

MASTER THESIS

# Hybride Fehlerdiagnose und Fehlerkorrektur für Servopneumatische Schweißzangen

*Hybrid Fault Diagnosis and Fault Correction for Servopneumatic Welding Guns*

## Ausgangssituation und Motivation

Die Basis für die präskriptive Wartung (Prescriptive Maintenance) im industriellen Produktionsumfeld stellt die Fehlererkennung, -diagnose und -korrektur in einem Produktionsprozess dar. Das Ziel der Fehlererkennung ist die Detektion von abnormalen bzw. fehlerhaften Prozessbedingungen. Im Schritt der Fehlerdiagnose gilt es auf Basis der detektierten abnormalen Prozessbedingungen den genauen Fehler zu identifizieren, zu lokalisieren und die Fehlerursachen zu bestimmen. Wurde ein Fehler diagnostiziert, ist es Aufgabe der Fehlerkorrektur geeignete Fehlerbehebungsmaßnahmen zu bestimmen und den Fehler zu reparieren oder abzuwenden.

Diese Masterarbeit konzentriert sich auf ein ganzheitliches System zur automatisierten hybriden Fehlerdiagnose und Fehlerkorrektur (vgl. Abbildung 1). Bei der automatisierten hybriden Fehlerdiagnose werden typischerweise datengetriebene Methoden und/oder Methoden basierend auf physikalischen Modellen eingesetzt. Viele datengetriebene Methoden entsprechen maschinellen Lernverfahren, wie z. B. künstliche Neuronale Netze oder Support-Vektor-Maschinen. Auf physikalischen Modellen basierende Methoden erkennen Prozessfehler durch die Generierung von Residuen, d. h. Fehlerindikatoren, die durch einen Vergleich von gemessenen Prozessbedingungen mit simulierten Prozessbedingungen erzeugt werden. Auf Basis der generierten Residuen bzw. Fehlerindikatoren wird dann die eigentliche Fehlererkennung und -diagnose durchgeführt. Die hybride Fehlerdiagnose kombiniert die Fehlervorhersagen einzelner datengetriebener und physikalisch modellbasierten Fehlerdiagnosemethoden mit Methoden der Entscheidungsfusion. Durch eine solche Kombination werden einzelne Fehlerdiagnosemethoden gegenseitig komplementiert und kooperativ vervollständigt, womit die Performance bei der Erkennung und Diagnose von Fehlern verbessert werden kann [1].

Entscheidungsunterstützungssysteme können Instandhaltungspersonal bei der Fehlerkorrektur von diagnostizierten Fehlern unterstützen [2, 3]. Typischerweise setzen Entscheidungsunterstützungssysteme auf einer Wissensbasis auf, die Fehlerwissen über Fehlersymptome, -ursachen und -behebungsmaßnahmen enthält. Über Methoden des automatischen Schließens können dann Schlussfolgerungen auf der Wissensbasis durchgeführt werden. So können zum Beispiel über die Wissensbasis für detektierte Fehlersymptome die Fehlerursachen und deren Behebungsmaßnahmen abgeleitet werden.

Diese Arbeit fokussiert sich auf ein ganzheitliches System zur hybriden Fehlerdiagnose und Fehlerkorrektur für servopneumatische Schweißzangenantriebe. Abbildung 1 stellt den konzeptionellen Aufbau dieses Systems dar.

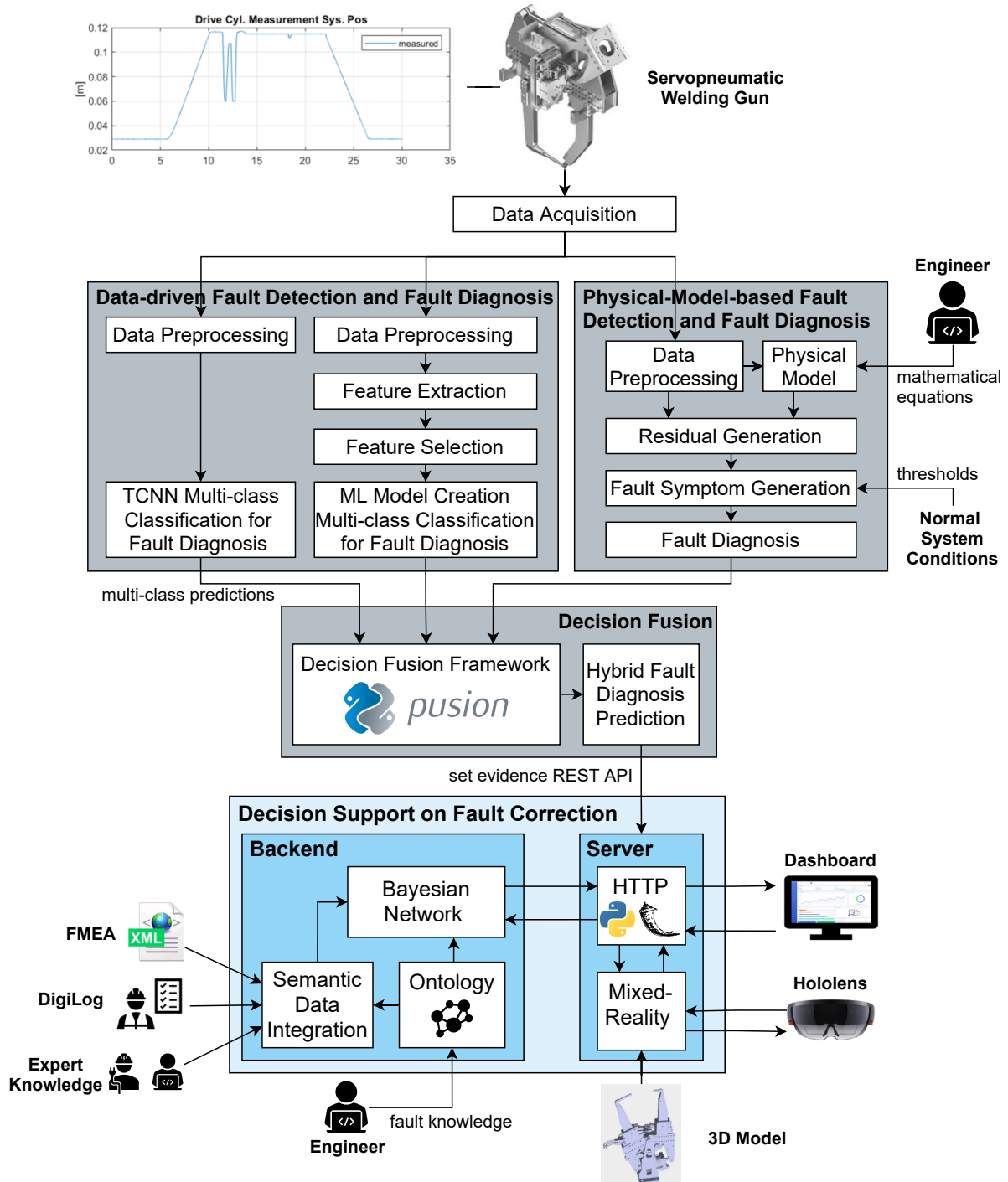


Figure 1: Hybride Fehlerdiagnose und Fehlerkorrektur für eine servopneumatische Schweißzange.

## Aufgabenstellung und Zielsetzung

Im Rahmen dieser Arbeit soll das in Abbildung 1 veranschaulichte System zur hybriden Fehlerdiagnose und Fehlerkorrektur für eine servopneumatische Schweißzange umgesetzt werden. In mehreren vorangegangenen Arbeiten wurden die einzelnen Komponenten des Systems, d. h. die datengetriebene Fehlerdiagnose, die physikalisch modellbasierte Fehlerdiagnose, das generische Framework zur Entscheidungsfusion, das Entscheidungsunterstützungssystem auf Basis Bayes'scher Netze sowie dessen Visualisierung über ein Browser-basiertes Dashboard und in einer Mixed-Reality Umgebung mittels Microsoft Hololens bereits implementiert (unter anderem [4–7]). Ziel dieser Masterarbeit soll die Orchestrierung dieser einzelnen Komponenten zu dem oben beschriebenen Gesamtsystem für den Anwendungsfall eines servopneumatischen Schweißzangenantriebs sein. Der Schwerpunkt der Arbeit soll hierbei auf der Umsetzung der einzelnen Komponenten für den bereitgestellten Anwendungsfall sowie auf der Konzeption und Implementierung der Schnittstellen zwischen den Komponenten liegen. Die bereits implementierten Komponenten, die vorausgegangenen Arbeiten und die Datenquellen des Anwendungsfalls werden zur Verfügung gestellt. Für die Entscheidungsfusion der Fehlerdiagnosemethoden soll das Entscheidungsfusions-Framework *pusion* (<https://github.com/IPVS-AS/pusion>) verwendet werden.

Die Arbeit ist methodisch sehr vielfältig und erfordert den Umgang mit Methoden der Entscheidungsfusion, der Wissensrepräsentation und des automatischen Schließens mittels Bayes'scher Netze sowie der Microsoft Hololens für Mixed-Reality Umgebungen.

Die Arbeit umfasst die folgenden Aufgaben:

- ◇ Literaturrecherche und Evaluation von ganzheitlichen Systemen für die Fehlerdiagnose und Fehlerkorrektur. Hierbei soll der Schwerpunkt auf der Realisierung der Schnittstellen zwischen den Komponenten der Sub-Systeme liegen.
- ◇ Definition von Anforderungen an das ganzheitliche System zur hybriden Fehlerdiagnose und Fehlerkorrektur für ein servopneumatischen Schweißzangenantrieb.
- ◇ Konzeption und Implementierung der Schnittstellen zwischen den Komponenten der Sub-Systeme.
- ◇ Adaption und Implementierung der Komponenten des ganzheitlichen Systems zur Fehlerdiagnose und Fehlerkorrektur für einen servopneumatischen Schweißzangenantrieb.
- ◇ Test und Evaluation des ganzheitlichen System in Form einer Fallstudie.
- ◇ Präsentation der Zwischenergebnisse in einem Vortrag.
- ◇ Präsentation der Ergebnisse in einem Vortrag.

**Key Words:** Decision Fusion, Decision Support, Fault Diagnosis, Fault Correction, Machine Learning, Bayesian Network, Mixed-Reality, Microsoft Hololens

## References

- [1] Y. Wilhelm, P. Reimann, W. Gauchel, and B. Mitschang, “Overview on Hybrid Approaches to Fault Detection and Diagnosis: Combining Data-Driven, Physics-Based and Knowledge-Based Models,” *Procedia CIRP*, vol. 99, pp. 278–283, Jan. 2021.

- [2] Q. Zhou, P. Yan, H. Liu, and Y. Xin, “A Hybrid Fault Diagnosis Method for Mechanical Components Based on Ontology and Signal Analysis,” *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 30, no. 4, pp. 1693–1715, Apr. 2019.
- [3] A. García and E. Gilabert, “Mapping FMEA into Bayesian Networks,” *International Journal of Performability Engineering*, vol. 7, no. 6, p. 525, 2011.
- [4] H. Sadhasivan, “Knowledge Representation and Automated Reasoning for Decision Support on Fault Correction in Manufacturing,” University of Stuttgart, Stuttgart, Master Thesis, 2020.
- [5] A. Obraliija, “Framework zur Entscheidungsfusion für die Kombination von Fehlerdiagnosemethoden,” University of Stuttgart, Stuttgart, Master Thesis, 2021.
- [6] M. H. Butt, “Visualization of a Bayesian Network and Integration of User Feedback for Decision Support in Manufacturing,” University of Stuttgart, Stuttgart, Master Thesis.
- [7] M. Müller, “Entscheidungsfusion mit Bayes’schen Netzen zur Kombination von Fehlerdiagnosemethoden,” University of Stuttgart, Stuttgart, Bachelor Thesis, 2021.

## Organisatorisches

Type of Thesis	Master Thesis
Title of the Thesis (en)	Hybrid Fault Diagnosis and Fault Correction for Servopneumatic Welding Guns
Titel der Arbeit (de)	Hybride Fehlerdiagnose und Fehlerkorrektur für Servopneumatische Schweißzangen
Supervisor	M.Sc. Yannick Wilhelm Dr. Peter Reimann
Examiner	Prof. Dr.-Ing. habil. Bernhard Mitschang
Beginn	ab sofort
Ende	Start Datum + 6 Monate