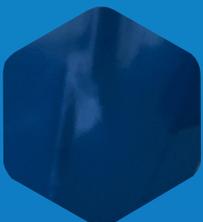
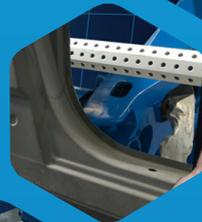


SmartHybrid

Oliver Thomas (Hrsg.)

Hybride Leistungsbündel für die Industrie 4.0

Arbeitsbericht Nr.1 des niedersächsischen
Innovationsverbunds SmartHybrid
April 2019



Living Lab Business Process Management Research Report

Herausgegeben von

Prof. Dr. Oliver Thomas
Universität Osnabrück
Fachgebiet Informationsmanagement und Wirtschaftsinformatik
Katharinenstraße 3, 49074 Osnabrück
Telefon: 0541 / 969-4810, Fax: -4840
E-Mail: oliver.thomas@uni-osnabrueck.de
Internet: <http://www.imwi.uos.de/>

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

ISSN 2193-777X

Beispielhafter Zitationshinweis:

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.

Redaktion: Friedemann Kammler, Tahany Hmaid

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ist ohne Zustimmung des Living Lab Business Process Management e. V. unzulässig. Das gilt insbesondere für die Vervielfältigung, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Copyright © 2019 Living Lab Business Process Management e. V.

Living Lab Business Process Management e. V.
Universität Osnabrück
Katharinenstraße 3
49074 Osnabrück
www.living-lab-bpm.de

Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

die niedersächsische Wirtschaft befindet sich in einer Reihe von herausfordernden Umwälzprozessen, die den Unternehmen ein radikales Neudenken abverlangen. So führt die seit Jahren voranschreitende Globalisierung zur zunehmenden Verknüpfung von vormals räumlich getrennten Märkten und eröffnet auf diese Weise neue Konkurrenzen, in denen es sich zu behaupten gilt. Indes baut der durch die Verfügbarkeit des Internets entstehende, enorme Informationszuwachs Asymmetrien zwischen Herstellern und Abnehmern ab. Auf diese Weise werden Produkte und Dienstleistungen besser vergleichbar, was die Suche nach individuell geeigneten Gütern ermöglicht und antreibt. Um derartige Leistungen abbilden und langfristig wettbewerbsfähig am Markt agieren zu können, müssen Unternehmen ihren Fokus auf das initiale Kundenproblem weiterhin ausbauen und gleichermaßen Flexibilität zur Erfüllung der individuellen Bedürfnisse beweisen. Die strategische Entscheidung zu einer derartigen Lösungsorientierung birgt jedoch operative Herausforderungen: So besteht das Portfolio von Unternehmen häufig aus einer Vielzahl von Einzelleistungen, die wiederum durch eine Reihe von Einzeldisziplinen geplant, entwickelt und umgesetzt werden. Der Weg zur kundenflexiblen Konfiguration dieser Einzelleistungen birgt schlussfolgernd Komplexitäten, deren Beherrschung bereits seit Jahren unter dem Schlagwort der Product-Service-Systems in den Einzeldisziplinen erforscht wird. Der niedersächsische Innovationsverbund Smart Hybrid setzt sich zum Ziel, das Wissen der Einzeldisziplinen zu integrieren und mittels Unternehmenskooperationen und Pilotstudien in die praktische Anwendung zu tragen. Dieses Heft beschreibt als erste Ausgabe einer dreiteiligen Serie die Perspektive der Einzeldisziplinen und bestehende Herausforderungen auf dem Weg vom niedersächsischen Mittelstand zum globalen Lösungsanbieter.



Prof. Dr. Oliver Thomas,
Friedemann Kammler

Inhalte

Zum Innovationsverbund

Im Innovationsverbund SmartHybrid erforschen sechs niedersächsische Forschungseinrichtungen aus unterschiedlichen Wissenschaftsdisziplinen neue digitale Dienstleistungen und innovative Geschäftsmodelle für die Zukunft niedersächsischer Unternehmen. Zentrale Bedeutung für die Forschung haben digitale Technologien wie das Internet of Things, cyber-physische Systeme, Virtual & Augmented Reality oder 3D-Druck, durch deren Integration in ihre Geschäftsprozesse sich neue digitale Services für viele Produktarten entwickeln lassen. Der Innovationsverbund fokussiert mit dieser Leistungsbündelung im Sinne der „Hybriden Wertschöpfung“ (im Englischen auch Product-Service Systems) ein Thema, das mehr und mehr im Umfeld der Digitalisierung diskutiert wird und von vielen Experten in seiner wirtschaftlichen Bedeutung für den Mittelstand noch über der "Industrie 4.0" angesiedelt wird.

Gemeinsam mit Netzwerk- und Praxispartnern aus der regionalen Wirtschaft gestaltet der Innovationsverbund SmartHybrid die Digitale Transformation im Land Niedersachsen. Möchten auch Sie die Vorteile der Digitalisierung für Ihr Unternehmen nutzen und auf Basis aktuellster Trends und wissenschaftlicher Erkenntnisse innovative und digitale Geschäftsmodelle entwickeln? Kontaktieren Sie uns gerne.



Service Engineering

Projektleitung
Prof. Dr. Oliver Thomas

Das Fachgebiet für Informationsmanagement und Wirtschaftsinformatik (IMWI) der Universität Osnabrück ist, neben der Konsortialführerschaft des Gesamtprojekts, für die Durchführung des Teilprojektes „Service Engineering“ verantwortlich. Wesentliche Meilensteine sind die Konzeption eines webbasierten und benutzerfreundlichen Werkzeugs (Toolset) zur methodischen Unterstützung der strukturierten Dienstleistungsentwicklung und die Gestaltung und Anwendung adaptierbarer produktbegleitender Dienstleistungen.

→ mehr auf Seite 5

Production Engineering

Projektleitung
Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann

Das Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik (IWF) der TU Braunschweig übernimmt die Führung des Teilprojekts „Production Engineering“. Über Bedarfs- und Potenzialmodelle für hybride Produkte werden ausgewählte Methoden und Tools zu einem ersten Werkzeugkasten für die Planung von Efficiency Services als Produkt-Service Systeme in einer nachhaltigen Produktion ausgewählt.



→ mehr auf Seite 9



Process Engineering

Projektleitung
Prof. Dr. Ralf Knackstedt

Das Fachgebiet Informationssysteme und Unternehmensmodellierung (ISUM) der Stiftung Universität Hildesheim befasst sich mit der Durchführung des Teilprojektes „Process Engineering“. Eine erfolgreiche Umsetzung innovativer, hybrider Geschäftsmodelle setzt voraus, dass die betrieblichen Abläufe konsistent auf bspw. das Produktdesign, das Dienstleistungsangebot und die verwendete Informationstechnologie abgestimmt sind.

→ mehr auf Seite 13

Product Engineering

Projektleitung
Prof. Dr.-Ing. Roland Lachmayer

Das Institut für Produktentwicklung und Gerätebau (IPEG) der Leibniz Universität Hannover ist für die Durchführung des Teilprojektes „Product Engineering“ verantwortlich. Ziel dieses Teilprojektes ist die Entwicklung eines PSS-Konfigurationsmodells und einer rechnergestützten Entwicklungsumgebung für die Unterstützung des PSS-Entwicklungsprozesses (inklusive Produkt- und Dienstleistungsmodellierung). Durch das Aufstellen eines Integrations- und Transfermodells werden die erzielten Ergebnisse in den Innovationsverbund überführt.



→ mehr auf Seite 17



Electrical Engineering

Projektleitung
Prof. Dr.-Ing. Hans-Jürgen Pfisterer

Im Teilprojekt „Electrical Engineering“ erforscht der Laborbereich Elektrische Energietechnik der Hochschule Osnabrück Methoden und Werkzeuge für die systematische Entwicklung von Energiesystemen und Dienstleistungen, die flexibel auf unterschiedliche Kundenbedürfnisse abgestimmt werden können. Die Lösungen, die dem Kunden angeboten werden, sollen konfigurierbar sein, sodass sie den unterschiedlichen Anforderungsprofilen stets gerecht werden.

→ mehr auf Seite 21

Software Engineering

Projektleitung
Prof. Dr. Andreas Rausch

Die TU Clausthal ist durch den Lehrstuhl „Software Systems Engineering (SSE)“ von Prof. Dr. Andreas Rausch als Projektpartner vor allem für Aspekte des Software Engineering im Innovationsverbund zuständig.

→ mehr auf Seite 25





Service Engineering

Dienstleistungen für das Unternehmen von Morgen

Die Potentiale der hybriden Wertschöpfung bleiben, insbesondere mit Blick auf das Dienstleistungsangebot, bei Unternehmen häufig ungenutzt. Die angebotenen Services beschränken sich auf unterstützende Aktivitäten, die jedoch nicht primär zur Wertschöpfung beitragen. Das Service Engineering gestaltet praxisnahe und interdisziplinäre Methoden und Tools, die Unternehmen bei der benutzerorientierten Entwicklung neuer Wertangebote unterstützen und ihnen somit das Erschließen neuer Leistungen ermöglichen und aktiv zur Steigerung der Wertschöpfung beitragen.

PSS-Verständnis im Kontext des Service Engineerings

Für die Entwicklung und Gestaltung von Dienstleistungen wird die Übertragung von Methoden aus dem industriellen Sektor seit den 1970er-Jahren diskutiert. Die systematische Entwicklung von Dienstleistungen hat sich jedoch erst Mitte der 1990er-Jahre im deutschsprachigen Raum – parallel zum amerikanischen New Service Development – unter dem Begriff „Service Engineering“ etabliert. Interdisziplinär ausgerichtet macht sich Service Engineering das aus den klassischen Ingenieurwissenschaften stammende Know-how der Produktentwicklung für die Entwicklung von Dienstleistungen nutzbar. Es wurden Modelle entwickelt, die eine systematische Vorgehensweise bei der Dienstleistungsentwicklung unterstützen sollen; ein Standard zur branchenunabhängigen Entwicklung von Dienstleistungen wurde beispielsweise vom DIN vorgeschlagen. Eine Verbreitung der Methoden und Vorgehensmodelle ist jedoch lediglich in „reinen“ Dienstleistungsunternehmen, in denen die Dienstleistung die Funktion der Hauptleistung übernimmt, zu erkennen. Die branchenübergreifende Dissemination gestaltet sich somit als schwierig. Darüber hinaus sind viele aktuelle gesellschaftlich und wirtschaftlich relevante Themen, wie bspw. Elektromobilität oder Industrie 4.0, durch eine Diskussion um technologische Möglichkeiten geprägt. Es mangelt an einer systematischen Einbettung von Konzepten, welche die Kommerzialisierung entsprechender Geschäftsmodelle adressieren. Einer der Hauptgründe liegt in einem klassischen Verständnis für Produktlebenszyklen wie „Produktentstehung – Produktvermarktung – After-Sales“ begründet, in denen produktbegleitende Dienstleistungen kurz vor oder zum Teil sogar nach der jeweiligen Markteinführung an die Produkte lediglich „geheftet“ werden.

Die wissenschaftliche Disziplin der Wirtschaftsinformatik kann in diesem Spannungsfeld mit ihren Schnittstellen zur Betriebswirtschaft aufwarten und Lösungsansätze bieten. So fokussiert sie im Service Engineering nicht ausschließlich die Betrachtung der Dienstleistung(saktivitäten), sondern analysiert und entwickelt darüber hinaus auch neue Möglichkeiten zur Wertschöpfung, beispielsweise im Rahmen des Geschäftsmodells. Somit findet bereits innerhalb des Service Engineerings eine mehrstufige Betrachtung eines hybriden Leistungsbündels statt, welche immer am Nutzen für den Kunden (Ergebnisorientierung) ausgerichtet ist. Die Beurteilung der wirtschaftlichen Umsetzbarkeit ist dabei nicht ausschließlich für die Dienstleistungskomponente relevant, sondern spielt auch für die anderen Disziplinen in der hybriden Wertschöpfung eine wichtige Rolle. Die Methoden und Werkzeuge zur (Weiter-)Entwicklung von Geschäfts- und Ertragsmodellen sind somit auch für andere Disziplinen essentiell und müssen für diese adaptiert werden. Des Weiteren spielt im Kontext der hybriden Wertschöpfung die Nähe zum Kunden eine wesentliche Rolle, was sich insbesondere in den Dienstleistungsaktivitäten ausprägt, allerdings nicht auf diese beschränkt ist. Die Orientierung an den Bedürfnissen des Kunden ist daher implizit ein wichtiges Thema bei der Entwicklung von Services, was demensprechend gleichbedeutend für PSS gilt. Die Erhebung von Anforderungen, eine kontinuierliche Abstimmung und daraus abgeleitete Verbesserung während der Durchführung sowie die Integration des Kunden in die vorgelagerten Entwicklungsprozesse spielen bei Entwicklung und Einführung von PSS für alle beteiligten Disziplinen eine zentrale Rolle. Diesem Mangel begegnet das Teilprojekt „Service Engineering“ und erarbeitet Konzepte zur integrierten Dienstleistungsentwicklung und -erbringung. Auf diese Weise entstehen für Unternehmen operationa-



Prof. Dr. Oliver Thomas,
Simon Hagen,
Friedemann Kammler

- *Services ermöglichen neue innovative (Produkt-)Lebenszyklen.*
- *Dienstleistungen müssen strukturiert & interdisziplinär entwickelt werden.*
- *Das Geschäftsmodell muss sich am Kundennutzen orientieren.*

lisierbare Ansätze zur Erlösgenerierung – Dienstleistungen werden nicht mehr nur als „Restgröße“, sondern als Ausgangspunkt erfolgreicher Wertschöpfungsprozesse verstanden. Mit den in diesem Vorhaben zu erarbeitenden Methoden und Werkzeuge werden Unternehmen in die Lage versetzt, die Anreicherung ihres Produktportfolios um Services aus ihrer individuellen Situation heraus beurteilen und realisieren zu können.

Anwendungsbeispiele für PSS im Kontext des Service Engineerings

Am Fachgebiet IMWI sind in einer Vielzahl von Projekten verschiedene Praxisbeispiele entstanden, welche insbesondere die Entwicklung von Dienstleistungen fokussieren und in unterschiedlichen Konstellationen in die hybride Wertschöpfung integrieren.

So wird beispielsweise im Maschinen- und Anlagenbau die Flexibilisierung des After-Sales-Services durch die Erforschung von Smart-Service-Strategien erforscht. Das bestehende Produktangebot wird mit Hilfe von Dienstleistungen erweitert, um die Wertschöpfung insbesondere in den späten Phasen des Lebenszyklus zu erhalten. Unterschiedliche Herangehensweisen werden hierfür untersucht, von modularen Assistenzsystemen (bspw. auf Smartphones oder Datenbrillen) über Konzepte für Retrofit-Sensorik-Lösungen bis hin zu Serviceplattform-Konfigurationen, über welche die beteiligten Parteien Leistungen anbieten und wahrnehmen können. Für jede dieser Herangehensweisen ist die enge Verknüpfung mit den physischen Komponenten essentiell, da sie als Informationsbereitsteller für die Services fungieren und ebenso Gegenstand der Dienstleistungserbringung sein können. Die Integration bedarf einer engen Abstimmung bereits zu Beginn und während des gesamten Entwicklungsprozesses, was im Rahmen des Service Engineerings vorgesehen ist.

Ein weiteres Beispiel ist die Digitalisierung der innerbetrieblichen Aus- und Weiterbildung mit Hilfe innovativer VR- und AR-Technologien. Diese Aktivitäten sind in der Regel nicht primär wertschöpfend, tragen jedoch wesentlich zum wirtschaftlichen Erfolg bei. Dafür ist beispielsweise die Dokumentation von Prozessen, z.B. von der Wartung einer Anlage, notwendig, welche ebenfalls in enger Abstimmung mit den Entwicklern der Anlage erfolgen muss. Die Aus- und Weiterbildung selber kann dann als innerbetriebliche Dienstleistung betrachtet werden, welche auch auf die wert-

schöpfenden Aktivitäten, bspw. im technischen Kundendienst, übertragen werden kann. Die Unterstützung der Techniker durch die Anzeige von wartungsrelevanten Informationen während der Prozessausführung ist nur ein Beispiel, wie die bereits erhobenen Prozessinformationen weiter genutzt werden können.

Die Entwicklung eines analytischen Prognosewerkzeugs zur Auswertung des Produktabsatzes im B2C-Geschäft und die Vorhersage von Leerständen in Regalen ist ein weiteres Beispiel, bei dem das Service Engineering in der hybriden Wertschöpfung zum Tragen kommt. Durch die Beobachtung des Produktabsatzes, entweder durch Sensoren in Regalen oder die Analyse von Bon- und Absatzdaten, können Regale frühzeitig und bedarfsgerecht aufgefüllt und somit Leerstände vermieden werden. Die Integration erfolgt hier insbesondere in die betriebswirtschaftlichen Systeme und unterstützt die Mitarbeiter bei der Ausführung ihrer Tätigkeit.

Vision und Zielsetzung des Teilprojekts

Alle Ergebnisse des Teilprojekts Service Engineering fließen in das übergeordnete Ziel des Innovationsverbundes, einen umfassenden Werkzeugkasten für die hybride Wertschöpfung zu entwickeln, ein. Das Interesse des Innovationsverbunds gilt intelligenten Strukturen hybrider Wertschöpfung in Wirtschaft und Wissenschaft. Die beteiligten Wissenschaftler möchten diese Strukturen analysieren und erklären sowie Vorschläge zu deren Gestaltung unterbreiten. Konkret trägt das Teilprojekt Service Engineering mit der Konzeption und Entwicklung eines webbasierten und benutzerfreundlichen Werkzeugs (Toolset) zur methodischen Unterstützung der Dienstleistungsentwicklung, der Entwicklung und Anwendung adaptierbarer produktbegleitender Dienstleistungen sowie der Entwicklung eines Integrations- und Transfermodells, das in die Hybride Wertschöpfung und damit in den Innovationsverbund einfließt, bei. Die Untersuchungen fokussieren einerseits die Produktion und den Absatz hybrider Produkte und andererseits Informationssysteme, welche die Produktion und den Absatz hybrider Produkte unterstützen.

Im Vergleich zur Entwicklung materieller Produkte bestehen für das Service Engineering hingegen nach wie vor enorme Asymmetrien bezüglich der Intensität der IT-Unterstützung. Die Entwicklung des Toolset stellt daher ein zentrales Ergebnis dar, welches beispielsweise durch eine zen-

trale Plattform realisiert wird, auf der Unternehmen hybride Angebote interdisziplinär entwickeln können. Sie werden dabei durch ein strukturiertes Vorgehen geführt, welches alle erforderlichen Schritte berücksichtigt. Die Ergebnisse, beispielsweise die Modellierung von Prozessen oder die Entwicklung des Geschäftsmodells, werden auf der Plattform gespeichert, um dort umfangreich miteinander verknüpft zu werden. Dadurch ist eine Integration, und insbesondere Verknüpfung der Disziplinen möglich, die an der Konzeption, Erstellung und Anwendung von PSS beteiligt sind.

Die Auswahl bzw. Adaption einer geeigneten Vorgehensweise für das Service Engineering wird ebenfalls im Rahmen des Projektes betrachtet. Eine Vielzahl an Methoden ist hier im wissenschaftlichen Kontext bereits entstanden, diese sind häufig jedoch nicht in der Praxis evaluiert. Im Rahmen von Workshops in Unternehmen

werden daher verschiedene Methoden an praktischen Beispielen angewendet und auf Nutzbarkeit und Schnittstellen zu anderen Disziplinen untersucht.

Mit einer umfangreichen Öffentlichkeits- und Transferarbeit werden die Ergebnisse nicht nur einem breiten Publikum zugänglich gemacht, sondern auch in kontinuierlicher Rückkopplung mit Unternehmen oder Verbänden validiert. Der starke Bezug zur Praxis ist naturgemäß essentiell in der hybriden Wertschöpfung und ihm wird durch den engen Austausch Rechnung getragen. Die Partner in diesem Verbund sind daher auf einen intensiven Dialog mit der Praxis angewiesen. Ergänzend zu Vorträgen und Ausstellungen auf unterschiedlichen Veranstaltungen wird dies durch Publikationen ergänzt, welche zum einen wissenschaftlich ausgerichtet sind, andererseits aber auch anwendungsnah verfasst werden und konkrete Maßnahmen für Unternehmen aufzeigen.

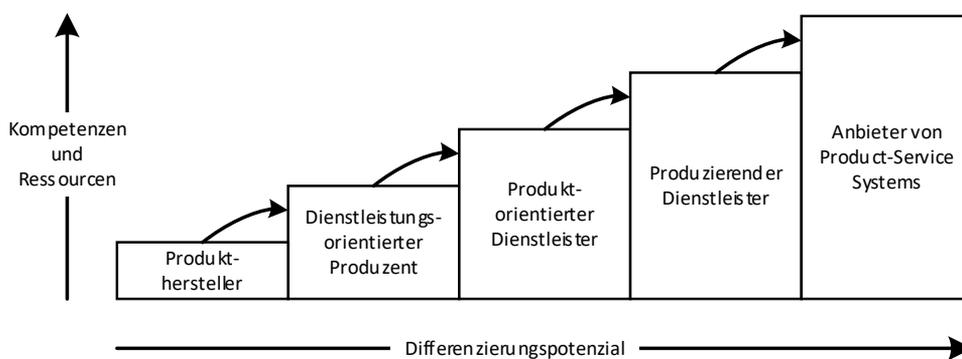


Abb. 1: Dienstleistungspotentiale der hybriden Wertschöpfung (Michael Brenner, 2011, Vom Produzenten zum Lösungsanbieter)

Das **Fachgebiet Informationsmanagement und Wirtschaftsinformatik (IMWI)** der Universität Osnabrück, geleitet von Prof. Dr. Oliver Thomas, beschäftigt derzeit ca. 20 Mitarbeiter (davon 10 wissenschaftliche Assistenten), die sich mit der Analyse und Entwicklung moderner Informationstechnologien für das Unternehmen der Zukunft beschäftigen. Das Team ist in den Forschungsgruppen Business Process Management and Analysis, Product-Service Systems Engineering, Enterprise Architecture Management und Mobile Information Systems organisiert. Alle Projekte des Fachgebiets sind anwendungsnah ausgerichtet und werden in enger Zusammenarbeit sowohl mit großen international tätigen Konzernen als auch mit kleinen und mittleren Unternehmen der Wirtschaftsregion Osnabrück erarbeitet. Die Forschungsarbeiten des IMWI verknüpfen grundsätzlich betriebswirtschaftliche Fragestellungen mit technologischen Möglichkeiten. In diversen bundes-, landes- und industriefinanzierten Projekten werden neue und innovative Methoden und Werkzeuge zur Gestaltung von Produkten, Dienstleistungen und unterstützenden Informationssystemen entwickelt und angewendet. Alle Forschungsarbeiten sind interdisziplinär ausgerichtet und schlagen eine Brücke zwischen der Betriebswirtschaftslehre, den Ingenieurwissenschaften, der Wirtschaftsinformatik und der Informatik.



Production Engineering

Kooperative Produktions- und Dienstleistungssysteme für KMU

Die zunehmende Digitalisierung stellt gerade KMU vor große Herausforderungen, da nach wie vor ein Mangel an standardisierten Methoden und Werkzeugen zur Entwicklung von Produkt-Service Systemen herrscht. Um diese Potenziale zu aktivieren und im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung zu nutzen, schafft das Teilprojekt „Production Engineering“ mit einer Referenzarchitektur für einen Marktplatz für hybride Produkte im Bereich der nachhaltigen Produktion sowohl wichtige wissenschaftliche Grundlagen, als auch deren Überführung in die Praxis durch den Austausch mit der Industrie.

Produkt-Service Systeme aus Sicht des Production Engineerings

Das Dienstleistungsgeschäft hat eine hohe Bedeutung für die deutsche Industrie. Ein immer größer werdender Anteil der Gewinne wird mit Dienstleistungen erwirtschaftet. Dieser hohe Gewinnanteil ist Ausdruck sich verändernder Wertschöpfungsstrukturen, in denen Hersteller physischer Produkte (wie etwa Produktionsanlagen) zu Anbietern hybrider Produkte werden, die auch unter dem Begriff Produkt-Service Systeme (PSS) beziehungsweise Industrielle Produkt-Service Systeme (IPSS) bekannt sind. Dabei verlangen Kunden zunehmend nach umfassenden Dienstleistungsangeboten und individuellen Systemlösungen, die weit über klassische Dienstleistungen (zum Beispiel Wartung, Instandsetzung oder Ersatzteile) hinausgehen. Die Digitalisierung eröffnet hierbei als Innovationstreiber neue Potenziale für die Entwicklung und Integration individualisierter Dienstleistungen. Insbesondere für den Bereich der Energie- und Ressourceneffizienz ergeben sich Chancen, indem Energie- und Stoffflüsse sichtbar und für Optimierungsansätze zugänglich gemacht werden. Integrierte PSS-Angebote erlauben eine Differenzierung im Wettbewerb, denn auch in der Produktion werden Maschinen und Anlagen zunehmend zu „Commodities“ mit einer steigenden Anzahl von internationalen Wettbewerbern.

Aufgrund der ökonomischen (z. B. durch erhöhte Anlagenverfügbarkeit) und ökologischen (z. B. Ressourcenschonung durch zustandsbasierte Wartung) Potenziale arbeiten insbesondere große Anlagenhersteller und -nutzer bereits an eigenen Lösungen zur Digitalisierung und Automatisierung der Produktion sowie der hiermit verbundenen Dienstleistungen. Diese Lö-

sungen erfordern jedoch in der Regel hohe Investitionen zur Bereitstellung der technischen Infrastruktur (z. B. Sensorik) sowie Software und sind nicht auf die Nutzung durch Unternehmensverbände ausgelegt. KMU können bei dieser Entwicklung aufgrund der hohen Investitionen und des erforderlichen IT-Fachwissens nicht mithalten und laufen Gefahr, ihre gute Wettbewerbsposition zu verlieren. Denn für KMU spielt die Möglichkeit zur kooperativen Erbringung komplementärer Dienstleistungen eine entscheidende Rolle, da einzelne KMU oft nicht zugleich die erforderliche Breite und Tiefe abdecken, um umfassende Gesamtlösungen anzubieten. Hieraus erwächst ein Bedarf an KMU-gerechten Lösungen für die Bereitstellung, Kombination und Koordination von digitalen Effizienz-Dienstleistungen (Efficiency Services). Der Betrieb eines Marktplatzes zur Vermittlung von Efficiency Services durch einen Plattformanbieter ist ein neues Paradigma in der Branche des Maschinenbaus. Das bisherige Marktmodell besteht aus mehreren verketteten bilateralen Geschäftsbeziehungen zwischen diversen Komponentenherstellern und wenigen Systemherstellern (Maschinenbaubetrieb) sowie zwischen den Systemherstellern und den Systembetreibern (Produzierender Betrieb). Durch diese unterbrochene Kette von Geschäftsbeziehungen vom Komponentenhersteller zum Systembetreiber kommt es nicht zu einer vollständigen Entfaltung der Potentiale möglicher Produkt-Service Systeme. Die Einführung eines Marktplatzes erlaubt die Öffnung des Marktes für KMU, beispielsweise durch direkte Geschäftsbeziehungen von Komponentenhersteller und Systembetreiber. Allerdings ist hiermit auch eine Komplexitäts- und Bandbreitensteigerung der möglichen Geschäftsbeziehungen verbunden. Entsprechend bedarf es geeigneter



Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann, Dr.-Ing. Mark Mennenga, Johannes Wölper

- Der Dienstleistungsmarkt befindet sich im Aufschwung.
- Digitalisierung bildet die Grundlage für neue Geschäftsmodelle.
- Für KMUs müssen Marktplatz-Lösungen gefunden werden, um dem Innovationsdruck standzuhalten.

Maßnahmen, welche die Kommunikation und Abstimmung zwischen den Partnern unterstützen und gleichzeitig das Angebot individualisierter Produkt-Service Systemen erlauben.

Vision und Zielsetzung

Das Teilprojekt „Production Engineering“ orientiert sich an der Vision der „Efficiency Service Cloud“ (ESC). In der ESC werden maßgeschneiderte, industrielle Dienstleistungen sowie Dienstleistungs-Applikationen digital zur Verfügung gestellt. Der Fokus der ESC liegt auf der Verbesserung der Energie- und Ressourceneffizienz in der Produktion. Ihr innovativer Charakter resultiert aus der Verknüpfung von physischen Anlagen mit digitalisierten Dienstleistungen. Die Schnittstelle bilden intelligente, skalierbare Mess- und Prognosesysteme, welche eine effiziente und kundenindividuelle Erhebung und Auswertung von relevanten Betriebsdaten sicherstellen und Prognosen für zukünftige Entwicklung ermöglichen. Hierauf aufbauend können verschiedene Dienstleistungsanbieter ihre Dienstleistungen zur Verbesserung der Energie- und Ressourceneffizienz spezifizieren und anbieten. Die ESC ermöglicht dann die (teil)automatisierte Zusammenstellung von Leistungsbündeln aus Dienstleistungen unterschiedlicher Dienstleistungsanbieter. Durch die zentrale Koordination der Dienstleistungen über die Cloud können deren ökologischen und ökonomischen Potentiale hinsichtlich Verbesserung der Energie- und Ressourceneffizienz in der Produktion analysiert und bewertet werden. Die ESC bietet damit einen intelligenten Marktplatz, auf dem hochspezialisierte Dienstleistungsanbieter direkt und kundenspezifisch ihre Fähigkeiten anbieten. Mit ihrer Umsetzung werden die Einbeziehung des Kunden, die Vernetzung von Akteuren sowie die Gestaltung

und der Ausbau modularer Dienstleistungen vereinfacht und die Effizienz bei der Dienstleistungsentwicklung, -erbringung und -wahrnehmung gesteigert.

Die Lernfabrik als prototypischer Lösungsraum

Als Demonstrator und Kommunikationsplattform für interessierte Unternehmen dient im Teilprojekt Production Engineering „Die Lernfabrik“ des Instituts für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik (IWF) an der TU Braunschweig. Sie fokussiert auf die Dissemination von Forschungsergebnissen und die kontinuierliche Ableitung neuer Forschungsfragen. Auf einer Fläche von über 800 m² im Versuchsfeld des IWF bedient sich die Forschungsfabrik einer industrienahen Infrastruktur zum Erproben von Prototypen in Real-Umgebungen. Versuche können auf Maschinen- und Anlagen-Ebene, sowie auf Fabrikebene unter Einbeziehung der gesamten technischen Gebäudeausrüstung durchgeführt werden. Die Umgebung bietet optimale Bedingungen, anwendungsorientierte Lösungen zu erarbeiten und in Form von Schulungen und Workshops für KMU zu öffnen.

Ausgehend von der verfügbaren Infrastruktur wurde ein generisches Konzept für Produktions-Service-Systeme (PrSS) erarbeitet (siehe Abbildung 1). Das PrSS bringt produzierende Unternehmen (Kunden) und Dienstleister über die ESC als Plattform für den Austausch von Daten und Dienstleistungen rund um Energie- und Ressourceneffizienz zusammen. Mittels Sensorensystemen werden entsprechende Daten zu verschiedenen Maschinensystemen in der ESC gesammelt, strukturiert abgelegt und für Drittanbieter (Dienstleister) bereitgestellt. Diese können auf der Grundlage der verfügbaren Daten maßgeschneiderte Mehrwertdienstleistungen anbieten (z.B.

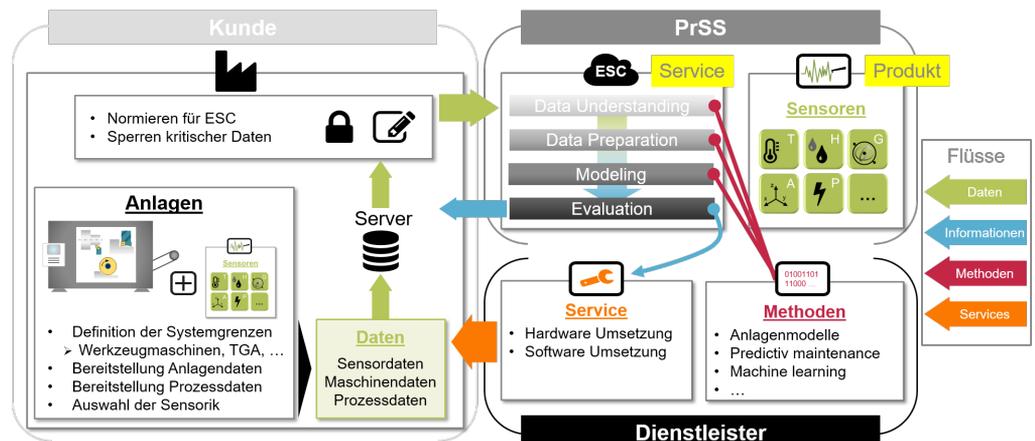


Abb. 1: Akteure und Verbindungen im generischen PrSS-Konzept

prädiktive Instandhaltung) sowie mit Hilfe von Auswertungsmethoden (Data-Mining-Methoden) und Entscheidungshilfen den Informationsgewinn für den Kunden unterstützen. Entsprechend besteht das PrSS aus den Sensoren als Produkt und den Funktionen der ESC als verbundene und integriert entwickelte Dienstleistung. Ausgehend vom generischen Konzept für das PrSS können Beispielanwendungen konzipiert werden. Dies ist nachfolgend für ein „Low cost sensor PSS“ exemplarisch dargestellt.

Gerade bei KMU entsprechen Werkzeugmaschinen aufgrund der damit verbundenen Investitionen nicht immer dem neuesten Stand der Technik. Entsprechend ist die Vernetzbarkeit dieser Anlagen zu einem umgebenden Cloudsystem mittels Ansätzen der Digitalisierung vergleichsweise eingeschränkt. Zeitgleich werden in der Unterhaltungselektronik jedoch immer mehr, kleinere und leistungsfähigere Sensoren verbaut. Der Preis für solche Sensoren ist auf Grund der verbauten Menge ge-

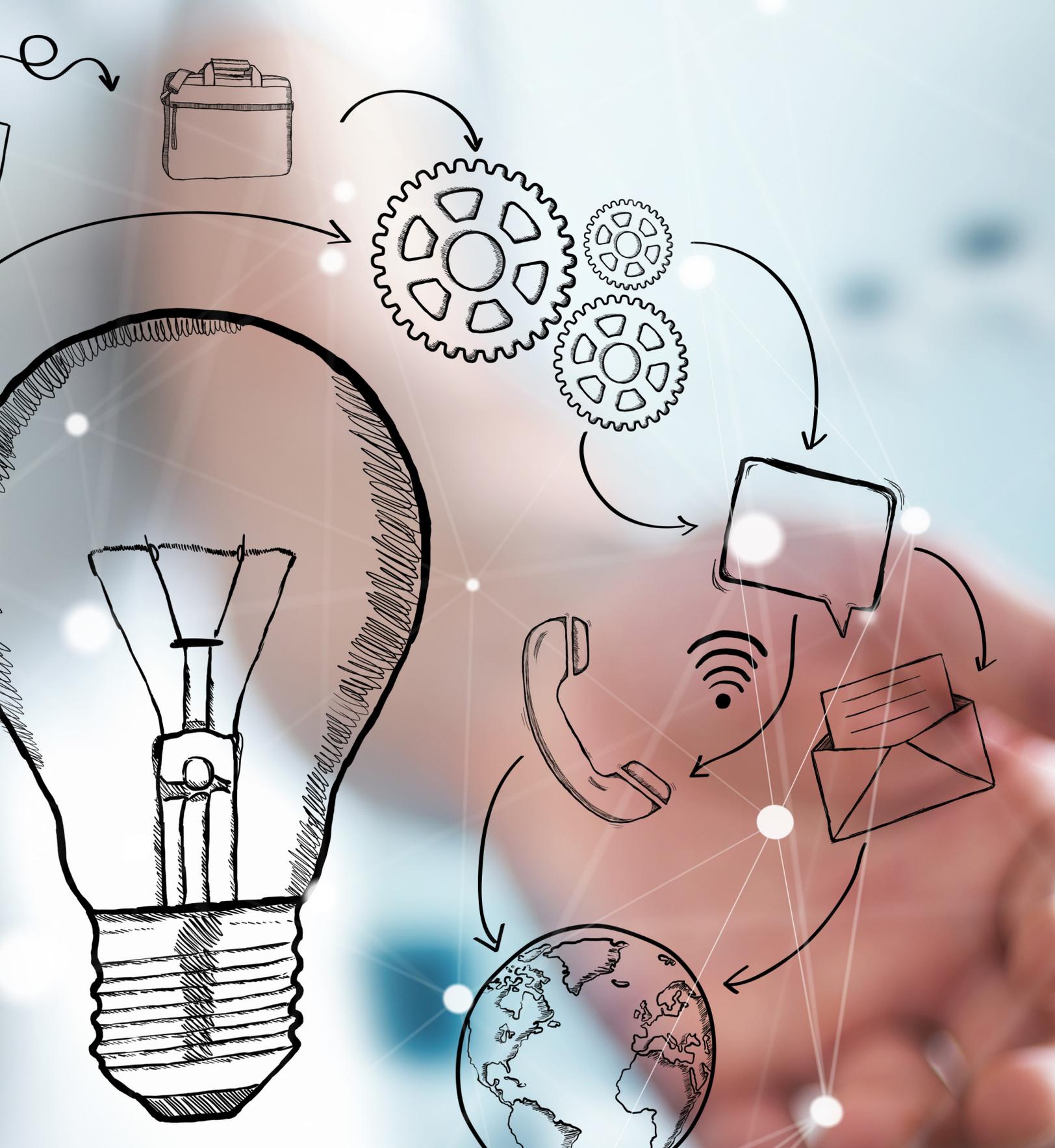
ring. Ein Beispiel ist der Sensorknoten XDK von Bosch, welcher mit einer Vielzahl an Sensoren ausgestattet ist. Kombiniert man solche Low-Cost-Sensoren mit etablierter Heimautomatisierungstechnik, erhält man ein kostengünstiges und leicht bedienbares Sensorsystem, welches gezielt für die Anbindung älter Maschinen und Anlagen an ein ESC-System genutzt werden kann. Auf diese Weise lässt sich die Einstiegschürde von KMUs in das Feld der Digitalisierung reduzieren. Darüber hinaus bietet der Ansatz das Potential, Investitionen in neue Maschinen zu verzögern oder sogar ganz vermeiden, indem Effizienzpotentiale mittels Anbindung an die ESC vollständig ausgeschöpft werden. Die Umsetzung des „Low cost sensor PSS“ ist an manuellen Werkzeugmaschinen in „Die Lernfabrik – Ausbildungswerkstatt“ geplant. Die Auswertungsziele für die gemessenen Daten sind Zustandserkennungen und Predictive-Maintenance-Betrachtungen.

Das **Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik (IWF)** wird gemeinschaftlich von Prof. Dr.-Ing. Klaus Dröder und Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann geleitet, welche die Professuren für Fertigungstechnologien & Prozessautomatisierung sowie Nachhaltige Produktion & Life Cycle Engineering innehaben.

Die Professur Fertigungstechnologien & Prozessautomatisierung von Prof. Dr.-Ing. Klaus Dröder fokussiert technologische und automatisierungstechnische Fragestellungen entlang aktueller und zukünftiger Fertigungsprozessketten.

Die Professur für Nachhaltige Produktion und Life Cycle Engineering von Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann verankert Themen der Energie- und Ressourceneffizienz in der Produktion sowie neuer Methoden und Werkzeuge zur Unterstützung einer lebenszyklusorientierten System-, Produkt- und Prozessgestaltung fest am IWF.

Professurübergreifend ist das IWF in zentralen Rollen in „LabFactories“ engagiert. Am Standort Braunschweig befinden sich die „Battery LabFactory“ (BLB) zur Erforschung neuer Prozessketten für die Herstellung von Traktionsbatterien sowie das Zentrum für Pharmaverfahrenstechnik zur Entwicklung zukunftsfähiger Produktionsverfahren und Entwicklung kostengünstiger, wirksamer und personalisierter Arzneimittel. Am Standort Wolfsburg befindet sich der im Jahr 2016 eröffnete BMBF-Forschungscampus „Open Hybrid LabFactory“ (OHLF) als zweiter Standort des IWF, an dem neue Produktionstechnologien für den materialhybriden Leichtbau erforscht und zusammen mit industriellen Partnern im Rahmen einer Public Private Partnership entwickelt werden.



Process Engineering

Hybride Geschäftsmodelle entwickeln und umsetzen

Die Entwicklung neuer und die Analyse bestehender Geschäftsmodelle ist ein zentraler Bestandteil für die Innovationsfähigkeit von Unternehmen. Bei der Umsetzung neuartiger Ideen und alternativer Lösungsansätze ist jedoch die konsistente Abstimmung mit den betrieblichen Abläufen von hoher Relevanz. Die Komplexität dieser beiden Ebenen ist allerdings für KMUs meist nur schwerlich zu handeln, weshalb geeignete Planungswerkzeuge nötig sind.

Produkt-Service Systeme aus Sicht des Teilprojektes

Geschäftsmodelle, die die Kernlogik eines Unternehmens repräsentieren, sind essentiell für den Erfolg einer Organisation und können neue Wege eröffnen, die zur Befähigung von Innovation, auch im Sinne einer nachhaltigen Lösung, einen wichtigen Beitrag leisten. Die Implementierung neuartiger Geschäftsmodelle kann jedoch nur erfolgreich sein, wenn auch die betrieblichen Abläufe konsistent auf das Produktdesign, das Dienstleistungsangebot, die verwendete Technologie etc. abgestimmt sind. So müssen bspw. innovative Konzepte und nachhaltige Strategien, die zur Erneuerung des Geschäftsmodells führen, auch in der operativen Ablauforganisation berücksichtigt werden. Das Geschäftsprozessmanagement nimmt dabei eine wichtige Rolle ein, indem Prozesse koordiniert sowie betriebliche Abläufe visualisiert, verändert und verbessert werden können. Einen Schwerpunkt bilden in diesem Zusammenhang Modellierungstechniken, die in der Wirtschaftsinformatik eine wichtige Schnittstelle in der betriebswirtschaftlich-organisatorischen Ablaufbeschreibung und der IT-gestützten Umsetzung darstellen sowie als zentrales Fundament für die Realisierung von Geschäftsmodellen gelten.

Da Besonderheiten der hybriden Wertschöpfung bislang häufig nur unzureichend aufgegriffen werden, bietet das Teilprojekt die Gelegenheit, die für die Organisations- und Anwendungssystementwicklung in der Wirtschaftsinformatik entwickelten Ansätze hinsichtlich der adäquaten Berücksichtigung weiterer Disziplinen (siehe Verbundpartner) sowie der Nachhaltigkeit zu prüfen bzw. weiterzuentwickeln. Vor allem kleine und mittlere Unternehmen können die Ansätze unterschiedlicher Disziplinen nur schwerlich selbst integrieren und benötigen deshalb Methoden und Werkzeuge, die bereits auf die hybride Wertschöpfung abgestimmt sind.

Zur Integration verschiedener Diszipli-

nen und Nachhaltigkeitssichten werden im Teilprojekt Modellierungsansätze für Geschäftsmodelle (als Türöffner für hybride Geschäftsideen) und Geschäftsprozesse (zur Ausgestaltung dieser Ideen) sowie unterstützende Softwarewerkzeuge entwickelt und erprobt. Dazu wurden in einem ersten Schritt bestehende Modellierungstechniken identifiziert, konsolidiert und mit Anforderungen abgeglichen, um Potenziale für die Weiterentwicklung dieser abzuleiten. Aufbauend auf der Analyse wurden bspw. Modellierungserweiterungen für die Gestaltung und Konstruktion von hybriden Geschäftsmodellen (z. B. im Carsharing), Strategien zur Evaluation von Geschäftsmodellen aus Sicht der Nachhaltigkeitsdimensionen und Ansätze zur Visualisierung von Nachhaltigkeit in Geschäftsprozessen entwickelt. Um die Anwendung der entwickelten Ansätze zu unterstützen und die stetige Reflektion der im Fokus stehenden Geschäftsmodelle unter Berücksichtigung ökonomischer, ökologischer und sozialer Faktoren zu ermöglichen, gilt es, ein entsprechendes Softwaresystem zu konzipieren und zu implementieren. In mehreren Studien mit potenziellen Nutzerinnen und Nutzern sowie den synthetisierten Ergebnissen aus der aktuellen Literatur werden kontinuierlich Anforderungen und Gestaltungsrichtlinien an solche Systeme erhoben und evaluiert. Das Werkzeug unterstützt sowohl die Konstruktion neuer, hybrider als auch die Analyse bestehender Geschäftsmodelle.

Anwendungsszenario zur unterstützenden Entwicklung neuer Geschäftsmodelle

Zur Strukturierung neuer hybrider Geschäftsideen erfolgt die disziplinübergreifende Konstruktion und Bewertung in der Form von Geschäftsmodellen. Da bisherige Softwarewerkzeuge für die Geschäftsmodellinnovation primär ökonomische Ziele berücksichtigen, unterstützt die implementierte Software auch die Reflektion von ökologischen und sozialen



Prof. Dr. Ralf Knackstedt,
Thorsten Schoormann

- *Abstimmung betrieblicher Abläufe auf neuartige Geschäftsideen*
- *Reflektion ökonomischer, ökologischer und sozialer Faktoren*
- *Implementierung von Werkzeugen zur Geschäftsmodellinnovation*

Aspekten (Abbildung 1).

Zur Illustration wird im Folgenden ein Geschäftsmodell zur Nachnutzung von Elektroblettern aus Automobilen gewählt. Aktuell haben Batterien, die nach der Nutzung im Automobilkontext recycelt werden, noch etwa 70-80% der ursprünglichen Batteriekapazität, was Potenziale für weitere Möglichkeiten eröffnet. Eine sogenannte zweite Lebensphase ermöglicht bspw. die Generierung zusätzlicher Einnahmen durch Weiterverwendung sowie die Reduktion von Emissionen während der Batterieherstellung. Da die Entwicklung eines solchen Geschäftsmodells eine komplexe Aufgabe darstellt, werden nachfolgend Softwarefunktionen zur Unterstützung dieser erläutert.

Da Geschäftsmodellinnovation eine kollaborative und interdisziplinäre Aufgabe ist, können nach der Erstellung eines Projektes Akteure eingeladen werden, um gemeinsam eine Geschäftsidee auszugestalten. Basierend auf einer Auswahl vordefinierter Modellierungssprachen wird hier die Business Model Canvas gewählt. Die Modellentwicklung beginnt, indem Post-Its für bestimmte Elemente modelliert werden wie bspw. Recycling-Unternehmen für die Komponente Schlüsselpartner. Zur stetigen Verifikation der Elemente werden private Nachrichten innerhalb des Teams versendet und ein Diskussionsforum genutzt. Zudem werden Argumentationsketten zu jedem Element gespeichert, die es ermöglichen nachvollziehen, warum ein bestimmtes Element für das Geschäftsmodell nötig ist oder warum es ggf. nicht geändert werden kann. Zur kontinuierlichen Reflektion von auch nachhaltigen Faktoren

werden Checklisten angezeigt, die Ideen und Impulse für eine nachhaltige Ausrichtung des Modells unterstützen (z. B. Dematerialisierung). Zusätzlich kann das Team aus vordefinierten Elementen, sogenannte Geschäftsmodellmuster, auswählen. Nachdem erste Elemente spezifiziert wurden, wird die Trade-off-Analyse eingesetzt, die das Sammeln von positiven (z. B. geringer Ressourceneinsatz) sowie negativen (z. B. geringere Konfigurierbarkeit) Auswirkungen auf die Nachhaltigkeit erleichtert. Somit erfolgt eine initiale Bewertung der Elemente, die dann als Grundlage zur Identifikation von Verbesserungen führen kann. Obwohl die Visualisierung mit Hilfe der Business Model Canvas verbreitet ist, existieren Ansätze zur Anpassung dieser, um nachhaltige Aspekte in den Vordergrund zu stellen. Das Team nimmt einige dieser Vorschläge auf und ergänzt neue Komponenten für bspw. soziale Kosten (z. B. Batteriebrandgefahr) und ökologische Nutzen (z. B. verlängerte Lebensdauer der Batterien).

Die entwickelten Ideen können anschließend mit etablierten Methoden aus dem Geschäftsprozessmanagement weiter detailliert werden. Ein Beispiel zur Gestaltung von vor allem hybriden Wertschöpfungsnetzwerken ist die CXP-Methode, die mit Hilfe von drei Ebenen (Ordnungsrahmen, Kooperationsmodelle und Detailprozesse) zur Operationalisierung der Geschäftsmodelle beiträgt.

Zielsetzung und Vision

Die Umsetzung neuartiger Ideen im Rahmen der hybriden Wertschöpfung

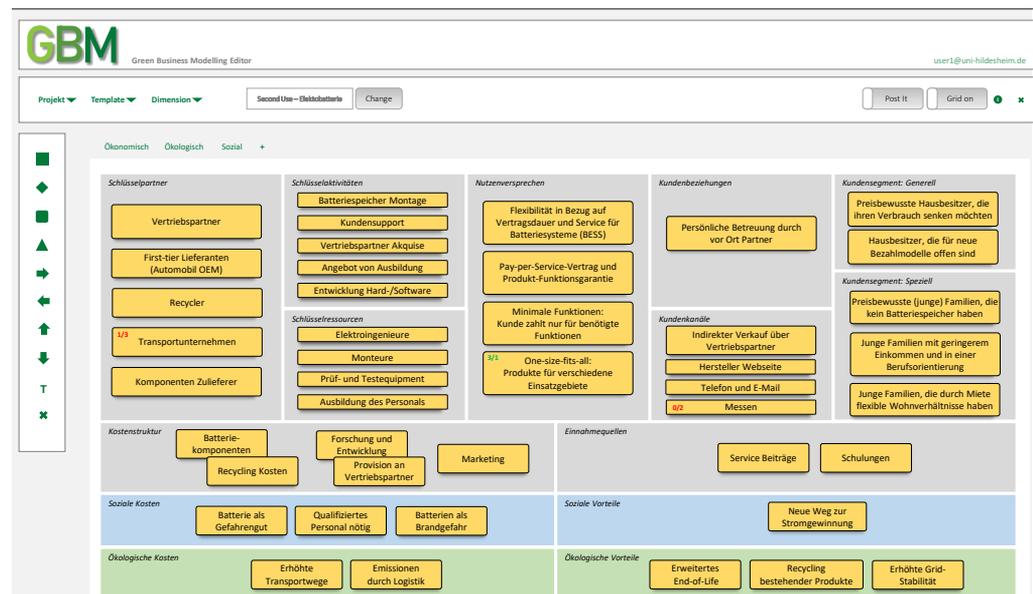


Abb. 1: Illustration eines Szenarios für die Nachnutzung von Elektroblettern mit dem entwickelten Softwarewerkzeug für Geschäftsmodellentwicklung.

oder die Berücksichtigung neuer Trends und der veränderten Umwelt stellen neue Herausforderungen an die Modellierung von Geschäftsmodellen sowie der implementierenden Prozesse. So ist es bspw. notwendig, die Sichtweisen unterschiedlicher Disziplinen zu integrieren und damit eine Abstimmung einzelner Detailkonzeptionen zu ermöglichen. Wenn z. B. die Prozesse nicht geeignet auf Sach- und Dienstleistungen abgestimmt sind und durch IT-Systeme nicht korrekt abgebildet werden, kann hybride Wertschöpfung nicht gelingen. Die Einbindung in den Innovationsverbund SmartHybrid erlaubt es nun, einen Ansatz zu entwickeln, der die Abstimmungsbedarfe im Rahmen der Konzeption, Umsetzung und Bewertung von hybriden Wertschöpfungspartnerschaften unter Berücksichtigung der Anforderungen für Produktion, Produkte und deren Absatz erlaubt. Durch die Neuentwicklung dieses an die hybride Wertschöpfung angepassten Modellierungsansatzes wird ein wertvoller Beitrag dazu geleistet, die für die hybride Wertschöpfung relevanten Sichten frühzeitig zu integrieren und aufeinander abzustimmen.

Dabei zielt das Projekt insbesondere auf die Unterstützung der Bewertung der hybriden Wertschöpfung aus Sicht der Nachhaltigkeit ab. Ziel ist es, die niedersächsische Wirtschaft zu befähigen, die Potenziale der hybriden Wertschöpfung für ein nachhaltiges Wirtschaften erkennen und umsetzen zu können. Indem das Angebot eines hybriden Leistungsbündels neben der Sachleistung zugleich die Dienstleistungen enthält, kann es für das produzierende Unternehmen von Interesse sein, die Lebensdauer der Sachleistungen zu verlängern, um sie für mehrere Kunden einsetzbar zu gestalten. Da das Unternehmen einzelne Anlagen und Maschinen intensiver einsetzt als es für einen einzelnen Kunden möglich wäre, ergibt sich das Potenzial der Dematerialisierung und damit eines ressourcenschonenderen Wirtschaftens. Diese Potenziale dürfen bei der Gestaltung der hybriden Wertschöpfung nicht durch gegenläufige Effekte überkompensiert werden. Da es gegenwärtig an geeigneten Werkzeugen fehlt, wird durch die Untersuchungen ein Beitrag zur Realisierung einer erweiterten Entscheidungsunterstützung geleistet.

Die **Abteilung Informationssysteme und Unternehmensmodellierung (ISUM)** am Institut für Betriebswirtschaft und Wirtschaftsinformatik der Universität Hildesheim setzt unter Leitung von Prof. Dr. Ralf Knackstedt ihre Schwerpunkte in der Entwicklung und Evaluation von Unternehmensmodellierungsansätzen sowie der Gestaltung innovativer Informationssysteme. Grundidee der Unternehmensmodellierung ist es, durch Verwendung von Diagrammsprachen natürlichsprachlich formulierte, betriebswirtschaftliche Anforderungen schrittweise in formalisierte Regeln zu überführen, die mit Informationssystemen umsetzbar sind. Das schrittweise, regelbasierte Überführen von gesprochenen Sprachartefakten über Diagramme zum Programmcode bildet ein wesentliches Fundament für ein systematisches, ingenieurwissenschaftliches Vorgehen, das zunächst in der Konstruktion von Sachgütern und in der Informatik Anwendung gefunden hat. Als Querschnittsaufgabe befasst sich die Abteilung darüber hinaus vor allem auch mit der Reflektion dieser Methoden, Techniken und Informationssystemen unter besonderer Berücksichtigung von ökonomischer, ökologischer und sozialer Nachhaltigkeit.



Product Engineering

Vom klassischen Produkt zur Kundenlösung

Über die Wettbewerbsvorteile und den ökonomischen Nutzen von PSS herrscht weitgehend Einigkeit. Dennoch existieren kaum Ansätze zur integrierten und leichrangigen Entwicklung von Sach- und Dienstleistungen - einem wesentlichen Charakteristikum von PSS. Die Tatsache, dass der wirtschaftliche Erfolg eines Leistungsbündels maßgeblich von dessen Konzeption und kundenindividueller Gestaltung abhängt, wird damit vernachlässigt. Ebenso fehlt für die PSS-Entwicklung bisher eine Umsetzung in einer CAD Umgebung mit einem ganzheitlichen Datenmodell.

PSS-Verständnis im Product Engineering Kontext

Die Entwicklung moderner technischer Erzeugnisse ist ein kreativer Prozess und weist aufgrund der Vielfalt der Lösungsmöglichkeiten und der konstruktiven Randbedingungen sowie der Notwendigkeit einer Kompatibilität mit spezifischen Anforderungen und Normen eine hohe Komplexität auf. In der Produktentwicklung haben sich zahlreiche Vorgehensmodelle und spezifische Entwicklungsmethoden etabliert, die überwiegend auf Phasenmodellen des Konstruktionsprozesses als solchem oder auf der Idee des Produktlebenszyklus beruhen. Stellvertretend sei hier die VDI-Richtlinie 2221 genannt.

Bei PSS rückt die Entwicklung des gesamten Systems in den Fokus. In diese muss die Produktentwicklung integriert und auf die spezifischen Anforderungen und Rahmenbedingungen angepasst werden. Ein wesentliches Charakteristikum von PSS ist die gleichrangige Entwicklung von Produkt- und Dienstleistungskomponenten, das Innovationspotenzial ergibt sich hierbei durch die ganzheitliche und nachhaltige Entwicklung der PSS-Komponenten. Zum einen wird durch den Gedanken der Modularisierung von Produkt- und Dienstleistungskomponenten deren Wiederverwendung erleichtert und befördert somit die Effektivität der PSS-Entwicklung erhöht. Die Integration von Produkt- und Servicewissen ermöglicht weiterhin eine automatische Zuordnung von PSS-Komponenten an bestimmte Anforderungen, die mit dem PSS realisiert werden sollen. Dieses bezieht die aktuellen Trends zur Digitalisierung und zur Vernetzung im Kontext von Industrie 4.0 direkt mit ein, durch die im Allgemeinen Smart Systems entwickelt werden. Eine solche Transparenz zwischen Anforderungen und Systemelementen vereinfacht auch die Adaptation des PSS an neue Kundenanforderungen während der Nutzungsphase und sichert so das langfris-

tige Bestehen des Geschäftsmodells.

Die dem PSS zugrunde liegenden Geschäftsmodelle sind häufig Anbietermodelle, in denen die Eigentümerschaft der Produkte bei den Lösungsanbietern verbleibt. Dadurch verschiebt sich der Fokus von der reinen Produktion und einer angestrebten Kostensenkung dort, hin dazu, das System sowohl in Betracht auf Investitions- als auch Betriebskosten zu optimieren. Also zu dem Bestreben die PSS besser für eine bestimmte Anwendungssituationen ausulegen.

Prozesse für die integrierte Entwicklung von Sach- und Dienstleistungen im Sinne eines PSS werden zwar in der Literatur diskutiert, doch die Mehrzahl der Veröffentlichungen beschränkt sich lediglich auf Teilaspekte der Entwicklungsprozesse oder einzelne Bausteine eines PSS (entweder Produkt- oder Dienstleistungsanteile). Ganzheitliche PSS-Entwicklungsprozesse werden nur vereinzelt diskutiert und bleiben dann in ihrer Anwendung und Validierung auf spezifische PSS-Entwicklungsprojekte konzeptuell, bzw. werden zum Teil an sehr einfachen Beispielen diskutiert. Ebenso vernachlässigen die Ansätze den wichtigen Aspekt der Planung und Gestaltung von Konfigurierbarkeit und Rekonfiguration eines PSS über den Produktlebenszyklus hinweg, auch wenn vereinzelt zumindest der Hinweis auf ein begleitendes Konfigurationsmanagement gegeben wird. Für die Entwicklung eines PSS, die sowohl die Gestaltung von Sach- und Dienstleistungen, als auch die Konfigurierbarkeit und Rekonfiguration und das angestrebte Geschäftsmodell mit seinen Auswirkungen mit einbezieht, ist die gezielte Modellierung eines Lösungsraumes, der Produkt- und Dienstleistungsanteile des PSS gemeinsam mit ihren Abhängigkeiten und Parametern darstellt, notwendig. Solche Lösungsräume werden vielfach im Bereich von Mass Customization (MC) für physische Produkte durch Produktkonfiguratoren abgebildet, diese können Kundenan-



Prof. Dr.-Ing. Roland Lachmayer, Daniel Schreiber, Dr. Paul Christoph Gembarski

- Wichtig für den Erfolg des Rahmenwerks ist es, die richtige Abstraktionsebene in der Betrachtung des Systems zu finden.
- Eine PSS CAE-Umgebung muss die physischen Produkte abbilden, die relevanten Dienstleistungsparameter beinhalten, sowie deren Abhängigkeiten.
- Auf Basis eines parametrischen Datenmodells wird das System für einzelne Anwendungssituationen ausgelegt.

forderungen in technische Spezifikationen übersetzen und damit zusammenhängend konkrete Produktausprägungen vorschlagen.

Der Rechneinsatz in der Konstruktion ist Stand der Technik, komplexe Produkte werden heute in CAE-Umgebungen (Computer Aided Engineering) entwickelt. Diese Systeme dienen zur Festlegung der Produktgestalt (computer-aided design, CAD) und der Ableitung der notwendigen Fertigungsdaten. Ein weiterer wichtiger Aspekt im Hinblick auf die Ressourceneffizienz, die Funktionsintegration und die Wirtschaftlichkeit von Produktkomponenten ist hierbei deren rechnergestützte Simulation (z.B. in Finite-Elemente-Analysen) und Optimierung. In modernen Konstruktionswerkzeugen lassen sich weiterhin unterschiedliche Formen von Wissen, z.B. Auslegungsmodelle oder Konstruktionsregeln, implementieren. Für die Entwicklung von PSS ist eine CAE-Umgebung notwendig, die sowohl die physischen Produkte abbildet, als auch relevante Dienstleistungsparameter beinhaltet, sowie deren Abhängigkeiten. Da diese noch nicht existiert, wird im Rahmen von SmartHybrid eine solche entwickelt und in Fallbeispielen angewendet.

Anwendungsbeispiele für PSS im Product Engineering Kontext

Als Beispiel eines PSS wird ein Ausschnitt eines Systems (hier ein Getriebe, als Teil einer Maschine oder Anlage) betrachtet und welche Auswirkungen der Wechsel von einem Produkt zu einem PSS auf die physische Komponente und deren Entwicklung hat. In der klassischen Entwicklung werden bestimmte Kundenanforderungen an dieses Getriebe aufgenommen, das Getriebe entwickelt, gefertigt und verkauft. Weitere Zuständigkeiten wie der Betrieb, die Wartung und Reparatur liegen in der Verantwortung des Kunden. Verändert sich das Geschäftsmodell von einem reinen Verkauf des Produkts oder einem produktorientierten PSS hin zu einem nutzungs- oder ergebnisorientierten PSS, verändern sich auch die Anforderungen an das Getriebe bzw. die Ziele die das Unternehmen in der Entwicklung verfolgt.

Wenn das Getriebe Eigentum des Anbieters bleibt und dieser auch die Verantwortung für einen störungsfreien Betrieb (inkl. Wartung, Reparatur, Reinigung, ...) trägt, wird dieser für jede Einsatz- und Anwendungssituation Investitionskosten und Betriebskosten betrachten und abwägen. Denn ein Getriebe, das auf eine Dauerfestigkeit ausgelegt ist, ver-

ursacht keine Wartungskosten, jedoch höhere Kosten in der Herstellung (z.B. durch größere Kugellager, Dichtungen und mehr Material in Wellen und Gehäuse) und hat voraussichtlich auch ein höheres Gewicht und Platzbedarf. Je nach Anwendungsfall beim Kunden kann also auch ein Produkt mit Wartung attraktiver sein. Das System muss also dahingehend ausgelegt werden, was die Kundenanforderungen sind, was dieser bereit ist, dafür zu zahlen und mit welcher Variante der Anbieter die Anforderungen erfüllen und für sich den höchsten Profit erzielen kann. Wenn eine Wartung Bestandteil des Systems ist, ergeben sich im Rahmen der Digitalisierung und Industrie 4.0 weitere Einflüsse auf das PSS, so sind bereits bei der Entwicklung einer Produktkomponente neben der Berücksichtigung von allgemein gehaltenen Gestaltungsrichtlinien wie dem Design-for-Service auch spätere Zustandsüberwachungen und die hierfür aufzunehmenden Daten und Informationen mit einzubeziehen. Dafür werden Produkte oder deren Komponenten durch Informationsverarbeitungs- und Kommunikationssysteme angereichert (z.B. durch Sensoren im Getriebegehäuse, die Lagerschäden detektieren). Weitere wichtige Punkte in einem PSS mit einem Anbietergeschäftsmodell ist neben dem Abwägen von Wartungs- und Investitionskosten auch das mögliche Anpassen des Systems an sich ändernde Rahmenbedingungen (anderer Betriebspunkt, neue Sicherheitsstandards, ...), sowie das Weiterverwenden oder Recycling von Komponenten nach deren Einsatz bei einem Kunden.

Vision und Zielsetzung des Product Engineering

Im Rahmen von SmartHybrid erfolgt am IPeG die Erstellung eines generischen PSS-Entwicklungsprozesses und einer rechnergestützten PSS-Entwicklungsumgebung. Damit wird zum einen in der frühen Phase der Produktentwicklung für PSS das nötige Wissen strukturiert und in Bezug auf die zu planenden komplexen Zusammenhänge innerhalb eines PSS die notwendige rechentechnische Unterstützung für den Produktentwickler bereitgestellt. Wichtig für den Erfolg des Rahmenwerks ist es, die richtige Abstraktionsebene in der Betrachtung des Systems zu finden. An bestehenden Ansätzen ist zu sehen, dass weder eine sehr allgemeine noch eine auf einen bestimmten Fall spezialisierte Lösung langfristig erfolgreich sein kann. Deshalb wird das Rahmenwerk so aufgebaut,

dass es für verschiedene Anwendungsfälle mit vertretbarem Aufwand adaptiert werden kann.

Der Fokus liegt insbesondere auf PSS, die aus Bereichen der Anbietergeschäftsmodelle kommen. In dem entwickelten Ansatz erfolgt zunächst die Darstellung auf einer abstrakten Ebene, die das angestrebte Geschäftsmodell berücksichtigt und den Kundennutzen (z.B. Nutzungsstunden eines Getriebes) darstellt und kundenrelevante Eigenschaften dokumentiert (z.B. Antriebsdrehzahl, Übersetzung, Abtriebsmoment und Verfügbarkeit). Darüber hinaus werden Produkt- (Getriebekomponenten) und Dienstleistungsanteile (Wartung) des PSS dokumentiert und wie mit diesen das Leistungsversprechen realisiert wird. Zusätzlich werden erste interne Verknüpfungen zwischen Produkt- und Dienstleistungsanteilen dokumentiert.

In einem nächsten Schritt erfolgen mit verschiedenen Methoden und Werkzeugen die Ausdetaillierung der Eigenschaften der Produkt- und Dienstleistungsteile, sowie

deren interne Abhängigkeiten. Beispiele hier sind die Parameter und Anzahl der verwendeten Schrauben am Getriebegehäuse (Eigenschaften einer Produktkomponente), die Dauer des Arbeitsschritts „Lösen einer Schraube“ (Eigenschaft der Dienstleistung). Die Dauer des Arbeitsschritts „Öffnen des Gehäuses“ ist abhängig von der Anzahl der verbauten Schrauben und der Dauer des Arbeitsschritts „Lösen einer Schraube“ und zeigt so ein Beispiel für die internen Abhängigkeiten zwischen den PSS-Bestandteilen.

Die Parameter, Abhängigkeiten und Rahmenbedingungen des Systems werden in ein CAD-System überführt, in dem so ein parametrisches Modell des PSS-Lösungsraums (Raum aller möglichen Lösungen) aufgebaut wird. Dieser Lösungsraum kann über ein GUI exploriert werden. So können basierend auf verschiedenen Eingabeparameter Lösungsvarianten für das System generiert, diese bewertet und verglichen und so das System für einzelne Anwendungsfälle optimiert werden.

Das **Institut für Produktentwicklung und Gerätebau (IPeG)** wird von Prof. Dr.-Ing. Roland Lachmayer geleitet und gliedert seine Arbeit in vier Forschungsgebiete: Methodik der Produktentwicklung, Optomechatronik, Rechnerunterstützte Produktentwicklung und Methoden für die Additive Fertigung.

Am Institut für Produktentwicklung und Gerätebau (IPeG) werden Lehre und Forschung als integrale Bestandteile der Zusammenarbeit mit einer großen Zahl von Studenten und Partnern aus Wissenschaft und Industrie betrieben. Jährlich werden mit den Vorlesungen, Übungen und Praktika des IPeG über 1000 Studierende ausgebildet und dabei mehr als 2000 Einzelprüfungen abgenommen.

Das IPeG führt integrierte Produktentwicklungen für neue Anwendungen und Kunden durch und berücksichtigt dabei insbesondere die Technologien der Additiven Fertigung. Außerdem verfügt es über hervorragend ausgestattete virtuelle und reale Labore und Werkstätten für den Gerätebau und die Optomechatronik.

Neben dem Verbundprojekt SmartHybrid ist das IPeG Teil des SFB 1153, des Programms Tailored Light und des Verbundprojekts GROTESK.



Electrical Engineering

Hybride Wertschöpfung als Chance zur kontinuierlichen Verbesserung von Energie- und Antriebssystemen

Innovative Energiesysteme und elektrische Antriebstechnologien können in hohem Maße von hybrider Wertschöpfung profitieren. Durch angebotene Dienstleistungen, wie zum Beispiel Simulations- oder Wartungsarbeiten, werden Kunden mit ganzheitlichen Lösungen versorgt. Dadurch gerät der Besitz von Produkten in den Hintergrund und die Überbringung von kundenspezifischen, konfigurierbaren Leistungen gewinnt an Bedeutung. Folgendes Szenario könnte sich zum Beispiel für Energie- und Mobilitätsversorger anbieten: Anstatt ein Speichersystem oder Strom und Gas zu verkaufen, würden Kunden Energie und Mobilität kaufen.

PSS-Verständnis im Teilprojekt-Kontext

Die kommerzielle Nutzung ingenieurwissenschaftlicher Forschungsergebnisse mündet fast ausschließlich in klassischen Produkten. Dabei steht immer zunächst das konkrete Produkt im Mittelpunkt und die Wertschöpfung geschieht eindimensional eben über dieses Produkt. Vereinzelt halten neue Produkt-Service-Kombinationen Einzug in den Markt. Auch die systematische Erforschung und Erstellung von Werkzeugen zur Etablierung von Produkt-Service-Leistungsbündeln im Bereich der Energietechnik steckt in den Anfängen. So bieten zum Beispiel Elektrizitätsversorgungsunternehmen vereinzelt „Intelligente Energieversorgung“ an. Dies beschränkt sich jedoch auf die Erfassung von Energieflüssen und deren Visualisierung. Forschungsprojekte zu den Themen regenerative Energieerzeugung, Energiespeicher, Smart Grid und Elektromobilität betrachten Produkte und getrennt davon Dienstleistungen. Die Integration der Produkte und der Dienstleistungen in Produkt-Service-Leistungsbündeln mit einer signifikanten Erhöhung der Wertschöpfung wurde für die Energiebranche noch nicht realisiert. Der regionale Energie- und Mobilitätsversorger und der Hersteller eines Energiespeichers könnten ihren Kunden zum Beispiel folgendes Szenario anbieten: Anstatt ein Speichersystem oder Strom und Gas zu verkaufen, würde der Kunde Energie und Mobilität kaufen. Hierzu würde der Anbieter die Dachfläche, Parkfläche und einen Technikraum beim Kunden anmieten. Die Dachfläche würde mit Photovoltaikmodulen bestückt, der Parkplatz könnte für eine Schnellladesäule genutzt werden und im Technikraum würde neben

einem Blockheizkraftwerk ein elektrischer Energiespeicher sowie eine Smart Grid Steuereinheit implementiert. Kühlschrank, Waschmaschine und Herd könnten ebenfalls in das System integriert werden. Durch die Vernetzung vieler Eigenheime werden nachhaltige Energiequellen effizienter genutzt und der Nutzer zahlt ausschließlich die Dienstleistung. Das anbietende Partnernetzwerk erhöht seinen Wertschöpfungsanteil. Eine konsequente Ausrichtung auf den Kunden bis hin zur Schaffung eines individuellen Energiemanagements auf der Basis skalierbarer und miteinander vernetzter Energiedienstleistungen hat bisher nicht stattgefunden. Ein weiteres interessantes Produkt-Service-System könnte durch die Koppelung von Energieversorgung, Mobilität, Produktion und Infrastruktur entstehen. So könnte zum Beispiel durch den Einsatz von bi-direktionalen Ladesäulen Fahrzeuge auf Unternehmensparkplätzen geladen werden und im Falle einer Leistungsspitze diese durch das kurzzeitige Entladen der Fahrzeuge verhindert werden (Peak-Shaving). Im Falle eines lokalen Ausfalls des Stromnetzes könnten die Fahrzeuge die Energie liefern, um kritische Produktionsprozesse in einen unkritischen Zustand zu fahren. Im Katastrophenfall könnten die Energiespeicher der Fahrzeuge Teile der Bevölkerung mit Energie versorgen. Wiederaufladung der Fahrzeuge könnte durch den Einsatz lokaler regenerativer Energieversorgung geschehen.

Anwendungsbeispiele

Das KEA ist in Deutschland einzigartig, denn es bildet das komplette Spektrum ab: Von der klassischen anwendungsorientier-



Prof. Dr.-Ing. Hans-Jürgen Pfisterer, Lucas Hürer

- *Etablierung von hybrider Wertschöpfung in der Energietechnik steckt in den Anfängen.*
- *Energie und Mobilität müssen nicht an den Besitz von Produkten gekoppelt sein.*
- *Modellierung, Simulation und Optimierung um innovative Antriebstechnik zu entwickeln*

te Forschung über die praxisnahe Technologieentwicklung bis hin zur professionellen Serienentwicklung im Energie- und Antriebsbereich. In den letzten fünf Jahren hat das KEA neben den zahlreichen für diverse Industriepartner entwickelten Technologien und Serienentwicklungen mit einigen sehr vielversprechenden Eigenentwicklungen begonnen. Diese Entwicklungen haben einen unterschiedlichen Reifegrad vom erst kürzlich gestarteten Technologieprojekt über die Serienentwicklung bis zur kurz vor einem möglichen Inverkehrbringen und Abschluss der Entwicklungsarbeiten.

Lokale Smart Grids

KEA beschäftigt sich mit der technischen Realisierung von lokalen Smart Grids und deren Einbindung in das öffentliche, elektrische Energieversorgungsnetz. Ein lokales Smart Grid (s. Abb. 1) besteht aus elektrischen Energiequellen, elektrischen Energiespeichern, elektrischen Energieverbrauchern und den Mess-, Steuer- und Kommunikationseinrichtungen. Im Projekt „LokSMART“ und „LokSMART 2“ gibt es als Energiequellen mehrere Fotovoltaik Anlagen, Blockheizkraftwerke und das öffentliche Stromnetz. Es werden mindestens ein stationärer Energiespeicher und mehrere mobile Energiespeicher (E-Fahrzeuge) genutzt.

Als elektrische Energieverbraucher sind sowohl Verbraucher mit hoher Anschlussleistung vorhanden als auch unzählige in Büro und Gewerbe übliche Kleinverbraucher. Die Aufgabe des lokalen Smart Grids ist es, die Energieflüsse zunächst einmal zu messen und zu dokumentieren. Hierzu wurde ein Netz an stationären und mobilen Datenerfassungseinrichtungen implementiert. Diese senden sämtliche Daten zu einem Datenbankserver. Die Daten werden offline ausgewertet und visualisiert. Auf Basis von Matlab / Simulink wurden Simulationsmodelle für die Auslegung von



Abb. 1: Lokales Smart Grid der Bäckerei Schüren in Hilden

lokalen Smart Grids erarbeitet. Damit ist es nicht nur möglich, lokale Smart Grids auszulegen, sondern auch laufende Anlagen zu überwachen und zu verbessern. Parallel hierzu nutzt das lokale Smart Grid die Daten, um einen optimalen Einsatz der regenerativen Energien zu gewährleisten. Zusätzlich wird der Energiebezug aus dem öffentlichen Netz an ein zeitlich variables Stromkostensignal geknüpft.

Bidirektionale DC-Schnellladesysteme für die E-Mobilität

Die durch das KEA - Kompetenzzentrum Elektronik & Antriebstechnik entwickelte bidirektionale DC-Schnellladesäule ermöglicht die Ladung eines Elektrofahrzeugs innerhalb von 20 Minuten auf 80% der nutzbaren Energie. Hierzu wird durch einen modernen DC/DC-Wandler die Spannung des lokalen Gleichspannungsnetzes auf die nötige Batteriespannung angeglichen und die Ladeströme entsprechend dem Zustand des mobilen Energiespeichers angepasst. Die Kommunikation zwischen Fahrzeug, der Fahrzeugbatterie und dem lokalen Smart Grid wird ebenfalls durch die Ladesäule realisiert. Ein erster Prototyp (s. Abb. 2) mit einer Ladeleistung von 22kW wurde bereits bei einem Kunden installiert und befindet sich im Feldtest.

Vision und Zielsetzung

Im Zuge des Teilprojektes Electrical Engineering wurde durch den Besuch von verschiedenen Konferenzen und Workshops, wie zum Beispiel die „Powering Mobility“-Konferenz in Enschede, das „IHK-Praxisforum Industrie 4.0“ bei der



Abb. 2: Bidirektionale Schnellladesäule

Sennheiser electronic GmbH & Co KG oder die Veranstaltung „Energy4U: Connect Ideas2Business“ in Karlsruhe, ein intensiver Austausch mit relevanten Akteuren aus

Wirtschaft und Lehre gesucht. Des Weiteren wurde in Zusammenarbeit mit unseren Verbundpartnern von der Universität Osnabrück der wissenschaftliche Artikel „Impacts of Product-Service Systems on Sustainability - A structured Literature-Review“ bei der Procedia CIRP für die IPSS CIRP-Konferenz in Linköping veröffentlicht und vorgestellt. Auf den daraus resultierenden Ergebnissen wird die weitere praxisnahe Forschung aufgebaut, indem zunächst die theoretischen Erkenntnisse auf ein praktisches Beispiel übertragen werden. Hierbei wird zunächst die Kompatibilität eines Solar Carports mit dem Geschäftsmodell der hybriden Wertschöpfung überprüft. Ein Solar Carport besteht

dabei aus PV-Anlage, Energiespeicher, Umrichtern und einer Ladesäule für Elektrofahrzeuge. Um dieses System auf die mögliche Integration von Dienstleistungen zu untersuchen wird der Schwerpunkt nicht nur auf die wissenschaftliche Arbeit gelegt, sondern auch auf die praktische Durchführbarkeit. In diesem Rahmen findet in Zusammenarbeit mit dem Forschungsbereich IMWI der Universität Osnabrück eine interdisziplinäre Projektwoche für Studenten verschiedener Studiengänge (Elektrotechnik, Wirtschaftsinformatik, Mechatronik etc.) statt. Zudem gab es bereits einen Wettbewerb, in dem mögliche Designs für solch ein Solar Carport vorgestellt wurden (s. Abb. 3).



Abb. 3: Verschiedene Solar Carport Designs

Die **Arbeitsgruppe Iul in Zusammenarbeit mit dem Kompetenzzentrum Elektronik & Antriebstechnik (KEA)** erforscht Methoden und Werkzeuge für die systematische Entwicklung von Energiesystemen und Dienstleistungen, die flexibel auf unterschiedliche Kundenbedürfnisse abgestimmt werden können. Die Lösungen, die dem Kunden angeboten werden, sollen konfigurierbar sein, sodass sie den unterschiedlichen Anforderungsprofilen stets gerecht werden. Diese Konfigurationen werden mit den zu erarbeitenden Methoden in hybride Leistungsbündel eingebettet sowie technisch in Form einer Smart-Product-Service-Plattform implementiert und verwertet. Anhand der vorhandenen Technologien werden bestehende Ansätze der materiellen Produktentwicklung, des Service Engineering und des Software Engineering adäquat integriert – mit dem Ziel, innovative und marktfähige Dienstleistungen für die Energiewirtschaft zu generieren. Parallel wird ein aktives Partnernetzwerk mit KMUs der Region Osnabrück – Weser – Ems aufgebaut, indem Unternehmen gemeinsam mit der Forschungsgruppe eine hybride Wertschöpfungskette aufbauen. Die erzielten Ergebnisse aus der betrieblichen Praxis werden gemeinsam mit den Verbundpartnern analysiert. In Deutschland gibt es einige Forschungsinstitute, die sich mit der Grundlagenforschung im Bereich Antriebstechnik oder Energietechnik beschäftigen. Es gibt jedoch wenige Institute, die sich mit der anwendungsorientierten Forschung in beiden sich doch sehr bedingenden Bereichen auseinandersetzen. In der Regel sind dies die Fraunhofer Institute. Die Fraunhofer Institute bilden jedoch lediglich die Bereiche Forschung und Technologieentwicklung ab. Dienstleistungen und Kompetenzen der Serien- und Produktentwicklung werden in der Regel ausschließlich durch Ingenieurbüros angeboten, die aber ihrerseits keine Möglichkeiten der angewandten Forschung oder Technologieentwicklung haben. Das KEA schließt somit eine Lücke im Markt der ingenieurwissenschaftlichen Dienstleistungen.



Software Engineering

Software: Aggressiver Treiber der Produktinnovation

Softwarebasierte Produkte sind die aggressivsten Innovatoren heutzutage. Damit das Innovationspotential abgeschöpft werden kann, muss das notwendige Software Know-How vorhanden sein. Insbesondere KMU haben dies häufig nicht oder sind sich der eigenen Potentiale nicht ausreichend bewusst. Ein Schlüssel zum Erfolg ist eine nachhaltige und geschickte Verzahnung der Anwendungs- und Software-Kompetenz.

Motivation und Einleitung

Die Grenzen zwischen Sach- und Dienstleistung verschwimmen zunehmend – Produkte sind in der Regel hybrid und als kundenorientierte Problemlösungen zu interpretieren. Über die Wettbewerbsvorteile und den ökonomischen Nutzen von hybriden Produkten herrscht weitgehend Einigkeit. Dennoch existieren kaum Ansätze zur integrierten Entwicklung von Sach- und Dienstleistungen. Die Tatsache, dass der wirtschaftliche Erfolg eines Leistungsbündels maßgeblich von dessen Konzeption und kundenindividueller Gestaltung abhängt, wird damit vernachlässigt.

Software-basierte Ansätze sind hier einer der aggressivsten Innovatoren. Laut einer Studie des BMBF sind mehr als 80 % aller Innovationen IKT-getrieben. Meist sind dies sogar disruptive hybride Innovationen, die ganze Branchen nachhaltig verändern, wie zum Beispiel Digitalkameras oder Smartphones. Mit Big Data und Industrie 4.0 steht die nächste Stufe der Integration der Informatik in alle Wirtschaftsbereiche an. Es geht darum, die anfallenden Daten zu nutzen, um daraus Mehrwert zu generieren. Google, Facebook, Amazon und Apple sind so zu den wertvollsten Konzernen auf der Welt geworden. In den Anwendungsdomänen, in denen Europa erfolgreich ist, etwa Mobilität, Maschinenbau und Finanzwesen, entstehen heute Produktinnovationen an der Schnittstelle zwischen diesen Anwendungsdomänen und der Kompetenz, Innovationen in Software umsetzen zu können. Um hier erfolgreich zu sein, wird sowohl Anwendungs- wie auch Software-Know-how benötigt. Diese hybride softwarebasierte Produktinnovation steht im Zentrum des Teilprojektes „Software Engineering“.

Viele der Unternehmen, insbesondere KMUs, haben aber häufig nicht das notwendige Software-Know-How, um ihr Innovationspotential abzuschöpfen. Auf der anderen Seite verfügen viele IT- und Software-Dienstleister heute nicht über die notwendigen anwendungsspezifischen

Software-Methoden, um in neuen innovativen Anwendungsfeldern erfolgreich Software zu entwickeln. Die Folgen: a) Vorhandene Innovationspotenziale werden nicht in dem Umfang realisiert und b) Fachkräfte und Ausgründungen werden nicht in dem Maße in den Regionen etabliert wie es eigentlich möglich wäre.

Zielsetzung des Teilprojektes „Software Engineering“

Im niedersächsischen Innovationsverbund SmartHybrid werden neue und innovative Methoden zur Gestaltung hybrider Produkte und Produktinnovationen erforscht. Die Kundenanforderungen sind heutzutage so komplex, dass die Erfüllung dieser Anforderungen nicht mehr nur durch ein Produkt oder einen Service allein erfüllt werden können. Vielmehr ist hierzu die Entwicklung innovativer hybride Produkte notwendig, in denen Produkte selbst in Kombination mit Dienstleistungen und Software-basierten Services integriert werden.

Dies trifft im besonderen Maße für das Teilprojekt „Software Engineering“ zu: Der Mittelstand ist der Innovationsmotor in Deutschland und in Europa – im Bereich Digitalisierung besteht aber signifikanter Nachholbedarf. Produktinnovationen entstehen insbesondere zwischen der Anwendungs- und der Software-Kompetenz. In Niedersachsen gibt es eine solche hohe Anwendungskompetenz, in der Harz-Region insbesondere in Branchen wie der Mobilitätswirtschaft, der Energiewirtschaft, der Land- und Ernährungswirtschaft, der Digital- und Kreativwirtschaft sowie im Anwendungsfeld neue Materialien/Produktionswirtschaft. Darüber hinaus hat Niedersachsen und insbesondere die Region entsprechende Software-Kompetenzen, wie zum Beispiel Software-Architekturen sowie Entwicklungs- und Vorgehensmodelle. Diese Kompetenzen gilt es weiter zu verzahnen.

In einer geschickten Verzahnung von Anwendungs- und Software-Kompetenz liegt



Prof. Dr. Andreas Rausch,
Steffen Küpper

- Mehr als 80 % aller Innovationen sind IKT-getrieben.
- Anwendungs- und Software-Kompetenzen müssen geschickt verzahnt werden.
- Passende Vorgehensmodelle sind Voraussetzung für die Zukunft.

der Schlüssel für erfolgreiche hybride softwarebasierte Produktinnovation. Es existieren heute kaum mehr Produkte, deren Nutzen für den Anwender nicht zu großen Teilen aus softwarebasierten Lösungen besteht. Ohne eine solche Verzahnung werden daher in Zukunft kaum mehr Innovationen erreicht werden können.

Um erfolgreich und nachhaltig hybride softwarebasierte Produktinnovationen in der Digitalisierung der Industrie und den regional verankerten KMUs zu erschließen, ist noch erheblicher Forschungs- und Entwicklungsaufwand insbesondere in den folgenden Bereichen zu leisten:

- Integrierbarkeit von Produktinnovations- und Entwicklungsansätzen in den Anwendungsdomänen mit softwarebasierten Innovations- und Entwicklungsansätzen.
- Ein Rahmenwerk für hybride softwarebasierte Produktinnovation und Entwicklung ist als integrierter hybrider Ansatz erforderlich. (Teil-)Automatisierung eines solchen hybriden Produktinnovations- und Entwicklungsansatzes ist durch entsprechende Werkzeugunterstützung bereitzustellen.
- Für die unterschiedlichen Anwendungsdomänen, etwa Mobilitätswirtschaft, Energiewirtschaft oder neue Materialien/Produktionswirtschaft, ist eine anwendungsspezifische Ausgestaltung des Ansatzes für hybride softwarebasierte Produktinnovation und Entwicklung bereitzustellen.
- Diese erarbeiteten Ansätze müssen in der praktischen Anwendung etabliert werden.

In den verschiedenen Regionen Niedersachsens sind die unterschiedlichen Branchen und die wissenschaftliche Expertise nicht überall gleich stark vertreten. Die einzelnen Branchen sind in den Regionen unterschiedlich stark etabliert. Beispielsweise ist die Mobilitätswirtschaft besonders stark im nördlichen Bereich der Region Braunschweig vertreten. Diese Anwendungsbranchen müssen untereinander, aber insbesondere auch mit der Informatik und dem Software Engineering vernetzt werden. Nur so können neue Märkte erschlossen werden.

Die Vernetzung von klassischem Engineering mit dem Software Engineering stellt die Industrie und die Forschung vor eine

Reihe von Herausforderungen, die im Teilprojekt Software Engineering im Besonderen adressiert werden. Hierbei ist insbesondere die Methodik der Software- und Systementwicklung im Fokus, da Software in einen Produktentwicklungsprozess und in den Produktlebenszyklus eingebettet werden muss. Eine heutzutage eher agile Softwareentwicklung trifft dann auf, zum Teil stark regulierte Systeme, welche einen gewissen Grad an Kritikalität haben und deren zuverlässiges Funktionieren gewährleistet werden muss, etwa Automobile. Solche hybriden Produkte werden in Konsequenz durch hybride Entwicklungsprozesse realisiert. Solche müssen an Organisations- und Projektkontexte angepasst und entsprechend etabliert werden. Im Teilprojekt Software Engineering werden dazu insbesondere die folgenden Themen bearbeitet:

- Ermittlung des Stands der Praxis zur Anwendung und Integration von unterschiedlichen Entwicklungsprozessen mit einem Fokus auf die Ausbildung eines grundlegenden Verständnisses von eingesetzten Prozessen und deren Einfluss auf einen erfolgreichen, effizienten Arbeitsprozess.
- Durchführung interdisziplinärer Veranstaltungen, in denen Hard- und Softwareexperten die Rollen tauschen und in einem gemeinsamen Projekt ein gegenseitiges Verständnis der unterschiedlichen Aufgaben und Arbeitsfelder erlangen – das Erlernen einer „gemeinsamen Sprache“ steht hierbei im Vordergrund.
- Exploration von Innovationsprozessen in kleinen Teams mit Studierenden, um (a) Innovation und die Rolle der Software hierbei frühzeitig zu vermitteln und (b) Studierende früh mit den Möglichkeiten und Methoden schneller softwaregetriebener Produktinnovation vertraut zu machen. Im Kern stehen hierbei Qualitätsbewusstsein und Kreativität.
- Diskussion und Kollaboration mit Partnern aus der Region, die Produktinnovation mithilfe von Software vorantreiben müssen und wollen. Ziel ist es hier, ein Bewusstsein dafür zu schaffen, welche Potenziale Software auch für Unternehmen des klassischen produzierenden Gewerbes hat und was bei einer softwarebasierten

Innovation im Besonderen zu beachten ist.

Vernetzung und Aufbau interdisziplinärer Kompetenzen

Eine Folge der Digitalisierung ist die Umgestaltung der internen Zusammenarbeit im Unternehmen. Gerade für KMU, die nicht klassische Softwareentwickler sind, verändert sich das Verhältnis zwischen den Fachabteilungen und der IT. Fachabteilungen müssen bei der Entwicklung ganzheitlich denken und Bereiche wie die IT nun frühzeitiger in die eigenen Planungen einbinden. Um die daraus resultierenden Herausforderungen – technischer und organisatorischer Natur – zu adressieren, erprobt das Teilprojekt Methoden zur Vernetzung und Kompetenzaufbau in interdisziplinären Workshops und Innovationsprojekten.

Interdisziplinäre Workshops

Mit den interdisziplinären Workshops soll das reale und teure Problem einer missverständlichen Kommunikation und unterschiedlicher Erwartungshaltungen an die beteiligten Fachdisziplinen in domänenübergreifenden Projekten adressiert werden. In den Workshops sollen die Teilnehmer genau diese Schnittstellenkompetenz aufbauen. Dazu nehmen die Teilnehmer die Perspektiven aller betei-

ligten Fachdisziplinen ein. Angelehnt an einen klassischen, wasserfallartigen Entwicklungsprozess sollen unterschiedliche Aufgaben bearbeitet werden – von der Anforderungserhebung über die Konzeptentwicklung bis zur Realisierung, der Softwareentwicklung und Produktion. Zur besseren Verständigung sollen die Artefakte als Konzept und Rohentwurf, in kleinen interdisziplinären Arbeitsgruppen, mit Papier und Stift erstellt werden. Der Fokus liegt dabei vor allem auf der Kommunikation aller Beteiligten.

Innovationsprojekte

Als Innovationstreiber verändert sich das Aufgabenfeld der IT, sie wird zunehmend beratend, unterstützend und impulsgebend in Anpassungs- und Veränderungsprojekten tätig. Software Ingenieure müssen für die neuen Aufgaben vorbereitet sein. Im Teilprojekt Software Engineering werden daher in kleinen, studentischen Projekten innovative Prototypen aus dem Bereich Smart City entwickelt. Die Studierenden lernen, neue Entwicklungsvorgehen wie Design Thinking und agile Vorgehensweisen, kombiniert mit klassischem Software Engineering Ansätzen wie dem V-Modell, anzuwenden. Als Impulsgeber und Diskussionspartner stehen den Studierenden Kooperationspartner aus der Wirtschaft zur Seite.

Prof. Dr. Andreas Rausch leitet den **Lehrstuhl für Software Systems Engineering und ist Vorstand des Institute for Applied Software Systems Engineering (IP SSE)** mit insgesamt über 30 wissenschaftlichen Mitarbeitern an der Technischen Universität Clausthal.

Forschungsschwerpunkte sind Softwarearchitekturen, modellbasierte Softwareentwicklung und Vorgehensmodelle. Besonders Softwaresysteme bilden anwendungsbezogen in der hybriden Wertschöpfung ein wichtiges Bindeglied zwischen Produkt und Dienstleistung. Hier bringt das Fachgebiet Software Engineering seine Kompetenzen in den Forschungsfeldern Entwurf von Softwarearchitekturen und -plattformen, modellbasierte Softwareentwicklungsmethoden und Werkzeuge sowie Softwarequalitätssicherung in den Innovationsverbund mit ein.

Im Rahmen der NTH-School für IT-Ökosysteme wurden modulare komponentenbasierte Architekturen von verteilten, adaptiven Sensor-/Effektor-Netzwerken erforscht, um sowohl Autonomie als auch Beherrschbarkeit komplexer Software-intensiver Systeme zu garantieren. Im als Forschungsverbund organisierten Institute for Applied Software Systems Engineering (IP SSE) werden in Industrieprojekten u.a. mit VW, IAV und Airbus Methoden zu Softwaresystementwurf und Qualitätssicherung erforscht, die in komplexen Wertschöpfungsketten im industriellen Umfeld etabliert werden. Im Schaufensterprojekt „Identifikation eines optimalen energetischen und wirtschaftlichen Nutzungskonzeptes für den E-Car-Sharing – Betrieb“ (QuiCar-elektrisch) und im AIF-Projekt „Entwurf eines mobilen Smart-Metering Systems“ werden Softwarelösungen zur Unterstützung hybrider Wertschöpfung im Bereich der E-Mobilität entwickelt.

Publikationen

2018

„Are we talking about the same thing?“ Analyzing Effects of Mass Customization and Product-Service Systems on Sustainability.

Authoren: P. C. Gembarski, D. Schreiber, T. Schoormann, R. Knackstedt, R. Lachmayer

Proceedings of the 8th International Conference on Mass Customization and Personalization - Community of Europe (MCP - CE 2018), Novi Sad, Serbien, 19.09.-21.09.2018

The Noblest Way to Learn Wisdom is by Reflection: Designing Software Tools for Reflecting Sustainability in Business Models

Authoren: T. Schoormann, D. Behrens, R. Knackstedt

Proceedings of the International Conference on Information Systems (ICIS), San Francisco, USA

Towards an Integrated Approach for Modelling Product- Service Systems: Status Quo and Future Challenges

Authoren: S. Hagen, C. Brockmann, S. Jannaber, R. Knackstedt, O. Thomas

Eds: C. Czarnecki, C. Brockmann, E. Sultanow, A. Koschmider, A. Selzer
Gesellschaft für Informatik e. V. (GI), Bonn, Deutschland (S. 59-71)

Towards a typology of approaches for sustainability-oriented business model evaluation

Authoren: T. Schoorman, A. Kaufhold, D. Behrens, R. Knackstedt

Eds: W. Abramowicz, A. Paschke

Cham: Springer International Publishing (S. 58-70)

Impacts of product-service systems on sustainability - a structured literature review

Authoren: L. Hüer, S. Hagen, O. Thomas, H.-J. Pfisterer

Procedia cirp 73 (S. 228-234)

Towards practical applicability of Service Engineering: A literature review as starting point for SE method design

Autoren: S. Hagen, S. Jannaber, O. Thomas

9th international workshop on enterprise modeling and information systems architectures (emisa) 2097 (S. 90-94)

Digital Transformation in Information Systems Research: A Taxonomy-based Approach to Structure the Field

Authoren: K. Kutzner, T. Schoormann, R. Knackstedt

Proceedings of the European Conference on Information Systems (ECIS)

Design Principles for Leveraging Sustainability in Business Modelling Tools

Authoren: T. Schoormann, D. Behrens, R. Knackstedt

Proceedings of the European Conference on Information Systems (ECIS)

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

Authoren: S. Hagen, F. Kammler, O. Thomas

Customization 4.0: proceedings of the 9th world mass customization & personalization conference (S. 87-99)

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

Authoren: S. Hagen, T. Schoormann, S. Jannaber, R. Knackstedt, O. Thomas

Multikonferenz wirtschaftsinformatik (MKWI) 2018 (S. 1485-1496)

2017

Carsharing Geschäftsmodelle – Entwicklung eines bausteinbasierten Modellierungsansatzes

Authoren: T. Schoormann, D. Behrens, R. Knackstedt
Smart Service Engineering, Springer (S. 303-325)

Sustainability in Business Process Models: A Taxonomy-Driven Approach to Synthesize Knowledge and Structure the Field

Authoren: T. Schoormann, D. Behrens, R. Knackstedt
International Conference on Information System (ICIS), Seoul, Korea

Semi-automatic Development of Modelling Techniques with Computational Linguistics Methods – A Procedure Model and Its Application

Authoren: T. Schoormann, D. Behrens, U. Heid, R. Knackstedt
Ed.: W. P. Abramowicz
International Conference on Business Information Systems. Springer International Publishing (S. 194-206)

Datamodels for PSS Development and Configuration: Existing Approaches and Future Research

Authoren: D. Schreiber, P. C. Gembarski, R. Lachmayer
Customization 4.0. Springer Proceedings in Business and Economics. Aachen, Deutschland

Modeling and configuration for Product-Service Systems: State of the art and future research

Authoren: D. Schreiber, P. C. Gembarski, R. Lachmayer
International Configuration Workshop. Paris, Frankreich

Effects of Mass Customization on Sustainability – A Literature-based Analysis

Authoren: P. C. Gembarski, T. Schoormann, D. Schreiber, R. Knackstedt, R. Lachmayer
Customization 4.0. Springer Proceedings in Business and Economics. Aachen, Deutschland

Kontakte

Service Engineering

Fachgebiet Informationsmanagement und Wirtschaftsinformatik (IMWI)

Universität Osnabrück

www.imwi.uni-osnabrueck.de



Prof. Dr. Oliver Thomas
Projektleitung

oliver.thomas@uos.de
+49 541 969-6232



Friedemann Kammler
Koordinator des
Innovationsverbunds

friedemann.kammler@uos.de
+49 541 969-4301



Simon Hagen
Operative Leitung

simon.hagen@uos.de
+49 541 969-4040

Production Engineering

Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik (IWF)

TU Braunschweig

www.tu-braunschweig.de/iwf



Prof. Dr.-Ing. Christoph Herrmann
Projektleitung

c.herrmann@tu-braunschweig.de
+49 531 391-7149



Dr.-Ing. Mark Mennenga
Leiter System of Systems
Engineering

m.mennenga@tu-braunschweig.de
+49 531 391-7150



Johannes Wölper
Operative Leitung

j.woelper@tu-braunschweig.de
+49 531 391-7647



Malte Schäfer
Projektmitarbeiter

malte.schaefer@tu-braunschweig.de
+49 531

Process Engineering

Fachgebiet Informationssysteme und Unternehmensmodellierung (ISUM)

Stiftung Universität Hildesheim

www.uni-hildesheim.de/fb4/institute/bwl/informationssysteme-und-unternehmensmodellierung



Prof. Dr. Ralf Knackstedt
Projektleitung

ralf.knackstedt@uni-hildesheim.de
+49 5121 883-40602



Thorsten Schoormann
Operative Leitung

thorsten.schoormann@uni-hildesheim.de
+49 5121 883-40606

Product Engineering

Institut für Produktentwicklung und Gerätebau (IPeG)

Leibniz Universität Hannover

www.ipeg.uni-hannover.de



Prof. Dr.-Ing. Roland Lachmayer
Projektleitung

lachmayer@ipeg.uni-hannover.de
+49 511 762-3471



Daniel Schreiber
Operative Leitung

schreiber@ipeg.uni-hannover.de
+49 511 762-5362



Dr. Paul Christoph Gembarski
Leitung Systems Engineering

gembarski@ipeg.uni-hannover.de
+49 511 762-5361

Electrical Engineering

Laborbereich Elektrische Energietechnik

Hochschule Osnabrück

www.kea-nds.de



Prof. Dr.-Ing. Hans-Jürgen Pfisterer
Projektleitung

j.pfisterer@hs-osnabrueck.de
+49 541 969-3664



Lucas Hür
Operative Leitung

l.hueer@hs-osnabrueck.de
+49 541 969-7292

Software Engineering

Fachgebiet Software Systems Engineering (SSE)

TU Clausthal

www.sse-world.de



Prof. Dr. Andreas Rausch
Projektleitung

rausch@in.tu-clausthal.de
+49 5323 727-177



Steffen Küpper
Operative Leitung

steffen.kuepper@tu-clausthal.de
+49 5323 728-245

Assoziierte Partner



Der Innovationsverbund SmartHybrid wird durch das Ministerium für Wissenschaft und Kultur mit Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) in der Förderperiode 2014 – 2020 in der Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen zur Förderung von Innovationen durch Hochschulen und Forschungseinrichtungen gefördert.



EUROPÄISCHE UNION
Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung



SmartHybrid c/o

Fachgebiet Informationsmanagement und Wirtschaftsinformatik
Universität Osnabrück
Katharinenstraße 3
49074 Osnabrück

+49 541 969-4301
info@smarthybrid.digital

www.smarthybrid.digital

