



# FAPS

Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke

Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung  
und Produktionssystematik

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg



## **Herausforderungen bei der Datenaufbereitung und Anwendungsmöglichkeiten Künstlicher Intelligenz in der SMT-Fertigung**

Nils Thielen, Vortrag Erfa-Kreis-Treffen, 19.11.2019

# Dieser Vortrag liefert eine Übersicht vorhandener Daten in der SMT-Fertigung und das daraus resultierende Potential für Prozess- und Qualitätsverbesserung.

- Methoden und allgemeine Einsatzmöglichkeiten Künstlicher Intelligenz (KI)
- Prozess-, Inspektions- und Metadaten in der SMT-Fertigung
- Herausforderungen und Gefahren bei der Datenaufbereitung
- Fertigungsorientierte Kategorisierung von KI-Anwendungen
- Betrachtung beispielhafter Anwendungsmöglichkeiten



# Methoden Künstlicher Intelligenz wie Maschinelles Lernen und Computer Vision ermöglichen die Modellierung komplexer nicht-lineare Zusammenhänge von mehrdimensionalen Problemen.

## Methoden Künstlicher Intelligenz:

- Maschinelles Lernen
- Computer Vision
- Semantische Verfahren
- Natural Language Processing

Das **Maschinelle Lernen (ML)** bezeichnet Verfahren, die sich anhand von Daten ein möglichst optimales Verhalten antrainieren können, ohne dass jeder Einzelfall explizit programmiert werden muss.

## Möglichkeiten des Maschinellen Lernens:

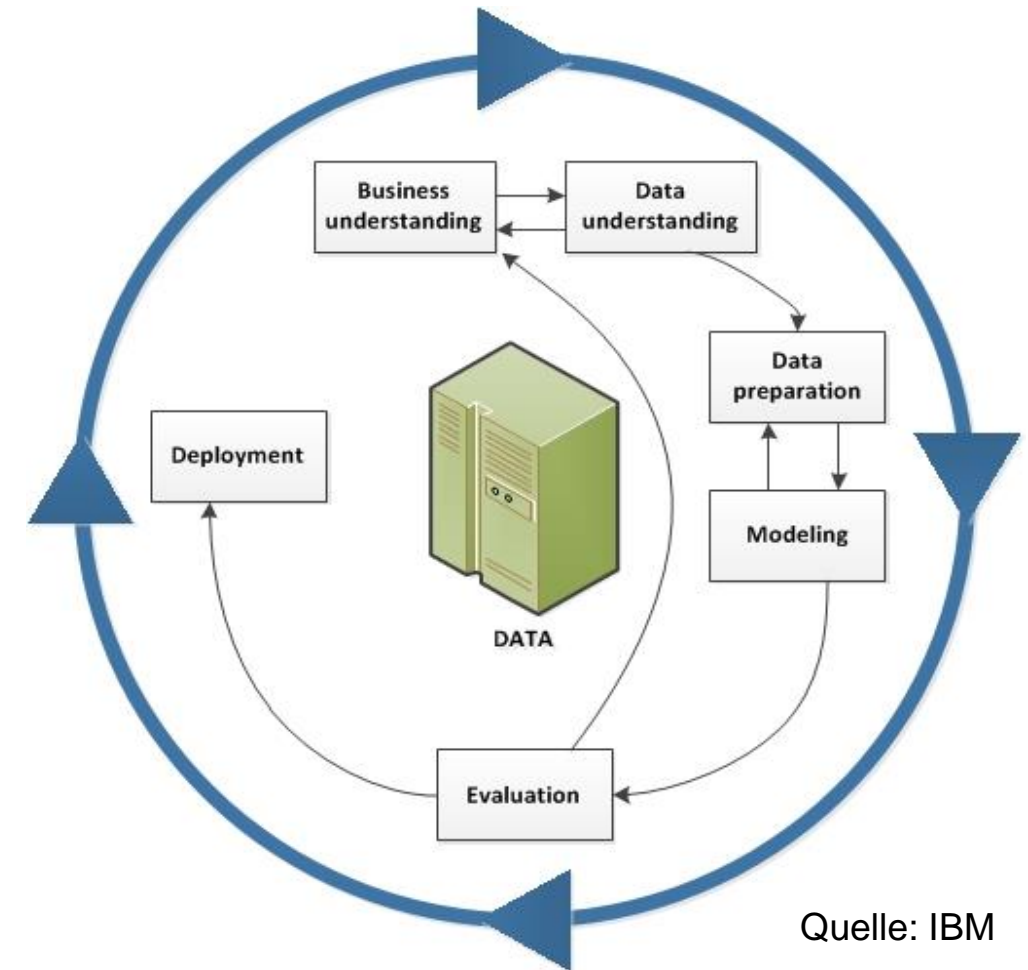
- Überwachtes Lernen
  - Training mit Ein- und Ausgabewerten
- Unüberwachtes Lernen
  - Training mit Eingabewerten, Gruppenbildung durch Modell
- Selbstlernende Verfahren
  - Training durch Belohnung und Bestrafung

## Beispielhafte Algorithmen:

- Bayesisches Lernen
- Entscheidungsbäume, Random Forest
- Lineare Regression, Polynomiale Regression
- Support Vector Machines
- Neuronale Netze, Deep Learning

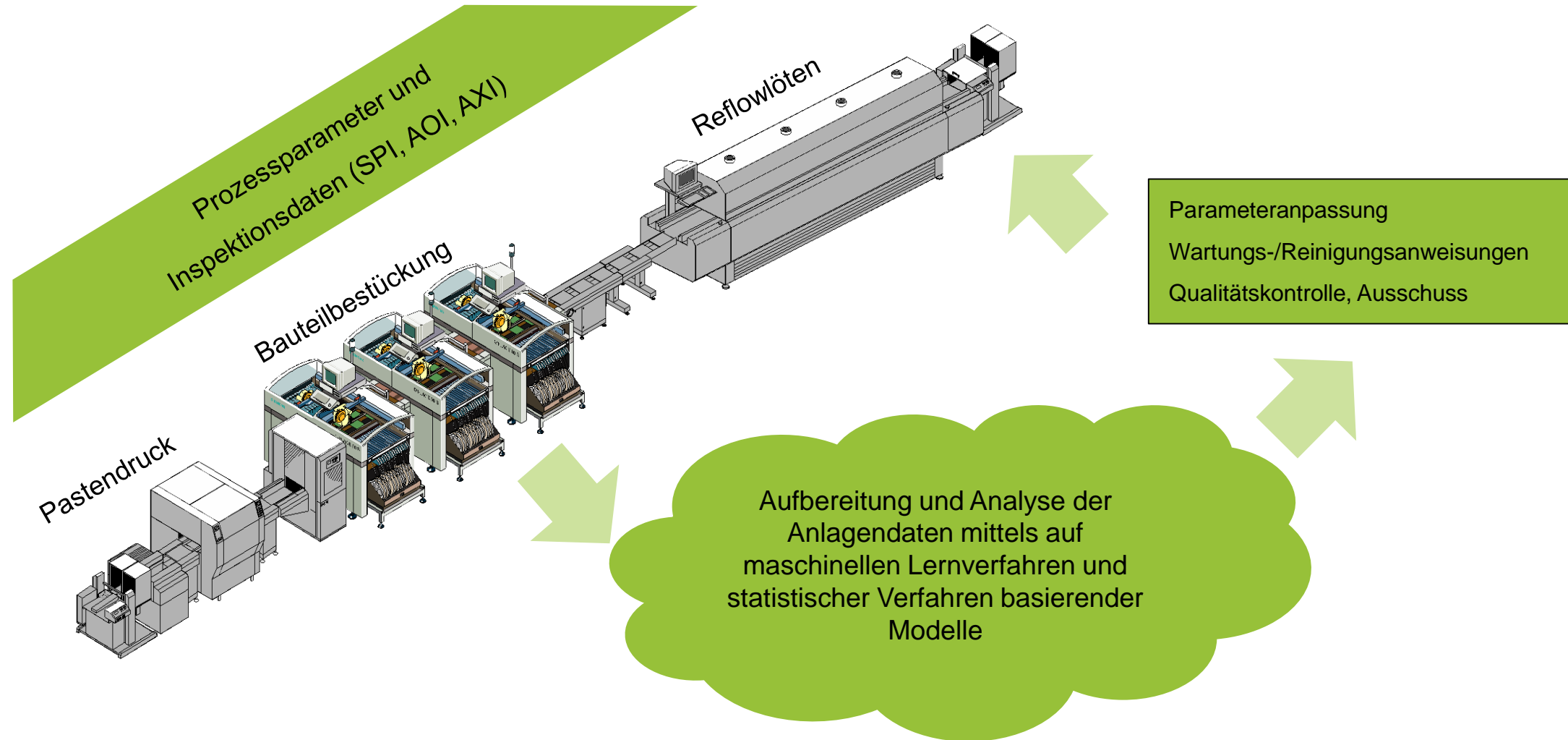
## „CRISM DM: CROss Industry Standard Process for Data Mining“ kann für KI-Projekte als branchenübergreifendes Prozess-Modell zur Unterstützung genutzt werden.

- Im Rahmen des „Business Understandings“ werden die zu verwendeten Messdaten und relevanten Parameter ausgewählt
- Diese Daten müssen auf Verwendungsmöglichkeiten in ML-Modellen geprüft und analysiert werden, eine umfangende Analyse erleichtert die folgende Datenaufbereitung
- Die Aufbereitung der Messdaten beinhaltet diese von Fehler zu reinigen und in ein geeignetes Format zu überführen (Normierung, Skalierung. Dies nimmt in der Regel bis zu 60% des Arbeitsaufwandes ein.
- Unzureichend aufbereitete Daten können dazu führen, dass das ML-Modell kein verwertbares Ergebnis erzielt
- Vergleich der Auswertung der Modellergebnisse mit den erarbeiteten Zielen



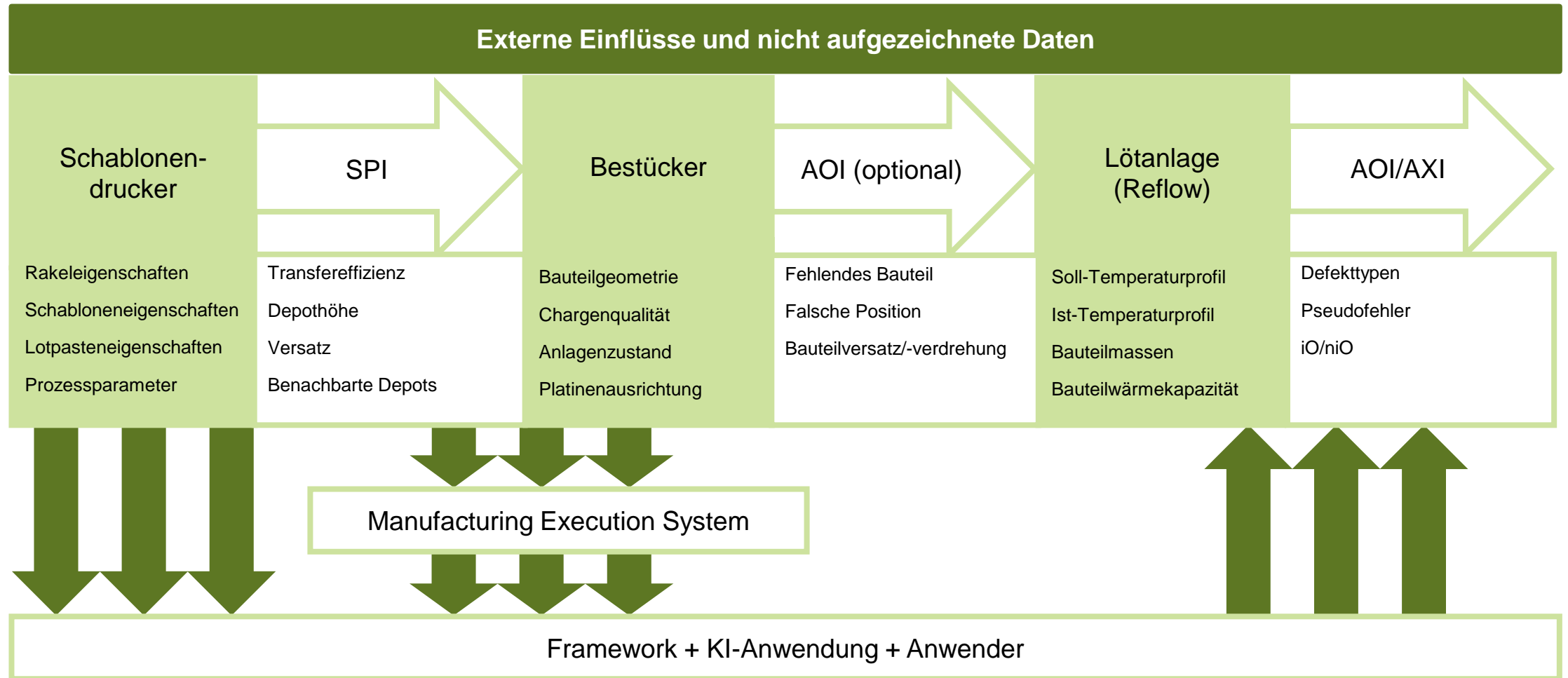
Quelle: IBM

Die Vielzahl an Messdaten der SMT-Fertigung bietet unter anderem Potential in den Bereichen intelligente Instandhaltung, Prozessüberwachung und Qualitätskontrolle.

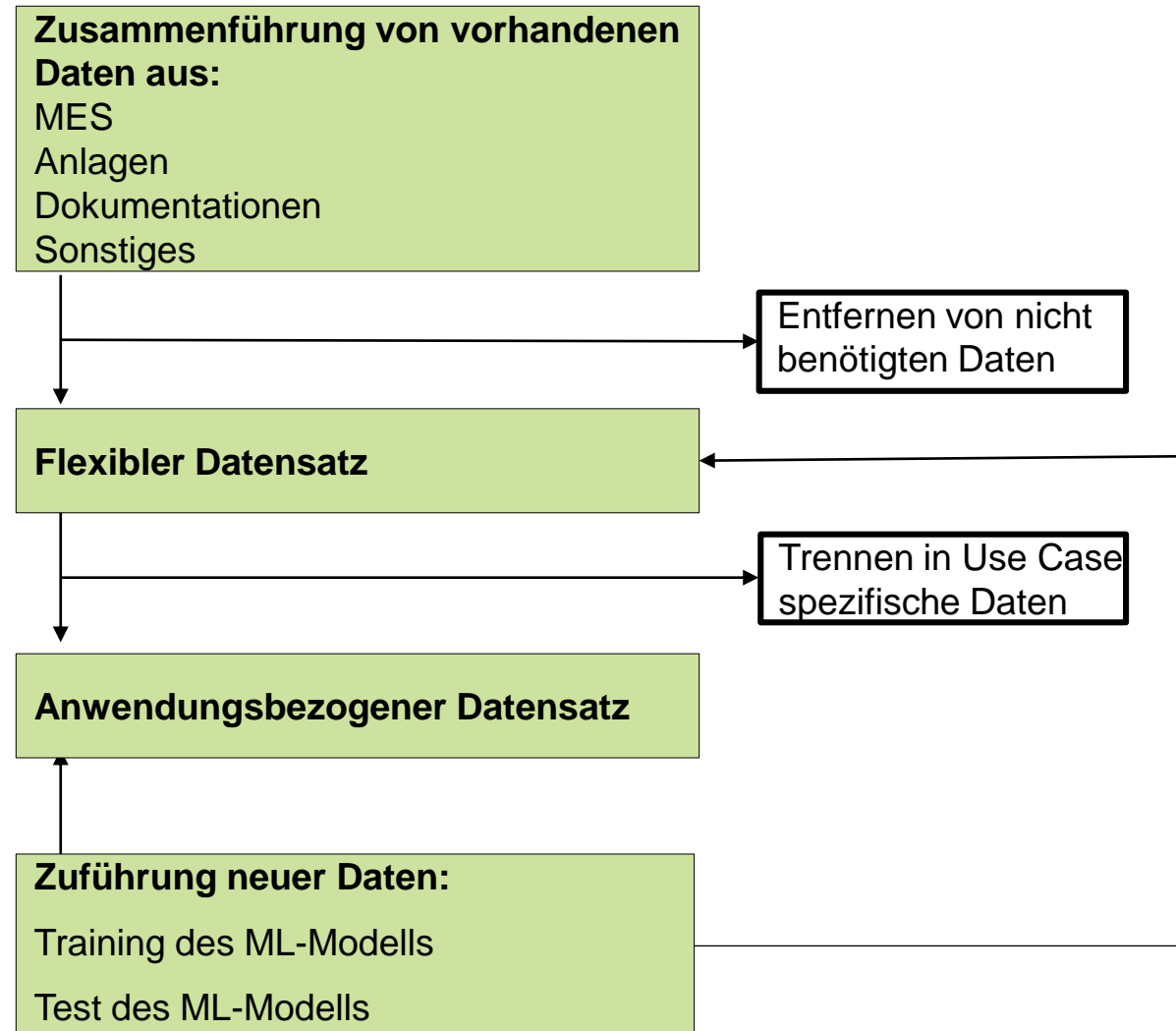




Lotpastendruck, Bauteilbestückung und Löten sowie anschließende Inspektion liefern Soll- und Ist-Prozessparameter, Qualitätsdaten, Zeitstempel und Meta-Daten zur Weiterverarbeitung.



## Die Zusammenführung von Daten zu einem übergeordneten Datensatz ermöglicht eine flexible Anpassung von Modellen und die Realisierung neuer Anwendungsfälle.



- Das Zusammenführen von Daten legt Möglichkeiten für weitere Anwendungsfälle offen.
- Anhand von Problemstellungen aus der Fertigung (Business Understanding) muss eine grundlegende Struktur des Zieldatensatzes bestimmt werden.
- Erweiterung des Datensatzes durch neue Sensorik, um den Anteil möglicher relevanter nicht erfasster Daten zu reduzieren.
- Iteratives Testen des Modells und bei Bedarf weitere Aufbereitung der Daten.
- Genauigkeit der Modelle muss anwendungsfallspezifisch bewertet werden.
- Korrelation bedeutet nicht zwangsläufig Kausalität!

**Die unabhängigen Anforderungen an eine übergeordnete Datenstruktur sind von Bedeutung, um den Arbeitsumfang der Datenaufbereitung für weitere Use Cases zu reduzieren.**

**Allgemeine Datenreinigung und Aufbereitung:**

- Vereinheitlichung von Datenformaten (z.B. Zeitstempel)
- Überführung von Dateiformaten
- Eindeutige Verknüpfung vorhandener Dateien und den darin enthaltenen Informationen
- Identifikation redundanter Informationen
- Entfernen von Duplikaten
- Identifikation und Entfernen überflüssiger Informationen

**Für SMT-Fertigung spezifische Aufbereitung:**

- Zugänglichkeit der Daten prüfen.
- Zuordnung von Daten zu einem Job, einer Leiterplatte, einer Schaltung, einer Komponente und/oder einer Lötstelle
- Überprüfung von einheitlichen Ausgabedaten von:
  - Anlagen desselben Typs
  - Produkten desselben Typs aus unterschiedlichen Linien
  - Unterschiedlichen Produkten aus einer Linie

**Verifizierung an Daten, die nicht für die Erstellung des ersten Datensatzes verwendet worden sind.**



**Während eine fertigungsorientierte Einteilung zur Klassifizierung von KI-Modellen genutzt werden, können datenorientierte Aspekte als Werkzeuge und Material gesehen werden.**

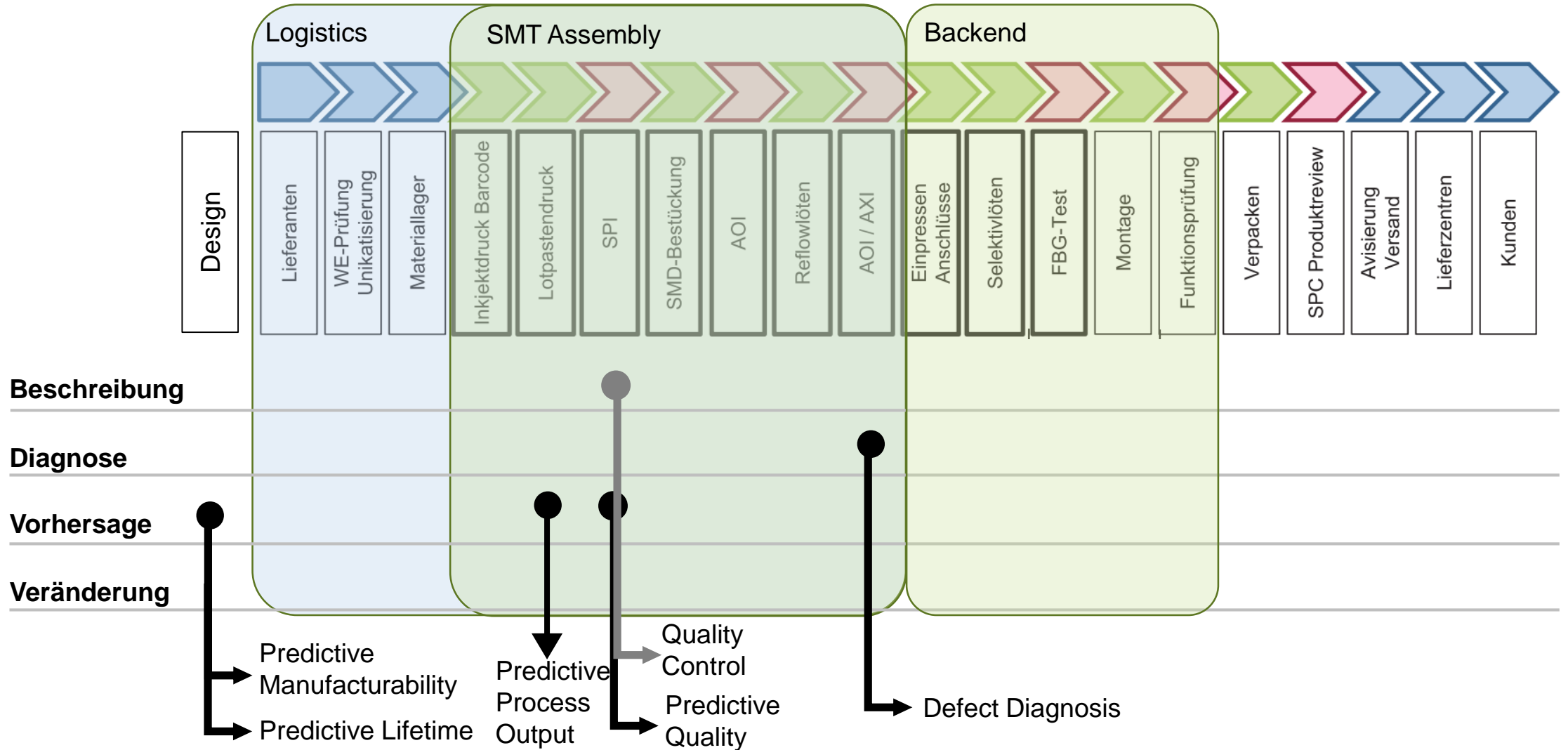


## Bisherige Forschungsarbeiten fokussieren einzelne Regelkreise mit den Schwerpunkten Prozessoptimierung des Lotpastendrucks und Qualitätsprüfung nach dem Lötprozess.

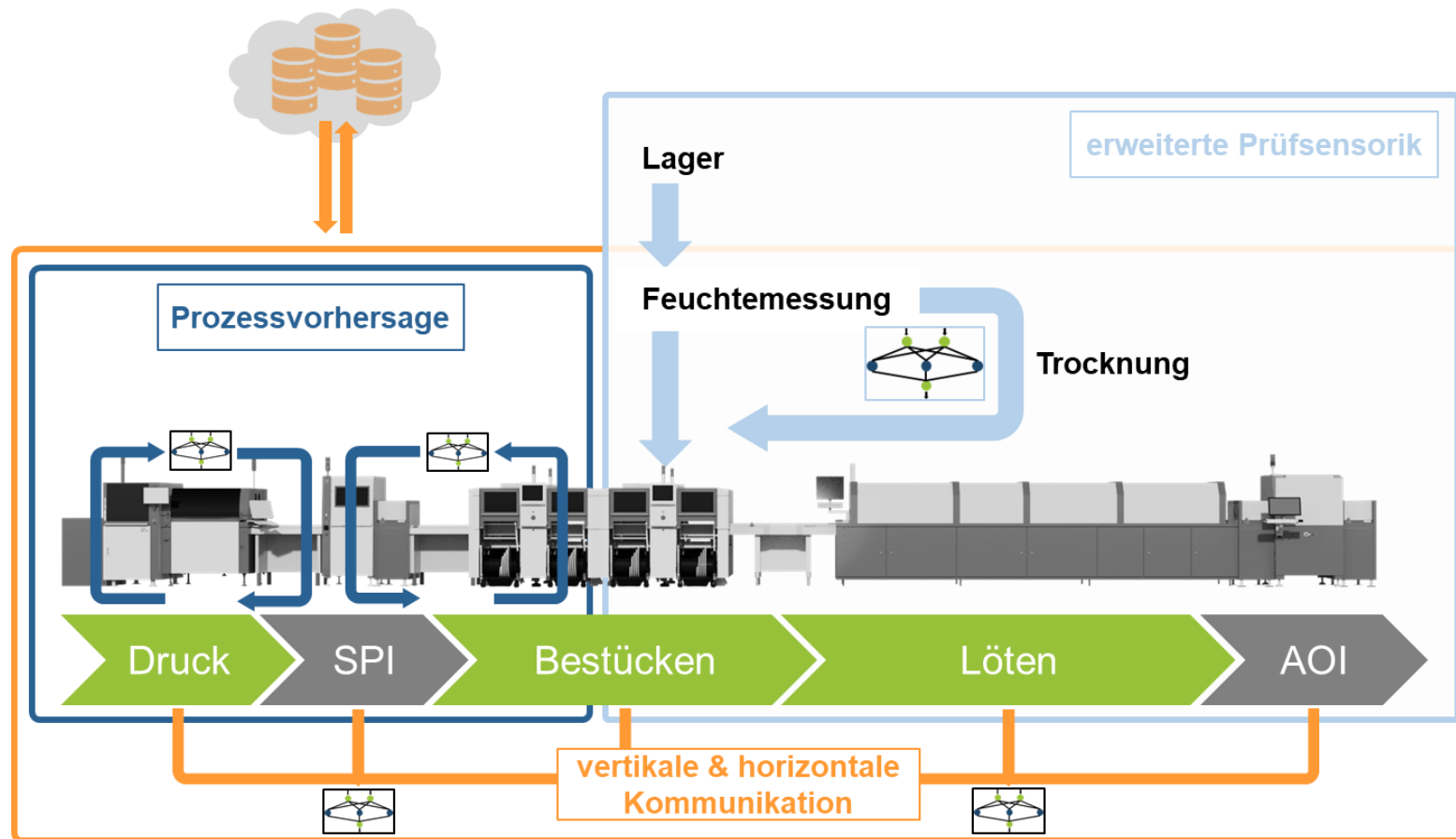
Anzahl Forschungsarbeiten		Anwendungsfall		
		Instandhaltung/ Wartung/Reinigung	Prozessüberwachung und - optimierung	Qualitätskontrolle und -vorhersage
Prozessschritt	Lotpastendruck	1	5	2
	Bestücken	-	1	1
	Löten	-	-	6

- Die Qualitätskontrolle bzw. –vorhersage wird dem vorherigen Prozess zugeordnet.
- Überwiegend werden Neuronale Netzwerke und Support Vector Machines eingesetzt, bei der finalen Qualitätskontrolle kommen vermehrt hybride Verfahren aus Bildverarbeitung und NN/SVM zum tragen.
  - NNs und SVMs können eine hohe Dimensionalität des Datensatzes und große Datenmengen verwerten.
  - Die Ausgabe kann sowohl diskrete als auch kontinuierliche Zielwerte liefern.
- Einsatz von synthetischen Daten überwiegt bei der Betrachtung des Lotpastendrucks (5/8).
- Bei Modellen zur Qualitätskontrolle werden in allen Fällen keine unausgeglichene Datensätze verwendet, die Anzahl fehlerhafter Baugruppen beträgt zum Teil über 30%.

Durch geeignete Kombination von statistischen Möglichkeiten mit dem domänenspezifischen Prozessablauf können systematisch Potentiale in horizontaler Richtung entdeckt werden.



Durch den Einsatz von KI in der SMT-Fertigung können Messdaten einzelner Regelkreise anlagen- und linienübergreifend zur Prozess- und Qualitätsverbesserung beitragen.



### Erweiterte Prüfsensorik

- Einsatz erweiterter Sensorik zur Bestimmung der Bauteilfeuchte
- Messdatenintegration und -auswertung

### Vertikale & horizontale Kommunikation

- Echtzeitanpassung von Anlagen- und Prozessparametern
- Linienübergreifende Kommunikation

### Prozessvorhersage

- Qualitätsvorhersage des Lotpastendrucks
- Bedarfsgerechte Maschinenwartung

# Für die Integration KI-basierter Lösungen in der SMT-Fertigung liefern insbesondere eine intelligente Datenaufbereitung und prozessübergreifende Modelle Entwicklungspotentiale.

## Herausforderungen:

- Die umfangreichen Datenmengen der SMT-Fertigung eignen sich ohne aufwendiges Aufbereiten nicht als Basis für maschinelle Lernverfahren.
- Auf synthetischen Daten basierende Forschungsarbeiten müssen auf reale Prozessdaten übertragen werden, um Prozessschwankungen und externe Einflüsse zu berücksichtigen.
- Die SMT-Fertigung weist aufgrund der hohen Ausbeute stark unausgeglichene Messdaten auf. Für eine Vielzahl an Modellen wurden die Datensätze angepasst.

## Potentiale:

- Bisherige Forschungsbeiträge zum Einsatz von KI bzw. ML in der SMT-Fertigung fokussieren in erster Linie den Lotpastendruck sowie die Qualitätskontrolle im Anschluss an den Lötprozess.
- Die Erweiterungen auf Regelkreis übergreifende Modelle, kann weitere Einflussfaktoren identifizieren.
- Anwendungsfälle zur Qualitätskontrolle lassen sich parallel zu bisherigen Verfahren testen und können so verifiziert werden.



# FAPS

Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke

**Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung  
und Produktionssystematik**

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg



# DANKE