

## Grußwort



Sehr verehrte Leserinnen und Leser  
aus Wissenschaft und Industrie,

das vorausschauende Planen von Produkten und Dienstleistungen wird für produzierende Unternehmen immer wichtiger. Dieses darf jedoch nicht auf einen kurzfristigen Planungshorizont beschränkt werden, sondern muss auch darüber hinausgehen. Um Planungen und Entscheidungen zu erleichtern, forschen wir daran, die Vernetzungen, Verknüpfungen und Beeinflussungen transparenter und beherrschbarer zu machen. Hierbei

gilt es auch Modellierungswerkzeuge zu entwickeln, um beispielsweise verschiedenartige Ausprägungen, Stärken und Schwächen, Vernetzungen variieren und deren Auswirkungen verstehen zu können. Der Schwerpunkt unserer Forschung liegt hierbei auf zyklischen Aspekten: Planung erfolgt nicht einmalig, sondern ist ein wiederkehrendes Verlaufsmuster, das eine dynamische Umwelt berücksichtigen muss.

In der vorliegenden Ausgabe von „Zyklusmanagement Aktuell – Innovationen gestalten“ berichten wir aus vier Teilprojekten: Zu entwickelnde Leistungsbündel basieren auf Anforderungen verschiedenster Domänen. Ändern sich diese Anforderungen, so muss dies im Prozessablauf des Zyklusmanagements nachvollziehbar sein. Mit dieser zyklusorientierten Requirements Traceability beschäftigt sich das Teilprojekt A4. Das Teilprojekt B3 beforscht die Planung von Produktionsverfahren aus strategischer Sicht. Die Wirkung der Adoption und Nutzung verschiedener Leistungstypen entlang des Kundenlebenszyklus auf die Kundenbeziehung wird im Teilprojekt C3 untersucht. Das Teilprojekt B2 berichtet aus der formalisierten Erschließung von Lösungsräumen in der Leistungsbündelentwicklung.

Hinweisen möchte ich Sie bereits an dieser Stelle auf unser nächstes Industriekolloquium am 29. und 30. November 2012 im Institute for Advanced Study auf dem Campus Garching. Hier werden wir unsere neuesten Forschungsergebnisse aufzeigen und Industrievertreter werden ihre Erfahrungen präsentieren. Wir möchten Sie zu dieser Veranstaltung herzlich einladen, um Ihre Erfahrungen und Fragestellungen mitzubringen und mit uns zu diskutieren.

Wir wünschen Ihnen nun viel Freude beim Lesen!

Herzlichst,



Dr. Markus Mörtl, Leiter des Teilprojektes C2  
Lehrstuhl für Produktentwicklung, Technische Universität München

## Inhalt

### Seite 1

Grußwort  
Dr. Markus Mörtl

### Seite 2

Definition und Erschließung von formalen Leistungsbündellösungsräumen

### Seite 4

Adoption und Nutzung verschiedener Leistungstypen entlang des Kundenlebenszyklus auf die Kundenbeziehung

### Seite 6

Zyklengerechte Traceability der Anforderungsumsetzung

### Seite 8

Dynamische Produktionstechnologieplanung

### Seite 11

Bericht von der Hannover Messe

### Seite 12

– Kurzdarstellung SFB 768  
– Impressum

### Kontakt SFB 768

Prof. Dr.-Ing. Udo Lindemann  
lindemann@pe.mw.tum.de  
Lehrstuhl für Produktentwicklung  
Technische Universität München  
Boltzmannstr. 15, 85748 Garching  
www.sfb768.de

gefördert von der Deutschen  
Forschungsgemeinschaft



# Definition und Erschließung von formalen Leistungsbündel- Lösungsräumen

**Das Auftreten von Zyklen kann Veränderungen an entwickelten oder zu entwickelnden Leistungsbündeln erzwingen. Diese Zyklen verändern die Lösungsräume, welche alle möglichen Leistungsbündel für eine Zielsetzung abbilden. Die Abbildung der Änderungen zur Analyse und Antizipation von Lösungsräumen steht im Fokus des Teilprojekts B2. Es beschäftigt sich mit der automatisierten Erzeugung dieser Lösungsräume und untersucht dafür Ansätze zur Leistungsbündelmodellierung und Lösungsraumsynthese.**

Clemens Münzer  
Benjamin Kruse  
Bergen Helms

Das Teilprojekt B2 beschäftigt sich in der zweiten Förderphase des Sonderforschungsbereichs 768 mit der Definition und Erschließung von formalen Leistungsbündellösungsräumen. Im Fokus stehen die Auswirkungen von Zyklen auf die entwickelten bzw. zu entwickelnden Leistungsbündel. Hierzu wird mit den Teilprojekten A4 und A6 ein Modellierframework geschaffen, in dem Leistungsbündel auf einer formalen Modellersprache aufbauend abgebildet werden können. Dazu werden Methoden entwickelt, die die Leistungsbündelmodelle den Zyklen entsprechend verändern und somit die Auswirkung von Zyklen auf die Leistungsbündel abbilden. Außerdem wird besonderes Augenmerk auf die Erzeugung von Lösungsräumen gelegt. Ein Lösungsraum beschreibt alle möglichen Leistungsbündelmodelle welche die Lösung einer Entwicklungsaufgabe beschreiben. Durch Methoden, die auf dem Ansatz der Graphgrammatiken aufbauen, können die Veränderungen eines solchen Lösungsraums in Folge von Zyklen einflüssen abgebildet werden. Mittels eines funktionalen Modellierungsansatzes wurde unter Verwendung von Bibliotheken ein Schritt hin zu der Entwicklung eines formalen Modellierframeworks unternommen. Die dabei verwendete Modellierungssprache SysML findet nicht nur in der Industrie Anwendung, sondern wird auch vom Arbeitskreis Modelle auf ihre Eignung für die teilprojektübergreifende Zusammenarbeit und den Informationsaustausch im Sonderforschungsbereich untersucht. Der entwickelte Modellieransatz (siehe Abbildung 1) ermöglicht, nach einer funktionalen Dekomposition, eine

Verknüpfung von elementaren Funktionen mit zumeist Komponenten aus einer Bibliothek. Als formale Grundlage für das funktionale Modellieren wird für die elementaren Funktionen eine Datenbibliothek basierend auf der „NIST Functional Basis“ verwendet. Im Rahmen dieses Forschungsgebietes entstand, in Zusammenarbeit mit der Siemens Corporation,

Corporate Research and Technology, eine Veröffentlichung im Rahmen der ASME 2012 International Design Engineering Technical Conference (Kruse et. al.: A Model-Based Functional Modeling and Library Approach for Mechatronic Systems in Sysml). Eine weitere Veröffentlichung mit dem Titel „Workflow and Modeling Conventions for FBS Modeling of Mechatronic

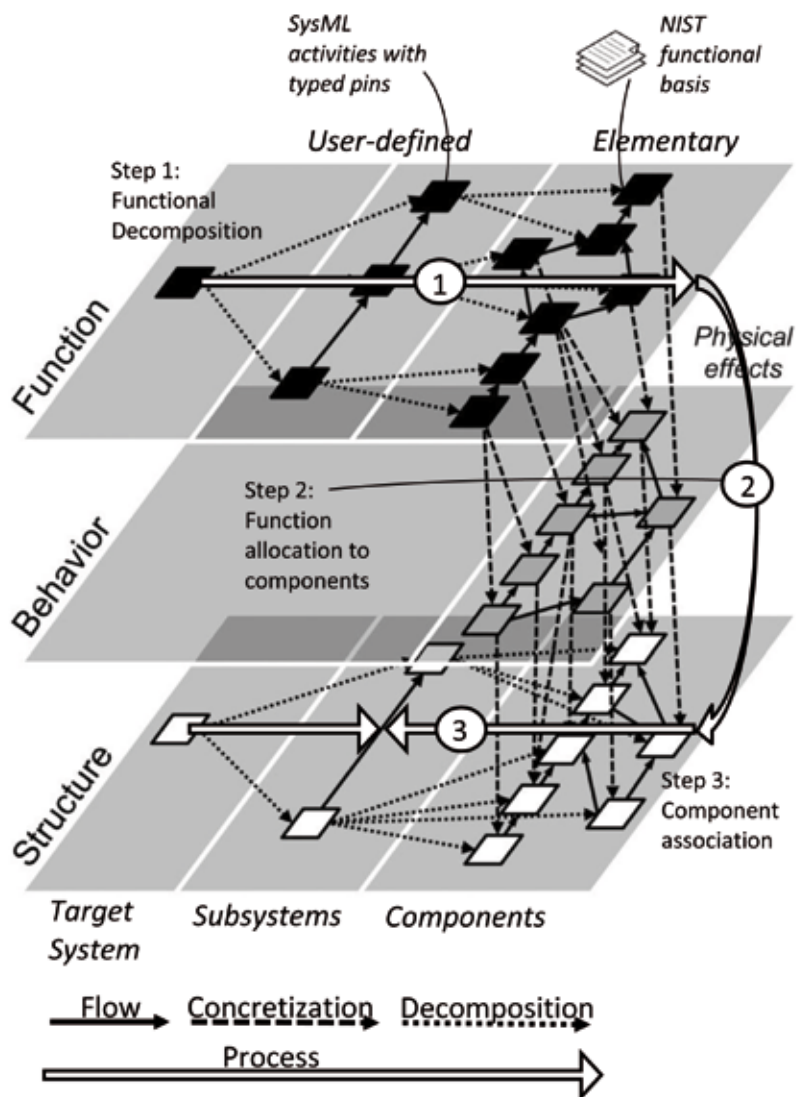


Abb. 1: Übersicht über das entwickelte Vorgehen des Teilprojekts B2

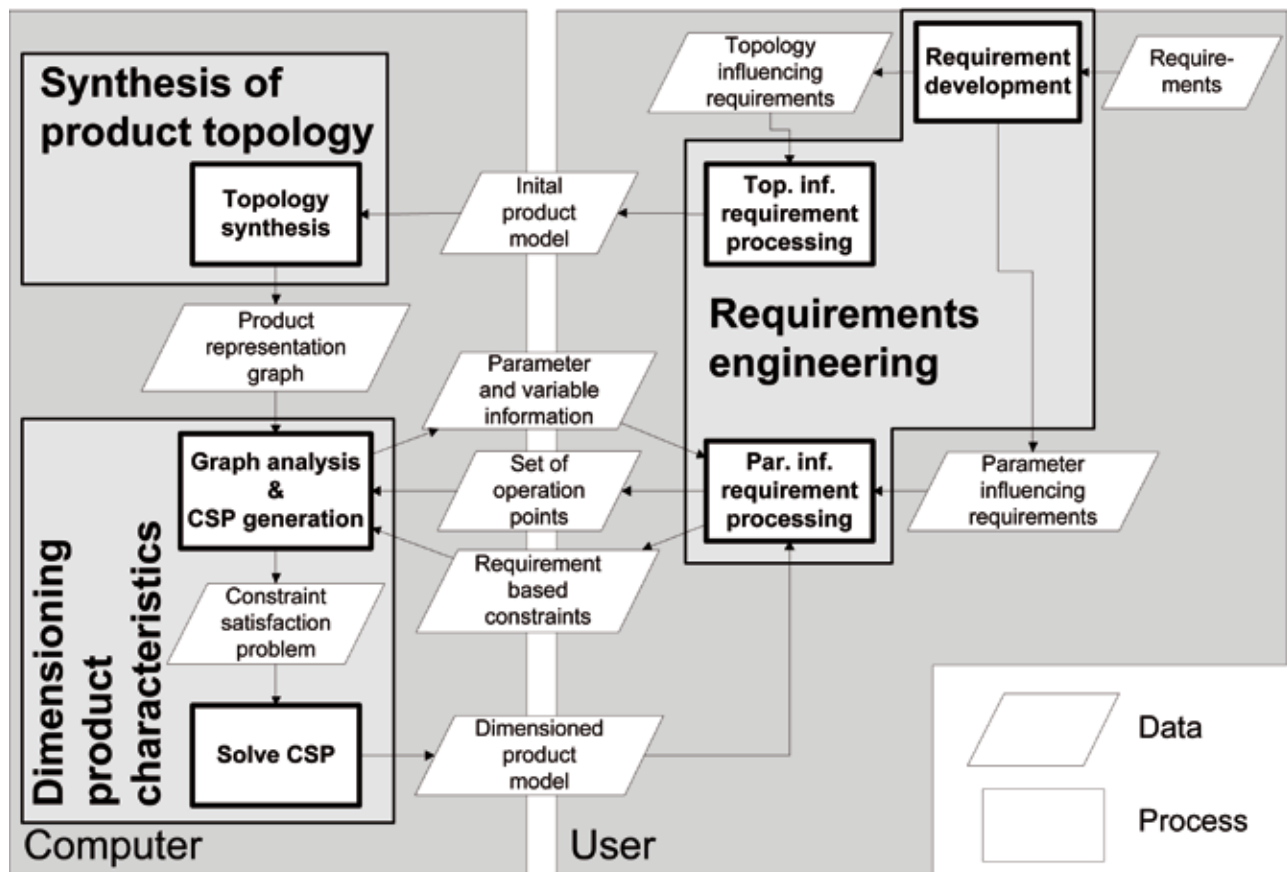


Abb. 2: Darstellung des durchgängigen Prozesses zur Erzeugung von parametrisierten Produktkonzepten aus Anforderungen

Systems in SysML using Libraries“ ist für das 13th Mechatronics Forum 2012 in Planung.

Erste Arbeiten im Forschungsfeld der Leistungsbündelsynthese beschäftigten sich mit der Erfüllung von Anforderungen basierend auf Constraint-Solving und Graphgrammatiken. Das Ergebnis dieser Arbeit ist eine durchgängige Methode, die es erlaubt aus Anforderungen gültige Produktkonzepte zu synthetisieren und anschließend zu parametrisieren. Dazu werden, wie in Abbildung 2 dargestellt, die Anforderungen in zwei Kategorien aufgeteilt: Anforderungen, die die Topologie des Produkts betreffen und solche die die Parametrisierung beeinflussen. Aus den topologischen Anforderungen wird dann eine Produkttopologie generiert, die im Anschluss basierend auf den parametrischen Anforderungen parametrisiert wird. Dafür wird ein Constraint Satisfaction Problem erzeugt und mittels eines Constraint Solvers gelöst. Die parametrisierten Produktkonzepte sind ein idealer

Anschlusspunkt für weitere Entwicklungsschritte wie Optimierung und/oder Simulation. Die Arbeit mündete in einem Beitrag zur ASME International Design Engineering Technical Conference 2012 in Chicago (Münzer et al.: Automated Requirement-Fulfillment using Graph-Grammars and Constraint Solving).

Das Teilprojekt B2 endete am 1.5.2012, in Folge des Wechsels von Prof. Shea an die ETH Zürich und die Auflösung der Virtual Product Development Group an der Technischen Universität München. Zwischen der neu gegründeten Gruppe an der ETH Zürich und dem Teilprojekt B1 besteht bereits eine intensive Zusammenarbeit. Im Rahmen dieser Kooperation werden computergestützt prozessuale Handlungsalternativen für das Change Management erzeugt und bewertet. Dazu werden rechnerseitig Aktivitäten zu Prozessen verknüpft. So entsteht ein Lösungsraum von Handlungsalternativen für eine bestimmte Zielsetzung, die dann durch Methoden des Teilprojektes B1

bewertet werden. Ziel dieser Kooperation ist es, Handlungsalternativen unabhängig von menschlichen Vorurteilen und Vorprägungen zu erzeugen und so optimale Prozessstrukturen flexibel für jeden Anwendungsfall synthetisieren zu können.

Auch wenn die Arbeiten als Teilprojekt nicht fortgesetzt werden können, liegt die Forschungsausrichtung der in Zürich neu gegründeten Gruppe weiterhin in der Zielsetzung des Teilprojektes B2.



#### Schlagwörter

- Wissensmodellierung
- PSS-Lösungsraumsynthese
- Constraint Solving

#### Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Clemens Münzer  
 Tel. +41 44 632 60 49  
 muenzerc@ethz.ch

# Adoption und Nutzung verschiedener Leistungstypen entlang des Kundenlebenszyklus auf die Kundenbeziehung

Technologische Entwicklungen geben Anbietern von Leistungsbündeln die Möglichkeit, diese über die Zeit hinweg weiterzuentwickeln und an neue Kundenbedürfnisse anzupassen. Dabei ist von großem Interesse, wie unterschiedliche Leistungen im Verlauf des Kundenlebenszyklus zusammenspielen und wie sich deren Adoption und Nutzung letztendlich auf zentrale Komponenten der Kundenbeziehung auswirkt.

Marcella Grohmann  
Florian v. Wangenheim

Technologische Entwicklungen und insbesondere die Verfügbarkeit technischer Plattformen wie beispielsweise eine Produktionsmaschine, ein Smartphone, ein Automobil und dergleichen, ermöglichen einen einfachen Verkauf und das Angebot zusätzlicher oder überarbeiteter Leistungen etwa in Form verbesserter Software, neuartiger Applikationen oder einem neuen Navigationssystem. Um ihre Produkte stets verbessern, an neue Kundenbedürfnisse anpassen und vom Wettbewerb abgrenzen zu können, gehen die Anbieter dieser technischen Plattformen daher vermehrt zur Bearbeitung des Marktes mithilfe zyklisch ergänzungsfähiger oder verbesserbaren Leistungsbündeln, bestehend aus materiellen und immateriellen Bestandteilen, über. Damit kann die technische Basis als Leistungskern um Sach- und Dienstleistungen erweitert werden und bildet so das sogenannte Leistungsbündel. Die in zeitlichen Abständen

hinzukommenden zusätzlichen, meist verbesserten Leistungen ergänzen dabei das bestehende, vom Kunden bereits genutzte Leistungsbündel und erweitern so den Nutzen für den Kunden beziehungsweise geben dem Kunden die Möglichkeit, den gewünschten Nutzen auf eine neue Art und Weise zu erzielen. Dies führt dazu, dass im alltäglichen Kaufverhalten privater und industrieller Nachfrager Zyklusinnovationen, das heißt zyklisch auftretende Teilinnovationen, die auf einer bestehenden technischen Basis aufbauen, kontinuierlich an Bedeutung gewinnen. Trotz ihrer Präsenz und Relevanz in der Unternehmenspraxis, beispielsweise im Rahmen des Aftersales-Geschäftes, ist ein Verständnis des Kaufentscheidungsverhaltens von privaten und industriellen Kunden im Hinblick auf Zyklusinnovationen in der bisherigen Forschung nicht gegeben. Von großem Interesse ist vor allem, welche Faktoren dazu beitragen, dass Kunden diese zyklischen Innovationen, welche in gewissen zeitlichen Abständen zu einem bestehen-

den Leistungsbündel hinzukommen, annehmen. Die durchgeführten Untersuchungen im Rahmen des Teilprojekts C3 im Sonderforschungsbereich 768 zeigen dabei Unterschiede in den Akzeptanzfaktoren für Kunden, die bereits verschiedene Leistungen des Anbieters nutzen und Kunden, die noch keine Leistungen des Unternehmens beziehen. Damit zeigt sich, dass sich die Affinität der Kunden für bestimmte Leistungstypen entlang eines Kundenlebenszyklus ändert. Um zu verstehen, welche Leistungen Kunden annehmen und wie sich diese verschiedenen Leistungen folglich auf eine Kundenbeziehung auswirken, ist es also wesentlich, den Status Quo des Kunden zu kennen, das heißt der Anbieter muss darüber informiert sein, ob es sich um einen Neu- oder Bestandskunden handelt und welche technische Basis und welche zusätzlichen Leistungen dieser bereits in seinem Portfolio nutzt. Wichtig dabei ist, anstatt einer punktuellen Betrachtung, das Kundenverhalten im Zeitverlauf und über ein gesamtes Leistungs-

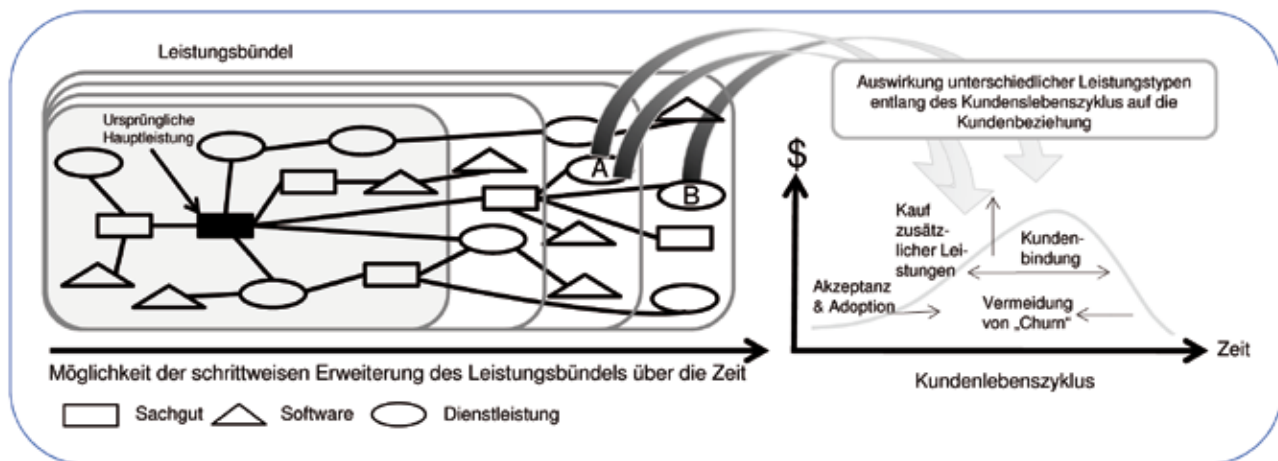


Abb. 3: Betrachtungsgegenstände des Teilprojektes C3 in der zweiten Förderphase

bündel zu betrachten, sowie neben der Adoption auch langfristige Auswirkungen unterschiedlicher Leistungstypen auf zentrale Komponenten der Kundenbeziehung, wie etwa auf die Kundenzufriedenheit oder auf das Kündigungsverhalten zu berücksichtigen.

### **Das Adoptionsverhalten von Kunden berücksichtigen**

Je nachdem ob sich der Kunde in der Einführungs- oder bereits in der Nutzungsphase befindet, spielen unterschiedliche Faktoren eine wesentliche Rolle für die Akzeptanz und Adoption neu hinzukommender Leistungen.

Ergebnisse von Studien im B2B- und B2C-Kontext zeigen, dass Kunden, die beispielsweise einen neuen Service noch nicht nutzen und sich damit noch in der Einführungsphase einer Innovation befinden, ihre Einstellung und Adoptionsabsicht auf mehrere Faktoren zurückführen. Dabei spielen sowohl indirekte Qualitätssignale wie die Marke, als auch hedonische und utilitaristische Faktoren bei der Nutzungsabsichtsevaluation eine große Rolle. Faktoren wie das empfundene Vergnügen, der wahrgenommene Nutzen sowie die empfundenen Nachteile der Innovationen sind für diese Kundengruppe ausschlaggebend. Im Gegensatz dazu sind insbesondere utilitaristische, also rein funktionale Komponenten bedeutsam für Kunden, die sich bereits in der Nutzungsphase befinden. Entsprechend sind für diese Kunden die Bedienbarkeit und der Nutzen starke Determinanten der Zufriedenheit mit der neuen Leistung.

Das Zusammenspiel der vom Kunden adoptierten und genutzten Leistungen ändert sich damit im Lauf eines Kundenlebenszyklus. Ziel ist es daher, eben dieses Zusammenspiel unterschiedlicher Leistungstypen im Leistungsbündel und dessen Auswirkung auf die Kundenbeziehung entlang des Kundenlebenszyklus besser zu verstehen.

### **Die Wirkung der Adoption und Nutzung unterschiedlicher Leistungstypen verstehen**

Für Anbieter von Leistungsbündeln stellt sich die Frage, welche Faktoren

in der strategischen Planung neuer Leistungen berücksichtigt werden müssen, um den marktseitigen Erfolg einer Zyklennovation zu erhöhen. Dabei ist es wichtig zu erkennen, welche zusätzlichen und verbesserten Leistungen dem Kunden vorgehalten werden sollten, so dass ein bestehendes Leistungsbündel optimal ergänzt werden kann.

Diese Leistungen können dabei unterschiedliche Funktionen für den Kunden einnehmen, wie etwa rein hedonische Leistungstypen, welche das Vergnügen des Kunden ansprechen, oder utilitaristisch ausgeprägte Leistungen, die den reinen Nutzen für den Kunden unterstreichen. Am Beispiel eines Fahrzeuges kann dies einerseits in Form einer Facebook- und Twitter-Anbindung geschehen oder rein funktional in Form eines Software-Updates für das Navigationssystem. In bisheriger Forschung finden sich eine Reihe weiterer Charakterisierungen von Leistungen, wie beispielsweise nach dem Grad der Interaktion zwischen Anbieter und Kunde oder dem Grad der Integration des Kunden in den Leistungserstellungsprozess. Um einschätzen zu können, wie diese unterschiedlichen Leistungstypen zusammenspielen und warum sie, nachdem sie vom Kunden adoptiert und genutzt werden, möglicherweise eine unterschiedliche Wirkung auf das Kundenverhalten und damit auf die Kundenbeziehung haben, ist es notwendig zu wissen, inwiefern sie sich voneinander unterscheiden und welche Synergien oder Konflikte zwischen ihnen bestehen. Wie bereits vorhandene Forschungsarbeiten zeigen, ist es dabei wichtig, den Status Quo des Kunden im Kundenlebenszyklus zu berücksichtigen, da sich die Einstellungen des Kunden im Verlauf der Beziehung zum Unternehmen hinsichtlich verschiedener Leistungstypen ändern können. Hat der Kunde beispielsweise durch die Nutzung bestehender Leistungen bereits Vertrauen in das Unternehmen aufgebaut, wird der Kunde leichter Leistungen annehmen und nutzen, die Erfahrung und Vertrauen in den Anbieter voraussetzen. Während es notwendig ist, diese grundlegenden Veränderungen über die Zeit zu verstehen, sind diese Umstände auch

bei der Analyse der Wirkung der Leistungstypen zu berücksichtigen. So ist es zum Beispiel vorstellbar, dass für die Kundenbindung eine persönliche Interaktion mit dem Anbieter und somit der Aufbau sogenannter social bonds durchaus wichtig sind, wenn es sich um Neukunden handelt. Nutzt der Kunde bereits Leistungen eines Unternehmens und migriert nun auf einen neuen Leistungstyp ohne persönliche Interaktion, mag dies eine weniger negative Wirkung auf die Kundenbeziehung haben, da bereits allein durch die Länge dieser Kundenbeziehung die Kundenbindung gestärkt werden konnte.

Um hier erweiterte Erkenntnisse gewinnen zu können, werden zunächst verschiedene Leistungstypen voneinander abgegrenzt und deren Zusammenspiel über den Produkt- und Kundenlebenszyklus hinweg beschrieben. Zudem muss die unterschiedliche Wirkung der Leistungstypen auf die Kundenbeziehung erklärt und Ursachen für verschiedene Wirkmechanismen identifiziert werden. Neben dem direkten Einfluss des Leistungstyps müssen auch moderierende Einflüsse berücksichtigt werden, welche den Einfluss des Leistungstyps auf die Kundenbeziehung verstärken oder abschwächen. Vorstellbare Einflussfaktoren wären beispielsweise Kundencharakteristika, wie Alter, Bildungsstand, Technologieeinstellung und Beziehungscharakteristika, wie Länge der Geschäftsbeziehung oder Vertrauen in den Anbieter. Daraus lassen sich schließlich kausale Zusammenhänge und Wirkmechanismen im Rahmen eines Erklärungsmodells zwischen den verschiedenen Leistungstypen und wirtschaftlichkeitsrelevanten Aspekten einer Kundenbeziehung, wie beispielsweise der Kundenzufriedenheit oder dem Kündigungsverhalten, herstellen.

Erste Untersuchungen hinsichtlich hedonischer und utilitaristischer Leistungen zeigen in diesem Kontext, dass sich sowohl bei utilitaristischen, als auch bei hedonischen technischen Plattformen, utilitaristische zusätzliche Funktionalitäten besser auf den wahrgenommenen Wert, der eine Kernkomponente der Kundenbeziehung darstellt, auswirken, als

eine hedonische, vergnügungsbezogene Alternative. Durch eine Integration dieser und der geplanten Ergebnisse mit Informationen zu Nutzungsintensitäten und -volumen verschiedener Leistungstypen über die Zeit, können in Zusammenarbeit mit Teilprojekt C5, das Zyklen in Nutzungsmustern von Leistungsbündeln identifiziert und analysiert, Migrationspfade der Kunden entlang des Kundenlebenszyklus aufgedeckt und beschrieben werden. Auf lange Sicht können so umfangreiche Gestaltungsempfehlungen an die strategische Planung von Leistungs-

bündelanbietern gegeben werden. Insbesondere kann angeregt werden, welche Leistungstypen zu welchem Status im Produkt- und Kundenlebenszyklus aus Sicht des Marktes angeboten werden sollten und inwieweit es sinnvoll ist, Kunden bei der Neueinführung nutzenkongruenter Leistungstypen die Wahl zwischen diesen Leistungstypen zu lassen oder durch Abstellen einer bestehenden Leistung eine Migration auf den neuen Leistungstyp zu erreichen. Diese Erkenntnisse gewährleisten neben der Integration der Marktperspektive auch eine Integration der Wirtschaft-

lichkeitsbetrachtung im gesamten Sonderforschungsbereich 768.



#### Schlagwörter

- Zyklennnovationen
- Leistungstypen
- Kundenbeziehung

#### Ansprechpartner

Dipl.-Kffr. Marcella Grohmann  
Tel. 089 289-28412  
marcella.grohmann@wi.tum.de

## Zyklengerechte Traceability der Anforderungsumsetzung bei Leistungsbündeln

**Die Entwicklung von Leistungsbündeln stellt das Anforderungsmanagement vor besondere Herausforderungen. Nach der Übersetzung von lösungsneutralen Anforderungen an das Leistungsbündel in disziplinspezifische Komponenten, muss sichergestellt werden, dass sich Veränderungen in der Anforderungsbasis jederzeit nachvollziehen lassen können. Mit dem Fokus auf Leistungsbündel untersucht das Teilprojekt A4, wie zyklusorientierte Requirements Traceability im Idealfall gestaltet sein sollte.**

*Thomas Wolfenstetter  
Suparna Goswami  
Helmut Krcmar*

### Motivation

In einem globalen Marktumfeld, in welchem Unternehmen sich heute behaupten müssen, reicht die Differenzierung von den Wettbewerbern alleine durch Sach- oder Dienstleistungen oft nicht mehr für einen langfristig gesicherten Unternehmenserfolg aus. Die Kunden verlangen nicht mehr nur nach Produkten oder Dienstleistungen, sondern nach einer Lösung für ihre Probleme. Damit sie die Wünsche ihrer Kunden erfüllen können sind Unternehmen gezwungen, ihre Innovationsfähigkeit ständig auszubauen, die steigende Komplexität der Angebote zu bewältigen und gleichzeitig die Kundenanforderungen möglichst vollständig zu erfüllen. Um diesen Herausforderungen gerecht zu werden, ändern viele Unternehmen ihre Philosophie und wandeln sich zu sogenannten Lösungsanbietern. Sie bieten integrierte Bündel von Sach- und Dienstleistungen an, die für den Kunden nicht als einzelne

Komponenten erkennbar sind. Der Innovationsprozess solcher Leistungsbündel ist von verschiedenen Zyklen geprägt, die das Anforderungsmanagement beeinflussen. Beispielsweise sind Änderungen von Kundenbedürfnissen und Gesetzen oder die Einführung neuer Technologien häufige Ursachen für Änderungen von Anforderungen. Vielfach ziehen solche Änderungen der Anforderungsbasis weitere Änderungen an den bereits erstellten Leistungsbündelkomponenten nach sich, sodass einzelne Leistungsbündelkomponenten ausgetauscht oder angepasst werden müssen. Da derartige Änderungen sehr kostenintensiv sind, müssen sie erkannt und entsprechende Maßnahmen zum Umgang mit ihnen eingeleitet werden. Dafür muss das Anforderungsmanagement in der Lage sein, Herkunft, Kontext und Änderungen von Anforderungen zu erfassen sowie zu verwalten. Während in den Disziplinen Produkt- und Softwareentwicklung das Anforderungsmanagement systematisch durchgeführt wird und es auch in der Literatur viele Ansätze

auf diesem Gebiet gibt, fristet das Anforderungsmanagement in der Dienstleistungsentwicklung noch ein Schattendasein. Somit ergeben sich zwei Forschungslücken bezüglich des zyklusorientierten Anforderungsmanagements. Zum einen werden von den Ansätzen in den einzelnen Disziplinen keine Verfahren angeboten, um die Zyklen, die die Anforderungen beeinflussen, zu identifizieren und abzubilden. Zum anderen sind die Ansätze zum Anforderungsmanagement sehr disziplinspezifisch und damit nicht in der Lage, die Anforderungen an das Leistungsbündel als Ganzes sowie an die einzelnen Leistungsbündelkomponenten abzubilden.

### Bisherige Ergebnisse des Teilprojekts

In der ersten Förderphase des Sonderforschungsbereichs 768 wurde ein Ansatz zum zyklusorientierten Anforderungsmanagement für Leistungsbündel entwickelt. Der Ansatz besteht, wie in Abbildung 4 illustriert, aus drei Elementen: einem Artefakt-

modell, einem Vorgehensmodell und einem Methodenbaukasten.  
 Das Artefaktmodell strukturiert und konkretisiert die Anforderungen an Leistungsbündel schrittweise gemäß dem Entwicklungsprozess. So werden die Anforderungen von unkonkreten und lösungsneutralen Anforderungen an ein Leistungsbündel detaillierter und münden in Anforderungen an die disziplinspezifischen Komponenten (Hardware, Software und Dienstleistungen), die von den Disziplinen integriert und abgestimmt entwickelt werden. Das Modell identifiziert die Interdependenzen zwischen den Anforderungen und ermöglicht somit die Inkonsistenzen bzw. Konflikte zwischen den Anforderungen zu finden. Weiterhin unterstützt es die Kommunikation zwischen den Disziplinen untereinander sowie zwischen Entwicklern und Stakeholdern. Ein Artefakt ist in diesem Zusammenhang eine Sammlung von Anforderungen, die derselben Anforderungs- oder Entwicklungskategorie zugeordnet werden können. Das Vorgehensmodell beschreibt Aktivitäten, die zur Erstellung und Verwaltung von Artefakten durchlaufen werden. Anhand des Methodenbaukastens las-

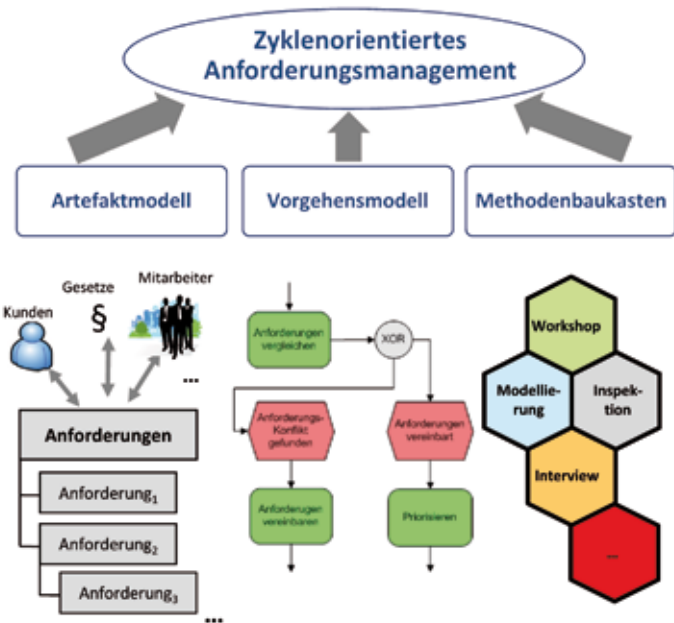


Abb. 4: Bestandteile eines zyklensorientierten Anforderungsmanagements

sen sich Methoden und Techniken auswählen, die im Rahmen der Aktivitäten des Vorgehensmodells eingesetzt werden können.

#### Weitere Ziele

Das Langfristziel des Teilprojekts A4 ist es, Modelle und Methoden zur zyklengerechten Traceability der

Umsetzung von Anforderungen über die Phasen des Innovationsprozesses bis hin zu den verschiedenen Varianten des Leistungsbündels zu entwickeln. Diese sollen die Anforderungen an das Leistungsbündel als Ganzes identifizieren, die Anforderungen konkretisieren indem sie detaillierter werden und technische Ausprägungen bekommen sowie den disziplinspezifischen Leistungsbündelkomponentenzuordnen. Ebenso sollen die disziplinenübergreifenden Interdependenzen zwischen den Anforderungen abgebildet werden. Die Zyklen, welche Änderungen von Anforderungen an das Leistungsbündel hervorrufen, sowie die dadurch entstehenden Wechselwirkungen müssen erkannt und durch das Anforderungsmanagement abgebildet werden. Das macht den Einsatz der Traceability der Anforderungsumsetzung unabdingbar. Wie in Abbildung 5 dargestellt, lag der Fokus des Teilprojekts A4 in der ersten Phase auf dem Weg von der Anforderungsermittlung bis zur Übergabe von disziplinspezifischen Anforderungen an die Produkt-, Software- und Dienstleistungsentwicklung. In der zweiten Förderperiode beschäftigt sich das Teilprojekt A4 mit dem nachgelagerten Prozess der Anforderungsumsetzung. Dabei soll der Lebenszyklus jeder Anforderung, ihre Änderungen, Interdependenzen zu anderen An-

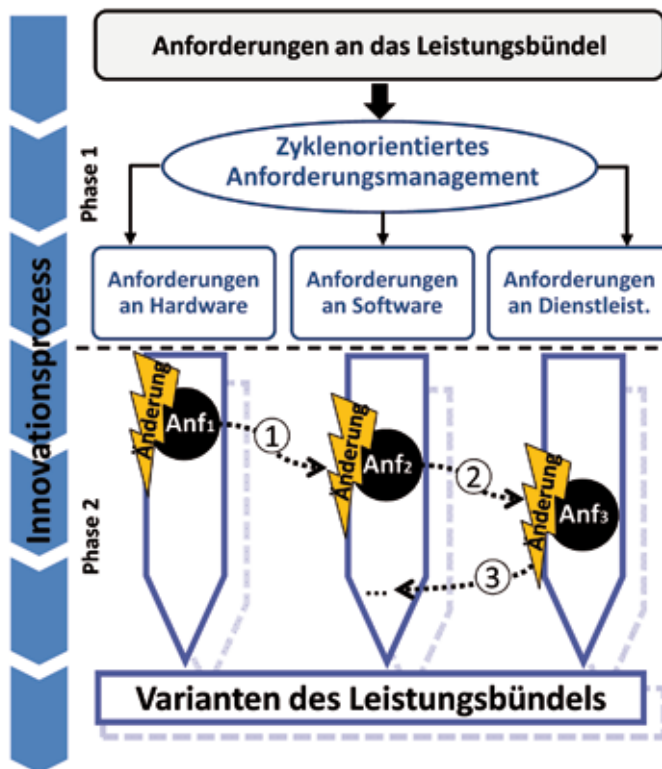


Abb. 5: Fokus des Teilprojekts A4

forderungen und Komponenten des Leistungsbündels in allen Varianten des Leistungsbündels genau abgebildet werden.

Die Traceability der Anforderungsumsetzung bedeutet die Verfolgung des Lebenszyklus einer Anforderung von ihrem Ursprung über die Phasen des Innovationsprozesses, bis sie in die Ist-Eigenschaften der Leistungsbündelkomponenten mündet, samt allen Änderungen und Anpassungen. Die Traceability ermöglicht den Realisierungsstand jeder Anforderung zu jedem Zeitpunkt des Innovationsprozesses zu kennen, die Auswirkungen von Anforderungsänderungen nachzuvollziehen sowie den Grad der Umsetzbarkeit einer Anforderung abschätzen zu können. Dieser gibt an, in welchem Ausmaß eine Anforderung realisierbar ist. Wenn sich der Grad der Umsetzbarkeit von Anforderun-

gen ändert, kann das zu Änderungen oder Anpassungen sowohl an weiteren Anforderungen in verschiedenen Varianten des Leistungsbündels als auch an den Leistungsbündelkomponenten führen. Es ist deshalb wichtig, den Grad der Umsetzbarkeit von Anforderungen kontinuierlich über die Phasen des Innovationsprozesses zu überwachen, damit mögliche Anpassungen frühzeitig geplant und antizipiert werden.

### Einordnung in den SFB 768

Das Teilprojekt A4 hat den Schwerpunkt in den Prozessgrundlagen für das Zyklusmanagement im Innovationsprozess von Leistungsbündeln und für die Entwicklung komplexer Lösungen. In Kooperation mit anderen Teilprojekten sollen dabei Modelle und Methoden entwickelt werden mit denen sichergestellt werden

kann, dass sich die Anforderungsbasis und deren Entwicklung während des gesamten Innovationsprozesses, von der initialen Idee bis hin zum fertigen Leistungsbündel, nachvollziehen lässt.



### Schlagwörter

- Requirements Traceability
- Innovationsprozess
- Anforderungsmanagement

### Ansprechpartner

Thomas Wolfenstetter  
M.Sc. (TUM)  
thomas.wolfenstetter@in.tum.de  
Tel. 089 289-19500

## Dynamische Produktionstechnologieplanung

**Das Teilprojekt B3 des Sonderforschungsbereichs 768 fokussiert die Planung von Produktionsverfahren (Technologien) aus strategischer Sicht. Hierbei werden insbesondere Technologieketten betrachtet, da Produkte in der Regel nicht durch eine einzelne Technologie, sondern durch mehrere, miteinander verknüpfte Verfahren hergestellt werden.**

*Gunter Reinhart  
Sebastian Schindler  
Josef Greitemann*

### Ausgangssituation

Um im globalen Wettbewerb erfolgreich zu sein, sind vor allem produzierende Unternehmen in Hochlohnländern gefordert, nicht nur effektive, sondern auch effiziente Technologien und Technologieketten einzusetzen. Da Technologien aufgrund ihrer evolutionären Entwicklung einem ständigen Wandel unterworfen sind, in dem sich beispielsweise das Wettbewerbspotenzial, das Leistungsvermögen oder die Reife ändern, existiert ein dynamisches Spektrum an momentan und zukünftig verfügbaren Produktionsverfahren. Diese zeitliche Änderung kann in Form eines Technologielebenszyklus beschrieben werden. Für Unternehmen ist es daher entscheidend, festzustellen, ob die im Unternehmen eingesetzten Fertigungsverfahren und

-prozesse noch optimal sind oder ob andere Technologien existieren, welche die Anforderungen und die Aufgaben im Rahmen der Leistungserstellung besser erfüllen. Optimal bedeutet in diesem Zusammenhang die Erfüllung wirtschaftlicher, aber auch strategischer Anforderungen. Auf der einen Seite müssen Technologien eingesetzt werden, die es dem Unternehmen ermöglichen, seine Wettbewerbsposition zu halten bzw. auszubauen, zum anderen ist das organisatorische und technische Risiko aber gleichzeitig zu minimieren.

### Bisherige Ergebnisse

In der ersten Förderphase wurde eine Methodik entwickelt, um Technologieketten zyklusorientiert zu generieren, zu bewerten und auszuwählen (Abbildung 6). Dieses Planungsvorgehen berücksichtigt die zyklische Entwicklung relevanter Einflussfaktoren auf die Technologieplanung und beschreibt deren Zusammenhänge

qualitativ.

Die Planung beginnt mit der Erfassung und Sammlung grober Produktinformationen (physischer Bestandteile des Leistungsbündels) wie beispielsweise der zu erwartenden Produktgeometrie, verwendeten Werkstoffen oder Stückzahlen. Diese müssen mit den Fähigkeiten potentiell einsetzbarer Technologien abgeglichen werden. Dieser Vorgang beschreibt eine Technologievorauswahl und entspricht einem Selektionsprozess, in dem diejenigen Technologien ausgeschlossen werden, die zur Herstellung der Produkte aufgrund der fertigungstechnischen Machbarkeit grundsätzlich ungeeignet sind. Im Anschluss erfolgt die multikriterielle Bewertung der Einzeltechnologien. Das Ziel dieser auf mehreren Kriterien wie der Reife oder der Wirtschaftlichkeit basierenden Beurteilung ist die Ermittlung der Eignung von Technologien und zeigt auf, inwieweit eine Technologie mit ihren



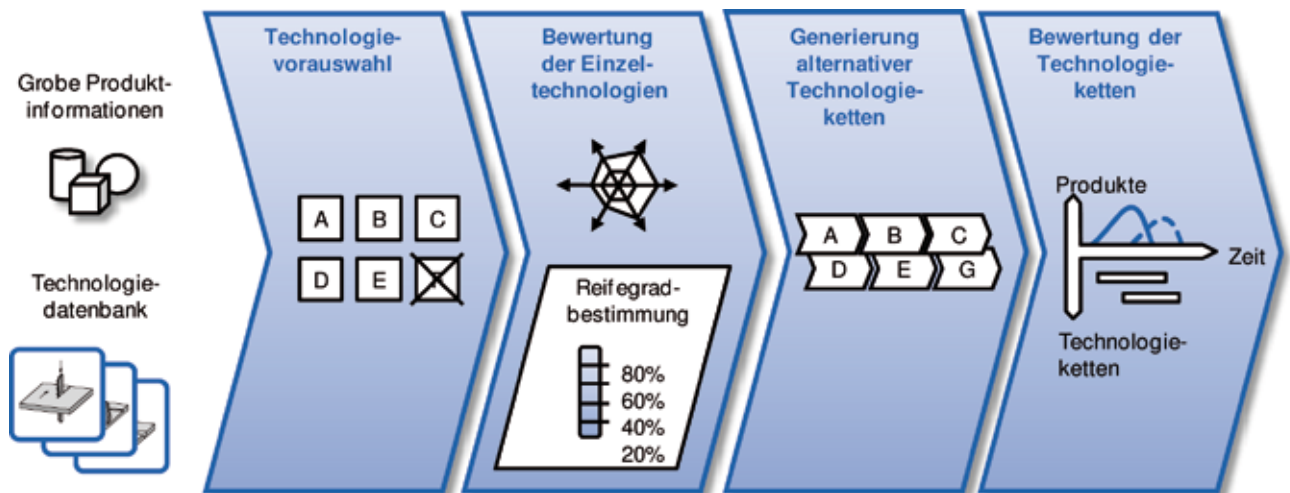


Abb. 6: Planungsvergehen für die zyklusorientierte Generierung und Auswahl von Technologieketten

Fähigkeiten die geforderten Anforderungen erfüllt. Unter dem Begriff der Reife ist in diesem Zusammenhang der Entwicklungsstand einer Technologie zu verstehen. Im nächsten Schritt werden alternative Technologieketten unter Berücksichtigung von Wechselwirkungen generiert. Letztere können unter anderem zwischen Technologien bestehen und äußern sich beispielsweise in einer Reihenfolgerestriktion bei deren Verknüpfung zu Technologieketten. Das Ergebnis der anschließenden Bewertung alternativer Technologieketten, bei der ebenso deren Eignung zu ermitteln ist, wird abschließend in den Technologiekettenkalender eingetragen. Dieser stellt die zukünftig vorhandenen Technologieketten den zu fertigenden Produkten sowie ihren Zyklen gegenüber und dient der Abschätzung, wann eine bestehende Technologiekette durch eine neue abgelöst ist. Auf diese Weise können die zukünftigen Produktionsverfahren an den Produktlebenszyklen ausgerichtet werden. Dieser Technologiekettenkalender wurde in der ersten Förderphase des Sonderforschungsbereichs 768 in statischer Form, d. h. ohne Berücksichtigung der zwischen Einflussfaktoren bestehenden zeitlichen Abhängigkeit sowie der Wechselwirkungen, entwickelt.

**Ziele der zweiten Förderphase**  
 Aufbauend auf den bereits erarbeiteten Ergebnissen ist das Ziel der zweiten Förderphase die Modellierung der die Technologieplanung

beeinflussenden Zyklen, um deren zukünftige Entwicklungen unter Berücksichtigung von Wechselwirkungen prognostizieren zu können. Hierzu ist zunächst ein allgemeingültiges Modell zu entwickeln, das die Zyklen sowohl quantitativ als auch qualitativ beschreibt. Im Rahmen des Teilprojekts B3 sind dabei insbesondere die Lebenszyklen der Produkt- und Produktionsplanung (Technologie-, Betriebsmittel- und Produktionsstrukturplanung) zu betrachten. Auf Basis der zu modellierenden Zyklen ist ein sogenanntes transientes Wirknetz zur Abbildung und Analyse der zwischen den Zyklen auftretenden Wechselwirkungen und Abhängigkeiten zu erarbeiten. "Transient" bedeutet in diesem Kontext die Eigenschaft des Wirknetzes, sich zeitlich stetig verändern zu können. Beispielsweise ermöglicht eine zukünftige Stückzahlerhöhung die Nutzung von Rationalisierungseffekten. Gleichzeitig aber sinkt das Wettbewerbspotenzial, da sich durch eine Umlage der getätigten Investitionen unweigerlich die Stückkosten erhöhen. Um diesen Zusammenhang zwischen den Zyklen darzustellen, hat sich innerhalb von Versuchen in der ersten Förderphase die Verwendung rekurrenter Fuzzy-Systeme erwiesen, die im Teilprojekt A3 genutzt und zusammen mit den Teilprojekten B4 und B5 weiterentwickelt wurden. Eine weitere Möglichkeit der Modellierung eröffnet die Wahrscheinlichkeitstheorie, welche die Abbildung von Wechselwirkungen und Abhängigkeiten sowohl über

Korrelationen als auch eine Kombination mit rekurrenten Fuzzy-Systemen unterstützt. Wesentliche Änderungen der Eingangsparameter wie die zu erwartenden Produkt- oder Technologielebenszyklen müssen überdies eine automatische Bewertung alternativer Technologieketten auslösen. Aus diesem Grund ist der in der ersten Phase entwickelte Technologiekettenkalender von einer statischen in eine dynamische Form zu überführen, die es erlaubt, die Datenbasis kontinuierlich zu aktualisieren. Das entwickelte transiente Wirknetz ist zu diesem Zweck mit dem Technologiekettenkalender zu verknüpfen. Die Ausgangsgrößen dieses Wirknetzes stellen die Eingangsgrößen der in Abbildung 6 skizzierten Methodik zur Generierung und Auswahl von Technologieketten und dem Technologiekettenkalender dar. Zu Beginn der Planung der Technologieketten wird ein Startzeitpunkt definiert, um erstmalig eine Bewertung durchzuführen. Das finale Ergebnis kennzeichnet den Eignungsgrad einer alternativen Technologiekette und wird in den Kalender eingetragen. Nachdem eine Änderung der verschiedenen Zyklen aufgrund der Wechselwirkungen im nächsten Zeitschritt stattgefunden hat, kann die Bewertung erneut erfolgen. Durch die fortlaufende Dokumentation der Bewertungsergebnisse lässt sich auf diese Weise ein Verlauf für den Eignungsgrad einer Technologiekette aufzeichnen. Die strategische Planung von Tech-

nologieketten ist durch eine mit der Langfristigkeit des Planungshorizonts einhergehende Unsicherheit gekennzeichnet, die sich aus dem Mangel an vorhandenen gegenüber den für die Planung erforderlichen Informationen ergibt. Um die Produktinformationen, die sich auf die physischen Bestandteile des zu fertigenden Leistungsbündels beziehen, und Informationen zu den potentiell einsetzbaren, alternativen Technologien, die sich in Richtung eines kurzfristigeren Planungshorizonts zeitlich ändern können und zugleich konkretisieren zu lassen, ist eine Technologiedatenbank aufzubauen. In der Technologiedatenbank sind Daten zu den Technologiefähigkeiten, wie beispielsweise den zu verarbeitenden Werkstoffen und Geometrien oder zu den wirtschaftlich produzierbaren Stückzahlen, hinterlegt. Des Weiteren soll ein Konzept für ein Technologie-Screening entwickelt werden, welches die frühzeitige Identifizierung relevanter Technologien unterstützt und dem in Abbildung 6 aufgezeigten Planungsvorgehen voranzustellen ist.

Die Wertschöpfung eines Produktes, beginnend bei der Förderung der Rohstoffe bis zur Montage der gefertigten Halbzeuge, verteilt sich in

der Regel nicht nur auf ein einzelnes Unternehmen. Vielmehr wird in verschiedenen am Innovationsprozess beteiligten Unternehmen jeweils ein Beitrag zur Erhöhung des Wertes eines Produktes geleistet. Die in der ersten Förderphase entwickelte Methodik (vgl. Abbildung 6) muss daher auf die Betrachtung von sogenannten Produktionsnetzwerken ausgeweitet werden. Hierzu ist eine Methode zur Allokation von Technologien im Produktionsnetzwerk unter Berücksichtigung deren Eignung sowie der Kompetenz eines Unternehmens zu entwickeln. Hierbei sind in erster Linie wertschöpfende Technologien (Primärtechnologien) zu fokussieren, da sich auf Basis deren Zuteilung die Zuordnung von Sekundärtechnologien ergibt. Primärtechnologien tragen erheblich zur Wertschöpfung des Unternehmens bei, wohingegen Sekundärtechnologien Verfahren darstellen, die Bauteile für eine Primärtechnologie vor- (beispielsweise die Reinigung vor einem Beschichtungsvorgang) oder nachbereiten (beispielsweise das Entfernen eines Schnittgrats). Abb. 7 zeigt eine prinzipielle Darstellung der Zuordnung von Primärtechnologien zu den am Innovationsprozess beteiligten Unternehmen eines Produktionsnetzwerks.

### Ausblick

Ziel der dritten Förderphase ist die Gestaltung des Technologiekettenwechsels. Dazu sind sowohl Methoden zu entwickeln, um diesen Wechsel zu begleiten, als auch Berechnungsvorschriften zu ermitteln, wie den für diesen Wechsel wirtschaftlichsten Zeitpunkt abzuschätzen ist. Ferner ist eine strategische Entscheidungshilfe aufzubauen, durch deren Unterstützung das Treffen von Make-or-Buy-Entscheidungen bei der Entwicklung neuer Technologien geschaffen wird. Auf diese Weise können die Technologieketten eines Produktionsnetzwerks zyklensorientiert geplant und gestaltet werden.



#### Schlagwörter

- Produktion
- Technologieketten
- Produktionsnetzwerke

#### Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Josef Greitemann  
 Tel. 089 289-15178  
 josef.greitemann@iwb.tum.de

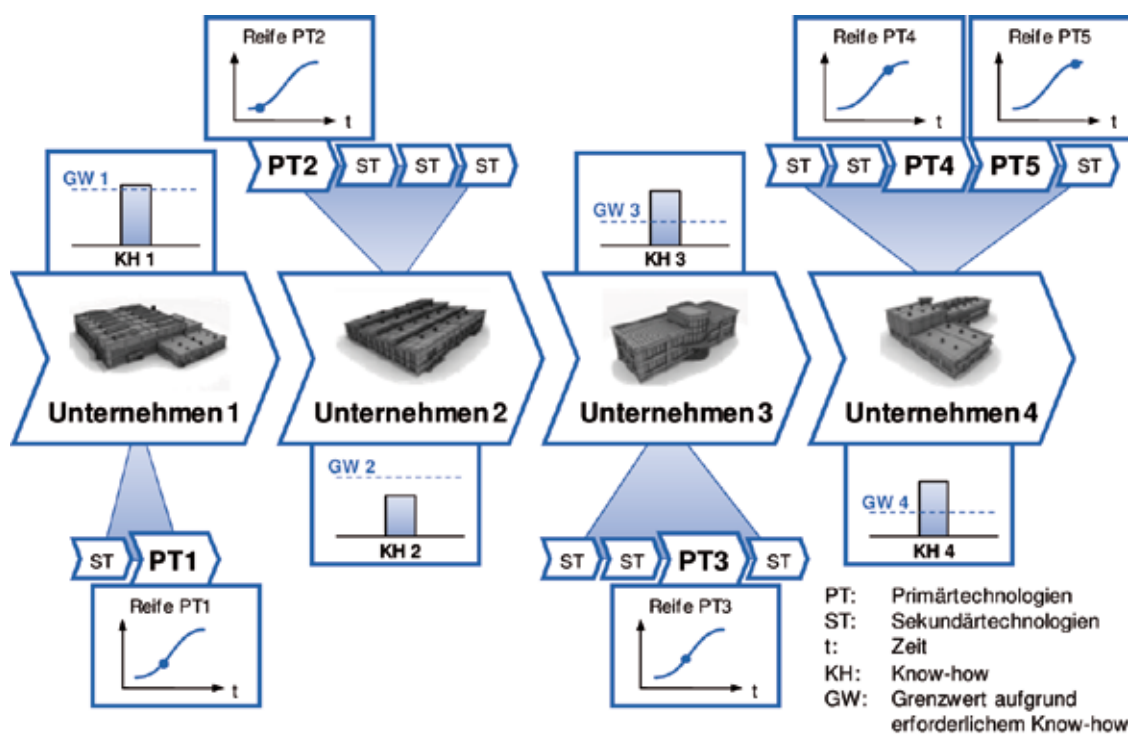


Abb. 7: Zuordnung der Primärtechnologien innerhalb eines Produktionsnetzwerks

# Zyklusmanagement von Innovationsprozessen auf der Hannover Messe 2012

Vom 23. bis zum 27. April stellte der Sonderforschungsbereich 768 „Zyklusmanagement von innovationsprozessen - Verzahnte Entwicklung von Leistungsbündeln auf Basis technischer Produkte“ seine Forschungsergebnisse einem breiten Publikum aus Industrie, Wissenschaft und interessierter Öffentlichkeit auf der Hannover Messe 2012 vor.

Florian Behncke  
Sebastian Schenkl

Die Hannover Messe bündelt die Schlüsseltechnologien aus Industrie und Forschung und bietet durch die Zusammenfassung von 13 internationalen Leitmessen einen übergreifenden Überblick über die gesamte Wertschöpfungskette. Der gezielte interdisziplinäre Wissenstransfer erlaubt den Brückenschlag zwischen angrenzenden Technologien und macht die Hannover Messe seit mehr als 60 Jahren zu dem führenden Marktplatz für wegweisende Technologien. Die Hannover Messe gilt

gemeinhin als Leistungsschau zukünftiger Technologien. Mit China als Partnerland wurde in diesem Jahr ein inhaltlicher Schwerpunkt der Hannover Messe auf intelligente Lösungen für die Nachhaltigkeit gelegt.

Nach der erfolgreichen Messteilnahme in 2011 erhielt der Sonderforschungsbereich 768 in diesem Jahr erneut die Möglichkeit, sich auf dem Gemeinschaftsstand von Bayern innovativ interessierten Messebesuchern zu präsentieren. Bayern innovativ ist eine von der Bayerischen Staatsregierung gegründete Gesellschaft für Innovation und Wissenstransfer. Mit der Zielsetzung der

Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft durch Innovation und Kooperation am Standort Bayern, unterstützt Bayern innovativ seit 1995 verstärkt die mittelständische Wirtschaft. Dabei werden potenzielle Partner aus Wirtschaft und Wissenschaft in regionalen, nationalen und internationalen Netzwerkstrukturen zusammengeführt und eine übergreifende Kooperationsplattform angeboten.

Auf dem Messestand des Sonderforschungsbereichs 768 wurde interessierten Messebesuchern ein Überblick über das gesamte Forschungsprojekt sowie detaillierte Informationen über die Forschungsergebnisse der einzelnen Teilprojekte und Arbeitskreise vermittelt.

Auf dem Stand des Sonderforschungsbereichs 768 (siehe Abbildung 8) wurden einem breiten Publikum ein umfassender Überblick über die Forschungsergebnisse der einzelnen Teilprojekte und Arbeitskreise des Sonderforschungsbereichs 768 vermittelt und mit Vertretern aus Industrie, Forschung und Politik diskutiert. Dabei wurde die Bedeutung des Zyklusmanagements von Innovationsprozessen für die industrielle Praxis abermals bestätigt und die strategische Ausrichtung des Sonderforschungsbereichs bekräftigt. In zahlreichen Fachgesprächen wurden weiterführende Kooperationen mit der Wissenschaft und Wirtschaft diskutiert, welche die Grundlage für die Initiierung von Transfer- und Kooperationsprojekten sein können. Neben dem Fachpublikum war das Interesse von Schülern und Studenten als Teil der interessierten Öffentlichkeit an den Themenstellungen des Zyklusmanagements von Innovationsprozessen überwältigend. Diese Resonanz stellt einen Nachweis für die Bedeutung des gezielten Wissenstransfers über die industrielle und wissenschaftliche Fachwelt hinaus dar und gibt eine neue ergänzende Richtung für die Vermittlung von Forschungsergebnissen öffentlich geförderter Projekte vor.

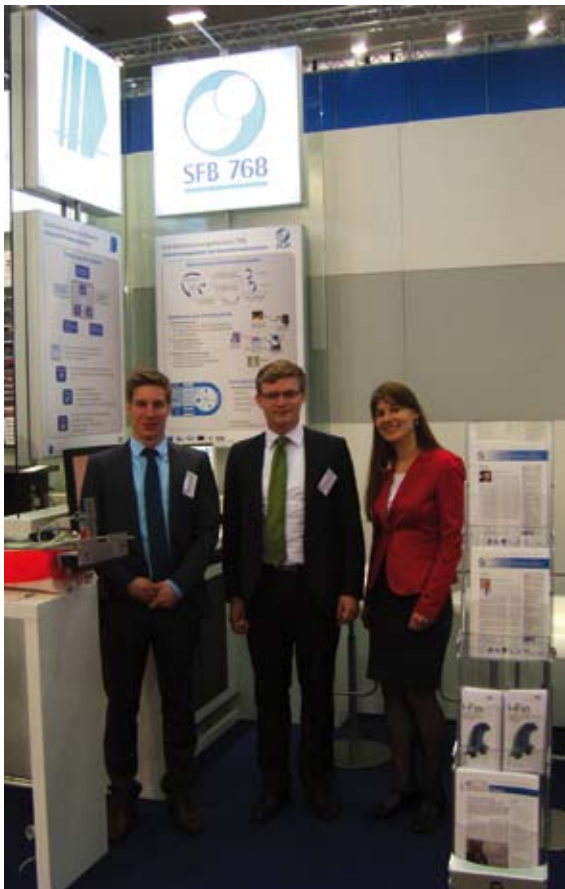


Abb. 8: Messestand des SFB 768

## Schlagwörter

- Hannover Messe 2012
- Öffentlichkeitsarbeit

## Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Sebastian Schenkl  
Tel. 089 289-15138  
schenkl@pe.mw.tum.de

# Kurzdarstellung SFB 768 – Zyklusmanagement von Innovationsprozessen

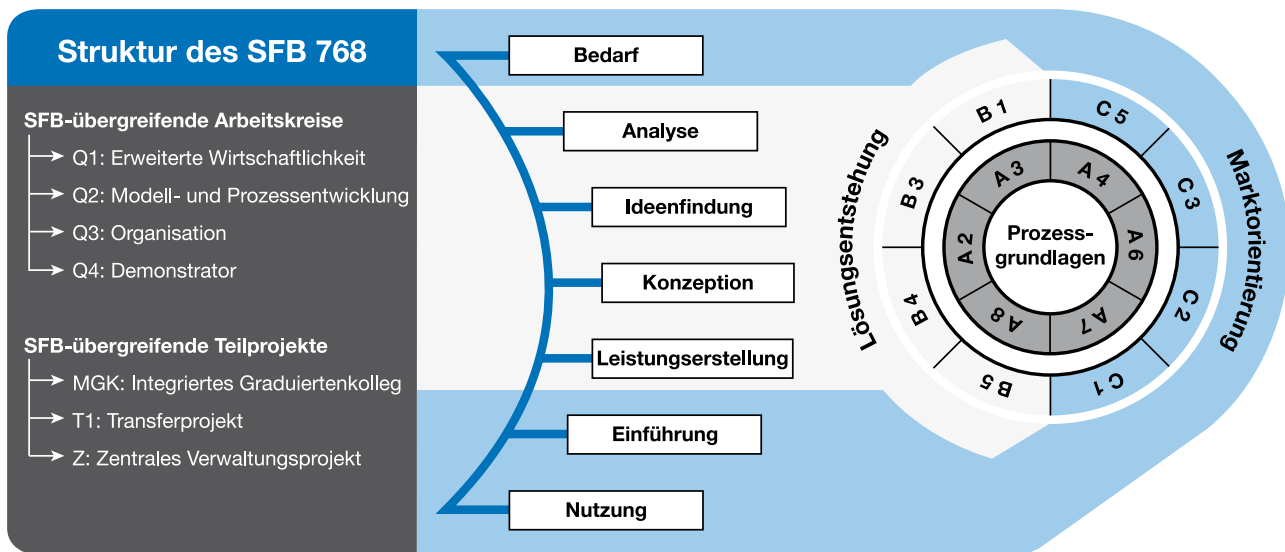


Abb. 9: Struktur des SFB 768

## Forschungsziele des SFB 768

Im transdisziplinär angelegten Sonderforschungsbereich 768 verfolgen Wissenschaftler der Ludwig-Maximilians-Universität München sowie der Technischen Universität München das Ziel, Innovationsprozesse in Bezug auf die spezifischen Charakteristika relevanter Zyklen wie auch die zwischen den Zyklen bestehenden Wechselwirkungen zu verstehen und zu gestalten.

## Strategie des SFB 768

Zur systematischen Erreichung der Forschungsziele gliedert sich das seit 2008 laufende und auf zwölf Jahre angelegte Forschungsprojekt in die drei Phasen „Verstehen“, „Modellieren“ und „Gestalten“. Kompetenzträger in Informatik, Wirtschafts-, Sozial- und Ingenieurwissenschaften adressieren hierbei das facettenreiche Forschungsfeld durch die gezielte Verknüpfung und gemeinsame Bearbeitung zyklusrelevanter Fragestellungen.

Nähere Informationen finden Sie unter [www.sfb768.de](http://www.sfb768.de).

## Impressum

„Zyklusmanagement Aktuell – Innovationen Gestalten“ wird herausgegeben vom:

### Lehrstuhl für Produktentwicklung

Technische Universität München  
Boltzmannstr. 15  
D-85748 Garching bei München  
Tel. +49-(0)89-289-15131  
Fax +49-(0)89-289-15144  
Internet: [www.pe.mw.tum.de](http://www.pe.mw.tum.de)  
ISSN 1869-9251

### Verantw. i.S.d.P.

Prof. Dr.-Ing. Udo Lindemann  
[lindemann@pe.mw.tum.de](mailto:lindemann@pe.mw.tum.de)

### Redaktion und Gestaltung

Sebastian Schenkl  
[schenkl@pe.mw.tum.de](mailto:schenkl@pe.mw.tum.de)

### Grafik und Bildbearbeitung

Eva Körner  
[koerner@pe.mw.tum.de](mailto:koerner@pe.mw.tum.de)

### Druck

Rapp Druck GmbH  
Kufsteiner Str. 101  
D-83126 Flintsbach am Inn

## Vorankündigung

## Industriekolloquium 2012

Der Sonderforschungsbereich 768 veranstaltet am 29. und 30. November 2012 im Institute for Advanced Study in Garching ein Industriekolloquium. Wir werden Ihnen, der unternehmerischen Öffentlichkeit, unsere Ansätze, Ideen und Ergebnisse vorstellen. In Diskussionen und Workshops haben Sie die Gelegenheit, einen tiefen Einblick in die aktuelle Forschung zu erhalten. Dies wird ergänzt durch Praxisvorträge aus der Industrie. Das Kolloquium wird schwerpunktmäßig das Zyklusmanagement im Kontext der Technologieplanung, der Plattformentwicklung und von Teamprozessen aufgreifen.