

Industrielle Gemeinschaftsforschung

F.O.M.

038



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Hybride KI für die Prozessoptimierung in der Serienfertigung von komplexen Optiken (OptiMassKI)

Die Herausforderung

Die Qualität hochpräziser optischer Komponenten ist entscheidend für die Innovationsentwicklung in Wachstumsmärkten wie Luft- und Raumfahrt, Unterhaltungselektronik und Medizintechnik. Die optischen Komponenten müssen insbesondere eine hohe Formgenauigkeit und eine hohe Oberflächenqualität aufweisen. Bei der Produktion anspruchsvoller technischer Optiken sowie dünner Abdeckgläser für Displays und Sensoren hat vor allem die Heißformgebung aufgrund ihrer guten Skalierbarkeit und der Möglichkeit, komplexe Geometrien herzustellen, eine bedeutende Rolle eingenommen. Die bisher genutzten Verfahren ermöglichen allerdings keine effiziente prozessbegleitende Erfassung der Temperaturverteilung, die jedoch das Fließverhalten des Glases und dadurch die Qualität der Optiken nicht unerheblich beeinflusst.

Die Innovationsidee

Durch Vorhersage und Berücksichtigung des Glas-Fließverhaltens mithilfe einer automatisierten hybriden Modellierung

unter Nutzung künstlicher Intelligenz (KI) sollte die Optimierung des Heißformgebungsprozesses ermöglicht werden. Dazu sollte im Projekt OptiMassKI ein Automated Machine-Learning- (AutoML-) Modell mit Sensordaten trainiert, mit rheologischen Modellen kombiniert und in bedienungsfreundliche Software implementiert werden.

Das zu erstellende hybride Modell sollte einen mit Sensordaten zu trainierenden Black-Box-Teil und einen mit geeigneten rheologischen Modellen, Expertenwissen oder mithilfe von Simulationen zu trainierenden White-Box-Teil umfassen.

Die teilweise komplexen Zusammenhänge, die zu Formfehlern und Defekten führen, sind schwer oder unzureichend messbar. Mithilfe von KI lassen sich jedoch die vorhandenen Prozessdaten effizient analysieren und modellieren. Durch die innovative hybride Modellierung bestehend aus datenbasiertem AutoML-Modell und Expertenwissen kann die benötigte Datenmenge erheblich verringert werden. Tiefgehendes Fachwissen des Bedieners zur Betreibung des AutoML-Modells wird nicht benötigt.

Projektinformationen

IGF-Nr.:	01IF22461N
Laufzeit:	05/2022 - 12/2024
Fördersumme:	274.684 EUR
Industrieleistungen:	67.050 EUR

Forschungseinrichtungen

- Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT, Aachen

Projektbegleitender Ausschuss

- AIXEMTEC GmbH ^{KMU}
- Anton Paar Germany GmbH
- EDI GmbH ^{KMU}
- First Glass Optics GmbH ^{KMU}
- Gauss Machine Learning GmbH ^{KMU}
- INGENERIC GmbH
- Moulded Optics GmbH ^{KMU}
- son-x GmbH ^{KMU}
- Vitrum Technologies GmbH ^{KMU}
- WALTEC Maschinen GmbH ^{KMU}

- **Serienfertig. komplexer Optiken**
- **Vorhersage d. Glasfließverhaltens mithilfe hybrider KI**
- **Kombination eines Sensordaten-trainierten ML-Modells mit rheologischen Modellen**

Projektbegleitende akademische Abschlussarbeiten

- Eine Dissertation
- Eine Master-Arbeit
- Zwei Bachelor-Arbeiten

Das Programm "Industrielle Gemeinschaftsforschung" (IGF) ...

... fördert Studien zur industriellen Machbarkeit von Innovationsideen und beschleunigt so Technologietrends. Dazu arbeiten Wissenschaft, Industrie und Politik zusammen:

0 Das **BMW** fördert vorwettbewerbliche, innovationsorientierte Forschung mit dem IGF-Programm.

1 **Industrie** und **Wissenschaftler** entwickeln Innovationsideen und geben Projekimpulse.

2 IGF-**Forschungsvereinigungen**, wie die F.O.M., finden Forschungspartner.

3 **Wissenschaftler** von je 1-3 Forschungseinrichtungen schreiben Förderanträge.

4 **Industrieunternehmen** beraten bei der Entwicklung der Anträge.

5 Die **Forschungsvereinigungen** optimieren die Qualität der Vorhaben und der Anträge und reichen die Anträge ein.

6 Ehrenamtliche **Experten aus Industrie und Wissenschaft** begutachten und bewerten die Anträge ganzjährig.

7 Das **BMW** finanziert die Forschungskosten bis max. 275/525/750 T EUR.

8 Die **Industrie** teilt sich die Administrationskosten.

9 Die **Wissenschaftler** der Forschungseinrichtungen führen die Forschung durch.

10 Die **Forschungsvereinigungen** stellen mithilfe von je 10-20 Unternehmen projektbegleitender **Industrieausschüsse** mit mindestens 50 % KMU einen regen Technologietransfer bis in die Branchen hinein sicher.

11 Die **Industrie** sorgt durch Bekundung ihrer Interessen für die Praxisrelevanz der Forschung, steuert Industrieexpertise bei und validiert die Ergebnisse.

Gemeinsam stärken wir die Innovationskraft des Mittelstands und den Fachkräftenachwuchs in Deutschland.

Für eine ausführlichere Fassung des Abschlussberichts wenden Sie sich bitte an:

Kontakt / Impressum

Forschungsvereinigung F.O.M.
Robert-Koch-Platz 4, 10115 Berlin
030 4140 21-50
info@forschung-fom.de
www.forschung-fom.de

Die Ergebnisse

Es wurde ein Software-Tool entwickelt, das die automatisierte Generierung von AutoML-Modellen ohne Expertenwissen ermöglicht. Das Tool nutzt hybride Modellansätze, die die Integration kontinuierlich erfasster Prozessdaten erlauben. Durch den Praxis-Einsatz des Software-Tools wurde bei der Produktion von Optiken eine Formgenauigkeit im einstelligen Mikrometerbereich erreicht.

Während der Produktion von Linsen als Demonstratoren durch nicht-isothermes Blankpressen wurden kontinuierlich Prozessdaten erfasst. Nach Herstellung der Linsen erfolgte ihre präzise Vermessung, wobei die Formabweichung als kritischer Qualitätsparameter herangezogen wurde. Auf Basis dieser Daten wurden verschiedene Modellkonfigurationen entwickelt. Die hybriden Modelle kombinierten das Training von Machine-Learning-Algorithmen mit White-Box-Modellen und Simulationen auf Basis der Finite-Elemente-Methode (FEM). Als Benchmark wurde ein Modell komplett automatisiert erstellt, ohne Zugrundelegung von Expertenwissen.

Eine Modellkonfiguration mit auf Expertenwissen-basierenden Parameterwerten, die in ein ML-Modell gespeist wurden, zeigte eine hervorragende Formgenauigkeit mit einer Abweichung von der Solloberfläche des Benchmark-Modells von nur 1,5 µm. Die Performance der hybriden Modellkombination aus einem datengetriebenen Optimierungsalgorithmus und einer FEM-Simulation des Glaspressprozesses lag aufgrund des hohen Simulationsaufwands deutlich hinter der des Benchmark-Modells und der mit manueller Feature-Extraktion.

In der Konfigurationsphase werden Anforderungen und Use-Case-Beschreibungen

gen an das Software-Tool übergeben. In dieser Phase können Nutzer historische Prozessdaten laden, die durch eine integrierte Datenpipeline verarbeitet werden. In der Nutzungsphase steht das derart optimierte hybride Modell mit verknüpfter Datenpipeline zur Verfügung. Zudem können neue Daten aus der Serienfertigung genutzt werden, um Vorhersagen über das Fließverhalten des Glases zu treffen, wodurch Qualitätsparameter leichter bestimmt und mangelhafte Produkte frühzeitig ausgeschlossen werden können.

Die Verwertung

KMU-Nutzen

Durch die Projektergebnisse können Hersteller hochpräziser optischer Komponenten oder auf Glasverarbeitung spezialisierte KMU ohne weiteren Personalaufbau KI nutzen. Das entwickelte Software-Tool unterstützt die Optimierung der Produktionsprozesse bei gestiegenen Stückzahlen und hohen Qualitätsanforderungen an Formgenauigkeit und Rauheit, indem auf Basis vorausgesagter Qualitätsparameter Prozessparameter effizient angepasst werden können. Das Tool ermöglicht zudem eine automatisierte Prozessdaten-Analyse. Damit lassen sich Ausschussraten signifikant reduzieren und Standzeiten der Formwerkzeuge erhöhen. Diese ressourceneffizientere Produktion hilft vor allem kapitalschwächeren KMU. Der modulare Aufbau des Software-Tools erlaubt direktes Einfließen der Projektergebnisse in die Produktionsprozesse der Unternehmen.

Umsetzung

Schon kurz nach Projektabschluss befassten sich erste Optik-Unternehmen aus dem projektbegleitenden Ausschuss mit der Implementierung des Software-Tools in die eigenen Produktionsprozesse.

