

# FORSCHUNG KOMPAKT

FORSCHUNG KOMPAKT  
19. Februar 2025 || Seite 1 | 3

Fraunhofer auf der Hannover Messe Press Preview

## Bergbau-Werkzeuge mit KI und Lasertechnik reparieren

**Forschende des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik ILT haben gemeinsam mit Projektpartnern eine KI zur Unterstützung im Laserauftragschweißen entwickelt. Damit lassen sich im Bergbau verschlissene Schaufelzähne und andere Werkzeuge erneuern. Unter den Projektpartnern sind auch Forschungsorganisationen und Unternehmen aus Kanada. Auf der Hannover Messe Preview am 19. Februar 2025 stellen die Fraunhofer-Forschenden die Lösung vor.**

Werkzeuge, die im Bergbau genutzt werden, unterliegen einem enormen Verschleiß. Baggerschaufeln mit verschlissenen Zähnen oder stumpf gewordene Meißel und Steinebrecher werden in der Regel eingeschmolzen und durch neue ersetzt. Das ist teuer und nicht ressourcenschonend.

Eine Alternative hierzu ist das Laserauftragschweißen (Laser Material Deposition, LMD). Dabei werden ein metallisches Pulver und der Laserstrahl durch eine Optik so geführt, dass der Laserstrahl lokal auf dem Bauteil ein Schmelzbad erzeugt und das Pulver aufgetragen wird. Durch die Bewegung werden hochwertige Metalllegierungen Bahn für Bahn und Schicht für Schicht aufgetragen. Auf diese Weise wird die ursprüngliche Kontur, beispielsweise eines abgeschliffenen Baggerzahns oder einer Bohrkronen, exakt wiederhergestellt. Im Projekt AI-SLAM («Artificial Intelligence Enhancement of Process Sensing for Adaptive Laser Additive Manufacturing») kombinieren die Fraunhofer-Forschenden die Lasertechnik mit Künstlicher Intelligenz. »Ziel des Projekts war die Automatisierung aller Schritte: von der Aufnahme der Defekte über die Planung der Bahnen und Parameter beim Schweißen bis zur Umsetzung und Qualitätskontrolle«, erklärt Max Zimmermann, Projektleiter Beschichtung LMD und Wärmebehandlung in der Abteilung Laserauftragschweißen am Fraunhofer ILT.

Partner des Vorhabens sind der National Research Council of Canada, die McGill University in Montreal sowie Unternehmen wie der KI-Spezialist Braintoy in Calgary und Apollo Machine and Welding aus Alberta. Auch der Softwareentwickler BCT aus Dortmund ist beteiligt.

## Ultrahartes Wolframkarbid und Edelstahl

Bei der Reparatur gleitet die Laseroptik in einer vorberechneten Bahn über die Oberfläche des Werkzeugs. Dabei wird Edelstahl bei circa 1300 °C geschmolzen und aufgetragen. Gleichzeitig blasen Düsen Wolframkarbidpartikel darauf. Diese verbinden sich

---

### Kontakt

**Monika Landgraf** | Fraunhofer-Gesellschaft, München | Kommunikation | Telefon +49 89 1205-1333 | [presse@zv.fraunhofer.de](mailto:presse@zv.fraunhofer.de)  
**Petra Nolis** | Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT | Telefon +49 241 8906-662 | Steinbachstraße 15 | 52074 Aachen | [www.ilt.fraunhofer.de](http://www.ilt.fraunhofer.de) | [petra.nolis@ilt.fraunhofer.de](mailto:petra.nolis@ilt.fraunhofer.de)

mit dem geschmolzenen Edelstahl und bilden nach dem Abkühlen eine ultraharte Schicht auf dem Werkzeug – sie ist sowohl Verschleiß- als auch Korrosionsschutz.

---

**FORSCHUNG KOMPAKT**  
19. Februar 2025 || Seite 2 | 3

---

Eine Herausforderung für das Forschenden-Team bestand darin, das optimale Mischungsverhältnis aus Wolframkarbidpartikeln und Stahl zu finden. »Zu viele Partikel machen die Schicht spröde und rissig, bei zu viel Edelstahl ist die Schicht zu weich und schnell wieder abgenutzt«, erklärt Zimmermann. Außerdem muss die Laserleistung so eingestellt sein, dass die Temperatur hoch genug ist, um Stahl zu schmelzen, aber nicht so hoch, dass Wolframkarbidpartikel ebenfalls schmelzen (bei circa 2900 °C). Denn dann hätten diese ihre Härte verloren. Zahlreiche weitere Parameter kommen hinzu: der Abstand der Düsen zur Oberfläche, die Geschwindigkeit, mit der die Bahnen gezogen werden, die Überlappung der Bahnen, die Laserleistung und vieles mehr. Insgesamt müssen bei der Planung eines Reparaturvorgangs 150 Parameter festgelegt und aufeinander abgestimmt werden.

### **KI plant und steuert die Reparatur**

Für AI-SLAM haben die Fraunhofer-Forschenden eine mehrteilige KI entwickelt, die diesen komplexen Planungs- und Steuerungsprozess regelt. Im ersten Schritt erfasst ein Linienlaser mithilfe einer CMOS-Kamera (Complementary Metal Oxide Semiconductor) die abgenutzten Konturen des Werkzeugs, beispielsweise eines Baggerzahns. So entsteht ein Abbild der aktuellen Oberflächengeometrie. Dieses wird mit der Kontur des Zahns im Neuzustand abgeglichen, die in der Software hinterlegt ist. Aus der Differenz errechnen sich schließlich Verlauf und Dicke der aufzutragenden Metallschicht. Mittels Kamera erkennt die KI schon während des Beschichtungsvorgangs Abweichungen oder Fehler.

### **Wesentlich schneller und weniger fehleranfällig**

Der Projektpartner BCT hat das KI-Modul der Forschenden in seine Bediensoftware OpenARMS integriert. Diese Software setzt die von der KI empfohlenen Parameter für den Schweißvorgang in Steuerbefehle um. Für das Bedienpersonal entfällt damit das zeitraubende und fehleranfällige Eintippen der Maschinencodes. Braintoy aus Calgary ist für die Machine-Learning-Algorithmen zuständig und stellt die Plattform für die Datenanalyse im LMD-System bereit.

Durch das Zusammenspiel aller Lösungen läuft der Reparaturvorgang fehlerfrei und automatisiert ab. »Der Mensch muss nur noch auf Start drücken«, meint Zimmermann.

Die Expertinnen und Experten des Fraunhofer ILT stellen das Projekt AI-SLAM auf der Hannover Messe Preview am 19. Februar 2025 persönlich vor. Auf der Hannover Messe

vom 31. März bis 4. April 2025 können Besucherinnen und Besucher eine Software-Demonstration des Laserauftragschweißens auf dem Fraunhofer-Stand sehen (Halle 2, Stand B24). Auch hier stehen die Fraunhofer-Forschenden für Fragen zur Verfügung.

---

**FORSCHUNG KOMPAKT**  
19. Februar 2025 || Seite 3 | 3

---



**Abb. 1** Um die Metallschicht in gleichbleibendem Abstand auf die komplexe Oberflächengeometrie der Werkzeuge auftragen zu können, ist der Laserkopf auf drei Achsen beweglich, zusätzlich verfügt er über zwei Rotationsachsen.

© Fraunhofer ILT



**Abb. 2** Bergbauwerkzeuge wie dieser Zahn einer Baggerschaufel unterliegen einem extremen Verschleiß. Durch das KI-gestützte und hochpräzise Laserauftragschweißen erfolgt die Reparatur schnell und kostengünstig direkt an der Maschine.

© Fraunhofer ILT