

Aus der Professur für Wasserwirtschaft  
der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät

**Ermittlung der Bedingungen zum Einsatz von  
Kavitationsdüsen-Technologie als Durchflussregulator und zur  
reproduzierbaren Erzeugung dynamischer Durchflussprofile**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades  
Doktor der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.)

an der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät  
der Universität Rostock

vorgelegt von  
M.Sc. Heiko Warnecke  
aus Suderburg

Verteidigung am 12. Januar 2024

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde ein Prüfregime mit dynamischen Profilen für Durchfluss- und Volumenmessgeräte entwickelt, das auf Herschel-Venturi-Kavitationsdüsen als Regelungseinheit bei der Durchflussmessung von Flüssigkeiten basiert. Hintergrund der Entwicklung ist eine Diskrepanz zwischen realen Einsatzbedingungen der Messgeräte mit einer Vielzahl verschiedener Durchflüsse und, im Gegensatz dazu, die typische Prüfung von Durchfluss- und Volumenmessgeräten bei konstanten Durchflussbedingungen. Ziel der Arbeit war die Ableitung von Anforderungen und Evaluierungskriterien an eine messtechnische Infrastruktur, um reproduzierbare Profile zu erzeugen und das Messverhalten von Geräten entsprechend ihrer dynamischen Einsatzbedingungen prüfen zu können.

Die Ermittlung geometrischer Eigenschaften von Kavitationsdüsen und die Untersuchung von Einflussfaktoren auf die Kavitationsausprägung sind für die Bewertung der Durchflussstabilität und die Bestimmung der Messunsicherheit notwendig. Neben der Oberflächengeometrie und der Kontur wurden Einflüsse des Flüssigkeitsdrucks stromaufwärts und stromabwärts der Kavitationsdüse, des Dampfdrucks sowie der Temperatur auf die Durchflussgenerierung untersucht. Mit den durchgeführten Arbeiten konnten die Einflussgrößen quantitativ beschrieben und Parameterbereiche, in denen eine stabile Kavitationsausprägung gesichert auftritt und Durchflussstabilität gegeben ist, definiert werden. Die Überwachung der Kavitationsausprägung mit einem Hydrophon und einem Körperschallaufnehmer wurde in diesem Kontext beschrieben und als Qualitätsüberwachung für den Kavitationsprozess vorgeschlagen.

Im zweiten Teil geht es um reproduzierbare Erzeugung dynamischer Profile die mittels magnetisch-induktivem Durchflussmessgerät, Coriolis-Durchflussmessgerät und gravimetrischer Referenz validiert und charakterisiert werden. In einem Ringvergleich wurde zum einen die Leistungsfähigkeit der Herschel-Venturi-Kavitationsdüsen gezeigt, zum anderen wurden grundlegende Kennparameter zur Auswertung von Ringvergleichen mit dynamischen Profilen ermittelt. Als Anwendungsbeispiel ist im letzten Kapitel beschrieben, wie die Messabweichung verschiedener Wasserzähler unter realitätsnahen dynamischen Lasten ermittelt und das neue Prüfregime erfolgreich in der Praxis getestet wurde. Außerdem wurden grundlegende Kenntnisse erarbeitet, die zur Übertragung der Technologie und des Verfahrens auf andere Anwendungsfälle herangezogen werden können. Damit steht ein Prüfstand mit Herschel-Venturi-Kavitationsdüsen zur Verfügung, auf dem allgemein Durchfluss- und Volumenmessgeräte unter dynamischen Lasten auf ihre Messrichtigkeit hin untersucht werden können.