



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Tobias Meudt

**Wertstromanalyse 4.0 –  
Eine Methode zur integrierten Erfassung  
und Analyse von Material- und  
Informationsflüssen in Wertströmen**

**Schriftenreihe des PTW  
„Innovation Fertigungstechnik“**

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

**PTW**  
TU DARMSTADT

# WERTSTROMANALYSE 4.0

—

## EINE METHODE ZUR INTEGRIERTEN ERFASSUNG UND ANALYSE VON MATERIAL- UND INFORMATIONSTRÖMEN IN WERTSTRÖMEN

Vom Fachbereich Maschinenbau  
an der Technischen Universität Darmstadt  
zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktor-Ingenieurs  
(Dr.-Ing.)  
genehmigte

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

vorgelegt von

**Dipl.-Wirtsch.-Ing. Tobias Meudt**

aus Limburg an der Lahn

Berichtersteller:

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Joachim Metternich

Mitberichtersteller:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl. Wirtsch.-Ing. Prof. eh. Dr. h.c. Wilfried Sihh

Tag der Einreichung:

13. April 2020

Tag der mündlichen Prüfung:

09. Juni 2020

Darmstadt 2020

D 17



Schriftenreihe des PTW: "Innovation Fertigungstechnik"

**Tobias Meudt**

**Wertstromanalyse 4.0**

—

**Eine Methode zur integrierten Erfassung und  
Analyse von Material- und Informationsflüssen  
in Wertströmen**

D 17 (Diss. TU Darmstadt)

Shaker Verlag  
Düren 2020

### **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., 2020

Copyright Shaker Verlag 2020

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-7612-7

ISSN 1864-2179

Shaker Verlag GmbH • Am Langen Graben 15a • 52353 Düren  
Telefon: 02421 / 99 0 11 - 0 • Telefax: 02421 / 99 0 11 - 9  
Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • E-Mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

---

## Vorwort des Herausgebers

Die klassische Wertstromanalyse (WSA) ist eine weit verbreitete und bewährte Methode der Schlanke Produktion. Mit dieser Methode können Prozesse abteilungsübergreifend analysiert und Verschwendungen im Materialfluss identifiziert werden. Gleichzeitig verspricht die Digitalisierung von Produktion und Auftragsabwicklung neue Möglichkeiten, in einzelnen Arbeitsschritten oder Abläufen Verschwendung zu eliminieren, den Materialfluss zu verbessern oder den Kundennutzen zu steigern. Dabei gewinnt die wertstromübergreifende Betrachtung von Daten und Informationen eine neue Bedeutung, der die klassische WSA nicht gerecht wird. Es ist daher notwendig, den Analysebereich der klassischen WSA um die Daten- bzw. Informationsperspektive zu erweitern. Zudem beginnt aus Kundensicht die Durchlaufzeit – insbesondere im Projektgeschäft – mit der Aufgabelklärung und dem Erfassen der Kundenanforderungen. Um diese Auftragsdurchlaufzeit systematisch auf Verkürzungspotentiale zu analysieren, ist die informatorische Anbindung des Kunden an den Wertstrom zu betrachten.

In seiner Arbeit erweitert der Autor daher die etablierte Methode der WSA nach Rother und Shook, so dass neben dem Materialfluss auch alle Informationsflüsse im direkten und indirekten Bereich abgebildet werden. Hierfür werden u.a. Speichermedien sowie die Nutzung von Daten zu Verbesserungs- oder Dokumentationszwecken abgebildet. Darüber hinaus ermöglicht es die Methode, Medienbrüche abzubilden und so eine durchgängige, verschwendungsarme Datenhaltung und -verfügbarkeit vorzubereiten. Die Methode hat inzwischen eine intensive Erprobung in industriellen Auftragsabwicklungsprozessen hinter sich und dabei ihre Leistungsfähigkeit bewiesen. Sie leistet damit schon jetzt einen wertvollen Beitrag zur Weiterentwicklung der schlanke Produktion im digitalen Zeitalter.

Darmstadt, im Juli 2020

Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich



---

## Vorwort des Verfassers

Die vorliegende Arbeit ist im Rahmen meiner Tätigkeit am Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW) an der Technischen Universität Darmstadt entstanden. Sie ist das Ergebnis meiner fünfjährigen Forschungsarbeit auf dem Gebiet der Schlanken Produktion sowie der Digitalisierung und Industrie 4.0.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Joachim Metternich für die wissenschaftliche Betreuung meiner Arbeit, das konstruktive Feedback und den scharfen Blick für Möglichkeiten zur Verbesserung. Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl. Wirtsch.-Ing. Prof. eh. Dr. h.c. Wilfried Sihn danke ich für die Übernahme des Koreferats und für die Anregungen zu meiner Arbeit, die ich gerne angenommen habe.

Unvergessen bleibt die Espresso-Maschine von Prof. Metternich, mit der er uns bei den ersten Tests meiner Konzeptideen zur Wertstromanalyse 4.0 in der Prozesslernfabrik CiP mit Espresso versorgte. Mit frischen Gedanken konnten wir – Prof. Joachim Metternich, Prof. Stefan Seifermann, Dr.-Ing. Markus P. Rößler, Dr.-Ing. Jörg Böllhoff und ich – an die systematische Methodenverbesserung gehen. Vielen Dank für die Unterstützung. Darüber hinaus blicke ich dankend auf meine Kollegin Dr.-Ing. Siri Adolph und meine Kollegen Carsten Schaeede M. Sc., Lukas Hartmann M. Sc., Nicholas Frick M. Sc. und meinen Schwiegervater Heinz Hofmann für die inhaltlichen Diskussionen und das Korrekturlesen meiner Arbeit zurück. Nicht zu vergessen sind die Studierenden, die wertvolle Beiträge für meine Arbeit lieferten.

Meinen WiMi-Kolleginnen und Kollegen am PTW und insbesondere aus meiner Forschungsgruppe der Prozesslernfabrik CiP möchte ich für die tolle Zusammenarbeit und den Spaß bei der Arbeit danken. Die gemeinsamen Workshops, Projekte, Beratungstage und Teamevents halte ich in sehr guter Erinnerung. Einen großen Dank möchte ich an meine Kolleginnen und Kollegen der Sekretariate, des Supports, der Werkstatt und der IT richten. Ihr habt mir bei großen, kleinen oder auch kurzfristigen Aufgaben immer den Rücken freigehalten. Danke Christine für deine sehr gute Unterstützung und die tolle Zusammenarbeit. Dankeschön Christoph für deine großartige Hilfe bei den Digitalisierungsprojekten in der CiP. Vielen Dank Annette für deine prima Unterstützung.

Eine Dissertation wird zwar alleine geschrieben, aber im privaten Hintergrund verbergen sich viele die begleiten, bestärken und den Rücken freigehalten. Euch, meinen Eltern, meinen Schwiegereltern und meinen Freunden danke ich für die Unterstützung und Zuversicht. Besonders hervorzuheben sind meine Frau Isabell sowie meine Kinder Emilia und Carla. Ihr musstet in den letzten Jahren an vielen Abenden, im Urlaub oder an den Wochenenden auf mich verzichten. Vielen Dank für die Motivation, Geduld und Unterstützung in dieser Zeit. Euch widme ich diese Arbeit.

Für alle, die es noch vor sich haben: Zieht's durch! ☺

Darmstadt, im Juli 2020

Tobias Meudt





# Inhaltsverzeichnis

<b>INHALTSVERZEICHNIS .....</b>	<b>1</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>V</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>IX</b>
<b>FORMELVERZEICHNIS.....</b>	<b>XI</b>
<b>FORMELZEICHEN .....</b>	<b>XIII</b>
<b>ABKÜRZUNGEN .....</b>	<b>XV</b>
<b>1 EINLEITUNG.....</b>	<b>1</b>
1.1 Ausgangssituation und Motivation .....	1
1.2 Forschungsmethodischer Ansatz und Aufbau der Arbeit .....	4
<b>2 STAND DES WISSENS IN THEORIE UND PRAXIS.....</b>	<b>7</b>
2.1 Aufgaben und Strukturen in produzierenden Unternehmen .....	7
2.1.1 Managementaufgaben mit Produktionsfokus .....	7
2.1.2 Leistungserstellung in produzierenden Unternehmen .....	9
2.2 Ganzheitliche Produktionssysteme – Fokus Wertstromanalyse .....	12
2.2.1 Methode Wertstromanalyse .....	12
2.2.2 Erweiterungen der Wertstromanalyse .....	18
2.3 Digitalisierung und Industrie 4.0 .....	26
2.3.1 Digitalisierung von Datenflüssen .....	26
2.3.2 Informationslogistik in produzierenden Unternehmen .....	27
2.3.3 Informations- und Kommunikationstechnologien zur Unterstützung von Aufgaben in Unternehmen .....	29
2.3.4 Kurzeinführung Industrie 4.0 .....	32
2.3.5 Handlungsfelder von Industrie 4.0 .....	34
2.4 Zwischenfazit zum Stand des Wissens in Theorie und Praxis .....	35
<b>3 FORSCHUNGSKONZEPTION .....</b>	<b>37</b>
3.1 Forschungsziel und Forschungsfragen .....	37
3.2 Formale, inhaltliche und allgemeine Anforderungen .....	37
3.2.1 Formale Anforderungen an die Methode .....	37
3.2.2 Inhaltliche Anforderungen an die Methode .....	38
3.2.3 Allgemeine Anforderungen an die Methode .....	39

<b>3.3</b>	<b>Abgrenzung des Untersuchungsbereichs für die zu entwickelnde Methode .....</b>	<b>40</b>
3.3.1	Prozesssicht der Methode Wertstromanalyse 4.0 im Rahmen der Allgemeinen Wertstrommethode .....	40
3.3.2	Anwendungsgebiete – Fokus Branchen und Produkte .....	41
3.3.3	Anwendungsgebiete – Fokus Unternehmensbereich .....	41
<b>3.4</b>	<b>Lösungsansatz zum Vorgehen der iterativen Methodenerstellung .....</b>	<b>42</b>
<b>4</b>	<b>ENTWICKLUNGSSCHRITTE ZUR WERTSTROMANALYSE 4.0 .....</b>	<b>47</b>
<b>4.1</b>	<b>Gesamtvorgehen – Methodenentwicklung Wertstromanalyse 4.0 .....</b>	<b>47</b>
4.1.1	Elemente des Gesamtvorgehens zur Methodenentwicklung .....	47
4.1.2	Iterationen des Methodenverbesserungszyklus .....	50
<b>4.2</b>	<b>Teilvorgehen – Laborexperimente mit reproduzierbaren Rahmenbedingungen .....</b>	<b>54</b>
4.2.1	Lernfabriknutzung zur Erforschung praxisrelevanter Problemstellungen .....	54
4.2.2	Standardisierter Wertstrom der Prozesslernfabrik CiP .....	54
4.2.3	Charakterisierung der Teilnehmerstruktur .....	55
<b>4.3</b>	<b>Teilvorgehen – Feldexperimente in unterschiedlichen Unternehmen .....</b>	<b>58</b>
4.3.1	Beschreibung der ausgewählten Unternehmen .....	58
4.3.2	Durchführung der Feldexperimente .....	59
<b>4.4</b>	<b>Zwischenfazit .....</b>	<b>60</b>
<b>5</b>	<b>OPERATIONALISIERUNG DER WERTSTROMANALYSE 4.0 .....</b>	<b>61</b>
<b>5.1</b>	<b>Zielbild der Methode Wertstromanalyse 4.0 .....</b>	<b>61</b>
<b>5.2</b>	<b>Nutzungsorientierter Ansatz für Informationslogistische Verschwendungen .....</b>	<b>61</b>
5.2.1	Gesamtbild der Informationslogistischen Verschwendungsanalyse .....	61
5.2.2	Kategorien Informationslogistischer Verschwendung .....	63
<b>5.3</b>	<b>Definition der Methodenschritte der Wertstromanalyse 4.0 .....</b>	<b>70</b>
5.3.1	Schritt 1: Durchführung der klassischen Wertstromanalyse .....	70
5.3.2	Schritt 2: Einzeichnen von Swimlanes der Speichermedien .....	74
5.3.3	Schritt 3: Detailanalyse von Prozessinformationen und Informationsflüsse .....	75
5.3.4	Schritt 4: Analyse der Datennutzung .....	77
5.3.5	Schritt 5: Erfassung von Informationslogistischen Verschwendungen .....	78
5.3.6	Schritt 6: Priorisierung von Kaizen-Aktivitäten .....	82
<b>6</b>	<b>VALIDIERUNG DER WERTSTROMANALYSE 4.0 .....</b>	<b>85</b>
<b>6.1</b>	<b>Validierung in der Prozesslernfabrik CiP .....</b>	<b>85</b>
6.1.1	Ausgangssituation in der Prozesslernfabrik CiP .....	85

---

6.1.2	Detaillierte Beschreibung der Spezifika der Prozesslernfabrik CIP .....	86
6.1.3	Durchführung der Wertstromanalyse 4.0 .....	87
6.1.4	Ergebnisdiskussion .....	98
<b>6.2</b>	<b>Validierung im Reparaturprozess eines Herstellers für Pneumatikkomponenten .....</b>	<b>99</b>
6.2.1	Ausgangssituation des Unternehmens .....	99
6.2.2	Durchführung der Wertstromanalyse 4.0 .....	100
6.2.3	Ergebnisdiskussion .....	108
<b>6.3</b>	<b>Kritische Reflexion zur entwickelten Methode Wertstromanalyse 4.0 .....</b>	<b>110</b>
6.3.1	Externe Reflexion durch Experten aus der Industrie .....	111
6.3.2	Eigene Reflexion .....	116
<b>7</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK .....</b>	<b>119</b>
7.1	Zusammenfassung .....	119
7.2	Ausblick .....	121
<b>ANHANG .....</b>	<b>123</b>	
A	FRAGEBOGEN FÜR FORMALE UND INHALTLICHE ANFORDERUNGEN AN DIE WERTSTROMANALYSE 4.0 .....	124
B	METHODENEXKURS – NUTZWERTANALYSE .....	126
C	SYMBOLS DER METHODE WERTSTROMANALYSE .....	127
<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>129</b>	
<b>LEBENS LAUF .....</b>	<b>147</b>	