

SEMINAR „BERÜHRUNGSLOSE MESSTECHNIK – KALIBRIERUNG VON DURCHFLUSSMESSSTELLEN“

Einleitung

Am 24.10.2006 fand in Königsdorf bei Bad Tölz (Bayern, D) ein Seminar zum Thema „Berührungslose Messtechniken – Kalibrierung von Durchflussmessstellen“ statt. Dabei wurden verschiedene Messgeräte der Fa. SOMMER MESS-SYSTEMTECHNIK, Koblach (A) vorgestellt und anhand von vier unterschiedlichen Messstellen im Gelände gezeigt. Zusätzlich wurde beim Vortrag der Fa. ISAR-CONSULT, Geretsried (D) ein spezielles Verfahren zur Ermittlung des Durchflusses aus lokal gemessenen Fließgeschwindigkeiten vorgestellt (SIMK^R – Kalibrierverfahren).

Funktionsweise der Geschwindigkeits- und Wasserstandsmessung

Das vorgestellte Messsystem RQ-24 arbeitet mit berührungslosen Radarsensoren und vereint zwei Verfahren. Einerseits wird die lokale Fließgeschwindigkeit an einer Profilstelle nach dem Prinzip der Doppler-Frequenzverschiebung gemessen, andererseits die Ermittlung des Wasserstandes über die Laufzeitmessung. Dazu werden die Sensoren in einem Winkel zwischen 40 und 60° zur Wasseroberfläche montiert. Über die Antenne wird eine konstante Frequenz von 24 GHz abgestrahlt, die mit einer bestimmten Dopplerverschiebung zurückgestrahlt wird. Durch den Vergleich gesendete – empfangene Frequenz kann die lokale Fließgeschwindigkeit errechnet werden.

Für die Messung des Wasserstandes werden Impulse mit einer typischen Frequenzlänge auf das Gewässer ausgesendet. Diese breiten sich mit Lichtgeschwindigkeit aus, wobei die Zeit zwischen Senden und Empfangen der Signale proportional der Entfernung Sensor zu Wasseroberfläche ist.

Bestimmung der Abflussmenge

Nach der Kontinuitätsbedingung wird der Durchfluss (Q) aus durchflossener Querschnittsfläche (A) und der mittleren Fließgeschwindigkeit (v_m) eines Gewässers berechnet. Es gilt die Gleichung: $Q = v_m \cdot A$

Die mit Hilfe des Geschwindigkeitsradars erhobene lokale Oberflächengeschwindigkeit (v_1), weicht jedoch von der gesuchten mittleren Geschwindigkeit (v_m) um den Faktor k ab. Dieser berechnet sich aus dem Verhältnis v_m / v_1 und ist dimensionslos. Der Faktor ist abhängig von der jeweiligen Pegelmessstelle (Profilform, Wasserstandshöhen, Wandrauheit) und kann entweder durch analoge Messungen der Fließgeschwindigkeit oder Modellierung z.B. mit dem SIMK^R - Verfahren gewonnen werden.

Grundlagen einer funktionierenden Modellierung

Das von der Fa. ISAR-CONSULT vorgestellte und an der TU München entwickelte Verfahren basiert auf der vorhin erwähnten Kontinuitätsgleichung $Q = v_m \cdot A$. Eine wichtige Rolle spielt dabei eine geeignete Messstellenwahl z.B. sollte ein nicht zu turbulentes, aber auch ein nicht zu langsames Fließen ($> 0,2$ m/s) gegeben sein (Wellengang sollte zumindest

erkennbar sein). Zudem sollte der Gewässerverlauf vor und nach der Messstelle relativ unbeeinflusst, ohne größere Hindernisse im Profil (z.B. Steine, Buhnen etc.) sein.

SIMK^R - Kalibrierverfahren

Das Kalibrierverfahren SIMK^R basiert auf der Simulation des wasserstandsabhängigen dimensionslosen Skalierungsfaktors k_i . Dabei werden mit Hilfe eines numerischen Strömungsmodells verschiedene lokale Geschwindigkeitsverteilungen (v_i) für ein Gewässer in beliebiger Form und Größe berechnet. Da diese beiden Parameter kontinuierlich gemessen werden, ist es zudem notwendig, beliebige Profilformen mit Hilfe der flexiblen Finite – Element – Methode genau zu simulieren um z.B. auch im Hochwasser- oder Niederwasserfall plausible Daten zu erhalten ($h_{\min} \leq h \leq h_{\max}$ wie ein Profil mit stark unterschiedlichen Wasserständen durch Verbauung oder Ausuferung). Ein weiterer Vorteil der Methode ist die zugrundeliegende Dreiecksvermaschung der Finiten Elemente, wodurch unterschiedliche Wandrauheiten an den Außenseiten berücksichtigt werden können (Beton, Gras etc.). In Abhängigkeit von allen vorhin genannten Faktoren werden nun mit Hilfe des SIMK^R - Strömungsmodells die axialen Geschwindigkeitsverteilungen und die ebenfalls einflussreichen Sekundärströmungen des Profils ermittelt. Dadurch sind universelle Einsatzmöglichkeiten des Verfahrens möglich.

Überprüfung des SIMK^R – Kalibrierverfahren

Mit Hilfe des Verfahrens wurden unterschiedliche Profile berechnet und mit unabhängigen Messungen verglichen. Dabei wurden sowohl Laborsimulationen als auch solche in natürlichen Gewässern durchgeführt und mit den jeweiligen Referenzmessungen verglichen. Dabei zeigte z.B. eine am Pegel Dresden/Elbe durchgeführte Reihemessung (12 Messungen) ein mittlere Abweichung des ΔQ – Wertes $(Q_{\text{SIMK}} - Q_{\text{PROFIL}}) / Q_{\text{PROFIL}}$ von 2,6 %.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das berührungslose Messsystem mittels Radar sowie numerische Modellierung eine gute Alternative zu den herkömmlichen Messverfahren bei richtiger Profilauswahl und durchschnittlichen Fließeigenschaften darstellt.