



# Optimierte Integration von Pufferspeichern in hydraulische Systeme

**Institut für Gebäude- und  
Energiesysteme  
Hochschule Biberach, Germany**

Prof. Dr.-Ing. Alexander Floß  
Dipl.-Ing. (FH) Christian Dietrich

# Aufgabe von Pufferspeichern

- Wärme aufnehmen
- Wärme verlustarm speichern
- Wärme auf dem notwendigen Temperaturniveau abgeben
- gegebenenfalls hydraulische Entkoppelung (Erzeuger/Verbraucher)

# Einsatzgebiete von

# Pufferspeichern

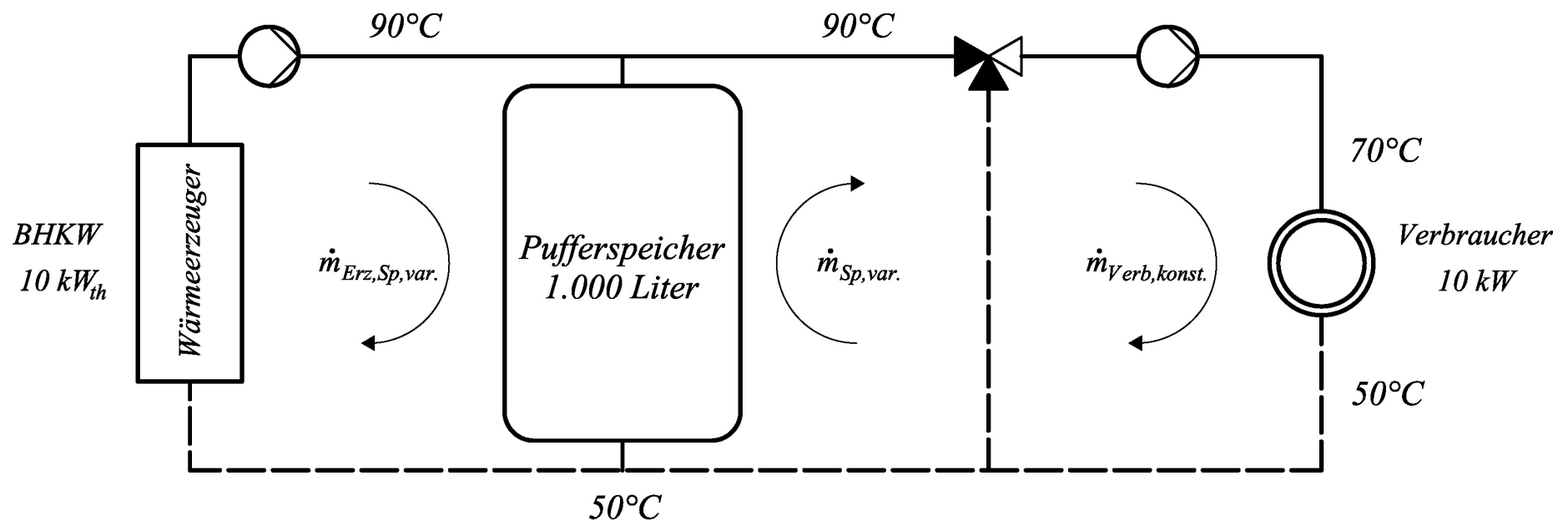
## Ungleichgewicht Wärmeangebot / Wärmenachfrage

- Solare Pufferspeicher
- Brauchwasserspeicher (Reduzierung Spitzenleistung)
- Heizungswasserspeicher
  - Reduzierung der Takthäufigkeit des Wärmeerzeugers
  - Vermeidung von Teillastbetrieb bei geringem Wirkungsgrad

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta\vartheta$$

# Speicherkapazität von Pufferspeichern

Ideale Speicherkapazität:  $Q = m \cdot c_p \cdot \Delta t$



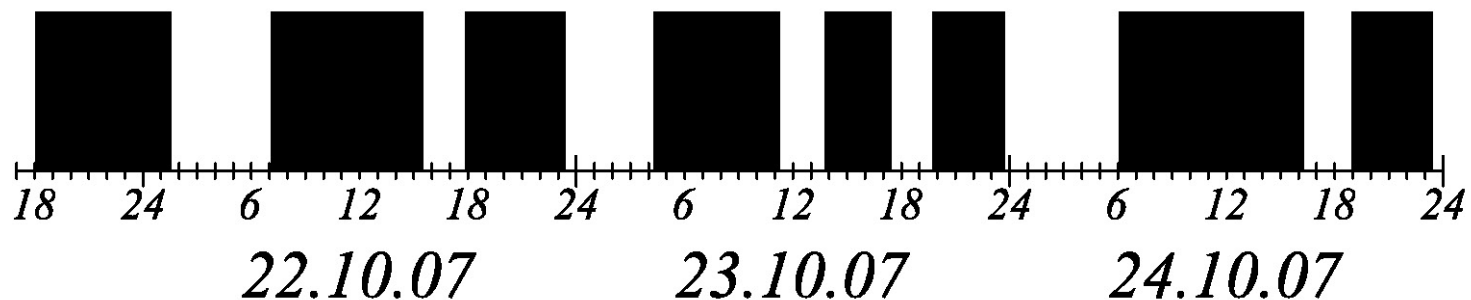
$$Q = 1000 \text{ kg} \cdot 4,2 \text{ kJ/kg K} \cdot 40 \text{ K} = 47 \text{ kWh}$$

# Theoretische Schaltzyklen BHKW

- Verbraucher Kleinlast  $Q_{\text{Heizlast}} = 1 \text{ kW}$ 
  - Ladezeit 5,2 Stunden
  - Entladezeit 47 Stunden
- Verbraucher Großlast  $Q_{\text{Heizlast}} = 9 \text{ kW}$ 
  - Ladezeit 47 Stunden
  - Entladezeit 5,2 Stunden
- Verbraucher Mittellast  $Q_{\text{Heizlast}} = 5 \text{ kW}$ 
  - Ladezeit 9,4 Stunden
  - Entladezeit 9,4 Stunden

# Tatsächliche Schaltzyklen BHKW

*konventionelle Betriebsweise*



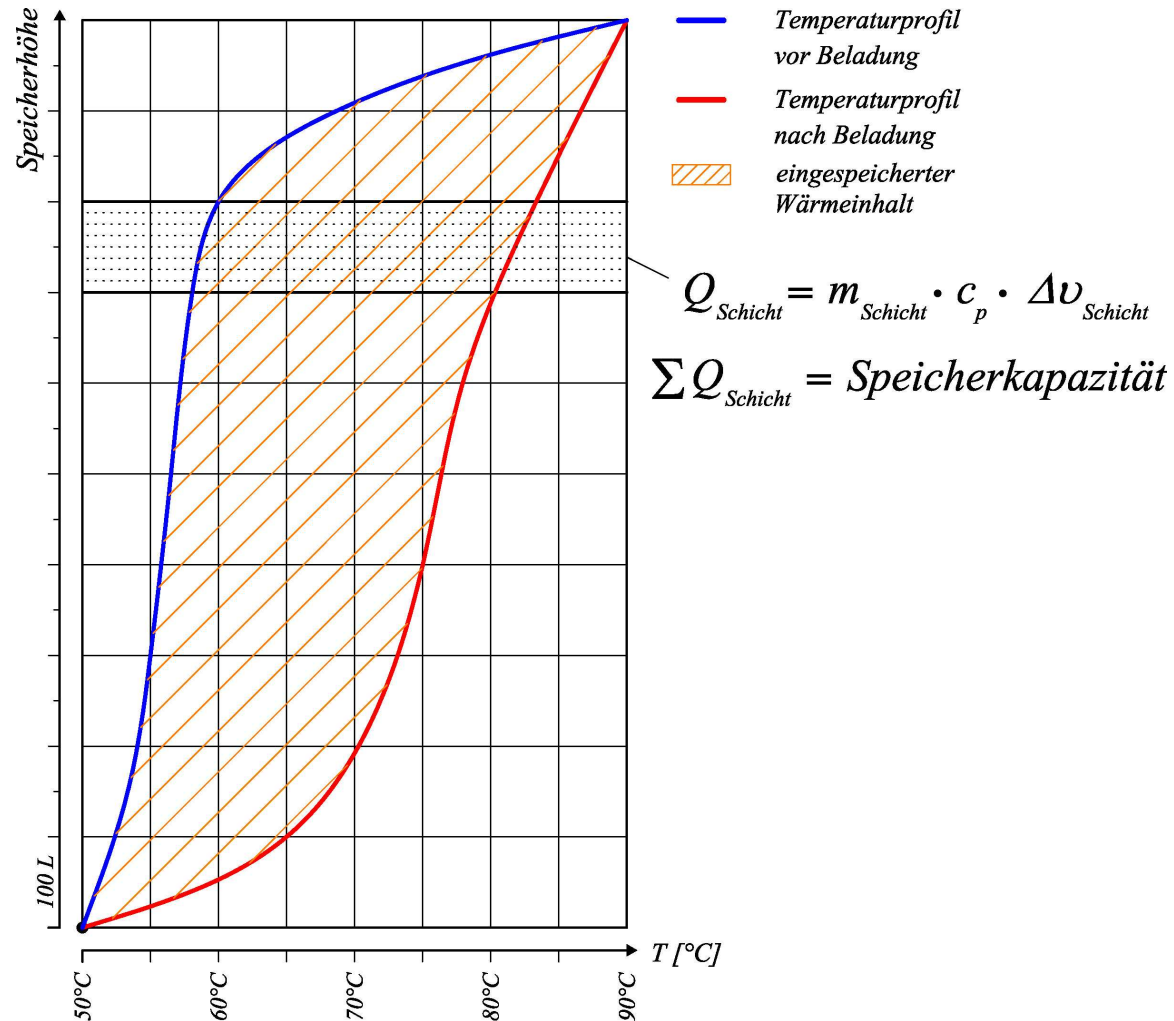
⇒ Kurze Schaltzyklen deuten auf

**geringe effektive Speicherkapazität**

# Erhöhung der Speicherkapazität eines Pufferspeichers

1. Speichermedium mit höherer spez. Wärmekapazität oder Phasenwechsel
2. Vergrößerung der Speichermasse
3. Temperaturschichtung im Speicher
4. Positionierung der Temperaturfühler
5. Schaltpunkte für Umstellung Be- / Entladung

# Speicher-Effizienz-Darstellung nach Dietrich



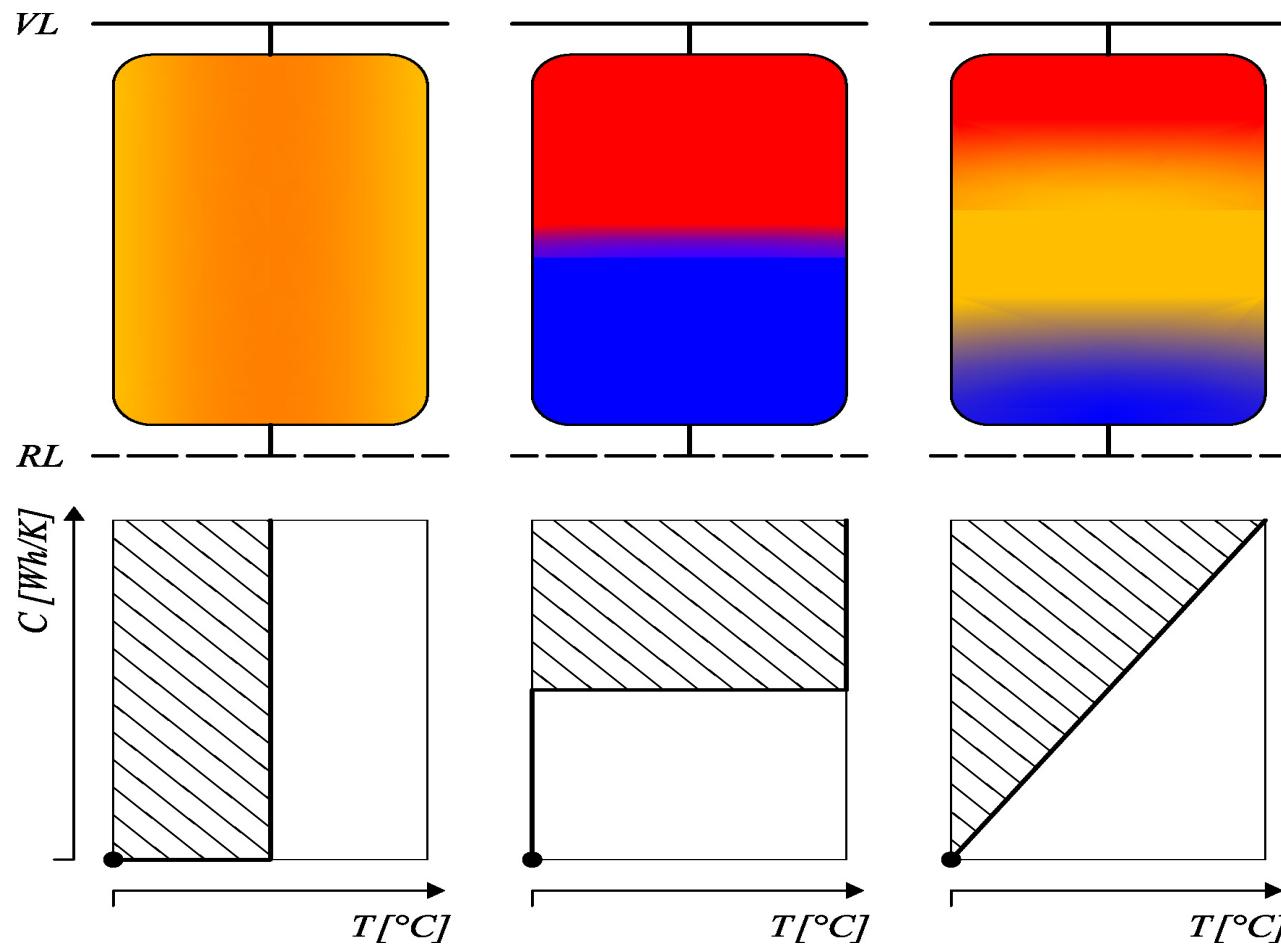


# Idealisierte Wärmespeicher

ideal gemischt

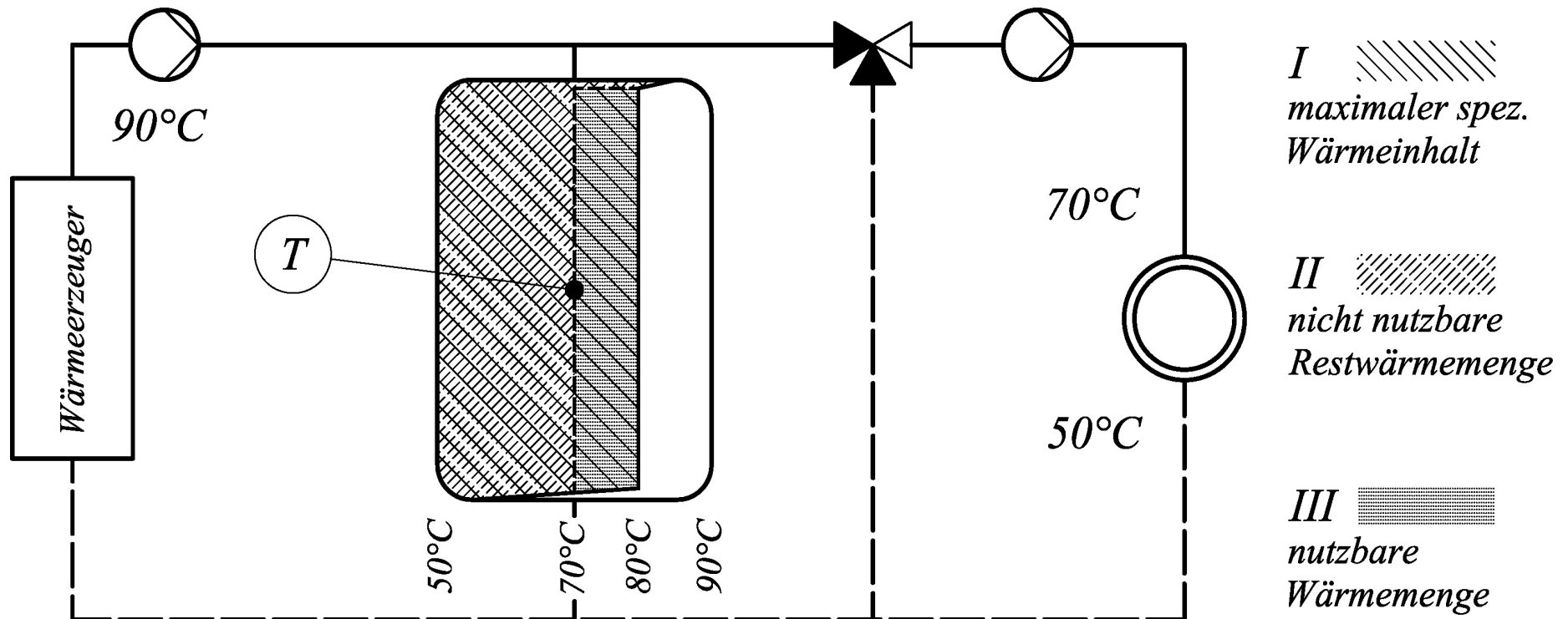
ideal geschichtet

linear geschichtet



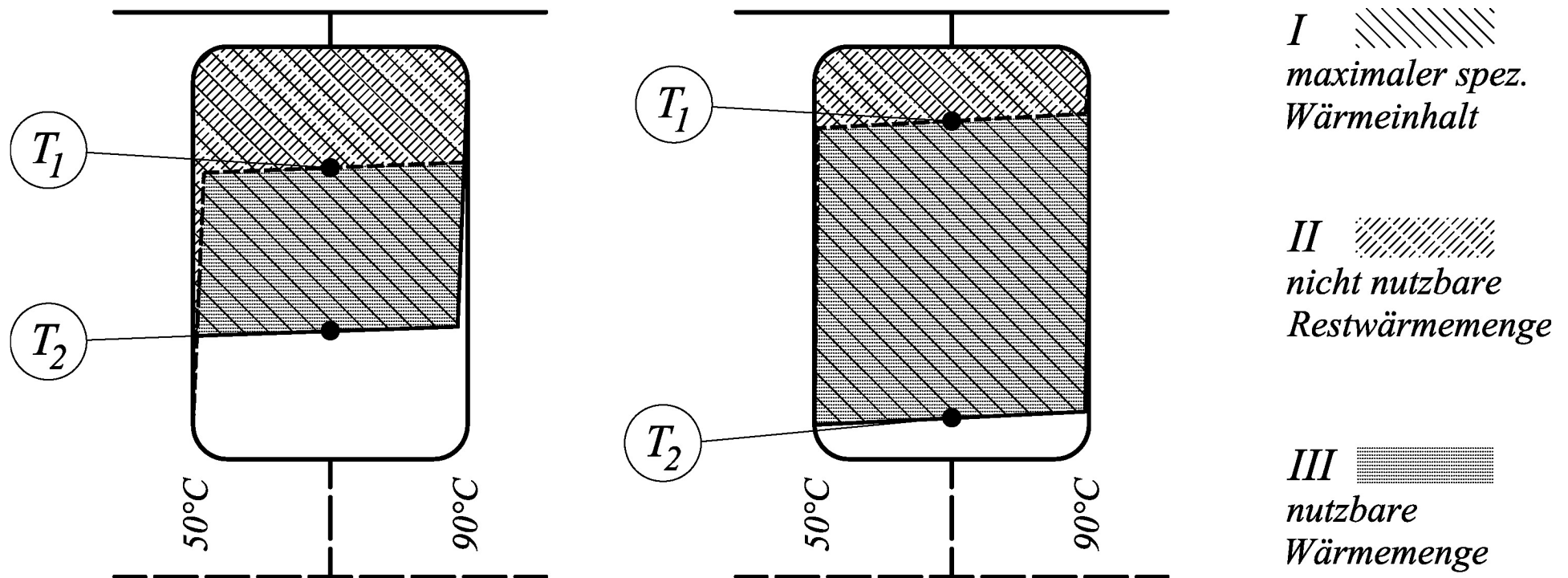
# Speicher-Effizienz-Darstellung nach Dietrich

## Ideal durchmischter Speicher



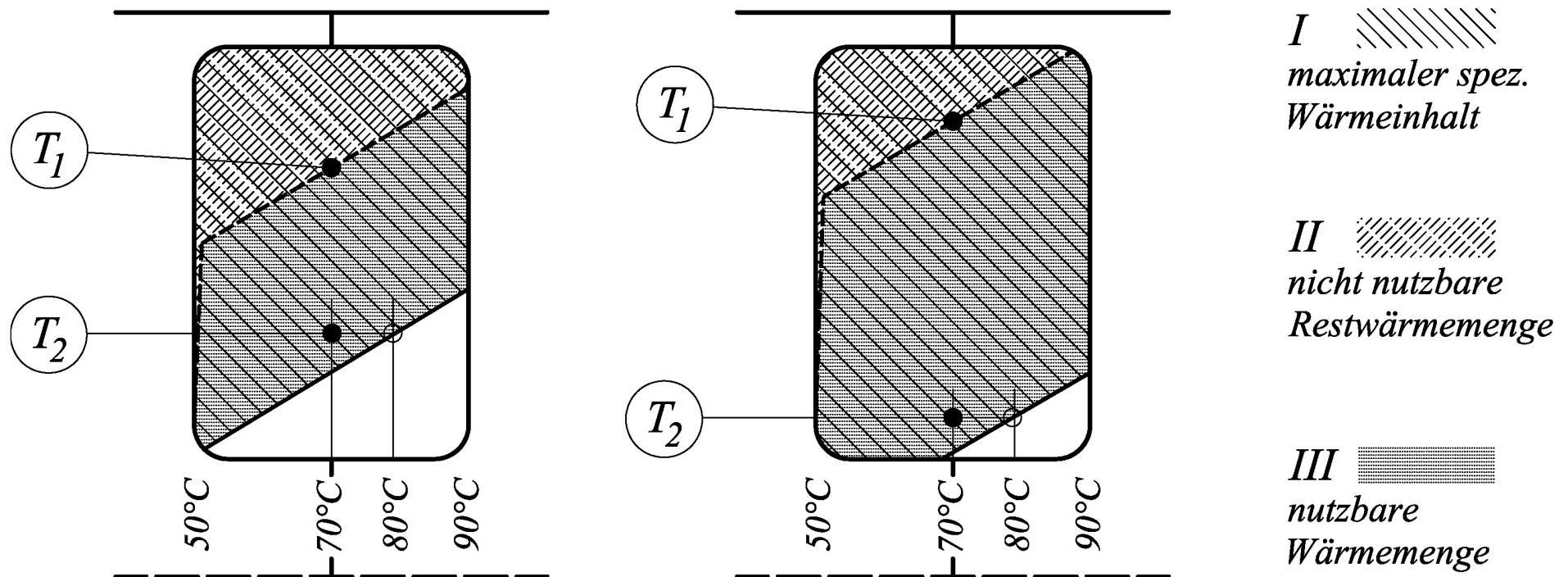
# Speicher-Effizienz-Darstellung nach Dietrich

## Ideal geschichteter Speicher



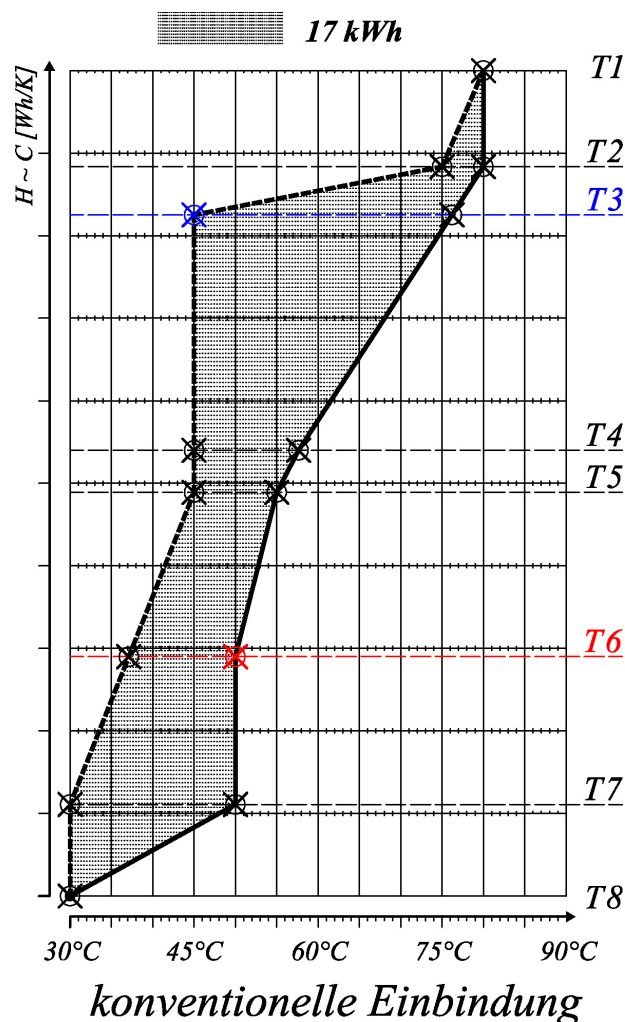
# Speicher-Effizienz-Darstellung nach Dietrich

## Linear geschichteter Speicher



# Analyse Pufferspeicher

## Effizienz-Darstellung nach Dietrich



Beladung ein:  $T_3 < 45^\circ\text{C}$

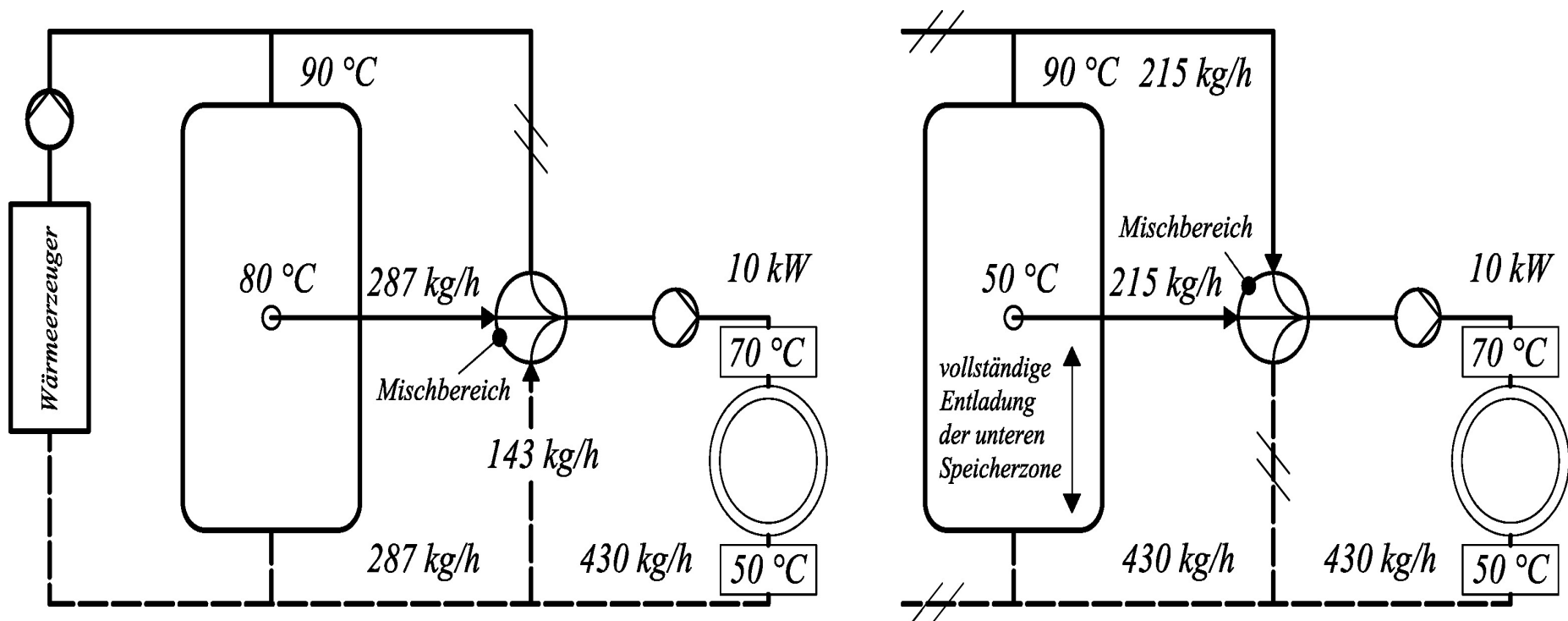
Beladung aus:  $T_6 > 50^\circ\text{C}$

Effektive Speicherkapazität 17 kWh

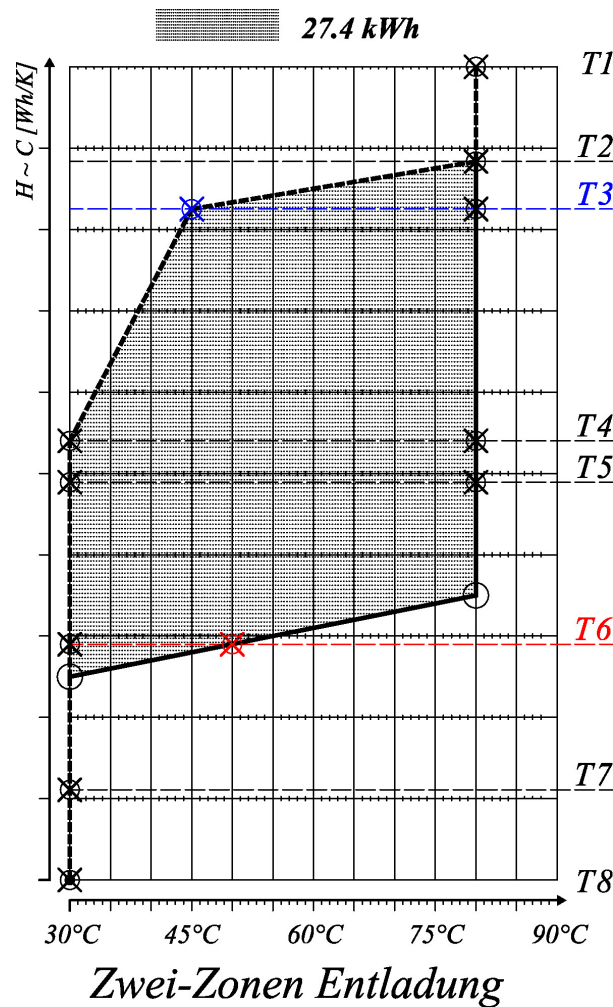
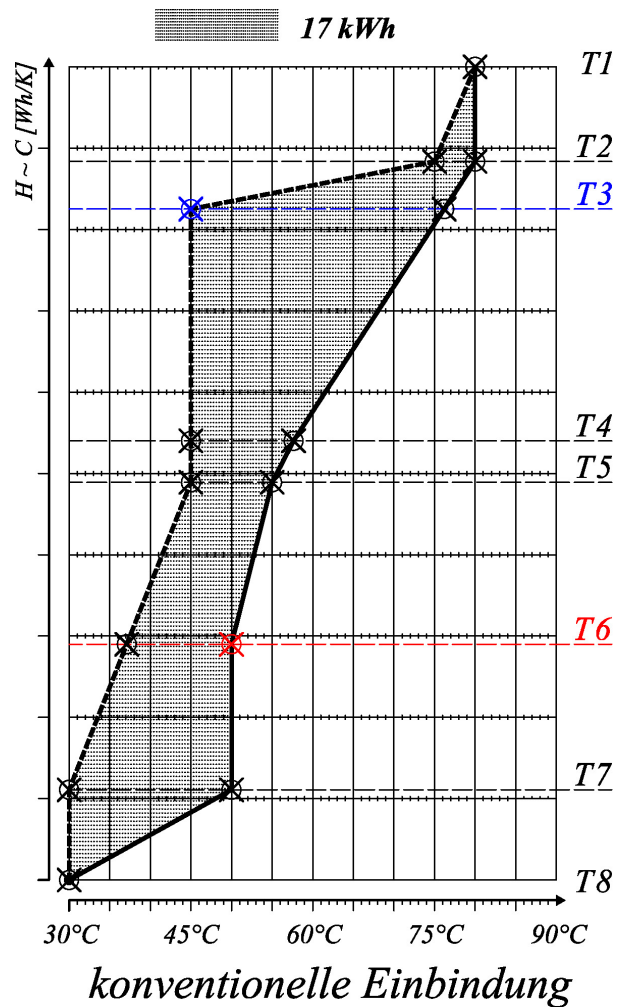


Theoretische Speicherkapazität 59 kWh

# Zwei-Zonen-Pufferspeicher- Entladung



# Analyse Pufferspeicher



Beladung ein:  $T_3 < 45^\circ\text{C}$

Beladung aus:  $T_6 > 50^\circ\text{C}$

**Effizienzsteigerung:**

- Zwei Zonen Entladung

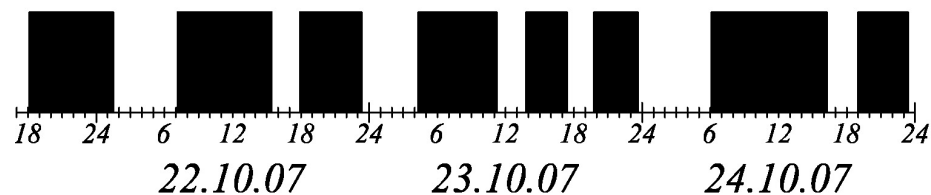
Faktor 1,6

- Fühlerpositionierung

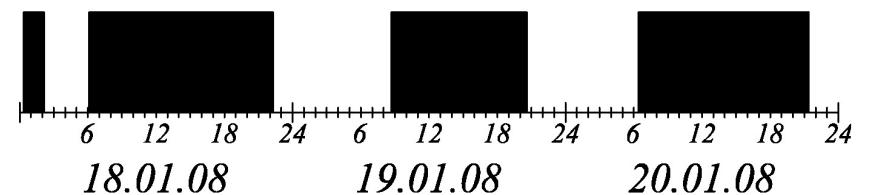
Faktor 1,5

# Laufzeitvergleich BHKW durch hydraulische Umstellung

*konventionelle Betriebsweise*



*Zwei-Zonen-Betrieb*



Nur noch ein Start am Tag!





**Vielen Dank  
für Ihre Aufmerksamkeit!**

**Noch Fragen?**