

# Fertigungstechnische Optimierung der Rohrknotenfertigung für Gründungsstrukturen von Offshore-Windenergieanlagen

Sascha Lauer

## Strukturierte Zusammenfassung

Der Bedarf an erneuerbaren Energien steigt und dabei spielt die Windenergie auf See eine entscheidende Rolle. Eine Offshore-Windenergieanlage kann im Vergleich zu einer Onshore-Anlage mit demselben Leistungsspektrum den doppelten Betrag an Strom erzeugen. Aufgrund der höheren äußeren Beanspruchungen und Anforderungen an die mechanisch-technologischen Eigenschaften kommt der Gründungsstruktur aus schweißtechnischer Sicht eine übergeordnete Bedeutung zu. Bei größeren Meerestiefen und aufgrund des geringeren Gewichts kommen häufig fachwerkähnliche Gründungen (Jackets) zum Einsatz. Diese bestehen aus einer großen Anzahl an Rohrknöten, welche ausschließlich manuell mittels MSG-Schweißen gefügt werden. Der Fokus dieser Arbeit liegt auf der Fertigung von Rohrknöten mit einer Masse von größer als 10 t. Aufgrund dieser Annahme ist die Ausrichtung der Rohrknöten für den Schweißprozess in die präferierte Wannenecke nicht gegeben und die Schweißungen müssen in den anspruchsvollen Zwangspositionen durchgeführt werden. Zudem ergeben sich abhängig von der Rohrknötengeometrie immer unterschiedliche dreidimensional gekrümmte Verschneidungskonturen, die geschweißt werden müssen und hohen Fertigungsqualitäten unterliegen. Hierbei müssen bei den zum Einsatz kommenden Rohren im Schneidprozess die Fertigungstoleranzen berücksichtigt werden. Im ersten Schritt dieser Arbeit wurde daher diese Thematik behandelt und auf den zugehörigen robotergestützten Prozess angewandt.

Weiterhin wird der Fügeprozess zum aktuellen Zeitpunkt durch erfahrene Schweißer händisch durchgeführt und nimmt mehrere Tage in Anspruch, da die eingesetzten Blechdicken im Vollanschluss aus mehrlagigen Schweißverbindungen bestehen. Dieser Prozess soll durch die Nutzung einer mobilen robotergestützten Lösung optimiert werden.

Aufbauend auf dem Trennprozess wurde daher in der Arbeit ein stabiler allgemeingültiger Schweißparametersatz anhand von einzelnen Schweißproben ermittelt, der in unterschiedlichen Schweißpositionen eine gleichbleibende Schweißraupengeometrie

erzeugt. Im Folgeschritt wurde dieser Parametersatz unter Laborbedingungen an dickeren Blechen erprobt und verifiziert.

Durch die Erhöhung des Automatisierungsgrades kann die Produktivität und die Qualität der Verbindung verbessert und die körperliche Beanspruchung der Schweißer verringert werden. Da die Rohrknotten stets verschiedene Geometrien aufweisen, muss von der klassischen Automatisierung Abstand genommen und ein neuer Lösungsansatz verfolgt werden. Dieser sieht vor, dass ein Schweißer in Zusammenarbeit mit dem robotergestützten Prozess die Schweißraupenpositionierung bestimmt. Auf Basis von definierten Stützpunkten entlang der Verschneidungskontur werden Scandaten erzeugt. Diese werden anschließend in einem System visualisiert und der Schweißer kann auf Grundlage seiner Erfahrung die Schweißraupenposition an einer grafischen Benutzeroberfläche festlegen. Diese Positionen werden mit den für den Schweißprozess nötigen geometrischen Daten verknüpft. Mit der Zunahme an erzeugten Daten entsteht somit im Laufe der Zeit eine Datenbank, welche für das vollautomatisierte Schweißen von Rohrknotten zum Einsatz kommen kann und somit die Produktivität und Qualität stetig weiter verbessert. In der wissenschaftlichen Arbeit wird die Optimierung der Rohrknottenfertigung und die Umsetzung der Mensch-Roboter-Zusammenarbeit dargestellt und gezeigt, welchen positiven Einfluss diese Lösung auf das dreidimensionale Mehrlagenschweißen hat.