

KI-Verfahren zur Erkennung strömender Flüssigkeiten mit Clamp-on Ultraschall

Sebastian Wöckel, Hendrik Arndt, ifak - Institut für Automation und Kommunikation e.V., Werner-Heisenbergstr. 1, 39106 Magdeburg, Germany, sebastian.woeckel@ifak.eu

Kurzfassung

„Mehr als nur eine Durchflussmessung“ – Wie KI strömende Flüssigkeiten unterscheiden kann

Akustische Messverfahren werden neben der „einfachen“ Erfassung von Volumenströmen oder Füllständen erfolgreich zur Analyse von verschiedensten Stoffsystemen eingesetzt. Angepasste Algorithmen ermöglichen u.a. die Berechnung der Dichte von Fluiden, die Quantifizierung von dispersen Phasen (Partikeln, Luftblasen) oder die Erkennung von Ablagerungen und Korrosion in den Leitungssystemen. Diese genannten Parameter einer flüssigen oder gasförmigen Dispersion stellen bei Prozessen in komplexen Flüssigkeiten, wichtige Prozessgrößen dar, die entscheidend für Funktion, Qualität und nachhaltige Leistungsfähigkeit sind. Diese Größen werden bisher nicht vollständig erfasst. Die eingriffsfrei (nicht-invasive) Ultraschall-Durchflussmessung bietet hierfür ein Potenzial, „von außen“ durch Behälterwände neben dem Volumenstrom auch weitere Eigenschaften der Fluide zu bestimmen. Aufgrund der Komplexität der Ausbreitung von Schall in Rohrsystemen [1] und der Vielzahl an Querempfindlichkeiten sind jedoch zur Berechnung der physikalischen Größen eines Fluids angepasste Modelle [2, 3] und fortgeschrittene Algorithmen [4] notwendig.

Im Beitrag erfolgen ein Review der praktischen Herausforderungen der nicht-invasiven Durchflussmessung am Beispiel eines kommerziellen Durchflussmessgeräts und die Kurzdiskussion verschiedener Ansätze der Erkennung von strömenden Medien mit KI-fähnlichen Verfahren. Aufbauend wird im Einzelnen ein verallgemeinertes Verfahren zur Dichteberechnung [5] aus der multimodalen Schallausbreitung bei typischen nicht-invasiven Ultraschall-Durchflussmessern vorgestellt und anhand von praktischen Untersuchungen verifiziert. Der schematische Aufbau und der Versuchsaufbau an einem industriellen Rohrsystem sind in Bild 1 dargestellt.

Die vorgestellten Ergebnisse entstanden im Kooperationsprojekt „ExAKT – Nicht-invasive und kontinuierliche Überwachung von Fluidkreisläufen mittels Ultraschallsensoren“ mit Förderung durch das BMBF im Rahmen von KMU-innovativ über VDI/VDE-IT, VK: 16ES0972.

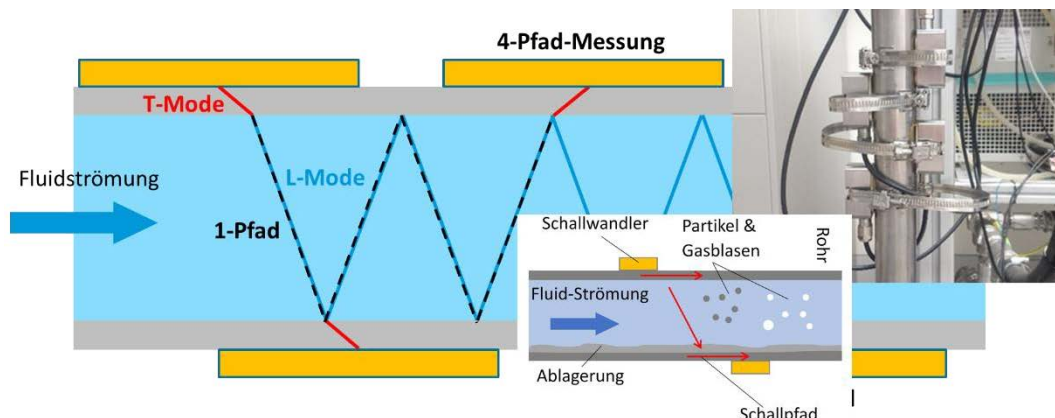


Bild 1: Schematische Darstellung und Foto der Ultraschall-Clamp-on-Messung an einem Edelstahlrohr

Literatur

- [1] S. Wöckel, "Effective acoustic modelling of fluid-filled elastic tubes", ICTCA 2017 Wien, ISBN 978-200-05210-9
- [2] S. Wöckel, "Model-based acoustic identification of hidden layers", SMSI 2020 - Measurement Science, DOI: 10.5162/SMSI2020/D6.2
- [3] F. Hägglund, et.al "Model-based estimation of thin multi-layered media using ultrasonic measurements", IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control, vol. 56, no. 8, pp. 1689-1702, 2009.
- [4] J. E. Carlson, "Characterization of thin layers in multilayered structures: on the problem of finding starting values for numerical solutions to inverse problems", in 2009 IEEE Ultrasonics Symposium: Rome, Italy, 20- 23 September 2009, 2010, pp. 1537–1540.
- [5] B. Bedürftig, „Modellgestützte Ultraschall-Messverfahren zur Bestimmung akustischer Größen“, Bachelorarbeit, Univ. Magdeburg, 2014