

# Schichtungseffizienz von Kombispeichern

Robert Haberl, Dr. Michel Haller  
SPF Research



**HSR**

HOCHSCHULE FÜR TECHNIK  
RAPPERSWIL

FHO Fachhochschule Ostschweiz



INSTITUT FÜR  
SOLARTECHNIK



- Was ist Schichtungseffizienz?
- Kann man die Schichtungseffizienz messen?
- Welche Bedeutung hat die Schichtungseffizienz?

## ■ Prüfmethode

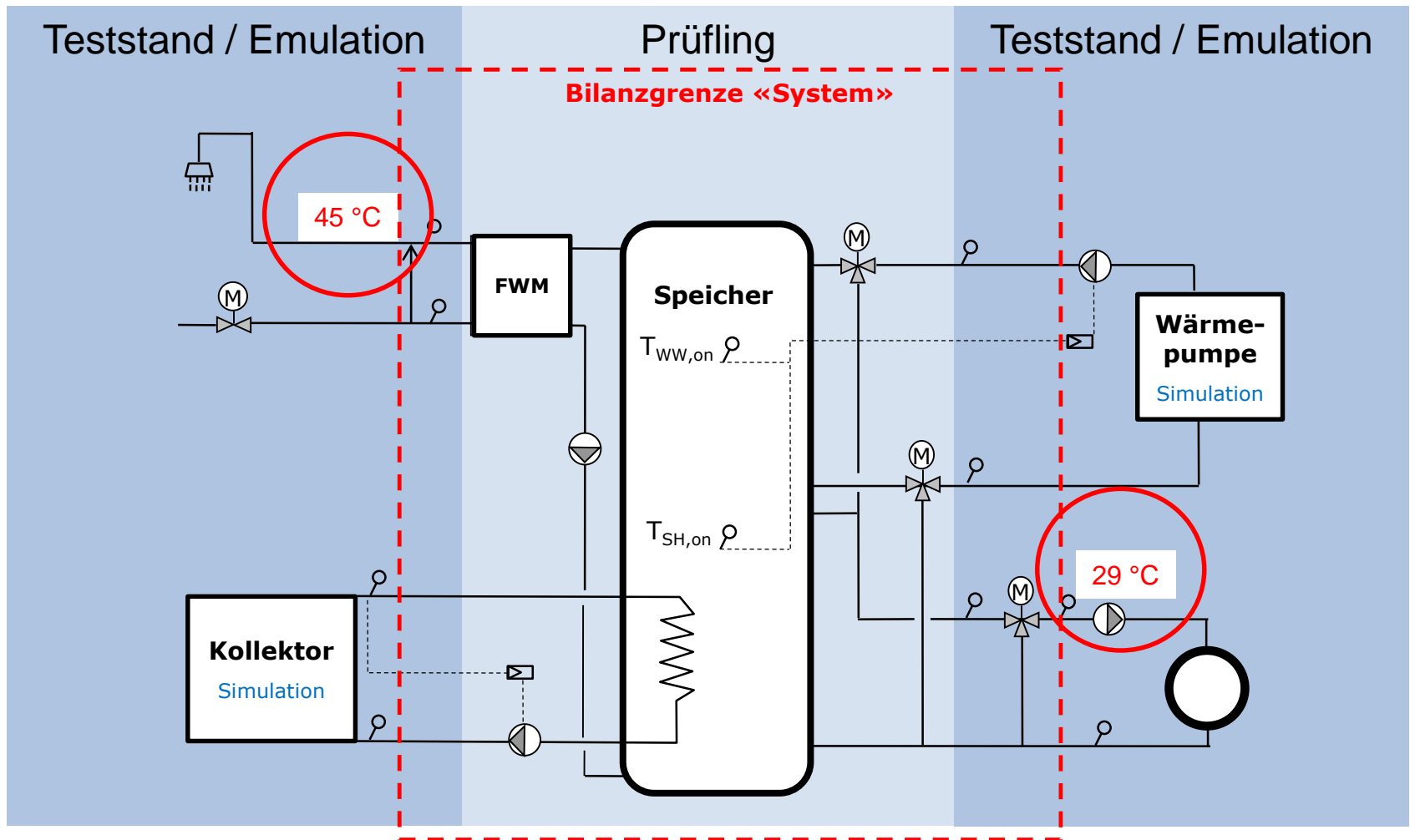
- Messung eines Zyklus anstatt stationärer Zustände
- Auswertung der Messdaten

## ■ Ergebnisse

- Zusammenhang Speicherschichtung / el. Energiebedarf
- Zusammenhang thermische Verluste / el. Energiebedarf

## ■ Fazit

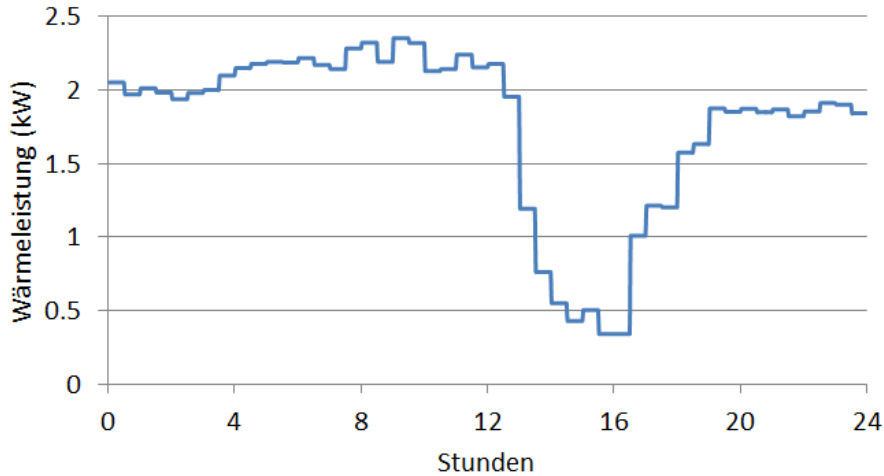
# Bilanzgrenze



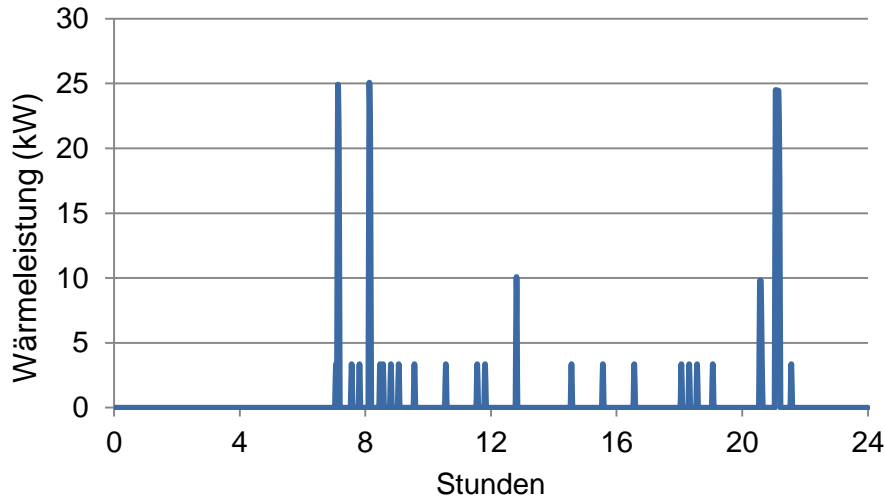
Schichtungseffizienz **System** (inklusive Mischung in Hydraulik)

# Prüfzyklus / Wärmesenken

Heizleistung (30 min. Mittelwerte)



- Heizwärmebedarf : 42.5 kWh/d
- Vorlauftemperatur: 29 °C

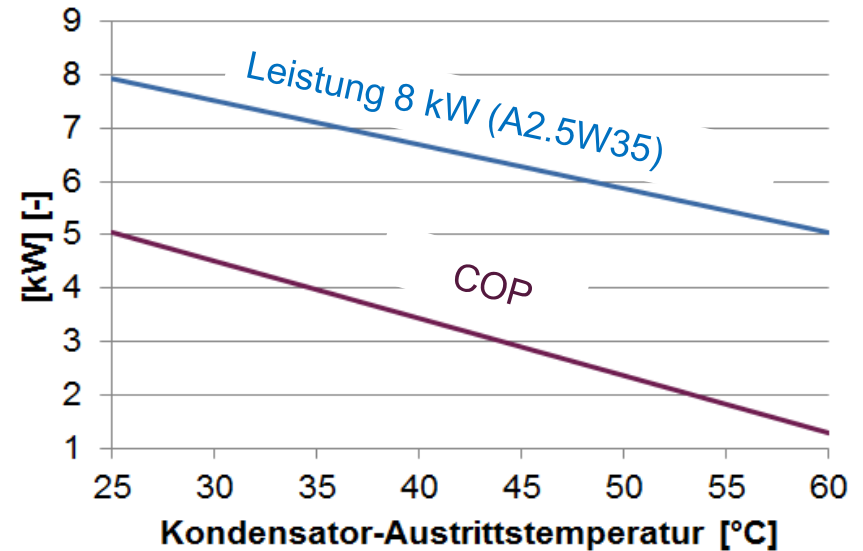


- WW-Bedarf: 9.5 kWh/d
- Durchfluss: 240 bzw. 600 l/h

# Prüfzyklus / Wärmequellen

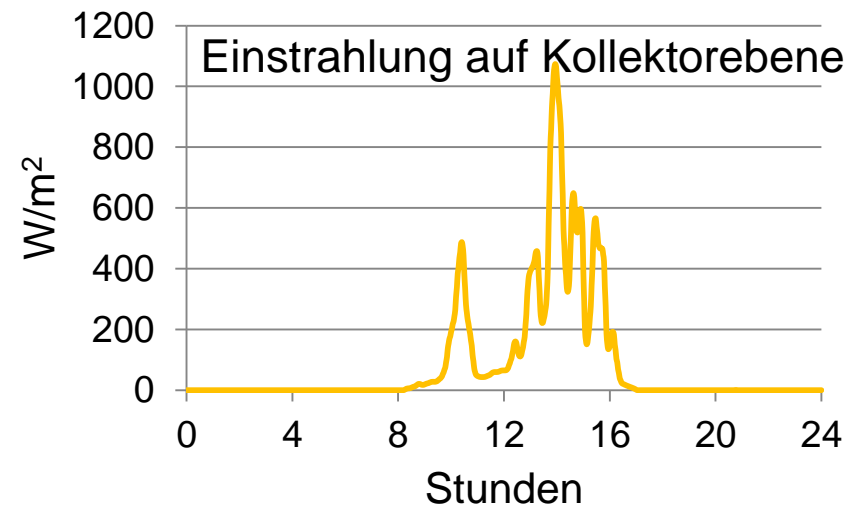
## ■ Emulation der Wärmepumpe

- $T_{\text{ausßen}} = 2.5 \text{ °C}$

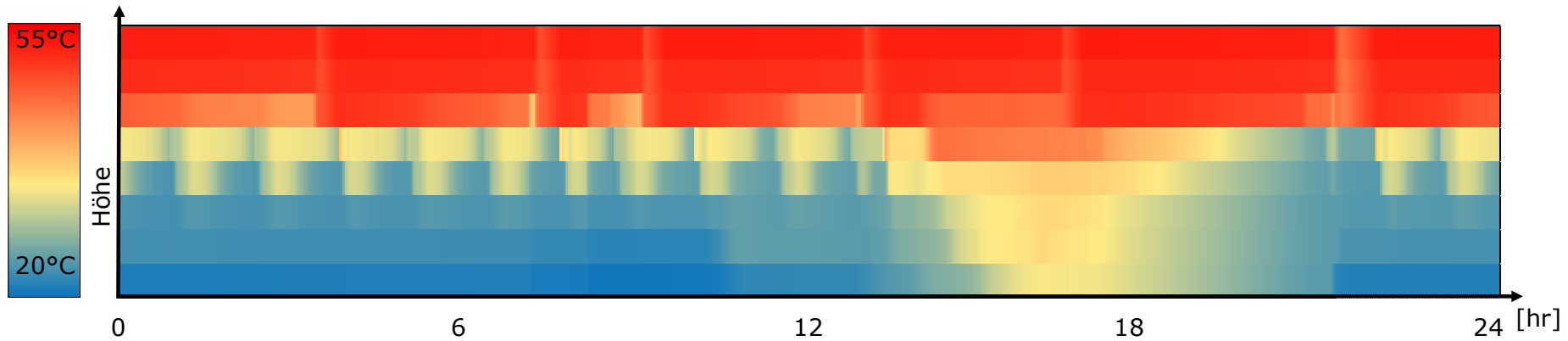
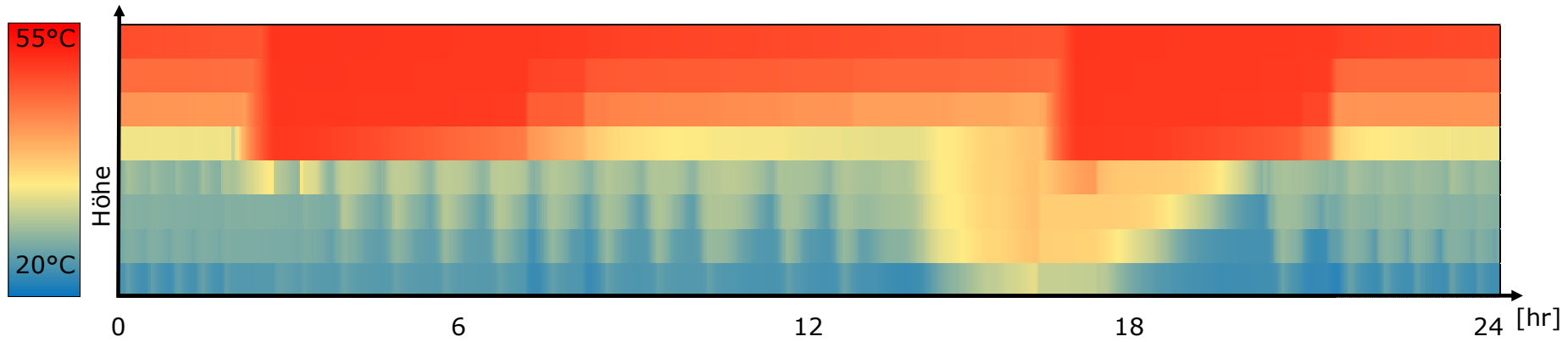


## ■ Emulation des Kollektorfeldes

- $A = 10 \text{ m}^2$
- $\eta_0 = 0.8$   
 $a_1 = 3.5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$   
 $a_2 = 0.0015 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^2)$   
 $C_{\text{eff}} = 7000 \text{ J}/(\text{m}^2\text{K})$   
IAM berücksichtigt

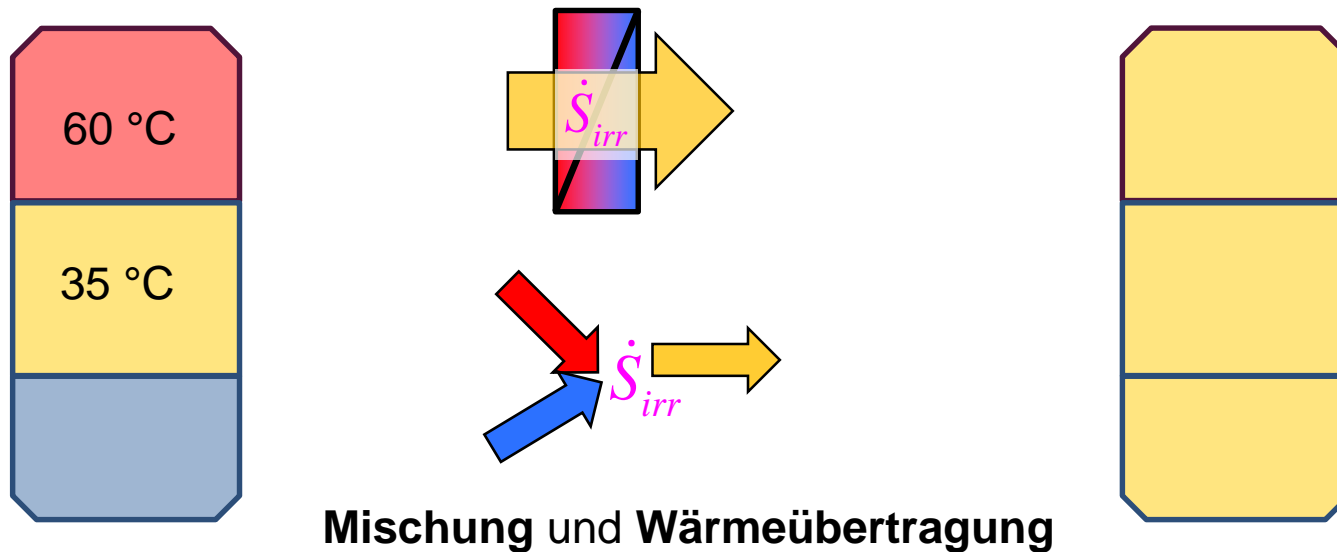


# Auswertung



# Auswertung

## ■ Schichtung und die Feinde der Schichtung



$$\text{Schichtungseffizienz} = 1 - \frac{\Delta S_{irr,ms}}{\Delta S_{irr,ref}}$$

**Entropieproduktion gemessen**  
**Entropieproduktion «worst case»  
(= vollst. durchmischter Referenzfall)**

*Idealer Prozess: Schichtungseffizienz = 100 %*

*Völlig durchmischter Speicher: Schichtungseffizienz = 0*



**6**

## **6 Speicher von 6 verschiedenen Herstellern**

- Volumen: 800 – 900 Liter
- WW-Bereitung: 3 x Frischwassermodul,  
3 x Wellrohrwärmetauscher
- Solar: 5 x Wellrohrwärmetauscher, 1 x Externer WÜ

**X**

**3**

## **3 Tests je Speicher**

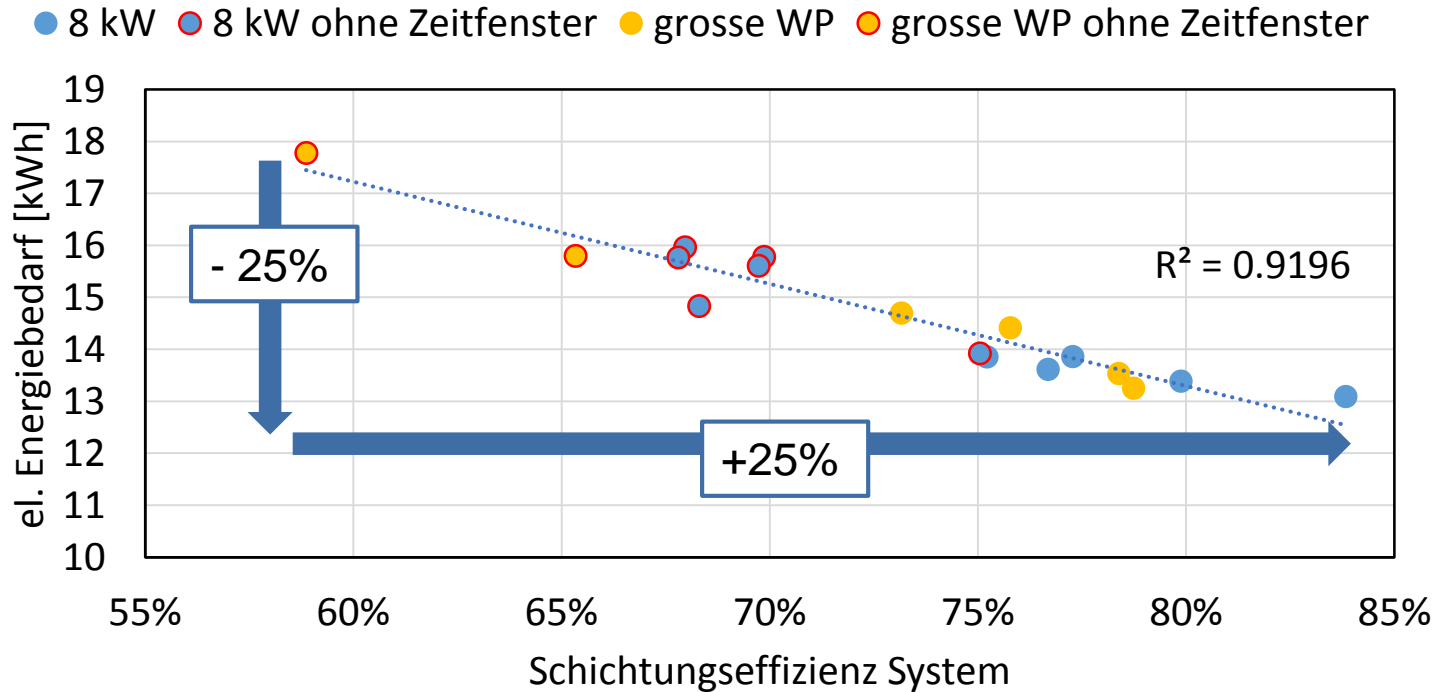
- Standardtest (8 kW WP, mit Zeitfenstern für WW-Bereitung)
- Ohne Zeitfenster (immer noch 8 kW WP)
- Grosse WP (12 kW oder 16 kW, wieder mit Zeitfenstern für WW)

**=**

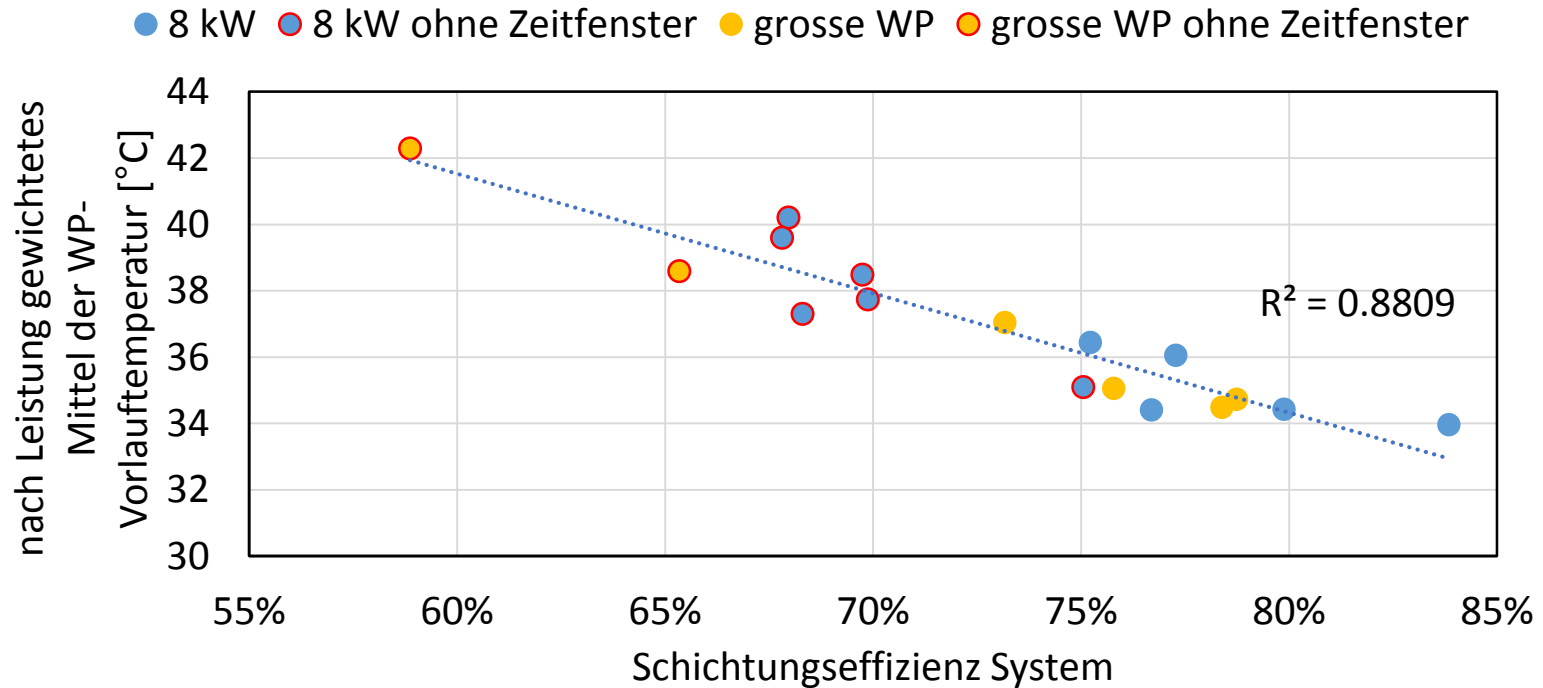
**18**

**18 Tests**

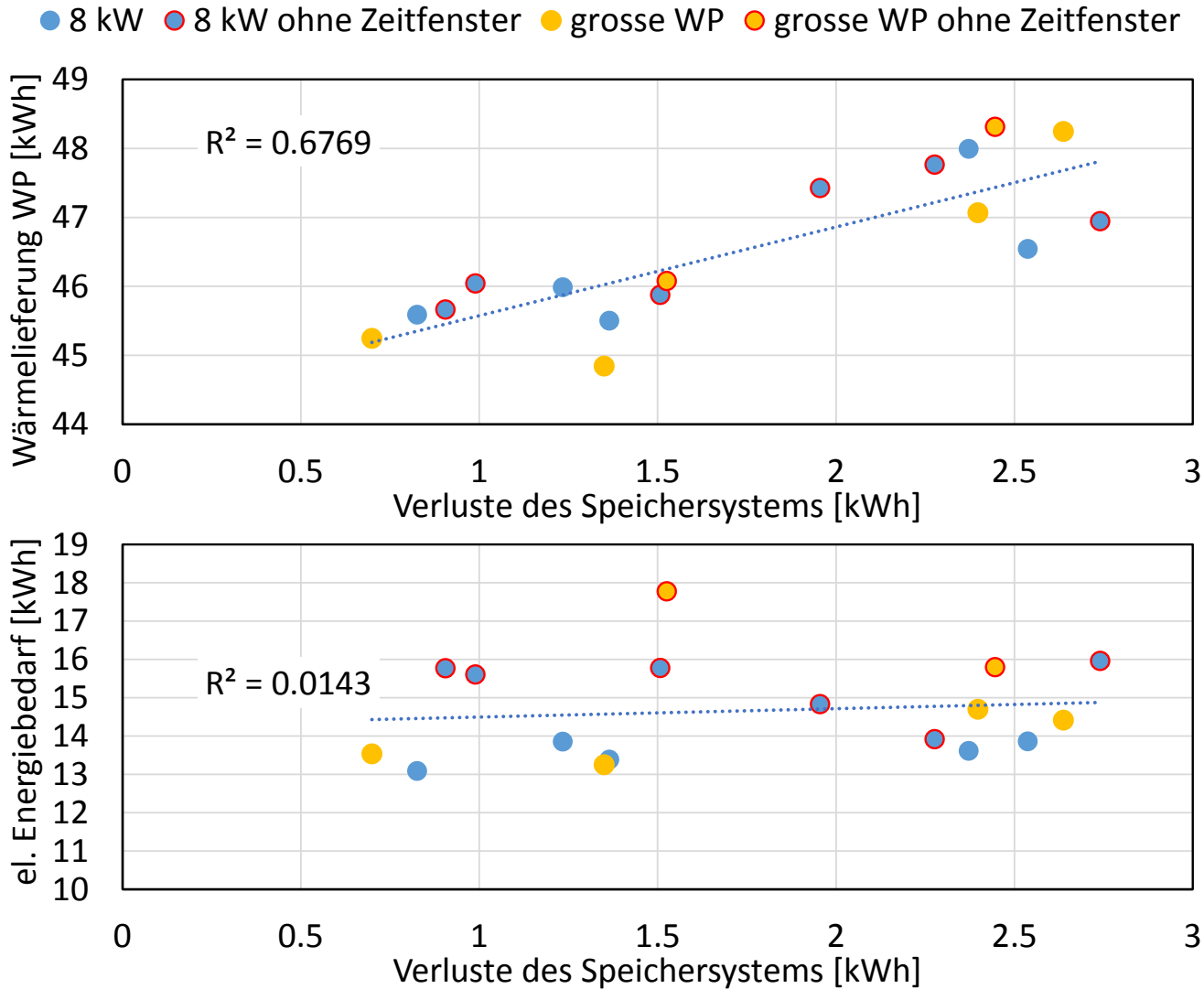
# Ergebnisse



# Ergebnisse



# Ergebnisse



## Schichtungseffizienz ist messbar!

- **Aussagekräftige Resultate** innert kurzer Zeit (24 h)
- **Eindeutiger Zusammenhang** zw. der Schichtungseffizienz des Speichersystems und dem el. Bedarf für die Wärmepumpe
- Überraschung: **Schichtungseffizienz** bei den untersuchten Systemen **noch entscheidender als Wärmeverluste (!!)**
- Ein Speicher, der unter Standardbedingungen funktioniert, tut dies nicht zwangsläufig unter anderen Rahmenbedingungen (zum Beispiel ohne Zeitfenster / mit grösserer Wärmepumpe)
- **Warmwasser-Zeitfenster kann die Performance massiv verbessern** (Bestätigung der Resultate aus Projekt Sol-Heap)

# Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Dieses Projekt wurde unterstützt durch:

Bundesamt für Energie BFE, Bern



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Swiss Federal Office of Energy SFOE

## **Projekt StorEx**

Theoretische und experimentelle Untersuchungen  
zur Schichtungseffizienz von Wärmespeichern

*Vertrags- und Projektnummer: SI/500935-01*

Schlussbericht: [www.spf.ch/storex](http://www.spf.ch/storex)

Factsheets: <http://www.spf.ch/Speicherschichtung.306.0.html>

Vielen Dank an alle beteiligten Hersteller!