



SFB 768

ZYKLENMANAGEMENT AKTUELL INNOVATIONEN GESTALTEN

Grußwort

Sehr verehrte Leserinnen und Leser,

der Sonderforschungsbereich 768 ist nun ins zehnte Jahr gestartet. Seit Anfang des Jahres dürfen wir Prof. Samarjit Chakraborty für die Leitung des geplanten Teilprojekts C3 begrüßen. Zudem hat im letzten halben Jahr erstmals die Ringvorlesung „Innovationen gestalten“ stattgefunden. Studenten haben hier einen umfassenden Einblick in die unterschiedlichen Teile des Innovationsmanagements erhalten. Zwei Vorträge haben im Sonderforschungsbereich stattgefunden. Herr Dr. Figalist referierte über die strategische Steuerung des Vorfeldes am Beispiel der Division Digital Factory von Siemens in Form eines Kamingesprächs. Der amerikanischer Wirtschaftswissenschaftler und Inhaber des Lehrstuhls für Innovations- und Technologiemanagement an der Universität Regensburg, Prof. Dr. Dowling, konnte für einen Vortrag zum Thema Disruptive Innovationen gewonnen werden.



In dieser Ausgabe unseres Newsletters gehen wir auf mehrere Teilprojekte ein. Im unserem Teilprojekt C1 berichten wir ein Vorgehensmodell, um Geschäftsmodelle für Produkt-Service Systeme mit der Integration von externen Stakeholdern zu gestalten. Das Teilprojekt A10 geht anschließend auf Chancen und Herausforderungen bei der Einbindung von Nutzungsdaten in der Industrie ein. Im Bericht vom Teilprojekt T3 erfahren Sie, wie Methoden, die im Teilprojekt A6 entwickelt wurden, in einer industriellen Werkzeuglandschaft integriert werden und an existierenden Anlagen des Maschinen- und Anlagenbauers KHS validiert und verbessert werden. Das Teilprojekt B4 beschreibt die Auswirkungen einer durch Zyklen induzierten Änderung in der Produktion auf das gesamte Fabrikssystem.

Wir wünschen Ihnen viel Freude beim Lesen!

Herzlichst

Prof. Dr. Helmut Krcmar, Teilprojektleiter A4, C1 und D1,
Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, Technische Universität München

Inhalt

Seite 2

Einbindung von Nutzungsdaten vernetzter Produkte: Neue Chancen und Herausforderungen für die industrielle Praxis

Seite 4

Kamingespräch am 31.01.2017 — Ein Vortrag von Herrn Dr. Helmut Figalist zum Thema „Strategische Steuerung des Vorfeldes am Beispiel der Division Digital Factory“

Seite 5

Prognose von Änderungsauswirkungen in der Produktion

Seite 7

Design Thinking für die Gestaltung von PSS — Geschäftsmodellen durch Stakeholderintegration

Seite 9

Entscheidungsfindung in frühen Phasen des Innovationsprozesses von mechatronischen PSS

Seite 11

4. Forum für Industrie und Wissenschaft 2017 — Industriekolloquium des SFB 768

Kontakt SFB 768

Prof. Dr.-Ing. Birgit Vogel-Heuser
vogel-heuser@sfb768.de
Lehrstuhl für Automatisierung und Informationssysteme
Technische Universität München
Boltzmannstraße 15
85748 Garching
www.sfb768.de

gefördert von der Deutschen
Forschungsgemeinschaft



Einbindung von Nutzungsdaten vernetzter Produkte: Neue Chancen und Herausforderungen für die industrielle Praxis

Das Ziel von Teilprojekt A10 ist es, Unternehmen methodisch dabei zu unterstützen, die Nutzungsdaten ihrer Produkte und Services systematisch in die Produktentwicklung zu integrieren um Verbesserungen und Innovationen von Produkten, Services und Prozessen zu erreichen. Eine zentrale Herausforderung stellt hierbei die Planungsphase dar, in der Potenziale identifiziert werden müssen und deren Umsetzung vorbereitet werden muss.

*Christoph Hollauer
Julian Wilberg
Mayada Omer*

Moderne Produkte bestehen heutzutage nicht nur aus physikalischen und elektrischen Komponenten, sondern verfügen durch die voranschreitende Digitalisierung zusätzlich über Konnektivität. Die vernetzten Produkte übertragen kontinuierlich Daten an den Hersteller oder Nutzer. Der Anteil solcher vernetzten Produkte wird in den nächsten Jahren weiter zunehmen und somit auch die Menge an verfügbaren Daten aus der Nutzungsphase.

Auf Grund der großen Menge (Volume), Geschwindigkeit (Velocity) und Vielfalt (Variety) mit der Daten erzeugt werden, wird oft der Begriff Big Data verwendet. Es gilt dabei zu beachten, dass der Begriff nicht nur die Daten umschließt, sondern auch den Prozess zur Auswertung. Um hier eine klare Abgrenzung zu schaffen, wird im Forschungsprojekt der Begriff Nutzungsdaten zur Beschreibung des Datentyps verwendet. Nutzungsdaten sind dabei alle Daten, die vom Produkt selbst (z.B. Sensordaten) und von verknüpften Services (z.B. Wartungsdaten oder Appdaten) während der Nutzungsphase erzeugt werden. Der Begriff Data Analytics bezeichnet folglich den Prozess, bei dem mittels Algorithmen Erkenntnisse abgeleitet werden und so ein Mehrwert geschaffen wird.

Grundsätzlich ermöglichen es Nutzungsdaten, dem Hersteller die tatsächliche Verwendung seiner Produkte und Services besser zu verstehen. Durch die Analyse der Nutzungsdaten kann ein Mehrwert für interne und externe Stakeholder entstehen. Auf der einen Seite können Nutzungsdaten den Ingenieur bei der Anforderungsfestlegung

unterstützen, da die Daten beispielsweise verraten, welche Produktbelastungen während des Betriebs auftreten. Auf der anderen Seite befähigen Nutzungsdaten den Hersteller beispielsweise zusätzliche Services anzubieten (z.B. Hinweise zur ressourcenschonenden Verwendung).

Die beiden Beispiele sollen nur exemplarisch verdeutlichen welche neuen Use Cases (Anwendungsszenarien) sich durch Nutzungsdaten in der Produktentwicklung ergeben. Das Sammeln von Nutzungsdaten ist dabei nicht die zentrale Herausforderung, sondern Unternehmen müssen damit beginnen, die Möglichkeiten die sich durch Datenanalysen ergeben, systematisch in der Produktentwicklung zu identifizieren und umzusetzen. Daher hat sich das Teilprojekt A10 als Ziel gesetzt, Methoden und Tools für Unternehmen zu entwickeln, die diese dabei gezielt unterstützen die Potenziale von Nutzungsdaten für Produkt- und Serviceinnovationen zu nutzen.

Stand der empirischen Forschung

Eine Aufbereitung vorhandener Literatur im Bereich Data Analytics zeigte, dass viele Veröffentlichungen die Anwendung von Data Analytics Ansätzen Industrieübergreifend untersuchen, es fehlte jedoch eine differenzierte Untersuchung der aktuellen und zukünftigen Situation in der Produktentwicklung bezüglich des Einsatzes von Datenanalysen. Um dies Lücke zu schließen wurden 15 qualitative Experteninterviews mit Unternehmen aus dem Maschinen- und Anlagenbau durchgeführt. Ziel war es zu untersuchen, wie die Forschung bei der zukünftigen und systematischen

Einbindung von Nutzungsdaten unterstützen kann. Des Weiteren wurden die Interviews genutzt, Aussagen aus der Literatur zu validieren.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass die Unternehmen verstärkt Datenanalysen in der Produktentwicklung einsetzen wollen. Besonders herausfordernd beschreiben die Interviewpartner die Sicherstellung der Validität der Daten, die Konnektivität der Produkte und das Fehlen notwendiger Daten bei der Analyse. Deutlich wurde, dass viele Unternehmen die Digitalisierung und die Verfügbarkeit als eine große Chance sehen, um beispielsweise Anforderungen zu erheben und abzusichern.

Jedoch wurde auch deutlich, dass Mehrwerte für Ingenieure und Kunden nur dann geschaffen werden können, wenn vor dem Sammeln und Auswerten eine bereichsübergreifende Strategie zur Einbindung von Nutzungsdaten entwickelt wird. Die Strategie sollte beschrieben, welche Use Cases wie und wann umgesetzt werden (Nutzungsdatenstrategie).

Neben den Vorteilen gaben die Interviewpartner an, dass die Sammlung und Auswertung von Nutzungsdaten oft auch einen erheblichen Aufwand (Zeit, Personal und Kosten) darstellt. Am Ende des Interviews wurden die Partner nach einer wünschenswerten Unterstützung von Seiten der Forschung befragt. Zwei Themen wurden dabei gehäuft genannt. Verständlicherweise wünschen sich Unternehmen Methoden zur Datenanalyse (Algorithmen und Schnittstellen). Ein weiteres wichtiges Thema war jedoch die methodische und prozessuale Unterstützung bei der Planung von Data Analytics Projekten.

Die empirischen Untersuchungen wurden darüber hinaus im Rahmen weiterer Workshops mit Unternehmen sowie Einzelfallstudien zu spezifischen Problemstellungen vertieft.

So wurden im bisherigen Verlauf des Projektes sieben vertiefende Einzelfallstudien zur Nutzungsdatenintegration durchgeführt. Hierbei wurden erarbeitete Ansätze angewendet, evaluiert und weiterentwickelt. Die Fallstudien reichen von Start-Up Kontexten bis zu Konzernen. Beispielsweise wurden bei einem Anbieter vernetzter Fitnessgeräte Schadensbilder mithilfe von Nutzungsdaten ausgewertet und auf Ursachen im Bereich der Produktentwicklung, aber auch in der Logistik identifiziert.

Eine Fallstudie im Kontext eines studentischen Entwicklungsprojekt hat gezeigt, dass in der Produktentwicklung über den gesamten Entwicklungsprozess hinweg Fragestellungen artikuliert werden können, die mithilfe von Nutzungsdaten beantwortet werden können, insbesondere im Hinblick auf die Beschreibung und Charakterisierung des Nutzerverhaltens. Diese Daten sind jedoch in Unternehmen häufig nicht zugänglich und es herrscht hohe Intransparenz. Stattdessen müssen Umfragen und Interviews zum Nutzerverhalten durchgeführt werden, die aufwändig durchzuführen sind und je nach Stichprobengröße qualitativ nicht ausreichende Erkenntnisse erzeugen.

Herausforderungen

Zusammenfassend ergibt sich aus den empirischen Studien ein Spannungsfeld an hoher Relevanz bei gleichzeitig großen Herausforderungen bei der zielorientierten Integration von Nutzungsdaten in die Produktentwicklung. Insbesondere erfordern lange Innovationszyklen eine strategische Herangehensweise zur langfristigen Sicherstellung des Erfolgs von Digitalisierungs- und Data Analytics-Initiativen in der Produktentwicklung. Auch organisationale Hürden tragen häufig zur Intransparenz bei.

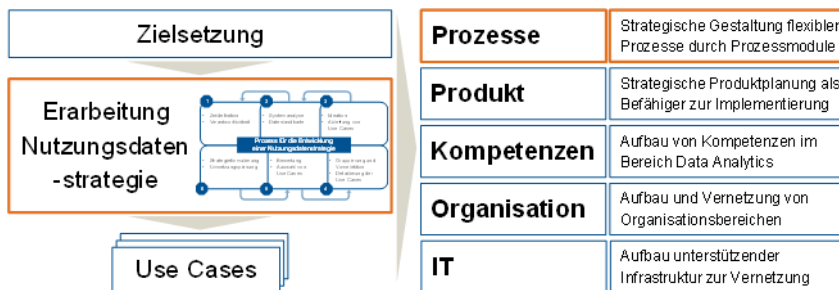


Abbildung 1: Nutzungsdatenstrategie und funktionale Teilstrategien

Nutzungsdatenstrategie als Lösungsansatz

Die Erkenntnisse aus der Literatur, den Interviews und den Kooperationen mit der Industrie offenbarten unterschiedlichste Ansatzpunkte um Unternehmen bei systematischen Einbindung von Nutzungsdaten zu unterstützen. Es wurde besonders deutlich, dass eine Nutzungsdatenstrategie Unternehmen eine Richtung geben kann und somit ein zielgerichtetes Vorgehen unterstützt. Eine Strategie stellt jedoch nur einen ersten Schritt dar, da eine anschließende Umsetzung entscheidend ist, um aus den Use Cases einen Mehrwert zu generieren. Darüber hinaus müssen funktionale Teilstrategien erarbeitet werden, die sich auf die Gestaltung von Produkt, Prozessen, Kompetenzen, Organisation und die IT-Landschaft im Unternehmen erstrecken (vgl. Abbildung 1). Der Lösungsansatz von Teilprojekt A10 besteht deshalb aus zwei Bestandteilen: Einem Vorgehen für die Entwicklung einer Nutzungsdatenstrategie und einem Ansatz zur flexiblen Prozessgestaltung. Die Nutzungsdatenstrategie stellt einen übergeordneten Rahmen dar.

Die funktionale Teilstrategie flexibler Prozesse adressiert die Tatsache, dass Nutzungsdatenintegration eine Umstellung und Erweiterung bestehender Prozesse in der Produktentwicklung erfordert. Neue Methoden, Tools und Rollen müssen in bestehende Prozesse integriert und situativ ausgewählt und angewendet werden. Da Nutzungsdaten häufig (noch) nicht für das gesamte Produktportfolio vorliegen müssen Entwicklungsprozesse situationsspezifisch konfiguriert wer-

den. Hierzu müssen zunächst bestehende Prozesskontexte hinsichtlich ihrer Variabilität analysiert und strategisch auf die neuen Herausforderungen vorbereitet werden.

Kooperationen

Teilprojekt A10 nimmt im Rahmen des SFB 768 eine soziotechnische Perspektive ein. Mithilfe von Nutzungsdatenintegration und dem Werkzeug der dynamischen Modellierung von PSS wird ein vertieftes Verständnis der Abläufe während der PSS-Nutzung geschaffen.

Aktuell wird mit den Teilprojekten A3/A7 an der Bildung eines agentenbasierten Modells eines realen Bikesharingsystems gearbeitet, welches anschließend mit Regelungstechnischen Methoden untersucht wird. Im Zuge dessen werden auch die im Rahmen des SFB-Demonstrators „PSSycle“ theoretisch erarbeiteten Erkenntnisse in die Praxis übertragen. Im Rahmen der Kooperation mit Teilprojekt A11 wird ein vertieftes Verständnis organisationaler Auswirkungen der Integration der Nutzungsdaten in die PSS-Entwicklung erarbeitet.

Mit Teilprojekt C2 wird eng zum Thema der strategischen Produktplanung kooperiert, hierbei werden Inhalte weiterverwendet, die von Teilprojekt C2 in der vergangenen Förderperiode entwickelt wurden.

Erarbeitete Ergebnisse sind darüber hinaus in einen aktuell entwickelten Antrag für ein Transferprojekt eingeflossen, wo diese angewendet und im Rahmen eines spezifischen Anwendungsfalls weiterentwickelt werden sollen.

Fortsetzung auf Seite 4

Ausblick

Aufgrund des großen Interesses der Industrie an der Thematik wird aktuell ein Industriearbeitskreis geplant. Dieser dient einerseits der Weiterentwicklung und Evaluation der bisher entwickelten Ansätze, soll andererseits jedoch auch weitere Einblicke in den aktuellen Umgang von Unternehmen im Hinblick auf die Integration von Nutzungsdaten für die Produktentwicklung generieren. Zusätzlich soll der Industriearbeitskreis dazu dienen, die teilnehmenden Unternehmen untereinander zu

vernetzen und kreative Diskussionen anzuregen. Eine Ausarbeitung der bisher erarbeiteten Lösungsansätze wird sowohl auf Seiten der Nutzungsdatenstrategie als auch auf Seiten der flexiblen Prozessgestaltung weiter vorangetrieben. So wird beispielsweise ein allgemeiner Use Case Katalog entwickelt, der Unternehmen Anregungen bei der Entwicklung der eigenen Datenstrategie liefert.



Schlagwörter

Nutzungsdaten,
Strategieentwicklungsprozess,
Digitalisierung

Ansprechpartner

Julian Wilberg M. Sc.
Tel.: +49 (0)89 289-15129
wilberg@pe.mw.tum.de

Kamingespräch am 31.01.2017

— Ein Vortrag von Herrn Dr. Helmut Figalist zum Thema „Strategische Steuerung des Vorfeldes am Beispiel der Division Digital Factory“

Herr Dr. Figalist, Leiter der Vorfeldentwicklung in der Division Digital Factory bei Siemens führte uns mit seinem Vortrag „Strategische Steuerung des Vorfeldes am Beispiel der Division Digital Factory“ durch die Vorgehensweise des Unternehmens bei der Selektion von Innovationshypothesen und der Ausrichtung von Zukunftsstrategien.

Jörg Weking

Die Division Digital Factory (DF) ist eine der neun Divisionen der Siemens AG. Ihre Hauptaufgabe ist, durch integrierte Hard- und Software sowie technologiebasierte Serviceleistungen den Produktentwicklungs- und Fertigungsprozess produzierender Unternehmen flexibel und effizient zu gestalten.

Mit dieser Bürde steht die Division Digital Factory unter der Leitung von Herrn Dr. Figalist mit der Verpflichtung der ständigen Ideenfindung. Innovationen und Technologien können ausschließlich nach Selektion und Analyse umgesetzt werden.

Für das Unternehmen gilt eine

Trennung von „Technologie“ und „Portfolio“.

Als „Technologie“ werden existierende technologische Möglichkeiten bezeichnet, z.B. Ergebnisse von Forschungsprojekten, Universitäten und Start-Ups. Diese werden von einem „Management Research Network“ selektiert. Anhand von drei „Techno-Radare“, werden potentiell gewinngenerierende Hypothesen der nächsten 15 Jahre identifiziert und in einem „Produktportfolio“ zusammengeführt. Dieser „R&D Planning Process“ wird jährlich wiederholt.

Der SFB 768 bedankt sich für den wertvollen und informativen Vortrag sowie den fruchtbaren Diskussionen.



Schlagwörter

Kamingespräch

Ansprechpartner

Jörg Weking M. Sc.
Tel.: +49 (0)89 289 19500
joerg.weking@in.tum.de

Prognose von Änderungsauswirkungen in der Produktion

Die Elemente einer Fabrik sind durch ein komplexes Netzwerk an Flüssen und Relationen miteinander verbunden, wodurch sich einzelne Änderungen auf das ganze System auswirken können. Um eine optimale Planung von Änderungen in der Produktion zu ermöglichen, gilt es die Änderungsförpflanzungen und -auswirkungen zu verstehen und zu prognostizieren.

Gunther Reinhart

Harald Bauer

Einleitung

Aufgrund kurzer Produktinnovationszyklen, hoher Variantenvielfalt und schwankender Nachfrage aber auch bedingt durch Betriebsmittel- und Technologielebenszyklen müssen produzierende Unternehmen regelmäßige Änderungen an ihren Produktionssystemen durchführen. Eine aktuelle Herausforderung aus dem Bereich der Automobilindustrie ist beispielsweise die Integration von Elektrofahrzeugen in die bestehenden Fabriken. Insbesondere im Falle eines „purpose design“, also der Entwicklung einer neuen Fahrzeugplattform (siehe BMW i3), anstatt eines „conversion design“, also der Wiederverwendung einer bestehenden Plattform (siehe e-Golf), sind maßgebliche Änderungen in den bestehenden Produktionssystemen notwendig. Um eine optimale Planung dieser zu ermöglichen, müssen die Auswirkungen der Änderungen verstanden und vollständig betrachtet werden. Ziel des Teilprojektes B4 in der *dritten Förderperiode* ist es daher, eine Methode zur Prognose und Bewertung von Auswirkungen der Änderungen in der Produktion zu entwickeln.

Bisherige Ergebnisse des Teilprojekts B4

In der *ersten Förderperiode* wurde untersucht, welche zyklischen Einflussfaktoren eine Umplanung bzw. Veränderung der Produktionsstruktur erfordern und wie diese Änderungen zeitlich geplant werden können. Die Auswirkungen der Einflussfaktoren können anhand von sechs Rezeptoren (Stückzahl, Produkt, Zeit, Kosten, Qualität und Technologie) gemessen und überwacht wer-

den. Basierend auf den Rezeptormessungen wurde ein Prozessablauf zum zyklusorientierten Produktionsstrukturmonitoring entwickelt. Zur strategischen Planung der Adaptionen wurde des Weiteren ein Produktionsstrukturkalender erarbeitet.

In der *zweiten Förderperiode* lag der Fokus des Teilprojekts B4 auf der detaillierteren Untersuchung der produktionsrelevanten Zyklen sowie dem genauen Verständnis von Produktionssystemen in Bezug auf Änderungsprozesse.

Dynamisches Zyklennetzwerk

Basierend auf Industriebefragungen, Expertengesprächen sowie einer ausführlichen Literaturrecherche wurden sechs für Produktionsänderungen relevante Zyklen identifiziert: Produktlebenszyklus, Produktionstechnologielebenszyklus, Produktänderungszyklus, Produktionsänderungszyklus, Betriebsmittellebenszyklus, Produktionsstrukturzyklus. Zu diesen wurden jeweils Zyklensteckbriefe erarbeitet. Im Anschluss an eine Interdependenzbetrachtung der Zyklen wurde ein dynamisches Zyklennetzwerk erstellt. Dieses ermöglicht die Prognose der einzelnen Zyklenverläufe unter Berücksichtigung der identifizierten Wechselwirkungen.

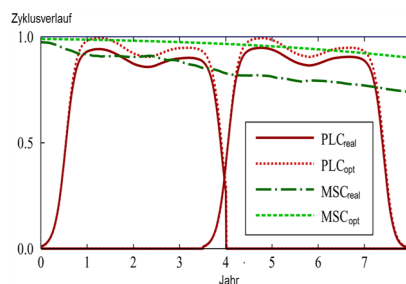


Abbildung 2: Verlaufsprognose von Produktlebenszyklus (PLC) und Produktionsstrukturzyklus (MSC) ohne (opt) und mit Wechselwirkungen (real)

Framework zur Definition von Eigenschaften der Wandlungsfähigkeit

Die wichtigsten Eigenschaften von Produktionssystemen in Anbetracht von zyklischen Änderungsbedarfen werden häufig unter dem Begriff der Wandlungsfähigkeit zusammengefasst. Da jedoch kein einheitliches Verständnis der Terminologie vorliegt, wurde diese genauer betrachtet. Basierend auf einer umfangreichen Literaturrecherche wurde ein allgemeingültiges Framework zur Definition der Eigenschaften Robustheit, Elastizität, Flexibilität, Transformierbarkeit und Anpassungsfähigkeit entwickelt.

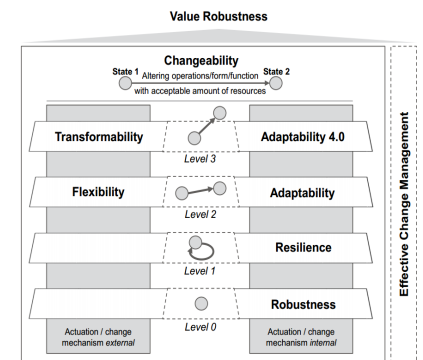


Abbildung 3: Framework zur Definition von Wandlungsfähigkeitseigenschaften

Metamodel zur graphenbasierten Fabrikmodellierung

Zur Darstellung komplexer Systeme werden oftmals graphenbasierte Modelle erzeugt. Im Teilprojekt B4 wurde hierfür ein Metamodel zur Fabrikmodellierung erarbeitet. Fabrikobjekte, wie beispielsweise Fertigungsanlagen oder Lagerplätze, aber auch Mitarbeiter werden im Model als Knoten dargestellt. Mit Hilfe von Kanten werden die Flüsse, durch welche die unterschiedlichen Elemente einer Fabrik miteinander verbunden sind, modelliert. Hierbei werden Informations-, Material-, Personal-, Energie- und Materialflüsse unterschieden.

Das Metamodel ermöglicht eine übersichtliche Dokumentation und Darstellung der Produktionselemente sowie ihrer Relationen und bildet somit einen essentiellen Grundstein für eine Änderungsauswirkungsanalyse.

Basierend auf dieser Modellierungstechnik wurde zu Beginn der *dritten Förderperiode* bereits ein erster Ansatz zur Analyse von Änderungsförpflanzungen und –auswirkungen in der Produktion erarbeitet.

Methode zur Analyse von Änderungsauswirkungen in der Produktion

Zur Analyse der Änderungsförpflanzungen wird ein Expertenworkshop durchgeführt. In diesem wird zunächst ein graphenbasiertes Modell des zu betrachtenden Systems erstellt. Anschließend werden die Kanten mit einer Wahrscheinlichkeit zur Förpflanzung der analysierten Änderung sowie best-case, worst-case und most-likely Auswirkungen auf Kosten sowie Dauer der Änderungen versehen. Hieraus wird anhand einer Beta-Verteilung eine Wahrscheinlichkeitsverteilung der Änderungsauswirkungen erzeugt. Zur abschließenden Simulation der Förpflanzungs- und Auswirkungseffekte wird eine Kombination aus einem Breadth-First Suchalgorithmus sowie einer Monte-Carlo Simulation ausgeführt. Ergebnis der Analyse sind Wahrscheinlichkeitsverteilungen bezüglich der Änderungsförpflanzungen sowie Kosten und Dauer der Änderung. Basierend hierauf kann im nächsten Schritt entschieden werden, ob die betrachtete Änderung durchgeführt wird und

welche weiteren Schritte notwendig sind.

Weitere Ziele und Inhalte der dritten Förderperiode

Zu den Vorteilen der erarbeiteten Methode gehören einerseits ihre Flexibilität bezüglich der möglichen Einsatzbereiche sowie ein einfaches Verständnis und hohe Akzeptanz der Ergebnisse durch die Nutzer. Dies beruht insbesondere auf der eigenständigen Wahl des Umfangs des betrachteten Systems sowie der Bestimmung der Parameter durch die in das Projekt eingebundenen Experten.

Eine aufwandsseitige Herausforderung dieses Ansatzes ist, dass die erarbeiteten Ergebnisse zunächst lediglich für die untersuchte Änderung gültig sind. Soll eine andere Änderung analysiert werden, müssen die Parameter neu bestimmt werden. Um diesem Aspekt entgegenzuwirken wird nun betrachtet, wie sich Änderungen auswirkungsorientiert klassifizieren lassen. Dies ermöglicht, dass ausgearbeitete Parameter einer vergangenen Wirkungsanalyse für neue Analysen von Änderungen gleichen Typs wiederverwendet werden können. Insbesondere stehen hierbei Änderungen im Fokus, die durch produktionsrelevante Zyklen ausgelöst werden.

Ein weiteres Potenzial zur Weiterentwicklung der entworfenen Methode ergibt sich aus ihrer Abhängigkeit von den subjektiven Einschätzungen der ausgewählten Experten. Aus diesem Grund wird die Möglichkeit einer rein datenbasier-

ten Vorgehensweise zur Prognose von Änderungsauswirkungen betrachtet. Hierfür wird unter anderem untersucht, ob für bestimmte Änderungstypen eine allgemeingültige Beschreibung von Wirkungsmechanismen basierend auf Fabrikobjekteigenschaften und Relationstypen genutzt werden kann.

Des Weiteren werden bei der erarbeiteten Methode bisher nur die Auswirkungen auf die Änderungskosten und die Änderungsdauer berücksichtigt. Nun sollen auf detaillierterer Ebene weitere relevante Kennzahlen zur Bewertung von Änderungen in der Produktion in die Analyse integriert werden. Hierzu muss ausgearbeitet werden, wie der Einfluss von Änderungen auch auf diese prognostiziert werden kann.

Eine reine Betrachtung von Auswirkungen auf übergeordnete Kennzahlen liefert jedoch für genauere Analysen keine Information über die Ursachen der Änderungsauswirkungen sowie notwendige Folgeänderungen. Aus diesem Grund wird ebenfalls untersucht, wie beispielweise aus den Auswirkungen auf Kennzahlen weitere Änderungsbedarfe abgeleitet werden können. Hierfür werden die Wechselbeziehungen zwischen ausgewählten Kennzahlen zur Auswirkungsbewertung und den änderbaren Aspekten einer Fabrik identifiziert.

Abschließend soll das Metamodel, welches zunächst zur allgemeinen Fabrikmodellierung entwickelt wurde, um änderungsauswirkungsorientierten Aspekte erweitert werden.

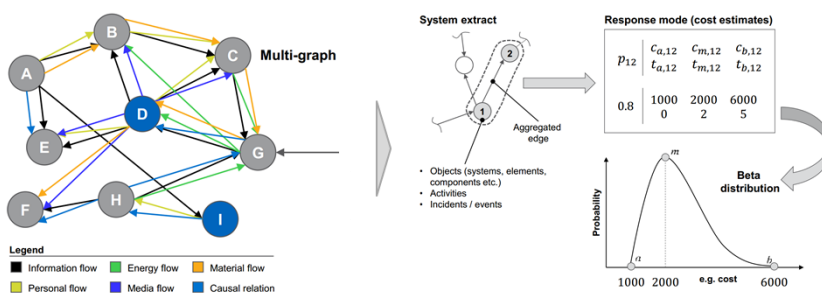


Abbildung 4: Graphenbasierte Modellierung von Fabrikssystemen und Bestimmung der Änderungsförpflanzungs- und –auswirkungsparameter

Schlagwörter
 Änderungsmanagement,
 Änderungsauswirkungsanalyse

Ansprechpartner
 M.Eng. Harald Bauer
 Tel.: +49 (0)89 289 165 87
 harald.bauer@iwb.mw.tum.de

Design Thinking für die Gestaltung von PSS — Geschäftsmodellen durch Stakeholderintegration

Das Teilprojekt C1 beschäftigt sich mit der Frage, wie die zyklengerechte Integration externer Stakeholder, wie Kunden, Lieferanten und externe Dienstleister in die Gestaltung von PSS-basierten Geschäftsmodellen ablaufen soll. Hierfür wird ein Vorgehensmodell zur Erstellung und Anpassung von PSS-Geschäftsmodellen entwickelt. Dem Vorgehensmodell wird eine Werkzeugunterstützung für die Integration externer Stakeholder bereitgestellt. Zum Erreichen dieser Ziele untersucht das Teilprojekt C1 über Fallstudien mit PSS-Anbietern, wie PSS-Geschäftsmodelle derzeit gestaltet werden und welche Probleme hierbei bestehen. Das Vorgehensmodell und die Werkzeugunterstützung werden über Experten-Workshops und Experimente iterativ entwickelt und evaluiert.

Jörg Weking

Geschäftsmodelle werden in Wissenschaft und Praxis zunehmend als Indikator für Unternehmenserfolg diskutiert. Gerade bei der Transformation von traditionellen Produkten zu PSS ist es wichtig, nicht nur Veränderungen im Produkt zu betrachten, sondern auch Wandel in geschäftlichen Aspekten zu berücksichtigen. Das Geschäftsmodell kann genau diese Veränderungen darstellen, indem es die Kundensegmente, das genaue Wertversprechen, den Herstellungsprozess, Erlösströme und Kostenstrukturen umfasst.

Um ein kundenindividuelles und zugleich profitables Geschäftsmodell für ein PSS zu entwickeln, ist die zyklische Einbindung von externen Stakeholdern erforderlich. Hierfür wurden in der vergangenen Förderperiode verschiedene Konzepte der Kundeintegration untersucht.

Diese Ergebnisse werden in der aktuellen Förderperiode als Basis verwendet. Ziel ist es, ein Vorgehensmodell für die Gestaltung und Weiterentwicklung von Geschäftsmodellen für PSS mittels

Integration externer Stakeholder zu erarbeiten. Hierfür wurden in einem ersten Schritt bestehende Vorgehensmodelle in einer strukturierten Literaturrecherche aufgearbeitet. In der Literatur sind allgemeine Charakteristiken von PSS-Geschäftsmodellen und Fallstudien, wie PSS-Geschäftsmodelle entwickelt wurden, zu finden. Vorgehensweisen zum Gestalten, Weiterentwickeln und Evaluieren von Geschäftsmodellen speziell für PSS werden nur oberflächlich diskutiert. Die Literatur im Bereich der Integration von Stakeholdern, berücksichtigt Geschäftsmodelle kaum. Externe Inputs werden für die Entwicklung von PSS und nicht für die Gestaltung entsprechender Geschäftsmodelle genutzt. Deshalb wurde auf Literatur aus dem Bereichen PSS, Stakeholderintegration und Geschäftsmodelle zurückgegriffen, um ein eigenes Vorgehensmodell zu entwickeln.

Das vorgeschlagene Modell zur Gestaltung von PSS-Geschäftsmodellen ist eine konkrete Umsetzung des Design Thinking Ansatzes des Instituts für Design der Stanford Universität. Design Thinking ist eine kreative, inter-

disziplinäre und offene Denk- und Arbeitskultur, die Kundenbedürfnisse in den Mittelpunkt setzt, um Innovationen zu gestalten. Der Ansatz zielt darauf ab, neue Lösungen zu entwickeln, um neue oder existierende Kundenbedürfnisse zu befriedigen und folgt dabei einem Prozess aus fünf Phasen. Dieser Prozess wird hier angewendet, um neue Geschäftsmodelle für PSS zu gestalten und bestehende weiterzuentwickeln (Abbildung 5). Im Folgenden werden die einzelnen Prozessschritte beschrieben und anhand des SFB Demonstrators PSScycle, einem eBike-Sharing-Konzept, illustriert.

Die erste Phase, die Empathiephase (I), umfasst das Eintauchen und Verstehen von Problembereichen. Situationen sollen nicht objektiv und systematisch analysiert werden, sondern durch den direkten Kontakt mit Beteiligten sollen neue Probleme identifiziert werden. Folglich ist die Integration von externen Stakeholdern gerade in dieser Phase wesentlich. Methoden können hier beispielsweise das Einbinden von Beschwerden oder Fokusgruppenworkshops mit speziellen Kundengruppen sein.

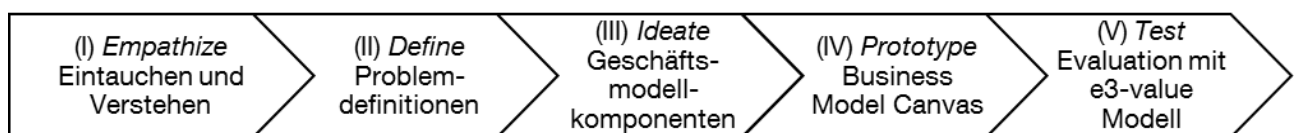


Abbildung 5: Vorgehensmodell zur Gestaltung von PSS-Geschäftsmodellen

Das Ziel der Definitionsphase (II) ist, Problemstellungen möglichst genau zu präzisieren. Formulierungen der Probleme müssen gründlich gewählt werden, da sie die Ideenfindung maßgeblich beeinflussen können. Die Ergebnisse, die mit der Integration externer Stakeholder in der ersten Phase erzielt wurden, werden verwendet, um Problemsituationen möglicher Kunden eindeutig zu beschreiben. Delphi-Studien mit externen Stakeholdern können genutzt werden, um die Definitionen zu verfeinern.

Die Ideenfindungsphase (III) strebt die Generation von möglichst vielen und unterschiedlichen Ideen an. Hierbei wird an Resultate der ersten beiden Phasen angeknüpft. Die entstehenden Ideen werden Geschäftsmodellkomponenten genannt, da sie nur Teile eines Geschäftsmodells abdecken, wie beispielsweise Herstellungs- oder Lieferprozesse, Kundennutzen oder Erlösströme. Dementsprechend müssen diese Geschäftsmodellkomponenten keine Wirtschaftlichkeit oder technische Machbarkeit vorweisen. Externe Stakeholder werden in dieser Phase beispielsweise mittels Ideenplattformen oder Ideenwettbewerben im Format von Workshops integriert.

In der vierten Phase, der Prototypphase (IV), werden vielversprechende Geschäftsmodellkomponenten verwendet, um vollständige Prototypen von Geschäftsmodellen zu konstruieren. Dafür wird der Bu-

siness Model Canvas Ansatz genutzt, indem ein Geschäftsmodell in den folgenden neun Bestandteilen dargestellt wird: Kundensegmente, Wertversprechen, Kommunikations-, Vertriebs- und Lieferkanäle, Kundenbeziehungen, Erlösströme, Kostenstrukturen, Schlüsselressourcen, Schlüsselaktivitäten und Schlüsselpartner. Ein Beispiel anhand des PSSycles zeigt Abbildung 6.

Die letzte Phase, die Testphase (V), hat die Aufgabe, die entwickelten Geschäftsmodellprototypen zu testen und zu evaluieren. Hierfür wird die e3-Value Methode nach Gordijn verwendet. Mit der e3-Value Me-

den Akuteren und Marktsegmenten werden genutzt, um das Ökosystem prototypisch auf seine Wirtschaftlichkeit zu testen. Fokusgruppendifkussionen mit externen Experten können hierbei unterstützen.

Im Vorgehensmodell werden Methoden der Geschäftsmodellentwicklung, der Stakeholderintegration und des Design Thinking berücksichtigt. Auf diese Weise lassen sich Geschäftsmodelle aus einer groben Problemstellung unter starker Einbeziehung von Kunden gestalten und prototypisch evaluieren.

Zurzeit werden im Teilprojekt C1

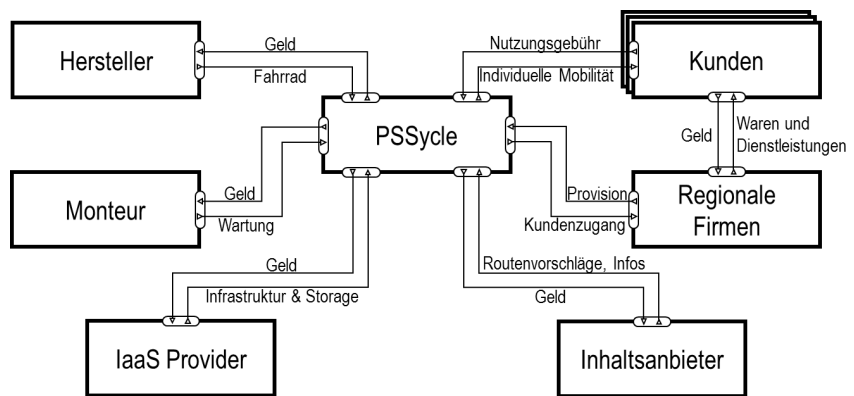


Abbildung 7: e3-Value Methode am Beispiel des PSSycles

thode lassen sich Wertströme eines kompletten Ökosystems abbilden. Eine Beispielanwendung der Methode anhand des PSSycles ist in Abbildung 7 dargestellt. Die Abbildung zeigt, wie sich mit der e3-Value Methode verschiedene Parteien (Akteure oder Marktsegmente) und der Austausch von Wertobjekten zwischen diesen Parteien darstellen lassen. Die Wertströme zwischen

Fallstudien mit verschiedenen PSS-Anbietern durchgeführt, um aktuelle Vorgehensweisen und Probleme der Praxis beim Gestalten von PSS-Geschäftsmodellen und dem Integrieren von externen Stakeholdern zu untersuchen. Mit diesen Daten wird das dargestellte Vorgehensmodell weiterentwickelt und evaluiert. Das finale Vorgehensmodell wird in einer Werkzeugunterstützung umgesetzt.

KP Fahrradhersteller Fahrradmonteur Infrastrukturanbieter Inhaltsanbieter (z.B. Tourismusämter, Verlage) Regionale Firmen (z.B. Restaurants)	KA Softwareentwicklung Softwarewartung Inhaltsaufbereitung Kundendienst	VP Individuelle Mobilität Individuelle Mehrwertdienst	CR Automatisiert über Internetplattform Kunden-Hotline	CS Touristen Stadtbewohner Geschäftsreisende
	KR Softwareentwickler Inhaltsaufbereiter Kundenbetreuer		CH Internet Touristeninformation Straßenkreuzungen	
C\$ Gehälter für Schlüsselressourcen, Bezugskosten Fahrräder Wartungskosten Fahrräder, Infrastrukturkosten		R\$ Mietgebühr für Fahrräder, Nutzungsgebühr für Dienste Provisionen (z.B. von Restaurants, Museen, etc.)		

Abbildung 6: Business Model Canvas am Beispiel des PSSycles

Schlagwörter

Produkt-Service System, Stakeholderintegration, Geschäftsmodell, Design Thinking, Business Model Canvas, E3-Value

Ansprechpartner

Jörg Weking M. Sc.
Tel.: +49 (0)89 289 19500
joerg.weking@in.tum.de

Entscheidungsfindung in frühen Phasen des Innovationsprozesses von mechatronischen PSS

Das Ziel von Teilprojekt T3 ist die Integration der Methoden aus dem Teilprojekt A6 Förderperiode 2 und 3 in eine industrielle Werkzeuglandschaft, unterstützt durch den Industriepartner Software Factory. Die integrierten Methoden werden an existierenden Maschinen und Anlagen eines Industriepartners validiert und in gemeinsamer Kooperation ausgebaut. Ziel ist es die domänenspezifischen Engineering-Tools wie M-CAD, E-CAD und Softwareentwicklungstools mit einem übergeordneten Modellierungsansatz zu verbinden um die Entscheidungsfindung in frühen Phasen des Innovationsprozesses von mechatronischen PSS zu unterstützen.

Michael Sollfrank
Gennadiy Koltun

Im traditionellen Engineering, auch bekannt als sequenzielles Engineering, werden die einzelnen Schritte im Entwicklungsprozess von Produkten oder automatisierten Produktionsanlagen in den involvierten Domänen großenteils unabhängig voneinander und zeitlich nacheinander durchgeführt. Im Entwicklungsprozess des klassischen Maschinen- und Anlagenbau bedeutet das vereinfacht, dass nach der Erhebung der Anforderungen der mechanische Teil der Anlage unter Zuhilfenahme von MCAD-Tools konstruiert und gefertigt wird, danach elektrotechnische/elektronische Komponenten für die Sensorik und Aktorik der Anlage von Mitarbeitern mit einem anderen Wissenshintergrund hinzugefügt werden (ECAD) und schlussendlich die Anlage von einem Experten der Steuerungstechnik programmiert wird. Historisch bedingt ist es im Maschinen- und Anlagenbau oftmals so, dass der mechanische Maschinen- und Anlagenbau feder-

führend ist, und den Disziplinen Elektrotechnik/Elektronik sowie Softwareentwicklung weniger Partizipationsmöglichkeiten in frühen Phasen des Entwicklungsprozesses eingeräumt werden. Dieses „over the wall“ Engineering der unzureichend interagierenden Disziplinen ist aus mehreren Gründen ineffizient. Beispielsweise werden Fehler, aufgrund von im Innovationsprozess getroffenen Entscheidungen, oftmals erst im Feindesign der Disziplinen erkannt, weshalb Änderungen nur noch kostspielig vorgenommen werden können. Neben der Entwicklung tauchen auch während der Anlagenlaufzeit Probleme beim Service aufgrund von fehlender Interdisziplinarität auf. Die Frequenzen der Innovationszyklen der im Maschinen- und Anlagenbau involvierten Disziplinen sind unterschiedlich groß. Dies hat zur Konsequenz das Software sowie elektrotechnische Komponenten häufiger ausgetauscht werden müssen als langlebige mechanische Komponenten. Durch fehlende Schnittstellenspezifikationen zwi-

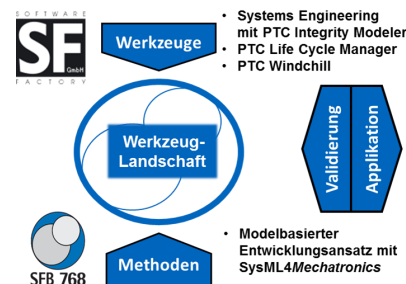


Abbildung 9: Integration der Kompetenzen zur Generierung einer interdisziplinären Werkzeuglandschaft

sehen den Domänen sind die Auswirkungen von Änderungen von Teilen auf das Gesamtsystem nur unzureichend genau prognostizierbar und die Fehlersuche erschwert. Auch die große Breite an Varianten und Versionen von Anlagen ohne Synchronisierung der Änderungen mit einem umfassenden Anlagenmodell erschwert die effiziente Handhabung häufig auftretender Fehlerfälle im Service.

Das Wissen der spezifischen Domänen in einen Gesamtentwicklungsansatz zu integrieren ist das Bestreben der modellbasierten Entwicklung. Die Vision ist ein umfassendes Modell des Betrachtungsgegenstandes für Anforderungen, Design, Verhalten, Analyse und Verifikation statt vieler, sequentiell im Engineering Prozess entstehender, unspezifisch gekoppelter Dokumente. Der Engineering Prozess soll durch eine interdisziplinäre modellbasierte Entwicklung ergänzt werden um den Anforderungen an die Kosten und der Produkteinführungszeit besser gerecht zu werden.

Das in Teilprojekt A6 entwickelte SysML4mechatronics ist eine auf der

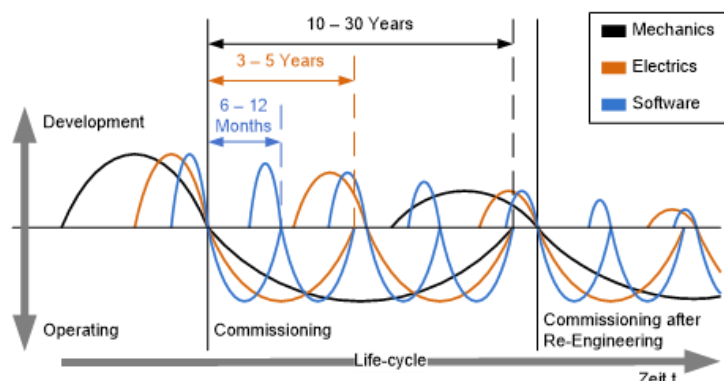


Abbildung 8: Zyklendauer der Domänen Mechanik, Elektrotechnik/Elektronik und Software über den Life-cycle.

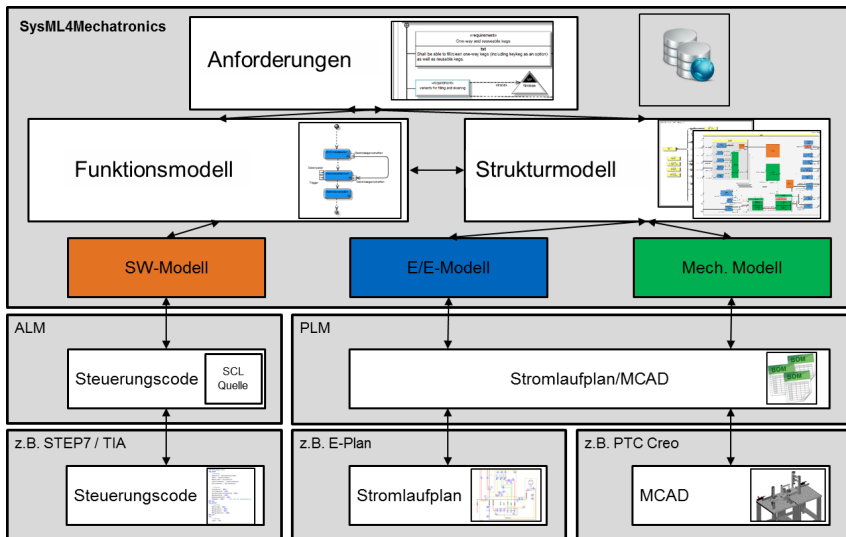


Abbildung 10: Übersicht Domäneninteraktion mit übergeordnetem SysML4Mechatronicsmodell

SysML basierende Modellierungssprache um interdisziplinäre Modellentwicklung der Domänen Mechanik, Elektrotechnik/Elektronik und Software von den Anforderungen bis zum Re-Engineering zu unterstützen. Ziel des Transferprojekts T3 ist es die Entscheidungsfindung in frühen Phasen des Innovationsprozesses von Produkt-Service Systemen (PSS) in der industriellen Produktionsautomatisierung Zyklengerecht zu unterstützen.

Um das im SFB 768 entstandene SysM4Mechatronics weiterzuentwickeln kooperiert der SFB 768 im Teilprojekt T3 mit dem Softwareentwickler Software Factory GmbH und einem Maschinen- und Anlagenbauer. Die Software Factory GmbH ist ein innovatives Dienstleistungsunternehmen im Bereich Entwicklung mechatronischer Produktionsautomatisierungssysteme und entwickelt unter anderem Lösungen für das Systems Engineering und das Product Lifecycle Management. Gemeinsam werden die Methoden aus dem Teilprojekt A6 mit dem Industriepartner an realen Industrieanlagen validiert und mit dem Feedback von Experten verbessert

und ausgebaut. Die Implementierung der validierten Methoden findet zusammen mit dem Industriepartner Software Factory in eine professionelle und industrieerprobte Werkzeuglandschaft statt.

SysML4Mechatronics bietet Modellierungsmöglichkeiten von Anforderungen mittels Anforderungsdiagrammen, Abbilden von Funktionen und Verhalten mittels Aktivitätsdiagrammen sowie grobe Strukturmodellierung durch Blockdefinitionsdiagramme und detaillierte Strukturmodellierung mit Schnittstellenspezifikation mittels internen Blockdiagrammen. Die Anforderungen können dabei im SysML4Mechatronics mit dem Attribut „Id“ eindeutig identifiziert und mit dem Attribut „Text“ beschrieben werden. Anforderungen können dabei mit Kompositionen hierarchisiert und mittels einer gesonderten Beziehungen verfeinert werden. Außerdem ist es möglich Anforderungen mit Elementen aus der Strukturmodellierung zu verbinden um eine Verfolgbarkeit der Anforderungen zu gewährleisten. Zum Modellieren von Verhalten wird das Aktivitätsdiagramm genutzt. In ihm können

Abläufe der Anlage als grobes „Skelett“ vorgegeben werden und Funktionsbausteine mit definierten Ein- und Ausgängen aufgerufen werden. Das Blockdefinitionsdiagramm ermöglicht eine grobe Strukturmodellierung im Sinne der Modularisierung. Module können mittels Kompositionsbefehl an die Anlage oder Anlagenteile auf hoher Abstraktionsebene hinzugefügt oder entfernt werden. Die detaillierte Modellierung der Struktur erfolgt im internen Blockdiagramm. Dabei können den Strukturblöcken Eigenschaften zugewiesen werden und Schnittstellen zu anderen Modulen mittels Ports definiert werden. Ziel ist bei der Modellierung eine horizontale wie vertikale Integration der Modellsichten und Domänenmethoden zu einem Gesamtmodell aus dem benötigte Informationen wie Anlagendokumente oder Steuerungscode nach definierten Vorgaben angeleitet werden können.

Die zusammen mit dem Industriepartner abgeleiteten Use-Cases beinhalten Industriebedürfnisse wie modellbasierte Codegenerierung, automatische Erzeugung von Stromlaufplänen, Ableiten von Dokumenten aus dem Gesamtmodell, Nachverfolgbarkeit der Anforderungen über den Engineering-Prozess sowie Varianten/Versionsmanagement die mit SysML4Mechatronics befriedigt werden.



Schlagwörter

Modellbasierte Entwicklung, Codegenerierung

Ansprechpartner

Michael Sollfrank M. Sc.
Tel.: +49 (0)89 289 16441
Michael.sollfrank@tum.de

Teilprojekt A3

Gestaltung der Dynamik von soziotechnischen Systemen

Lehrstuhl für Regelungstechnik
Prof. Dr.-Ing. Boris Lohmann
lohmann@tum.de

Teilprojekt A4

Kollaboratives Anforderungsmanagement für PSS

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik
Prof. Dr. Helmut Krcmar
krcmar@in.tum.de

Teilprojekt A6

Assistenzsystem für Self-Maintenance mechatronischer Module

Lehrstuhl für Automatisierung und Informationssysteme
Prof. Dr.-Ing. Birgit Vogel-Heuser
vogel-heuser@ais.mw.tum.de

Teilprojekt A7

Gestaltung der Dynamik vernetzter Zyklen

Lehrstuhl für Regelungstechnik
Prof. Dr.-Ing. Boris Lohmann
lohmann@tum.de

Teilprojekt A8

Zyklusmanagement von Teams und vernetzten Akteuren

Lehrstuhl für Organisations- und Wirtschaftspsychologie
Prof. Dr. Felix Brodbeck /
Dr. Katharina Kugler
brodbeck@psy.lmu.de /
katharina.kugler@psy.lmu.de

Teilprojekt A10

Model-based assessment of PSS use phase information

Lehrstuhl für Produktentwicklung
Dr. Mayada Omer
mayada.omer@pe.mw.tum.de

Teilprojekt A11

Institutionelle Reflexivität in soziotechnischen Netzwerken

Munich Center for Technology in Society
Prof. Dr. Sabine Maasen /
Dr. Jan-Hendrick Passoth
sabine.maasen@tum.de /
jan.passoth@tum.de

Teilprojekt B1

Systemisches Änderungsmanagement in der Entwicklung

Lehrstuhl für Produktentwicklung
Prof. Dr.-Ing. Udo Lindemann
lindemann@pe.mw.tum.de

Teilprojekt B4

Modellbasierte Prognose und Bewertung von Änderungen

Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften
Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart
gunther.reinhart@iwb.tum.de

Teilprojekt B5

Systemisches Änderungsmanagement in der Produktion

Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften
Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart
gunther.reinhart@iwb.tum.de

Teilprojekt C1

Integration externer Stakeholder in PSS-Geschäftsmodelles

Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik
Prof. Dr. Helmut Krcmar
krcmar@in.tum.de

Teilprojekt C3

Ausgestaltung des Informationsaustausches zwischen Nutzern und Herstellern

Fachgebiet für Technologie-management
Prof. Dr. Christina Raasch
c.raasch@tum.de

Teilprojekt C5

Gestaltung von User Innovation Communities

Fachgebiet für Technologie-management
Prof. Dr. Christina Raasch
c.raasch@tum.de

Teilprojekt D1

Diagnose und Auflösung von Inkonsistenzen zwischen Modellen verschiedener Domänen

Lehrstuhl für Automatisierung und Informationssysteme
Prof. Dr.-Ing. Birgit Vogel-Heuser
vogel-heuser@ais.mw.tum.de
Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik
Prof. Dr. Helmut Krcmar
krcmar@in.tum.de
Lehrstuhl für Produktentwicklung
Prof. Dr.-Ing. Udo Lindemann
lindemann@pe.mw.tum.de
Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften
Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart
gunther.reinhart@iwb.tum.de

Teilprojekt D2

Handlungszielorientierte interaktive Visualisierung von Modellabhängigkeiten

Lehrstuhl für Automatisierung und Informationssysteme
Dr.-Ing. Dorothea Pantförder
pantfoerder@ais.mw.tum.de

Transferprojekt T2

Zyklusorientierte Bewertung und Planung von Technologieketten und Betriebsmitteln

Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften
Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart
gunther.reinhart@iwb.tum.de

Transferprojekt T3

Entscheidungsfindung in frühen Phasen des Innovationsprozesses von mechatronischen PSS

Lehrstuhl für Automatisierung und Informationssysteme
Prof. Dr.-Ing. Birgit Vogel-Heuser
vogel-heuser@ais.mw.tum.de

Impressum

SFB 768

Lehrstuhl für Automatisierung und Informationssysteme
Technische Universität München
Boltzmannstr. 15
D-85748 Garching
Tel.: +49 (0) 89 289 16400
Fax: +49 (0) 89 289 16410
Internet: www.sfb768.de
ISSN 1869-9251

Verantw. i.S.d.P.

Prof. Dr.-Ing. Birgit Vogel-Heuser
vogel-heuser@sfb768.de

Redaktion und Gestaltung

Prof. Dr.-Ing. Birgit Vogel-Heuser
Tel.: +49 (0) 89 289 16400
vogel-heuser@sfb768.de

Druck

CEWE-PRINT GmbH
Meerweg 30-32
26133 Oldenburg