

Journal of Applied Hydrography

HYDROGRAPHISCHE NACHRICHTEN

06/2026

HN 134

Hydrographie
im Kontext der
Nachhaltigkeit



Beiträge vom
38. Hydrographentag
und DVW-Seminar



Sensoren in Bewegung: MoBo als mobile Plattform für marines Monitoring

Entwicklung, Stand und Perspektive

Ein Beitrag von JENS FISCHER, KAI HERKLOTZ, KEVIN HETT und DENNIS KÜHNEL

Offshore-Windenergie | MARNET | Meeresumweltüberwachung | Monitoringboje
offshore wind energy | MARNET | marine environmental monitoring | monitoring buoy

Autoren

Jens Fischer, Kai Herklotz, Kevin Hett und Dennis Kühnel arbeiten beim Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie in Hamburg und Rostock.

jens.fischer@bsh.de

Die zuverlässige Erfassung von meteorologischen und ozeanografischen Parametern durch autarke Messsysteme wie Messbojen und Messpfähle wird insbesondere durch den weiteren Ausbau der Offshore-Windenergie immer wichtiger. So betreibt das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) in Kooperation mit dem Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW) im Rahmen von MARNET (Marines Meeresumweltsmessnetz) aktuell neun Messstationen in der Deutschen Bucht und der Ostsee. Ergänzend hierzu liefern drei FINO-Plattformen weitere relevante Messdaten, indem sie langfristig Wind- und Umweltparameter erfassen und so den Ausbau der Offshore-Windenergie wissenschaftlich begleiten und gezielt unterstützen. Der Ausbau der Offshore-Windenergie in Deutschland führt zu einem stark steigenden Bedarf an hochaufgelösten, verlässlichen Umwelt- und Winddaten auf See. Für die Planung, Genehmigung und den Betrieb von Offshore-Windparks sind insbesondere präzise Informationen über Windverhältnisse in Höhen von 100 bis 200 Metern sowie über ozeanografische Bedingungen wie Seegang, Strömungen und weitere Umweltparameter essenziell. Gleichzeitig gewinnt die Meeresumweltüberwachung zunehmend an Bedeutung – sowohl im Hinblick auf die von der EU vorgegebene Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) als auch im Kontext des Klimawandels und der zunehmenden anthropogenen Nutzung der Meeresräume.

Bestehende Messsysteme – wie feste Messmasten, Feuerschiffe oder Messbojen – liefern wichtige Daten, sind jedoch entweder räumlich begrenzt, kostenintensiv oder nicht in der Lage, umfassende vertikale Profile meteorologischer und ozeanografischer Parameter bereitzustellen. Insbesondere in weiter von der Küste entfernten Gebieten bestehen erhebliche Datenlücken, die bislang häufig nur durch Modellierungen mit ent-

sprechenden Unsicherheiten geschlossen werden können. Parallel dazu haben technologische Entwicklungen, insbesondere im Bereich der LiDAR-Fernerkundung (Light Detection and Ranging), neue Möglichkeiten zur Windmessung eröffnet. Floating-LiDAR-Systeme erlauben Messungen auf schwimmenden Plattformen und bieten damit eine flexible und kosteneffiziente Alternative zu festen Installationen. Dennoch fehlt es bislang an integrierten Systemen, die sowohl hochaufgelöste Windprofile als auch ozeanografische Tiefenprofile langfristig und autonom erfassen können. Vor diesem Hintergrund wurden spezielle Monitoringbojen (MoBo) als mobile, flexible und vergleichsweise kostenoptimierte Plattformen für ozeanografische und meteorologische Messungen entwickelt. Gleichzeitig rückt die Frage der zuverlässigen Energieversorgung dieser autonomen Systeme in den Fokus. Insbesondere der Einsatz von Wasserstoffhydridspeichern als kompakte, sichere und langfristige Energiequelle eröffnet neue Perspektiven für den Betrieb solcher Systeme unter marinen Bedingungen.

Gemeinsam mit dem Fraunhofer IWES verfolgte das BSH im Rahmen des MoBo-Projekts das Ziel, eine neue Generation von Monitoringbojen zu entwickeln, die sowohl meteorologische als auch ozeanografische Parameter erfassen können. Ein wesentlicher Innovationsschritt bestand in der Integration von LiDAR-Technologie zur Windmessung sowie der Erweiterung um Messketten zur Erfassung von Datenprofilen in der Wassersäule. Diese Kombination ermöglichte erstmals eine umfassende, vertikale Datenerhebung in der marinen Umgebung.

Ein zentrales Problem bei der Entwicklung solcher Systeme stellte jedoch die Energieversorgung dar. Herkömmliche Bojen nutzen meist eine Kombination von Batterien, Solar-/Windenergie oder Dieseleratoren, wobei letztere aufgrund von

Emissionen und Wartungsaufwand zunehmend kritisch gesehen werden. Bei den erneuerbaren Energiequellen sind die begrenzte Energiedichte und die Abhängigkeit von Umweltbedingungen (zum Beispiel Sonneneinstrahlung) als Lösungen für langfristige autonome Einsätze nur bedingt geeignet.

Hier setzt die Entwicklung von wasserstoffbasierten Energiesystemen an. Im Rahmen des HydrASys-Projekts wird ein innovativer Ansatz verfolgt, bei dem Wasserstoff in Metallhydriden gespeichert wird. Diese Speichertechnologie erlaubt es, Wasserstoff bei vergleichsweise niedrigen Drücken (<100 bar) sicher und mit hoher volumetrischer Energiedichte zu speichern. Im Vergleich zu klassischen Druckspeichern kann etwa die doppelte Menge an Wasserstoff pro Volumen gespeichert werden.

Ein weiterer entscheidender Entwicklungsschritt liegt in der Integration des Speichers in die Struktur der Boje selbst, insbesondere im Unterwasserbereich. Dadurch wird nicht nur Platz gespart, sondern auch die Sicherheit erhöht, da Wasserstoff im gebundenen Zustand vorliegt. Gleichzeitig nutzt das System das umgebende Meerwasser als Wärmequelle für die Desorption des Wasserstoffs, wodurch ein weitgehend selbstregulierender Betrieb ermöglicht wird.

Die im MoBo-Projekt entwickelten Systeme stellen hier einen bedeutenden Fortschritt dar. Sie kombinieren modulare Sensorik, robuste mechanische Konstruktion und verbesserte Datenmanagementsysteme mit der Fähigkeit zur autonomen Langzeitmessung. Dennoch bleibt die Energieversorgung der limitierende Faktor für die Einsatzdauer und Funktionalität.

Metallhydridspeicher bieten in diesem Kontext mehrere Vorteile: Neben der hohen Speicherdichte und Sicherheit zeichnen sie sich durch ihre Robustheit und Eignung für raue Offshore-Bedingungen aus. Der Wasserstoff ist chemisch im Metall gebunden, wodurch Explosionsrisiken im Vergleich zu gasförmigen Speichern deutlich reduziert werden. Zudem kann die notwendige Wärme für die Freisetzung des Wasserstoffs aus der Umgebung, insbesondere aus dem Meerwasser, gewonnen werden, was den Gesamtwirkungsgrad erhöht.

Das HydrASys-System sieht darüber hinaus die Kopplung des Speichers mit einer Brennstoffzelle vor, die elektrische Energie für die Boje bereitstellt. Ein typisches System kann etwa 7 bis 8 kg Wasserstoff speichern, was einer Energiemenge von rund

250 kWh entspricht und einen autonomen Betrieb über mehrere Monate ermöglicht. Ergänzt wird das System durch Sensorik zur Überwachung von Druck, Temperatur und Füllstand sowie durch eine skalierbare Architektur, die von kleinen Messbojen und zukünftig bis hin zu Offshore-Plattformen reichen soll.

Trotz dieser Fortschritte bestehen weiterhin Herausforderungen. Dazu gehören die Optimierung der Hydridmaterialien hinsichtlich Temperaturverhalten und Wasserstofffreisetzung, die mechanische Stabilität bei zyklischer Belastung sowie die Sicherstellung der »Schwarzstartfähigkeit«, also der Fähigkeit, das System ohne externe Energiezufuhr »kalt« zu starten.

Die Kombination aus Monitoringbojen und Wasserstoffhydridspeichern eröffnet weitreichende Perspektiven für das marine Monitoring und darüber hinaus. Durch die Möglichkeit, Bojen über lange Zeiträume autark zu betreiben, können Messnetze deutlich erweitert und auch in entlegenen oder schwer zugänglichen Gebieten etabliert werden. Dies verbessert nicht nur die Datenbasis für Wettervorhersagen und Klimamodelle, sondern auch für die Bewertung ökologischer Auswirkungen menschlicher Aktivitäten auf die Meeresumwelt.

Langfristig könnten solche Systeme eine Schlüsselrolle in der Dekarbonisierung maritimer Infrastrukturen spielen. Der Ersatz von Dieselgeneratoren durch wasserstoffbasierte Energiesysteme würde die Emissionen erheblich reduzieren und gleichzeitig die Betriebskosten senken.

Dennoch sind für eine breite Implementierung weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten erforderlich. Insbesondere die Kostenreduktion, die Standardisierung von Systemkomponenten sowie die Zertifizierung für den Offshore-Einsatz sind entscheidende Faktoren. Auch die industrielle Fertigung von Hydridmaterialien in großen Stückzahlen stellt eine Herausforderung dar, bietet jedoch gleichzeitig erhebliche Skalierungspotenziale.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass Monitoringbojen in Kombination mit Wasserstoffhydridspeichern einen vielversprechenden Ansatz für die Zukunft des marinen Monitorings darstellen. Sie verbinden innovative Sensortechnologie mit nachhaltiger Energieversorgung und ermöglichen so eine neue Qualität der Datenerhebung auf See. Die weitere Entwicklung dieser Systeme wird maßgeblich dazu beitragen, die Meeresforschung, die Offshore-Industrie und den Umweltschutz effizienter und nachhaltiger zu gestalten. //