



# KME – Kompetenzzentrum Mittelstand GmbH

## Zukunft durch Innovation und Forschung

### Effiziente Optimierung industrieller Spritzgussprozesse durch Federated Learning

Vorgehensmethodik für eine systematische Datenerfassung zur Implementierung des maschinellen Lernens für kleine und mittlere Unternehmen

#### Problemstellung

Die effiziente Optimierung industrieller Spritzgussprozesse ist ein entscheidender Faktor für Unternehmen, um die Produktqualität zu verbessern, Abfall zu reduzieren und Kosten einzusparen. In unserer zunehmend digitalisierten und vernetzten Welt spielt künstliche Intelligenz/maschinelles Lernen eine Schlüsselrolle, die zur Optimierung des Spritzgießens beitragen kann. Jedoch ist insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen der Einstieg in dieses Themenfeld unübersichtlich.

Dass Daten erfasst und analysiert werden müssen, ist offensichtlich, aber für eine effiziente, übergreifende Optimierung fehlt es an einer systematischen und einheitlichen Vorgehensweise. Aufgrund der unterschiedlichen Maschinen, Peripheriegeräten und Qualitätserfassungen besteht keine einheitliche Datenstruktur und die Datenverarbeitung muss für jedes Unternehmen neu ausgearbeitet werden. Die EUROMAP-77-Richtlinie, initiiert vom europäischen Verband für Kunststoff- und Gummimaschinenhersteller, definiert ein standardisiertes Protokoll für die Einbindung von Spritzgießmaschinen in zentrale Steuerungssysteme. Diese Richtlinie ist entscheidend für die Schaffung einheitlicher Datenstrukturen, die für das Training von KI-Modellen in der Spritzgussindustrie essenziell sind. Die Erfassung und Integration spezifischer Qualitätsdaten in eine systematische Datenstruktur ist dabei der Schlüssel, um einheitliche Systeme zur Datenverarbeitung innerhalb eines großen Teils der Branche zu entwickeln.

Da häufig große Stückzahlen von Bauteilen unter robusten Bedingungen produziert werden, birgt dies das Risiko, dass bestehende KI-Modelle zwar unter diesen spezifischen Umständen funktionieren, bei neuen Bauteilen jedoch versagen. Das im Folgenden erklärte Konzept des Federated Learning bietet insbesondere kleinen und mittleren Unternehmen eine Chance, die Vorteile der Digitalisierung effektiv zu nutzen und gleichzeitig die Anpassungsfähigkeit ihrer KI-Modelle zu verbessern.

Federated Learning ist ein Ansatz des maschinellen Lernens, bei dem das Trainieren von KI-Modellen direkt auf den verteilten Datenquellen erfolgt, anstatt die Daten an einen zentralen Server zu senden. In der vorgeschlagenen Architektur findet das Training der KI-Modelle lokal auf den Systemen der einzelnen Unternehmen statt, wobei ausschließlich in diesen lokalen Systemen mit firmeninternen, sensiblen Prozessdaten gearbeitet wird. Dies gewährleistet, dass keine direkte Übermittlung sensibler Informationen erforderlich ist. Nach Abschluss

des Trainingsprozesses werden nur die Modell-Parameter der trainierten KI-Modelle – und nicht die Trainingsdaten selbst – an einen zentralen Server übertragen. Diese Methode ermöglicht es, von den Lernerfahrungen und Verbesserungen aller beteiligten KI-Modelle zu profitieren. Dieses Verfahren auf den Prinzipien des Federated Learning ermöglicht es Unternehmen, maschinelles Lernen kollaborativ einzusetzen, während gleichzeitig die Sicherheit und Vertraulichkeit sensibler Prozessdaten gewährleistet wird.

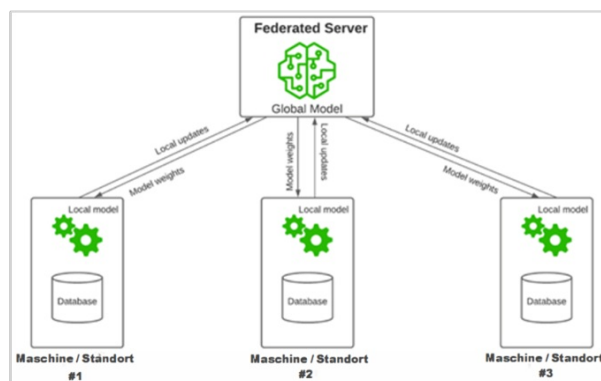


Abbildung 1: Darstellung des Federated-Learning-Prozesses

#### Zielsetzung

Das Ziel des Projektes ist die Erforschung und Umsetzung des Federated Learning in einer industriellen Umgebung. Damit einhergehend wird eine weitgehend einheitliche, erweiterbare und nachvollziehbare Datenstruktur im Spritzgussprozess entstehen, die eine einfache Implementierung und Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Produktionsstätten oder Unternehmen ermöglicht.

Die Daten innerhalb des Projektes werden an Maschinen unterschiedlicher Hersteller im Technikum der TH Rosenheim erfasst und hierbei wird iterativ eine einheitliche Struktur erarbeitet. Diese Daten dienen dem Training der lokalen KI-Modelle an den einzelnen Maschinen. Für diese KI-Modelle werden verschiedene KI-Algorithmen getestet und darauf basierend die Modelle trainiert. Anschließend werden diese Modelle im Rahmen des Federated Learning weiterentwickelt, um ihre Eignung für ein übergeordnetes KI-Modell zu bewerten. Dieses Projekt strebt die Beantwortung folgender Forschungsfragen an:



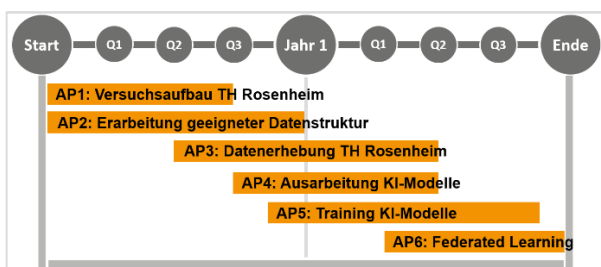
- In welchem Maße sind KI-Algorithmen zum Optimieren vom Spritzguss geeignet?
- Bietet Federated Learning ein Potenzial zur Verbesserung bzw. Generalisierung von den KI-Modellen?

### Vorgehensweise

Die Entwicklung einer weitgehend einheitlichen, erweiterbaren und nachvollziehbaren Datenstruktur ist von zentraler Bedeutung für die erfolgreiche Umsetzung des Federated-Learning-Ansatzes. Eine solche Datenstruktur ermöglicht es Unternehmen, Daten effizient auszutauschen und gemeinsam an der Verbesserung von Spritzgussprozessen zu arbeiten. Das Forschungsinstitut Kunststoff-Zentrum in Leipzig gGmbH arbeitet aktuell an einer Open-Source-Datenstruktur, die explizit auf den Spritzguss ausgelegt ist. Im Rahmen des Projektes werden die Anlagen der TH Rosenheim mit dem aktuellen Stand dieser Open-Source-Datenstruktur eingebunden, vgl. Abbildung 2. Die Datenerfassung erfolgt anhand dieser Struktur klar und verständlich. Die Konsistenz der Daten ermöglicht somit der TH Rosenheim und den Unternehmen, maschinentyunabhängig Daten zu verarbeiten, KI-Modelle effektiv zu trainieren und zu optimieren.

Es werden Spritzgießmaschinen unterschiedlicher Hersteller eingebunden, mittels IPC an der Maschine lokale KI-Modelle trainiert und an einen Zentralrechner innerhalb der TH Rosenheim für das Federated Learning übermittelt. Generelle KI-Modelle werden an der Technischen Hochschule Rosenheim entwickelt und im Rahmen des Projektes erprobt.

Zum Projektende stehen die erarbeiteten KI-Modelle exklusiv den Mitgliedsfirmen zur Verfügung. Weiter werden die Informationen zur Einbindung der im Projekt verwendeten Anlagen bereitgestellt, sodass ein zügiges Einbinden gleicher oder ähnlicher Anlagen gewährleistet ist.



### Ergebnisse / Nutzen

Der Federated-Learning-Ansatz bietet Spritzereien einen bedeutenden Vorteil: Es wird ein übergeordnetes, generelles Modell entwickelt, das spezifisch auf ihre Anwendungsfälle zugeschnitten und weitertrainiert werden kann. Dieser Ansatz bietet den entscheidenden Vorteil der Flexibilität. So ist das Modell nicht nur für das aktuelle Bauteil effektiv, sondern auch für zukünftige Bauteile. Dies wird durch das kontinuierliche Training des generellen Modells ermöglicht, wodurch eine anhaltende Anwendbarkeit und Effizienzsteigerung über verschiedene Bauteile hinweg sichergestellt wird.

Federated Learning bietet allen Unternehmen unabhängig von ihrer Größe die Möglichkeit, das Potenzial des maschinellen Lernens zu nutzen.

Durch die Entwicklungen im Projekt ist der proof of concept für Federated Learning im Spritzguss erfolgt. Es stehen die erarbeiteten KI-Modelle, die notwendige Datenstruktur sowie die erarbeiteten Schnittstellen zu den im Projekt angebotenen Anlagen zur Verfügung.

In der Schlussphase des Projektes soll, basierend auf den erarbeiteten Ergebnissen, ein Konzept für eine Industrialisierung oder Globalisierung für die Mitgliedsfirmen erarbeitet werden.

Im traditionellen maschinellen Lernen werden Daten von verschiedenen Quellen zu einem zentralen Server übertragen, auf welchem das Modell trainiert wird. Dies kann unter anderem bedeuten, dass sensible Prozessdaten das eigene Haus verlassen. Federated Learning im Spritzgussprozess erlaubt es Unternehmen, ihre Prozessdaten zu schützen. Da die sensiblen Daten lokal bleiben und die KI-Modelle lokal trainiert werden, behalten die Unternehmen die Kontrolle über ihre eigenen Daten.

Durch einen Verbund innerhalb der Spritzereien der Mitgliedsunternehmen besteht die Möglichkeit, ein KI-Modell aufzubauen und kooperativ zu trainieren. So würde über die Zeit für die Mitgliedsunternehmen ein sich stetig verbesserndes KI-Modell entstehen. Alternativ besteht die Möglichkeit, innerhalb einzelner Unternehmen einen Zentralrechner aufzustellen und maschinen- und standortübergreifend ein rein internes KI-Modell weiter zu trainieren.

### Forschungspartner

Technische Hochschule Rosenheim  
Prof. Dipl.-Ing. Martin Würtele, Prof. Dr. Marcel Tilly

### Projektpartner

*Interessierte Unternehmen (bayme vbm Mitglieder)*

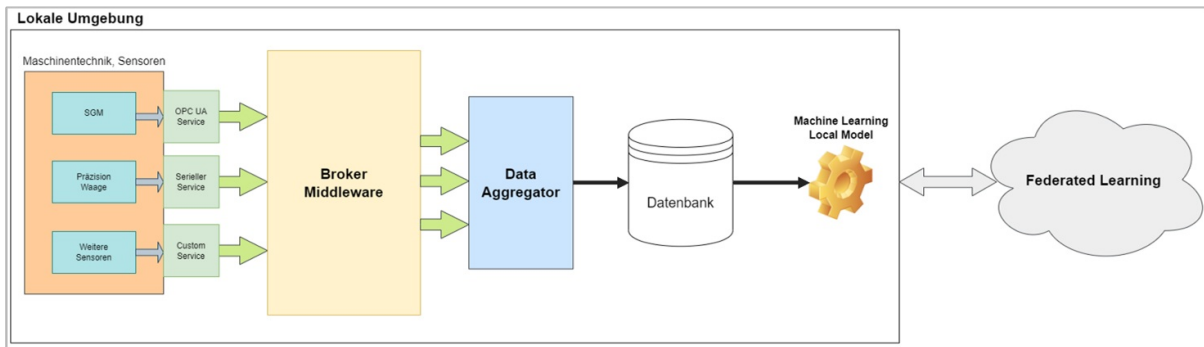
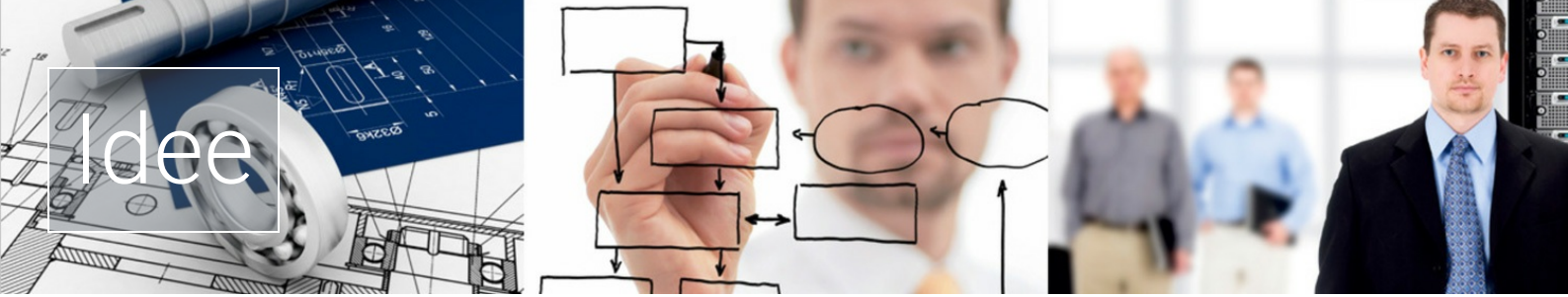


Abbildung 2: Schematische Darstellung einer Anlage an das Netz des Federated Learning