

Edition HMD

Stefan Meinhardt
Felix Wortmann *Hrsg.*

IoT – Best Practices

Internet der Dinge,
Geschäftsmodellinnovationen,
IoT-Plattformen, IoT in
Fertigung und Logistik

Praxis der Wirtschaftsinformatik

HMD

EBOOK INSIDE



Springer Vieweg

Edition HMD

Reihe herausgegeben von

Sara D'Onofrio, Adliswil, Schweiz

Hans-Peter Fröschle, i.t-consult GmbH, Stuttgart, Deutschland

Josephine Hofmann, Fraunhofer IAO, Stuttgart, Deutschland

Matthias Knoll, FB Wirtschaft, Hochschule Darmstadt, Darmstadt, Deutschland

Stefan Meinhardt, SAP Deutschland SE & Co KG, Walldorf, Deutschland

Stefan Reinheimer, BIK GmbH, Nürnberg, Deutschland

Susanne Robra-Bissantz, Inst. Wirtschaftsinformatik, TU Braunschweig,
Braunschweig, Deutschland

Susanne Strahringer, Fakultät Wirtschaftswissenschaften, TU Dresden,
Dresden, Deutschland

Die Fachbuchreihe „Edition HMD“ wird herausgegeben von Dr. Sara D'Onofrio, Hans-Peter Fröschle, Dr. Josephine Hofmann, Prof. Dr. Matthias Knoll, Stefan Meinhardt, Dr. Stefan Reinheimer, Prof. Dr. Susanne Robra-Bissantz und Prof. Dr. Susanne Strahringer.

Seit über 50 Jahren erscheint die Fachzeitschrift „HMD – Praxis der Wirtschaftsinformatik“ mit Schwerpunktausgaben zu aktuellen Themen. Erhältlich sind diese Publikationen im elektronischen Einzelbezug über SpringerLink und Springer Professional sowie in gedruckter Form im Abonnement. Die Reihe „Edition HMD“ greift ausgewählte Themen auf, bündelt passende Fachbeiträge aus den HMD-Schwerpunktausgaben und macht sie allen interessierten Lesern über online- und offline-Vertriebskanäle zugänglich. Jede Ausgabe eröffnet mit einem Geleitwort der Herausgeber, die eine Orientierung im Themenfeld geben und den Bogen über alle Beiträge spannen. Die ausgewählten Beiträge aus den HMD-Schwerpunktausgaben werden nach thematischen Gesichtspunkten neu zusammengestellt. Sie werden von den Autoren im Vorfeld überarbeitet, aktualisiert und bei Bedarf inhaltlich ergänzt, um den Anforderungen der rasanten fachlichen und technischen Entwicklung der Branche Rechnung zu tragen.

Weitere Bände in dieser Reihe: <http://www.springer.com/series/13850>

Stefan Meinhardt • Felix Wortmann
Hrsg.

IoT – Best Practices

Internet der Dinge,
Geschäftsmodellinnovationen, IoT-
Plattformen, IoT in Fertigung und
Logistik

Hrsg.

Stefan Meinhardt
SAP Deutschland SE & Co KG
Walldorf, Deutschland

Felix Wortmann
Institut für Technologiemanagement
Universität St Gallen
St. Gallen, Schweiz

Das Herausgeberwerk basiert auf vollständig neuen Kapiteln und auf Beiträgen der Zeitschrift HMD – Praxis der Wirtschaftsinformatik, die entweder unverändert übernommen oder durch die Beitragsautoren überarbeitet wurden.

ISSN 2366-1127

ISSN 2366-1135 (electronic)

Edition HMD

ISBN 978-3-658-32438-4

ISBN 978-3-658-32439-1 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-658-32439-1>

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

Springer Vieweg

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert durch Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2021

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung der Verlage. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung: Sybille Thelen

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Geleitwort

1988 prägte Mark Weiser im Forschungszentrum von Xerox in Palo Alto die Begriffe Ubiquitous Computing und Calm Technologies. Mit seiner damals radikalen wie plastischen Vision des allgegenwärtigen und daher auch notwendigerweise „stillen“ Computings, schuf er die Grundlage zum Internet der Dinge, das in dieser Begrifflichkeit heute gut 20 Jahre alt wird. Wie viele andere technische Entwicklungen, die einen Einfluss auf Gesellschaft und Wirtschaft haben könnten und in der breiten Öffentlichkeit diskutiert werden, durchläuft auch das Internet der Dinge einen Gartner'schen Hypecycle, der illustrativ beschreibt, wie stark Erwartung und tatsächliche Wirkung einer Technologie auseinanderklaffen. Nachdem das Internet der Dinge nun auch schon von vielen Massenmedien thematisiert wurde, scheint der Hype vorerst vorbei zu sein. Das Tal der Desillusion ist erreicht, das Internet der Dinge ist kein Wundermittel.

Das Internet der Dinge ist keine Technologie, sondern steht vielmehr – um mit den Worten meines geschätzten Kollegen Friedemann Mattern zu sprechen – für eine Vision, in der jedes physische Ding nahtloser Teil des Internet ist. Diese Vision baut auf der Verfügbarkeit von zahlreichen Technologien und weiteren nicht-technischen Komplementärgütern, wie Kundenerwartungen, Geschäftsmodellen, Ökosystempartnern und Organisationsstrukturen auf. Wie schon beim Internet entwickelt auch das Internet der Dinge erst seine Wirkung, wenn sich all diese komplementären Güter zu einem wirtschaftlich und gesellschaftlich nützlichen Ganzen zusammenfügen. In zahlreichen Anwendungsfeldern, beispielsweise in der innerbetrieblichen Produktionslogistik und -steuerung oder bei manchen digitalen Therapien können wir dies bereits heute beobachten. Es ist also gut möglich, dass die Entwicklung des Internet der Dinge einem klassischen Prognosefehler unterliegt: es wird kurzfristig überschätzt und langfristig unterschätzt.

Eine mehrdimensionale Betrachtung scheint notwendig, um Timing, Komplementärgüter, Anwendungsfelder und unternehmerische Anstrengung in Einklang bringen. Daher ist diese Diskussion prinzipiell in der Disziplin Wirtschaftsinformatik gut aufgehoben und damit auch in dieser HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik Edition Reihe.

Die Betrachtung aus dem Blickwinkel der Mess- und Regeltechnik lohnt sich hier sowohl aus technischer wie betriebswirtschaftlicher Seite. Das Internet der Dinge wendet die alte Managementweisheit „Man kann nur managen, was man auch messen kann“ unmittelbar an. Mit ihr kann das revolutionäre Potenzial der

Vision erklärt werden. Google hat die Werbung von der physischen Welt in die digitale Welt geholt und damit erstmals einfach und zuverlässig hochauflösend messbar gemacht – wer sieht welche Werbeschaltung, wer klickt, wer kauft. Diese Vermessung der Werbewelt hat die gesamte Branche auf den Kopf gestellt – so wie Röntgenapparat und Elektronenmikroskop Teile der Medizin und Physik auf eine nächste Ebene gehoben haben.

Das Internet der Dinge könnte sich nun zum Ultraschall-Gerät oder Computertomographen der physischen Welt oder gar der Betriebswirtschaftslehre entwickeln. Während in der digitalen Welt eine hochauflösende Vermessung aller möglicher Prozesse wirtschaftlich ohne weiteres machbar ist – die Grenzkosten einer Messung sind dort ja praktisch Null – so ist die Vermessung der physischen Welt meist mit menschlicher Anstrengung und damit mit oft prohibitiv hohen Grenzkosten verbunden. Daher findet eine Lagerinventur nicht jede Sekunde statt, sondern i. d. R. nur einmal pro Jahr oder in Stichproben. Daher messen wir unseren Blutdruck i. d. R. seltener, als wir unser Auto zum Service geben. Wenn Dinge nahtlos mit dem Internet verbunden sind, so können sie sich selber und ihre Umgebung zu vernachlässigbaren Grenzkosten und erstmals in der Breite hochauflösend vermessen. Insbesondere in komplexen und dynamischen Umgebungen sind die Folgen vorprogrammiert: eine wachsende, hochauflösende Datenbasis; neue, datenbasierte und aktionsrelevante Einsichten; feingranulare, voraussehende Interventionen – menschliche wie automatische; viel kürzere, hoch oszillierende Regelkreise und eine zunehmende Verschiebung von operativen Managementaufgaben in die digitale Welt. Das selbstfahrende Auto liefert ein schönes Beispiel für diese Entwicklung.

Im Internet der Dinge treffen also die physische und die digitale Welt aufeinander und verschmelzen zu einem nahtlosen Ganzen. Eine weitere hilfreiche Perspektive ist vor diesem Hintergrund die Betrachtung der höchst unterschiedlichen ökonomischen Eigenschaft von physischen versus digitalen Gütern. Offensichtlich sind die Differenzen etwa bei Transportgeschwindigkeit und Lagerplatzbedarf. Betriebswirtschaftlich interessant sind vor allem die Unterschiede in Grenzkosten von Produktion und Vertrieb, in der vorhandenen (oder eben nicht) Fähigkeit zum „Update im Feld“ bzw. Erneuerung während des Betriebes oder der Fähigkeit zur Sammlung und Verarbeitung von Nutzungsdaten.

Unternehmen fühlen sich meist wohl in der einen oder anderen Welt, kaum jedoch in beiden Welten gleichzeitig. Produzierende Unternehmen haben beispielsweise höchste Engineering-Ansprüche in ihrer DNA verankert, weil schon ein kleiner Fehler in einem bereits ausgelieferten Produkt zu einer mitunter existenzgefährdenden Rückrufaktion führen kann. In der Internet-Softwarewelt ist hingegen die Auslieferung von Minimal Viable Produkten üblich – gefolgt von ständigen Updates entlang von identifizierten Schwächen und neu gelernten Kundenanforderungen. Daher unterscheiden sich auch Mitarbeitertypus, Entwicklungsprozess und Risikomanagement massiv – und die Geschäftsmodellmuster, die zum Einsatz kommen. In der grenzkostenarmen Internetwelt sind etwa Freemium-Modelle gang und gäbe, in der physischen bedeuten sie typischerweise den wirtschaftlichen Ruin.

Zudem wird Software heute sehr oft nicht mehr als Produkt, sondern als Software as a Service verkauft. Der Wandel, den klassische On-Premise Softwarehersteller wie Microsoft und SAP dazu durchmachen mussten, war enorm. Ein verwandter Wandel steht nun auch bei produzierenden Unternehmen an, die ihre Produkte mit Internetkonnektivität versehen. Der digitale Teil des Nutzenversprechens wird fast zwingend zum Service. Dasselbe gilt mitunter auch für die physischen Produkte selber, etwa, wenn Unternehmen auf Basis von Internet der Dinge-Technologien ihre Produkte nicht mehr verkaufen, sondern als Equipment as a Service anbieten.

Denn auch aus Kundensicht schmelzen im Internet der Dinge die digitale und physische Welt zu einem untrennbaren Bündel aus hybriden Produkten und Dienstleistungen zusammen. Es wird wohl nicht mehr lange dauern, bis laufende Softwareupdates zum dominanten Design sehr vieler Produkte zählen werden. Veraltete Strassenkarten oder Interface-Designs in Autos werden Kunden mehr und mehr abstrafen. Schon 1999 hat Kevin Kelly in seinem kurzen und für mich sehr einflussreichen Buch „New Rules for a New Economy“ postuliert, dass Produkte, die ihren Zustand nicht wechseln können, bald tote Produkte sein werden.

Europa ist auf der ganzen Welt bekannt für seine fantastischen Hardware-Produkte, allen voran für seine Maschinen und Autos. Doch Europäer verwenden tagtäglich fast ausschliesslich Internetservices aus den USA – von Google bis Wikipedia. Die USA beherrschen das Internetgeschäft der westlichen Welt. Europa hat mit hoher Wahrscheinlichkeit die besten Datenschutzgesetze auf der Welt, aber praktisch kein Internetgeschäft.

In der hybriden Welt des Internet der Dinge benötigen Unternehmen tendenziell beide Kompetenzen. Denn jungen Branchen und exzellente Kundenlösungen sind oft vertikal integriert, eine weitgehende Trennung von Hardware und Software ist dort nur schwer möglich. Der nächste Technologiewettlauf ist somit eröffnet: Kann Europa seine Stärken in Hardware, Sensorik, Embedded Computing und Mathematik ausspielen und sich in die Internetwelt vorarbeiten? Oder sind die pragmatischen USA schneller bei der Wiederbelebung der etwas vernachlässigten Hardwareindustrie? Mit seinem hohen Ausbildungsniveau und seinen starken Technologieunternehmen hat Europa gute Karten. Nun müssen sie auch klug gespielt werden.

Zürich
August 2020

Prof. Dr. Elgar Fleisch
Universität St. Gallen (HSG), ETH Zürich

Vorwort

Das Internet der Dinge (Internet of Things – IoT) ist längst Realität. Mehr oder weniger intelligente Dinge messen, analysieren und kommunizieren weltweit, verbunden über das Internet, mit anderen Dingen. Was als Spielerei im Privaten begann, ist heute ernstzunehmender Wettbewerbsfaktor für unzählige Unternehmen (Stichwort: Industrial IoT oder Industrie 4.0).

Wettbewerbsvorteile lassen sich im Markt durch die Vernetzung von Dingen auf völlig unterschiedliche Art und Weise erzielen. LKWs, die in Häfen oder auf Werksgeländen hocheffizient und nahezu in Echtzeit orchestriert werden. Kühlcontainer, die die Einhaltung festgelegter Grenzwerte selbst überwachen und bei Überschreiten eines Grenzwertes automatisch eine Ersatzlieferung auslösen. Luftkompressoren, die nicht mehr pro Tag, sondern pro verbrauchtem Luftvolumen, also nicht die Maschine selbst, sondern den Service, abrechnen.

Sei es die Optimierung eines bestehenden Prozesses, die Erweiterung eines solchen, ein smartes Produkt oder gleich der Aufbau eines völlig neuen Geschäftsmodells – IoT-Konzepte bilden oft die Grundlage dafür. Das grundsätzliche Potential (Warum?) des Internets der Dinge ist vielfach bewiesen. Das „Wie?“ und das „Wofür?“ sind die Fragen, die es heute zu beantworten gilt. Welche Prozesse bieten das meiste Potential für eine Vernetzung? An welchen Stellen steht der Aufwand nicht im Verhältnis zum Mehrwert? Welche Technologien stehen zur Verfügung und welche passen zu meinem Szenario? Wie muss ich meine Geschäftspartner einbinden und welche technologischen oder auch rechtlichen Fallstricke gibt es möglicherweise?

Die Autoren der Beiträge aus Wissenschaft und Praxis des vorliegenden HMD-Edition Buches greifen genau diese Fragestellungen auf und wollen konzeptionelle, prototypische bzw. praxisnahe Antworten und Lösungswege aufzeigen.

Der Einführungsbeitrag setzt sich kritisch mit der Fragestellung auseinander, wie IoT die zentralen Geschäftsmodellelemente von Unternehmen beeinflusst und wie das Digitalisierungs-Paradox durch die konsequente Ausschöpfung des gesamten ökonomischen Potentials von IoT überwunden werden kann. Damit setzt er den Rahmen für die weitere Betrachtung des Themas und leitet hin zu möglichen und notwendigen Geschäftsmodellinnovationen im Industrie-Kontext, die im nächsten Beitrag behandelt werden. Sei es eine grundlegende Geschäftsmodellinnovation oder nur ein Nischenprojekt, die Entscheidung für oder gegen ein IoT-Projekt hängt von seinem Innovationsgrad bzw. Mehrwert für das jeweilige Unternehmen ab.

Wurden verschiedene vielversprechende Projektkandidaten identifiziert, müssen sie priorisiert werden. Bei der Realisierung sollten häufig auftretende Schwierigkeiten von Beginn an antizipiert und darauf reagiert werden können. Diesem Komplex widmen sich die folgenden drei Beiträge und geben sowohl Hilfestellung bei der Bewertung als auch Vorschläge zur Handhabung.

Eine wichtige Rolle im IoT-Umfeld spielen Cloud-Plattformen, die in ihrer Rolle als zentrales Bindeglied zwischen verschiedenen IoT-Geräten überhaupt erst eine gewinnbringende Verknüpfung derselben ermöglichen. Die Vielfalt der Anbieter von Cloud-Plattformen und ihrer teils sehr unterschiedlichen Funktionalitäten stellen Unternehmen vor große Herausforderungen bei der richtigen Auswahl für aktuelle und zukünftige IoT-Projekte. Zwei Beiträge zu den wichtigsten aktuell am Markt verfügbaren Plattformen, ihren Funktionen sowie den Anforderungen an eine erfolgreiche Integration zwischen verschiedenen Cloud-Plattformen geben hier praxisnahe Hilfestellung.

Insbesondere die Fertigung und Logistik kann von IoT-basierten Lösungen stark profitieren, wie fünf Beiträge im Kontext von Industrie 4.0 aufzeigen. Mitarbeiter können im Produktionsprozess von der Information zu Arbeitsabläufen bis hin zur Dokumentation von Ausfällen durch smarte Geräte unterstützt werden. Ganze, bisher meist starre Produktionssysteme z. B. in der Automobilindustrie können modularisiert und bei erhöhter Produktivität gleichzeitig mehr Flexibilität bieten. Servicemitarbeiter können bei der Wartung von Maschinendaten unterstützt, der gesamte Instandhaltungsprozess mittels Predictive Maintenance optimiert und somit Produktions- und Qualitätsverluste vermieden werden. Mittels neuartiger Sensoren können Ladungsträger vollautomatisiert mittels Track & Trace-Verfahren lokalisiert werden und somit zur Kostenoptimierung beitragen.

Ein wesentlicher Mehrwert vieler IoT-Geschäftsmodelle oder Projekte ist die Erweiterung von Produkten um intelligente Dienstleistungsangebote. Wie Produkte und Dienstleistungen nicht isoliert, sondern von Beginn an in einem holistischen Ansatz entwickelt werden können, ist der Fokus fünf weiterer Beiträge. Anhand entsprechender Praxisbeispiele werden die Herausforderungen und entsprechende Lösungsansätze anschaulich diskutiert.

Regionen im Strukturwandel benötigen Impulse und Investitionen in neue Wirtschaftszweige. Im folgenden Beitrag wird der Aufbau einer digitalen Plattform auf Basis einer IoT-gestützten Architektur vorgestellt, um Live-Daten der Kommunen in Metropolregionen für neue Geschäftsmodellinnovationen der Unternehmen bereitzustellen.

Bei der Verarbeitung von Echtzeitdaten in IoT-Szenarien spielt eine effiziente und ggfs. verteilte Datenverarbeitung auf den Edge-Komponenten sowie den IoT-Plattformen eine große Rolle. Den entsprechend zu erfüllenden Anforderungen an verwendete Zeitreihendatenbanken widmet sich ein weiterer Beitrag.

Im abschließenden Abschnitt des Buches behandeln zwei Beiträge die Herausforderungen und entsprechende Lösungsansätze im Hinblick auf Security,

Datensicherheit, Datenschutz und Datensouveränität sowie effiziente Authentifizierungsverfahren bei der Entwicklung und Nutzung von IoT-Szenarien in der Praxis.

Unser Dank gilt den Autoren für die fundierten und interessanten Beiträge, den Gutachtern für ihre konstruktiven Anregungen zur Verbesserung der Beitragsinhalte sowie dem gesamten HMD Springer Team. Wir wünschen Ihnen nun viele neue Erkenntnisse beim Lesen der spannenden Beiträge, die Ihnen bei der Umsetzung Ihrer IoT-Projekte sicherlich wertvolle Impulse mit auf den Weg geben werden.

Natürlich sind auch wir an Ihrem Feedback interessiert und freuen uns auf Ihre Rückmeldungen, mailen Sie uns gerne unter E-Mail: stefan.meinhardt@sap.com und felix.wortmann@unisg.ch.

Walldorf und St. Gallen
Herbst 2020

Stefan Meinhardt
Felix Wortmann

Inhaltsverzeichnis

Teil I Der Einfluss von IoT auf Geschäftsmodelle – IoT-Geschäftsmodellinnovationen

1 Der lange Weg im IoT – Von der Vernetzung zur Profitabilität	3
Felix Wortmann, Dominik Bilgeri, Heiko Gebauer, Claudio Lamprecht und Elgar Fleisch	
1.1 Einleitung	4
1.2 Wie das IoT Geschäftsmodelle verändert	4
1.3 Überwindung des Digitalisierungs-Paradox	10
1.4 Zusammenfassung und Ausblick	15
Literatur	19
2 IIoT-basierte Geschäftsmodellinnovation im Industrie-Kontext – Archetypen und praktische Einblicke	23
Anna Maria Oberländer, Björn Häckel und Jochen Übelhör	
2.1 Das Internet der Dinge als Wegbereiter neuer Geschäftsmodelle . . .	24
2.2 Digitale Geschäftsmodelle und Geschäftsmodellinnovation	25
2.3 IIoT-basierte Geschäftsmodell-Archetypen im Industrie-Kontext. . .	27
2.4 Herausforderungen der Geschäftsmodelltransformation	30
2.5 Praxisrelevante Handlungsempfehlungen	32
Literatur	34

Teil II Identifizieren, Priorisieren und Planen von IoT-Projekten

3 Innovation durch den Einsatz von Enterprise IoT-Lösungen – Ein Modell zur Bestimmung des Innovationspotenzials	39
Christian Marheine, Lukas Gruber und Andrea Back	
3.1 Einleitung und Motivation	40
3.2 Über Innovations- und Reifegradmodelle und das Internet der Dinge	41
3.3 Methodische Vorgehensweise	43
3.4 Das Innovationsstufenmodell und seine Anwendung	47
3.5 Nutzungsoptionen und Mehrwerte für die Unternehmenspraxis	53
Literatur	54

4	Priorisierung von Digitalisierungsprojekten entlang der gesamten kundenorientierten Prozesskette im Maschinenbau.	57
	Thomas Pschybilla, Manuela Hofmann, Tobias Enders und Michael Vössing	
4.1	Einleitung und Motivation	58
4.2	Grundlagen und Stand der Technik	59
4.3	Priorisierungsansätze und Theoriedefizit.	61
4.4	Entwicklung und Anwendung des Ansatzes am Beispiel der TRUMPF GmbH + Co. KG.	62
4.5	Zusammenfassung und Ausblick	67
	Literatur.	68
5	IoT Best Practices	71
	Marco Barenkamp, Jan Hendrik Schoenke, Novica Zarvic und Oliver Thomas	
5.1	Hintergrund	72
5.2	Planung von IoT-Projekten	73
5.3	Fallstudie: Umsetzung eines internationalen IoT-Projekts	77
5.4	Ausblick	86
5.5	Zusammenfassung & Erkenntnisse	88
	Literatur.	91
 Teil III IoT-Plattformen – Vielfalt, Auswahl und Integrationsaspekte		
6	Vergleichbarkeit der Funktionalität von IoT-Software-Plattformen durch deren einheitliche Beschreibung in Form einer Taxonomie und Referenzarchitektur	95
	Sebastian Lempert und Alexander Pflaum	
6.1	Einleitung und Motivation	96
6.2	Verwandte Arbeiten	98
6.3	Methodik	102
6.4	Taxonomie und Referenzarchitektur zur einheitlichen Beschreibung der Funktionalität von IoT-Software-Plattformen.	105
6.5	Verwendung der Referenzarchitektur im Rahmen von Projekten zur Bewertung und Auswahl der am besten geeigneten IoT-Software-Plattform aus einer Menge von Kandidaten	113
6.6	Zusammenfassung und Ausblick	118
	Literatur.	119
7	Cloud to Cloud Integration im IoT-Umfeld	123
	Lukas Hick, Dirk Börner und Henning Pagnia	
7.1	Einleitung.	124
7.2	Anforderungsanalyse	125
7.3	Realisierung	127
7.4	Diskussion	133
7.5	Zusammenfassung und Ausblick	136
	Literatur.	137

Teil IV Einsatz von IoT in der Fertigung und Logistik – Industrie 4.0

8 Industrie 4.0 in kleinen und mittleren Unternehmen – Lösungsansatz und Handlungsempfehlungen für die Integration smarterer Geräte 141
 Ulrich Matthias König, Maximilian Röglinger und Nils Urbach

8.1 Motivation 142

8.2 Ausgangssituation – Industrie 4.0 in KMU 143

8.3 Projektvorgehen 145

8.4 Lösungsansatz 146

8.5 Anwendungsfälle 148

8.6 Allgemeine Erkenntnisse und Handlungsempfehlungen 154

8.7 Fazit 155

Literatur 156

9 Konzeption und Realisierung eines Produktionssystems für die modulare Fertigung in der Automobilindustrie 159
 Walter Huber

9.1 Motivation und Ausgangssituation 160

9.2 Begriffsdefinition 160

9.3 Ausgangssituation und Projektziele 162

9.4 Methodisches Vorgehen 164

9.5 Erfahrungen 172

9.6 Fazit und Ausblick 174

Literatur 174

10 Digitalisierungspotenziale der Instandhaltung 4.0 – Von der Aufbereitung binärer Daten zum Einsatz transparenter künstlicher Intelligenz 177
 Jonas Wanner, Lukas-Valentin Herm und Christian Janiesch

10.1 Nutzenmachung von Daten für intelligente Wartungsansätze als Wettbewerbsfaktor in der Fertigung 178

10.2 Theoretische Grundlagen der Datenanalyse 179

10.3 Schrittweiser Entwicklungsansatz für die Nutzung binärer Datenwerte hinsichtlich moderner Instandhaltungsansätze 181

10.4 Evaluation des schrittweisen Entwicklungsgangs anhand eines Demonstrators 189

10.5 Zusammenfassende Betrachtung für Praxis und Forschung 191

Literatur 192

11 Automatisierung von Geschäftsprozessen im Maschinen- und Anlagenbau – Fallstudie zu Predictive Maintenance 195
 Peter Gluchowski, Christian Schieder, Andreas Gmeiner und Stefan Trenz

11.1 Produkt-Service-Systeme im Maschinen- und Anlagenbau 196

11.2 Wellpappe und Wellpappenanlagen 197

11.3 Predictive Maintenance 200

11.4 Fallstudie: Predictive Maintenance bei Wellpappenanlagen 200

11.5	Lessons Learned und Ausblick	207
	Literatur	207
12	Einbindung von intelligenten Ladungsträgern in Prozesse der Intralogistik	209
	René Kessler, Jendrik Suske und Jorge Marx Gómez	
12.1	Intelligente Vernetzung in der Logistik	210
12.2	Herausforderungen in der Praxis	211
12.3	Track & Trace in der Logistik	214
12.4	Konzept zur Umsetzung	216
12.5	Chancen und Limitationen	219
12.6	Zusammenfassung	220
	Literatur	220
Teil V Smarte Produkte – Herausforderungen und Vorgehen bei der Produktentwicklung		
13	Von smarten Produkten zu smarten Dienstleistungen und deren Auswirkung auf die Wertschöpfung	225
	Gero Strobel, Ute Paukstadt, Jörg Becker und Stefan Eicker	
13.1	Einleitung	226
13.2	Vom Ursprung smarter Produkte	226
13.3	Smarte, vernetzte Produkte	228
13.4	Von smarten Produkten zu smarten Diensten	234
13.5	Der Einfluss smarterer Dienste auf Geschäftsmodelle	237
13.6	Schlussbetrachtung	240
	Literatur	241
14	Integration von Smarten Produkten und Dienstleistungen im IoT-Zeitalter – Ein Graph-basierter Entwicklungsansatz	245
	Simon Hagen, Jonas Brinker, Paul Christoph Gembarski, Roland Lachmayer und Oliver Thomas	
14.1	Einleitung	246
14.2	Smarte Produkte und Dienstleistungen im IoT-Kontext	247
14.3	Konzeptioneller Integrationsansatz mittels Graphdatenbanken	250
14.4	Prototypische Umsetzung	252
14.5	Strategische Handlungsempfehlungen	254
14.6	Fazit	256
	Literatur	257
15	Smartifizierung von Maschinenbauprodukten mittels einer zielorientierten Methode	259
	Max-Ferdinand Stroh, Jan Hicking und Volker Stich	
15.1	Einleitung	260
15.2	Begriffsbestimmung zu intelligenten Produkten	261
15.3	Beschreibung einer Methode zur Smartifizierung von Maschinenbauprodukten	263

15.4	Anwendung der Methode	270
15.5	Empfehlungen für den Einsatz der Methode	272
	Literatur.	273
16	Smartere Produkte durch analysebasierte Dienstleistungen – Ein methodisches Werkzeug zur strukturierten Entwicklung	277
	Fabian Hunke und Ronny M. Schüritz	
16.1	Einleitung und Motivation	278
16.2	Daten und Analyseverfahren als zentrale Komponenten der Wertschöpfung in Dienstleistungen	279
16.3	Methodisches Vorgehen	281
16.4	Ergebnisse	284
16.5	Implikationen für die Unternehmenspraxis	289
	Literatur.	290
17	(Re-)Engineering smarter Produkte – Mit dem digitalen Freiheitsgrad zu flexiblen Leistungsangeboten	293
	Friedemann Kammler, Paul Christoph Gembarski, Jonas Brinker, Roland Lachmayer und Oliver Thomas	
17.1	Einleitung.	294
17.2	Charakteristika Smarter Produkte	295
17.3	Gestaltungsfreiheitsgrade physischer Produkte durch Mass Customization	297
17.4	Auswahl flexibler Gestaltungsstrategien am Beispiel eines PKW-Frontscheinerwerfers.	299
17.5	Strategische Handlungsempfehlungen.	302
17.6	Fazit	304
	Literatur.	304
Teil VI Architektur kommunaler IoT-Szenarien in Metropolregionen		
18	IoT-gestützte, kommunale Datenarchitektur für Metropolregionen in Deutschland – Metropolitan Data Space.	309
	Mathis Niederau und Jörg Hoffmann	
18.1	Ausgangssituation	310
18.2	Grundlegende Einordnung bestehender Konzepte.	311
18.3	Untersuchung der IoT- und Datenarchitektur in der Metropolregion Rhein-Ruhr	320
18.4	Entwurf einer IoT-gestützten Gesamtarchitektur.	325
18.5	Implementierung der Architektur in der Metropolregion Rhein-Ruhr.	330
18.6	Zusammenfassung und Ausblick.	334
	Literatur.	334

Teil VII Effiziente Verarbeitung von IoT-Daten – Edge vs. Cloud

19 Anforderungen für Zeitreihendatenbanken im industriellen IoT 339

Dimitri Petrik, Mathias Mormul, Peter Reimann und
Christoph Gröger

19.1 Ausgangssituation und Problemstellung	340
19.2 Verwandte Themen	343
19.3 Einsatzszenarien für Zeitreihendatenbanken im industriellen IoT .	346
19.4 Erstellung des Kriterienkatalogs	348
19.5 Evaluation des Katalogs am Beispiel von InfluxDB	360
19.6 Diskussion und Ausblick	371
Literatur.	375

Teil VIII IoT Security – Datensicherheit, Datenschutz, Authentifizierungsverfahren

20 Das Internet of Things – zwischen Usability und Verlust der Datensouveränität 381

Silvia Knittl, Valentina Neuberger und Simon Dieterle

20.1 Einleitung.	382
20.2 Charakteristika und Anwendungsbereiche des IoT in Unternehmen	382
20.3 Sicherheits- und Datenschutzaspekte im IoT.	385
20.4 Maßnahmen	389
20.5 Zusammenfassung und Ausblick	391
Literatur.	392

21 IoT Security Best Practices 395

Marco Barenkamp

21.1 Einführung	396
21.2 Grundsätzliche Sicherheitsanforderungen im IoT	397
21.3 Authentifizierungsverfahren im IoT – Stand der Technik	399
21.4 Fallstudie: Security Konzept eines internationalen IoT-Projekts im Agriculture Segment	408
21.5 Ergebnis	413
Literatur.	416

Stichwortverzeichnis 421

Über die Autoren

Prof. Dr. Andrea Back ist Professorin und Direktorin am Institut für Wirtschaftsinformatik (IWI-HSG) der Universität St. Gallen. Managementinstrumente für Digital Strategy, Maturity & Transformation sind ihr Arbeits- und Forschungsschwerpunkt.

Marco Barenkamp ist studierter Wirtschaftsinformatiker und gründete im Jahr 2000 die LMIS AG und fungiert dort als Vorstandsvorsitzender. Seit 20 Jahren führt er im Rahmen des Unternehmens (internationale) IT-Entwicklungsprojekte für Bundesministerien, Konzerne und den Mittelstand durch.

Dr. Dr. h.c. Dr. h.c. Jörg Becker hat den Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik und Informationswirtschaft an der Universität Münster inne. Seine Forschungsschwerpunkte sind Prozessmodellierung und Datenmodellierung. Die Forschungsschwerpunkte liegen in den Bereichen Service Science Management und Engineering, E-Gouvernement und Retail. Er ist geschäftsführender Direktor des European Research Center for IS (ERCIS), einem Netzwerk von 20 meist europäischen Forschungszentren.

Dominik Bilgeri ist IoT Product Owner bei der Hoval AG mit Sitz in Liechtenstein. Von 2015 bis 2019 war er wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand am Institut für Informationsmanagement von Prof. Dr. Elgar Fleisch an der ETH Zürich. Im Rahmen seiner Dissertation befasste er sich mit der Entwicklung neuer digitaler Geschäftsmodelle.

Dr. Dirk Börner hat einen Abschluss in Medieninformatik und promovierte anschließend im Bereich Advanced Learning Technologies an der Open Universiteit in den Niederlanden. Als erfahrener Softwareentwickler und Projektmanager arbeitet er bei SAP an Richtlinien zur Integration verschiedener Technologien für das intelligente Unternehmen.

Jonas Brinker ist Researcher im Forschungsbereich Smart Enterprise Engineering am Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, Osnabrück. Dort forscht er als Projektleiter an der Umsetzung additiver Bauteilreparaturen im Maschinen- und Anlagenbau. Jonas Brinker beschäftigt sich projektübergreifend mit der Gestaltung von kontextadaptiven Assistenzsystemen für produktbegleitende Dienstleistungen. Die Ergebnisse seiner Forschungsarbeiten werden in einer Reihe wissenschaftlicher Publikationen zur Verfügung gestellt, u. a. Erkenntnisse zum Einsatz von Augmented-Reality-Brillen im Maschinen- und Anlagenbau sowie zur Transformation von Produkten durch die Integration von Informationstechnologie.

Simon Dieterle studierte Informatik an der Technischen Universität München. Seit 2018 ist er Senior Associate bei PricewaterhouseCoopers GmbH WPG im Bereich Cybersecurity & Privacy. Seine Schwerpunkte liegen bei der Entwicklung von Security Architekturen und der datengetriebenen Entscheidungsfindung für Sicherheitsstrategien.

Prof. Dr. Stefan Eicker ist Inhaber des Lehrstuhls für Wirtschaftsinformatik und Softwaretechnik an der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften der Universität Duisburg-Essen. Als Mitglied von paluno – The Ruhr Institute for Software Technology liegen seine Forschungsschwerpunkte im Bereich einerseits smarter Produkte und Services und andererseits der Steuerung der digitalen Energienetze.

Tobias Enders ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Wirtschaftsinformatik und Marketing (IISM) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT). In seiner Forschung beschäftigt er sich mit Strategien zur Monetarisierung von Daten und datenbasierten Dienstleistungen. Zuvor war Herr Enders als Strategieberater und Data Scientist bei IBM in den USA, Deutschland und der Schweiz tätig.

Prof. Dr. Elgar Fleisch ist Professor für Informations- und Technologiemanagement an der ETH Zürich und der Universität St. Gallen (HSG). Bereits seit 1999 steht die Verschmelzung der physischen mit der digitalen Welt zu einem Internet der Dinge im Zentrum seines Forschungsinteresses. Er verfolgt mit seinem Team das Ziel, diese Verschmelzung in den Dimensionen Technologie, Anwendungen und Implikationen zu verstehen und darauf aufbauend neue Technologien und Anwendungen zum Nutzen von Wirtschaft und Gesellschaft zu entwickeln. Elgar Fleisch ist Mitgründer mehrerer Spin-off und Startup Unternehmen sowie Mitglied des Aufsichts- bzw. Verwaltungsrates von mehreren Unternehmen.

Heiko Gebauer ist Projektleiter am Fraunhofer Center für International Management and Knowledge Economy. Er ist ferner Gastprofessor für Internationales und Strategisches Management an der Linköping Universität in Schweden und Privatdozent an der Universität St. Gallen. Der Schwerpunkt seiner Arbeit liegt auf der Untersuchung dreier empirischer Phänomene – Service-, Skalierungs- und Digitalisierungsparadoxe – und er hat verschiedene Artikel zu diesen Phänomenen in wissenschaftlichen und Management-Zeitschriften veröffentlicht.

Dr.-Ing. Paul Christoph Gembariski leitet die Abteilung System Engineering am Institut für Produktentwicklung und Gerätebau. Neben Themenstellungen aus der Konstruktionslehre und insbesondere der Konstruktion für die additive Fertigung forscht Dr.-Ing. Gembariski zu den Themen Mass Customization, Produktkonfiguration, wissensbasierte Konstruktion und Einsatz künstlicher Intelligenz in der Produktentwicklung.

Prof. Dr. Peter Gluchowski leitet den Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, insb. Systementwicklung und Anwendungssysteme, an der Technischen Universität in Chemnitz und konzentriert sich dort mit seinen Forschungsaktivitäten auf das Themengebiet Business Intelligence & Analytics. Er beschäftigt sich seit mehr als 25 Jahren mit Fragestellungen, die den praktischen Aufbau dispositiver beziehungsweise analytischer Systeme zur Entscheidungsunterstützung betreffen. Seine Erfahrungen aus unterschiedlichsten Praxisprojekten sind in zahlreichen Veröffentlichungen zu diesem Themenkreis dokumentiert.

Dr. Andreas Gmeiner studierte Volkswirtschaftslehre an der Universität Regensburg und der Universität Maastricht. Neben seiner Anstellung bei einem Beratungsunternehmen promovierte er zum Thema gesundheitsökonomische Konsequenzen der Digitalisierung bei Gesundheitsdienstleistungen. Derzeit ist er im Bereich Data Science bei BHS Corrugated Maschinen- und Anlagenbau GmbH in Weiherhammer tätig. Er beschäftigt sich mit Methoden aus dem Bereich „Advanced Analytics“ zur Konzeption und Entwicklung von Smart Data Lösungen, die zur datengetriebenen Entscheidungsfindung bei maschinennahen Problemstellungen verwendet werden

Dr.-Ing. Christoph Gröger ist Gastwissenschaftler am Institut für Parallele und Verteilte Systeme der Universität Stuttgart. Sein Forschungsgebiet umfasst Industrial Analytics, d. h. Data Management, Data Analytics und Künstliche Intelligenz in industriellen Wertschöpfungsketten.

Lukas Gruber ist Student an der Universität St. Gallen (HSG) im Bereich Betriebswirtschaftslehre. Accounting & Finance sind sein Studienschwerpunkt.

Prof. Dr. Björn Häckel ist seit 2016 Inhaber der Forschungsprofessur für Digitale Wertschöpfungsnetze an der Fakultät für Informatik der Hochschule Augsburg. Zugleich ist er stellvertretender wissenschaftlicher Leiter des Kernkompetenzzentrums Finanz- & Informationsmanagement und arbeitet eng mit der Projektgruppe Wirtschaftsinformatik des Fraunhofer FIT zusammen. Er konzentriert sich in seiner Forschung im Rahmen von angewandten Forschungsprojekten mit Unternehmen und in öffentlich geförderten Forschungsprojekten auf das Chancen- und Risikomanagement der Industrie 4.0 und in digitalen Wertschöpfungsnetzen, die ökonomische Bewertung von Technologien sowie auf das Gebiet des finanzwirtschaftlichen Energiemanagements.

Dr. Simon Hagen ist Senior Researcher am Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (FB Smart Enterprise Engineering) und forscht unter anderem zur Integration von Informations- und Kommunikationstechnologie in Produkte und Dienstleistungen im Kontext von (digitalen) Wertschöpfungssystemen und -netzwerken. Derzeit leitet er am Forschungsbereich das Projekt ForeSight, in dem eine Plattform für die Vernetzung von Komponenten im Datenökosystem Smart Living entwickelt wird. Zuvor untersuchte Herr Hagen im Rahmen seiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Informationsmanagement und Wirtschaftsinformatik der Universität Osnabrück im Innovationsverbund SmartHybrid die hybride Wertschöpfung und ihre Schnittmengen zu Smart Service Systemen. Konkret entwickelte er die Möglichkeiten zur informationsbasierten Integration der Bestandteile eines hybriden Leistungsbündels und der sich daraus ergebenden Potenziale für die Erbringung innovativer Leistungen.

Lukas-Valentin Herm hat einen Bachelor- und Master-Abschluss in Wirtschaftsinformatik. Seit 2019 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Juniorprofessur für Information Management der Julius-Maximilians-Universität Würzburg angestellt und lehrt im Bereich der Datenmodellierung. In seiner Forschung beschäftigt er sich mit Themen der Robotic Process Automation und der erklärbaren künstlichen Intelligenz.

Lukas Hick hat seinen Bachelor im Bereich Wirtschaftsinformatik an der Dualen Hochschule in Mannheim erlangt. Aktuell absolviert er seinen Master im Bereich Innovation Management. Parallel zu dieser Laufbahn ist er bei der SAP tätig. Die Forschungsinteressen liegen besonders im Bereich IoT und Innovation in der Lagerlogistik.

Jan Hicking studierte Wirtschaftsingenieurwesen Fachrichtung Maschinenbau an der RWTH Aachen. Nach seinem Studium arbeitete er zunächst als Projektmanager am FIR an der RWTH Aachen und koordinierte eine Fachgruppe mit dem Fokus auf das Management digitaler Technologien. Parallel zu Projekten zur Gestaltung von Digitalisierungsstrategien und dem Geschäftsprozessmanagement in produzierenden Unternehmen widmete er sich der Forschung an intelligenten Produkten. Seit 2020 leitet er den Bereich Informationsmanagement am FIR und gestaltet die Vision des digital vernetzten Unternehmens mit dem Ansatz des Digital Architecture Management.

Dr. Jörg Hoffmann (*1985) hat Wirtschaftsingenieurwesen in Karlsruhe studiert und wurde 2018 an der RWTH Aachen zum Dr.-Ing. promoviert. Nach ersten Erfahrungen in der Industrie hat er von 2014 bis 2019 am Forschungsinstitut für Rationalisierung (FIR) an der RWTH Aachen im Themenbereich IT-Strategie und Digitalisierung geforscht und beraten. Seit Ende 2019 arbeitet er beim Automobilzulieferer BOS in Ostfildern und treibt dort Digitalisierungsprojekte voran.

Manuela Hofmann arbeitet als Projekt- und Rolloutmanagerin im Zentralbereich Digitale Transformation der TRUMPF GmbH & Co. KG. Zuvor absolvierte sie ihr Studium des Wirtschaftsingenieurwesens am Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Ihren Masterabschluss erlangte sie im Jahr 2018 bei der Firma TRUMPF GmbH & Co. KG. Ihre im Jahr 2018 abgeschlossene Masterthesis ist im Jahr 2019 mit dem ISACA Germany Thesis Award ausgezeichnet worden und diente als Grundlage für den veröffentlichten Beitrag.

Dr. Walter Huber trug in seinen beruflichen Stationen unter anderem bei Siemens, Staufan AG, MT Aerospace und aktuell Webasto überwiegend die Verantwortung für strategische Veränderungen. Aktuell ist er bei Webasto als Director im Produktionsbereich/Manufacturing Engineering beschäftigt. Im Laufe seiner beruflichen Tätigkeit hat er über dreißig Industrie 4.0 Projekte umgesetzt und mehrere Firmen in Richtung Industrie 4.0 transformiert. Hierzu sind auch beim Springer Verlag zwei Bücher mit dem Titel „Industrie 4.0 in der Automobilproduktion“ und „Wie Technologien unsere Wirtschaft und unsere Unternehmen verändert“ erschienen.

Fabian Hunke ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Forschungsgruppe Digital Service Innovation am Karlsruher Institut für Technologie (KIT). In seiner Forschung untersucht er den Einsatz von Daten und Analyseverfahren in Dienstleistungsangeboten, sowie deren systematische Gestaltung in Organisationen.

Prof. Dr. Christian Janiesch ist seit 2014 Juniorprofessor für Information Management an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg. Er lehrt und forscht im Bereich Business Analytics und Business Process Management z. B. daran, wie intelligente Methoden die Prozess- und Informationssystemgestaltung verbessern kann.

Dr. Friedemann Kammler ist Senior Researcher in der Forschungsgruppe Smart Enterprise Engineering am Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI). In seinen Arbeiten adressiert er die Entwicklung und Umsetzung flexibler Leistungsangebote in unternehmensübergreifenden Wertschöpfungssystemen. Dr. Kammlers Forschungsinteressen liegen im Aufbau von Gestaltungswissen für kontextadaptive Produkte und Dienstleistungen, der Erforschung kooperativer Wertschöpfungsmechanismen sowie der Hebung von Synergie-Effekten zwischen Menschen und Maschinen.

René Kessler, M.Sc., ist seit 2017 wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachbereich der Wirtschaftsinformatik (VLBA) der Universität Oldenburg und forscht im Themenfeld der angewandten KI. Im Rahmen der Forschungsk Kooperation zwischen der abat AG und der Universität Oldenburg ist er an der Entwicklung verschiedenster Prototypen beteiligt und evaluiert gemeinsam mit den Partnern den praktischen Nutzen von modernen Technologien (Industrie 4.0).

Dr. Silvia Knittl studierte Informatik an der Ludwig-Maximilians-Universität München und promovierte im Jahr 2012 an der Technischen Universität München. Nach ihrer Promotion wechselte sie in die Beratung mit einem starken Fokus auf Enterprise Security Architecture und Identity & Access Management. Seit 2018 ist sie Senior Managerin bei PricewaterhouseCoopers GmbH WPG im Bereich Cybersecurity & Privacy.

Ulrich Matthias König studierte an der Universität Augsburg den Bachelor Wirtschaftsinformatik und den Informatik- und Informationswirtschafts-Masterstudiengang. Im Februar 2016 begann er seine Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Kernkompetenzzentrum Finanz- & Informationsmanagement und der Fraunhofer- Projektgruppe Wirtschaftsinformatik. Im Rahmen seiner Forschungsaktivitäten beschäftigt sich Herr König vorwiegend mit dem Themengebiet des wertorientierten Prozessmanagements.

Prof. Dr.-Ing. Roland Lachmayer leitet seit Januar 2011 das Institut für Produktentwicklung und Gerätebau an der Leibniz Universität Hannover. Neben den Methoden und Prozessen der Produktentwicklung sowie der rechnergestützten Produktentwicklung bilden Lichttechnik und Optomechatronik seine Forschungsschwerpunkte. Roland Lachmayer ist im Vorstand des Hannoverschen Zentrums für optische Technologie und ordentliches Mitglied der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Produktentwicklung (WiGeP).

Claudio Lamprecht ist Doktorand am Bosch IoT Lab der Universität St. Gallen (HSG). Seine Forschung fokussiert auf das Design und die Umsetzung datenbasierter Geschäftsmodelle im Kontext Internet der Dinge und Künstliche Intelligenz mit den Schwerpunkten IoT Performance Management und Equipment-as-a-Service Geschäftsmodelle. Neben seinem Studium sammelte er bereits Berufserfahrung in verschiedenen Branchen, e.g. Surveying & Engineering (Leica Geosystems), Banking (VP Bank AG) und Automotive (BMW).

Dipl.-Inform. (Uni) Sebastian Lempert studierte bis 2006 Informatik mit Nebenfach Betriebswirtschaftslehre an der Freien Universität Berlin. Während seines gesamten Studiums arbeitete er als Software-Entwickler bei dem Berliner Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK im Bereich der virtuellen Produktentstehung.

Seit 2006 unterstützt er als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung »Data Spaces and IoT Solutions« das Team der Fraunhofer- Arbeitsgruppe für Supply Chain Services SCS am Standort Nürnberg. Zu seinen aktuellen Arbeits- und Forschungsschwerpunkten zählt insbesondere die »Integration der Basistechnologien des Internet der Dinge (bspw. RFID, RTLS und WSN) in existierende IT-Infrastrukturen von Unternehmen«. Dazu zählen die Entwicklung oder Verwendung von IoT-Software-Plattformen sowie das Rapid Prototyping von IoT-Anwendungen.

In dem Bereich Bewertung und Auswahl der für einen unternehmensspezifischen Anwendungsfall am besten geeigneten IoT-Software-Plattform aus einer Menge

von Kandidaten hat Herr Lempert als externer Doktorand des Lehrstuhls für Betriebswirtschaftslehre, insbes. Supply Chain Management der Otto-Friedrich-Universität Bamberg seine Dissertation verfasst und wurde mit dem HMD Best Paper Award 2019 ausgezeichnet.

Christian Marheine ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand am Institut für Wirtschaftsinformatik (IWI-HSG) der Universität St. Gallen. Sein Arbeits- und Forschungsschwerpunkt sind Plattform-Ökosysteme im industriellen Internet der Dinge.

Prof. Dr.-Ing. Jorge Marx Gómez ist seit 2005 Professor für Wirtschaftsinformatik/Very Large Business Applications an der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich betrieblicher Umweltinformationssysteme und großer, industrieller Anwendungssysteme. In den letzten Jahren rücken Themen mit Bezug zu Unternehmensdaten, wie bspw. maschinelles Lernen oder Blockchain-Anwendungen immer weiter in den Fokus seines Lehrstuhls.

Stefan Meinhardt ist seit 1988 Mitarbeiter der SAP SE in Walldorf. Aktuell ist er als Vice President und Managing Partner für Kunden im Handel und der Konsumgüterindustrie im Rahmen des Strategic Customer Programms der SAP Deutschland tätig. In den letzten Jahren verantwortete er als Vice President SAP Leonardo die Entwicklung von strategischen Partnerschaften rund um digitale Geschäftsmodelle. Zuvor leitete er über viele Jahre als Geschäftsbereichsleiter die Branchen Konsumgüter, Chemie, Pharma und Life Science sowie die Service Industrien innerhalb der SAP Digital Business Service Organisation und unterstützte mit seinem Team SAP Kunden bei digitalen Transformation- und Innovations-Projekten mit dem Ziel der Optimierung von Geschäftsprozessen oder der Implementierung neuer Business Modelle. Darüber hinaus ist er seit 1997 Mitherausgeber der HMD – Praxis der Wirtschaftsinformatik und engagiert sich an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Praxis. Seinen Abschluss als Diplom Kaufmann machte er 1988 an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg.

Mathias Mormul ist Doktorand am Institut für Parallele und Verteilte Systeme an der Universität Stuttgart und erhielt sein Diplom in 2015. Seine Forschungsschwerpunkte liegen auf Cloud Monitoring, Kontextmodelle für industrielle Umgebungen und dem Einsatz von maschinellem Lernen für Zeitreihendaten.

Valentina Neuberger ist Senior Associate bei PricewaterhouseCoopers GmbH WPG am Standort Frankfurt. Ihre Beratungsschwerpunkte liegen im Bereich Cybersecurity und Informationssicherheit.

Mathis Niederau (*1991) hat Maschinenbau mit der Vertiefungsrichtung Produktionstechnik an der RWTH Aachen und der Tsinghua Universität in Beijing studiert. Er ist seit Februar 2019 am Forschungsinstitut für Rationalisierung (FIR) an der RWTH als wissenschaftlicher Mitarbeiter angestellt und forscht und berät in dieser Rolle zu den Themen IT-Strategien und IT-Architekturen.

Dr. Anna Maria Oberländer ist Postdoktorandin an der Universität Bayreuth und Co-Fachbereichsleiterin am Kernkompetenzzentrum Finanz- & Informationsmanagement und der Projektgruppe Wirtschaftsinformatik des Fraunhofer FIT, wo sie außerdem die Digitale Innovationswerkstatt als Mitgründerin leitet. In Forschung, Lehre und Praxis beschäftigt sich Frau Oberländer insbesondere mit den Themen Digitalisierung, digitale Innovation und emergente Technologien, wie zum Beispiel das (industrielle) Internet der Dinge oder Künstliche Intelligenz. Zuvor arbeitete Frau Oberländer als Beraterin für die Strategieberatung McKinsey & Company, wobei sie Klienten rund um digitale Transformation, Prozessdigitalisierung und Innovationsmanagement unterstützte.

Prof. Dr. Henning Pagnia promovierte 1994 in Informatik an der TU Darmstadt. Seit 2001 ist er Professor für Wirtschaftsinformatik an der Dualen Hochschule in Mannheim und lehrt und forscht dort insbesondere auf dem Gebiet der Verteilten Systeme sowie der Sicherheit von Betriebssystemen und Netzwerken.

Ute Paukstadt, M.Sc. ist wissenschaftliche Mitarbeiterin und Doktorandin am Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik und Informationsmanagement von Professor Jörg Becker an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster. Ihre Forschung konzentriert sich auf die Analyse und Entwicklung digitaler Geschäftsmodelle und intelligenter Dienstleistungen.

Dimitri Petrik ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl Wirtschaftsinformatik II des betriebswirtschaftlichen Instituts an der Universität Stuttgart und promoviert seit April 2017 an der Graduate School of Excellence advanced Manufacturing Engineering (GSaME). Die GSaME ist eine im Rahmen der Exzellenzinitiative geförderte Forschungseinrichtung der Universität Stuttgart mit einem interdisziplinären Profil. In seiner Dissertation untersucht Herr Petrik digitale Plattformen und die Entwicklung plattform-basierter Ökosysteme im industriellen IoT.

Prof. Dr. rer.-pol. Dipl.-Ing. Alexander Pflaum studierte Elektrotechnik an der Friedrich-Alexander-Universität FAU Erlangen-Nürnberg und promovierte 2001 an der wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der FAU zum Thema »RFID und Supply Chain Management«. Er ist seit 1995 bei der Fraunhofer-Gesellschaft beschäftigt und war bereits während seines Promotionsstudiums Leiter der Gruppe »Kommunikationstechnik« innerhalb des Fraunhofer-Anwendungszentrums für Verkehrslogistik und Kommunikationstechnik AVK. Ab 2002 führte Prof. Dr. Alexander Pflaum die Abteilung »Informations- und Kommunikationstechnologien und Supply Chain Management« der Fraunhofer-Arbeitsgruppe für Technologien der Logistik-Dienstleistungswirtschaft ATL. Seit 2008 leitet Prof. Dr. Alexander Pflaum das Zentrum für Intelligente Objekte ZIO. Seit 2016 ist er Leiter der Fraunhofer-Arbeitsgruppe für Supply Chain Services SCS. Darüber hinaus ist er seit Oktober 2011 Inhaber des Lehrstuhls für Betriebswirtschaftslehre, insbes. Supply Chain Management, an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg.

Thomas Pschybilla arbeitet als Business Process Manager im Order Fulfillment bei der TRUMPF Lasertechnik GmbH. Zuvor absolvierte er ein dreijähriges Doktorandenprogramm zwischen der TRUMPF GmbH + Co. KG und dem Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF) der Universität Stuttgart. In seiner Forschung beschäftigt sich Thomas Pschybilla mit der Analyse von Informations- und Materialflüssen vor dem Hintergrund kundennahe Prozesse durch Möglichkeiten der Digitalisierung zu optimieren.

Dr. Peter Reimann promovierte im Jahr 2016 am Institut für Parallele und Verteilte Systeme der Universität Stuttgart im Themenbereich Datenmanagement und Datenbereitstellung für computerbasierte Simulationen. Seit April 2017 ist er Nachwuchsgruppenleiter an der Graduate School of Excellence advanced Manufacturing Engineering (GSaME). Die GSaME ist eine zentrale wissenschaftliche Einrichtung der Universität Stuttgart. Die zugehörige Nachwuchsforschungsgruppe beschäftigt sich mit Methoden zur Datenanalyse und des maschinellen Lernens und untersucht deren Potenzial, um im Produktlebenszyklus relevante Artefakte wie z. B. Produkte, ganze Fabriken oder einzelne Maschinen besser zu verstehen und zu optimieren.

Prof. Dr. Maximilian Röglinger ist Professor für Wirtschaftsinformatik und Wertorientiertes Prozessmanagement an der Universität Bayreuth sowie Adjunct Professor an der School of Management der Queensland University of Technology. Zudem ist er stellvertretender wissenschaftlicher Leiter des Kernkompetenzzentrum Finanz- & Informationsmanagement sowie in leitender Position tätig an der Projektgruppe Wirtschaftsinformatik des Fraunhofer FIT. Ebenso ist Herr Röglinger Mitgründer der Digitalen Innovationswerkstatt und der Digital Leadership Academy.

Prof. Dr. Christian Schieder ist Professor für Wirtschaftsinformatik an der Weiden Business School der Ostbayerischen Technischen Hochschule (OTH) Amberg-Weiden. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in der Konzeption und Anwendung analytischer Informationssysteme zur Umsetzung datenbasierter Geschäftsmodelle. Als unabhängiger Berater unterstützt der Diplom-Wirtschaftsinformatiker Unternehmen im Umfeld Digital Business beim Aufbau datengetriebener Entscheidungskulturen. Zuvor war er als Chief Digital Officer beim bayerischen Maschinen- und Anlagenbauer BHS Corrugated für digitale Transformation und Business Development im Bereich industrieller digitaler Lösungen (IoT-, Edge- und Cloud-Services) verantwortlich.

Dr. Jan Hendrik Schoenke promovierte 2019 in der Technischen Informatik zu Maschinellem Lernen in Eingebetteten Systemen. Seit 2019 verantwortet er bei der LMIS AG den Bereich Machine Learning und IoT. Seine aktuellen Forschungsinteressen konzentrieren sich auf Bildverarbeitung und Semantische Technologien.

Dr. Ronny M. Schüritz ist Mitbegründer und Co-CEO des KI-Startup prenode und Dozent am Karlsruher Institut für Technologie (KIT).

Prof. Dr. Volker Stich ist seit Januar 1997 Geschäftsführer FIR an der RWTH Aachen, das sich mit innovativen Fragestellungen der Betriebsorganisation und IT-Systemen, insbesondere in den Bereichen der Logistik, des inner- und überbetrieblichen Produktionsmanagements, der Entwicklung von technischen Dienstleistungen im Business-to-Business-Bereich sowie Fragen des Informationsmanagements beschäftigt. 2010 wurde er zum „außerplanmäßigen Professor“ ernannt, womit sein intensives Engagement sowohl für das FIR als auch für den RWTH Aachen Campus gewürdigt wurde.

Gero Strobel, M.Sc., ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand im Fachbereich Wirtschaftsinformatik der Universität Duisburg-Essen. Im Rahmen seiner Forschungsarbeit untersucht er die Auswirkungen von digitalen Produkten und Services auf Informationssysteme. Im Fokus steht hierbei die Entwicklung von dedizierten Informationssystem-Architekturen und domänenspezifischen Modellierungssprachen.

Max-Ferdinand Stroh studierte Maschinenbau mit Fachrichtung Produktionstechnik an der RWTH Aachen. Dort lernte er in seiner studentischen Arbeit und während eines Auslandspraktikums in den USA die Automobilindustrie sowie deren digitale Herausforderungen kennen. Seit 2017 arbeitet er als Projektmanager beim FIR an der RWTH Aachen im Bereich Informationsmanagement. Im Rahmen seiner Tätigkeit fokussiert er seine Forschungen auf agile Entwicklung sowie die digitale Architektur von intelligenten Produkten. Darüber hinaus entwickelt er in seinen Projekten Digitalisierungsstrategien und arbeitet an der Realisierung des Internet of Production.

Jendrik Suske arbeitet als Consultant bei der Bremer abat AG. Branchenerfahrungen sammelte er bereits während eines dualen Logistikstudiums am BVL-Campus, in Kooperation mit einer internationalen Logistik-Gruppe. Seinen Masterabschluss in International Management erlangte er 2018 an der Hamburger ISM. Heute berät der gelernte Logistiker Kunden bei Herausforderungen im Bereich des Warehouse Managements und kümmert sich mit um den Aufbau neuer Digitalisierungslösungen im Portfolio der abat.

Prof. Dr. Oliver Thomas ist Inhaber des Lehrstuhls für Informationsmanagement und Wirtschaftsinformatik an der Universität Osnabrück und Leiter der Forschungsgruppe „Smart Enterprise Engineering“ am Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI), Osnabrück. Grundsätzlicher Gegenstand der praxisnahen Aktivitäten von Prof. Thomas ist die Gestaltung von betrieblichen Informationssystemen und ihre Anwendung in Unternehmen im Rahmen der digitalen Transformation.

Dr. Stefan Trenz studierte Mathematik mit Nebenfach Informatik an der Universität Bayreuth und promovierte am Lehrstuhl für angewandte Mathematik an der Universität Konstanz mit Schwerpunkt Modellreduktion und Optimierung. Nach

Anstellungen als Softwareingenieur und Datenanalyst ist er derzeit im Bereich Data Science bei BHS Corrugated Maschinen- und Anlagenbau GmbH in Weiherhammer tätig. Neben dem Anwendungsfeld „Advanced Analytics“ in Industrie und Technik beschäftigt er sich hier auch mit maschinennahen Problemstellungen auf dem Gebiet der mathematischen Modellierung und computergestützten Simulation.

Dr. Jochen Übelhör war wissenschaftlicher Mitarbeiter bei der Projektgruppe Wirtschaftsinformatik des Fraunhofer FIT und dem Kernkompetenzzentrum Finanz- & Informationsmanagement der Universität Augsburg und promovierte dort zum Thema „Risk and Return Management in Digitized Value Networks“. Sein Forschungsschwerpunkt liegt auf dem Chancen- und Risikomanagement im Kontext digitaler Wertschöpfungsnetze und fokussiert sich insbesondere auf die Entwicklung digitaler Geschäftsmodelle und die ökonomische Bewertung von informationsbasierten, systemischen Risiken. Heute ist er als Produktmanager in der Entwicklung digitaler, cloud-basierter Services bei Carl Zeiss Vision tätig.

Prof. Dr. Nils Urbach ist Inhaber der Professur für Wirtschaftsinformatik und Strategisches IT-Management an der Universität Bayreuth. Zudem ist er stellvertretender wissenschaftlicher Leiter am Kernkompetenzzentrum Finanz- & Informationsmanagement (FIM) und der Projektgruppe Wirtschaftsinformatik des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Informationstechnik FIT sowie Mitgründer und Leiter des Fraunhofer Blockchain-Labors.

Michael Vössing ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Wirtschaftsinformatik und Marketing (IISM) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT). In seiner Forschung beschäftigt er sich mit der Entwicklung von Informationssystemen, welche die Zusammenarbeit von Mensch und Maschine unterstützen.

Jonas Wanner hat einen Bachelorabschluss in Wirtschaftsinformatik und einen Masterabschluss in Business Management. Seit 2017 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Juniorprofessur für Information Management der Julius-Maximilians-Universität Würzburg angestellt. Seine Lehrtätigkeiten umfassen die Business Intelligence und die Echtzeitanalyse von Prozessen. In seiner Forschung beschäftigt er sich mit Themen der erklärbaren künstlichen Intelligenz im industrienahen Umfeld.

Prof. Dr. Felix Wortmann ist Assistenzprofessor für Technologiemanagement an der Universität St. Gallen (HSG). Darüber hinaus hat er die Leitung des Bosch Internet of Things Lab an der HSG und der ETH Zürich inne. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in den Bereichen Internet der Dinge, Data Science und datenbasierte Geschäftsmodellinnovation. Von 2006 bis 2009 war er als Assistent des Vorstands bei der SAP AG tätig. Nach dem Studium der Wirtschaftsinformatik in Münster hat Felix Wortmann 2006 an der Universität St. Gallen promoviert.

Novica Zarvić ist stellvertretender Leiter der Forschungsgruppe Smart Enterprise Engineering am DFKI (Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz).

Teil I

**Der Einfluss von IoT auf Geschäftsmodelle –
IoT-Geschäftsmodellinnovationen**



Der lange Weg im IoT – Von der Vernetzung zur Profitabilität

1

Felix Wortmann, Dominik Bilgeri, Heiko Gebauer,
Claudio Lamprecht und Elgar Fleisch

Zusammenfassung

Unternehmensberatungen, Marktforschungsinstitute und Technologie-Evangelisten haben sich in den letzten Jahren mit positiven Prognosen zum enormen Geschäftspotenzial im Internet der Dinge (aus dem Englischen Internet of Things, IoT) gegenseitig übertroffen. In der Tat eröffnen vernetzte IoT-Lösungen neue Geschäftspotenziale und sind derzeit im Begriff ganze Branchen zu disruptieren. Jedoch zeigen neuste empirische Forschungsergebnisse und bisherige Erfahrungen, dass Unternehmen diese Chancen viel langsamer realisieren als erwartet. Selbst IoT-Pioniere wie General Electric sind mit ihren ambitionierten Digitalisierungsinitiativen vorerst gescheitert und sehen sich gezwungen, ihre kommunizierten IoT-Pläne deutlich anzupassen. In Anbetracht dieses Digitalisierungs-Paradox, mit hohen Investitionskosten und niedrigen Erträgen, suchen Unternehmen heute mehr denn je nach neuen Möglichkeiten, die über bekannte Produkt- und Dienstleistungsinnovationen hinausgehen. Der vorliegende Grundlagenbeitrag widmet sich den Fragen, wie das IoT die zentralen Geschäftsmodellelemente von Unternehmen beeinflusst und wie das Digitalisierungs-Paradox

Unveränderter Original-Beitrag Wortmann et al. (2019) Geld verdienen im IoT – aber wie?, HMD – Praxis der Wirtschaftsinformatik 56, 1094–1112.

F. Wortmann (✉)

Institut für Technologiemanagement, Universität St. Gallen, St. Gallen, Schweiz

E-Mail: felix.wortmann@unisg.ch

D. Bilgeri · E. Fleisch

ETH Zürich, Zürich, Schweiz

E-Mail: dbilgeri@ethz.ch; efleisch@ethz.ch

H. Gebauer · C. Lamprecht

Universität St. Gallen, Zürich, Schweiz

E-Mail: Heiko.Gebauer@unisg.ch; Claudio.Lamprecht@unisg.ch

© Der/die Autor(en), exklusiv lizenziert durch
Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2021
S. Meinhardt, F. Wortmann (Hrsg.), *IoT – Best Practices*, Edition HMD,
https://doi.org/10.1007/978-3-658-32439-1_1