

# Unsicherheiten in der Wasserstandsmessung mit Radarfüllstandssensoren

Stephan Mai<sup>1</sup>, Jens Wilhelmi<sup>2</sup> und Hartmut Hein<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Hochschule Mainz, Lehrgebiet Wasserbau und Wassermanagement, stephan.mai@hs-mainz.de

<sup>2</sup>Bundesanstalt für Gewässerkunde, Referat M1 Hydrometrie und gewässerkundliche Begutachtung, wilhelmi@bafg.de

<sup>3</sup>Bundesanstalt für Gewässerkunde, Referat M1 Hydrometrie und gewässerkundliche Begutachtung, hartmut.hein@bafg.de

## Einleitung

Seit etwa zwanzig Jahren werden neben den traditionellen, berührenden Sensoren zur kontinuierlichen Messung des Wasserstands, wie Schwimmern, Pneumatikpegeln oder Drucksonden, auch berührungsfreie Sensoren, wie Ultraschall- bzw. Radarfüllstandssensoren, eingesetzt (Barjenbruch et al. 2000). Da die Abstandsmessung mit Radar im Gegensatz zu der mit Ultraschall nur eine sehr geringe, im Rahmen der Wasserstandsmessung zu vernachlässigende Beeinflussung durch die meteorologischen Bedingungen entlang der Messstrecke, d.h. durch Lufttemperatur- und Luftfeuchteprofil, erfährt, werden Radarsensoren bevorzugt für berührungsfreie Messsysteme eingesetzt. So nutzt die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) insbesondere bei der angestrebten, redundanten Ausrüstung von Pegeln (Qualitätszirkel Gewässerkunde der WSV, 2015) oft Radarfüllstandssensoren. Die längsten, redundant mit Radarfüllstandssensor und Schwimmer gemessenen Wasserstandszeitreihen liegen im Küstenbereich am Pegel Borkum-Südstrand (seit 2002) (Barjenbruch et al., 2002) sowie im Binnenbereich am Pegel Mainz (seit 2005) vor. Im Folgenden werden für diese beiden Standorte die Messabweichungen von Schwimmer und Radarfüllstandssensor statistisch analysiert und auf mögliche Korrelationen mit hydrologischen Parametern, wie Wasserstand bzw. Abfluss, untersucht. Des Weiteren erfolgt für den Pegel Borkum-Südstrand, an welchem seit 2012 zudem ein Array von insgesamt vier redundanten Radarfüllstandssensoren betrieben wird (Rütten et al, 2013), eine Bestimmung der Eigenabweichung der Radarfüllstandssensoren als Teilbestandteil der Messabweichung von Schwimmer und Radarfüllstandssensoren sowie die Korrelation der Eigenabweichung der Wasserstandsmessung mit dem aus dem Array von Radarfüllstandssensoren abgeleiteten 2D-Wellenspektrum bzw. den sich daraus ergebenden Wellenparametern (Mai und Barjenbruch, 2017).

## Sensorbedingte Unsicherheit in der Messung des Wasserstands

Die Abbildung 1 zeigt die Pegel Borkum-Südstrand und Mainz. An beiden Pegeln ist der Radarfüllstandssensor an einem Kragarm am Schwimmerschacht installiert. Die Radarfüllstandssensoren blicken jeweils auf die freie Wasseroberfläche außerhalb des Schwimmerschachts. Die freie Wasseroberfläche ist (im Gegensatz zu der Wasseroberfläche im Schacht) wesentlich durch Wind- bzw. Schiffswellen beeinflusst. Die Messung und die Rohdatenaufzeichnung der Radarfüllstandssensoren erfolgen im Küstenbereich mit bis zu 2 Hz; im Binnenbereich erfolgt die Rohdatenregistrierung minütlich. Die Rohdaten werden im Küstenbereich zu 1-Minutenwerten und im Binnenbereich zu 15-Minutenwerten des Wasserstands aggregiert, wodurch auch der Welleneinfluss eliminiert wird. Für beide Pegelstandorte sind in Abbildung 1 exemplarisch Zeitreihen der Wasserstandsmessungen mit Schwimmer und mit Radar vergleichend gegenübergestellt. Es zeigt sich weitgehend eine gute Übereinstimmung. Im Bereich der Scheitel der Ganglinie sind jedoch geringe (systematische) Abweichungen erkennbar. Die Standardabweichung zwischen den Sensoren am Pegel Mainz beträgt etwa 2 cm, am Pegel Borkum-Südstrand aufgrund des geringeren Aggregationsintervalls etwa 4 cm. Die Verteilung der Sensorabweichungen weicht leicht von der Normalverteilung ab ( $|\text{Schiefe}| < 0,3$  bzw.

< 0,5). Die Analyse der mit dem Array von vier Radarfüllstandsensoren gewonnenen Wasserstandszeitreihen lässt auf eine Eigen-Standardabweichung der Radarfüllstandsensoren von im Mittel 0,4 cm schließen. In Bezug auf die Eigenabweichung zeigt sich jedoch eine erhebliche Zunahme mit steigender Wellenunruhe. So sind bei signifikanten Wellenhöhen von mehr als 1,5 m Eigen-Standardabweichungen von etwa 2 cm festzustellen.



Abbildung 1: Vergleichsmessungen von Radarfüllstandsensor und Schwimmerpegel in Küsten- und Binnengewässern (links: Pegel Borkum-Südstrand, rechts: Pegel Mainz)

## Literatur

- Barjenbruch, U., Zenz, T., Kranz, S. (2000) A New Technology Applicable To Water Level Gauging. Proc. of the XXV General Assembly of the European Geophysical Society EGS, Nizza, Frankreich
- Barjenbruch, U., Mai, S., Ohle, N., Mertinatis, U. (2002) Monitoring Water Level, Waves and Ice With Radar Gauges. In: Proc. of the Hydro 2002 Conference, Kiel, S. 328 – 337
- Mai, S., Barjenbruch, U. (2017) Water Level Measurements with Radar Gauges at the German North Sea Coast. In: Intergovernmental Oceanographic Commission (Hg.): Manual on Sea Level Measurement and Interpretation, Volume V: Radar Gauges, Manuals and Guides 14, Appendix
- Qualitätszirkel Gewässerkunde der WSV (2015) Handbuch Moderne Pegel, 3. Auflage
- Rütten, S., Mai, S., Wilhelmi, J., Zenz, T., Fröhle, P., Barjenbruch, U. (2013) Directional wave spectra measurement by an array of Radar gauges. Proc. of the 7th Int. Conf. on Coastal Dynamics, Arcachon, Frankreich