

Projektplan

OptiMassKI: Hybride KI für die Prozessoptimierung in der Serienfertigung von komplexen Optiken (22461 N)

Motivation und wirtschaftlicher Nutzen

In jüngerer Zeit hat die Heißformgebung von Glas zunehmende Bedeutung in der Herstellung anspruchsvoller technischer Optiken sowie dünner Abdeckgläser für Displays und Sensoren gewonnen. Diese Produkte kommen in mehreren essenziellen deutschen Wachstumsmärkten wie dem Automobilbau (436,2 Mrd. EUR Umsatz in 2019), der Unterhaltungselektronik (8,5 Mrd. EUR Umsatz in 2020) und der Industrie für optische, medizinische und mechatronische Technologien (74 Mrd. EUR Umsatz in 2019) zum Einsatz. In der Heißformgebung führen nicht-optimale Temperaturverteilungen in Heizraum und Glas zu Formfehlern und Defekten. Nach derzeitigem Stand der Technik lassen sich diese Temperaturverteilungen nur schwer mithilfe von Sensorik erfassen. Diese sind jedoch notwendig, um beispielsweise das Fließverhalten des Glases zu bestimmen. Künstliche Intelligenz (KI) bietet dahingehend die Möglichkeit, schwer oder unzureichend messbare Temperaturverteilungen durch die Analyse von Prozessdaten mithilfe von Machine Learning (ML)-Algorithmen zu modellieren. Anhand dieser Modelle können Vorhersagen über die Produktqualität im laufenden Produktionsprozess getätigt werden. Das Trainieren von ML-Algorithmen benötigt jedoch ausgebildete Data Scientists oder – wenn rein datengetrieben – sehr große Datenmengen. Mithilfe der hybriden Modellierung bestehend aus einem datengetriebenen ML-Modell (Black-Box) und einem Modell auf Basis von Expertenwissen (White-Box) kann die benötigte Datenmenge verringert und das Wissen über die Prozessabläufe und deren physikalische Gesetze genutzt werden. Dabei ist das hybride Modell im Gegensatz zu Black-Box-Modellen erklärbar. So können dessen Ergebnisse von Anlagenbedienern oder Prozessexperten nachvollzogen werden.

Forschungsziel

Das Projektziel ist die Prozessoptimierung in der Heißformgebung durch Vorhersage des Glas-Fließverhaltens mithilfe hybrider, künstlicher Intelligenz (KI).

Dazu soll ein hybrides Modell erstellt werden, dessen Black-Box-Teil mit Sensordaten trainiert wird und dessen White-Box-Teil mit geeigneten rheologischen Modellen, Expertenwissen oder Simulationen gebildet wird. Dieser Erstellungsprozess sowie die Nutzung des hybriden Modells werden automatisiert in einem bedienerfreundlichen Softwaretool umgesetzt. Insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) sollen durch das Softwaretool zur Nutzung erklärbarer KI unterstützt werden, ohne spezialisiertes Personal aufbauen zu müssen. Das Softwaretool soll einen Beitrag zur Optimierung der Produktionsprozesse mittels moderner Methoden und zur Erweiterung der Kompetenzen im Unternehmen führen.

Lösungsweg zum Erreichen des Forschungsziels

Das Gesamtkonzept sieht vor, verschiedene Funktionalitäten in Form von Modulen für das automatisierte und benutzerfreundliche Softwaretool aus »OptiMassKI« zu entwickeln. Unterscheiden lassen sich dabei die in Abbildung 1 dargestellten Phasen der Konfiguration zur Erstellung des hybriden Modells und der Nutzung:

- Initial werden Anforderungen an die Ergebnisse sowie die Beschreibung des Use-Cases (bspw. Prozessprinzip, Qualitätsparameter) an das Softwaretool mithilfe einer Eingabemaske übergeben.
- Aus den Entwicklungen des Projektes stehen in der White-Box-Bibliothek verschiedene, im Projekt entwickelte White-Box-Modelle zur Verfügung. Diese Bibliothek kann vom Nutzer bei Bedarf erweitert werden.
- Prozessdaten (historische Daten) werden von Nutzern in das Softwaretool geladen und mithilfe der integrierten Datenpipeline für die Modellbildung des daten-getriebenen Teils des hybriden Modells verarbeitet.
- Der Black-Box-Modellteil wird vom Softwaretool unter Zuhilfenahme von Automated Machine Learning (AutoML) in Form des AutoML-Moduls trainiert, getestet und optimiert, sodass ein ML-Modell automatisiert erstellt wird. Verschiedene Learning Tasks wie Regression zur Bestimmung der Viskosität des Glases oder Klassifikation der Produktqualität stehen zur Verfügung.
- Das Softwaretool enthält das für den Use-Case optimale hybride Modell, welches nutzbar gemacht wurde (productionized) und mit der Datenpipeline verknüpft ist.
- Neue Daten können daraufhin aus dem laufenden Betrieb (Serienfertigung) in das Softwaretool über definierte Schnittstellen geladen werden, um Vorhersagen über das Fließverhalten des Glases im Prozess zu tätigen.
- Noch während des Prozesses können bspw. Anlagenbediener aus den Informationen der intuitiven Bedienoberfläche Produkte, deren vorhergesagte Qualität mangelhaft ist, aussortieren sowie Parameter der Anlage eigenständig anpassen.

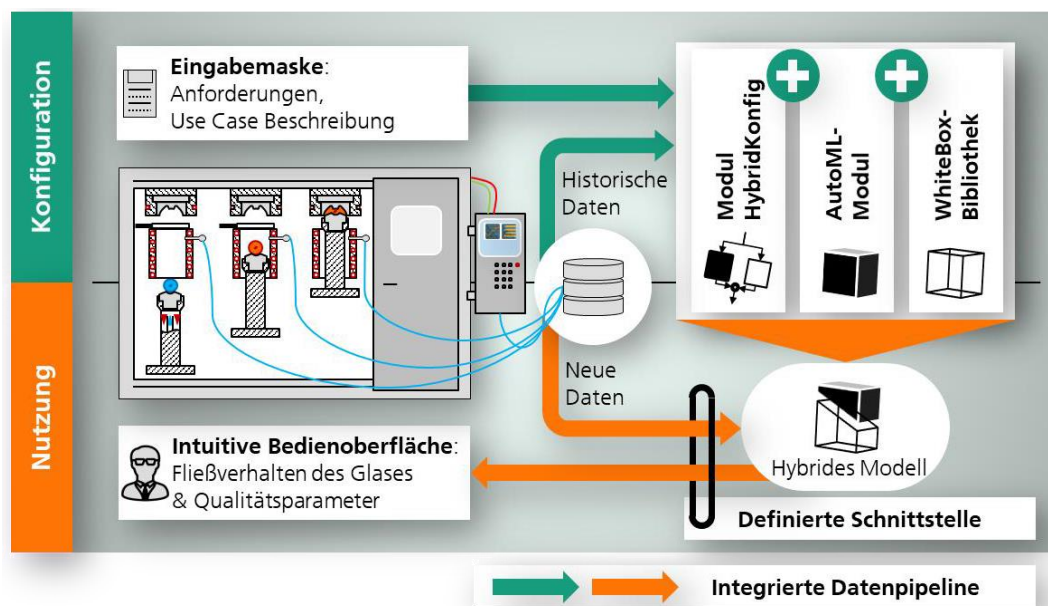


Abbildung 1: Darstellung des Gesamtkonzeptes von OptiMassKI

Voraussichtlicher Beitrag zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit

Der Automobilsektor hat sich in den vergangenen Jahren zum wichtigsten Wachstumsmarkt für technische Optiken und Abdeckungen aus Dünnglas entwickelt. Im Zusammenhang mit dem autonomen Fahren und Fahrassistenzsystemen besteht die Notwendigkeit, komplexe Linsen mit einer Maßhaltigkeit von ca. 1 bis 10 μm zu fertigen, wie sie bspw. für LiDAR (Light Detection and Ranging) und laserbasierte Abstandssensoren genutzt werden. Das Marktvolumen von Fahrassistenzsystemen wie dem LiDAR soll sich dabei in den nächsten zehn Jahren verdreifachen. Auch die Display Märkte für Unterhaltungselektronik wachsen weltweit. Ein aktueller Bericht veranschaulicht ein enormes, prognostiziertes Wachstum, von dem deutsche Unternehmen profitieren könnten. Generell ist die

deutsche Optik- und Photonik Industrie, in denen die Heißformgebung von Glas zum Einsatz kommt, groß. 2019 betrug der Umsatz 37,5 Milliarden Euro mit über 140.000 Beschäftigten in Deutschland. Ein sehr großer Anteil dieser Unternehmen sind KMU.

Das in »OptiMassKI« angestrebte Softwaretool besitzt durch die innovative, hybride Modellierung technologische und wirtschaftliche Vorteile in der Heißformgebung von Glas, die auf den dargestellten Prozessprinzipien und Märkten zum Einsatz kommen können. Mithilfe der in »OptiMassKI« entwickelten Gesamtlösung können die Prüfungen und damit die Bestrebungen, solche kostspieligen Prüfsysteme zu entwickeln, signifikant reduziert, wenn nicht sogar obsolet werden. Anhand der Voraussage der Qualitätsparameter sind die Nutzer in der Lage, Prozesse zu optimieren und so den hohen Qualitätsanforderungen an Formgenauigkeit (< 10 µm) und Rauheit (< 15 nm) bei gestiegenen Stückzahlen gerecht zu werden. Durch das »OptiMassKI«-Softwaretool wird eine signifikante Reduzierung der Ausschussrate von 5 % auf 2 % und damit einhergehend eine Erhöhung der Standzeiten der Formwerkzeuge angestrebt, sodass eine ressourceneffiziente Produktion möglich wird.

Mit der Beteiligung von KMU am Entwicklungsprozess durch den projektbegleitenden Ausschuss werden allgemein KMU befähigt, ihre eigenen Produktionsprozesse zur Optikherstellung mithilfe von KI zu optimieren und durch mögliche Zertifizierungen für einen dauerhaften und gesicherten Einsatz von KI in der Produktion zu unterstützen. Die Projektergebnisse können insbesondere durch den modularen Aufbau des Softwaretools direkt in innovative, eigene Produkte und Prozesse der Unternehmen integriert werden.

Arbeitspakete und Zeitplan zum Erreichen des Forschungsziels

Abbildung 2 zeigt eine schematische Darstellung der Arbeitspakete des Projektverlaufs von OptiMassKI. Nach der Anforderungsermittlung, einer Auswahl von Use-Cases zur Validierung und der Bereitstellung der Daten werden diese integriert und mögliche Modellkonfigurationen erstellt.

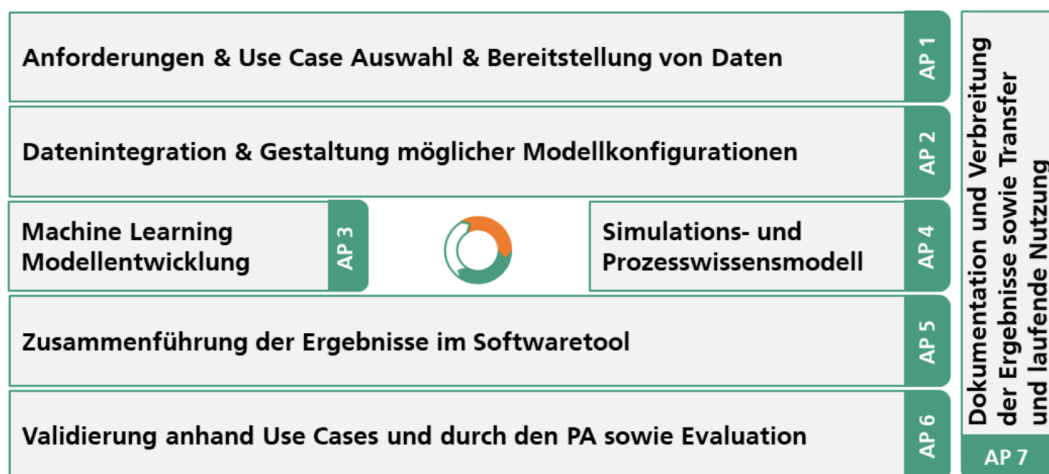


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Arbeitspakete von OptiMassKI

Die Entwicklung des KI-Modells erfolgt unter Einbeziehung eines Simulations- und Prozesswissensmodell. Die Ergebnisse werden in einem Softwaretool zusammengeführt und anhand der zuvor definierten Use-Cases und unter Einbeziehung des projektbegleitenden Ausschusses validiert. Simultan werden die Ergebnisse evaluiert. Die Dokumentation und Verbreitung der Ergebnisse finden entlang der gesamten Wertschöpfungskette statt. Abbildung 3 zeigt das dazugehörige Arbeitsdiagramm. Das Projekt wird innerhalb von 24 Monaten abgeschlossen.

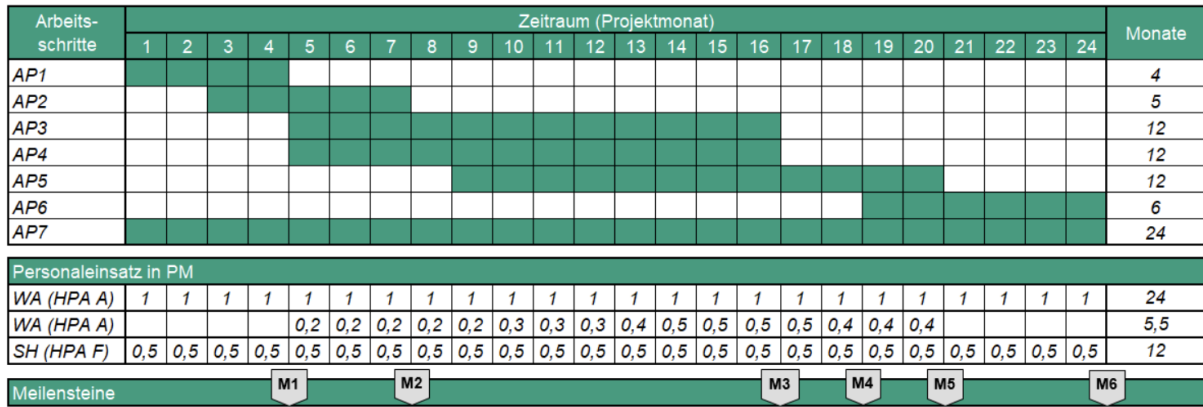


Abbildung 3: Arbeitsdiagramm von OptiMassKI

- M1 (Monat 4):** Voruntersuchungen sind abgeschlossen und Anforderungen liegen vor.
- M2 (Monat 7):** Datenstruktur ist definiert und Datenpipeline-Konzept erstellt.
- M3 (Monat 16):** AutoML-Modul ist erstellt und getestet, zudem ist die Entwicklung der White-Box-Bibliothek abgeschlossen und erste Modelle sind hinterlegt.
- M4 (Monat 18):** Das Modul HybridKonfig ist fertiggestellt und eine Verknüpfung zwischen Eingabemaske und Auswahl der Struktur des hybriden Modells funktioniert.
- M5 (Monat 20):** Die Funktionsmuster-Entwicklung ist abgeschlossen und erste Ergebnisse aus dem Praxiseinsatz liegen vor.
- M6 (Monat 24):** Validierung und Evaluation sind abgeschlossen.

Projektbegleitender Ausschuss

Unternehmen
AIXEMTEC GmbH ^{KMU}
Anton Paar GmbH
Engineering Data Intelligence GmbH ^{KMU}
First Glass Optics GmbH ^{KMU}
Gauss Machine Learning GmbH ^{KMU}
Ingeneric GmbH
Moulded Optics GmbH ^{KMU}
Operaize GmbH ^{KMU}
Son-x GmbH ^{KMU}
Vitrum Technologies GmbH ^{KMU}
Waltec Maschinen GmbH ^{KMU}

Das IGF-Vorhaben Nr. 22461 N der Forschungsvereinigung Feinmechanik, Optik und Medizintechnik wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.