Kurzbericht

Verbundprojekt: ProQuaOpt - Produktivitäts- und Qualitätsoptimierung für Kunststoffspritzgieß-Verfahren mit KI-Methoden

Förderkennzeichen alt:	01IS22019D
Förderkennzeichen neu:	16IS22019D
Projektlaufzeit:	01.05.2022 - 30.09.2025
Berichtszeitraum:	01.05.2022 - 30.09.2025
Berichtspflichtiger:	KHW GmbH
	Alte Lage 1a, 99331 Geratal OT Geschwenda
Projektleitung:	Marcus Cramer

1) Aufgabenstellung und wissenschaftlich-technischer Stand:

Das Vorhaben „ProQuaOpt“ adressiert die Qualifizierung und Optimierung von Spritzgießprozessen mittels KI-basierter Qualitätsprüfung und einer integrierten Prozessregelung. Im Mittelpunkt steht die Entwicklung eines Produkt-Prozess-Qualitätsregelkreises (PPQRK), der Bilddaten und Prozessdaten kombiniert und daraus automatisiert Qualitätsinformationen sowie Handlungsempfehlungen zur Parametereinstellung für den Spritzgießprozess ableitet.

Als repräsentative Prüfobjekte wurde mit der Firma SQM GmbH und mit den Industriepartnern das praxisnahe Prüfteil „Becher“ von KTI mit definierten Geometrien, der Kunststoffschlitten „SnowFox“ von KHW sowie eine handgroße Mörtelschale der Marke „Teifoc“ von eitech ausgewählt. Diese Komponenten decken unterschiedliche Bauteilgrößen, Geometrien und Fehlertypen ab und bilden damit eine geeignete Basis für das Training und die Evaluierung der KI-basierten Qualitätsprüfung.

Ziele des Projekts waren die Entwicklung

- eines KI-basierten optischen Prüfsystems zur Erkennung relevanter Fehlerarten (u. a. Überspritzung, Unterspritzung, Dieseleffekt, Farbschlieren) und zur Quantifizierung der Defektgrößen. *(Projektpartner SQB)*
- eines Optimierungs- bzw. Assistenzsystems für Spritzgießprozesse, das auf Basis der Qualitätsinformationen Handlungsempfehlungen bzw. Stellgrößenanpassungen für die Produktion generiert. *(Projektpartner IMMS)*
- der Integration beider Teilsysteme zu einem Gesamtsystem, welches Qualitätsdaten zusätzlich zu Maschinen- und Prozessdaten in den Produkt-Prozess-Qualitätsregelkreis (PPQRK) einbezieht.

Mittelfristig sollen aus dem Projekt marktfähige Systeme hervorgehen, die sowohl als eigenständiges optisches Prüfsystem als auch in Kombination mit einem Regelungssystem vermarktet werden können.

2) Ablauf des Vorhabens

Der Ablauf des Vorhabens erfolgte anhand des Arbeits- und Balkenplans. In dem Teilvorhaben gab es insgesamt 5 Meilensteine:

- M1 Grobkonzept erstellt
- M2 Datengrundlage erarbeitet
- M3 Funktion PPQRK nachgewiesen
- M4 Nachweis Funktion Prototyp an realen Analysegeräten
- M5 Projekt abgeschlossen

Die Verlängerung der Projektlaufzeit um 5 Monate bis September 2025 war entscheidend dafür, dass zentrale Projektziele vollständig erreicht werden konnten.

Alle fünf Meilensteine wurden erreicht und die Ziele des Projekts wurden erfüllt. Eine genauere Beschreibung kann der eingehenden Darstellung des Abschlussberichts entnommen werden.

3) Wesentliche Ergebnisse / Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen

Im Vorhaben „ProQuaOpt“ wurde ein durchgängiges Konzept zur KI-basierten Qualitätsprüfung und Prozessoptimierung im Spritzgießen entwickelt und prototypisch umgesetzt. Ziel war es, Bilddaten und Prozessdaten so zu verknüpfen, dass Qualitätsabweichungen automatisch erkannt, quantifiziert und für eine gezielte Unterstützung der Prozesseinstellung durch das Bedienpersonal genutzt werden können.

Zentrales technisches Ergebnis ist ein optisches Prüfsystem mit KI-basierter Bildauswertung, das an den Prüfobjekten *„Becher“* (KTI) und *„SnowFox-Schlitten“* (KHW) demonstriert wurde. Die eingesetzten neuronalen Netze zur semantischen Segmentierung erkennen und lokalisieren relevante Fehlertypen auf den Bauteiloberflächen und erlauben eine Quantifizierung der Defektgröße. Für das Bauteil „Becher“ können Defekte ab ca. 1–2 mm², für das Bauteil „SnowFox-Schlitten“ ab ca. 10 mm² zuverlässig detektiert werden und decken damit praxisrelevante Qualitätsabweichungen ab.

Ergänzend wurde ein Recommender-System zur integrierten Prozessoptimierung realisiert. Dieses Assistenzsystem verknüpft Qualitätskennwerte der KI mit Maschinen- und Prozessdaten und generiert daraus konkrete Handlungsempfehlungen für das Bedienpersonal zur Anpassung der Prozesseinstellungen. Aufgrund von Schnittstellenbeschränkungen erfolgt bewusst keine vollautomatische Regelung, sondern eine transparente Unterstützung der Einrichter und Anlagenbediener.

Im Projektverlauf wurden ein vollautomatisierter Demonstrator an der KTI-Anlage (inklusive Portalroboter, Kamera- und Beleuchtungssystem, Qualitäts-KI und Recommender-System) aufgebaut und erfolgreich in Betrieb genommen sowie die Lösung auf die Serienfertigung bei KHW übertragen. Dort konnte das Gesamtsystem im Rahmen eines produktionsnahen Validierungslaufs über 2–3 Stunden stabil betrieben und live am Bauteil *„SnowFox“* demonstriert werden. Damit ist die prinzipielle Praxistauglichkeit des Ansatzes im industriellen Umfeld nachgewiesen.

Die Verlängerung der Projektlaufzeit bis September 2025 war maßgeblich dafür, dass der Aufbau des Portalroboters, die vollständige Integration der Prozesskette sowie die Übertragung und Validierung bei KHW abgeschlossen werden konnten. Gleichzeitig konnten die KI-Modelle weiter präzisiert, Erkennungsgrenzen bewertet und die wissenschaftliche Verwertung – u. a. durch Publikationen (z. B. PixLabelCV, VISAPP 2025) – vorangetrieben werden.

Auf Basis der erzielten Ergebnisse ergeben sich **klare Verwertungsperspektiven**: Die Projektpartner planen im Anschluss an das Projekt gemeinsame Aktivitäten mit dem Ziel, ein marktfähiges KI-basiertes Prüfsystem sowie ein darauf aufbauendes Optimierungs- bzw. Assistenzsystem für Spritzgießprozesse anzubieten. Mittelfristig wird damit ein Beitrag zur Reduktion von Ausschuss, zur Stabilisierung von Qualitätsniveaus und zur effizienteren Einrichtung von Spritzgießprozessen erwartet.

Literaturverzeichnis

/1/ PixLabelCV Sourcecode: https://github.com/dominiks-dev/PixLabelCV

/2/ SCHRAML, Dominik; TRAMBICKII, Konstantin; NOTNI, Gunther: PixLabelCV-Labeling images for semantic segmentation fast, pixel-precise and offline

/3/ SCG 2024; 32. International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision 2024: http://wscg.zcu.cz/wscg2024/program.html

/4/ **VISAPP** 20th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications: https://visapp.scitevents.org/?y=2025

/5/ https://www.emva.org/events/more/european-machine-vision-forum-2022/

/6/ https://www.emva.org/events/more/european-machine-vision-forum-2023/