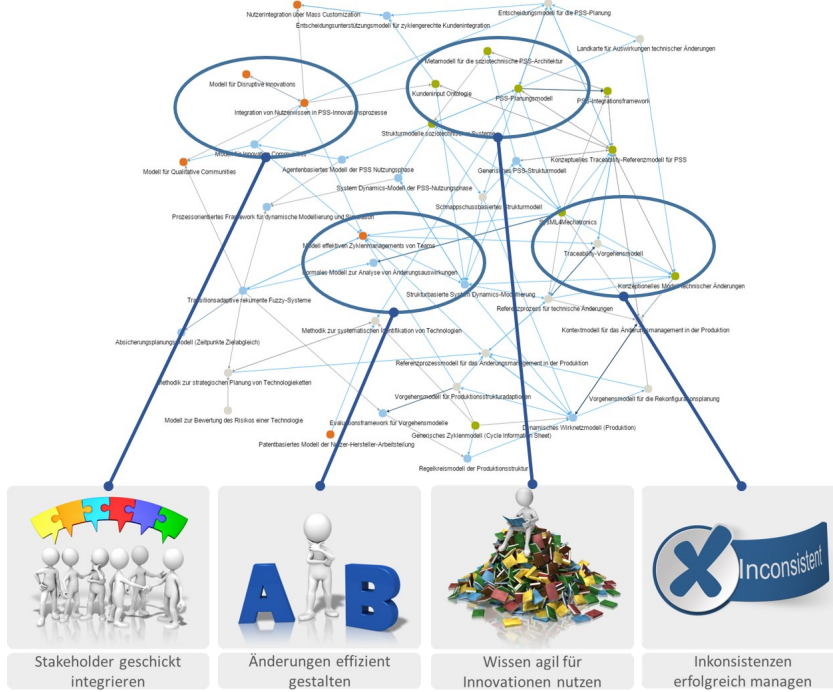


SFB 768

# ZYKLENMANAGEMENT AKTUELL INNOVATIONEN GESTALTEN



## Entdecken Sie spannende Use Cases aus der Welt des Innovationsmanagements



Tutorials, Tools und News auf unsere Gestaltenplattform  
[www.innovationen-gestalten.sfb768.de](http://www.innovationen-gestalten.sfb768.de)



Der Sonderforschungsbereich 768 wünscht Ihnen  
frohe Weihnachten  
und einen guten Rutsch ins neue Jahr 2019!



### Inhalt

**Seite 3**  
Wissenschaftskolloquium des  
Sonderforschungsbereichs 768

**Seite 5**  
Optimale Gestaltung der  
Interaktionsbeziehungen von  
Nutzern und Herstellern

**Seite 6**  
Gestaltung der Dynamik von  
soziotechnischen Systemen am  
Beispiel von User-Innovation-  
Communities

**Seite 8**  
Gestaltung von User-Innovation-  
Communities mittels agenten-  
basierter Modellierung

**Seite 9**  
Erleichterung der Entwicklung  
mechatronischer Systeme

**Seite 10**  
Simulationsbasierte Optimierung:  
Prof. Edward Huang von der  
George Mason Universität zu Gast

**Seite 11**  
Industrie 4.0 und Smart Data  
Management: Zweite Summer  
School in Singapur

### Kontakt SFB 768

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

gefördert von der Deutschen  
Forschungsgemeinschaft



## Grußwort

Sehr geehrte Leserinnen und Leser aus Wissenschaft und Industrie,  
der Sonderforschungsbereich 768 „Zyklusmanagement von Innovationsprozessen – Verzahnte Entwicklung von Leistungsbündeln auf Basis technischer Produkte“ (SFB 768) umfasst nun 17 Teilprojekte, die aus den Blickwinkeln verschiedenster Disziplinen – Informatik, Maschinenwesen, Psychologie, Soziologie und Wirtschaftswissenschaften – die Frage beantworten: Wie können Unternehmen befähigt und unterstützt werden, Innovationsprozesse erfolgreich zu gestalten unter Berücksichtigung der dabei wirkenden, zyklischen Einflussfaktoren?



Bevor der SFB 768 in das zwölfte und letzte Jahr startet, möchten wir mit diesem Newsletter über vergangene Veranstaltungen berichten und auf aktuelle Ergebnisse einiger Teilprojekte aus dem SFB 768 aufmerksam machen. Unter anderem berichten wir über ein Wissenschaftskolloquium des SFB 768, das am 20. August 2018 gemeinsam mit der „International Conference on Automation Science and Engineering 2018“ (CASE 2018) an der Technischen Universität München stattgefunden hat. In vielen interessanten Diskussionen mit internationalen Gästen aus Wissenschaft und Industrie wurde auf Themen wie Inkonsistenzmanagement, interdisziplinäres Engineering und Wissensmanagement eingegangen. Neben einem Artikel zur erfolgreichen Summer School in Singapur, können Sie auch über den Besuch unseres Gastes Prof. Edward Huang von der George Mason University lesen. Mit Prof. Huang hatten wir einen Experten vor Ort, der uns über seine Forschung zur Verwendung von Multi-Fidelity-Modellen zur Unterstützung von Konstruktionsdesigns berichtete.

Das kommende Jahr wird als letztes Jahr besonders wichtig und ereignisreich für den SFB 768 werden, denn es gilt eine Vielzahl von Ergebnissen in ihrer beziehungsreichen Gesamtstruktur zu präsentieren. Die dazu erstellte Online-Plattform ([www.innovationen-gestalten.sfb768.de](http://www.innovationen-gestalten.sfb768.de)) wird dementsprechend weiter ausgebaut und bietet die Möglichkeit anhand von Use-Cases zu erfahren, wie unsere Ergebnisse in ihrem Zusammenwirken Verwendung finden. Besonders hervorheben möchte ich auch unsere Abschlussveranstaltung „Innovationen 360°“, die vom 17.-18. September 2019 im Rahmen des Kongresses für „Automation Software Engineering“ in Sindelfingen stattfinden wird. Nicht zuletzt erfahren Sie auch mehr über einzelne Ergebnisse unserer Forschung beim Lesen dieses Newsletters, wobei ich Ihnen viel Freude wünsche.

Herzlichst

Dr. Katharina Kugler

Leiterin des Teilprojekts A8, Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Organisations- und Wirtschaftspsychologie, Ludwig-Maximilians-Universität München



## Wissenschaftskolloquium des Sonderforschungsbereichs 768

Für die Entwicklung von cyber-physischen Produktionssystemen spielt das Innovationsmanagement eine wichtige Rolle. Um die verschiedenen Innovationszyklen der einzelnen Disziplinen bei der Entwicklung und Optimierung von Produktionssystemen zu berücksichtigen, wird eine Plattform für den Wissensaustausch benötigt. Im Rahmen des Wissenschaftskolloquiums beteiligten sich führende interdisziplinäre Forscher und Industrievertreter aus verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen und Forschungslaboren, welche in „World Cafés“ und Workshops Themen wie interdisziplinäre Innovationsgestaltung und Modellkopplung diskutierten.

*Dr.-Ing. Daria Ryashentseva*  
*Minjie Zou*

Die Fähigkeit innovative und heterogene Modelle für die eigenen Produkte und Dienstleistungen zu entwickeln, ist von zentraler Bedeutung für jedes Unternehmen. Nur über Kopplung von Modellen kann ein Unternehmen das ökonomische Potenzial seiner Produkte und Dienstleistungen bestmöglich ausschöpfen. Genau diese Herausforderung stand im Fokus des wissenschaftlichen Kolloquiums des SFB768.

Das Kolloquium fand parallel zur 14. IEEE International Con-

ference on Automation Science and Engineering (CASE) statt. Die CASE ist eine Leitkonferenz der IEEE Robotics and Automation Society (RAS) und bietet das wichtigste Forum für branchenübergreifende und interdisziplinäre Forschungsfragen in der Automatisierung an. Das Forum liefert eine breite Zusammenstellung der Grundlagenforschung in der Automatisierung und ermöglicht den Austausch zwischen Wissenschaftlern und Anwendern.

Das Kolloquium des SFB 768 hat auf der Konferenz viel Aufmerksamkeit erlangt. Die Veranstaltung zählte über 30 Teilnehmer aus SFB 768 und zahlreichen in-

ternationalen hochrangigen Wissenschaftlern und Industrievertretern (Abb. 1), u.a. Prof. Alexander Fay (Helmut-Schmidt-Universität, Deutschland), Prof. Cesare Fantuzzi (University of Modena and Reggio Emilia, Italien), Prof. Chun-Hung Chen (George Mason University, USA), Prof. Manuel Wimmer (Technische Universität Wien, Österreich) und Prof. Jerker Delsing (Luleå University of Technology, Schweden). Aus der Industrie durften wir Herr Dr. Markus Reifferscheid (Leiter Zentralbereich Entwicklung, SMS Group GmbH) begrüßen.

Ziel des Kolloquiums war es, Wissenschaftler und Industrie-



Abbildung 1: Vorstellungsrunde der Teilnehmer des Wissenschaftskolloquiums



Abbildung 2: World Café — Workshop und Diskussionen über Inkonsistenzmanagement

vertreter zusammenzubringen und den gemeinsamen Erfahrungsaustausch zu Themen wie u.a. der interdisziplinären Gestaltung von Innovationen und der Modellkopplung zu ermöglichen. Während des Kolloquiums wurden Lösungen in der Auseinandersetzung mit der erhöhten Komplexität in Entwicklungsprozessen identifiziert, sowie kritische Fragen im Bezug auf disziplinübergreifende Zusammenar-

beit adressiert.

Das Kolloquium wurde von Prof. Birgit Vogel-Heuser (Sprecherin des SFB768) eröffnet. Sie gab zunächst einen Überblick über das relevante Hintergrundwissen zum Thema „Modellbasierte Systementwicklung“. Die Veranstaltung selbst bestand aus verschiedenen Sequenzen. Im ersten Teil der Veranstaltung wurde eine interaktive Poster-Session angeboten, in welcher die Use-Case-

Gruppen des SFB „Cross-disciplinary Engineering“, „Inconsistency Management“ (Abb. 2), und „Knowledge Management“ (Abb. 3) ihre Ergebnisse präsentierten. Dabei zeigten die SFB-Mitglieder die in Projekten entwickelten Methoden, Modelle und Werkzeuge. Diese wurden bereits sowohl in international erfolgreichen Unternehmen als auch in innovativen deutscher Unternehmen eingesetzt. Zugleich wurde über die Bedeutung der Kopplung von verschiedenen Modellen, die Entwicklung der unterstützenden Werkzeuge, sowie über mögliche Mittel zur Optimierung diskutiert.

Der zweite Teil umfasste das Thema „Modellbasierte Systementwicklung, Verifikation und Optimierung“, welches in Form eines „World Café“ durchgeführt wurde. Im Mittelpunkt stand hierbei die Entwicklung von Modellen und deren Verknüpfungen. Die spannenden Diskussionen spiegeln die Eindrücke der



Abbildung 3: Lebhaftige Diskussionen zum Thema Wissensmanagement

Gäste wider, sodass wertvolles Feedback für den SFB eingeholt werden konnte. Dieses Feedback wird nun in weiteren Verlauf der Forschung der SFB-Mitglieder umgesetzt.

Der Abschluss der Veranstaltung bildete einen Ausblick auf zukünftige Forschungsschwerpunkte und entsprechende Kooperationen.



#### Ansprechpartner

Dr.-Ing. Daria Ryashentseva

Tel.: +49 (0) 89 289 16440

E-Mail: [daria.ryashentseva@tum.de](mailto:daria.ryashentseva@tum.de)

## Optimale Gestaltung der Interaktionsbeziehungen von Nutzern und Herstellern in Innovationsprozessen von Produkt-Service Systemen

**Software, insbesondere Open Source Software (OSS), gewinnt bei der Entwicklung komplexer Produkt-Service Systeme (PSS) immer mehr an Bedeutung. Sie erfordert neben technischem Know-How auch vermehrt nutzungsbezogenes Wissen. Dieses Wissen über OSS ist auch bei externen Stakeholdern, besonders in OSS Communities, zu finden. In diesem Zusammenhang analysiert das Teilprojekt C3 in einer aktuellen Studie organisationale Herausforderungen für Unternehmen, die in die Entwicklung von OSS involviert sind und einen kontinuierlichen Informations- und Wissensaustausch mit OSS Communities pflegen.**

*Juliane Wissel*

*Dr. Michael Zaggl*

Das Teilprojekt C3 untersucht, wie sich Nutzer und Hersteller von PSS gegenseitig zu Innovationsaktivitäten befähigen und voneinander profitieren können.

Software, insbesondere OSS, rückt bei der Entwicklung komplexer PSS immer mehr in den Fokus. Neben technischem Know-How ist auch vermehrt nutzungsbezogenes Wissen erforderlich. Externe Stakeholder, insbesondere OSS Communities, verfügen über dieses Wissen. Deshalb müssen sich PSS-Hersteller Kompetenzen aneignen, die sie dabei unterstützen, diese Informationen erfolgreich über die Unternehmensgrenze hinweg aufzunehmen und umgekehrt nach außen zu vermitteln. Dieser kontinuierliche Austausch

von Wissen und Informationen hinsichtlich OSS führt zu Abhängigkeiten zwischen PSS-Herstellern und OSS Communities. Aus diesen Abhängigkeiten resultieren wiederum verschiedenste Herausforderungen für die Unternehmen.

Diese organisationalen Herausforderungen zu analysieren ist das Ziel einer aktuellen qualitativen Studie im Teilprojekt C3. Am Beispiel von Unternehmen, die in die Entwicklung von OSS involviert sind, wird untersucht, welche organisationalen Herausforderungen sich durch die Interaktion mit OSS Communities ergeben. Die steigende Bedeutung von OSS für viele PSS-Hersteller spiegelt sich in einer immer intensiveren Interaktion mit OSS Communities wieder. Unternehmen nutzen vermehrt OSS in ihren Produkten und setzen ihre eigenen Entwickler in den unterschiedlichsten OSS Projekten ein,

die dann beispielsweise durch Generierung von neuem oder Fehlerbeseitigung in bereits bestehendem Code ihren Beitrag zu den Communities leisten. Dies führt dazu, dass sich Entwickler sowohl OSS als auch proprietärer Software widmen und beide Denkweisen miteinander vereinbaren müssen.

Mittels Interviews mit Softwareentwicklern und Managern, die in die Entscheidungsfindung hinsichtlich des Themas OSS eingebunden sind, wird untersucht, wie Unternehmen mit diesem Sachverhalt umgehen. Zentrale Leitfrage ist dabei, welche organisationalen Maßnahmen Unternehmen einführen, um den Informationsfluss zwischen ihren Entwicklern und den OSS Communities zu steuern und wie erfolgreich diese Maßnahmen sind. Außerdem ist von Interesse, wie Unternehmen entscheiden, welche Funktionen in ihren Produk-

ten durch OSS und welche durch proprietäre Software realisiert werden und wie das Thema OSS in der Unternehmensstruktur verankert ist.

Erste Interviews haben bereits gezeigt, dass sich Unternehmen, die einen ständigen Informations- und Wissensaustausch mit OSS Communities pflegen, vielfältigen Herausfor-

derungen gegenübersehen und viele mittels der Festlegung von Verhaltensregeln versuchen, diesen Austausch erfolgreich zu steuern. Weitere Interviews werden einen noch detaillierteren Einblick darüber ermöglichen, wie Unternehmen die Interaktionsbeziehungen mit OSS Communities gestalten und lenken.



#### Schlagwörter

Nutzer-Hersteller-Interaktion, Open Source Software

#### Ansprechpartner

Juliane Wissel, M.Sc.

Tel.: +49 (0) 89 289 28404

E-mail: juliane.wissel@tum.de

## Gestaltung der Dynamik von soziotechnischen Systemen am Beispiel von User-Innovation-Communities

**Die Modelle sind nötig, um die Dynamik der Zyklen transparent und effizient gestalten zu können. Die entwickelten, agentenbasierten Modelle mit Fuzzy-Logik ermöglichen es, für die Modellbildung der Dynamik vorhandene Wissen nicht nur in quantitativer Form, sondern auch in qualitativer Form (z. B. sprachliche Aussagen von Experten) zu berücksichtigen. Teilprojekt A3 beschäftigt sich mit Modellierung und Analyse soziotechnischer Systeme, sowie der aktiven Gestaltung von Zyklen innerhalb von soziotechnischen und sozialen Systemen.**

*Ertug Olcay*

Mit dem steigenden globalen Wettbewerb werden Innovationen immer signifikanter für den Markterfolg vieler Unternehmen. Ein wichtiger Begriff dabei ist die Innovation-Community, welche Innovationsideen entwickelt und realisiert. Demnach dient der Innovationsprozess als Grundlage, welcher sowohl aus technischen als auch aus sozialen Teilkomponenten besteht. Der Ausgangspunkt des Projektes sind die User-Innovation-Communities.

In enger Kooperation mit Teilprojekt C5 soll das Modell von User-Innovation-Communities erweitert um die Dynamik des

Systems transparent und effizient gestalten zu können, und deren zeitliche Verhalten modelliert werden. Ein weiteres Ziel des Teilprojektes A3 ist die aktive Gestaltung bzw. Steuerung soziotechnischer Systeme. Die Herausforderung dabei ist, dass der soziale Teil, der sich durch menschliche Akteure und durch Informationen mit unterschiedlicher Genauigkeit ergibt, meistens kein deterministisches Verhalten aufweist.

#### **Ergebnisse früherer Forschung als Grundlage**

In den Förderperioden 1 und 2 wurden Methoden entwickelt, um das komplexe zeitliche Verhalten (die Dynamik) der im Innovationsprozess von Produkt-Service-Systemen (PSS) vorkommenden Zyklen (z. B. den Pro-

duktlebenszyklus) zu modellieren. Dabei sind vernünftige Gestaltung und Modellierung der Dynamik wichtig, um die Komplexität solcher interdisziplinären Systeme zu beherrschen und sie zielgerichtet gestalten zu können. Teilprojekt A3 erarbeitete in Förderperiode 1 die vorhandenen klassischen Modellierungsmethoden wie z. B. System Dynamics zur Betrachtung des zyklischen Verhaltens im Unternehmen und entwickelte eine dreistufige Modellierungsmethode für quantitative Daten des Innovationsprozesses von PSS, die sowohl technische (z. B. die Produktion) als auch soziale Prozesse (z. B. Kunden oder Mitarbeiter im Unternehmen) enthält.

Der Fokus in Förderperiode 2 lag auf den qualitativen Modellie-



rungstechniken der Dynamik, um die in Förderperiode 1 entwickelten quantitativen Ansätze zu erweitern. Daher wurden geeignete Methoden und Modellbildungsansätze der Systemtheorie und Regelungstechnik entwickelt, die qualitative und quantitative Daten berücksichtigt haben.

In Förderperiode 2 wurden die transient-probabilistischen rekurrenten Fuzzy-Systeme von Förderperiode 1 zu transient-adaptiven rekurrenten Fuzzy-Systeme (TAR-Fuzzy-Systemen) weiterentwickelt, um neben stochastischen Einflüssen auch Informationen über die Wichtigkeit einzelner Zusammenhänge handhaben zu können. Dabei kann eine individuelle Gewichtung der einzelnen Regeln in der Fuzzy-Regelbasis eingestellt werden, sodass eine transparente Adaption der Systemdynamik möglich ist.

Bei der Modellierung mit TAR-Fuzzy-Systemen wird eine linguistische Beschreibung mit Regeln in Wenn (<Bedingung>) Dann (<Folge>)-Form verwendet. Durch die unscharfe Modellformulierung bilden Fuzzy-Modelle das reale Systemverhalten zunächst eventuell nur ungenau ab. Durch eine Anpassung der Regelgewichte (durch Experten oder computergestützte Optimierung) wird die Einflussstärke der linguistischen Regeln berücksichtigt und dadurch Modelle erstellt, die die Realität besser abbilden.

### **Ergebniserwartung in der Förderperiode 3**

Aufgrund des globalen Wettbewerbs gewinnen Innovationsnetzwerke zunehmend an Bedeutung in Innovationsprozessen. Innovationsprozesse weisen ein heterogenes Verhalten durch menschliche Akteure auf. Teilprojekt A3 setzt sich in der Förderperiode 3 an dieser Stelle zum Ziel, eine transparente Steuerung, Regelung und somit eine aktive Gestaltung der Communities mittels systemtheoretischer Ansätze zu ermöglichen, um die Komplexität besser beherrschen zu können. Aufbauend auf den Modellen und Methoden in Förderperiode 2 erweitert das Teilprojekt A3 in Förderperiode 3 die Innovationsmodelle. Dafür werden Takagi-Sugeno-Fuzzy-Modelle (T-S-Fuzzy-Modelle) verwendet. Diese Modellierungsmethode ermöglicht ein nichtlineares dynamisches Systemverhalten durch geeignete Interpolation linearer Systeme abzubilden. Dabei wird das Vorwissen der Teilprojekte A3 und A7 aus Förderperiode 2 auch genutzt.

Communities besitzen eine komplexe interne Dynamik, welche bei der Gestaltung berücksichtigt werden muss. Durch eine Kombination von Methoden des maschinellen Lernens und T-S-Fuzzy Modellierung werden dabei sowohl bekannte funktionale und qualitative Zusammenhänge innerhalb der soziotechnischen Systeme als auch vorliegende Zeitverläufe

berücksichtigt.

Die Dynamik der Communities ist vom Verhalten der Menschen, d. h. der Teilnehmer der Communities, geprägt. Teilprojekt C5 unterstützt bei der Modellierung den inhaltlichen Rahmen und die Funktionalität des Modells. Modellierung und methodische Herausforderung des Systems werden vom Teilprojekt A3 bearbeitet. Dabei wurde das agentenbasierte Innovation-Community Modell datengetrieben in ein TS-Fuzzy Modell umgewandelt. Hierfür wurde eine datengetriebene Identifikationsmethode angewendet. Der Ausgang des Modells wird von Teilprojekt C5 in Form von Handlungsempfehlungen für das aktive Gestalten von User-Innovation-Communities interpretiert und empirisch validiert, was in Zukunft in einer gemeinsamen Publikation gezeigt wird.



#### **Schlagwörter**

Modellierung, Systemanalyse, Optimierung, Regelung, Agentenbasierte Systeme

#### **Ansprechpartner**

Ertug Olcay, M.Sc.  
Tel.: +49 (0) 89 289 15664  
E-Mail: ertug.olcay@tum.de



# Gestaltung von User-Innovation-Communities mittels agentenbasierter Modellierung

**User-Innovation-Communities stellen eine wichtige, jedoch auch schwierig zu kontrollierende Quelle von Produkt- und Serviceinnovationen dar. Die Anwendungen von User-Innovation-Communities zu Generierung von Ideen und Lösungen hat in den letzten Jahren einen erheblichen Bedeutungszuwachs in der Innovationspraxis und der Innovationforschung erfahren.**

*Dr. Michael Zagg*

Durch das Aufeinandertreffen vielfältiger Sichtweisen können User-Innovation-Communities eine Vielzahl an innovativen Ideen hervorbringen und entwickeln. Da jedoch die Beteiligung in solchen Communities oftmals auf Freiwilligkeit basiert, ist es von großer Bedeutung potenzielle Teilnehmer zu motivieren. Im Teilprojekt C5 werden deshalb empirische und modelltheoretische Untersuchungen zu motivationsrelevanten und beeinflussbaren Aspekten innerhalb von User-Innovation-Communities durchgeführt und deren Ergebnisse in Handlungsempfehlungen für Community-Manager überführt.

Innerhalb von User-Innovation-Communities entsteht durch Interaktionen und Austausch (Ideengenerierung, Kommentare, Feedback, Voting etc.) ein enormes Kreativitätspotenzial. User-Innovation-Communities eignen sich insbesondere für die Innovation und die Entwicklung von PSS. Die vielfältigen Kompetenzen, die in den Communities aufeinandertreffen erlauben es die Komplexität von PSS zu handhaben.

Als grundlegend problematisch lässt sich jedoch die Motivation von Teilnehmern in User-Innovation-Communities bezeichnen. Communities lassen sich im Allgemeinen als öffentliche Güter beschreiben. Daher ist es essenziell motivierende Faktoren wie Anreize oder intrinsische Motivationsfaktoren zu bieten. Zudem konkurrieren verschiedene User-Innovation-Communities um Teilnehmer und deren Beiträge.

Eine der zentralen Quellen von Motivation für Teilnehmer in Communities kann die Möglichkeit sein, die Aufmerksamkeit von potenziellen Arbeitgebern zu erregen. Dabei demonstrieren die Teilnehmer ihre Fähigkeiten in der Community während potenzielle Arbeitgeber die Teilnehmer und deren Ergebnisse beobachten können. Durchdachte Reputationsmechanismen erleichtern das Beobachten der Beiträge. Diese Mechanismen basieren auf Leistungsbewertungen durch andere Community-Teilnehmer.

In Teilprojekt C5 wurde in einer empirischen Studie anhand der Software-Entwickler-Community *StackOverflow* (<https://stackoverflow.com/>) gezeigt, dass die Transparenz des

Informationsflusses zwischen Community-Teilnehmern und möglichen Arbeitgebern ein starker Stellhebel ist, d.h. Transparenz fördert die Motivation der Teilnehmer und ist auch von Community-Managern beeinflussbar.

Die Ergebnisse dieser Studie fließen in eine Kooperation mit dem Teilprojekt A3 ein. Dabei wurden die Erkenntnisse in einem agentenbasiertes Simulationsmodell formalisiert. Dieses Modell zeigt, wie sich Transparenz unter verschiedenen Bedingungen und in Interaktion mit anderen Motivationsfaktoren auf das Beitragsverhalten von Community-Teilnehmern auswirkt.

In diesem Zusammenhang wurde auch theoretisiert und empirisch analysiert, wie sich solche extrinsischen Anreize auf das Verhalten von Community-Teilnehmern in negativer Weise auswirken können.



## Schlagwörter

User-Innovation-Communities, Agentenbasierte Modellierung, Ideengenerierung

## Ansprechpartner

Claus P. Schöttl, M.Sc.

Tel.: +49 (0)89 289 25796

E-mail: [claus.schoettl@tum.de](mailto:claus.schoettl@tum.de)





# Erleichterung der Entwicklung mechatronischer Systeme

Aufgrund der zunehmenden Integration verschiedener Disziplinen nimmt die Komplexität in der Entwicklung mechatronischer Systeme zu. In diesem Beitrag wird ein interdisziplinärer Engineering Entwicklungsansatz vorgestellt, damit die interdisziplinären Abhängigkeiten und Einflüsse zwischen Komponenten aus unterschiedlichen Disziplinen explizit dargestellt werden können. Durch Unterstützung des Industriepartners „Software Factory“ wird der vorgestellte Entwicklungsansatz an den realen Industrieanlagen implementiert, wodurch die Gestaltung mechatronischer Systeme in frühen Entwicklungsphasen erleichtert wird.

Huaxia Li

Die Entwicklung eines mechatronischen Systems zeichnet sich durch die starke Integration unterschiedlicher Disziplinen, wie z.B. Mechanik, Elektrik/Elektronik (E/E) und Software, aus. Aufgrund der zunehmenden Komplexität steht die Entwicklung vor zahlreichen zu bewältigenden Herausforderungen. Eine der wesentlichen Herausforderung ist, dass die bisherige Entwicklung meist nur in der jeweiligen Disziplin stattfindet. Der traditionelle Entwicklungsprozess folgt einem sequenziellen Entwicklungsprozess, der mit der

Mechanik beginnt. Der sequenzielle Entwicklungsprozess ist problematisch, weil die Abhängigkeiten zwischen Modellen der unterschiedlichen Disziplinen oftmals unbekannt sind. Eine weitere Herausforderung besteht in den unterschiedlichen Update-Frequenzen und Lebenszyklen der verschiedenen disziplin-spezifischen Komponenten, da diese stark voneinander abweichen.

Um die genannten Herausforderungen zu bewältigen, wurde daher ein interdisziplinärer Engineering Entwicklungsansatz basierend auf dem Model-Based Systems Engineering (MBSE) im

Rahmen von dem Teilprojekt T3 entworfen (siehe Abb. 4). Ein zentrales Informationsmodell „SysML4-Mechatronics-Anlagenmodell“ wurde mit disziplin-spezifischen Modellen wie MCAD, ECAD, und dem Software Entwicklungsmodell verknüpft, damit eine parallele Entwicklung des Produktionssystems in verschiedenen Disziplinen ermöglicht wird. Um die interdisziplinären Abhängigkeiten und Einflüsse zwischen Komponenten aus verschiedenen Disziplinen zu modellieren, wurde das zentrale Informationsmodell auf Basis von einem interdisziplinären Modellierungsansatz „SysML4Mechatronics“ aufgebaut. Die Rückverfolgbarkeit der Informationen im Anlagenmodell wurde durch ein erweitertes Anforderungsprofil ermöglicht, das die Navigation aller Modellinformationen aus verschiedenen Disziplinen erleichtern kann. Im Vergleich zum traditionellen sequenziellen Entwicklungsprozess ist dieser parallele Entwicklungsprozess zeiteffizienter. Ein weiterer Vorteil des multidisziplinären Engineering Entwicklungsansatz ist die Integration des Inkonsistenz-Managements und der kommerziellen PLM Software. Durch die Unterstützung des In-

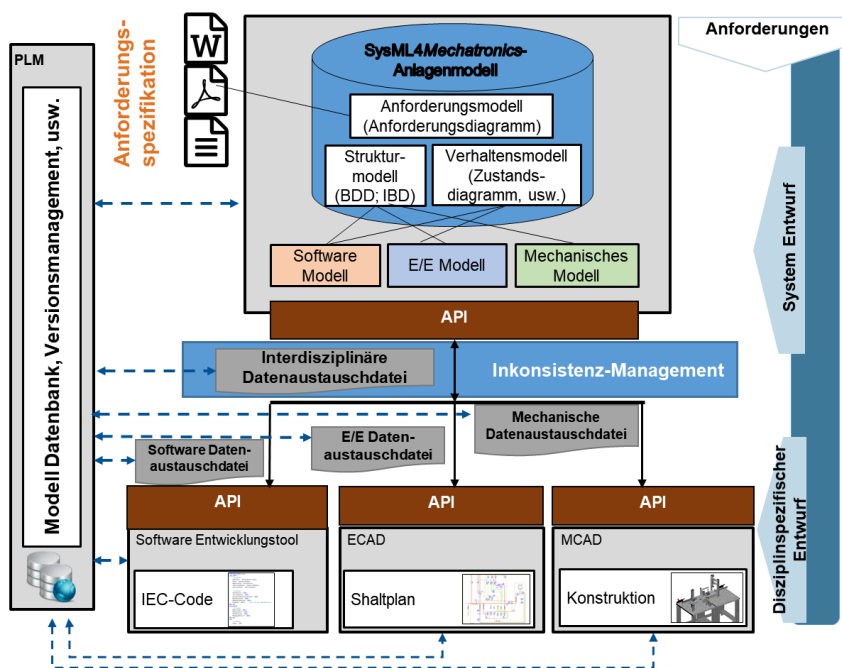


Abbildung 4: Überblick des multi-disziplinären Engineering Entwicklungsansatzes in den frühen Entwicklungsphasen

konsistenz-Managements konnten Inkonsistenzen automatisch erkannt werden. Die PLM-Software dient als Datenbank und wird zur Verwaltung von Informationen zwischen allen Modellen und zugehörigen Dokumenten im gesamten Engineering Workflow verwendet. Darüber hinaus ist dieser Entwicklungsansatz werkzeunabhängig

und kann mit verschiedener handelsüblicher Software auf dem Markt implementiert werden.

Die Machbarkeit des Entwicklungsansatzes wurde anhand der industriellen Anwendungsbeispiele z.B. Automatische Generierung des MCAD Modells, des Schaltplans, und des IEC 61131-3 Codes nachgewiesen. In zukünftigen

Schritten soll die Integration der bestehenden industriellen Modelle aus anderen Disziplinen, z.B. einem Simulationsmodell, berücksichtigt werden.



#### Schlagwörter

Multidisziplinärer Entwicklungsansatz

#### Ansprechpartner

Huaxia Li, M.Sc.

Tel.: +49 (0)89 289 16427

E-mail: huaxia.li@tum.de

## Simulationsbasierte Optimierung: Prof. Edward Huang von der George Mason Universität zu Gast

Im Juli 2018 begrüßte der Sonderforschungsbereich 768 Prof. Edward Huang, George Mason University, USA. Im Rahmen eines Workshops hielt er einen Vortrag über Multi-Fidelity-Modelle. Das vorgestellte Thema steht in engem Zusammenhang mit den verschiedenen Teilprojekten des SFB, welche sich mit der Systemoptimierung während des gesamten Entwicklungszyklus befassen.

*Dr.-Ing. Daria Ryashentseva*

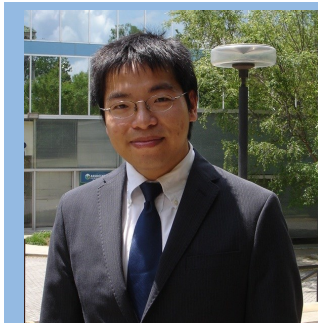
*Minjie Zou*

Prof. Edward Huang forscht an der George Mason University (GMU) an Themen wie Modellbasierte Systementwicklung, Anlagendesign und Risikooptimierung. Dabei sind System- und Simulationsoptimierung die Hauptschwerpunkte seiner Forschung.

Während seines Gast-Aufenthaltes an der TU München hat er einen Vortrag zum „Verwenden von Multi-Fidelity-Modellen zur Unterstützung von Konstruktionsdesigns“ gehalten. Obwohl analytische und rechnergestützte Modelle schon seit langem eingesetzt werden, muss immer der Kompromiss zwischen der Modellierungsgenauigkeit und der Präzision der Entwicklungsergebnisse eingegangen

werden. Die Forschungsgruppe von Prof. Huang zielt darauf ab, sowohl High- als auch Low-Fidelity-Modelle zu integrieren und daran das optimale Design zu identifizieren. Diese Methode wurde anhand von Anwendungsbeispielen in dem Vortrag demonstriert.

Das vorgestellte Thema steht in engem Zusammenhang mit der Forschung des SFB 768. In der Fortsetzung des Themas „Optimierung“ haben die Teilprojekte A3 und A7 über relevante Ergebnisse in den Themenbereichen „Swarm Intelligence“ und „Reinforcement Learning“ berichtet. Darüber hinaus können die Ergebnisse von Prof. Huang eine fundierte theoretische Grundlage für das Teilprojekt D1 liefern, das sich mit Modellkopplung und Systemkonsistenz beschäftigt.



**Professor Dr. Edward Huang**

Department of Systems Engineering & Operations Research

George Mason University, USA

Um die zukünftige Zusammenarbeit fortzusetzen, besuchte Prof. Vogel-Heuser die GMU im November. Die Ergebnisse der Diskussionen über modellbasiertes Testen und Systemoptimierung werden demnächst publiziert.



#### Ansprechpartner

Minjie Zou, M.Sc.

Tel.: +49 (0) 89 289 16431

E-Mail: minjie.zou@tum.de

**Was an Industrie 4.0 ist die eigentliche Innovation? Sind es nur neue Technologien oder was sind die eigentlichen Herausforderungen bei dieser Innovation? Diesen Fragen wurde die zweite Sommerschule, die in Singapur im August stattgefunden hat, gewidmet.**

*Prof. Birgit Vogel-Heuser*

*Prof. Sabine Maasen*

*Dr. Uli Meyer*

*Dr. Manuel Wiesche*

Die zweite internationale Summer School des SFB 768 zum Thema „The Next Industrie 4.0 Frontier“, ausgerichtet von der TUM Asia, fand in der Zeit vom 29. bis 31. August 2018 in Singapur statt. Die aktuellen Herausforderungen von Industrie 4.0 und Smart Data als Innovation wurden mit den Teilnehmern aus Industrie und Universität intensiv in Fallstudien erarbeitet und diskutiert. Am 1. Tag wurden die soziotechnischen Aspekte von miteinander kollaborierenden Unternehmen im Zusammenhang mit Industrie 4.0 diskutiert. Am 2. Tag wurden Technologien und Fallbeispiele zur Ermöglichung von *Industrie 4.0* und *Cyber Physical Production Systems* und am 3. Tag die wirtschaftswissenschaftlichen und IT-Aspekte erörtert.

Unter dem Titel „Societal Impacts of Industrie 4.0“ wurden gesellschaftliche und organisationale Rahmenbedingungen von Industrie 4.0 diskutiert. Dabei standen die Fragen der Veränderung von Kollaboration innerhalb von Firmen, die Wandlung interorganisationaler Beziehungen und Netzwerke, die Bedeutung von

Erwartungen an technologische Innovationen und die Frage nach dem Verhältnis von Wandel und Stabilität bei der Transformation von Unternehmen im Vordergrund. Die Teilnehmenden entwickelten dazu in Gruppen Ideen von Unternehmen und ihrer digitalen Transformation. Darauf aufbauend wurden die verschiedenen Perspektiven auf diese Unternehmen angewandt und jeweils Entwicklungspotentiale und Herausforderungen diskutiert.

Die Vielzahl der Begrifflichkeiten *Industrie 4.0*, *Cyber Physical Production Systems*, *Smart Manufacturing* usw. führt häufig zu Missverständnissen. Um diese zu vermeiden, haben die Teilnehmer am zweiten Tag zunächst die Herausforderung in Gruppen erarbeitet und die Begriffe dabei geklärt. Als Enabling-Technologien wurden hier insbesondere Agenten, Smart Data sowie modellbasiertes Engineering als Voraussetzung für beides diskutiert. An erfolgreichen Fallbeispielen wie der MyJoghurt-Anlage des Lehrstuhls für Automatisierung und Informationssysteme wurde die effiziente Anwendung der genannten Technologien gezeigt. Ebenfalls wurde über die Kopplung von Robotern verschiedenster Hersteller anlässlich der *Automatica* und der unternehmensübergreifenden gemeinschaftlichen Auswertung von

Ventildaten über Betreiberanlagenbauer und Ventilhersteller diskutiert. Insbesondere die Durchsprache der Fallstudie sowie die Diskussion der Schwächen und Stärken dieser führten zu einem tiefen Verständnis der Art der Innovation von *Industrie 4.0* und *Cyber Physical Production Systems*. Die Geschäftsmöglichkeiten wurden in diesem Zusammenhang ebenfalls konkretisiert, aber am nächsten Tag weiter vertieft.

Am dritten Tag wurden humanzentrische Aspekte soziotechnischer Nutzungsinnovationen in Gruppenübungen erarbeitet. Darauf aufbauend wurden methodische und Staffing Entscheidungen für das Projektmanagement von Industrie 4.0 Projekten diskutiert. Zum Ende des Kurses wurden Grundlagen zur Sicherheit von *Cyber Physical Systems* vorgestellt und anhand eines Fallbeispiels diskutiert.

Diese Sommerschule bekam erneut eine sehr positive Resonanz und wird daher 2019 zum dritten Mal in Singapur durchgeführt.

Herzlichen Dank an Dr. Markus Waechter und Jasmine Sim von TUM Asia.



#### **Ansprechpartner**

Prof. Dr.-Ing. Birgit Vogel-Heuser

Tel.: +49 (0) 89 289 16400

E-Mail: vogel-heuser@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  
udo.lindemann@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*  
Dr. Michael Zaggl  
michael.zaggl@tum.de

## Teilprojekt C5

### Gestaltung von User Innovation Communities

*Fachgebiet für Technologie-management*  
Dr. Michael Zaggl  
michael.zaggl@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  
udo.lindemann@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 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

## Transferprojekt T7

### Leitfaden für das Änderungsmanagement in der Produktion

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

## Impressum

### SFB 768

Lehrstuhl für Automatisierung und Informationssysteme  
Technische Universität München  
Boltzmannstr. 15  
D-85748 Garching  
Tel. 089 289-16400  
Fax 089 289-16410  
Internet: www.sfb768.de  
ISSN 1869-9251

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

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

### Redaktion und Gestaltung

Dr.-Ing. Daria Ryashentseva  
Tel. 089 289-16440  
daria.ryashentseva@tum.de

### Druck

CEWE-PRINT GmbH  
Meerweg 30-32  
26133 Oldenburg

