



Doctoral Thesis

Ein mathematisches Modell für den Wärme- und Stoffaustausch bei Blasen

Author(s):

Kovácsy, Kálmán

Publication Date:

1968

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000093473> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. Nr. 4093

Ein Mathematisches Modell für den Wärme- und Stoffaustausch bei Blasen

ABHANDLUNG

zur Erlangung
der Würde eines Doktors der technischen Wissenschaften
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von

KÁLMÁN KOVÁSY

dipl. Masch.-Ing. ETH
geboren am 3. Oktober 1934
ungarischer Staatsangehöriger

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. P. Grassmann, Referent
Prof. Dr. H. Thomann, Korreferent

Juris Druck + Verlag Zürich
1968

ZUSAMMENFASSUNG

Es wurde für den Wärme- und Stoffaustausch bei Blasen, welche sich an einer Düse bilden und nachher in einer sonst ruhenden Flüssigkeit aufsteigen, ein mathematisches Modell aufgestellt. Die Hydrodynamik des Vorganges wurde dabei als bekannt vorausgesetzt und ihre Wirkung durch eine kombinierte laminare und turbulente Oberflächenerneuerung berücksichtigt. Der Austauschvorgang wurde in drei Perioden aufgeteilt: Blasenbildung, Uebergangsperiode und quasistationärer Blasenauftieg. Eine mathematische Lösung wurde auf ähnlicher Grundlage für die erste und für die dritte Periode gefunden und es wurden auch Hinweise gegeben, wie man den Austauschvorgang in der Uebergangsperiode abschätzen kann. Da für die Blasenbildung weder theoretische noch experimentelle Resultate zu finden waren, mit welchen man diese Theorie hätte vergleichen können und die numerischen Lösungen umfangreiche Programmarbeit für den Rechenautomaten erforderten, wurden solche nur für den Blasenauftieg ausgearbeitet und zwar für folgende drei Fälle: Rotationsellipsoide in Potentialströmung, in Rohren aufsteigende Kolbenblasen und grosse, kugelkalottenförmige Blasen. Die Rechnungen wurden in dimensionsloser Form durchgeführt und die Resultate in Tabellen und Diagrammen zusammengefasst. Der Vergleich dieser Resultate mit den aus der Literatur bekannten experimentellen Resultaten über die Absorption von CO_2 -Blasen in Wasser und mit den von Lochiel und Calderbank für laminar umströmte rotationssymmetrische Körper angegebenen theoretischen Lösungen führte zu den folgenden Ergebnissen:

- 1). Ein Einfluss der Turbulenz auf den Austauschvorgang ist bei stationär aufsteigenden Blasen experimentell nicht feststellbar. Entweder ist er vernachlässigbar oder er liegt innerhalb des Streubereiches. Eine theoretische Berücksichtigung der Turbulenz scheint demzufolge überflüssig zu sein.
- 2). In Uebereinstimmung mit den obigen Resultat ergab sich rein theoretisch die Feststellung, dass nur eine starke Turbulenz den Uebergangskoeffizienten merklich erhöhen wird; eine kleine Turbulenz ist praktisch wirkungslos. Es wurden auch für ein paar charakteristische Fälle numerische Angaben darüber gemacht, wie gross die durch Turbulenz hervorgerufene Oberflächenerneuerung sein muss, um eine bestimmte prozentuelle Erhöhung des

Uebergangskoeffizienten zu erreichen.

- 3). Aus dem theoretischen Modell wurde qualitativ auch darauf geschlossen, dass bei rasch aufsteigenden Blasen kleine irreguläre Schwankungen der Phasengrenzfläche, welche nicht unbedingt von einer Turbulenz herrühren, ebenfalls keinen Einfluss auf den Stoffaustausch haben werden. - Experimentelle Resultate aus der Literatur scheinen das auch zu bestätigen.
- 4). Für rein laminare Strömung ergab diese Theorie in den untersuchten Fällen um 12 bis 46 % höhere Uebergangskoeffizienten als die theoretischen Lösungen von Lochiel und Calderbank. Obwohl man aufgrund der untersuchten experimentellen Resultate nicht eindeutig entscheiden kann, welche Theorie die bessere ist, wird die Theorie von Lochiel und Calderbank empfohlen, weil diese einerseits physikalisch besser fundiert, andererseits auch mathematisch wesentlich einfacher ist.

Es wurde festgestellt, dass das vorgeschlagene Stoffaustauschmodell sich wahrscheinlich besonders gut für die Beschreibung der Oberflächenturbulenz eignet, welche bekanntlich den Stoffaustausch wesentlich erhöhen kann. Es wurden zwei prinzipielle Möglichkeiten angedeutet, wie man aus Stoffaustauschmessungen die Intensität der durch Oberflächenturbulenz hervorgerufenen Oberflächenerneuerung mit Hilfe dieser Theorie bestimmen könnte.