TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Andreas Wank

Methodik zur Wertstromintegration einer aktiven Bauteilrückverfolgung in die diskrete Variantenfertigung

Schriftenreihe des PTW „Innovation Fertigungstechnik“

Herausgeber
Prof. Dr.-Ing. Eberhard Abele
Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich
Prof. Dr.-Ing. Matthias Weigold

TU DARMSTADT

Methodik zur Wertstromintegration einer aktiven Bauteilrückverfolgung in die diskrete Variantenfertigung

Dem Fachbereich Maschinenbau
an der Technischen Universität Darmstadt

zur Erlangung des Grades eines Doktor-Ingenieurs
(Dr.-Ing.)

genehmigte

D i s s e r t a t i o n

vorgelegt von

Andreas Wank, M. Sc.

aus Coburg

Berichterstatter:	Prof. Dr.-Ing. Eberhard Abele
Mitberichterstatter:	Prof. Dr.-Ing. Reiner Anderl
Tag der Einreichung:	06. November 2018
Tag der mündlichen Prüfung:	29. Januar 2019

Darmstadt 2019

D17

Schriftenreihe des PTW: "Innovation Fertigungstechnik"

Andreas Wank

Methodik zur Wertstromintegration einer aktiven Bauteilrückverfolgung in die diskrete Variantenfertigung

D 17 (Diss. TU Darmstadt)

Shaker Verlag
Aachen 2019

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

Zugl.: Darmstadt, Techn. Univ., Diss., 2019

Copyright Shaker Verlag 2019
Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-6554-1
ISSN 1864-2179

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen
Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9
Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Vorwort des Herausgebers

Globale Megatrends führen zu tiefgreifenden Veränderungen der industriellen Produktion. Vor allem die zunehmende Individualisierung der Produkte und die Digitalisierung stellen kleine und mittlere Unternehmen (KMU) aufgrund knapper Ressourcen und einem häufig niedrigen Automatisierungsgrad vor besondere Herausforderungen. Die „vierte industrielle Revolution“ (Industrie 4.0), die im Rahmen der High-Tech-Strategie der Bundesregierung initiiert wurde, verspricht sowohl volkswirtschaftlich als auch betriebswirtschaftlich ein hohes Nutzenpotential.

Zur Umsetzung der Vision „Industrie 4.0“ und damit zur Erschließung dieser Potentiale ist die Anwendung einer aktiven Bauteilrückverfolgung eine Grundvoraussetzung. Durch die automatisierte Objekterkennung in Verbindung mit der Nutzung von Echtzeitdaten können Anwendungsfälle wie eine digitale Arbeitsweise oder eine bedarfsgerechte Produktionssteuerung umgesetzt werden. So entfällt eine statisch papierbasierte Arbeitsweise mit ineffizienten Änderungsprozessen und der Aufwand für das händische Aufschreiben und das anschließende manuelle Digitalisieren entfällt. Trotz dieser Potentiale scheuen viele Unternehmen vor der Einführung zurück.

Im Ergebnis der Arbeit steht eine Methodik die wissenschaftlich abgesichert ist, aber dennoch einen pragmatischen Ansatz zur nutzenorientierten Integration einer aktiven Bauteilrückverfolgung in die diskrete Variantenfertigung bietet.

Darmstadt, Januar 2019 Prof. Dr.-Ing. Eberhard Abele

Vorwort des Verfassers

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen der Technischen Universität Darmstadt. Während dieser Zeit habe ich mich nicht nur fachlich, sondern auch persönlich weiterentwickelt. Dafür ist Vielen zu danken, einige sind aber besonders hervorzuheben.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr.-Ing. Eberhard Abele. Zum einen für seine stete Gesprächsbereitschaft und Anregungen, die zu einem erheblichen Teil zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Zum anderen für das entgegengebrachte Vertrauen und die eingeräumten Freiheiten. Die offene Atmosphäre und konstruktive Zusammenarbeit habe ich sehr geschätzt. Herrn Prof. Dr.-Ing. Reiner Anderl danke ich für das Interesse an der Arbeit, die Übernahme des Koreferats und die gute Zusammenarbeit im Rahmen der Forschungsprojekte „Effiziente Fabrik 4.0“ und „Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Darmstadt“. Herrn Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich danke ich für die gute Unterstützung und die Zusammenarbeit im Rahmen meiner Tätigkeiten als Gruppenleiter der Forschungsgruppe „Management industrieller Produktion“ (MiP).

Im Umfeld des Instituts gibt es eine Vielzahl von Kolleginnen und Kollegen, die mich stets motivierten und das Institutsleben bereichert haben. Insbesondere danke ich meiner Forschungsgruppe MiP für die schöne Zeit. Mein besonderer Dank gilt Amina Ziegenbein, Thimo Keller und Markus Schreiber für die Diskussion des Manuskriptes. Nicht zu vergessen sind die zahlreichen Studenten, die wertvollen Input lieferten. Besonders hervorzuheben sind Christoph Thümmel und Kai Suchanek.

Mein herzlichster und persönlichster Dank gilt meiner Familie. Meinen Eltern für das stets grenzenlose Vertrauen in mich. Meiner Verlobten Julia nicht nur für den Verzicht an vielen Wochenenden und das Korrekturlesen, sondern für alles was sie für mich ist. Ihr widme ich diese Arbeit.

Darmstadt, Januar 2019 Andreas Wank

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung ... 1
1.1 Aufbau der Arbeit ... 4
1.2 Begriffsabgrenzung und Grundlagen ... 6
1.3 Motivation für die Anwendung aktiver Traceability ... 10
1.3.1 Industry Pull ... 10
1.3.2 Technology Push ... 12
1.3.3 Regulatory Push ... 13
1.3.4 Customer Pull ... 14
1.4 Übergeordnete Zielstellung der Dissertation ... 14
2 Stand der Wissenschaft und Technik ... 17
2.1 Funktionsweise und technische Grundlagen von AutoID-Systemen ... 17
2.1.1 Schrift- und symbolbasierte Identifikationstechnologien ... 18
2.1.2 Elektronische Identifikationstechnologien ... 26
2.2 Kriteriengestützte Analyse bestehender Methoden ... 37
2.2.1 Situationsanalyse ... 38
2.2.2 Zielformulierung ... 41
2.2.3 Synthese ... 43
2.2.4 Wissenschaftliche Auswahlentscheidung ... 44
2.3 Stand der Forschung und Konkretisierung des Handlungsbedarfs ... 45
3 Forschungskonzeption der Lösungsfindung ... 47
3.1 Ableiten der Forschungsziele und methodischen Grundlagen ... 47
3.2 Formale Anforderungen und Erfolgskriterien der Methodik ... 48
3.3 Vorgehensweise für die Lösungsfindung ... 48
4 Situationsanalyse für eine aktive Bauteiltraceability ... 53
4.1 Vorbereitung der Datenaufnahme ... 54
4.2 Datenaufnahme zur Beschreibung des Ist-Zustands ... 56
4.2.1 Wertstromanalyse 4.0 ... 56
4.2.2 AutoID-spezifische Produkt- und Prozesschecklisten ... 58
4.3 Aufbereitung der AutoID-Informationen ... 62
4.3.1 AutoID-Analyse ... 63
4.3.2 Flächenauswahl und Ableiten der Teilprozesse ... 66
5 Zielformulierung für eine aktive Bauteiltraceability ... 69

5.1 Auswahl der Anwendungsfälle zur Definition des Zielprozesses 70
5.1.1 Anwendungsfall: Digitale Arbeitsweise 79
5.1.2 Anwendungsfall: Echtzeitabbild von Leistungskennzahlen 81
5.1.3 Anwendungsfall: Prozessverriegelung 83
5.1.4 Anwendungsfall: Dynamische Prozesssteuerung 85
5.1.5 Anwendungsfall: Prozessanalyse 88
5.1.6 Anwendungsfall: Lagermanagement 90
5.1.7 Anwendungsfall: Produkthaftung und Rückrufeingrenzung 91
5.1.8 Anwendungsfall: Herkunftsnachweis 93
5.1.9 Anwendungsfall: Produktauthentifizierung und Aufdecken von Vertriebsnetzwerken 95
5.1.10 Anwendungsfall: Kundendienstleistung 96
5.2 Aufarbeitung des Zielprozesses auf Basis der Anwendungsfälle 97
5.3 Bestimmung der Präferenzen für die Technologieauswahl 99
5.3.1 Aufstellen der Zielhierarchie für die Technologieauswahl 100
5.3.2 Ableitung von Mindestanforderungen für die Technologieauswahl 103
5.3.3 Gewichtung der Zielhierarchie für die Auswahlentscheidung 104
6 Synthese der AutoID-Lösungsalternativen für eine aktive Bauteiltraceability 109
6.1 Aufstellen der Zielertragsmatrix 109
6.2 Anwendung der Zielertragsmatrix 112
7 Auswahlentscheidung für eine aktive Bauteiltraceability 115
7.1 Methodenauswahl zur Identifikation des lokalen Optimums 116
7.2 Auswahl Fuzzy basierter Methoden 118
7.3 Anwendung der Methode Fuzzy TOPSIS 119
7.4 Methodenauswahl zur Identifikation des globalen Optimums 125
7.5 Anwendung des Bellman'schen Optimalitätsprinzips 129
8 Evaluation der Methodik 133
8.1 Evaluationskonzept 133
8.2 Anwendung der Methodik 134
8.2.1 Situationsanalyse 134
8.2.2 Zielformulierung 140
8.2.3 Synthese 147
8.2.4 Auswahlentscheidung 148
8.3 Auswertung und Diskussion der Ergebnisse 155

9 Zusammenfassung und Ausblick 161
10 Literaturverzeichnis 165
A Anhang 179
A.1 Situationsanalyse 179
A.2 Synthese 182
A.3 Evaluation 199
A.4 Lebenslauf des Autors 207