



Methodik zum Aufbau und Betrieb
einer Lernfabrik für die digitale
Transformation der Produktion

Dennis Küsters

**Methodik zum Aufbau und Betrieb einer Lernfabrik für die digitale
Transformation der Produktion**

**Methodology for developing and operating a learning factory for the
digital transformation of production**

Von der Fakultät für Maschinenwesen
der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen
zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Ingenieurwissenschaften
genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Dennis Küsters

Berichter: Univ.-Prof. Prof. h.c. (MGU) Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Thomas Gries
Außerplanmäßiger Professor Dr.-Ing. Volker Stich

Tag der mündlichen Prüfung: 14. Mai 2018

Textiltechnik/Textile Technology

herausgegeben von

Univ. Prof. Professor h. c. (MGU) Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Thomas Gries

Dennis Küsters

**Methodik zum Aufbau und Betrieb einer Lernfabrik
für die digitale Transformation der Produktion**

Shaker Verlag
Aachen 2018

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.: D 82 (Diss. RWTH Aachen University, 2018)

Copyright Shaker Verlag 2018

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-6035-5

ISSN 1618-8152

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

Teile dieser Arbeit basieren auf den Ergebnissen der von mir betreuten studentischen Arbeiten. Eine bibliographische Auflistung befindet sich am Ende des Literaturverzeichnisses.

Danksagung

Diese Arbeit ist während meiner Tätigkeit am Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen (ITA) entstanden. Während dieser Zeit haben mich viele Personen unterstützt und mir die Erarbeitung der Dissertation erst ermöglicht.

Mein Dank gilt zunächst meinem Doktorvater, Herrn Prof. Gries, für das geschenkte Vertrauen und seine stets professionelle und effektive Betreuung.

Darüber hinaus möchte ich mich bei dem gesamten Team des Digital Capability Center Aachen bedanken. Ohne dessen unermüdlichen Einsatzes wäre die in der Arbeit entwickelte Methodik wohl nie in die Praxis umgesetzt worden. Ich danke insbesondere Markus Beckmann, Marco Saggiomo, Gesine Köppe, Nicolina Prass, William Advinin, Inga Gehrke, Joscha Märkle-Huß, Anne Jahn, Kseniya Dockhorn, Jeremy Theocharis, Nicola Oliva und Miriam Kunert.

Ein ganz besonderer Dank gebührt meinem Kollegen Erhard Feige, der mit seiner Leidenschaft, seiner Begeisterungsfähigkeit und seinem jahrzehntelangen Erfahrungsschatz den Aufbau des Digital Capability Center vom ersten Tag an federführend mit vorangetrieben hat.

Des Weiteren danke ich meinen McKinsey-Kollegen Christoph Schmitz, Nicolai Müller, Andreas Behrendt und Jörg Bromberger für den großen Vertrauensvorschuss sowie den mir gewährten Freiräumen und Entwicklungsmöglichkeiten.

Ebenfalls danken möchte ich meinen ITA-Kollegen Yves-Simon Gloy, Volker Lutz und David Schmelzeisen für ihre stete Hilfsbereitschaft, insbesondere in der Anfangsphase der Arbeit.

Mein besonderer Dank gilt meinen Eltern Helga und Udo Küsters, meinem Geschwistern John und Kira und insbesondere meiner Frau Anne für die Unterstützung und den Rückhalt während meines Studiums und der Promotionszeit.



Aachen, im Mai 2018

Kurzfassung

Die digitale Transformation der Produktion bildet einen wesentlichen Treiber für den Erhalt und Ausbau der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie. Damit Fach- und Führungskräfte diese in ihren Unternehmen systematisch vorantreiben können, besteht ein dringender Bedarf an einem praxisnahen Kompetenzaufbau. Hier setzen Lernfabriken an. Eine Lernfabrik ist im Wesentlichen ein risikofreies Lernumfeld in einer realgetreuen Produktionsumgebung mit echten Maschinen, Produkten und Mitarbeitern. Im Rahmen dieser Arbeit wird zunächst ein Lernfabrikkonzept für den systematischen Kompetenzaufbau im Rahmen der digitalen Transformation der Produktion gestaltet. Anschließend wird eine umfassende Methodik für den zielgerichteten Aufbau und wirtschaftlichen Betrieb einer solchen Lernfabrik entwickelt und am Beispiel des DCC Aachen und des DCC Singapur umgesetzt (siehe Abbildung).

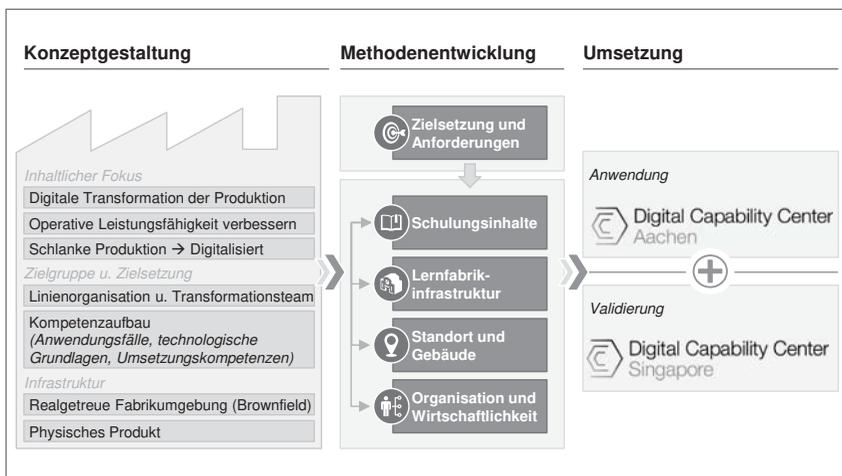


Abbildung: Zielsetzung der vorliegenden Arbeit

Das DCC Aachen wurde am 31. März 2017 eröffnet. Im ersten Betriebsjahr wurden bereits 1200 Fach- und Führungskräfte in 80 Schulungen trainiert. Dazu wurden 10 Lernmodule entwickelt, aus denen sich ein individualisierter Schultag zusammenstellen lässt. Darüber hinaus wurden 12 Anwendungsfälle implementiert und 17 Mitgliedsunternehmen für das Zentrum gewonnen.

Abstract

The digital transformation of production is a key driver in retaining and growing competitiveness of the German industry sector. Manufacturing companies have an urgent need to build practical competencies to enable executives as well as technical experts to drive the transformation. This is where learning factories come in: A learning factory essentially is a risk-free learning environment featuring a real-life production line with real machines, products, and employees. In the present thesis a learning factory concept is designed for the systematic competency building as part of the digital transformation of production. Furthermore, a comprehensive methodology for the target-oriented development and commercial operation of such a learning factory is developed. Finally, the methodology is implemented on the example of the DCC Aachen and DCC Singapore (cf. Figure).

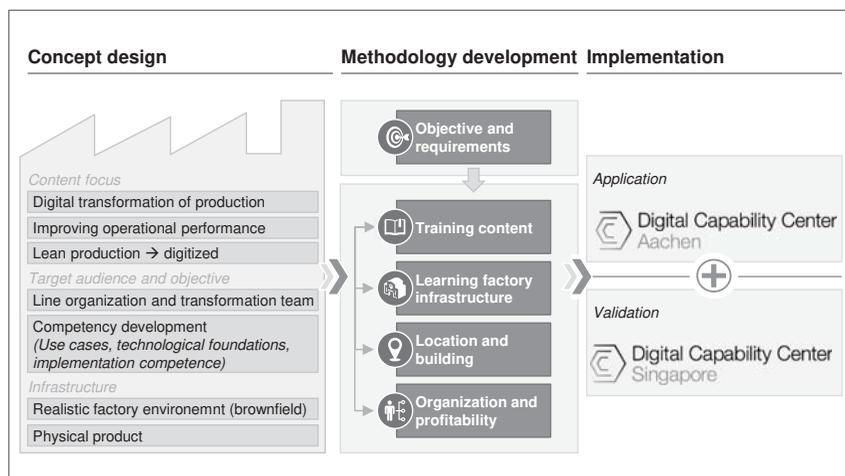


Figure: Objective of the thesis

DCC Aachen was opened on March 31, 2017. In its first year of operation already 1,200 executives and industry experts participated in 80 training workshops. Therefore, 10 learning modules have been developed based on which individualized training programs can be tailored. In addition, 12 use cases have been implemented and 17 industry members have signed up.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangssituation und Motivation der Arbeit	1
1.2	Zentrale Defizite und daraus abgeleitete Ziele der Arbeit	5
1.3	Vorgehensweise zur Erreichung der Ziele	7
2	Standortbestimmung der deutschen Textil- und Bekleidungsindustrie	9
2.1	Die textile Produktionskette	9
2.2	Die deutsche Textil- und Bekleidungsindustrie	11
2.2.1	Branchenstruktur und -überblick	12
2.2.2	Aufteilung nach Unternehmensgröße	15
2.2.3	Regionale Verteilung	16
2.2.4	Internationale Einordnung	18
2.3	Der deutsche Textilmaschinenbau	19
2.4	Herausforderungen für die deutsche Textil- und Bekleidungsindustrie	22
2.4.1	Steigende Kundenanforderungen	22
2.4.2	Zunehmender Wettbewerbs- und Kostendruck	23
3	Grundlagen der digitalen Transformation der Produktion	27
3.1	Ausgangssituation produzierender Unternehmen	27
3.1.1	Funktionale Struktur und Hauptgeschäftsprozesse	28
3.1.2	Betriebliche Anwendungssysteme im Produktionsmanagement	32
3.1.3	Produktionsautomatisierung	35
3.2	Definitionen und Abgrenzung	37
3.2.1	Begriffsdefinitionen	38
3.2.2	Zusammenspiel zwischen Schlanker Produktion und Industrie 4.0	43
3.3	Potenziale und Herausforderungen	45
3.3.1	Potenziale	45
3.3.2	Herausforderungen	48

3.4	Technologische Grundlagen	52
3.4.1	Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0	52
3.4.2	Internet of Things (IoT)-Stack	54
3.4.3	Relevante Technologiefelder	55
3.5	Diagnose- und Transformationsansätze	60
3.5.1	Drei Prinzipien der digitalen Transformation der Produktion	60
3.5.2	Industrie 4.0-Einführungsprozess	64
3.5.3	Manufacturing Journey	65
3.5.4	Leitfaden und Werkzeugkasten Industrie 4.0	67
3.5.5	Industrie 4.0-Readiness-Modell	70
3.5.6	acatech Industrie 4.0 Maturity Index	71
3.6	Implikationen für die Textil- und Bekleidungsindustrie	72
4	Lernfabriken als Instrument der Kompetenzentwicklung	75
4.1	Grundlagen der Kompetenzentwicklung	75
4.1.1	Kompetenzarten	76
4.1.2	Methoden des Kompetenzaufbaus	77
4.2	Kompetenzentwicklung mittels Lernfabriken	79
4.2.1	Definition und Zielsetzung einer Lernfabrik	79
4.2.2	Arten von Lernfabriken	81
4.2.3	Historische Einordnung	82
4.3	Prinzipien der Lernfabrik-Didaktik	84
4.3.1	Didaktikkonzept	84
4.3.2	Lernprozess in einer Lernfabrik	85
4.3.3	Kompetenzaufbau durch Lernmodule	87
4.4	Anforderungen an eine Lernfabrik	89
4.4.1	Anforderungen an die Mitarbeiter	90
4.4.2	Anforderungen an die Trainer	91
4.5	Vorgehensmodell zur Lernfabrikgestaltung	92
4.5.1	Gestaltungsebenen einer Lernfabrik	93
4.5.2	Der Learning Factory Curriculum Guide (LFC-Guide)	94
4.6	Potenziale und Einschränkungen von Lernfabriken	95
4.6.1	Potenziale	95
4.6.2	Einschränkungen	97
4.6.3	Möglichkeiten zur Überwindung der Restriktionen	98

5	Kompetenzbedarf im Kontext der digitalen Transformation	100
5.1	Kompetenzfelder und -elemente	100
5.1.1	Anwendungsfälle (Use Cases)	100
5.1.2	Technologische Grundlagen	101
5.1.3	Umsetzungskompetenz	104
5.2	Zentrale Rollen für den Kompetenzaufbau	106
5.2.1	Die Linienorganisation	107
5.2.2	Das Transformationsteam	107
5.3	Qualifikationsprofile für den systematischen Kompetenzaufbau	108
5.3.1	Qualifikationsprofil Anwendungsfälle (Use Cases)	109
5.3.2	Qualifikationsprofil Technologische Grundlagen	111
5.3.3	Qualifikationsprofil Umsetzungskompetenz	112
5.3.4	Individuelle und organisatorische Kompetenzbewertung	114
6	Lernfabrikkonzept für den Aufbau von Digital-Kompetenz	115
6.1	Zielsetzung und Zielgruppe	115
6.2	Lernfabrikinfrastruktur	118
6.3	Schulungsinhalte	121
7	Methodik zum Aufbau einer Lernfabrik für die digitale Transformation der Produktion	125
7.1	Ziele und Anforderungen	129
7.1.1	Ziele und Umfang festlegen	129
7.1.2	Anforderungen an die Lernfabrik ableiten	133
7.2	Schulungsinhalte	133
7.2.1	Unternehmensplanspiel entwerfen	134
7.2.2	Curriculum und Lernmodule entwickeln	136
7.3	Lernfabrikinfrastruktur	137
7.3.1	Wertstromkonfiguration I: Ist-Prozesskette gestalten	137
7.3.1.1	Produkt- und Prozessauswahl	139
7.3.1.2	Wertstromdesign	141
7.3.1.3	IT-Systemauswahl	142
7.3.1.4	Produktionslayout und -design	144
7.3.1.5	Design der Material- und Informationsflüsse	145
7.3.1.6	Arbeitsplatzgestaltung und -organisation	146

7.3.1.7	Integration von Organisations- und Steuerungsmechanismen	149
7.3.2	Wertstromkonfiguration II: Soll-Prozesskette gestalten	152
7.3.2.1	Konzepterstellung	154
7.3.2.2	Anwendungsdesign	155
7.3.2.3	Implementierung und Prozessintegration	156
7.3.2.4	Inbetriebnahme	157
7.3.3	IT-Infrastruktur für den Ist- und Soll-Zustand aufbauen	157
7.4	Standort und Gebäude	160
7.5	Organisation und Wirtschaftlichkeit	163
7.5.1	Betriebsmodell und Organisationsstruktur gestalten	163
7.5.1.1	Lernfabrik-Betriebsmodelle	163
7.5.1.2	Betrieb im Rahmen eines Mitgliedschaftsmodells	166
7.5.2	Operatives Team zusammenstellen und ausbilden	170
7.5.3	Finanzplanung erstellen	173
8	Anwendung der Methodik am Beispiel des DCC Aachen	175
8.1	Zielsetzung des DCC Aachen	175
8.2	Schulungsinhalte	179
8.2.1	Unternehmensplanspiel: GoSmart	179
8.2.2	Curriculum und Lernmodule	182
8.3	Lernfabrikinfrastruktur	190
8.3.1	Gestaltung der Ist-Prozesskette (Schlanke Produktion)	190
8.3.2	Gestaltung der Soll-Prozesskette (Digitalisiert)	198
8.3.3	IT-Infrastruktur des DCC Aachen	205
8.4	Standort und Gebäude	207
8.5	Organisation und Wirtschaftlichkeit	209
8.6	Zwischenstand nach dem ersten Betriebsjahr	213
9	Weiteres Fallbeispiel: DCC Singapur	217
9.1	Betreiber, Zielgruppe und Angebotsumfang	217
9.2	Unternehmensplanspiel GearBox Co.	220
9.3	Lernfabrikinfrastruktur	221

10 Zusammenfassung und Ausblick	224
10.1 Zusammenfassung	224
10.2 Ausblick	229
11 Summary	235
12 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	241
12.1 Abbildungen	241
12.2 Tabellen	250
13 Literatur	251
14 Abkürzungsverzeichnis	286