

Data-driven Product-Service Systems Engineering

**Konzeption und Implementierung eines Werkzeugs zur Entwicklung
informationsbasierter hybrider Leistungsbündel**

Inauguraldissertation

zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Wirtschaftswissenschaften
des Fachbereichs Wirtschaftswissenschaften
der Universität Osnabrück

vorgelegt von

Simon Hagen
M. Sc. Wirtschaftsinformatik

Osnabrück, Juni 2020

Dekanin: Prof. Dr. Valeriya Dinger

Referenten: Prof. Dr. Oliver Thomas
Prof. Dr. Ralf Knackstedt

Tag der Disputation: 30.06.2020

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	II
Tabellenverzeichnis	II
Teil A – Dachbeitrag	III
1 Ausgangssituation	1
2 Motivation und Zielsetzung.....	3
3 Einordnung.....	4
4 Methodik	6
4.1 Forschungsfragen und Erkenntnisinteresse.....	6
4.2 Methodenspektrum	8
4.3 Forschungsplan	10
5 Ergebnisse	12
5.1 Überblick	12
5.2 Zentrale Ergebnisse der Beiträge	16
5.3 Theoretische Implikationen.....	21
5.4 Praktische Implikationen	23
5.5 Limitationen.....	24
6 Zusammenfassung.....	25
7 Literatur.....	26
Teil B – Einzelbeiträge.....	IV
Beitrag 1: Adapting Product-Service System Methods for the Digital Era: Requirements for Smart PSS Engineering.....	V
Beitrag 2: Closing the Gap Between Research and Practice – A Study on the Usage of Service Engineering Development Methods in German Enterprises	VI
Beitrag 3: Modelling Product-Service Systems: An Empirical Analysis of Requirements From a Process-oriented Perspective.....	VII
Beitrag 4: Expectations vs. Reality – Benefits of Smart Services in the Field of Tension between Industry and Science	VIII
Beitrag 5: Leveraging the Value of Data-Driven Service Systems in Manufacturing: A Graph-Based Approach.....	IX
Beitrag 6: Integration von Smarten Produkten und Dienstleistungen im IoT-Zeitalter: Ein Graph-basierter Entwicklungsansatz	X

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.	Forschungsplan	11
Abb. 2.	Einordnung der Beiträge in die Erkenntnisziele der Wirtschaftsinformatik	15
Abb. 3.	Einordnung der Beiträge in den Erkenntnisprozess	16
Abb. 4.	Barrieren in Unternehmen für die Verwendung von Service Engineering-Methoden	17
Abb. 5.	Gegenüberstellung von Anforderungen an die prozessorientierte Entwicklung von hybriden Leistungsbündeln und etablierten Prozessmodellierungssprachen	18
Abb. 6.	Vorteile von Smart Services in der Literatur	19
Abb. 7.	Wertschöpfungskette bei daten-getriebenen Wertschöpfungssystemen	19
Abb. 8.	Mapping von BPMN-Elementen auf Neo4j Cypher-Query-Language	20
Abb. 9.	Integration von Produkten und Dienstleistungen in einer gemeinsamen Datenstruktur ...	21

Tabellenverzeichnis

Tab. 1.	Überblick über die publizierten Beiträge	12
Tab. 2.	Factsheet Beitrag 1	V
Tab. 3.	Factsheet Beitrag 2	VI
Tab. 4.	Factsheet Beitrag 3	VII
Tab. 5.	Factsheet Beitrag 4	VIII
Tab. 6.	Factsheet Beitrag 5	IX
Tab. 7.	Factsheet Beitrag 6	X

Teil A – Dachbeitrag

1 Ausgangssituation

Die Bündelung von Produkten und Dienstleistungen in einem marktfähigen Angebot wird seit mehr als 20 Jahren unter dem Begriff der Hybriden Wertschöpfung¹ diskutiert (Anarelli et al. 2016) und folgt der Zielsetzung, lösungsorientierte und an den Anforderungen des Kunden ausgerichtete Leistungsbündel anzubieten (Goedkoop 1999; Tukker 2004). Dabei ist es nicht von Bedeutung, ob den Anforderungen durch die (materielle) Produkt- oder (immaterielle) Dienstleistungskomponente entsprochen wird, da sie komplementär entwickelt werden und nur in Kombination den geforderten Nutzen stiften (Boehm, Thomas 2013). Ein Hybrides Leistungsbündel ist damit als wertschöpfendes System, bestehend aus unterschiedlichen und in Beziehung zueinander stehenden Komponenten, zu charakterisieren, die als substituierbar und nicht-dichotom² zu beschreiben sind (Thomas et al. 2010). Dies stellt eine wesentliche Neuerung für die resultierenden Wertschöpfungspotenziale dar, über die in der Literatur weitestgehend Einigkeit besteht (Tan et al. 2006; Knackstedt et al. 2008). In Unternehmen, in denen das Konzept der Leistungsbündelung erstmalig beobachtet wurde, findet es vielfach Anwendung, beispielsweise in Form von neuen Geschäftsmodellen³ (Reim et al. 2015).

Das Konzept der Bündelung von Leistungen ist dabei keineswegs neu (Shostack 1977). Es ist aus der vormals singulären Entwicklung von Produkten und dem Bedarf nach neuen Angebots- und Wettbewerbskonzepten hervorgegangen (Cavalieri, Pezzotta 2012), welche Unternehmen mit dem Wandel vom Produzenten zum Lösungsanbieter (Brenner 2011) beantworten. Diese Entwicklung wird beispielsweise durch das marketing-geprägte Konzept der ‚Servitization‘ beschrieben (Vandermerwe, Rada 1988), welches ähnlich wie das ‚New Service Development‘ (Edvardsson, Olsson 1996) jedoch primär die Entwicklung der Dienstleistung fokussierte. Mit Aufkommen des Service Engineering, welches sich mit dem ingenieurmäßigen Entwickeln von Dienstleistungen der Produktentwicklung annäherte (Bullinger et al. 2003), wurde der Weg für eine integrierte Entwicklung beider Bestandteile geebnet. Die bestehenden Methoden der beiden, bisher getrennt betrachteten Bereiche ‚Produkt‘ und ‚Service‘ entsprachen jedoch weiterhin nicht den Anforderungen an eine integrierte Entwicklung bedarfsgerechter Lösungsbündel, welche sich insbesondere durch die interdisziplinäre und komplementäre Entwicklung aller Systembestandteile bedingte und somit das Engineering als zentralen neuen Untersuchungsgegenstand in der Forschung etablierte. Eine losgelöste Entwicklung der zuvor getrennten Einzelleistungen war daher

¹ Im Englischen wird ein Hybrides Leistungsbündel mit dem Begriff ‚Product-Service System‘ (PSS) bezeichnet, der im Rahmen dieser Arbeit als Synonym verwendet wird. Es existiert eine Vielzahl weiterer Begrifflichkeiten, die mit gleicher oder ähnlicher Konnotation verwendet werden. Thomas et al. (2010) und Knackstedt et al. (2008) geben eine ausführliche Übersicht über die verschiedenen Begriffe. Die Entwicklungstätigkeit zur Gestaltung eines PSS wird als Product-Service System Engineering (PSSE) referenziert.

² Die enge Beziehung der verschiedenen Komponenten ist auch im konvergenten Verständnis der an der Gestaltung beteiligten Disziplinen zu erkennen, welche sich auf die Entwicklung unterschiedlicher Facetten fokussieren. So betrachtet die Betriebswirtschaft beispielsweise die Bündelung der Güter, während die Ingenieure die Perspektive der Konstruktion untersuchen.

³ Exemplarisch sind hier Geschäftsmodelle wie Pay-per-use, Full-Service-Angebote oder klassische Wartungsverträge zu nennen. Tukker (2004) unterscheidet beispielsweise drei Kategorien, welche den Anteil der Produkt- und Dienstleistungskomponente an der angebotenen Lösung beschreiben.

nicht mehr möglich, was eine Rückkopplung zwischen den Disziplinen erforderte (Thomas et al. 2010). Die hierfür notwendige frühzeitige, gemeinsame und am kompletten Lebenszyklus⁴ (Aurich et al. 2007) orientierte Entwicklung stellt grundlegend neue Anforderungen an die den Entwicklungsprozess beschreibenden Methoden und Vorgehensweisen⁵, da die unterschiedlichen Arbeitsweisen disziplinübergreifend integriert werden müssen.

Mit diesen den gesamten Entwicklungsprozess betreffenden und vielfach untersuchten Methoden (vgl. beispielsweise Gräßle et al. 2010) muss sich das PSSE jedoch den aktuellen gesamtwirtschaftlichen Entwicklungen stellen, beispielsweise der Ergänzung von Produkten und Dienstleistung durch Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) im Rahmen der Digitalen Transformation (Lasi et al. 2014). Die sich daraus ergebenden Potenziale, beispielsweise die Verwendbarkeit von Information für wertschöpfende Angebote (Picot 1989), sind weitreichend diskutiert. Mit Blick auf die Hybride Wertschöpfung ist in diesem Kontext jedoch eine abnehmende Beachtung des PSS-Konzepts zu beobachten, da im ursprünglichen Sinne keine Benennung eines die Informationstechnologie (IT)⁶ betreffenden Elements im Wertschöpfungssystem beschrieben ist (Thomas et al. 2019). Zwar sind Begriffe wie ‚Smart PSS‘ (Valencia et al. 2015) oder ‚PSS 4.0‘ (Aurich et al. 2016) für die Berücksichtigung dieser Perspektive entstanden, für die jedoch keine konsistente und nachhaltige systemische Entwicklung zu beobachten ist. Gleichzeitig treten neue Konzepte in Erscheinung, welche die Komponenten Produkt und Dienstleistungen beinhalten, jedoch unter neuen Begriffen wie ‚Smart Products‘ oder ‚Smart Services‘⁷ geführt werden (Porter, Heppelmann 2015; Beverungen et al. 2017). Diese implizieren ebenfalls eine systemische Perspektive, betrachten im Gegensatz zur Hybriden Wertschöpfung, insbesondere bei der Entwicklung, häufig jedoch nicht alle Bestandteile gleichwertig (Gembarski 2020). Die Anwendung etablierter Vorgehensweisen findet damit nicht mehr konsequent statt, was insbesondere bei der Anwendung der Konzepte in der Praxis hinderlich ist. So wird der Mehrwert von PSS erkannt, die Vielzahl und Diversität von Entwicklungsmethoden und das Aufkommen neuer Begrifflichkeiten führt jedoch dazu, dass diese nicht nachhaltig und strukturiert entwickelt werden (Hagen et al. 2018a).

⁴ Beispielhaft ist hier der After-Sales-Service zu nennen, der in der Regel erst nach dem Absatz des (physischen) Gutes durchgeführt wird (Thomas et al. 2016).

⁵ Für die systematische Entwicklung Hybrider Leistungsbündel ist eine Vielzahl (wissenschaftlicher) Vorgehensweisen entstanden. Exemplarisch bietet die Literaturstudie von Gräßle et al. (2010) einen Überblick über publizierte Vorgehensmodelle des PSSE.

⁶ Im Rahmen dieser Arbeit wird der vielfach belegte Begriff „Digitalisierung“ verkürzt mit der Betrachtung des „IT“-Begriffs im Kontext der Hybriden Wertschöpfung als bei der Entwicklung zu berücksichtigende Komponente verstanden, die durch den Einsatz unterschiedlicher Konstrukte, beispielsweise Hardware (wie Sensorik oder IKT) oder Software (wie Protokolle, Anwendungen oder KI) realisiert wird. Die IT-Komponente ermöglicht somit die datenbasierte beziehungsweise informationelle Verknüpfung von Produkt- und Dienstleistungskomponente und kann sich sowohl in einer der beiden Komponenten, aber auch unabhängig davon manifestieren. Es wird daher davon ausgegangen, dass es sich bei der IT-Komponente nicht um ein eigenständiges Konstrukt handeln muss, es aber auch ohne die anderen Komponenten existieren kann (Thomas et al. 2019; Lasi et al. 2014). Siehe hierzu auch Kapitel 3.

⁷ Exemplarisch sei hier auf das Paradigma der Smart Services verwiesen, welches ‚Smart Products‘ (Porter, Heppelmann 2015) als Grenzobjekt verwendet und darauf aufbauende Dienstleistungen zu einem Lösungsbündel integriert (Beverungen et al. 2017).

Die Hybride Wertschöpfung kann schlussfolgernd als historisch gewachsenes und vielschichtig untersuchtes Konzept zur Bündelung von Produkten und Dienstleistungen charakterisiert werden, welches unter dem Einfluss des digitalen Wandels zunehmend weniger Beachtung findet, obwohl es die konzeptuelle Grundlage für viele aktuell diskutierte Wertschöpfungssysteme bietet. Stattdessen entstehen neue, ähnliche und teilweise konkurrierende Konzepte, welche sowohl in der Wissenschaft als auch in der Praxis die Bildung eines ‚Body of Knowledge‘ hemmen, da sie in ihrer Gesamtheit nicht in die vorhandenen Erkenntnisse eingehen. Damit steht die Forschung zur Hybriden Wertschöpfung vor der Herausforderung, die Integration von derzeit diskutierten Ansätzen zur Einbettung von IKT zur informationsbasierten⁸ Verknüpfung von Produkten und Dienstleistungen auf konzeptueller Ebene zu berücksichtigen und die Relevanz des Konzepts in Unternehmen durch praxisnahe Methoden und Werkzeuge zu stärken.

2 Motivation und Zielsetzung

Die Integration von Einzelleistungen zu Lösungsbündeln hat sich als allgegenwärtige Herangehensweise zur Schaffung von Wettbewerbsvorteilen etabliert. Diese Entwicklung ist auch mit Blick auf die Digitalisierung von Produkten und Dienstleistungen zu beobachten, die sich beispielsweise in ähnlichen Konzepten wie den genannten Smart Services wiederfindet und dort eine informationelle Verknüpfung zwischen den Bestandteilen abbildet (Beverungen et al. 2017). Insbesondere die Entwicklungsperspektive dieser „neuen“ Wertschöpfungssysteme bleiben dabei jedoch weitestgehend unberücksichtigt und unklar, da sie aus der betriebswirtschaftlich-marketing orientierten Perspektive betrachtet werden (beispielsweise Wunderlich et al. 2015) und nicht auf bestehendes Wissen, beispielsweise aus der Hybriden Wertschöpfung, zurückgegriffen wird, um diese zu erklären. Andererseits mangelt es dem PSSE an Konzepten, welche eine Hebung der durch die Digitalisierung entstehenden Potenziale ermöglicht (Valencia et al. 2015). Verstärkt wird dieser Effekt durch die immer schnelleren Veränderungsprozesse, welche die Konzepte sowohl in der Wissenschaft als auch in der Praxis betreffen. So entstehen für Unternehmen in immer kürzeren Abständen neue Marktsituationen, welche unter anderem durch sich stetig wandelnde Kundenanforderungen und den steigenden (internationalen) Wettbewerbsdruck zu charakterisieren sind. Insbesondere für die anwendungsorientierte Forschung impliziert dies zunehmend neue Themen und Forschungsbereiche, welche technisch oder konzeptionell untersucht werden müssen, um dem Anspruch auf Relevanz (siehe Kapitel 3) gerecht zu werden.

Gesamtwissenschaftlich ergibt sich somit die zentrale Fragestellung, ob diese Veränderungen durch die Adaption bestehender Erkenntnisse erklärt oder für die Weiterentwicklung bestehender Konzepte verwendet werden können. Diese Forschungslücke betrifft auch das in dieser Arbeit untersuchte Konzept der Hybriden Wertschöpfung (siehe Kapitel 1), welches auf eine Vielzahl an Methoden und damit entstandenen Erkenntnissen zurück-

⁸ Die informationsbasierte Verknüpfung bezieht sich im Rahmen dieser Arbeit auf zwei Merkmale. Zum einen ist dies die Verknüpfung der Komponenten auf einer gemeinsamen Datenebene (siehe Kapitel 5.2.3), zum anderen die Verknüpfung von Komponenten durch IKT, welche beispielsweise einen stetigen Datenaustausch ermöglicht. Ersteres impliziert dabei auch den im deutschen verwendeten Terminus „datengetrieben“, da nach Rehäuser und Krcmar (1996) Daten mit Kontext als Information charakterisiert werden. Im Englischen findet keine analoge explizite Unterscheidung beider Begriffe statt.

greifen kann, jedoch wenig Ansätze zur Hebung von durch Digitalisierung entstehende Potenziale aufzeigt. Im Rahmen dieser Arbeit wird daher die Fragestellung untersucht, ob die Hybride Wertschöpfung als bestehendes Konzept eine Eignung in Form von Methoden und Strukturen aufweist, um die nutzenstiftende Potenziale von IKT zu integrieren. Darauf aufbauend soll ein Konzept zur Integration der Informationsebene in PSS entworfen und abschließend Werkzeuge für die Unterstützung der Gestaltung der integrierten Bündel entwickelt werden. Im Rahmen dieser Dissertation wird dies an den „klassischen“ Komponenten eines Hybriden Leistungsbündels, Produkten und Dienstleistungen, untersucht, die Applikationsmöglichkeiten der Ergebnisse auf weitere Bestandteile wird dabei jedoch berücksichtigt. Damit wird dem zunehmend komplexen und interdisziplinären Ansatz hybrider Wertschöpfung Rechnung getragen.

Die Erkenntnisse dieser Dissertation tragen daher dazu bei, die Potenziale von PSS im Kontext der Digitalisierung aufzuzeigen und die Positionierung des Konzepts zu festigen. Dies gilt sowohl für das Konzept der Hybriden Wertschöpfung selbst, aber auch für die systemische Betrachtung von integrierenden Wertschöpfungssystemen, die unter anderen Begrifflichkeiten firmieren. Damit wird eine wissenschaftliche Fundierung und Weiterentwicklung des Konzepts erreicht. Die prototypische Implementierung eines Werkzeugs schafft darüber hinaus sowohl wissenschaftlich als auch praktisch Mehrwerte, da es mit dem Gestaltungsansatz als Ausgangspunkt für die weitere Untersuchung von Anwendungspotenzialen dienen und Verwendung im praktischen Einsatz finden kann.

3 Einordnung

Die vorliegende Promotionsschrift ist vorwiegend⁹ in der Forschungsdisziplin der Wirtschaftsinformatik¹⁰ zu verorten, welche als „Vermittler zwischen der Betriebswirtschaftslehre sowie der Informations- und Kommunikationstechnik“ (Thomas 2006, S. 10) zu charakterisieren ist. Dieser Rolle wird sie durch eine anwendungsnahe Ausrichtung gerecht, die sich durch die Gestaltung von „Informationssysteme[n] in Wirtschaft, Verwaltung und privatem Bereich“ (WKWI, GI FB WI 2011) manifestiert. Informationssysteme als Kerngegenstand der Wirtschaftsinformatik können dabei als systemische Gefüge bestehend aus Mensch, Aufgabe und Technik beschrieben werden und weisen daher die Merkmale soziotechnisch, offen, dynamisch und komplex auf (Heinrich et al. 2011), was die interdisziplinäre Ausrichtung sowie die Schnittstellenfunktion betont und im Rahmen dieser Arbeit auf die Hybride Wertschöpfung angewendet wird. Um dieser Rolle zu entsprechen, folgt die Wirtschaftsinformatik zwei Forschungsparadigmen. Zum einen dem *behavioristischen* (beschreibenden) Ansatz, der nach Wilde und Hess (2007) die Untersuchung von Ursache- und Wirkzusammenhängen mit Blick auf den IT-Einsatz im Unternehmen mit Hilfe von qualitativen und quantitativen Methoden fokussiert. Zum anderen dem *gestaltungsorientierten*¹¹

⁹ Aufgrund des bereits eingeführten interdisziplinären Gestaltungshorizonts von PSS ist diese Arbeit nicht einer Disziplin exklusiv zuzurechnen, insbesondere im Kontext des Forschungsprojekts, in dem die Arbeit entstanden ist (siehe Abschnitt 4.3). Trotzdem sind vorwiegend Methoden der Wirtschaftsinformatik verwendet worden (siehe Abschnitt 4.2 und 4.3), womit die primäre Verortung zu begründen ist.

¹⁰ Im Engl. „Information Systems Research“ (IS-Research)

¹¹ Insbesondere im deutschsprachigen Raum folgt die Wirtschaftsinformatik dem gestaltungsorientierten Ansatz. Im anglo-amerikanischen IS-Research ist eher die behavioristische Forschung zu beobachten, weshalb sich dort eine zur Gestaltungsorientierung analoge Forschungsmethodik etabliert hat, das so genannte „Design Science Research“ (Österle et al. 2011).

Paradigma, welches die Konstruktion und Entwicklung von IT-Systemen im Unternehmen zum Gegenstand hat (Österle et al. 2010; Gregor, Hevner 2013). Nach Österle et al. (2010) wird dieser Prozess in die vier Phasen Analyse, Entwurf, Evaluation und Diffusion untergliedert, dem auch die Forschungsaktivitäten dieser Arbeit folgen (siehe Abschnitt 5.1) und welchem die Prinzipien Abstraktion, Erklärbarkeit und Nutzen zugrunde liegen (Österle et al. 2011, S. 3). Die als Artefakte bezeichneten Ergebnisse dieses Prozesses können beispielsweise unterschieden werden in Konstrukte, Methoden, Modelle, Instanzierungen (March, Smith 1995) aber auch Rahmenwerke, Architekturen oder Designprinzipien (Vaishnavi et al. 2004).

Die Anwendungsorientierung der Wirtschaftsinformatik ist in beiden Forschungsparadigmen verankert, gewinnt jedoch insbesondere im Kontext des gestaltenden Anspruchs an Bedeutung. Dies zeigt sich durch die häufige Anwendung von Gestaltungstheorien (Gregor 2006) und wird durch den *partizipativen* sowie den *prototypischen* Anspruch beschrieben (Thomas 2006, S. 14). Der partizipative Ansatz fordert die Lösung von realweltlichen Problemen, was die Einbindung der Nutzer in den Lösungsfindungsprozess erfordert, wohingegen der prototypische Ansatz die zu entwickelnden Prototypen als Evaluation durch Anwendung betrachtet und somit die Lösung umsetzt und überprüft. Im Rahmen dieser Arbeit kommen beide Ansätze zum Tragen, so findet in einigen Beiträgen (beispielsweise Beitrag 2) die Integration der Nutzer, in anderen die Entwicklung von Prototypen (beispielsweise Beitrag 6) statt. Die anwendungsorientierte Ausrichtung bringt jedoch das Spannungsfeld zwischen Rigorosität¹² und Relevanz¹³ mit sich, was in der Wirtschaftsinformatik kontrovers diskutiert wird. So wird, um der beobachteten Entfernung von Wissenschaft und Praxis entgegenzuwirken (Simon 2004), eine zunehmende Relevanz der Forschung gefordert (Davenport, Markus 1999), ohne dass dies zu einer reinen Praxisorientierung führt und keine allgemeingültige Theoriebildung mehr stattfindet, auch über Disziplingrenzen hinweg (Lee 1999). Glass (2001) vertritt die Position, dass eine Vereinbarkeit von Rigorosität und Relevanz gänzlich auszuschließen ist, was jedoch den Gedanken von Frank (2007) unberücksichtigt lässt, der die Relevanz auch durch einen entstehenden Mehrwert für die Forschung als gegeben sieht. Auch diese Arbeit bewegt sich im Spannungsfeld dieser Problematik, da das Konzept der Hybriden Wertschöpfung aus der unternehmerischen Praxis hervorgegangen ist und vorwiegend dort seine nutzenstiftende Wirkung entfalten kann. Um dem Spannungsfeld zu begegnen, entstehen durch den Einsatz wissenschaftlicher Methoden praktisch nutzbare Ergebnisse, welche andererseits durch eine Rückkopplung in die Wissenschaft einen allgemeingültigen Erkenntnisgewinn erlauben.

Thematisch ist die Forschungsleistung in der Hybriden Wertschöpfung zu positionieren, was in zweifacher Hinsicht einer spezifischeren Einordnung bedarf. So bewegen sich PSS, insbesondere in der Wirtschaftsinformatik, zum einen in einer ingenieurwissenschaftlichen und interdisziplinären Betrachtung, welche die integrierte und komplementäre Entwicklung von Leistungsbündeln fordert. Dem gegenüber steht die „klassische“ und der BWL beziehungsweise dem Marketing nahestehende Dienstleistungsforschung, die den Wandel von Lösungssystemen von einer produktzentrierten (Goods-dominant Logic) zu einer

¹² Im wissenschaftlichen Kontext beschreibt Rigorosität ein strenges und exaktes am etablierten Methodenspektrum orientiertes Vorgehen. Nach Simon (2004) ist Rigorosität „[...] used to refer to the degree to which a work follows prescribed procedures for conducting research and producing results.“

¹³ Relevanz ist nach Simon (2004) in Bezug auf den praktischen Nutzen einer Arbeit zu sehen und untergliedert sich in (a) die deskriptive Relevanz, die bei der Erhebung von Erkenntnissen berücksichtigt wurde, sowie (b) die die Zielorientierung an den zu beeinflussenden Kriterien.

dienstleistungszentrierten Wertschöpfung (Service-dominant Logic) beschreibt und dementsprechend die Produktkomponente akzeptiert, jedoch untergeordnet betrachtet (Vargo, Lusch 2004). Diese, im Ganzen auch als Service Science betitelte Forschungsrichtung (Buhl et al. 2008; Maglio, Spohrer 2008), nimmt einen technischen Betrachtungswinkel auf Dienstleistungen ein und fokussiert die systemische Betrachtung von Service Systemen, deren Interdisziplinarität und den Einfluss von Technologie- und Informationseinsatz. Dies führt zu der Entwicklung von Konzepten wie Smart Services, einer weitere Ausprägung in der Service Science, welche die Integration von kontextsensitiven und adaptiven Eigenschaften, ermöglicht durch IKT, nutzen (NSF 2015). Obwohl die Relevanz des (physischen) Produktes in den beschriebenen Angeboten erkannt wird (Beverungen et al. 2017), werden diese häufig nicht im benötigten Maß in der Entwicklung betrachtet (Gembarski 2020), was die zweite Einordnung motiviert. Der Einfluss der Digitalisierung verändert Wertschöpfungssysteme, so auch PSS. Es ergibt sich somit das Spannungsfeld zwischen den bekannten PSSE-Methoden und deren Einsatzpotenziale für die informationsbasierte Verknüpfung der Systembestandteile. Die Untersuchungen dieser Arbeit ordnen sich explizit keiner der genannten Perspektiven zu, sondern nehmen eine vermittelnde Rolle ein und betrachten Hybride Wertschöpfung als einen größeren Rahmen, in dem die unterschiedlich ausgeprägten Forschungsbereiche zur Entwicklung von Wertschöpfungssystemen bestehend aus Dienstleistungen und Produkten eingeordnet werden können.

Zusammenfassend ist diese Arbeit, welche die informationsbasierte Verknüpfung von Produkten und Dienstleistungen im Kontext der Hybriden Wertschöpfung untersucht, geprägt durch den gestaltungsorientierten Forschungsansatz der Wirtschaftsinformatik. Sie operationalisiert damit den in der Disziplin zentralen Untersuchungsgegenstand von Informationssystemen (WKWI, GI FB WI 2011) mit der systemischen Betrachtung von Personen, Organisationen und Technologien sowie deren wertschöpfenden Eigenschaften im Sinne einer betriebswirtschaftlichen Betrachtung und adaptiert deren Methoden für eine anwendungsnahe Forschung. Die Interdisziplinarität spielt dabei in vielerlei Hinsicht eine zentrale Rolle, da im PSSE ebenso die strukturierte Zusammenführung unterschiedlicher Fachdisziplinen eine Rolle spielt (siehe Abschnitt 1), welcher die Wirtschaftsinformatik an dieser Stelle als Vermittler gerecht werden kann.

4 Methodik

4.1 Forschungsfragen und Erkenntnisinteresse

Das epistemologische Erkenntnisinteresse von wissenschaftlichen Fragestellungen kann mit Hilfe einer Dekomposition in Teilforschungsfragen strukturiert werden, um die Komplexität zu reduzieren. Die Zusammenführung der (Teil-)Ergebnisse stellt abschließend das übergeordnete Erkenntnisinteresse sicher (Eberhard 1999, S. 17), welches auf drei unterschiedlichen Wegen verfolgt werden kann. So kann nach Eberhard (1999) unterschieden werden zwischen dem *phänomenalen* Erkenntnisinteresse, welches faktische Gegebenheiten anhand ihrer Merkmale und Eigenschaften untersucht („Was geschieht?“), dem *kausalen* Erkenntnisinteresse, welches versucht, die Ursache von beobachtbaren Phänomenen zu erklären („Warum geschieht es?“), und dem *aktionalen* Erkenntnisinteresse, welches untersucht, wie gehandelt oder gestaltet werden kann, um beobachtete Phänomene zu beeinflussen („Was ist zu tun?“). Dem primären Ziel der Arbeit, der Entwicklung eines Ansatzes zur Gestaltung informationsbasierter Hybrider Leistungsbündel, folgend, ist das Vorgehen dem gestaltungsorientierten Paradigma der Wirtschaftsinformatik und somit primär dem phä-

nomenalen sowie aktionalen Erkenntnisinteresse zuzuordnen. Basierend auf realweltlichen Problemstellungen werden Lösungen entwickelt, womit es ebenfalls der ingenieurwissenschaftlichen Perspektive der Wirtschaftsinformatik folgt (Thomas 2006, S. 15).

Dieser Zielsetzung entsprechend wird die folgende übergeordnete Forschungsfrage (FF) gestellt:

FF: Wie kann das Product-Service Systems Engineering (PSSE) zur Entwicklung informationsbasierter Hybrider Leistungsbündel eingesetzt werden?

Zur Beantwortung der übergeordneten Forschungsfrage wird sowohl dem phänomenalen als auch dem aktionalen Erkenntnisinteresse entsprochen, was die Komplexität und somit den Bedarf nach einer Dekomposition in Teilforschungsfragen aufzeigt. Die Untersuchung von bekannten Methoden und Vorgehensweisen des PSSE mit Blick auf deren Anwendbarkeit bei der Entwicklung informationsbasierter Hybrider Leistungsbündel ist hierbei ein wesentlicher Schritt und entspricht dem phänomenalen Erkenntnisinteresse, da es die Gegebenheiten im Forschungsfeld aufzeigt und sie als Grundlage für die Gestaltung informationsbasierter Systeme heranzieht. Die erste Teilforschungsfrage lautet daher:

FF1: Welche Herausforderungen birgt die informationsbasierte Integration von Produkten und Dienstleistungen unter Berücksichtigung bestehender Ansätze des PSSE?

Forschungsfrage 1 (FF1) identifiziert somit die vorherrschenden Rahmenbedingungen im Forschungsfeld des PSSE und bildet damit die Ausgangslage der Arbeit mit Blick auf Methoden und Anforderungen, welche im Verlauf der Arbeit für den entsprechenden Kontext adaptiert werden. Neben der Identifizierung des Einflusses des digitalen Wandels auf das PSSE werden Anforderungen für den praktischen Einsatz der Methoden und Vorgehensweisen erhoben sowie die Verwendbarkeit von prozessorientierten Modellierungstechniken untersucht.

Forschungsfrage 2 folgt ebenfalls dem phänomenalen Erkenntnisinteresse und motiviert durch die Analyse von Vorteilen der informationsbasierten Verknüpfung von Produkten und Dienstleistungen am Beispiel von Smart Services die Gestaltung eines entsprechenden Werkzeugs in Forschungsfrage 3. Die Forschungsfrage agiert somit als Schnittstelle zwischen Forschungsfrage 1 und 3 und trägt damit dem Anspruch der Relevanz der Arbeit Rechnung, indem sie die praktische Perspektive untersucht.

FF2: Welche Mehrwerte entstehen durch das Anbieten von informationsbasierten Dienstleistungen und wie ist deren Rezeption in Wissenschaft und Praxis?

Basierend auf den Ergebnissen von Forschungsfrage 1 und motiviert durch die Ergebnisse aus Forschungsfrage 2 folgt Forschungsfrage 3 abschließend dem aktionalen Erkenntnisinteresse und adressiert die zuvor identifizierten Herausforderungen mittels Adaptionen der anfangs identifizierten Methoden und Vorgehensmodelle. Sie beschreibt damit das Kernergebnis dieser Arbeit, die Entwicklung und Use-Case-basierte Evaluation eines Konzepts zur informationsbasierten Integration von Produkten und Dienstleistungen, sowie ein entsprechendes prototypisches Softwarewerkzeug für deren Entwicklung.

FF3: Wie kann die Entwicklung informationsbasierter Hybrider Leistungsbündel konzeptuell erfolgen und mit Softwarewerkzeugen unterstützt werden?

Das durch die Teilforschungsfragen aufgespannte Vorgehen zeigt die gestaltungsorientierte Perspektive der Arbeit auf. Nach der Identifikation der Problemstellung und der Untersuchung bestehender Lösungsmöglichkeiten wird ein problemlösendes Werkzeug konzipiert und entwickelt (siehe Abschnitt 5.1).

4.2 Methodenspektrum

Zur Beantwortung der im vorangegangenen Abschnitt dargestellten Forschungsfragen wird auf einen in der Wirtschaftsinformatik etablierten Methodenkanon zurückgegriffen, der als wesentliches Instrument der Erkenntnisgewinnung dient (Wilde, Hess 2007). Die Methoden lassen sich dabei sowohl der qualitativen als auch der quantitativen Forschung zuordnen. Dabei sind, sofern es der Untersuchung einer Forschungsfrage dienlich ist, auch mehrere Methoden in Kombination zur Untersuchung des Gegenstandsbereichs herangezogen worden, was der Idee eines multimethodischen Ansatzes (im Englischen ‚Mixed-Method-Research‘) entspricht (Greene et al. 1989; Johnson, Onwuegbuzie 2004).

Im Folgenden werden die im Rahmen dieser Arbeit verwendeten Methoden kurz charakterisiert und eingeordnet. Eine ausführliche Begründung über die Auswahl der Methode beziehungsweise deren Kombination im Kontext einer Forschungsfrage ist in den Beiträgen zu finden.

- **Argumentativ-deduktives Schließen:** Wilde und Hess (2007) beschreiben das logische Schließen als eine zentrale Strategie zur Problemlösung, bei der durch das argumentative Herleiten Sachverhalte begründet werden können. Sie unterscheiden dabei die drei Typen der mathematisch-formalen, semi-formalen und rein sprachlichen Schlussfolgerung, von denen im Rahmen dieser Arbeit primär das rein sprachliche Schließen zur Anwendung gekommen ist. Es wurde beispielsweise für die Herleitung und Entwicklung von Konzepten oder Handlungsempfehlungen basierend auf vorhandenem Wissen verwendet.
- **Experteninterview:** Ziel der Befragung von Experten ist die Erlangung eines „Querschnittsbilds“ aus einer Strichprobe, um Rückschlüsse auf die Grundgesamtheit ziehen zu können (Wilde, Hess 2007). Das Interview kann dabei einem vollständig strukturierten oder einem semi-strukturierten Vorgehen folgen (Myers, Newman 2007). Im Rahmen dieser Arbeit wurde vorwiegend semi-strukturiert vorgegangen, um die dadurch entstehenden Freiräume (im Gegensatz zu Umfragen), insbesondere bei der Exploration neuer Gegebenheiten, zu nutzen und zuweilen nicht bekannte Informationen aufzudecken. Für die Formulierung der Fragen, welche einen wesentlichen Einfluss auf das Ergebnis haben können, sind die Richtlinien nach Porst (2014a) berücksichtigt worden. Die Auswertung erfolgt sowohl qualitativ als auch quantitativ, wobei ersteres zur Beantwortung der vorgestellten Forschungsfragen zielführender war. Die qualitative Analyse ist dabei häufig entsprechend der Inhaltsanalyse nach Mayring (2014) durchgeführt worden.

- **Fallstudie:** Die Untersuchung einer Gegebenheit beziehungsweise die Anwendung einer entwickelten Lösung an einem realweltlichen Beispiel (dem Use Case) wird als Fallstudie bezeichnet und ist der qualitativen Forschung zuzuordnen. Sie ermöglicht dem Wissenschaftler die Exploration von Gegebenheiten innerhalb eines neuen Themenfelds anhand natürlicher Szenarien und bieten damit das Potenzial, Erkenntnisse aus praktischen Umständen zu generieren (Recker 2013, S. 95 ff.)
- **Literaturrecherche:** Mit Hilfe einer (strukturierten) Literaturrecherche kann der wissenschaftliche Status Quo in einem bestimmten Themengebiet beleuchtet werden (Vom Brocke et al. 2009). Sie wird daher häufig zu Beginn einer Untersuchung eingesetzt, um die wissenschaftliche Fundierung sicherzustellen. In der Wirtschaftsinformatik hat sich die Vorgehensweise nach Webster und Watson (2002) etabliert, bei der durch die Verwendung eines Suchterms in wissenschaftlichen Datenbanken Ergebnisse zusammengetragen und häufig in einer Konzeptmatrix konsolidiert werden. Zur Untersuchung der relevanten Quellen kann der zuvor angesprochene Prozess zur Inhaltsanalyse von Mairing (2014) verwendet werden, welcher sich durch die drei Schritte Paraphrasierung, Generalisierung und Reduktion auszeichnet.
- **Modellierung:** Die Modellierung kann als ein konstruktivistisches Verfahren beschrieben werden, welches dem Ziel folgt, eine „zweckrelevante Repräsentation eines [realen] Objektes“ zu erstellen (Thomas 2006, S. 63). Dies kann deduktiv, auf Theorien basierend, oder induktiv, auf Beobachtungen basierend, erfolgen (Wilde, Hess 2007). Im Kontext dieser Forschungsarbeit sind beispielsweise Prozess-, Produkt- und Systemmodelle erstellt worden, um die Komponenten eines Leistungsbündels und deren Zusammenhänge (Meise 2001) darzustellen.
- **Prototypische Entwicklung:** In Form der konkreten Instanziierung eines Artefakts spielt die prototypische Implementierung („Prototyping“) insbesondere in der gestaltungsorientierten Forschung eine zentrale Rolle. So kann sie den Nachweis über die Umsetzbarkeit eines Systems erbringen (Thomas 2006) und durch eine ständige Rückkopplung mit der Evaluation eine kontinuierliche Verbesserung des Ergebnisartefakts erreichen (Gregor, Hevner 2013). Sie folgt dabei ingenieurmäßigen Prinzipien und Methoden und hat darüber hinaus zum Ziel, potenzielle Benutzer vor der vollständigen Entwicklung einen Eindruck vom System zu vermitteln (Becker et al. 2004a) und das auch als Gestaltungswissen (Gregor, Hevner 2013) bezeichnete Wissen, welches sowohl bei der Evaluation aber auch bei der Entwicklung entsteht, zu heben.
- **Umfrage:** Die Umfrage dient der Erhebung beziehungsweise Überprüfung von Ergebnissen in einer großen Stichprobe, um im Sinne des Induktivismus Rückschlüsse (Chalmers 2007, S. 39 ff.) auf die Grundgesamtheit zuzulassen. Sie kann dabei papierbasiert oder online erfolgen (Oates 2006) und ist im Rahmen dieser Arbeit überwiegend quantitativ (Gable 1994) und für die Überprüfung von Annahmen verwendet worden, was sich durch die Standardisierung der Fragen (im Vergleich zum semi-strukturierten Interview) anbietet. Hierbei wurden ebenso die Richtlinien von Porst (2014b) für die Formulierung der Fragen berücksichtigt.

4.3 Forschungsplan

Im Folgenden werden die in Abschnitt 4.1 eingeführten Forschungsfragen in einen Forschungsplan überführt. Dabei wird eine weitere Untergliederung der Forschungsfragen in Teilaspekte vorgenommen, welche mit dem zuvor eingeführten Methodenspektrum in den in Abschnitt 5 vorgestellten Forschungsbeiträgen beantwortet werden und somit den Lösungsweg darstellen. Damit folgt die vorliegende Dissertation der von Thomas (2009, S. 76) dargestellten Analogie des menschlichen Problemlöseverhaltens, wobei die Teilergebnisse sukzessive aufeinander aufbauen. Beispielhaft ist hier die Bewertung von Prozessmodellierungssprachen (Beitrag 3) und deren spätere Verwendung (Beitrag 5) zu nennen.

Die Untersuchungen und die daraus publizierten Forschungsbeiträge zur Beantwortung der FF1 bis FF3 sind im Rahmen des niedersächsischen Innovationsverbunds SmartHybrid¹⁴, Teilprojekt Service Engineering, entstanden. In diesem Verbund haben sechs Forschungseinrichtungen aus unterschiedlichen Fachrichtungen die disziplinübergreifende Entwicklung Hybrider Leistungsbündel erforscht, was die interdisziplinäre Herangehensweise und Publikation, auch in nicht wirtschaftsinformatiknahen Medien erklärt.

¹⁴ Der niedersächsische Innovationsverbund SmartHybrid ist ein aus sechs Hochschulen und über 30 Unternehmen bestehendes Netzwerk, welches sich der Erforschung des Hybriden Wertschöpfungskonzepts widmet, praxisnahe und interdisziplinäre Gestaltungsansätze entwickelt und diese im gelebten Wissens- und Technologietransfer an Unternehmen weitergibt. Die Beteiligung von Partnern aus unterschiedlichen Fachdisziplinen, beispielsweise der Produkt-, Software- oder Dienstleistungsentwicklung, der Elektrotechnik oder der Produktion, trägt dem interdisziplinären Anspruch bei der Entwicklung Hybrider Leistungsbündel Rechnung. Gleiches gilt für die Einbindung von Unternehmen aus unterschiedlichsten Branchen. Er wird mit Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) durchgeführt: <https://smarthybrid.digital>.

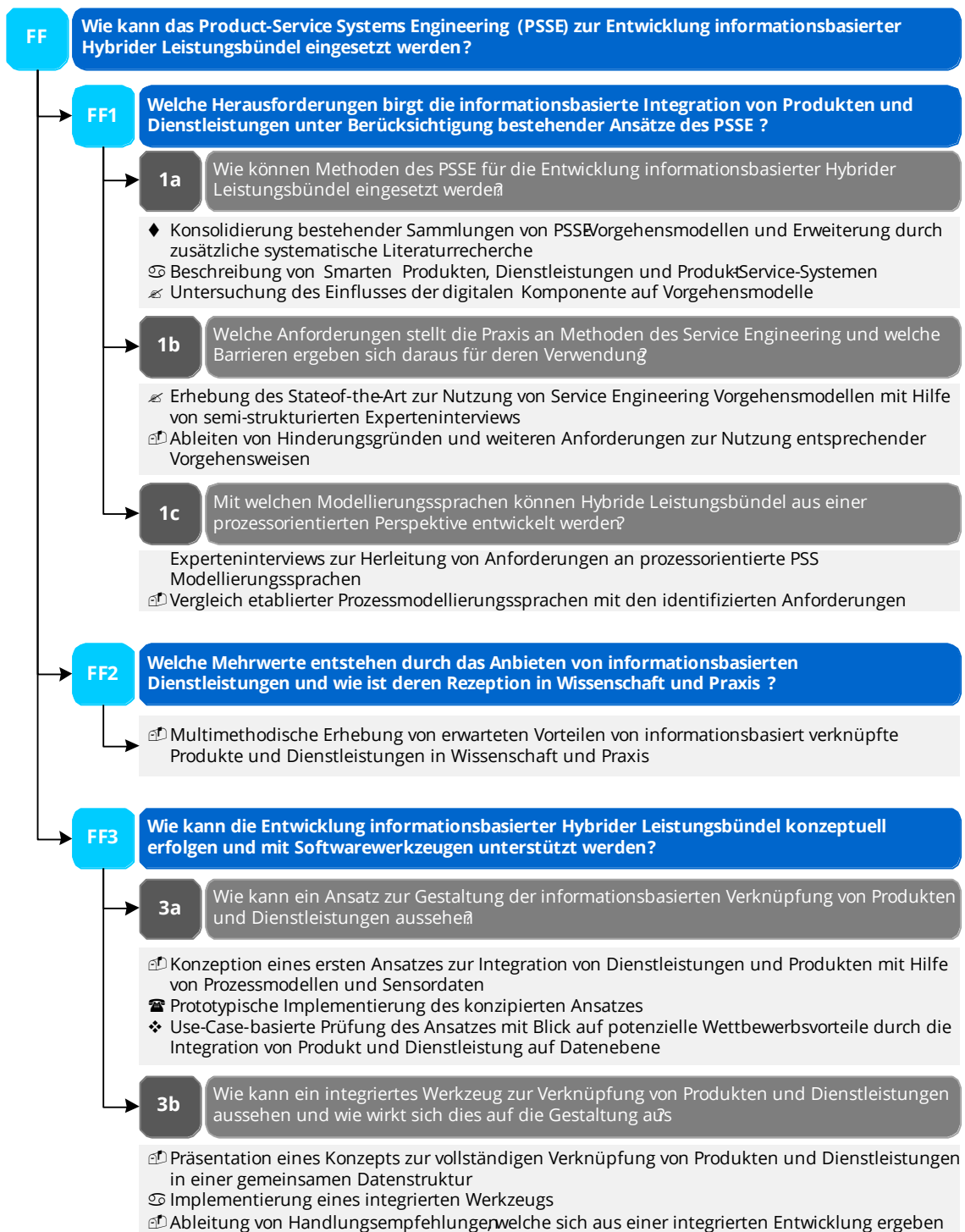


Abb. 1. Forschungsplan

5 Ergebnisse

5.1 Überblick

Im Rahmen der gesamten Forschungsleistung, in dem diese Dissertation entstanden ist, sind 25 publizierte und drei in Begutachtung beziehungsweise in Veröffentlichung befindliche Beiträge entstanden. Von diesen werden sechs Beiträge in die vorliegende kumulative Dissertation eingebracht (B1-B6) und stehen exemplarisch für die Forschungstätigkeiten des Autors, welche in den verbleibenden Beiträgen (B7-B24) weiter ausgeführt werden (siehe Tab. 1). Sie werden im Folgenden in die Erkenntnisziele sowie den Erkenntnisprozess gestaltungsorientierter Forschung in der Wirtschaftsinformatik eingeordnet und in den nachfolgenden Unterkapiteln mit ihren Kernergebnissen und Zusammenhängen dargestellt.

Tab. 1. Überblick über die publizierten Beiträge

#	Publikationsorgan	Medium	Ranking ¹⁵		Bibliographische Informationen	FF
			WK WI	VHB JQ3		
B1	9th World Mass Customization & Personalization Conference (MCPC 2017)	Tagung	-	-	Hagen, S. ; Kammler, F.; Thomas, O. (2018): Adapting Product-Service System Methods for the Digital Era: Requirements for Smart PSS Engineering. In: Hankammer S.; Nielsen K.; Piller F.; Schuh G.; Wang N. (Hrsg.) Customization 4.0. Springer Proceedings in Business and Economics. Springer, Cham, S. 87-99.	1
B2	International Conference on Exploring Service Science (IESS 2018) (LNBIP 331)	Tagung	-	C	Hagen S. ; Jannaber S.; Thomas O. (2018): Closing the Gap Between Research and Practice – A Study on the Usage of Service Engineering Development Methods in German Enterprises. In: Satzger G.; Patrício L.; Zaki M.; Kühl N.; Hottum P. (Hrsg.): Exploring Service Science (IESS 2018). Lecture Notes in Business Information Processing, Vol. 331. Springer, Cham, S. 59-71.	1
B3	Multikonferenz Wirtschaftsinformatik (MKWI 2018)	Tagung	C	D	Hagen, S. ; Schoormann, T.; Jannaber, S.; Knackstedt, R.; Thomas, O. (2018): Modelling product-service systems: An empirical analysis of requirements from a process-oriented perspective. In: Drews, P.; Funk, B.; Niemyer, P.; Xie, L. (Hrsg.): Proceedings of the Multikonferenz Wirtschaftsinformatik (MKWI 2018), Lüneburg, S. 1485-1496.	1
B4	14. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik (WI 2019)	Tagung	A	C	Hagen, S. ; Thomas, O. (2019): Expectations vs. Reality – Benefits of Smart Services in the Field of Tension between Industry and Science. In: Ludwig, T.; Pipek, V. (Hrsg.): Proceedings of the 14. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik (WI 2019), Siegen, Germany, S.647-660.	2
B5	27th European Conference on Information Systems (ECIS 2019)	Tagung	A	B	Kammler, F.; Hagen, S. ; Brinker, J.; Thomas, O. (2019): Leveraging the Value of Data-Driven Service Systems in Manufacturing: A Graph-Based Approach. In: Proceedings of the 27 th European Conference on Information Systems (ECIS 2019), Stockholm & Uppsala, Sweden.	3
B6	HMD – Praxis der Wirtschaftsinformatik	Journal	B	D	Hagen, S. ; Brinker, J.; Gembariski, P.C.; Lachmayer, R.; Thomas, O. (2019): Integration von Smarten Produkten und Dienstleistungen im IoT-Zeitalter: Ein Graph-basierter Entwicklungsansatz. In: IoT Best Practices, HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik. Nr. 56, Ausgabe 6, S. 1220-1232.	3
B7	10th CIRP Conference on Industrial Product-Service Systems (IPS 2018)	Tagung	-	-	Hüer, L.; Hagen, S. ; Thomas, O.; Pfisterer, H.-J. (2018): Impacts of Product-Service Systems on Sustainability – A structured Literature Review. In: Proceedings of the 10 th CIRP Conference on Industrial Product-Service Systems (IPS2 2018), Linköping, Sweden, S. 228-234.	1

¹⁵ Die Rankings der jeweiligen Beiträge wurden auf Basis der WI-Orientierungsliste der WKWI (WI-Journalliste 2008, Stand 2008-03-03, v39; WI-Liste der Konferenzen, Proceedings und Lecture Notes 2008, Stand 2008-03-03, v27) und des VHB-Journal 3 – Teilrating WI bzw. TIE ermittelt.

#	Publikationsorgan	Medium	Ranking ¹⁵		Bibliographische Informationen	FF
			WK WI	VHB JQ3		
B8	9th International Workshop on Enterprise Modeling and Information Systems Architectures (EMISA 2018)	Tagung	-	-	Hagen, S. ; Jannaber, S.; Thomas, O. (2018): Towards Practical Applicability of Service Engineering: A Literature Review as Starting Point for SE Method Design. In: Fellmann, M.; Sandkuhl, K. (Hrsg.): Proceedings of the 9th International Workshop on Enterprise Modeling and Information Systems Architectures (EMISA 2018), Rostock, Deutschland, S. 90-94.	1
B9	INFORMATIK 2018 (LNI 285)	Tagung	B	C	Hagen, S. ; Schoormann, T.; Jannaber, S.; Knackstedt, R.; Thomas, O. (2018): Towards an Integrated Approach for Modelling Product-Service Systems: Status Quo and Future Challenges. In: Czarnecki, C.; Brockmann, C.; Sultanow, E.; Koschmider, A.; Selzer, A. (Hrsg.), Workshops der INFORMATIK 2018 - Architekturen, Prozesse, Sicherheit und Nachhaltigkeit, Köllen Druck+Verlag GmbH, Bonn, Deutschland, S. 274-279.	1
B10	14. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik (WI 2019)	Tagung	A	C	Vogel, J.; Hagen, S. ; Thomas, O. (2019): Discovering Blockchain for Sustainable Product-Service Systems to enhance the Circular Economy. In: Ludwig, T.; Pipek, V. (Hrsg.): Proceedings of the 14. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik (WI 2019), Siegen, Deutschland, S. 1493-1507.	2
B11	INFORMATIK 2018 (LNI 285)	Tagung	B	C	Hüer, L.; Stadie, N.; Hagen, S. ; Thomas, O.; Pfisterer, H.-J. (2019): Der CO2-Kompass: Konzeption und Entwicklung eines Tools zur emissionsarmen Stromnutzung. In: David, K.; Geihs, K.; Lange, M.; Stumme, G. (Hrsg.), INFORMATIK 2019: 50 Jahre Gesellschaft für Informatik – Informatik für Gesellschaft. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V., S. 559-570.	1
B12	Living Lab BPM Research Report	Arbeitsbericht	-	-	Thomas, O.; Hagen, S. ; Kammler, F. (2019): Dienstleistungen für das Unternehmen von Morgen. In: Thomas, O. (Hrsg.): Arbeitsbericht Nr.1 des niedersächsischen Innovationsverbunds SmartHybrid - Hybride Leistungsbündel für die Industrie 4.0, Osnabrück, Living Lab BPM e.V., S. 5-8.	2
B13	DIN SPEC	Standard	-	-	Hocken, C.; [..]; Hagen, S. (2019): Entwicklung digitaler Dienstleistungssysteme. In: Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.) DIN SPEC 33453. Berlin, Beuth Verlag.	1
B14	Living Lab BPM Research Report	Arbeitsbericht	-	-	Hüer, L.; Hagen, S. ; Schoormann, T. (2019): Welche Faktoren beeinflussen interdisziplinäre Kooperationen?. In: Thomas, O. (Hrsg.): Arbeitsbericht Nr.2 des niedersächsischen Innovationsverbunds SmartHybrid - Entwicklung hybrider Lösungsangebote, Osnabrück, Living Lab BPM e.V., S. 11-14.	1
B15	Living Lab BPM Research Report	Arbeitsbericht	-	-	Hagen, S. ; Thomas, O. (2019): Mit etablierten Vorgehen zum individuellen Erfolg: Entwicklungskomplexität adaptiv beherrschen. In: Thomas, O. (Hrsg.): Arbeitsbericht Nr.2 des niedersächsischen Innovationsverbunds SmartHybrid - Entwicklung hybrider Lösungsangebote, Osnabrück, Living Lab BPM e.V., S. 19-22.	1
B16	Living Lab BPM Research Report	Arbeitsbericht	-	-	Kammler, F.; Hagen, S. ; Gembariski, P.-C.; Rogall, C.; Mennenga, M. (2019): Vom konventionellen Hersteller zum datengetriebenen Wertschöpfer. In: Thomas, O. (Hrsg.): Arbeitsbericht Nr.2 des niedersächsischen Innovationsverbunds SmartHybrid - Entwicklung hybrider Lösungsangebote, Osnabrück, Living Lab BPM e.V., S. 23-26.	1
B17	Living Lab BPM Research Report	Arbeitsbericht	-	-	Schoormann, T.; Hagen, S. ; Hüer, L. (2019): Software-gestützte Entwicklung und Umsetzung von hybriden Geschäftsmodellen. In: Thomas, O. (Hrsg.): Arbeitsbericht Nr.2 des niedersächsischen Innovationsverbunds SmartHybrid - Entwicklung hybrider Lösungsangebote, Osnabrück, Living Lab BPM e.V., S. 31-34.	3
B18	Modellierung 2020 (LNI)	Tagung	B	C	Schoormann, T.; Hagen, S. ; Brinker, J.; Wildau, S.; Thomas, O.; Knackstedt, R. (2020): Towards Aligning Business Models with Business Processes: A Tool-based Approach. In: Bork, D., Karagiannis, D. & Mayr, H. C. (Hrsg.), Modellierung 2020 – Kompletband, Gesellschaft für Informatik e.V., Bonn, Deutschland, S. 13-27.	3
B19	Living Lab BPM Research Report	Arbeitsbericht	-	-	Hüer, L.; Fischer, H.; Hagen, S. (2019): Mit dem CO2-Kompass zu intelligenten Leistungsbündeln in der Energiewirtschaft. In: Thomas, O. (Hrsg.): Arbeitsbericht Nr.3 des niedersächsischen Innovationsverbunds SmartHybrid - Hybride Wertschöpfung für Niedersachsen, Osnabrück, Living Lab BPM e.V., S. 7-10.	1

#	Publikationsorgan	Medium	Ranking ¹⁵		Bibliographische Informationen	FF
			WK WI	VHB JQ3		
B20	Living Lab BPM Research Report	Arbeitsbe- richt	-	-	Hüer, L.; Hagen, S. (2019): Energieversorgung-as-a-Service: Die mobile Ladesäule. In: Thomas, O. (Hrsg.): Arbeitsbericht Nr.3 des niedersächsischen Innovationsverbunds SmartHybrid - Hybride Wertschöpfung für Niedersachsen, Osnabrück, Living Lab BPM e.V., S. 15-18.	1
B21	Living Lab BPM Research Report	Arbeitsbe- richt	-	-	Schoormann, T.; Hagen, S. ; Hüer, L.; Richter, T. (2019): Prozessorientierte Gestaltung von Geschäftsmodellen: Anwendung eines digitalen Werkzeugs in der Elektromobilität. In: Thomas, O. (Hrsg.): Arbeitsbericht Nr.3 des niedersächsischen Innovationsverbunds SmartHybrid - Hybride Wertschöpfung für Niedersachsen, Osnabrück, Living Lab BPM e.V., S. 19-22.	3
B22	Living Lab BPM Research Report	Arbeitsbe- richt	-	-	Hagen, S. ; Brinker, J.; Vogel, J. (2019): Der digitale Zwilling: Datenbasierte Innovationen für die Landwirtschaft. In: Thomas, O. (Hrsg.): Arbeitsbericht Nr.3 des niedersächsischen Innovationsverbunds SmartHybrid - Hybride Wertschöpfung für Niedersachsen, Osnabrück, Living Lab BPM e.V., S. 45-48.	3
B23	Living Lab BPM Research Report	Arbeitsbe- richt	-	-	Hagen, S. ; Kloock-Schreiber, D.; Kammler, F.; Bertke, A. (2019): Neue Lösungsangebote durch informationsbasierte Verknüpfung: Anwendung am Beispiel eines Getriebes In: Thomas, O. (Hrsg.): Arbeitsbericht Nr.3 des niedersächsischen Innovationsverbunds SmartHybrid - Hybride Wertschöpfung für Niedersachsen, Osnabrück, Living Lab BPM e.V., S. 49-54.	3
B24	Living Lab BPM Research Report	Arbeitsbe- richt	-	-	Küpper, S.; Fischer, H.; Schoormann, T.; Hagen, S. (2019): Unternehmensinterne Leuchtturmprojekte als Treiber der hybriden Wertschöpfung. In: Thomas, O. (Hrsg.): Arbeitsbericht Nr.3 des niedersächsischen Innovationsverbunds SmartHybrid - Hybride Wertschöpfung für Niedersachsen, Osnabrück, Living Lab BPM e.V., S. 55-58.	1
B25	Konstruktion für die Additive Fertigung 2019	Tagung	-	-	Brinker, J.; Gembarski, P. C.; Hagen, S. ; Thomas, O. (2020): Anwendungspotenziale von Additive Repair und Refurbishment für Service-orientierte Geschäftsmodelle. In: Lachmayer R., Rettschlag K., Kaierle S. (Hrsg.): Konstruktion für die Additive Fertigung 2019, Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg.	2
B26	ZWIRN	Tagung	-	-	Thomas, O.; Hagen, S. ; Zarvic, N.; Kammler, F.: Der Hybride Wertschöpfer Niedersachsen. In: ZWIRN: Digitales Niedersachsen - Chancen Risiken Nachhaltigkeit. In Veröffentlichung.	1
B28	International Journal of Product Development (IJPD)	Journal	-	C	Hüer, L.; Hagen, S. ; Pfisterer, H.-J.; Thomas, O.: Managing Interdisciplinary Collaboration in Product-Service Systems Engineering: Insights from a Mixed-Method Project Analysis. In: International Journal of Product Development. In Begutachtung.	1

Alle in Tabelle 1 genannten Beiträge sind im Rahmen des in Abschnitt 4.1 vorgestellten Innovationsverbunds SmartHybrid entstanden und somit relevanter Bestandteil der Projektaktivitäten des Autors, welche teilweise noch im Begutachtungs- oder Veröffentlichungsprozess sind. Aus dieser Grundgesamtheit sind durch den Autor dieser Arbeit die sechs Beiträge B1-B6 ausgewählt und in diese Dissertation eingebracht worden. Sie tragen, neben der Beantwortung der Forschungsfragen zu den übergeordneten Zielen der Wirtschaftsinformatik bei, welche sich nach Becker (2004b) in das Erkenntnis- und Gestaltungsziel untergliedern. Das *Erkenntnisziel* beschreibt die Suche nach dem Verständnis für gegebene Sachverhalte (im Sinne des phänomenalen Erkenntnisinteresses), wohingegen das *Gestaltungsziel* versucht, neue Gegebenheiten durch Gestaltung oder Veränderung herbeizuführen (im Sinne des aktionalen Erkenntnisinteresses). Beide Ziele lassen sich weiterhin in einen *methodischen*, die Techniken und Methoden betreffenden, sowie einen *inhaltlich-funktionalen*, die betriebswirtschaftlichen Branchen betreffenden, Auftrag mit Blick auf das Verständnis und die Entwicklung von Informationssystemen differenzieren (Becker et al. 2004b). Abb. 2 stellt die Einordnung der eingebrachten Beiträge dieser Dissertation in dem beschriebenen Schema dar und ist zweistufig aufgebaut: Das primäre Erkenntnisinteresse

eines Beitrages ist weiß hinterlegt, die sekundären Erkenntnisinteresse sind, sofern vorhanden, grau schattiert.

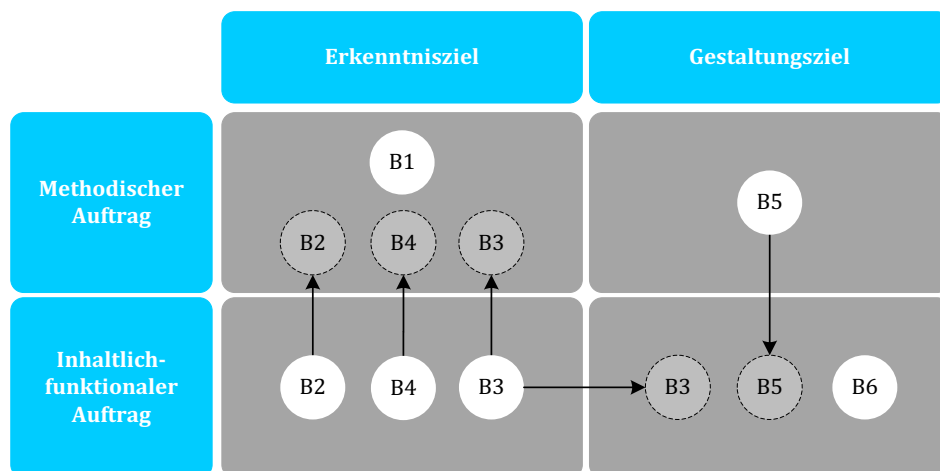


Abb. 2. Einordnung der Beiträge in die Erkenntnisziele der Wirtschaftsinformatik nach Becker et al. (2004b)

Alle erzielten (Teil-)Ergebnisse tragen in ihrer Gesamtheit zur Zielsetzung dieser Arbeit bei und folgen dafür dem gestaltungsorientierten Erkenntnisprozess nach Österle et al. (2010). Dieser untergliedert sich in die vier Phasen *Analyse*, *Entwurf*, *Evaluation* sowie *Diffusion*, welche idealtypisch iterativ durchlaufen werden. Mit Blick auf die einführend wiedergegebene Diskussion um die wissenschaftliche und praktische Relevanz der Wirtschaftsinformatik wird die letzte Phase (Diffusion) im Rahmen dieser Arbeit differenzierter betrachtet. Es erfolgt eine Einordnung anhand vermehrt praktischer beziehungsweise theoretischer Implikationen der Einzelbeiträge¹⁶, was in Abb. 3 visualisiert ist. Alle Ergebnisse finden sich damit auf den Ebenen 1 oder 2 des von Gregor und Hevner (2013) aufgestellten Klassifikationsschemas für den Typ von DSR-Beiträgen, den instanzierenden (Level 1) sowie entstehenden (Level 2) Designtheorien wieder.

¹⁶ Der von Österle et al. (2010) vorgeschlagenen Phase der Diffusion wird durch die Veröffentlichung der Ergebnisse in wissenschafts- und praxisnahen Outlets sowie der im Innovationsverbund praktizierten Informationsbereitstellung gegenüber einer breiten Öffentlichkeit bereits nachgekommen. Im Rahmen dieser Arbeit wird daher die Phase Diffusion durch eine Einordnung in die primären Empfänger wissenschaftlicher Erkenntnis ersetzt, was den Anspruch dieser Arbeit auf Rigorosität und Relevanz unterstreicht.

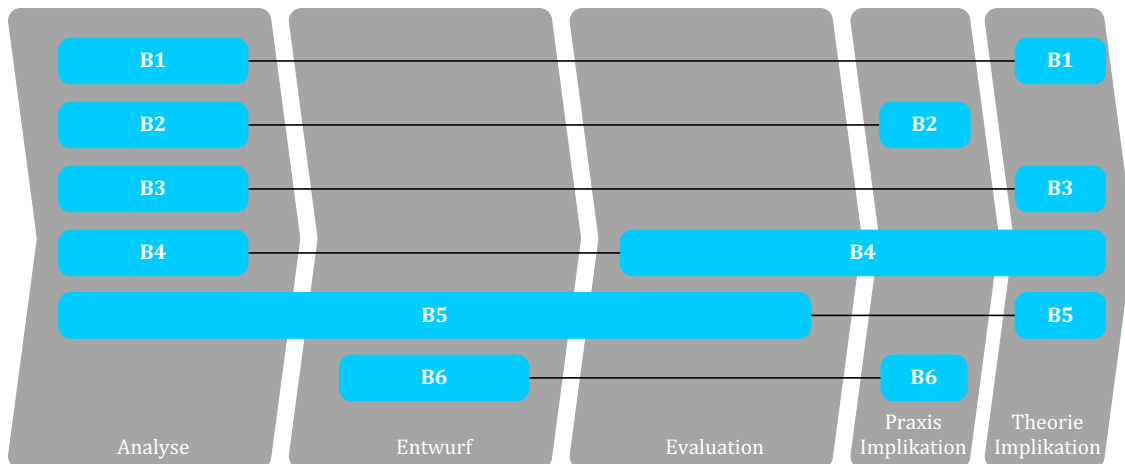


Abb. 3. Einordnung der Beiträge in den Erkenntnisprozess nach Österle et al. (2010)

5.2 Zentrale Ergebnisse der Beiträge

5.2.1 Herausforderungen bei der Entwicklung informationsbasierter hybrider Leistungsbündel

Die stetige Weiterentwicklung des Hybriden Wertschöpfungskonzepts ist mit einer kontinuierlichen Anpassung der für die Entwicklung verwendeten Vorgehensmodelle verbunden. Dies betrifft auch die im Rahmen dieser Dissertation untersuchte informationelle Verknüpfung von Produkten und Dienstleistungen. Beitrag 1 erhebt und konsolidiert daher die Anforderungen, welche bei der Entwicklung von informationsbasierten PSS berücksichtigt werden müssen. Dazu sind 21 in der Literatur bekannte Vorgehensmodelle für das PSSE im Spannungsfeld der Digitalisierung untersucht und ihre entsprechenden Handlungsmöglichkeiten analysiert worden. Es hat sich gezeigt, dass verschiedene Charakteristika der informationellen Verknüpfung bereits mit den bekannten Methoden abbildbar sind, einige jedoch noch unberücksichtigt bleiben. So nimmt beispielsweise der Umfang der Interaktion zwischen den an der Entwicklung beteiligten Stakeholdern zu, da umfangreichere und detailliertere Schnittstellen für die Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklus entstehen. Weiterhin sind Defizite in Methoden mit Blick auf Charakteristika offengelegt worden, welche im Rahmen der reinen Produkt- und Dienstleistungsintegration in zukünftiger Forschung berücksichtigt werden müssen. Hier ist exemplarisch die Wiederverwendbarkeit von erarbeiteten Ergebnissen im Sinne von Modulen oder das Bereitstellen und Vorschlagen von konkreten Methoden zur Erreichung des Entwicklungsziels zu nennen. Dies verdeutlicht bereits, dass eine IT-gestützte Entwicklung, beispielsweise durch die Bereitstellung von Assistenzsystemen für Vorgehensmodelle, einigen Hindernissen begegnen kann.

Beitrag 2 erweitert die Anforderungen um die praktische Perspektive und deckt Hürden auf, die den Einsatz strukturierter Vorgehen bei der Entwicklung von Dienstleistungen in Leistungsbündeln in Unternehmen behindern (Abb. 4).

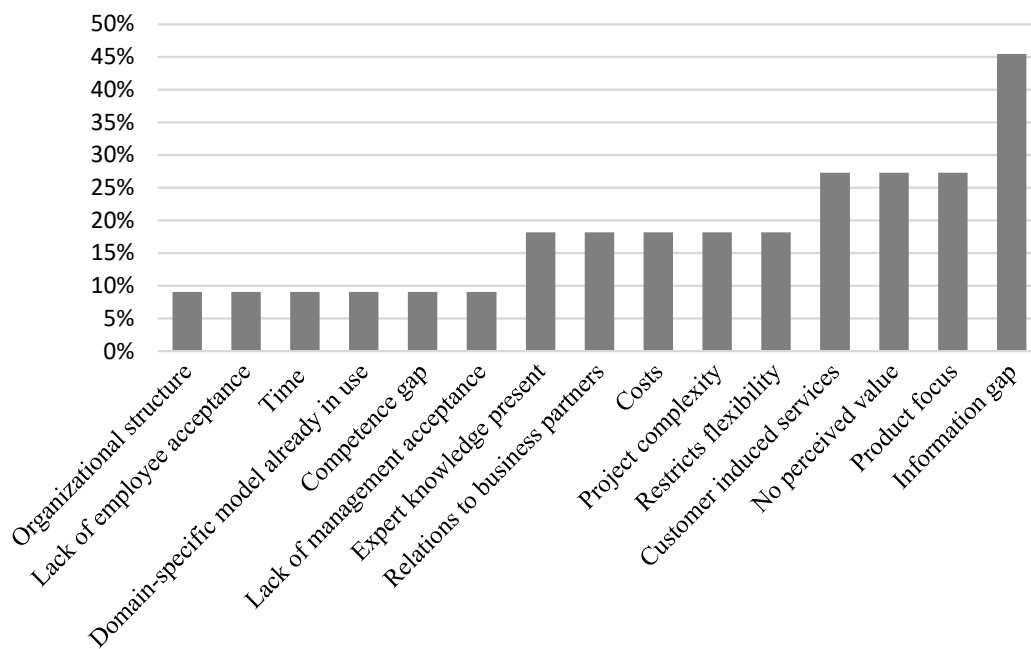


Abb. 4. Barrieren in Unternehmen für die Verwendung von Service Engineering-Methoden (Hagen et al. 2018a)

Darauf aufbauend sind Empfehlungen für praxistaugliche Vorgehen zur Entwicklung von Dienstleistungen in Hybriden Leistungsbündeln hergeleitet worden. Diese betreffen auszugswise die Berücksichtigung des organisationalen Kontexts, der in jedem Unternehmen unterschiedlich ausfallen kann. Weiterhin ist die Bereitstellung und aktive Integration von unternehmensinternen sowie -externen Informationen in die Entwicklung von Bedeutung, ebenso wie die Integration aller Stakeholder im Sinne einer Kollaboration und die Dokumentation des Prozesses sowie die Führung durch selbigen.

Beitrag 3 erweitert die methodische Betrachtung von FF1, in dem er hybride Leistungsbündel aus einer prozessorientierten Perspektive untersucht. Aus 18 Interviews mit Experten sind Anforderungen an Prozessmodellierungssprachen erhoben worden, welche anschließend mit den Möglichkeiten derzeit verbreiteter Modellierungstechniken verglichen wurde. Auch wenn keine der untersuchten Sprachen den Anforderungen vollständig entspricht, hat sich die BPMN für die weitere Verwendung zur Entwicklung der Dienstleistungsbestandteile in hybriden Leistungsbündeln aufgrund ihrer Erweiterungsmöglichkeiten angeboten. In Abb. 5 sind die Anforderungen sowie der Vergleich mit gängigen Prozessmodellierungssprachen dargestellt, was als weiteres wesentliches Ergebnis zur Beantwortung von FF1 dient.

Alle drei Beiträge tragen somit in Gänze zur Beantwortung von FF1 bei, indem sie aufdecken, welche Herausforderungen sich bei der informationsbasierten Verknüpfung in hybriden Leistungsbündeln ergeben und wie diesen methodisch sowie mit Hilfe von IT-Unterstützung begegnet werden kann.

#	Requirement title	BPMN 2.0	UML Activity	EPC	PetriNet	IDEF3	Ansi Flowchart
1.1	Products and service objects	(X)	(X)	(X)	-	X	-
1.2	Machine/service-object information	-	-	-	-	-	-
1.3	Actors	X	X	X	-	-	-
1.4	Information flows	X	X	X	X	X	X
1.5	Decisions	X	X	X	X	X	X
1.6	Data-objects	X	X	X	-	-	X
1.7	Legal aspects	-	-	-	-	-	X
1.8	Standards/Norms	(X)	-	-	-	-	-
1.9	Activity types	X	X	-	-	-	-
1.10	Communication interfaces	X	X	-	-	-	-
1.11	Safety instructions	-	-	-	-	-	-
1.12	Time aspects	X	(X)	-	-	-	(X)
2.1	PSS phases	-	-	-	-	-	-
2.2	Hierarchies	X	X	X	-	-	-
2.3	Further workflows	(X)	(X)	(X)	-	-	(X)
2.4	Further diagrams	-	(X)	(X)	-	-	-
3.1	Key performance indicator (KPI)	-	-	-	-	-	-
3.2	Tracking process data	-	-	-	-	-	-
3.3	Collaboration data	-	-	-	-	-	-
4.1	Further devices	-	-	-	-	-	-
4.2	Adoption of model constructs	-	-	-	-	-	-
4.3	Construction procedure	X	X	(X)	-	-	-
4.4	Limited complexity	(X)	X	X	-	-	X
4.5	Remarks	X	X	X	-	-	X
4.6	Execution	X	(X)	(X)	X	-	-
5.1	Automatic generate artefacts	X	X	(X)	X	-	-
5.2	Exchange models	X	X	X	X	-	-

Abb. 5. Gegenüberstellung von Anforderungen an die prozessorientierte Entwicklung von hybriden Leistungsbündeln und etablierten Prozessmodellierungssprachen (Hagen et al. 2018b)

5.2.2 Mehrwerte informationsbasierter Verknüpfung von Produkten und Dienstleistungen

Beitrag 4 adressiert, aufbauend auf den Ergebnissen von FF1, die Fragestellung, ob und welche Mehrwerte, sowohl aus Sicht der Wissenschaft als auch aus einer praktischen Perspektive, bei der informationsbasierten Integration entstehen und inwiefern sich diese Ansichten widersprechen. Da das hier vorgestellte Konzept der informationsbasierten hybriden Leistungsbündel in Unternehmen wenig bekannt ist, wird im Beitrag der Terminus ‚Smart Service‘ verwendet und mit Hilfe einer Literaturrecherche und einer Online-Umfrage auf die wahrgenommenen Vorteile untersucht. Abb. 6 zeigt die in der Literatur gefundenen Vorteile und vergleicht diese mit den Einschätzungen der Experten. Dabei hat sich gezeigt, dass die Thematik in beiden Bereichen sich zunehmendem Interesse erfreut und weitgehend Einigkeit über die Potenziale besteht. Die Vorstellungen sind inhaltlich ähnlich, jedoch wird häufig auf unterschiedlichen Abstraktionsniveaus über die Themen gesprochen. Der Nutzen entsprechender Konzepte kann im Rahmen dieser Arbeit daher angenommen werden (FF2), woraus sich die Motivation für die Entwicklung eines methodischen und prototypischen Ansatzes für die integrierte Entwicklung informationsbasierter hybrider Leistungsbündel (FF3) ergibt.

G	Benefit	M	R	S
1) Cost/Time Reduction	Cost Reduction	9	7,63%	20
	Time Reduction	6	5,08%	
	Search/Transaction Cost Reduction	4	3,39%	
	Reduced Travel Cost	1	0,85%	
4) Monit. & maintenance	(Real time) Monitoring	17	14,41%	27
	(Predictive) Maintenance	10	8,47%	
3) Customer rel. benefits	Customer Value	12	10,17%	22
	Customer Relationship	5	4,24%	
	Consumer Experience	5	4,24%	
2) Improvements	Increased Performance	12	10,17%	32
	Increased Flexibility	7	5,93%	
	Quality Improvement	6	5,08%	
	Product Improvement	5	4,24%	
	Increased Service Provision	2	1,69%	
5) Miscellaneous	Safety	5	4,24%	17
	Information Provision	5	4,24%	
	Environmental Benefits	5	4,24%	
	Partnerships	2	1,69%	

Abb. 6. Vorteile von Smart Services in der Literatur (G=Gruppe, M=Anzahl der Nennungen, R=relative Häufigkeit, S=Summe der Gruppe) (Hagen, Thomas 2019)

5.2.3 Konzeptuelle Integration von Produkten und Dienstleistungen und Instanziierung eines Softwarewerkzeugs zur Gestaltung informationsbasierter PSS

Wie die informationsbasierte Verknüpfung von Produkt- und Dienstleistungskomponenten in einem integrierten Leistungsbündel gelingen kann, wird in Beitrag 5 untersucht und ein entsprechendes Konzept entwickelt. Dies geschieht am Beispiel eines Predictive-Maintenance-Anwendungsfalls im Maschinen- und Anlagenbau, bei dem eine automatisierte Anpassung von (Dienstleistungs-)Prozessen verfolgt wird. Hierzu werden Sensorinformationen mit Entscheidungen herbeiführenden Konstrukten des Prozesses assoziiert, was die zur Laufzeit vom Sensorbild abhängige konkrete Zusammensetzung des Prozessablaufs bestimmt. Dieser Ansatz ist ein erster Schritt zur informationsbasierten Verknüpfung von Produkten, in diesem Fall am Beispiel einer Maschine, und den zugehörigen Dienstleistungen. Abb. 7 zeigt dieses Konzept mit Blick auf die datenbezogenen Eigenschaften des Systems und die daraus resultierenden Wertschöpfungspotenziale auf.

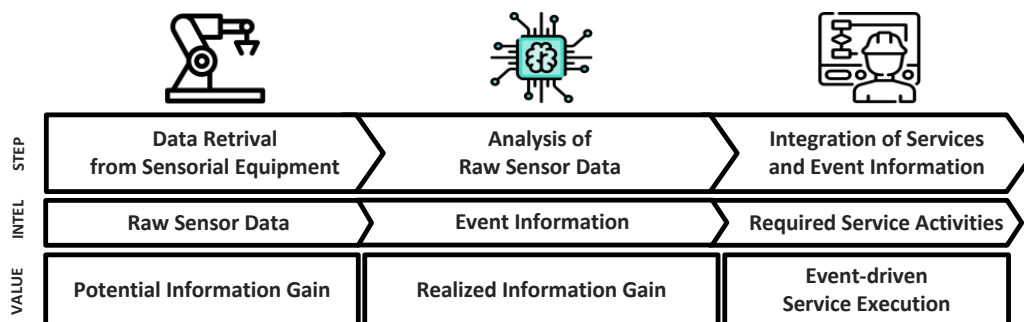


Abb. 7. Wertschöpfungskette bei datengetriebenen Wertschöpfungssystemen (Kammler et al. 2019)

Um das Konzept zu realisieren ist eine Integration der Dienstleistungsprozesse sowie der zugehörigen Sensorevents entwickelt worden. Dabei ist auf eine bisher wenig beachtete Speichertechnologie zurückgegriffen worden, welche die Abbildung von Prozessen und damit verbundenen Elementen zusammen mit schnellen Zugriffszeiten ermöglicht – die Graphdatenbank. Für die Übertragung der BPMN-Elemente in die Graphstruktur ist ein

Konzept entwickelt worden, welches sich auf die Datenbank Neo4j¹⁷ bezieht. Abb. 8 stellt diesen Zusammenhang dar, in dem das zu jedem BPMN-Konstrukt analoge Graph-Objekt mit seinem Typ und den Attributen mit Hilfe der Abfragesprache Cypher-Query-Language (CQL) assoziiert wird. Der Ansatz liefert somit einen Ausgangspunkt für die Verwendungsmöglichkeiten existierender Konzepte (FF1) für eine Software-unterstützte Entwicklung informationsbasierter hybrider Leistungsbündel (FF3).






BPMN Element	Symbol	Neo4j graph representation in cypher-syntax
Event		(ex:Event {property, label, desc, orgUnit, type, group, conditions})
Activity		(ax:Activity {property, label, desc, orgUnit, group})
Gateway		(gx:Gateway {type, label, desc, orgUnit, group, direction})
Sequence Flow		(x)-[:NEXT {type, label, desc}]->(y)
Association		(x)-[:NEXT {type, label, desc}]->(y)

Abb. 8. Mapping von BPMN-Elementen auf Neo4j Cypher-Query-Language (Kammler et al. 2019)

Basierend auf den Erkenntnissen aus Beitrag 5, insbesondere den Potenzialen von Graphdatenbanken, wird in Beitrag 6 die Instanziierung eines Softwareprototyps vorgestellt, welcher die Integration von Produkten auf Baugruppen- und Komponentenebene sowie Serviceprozessen realisiert. Der Artikel ist in interdisziplinärer Kollaboration mit Produktingenieuren der Universität Hannover im Kontext des SmartHybrid-Projekts entstanden. Am Beispiel eines Getriebes ist das physische Gut eines hybriden Leistungsbündels aus den Konstruktions- beziehungsweise CAD-Daten (Computer Aided Design) in eine Produktstrukturstückliste überführt worden, welche nun als Abhängigkeitsbaum dasselbe Datenschema aufweist, wie die in Beitrag 5 gezeigten Prozesse. Die gemeinsame Datenstruktur, in welche der entwickelte Prototyp beide Komponenten selbstständig überführt, erlaubt nun die Zusammenführung beider zuvor getrennt betrachteten Elemente in einer Speichertechnologie, was die Verknüpfung der Elemente auf Datenebene erlaubt. Der obere Teil von Abb. 9 zeigt die Benutzeroberfläche des Softwarewerkzeugs, welches die Modellierung der Prozesse sowie deren Verknüpfung mit den Produktbestandteilen erlaubt. Die Integration von Produkt- und Dienstleistungsinformationen auf Datenebene ist im unteren Teil der Abb. im graphbasierten Schema dargestellt. Dort sind im Serviceprozess (rote, blaue und lilafarbene Knoten) die Relationen zu den Komponenten des Getriebes (gelber, graue und fliederfarbene Knoten) ersichtlich, was für jede Phase des Lebenszyklus umfangreiche Potenziale bietet, die im Beitrag hergeleitet worden sind. So kann beispielsweise der geschaffene digitale Freiheitsgrad in der Konstruktion und Entwicklung Komplexitäten durch die Aufdeckung von Variantenvielfalt sichtbar machen. Darüber hinaus ist es möglich, bei der Ausführung von Wartungsprozessen im After-Sales-Service automatisiert Ersatzteillisten, Werkzeug- oder Zeitbedarfe zu kalkulieren. Die sich daraus ergebenden strategischen Handlungsempfehlungen sind im Beitrag abgeleitet worden und tragen wesentlich zur Beantwortung von FF3 bei.

¹⁷ Die Neo4j Inc. bietet unter dem Namen Neo4j ein Softwarepaket für eine Graphdatenbanken an. Diese folgen dem Konzept, alle Daten in Knoten mit beliebigen Attributen und Typen zu speichern und durch Relationen zu verbinden. Der Ansatz einer Graphdatenbank kann daher als „connection-first“ beschrieben werden, da die Relationen zwischen den gespeicherten Daten im Vordergrund stehen. Für das Lesen oder Schreiben von Informationen wird die Abfragesprache ‚Cypher Query Language‘ (CQL) verwendet, siehe <https://neo4j.com/neo4j-graph-database/>.

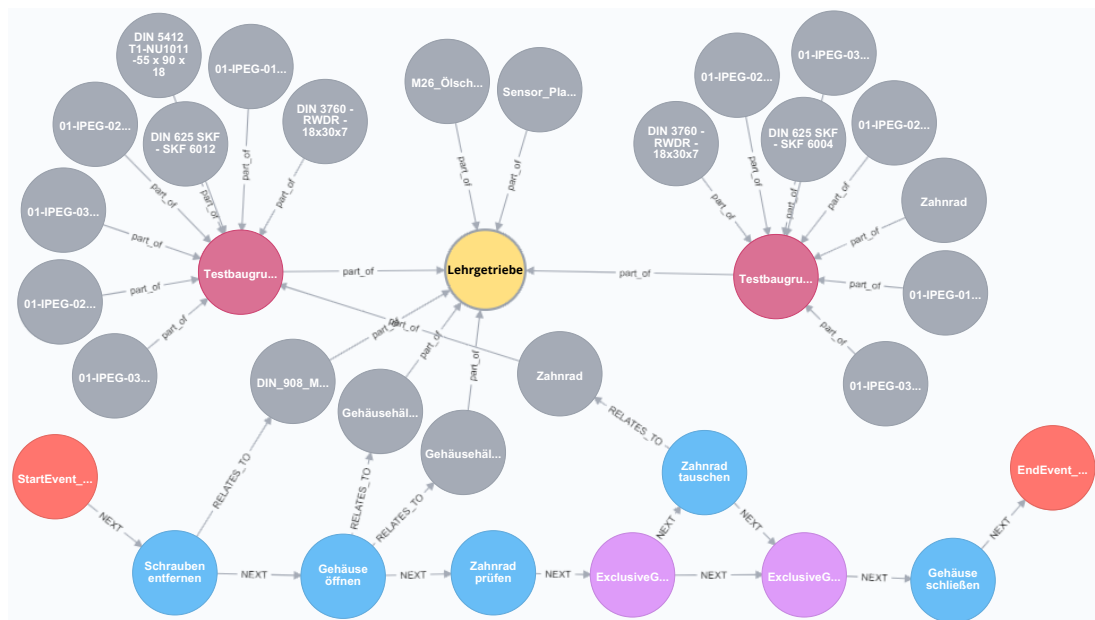
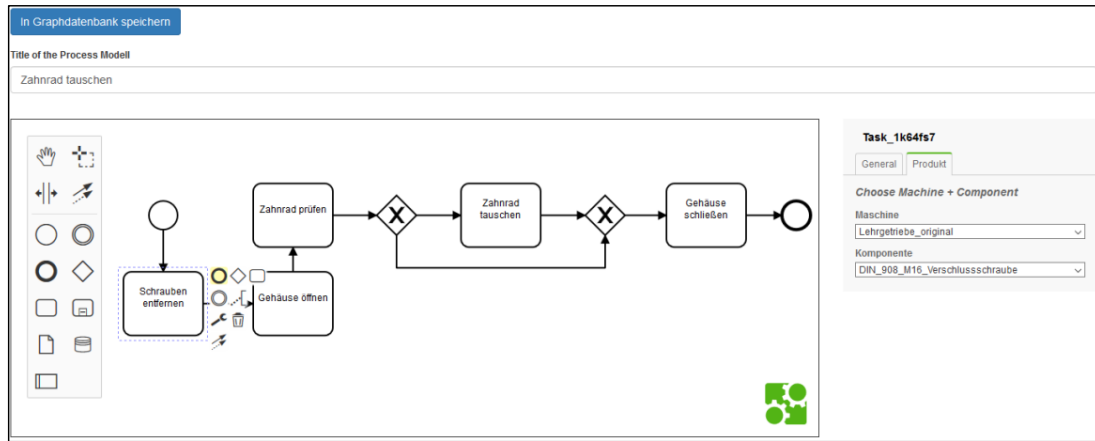


Abb. 9. Integration von Produkten und Dienstleistungen in einer gemeinsamen Datenstruktur (Hagen et al. 2019)

5.3 Theoretische Implikationen

Die Untersuchung des Konzepts der Hybriden Wertschöpfung im Einfluss der Digitalisierung sowie die konzeptuelle und werkzeuggestützte informationsbasierte Integration der Komponenten eines PSS liefert vielfältige theoretische Implikationen, auf denen zukünftige Forschungen aufbauen können.

Im Sinne der übergeordneten FF ist die primäre theoretische Erkenntnis dieser Dissertation, dass das Konzept der Hybriden Wertschöpfung in der Lage ist, durch die Digitalisierung entstehende Potenziale umzusetzen. Dies führt dazu, dass das bisher im Forschungsfeld entstandene Wissen sowie die Methoden auch für neue Konzepte gelten können. Damit sind die Ergebnisse sowohl für die Weiterentwicklung des PSS(E) relevant, bieten aber auch neuen Konzepten die Möglichkeit, den theoretischen Rahmen der Hybriden Wertschöpfung

zu nutzen beziehungsweise bieten eine Grundlage für deren Entwicklung. Dies wird insbesondere durch die Ergebnisse von FF1, bezogen auf die Herausforderungen bei der Gestaltung informationsbasierter PSS, und FF2, bezogen auf die Potenziale durch das Anbieten von informationsbasierten PSS, deutlich. Mit Blick auf die Herausforderungen, insbesondere bei der systematischen Entwicklung von Dienstleistungen, konnten Barrieren identifiziert werden, die über die Zielsetzung dieser Arbeit hinausgehen (siehe Beitrag 1 und 2). Selbiges gilt für die Ergebnisse der prozessorientierten Betrachtung von PSS, die zusätzliche Erkenntnisse liefert, die über diese Arbeit hinaus verwendet werden können (siehe Beitrag 3). Weiterhin implizieren die Ergebnisse, dass Informationen als wesentlicher Treiber von Leistungsbündeln dienen können (Picot 1989, siehe Beitrag 4), jedoch konzeptuelle Integrationen vorliegen und systematische Herangehensweisen für deren Entwicklung existieren müssen. Insbesondere bei der Beachtung und Spezifikation der Schnittstellen wird dies deutlich, da diese maßgeblich für die interdisziplinäre Zusammenarbeit¹⁸ sind. Durch die Integration weiterer Disziplinen (beispielsweise dem Software Engineering) steigt der Bedarf zusätzlich.

Um dieser Entwicklung zu begegnen ist im Rahmen dieser Arbeit ein Konzept zur informationellen Verknüpfung von Produkten und Dienstleistungen entstanden sowie ein Softwarewerkzeug entwickelt worden, welches die Gestaltung entsprechender Leistungsbündel unterstützt (FF3). Der konzeptuelle Ansatz kann als Grundlage für weitere Forschungen, auch über die „klassischen“ Bestandteile (Produkt und Dienstleistung) der Hybride Wertschöpfung hinaus, verwendet werden, da der Ansatz nicht auf die genannten Komponenten beschränkt ist¹⁹. Das Softwarewerkzeug teilt diese Eigenschaft und ist daher ebenfalls als Ausgangspunkt für weitere Entwicklungen relevant. Beide Erkenntnisse aus FF3 führen darüber hinaus zur Implikation, dass die Entwicklung, Organisation und das Management von informationsbasierten Wertschöpfungssystemen sehr gut für eine Plattformstrategie geeignet ist²⁰.

Auf einer wissenschaftstheoretischen Ebene werfen diese Erkenntnisse die Frage auf, in wie fern sich in den derzeit schnell verändernden technischen und fachlichen Gegebenheiten (siehe Abschnitt 2) Theorien im Sinne eines „Body of Knowledge“ etablieren können. Dies gilt insbesondere, wenn vermeintlich neue Beobachtungen mit neuen Konzepten belegt werden, neue und oft dem Marketing dienliche „Buzzwords“ etabliert und keine Einbettung oder kritische Auseinandersetzung mit bestehenden Ansätzen und Paradigmen stattfindet, so wie am Beispiel der Hybriden Wertschöpfung gezeigt. Die vorliegende Arbeit kann diese Frage im Rahmen der vorgestellten Untersuchungen nicht beantworten, die gewonnenen

¹⁸ Die Bedeutung sowie die Einflussgrößen, welche bei der interdisziplinären Entwicklung Hybrider Leistungsbündel zu berücksichtigen sind, werden im Beitrag (Hagen, S.; Hüer, L.; Pfisterer, H.-J.; Thomas, O.: Managing Interdisciplinary Collaboration in Product-Service Systems Engineering: Insights from a Mixed-Method Project Analysis. In: International Journal of Product Development. In Begutachtung.) untersucht. Larson (2016) hat diese Herausforderung analog bei der Untersuchung von Smart Service Systemen identifiziert, was die Nähe der Konzepte bestätigt.

¹⁹ Die Anwendung des graphbasierten Integrationsansatzes ist durch den Autor beispielsweise auch für die Verknüpfung von Geschäftsmodellen und Geschäftsprozessen erfolgt. Erweiterungen auf andere Fachdisziplinen, beispielsweise das Software oder Electrical Engineering sind ebenso möglich (vgl. Schoormann, T.; Hagen, S.; Brinker, J.; Wildau, S.; Thomas, O.; Knackstedt, R. (2020): Towards Aligning Business Models with Business Processes: A Tool-based Approach. In: Modellierung 2020, in Veröffentlichung).

²⁰ Die Untersuchung ist Teil eines Beitrags in Begutachtung (Kammler, F.; Hagen, S.; Berkemeier, L.; Thomas, O.: What is a Smart Service Platform?. In: Electronic Markets (EM), (Wiedereingereicht)).

Ergebnisse werfen dieses Erkenntnisinteresse jedoch unweigerlich auf, da sie gezeigt haben, dass etablierte Methoden für aktuelle Herausforderungen adaptiert werden können und somit auf bestehendes Wissen zurückgegriffen werden kann.

5.4 Praktische Implikationen

Die Wirtschaftsinformatik als anwendungsnahe Disziplin bewegt sich stetig im Spannungsfeld von Rigorosität und Relevanz, um theoretische Erkenntnisse in praktisch verwendbares Wissen zu übersetzen (siehe Kapitel 3). Durch den kontinuierlichen Austausch mit Praktikern in Form von Interviews und Umfragen oder der Evaluation von Ergebnissen im Kontext von praxisnahen Anwendungsfällen, folgt die vorliegende Forschungsleistung dieser Zielvorstellung. Die Erhebung von Anforderungen in Unternehmen mit Blick auf die Verwendbarkeit von systematischen Vorgehensweisen (Beitrag 2) und die Potenziale von Prozessmodellierungssprachen für eine praxisnahe Darstellung von PSS (Beitrag 3) sind hier exemplarisch zu nennen. Insbesondere in Beitrag 4 (FF2), welcher die Motivation aus wissenschaftlicher und praktischer Perspektive für die Gestaltung eines konzeptuellen und prototypischen Ansatzes für die informationsbasierte Verknüpfung in PSS liefert (FF3), wird die Zielsetzung durch den Abgleich wissenschaftlich und praktisch wahrgenommener Vorteile entsprechender Wertschöpfungssysteme deutlich. Das abschließend entstandene Konzept sowie der Prototyp (Beitrag 5 und 6), welcher sich an den zuvor identifizierten Anforderungen orientiert, stellt somit den Transfer in die praktische Nutzung sicher, da er als Ansatz für den Einsatz in Produktivsystemen dient.

Damit trägt die Arbeit in vielfacher Hinsicht zur breiteren Verwendbarkeit des Konzepts der Hybriden Wertschöpfung, insbesondere im Kontext der Digitalisierung, in Unternehmen bei. Die informationelle Verknüpfung stellt dabei das Kernergebnis dar, welches durch das Konzept sowie das Softwarewerkzeug für eine Etablierung als Rahmenwerk stehen kann und somit auch einen Rahmen für neue Entwicklungen in diesem Feld bietet. Damit ist die Hybride Wertschöpfung geeignet, ein Gütekriterium für Unternehmen darzustellen und sie als Innovationstreiber zu beschreiben. Auf konkreter Ebene ist die Verwendung des graphbasierten Ansatzes zusammen mit der Vorstellung einer prototypischen Implementierung direkt für die Nutzung in Unternehmen anwendbar. Prozessmodelle können in ausführbare Modelle überführt und mit Komponenten von (physischen) Gütern verknüpft werden, was neue Potenziale für die Entwicklung von PSS ermöglicht. Dies zeigt insbesondere die disziplinübergreifende Verwendbarkeit der Ergebnisse auf, da sie nicht nur für die Gestaltung von Dienstleistungen, sondern beispielsweise auch für die Produkt- oder Softwareentwicklung eingesetzt werden können, was auch im Rahmen des Forschungsverbundes intensiv diskutiert wurde. Die Verwendung von systematischen Vorgehensweisen ist im Rahmen des Innovationsverbundes ebenfalls weiterentwickelt worden (siehe Beitrag 15)²¹, was die bisher wenig beobachtete Nutzung von Vorgehensmodellen steigern kann.

Um die Ergebnisse dieser Dissertation Unternehmen zugänglich zu machen, sind sie nicht nur in wissenschaftlichen Formaten veröffentlicht und diskutiert, sondern auch in praxisnahen Outlets und in Vorträgen vorgestellt worden. Exemplarisch ist hier Beitrag 6 zu nennen, der das Softwarewerkzeug für die informationsbasierte Verknüpfung im anwendungsnahe Journal ‚HMD – Praxis der Wirtschaftsinformatik‘ beschreibt. Weiterhin ist das Wissen

²¹ Die Entwicklung eines Ansatzes zur Konfiguration von Vorgehensmodellen ist nicht expliziter Gegenstand dieser Dissertation, jedoch im Rahmen der Gesamtforschungsleistung des Autors entwickelt worden und stellt ein wesentliches Ergebnis für die praktische Relevanz der Ergebnisse dar.

des Autors in das DIN SPEC-Verfahren 33453 eingeflossen (Beitrag 13), welches einen methodischen Ansatz für die Entwicklung digitaler Dienstleistungssysteme erstellt hat. Abschließend sei auf die Publikation der Ergebnisse in den Arbeitsberichten des Innovationsverbunds verwiesen, welche die Ergebnisse konkret und an beispielhaften praxisnahen Anwendungsfällen darstellen (Beiträge 12, 14-17 sowie 19-24).

5.5 Limitationen

Die im Rahmen dieser Arbeit entstandenen Ergebnisse beantworten die aufgestellten Forschungsfragen und dienen daher der Lösung der beschriebenen Forschungslücke. Die sechs publizierten Beiträge, die diese Fragen adressieren, sind daher in diese Promotionsschrift eingebracht worden und mit Hilfe anerkannter und sorgfältig ausgewählter wissenschaftlicher Methoden entstanden. Sie sind dabei einem mehrstufigen und anonymen Reviewprozess („double-blinded“-Verfahren) unterzogen worden, was die wissenschaftliche Qualität der Arbeit bestätigt. Alle Beiträge (ausgenommen Beitrag 1) sind darüber hinaus in Medien veröffentlicht worden, die in mindestens einer Bewertungsliste des Verbands der Hochschullehrer (VHB Jourqual3-Ranking) beziehungsweise der Wissenschaftlichen Kommission Wirtschaftsinformatik (WKWI) aufgeführt sind (siehe Kapitel 5.1). Trotzdem ergeben sich inhaltliche und methodische Limitationen, die im Folgenden dargestellt werden.

Zunächst ist die verkürzte Einbettung des Hybriden Wertschöpfungskonzepts in die digitale Transformation beziehungsweise Digitalisierung zu nennen. Beide Paradigmen beschreiben einen umfangreichen Veränderungsprozess, auf den im Rahmen dieser Arbeit nicht eingegangen werden konnte. Stattdessen ist eine begründete Verkürzung vorgenommen worden, welche die informationelle Verknüpfung von Produkten und Dienstleistungen erklärt und motiviert (siehe Kapitel 1 und 3). Für zukünftige Forschung sind hier weitere Einflussgrößen zu berücksichtigen, welche die genannten Paradigmen mit sich bringen, beispielsweise die sozialwissenschaftliche Perspektive. Diese nimmt insbesondere in der sozio-technischen Betrachtung von PSS eine relevante Position ein, die im Rahmen dieser Arbeit nur vereinzelt betrachtet wurde. Weiterhin sind die Ergebnisse nur im Kontext des Innovationsverbunds SmartHybrid diskutiert worden, der zwar bereits sechs Disziplinen der Hybriden Wertschöpfung einschließt, jedoch keine allgemeingültige Generalisierbarkeit erlaubt. Methodisch betrachtet ist eine Limitation in den überwiegend qualitativ ausgerichteten Forschungsmethoden anzuführen, was durch den explorativen und gestaltenden Charakter der Arbeit zu erklären ist. In diesem Kontext ist auch die Auswahl der Stichproben und die Stichprobengröße bei der Erhebung, beispielsweise von Anforderungen oder Potenzialen, als Limitation zu nennen. Diese waren der jeweiligen Forschungsfrage entsprechend adäquat, können jedoch keinen Anspruch auf umfassend generalisierbare Aussagen begründen, da sie nicht die Grundgesamtheit der untersuchten Gruppe abbilden. Weiterhin ist die langfristig ausgerichtete Untersuchung der Ergebnisse basierend auf quantitativen Verfahren im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen worden, was die Beständigkeit der Ergebnisse belegen und sie somit insgesamt komplementieren würde. Schlussendlich ist die nur in Teilen durchgeführte Evaluation des Prototyps als Limitation zu nennen. Das entwickelte Konzept ist am Beispiels eines praxisnahen Anwendungsfalls kritisch hinterfragt worden, eine Nutzung des Werkzeugs in der Praxis und eine langfristig ausgerichtete Verwendung steht jedoch noch aus. Diese könnten darüber hinaus neue Möglichkeiten für die Verwendbarkeit des Ansatzes aufzeigen oder auch zu einer Weiterentwicklung des Konzepts führen, was den theoriebildenden Prozess zur informationsbasierten Hybriden Wertschöpfung und aller verwandten Konzepte fördern kann.

6 Zusammenfassung

Das zentrale Ziel dieser Dissertation besteht in der Untersuchung der Fragestellung, wie das etablierte Konzept der Hybriden Wertschöpfung im Kontext der Digitalisierung operationalisiert werden kann, um eine informationelle Verknüpfung von Produkten und Dienstleistungen zu erreichen und damit die konzeptuelle Grundlage für derzeitige analoge, aber unter anderen Begriffen entstehende Entwicklungen von Wertschöpfungssystemen zu bieten. Zur Beantwortung dieser Frage sind im Kern zwei Fragestellungen beantwortet worden, welche durch eine dritte Forschungsfrage (FF2) verknüpft und motiviert werden.

Somit beschäftigt sich FF1 mit der Erhebung von Herausforderungen, die im Kontext der Digitalisierung an die Entwicklung von informationsbasierten Hybriden Leistungsbündeln gestellt werden. Erweitert werden diese Grundlagen durch den Vergleich von Vorgehensweisen zur Entwicklung hybrider Wertschöpfungssysteme mit Blick auf deren Unterscheidungsmerkmale und Herausforderungen, denen sie für einen vermehrten Praxiseinsatz begegnen müssen. Exemplarisch ist hierfür die Gestaltungsmöglichkeit Hybrider Leistungsbündel aus einer Prozessperspektive untersucht worden. FF2 überprüft daran anschließend den Mehrwert von informationsbasierten Hybriden Leistungsbündeln mit dem Ergebnis, dass in vielen Aspekten Einigkeit in Wissenschaft und Praxis über deren nutzenstiftenden Eigenschaften besteht, was die Entwicklung eines integrierenden Konzepts sowie eines Prototyps motiviert. Im Rahmen von FF3 ist daher ein graphbasierter Ansatz zur informationsbasierten Integration von Produkten und Dienstleistungen gestaltet worden, welcher die vielschichtigen Abhängigkeiten der Elemente und die daraus entstehenden Potenziale, beispielsweise für die Produktentwicklung oder das Anbieten innovativer Dienstleistungen, hebt. Erweitert wurde dieser um ein Softwarewerkzeug, welches den Entwicklungsprozess durch Tools zur Integration von Produkt- und Dienstleistungskomponenten unterstützt. Die Arbeit schlägt damit eine Brücke zwischen dem etablierten Forschungsgegenstand der Hybriden Wertschöpfung und neuartigen, häufig unter dem ‚Smart‘-Begriff subsummierten Konzepten zu datengetriebenen Wertschöpfungssystemen. Alle Forschungsarbeiten folgen dazu dem gestaltungsorientierten Paradigma der Wirtschaftsinformatik und greifen für ausgewählte Fragestellungen auf qualitative behavioristische Methoden zurück.

Alle Ergebnisse bieten damit einen Ausgangspunkt für weitere Forschungsarbeiten, um den „Body of Knowledge“, der aus der Hybriden Wertschöpfung hervorgeht und als Rahmenwerk für neue Entwicklungen dienen kann, hinsichtlich digitaler Innovationen weiter zu entwickeln. Die Integration von Produkten und Dienstleistungen ist nach wie vor zentraler Bestandteil von Wertschöpfung, was sich im Kontext der Digitalisierung nicht grundlegend verändert. Es ist hingegen eine Erweiterung um neue Elemente zu beobachten, welche von bisherigen Konzepten nicht ausreichend betrachtet werden. Die vorhandenen Erkenntnisse aus der Hybriden Wertschöpfung, beispielsweise auf methodischer, betriebswirtschaftlicher und konzeptueller Ebene, können daher operationalisiert und nutzenstiftend eingesetzt werden, wenn sie im Sinne eines Rahmenwerks Anwendung bei der Entwicklung neuer Ansätze findet. Dies ist insbesondere mit Blick auf die zunehmende Interdisziplinarität bei der Gestaltung innovativer Leistungsbündel von Bedeutung, da ein verbindendes Element zwischen den Fachrichtungen benötigt wird, was durch den vorgestellten Ansatz ermöglicht wird.

7 Literatur

- Annarelli, A.; Battistella, C.; Nonino, F. (2016): *Product service system: A conceptual framework from a systematic review*. Journal of Cleaner Production (139):1011–1032.
- Aurich, J.C.; Kölsch, P.; Herder, C.F.; Mert, G. (2016): *PSS 4.0 – Einflüsse von Industrie 4.0 auf Produkt-Service Systeme*. ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 9(111):565–568.
- Aurich, J.C.; Schweitzer, E.; Fuchs, C. (2007): *Life Cycle Management of Industrial Product-Service Systems*. In: Takata, S.; Umeda, Y. (Hrsg.): *Advances in Life Cycle Engineering for Sustainable Manufacturing Businesses*. London, Springer, 171–176.
- Becker, J.; Delfmann, P.; Knackstedt, R. (2004a): *Konstruktion von Referenzmodellierungssprachen – Ein Ordnungsrahmen zur Spezifikation von Adaptionsmechanismen für Informationsmodelle*. Wirtschaftsinformatik 4(46):251–264.
- Becker, J.; Holten, R.; Knackstedt, R.; Niehaves, B. (2004b): *Epistemologische Positionierungen in der Wirtschaftsinformatik am Beispiel einer konsensorientierten Informationsmodellierung*. In: Frank, U. (Hrsg.): *Wissenschaftstheorie in Ökonomie und Wirtschaftsinformatik*. Wiesbaden, Deutscher Universitätsverlag, 335–336.
- Beverungen, D.; Müller, O.; Matzner, M.; Mendling, J.; vom Brocke, J. (2017): *Conceptualizing smart service systems*. Electronic Markets 1(12).
- Boehm, M.; Thomas, O. (2013): *Looking beyond the rim of one's teacup: a multidisciplinary literature review of Product-Service Systems in Information Systems, Business Management, and Engineering & Design*. Journal of Cleaner Production (51):245–260.
- Brenner, M. (2011): *Vom Produzenten zum Lösungsanbieter – Reifegrade und Entwicklungsstufen basierend auf einer empirischen Studie*. Diplomica Verlag GmbH.
- Buhl, H.U.; Heinrich, B.; Henneberger, M.; Krammer, A. (2008): *Service science*. Wirtschaftsinformatik 1(50):60–65.
- Bullinger, H.-J.; Fähnrich, K.-P.; Meiren, T. (2003): *Service engineering – methodical development of new service products*. International Journal of Production Economics 3(85):275–287.
- Cavaliere, S.; Pezzotta, G. (2012): *Product-Service Systems Engineering: State of the art and research challenges*. Computers in Industry 4(63):278–288.
- Chalmers, A.F. (2007): *Wege der Wissenschaft: Einführung in die Wissenschaftstheorie*. 5. verbesserte Auflage. Berlin, Heidelberg, Springer.
- Davenport, T.H.; Markus, M.L. (1999): *Rigor vs. Relevance Revisited: Response to Benbasat and Zmud*. MIS Quarterly 1(23):19–23.
- Eberhard, K. (1999): *Einführung in die Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie: Geschichte und Praxis der konkurrierenden Erkenntniswege*. 2. überarbeitete und erweiterte Ausgabe. Kohlhammer.
- Edvardsson, B.; Olsson, J. (1996): *Key Concepts for New Service Development*. The Service Industries Journal 2(16):140–164.
- Frank, U. (2007): *Relevance of research implies relevance to researchers*. Wirtschaftsinformatik 5(49):404–405.
- Gable, G.G. (1994): *Integrating case study and survey research methods: an example in information systems*. European Journal of Information Systems 2(3):112–126.
- Gembariski, P.C. (2020): *The Meaning of Solution Space Modelling and Knowledge-Based Product Configurators for Smart Service Systems*. In: Borzemski, L.; Świątek, J.; Wilimowska, Z. (Hrsg.): *Information Systems Architecture and Technology: Proceedings of 40th Anniversary International Conference on Information Systems Architecture and Technology (ISAT 2019)*. Advances in Intelligent Systems and Computing, Vol. 1050. Springer, Cham, 28–37.

- Glass, R.L. (2001): *Rigor vs. Relevance: A Practitioner's Eye View of an Explosion of IS Opinions*. Communications of the Association for Information Systems (6).
- Goedkoop, M.J. (1999): *Product Service systems, Ecological and Economic Basics*.
- Gräßle, M.; Thomas, O.; Dollmann, T. (2010): *Vorgehensmodelle des Product-Service Systems Engineering*. In: Thomas, O.; Loos, P.; Nüttgens, M. (Hrsg.): *Hybride Wertschöpfung*. Berlin, Heidelberg, Springer, 82–129.
- Greene, J.C.; Caracelli, V.F.; Wendy, F. (1989): *Toward a Conceptual Framework for Mixed-Method Evaluation Designs*. Educational Evaluation and Policy Analysis 3(11):255–274.
- Gregor (2006): *The Nature of Theory in Information Systems*. MIS Quarterly 3(30):611-642.
- Gregor, S.; Hevner, A.R. (2013): *Positioning and Presenting Design Science Research for Maximum Impact*. MIS Quarterly 2(37):337–355.
- Hagen, S.; Brinker, J.; Gembarski, P.C.; Lachmayer, R.; Thomas, O. (2019): *Integration von Smarten Produkten und Dienstleistungen im IoT-Zeitalter: Ein Graph-basierter Entwicklungsansatz*. HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik 6(56):1220-1232.
- Hagen, S.; Jannaber, S.; Thomas, O. (2018a): *Closing the Gap Between Research and Practice – A Study on the Usage of Service Engineering Development Methods in German Enterprises*. In: Satzger, G.; Patrício, L.; Zaki, M.; Kühl, N.; Hottum, P. (Hrsg.): *Exploring Service Science*. Cham, Springer International Publishing, 59–71.
- Hagen, S.; Thomas, O. (2019): *Expectations vs. Reality – Benefits of Smart Services in the Field of Tension between Industry and Science*. In: Ludwig, T.; Pipek, V. (Hrsg.): *Proceedings of the 14th Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik*. Siegen, Germany, 647–660.
- Hagen, S.; Schoormann, T.; Jannaber, S.; Knackstedt, R.; Thomas, O. (2018b): *Modelling Product-Service Systems: An Empirical Analysis of Requirements From a Process-oriented Perspective*. In: Drews, P.; Funk, B.; Niemeyer, P.; Xie, L. (Hrsg.): *Multikonferenz Wirtschaftsinformatik (MKWI) 2018, Data driven X - Turning Data into Value*. Lüneburg, Germany.
- Heinrich, L.J.; Heinzl, A.; Riedl, R. (2011): *Wirtschaftsinformatik: Einführung und Grundle- gung*. Berlin, Heidelberg, Springer.
- Johnson, R.B.; Onwuegbuzie, A. (2004): *Mixed Methods Research: A Research Paradigm Whose Time Has Come*. Educational Researcher 14(33):14–26.
- Kammler, F.; Hagen, S.; Brinker, J.; Thomas, O. (2019): *LEVERAGING THE VALUE OF DATA-DRIVEN SERVICE SYSTEMS IN MANUFACTURING: A GRAPH-BASED APPROACH*. Proceedings of the 27th European Conference on Information Systems (ECIS). Stockholm, Uppsala, Sweden.
- Knackstedt, R.; Pöppelbuß, J.; Winkelmann, A. (2008): *Integration von Sach- und Dienstleis- tungen – Ausgewählte Internetquellen zur hybriden Wertschöpfung*. WIRTSCHAFTSINFORMATIK 3(50):235–247.
- Larson, R.C. (2016): *Smart Service Systems: Bridging the Silos*. Service Science 4(8):359–367.
- Lasi, H.; Fettke, P.; Kemper, H.-G.; Feld, T.; Hoffmann, M. (2014): *Industrie 4.0*. WIRTSCHAFTSINFORMATIK 4(56):261–264.
- Lee, A.S. (1999): *Rigor and Relevance in MIS Research: Beyond the Approach of Positivism Alone*. MIS Quarterly 1(23):29-33.
- Maglio, P.; Spohrer, J. (2008): *Fundamentals of service science*. Journal of the Academy of Marketing Science 1(36):18–20.
- March, S.T.; Smith, G.F. (1995): *Design and natural science research on information technol- ogy*. Decision Support Systems 4(15):251–266.

- Mayring, P. (2014): *Qualitative content analysis: theoretical foundation, basic procedures and software solution*. Klagenfurt.
- Meise, V. (2001): *Ordnungsrahmen zur prozessorientierten Organisationsgestaltung. Modelle für das Management komplexer Reorganisationsprojekte*. Westfälische Wilhelms-Universität Münster.
- Myers, M.D.; Newman, M. (2007): *The qualitative interview in IS research: Examining the craft*. *Information and Organization* 1(17):2–26.
- NSF (2015): *Partnerships for Innovation: Building Innovation Capacity*. Verfügbar unter: <https://www.nsf.gov/pubs/2014/nsf14610/nsf14610.pdf>, zuletzt abgerufen am 22.01.2020.
- Oates, B. (2006): *Researching Information Systems and Computing*. UK, SAGE Publications Ltd.
- Österle, H.; Becker, J.; Frank, U.; Hess, T.; Karagiannis, D.; Krcmar, H.; Loos, P.; Mertens, P.; Oberweis, A.; Sinz, E.J. (2010): *Memorandum zur gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik*. *Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung* 6(62):664–672.
- Österle, H.; Becker, J.; Frank, U.; Hess, T.; Karagiannis, D.; Krcmar, H.; Loos, P.; Mertens, P.; Oberweis, A.; Sinz, E.J. (2011): *Memorandum on design-oriented information systems research*. *European Journal of Information Systems* 1(20):7–10.
- Picot, A. (1989): *Der Produktionsfaktor Information in der Unternehmensführung*. *Thesis* 4(6):3-9.
- Porst, R. (2014a): *Frageformulierung*. In: Baur, N.; Blasius, J. (Hrsg.): *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*. Wiesbaden, Springer Fachmedien, 687–699.
- Porst, R. (2014b): *Fragebogen*. Wiesbaden, Springer Fachmedien.
- Porter, M.E.; Heppelmann, J.E. (2015): *How Smart, Connected Products Are Transforming Companies*. *Harvard Business Review* 10(93):96–114.
- Recker, J. (2013): *Scientific research in information systems: a beginner's guide*. Heidelberg, Springer.
- Rehäuser, J.; Krcmar, H. (1996): *Wissensmanagement im Unternehmen*. In: Schreyögg, G.; Conrad, P. (Hrsg.): *Managementforschung*. 6. Walter de Gruyter GmbH, 1-40.
- Reim, W.; Parida, V.; Örtqvist, D. (2015): *Product-Service Systems (PSS) business models and tactics – a systematic literature review*. *Journal of Cleaner Production* (97):61–75.
- Shostack, G.L. (1977): *Breaking free from product marketing*. *The Journal of Marketing* 2(41):73–80.
- Simon, S.J. (2004): *Rigor Vs. Relevance: Why Can't We All Just Get Along?* *Journal of Information science and Technology* 1(1):1–11.
- Tan, A.; McAloone, T.C.; Andreasen, M.M. (2006): *What Happens to Integrated Product Development Models with Product/Service-System Approaches?* *Proceedings of the 6th Integrated Product Development Workshop*. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.
- Thomas, O. (2006): *Management von Referenzmodellen – Entwurf und Realisierung eines Informationssystems zur Entwicklung und Anwendung von Referenzmodellen*. Berlin, Logos-Verlag.
- Thomas, O. (2009): *Fuzzy Process Engineering: Integration von Unschärfe bei der modellbasierten Gestaltung prozessorientierter Informationssysteme*. Wiesbaden, Gabler.
- Thomas, O.; Hagen, S.; Zarvic, N.; Kammler, F. (2019): *Der Hybride Wertschöpfer Niedersachsen. Digitales Niedersachsen – Chancen, Risiken, Nachhaltigkeit*. Burg Warberg (in Veröffentlichung).

- Thomas, O.; Kammler, F.; Niemöller, C. (2016): *Revolution im Kundendienst durch digitale Serviceprozesse*. SERVICE TODAY 2(30):12–14.
- Thomas, O.; Walter, P.; Loos, P. (2010): *Konstruktion und Anwendung einer Entwicklungsmethodik für Product-Service Systems*. In: Thomas, O.; Loos, P.; Nüttgens, M. (Hrsg.): *Hybride Wertschöpfung*. Berlin, Heidelberg, Springer, 61–81.
- Tukker, A. (2004): *Eight types of product-service system: eight ways to sustainability? Experiences from SusProNet*. Business Strategy and the Environment 4(13):246–260.
- Vaishnavi, V.; Kuechler, W.; Petter, S. (2004): *Design Science Research in Information Systems*. (created in 2004 and updated until 2015 by Vaishnavi, V. and Kuechler, W.); last updated by Vaishnavi, V. and Petter, S., June 30, 2019.
- Valencia, A.; Mugge, R.; Schoormans, J.P.L.; Schifferstein, H.N.J. (2015): *The Design of Smart Product-Service Systems (PSSs): An Exploration of Design Characteristics*. International Journal of Design 1(9):13–28.
- Vandermerwe, S.; Rada, J. (1988): *Servitization of business: Adding value by adding services*. European Management Journal 4(6):314–324.
- Vargo, S.L.; Lusch, R.F. (2004): *Evolving to a New Dominant Logic for Marketing*. Journal of Marketing 1(68):1–17.
- Vom Brocke, J.; Simons, A.; Niehaves, B.; Riemer, K.; Plattfaut, R.; Cleven, A.; others (2009): *Reconstructing the giant: on the importance of rigour in documenting the literature search process*. ECIS 2009 Proceedings, 2206–2217.
- Webster, J.; Watson, R.T. (2002): *Analyzing the past to prepare for the future: Writing a literature review*. MIS Quarterly 2(26):xiii–xxiii.
- Wilde, T.; Hess, T. (2007): *Forschungsmethoden der Wirtschaftsinformatik*. WIRTSCHAFTSINFORMATIK 4(49):280–287.
- WKWI; GI FB WI (2011): *Profil der Wirtschaftsinformatik*. Zürich.
- Wünderlich, N.V.; Heinonen, K.; Ostrom, A.L.; Patricio, L.; Sousa, R.; Voss, C.; Lemmink, J.G.A.M. (2015): *“Futurizing” smart service: implications for service researchers and managers*. Journal of Services Marketing 6/7(29):442–447.

Teil B – Einzelbeiträge

Beitrag 1: Adapting Product-Service System Methods for the Digital Era: Requirements for Smart PSS Engineering

Titel	Adapting Product-Service System Methods for the Digital Era: Requirements for Smart PSS Engineering
Autoren	Simon Hagen , Friedemann Kammler, Oliver Thomas
Publikationsorgan	Customization 4.0 (MCPC 2017)
Ranking	-
Status	Veröffentlicht
Bibliographische Information	Hagen S. ; Kammler F.; Thomas O. (2018): Adapting Product-Service System Methods for the Digital Era: Requirements for Smart PSS Engineering. In: Hankammer S.; Nielsen K.; Piller F.; Schuh G.; Wang N. (Hrsg.): Customization 4.0 - Proceedings of the 9th World Mass Customization & Personalization Conference (MCPC 2017). Springer Proceedings in Business and Economics. Springer, Cham, S. 87-99.
Zusammenfassung	In the past a lot of work has been spent on creating and improving methods to develop integrated systems consisting of products and services, named product-service systems (PSS). Due to the different disciplines involved in creating and maintaining these systems, e.g. service engineering, product and production engineering or information systems, the interfaces between the stakeholders have to be defined to integrate them and to make them work seamlessly. However, in recent years the concept of PSS shifted, influenced by the still growing impact of smartness and intelligence in the domain of information and communication technology (ICT). The rise of smart products and services led to the enhancement of "smart" product-service systems (smart PSS). This paper identifies, based on recent work and a literature review, methods developed for designing PSS. The main characteristics of the methods found are then analysed with regard to the affects smartness has on them. Knowledge about the smartness aspect is taken from descriptions of smart PSS. The findings are used to derive evidence about the transferability of PSS to smart PSS development methods.
Identifikation	DOI: 10.1007/978-3-319-77556-2_6 Print ISBN: 978-3-319-77555-5 Online ISBN: 978-3-319-77556-2
Link	https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-77556-2_6
Copyright	© Springer International Publishing AG, part of Springer Nature 2018

Tab. 2. Factsheet Beitrag 1

Beitrag 2: Closing the Gap Between Research and Practice – A Study on the Usage of Service Engineering Development Methods in German Enterprises

Titel	Closing the Gap Between Research and Practice – A Study on the Usage of Service Engineering Development Methods in German Enterprises
Autoren	Simon Hagen , Sven Jannaber, Oliver Thomas
Publikationsorgan	International Conference on Exploring Service Science (IESS 2018) (LNBIP 331)
Ranking	WKWI: - / VHB JQ3: C
Status	Veröffentlicht
Bibliographische Information	Hagen S. ; Jannaber S.; Thomas O. (2018): Closing the Gap Between Research and Practice – A Study on the Usage of Service Engineering Development Methods in German Enterprises. In: Satzger G.; Patrício L.; Zaki M.; Kühl N.; Hottum P. (Hrsg.): Exploring Service Science (IESS 2018). Lecture Notes in Business Information Processing, Vol. 331. Springer, Cham, S. 59-71.
Zusammenfassung	Service Engineering (SE) evolved in the mid-1990s and has become a popular and interdisciplinary field of research in service science since then. However, the diffusion of SE research results into practice is still rare. This is especially crucial, since structured SE methodologies are required to support businesses with the ongoing digitalization of their services. To help closing the gap between research and practice, we conducted 13 semi-structured interviews with experts from eight enterprises in Lower Saxony, Germany, that are involved in (technical) services. The results reveal several requirements and barriers, which hinder companies from implementing and using structured SE methodologies. The findings can be used to help researchers developing industry-friendly approaches and practitioners to set up their enterprises for future-oriented (smart) service engineering.
Identifikation	DOI: 10.1007/978-3-030-00713-3_5 Print ISBN: 978-3-030-00712-6 Online ISBN: 978-3-030-00713-3
Link	https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-00713-3_5
Copyright	© Springer Nature Switzerland AG 2018

Tab. 3. Factsheet Beitrag 2

Beitrag 3: Modelling Product-Service Systems: An Empirical Analysis of Requirements From a Process-oriented Perspective

Titel	Modelling Product-Service Systems: An Empirical Analysis of Requirements From a Process-oriented Perspective
Autoren	Simon Hagen , Thorsten Schoormann, Sven Jannaber, Ralf Knackstedt, Oliver Thomas
Publikationsorgan	Multikonferenz Wirtschaftsinformatik (MKWI 2018)
Ranking	WKWI: C / VHB JQ3: D
Status	Veröffentlicht
Bibliographische Information	Hagen, S. ; Schoormann, T.; Jannaber, S.; Knackstedt, R.; Thomas, O. (2018): Modelling Product-Service Systems: An Empirical Analysis of Requirements From a Process-oriented Perspective. In: Drews, P.; Funk, B.; Niemeyer, P.; Xie, L. (Hrsg.): Proceedings of the Multikonferenz Wirtschaftsinformatik (MKWI 2018), Lüneburg, S. 1485-1496.
Zusammenfassung	Product-service systems (PSS) offer great opportunities for companies to alter their business model, for example, for being competitive in the digital era. One important contributor for developing PSS is the presence of suitable modelling languages. In order to obtain requirements from the industry regarding process-oriented PSS modelling languages, we conducted 18 interviews with experts from 14 different companies. Based on over eight hours of transcripts, a total of 27 requirements were identified and compared to well-established process-oriented modelling languages (e.g., BPMN, UML and EPC). The findings can act as a framework for developing or adapting modelling languages—method engineering—to fulfil current industry needs.
Identifikation	ISBN: 978-3-935786-72-0
Link	http://mkwi2018.leuphana.de/wp-content/uploads/MKWI_126.pdf http://mkwi2018.leuphana.de/wp-content/uploads/MKWI2018_Band4.pdf#page=167
Copyright	Copyright is retained by the authors.

Tab. 4. Factsheet Beitrag 3

Beitrag 4: Expectations vs. Reality – Benefits of Smart Services in the Field of Tension between Industry and Science

Titel	Expectations vs. Reality – Benefits of Smart Services in the Field of Tension between Industry and Science
Autoren	Simon Hagen , Oliver Thomas
Publikationsorgan	14. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik (WI 2019)
Ranking	WKWI: A / VHB JQ3: C
Status	Veröffentlicht
Bibliographische Information	Hagen, S. ; Thomas, O. (2019): Expectations vs. Reality – Benefits of Smart Services in the Field of Tension between Industry and Science. In: Proceedings of the 14. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik (WI 2019), Siegen, Germany, S. 647-660.
Zusammenfassung	The term “Smart Service” gains increased interest in science and practice since it promises to significantly improve a company’s value offering. However, its publicity might lead to overdrawn expectations, especially between practitioners and scientists working in this field. Therefore, we conduct a mixed-method study comparing the expected benefits of Smart Services in science and industry to help identify and close occurring gaps. The study consists of a literature review for the scientific point of view and a survey among practitioners to capture the benefits of Smart Services in both groups. The results predominantly reveal the same vision of both groups for Smart Services, but indicate slight but fundamental differences.
Identifikation	DOI: 10.25819/ubsi/1016 ISBN: 978-3-96182-063-4 <i>Hinweis: Die DOI gilt ebenfalls für den Tagungsband, in dem der Artikel erschienen ist.</i>
Link	https://wi2019.de/wp-content/uploads/Tagungsband_WI2019_reduziert.pdf#page=669
Copyright	Creative Commons BY-SA 4.0 (http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Tab. 5. Factsheet Beitrag 4

Beitrag 5: Leveraging the Value of Data-Driven Service Systems in Manufacturing: A Graph-Based Approach

Titel	Leveraging the Value of Data-Driven Service Systems in Manufacturing: A Graph-Based Approach
Autoren	Friedemann Kammler, Simon Hagen , Jonas Brinker, Oliver Thomas
Publikationsorgan	27th European Conference on Information Systems (ECIS 2019)
Ranking	WKWI: A / VHB JQ3: B
Status	Veröffentlicht
Bibliographische Information	Kammler, F.; Hagen, S. ; Brinker, J.; and Thomas, O. (2019): Leveraging the Value of Data-Driven Service Systems in Manufacturing: A Graph-Based Approach. In: Proceedings of the 27th European Conference on Information Systems (ECIS 2019), Stockholm, Uppsala, Sweden, June 8-14, 2019.
Zusammenfassung	The utilization of data is a prominent goal for the digital transformation of business models. Related research provides a variety of insights on methods that can be applied in order to gather information as well as managerial perspectives and single use cases that demonstrate the operationalization of such and guide readers through necessary transformative steps. However, with the advent of digitized products and services, goods are decreasingly conceived and marketed exclusively. Rather, they interact with other goods on an informational level and retrieve additional value from their systemic integration. We argue that the utilization of such "data-driven service systems" requires a holistic perspective that regards the complete "digital value chain" from the initial data retrieval to the execution of context-based services. This contribution presents a graph-based approach for the integration of event information in service activities in order to leverage the conceptual value. We pilot the transformation of a maintenance process in Manufacturing to evaluate our approach. It turned out that the exemplary process could be simplified from 8 to 4 actions that remained to be executed. Concluding, we discuss the business value and the general applicability of the approach for further use cases.
Identifikation	ISBN 978-1-7336325-0-8
Link	https://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1188&context=ecis2019_rp https://aisel.aisnet.org/ecis2019_rp/189
Copyright	"For all papers accepted into ECIS2019, authors of accepted papers will retain copyright." (Copyright-Vereinbarung der ECIS 2019-Website: http://ecis2019.eu/information-to-authors/)

Tab. 6. Factsheet Beitrag 5

Beitrag 6: Integration von Smarten Produkten und Dienstleistungen im IoT-Zeitalter: Ein Graph-basierter Entwicklungsansatz

Titel	Integration von Smarten Produkten und Dienstleistungen im IoT-Zeitalter: Ein Graph-basierter Entwicklungsansatz
Autoren	Simon Hagen , Jonas Brinker, Paul Christoph Gembarski, Roland Lachmayer, Oliver Thomas
Publikationsorgan	HMD – Praxis der Wirtschaftsinformatik
Ranking	WKWI: B / VHB JQ3: D
Status	Veröffentlicht
Bibliographische Information	Hagen, S. ; Brinker, J.; Gembarski, P.C.; Lachmayer, R.; Thomas, O. (2019): Integration von Smarten Produkten und Dienstleistungen im IoT-Zeitalter: Ein Graph-basierter Entwicklungsansatz. In: HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik. Nr. 56, Ausgabe 6, S. 1220–1232.
Zusammenfassung	Die derzeit in Wissenschaft und Praxis geführte Debatte um nachhaltige und nutzenstiftende IoT-basierte Geschäftsmodelle fokussiert häufig ausschließlich die technisch-physischen Komponenten des Leistungssystems. Ihrer Natur und dem Kundenbedürfnis entsprechend bestehen diese Leistungsbündel jedoch aus zwei Teilen: (Vernetzten) Produkten und (digitalen) Dienstleistungen, welche nur integriert Mehrwerte für Anbieter und Kunden stiften. Die Ausstattung von Sachgütern mit Sensorik und deren Vernetzung auf physischer Ebene ist dabei elementar, die reine Möglichkeit zur Aufnahme der Datensätze ist jedoch nicht direkt nutzenstiftend. Dies wird erst durch die Auswertung der Daten mittels geeigneter Analyseverfahren und dem daraus abgeleiteten Umgang mit der Situation erreicht, wie es derzeit unter dem Begriff „Predictive Maintenance“ häufig als Beispiel angeführt wird. Die Abbildung und Entwicklung solcher integrierter Angebote bringt aufgrund der zu integrierenden Disziplinen und der Vielzahl an unterschiedlichen Elementen umfangreiche Herausforderungen mit sich, für die bisher keine hinreichenden Integrationsansätze bestehen. Der vorliegende Beitrag adressiert die fehlende Verknüpfung der beiden Teile und konzipiert dafür einen auf Graphen beruhenden Ansatz zur Zusammenführung von vernetzten Produkten und Dienstleistungen und zeigt die Funktionsfähigkeit mit Hilfe eines Prototyps auf. Dieser erlaubt die Überführung von Produkten und Dienstleistungsprozessen in Graph-basierte Datenbanken und ermöglicht eine direkte Verknüpfung der Elemente, um integrierte Produkt-Dienstleistungs-Systeme ausführbar darzustellen. Im Ergebnis werden Handlungsstrategien für die integrierte Entwicklung nachhaltiger IoT-basierter Geschäftsmodelle vorgestellt und die Dimensionen einer Ausrichtung von Entwicklungs- und Integrationsaktivitäten aufgezeigt.
Identifikation	DOI: 10.1365/s40702-019-00569-8 Print ISSN: 1436-3011 Online ISSN: 2198-2775
Link	https://link.springer.com/article/10.1365/s40702-019-00569-8
Copyright	© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2019

Tab. 7. Factsheet Beitrag 6