

Julian Boshof

Definition und Auslegung von datenbasierten Dienst- leistungen im Werkzeugbau



Definition und Auslegung von datenbasierten Dienstleistungen im Werkzeugbau

Definition and Design of Smart Services in the Tooling Industry

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

vorgelegt von

Julian Boshof

Berichter/in:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Günther Schuh
apl. Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Boos

Tag der mündlichen Prüfung: 03. Dezember 2021

ERGEBNISSE AUS DER PRODUKTIONSTECHNIK

Julian Boshof

Definition und Auslegung von datenbasierten
Dienstleistungen im Werkzeugbau

Herausgeber:

Prof. Dr.-Ing. T. Bergs
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. G. Schuh
Prof. Dr.-Ing. C. Brecher
Prof. Dr.-Ing. R. H. Schmitt

Band 1/2022



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <https://portal.dnb.de> abrufbar.

Julian Boshof:

Definition und Auslegung von datenbasierten Dienstleistungen im Werkzeugbau

1. Auflage, 2022

Apprimus Verlag, Aachen, 2022

Wissenschaftsverlag des Instituts für Industriekommunikation und Fachmedien
an der RWTH Aachen

Steinbachstr. 25, 52074 Aachen

Internet: www.apprimus-verlag.de, E-Mail: info@apprimus-verlag.de

ISBN 978-3-98555-050-0

D 82 (Diss. RWTH Aachen University, 2021)

Vorwort

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Produktionssystematik des Werkzeugmaschinenlabors WZL der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen. Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Professor Günther Schuh, Inhaber des Lehrstuhls für Produktionssystematik am WZL. Das durch ihn geschaffene einzigartige Umfeld praxisnaher, visionärer sowie herausfordernder Forschung hat wesentlich zum Gelingen dieser Dissertation beigetragen.

Für die Übernahme des Korreferats möchte ich Herrn Professor Wolfgang Boos danken. Herrn Professor Burkhard Corves danke ich für die Übernahme des Prüfungsvorsitzes und Herrn Professor Robert Pitz-Paal für die Übernahme des Prüfungsbeisitzes.

Zahlreiche Industrieprojekte in der Branche Werkzeugbau bilden die Basis dieser Dissertation. Im Zuge dessen möchte ich mich herzlich für die enge Zusammenarbeit mit Herrn Professor Wolfgang Boos und Dr. Tobias Hensen von der WBA Aachener Werkzeugbau Akademie GmbH bedanken. Meine persönliche und fachliche Weiterentwicklung ist insbesondere auch auf das außergewöhnliche globale Branchennetzwerk der WBA zurückzuführen. Dieser kontinuierliche Kontakt zu Industrieunternehmen der Branche Werkzeugbau ermöglichte mir zudem die Validierung meiner Dissertation. Dafür bedanke ich mich bei den Herren Bernd Ströhlein und Rainer Renner der fischer Werkzeug- und Formenbau GmbH sowie bei den Herren Michael Stepper und Daniel Ast der Fritz Stepper GmbH & Co. KG.

Ein besonderer Dank gilt meinen ehemaligen Kolleginnen und Kollegen am WZL, vor allem aus der Abteilung Unternehmensentwicklung. An die gegenseitige Unterstützung, enorme Leistungsbereitschaft sowie die vielen gemeinsamen Stunden auch abseits der Arbeit werde ich stets in bester Erinnerung zurückdenken. Unvergesslich bleiben für mich auch zahlreiche nationale sowie internationale Dienstreisen, insbesondere mit David Goertz, Jan Wiese, Tim Ochel, Dr. Felix Stracke und Dr. Johan de Lange. Herzlich bedanken möchte ich mich auch bei Max Busch und Tim Graberg für viele fruchtbare sowie inspirierende Diskussionen zu meiner Dissertation. Sehr dankbar bin ich auch für die Zusammenarbeit mit Dr. Christoph Kelzenberg als Leiter der Abteilung Unternehmensentwicklung. Zahlreiche Anregungen und Ratschläge haben meinen Dissertationsprozess begleitet. Durch das in mich und meine Arbeit gesetzte Vertrauen wurden mir frühe Projektleitungen sowie die Gruppenleitung übertragen, was mir stets Gestaltungs- und Weiterentwicklungsfreiheiten erlaubte.

Mein allergrößter Dank gilt meinen Eltern, meiner Schwester und meinen Großeltern für unendliche Fürsorge, Unterstützung sowie Vertrauen in allen meinen Lebensphasen. Ihr habt mir diese Promotion ermöglicht. Mein ebenso großer Dank gilt dem unvergleichlichen und liebevollen Rückhalt meiner Freundin Amelie. Nur durch deine Rücksichtnahme, dein Verzicht auf sehr viel gemeinsame Zeit sowie deine stets positive und humorvolle Art konnte ich diese Dissertation verfassen. Ich freue mich auf die gemeinsame Zeit mit dir. Meiner Familie und Amelie widme ich diese Arbeit.

Kurzzusammenfassung

Die deutsche Branche Werkzeugbau ist im internationalen Wettbewerb insbesondere durch die führende Rolle hinsichtlich der Qualität, der Komplexität und der Präzision der hergestellten Werkzeuge charakterisiert. Durch die qualitative sowie quantitative Zunahme von Konkurrenzprodukten anderer globaler Wettbewerber verlieren diese traditionellen Wettbewerbsdifferenzierungsmerkmale jedoch zunehmend an Wirkung.

Ein besonderes Potenzial zur Erzeugung neuer Differenzierungsmerkmale innerhalb der Branche Werkzeugbau liegt in datenbasierten Dienstleistungen. Durch die Sammlung und Auswertung von Daten während der Werkzeugnutzung können hochgradig spezifische und auf den Kunden individuell angepasste Zusatzleistungen neben dem eigentlichen Kernprodukt offeriert werden. Datenbasierte Dienstleistungen erfordern tiefgreifendes Branchenwissen und intensives Know-how über kundenseitige Produktionsprozesse. Dieses Wissen liegt in der deutschen Branche Werkzeugbau, im Gegensatz zu Werkzeugbaubetrieben aus Niedriglohnländern, durch langjährige Geschäftsbeziehungen vor. Darüber hinaus ist der Werkzeugbau grundsätzlich für datenbasierte Dienstleistungen prädestiniert, da er als Befähiger der Serienproduktion eine Vielzahl von Möglichkeiten besitzt, den Kunden entlang des gesamten Werkzeuglebenszyklus durch kundenindividuelle Dienstleistungen zu begleiten. Datenbasierte Dienstleistungen sind innerhalb der deutschen Branche Werkzeugbau bislang jedoch kaum verbreitet. Der Fokus des Leistungsangebots liegt in der Regel auf dem Kernprodukt Werkzeug. Folglich laufen Geschäftsaktivitäten in der deutschen Branche Werkzeugbau fast ausschließlich produktzentriert ab. Werkzeugbaubetriebe stehen zur erfolgreichen Wettbewerbsdifferenzierung daher vor der Herausforderung, datenbasierte Dienstleistungen aktiv zu definieren und so auszulegen, dass sie kundenspezifische Mehrwerte generieren.

Eine systematische Unterstützung der Definition und Auslegung datenbasierter Dienstleistungen im Werkzeugbau ist das Ziel der im Rahmen dieser Dissertation erarbeiteten Methodik. Nach einer initialen Analyse der Kundenbedürfnisse erfolgt in einer weiteren Phase die anforderungsgerechte Definition des werkzeugbauspezifischen datenbasierten Leistungsangebots. Diese Erkenntnisse bilden die Grundlage für die darauf folgende Auslegung und Spezifizierung datenbasierter Dienstleistungen für die Branche Werkzeugbau. Im Zuge dessen werden datenbasierte Dienstleistungen in vier verschiedenen Komplexitätsstufen differenziert betrachtet. Die entwickelte Methodik wird anhand von zwei Fallbeispielen der Fischer Werkzeug- und Formenbau GmbH sowie der Fritz Stepper GmbH & Co. KG validiert.

Der wissenschaftliche Beitrag dieser Arbeit besteht in der ganzheitlichen Beschreibung eines systematischen und werkzeugbauspezifischen Vorgehens zur Definition und Auslegung von datenbasierten Dienstleistungen. Die entwickelte Methodik bildet einen Lösungsansatz für Werkzeugbaubetriebe, um die Potenziale datenbasierter Dienstleistungen zu nutzen und als Pioniere im globalen Wettbewerb wahrgenommen zu werden.

Abstract

In international competition, the German tooling industry is characterized by its leading role with regard to the quality, complexity and precision of the tools produced. However, due to the qualitative as well as quantitative increase of rival products offered by other global competitors, these traditional competitive differentiators are increasingly losing their effect.

A particular potential for generating new differentiators within the tooling industry can be seen in smart services. By collecting and evaluating data during tool use, highly specific and customized additional services can be offered alongside the actual core product. Smart services require in-depth knowledge about the industry as well as the customer's production processes. In contrast to tool shops from low-wage countries, the German tooling industry can draw on extensive knowledge resulting from long-standing business relationships with the customers. In addition, the tooling industry is especially predestined for smart services. This is due to the fact that the tooling industry as an enabler of series production has a multitude of possibilities to support the customer along the entire tool life cycle with individual services. However, smart services are hardly widespread within the German tooling industry so far. The existing service offer is usually focused on the tool as the core product. Consequently, business activities in the German tooling industry are almost exclusively product-centric. In order to successfully differentiate themselves from competitors, tool shops are therefore faced with the challenge of actively defining smart services and designing them in such a way that they generate customer-specific benefits.

The methodology elaborated within this dissertation offers a systematic approach for the definition and design of smart services in the tooling industry. After an initial analysis of the customer's needs, the toolmaking-specific definition of a smart service is conducted. These findings form the basis for the subsequent design and specification of smart services for the tooling industry. In the course of this, smart services are examined in four different levels of complexity. The elaborated methodology is validated using two practical examples of the tool shops *fischer Werkzeug- und Formenbau GmbH* and *Fritz Stepper GmbH & Co. KG*.

The scientific contribution of this work is the holistic description of a systematic and toolmaking-specific approach for the definition and design of smart services. The developed methodology enables tool shops to realize the potentials of smart services and to be perceived as pioneers in global competition.

I Inhaltsübersicht

I	Inhaltsübersicht.....	I
II	Inhaltsverzeichnis.....	III
III	Abkürzungen und Formelzeichen.....	IX
IV	Abbildungsverzeichnis.....	XIII
1	Einleitung	1
1.1	Ausgangssituation.....	1
1.2	Problemstellung.....	3
1.3	Zielsetzung.....	4
1.4	Forschungsansatz der Arbeit.....	5
1.5	Aufbau der Arbeit.....	10
2	Grundlagen	13
2.1	Industrie 4.0.....	13
2.2	Datenbasierte Dienstleistungen.....	29
2.3	Werkzeugbau.....	47
2.4	Handlungsbedarf aus der Praxis.....	66
3	Bewertung bestehender Ansätze	69
3.1	Systematik zur Bewertung.....	69
3.2	Vorstellung und Bewertung bestehender Ansätze.....	78
3.3	Aggregation der Bewertung.....	105
3.4	Handlungsbedarf aus der Theorie.....	107
3.5	Detaillierung der Forschungsfrage.....	108
4	Konzeption der Methodik	111
4.1	Grundlagen der Konzeption einer Methodik.....	111
4.2	Ordnungsrahmen der Methodik.....	117
4.3	Grobkonzept der Methodik.....	120
4.4	Zwischenfazit und kritische Reflexion.....	129
5	Detaillierung der Methodik	133
5.1	Detaillierung der Analysephase.....	134
5.2	Detaillierung der Definitionsphase.....	152

5.3	Detaillierung der Auslegungsphase.....	163
5.4	Detaillierung der Bewertungsphase.....	210
5.5	Integration und Zwischenfazit der Methodik	219
6	Validierung anhand von Fallbeispielen.....	221
6.1	Fallbeispiel: fischer Werkzeug- und Formenbau GmbH	221
6.2	Fallbeispiel: Fritz Stepper GmbH & Co. KG.....	228
6.3	Kritische Reflexion	236
7	Zusammenfassung und Ausblick.....	239
8	Literaturverzeichnis.....	243
	Lebenslauf	275

II Inhaltsverzeichnis

I	Inhaltsübersicht	I
II	Inhaltsverzeichnis	III
III	Abkürzungen und Formelzeichen	IX
IV	Abbildungsverzeichnis	XIII
1	Einleitung	1
1.1	Ausgangssituation.....	1
1.2	Problemstellung.....	3
1.3	Zielsetzung.....	4
1.4	Forschungsansatz der Arbeit.....	5
1.5	Aufbau der Arbeit.....	10
2	Grundlagen	13
2.1	Industrie 4.0.....	13
2.1.1	Begriffsdefinition und Abgrenzung.....	13
2.1.1.1	Industrie 4.0.....	13
2.1.1.2	Digitalisierung.....	16
2.1.1.3	Digitale Vernetzung.....	17
2.1.2	Technologische Befähiger von Industrie 4.0.....	17
2.1.2.1	Cyber-physische Systeme.....	18
2.1.2.2	Internet of Things.....	18
2.1.2.3	Datenquellen.....	19
2.1.2.4	Datenvorverarbeitung.....	21
2.1.2.5	Datenbanken.....	25
2.1.2.6	Datenanalyse.....	26
2.2	Datenbasierte Dienstleistungen.....	29
2.2.1	Begriffsdefinition und Abgrenzung.....	29
2.2.1.1	Dienstleistung.....	30
2.2.1.2	Industrielle Dienstleistung.....	34
2.2.2	Systematisierung des Begriffs datenbasierter Dienstleistungen.....	36
2.2.2.1	Systematisierung bestehender Definitionen.....	37

2.2.2.2	Definition datenbasierter Dienstleistungen.....	43
2.2.3	Servicetransformation	43
2.2.4	Industrie 4.0-Anwendungskontext für datenbasierte Dienstleistungen.....	46
2.2.4.1	Intelligente Produkte.....	46
2.2.4.2	Datenbasierte Wertschöpfungspotenziale durch Industrie 4.0	46
2.3	Werkzeugbau.....	47
2.3.1	Begriffsdefinition und Abgrenzung.....	48
2.3.1.1	Werkzeug	48
2.3.1.2	Werkzeugbau	49
2.3.2	Branchenstruktur.....	51
2.3.3	Leistungsspektrum	53
2.3.3.1	Industrielle Sachleistungen im Werkzeugbau	53
2.3.3.2	Industrielle Dienstleistungen im Werkzeugbau	55
2.3.3.3	Datenbasierte Dienstleistungen im Werkzeugbau	57
2.3.4	Werkzeugbau in der Wertschöpfungskette	62
2.3.5	Kundeninteraktion im Werkzeugbau	64
2.4	Handlungsbedarf aus der Praxis	66
3	Bewertung bestehender Ansätze	69
3.1	Systematik zur Bewertung	69
3.1.1	Bewertungssystem	69
3.1.2	Anforderungssystem	70
3.1.2.1	Werkzeugbaubezogene Anforderungen	71
3.1.2.2	Dienstleistungsbezogene Anforderungen	72
3.1.2.3	Datenbezogene Anforderungen.....	74
3.1.2.4	Ertragsmodellbezogene Anforderungen	76
3.2	Vorstellung und Bewertung bestehender Ansätze.....	78
3.2.1	Servicetransformation und Kundenintegration (KOOF ET AL., 2016)	79
3.2.2	Lebenszyklusorientierte Leistungssysteme (KÜHN, 2016).....	82
3.2.3	Reference Architecture for CPS (WESTERMANN ET AL., 2016).....	84
3.2.4	Smart Service Canvas (PÖPPELBUß UND DURST, 2017).....	87
3.2.5	Internet of Production (SCHUH ET AL., 2017)	89

3.2.6	Datenbasiertes Wissensmanagement im Werkzeugbau (BEGOVIĆ, 2018).....	92
3.2.7	Framework for Smart Service Development (CEDEÑO ET AL., 2018)	94
3.2.8	Smart Service Reference Architecture (RABE ET AL., 2018)	97
3.2.9	Smart Service Systems (BEVERUNGEN ET AL., 2019).....	100
3.2.10	Komponenten industrieller, datenbasierter Dienstleistungen (KOLZ, 2020) ..	102
3.3	Aggregation der Bewertung.....	105
3.4	Handlungsbedarf aus der Theorie	107
3.5	Detaillierung der Forschungsfrage	108
4	Konzeption der Methodik	111
4.1	Grundlagen der Konzeption einer Methodik	111
4.1.1	Systemtheorie als Bestandteil der Systemtechnik	111
4.1.2	Modelltheorie.....	113
4.1.3	Methodikentwicklung mittels Systemtechnik und Modelltheorie	115
4.2	Ordnungsrahmen der Methodik.....	117
4.3	Grobkonzept der Methodik	120
4.3.1	Konzeption der Analysephase.....	121
4.3.2	Konzeption der Definitionsphase	123
4.3.3	Konzeption der Auslegungsphase	124
4.3.4	Konzeption der Bewertungsphase.....	128
4.4	Zwischenfazit und kritische Reflexion.....	129
5	Detaillierung der Methodik	133
5.1	Detaillierung der Analysephase.....	134
5.1.1	Schritt A: Ermittlung des Kundennutzens	134
5.1.1.1	Grundlagen	134
5.1.1.2	Identifizierung von werkzeugbauspezifischen Kundenbedürfnissen.....	138
5.1.1.3	Ableitung des Kundennutzens	145
5.2	Detaillierung der Definitionsphase.....	152
5.2.1	Schritt B: Definition des datenbasierten Leistungsangebots	152
5.2.1.1	Grundlagen	152
5.2.1.2	Auswahl von kundenbedarfsorientierten Leistungsangeboten	153
5.2.1.3	Definition von datenbasierten Leistungskategorien.....	159

5.3	Detaillierung der Auslegungsphase.....	163
5.3.1	Schritt C: Auslegung der Leistungserbringung.....	164
5.3.1.1	Grundlagen	164
5.3.1.2	Definition der Dienstleistungsprozessschritte.....	166
5.3.1.3	Konzeptionierung der Interaktion und Schnittstellen	172
5.3.2	Schritt D: Auslegung des Datenmodells	176
5.3.2.1	Grundlagen	177
5.3.2.2	Definition der Wissensgenerierung	179
5.3.2.3	Beschreibung des Datenaustauschs	187
5.3.3	Schritt E: Entwicklung des Ertragsmodells	193
5.3.3.1	Grundlagen	193
5.3.3.2	Eignungsbewertung der Ertragsmodellmöglichkeiten	196
5.3.3.3	Ertragsmodellauslegung anhand werkzeugauspezifischer Voraussetzungen	203
5.4	Detaillierung der Bewertungsphase.....	210
5.4.1	Schritt F: Bewertung der Einführung.....	211
5.4.1.1	Grundlagen	211
5.4.1.2	Gesamtbewertung der ausgelegten datenbasierten Dienstleistungen	212
5.5	Integration und Zwischenfazit der Methodik	219
6	Validierung anhand von Fallbeispielen.....	221
6.1	Fallbeispiel: fischer Werkzeug- und Formenbau GmbH	221
6.1.1	Ausgangssituation	222
6.1.2	Anwendung der Methodik.....	223
6.1.2.1	Schritt A: Ermittlung des Kundennutzens.....	223
6.1.2.2	Schritt B: Definition des datenbasierten Leistungsangebots	224
6.1.2.3	Schritt C: Auslegung der Leistungserbringung.....	226
6.1.2.4	Schritt D: Auslegung des Datenmodells.....	226
6.1.2.5	Schritt E: Entwicklung des Ertragsmodells.....	227
6.1.2.6	Schritt F: Bewertung der Einführung.....	228
6.1.3	Fazit	228
6.2	Fallbeispiel: Fritz Stepper GmbH & Co. KG.....	228

6.2.1	Ausgangssituation	229
6.2.2	Anwendung der Methodik.....	230
6.2.2.1	Schritt A: Ermittlung des Kundennutzens.....	230
6.2.2.2	Schritt B: Definition des datenbasierten Leistungsangebots	231
6.2.2.3	Schritt C: Auslegung der Leistungserbringung.....	232
6.2.2.4	Schritt D: Auslegung des Datenmodells.....	233
6.2.2.5	Schritt E: Entwicklung des Ertragsmodells.....	234
6.2.2.6	Schritt F: Bewertung der Einführung.....	235
6.2.3	Fazit	235
6.3	Kritische Reflexion	236
7	Zusammenfassung und Ausblick	239
8	Literaturverzeichnis.....	243
	Lebenslauf	275

III Abkürzungen und Formelzeichen

Abkürzung	Beschreibung
acatech	Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V.
A _d	Gesamtaufwand einer datenbasierten Dienstleistung
AK _i	Zeilensumme des Aufwandskriteriums i
aktual.	aktualisierte
ALS	Arburg Leitrechnersystem
Art.-Nr.	Artikelnummer
Aufl.	Auflage
Bd.	Band
BDE	Betriebsdatenerfassung
BDI	Bundesverband der deutschen Industrie e. V.
bearb.	bearbeitete
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
bspw.	beispielsweise
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
B2B	Business-to-Business
CA	Computer-aided
CAD	Computer-aided Design
CAQ	Computer-aided Quality
ca.	circa
CBR	Case-Based-Reasoning
CIRP	Collège International pour la Recherche en Productique
CNC	Computerized Numerical Control
Co.	Compagnie
CPS	Cyber-physisches System

CPPS	Cyber-physisches Produktionssystem
CRISP-DM	Cross-Industry Standard Process for Data Mining
CRM	Customer Relationship Management
CSV	Comma-Separated Value
d. h.	das heißt
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.
DL	Dienstleistung
DSP	Digital Signal Processing
ELT	Extract-Load-Transform
ERG	Existence-Relatedness-Growth
ERP	Enterprise Resource Planning
erw.	erweiterte
et al.	et alii (lateinisch: und weitere)
ETL	Extract-Transform-Load
e. V.	eingetragener Verein
f.	folgende Seite
ff.	fortfolgende Seiten
FEM	Finite-Elemente-Methode
FICO	Fair Isaac Corporation
GA_i	Relativer Gewichtungsfaktor des Aufwandskriteriums i
GDL	Goods-Dominant Logic
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GN_i	Relativer Gewichtungsfaktor des Nutzenkriteriums i
HMI	Human Machine Interface
Hrsg.	Herausgeber
Hz	Hertz
i. A. a.	in Anlehnung an
IFRS	International Financial Reporting Standards
IIoT	Industrial Internet of Things

IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie
Int.	Intelligentes
IoP	Internet of Production
IoT	Internet of Things
IPT	Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT
IT	Informationstechnik
ITU	International Telecommunication Union
Jg.	Jahrgang
KDD	Knowledge Discovery in Databases
KG	Kommanditgesellschaft
KHz	Kilohertz
kNN	k-Nearest-Neighbor
Kundenbedürf.	Kundenbedürfnisse
MAS	Multiagentensystem
MES	Manufacturing Execution System
MHz	Megahertz
Mio.	Millionen
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MMS	Mensch-Maschine-Schnittstelle
Mrd.	Milliarden
N_d	Gesamtnutzen einer datenbasierten Dienstleistung d
NIST	National Institute of Standards and Technology
NK_i	Zeilensumme des Nutzenkriteriums i
NoSQL	Not only Standard Query Language
Nr.	Nummer
P.-entw.	Produktentwicklung
PfA	Pay-for-Availability
PfE	Pay-for-Equipment

PfU	Pay-for-Use
PLM	Product Lifecycle Management
PoP	Pay-on-Production
RFID	Radio Frequency Identification
RoI	Return on Invest
RWTH	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule
S.	Seite(n)
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SCM	Supply Chain Management
SDL	Service-Dominant Logic
SEMMA	Sample, Explore, Modify, Model, Assess
S.-prod.	Serienproduktion
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
SQL	Standard Query Language
SRM	Supplier Relationship Management
TA _{i,d}	Teilaufwand des Aufwandskriteriums i
TCO	Total Cost of Ownership
TN _{i,d}	Teilnutzen des Nutzenkriteriums i
überarb.	überarbeitete
USA	United States of America
vbw	Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e. V.
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e. V.
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V.
vgl.	vergleiche
vollst.	vollständig
WZB	Werkzeugbau
WZL	Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen University
z. B.	zum Beispiel

IV Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Wissenschaftssystematik	6
Abbildung 2:	Forschungsmethodisches Vorgehen	8
Abbildung 3:	Heuristischer Bezugsrahmen	9
Abbildung 4:	Aufbau der Arbeit im Kontext der Phasen angewandter Forschung nach ULRICH.....	10
Abbildung 5:	Stufen des Industrie 4.0-Entwicklungspfads.....	15
Abbildung 6:	Voraussetzungen für Industrie 4.0.....	19
Abbildung 7:	Automatisierungspyramide in der industriellen Fertigung	20
Abbildung 8:	Vorgehen der Datenvorverarbeitung	22
Abbildung 9:	Einordnung von Dienstleistungen in die Gütersystematik.....	30
Abbildung 10:	Typologie von Leistungen	31
Abbildung 11:	Konstitutive Merkmale einer Dienstleistung im phasenbezogenen Zusammenhang	33
Abbildung 12:	Systematik industrieller Dienstleistungen	35
Abbildung 13:	Kriterien zur Systematisierung industrieller Dienstleistungen	35
Abbildung 14:	Datenbanken und Suchbegriffe zur Systematisierung bestehender Definitionen datenbasierter Dienstleistungen	37
Abbildung 15:	Suchergebnisse zur Systematisierung bestehender Definitionen datenbasierter Dienstleistungen.....	38
Abbildung 16:	Literaturübersicht zur Begriffsdefinition von datenbasierten Dienstleistungen	39
Abbildung 17:	Synthetisierte Merkmale datenbasierter Dienstleistungen	42
Abbildung 18:	Wandel des Leistungsangebots im Rahmen der Servicetransformation	44

Abbildung 19:	Industrielle Einordnung der Branche Werkzeugbau	49
Abbildung 20:	Umsatzverteilung der deutschen Branche Werkzeugbau	51
Abbildung 21:	Mitarbeiterverteilung der deutschen Branche Werkzeugbau	52
Abbildung 22:	Umsatzverteilung der deutschen Branche Präzisionswerkzeuge	52
Abbildung 23:	Umsatzentwicklung und -prognose der Branche Präzisionswerkzeuge	53
Abbildung 24:	Sachleistungsspektrum der Branche Werkzeugbau	54
Abbildung 25:	Übersicht angebotener industrieller Dienstleistungen im Werkzeugbau	56
Abbildung 26:	Datenbasierte Dienstleistungen im Werkzeugbau	57
Abbildung 27:	Komplexitätsstufen datenbasierter Dienstleistungen im Werkzeugbau	59
Abbildung 28:	Datenbasierte Dienstleistungen auf Basis intelligenter Werkzeuge	61
Abbildung 29:	Prozesskette des Werkzeugbaus in der industriellen Wertschöpfungskette	62
Abbildung 30:	Beeinflussung der Kundenprozesse durch den Werkzeugbau	65
Abbildung 31:	Ausprägungen zur Bewertung von bestehenden Ansätzen	70
Abbildung 32:	Herleitung von Themenfeldern	70
Abbildung 33:	Anforderungen an die Definition und Auslegung von datenbasierten Dienstleistungen im Werkzeugbau	77
Abbildung 34:	Überblick relevanter Forschungsansätze	78
Abbildung 35:	Wahl des notwendigen Umfangs der Kundenintegration	80
Abbildung 36:	Bewertung der Servicetransformation und Kundenintegration nach KOOF ET AL.	81
Abbildung 37:	Methodik zur Gestaltung von lebenszyklusorientierten Leistungssystemen im Werkzeugbau	82
Abbildung 38:	Bewertung lebenszyklusorientierter Leistungssysteme im Werkzeugbau nach KÜHN.	83

Abbildung 39:	Referenzarchitektur für CPS	85
Abbildung 40:	Bewertung der CPS Reference Architecture nach WESTERMANN ET AL.	86
Abbildung 41:	Bereiche und Felder des Smart Service Canvas	87
Abbildung 42:	Bewertung des Smart Service Canvas nach PÖPPELBUß UND DURST	88
Abbildung 43:	Infrastruktur des Internet of Production	90
Abbildung 44:	Bewertung des Internet of Production nach SCHUH ET AL.	91
Abbildung 45:	Gestaltungsmodell für das datenbasierte Wissensmanagement für Smart Services im Werkzeugbau	92
Abbildung 46:	Bewertung des datenbasierten Wissensmanagements für Smart Services im Werkzeugbau nach BEGOVIC	93
Abbildung 47:	Bezugsrahmen für die Entwicklung von datenbasierten Dienstleistungen	95
Abbildung 48:	Bewertung des Bezugsrahmens zur Entwicklung datenbasierter Dienstleistungen nach CEDEÑO ET AL.	96
Abbildung 49:	Referenzarchitektur für datenbasierte Dienstleistungen	98
Abbildung 50:	Bewertung der Smart Service Reference Architecture nach RABE ET AL.	99
Abbildung 51:	Konzeptionierung datenbasierter Dienstleistungssysteme.....	100
Abbildung 52:	Bewertung datenbasierter Dienstleistungssysteme nach BEVERUNGEN ET AL.	101
Abbildung 53:	Morphologie industrieller, datenbasierter Dienstleistungen.....	103
Abbildung 54:	Bewertung der Komponenten industrieller, datenbasierter Dienstleistungen nach KOLZ.....	104
Abbildung 55:	Aggregierte Bewertung der relevanten und analysierten Forschungsansätze.....	106
Abbildung 56:	Schematische Darstellung eines Systems.....	112

Abbildung 57:	Original-Modell-Abbildung	114
Abbildung 58:	Modelltypen nach LEHNER	115
Abbildung 59:	Methodik als System von Modellen, Methoden und Hilfsmitteln	116
Abbildung 60:	Generische Phasen zur Definition und Auslegung datenbasierter Dienstleistungen im Werkzeugbau	118
Abbildung 61:	Grobkonzept der Methodik zur Definition und Auslegung datenbasierter Dienstleistungen im Werkzeugbau	121
Abbildung 62:	Schritt A – Ermittlung des Kundennutzens	122
Abbildung 63:	Schritt B – Definition des datenbasierten Leistungsangebots	123
Abbildung 64:	Auslegung datenbasierter Dienstleistungen anhand ihrer vier Komplexitätsstufen	124
Abbildung 65:	Schritt C – Auslegung der Leistungserbringung	125
Abbildung 66:	Schritt D – Auslegung des Datenmodells	126
Abbildung 67:	Schritt E – Entwicklung des Ertragsmodells	127
Abbildung 68:	Schritt F – Bewertung der Einführung	128
Abbildung 69:	Anforderungen an die Definition und Auslegung von datenbasierten Dienstleistungen im Werkzeugbau	130
Abbildung 70:	Methodik zur Definition und Auslegung von datenbasierten Dienstleistungen im Werkzeugbau	133
Abbildung 71:	Das Polylemma der Produktionstechnik	136
Abbildung 72:	Werkzeugbauspezifische Bewertung von Methoden zur Ermittlung von Kundenbedürfnissen	145
Abbildung 73:	Vorgehen zur Priorisierung der Kundenbedürfnisse und Zuordnung zu Nutzendimensionen	146
Abbildung 74:	Paarweiser Vergleich zur Priorisierung der Kundenbedürfnisse	147
Abbildung 75:	Paarweiser Vergleich zur Zuordnung von Kundenbedürfnissen zu einer Nutzendimension	148

Abbildung 76:	Werkzeugbauspezifische Kundennutzen der Nutzendimension Qualität	149
Abbildung 77:	Werkzeugbauspezifische Kundennutzen der Nutzendimension Kosten ...	150
Abbildung 78:	Werkzeugbauspezifische Kundennutzen der Nutzendimension Zeit	150
Abbildung 79:	Werkzeugbauspezifische Kundennutzen der Nutzendimension Flexibilität.....	151
Abbildung 80:	Generischer Lebenszyklus eines Werkzeugs	152
Abbildung 81:	Werkzeugbauspezifische Korrelationsbeziehungen zwischen Leistungsangebot und Kundennutzen	158
Abbildung 82:	Kategorien zur inhaltlichen Beschreibung datenbasierter Dienstleistungen verschiedener Komplexitätsstufen.....	160
Abbildung 83:	Vorlage zur Definition werkzeugbauspezifischer datenbasierter Leistungsangebote.....	162
Abbildung 84:	Komponenten des Service Blueprinting Ansatzes nach BITNER ET AL.....	165
Abbildung 85:	Prozessschritte der Ebene Kunden-Aktivitäten.....	167
Abbildung 86:	Prozessschritte der Ebene Onstage-Aktivitäten	168
Abbildung 87:	Prozessschritte der Ebene Backstage-Aktivitäten	169
Abbildung 88:	Prozessschritte der Ebene Unterstützungs-Aktivitäten	170
Abbildung 89:	Service Blueprint Übersicht für die Leistungserbringung von datenbasierten Dienstleistungen im Werkzeugbau.....	172
Abbildung 90:	Service Blueprint für präskriptive datenbasierte Dienstleistungen	174
Abbildung 91:	Prozess des Knowledge Discovery in Databases.....	178
Abbildung 92:	Prozessuales und infrastrukturelles Wissensgenerierungsmodell	181
Abbildung 93:	Auswahl von Attributen verschiedener Datenquellen.....	182
Abbildung 94:	Fragenkatalog zur Bestimmung des Datenbankkonzepts.....	184

Abbildung 95:	Eignungsbewertung von Datenanalysemethoden für datenbasierte Dienstleistungen	185
Abbildung 96:	Anwendung der Blackbox Methode zur Auslegung der Ebene Datenzugriff	186
Abbildung 97:	Option 1 – Externe Plattform und ungefilterter Datenaustausch	189
Abbildung 98:	Option 2 – Kundeninterne Plattform und gefilterter Datenaustausch	190
Abbildung 99:	Option 3 – Kundeninterne Plattform und ungefilterter Datenaustausch	191
Abbildung 100:	Option 4 – Direkter ungefilterter Datenaustausch.....	191
Abbildung 101:	Aggregierte Bewertung der Datenaustauschoptionen	192
Abbildung 102:	Verschiedene Formen von Preismechanismen	195
Abbildung 103:	Ertragsmodelltypologie für datenbasierte Dienstleistungen im Werkzeugbau.....	197
Abbildung 104:	Bewertete Ertragsmodellbestandteile für deskriptive datenbasierte Dienstleistungen	200
Abbildung 105:	Bewertete Ertragsmodellbestandteile für diagnostische datenbasierte Dienstleistungen	201
Abbildung 106:	Bewertete Ertragsmodellbestandteile für prädiktive datenbasierte Dienstleistungen	202
Abbildung 107:	Bewertete Ertragsmodellbestandteile für präskriptive datenbasierte Dienstleistungen	202
Abbildung 108:	Morphologie werkzeugausspezifischer Voraussetzung zur Ertragsmodellauslegung	206
Abbildung 109:	Ausprägungen für die Auslegung von werkzeugausspezifischen Ertragsmodellen.....	210
Abbildung 110:	Aufgabe der Nutzwertanalyse	212
Abbildung 111:	Bewertungskriterien zur Bewertung des Gesamtnutzens	213
Abbildung 112:	Bewertungskriterien zur Bewertung des Gesamtaufwands.....	213

Abbildung 113: Gewichtung der Bewertungskriterien auf Basis des paarweisen Vergleichs	215
Abbildung 114: Punkteskala zur Bewertung des Teilnutzens der Nutzenkriterien	216
Abbildung 115: Punkteskala zur Bewertung des Teilaufwands der Aufwandskriterien	216
Abbildung 116: Portfoliomatrix zur Ableitung einer Bewertungsentscheidung	218
Abbildung 117: Deckungsgleichheit Methodik und Fallbeispiele	221
Abbildung 118: Digitales Werkzeugmanagementtool der fischer Werkzeug- und Formenbau GmbH	223
Abbildung 119: X-TREME Vision Control System der Fritz Stepper GmbH & Co. KG	230