Presseinformation

Schweißnähte digital vermessen statt pauschal überdimensionieren: Einsparpotenzial von mehreren 100.000 Tonnen Stahl

Ob Offshore-Windturm, Drehkran oder Baggerarm – tragende Stahlkonstruktionen werden systematisch überdimensioniert, weil die Qualität ihrer Schweißnähte nicht objektiv erfasst wird. Das vom BMWE geförderte Verbundprojekt ORka3D hat ein Verfahren entwickelt, das per 3D-Scan und künstlicher Intelligenz die reale Geometrie jeder einzelnen Schweißnaht erfasst und individuell bewertet. Mit der präzisen Vorhersage der Ermüdungsfestigkeit können Blechdicken um bis zu 40 Prozent reduziert werden, ohne die Sicherheit zu gefährden. Branchenweit entspricht das Einsparpotenzial mehreren 100.000 Tonnen Stahl und mehreren Millionen Tonnen CO_2.

Jede Schweißnaht ist ein Unikat und besitzt am Übergang zum Grundwerkstoff eine geometrische Kerbe, von der aus die meisten Ermüdungsrisse ausgehen. Weil diese Kerbe je nach Schweißverfahren, Brennerführung und selbst der Tagesform des Schweißers individuell ausfällt, behelfen sich Regelwerke bislang mit einem pauschalen Sicherheitsabschlag: Sie unterstellen grundsätzlich die ungünstigste zulässige Geometrie. Die tatsächliche, oft deutlich bessere Qualität der gefertigten Naht bleibt unberücksichtigt. Die Folge sind eine dauerhafte Überdimensionierung von Bauteilen mit mehr Materialeinsatz als nötig und ein bislang ungenutzter enormer Hebel für Ressourceneinsparungen.

Das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz geförderte Verbundprojekt ORka3D »Optimierung des Ressourceneinsatzes bei Schweißkonstruktionen durch die automatisierte in-line Lebensdauerbewertung auf Basis von 3D-Scans« hat genau hier angesetzt. Ein Konsortium unter Federführung des Fraunhofer-Instituts für Werkstoffmechanik IWM hat ein Verfahren entwickelt, das die reale Schweißnahtoberfläche per 3D-Scan erfasst und daraus automatisiert eine bauteilspezifische Lebensdauerprognose ableitet, statt diese wie bisher anhand pauschaler Kerbfallklassen abzuschätzen.

»Die geometrische Kerbe am Nahtübergang ist seit Jahrzehnten als Schwachstelle bekannt, blieb aber bislang ungelöst, weil jede Naht geometrisch einzigartig ist. Mit hochauflösenden 3D-Scans und neuronalen Netzen können wir diese Individualität erstmals objektiv erfassen und bewerten –die Auslegung geschweißter Strukturen

könnte damit sehr viel materialsparender werden«, erklärt Projektleiter Dr. Jan Schubnell vom Fraunhofer IWM.

Wie die Methode funktioniert

Ein 3D-Scanner erfasst die Nahtoberfläche mit einem Bildpunktabstand von bis zu 5 Mikrometern. Ein Algorithmus extrahiert daraus automatisiert zentrale Geometrieparameter, insbesondere den bislang normativ vernachlässigten Nahtübergangsradius. Ein künstliches neuronales Netz leitet daraus die individuelle Kerbformzahl und eine bauteilspezifische Lebensdauerprognose ab, statt pauschale Kerbfallklassen (sogenannte FAT-Klassen) anzusetzen. Validiert wurde das Verfahren an rund 400 Prüfkörpern sowie an Realstrukturen wie Rohrknoten und Kranauslegern.

Mit der datenbasierten Bewertung der Ermüdungsfestigkeit könnte die Kerbfallklasse von FAT90 auf bis zu FAT140 angehoben werden, was einer Blechdickenreduktion von bis zu 40 Prozent und eine Halbierung der Schweißzeit entspricht. Und das bei gleichbleibender struktureller Sicherheit, da der Nachweis auf individuellen Messdaten statt auf pauschalen Sicherheitsabschlägen beruht.

Hebelwirkung nicht nur für die Energiewende

Besonders deutlich zeigt sich das Potenzial am Beispiel der Windenergie: Bei einer 10-Megawatt-Offshore-Anlage mit einem Turmgewicht von rund 600 Tonnen lassen sich durch optimierte Nahtbewertung etwa 180 Tonnen Stahl einsparen, ohne Sicherheitseinbußen. Beim geplanten Ausbau der Offshore-Windkapazität auf 30 Gigawatt bis 2030 summiert sich dies auf bis zu 360.000 Tonnen Stahl und eine CO_2-Einsparung in Millionenhöhe.

Die Projektpartner arbeiten daran, die Ergebnisse über die Mitarbeit in Fachgremien in Regelwerke zu bringen, mit dem Ziel, die konservativen FAT-Klassen-Konzepte um eine individuelle, datenbasierte Bewertung zu erweitern.

Die Methodik betrifft auch den Brücken- und Kranbau sowie den Baumaschinensektor, Branchen, in denen in Deutschland jährlich viele Millionen Tonnen Stahl verarbeitet werden.

Förderung

Das Projekt ORka3D »Optimierung des Ressourceneinsatzes bei Schweißkonstruktionen durch die automatisierte in-line Lebensdauerbewertung auf Basis von 3D-Scans« wurde im 7. Energieforschungsprogramm vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie BMWE gefördert.

Am Projekt beteiligt waren neben den Fraunhofer-Instituten IWM und LBF die Industriepartner Liebherr, Volvo Construction Equipment, Salzgitter Mannesmann Forschung sowie die Sensorhersteller GOM, Micro-Epsilon und Quelltech, sowie der Ingenieursdienstleister Jörss – Blunk – Ordemann JBO.



© Fraunhofer IWM, Foto Kai Wudtke

Für das Projekt ORka3D untersucht eine Wissenschaftlerin des Fraunhofer IWM Schweißnahtproben mit zyklischen 4-Punkt-Biegeversuchen bis zur Entstehung von Rissen. Die Rissausgangsorte, Dehnungsfelder und Versagenszyklen werden exakt vermessen und mit scanbasierten Nahtfehlern korreliert. So entsteht die Datenbasis, um künftig aus einfachen 3D-Scans die Lebensdauer jeder Naht individuell vorherzusagen und Stahl einzusparen.

Kontakt

Pressekontakt
Thomas Götz
Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM
Unternehmenskommunikation und Institutsstrategie
Tel. +49 761 5142-153
thomas.goetz@iwm.fraunhofer.de

Wissenschaftlicher Kontakt
Dr. Jan Schubnell
Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM,
Ermüdungsverhalten und Bruchmechanik
Tel. +49 761 5142-235
jan.schubnell@iwm.fraunhofer.de

www.iwm.fraunhofer.de

Die **Fraunhofer-Gesellschaft** mit Sitz in Deutschland ist eine der führenden Organisationen für anwendungsorientierte Forschung. Im Innovationsprozess spielt sie eine zentrale Rolle – mit Forschungsschwerpunkten in zukunftsrelevanten Schlüsseltechnologien und dem Transfer von Forschungsergebnissen in die Industrie zur Stärkung unseres Wirtschaftsstandorts und zum Wohle unserer Gesellschaft. Die 1949 gegründete Organisation betreibt in Deutschland derzeit 74 Institute und Forschungseinrichtungen. Die rund 30 000 Mitarbeitenden, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Finanzvolumen von 3,6 Mrd. €. Davon fallen 3,2 Mrd. € auf den Bereich Vertragsforschung.

Das **Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM** forscht für die Nachhaltigkeit in der industriellen Wertschöpfung. Für Industrieunternehmen und öffentliche Auftraggeber eröffnet das Institut Wege und Innovationsräume zur Langlebigkeit und Sicherheit von Bauteilen, zur Ressourceneffizienz in Prozessketten sowie zur Energieeffizienz von Maschinen. Dazu erzeugt das Institut digitale Abbilder von Werkstoffen in Prozessketten, Bauteilen und Maschinen und macht sie mit ihrem Verhalten und ihren Eigenschaften berechenbar. Das Institut befähigt Unternehmen für den daten-basierten Einsatz von Werkstoffen als Schlüssel für Wettbewerbsfähigkeit und Nachhaltigkeit