



**FAPS**

Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke

Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung  
und Produktionssystematik

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg



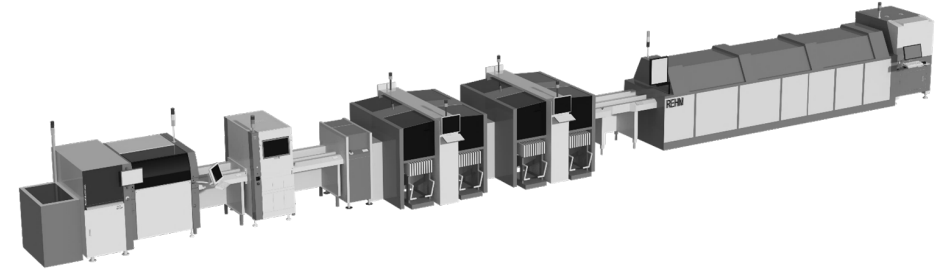
# Potenzielle Anwendungsfälle von Machine Learning Szenarien unter der Verwendung bestehender Prozessdaten in der Elektronikfertigung

Erfa-Kreis-Treffen - SEHO Systems GmbH  
19.11.2019, Kreuzwertheim

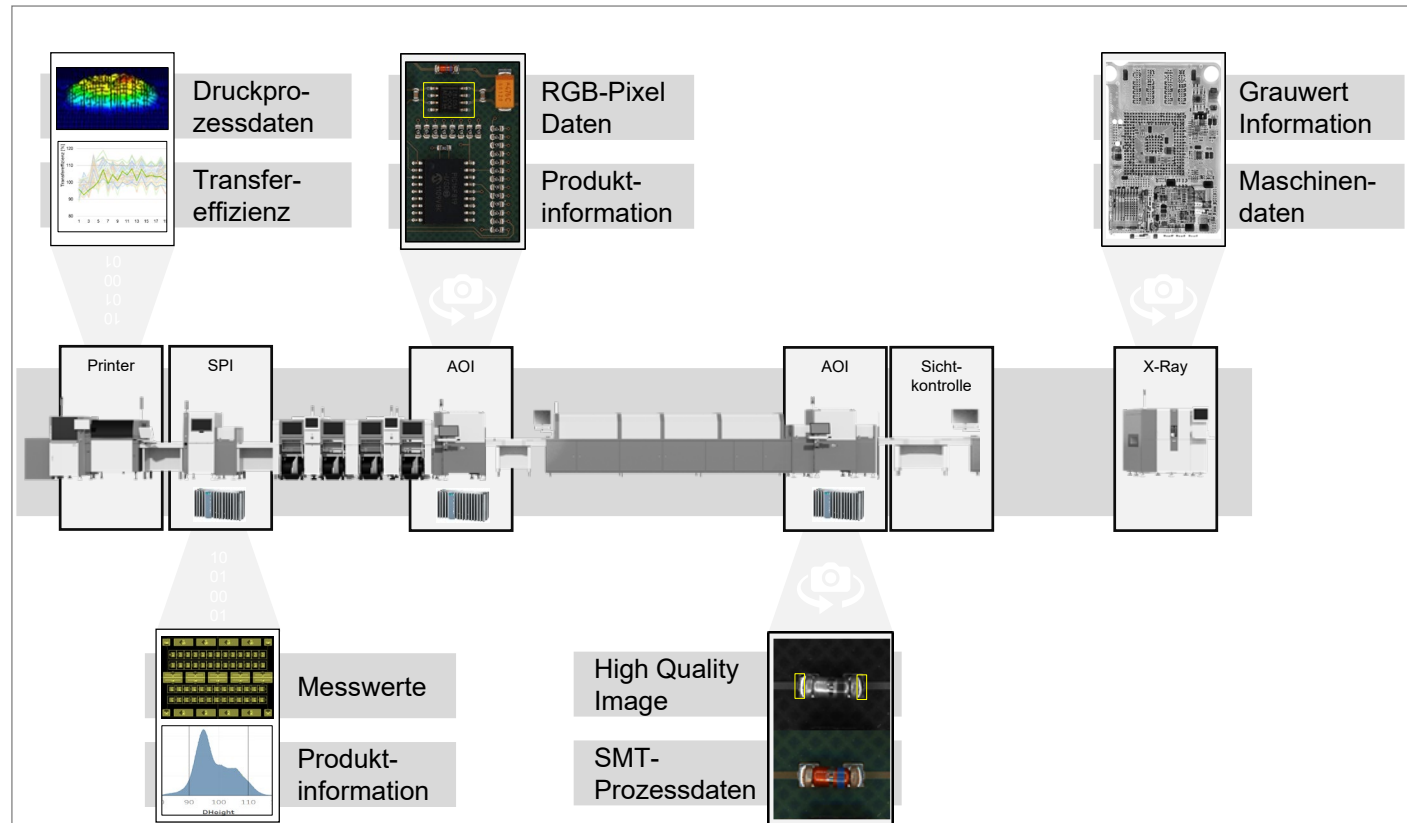
# Agenda

## Themenbereiche

- Machine Learning - Einsatzmöglichkeiten in der SMT-Fertigung
  - Forschungsprojekte am FAPS Lehrstuhl
- Modellierung des Schablonendrucks mittels Random Forest
  - Quality Prediction Use Case
- Einsatz Neuronaler Netze im Drucker-Reinigungsprozess
  - Predictive Maintenance Use Case
- Gradient Boosted Trees für reduzierten Prüfaufwand
  - Verringerte Röntgeninspektion mittels Quality Prediction
- Ansätze für die Objekterkennung mittels Computer Vision
  - Pre-Reflow Bauteilerkennung mit CV
  - Intelligente Lötstellenklassifikation



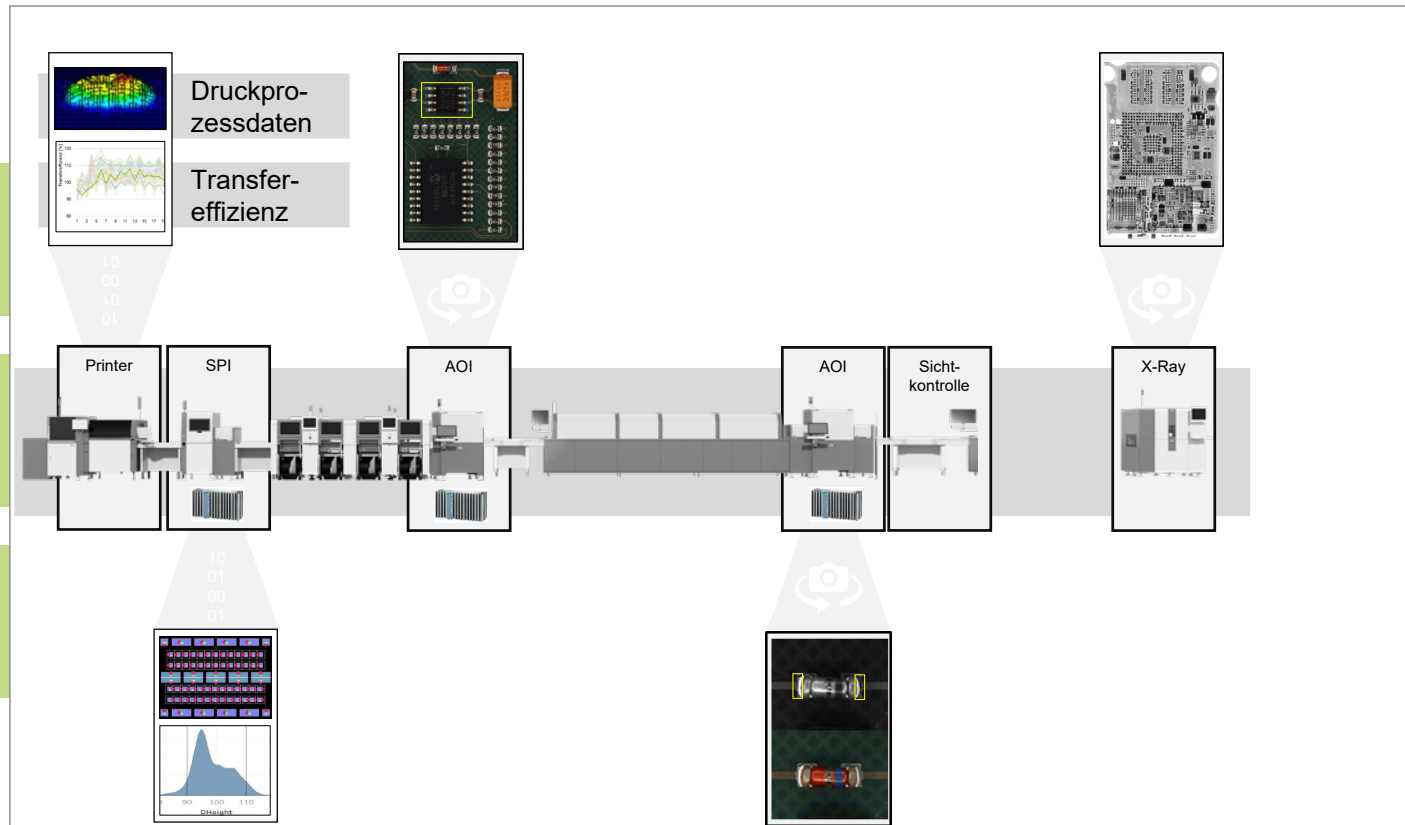
# Die Erprobung verschiedener Einsatzmöglichkeiten intelligenter Algorithmen erstreckt sich entlang der kompletten SMT-Produktionskette.



## Usecase Szenarien verschiedener Forschungsprojekte

- Schablonendruckprozess
  - Qualitätsprognose für Transfereffizienz
  - Prädiktive Druckerreinigung
- Lotpasteninspektion
  - Frühzeitige Qualitätsprognose
- Automatische optische Inspektion
  - Pseudofehler Reduktion
  - Objekterkennung mittels Computer Vision
- Röntgeninspektion
  - Reduktion des Prüfaufwandes
- ...

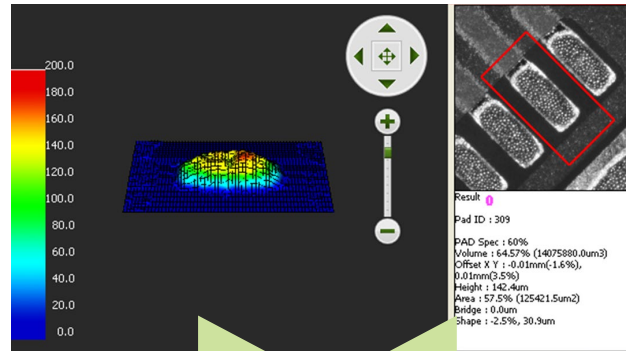
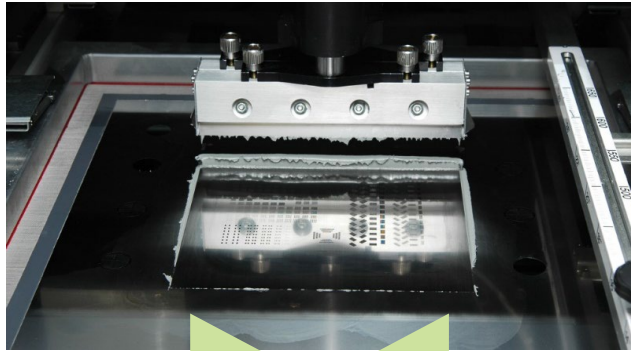
Die Vorhersage der Qualität des Lotpastendrucks kann dazu beitragen, schnell die geeigneten Druckparameter zu identifizieren.



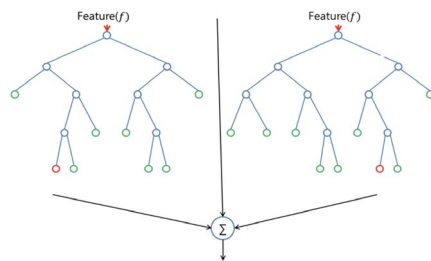
Es besteht ein erheblicher Prozess-einfluss durch den Lotpastendruck

- bis zu  $\frac{2}{3}$  der Lötstellenfehler werden dem Druck zugeschrieben
- Grundlage für die Folgeprozesse in der gesamten SMT-Linie
- Hohe Abhängigkeit der Prozessqualität vom Expertenwissen

Die Vorhersage der Qualität des Lotpastendrucks kann dazu beitragen, schnell die geeigneten Druckparameter zu identifizieren.



Mapping



### Vorgehen bei der Datenausleitung im Druckprozess

#### ■ Ausleiten der Prozessdaten der Schablonendrucker

- Rakelgeschwindigkeit
- Rakeldruck
- Abhebegeschwindigkeit

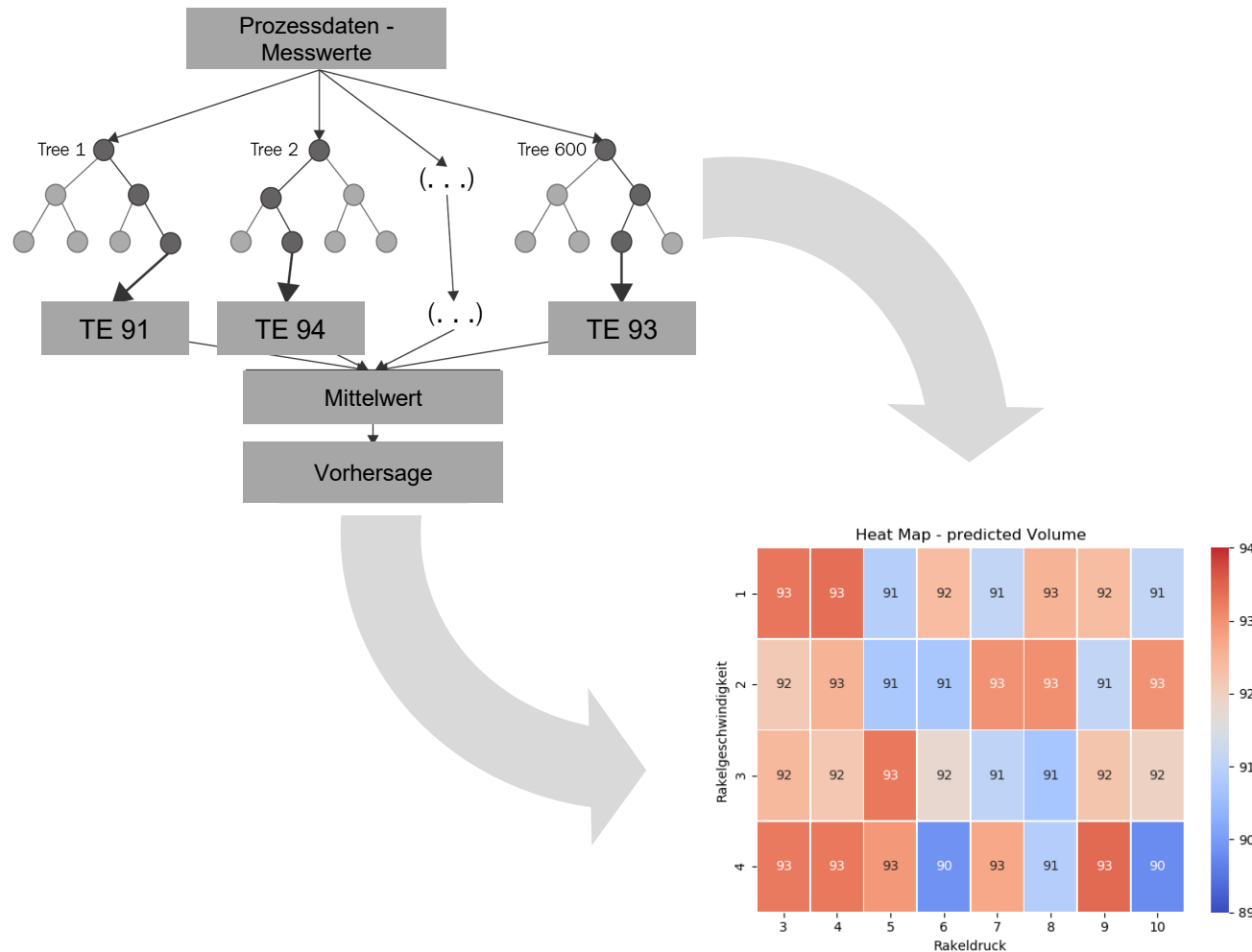
#### ■ Ausgeleitete Informationen aus SPI Inspektion

- Transfereffizienz
- Pad Typ

#### ■ Mapping der Prozessdaten mit der Transfereffizienz

- Python Entwicklungsumgebung

Die Vorhersage der Qualität des Lotpastendrucks kann dazu beitragen, schnell die geeigneten Druckparameter zu identifizieren.



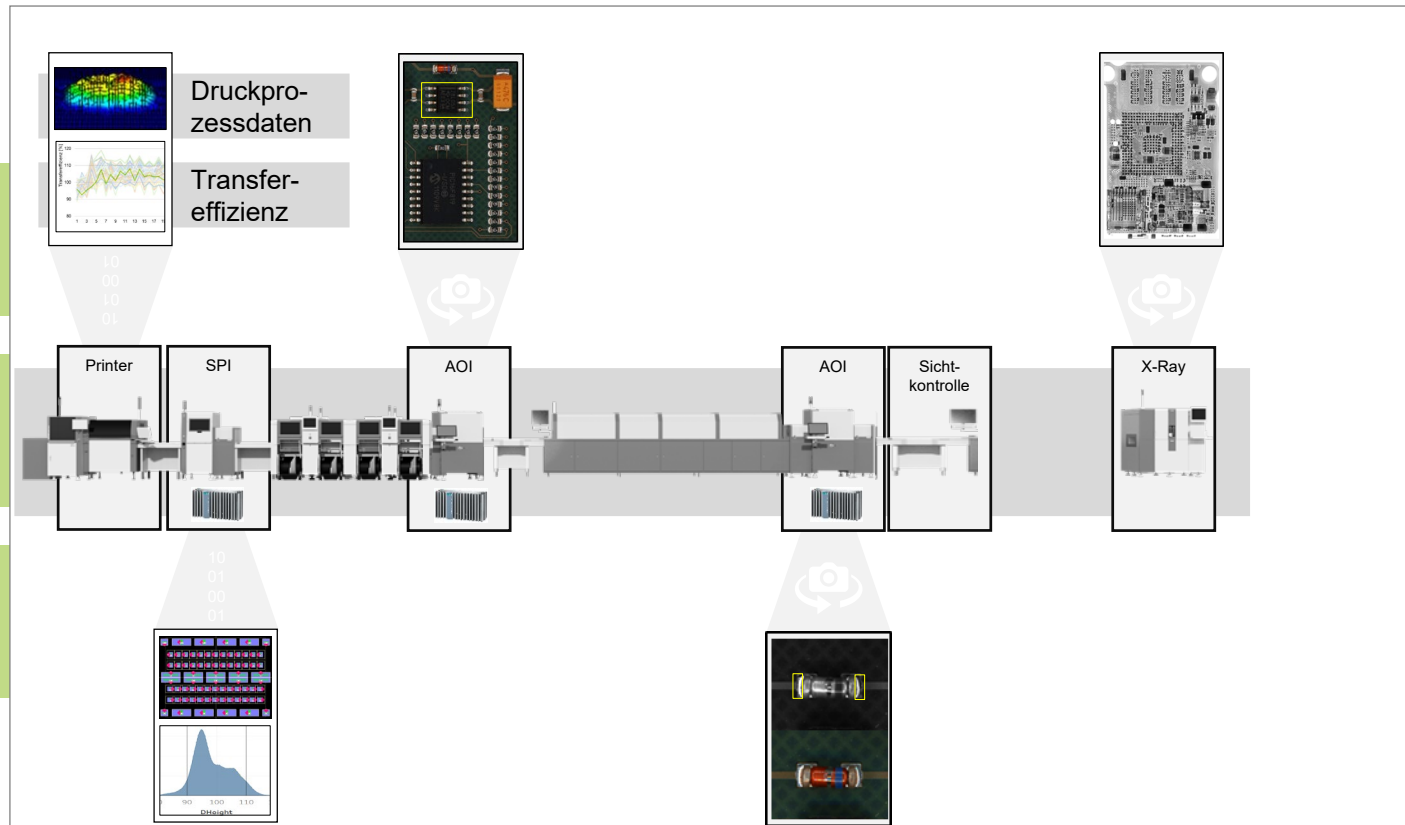
## Random Forrest erweist sich als praktikabel Lösung

- Parallelisierte Entscheidungsbäume
  - Mehrere, hierarchische Bäume
  - Selbstgelernte Entscheidungen im Training
  - Kurze Trainingszeit, rückverfolgbar

- Output des Random Forest
  - Mehrheitsentscheid beschließt das Ergebnis für die Transfereffizienz
  - Sicherheiten für ein Ergebnis können ausgegeben werden

- Gelernter Zusammenhang zwischen Eingangs- und Ausgangsparametern

## Predictive Maintenance im Bereich des Schablonendrucks bietet die Möglichkeit einer bedarfsgerechten Schablonenreinigung.

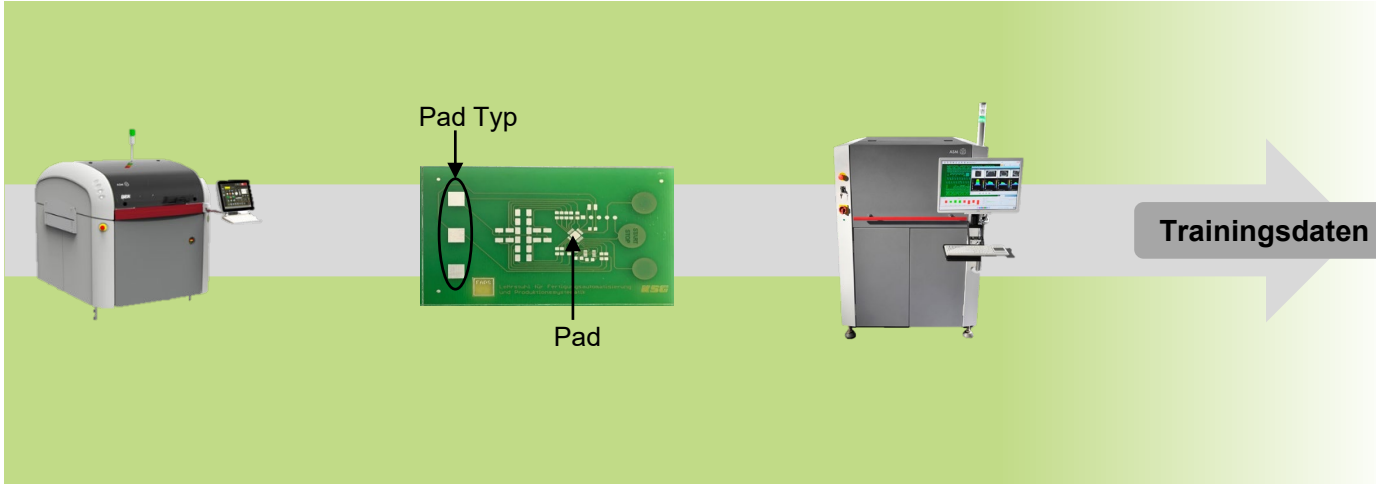


### Bedarfsgerechte Schablonenreinigung mittels intelligenter Algorithmen

- Die Druckqualität wird stark durch den Reinigungszyklus beeinflusst
- Ungeplante Wartungsprozesse führen zu Stillstandszeiten
- Reinigungszyklen oft basierend auf Expertenwissen und Erfahrung



## Predictive Maintenance im Bereich des Schablonendrucks bietet die Möglichkeit einer bedarfsgerechten Schablonenreinigung.



### Bestimmen des optimalen Reinigungszeitpunkts in Bezug auf die TE

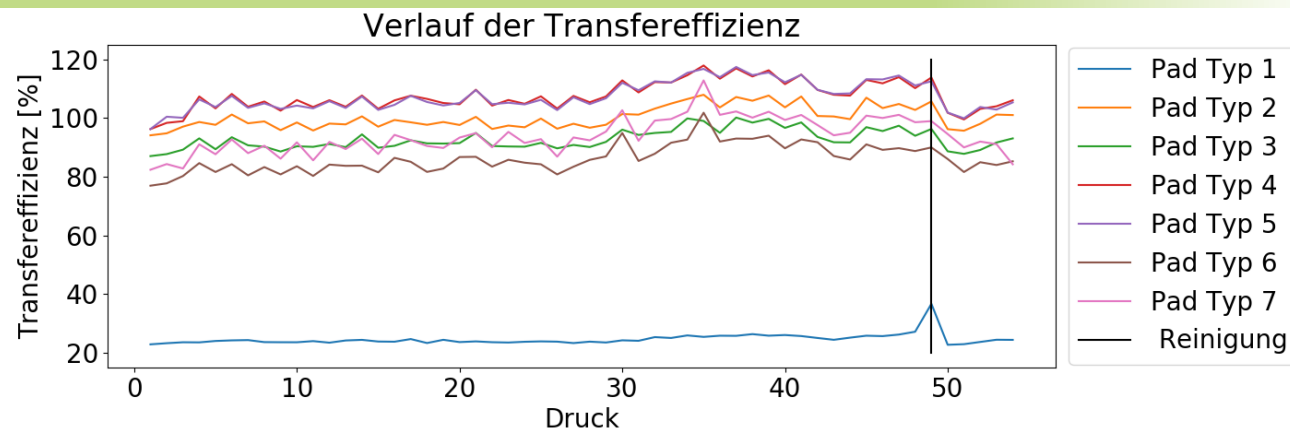
#### ■ Einbeziehen der beeinflussbaren Prozessdaten des Druckers

- Rakelgeschwindigkeit
- Rakeldruck
- Abhebegeschwindigkeit

#### ■ Weitere Einflussfaktoren

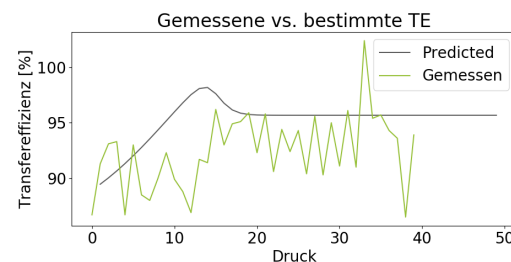
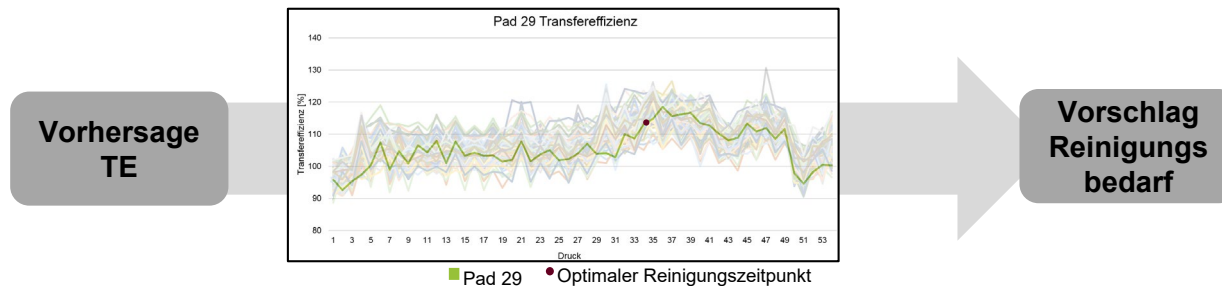
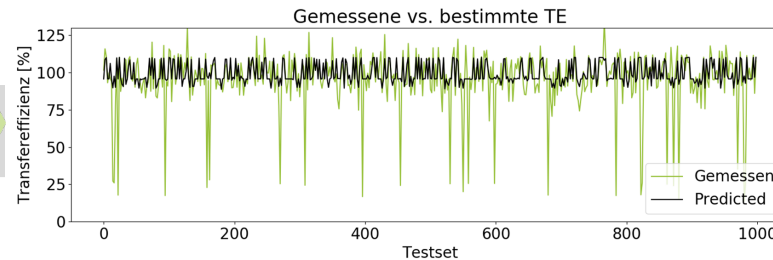
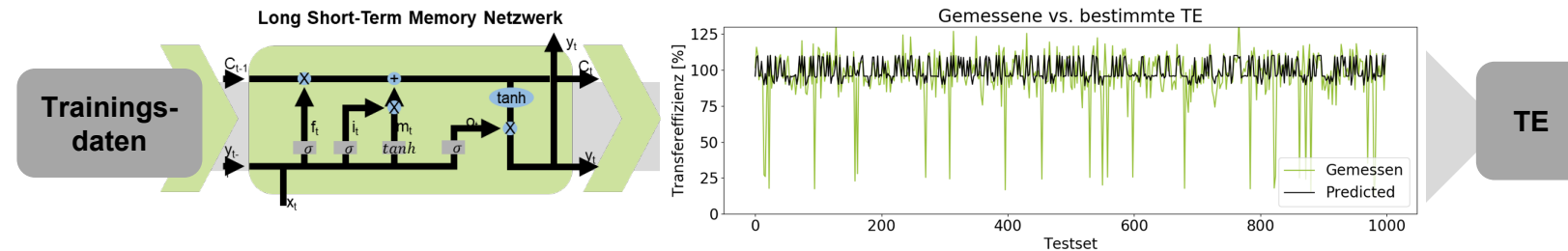
- Bestimmen mehrere Pad Typen (Geometrie, Größe, Ausrichtung)
- Anzahl der Drucke ohne Reinigung

#### ■ Ableiten eines Reinigungsbedarfs aus der Streuung der TE





# Predictive Maintenance im Bereich des Schablonendrucks bietet die Möglichkeit einer bedarfsgerechten Schablonenreinigung.



**Geringe, durchschnittliche relative Abweichung**

## Bestimmen des optimalen Reinigungszeitpunkts in Bezug auf die TE

### ■ Prozessdatenvorverarbeitung

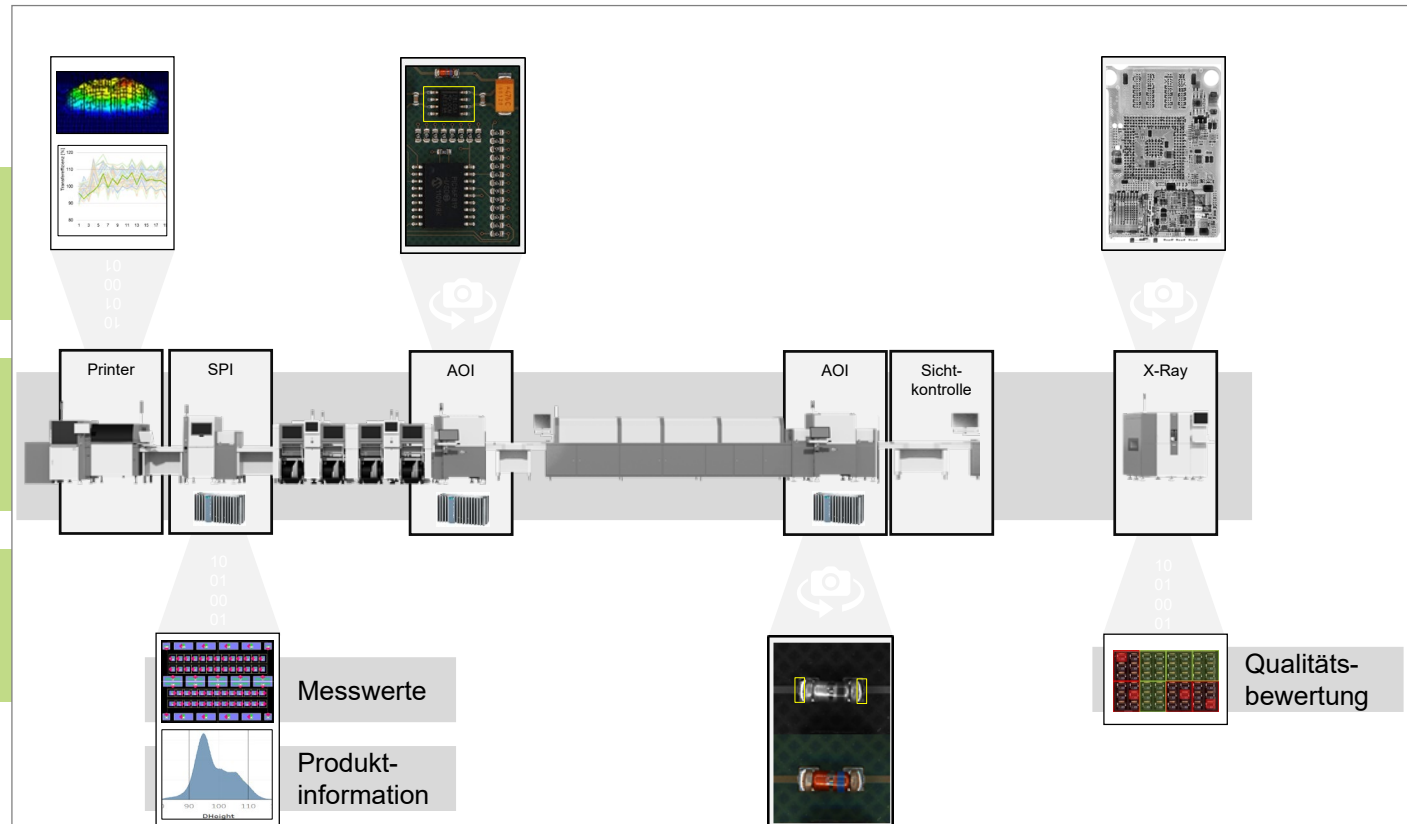
- Skalieren der Prozessdaten
- Trainings- und Testsplitt
- Auswahl der Kostenfunktion (Absolute Mean Loss)

### ■ Long-Short Term Memory Netzwerk

- RNN welches Langzeitabhängigkeiten behält
- Vergleich von gemessener und tatsächlicher TE im Training

### ■ Übertragen der vorhergesagten TE auf den optimalen Reinigungszeitpunkt

Mittels Quality Prediction soll der Prüfaufwand für verdeckte Lötstellen durch Röntgeninspektion unter 100% gesenkt werden.



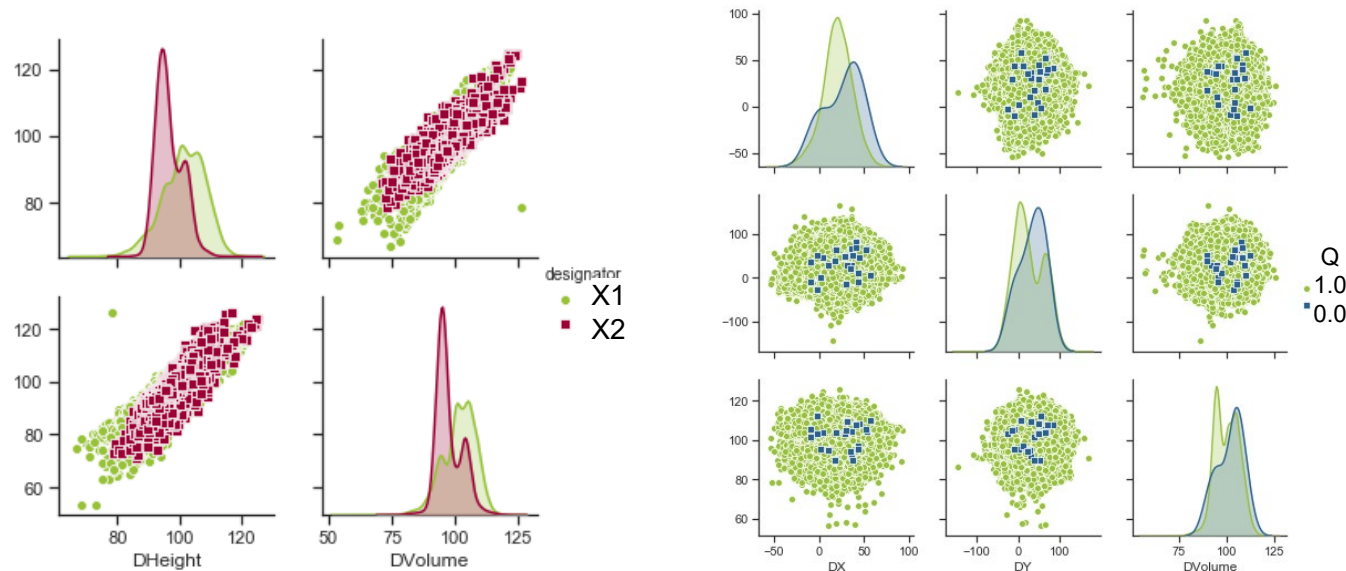
Die Röntgeninspektion stellt oft einen Kostentreiber in der Fertigung dar

- Die Röntgeninspektion verursacht hohe Anlagen- und Betriebskosten
- Hohe Taktzeiten fordern oft eine Offline-Positionierung des Prozesses
- Hohe Pseudofehlerraten erhöhen die Prozesszeit weiter

**Mittels Quality Prediction soll der Prüfaufwand für verdeckte Lötstellen durch Röntgeninspektion unter 100% gesenkt werden.**

### Steckverbinder

Verdeckte Lötstellen  
Großflächige Überschattung  
Hochvolumig



### Ausnutzen der Shopfloor Kommunikation für die Datenaggregation

#### ■ Automatisierte Ausleitung SPI Messwerte

- XML-Format nach IPC Standard
- Mehrere MB pro Leiterplattenmessung

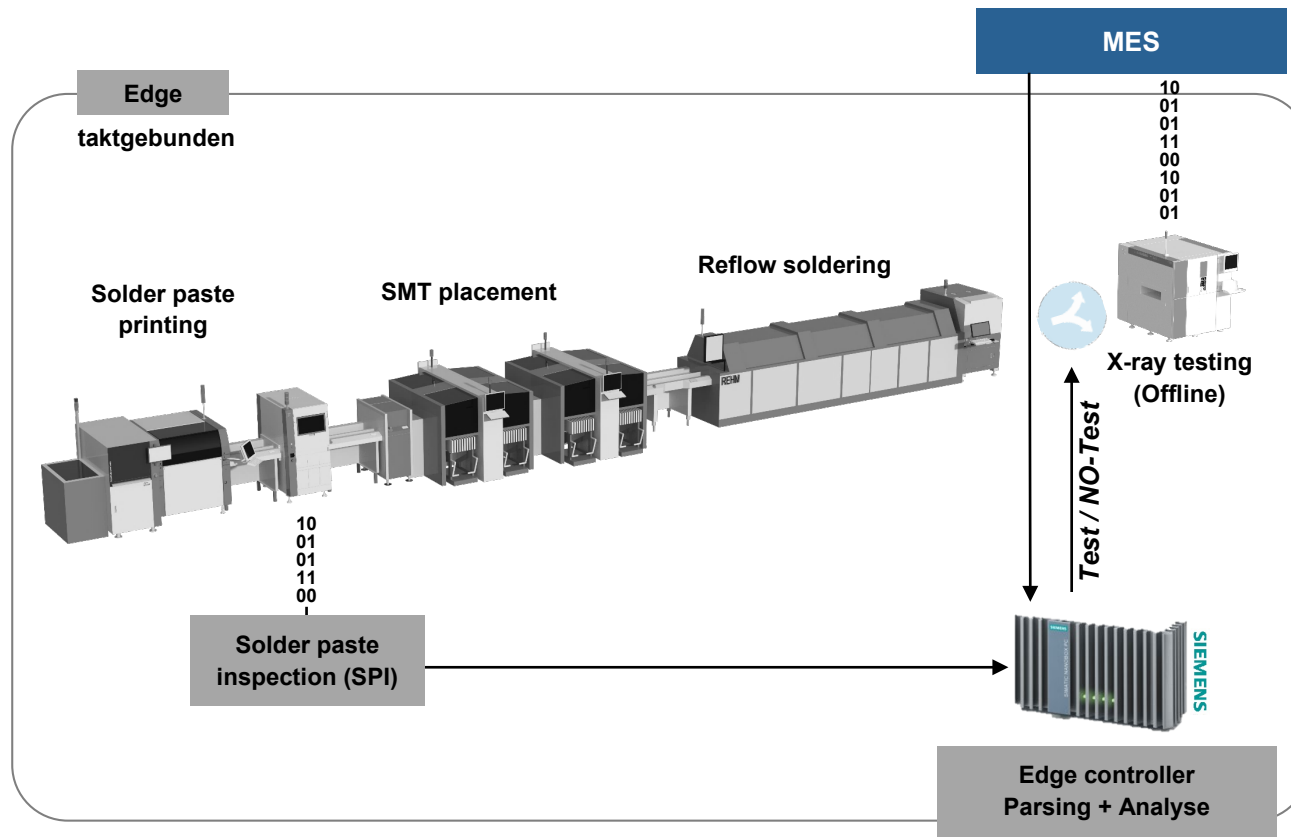
#### ■ Automatisierte Ausleitung der Qualitätsbewertung im Röntgen

- Webservice enthält Information für MES
- Dateigröße im KB-Bereich

#### ■ Grafische Exploration der Messwerte und Prozessdaten

- Statistische Auswertung
- Überprüfen linearer Zusammenhänge

Mittels Quality Prediction soll der Prüfaufwand für verdeckte Lötstellen durch Röntgeninspektion unter 100% gesenkt werden.



### Frühzeitiges Bewerten (dezentral) der Qualitätslabel mittels GBT

#### Logfiles SPI

- Bereitstellung über Anlagen Schnittstelle
- Parsing & Preprocessing auf dezentraler Einheit

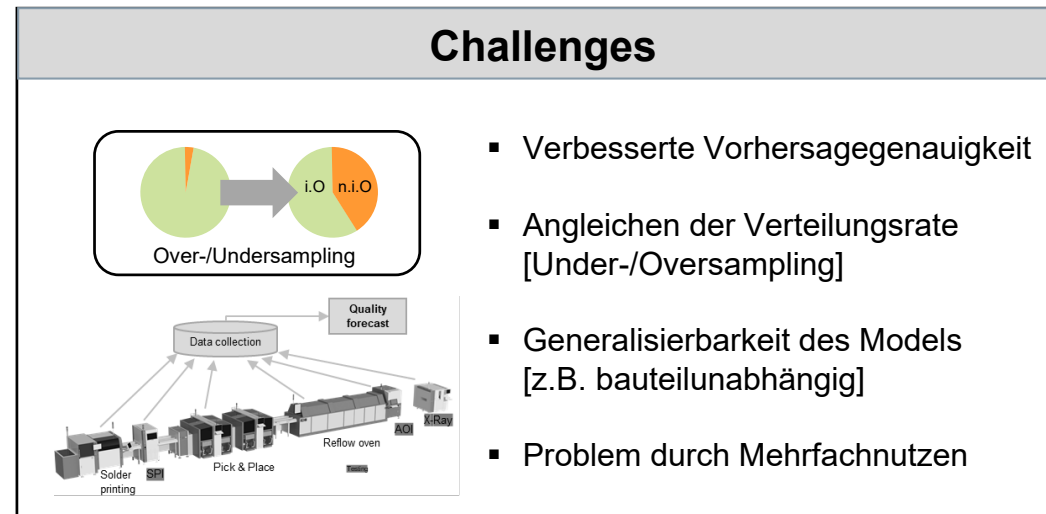
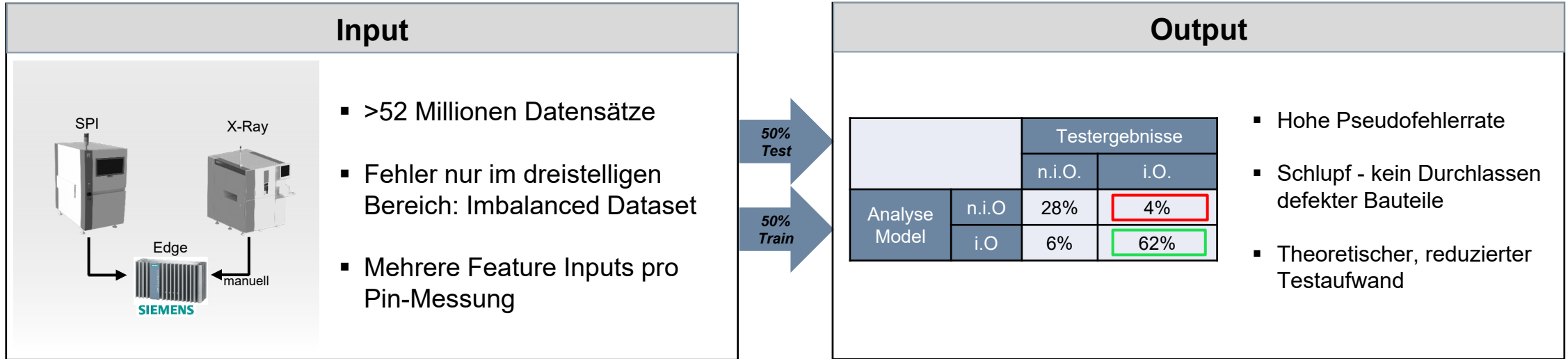
#### Röntgen Qualitätsbestimmung

- Webservice Anbindung an MES
- Qualitätsvorhersage mittels Algorithmus

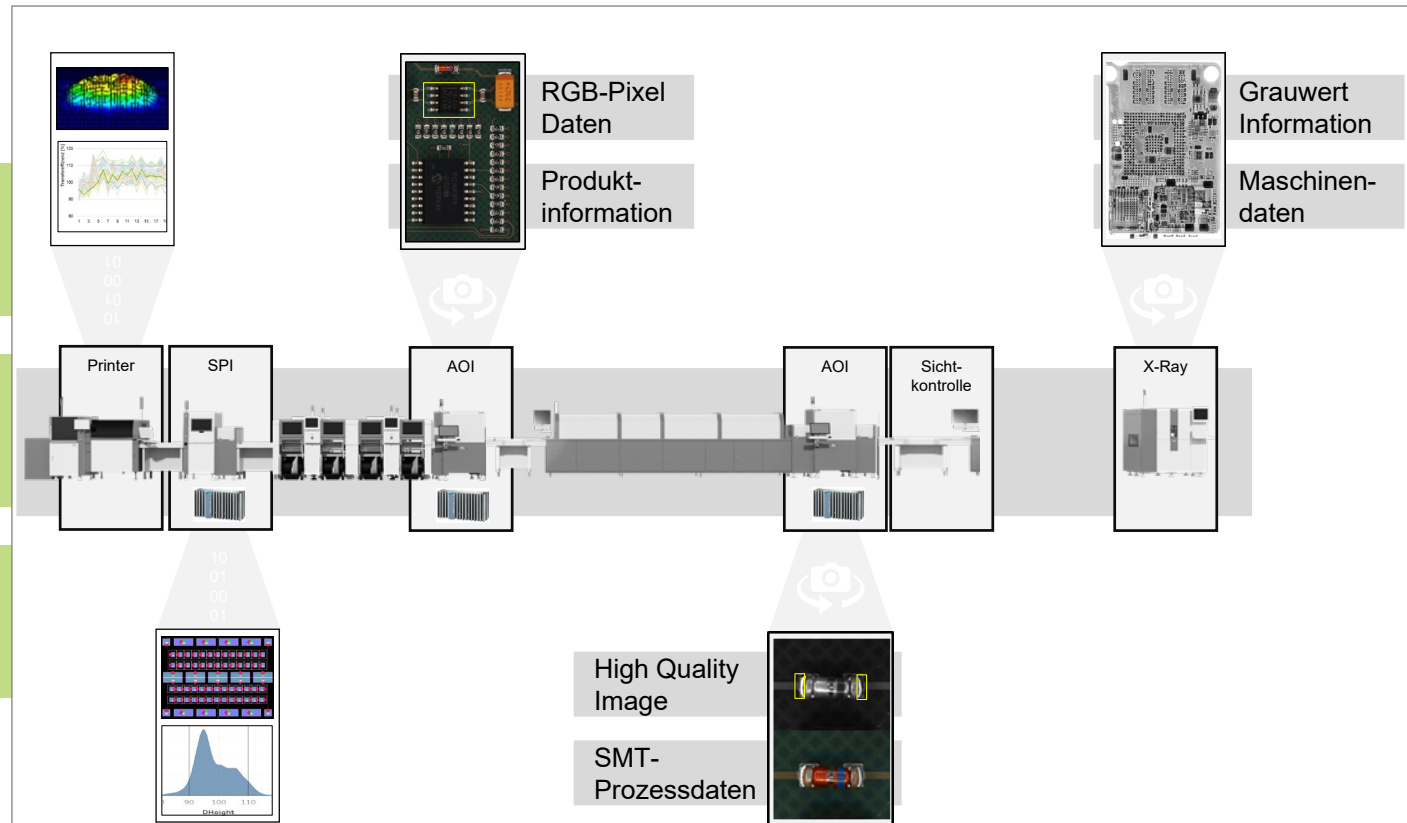
#### Aussicht Zukunft

- Aktive Prozessflusssteuerung durch dezentrale Einheit

Mittels Quality Prediction soll der Prüfaufwand für verdeckte Lötstellen durch Röntgeninspektion unter 100% gesenkt werden.



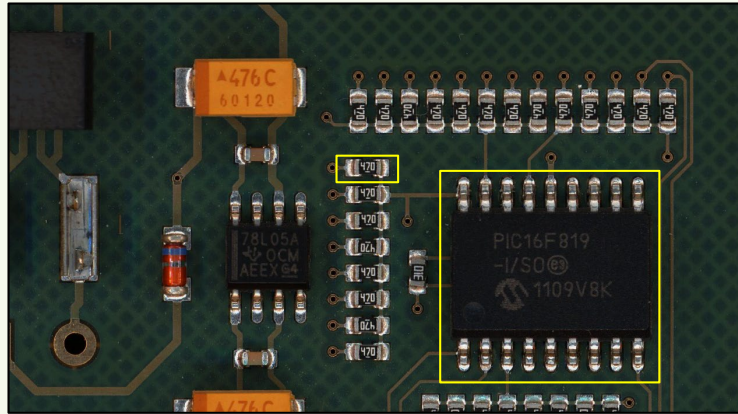
## Einsatzmöglichkeiten der Objekterkennung im Bereich der bildgebenden Verfahren der SMT-Inspektionssysteme.



### AOI und Röntgeninspektion Kontrolle bieten große Potenziale

- Objekterkennung für verschiedene AOI-Systemen
- Automatisierte Lötstellenkontrolle
- Anomaly Detection in der Fehlererkennung der Röntgeninspektion

# Die Bauteilprüfung des AOI soll mittels Bilderkennung eines Algorithmus nachgebildet werden.

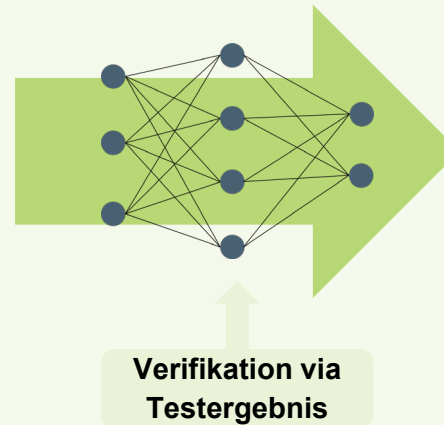


## Motivation

- Trainieren eines Objekterkennung für die Detektion von Bauteilen
- Festlegen definierter Regions of Interest
- Reduzierter Teaching Aufwand der Modelle durch Anwender

## Input Daten

- Bilddatei des Bauteils
- Bauteilmittelpunkt aus Positionsdaten
- Position der Referenzmarkierung



## Output Daten

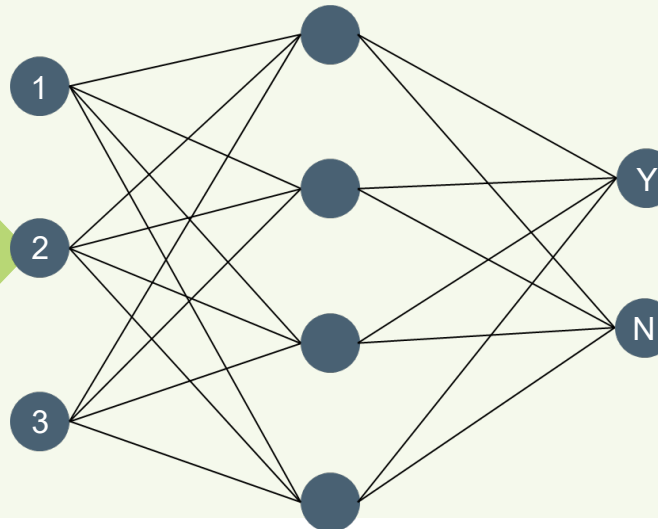
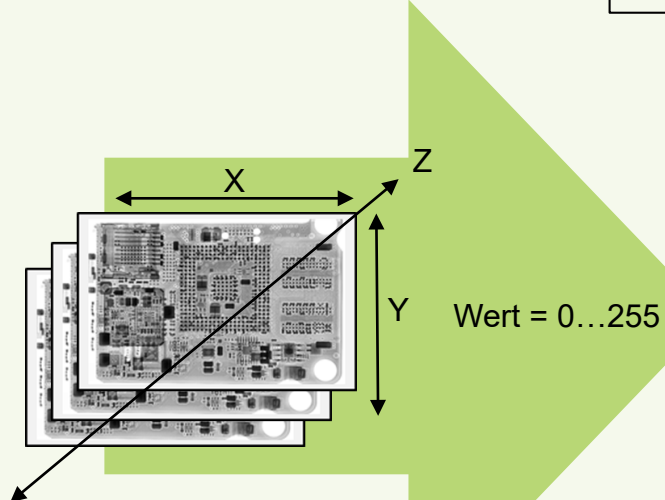
- Aussage über Vorhandensein eines Bauteils auf der PCB in der betr. ROI
- Fehlermeldung wenn Bauteil nicht vorhanden



# Reduktion der aufkommenden Pseudofehler mittels eines zwischengeschalteten Expertensystems in der Röntgeninspektion.

## Motivation

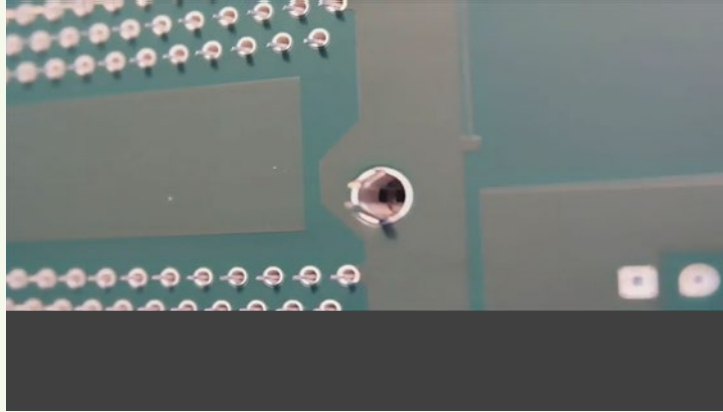
- Hohe Pseudofehlerraten in der Röntgeninspektion
- Personalbindung durch übermäßige Fehlerquittierung
- Entlastung mittels vorgeschaltetem Expertensystem



## Output Daten

- Qualitätsbewertung durch den Algorithmus
- Kennzeichnen Identifizierter Fehlstellen
- Lerneffekt: Bedienerentscheidungen

# Überprüfen von THT Bestückung mittels Computer Vision für eine effizientere Endkontrolle.

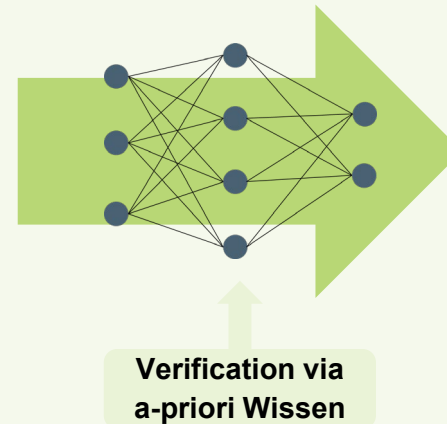


## Motivation

- Trainieren eines Bilderkennungsalgorithmus auf die Detektion von Lötstellen
- Einsatz für die Bilderkennung bei der THT-Bestückung
- Entlastung der manuellen Sichtkontrolle am Ende der SMT-Linie

## Input Daten

- Golden-Images von Lötstellen
- Einteilung in Qualitätsgrade oder Fehlertypen
- Festlegen definierter ROIs wo die Lötstellen gefunden werden



## Output Daten

- Aussage über Lötstellen Qualität an definierten Stellen der PCB
- Fehlermeldung wenn Lötstelle als unzureichend Klassifiziert
- Auslagern der PCB, manuelle Sichtkontrolle für Bestätigung



# FAPS

Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke

**Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung  
und Produktionssystematik**

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg



# DANKE