

Messung isobarer Enthalpiedifferenzen von Wärmeträgerfluiden unter betriebsrelevanten Bedingungen

Christian Jung, Anke Nietsch und Carsten Spenke

Motivation

Der in Parabolrinnenkraftwerken am häufigsten verwendete Wärmeträger ist ein Gemisch aus 26,5% Biphenyl (BP) und 73,5% Diphenylether (DPO).

Die Wärmekapazität des Fluids bestimmt den Massenstrom, der zur Aufnahme der Wärme aus dem Solarfeld innerhalb der festgelegten Temperaturgrenzen erforderlich ist und wirkt sich aufgrund des Energiebedarfs der Pumpen auf die Wirtschaftlichkeit der Anlage aus.

Ogleich der Wärmeträger seit den 1930er Jahren bekannt ist, wird zur Wärmekapazität in dem für Parabolrinnenkraftwerke relevanten Temperaturbereich von 300 – 400 °C in der wissenschaftlichen Literatur nur lückenhaft berichtet. [1, 2-3] Der etwaige Einfluss von mechanischem Druck ist bisher nicht bei hoher Temperatur untersucht worden.

Die Angaben in den Datenblättern von Industrieprodukten wie Dowtherm™ A (Dow), Therminol® VP-1 (Eastman) und Diphyl® (Lanxess) unterscheiden sich deutlich. [4-6] Lanxess gibt die kleinsten Werte und einen Anstieg proportional zur Temperatur an, Eastman und Dow weisen dagegen progressive Trends ab etwa 350 °C aus (Abb. 1). Mit diesen Angaben werden zwischen 300 °C und 400 °C um bis zu 3% voneinander abweichende Enthalpiedifferenzen berechnet.

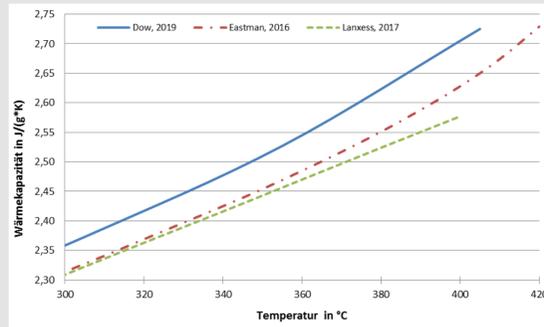


Abb. 1: Wärmekapazität des eutektischen Gemisches aus BP/DPO gemäß Herstellern [4-6]

Ansatz

In dieser Studie wird die Wärmekapazität von eutektischem DPO/BP mittels Calvet-DSC beim Sättigungsdampfdruck bis über 400 °C bestimmt und der Einfluss der Messbedingungen untersucht.

Die Wärmeaufnahme bzw. Enthalpieänderung (Δh_{sat}) zwischen 300 – 400 °C wird aus der Wärmekapazität (c_{sat}) durch Integration berechnet:

$$\Delta h_{sat} = \int_{T_1}^{T_2} c_{sat} dT$$

Um den Einfluss von mechanischem Druck zu ermitteln, wie er in einer Solaranlage im Kollektorfeld auftritt, wird eine Kompressionsschleife zur Messung isobarer Enthalpieänderungen (Δh_p) eingesetzt. Der Wärmeträger wird mittels Kolbenpumpe durch eine Aufheizzone gefördert, bevor er in einem Wärmetauscher zur Bilanzierung der aufgenommenen Wärme mittels Wasser kontrolliert abgekühlt wird.

Ergebnisse

Die Messungen mit dem Calvet-DSC zeigt bei 400 °C um bis zu 4% abweichende Wärmekapazitäten bei der Steigerung der Beladung von ca. 40 mg auf 80 mg pro 130 µl-Tiegel (Abb. 2). Bei großer Probenbeladung pro Tiegel ist ein linearer Anstieg festzustellen, bei geringer Beladung eine sich verstärkende Zunahme bei hohen Temperaturen. Die scheinbar größeren Werte bei geringer Beladung sind durch stärkere Verdampfung bedingt.

Die mit der Kompressionsschleife ermittelten isobaren Enthalpiedifferenzen zwischen 400 °C und 300 °C nehmen mit zunehmender mechanischer Druckbeaufschlagung signifikant gegenüber der Enthalpiedifferenz am Sättigungsdampfdruck ab (Abb. 3).

Literatur

- [1] Grebe, J. J. (1932). Composition of matter, US 1,882,809.
- [2] J. C. Gomez, G. C. Glatzmaier, M. Mehos, (2012). Heat capacity uncertainty calculation for the eutectic mixture of biphenyl/diphenyl ether used as heat transfer fluid, 18th SolarPACES Annual Conference, Marrakech, Morocco.
- [3] D. Cabaleiro, J. J. Segovia, M. C. Martín, L. Lugo, J. Chem. Thermodyn. 93 (2016) 86-94.
- [4] Diphyl brochure, Lanxess Deutschland GmbH, Edition 2/2017.
- [5] Therminol VP1, Eastman Chemical Company, Edition F-09A 6/16.
- [6] Dowtherm A Technical Data Sheet, Dow Chemical Company.

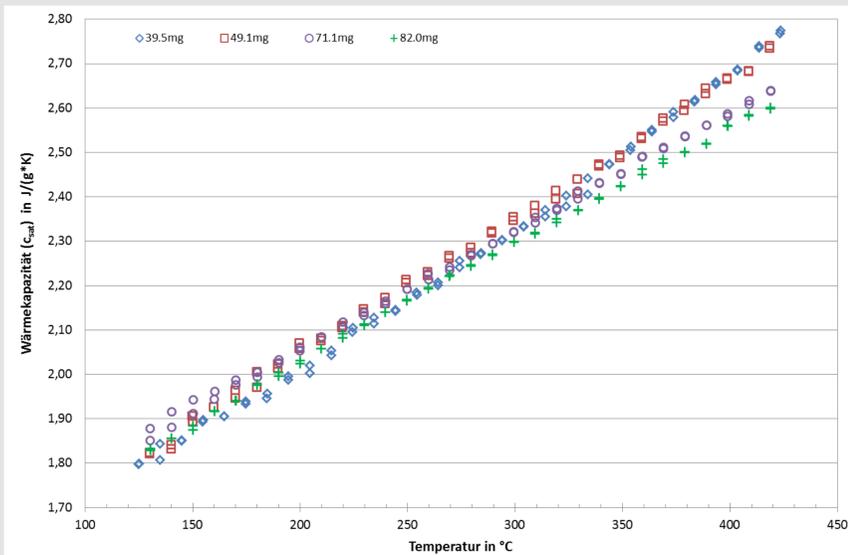


Abb. 2: Wärmekapazitätsdaten unter Sättigungsdampfdruck von eutektischem BP/DPO gemäß Calvet-DSC je nach Füllmenge pro 130 µl-Tiegel

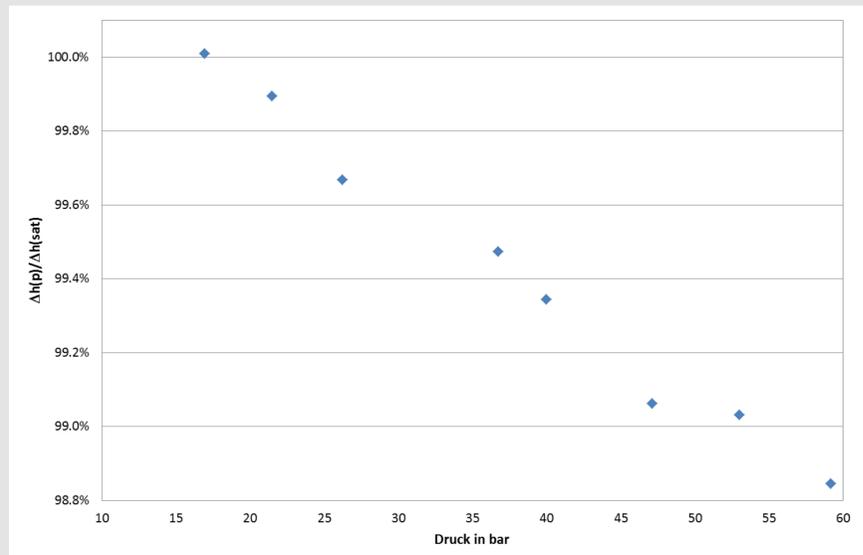


Abb. 3: Übereinstimmung der isobaren mit der unter Sättigungsdampfdruck ermittelten Enthalpiedifferenz von eutekt. BP/DPO zwischen 400 °C und 300 °C

Kontakt: **Institut für Solarforschung** | Solare Verfahrenstechnik | Köln | Christian Jung
Telefon: 02203/601 2490 | E-Mail: Christian.Jung@dlr.de