

Reihe 2

Fertigungstechnik

Nr. 700

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jörg Krüger  
(Berlin)

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Alexander Verl  
(Stuttgart)

## RetroNet – Retrofitting von Maschinen und Anlagen für die Vernetzung mit Industrie 4.0 Technologie



Abschlussbericht  
Verbundforschungsprojekt

**RetroNet**

**Retrofitting von Maschinen und Anlagen für die Vernetzung mit Industrie 4.0  
Technologie**

Ein im Rahmen des Förderprogramms Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen unter der Bekanntmachung „Industrie 4.0 – Forschung auf den betrieblichen Hallenboden“ durchgeführtes Verbundforschungsprojekt.

Am Verbundforschungsprojekt RetroNet beteiligten sich folgende Konsortialpartner:

PI Informatik GmbH

Bosch Rexroth AG

Finow Automotive GmbH

F&M Werkzeug- und Maschinenbau GmbH

AUCOTEAM GmbH

KleRo GmbH

Technische Universität Berlin

Universität Stuttgart ISW

Fraunhofer IPK

Projektleitung: Holger Lüer, PI Informatik GmbH

Editor:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jörg Krüger

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Alexander Verl

Das diesem Bericht zugrundeliegende Verbundforschungsprojekt RetroNet wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung im Rahmen des Dachprogramms "Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit" gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



# Fortschritt-Berichte VDI

Reihe 2

Fertigungstechnik

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jörg Krüger  
(Berlin)

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Alexander Verl  
(Stuttgart)

Nr. 700

**RetroNet – Retrofitting  
von Maschinen und  
Anlagen für die  
Vernetzung mit  
Industrie 4.0 Technologie**

VDI verlag

Krüger, Jörg / Verl, Alexander

## **RetroNet – Retrofitting von Maschinen und Anlagen für die Vernetzung mit Industrie 4.0 Technologie**

Fortschr.-Ber. VDI Reihe 2 Nr. 700. Düsseldorf: VDI Verlag 2019.

152 Seiten, 72 Bilder, 13 Tabellen.

ISBN 978-3-18-370002-8, ISSN 0178-9406,

€ 57,00/VDI-Mitgliederpreis € 51,30.

**Für die Dokumentation:** IIoT – Retrofitting – Bestandsanlage – Industrie 4.0 – Cloud – Methodische Vorgehenskonzepte – Big Data – Wertschöpfungspotentiale – Smart Services

Produktionsanlagen bieten im Laufe ihres meist mehrere Jahrzehnte andauernden Lebenszyklus diverse Nachrüstungs- und Optimierungspotentiale. Besonders die intensive digitale Datenerfassung und anschließende Auswertung von Mehrwertdiensten bewährt sich als Werkzeug, solche Potentiale zu identifizieren und gewinnbringend zu nutzen. Jedoch fehlt es Bestandsanlagen an den nötigen digitalen Schnittstellen die den Zugriff für die Datenerfassung ermöglichen. Im Kontext dieser Problemstellung exploriert das Konsortium des öffentlich geförderten BMBF-Projektes „RetroNet: Retrofitting von Maschinen und Anlagen für die Vernetzung mit Industrie 4.0 Technologie“ das Segment der IIoT-Geräte und präsentiert die Erfahrungen für ein methodisches Vorgehen, wie solche Geräte ökonomisch für das Retrofitting von Bestandsanlagen eingesetzt werden können. Dabei werden die Herausforderungen von der effektiven Nachrüstung von digitaler Sensorik sowie der Entwicklung von rückführender Mehrwertdienste beleuchtet. Schlussendlich werden die entwickelten Konzepte an vier realen Anwendungsszenarien auf ihre Praxisfähigkeit validiert.

### **Bibliographische Information der Deutschen Bibliothek**

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet unter [www.dnb.de](http://www.dnb.de) abrufbar.

### **Bibliographic information published by the Deutsche Bibliothek**

(German National Library)

The Deutsche Bibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliographie (German National Bibliography); detailed bibliographic data is available via Internet at [www.dnb.de](http://www.dnb.de).

© VDI Verlag GmbH · Düsseldorf 2019

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe (Fotokopie, Mikrokopie), der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, im Internet und das der Übersetzung, vorbehalten.

Als Manuskript gedruckt. Printed in Germany.

ISSN 0178-9406

ISBN 978-3-18-370002-8

## Vorwort

Der deutsche Mittelstand gilt als das Rückgrat der deutschen Wirtschaft. Mit den Herausforderungen durch die Digitalisierung zu kundenindividuellen Produkten, einer Beschleunigung der Abläufe und einer immer engeren Vernetzung entlang der Wertschöpfungskette zeichnen sich sowohl Chancen als auch Risiken ab. Allerdings sind es gerade die innovativen mittelständischen Fertigungsunternehmen, die in der Regel die größten Digitalisierungsdefizite aufweisen. Dabei fehlt es an einer klaren Strategie, wie die eigene Produktion weiterentwickelt werden kann, um mit dem Wettbewerb Schritt zu halten. Das Ziel des Projekts RetroNet war hier einen Beitrag zu leisten und aufzuzeigen, wie die Transformation von bestehenden Altanlagen hin zu einer digitalisierten und vollständig vernetzten Fertigung gelingen kann. Dabei sollte nicht nur die Technik im Fokus stehen, sondern auch die Methodik, wie dieses Ziel für den deutschen Mittelstand profitabel erreicht werden kann.

In den letzten 3 Jahren Projektlaufzeit, wurde die Idee des Retrofitting von vielen aufgegriffen. Jedoch wurden hierbei eine methodische Herangehensweise sowie eine modulare Hardwareunterstützung als vorausgesetzt betrachtet und sich auf die technische Basis fokussiert. Dabei fehlt besonders KMU das nötige Fachpersonal für einen ökonomischen Umstieg. RetroNet zielt ab, diese Lücken zu schließen und deutsche KMU somit vollständig für das I4.0 Retrofitting, mithilfe von methodischen Konzepten und technischen Werkzeugen, fit zu machen.

Wir möchten uns an dieser Stelle ganz herzlich für die Unterstützung durch den Projektträger PTKA und bei dem VDI-Verlag für die Möglichkeit bedanken, diese neuen Erkenntnisse aus der Forschung im Rahmen dieses Buches an die Öffentlichkeit zu tragen.

2019, Jörg Krüger & Alexander Verl

„Die Informationen in diesem Werk werden ohne Rücksicht auf eventuelle Patente oder weitere Werke veröffentlicht.

Bei der Zusammenstellung der Inhalte sowie der Präsentation der Konzepte wurde mit größter Sorgfalt vorgegangen. Jedoch können Fehler hierbei nicht vollständig ausgeschlossen werden.

Darum übernehmen Verlag, Herausgeber sowie Autoren keine Haftung oder juristische Verantwortung für fehlerhafte Angaben und deren Folgen.“

## Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b>	<b>III</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>V</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation.....	1
1.2 Zielstellung.....	2
1.3 Konzept .....	5
<b>2 Methodische Konzepte für ein effizientes Industrie 4.0-Retrofitting</b>	<b>8</b>
2.1 Ausgangssituation und Herausforderungen .....	8
2.2 Motivation und Zielsetzung .....	9
2.3 Verringerung der Einstiegshürde: Vom Komplexen zum Einfachen .....	11
2.3.1 Vereinfachung: eine Vorbetrachtung.....	11
2.3.2 Struktur- und Prozessperspektive .....	13
2.3.3 Projektperspektive .....	14
2.3.4 Entscheidungs- und Leistungsperspektive.....	15
2.3.5 Datensicht .....	17
2.4 Methodische Konzepte/Vorgehensmodelle .....	19
2.4.1 Überblick .....	19
2.4.2 Initial-Projekt .....	22
2.4.3 Hackathon = Low Hanging Fruits .....	27
2.4.4 Plattformgestütztes Retrofitting.....	32
2.5 Aufwands- und Nutzenbetrachtung .....	37
2.5.1 Zwischen operativem Ad-Hoc-Effekt und strategischer Organisationsplanung .....	37
2.5.2 Aufwand und Kosten .....	39
2.5.3 Mehrwert und Nutzen .....	42
2.6 Verstärkung des Wissens: Lernen in der Organisation .....	44
2.6.1 Strategische Grundausrichtung.....	44
2.6.2 Motivation.....	46
2.6.3 Inhalt und Form .....	47
<b>3 Dynamisch erweiterbare Plattformarchitektur für Mehrwertdienste</b>	<b>50</b>
3.1 Motivation und Herausforderungen .....	50

3.2	Allgemeine Systemarchitektur.....	52
3.3	I4.0-Konnektor.....	54
3.4	Systemintegration nachzurüstender I4.0-Konnektoren unter dem Aspekt heterogener IT-Komponenten.....	57
3.4.1	Struktur der Datenkommunikation und -schnittstellen.....	58
3.4.2	Varianten der Konnektivität.....	60
3.4.3	Systematik zur IoT-Vernetzung.....	63
3.4.4	IoT-Software-Stack.....	71
3.4.5	Experimentelle RetroNet-Testanordnungen.....	74
3.5	Mehrwertdienstplattform.....	79
3.5.1	Motivation und Herausforderungen.....	79
3.5.2	Plattformarchitektur.....	81
3.5.3	Unternehmensübergreifendes Datenmodell.....	84
3.5.4	Mehrwertdienstkonzept.....	97

#### 4 Industrie 4.0 - Sicherheitskonzepte für nachgerüstete

	<b>Fertigungsanlagen</b>	<b>103</b>
4.1	Einleitung.....	103
4.2	Herausforderungen an die Sicherheit im Kontext Industrie 4.0.....	103
4.3	Vorgehensmethodik zur Entwicklung von Sicherheitskonzepten.....	105
4.4	Systemanalysen auf Basis von technischen Landkarten.....	107
4.5	Fazit: Anwendungsspezifische Sicherheit.....	108

#### 5 Anwendungsszenarien und Ergebnisse **111**

5.1	Einleitung.....	111
5.2	Datengetriebene Anwendungserstellung.....	116
5.2.1	Anwendungsszenario.....	116
5.2.2	RetroNet-Integration für datengetriebene Anwendungsszenarien.....	119
5.2.3	Umgesetzte Methodik und Konzepte.....	123
5.2.4	Ergebnisse.....	126
5.3	Einheitliche Benutzerschnittstellen.....	127
5.3.1	Anwendungsszenario.....	127
5.3.2	Umgesetzte Methodik und Konzepte.....	128
5.3.3	Ergebnisse.....	129
5.4	Condition Monitoring.....	130
5.4.1	Anwendungsszenario.....	130

---

5.4.2	Umgesetzte Methodik und Konzepte.....	131
5.4.3	Ergebnisse.....	133
5.5	AR – Visualisierung.....	134
5.5.1	Anwendungsszenario.....	134
5.5.2	Umgesetzte Methodiken und Konzepte.....	135
5.5.3	Ergebnisse.....	136
5.6	I4.0-Konnektor als Retrofittingwerkzeug .....	138
5.6.1	Anwendungsszenario.....	138
5.6.2	Umgesetzte Methodik und Konzepte.....	139
5.6.3	Ergebnisse.....	140
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>141</b>
<b>7</b>	<b>Literatur</b>	<b>143</b>

