P2D2

Power Processing for Defect Detection

Programm / Ausschreibung	Spin-off Fellowship, Spin-off Fellowship, 2. AS Spin Off Fellowship 2022-2027	**Status**	abgeschlossen
Projektstart	01.02.2024	**Projektende**	31.07.2025
Zeitraum	2024 - 2025	**Projektlaufzeit**	18 Monate
Keywords	Non-destructive quality control; Real-time defect detection; Data-driven manufacturing; IIoT Platforms;		

Projektbeschreibung

Das P2D2-Projekt widmet sich der Förderung einer nachhaltigen Fertigung durch die Revolutionierung von Qualitätsprüfungen. Die herkömmliche End-of-Line-Prüfung mit begrenzter Teileinspektion hat den Nachteil, dass Mängel bis zur Endmontage des Produkts unentdeckt bleiben können. P2D2 bietet einen innovativen Ansatz, der durch unsere Patentanmeldung geschützt ist und Echtzeit-Qualitätsprüfungen ohne Zerstörung für alle hergestellten Teile ermöglicht. Dies ist ohne zusätzliche Hardware, wie z.B. Sensoren, möglich. P2D2 hat seine Innovation bereits in experimentellen Produktionsläufen von Stahl- und Aluminiumteilen gezeigt und plant, ein nutzerfreundliches Minimum Viable Product (MVP) zu entwickeln, um mehr Kunden anzusprechen.
Die Hauptziele des Projekts sind eine leistungsstarke Fehlererkennung, kostengünstige Software und das Erreichen eines Technology Readiness Levels (TRL) von 7-8. Weitere Ziele in diesem Fellowship sind die Implementierung der Beta-Version unserer Software, die Einbindung potenzieller Kunden, die Verfeinerung der Geschäftsstrategie und die Sicherung der Folgefinanzierung. Unterziele sind der Aufbau von Stakeholder- und Kundennetzwerken, die Etablierung einer Unternehmenspräsenz und die Verbesserung unserer Expertise im Startup-Management
Die Wettbewerbsanalyse von P2D2 zeigt, dass es kaum Lösungen gibt, die in der Lage sind, Materialfehler in Echtzeit während der Fertigung ohne zusätzliche Sensoren zu erkennen. Wir haben eine Prototypversion von P2D2 mit einer bestehenden Lösung eines Herstellers von Edge-Geräten verglichen, was die Überlegenheit unseres Ansatzes unter Beweis gestellt hat. Die unübertroffene Genauigkeit von P2D2 und der Zugang zu IIoT Plattformen heben uns von anderen Wettbewerbern ab.
In diesem Projekt konzentrieren wir uns auf die Erkennung gängiger Defekte während der Bearbeitung, wie Porosität, Risse, Hohlräume, Schweißfehler und Materialanhäufungen. P2D2 verwendet einen mathematischen Ansatz, bei dem Bearbeitungsdaten analysiert werden, um eine zerstörungsfreie Qualitätsprüfung in Echtzeit zu ermöglichen.
P2D2 hat beeindruckende Resultate erzielt, indem es Defekte mit nur 0,2 mm Durchmesser erkannt hat. Experimente mit verschiedenen Materialien sollen die Fähigkeiten des Systems erweitern. Zu den technischen, wissenschaftlichen und kommerziellen Herausforderungen gehören die Begrenzung der Datenmenge, die agile Softwareentwicklung, die Analyse von Anwendungsfällen und die Klassifizierung von Fehlertypen. Die wirtschaftliche Tragfähigkeit liegt in der Angabe wichtiger Leistungskennzahlen, die für die Kunden von Bedeutung sind, z. B. Schwellenwerte für die Erkennung von

Defekten, und in der Abschätzung von Effizienzgewinnen im Vergleich zu herkömmlichen Tests, z. B. End-of-Line-Tests. Anwenderspezifische Überlegungen drehen sich um erstes Kundenfeedback und B2B-Modelle, mit möglicher Integration bei Fronius (Partner von Pro2Future) und anderen interessierten Unternehmen (z.B. KTM). Nachhaltigkeit ist ein zentraler Schwerpunkt, wobei die Fehlererkennung von P2D2 zur Reduzierung von Materialabfall, Energieverbrauch, CO2-Emissionen und Umweltauswirkungen beiträgt. Die wirtschaftliche Nachhaltigkeit ergibt sich aus der Kostenreduzierung und der Beteiligung der Industrie an den Forschungsaktivitäten.
Zusammengefasst verspricht das P2D2-Projekt eine Neugestaltung der Qualitätskontrolle in der Fertigung durch Echtzeit-Erkennung von Defekten, was bedeutende nachhaltige und wirtschaftliche Vorteile bietet.

Abstract

The P2D2 project is dedicated to advancing sustainable manufacturing by revolutionizing quality checks. Traditional end-of-line testing, where only a few parts are examined, has its drawbacks, including the risk of defects going undetected until the final stage, i.e., after the final product assembly. P2D2 introduces a groundbreaking approach, protected by our pending patent application, that enables real-time non-destructive quality testing for all manufactured parts. Remarkably, it achieves this without the need for additional hardware, such as sensors. P2D2's innovation has already been demonstrated in experimental production batches of steel and aluminium parts, and the project's goal is to develop it into a Minimum Viable Product (MVP) suitable for commercialization and scale-up.

The project's main objectives encompass achieving high-performance defect detection, targeting a per year maintenance of P2D2 software through an affordable software license price and reaching a Technology Readiness Level (TRL) of 7-8. Other objectives in this Fellowship will include the implementation of the beta-version of our software at IFT (TU Graz), potential customer engagement, business strategy refinement, and securing follow-up funding. Sub-targets involve creating stakeholder and customer networks, establishing a corporate presence, and enhancing our expertise in startup management.
P2D2's competition analysis reveals almost a lack of solutions capable of identifying material defects in real-time during manufacturing without additional sensors. We have benchmarked a prototype version of P2D2 against an existing edge device manufacturer solution, which has showcased the superiority of our approach. P2D2’s unmatched accuracy and access to IIoT platforms sets us apart from other competitors.

In this project, we will focus on the detection of common defects during machining, such as porosity, cracks, voids, welding imperfections, and material agglomerations. P2D2 employs a mathematical approach that involves analysing machining data to achieve real-time non-destructive quality testing.

P2D2 has already achieved remarkable results, detecting defects as small as 0.2mm in diameter. Experimentations with different materials aim to expand its capabilities. Technical, scientific, and commercial challenges include dataset limitations, agile software development, use-case analysis, and defect type classification. Commercial viability lies in indicating key performance metrics meaningful to customers, e.g., defect size detection threshold, and estimating efficiency gains compared to traditional testing, e.g., end-of-line testing.

User-specific considerations revolve around initial customer feedback and B2B models, with potential integration into Fronius (partners from Pro2Future) and other already contacted and interested companies (e.g., KTM). Sustainability is a core focus,

with P2D2's defect detection contributing to reduced material waste, energy consumption, CO2 emissions, and environmental impact. Economic sustainability arises from cost reduction and industry involvement in research activities.

In summary, the P2D2 project promises to reshape manufacturing quality control, offering real-time defect detection during machining and significant sustainability and economic benefits.

Endberichtkurzfassung

The P2D2 Spin-off Fellowship successfully delivered a laboratory-based Minimum Viable Product (MVP) that performs real-time defect detection and remaining tool-life estimation directly from high-frequency CNC control data – without additional sensors . The solution uses an explainable, hybrid analytical – ML workflow that adapts to tool wear, distinguishes normal-behavior anomalies to minimize false positives, and provides user-friendly web visualizations packaged for edge deployment .

Over 1,500 machining experiments were conducted at smartfactory@tugraz , complemented by open datasets, resulting in a robust data-driven workflow that minimizes false positives and reliably detects defects >0.6 mm with ~100% accuracy under industrial machining conditions .

The project achieved TRL 4 validation , demonstrated during a live demo in July 2025, where the MVP identified defects and tool wear with high accuracy under blind test conditions. A novel patented workflow was developed (second patent submitted), offering explainable, hybrid AI models that adapt to tool wear, classify normal anomalies, and estimate material quality.

Deployable versions were prepared (library with web-based interface), and Responsible-AI principles (transparency, explainability, accountability, and privacy) were embedded throughout the workflow.

On the business side, the project led directly to the foundation of MUST Visibility FlexCo (August 2025), incubation at Science Park Graz , and commitments from three private investors . Strong networks were built, with 9 NDAs, 5 LoIs, and 1 pricing agreement signed with industrial stakeholders. A comprehensive business plan, IP strategy, and funding roadmap were finalized, including submission of an FFG Basisprogramm proposal for follow-up R&D.

Sustainability assessments confirmed significant potential: P2D2 enables “first-time-right” production, reducing scrap and extending tool life, with projected 12–22% cost savings , 14% tool savings , and up to 10 Mt CO2 reduction if scaled to 5% of the SAM.

Overall, the project not only exceeded its technical goals but also established the foundation for a spin-off company, validated the technology in a laboratory environment, and generated strong market traction and patentable IP.

Projektpartner

- Pro2Future GmbH