

Philipp Pfenning

**Ein holistischer Ansatz zur
Reifegradeinordnung, wirtschaftlichen
Bewertung und Umsetzung von
Digitalisierungsstrategien in der
diskreten Industrie**

Schriftenreihe VPE

Band 32

Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Martin Eigner

Ein holistischer Ansatz zur Reifegradeinordnung, wirtschaftlichen Bewertung und Umsetzung von Digitalisierungsstrategien in der diskreten Industrie

Vom Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik
der Rheinland-Pfälzischen Technischen Universität Kaiserslautern-Landau
zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)

genehmigte

Dissertation

von

Herrn

Philipp Pfenning, M. Sc.

aus Heppenheim

Vorsitzender der Prüfungskommission:

1. Berichterstatter:

2. Berichterstatter:

Dekan:

Tag der mündlichen Prüfung:

Prof. Dr.-Ing. Jens Göbel

Prof. Dr.-Ing. Martin Eigner

Prof. Dr.-Ing. Benjamin Schleich

Prof. Dr.-Ing. Tilmann Beck

19.07.2023

Philipp Pfenning

**Ein holistischer Ansatz zur Reifegradeinordnung,
wirtschaftlichen Bewertung und Umsetzung von
Digitalisierungsstrategien in der diskreten Industrie**

D 386 (Diss. Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau)

Shaker Verlag
Düren 2023

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.: Kaiserslautern-Landau, RPTU, Diss., 2023

Copyright Shaker Verlag 2023

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-9199-1

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 • E-Mail: info@shaker.de

Danksagung

Ich freue mich sehr, dieses Dankschreiben zu verfassen, da es den finalen Schritt meiner Dissertation darstellt. Es war für mich eine Zeit des intensiven Lernens und Anwendens theoretischen Wissens. Ich möchte mich herzlich bei den Menschen bedanken, die mich in dieser Zeit tatkräftig unterstützt haben.

Zuerst möchte ich mich bei Prof. Dr.-Ing. Martin Eigner bedanken, der mir die Möglichkeit gegeben hat, diese Arbeit zu schreiben und stets ein offenes Ohr sowie wertvolle Ratschläge parat hatte. Des Weiteren möchte ich Prof. Dr.-Ing. Benjamin Schleich sowie Prof. Dr.-Ing. Jens Göbel für die Übernahme der Prüfungskommission danken.

Zudem möchte ich mich bei den Kollegen von Siemens bedanken. Allen voran meinem Vorgesetzten und Mentor Matthias Schmich (VP Strategic Business), durch den ich einen Einblick in die Bereiche der Digitalisierung im Rahmen einer Vielzahl von gemeinsamen Beratungsprojekten erhalten habe. Auch Urban August (ehemaliger Geschäftsführer der Siemens Digital Industries Software GmbH) möchte ich meinen Dank für das Vertrauen und die Unterstützung ausdrücken. Für die fundierten Gespräche und den Erfahrungsaustausch möchte ich dem Strategic Business Consulting Team sowie Hannes Christian Eibinger (Director Business Development - Schweiz und Österreich) explizit danken.

Außerdem bedanke ich mich beim kompletten Team des Lehrstuhls für virtuelle Produktentwicklung der Rheinland-Pfälzischen Technischen Universität Kaiserslautern-Landau und bei Prof. Dr. Clotilde Rohleder der HTWG Konstanz für die gemeinsamen Veröffentlichungen und den wertvollen Austausch.

Zum Abschluss möchte ich mich bei meiner Familie und dabei allen voran bei meiner Frau Juliane bedanken, ohne die ich nicht so weit gekommen wäre. Vielen Dank.

München, 19.07.2023

Philipp Pfenning

Abstract

Digitalization represents both a central challenge as well as an opportunity for companies in our time. It can be used to realize new, disruptive business models, significant increases in productivity and thus, competitive advantages. However, digitalization is accompanied by fundamental transformation processes that confront companies with the complexity of aligning their corporate strategy with the digitalization strategy in all its facets. Due to a lack of know-how and a limited integrative approach, most companies find it difficult to promote digitalization holistically across different organizational processes and segments. As a result, many companies have implemented a digitalization strategy that relates to their needs only to a limited extent. In response to this shortcoming, several methods have emerged in recent years that can be used to develop a digitalization strategy. However, these methods often focus on a specific area and do not provide a comprehensive basis for the development of a digitalization strategy. Therefore, the goal of this dissertation is to develop a comprehensive methodology for defining a digitalization strategy. For this purpose, a pattern-based approach was developed, the *Totally Integrated Potential Analysis Framework* (TIPAF) model, which allows companies in the discrete industry to draw on the data base of other companies, learn from it and derive an individual, holistic digitalization strategy that harmonizes with their own corporate strategy.

Kurzfassung

Die Digitalisierung stellt sowohl eine zentrale Herausforderung als auch eine Chance für Unternehmen in unserer Zeit dar. Mit ihr lassen sich neue, disruptive Geschäftsmodelle, signifikante Produktivitätssteigerungen und dadurch Wettbewerbsvorteile realisieren. Allerdings impliziert die Digitalisierung oftmals grundlegende Transformationsprozesse, die die Unternehmen mit der Komplexität konfrontieren, ihre Unternehmensstrategie mit der Digitalisierungsstrategie in all ihren Facetten in Einklang zu bringen. Auf Grund von fehlendem Know-How und begrenzter holistischer Herangehensweise werden viele Unternehmen gehindert, die Digitalisierung ganzheitlich über verschiedene Unternehmensprozesse und -segmente hinweg voranzutreiben. Daher haben viele Unternehmen lediglich eine bedingt geeignete bzw. noch keine ganzheitliche Digitalisierungsstrategie erarbeitet und implementiert. Unter Berücksichtigung dieser Tatsache haben sich in den letzten Jahren Methoden herausgebildet, mit Hilfe derer eine Digitalisierungsstrategie entwickelt werden kann. Diese Methoden konzentrieren sich allerdings oftmals auf spezifische Bereiche und bieten keine vollumfängliche Grundlage für die Entwicklung einer Digitalisierungsstrategie. Daher ist es Ziel dieser Arbeit, eine umfassende Methodik zur Definition einer ganzheitlichen Digitalisierungsstrategie zu erarbeiten. Hierfür wurde ein muster-basierter Ansatz entwickelt, das *Totally Integrated Potential Analysis Framework* (TIPAF) Modell, der es den Unternehmen der diskreten Industrie erlaubt, auf die Datenbasis anderer Unternehmen zurückzugreifen, daraus zu lernen und eine individuelle, holistische Digitalisierungsstrategie, die mit der eigenen Unternehmensstrategie harmonisiert, abzuleiten.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Aufbau der Arbeit	2
1.2	Ausgangssituation und Zielsetzung	3
1.3	Forschungsfragen	4
1.4	Forschungsdesign	6
2	Grundlagen - Strategisches Management	8
2.1	Definition - Strategie	8
2.2	Strategieentwicklungsprozess	9
2.3	Deskriptive Strategiemodelle	11
2.3.1	Porters Five Forces	11
2.3.2	Porters Value Chain	13
2.3.3	Porters generische Wettbewerbsstrategien	15
2.3.4	Value disciplines	16
2.4	Geschäftsmodelle	22
2.4.1	Definition eines Geschäftsmodells	22
2.4.2	Geschäftsmodellinnovation	24
2.4.3	Geschäftsmodellmuster	26
2.5	Digitalisierungsstrategie	27
2.5.1	Definitionen - Digitalisierung und Digitalisierungsstrategie	27
2.5.2	Aufbau einer Digitalisierungsstrategie	28
3	Einführung in die Digitalisierung	31
3.1	Phasenübergreifende IT Systeme	33
3.1.1	Enterprise Resource Planning	33
3.1.2	Product Lifecycle Management	35
3.1.3	Computer Aided Quality	36
3.2	IT Systeme der Produktplanung/Anforderungsdefinition - Requirements Management Systeme	38
3.3	IT Systeme der Systemarchitektur - Systemmodellierungswerkzeuge	40
3.4	IT Systeme im Produktdesign/Entwicklung	41
3.4.1	Mechanical Computer Aided Design	41
3.4.2	Electrical Computer Aided Design	42
3.4.3	Computer Aided Software Engineering	43
3.4.4	Application Lifecycle Management	44
3.4.5	Low-Code Development Platform	45
3.4.6	Speicherprogrammierbare Steuerung	46
3.4.7	Computer Aided Engineering/Produktsimulation	48
3.5	IT Systeme der Produktions-/Prozessplanung	50
3.5.1	Digitale Fabrik	50
3.5.2	Computer Aided Manufacturing	52
3.6	IT Systeme der Produktion - Manufacturing Execution System	53
3.7	IT Systeme im Service - Internet of Things	55
3.8	Zusammenfassung der Systeme der Digitalisierung	57

4	Methoden zur Definition einer Digitalisierungsstrategie	59
4.1	Vorgehensmodelle Digitalisierungsstrategie	59
4.1.1	Anforderungsspezifikation	59
4.1.2	Digital Capability Framework	62
4.1.3	Roadmap for Digital Transformation of Business Models	64
4.1.4	Industry 4.0 Procedure Model	66
4.1.5	Agiler Prozess zur Geschäftsmodell-Innovation	67
4.1.6	VDMA Investitionsrechner	69
4.1.7	Fazit zu den Vorgehensmodellen	71
4.2	Reifegradmodelle	73
4.2.1	Überblick über Reifegradmodelle	74
4.2.2	Maturity Benchmark	76
4.2.3	Fazit zu den Reifegradmodellen	79
4.3	Modelle zur Wirtschaftlichkeitsrechnung	79
4.3.1	Benefit-Asset-Pricing-Model (Entwicklung)	80
4.3.2	Modell nach Joppen et al. (Produktion)	81
4.3.3	Modell nach Kletti (Produktion)	82
4.3.4	Fazit zur Wirtschaftlichkeitsrechnung	83
4.4	Fazit zu bisherigen Methoden im Umfeld der Digitalisierung	84
5	Theorie des TIPAF Modells	86
5.1	Strukturmodell des TIPAF Modells	86
5.1.1	Unternehmensstrategie	88
5.1.2	Geschäftsmodell	90
5.1.3	Digitale Anwendungsfälle	92
5.1.4	Digitale Fähigkeiten	96
5.1.5	Relationen zwischen den Abstraktionsebenen	99
5.2	Vorgehensmodell des TIPAF Modells	101
5.2.1	Auswahl generischer Unternehmensstrategie	103
5.2.2	Auswahl korrespondierender Geschäftsmodellmuster	104
5.2.3	Auswahl korrespondierender Anwendungsfälle	107
5.2.4	Reifegradanalyse	108
5.2.5	Wirtschaftlichkeitsrechnung	111
5.2.6	Umsetzungsplanung	116
5.2.7	Umsetzung	118
5.3	Datenbasis des TIPAF Modells	121
5.4	Bewertung des theoretischen TIPAF Modells gemäß der Anforderungsspezifikation	123
6	Implementierung des TIPAF Tools	126
6.1	Vereinfachtes Datenmodell des TIPAF Tools	126
6.2	Modul TIPAF Roundtrip	128
6.3	Modul Reifegradbewertung	130
6.4	Modul Business Case	131
6.5	Kritische Bewertung und Limitierungen des TIPAF Tools	135
7	Gesamtbewertung	137
7.1	Evaluierung der Forschungsfragen	137
7.2	Limitierungen und Weiterentwicklungsmöglichkeiten	140
7.3	Abschließende Anmerkungen	142

A Anhang - Digital Capability Framework	143
B Anhang - Bewertung der Reifegradmodelle	146
Abbildungsverzeichnis	147
Tabellenverzeichnis	150
Abkürzungsverzeichnis	151
Literatur	154
Betreute studentische Arbeiten	164