

Abschätzung der Kühlleistung von Reaktoren mittels kalorimetrischer Daten

M. Kerscher, Hochschule München; Mischa Schwaninger, Swissi PS



Process Safety

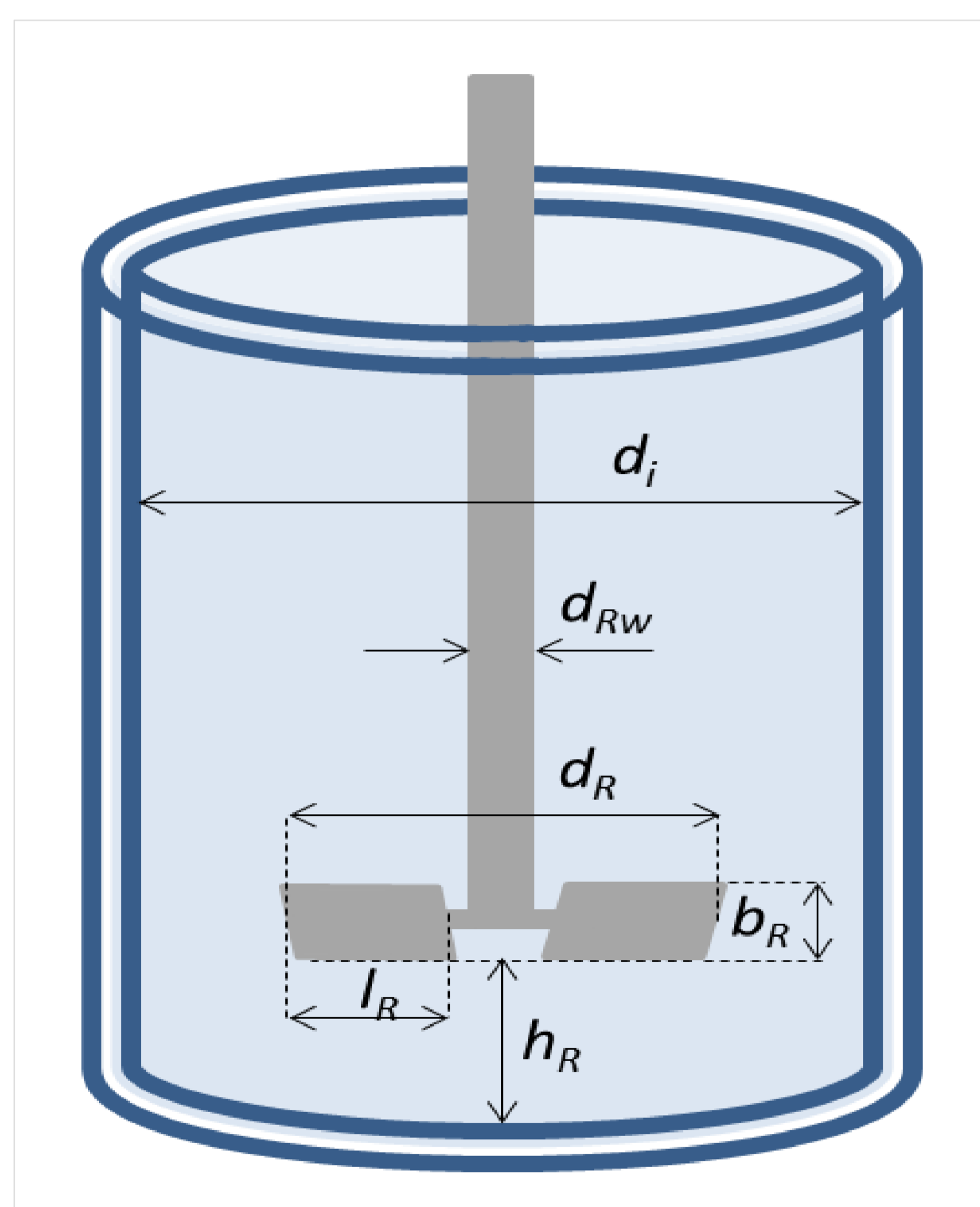
Hintergrund

Die Kenntnis der Kühlkapazität eines Reaktors ist elementar zur Beurteilung der thermischen Prozesssicherheit. Sobald die Reaktionswärme nicht mehr abgeführt werden kann, kommt es zum Wärmestau und damit zum Temperaturanstieg im Reaktor. Dies führt zu einer weiteren Beschleunigung der Reaktion, bzw. zu einer exponentiellen Erhöhung der Wärmeleistung und im Extremfall zum thermischen „Runaway“.

Die Beurteilung der Kühlkapazität erfolgt anhand des Wärmedurchgangskoeffizienten U ; [$W/(m^2 \cdot K)$]. Dieser Parameter ist u.a. abhängig von der Reaktionsmasse, sowie dem Rühr- und dem Kühlsystem. Der Wärmedurchgangskoeffizient von Reaktoren wurde oft nur mit Wasser ermittelt und ist für die effektiv eingesetzten Medien nicht bekannt. Ausserdem kann dieser Parameter infolge von „Fouling“ (z.B. Ablagerungen, Korrosion, biologische Belagsbildung) über die Zeit stark abnehmen.

Ziel

Abschätzung der reaktionsspezifischen Kühlkapazität eines Rührkessels im Produktionsmassstab basierend auf kalorischen Labordaten (Wilson-Methode) sowie einer generischen Kühlkurve pro Reaktor.



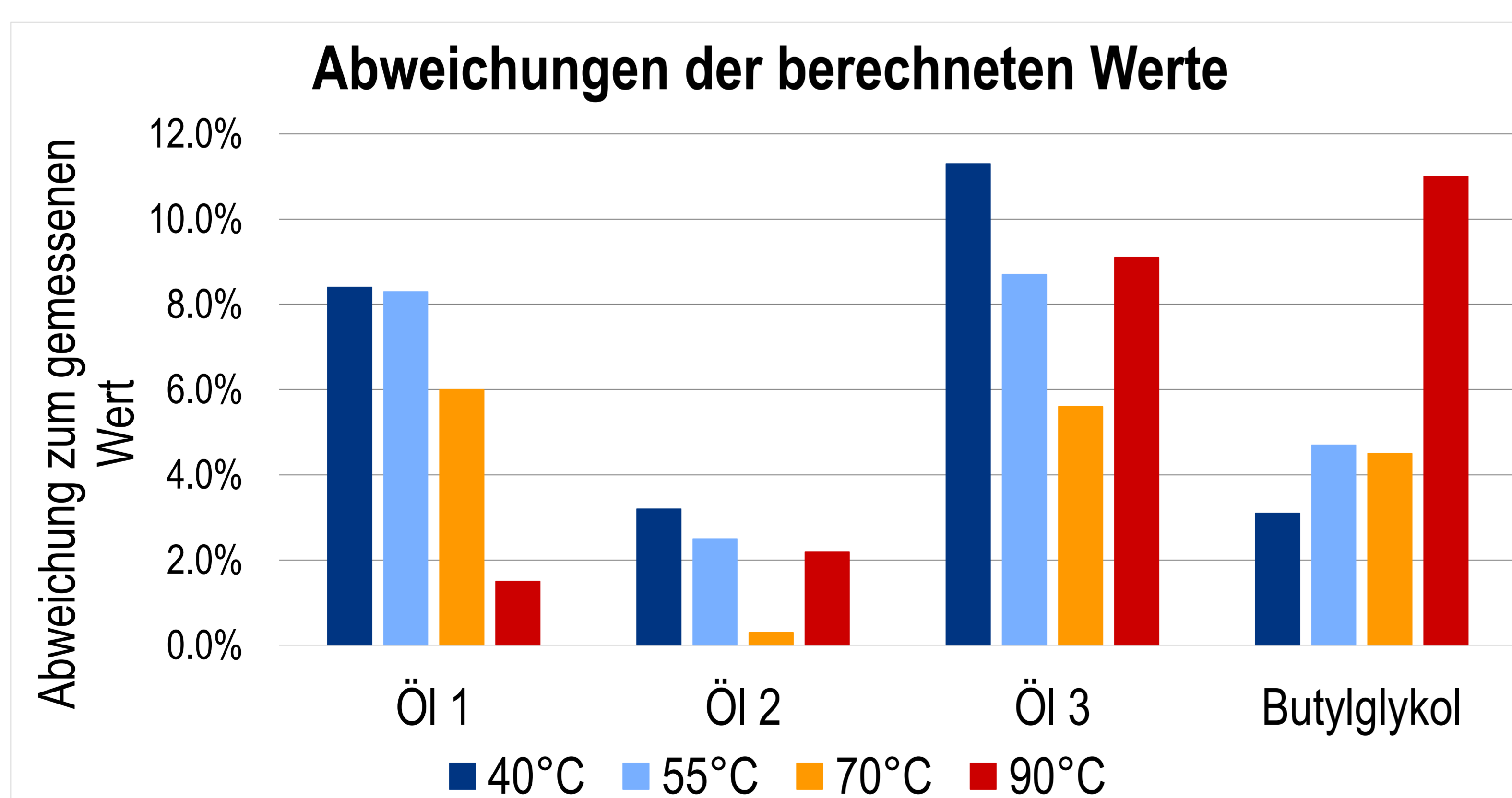
Schematischer Rührkessel mit den relevanten Abmessungen für die Maßstabsübertragung

Vorgehensweise

- Möglichst **ähnliche innere Geometrie** des Laborkessels und des Produktionskessels
- **Verwendung gleicher Rührergeometrien**, maßstabsgerecht
- Messung des Wärmedurchgangskoeffizienten U (Wärmeabfuhr bezogen auf die verfügbare Kühlfläche und die Temperaturdifferenz zwischen Reaktor- und Kühlmedium) einer Referenzflüssigkeit (meist Wasser) im Betriebsreaktor unter Berücksichtigung der üblichen Füllgrade und Rührerdrehzahlen.
- Messung des Wärmedurchgangskoeffizienten U im Labor (Reaktionskalorimeter) mit der Referenzflüssigkeit sowie mit den realen Reaktionsmedien, bei entsprechend angepasster Drehzahl.
- Berechnung der **Wärmedurchgangskoeffizienten U im Betriebsreaktor** für die realen Reaktionsmedien aus:
 - U der Referenzflüssigkeit im Kalorimeter
 - U der realen Reaktionsmedien im Kalorimeter
 - U der Referenzflüssigkeit im Betriebsreaktor

Untersuchungen

Messungen wurden mit **Wasser** (als Referenz), verschiedenen **Prozessölen** und **Butylglykol** (Lösungsmittel) bei verschiedenen Temperaturen im Labor (1,5 Liter) und in der Produktion (12,5 m³) durchgeführt. Aus den Messwerten im Labor wurde der Wärmedurchgangskoeffizient für den Betriebsreaktor berechnet und dann verglichen mit den gemessenen Werten aus dem Betrieb, welche anhand von Abkühlkurven mit denselben Medien ermittelt wurden.



Ergebnis

Die aus den kalorimetrischen Daten abgeschätzten Werte zeigen relativ moderate Abweichungen zu den tatsächlich gemessenen und übertreffen damit die Erwartungen. Diese Methode bietet somit eine zusätzliche Möglichkeit, die Kühlleistung eines Produktionsreaktors auf einfache Weise und unter vernünftigem Zeitaufwand abzuschätzen.

Kontakt: Mischa Schwaninger, mischa.schwaninger@tuev-sued.ch