Schlussbericht zum Vorhaben NEOWIND - Teil 1/3: Kurzbericht

Teilprojekt: NEOWIND NoMotion - Nichtlineare Bewegungskompensation und Windfeldrekonstruktion

Im Rahmen des Verbundprojekt: Nächste Generation von Offshore Lidar Messungen (NEOWIND), FKZ: 01QE2217B, 01.07.2022 - 31.12.2024

Gefördert durch:

Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt

Schlussbericht zum Vorhaben NEOWIND - Teil 1/3: Kurzbericht

Teilprojekt: NEOWIND NoMotion - Nichtlineare Bewegungskompensation und Windfeldrekonstruktion

Im Rahmen des Verbundprojekt: Nächste Generation von Offshore Lidar Messungen (NEOWIND), FKZ: 01QE2217B, 01.07.2022 - 31.12.2024

Document control

Schlussbericht zum Vorhaben NEOWIND - Teil 1/3: Kurzbericht
Teilprojekt: NEOWIND NoMotion - Nichtlineare Bewegungskompensation und Windfeldrekonstruktion
Im Rahmen des Verbundprojekt: Nächste Generation von Offshore Lidar Messungen (NEOWIND), FKZ: 01QE2217B, 01.07.2022 - 31.12.2024
Version 1.1
29.07.2025

Authors
Marian Albers
Frank Lemmer

Reviewed by
Steffen Raach

Gefördert durch:
Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt

Zusammenfassung

Das europäische Forschungsprojekt NEOWIND hatte zum Ziel, neuartige Light Detection And Ranging (LiDAR)-Technologien für den Offshore-Windenergiesektor weiterzuentwickeln. Das hier vorgestellte Teilprojekt NEOWIND NoMotion der sowento GmbH fokussierte sich auf die Entwicklung und Erprobung von Methoden zur Bewegungskompensation für schwimmende LiDAR-Systeme. Es wurde eine fortschrittliche Software zur Bewegungskompensation und Windfeldrekonstruktion entwickelt, um Messunsicherheiten, die durch Wellenbewegungen entstehen, zu reduzieren. Durch Offshore-Testkampagnen wurde die Zuverlässigkeit des Systems nachgewiesen. Die Ergebnisse des Projekts erhöhen den Technology Readiness Level (TRL) der schwimmenden LiDAR-Technologie und tragen zur weiteren Industrialisierung dieser Messtechnik bei.

Aufgabenstellung und bisheriger wissenschaftlicher und technischer Stand

Die zuverlässige Bestimmung von Windparametern wie Geschwindigkeit, Richtung und insbesondere Turbulenzintensität (TI) ist eine zentrale Herausforderung in der Offshore-Windenergie. Fehler in der Abschätzung können zu großen wirtschaftlichen Risiken führen. Schwimmende LiDAR-Systeme sind eine flexible und wirtschaftliche Alternative zu festen Messmasten, leiden jedoch unter durch Wellenbewegungen induzierten Messfehlern. Diese Bewegungen beeinflussen vor allem die Messung der TI, die für die Auslegung und Lebensdauer von Windenergieanlagen entscheidend ist. Bisherige Lösungsansätze wie kardanische Aufhängungen oder reine Nachverarbeitung der Daten zeigten Nachteile in Bezug auf Komplexität oder die zeitnahe Verfügbarkeit der korrigierten Daten.

Das Teilprojekt NEOWIND NoMotion knüpfte an diesen Stand an. Ziel war die Entwicklung einer Softwareplattform, die Bewegungen schwimmender LiDAR-Systeme präzise kompensiert , eine zuverlässige Abschätzung der Turbulenzintensität ermöglicht und die generierten Messdaten in Quasi-Echtzeit bereitstellt. Damit sollen genauere Windgutachten erstellt und die jährliche Energieproduktion (AEP) von Offshore-Windparks potenziell gesteigert werden.

Ablauf des Vorhabens

Das Vorhaben NEOWIND NoMotion umfasste mehrere Schlüsseletappen:

- **Entwicklung der Bewegungskompensations- und Windfeldrekonstruktionssoftware**: Es wurde eine Software entwickelt, die hochaufgelöste Rohdaten (Line-Of-Sight-Geschwindigkeiten) nutzt und diese um Translations- und Rotationsbewegungen der Boje korrigiert. Diese Bewegungen werden von einer Inertial Measurement Unit (IMU) erfasst. Die Software wurde für den Einsatz auf einem Edge-Gerät (Revolution Pi) konzipiert, das direkt in die LiDAR-Boje integriert wird.
- **Bewegungsplattformtests**: Im Juni/Juli 2023 wurden an der Universität Stuttgart Tests mit einem LiDAR auf einem Hexapod-Bewegungsständer durchgeführt, um reale Seebewegungen zu simulieren. Ein zweites, statisches LiDAR diente als Referenz zur Validierung der Software.
- **Hard- und Softwareintegration in die Offshore-LiDAR-Boje**: Das von sowento entwickelte Lidar Modular System (LMS) – bestehend aus Edge-Controller, IMU und Software – wurde in die FLS200 LiDAR-Boje von EOLOS integriert. Dies umfasste die gesamte Infrastruktur, um Berechnungen direkt an Bord durchführen zu können.
- **Offshore-Testkampagne**: Das Gesamtsystem wurde von Januar bis Februar 2024 vor der Küste von Blyth, England, erprobt. Es wurde in unmittelbarer Nähe des NOAH-Messmasts verankert, dessen fest installiertes LiDAR als Referenz zur Validierung der bewegungskompensierten Messdaten diente.

Wesentliche Ergebnisse

Die wesentlichen Ergebnisse des Teilprojekts sind:

- **Erfolgreiche Validierung der Bewegungskompensation**: Die entwickelte Software reduziert die durch

Copyright sowento

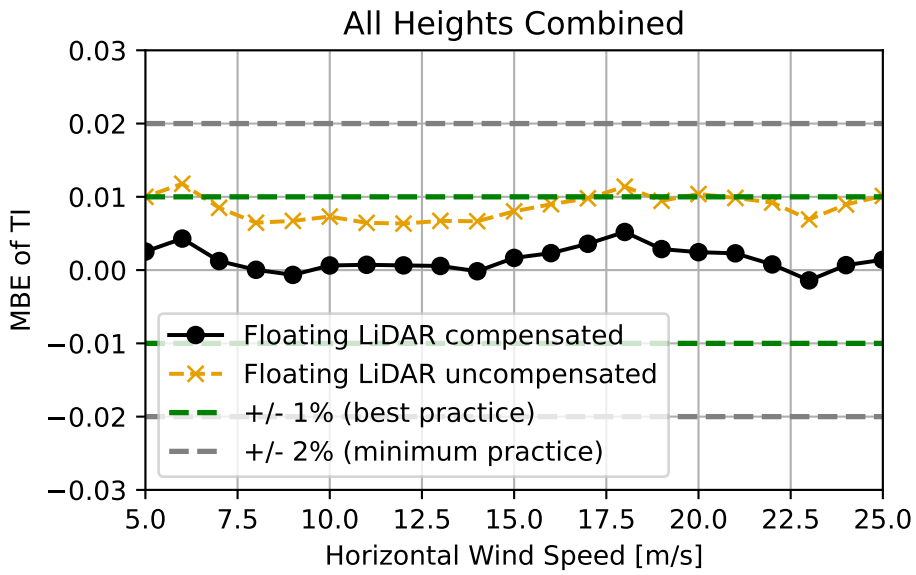

Abbildung 1: Verteilung des Mean-Bias-Errors der Turbulenzintensität für die nicht-bewegungskompensierten und bewegungskompensierten Daten des schwimmenden LiDARs über die mittlere Windgeschwindigkeit.

Bojenbewegungen induzierten Fehler in den LiDAR-Messungen signifikant. Dies wurde sowohl in Laborversuchen als auch unter realen Offshore-Bedingungen nachgewiesen. Abbildung 1 zeigt die Verteilung des Mean-Bias-Errors (MBE) der Turbulenzintensität über die mittlere horizontale Windgeschwindigkeit für die Daten der Offshore-Testkampagne des nicht-bewegungskompensierten und die bewegungskompensierten Daten des schwimmenden LiDARs gegenüber den Daten des statisches LiDARs. Die Ergebnisse zeigen eine fast durchgängig im Bereich der sogenannten *Best Practice*-Empfehlung liegende Verteilung des MBE für die bewegungskompensierten Daten des schwimmenden LiDARs.

- **Signifikant verbesserte Datenqualität**: Die Genauigkeit der Windrichtungsmessungen und insbesondere der Turbulenzintensität (TI) konnte erheblich verbessert werden. Der Mean Bias Error (MBE) der TI-Messungen lag im Vergleich zum stationären Referenz-LiDAR fast durchgehend im Bereich der "Best PracticeEmpfehlung.
- **Nachweis eines autonomen und echtzeitnahen Systems**: Das integrierte LiDAR Modular System (LMS) arbeitete während der Offshore-Kampagne zuverlässig und autark. Die Bewegungskompensation erfolgte quasi-echtzeitfähig an Bord der Boje.
- **Erhöhung des Technologie-Reifegrads**: Die Projektergebnisse tragen maßgeblich zur Erhöhung des TRL der schwimmenden LiDAR-Technologie bei und zeigen ein klares Potenzial zur Kostensenkung bei der Entwicklung von Offshore-Windparks.

Die erfolgreiche Umsetzung war das Resultat einer engen Zusammenarbeit im Projektkonsortium:

- **sowento GmbH**: Entwicklung der Kernsoftware für die Bewegungskompensation und Windfeldrekonstruktion.
- **EOLOS Floating Lidar Solutions S.L.**: Bereitstellung der schwimmenden LiDAR-Boje, Integration des LMS und Leitung des Gesamtprojekts.
- **Stuttgarter Lehrstuhl für Windenergie der Universität Stuttgart**: Planung und Leitung der Bewegungsplattformtests sowie Einbringung von theoretischem Fachwissen.

Copyright sowento

sowento GmbH
Hessenlauweg 14
70569 Stuttgart
Germany

Reg. Office: Stuttgart, Germany
Amtsgericht Stuttgart HRB 767045
USt.-ID: DE320987059
Managing Directors: Dr.-Ing. Steffen Raach,
Dr.-Ing Frank Lemmer

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt