

Untersuchung des Gaslösungsvermögens von Wärmeträgermedien

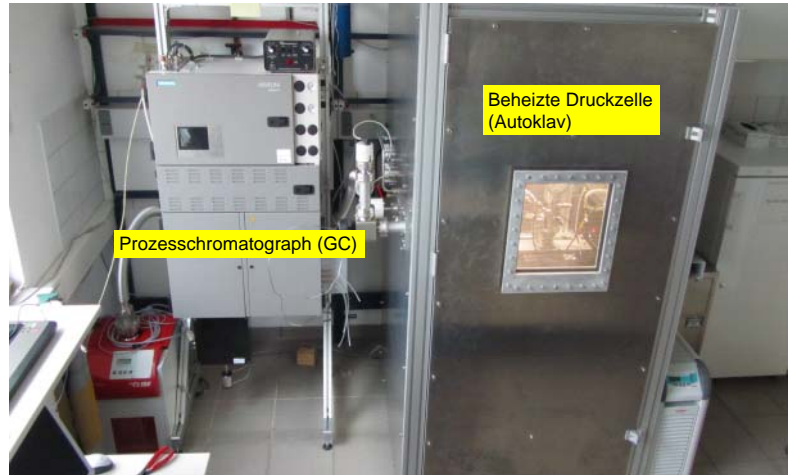
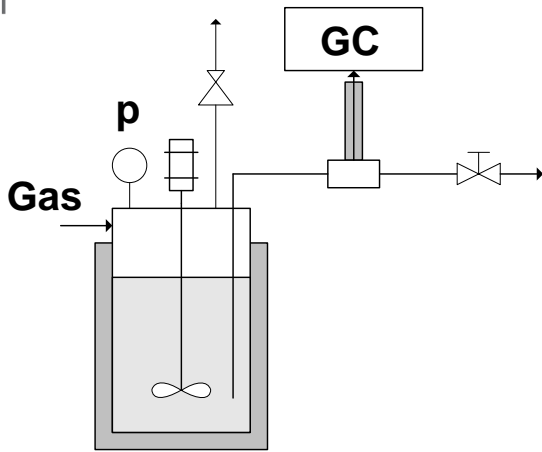


Abbildung 1: Teststand zur experimentellen Ermittlung der Gaslöslichkeit in Wärmeträgermedien (links: schematischer Aufbau)

Wärmeträgermedien in Energie- und Verfahrenstechnik

Organische Wärmeträger sind vielfältig bewährt. Durch ihre Eigenschaften wie moderater Dampfdruck und niedriger Schmelzpunkt ist der Betrieb bei hohen Temperaturen wie auch die Systemwartung bei Umgebungstemperatur mit geringem Aufwand umzusetzen. Sie werden in vielfältigen Prozessen der chemischen und petrochemischen sowie der Kunststoff verarbeitenden Industrie aber auch in der Kraftwerkstechnik und nicht zuletzt in solarthermischen Kraftwerken zur Übertragung von Wärme bei gegenwärtig bis zu 400°C eingesetzt. Durch neue Siliconöle sind zukünftig noch wesentlich höhere Einsatztemperaturen zu erwarten.

Um große Wärmeträgeranlagen effizient auszulegen, werden außer den Alterungseigenschaften präzise phys.-chem. Daten für Dampfdruck, Viskosität, Wärmekapazität und das Lösungsvermögen für Gase im gesamten Betriebstemperaturbereich benötigt. So ist das Lösungsvermögen von Stickstoff relevant zur Auslegung der Inertisierung. Die Daten zu den gasförmigen Alterungsprodukten wie Wasserstoff können zudem zu deren effizienten Abtrennung beitragen.

In solarthermischen Parabolrinnenkraftwerken kommt bisher fast ausschließlich die eutektische Mischung von Diphenylether (DPO) und Biphenyl (BP) als Wärmeträger zum Einsatz. Bereits für diesen Standard sind nur spärliche Angaben zur Gaslöslichkeit in der Literatur beschrieben. Für Siloxane liegen nur für einige wenige Beispiele Angaben bei zumeist geringer Temperatur vor.

Bestimmung der Gaslöslichkeit bei hoher Temperatur

Kernstücke des Messaufbaus sind ein gerührter und thermostatisierbarer Autoklav und ein Prozessgaschromatograph. Der Autoklav ermöglicht die homogene stoffliche und thermische Verteilung und die präzise Bestimmung von Druck und Temperatur. Die im heißen Wärmeträger gelösten Gase werden durch direkten Probentransfer im Chromatographen analysiert (Aufbau: s. Abb. 1). Aus dem Partialdruck des untersuchten Gases über dem flüssigen Wärmeträger und aus der im Wärmeträger gelösten Gaskonzentration kann die Henry-Konstante für verschiedene Temperaturen ermittelt werden.

$$p_a = x_a \times H_a^T$$

p_a : Partialdruck Gas a
 x_a : Stoffmengenanteil Gas a in der Flüssigkeit
 $H_a(T)$: Henry Konstante (temperaturabhängig)

Durch automatisierte Analyse können zahlreiche Einzelbestimmungen gemittelt werden. Die selektive Analytik gestattet Vergleichsstudien von Gasen in Reinform und in Mischungen.

Nach der Bestimmung bei verschiedenen Temperaturen ermöglicht die Auswertung gemäß der Gibbs-Helmholtz Beziehung die Extrapolation der Henry-Koeffizienten im untersuchten Temperaturbereich.

$$\frac{\delta(\ln H_a^T)}{\delta\left(\frac{1}{T}\right)} = \frac{\Delta h_a}{R}$$

T: absolute Temperatur
 R: Allgemeine Gaskonstante
 Δh_a : partielle Lösungsenthalpie von Gas a

Ergebnisse und Ausblick

Zunächst wurde die Löslichkeit von reinem Wasserstoff in der eutektischen Mischung von DPO / BP bei 35°C, 150°C, 300°C und 400°C bei je mind. drei Partialdrücken zw. 5 - 40 bar ermittelt (s. Abb. 2).

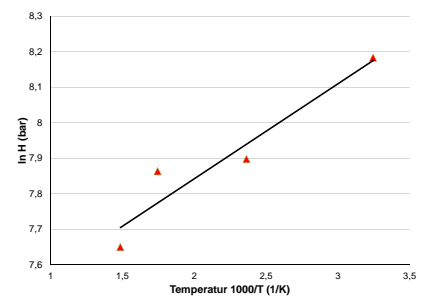


Abbildung 2: Gibbs-Helmholtz Auftragung zur Löslichkeit von Wasserstoff in der eutektischen Mischung von Diphenylether und Biphenyl

Mittels eines hochempfindlichen Detektors im Prozesschromatographen können auch Vergleichsstudien mit sehr geringen Konzentrationen von Wasserstoff in Stickstoff durchgeführt werden. Dadurch kann der Einfluss des im großen Überschuss vorliegenden Inertgases auf die Löslichkeiten der sich langsam bildenden gasförmigen Alterungsprodukte wie Wasserstoff untersucht werden.

Die Autoren danken dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit für die Förderung des Projektes AReWa (0325288B).

Gefördert durch:



Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Institut für Solarforschung | Solare Verfahrenstechnik | Linder Höhe | 51147 Köln

Christian Jung, Marion Senholdt

Telefon 02203 601-2940 | Telefax 02203 601-4141 | christian.jung@dlr.de

www.DLR.de/sf www.DLR.de/energie



Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt