



Doctoral Thesis

Optische Reflexionssonde zur Messung von Holdup, Blasengeschwindigkeit, Blasengrösse und zur Identifikation der Strömungsform

Author(s):

Berti, Martin

Publication Date:

1983

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000309879> →

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. ETH Nr. 7373

Optische Reflexionssonde zur Messung von
Holdup, Blasengeschwindigkeit, Blasengrösse
und zur Identifikation der Strömungsform

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels eines
Doktors der Technischen Wissenschaften
der

"
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
"
ZÜRICH

vorgelegt von

MARTIN BERTI

Dipl.Masch.-Ing. ETH

geboren am 23. Oktober 1954

von Neuhausen (Kt. Schaffhausen)

Angenommen auf Antrag von
Prof.Dr. F. Widmer, Referent
Prof. M. Steiner, Korreferent

1983

9. ZUSAMMENFASSUNG

Innerhalb der vorliegenden Arbeit wurde das Messsystem der optischen Reflexionssonde entwickelt und auf die Messmöglichkeiten bezüglich der Parameter Holdup, Blasengeschwindigkeit, Blasengrösse und Identifikation der Strömungsform untersucht. Es gelang, mittels ausgewählten optischen und elektronischen Bauelementen, den optischen Messfühler der Niveaumessung zu einem Phasendetektor weiterzuentwickeln, unter Berücksichtigung guter mechanischer und thermischer Stabilität, kleinen Sondenabmessungen bei kompakter Bauweise und geringen sondeninternen Lichtverlusten. In Zusammenarbeit mit dem EIR (Herren Varadi, Leoni und Lübbesmeyer) entstanden Mono- und Doppelsonden mit neuartiger Geometrie und Ausführungen, ergänzend zu den Konstruktionen der Firma Micro-Data AG (Herr Lips). Die Erforschung tauglicher Signalauswerteverfahren erforderte eine speziell für die Signalauswertung massgeschneiderte Datenerfassung, hergestellt von der Firma Micro-Data AG. Als hauptsächliche Merkmale bestechen ein immenser Transientspeicher, hohe Dateneinlesegeschwindigkeiten und schnelle Datenverarbeitungsmöglichkeiten bei einem vollständig autarken Computersystem. Die Signalauswerteverfahren, resultierend aus den Untersuchungen mit der Datenerfassung, können hardwaremässig mit Hilfe eines Signalauswertegerätes realisiert werden, mit vorwählbaren Mittelungszeiten für die angezeigten Parameter. Das Messsystem steht heute betriebsbereit am Institut für Verfahrens- und Kältetechnik und kann für die Messung der Zweiphasenströmungsparameter Holdup, Blasengeschwindigkeit, Blasengrösse und die Identifikation der Strömungsform gemäss dem untersuchten Messbereich eingesetzt werden.

Bei den einzelnen Messgrößen konnten folgende Erkenntnisse gewonnen werden:

a) Messung des Gas-Holdup $\tilde{\epsilon}$

Die Holdup-Eichmessungen in vertikaler Blasenströmung Luft/Wasser ergaben konstante sondenspezifische Eichfaktoren von $\bar{k}_H = 1,72 \dots 1,91$ für den Holdupbereich bis 30 %. Trotz tief angesetzter Schwellspannung (10%) bei der Diskrimination der Sondersignale bedürfen die gemessenen Holdup-Werte $\tilde{\epsilon}'$ somit einer Korrektur, bedingt durch den berührungsbehafteten Messfühler, um den effektiven Gasholdup $\tilde{\epsilon}$ zu erfassen:

$$\tilde{\epsilon} = \bar{k}_H \cdot \tilde{\epsilon}'$$

Mittels statistischen Messungen an periodisch erzeugten Einzelblasen konnte das Blasenvolumen und die Blasenform, wie sie von der Sonde detektiert wird, direkt mit den effektiven Werten verglichen werden, wodurch Aussagen über die Erfassungsvorgänge an der Sondenspitze ermöglicht wurden.

b) Blasengeschwindigkeit \tilde{w}

Die Ermittlung der lokalen, zeitlich gemittelten Blasengeschwindigkeit \tilde{w} mit den Doppelsonden (DORS-Lips, DORS-Leoni) muss mit einem konstanten sondenspezifischen Eichfaktor gegenüber der Messgröße \tilde{w}' minim korrigiert werden ($\bar{k}_{Ge} = 1,07/1,15$):

$$\tilde{w} = \bar{k}_{Ge} \cdot \tilde{w}'$$

Die Signalauswertung erfordert die Anwendung der Kreuzkorrelation zur Laufzeitbestimmung, da die Diskriminator-Methode und eine verbesserte Version mit "Geschwindigkeitsfensterung" bei nicht eindeutiger Blasenerfassung zu leicht verfälschten Resultaten führen kann. Diese Problematik wird bei den Eich-

messungen an periodisch erzeugten Einzelblasen ersichtlich, sowie auch statistische Aussagen über Blasenablenkung durch die Sondenspitzen und die Geschwindigkeit als Funktion des Erfassungsortes an der Blase.

c) Blasengrösse \bar{d}_B

Eichmessungen mit Doppelsonden in Blasenströmung mit einem Blasengrössenspektrum und nichtkugelförmigen Blasen zwecks Bestimmung der Blasengrösse zeigen, dass eine Näherung der mittleren Blasengrösse erreicht werden kann, und für die Blasenform (Formfaktor SF) eine Annahme getroffen werden muss. Die Näherung wird durch zwei Modelle erzielt: Der Ansatz mit Mittelwertbildung der Blasendurchstichzeiten und der zeitlich gemittelten Geschwindigkeit führt auf eine Beziehung mit Zeitmittelwerte bezüglich Holdup $\tilde{\epsilon}$, Blasengeschwindigkeit \tilde{w} und Blasenfrequenz \tilde{f}_B :

$$\bar{d}_B = \frac{3}{2} (SF)^{-2/3} \frac{\tilde{\epsilon}}{\tilde{f}_B} \cdot \tilde{w}$$

Andererseits kann mit den direkt gemessenen Grössen Blasendurchstichszeit/-geschwindigkeit bei einer statistischen Auswertung über den zentralen Blasendurchstich die mittlere Blasengrösse angenähert werden.

d) Identifikation der Strömungsform

Die Charakterisierung resp. Identifikation der Strömungsform mit den optischen Reflexionssonden (Lips, Leoni) kann mit dem zeitlichen Signalverlauf, oder zeitunabhängig mit der normierten Amplitudenhäufigkeit realisiert werden, wobei sich der ausgeprägte binäre Signalcharakter als vorteilhaft erweist und auch die Identifikation mit nur einer statistischen Funktion erlaubt.

10. SUMMARY

Within the scope of two-phase flow measurement technique optical probes have been investigated for measurement of local void fraction, bubble velocity, bubble-size and identification of flow regime. Single and double probes used normal to flow need a calibration factor due to the effects of bubble deformation and bubble deflexion by the probe tips.

Calibration measurements in vertical bubble flow (air/water) provide a constant probe-specific calibration factor for local void-fraction measurement, which could be confirmed by statistical calibration measurements at periodically generated single bubbles. The analogous signal produced by the phase detecting probes has been processed by level thresholding at a low constant voltage level.

The use of a double probe in vertical bubble flow allows the determination of the local time averaged bubble-velocity. Calibration measurements in bubble flow and on a single rising bubble prove a small probe-specific calibration factor. The signal processing has been done by crosscorrelation, because the level thresholding, even in further developed version with "velocity-windowing" led to slight systematic velocity deviation, caused by a small amount of bubbles touching only one single probe tip.

The measurement of bubble-size and size-distribution in vertical bubble flow with non-spherical bubbles cannot be produced by using the present double probes. Two models for an approximation of the mean bubble-size have been developed, but for good results an assumption on the shape factor has to be made.

The characterisation and identification of the flow regime by optical probe is feasible with the time-signal itself

(oscillogram), or time-independent with characteristic functions of the normalized amplitude-frequency, as the almost binary signal proves to be advantageous and also enables the identification of the flow regime with only one statistical function.