



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

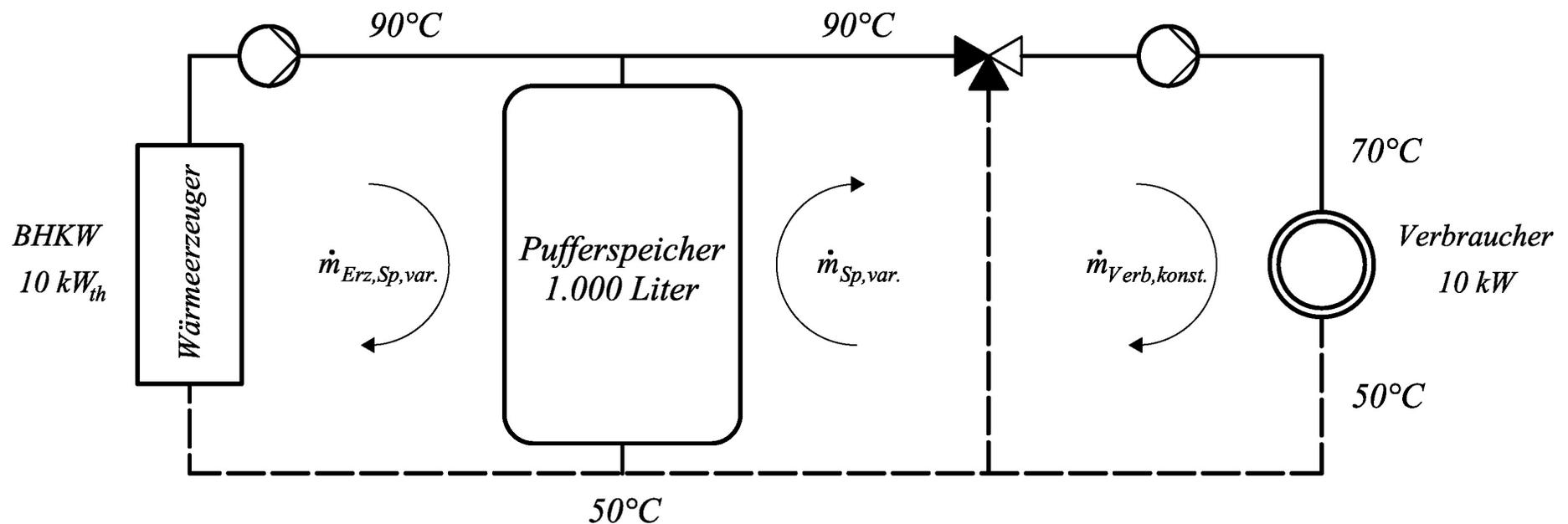
Ungleichgewicht Wärmeangebot / Wärmenachfrage

- 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: $Q = m \cdot c_p \cdot \Delta t$



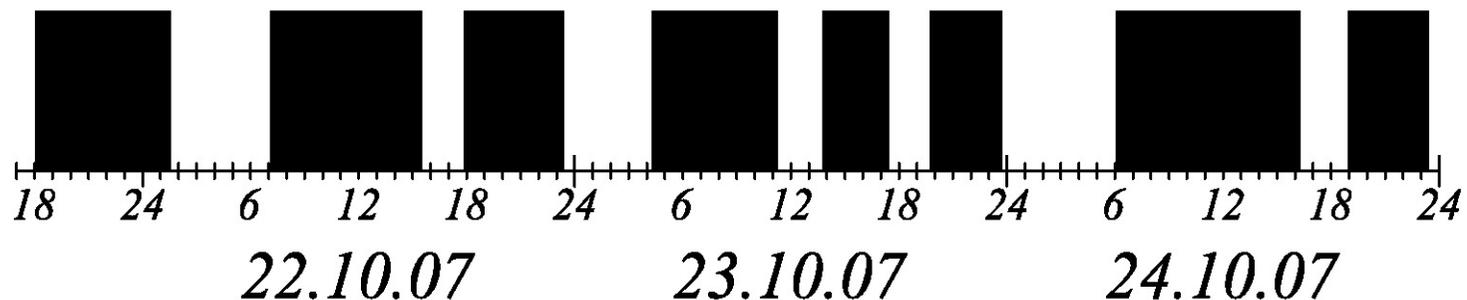
$$Q = 1000 \text{ kg} \cdot 4,2 \text{ kJ/kg K} \cdot 40 \text{ K} = 47 \text{ kWh}$$

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



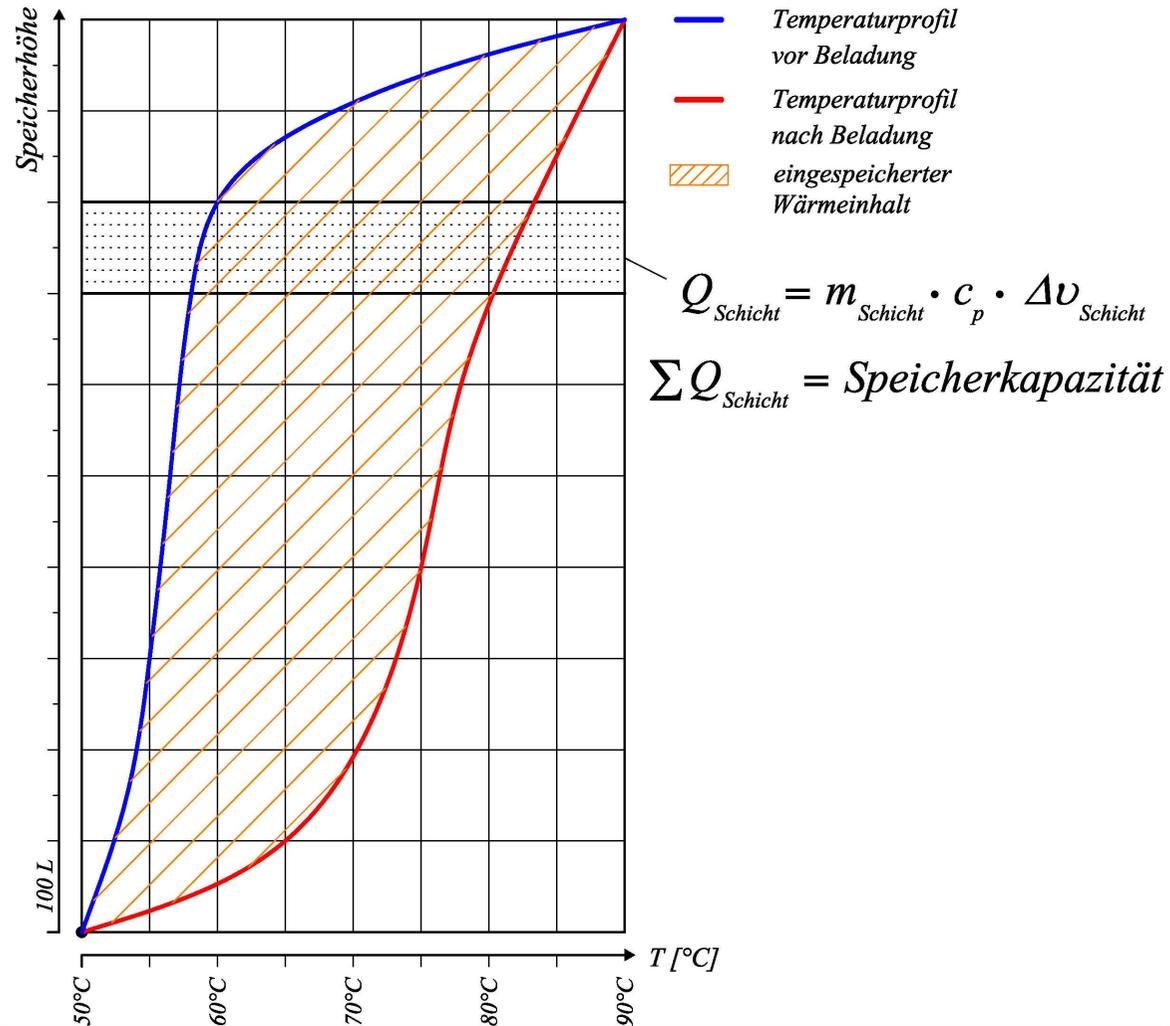
⇒ Kurze Schaltzyklen deuten auf

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

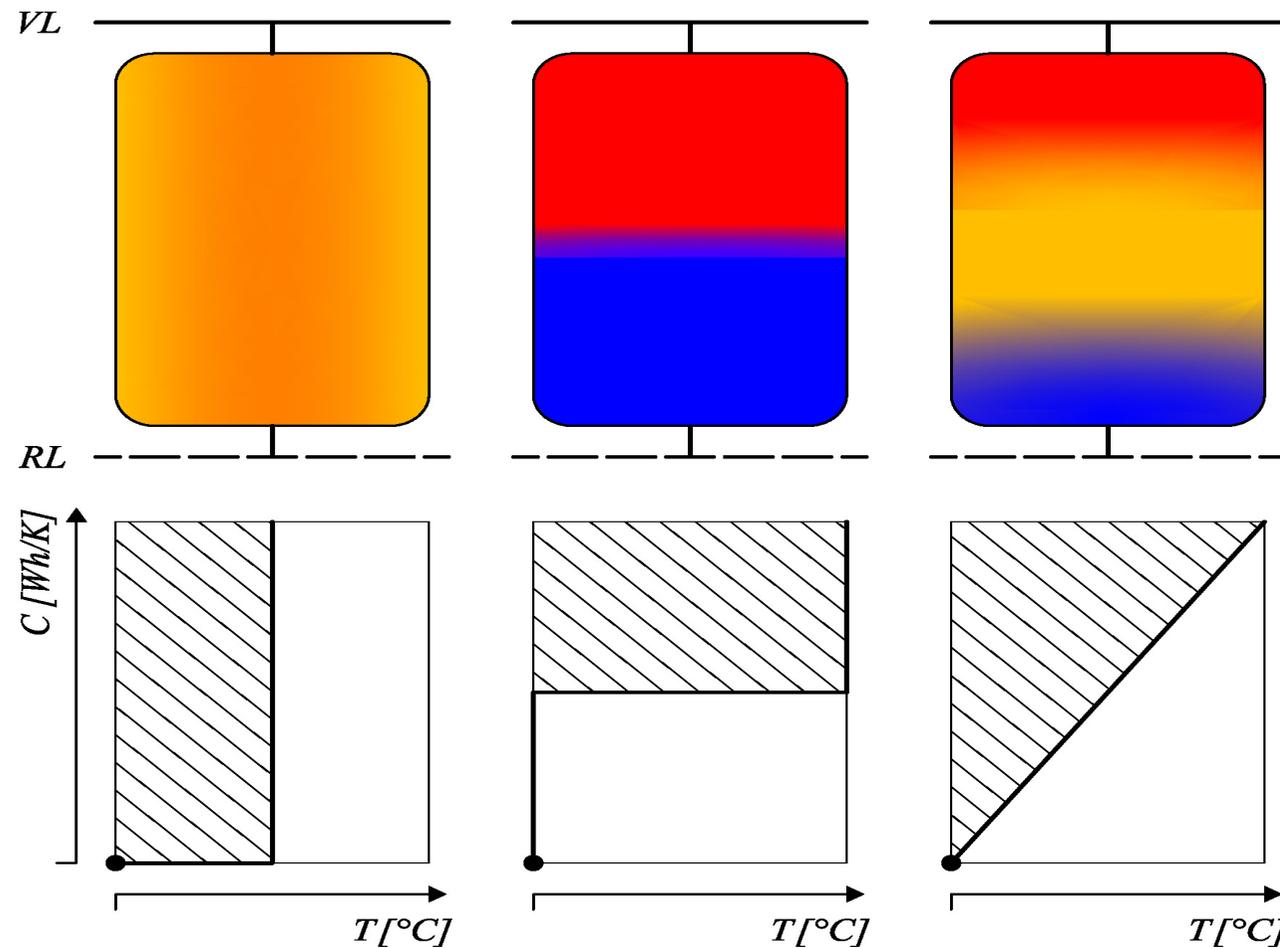


Idealisierte Wärmespeicher

ideal gemischt

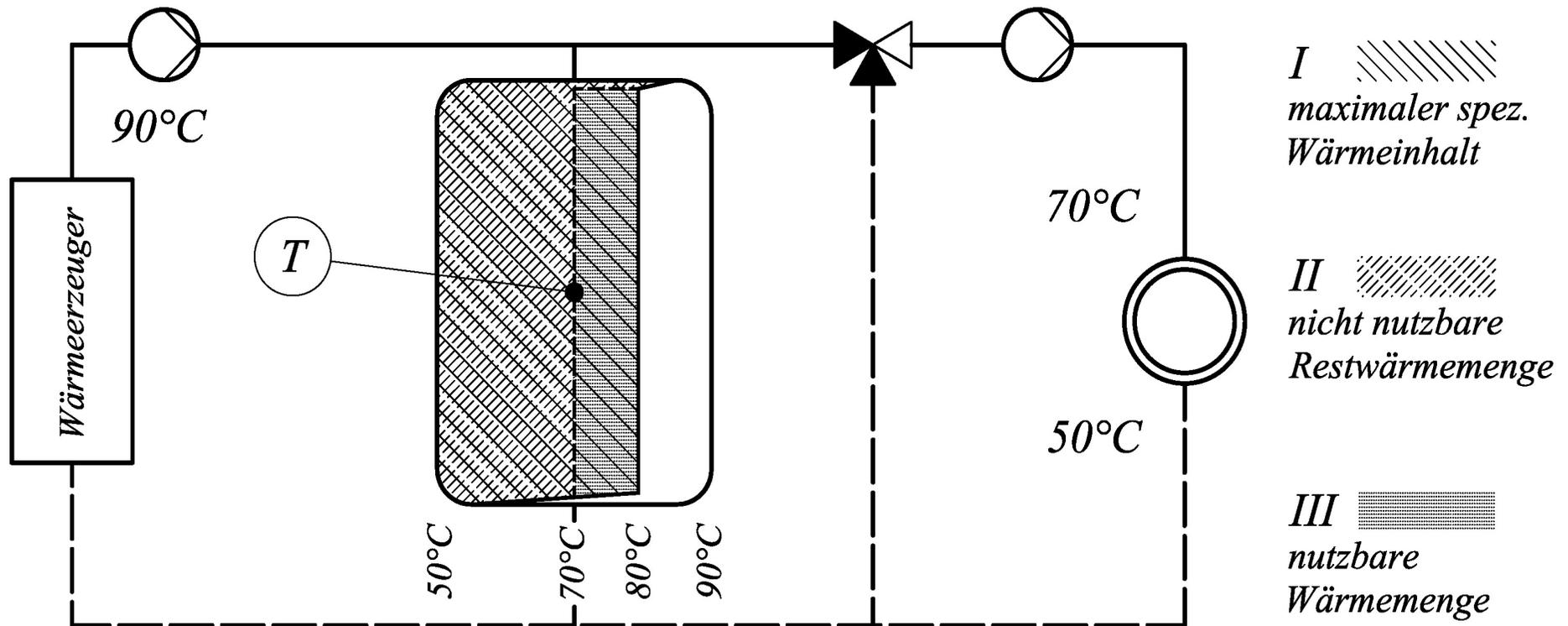
ideal geschichtet

linear geschichtet



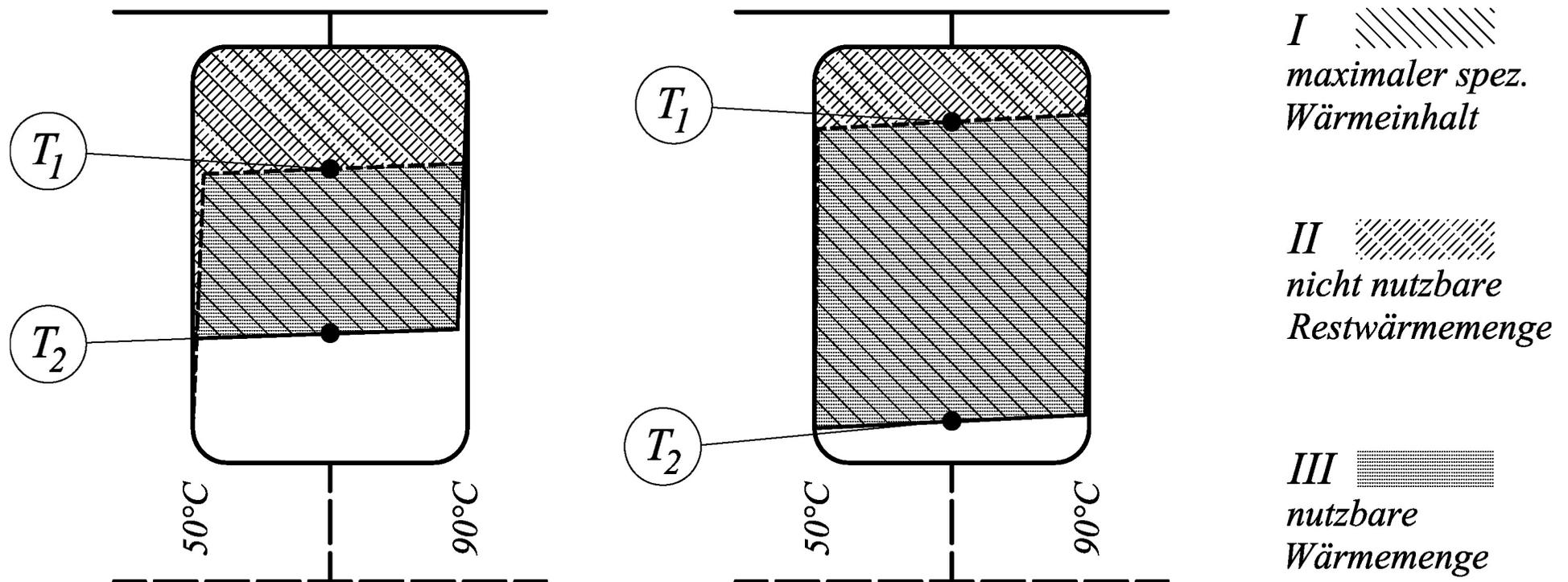
Speicher-Effizienz-Darstellung nach Dietrich

Ideal durchmischter Speicher



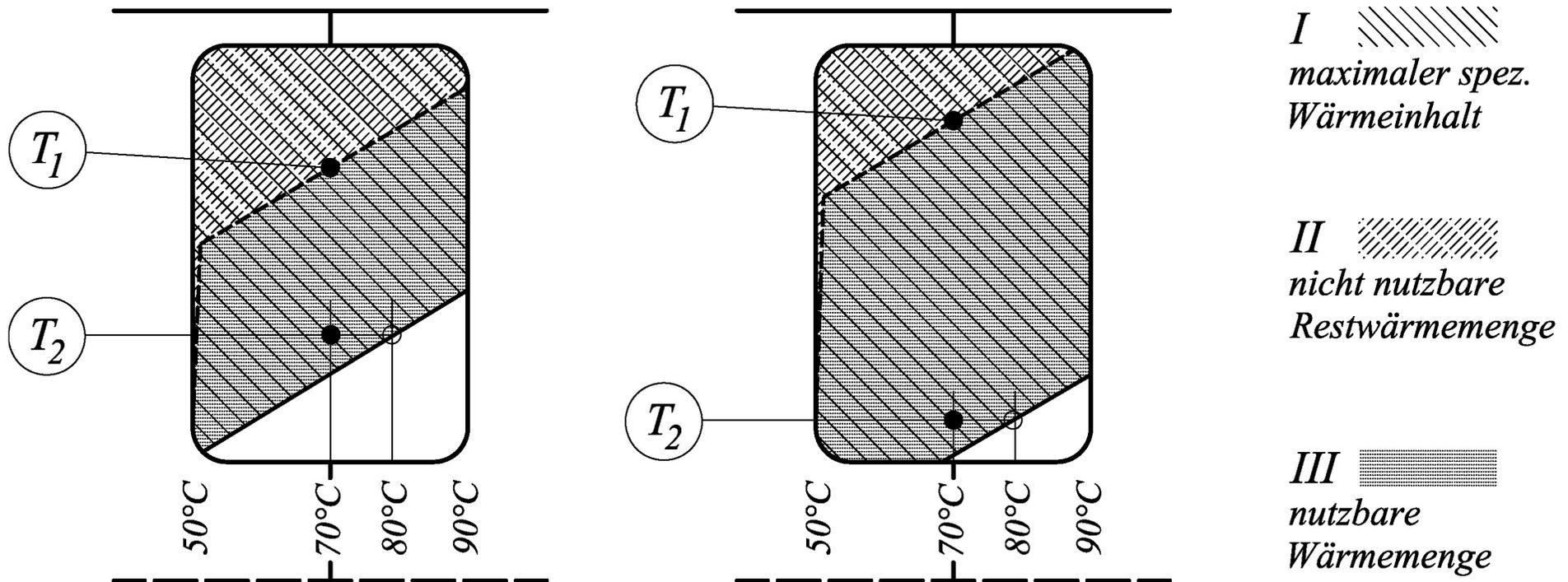
Speicher-Effizienz-Darstellung nach Dietrich

Ideal geschichteter Speicher



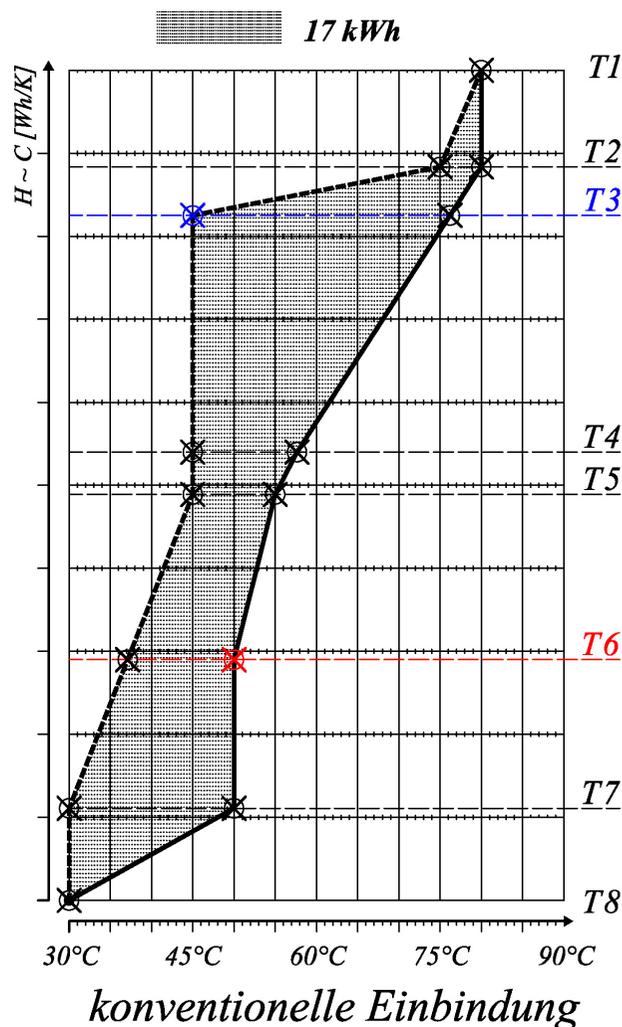
Speicher-Effizienz-Darstellung nach Dietrich

Linear geschichteter Speicher



Analyse Pufferspeicher

Effizienz-Darstellung nach Dietrich



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

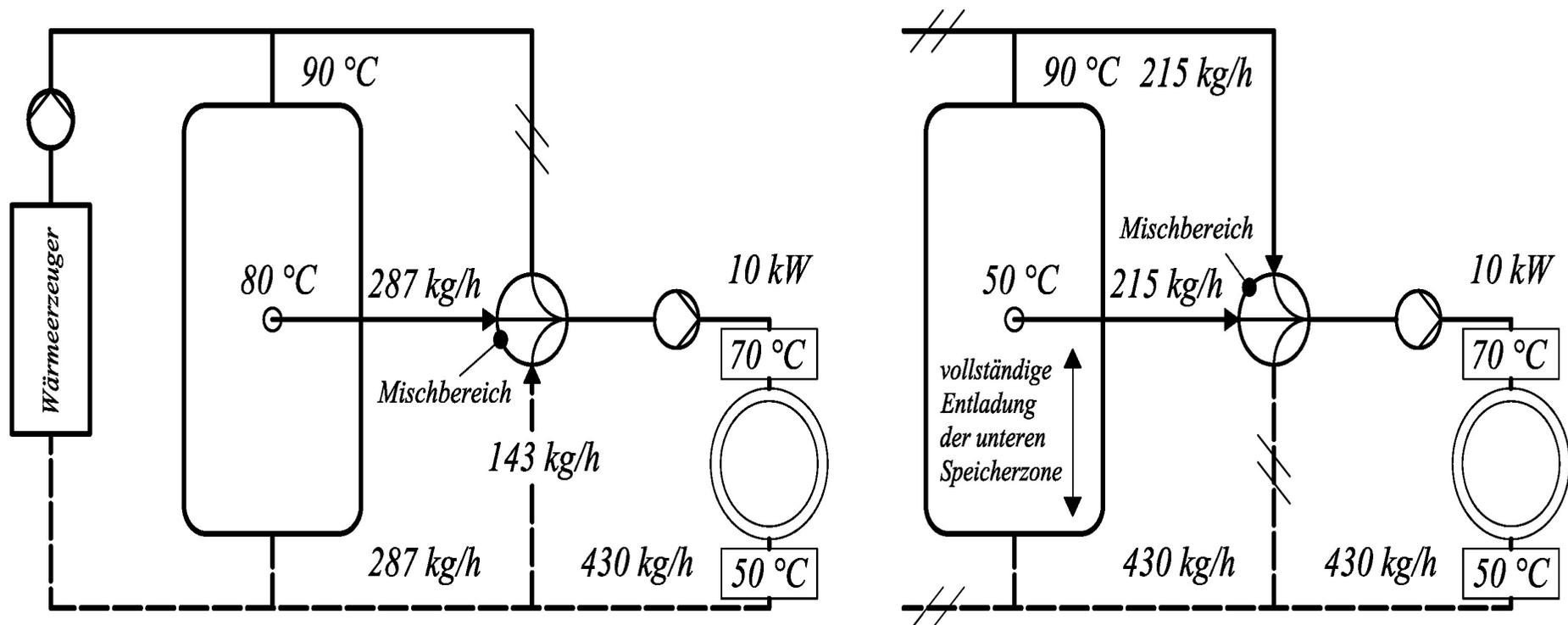
Beladung aus: $T_6 > 50^\circ\text{C}$

Effektive Speicherkapazität 17 kWh

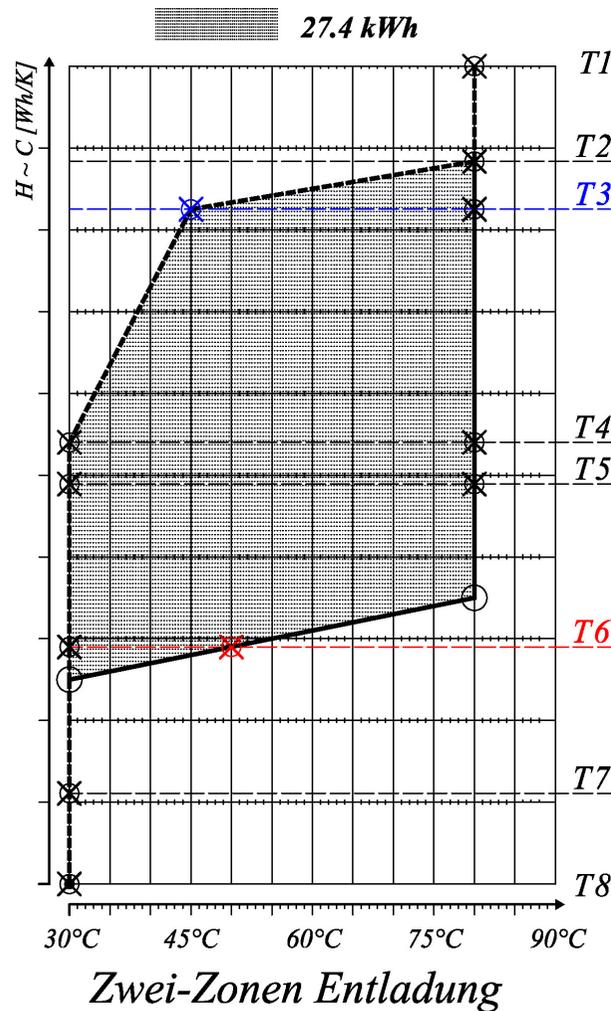
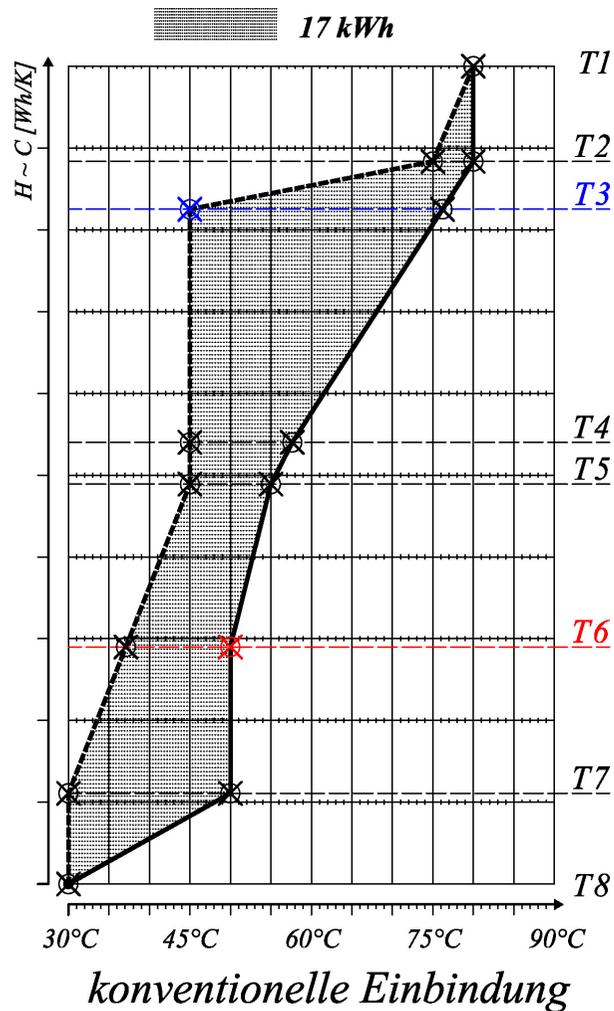


Theoretische Speicherkapazität 59 kWh

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

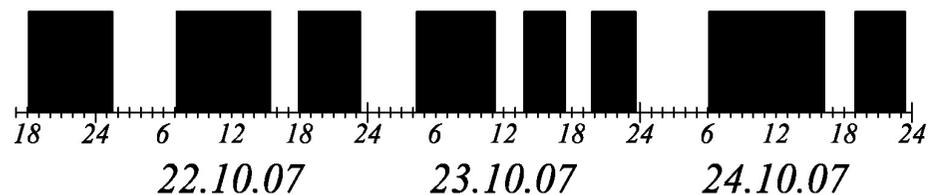
Faktor 1,6

- Fühlerpositionierung

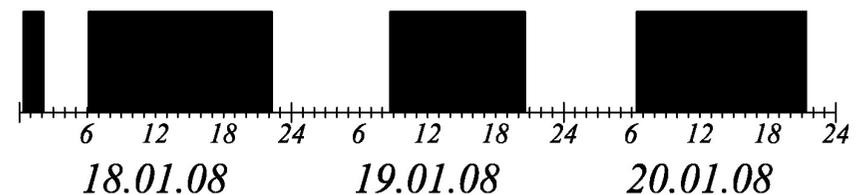
Faktor 1,5

Laufzeitvergleich BHKW durch hydraulische Umstellung

konventionelle Betriebsweise



Zwei-Zonen-Betrieb



Nur noch ein Start am Tag!



**Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit!**

Noch Fragen?