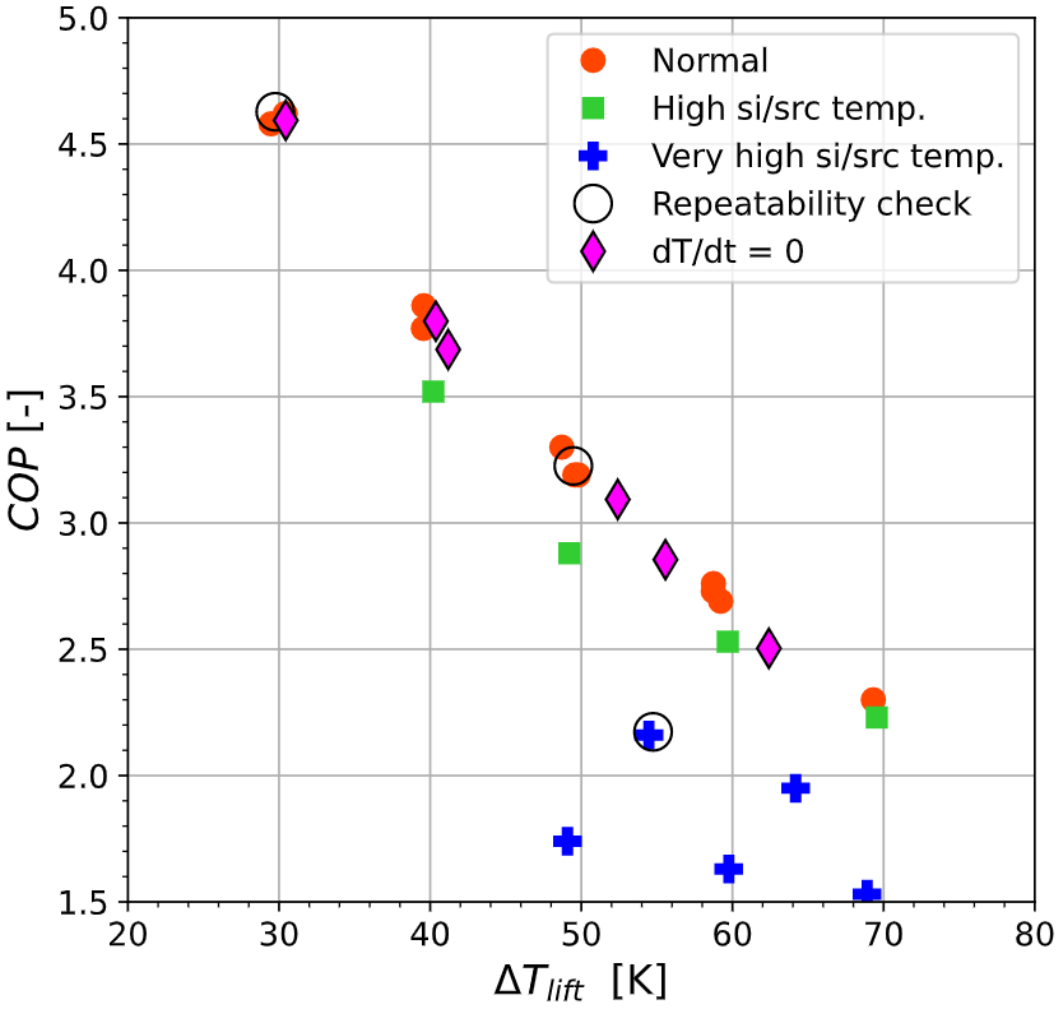

*Unterschiedliche Ableitungen*

*Equivalente Ableitungen*

*Ableitung mit Nullstellen*

# Daten von Nullstellenanalyse



# Übersicht

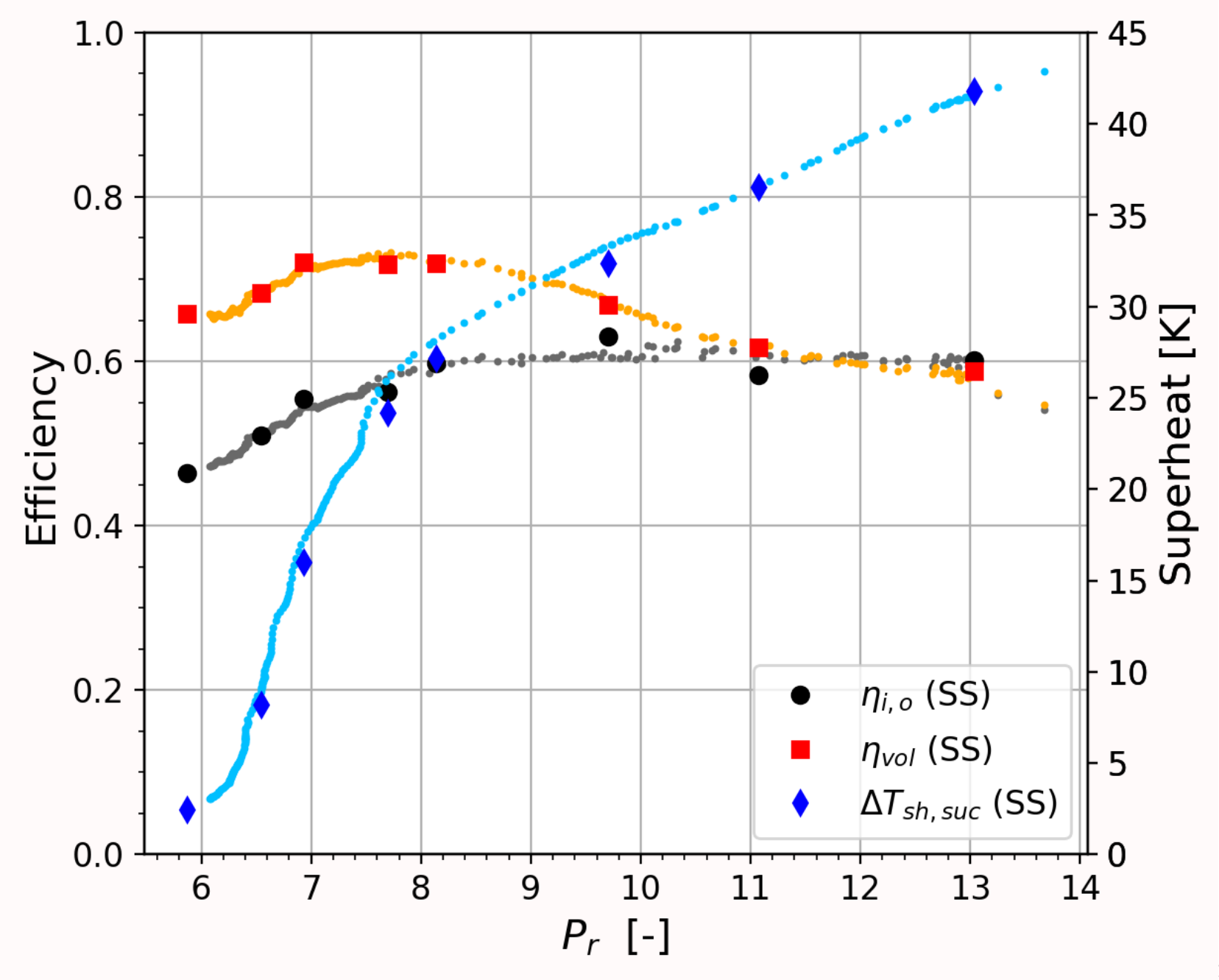
- Einleitung
- Versuchsaufbau und stationäre Daten
- Instationäre Daten und Datanbearbeitung
- Diskussion
- Zusammenfassung

# Diskussion

- Grosses Fehlerpotential bei unüberlegter Anwendung
- Mögliche Testzeitverkürzung etwa 1 Grössenordnung
- Forschung einfach, da stationäre Punkte sowieso gefordert sind
- Weitere Untersuchungen zur Zuverlässigkeit wünschenswert
  - Erlaubte Änderungsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von Anlagengrösse
  - Kuppen und Täler

# 6 Zylinder Hubkolben, R600

- ! Daten mit falsch eingestelltem FU !
- Vierkomponenten-kältekreislauf
- Überhitzungsstudie
- 10-30 kW Leistungsaufnahme



# Übersicht

- Einleitung
- Versuchsaufbau und stationäre Daten
- Instationäre Daten und Datanbearbeitung
- Diskussion
- Zusammenfassung

# Zusammenfassung

- Instationäre Daten genutzt um stationären Betrieb zu bestimmen
- Enorme Zeitersparnis möglich/mehr Kapazität für experimentelle Studien
- Vertrauen in Methode sehr gering
- Grosser Einfluss von Änderungsgeschwindigkeiten
- Möglichkeiten des Postprocessing noch nicht ausgeschöpft

OST
Ostschweizer
Fachhochschule

***Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!***

***Fragen, Kritik, Anregungen?***

***Kontakt: leon.brendel@ost.ch***