

Rollen, Views und Schnittstellen – Implikationen zur stakeholderzentrierten Entwicklung Sozio-Cyber-Physischer Systeme

Sascha Julian Oks¹, Albrecht Fritzsche¹, Kathrin M. Möslein^{1, 2}

¹Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, insb. Innovation und Wertschöpfung, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

²Center for Leading Innovation and Cooperation (CLIC), HHL Leipzig Graduate School of Management

Zusammenfassung

Der Einsatz cyber-physischer Systeme im Industrie 4.0-Kontext verändert die industrielle Wertschöpfung nachhaltig. Die Fertigung „smarter“ Produkte nach kundenindividuellen Wünschen in „Batch Size One“, die zunehmende Hybridität von Produkten und Dienstleistungen sowie die Verfügbarkeit immenser Datenmengen aus der Produktion und dem Produktlebenszyklus, erhöhen die Prozesskomplexität fortlaufend. Dies gilt auch für nachgelagerte, wertschöpfungsunterstützende Services, wie die Instandhaltung. Der vorliegende Beitrag beschreibt die im Rahmen des Förderprojekts „Ressourcen-Cockpit für Sozio-Cyber-Physische Systeme“ (S-CPS), das ein Instandhaltungssystem basierend auf einem cyber-physischen System entwickelt, durchgeführten Tätigkeiten zur Ausarbeitung von Rollen, Views und Schnittstellen für dieses System. Dazu werden zunächst cyber-physische Systeme sowie Theorien und Methoden zur stakeholderzentrierten Systementwicklung vorgestellt. Darauf folgend werden das methodische Vorgehen und dessen Ergebnisse in Form eines Rollenmodells und System-Mockups präsentiert. Abschließend werden die generalisierten Erkenntnisse aus dem Projekt beschrieben sowie ein Ausblick für anschließende Forschung gegeben.

1 Einleitung

In einer Vielzahl von visionären Studien wird das enorme Potenzial der Digitalisierung für unterschiedlichste Anwendungsbereiche beschrieben (Nist,

2013; CyPhERS, 2014; Geisberger & Broy, 2015). Die vorgestellten Umsetzungsszenarien prognostizieren zum einen die Steigerung von Effizienz und Effektivität in bestehenden Prozessen, beschreiben zum anderen aber auch Ansätze, in denen völlig neue Nutzungs- und Wertschöpfungsszenarien entstehen. Das Spektrum der Anwendungsbereiche reicht dabei vom individuellen privaten Gebrauch im Heimanwendungsbereich (z.B. Smart Home), über die institutionelle Nutzung in ökonomischen oder öffentlichen Organisationen (z.B. Industrie 4.0) oder aber auf volkswirtschaftlicher, staatlicher und interstaatlicher Ebene (z.B. Smart Mobility oder Smart Grid) (acatech, 2011).

Insbesondere dem Bereich der industriellen Anwendung weitreichender Digitalisierung wird von Seiten der Praxis und Wissenschaft unter dem Begriff Industrie 4.0 erhöhte Aufmerksamkeit geschenkt (Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2014). Neben einer Vielzahl eigenständiger Umsetzungsaktivitäten durch Unternehmen unterschiedlichster Branchen setzt das Bundesministerium für Bildung und Forschung durch dessen Förderaktivitäten Akzente, um die Thematik zielgerichtet, diversifiziert und nachhaltig voranzutreiben. Dies geschieht u.a. in Pilotierungsvorhaben, die von Konsortien, zusammengesetzt aus Wissenschafts- und Praxispartnern, durchgeführt werden. Das Förderprojekt „Ressourcen-Cockpit für Sozio-Cyber-Physische Systeme“ (S-CPS) (Förderkennzeichen: 02PJ4027) ist eines dieser Vorhaben. Es verfolgt die Zielstellung, durch intelligente Vernetzung in der Produktion Instandhaltungsprozesse zu digitalisieren, um somit die Voraussetzungen für die Instandhaltung nach Industrie 4.0-Standards zu ermöglichen. Hierzu gehört u.a. die Entwicklung eines Ressourcen-Cockpits für Instandhalter, das sich aus adäquater Hard- und Software zusammensetzt, um durch Einspeisung von Daten und anschließender kontextbasierter Bereitstellung von Informationen die Aufgabenausführung des Instandhaltungspersonals vielfältig zu unterstützen. Darüber hinaus werden die Arbeitsprozesse und -abläufe dementsprechend reorganisiert, sodass das Ressourcen-Cockpit sein volles Optimierungspotenzial entfaltet und somit die Arbeitsausführung des Instandhaltungspersonals größtmöglich erleichtert. Gleichzeitig soll durch den effizienteren Ablauf bestehender Prozesse und die Einführung von neuen Verfahren, wie vorausschauender Instandhaltung und ortsungebundener Fernwartung, der gesamte Produktionsoutput gesteigert werden. Ein besonderes Augenmerk legt das Vorhaben S-CPS in diesem Zusammenhang auf das Zusammenwirken zwischen cyber-physischen Systemen (CPS) und dem Menschen, was auch durch den Begriff „sozio“ im Projektnamen verdeutlicht wird.

Der vorliegende Beitrag gibt zunächst einen Überblick über die Spezifika von cyber-physischen Systemen und die relevanten Theorien und Methoden der Stakeholderzentrierung. Darüber hinaus wird das Vorgehen und die daraus gewonnenen Ergebnisse, des Arbeitspakets „Rollen Views und Schnittstellen“

beschrieben, welches für die verschiedenen betrieblichen Akteure der Instandhaltung in der Automobil-, Automobilzuliefer- sowie Windkraftindustrie ein informationstechnisch umsetzbares Rollenkonzept entwickelt, um davon die erforderlichen bzw. zulässigen Sichten auf Daten und Elemente des S-CPS abzuleiten. Abschließend wird das entwickelte Schnittstellenkonzept vorgestellt, dessen Ergebnisse im Mock-up des Ressourcen-Cockpits zusammengeführt werden.

2 Cyber-physische Systeme

Wie bereits im Titel des Vorhabens „Ressourcen-Cockpit für Sozio-Cyber-Physische Systeme“ verdeutlicht, bildet die Kernkomponente zur Realisierung der beschriebenen Anwendungen ein cyber-physisches System. Definiert von Lee (2008) mit „Cyber-Physical Systems (CPS) are integrations of computation with physical processes. Embedded computers and networks monitor and control the physical processes, usually with feedback loops where physical processes affect computations and vice versa“, verbinden diese Systeme, durch Verwendung von Hard- und Softwarekomponenten der Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), Abläufe der physischen Welt mit digitalen Datenverarbeitungsprozessen, die gegenseitig aufeinander einwirken (Marwalder, 2011). Der Konzeptualisierung des Internets der Dinge (IoT) folgend, nimmt Sensorik dabei physische Zustände sowie deren Veränderungen auf. Die so entstandenen Daten werden von dezentralen EDV-Systemen in Echtzeit verarbeitet, um wiederum durch Aktorik, entsprechend des Systemzwecks auf die physische Umwelt einzuwirken (Fortino et al., 2014). Ergänzungsmöglichkeiten und Funktionserweiterungen cyber-physischer Systeme, wie zum Beispiel die Langzeitauswertung von Daten zur Mustererkennung (Big Data-Analytics) oder die ad-hoc Integration in bzw. Interaktion mit übergeordneten Systemen (System of Systems), zeigen die weitreichende Funktionalität dieser Systeme. Auch können „smarte“ Produkte in cyber-physische Systeme integriert werden und über den gesamten Produktlebenszyklus Daten generieren, die wichtige Erkenntnisse, beispielsweise zur Optimierung von Produktionsprozessen, liefern. Gegebenen durch die schier unendlichen Diversifizierungsmöglichkeiten und vielfältigen Anwendungsszenarien cyber-physischer Systeme geht deren Umsetzung mit einem hohen Komplexitätsgrad einher (Lee, 2008).

Dies gilt insbesondere für die Anwendungsdomäne Industrie 4.0, in der cyber-physische Systeme in der betriebsinternen Kategorie der „Smart Factory“ als cyber-physische Produktionssysteme (CPPS) zum Einsatz kommen. Ergänzt werden sie durch industrielle Service Systeme, die die Produktionsvorgänge

unterstützen. Eine Übersicht der genannten Zusammenhänge und die Verortung industrieller cyber-physischer Systeme in diesen gibt Abbildung 1.

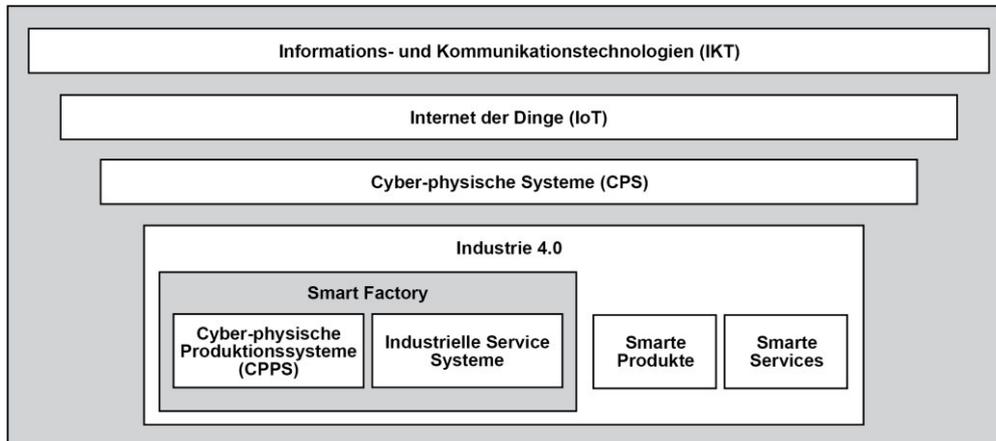


Abbildung 1: Verortung industrieller cyber-physischer Systeme

Zur Bewältigung der bereits erwähnten erheblichen Komplexität müssen, um cyber-physischen Systeme erfolgreich zu planen, zu designen und schließlich zu implementieren, Lösungen für bestehende Herausforderungen in den drei Dimensionen, die cyber-physischen Systemen inhärent sind, erlangt werden. Bei den Dimensionen handelt es sich um die technologische, die personenbezogene sowie die organisationale (Oks et al., 2017). Während in der technologischen Dimension Problemstellungen der systemisch-technischen Realisierbarkeit, wie beispielsweise die Entwicklung von proprietär-kompatiblen Software-Schnittstellen, bestehen, sind in der personenbezogenen Dimension Fragen der Nutzerintegration und -qualifizierung zu beantworten und in der organisationalen Dimension Herausforderungen der organisationalen Systemintegration unter Berücksichtigung betriebswirtschaftlicher Zielgrößen zu lösen. Innovationen im Bereich cyber-physischer Systeme lassen sich dementsprechend nicht allein aus technischer Sicht vorantreiben, sondern erfordern die Berücksichtigung weiterer Gesichtspunkte, die nur durch Einbeziehung verschiedener Personengruppen in den Entwicklungsprozess erschlossen werden können (Fritzsche, 2017).

Das Vorhaben „Ressourcen-Cockpit für Sozio-Cyber-Physische Systeme“ verfolgt das Ziel, cyber-physische Produktionssysteme unterschiedlicher Wertschöpfungskontexte mit dem industriellen Service System eines Ressourcen-Cockpits für Instandhaltungszwecke zusammenzuführen. Somit gilt es auch in diesem Projekt, spezifische Herausforderungen der zuvor genannten Dimensionen zu bewältigen. U.a. sind hierbei zu nennen: Sicherstellung

der Konnektivität bestehender und neu hinzukommender Produktionsinfrastruktur, Aufnahme von Anlagenzuständen via Sensorik, Datenverarbeitung und -haltung sowie deren kontextbasierte Bereitstellung und die Modellierung neuer Referenzarchitekturen, Produktionsprozesse und Geschäftsmodelle. Darüber hinaus die Entwicklung der Hard- und Software des Ressourcen-Cockpits unter Berücksichtigung von Nutzeranforderungen und ergonomischen, arbeitsrechtlichen und sicherheitstechnischen Fragestellungen und die Ausarbeitung eines informationstechnisch umsetzbaren Rollenmodells. Der vorliegende Beitrag beschreibt die Entwicklung dieses Rollenmodells sowie die Bestimmung der erforderlichen bzw. zulässigen Sichten der einzelnen Nutzergruppen auf Daten und Elemente des Systems und die diesbezüglich relevanten Schnittstellen. Da für die im Rahmen dieses Arbeitspakets stattfindenden Tätigkeiten, Konzepte und Methoden der stakeholderzentrierten Systementwicklung bedeutsam sind, werden zuvor relevante Theorien und der aktuelle Forschungsstand diesbezüglich dargelegt.

3 Theorien und Modelle zur Stakeholderzentrierung bei Systementwicklungen

Ausgehend von der Konzeptualisierung von Trist und Bamforth (1951) sind organisationale Systeme, die zur Erfüllung bestimmter Aufgaben konzipiert und betrieben werden, sozio-technische Systeme, wenn diese sowohl Arbeitskräfte als auch Technologien zur Zielerfüllung einsetzen. Zusammengefasst in der soziotechnischen Systemtheorie (socio-technical system theory) werden Arbeitssysteme in soziale und technische Subsysteme unterteilt, welche fortlaufend miteinander interagieren und sich gegenseitig beeinflussen (Bostrom et al., 2009). Das technische Subsystem wird wiederum in die Kernkomponenten Aufgabe (task) und Technologie (technology) aufgeteilt. Während im Bereich der Aufgabe konkrete Anwendungen, Prozesse und Verfahren, die zur Zielerfüllung eingesetzt werden, betrachtet werden, konzentriert sich der Bereich der Technologie auf die verwendeten Artefakte, Soft- und Hardware sowie Anlagen und Maschinen. Das soziale Subsystem wiederum ist in die Komponenten Struktur (structure) und Personen (people) unterteilt. Im Bereich der Struktur werden Personalsysteme, -einsatz und Hierarchien zusammengefasst; in der Komponente Personen die Belegschaft mit ihren Qualifikationen, Laufbahnen und Entwicklungen (Bostrom & Heinen, 1977). Dem Paradigma der soziotechnischen Systemtheorie folgend, kann auch das im Rahmen des Projekts S-CPS entwickelte cyber-physische System mit dem dazugehörigen Ressourcen-Cockpit als soziotechnisches System verstanden werden.

Ein weiteres Konzept, das die an betriebswirtschaftlichen Prozessen beteiligten bzw. von diesen betroffenen Personen in den Mittelpunkt rückt, ist die Stakeholdertheorie. 1984 von Freeman mit dem Beitrag „Strategic Management: A Stakeholder Approach“ begründet, vereint diese Theorie Ansätze der Organisationstheorie und Unternehmensethik. Die maßgebliche Lehrmeinung der Stakeholdertheorie ist dabei, alle Personen (-gruppen) (Stakeholder), die von unternehmerischen Prozessen, Abläufen und Systemen in irgendeiner Form berührt sind, bei der Gestaltung, Implementierung oder Veränderungen dieser zu berücksichtigen (Reynolds et al., 2006). Dies gilt sowohl für inner- als auch außerbetriebliche Stakeholder, unabhängig ihrer hierarchischen Stellung und ihres gewichteten Beitrags für die Wertschöpfung (Kaler, 2003). Somit werden nicht ausschließlich die Motive und Interessen der Anteilseigner berücksichtigt, um eine möglichst für alle Beteiligten annehmbare Lösung zu generieren. Dieses Vorgehen orientiert sich jedoch nicht ausschließlich daran, bei Managemententscheidungen dem Gemeinwohl stärker Rechnung zu tragen, sondern auch daran, basierend auf konsensorientierten Lösungen, die die Interessenlagen aller Beteiligten bestmöglich berücksichtigen, einen höheren ökonomischen Erfolg zu erzielen. Dieser ökonomische Erfolg kann sich u.a. in Prozess- und Projekteffizienz, Mitarbeiterzufriedenheit, Innovationsfähigkeit und der öffentlichen Unternehmenswahrnehmung widerspiegeln und sich schlussendlich positiv auf Gewinnmaximierung und Marktwert des Unternehmens auswirken (Harrison et al., 2013). Aus mehreren Gründen ist auch bei der Systemgestaltung des S-CPS der Rückgriff auf die Inhalte der Stakeholdertheorie sinnvoll. So sind nicht nur innerbetriebliche Stakeholdergruppen für die Systemnutzung nach erfolgreicher Implementierung vorgesehen, sondern es besteht in zwei der drei zu pilotierenden Anwendungsszenarien auch das Kriterium, Stakeholdern unterschiedlicher Unternehmen die Nutzung des Ressourcen-Cockpits zu ermöglichen.

Während die soziotechnische Systemtheorie und die Stakeholdertheorie hauptsächlich für die Planungs- und Designphasen der Systementwicklung von Relevanz sind, sind für die erfolgreiche Implementierung und Sicherstellung der nachhaltigen Integration in Arbeitsabläufe im Rahmen der Verwendung durch die Mitarbeiter andere Ansätze bedeutsam (vgl. Fritzsche & Oks, 2016). Die „Affordances“-Theorie von Gibson (1979) beschreibt in diesem Zusammenhang den wahrnehmbaren Angebotscharakter, den Objekte in ihrer Umwelt verkörpern. Dabei geht es nicht nur um die Beschaffenheit des Objekts selbst, aus der verschiedene Handlungsmöglichkeiten entstehen, sondern auch um die Absichten, die Handlungsträger aufgrund ihres Vorwissens mit dem Objekt verbinden. Um die Nutzung der Objekte in der Praxis nachvollziehen zu können, müssen beide Aspekte gleichermaßen berücksichtigt werden. Im Fall des Ressourcen-Cockpits bedeutet dies, dass sich dessen Angebotscharakter nicht über das Artefakt selbst genährt wird, sondern über

die entsprechenden, sich dem Nutzer dadurch bietenden Handlungsmöglichkeiten. Durch Berücksichtigung dieser Theorie lassen sich demnach in iterativen Schleifen Implikationen zur Systemgestaltung gewinnen, die sich aus den Handlungsintentionen der Nutzer ableiten lassen.

Die Technologieadaption durch den Nutzer an sich wird mit unterschiedlichen Modellen untersucht. Zu den am weitest etablierten Verfahren gehören das Technologieakzeptanzmodell (Technology Acceptance Model) (Davis, 1989) und die Theorie des geplanten Verhaltens (Theory of Planned Behaviour) (Ajzen, 1991). Das Technologieakzeptanzmodell postuliert, dass die subjektive Einstellung einer Person zur Verwendung einer Technologie von den zwei Faktoren der wahrgenommenen Nützlichkeit (Perceived Usefulness) und der wahrgenommenen Benutzerfreundlichkeit (Perceived Ease of Use) beeinflusst wird. Die Intention zur Verwendung der Technologie wiederum ist von der so entstandenen Einstellung abhängig. Die Theorie des geplanten Verhaltens, eine Weiterentwicklung der Theorie des überlegten Handelns, beschreibt die Determinationsabfolge, die von der Verhaltensintention zum schließlich stattfindenden Handeln führt. Besondere Berücksichtigung findet dabei die wahrgenommene Verhaltenskontrolle des Menschen, die sich positiv auf die Ausführung des Verhaltens auswirkt. Zusammengeführt werden die beiden zuvor beschriebenen Sichtweisen durch das UTAUT-Modell (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology), das unter Berücksichtigung der Akzente beider Theorien die Akzeptanz von Informationstechnologien und die davon abhängige Verwendung bestimmt (Venkatesh et al., 2003).

Insbesondere für den Anwendungsbereich Industrie 4.0 sind die genannten Modelle zur Bestimmung der Technologieakzeptanz und -nutzung von hoher Relevanz. Dies ist darin begründet, dass sich unter der Industrie 4.0-Prämisse das „Nebeneinander“ und die Interaktion zwischen Mensch und Maschine in vielen Bereichen nachhaltig verändert (Hirsch-Kreinsen & ten Hompel, 2015). So wird der Trend der barrierefreien, durchgängigen und adaptiven Mensch-Maschine-Kooperation zukünftig intensiviert voranschreiten. Humanoide Roboter zur Unterstützung der Produktionsarbeiter und am Körper getragene Technologien wie Augmented-Reality-Brillen und Exoskelette können hierfür als Beispiele dienen (Oks et al., 2017). Darüber hinaus gilt dies auch für das Ressourcen-Cockpit des Projekts S-CPS. Als Mensch-Maschine-Schnittstelle, im mobilen Einsatz auf unterschiedliche Hardware (Tablets, Smartphones, etc.) zurückgreifend, empfiehlt sich ein stakeholderzentrierter Systementwicklungsansatz, unter Berücksichtigung der in diesem Abschnitt vorgestellten Theorien und Modelle.

4 Ausarbeitung von Rollen, Views und Schnittstellen für das S-CPS Ressourcen-Cockpit

Dem Verständnis der soziotechnischen Systemtheorie folgend, wurde das zu entwickelnde S-CPS inklusive des angeschlossenen Ressourcen-Cockpits als ein sozio-technisches System interpretiert. Dementsprechend wurde neben den Entwicklungstätigkeiten im technischen Subsystem ein gleichwertiger Fokus auf die durchzuführenden Arbeiten im sozialen Pendant gelegt. Die in diesem Beitrag beschriebenen Tätigkeiten zur Erstellung eines funktional umsetzbaren Rollen-, Views- und Schnittstellenmodells vereint dabei die beiden Komponenten des sozialen Subsystems, Struktur und Personen. Die Komponente Struktur findet sich in der Modellentwicklung, die unter organisationalen Gesichtspunkten sicherstellt, dass das Ressourcen-Cockpit Arbeitsabläufe, auch über Rollengruppen-, Abteilungs- und gar Unternehmensgrenzen hinweg, effizient koordiniert und unterstützt. Des Weiteren wurden neu entworfene Soll-Prozesse antizipiert und in der Konzeptualisierung des Rollen-, Views- und Schnittstellenmodells verankert. Die Komponente Personen wurde dabei insofern inkludiert, dass der Stakeholdertheorie entsprechend, ein stakeholderzentrierter Entwicklungsansatz verfolgt wurde, der allen beteiligten und betroffenen Stakeholdern die Möglichkeit geben sollte, an der Planung, dem Design und der Implementierung des S-CPS zu partizipieren.

Auch wurde das Ressourcen-Cockpit mit dem Anspruch entworfen, für ein möglichst breites Spektrum an Anwendungsszenarien im Rahmen von industriellen Instandhaltungstätigkeiten eingesetzt werden zu können. Verdeutlicht wird dies u.a. durch die heterogenen Branchen, Unternehmensgrößen und -rechtsformen der pilotierenden Praxispartner (ein OEM aus der Automobilindustrie, ein OEM aus der Automobilzuliefererindustrie sowie ein mittelständischer Windkraftanlagenbetreiber). Darüber hinaus unterscheiden sich die jeweiligen Anwendungsszenarien auch dahingehend, inwieweit und unter welcher Prämisse das System über Organisationsgrenzen hinweg verwendet werden soll (rein innerbetrieblich, in Kooperation mit einem strategischen Partner oder mit Subunternehmen, an die Instandhaltungsaufgaben ausgelagert wurden). Weitere Unterschiede ließen sich mit Bezug auf die geplante Verwendung des S-CPS zu strategischen Unternehmenszwecken feststellen (Oks et al., 2016). Die Herausforderung bei diesem diversifizierten Spektrum an Anwendungsszenarien und den damit einhergehenden unternehmensspezifischen Anforderungen ist es, ein Ressourcen-Cockpit und vorgelagert ein Rollen-, Views- und Schnittstellenmodell zu konzipieren, das die unterschiedlichen Anforderungen weitestmöglich verallgemeinert, um eine komplementäre Lösung, die für alle im Projekt repräsentierten, aber auch darüber hinaus bestehenden Szenarien zielerfüllend verwendbar ist.

Nachfolgend wird das methodische Vorgehen beschrieben, welches für die Ausarbeitung des Rollen-, Views- und Schnittstellenmodell, unter Berücksichtigung der zuvor erläuterten Erfordernisse der Stakeholderpartizipation und der Generalisierbarkeit für heterogene Anwendungsszenarien, angewandt wurde:

1. Der erste Arbeitsschritt erfolgte mit dem Ziel, alle Stakeholder zu identifizieren, die von der Einführung des Ressourcen-Cockpits betroffen sein würden. Unterschieden wurde hierbei zwischen späteren Systemnutzern und Personengruppen, die zwar nicht mit dem System direkt arbeiten würden, aber von Prozess- und Arbeitsablaufveränderungen, die mit der Systemeinführung einhergehen, betroffen sein würden. Zur Identifikation der Stakeholder wurden alle Ist-Prozesse der Instandhaltung gesammelt, analysiert und schließlich in Form von Prozessmodellierungen systematisch visualisiert. In Ergänzung dazu wurden Abteilungsorganigramme und Funktionsbäume der Instandhaltung und anderer produktionsnaher Abteilungen ausgewertet. Um nicht nur den Status quo zu berücksichtigen, sondern um auch eventuell darüber hinaus zu berücksichtigende Stakeholder zu erfassen, wurden die Soll-Prozesse auf gleiche Art und Weise ausgewertet.
2. Darauf folgend wurden die Strukturen der einzelnen Stakeholdergruppen und deren Verbindungen untereinander visualisiert. Hierdurch konnten Interdependenzen und hierarchische Stellungen anschaulich verdeutlicht werden.
3. In den zwei Anwendungsfällen, in denen das S-CPS nicht ausschließlich innerbetrieblich verwendet wird, wurden daraufhin die interorganisationalen Systemschnittstellen definiert und die Stakeholder des strategischen Partners bzw. der Subunternehmen ebenfalls erfasst und ergänzend in die Visualisierung eingefügt.
4. Um die Rollen der einzelnen Stakeholder besser definieren zu können, wurden die jeweiligen Aufgaben und deren Bezug zur Instandhaltung aufgenommen und ebenfalls in die Visualisierung integriert. Hierbei fanden wiederum sowohl die Aufgaben des Ist- als auch des Soll-Prozesses Berücksichtigung.
5. In Ergänzung zu dem vorherigen Schritt wurden die Informations- und Ressourcenbedarfe für die Bewältigung der jeweiligen Aufgaben ermittelt. Dadurch konnten die instandhaltungsrelevanten Informations- und Materialflüsse direkt mit den Stakeholdern und deren jeweiligen Arbeitsschritten verknüpft werden, was eine Voraussetzung darstellte, um die Verzahnung mit anderen Arbeitspaketen, beispielsweise der Ausarbeitung der Referenzarchitektur, sicherzustellen.

Die Ergebnisse der Schritte eins bis sechs wurden in Form von unternehmensindividuellen Stakeholder Maps zusammengefasst (Oks & Fritzsche, 2015). Diese grafischen Abbildungen wurden im nachfolgenden Prozess in zweierlei Hinsicht verwendet. Zum einen wurden die Stakeholder Maps als Grundlage für das Stakeholdermanagement herangezogen, um einen zielgerichteten und konfliktvorbeugenden Entwicklungsprozess über den gesamten Projektzeitraum sicherzustellen. Die dazu gehörenden Maßnahmen waren die Abschätzung der Projektunterstützung der einzelnen Stakeholder (-gruppen) sowie die Ausarbeitung eines Stakeholdermanagementplans, der sowohl die Gruppen nannte, deren Einstellung bzw. Position gegenüber dem Projekt verbessert werden sollte sowie geeignete Maßnahmen für diesen Zweck, wie beispielsweise das Angebot von Informationsterminen und fachoffenen Workshops. Zum anderen wurden die Stakeholder Maps herangezogen, um die Ausarbeitung und anschließende Orchestrierung der unterschiedlichen Rollen für das Ressourcen-Cockpit durchzuführen. Hierzu wurden, je nach Gruppengröße, mit Repräsentanten einzelner Stakeholdergruppen (Management, Betriebsräte, etc.) semistrukturierte Interviews geführt, während der Input anderer Gruppen (Instandhaltungspersonal, Facharbeiter, externes Servicepersonal, etc.) durch Fokusgruppen und Fragebögen eingeholt wurde. Die Aussagen wurden im Anschluss systematisch ausgewertet und unter Ergänzung der zuvor ausgearbeiteten Soll-Prozesse zur Entwicklung der unternehmensindividuellen Rollenmodelle herangezogen. Die in diesen Modellen verankerten Rollen mussten jedoch nicht zwangsläufig deckungsgleich den Stakeholdern sein, da als Rollen nur diese Gruppen berücksichtigt wurden, die als Systemverwender vorgesehen waren. Im Anschluss wurden die Rollenmodelle in iterativen Validierungsschleifen durch Vertreter der Stakeholdergruppen validiert.

Aufgrund der bereits zuvor erläuterten Zielsetzung der Generalisierbarkeit des S-CPS für diverse Anwendungsszenarien wurden die drei unternehmensindividuellen Rollenmodelle nachfolgend zu einem Rollenmodell zusammengefasst, das die Anwendbarkeit bei den drei Anwendungspartnern bei gleichzeitig größtmöglicher Generalisierung sicherstellt. Auch dieser Arbeitsschritt wurde wiederum durch Rückspiegelungen mit den Stakeholdern der einzelnen Praxispartner validiert. Eine Übersicht über das auf diesem Weg finalisierte Rollenmodell im Projekt S-CPS gibt Tabelle 1 im nachfolgenden Ergebniskapitel.

Im Rahmen der weiteren Systementwicklung wurden anschließend die durch die Referenzarchitektur (Reidt et al., 2016) definierten Funktionalitäten des Ressourcen-Cockpits mit den aufgenommenen Soll-Prozessen, die ebenso wie das Rollenmodell anhand eines Use Case-Katalogs generalisiert wurden, verknüpft. Darüber hinaus wurden in diesem Arbeitsschritt die Schreib- und

Leserechte der einzelnen Rollen definiert. Das Ergebnis ist eine Sammlung der rollenspezifischen Sichten, die das Ressourcen-Cockpit im jeweiligen Prozessschritt in Form von Informationen und Eingabemöglichkeiten visuell ausgibt. Da dieser Entwicklungsschritt eine direkte Vorarbeit für die nachfolgenden Aufgaben der Systemprogrammierung und Softwareergonomie-orientierten grafischen Gestaltung der Programmdarstellung war, wurde für die Darstellung der Sammlung der rollenspezifischen Sichten die Form eines „klickbaren“ html-basierten Mock-ups gewählt. Neben dem Vorteil, dass zuvor genannte darauf aufbauende Entwicklungsaktivitäten dadurch vereinfacht durchgeführt werden konnten, bot sich die Möglichkeit, den Stakeholdern frühzeitig eine visuelle, und durch Klickbarkeit veranschaulichte Simulation der Funktionalitäten des Ressourcen-Cockpits zur Zwischenevaluation vorzulegen. Ebenso wie das Rollenmodell werden auch die Logik und Beispiel-Views des Mock-ups im anschließenden Ergebnisabschnitt dieses Beitrags dargelegt.

Abschließend wurden noch die durch unternehmensübergreifende Zusammenarbeiten im Instandhaltungsprozess (zum einen strategische Kooperation, zum anderen operationales Outsourcing) bedingten interorganisationalen Schnittstellen identifiziert und ebenfalls im Mock-up integriert.

5 S-CPS Rollenmodell und Mock-up

Nachfolgend werden die Ergebnisse der zuvor beschriebenen Entwicklungstätigkeiten dargestellt. Diese veranschaulichen einerseits die schlussendliche Systemkonfiguration des S-CPS Instandhaltungssystems, können andererseits aber auch als Grundlagen für anderweitige Entwicklungen von auf cyberphysischen Systemen basierenden Instandhaltungssystemen herangezogen werden.

Ausgehend von den sehr diversifizierten Rollenmodellen in den drei Anwendungsunternehmen wurde nachfolgendes generalisiertes Rollenmodell entworfen, das vier Rollengruppen mit elf auf diese Gruppen verteilte Rollen beinhaltet und in Tabelle 1 abgebildet ist.

Tabelle 1: Rollenmodell des S-CPS

Rollengruppe	Rolle
Management	Produktions(abschnitts)leiter/Betriebsführer
	Instandhaltungsleiter
Instandhaltung	Gruppenleiter
	Technischer Sachbearbeiter
	Instandhalter (Elektronik)
	Instandhalter (Mechanik)
Fertigung	Fertigungsabschnittsleiter/Meister
	Straßenführer/Bediener
	Material-/Werkzeugausgeber
Externer Service	Sachbearbeiter
	Techniker

Während die drei Rollengruppen Management, Instandhaltung und Fertigung unternehmensinterne Rollen vereinen, handelt es sich in der Gruppe externer Service um außerorganisationale Rollen. Um dem Anspruch einer möglichst hohen Anwendungsgeneralität gerecht zu werden, sind die jeweiligen Zusammenstellungen von Rollengruppen und Rollen je nach Kontext individuell zusammenstellbar. So können ja nach Anwendungskontext Systemkonfigurationen erstellt werden, die bedarfsentsprechend Rollengruppen und darin enthaltene Rollen berücksichtigen oder aber auch nicht. So ist beispielsweise bei einer im Unternehmen autark durchgeführten Instandhaltung die Rollengruppe externer Service nicht zu berücksichtigen.

Einer jeweiligen Systemkonfiguration entsprechend, gilt es auch das System-Mock-up anzupassen. Das für das S-CPS erstellte Mock-up berücksichtigt dies durch die Sicherstellung von Modularität in der Prozessablaufdarstellung. Den Funktionsumfang des Mock-ups zeigt Abbildung 2.



Ressourcen-Cockpit: Mock-up & Views



Abbildung 2: Funktionsumfang des S-CPS Mock-ups

Die in Abbildung 2 anwählbaren Szenarien zeigen, welche unterschiedlichen Verläufe bei der Bewältigung von Instandhaltungsaufgaben rollenspezifisch durch das Mock-up simuliert werden können. Nach Auswahl des jeweiligen Szenarios werden die Views und Funktionen je nach Rolle bis zum erfolgreichen Abschluss des Instandhaltungsauftrags durchlaufen. Ein Beispiel-View in der Rolle des Instandhalters bei einer handlungsleitfadenunderstützten Reparatur ist in Abbildung 3 gezeigt.

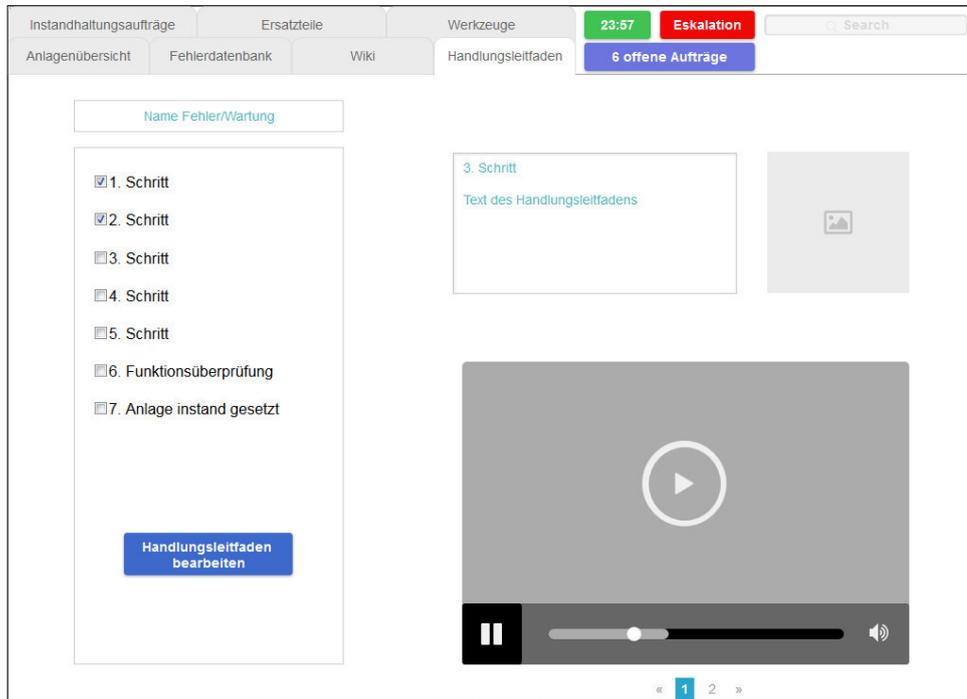


Abbildung 3: Beispiel-View aus dem S-CPS Mock-up

Nachdem die Ergebnisse des Arbeitspakets Rollen, Views und Schnittstellen zurückliegend dargestellt wurden, soll abschließend im Folgenden ein Ausblick gegeben werden, der die im Rahmen des Projekts S-CPS erlangten Erkenntnisse zu auf cyber-physischen Systemen basierender Instandhaltung in den Kontext von Industrie 4.0 setzt und Ansätze für anschließende Forschung aufzeigt.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Neben den beschriebenen konkreten Arbeitsergebnissen in Form des Rollenmodells und Mock-ups, konnten weitere Erkenntnisse durch das Arbeitstakt Rollen, Views und Schnittstellen erlangt werden, die für die fortschreitende Digitalisierung von industriellen Wertschöpfungsprozessen im Kontext von Industrie 4.0 von Wert sind. Zunächst ist diesbezüglich der maßgeblich gestiegenen Komplexitätsgrad von industriellen Systemarchitekturen zu nennen, der Organisationen vor große Herausforderungen stellt (Fritzsche & Oks, 2016). Wie im Projekt S-CPS zu erkennen, sind bei Systementwicklungen organisationale Abteilungs- Kompetenz- oder gar Unternehmensgrenzen nicht mehr für Systemabgrenzungen probat. So sind in das Instandhaltungssystem S-CPS weit mehr Abteilungen und Organisationsbereiche involviert als nur die innerbetriebliche Instandhaltungsabteilung. Dies trifft auf unterschiedlichen Ebenen zu. So sind zum einen Daten aus unterschiedlichsten Quellen (Produktion, Lagerhaltung, Auftrags- und Personalmanagement, etc.) nötig, um die volle Funktionalität des S-CPS zu erreichen. Gleiches, wie für die Zugänglichkeit von Daten, gilt auch auf der Prozessebene, wo eine zunehmende Verlinkung und Vernetzung über unterschiedliche Organisationsbereiche festzustellen ist. Ein weiteres Indiz für die steigende Komplexität ist die stetig wachsende Menge an verfügbaren Daten, die durch sensorbasierte Produktionssysteme entsteht. Diese Daten können nur dann als Katalysator für die Optimierung von Effektivität und Effizienz dienen, wenn sie durch zweckorientierte Aufarbeitung (Big Data zu Smart Data) in ein Format gebracht werden, das kontextabhängig und rollenbasiert dem jeweiligen Mitarbeiter zur Verfügung gestellt werden.

Die genannte Rollenbasierung betont die Relevanz der Stakeholderzentrierung bei der Planung, dem Design und der Implementierung insbesondere von sozio-cyber-physischen System, also Systemarchitekturen, die explizit als sozio-technische Systeme einzustufen sind. So verspricht dieser Ansatz, sich positiv auf die Partizipativität des Entwicklungsprozesses und die anschließende Systemakzeptanz auszuwirken. Weiterhin zeigt sich der Ansatz der Generalisierbarkeit als hervorhebungswürdig. Da aufgrund unterschiedlichster unternehmensindividueller Anwendungsszenarien Standardsystemkonfigurationen im Kontext der Industrie 4.0-basierten Wertschöpfung als immer weniger anwendbar gelten, kommt generalisierbaren Rollen-, Referenz- und Schnittstellenmodellen, die als Grundpfeiler der Industrie 4.0-gerechten Systementwicklung eingesetzt werden können, eine zunehmend wichtige Rolle zu. In Ergänzung dazu bieten Referenzarchitekturen und Applikationskarten die Möglichkeit, industrielle cyber-physische Systeme systematisch zu

implementieren und fortlaufend, mit dem Ziel eine ganzheitliche und durchgängige Produktion und Wertschöpfung nach Industrie 4.0-Standards zu erreichen, miteinander zu verbinden. Gerade auch für diesen Anwendungsbe- reich sind zukünftige Forschungsvorhaben und wissenschaftlich-anwen- dungsorientierte Pilotierungen von großem Wert. So sollten anschließende Forschungsvorhaben Systematiken erarbeiten, die bereits bestehende Insel- projekte zu Gesamtsystemen zusammenfassen. Da hierbei sowohl Produk- tion als auch Services ebenso wie Produkte systematisch zu digitalen Wert- schöpfungssystem orchestriert werden müssen, bieten sich disziplinübergrei- fende Forschungskonsortien an, die Fachbereiche der Wirtschafts-, Ingeni- eurs-, Arbeits-, Systemwissenschaften, etc., wie bereits im Projekt S-CPS ge- sehen, weiterhin zusammenbringen.

7 Literaturverzeichnis

- acatech (Hrsg.). (2011). Cyber-physical systems-Innovationsmotor für Mobili- tät, Gesundheit, Energie und Produktion. acatech POSITION. Heidelberg: Springer.
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational behavior and human decision processes*, 50 (2), 179-211.
- Bostrom, R. P., Gupta, S., & Thomas, D. (2009). A Meta-Theory for Under- standing Information Systems within Sociotechnical Systems. *Journal of Management Information Systems*, 26 (1), 17-48.
- Bostrom, R. P., & Heinen, J. S. (1977). MIS Problems and Failures: A Socio- Technical Perspective. Part I: The Causes. *MIS Quarterly*, 1 (3), 17-32.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.). (2014). Industrie 4.0 – Innovationen für die Produktion von morgen. Berlin: BMBF
- CyPhERS. (2014). Cyber-Physical European Roadmap & Strategy – Structur- ing of CPS Domain: Characteristics, trends, challenges and opportunities associated with CPS. Technical Report CyPhERS Deliverable D3.1.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS quarterly*, 13 (3), 319-340.
- Fortino, G., Guerrieri, A., Russo, W., & Savaglio, C. (2014). Middlewares for smart objects and smart environments: overview and comparison. In G. Fortino, & P. Trunfio (Hrsg.), *Internet of things based on smart objects— technology, middleware and applications* (S. 1-27). Heidelberg: Springer International Publishing.

- Freeman, R. E. (1984). *Strategic Management - A Stakeholder Approach*. Boston: Pitman.
- Fritzsche, A. (2017). Open Innovation and the Core of the Engineer's Domain. In D. Michelfelder, B. Newberry, & Q. Zhu (Hrsg.), *Philosophy and Engineering* (S. 255-266). Dordrecht: Springer International Publishing.
- Fritzsche, A., & Oks, S. J. (2016). Learning to speak "digital" – how industry applies cyber-physical design concepts in new systems implementations. *Information Systems Foundations Workshop: Theorising Digital Innovation*.
- Geisberger, E., & Broy, M. (Hrsg.). (2015) *Living in a networked world—integrated research agenda cyber-physical systems (agendaCPS)*. acatech Study. München: Herbert Utz Verlag.
- Gibson, J. J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. Boston: Houghton Mifflin.
- Harrison, J. S., & Wicks, A. C. (2013). Stakeholder Theory, Value, and Firm Performance. *Business Ethics Quarterly*, 23 (1), 97-124.
- Hirsch-Kreinsen, H., & ten Hompel, M. (2015). Digitalisierung industrieller Arbeit – Entwicklungsperspektiven und Gestaltungsansätze. In B. Vogel-Heuser, T. Bauernhansl, & M. ten Hompel (Hrsg.), *Handbuch Industrie 4.0 – Produktion, Automatisierung und Logistik*. (S. 1-20). Wiesbaden: Springer.
- Kaler, J. (2003). Differentiating Stakeholder Theories. *Journal of Business Ethics*, 46, 71-83.
- Lee, E. A. (2008). Cyber physical systems: design challenges. In 11th IEEE international symposium on object/component/service-oriented real-time distributed computing (S. 440–451).
- Marwalder, P. (2011). *Embedded system design: embedded systems foundations of cyber-physical systems*. Netherlands: Springer.
- Nist. (2013). *Strategic Vision and Business Drivers for 21st Century Cyber-Physical Systems*. Report from the Executive Roundtable on Cyber-Physical Systems.
- Oks, S. J., & Fritzsche, A. (2015). Importance of user role concepts for the implementation and operation of service systems based on cyber-physical architectures. In *ininteract* (S. 379-382).
- Oks, S. J., Fritzsche, A., & Lehmann, C. (2016). The digitalisation of industry from a strategic perspective. *R&D Management Conference (RADMA)*.

- Oks, S. J., Fritzsche, A., & Möslein, K. M. (2017). An application map for industrial cyber-physical systems. In H. Song, S. Jeschke, C. Brecher, & D. B. Rawat (Hrsg.), *Industrial internet of things: cybermanufacturing systems* (S. 21-46). Springer International Publishing.
- Reidt, A., Duchon, M., & Krcmar, H. (2016). *Referenzarchitektur eines Ressourcen-Cockpits zur Unterstützung der Instandhaltung*. München: fortiss.
- Reynolds, S. J., Schultz, F. C., & Hekman, D. R. (2006). Stakeholder Theory and Managerial Decision-Making: Constraints and Implications of Balancing Stakeholder Interests. *Journal of Business Ethics*, 64, 285-301.
- Trist, E. L., & Bamforth, K. W. (1951). Some Social and Psychological Consequences of the Longwall Method of Coal-Getting: An Examination of the Psychological Situation and Defences of a Work Group in Relation to the Social Structure and Technological Content of the Work System. *Human Relations*, 4 (1), 3-38.
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly*, 27 (3), 425-478.

Autoren



Oks, Sascha Julian

Sascha Julian Oks studierte an der Universität Bayreuth und der University of Stellenbosch in Südafrika Betriebswirtschaftslehre. Seit Anfang 2014 arbeitet er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, insb. Innovation und Wertschöpfung (Prof. Dr. Kathrin M. Möslein) an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg und promoviert im Themenbereich industrieller cyber-physischer Systeme. Seine Forschungsschwerpunkte liegen neben der Nutzung von Open Innovation in der Gesundheitsbranche auf den Einflüssen und Auswirkungen der vierten industriellen Revolution auf Wertschöpfungsprozesse und Geschäftsmodelle. In Ergänzung zu seinen akademischen Tätigkeiten ist Herr Oks als Reserveoffizier im Bereich der Vorgesetztenausbildung an der Marineschule Mürwik beordert.



Fritzsche, Albrecht

Albrecht Fritzsche, Diplom Mathematiker und Magister Artium, hat an der Universität Hohenheim im Fach Industriebetriebslehre promoviert. Darüber hinaus besitzt er einen weiteren Dokortitel im Fach Technikphilosophie von der technischen Universität Darmstadt. Herr Fritzsche war acht Jahre in der Automobilindustrie als Systemexperte tätig und begleitete danach über viele Jahre strategische Technologieprojekte in Europa und Asien als externer Berater. Derzeit arbeitet er in Forschung und Lehre am Institut für Wirtschaftsinformatik an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Er befasst sich dabei im Schwerpunkt mit den Determinanten und Folgen der digitalen Transformation der Gesellschaft und dem Management komplexer Innovationsprozesse.



Möslein, Kathrin M.

Prof. Dr. Kathrin M. Möslein ist Inhaberin des Lehrstuhls für Wirtschaftsinformatik, insbes. Innovation und Wertschöpfung am Fachbereich Wirtschaftswissenschaften der Universität Erlangen-Nürnberg und Forschungsprofessorin und Mitglied im Direktorium des Center for Leading Innovation & Cooperation (CLIC) an der Handelshochschule Leipzig. Die Forschungs- und Arbeitsschwerpunkte von Kathrin M. Möslein liegen in den Bereichen der strategischen Innovation, Kooperation und Führung sowie ihrer IT-Unterstützung im Unternehmen. Lehrveranstaltungen behandeln Fragen der interaktiven Wertschöpfung, des Innovationsdesigns sowie der Entwicklung und Umsetzung von Innovationsstrategien und Führungssystemen.

