

Restentgasung von Polymerschmelzen

Einleitung und Zielsetzung

Die mathematisch-physikalische Beschreibung des druck- und diffusionsbedingten Wachstums eines Polymerschaums soll am Beispiel der Restentgasung von hochviskosen Polymeren durch Entspannungsverdampfung mit Hilfe von gasförmigen Schleppmitteln gezeigt werden. Unter hohem Druck dispergiertes Schleppmittel verdampft bei Druckerniedrigung und fördert dadurch den Übergang von flüchtigen Verunreinigungen und Rückständen in die Gasphase. Diese Gasphase liegt nun in Blasenform in einer Schaumstruktur vor.

Ziel ist es, das Blasenwachstum und somit die Schaumvolumenentwicklung sowie die Konzentrationsverläufe der Komponenten und den Entgasungserfolg zu beschreiben.

Modellierung

Der Schäumungsvorgang wird in zwei Modellphasen unterteilt. Diese unterscheiden sich durch die Gestalt der Blasenformen und damit verbunden durch die räumliche Verteilung der hochviskosen Flüssigkeit um die Blasen. In der ersten Modellphase wird angenommen, dass die durch chemische und physikalische Vorgänge entstandene Gasphase zu Beginn des Schäumens in Form polydisperser, kugelförmiger Blasen in der hochviskosen Flüssigkeit verteilt ist. Diese Blasenkeime sind in einer kubisch-flächenzentrierten Raumstruktur angeordnet.

■ Modellannahmen:

- Uni- oder äquibiaxiale Dehnströmung in einer Kugelschale
- Flüssigkeit inkompressibel
- Gasphase ist ideal
- Henrysches Gesetz gültig

$$\xi_{OL,1} = \frac{p_1}{H_{W,1}(\xi_1, T)} \cdot \xi_1 \ll 1$$

- Phasengrenze im thermodynamischen Gleichgewicht
- Ficksche Diffusion
- Gasphase ist homogen

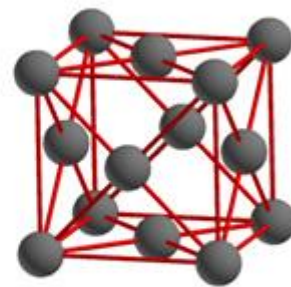
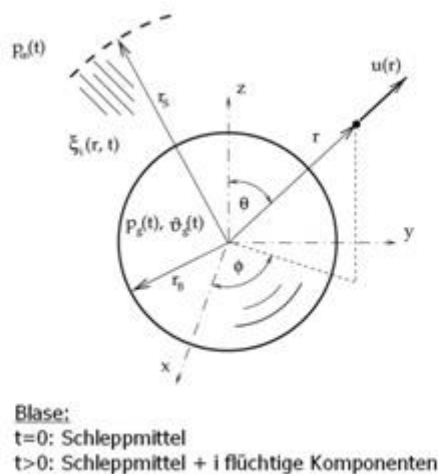


Abb. 1: Modellphase Kugelschaum: Räumliche Anordnung der Blasenkeime und Modellannahmen

Infolge von Wechselwirkungen zwischen den Blasen beginnen sich im weiteren Verlauf des Schaumwachstums mit zunehmendem Schaumvolumen polyederförmige Blasen auszubilden.

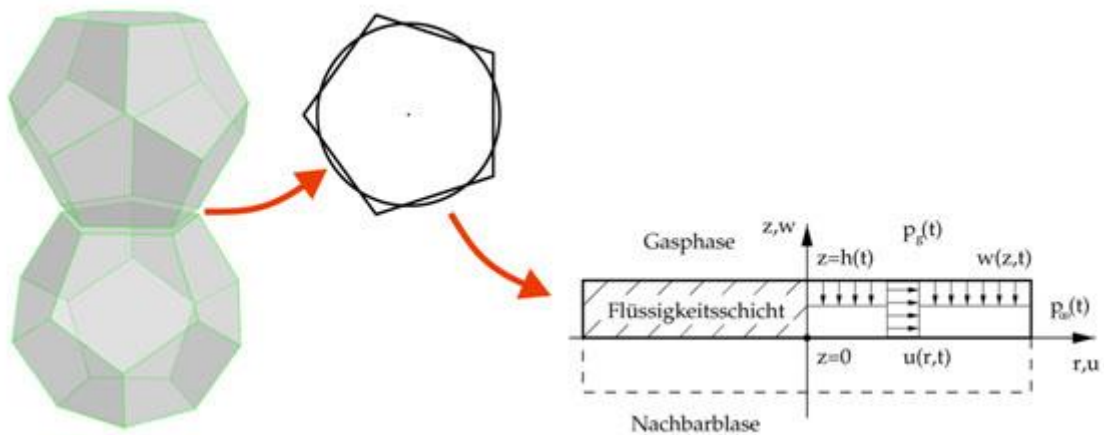


Abb. 2: Modellphase Polyederschaum: Blasen in Pentagondodekaeder-Form mit dazwischen liegender Flüssigkeitslamelle

In der zweiten Modellphase, der Bildung des Polyederschaums, wird daher postuliert, dass die Blasen die idealisierte Form eines Pentagon-Dodekaeders besitzen. Die Schaumstruktur ist dabei unverändert geschlossenzellig und die Flüssigkeit in Form dünner, ebener Lamellen zwischen den Blasen verteilt.

In beiden Modellphasen wird das Schaumwachstum schließlich durch die Lösung problemspezifisch formulierter Erhaltungsgleichungen für Masse, Impuls und Energie in Ergänzung reaktionstechnischer Gesetzmäßigkeiten und rheologischer Eigenschaften (newtonsch, strukturviskos oder viskoelastisch) der zu beschreibenden Stoffsysteme berechnet. Der stetige Wechsel zwischen den Modellphasen wird durch geeignete Übergangsbedingungen beschrieben.

Experimentelle Validierung

Die Validierung des theoretischen Modells erfolgt anhand von diskontinuierlichen Schäumversuchen mit hochviskosen Fluiden. In den Versuchen werden die Konzentrationen von Schleppmittel und abzutrennender Komponente sowie der zeitliche Druckverlauf bei der Entspannung und die Viskosität der Flüssigphase variiert. Die folgenden Abbildungen zeigen sowohl Aufnahmen der Experimente als auch Vergleiche zu durchgeführten Simulationen.

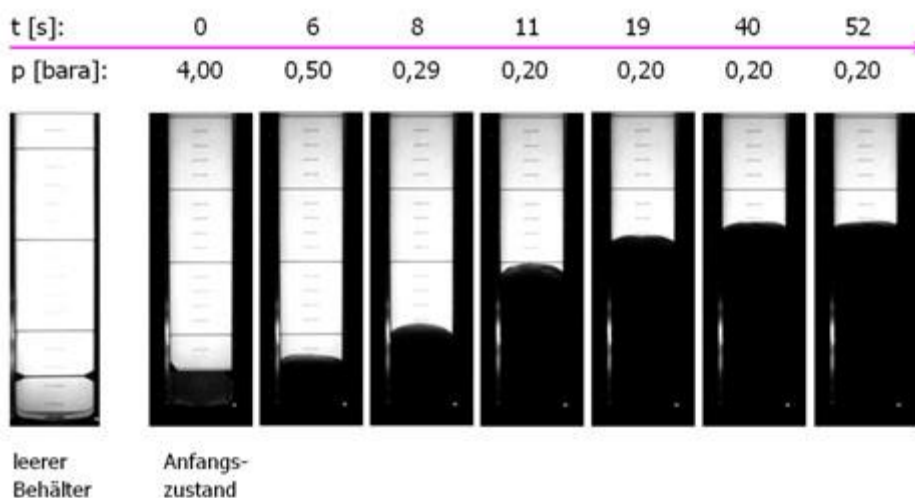


Abb. 3: Zeitlicher Verlauf eines diskontinuierlichen Schäumversuchs



Abb. 4: Aufnahmen des dispergierten Schleppmittels (links 0.0026 Gew% Helium, rechts 0.0039 Gew% Helium)

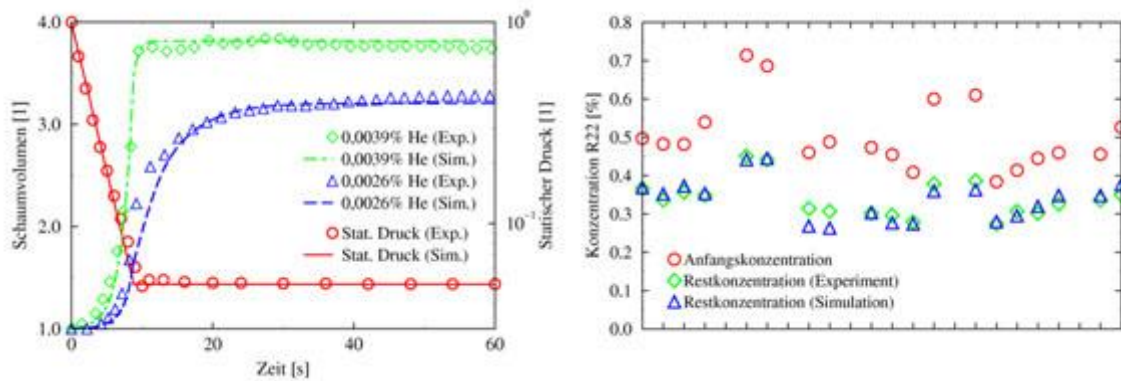


Abb. 5: Druck- und Schaumvolumenverlauf sowie Entgasungserfolge bei der Verwendung von R22 als abzutrennende Komponente

Die Ergebnisse der Schäumversuche und die zum Vergleich durchgeführten Modellrechnungen zeigen eine sehr gute Übereinstimmung und bestätigen die im Rahmen der Modellierung getroffenen Annahmen und Voraussetzungen.