

Systems Engineering Potentiale und Anwendungsfälle für die Angebotsphase im Sondermaschinenbau

Systems Engineering Potentials and Use Cases for the Offer Phase in Special Purpose Machinery

Daria Wilke^{1,*}, Lynn Humpert¹, Johanna Mansheim¹, Harald Anacker¹, Roman Dumitrescu¹

¹ Fraunhofer Institute for Mechatronic Systems Design IEM

* Korrespondierender Autor:

Daria Wilke
Zukunftsmeile 1
33102 Paderborn
Germany
☎ +49 5251 5465217
✉ daria.wilke@iem.fraunhofer.de

Abstract

Customer demands for individualization and product complexity are constantly increasing. This poses significant economic and technical challenges in terms of cost, time, and solutions, especially for special purpose machinery. These challenges have a particular impact on the interfaces to the customer, such as the offer phase. Systems Engineering (SE) can help to overcome these challenges. In this paper, the potential benefits of SE are presented and then applied to individual scenarios in the offer phase of a selected company in the special machinery industry. For this purpose, the actual situation of the offer phase was analyzed and presented in four use cases.

Keywords

Special Purpose Machinery, Mechanical and Plant Engineering, Offer Phase, Systems Engineering, System Model

1. Motivation und Ausgangssituation

Der Sondermaschinenbau in Deutschland zeichnet sich durch eine hohe Innovationskraft aus. „Deutschland erwirtschaftet fast die Hälfte der Wertschöpfung im EU-Maschinenbau. In den deutschen Maschinenbau-Unternehmen ist die Fertigungstiefe ausgesprochen hoch. Sie resultiert aus der dominierenden Produktionsaufgabe: spezielle Lösungen für individuelle Kundenprobleme“ [1]. Dieser Trend zur Individualisierung von Produkten ist neben weiteren Branchen insbesondere im Maschinen- und Anlagenbau zu beobachten [2]. Viele Anlagenbauer setzen auf Modularisierungsansätze, um eine kundenindividuelle Massenfertigung zu verfolgen. Die Herausforderung der richtigen Balance zwischen Individualisierung und Massenfertigung wird in Wissenschaft und Industrie intensiv diskutiert [3]. Eine besondere Bedeutung kommt eingrenzend dem Sondermaschinenbau bezüglich kundenindividueller Lösungen zu. Er muss aus wirtschaftlichen Gründen einen vernünftigen Kompromiss zwischen Individualität und Standardisierung (Wiederverwendung) von Lösungen finden [4].

Die beschriebene Herausforderung gilt nicht nur für das Produkt selbst. Sie lässt sich auch auf den Angebotsprozess übertragen, in dem der technische Vertrieb dem Kunden ein individuelles Angebot für seine Anfrage unterbreitet. Ein sorgfältig ausgearbeitetes Angebot mit Lösungskonzept verursacht jedoch auf Unternehmensseite erhebliche Kosten (z.B. durch Aktivitäten wie eine intensive Kundenbetreuung zur Anfrageerfassung, Abstimmung mit den Fachabteilungen, Zeichnungserstellung der Projektierung, Preisfindung, etc.). Der Aufwand für Angebote ohne Auftragsannahme muss daher den gewonnenen Aufträgen zugerechnet werden. In der Investitionsgüterindustrie liegt die Konversionsrate von Angeboten beispielsweise bei ca. 10 % und darunter [4]. Aus unternehmerischer Sicht ist es daher wichtig, sich auf eine möglichst effiziente Gestaltung aller Angebotsaktivitäten zu fokussieren [4].

Vor diesem Hintergrund hat sich die Firma Wemhöner Surface Technologies GmbH & Co. KG zum Ziel gesetzt, die eigenen Angebotsaktivitäten zu beleuchten. Wemhöner ist ein deutsches Unternehmen mit Sitz in Herford, das sich auf die Entwicklung und Herstellung von Anlagen und Maschinen für die Oberflächenveredelung, insbesondere für die Holzbearbeitung, spezialisiert hat. Das Unternehmen hat sich im Laufe der Jahre für innovative Technologie und maßgeschneiderte Lösungen spezialisiert. In enger Zusammenarbeit mit den Kunden werden deren spezifische Anforderungen erfüllt. Verbesserungsbedarf sieht Wemhöner insbesondere bei der Datentransparenz und der Kommunikation (intern und extern mit dem Kunden) in der Angebotsphase. Diese Herausforderung spiegelt auch eine VDI-Studie zu Vorgehensweisen und Erfolgsfaktoren im Angebotsmanagement anderer Maschinen- und Anlagenbauer aus dem Jahr 2007 wider [5]. Hinzu kommt der Trend zu komplexeren Kundenanfragen. Sondermaschinen entwickeln sich zu Cyber-Physical Systems (CPS), d.h. Maschinen sollen zunehmend eingebettete Software enthalten und mit interaktiven Anwendungssystemen (z.B. Internet) nutzbar sein [6]. Wemhöner bietet beispielsweise die Fernwartung von Maschinen auch über Firmengrenzen hinweg an. „Im vergangenen Jahr hat man erstmalig zwei Anlagen für 12 und für 14 Millionen Euro verkauft, was laut Wemhöner mit der Komplexität und der Automatisierung zusammenhängt“. Der technische Vertrieb muss daher befähigt werden und in der Lage sein, auch ohne komplexes Fachwissen der einzelnen Disziplinen, das Verständnis des Kunden für die gewünschte Lösung zu klären.

Die meisten von Wemhöner verkauften Maschinen sind Anpassungskonstruktionen. In Anlehnung an EHRENSPIEL kann zwischen korrigierender und generierender Produktadaption unterschieden werden [7, 8]. Für den Anteil der Entwicklung von (innovativen) Neukonstruktionen kann kaum auf Standardkalkulationen zurückgegriffen werden. Dies stellt eine Herausforderung in der Preiskalkulation dar. Die Kunst besteht darin, unter Berücksichtigung des Konstruktionsaufwandes und der zukünftigen Materialpreise (im Sinne von Rohstoffen und Zukaufteilen), eine vorausschauende Kalkulation zu erstellen, die nicht durch überhöhte Preisforderungen ein Ausschlusskriterium für einen potenziellen Kunden darstellt bzw. im umge-

kehrten Fall alle anfallenden Kosten deckt und gleichzeitig einen entsprechenden Gewinn bietet. Bisher nutzt Wemhöner ein selbst entwickeltes Kalkulationstool auf Excel-Basis, welches eine erste Hilfestellung bei der Wiederverwendung von Lösungskomponenten darstellt. Bei der Neukonstruktion von Maschinenbaugruppen mit kundenspezifischer Fertigung greift dieses Hilfsmittel nicht vollständig, da z.B. der Konstruktionsaufwand bei neuen Lösungen schwer abzuschätzen ist. Seitens Wemhöner wird angestrebt, die Genauigkeit der Angebotskalkulation zu verbessern.

Durch die zunehmende Komplexität der Produkte bestehen auch Unsicherheiten bezüglich der Umsetzung der Lösung: Sind alle Anforderungen berücksichtigt? Kann die Lösung ohne großes Risiko umgesetzt werden? Wurden alle Wechselwirkungen berücksichtigt? Um diesen Herausforderungen bei der Entwicklung komplexer (intelligenter) technischer Systeme (wie z.B. einer Sondermaschine) zu begegnen, ist Systems Engineering (SE) ein vielversprechender Ansatz. Laut dem International Council on Systems Engineering (INCOSE) ist Systems Engineering ein transdisziplinärer und integrativer Ansatz zur erfolgreichen Realisierung, Nutzung und Entsorgung technischer Systeme unter Anwendung von Systemprinzipien und -konzepten sowie wissenschaftlichen, technologischen und managementbezogenen Methoden [9].

Der Bedarf an Hilfsmitteln für die Angebotsphase im Sondermaschinenbau wurde im Rahmen des Forschungsprojektes SE4OWL (Systems Engineering für OWL) durch eine vom Fraunhofer IEM durchgeführte Interviewstudie mit 14 Sondermaschinenbauern bestätigt [Veröffentlichung in Vorbereitung]. SE ist in der Luft- und Raumfahrt seit Jahrzehnten fest etabliert und stößt heute auch in vielen anderen Branchen auf wachsendes Interesse. Allerdings sind die Ansätze nicht 1:1 auf alle Branchen übertragbar [3]. Im Transferprojekt mit dem Sondermaschinenbauer Wemhöner soll der Übertrag auf die Angebotsphase des Sondermaschinenbaus fokussiert werden. Damit leistet dieses Transferprojekt einen Beitrag zum Zukunftsfeld der Weiterentwicklung der Ansätze des Advanced Systems Engineering.

In diesem Beitrag wird die Vorgehensweise vorgestellt, wie der Transfer von SE in die Angebotsphase im Sondermaschinenbau gelingen kann. Dazu erfolgt nach einer Darstellung des Forschungsstandes (Kapitel 2) die Vorstellung der Forschungsfrage in Kapitel 3. In Kapitel 4 wird die im Transferprojekt angewandte Vorgehensweise vorgestellt. Abschließend werden in Kapitel 5 die identifizierten SE-Nutzenpotentiale und Anwendungsfälle für die Angebotsphase im Sondermaschinenbau dargestellt. Kapitel 6 schließt mit einem Fazit.

2. Stand der Forschung

Eine Angebotserstellung ist ein Kommunikations- und Akquisitionsprozess mit einer Vielzahl von Informationsdaten, die zwischen Kunde, technischem Vertrieb, Fachabteilungen und Zulieferern ausgetauscht werden. Der technische Vertrieb nimmt dabei eine Mittlerrolle ein. Er bildet die Schnittstelle zum Kunden und steht im Spannungsfeld zwischen Kunden- und Unternehmensinteressen [10]. Aufgrund der Vielzahl der beteiligten Fachdisziplinen und der Komplexität der entwickelten Maschinenlösungen ist es für den technischen Vertrieb sehr schwierig bis unmöglich, den Überblick über sämtliche Zusammenhänge und alle bisher entwickelten Maschinenlösungen zu behalten.

Zur Untermauerung der Richtlinie VDI 4504 – Angebotsmanagement im Industriegütergeschäft wurde 2007 durch den VDI-Fachausschuss „Operativer Vertrieb“ eine Umfrage unter Betrachtung von Business-to-Business-Projekten durchgeführt. Von den 281 Teilnehmern wurden einige Verbesserungspotentiale genannt [5], wie z.B: Bessere IT-Unterstützung in Form von CRM, ERP und Produktkonfiguratoren, Modulbauweise bzw. Baukastensysteme; Transparenz und Kommunikation (intern und extern); ein durchgängiger Informationsfluss; bessere Kalkulationsgrundlagen und eine optimierte Zusammenstellung der benötigten Informationen. Es ist daher davon auszugehen, dass diese Verbesserungspotentiale bereits seit einigen Jahren bestehen, jedoch noch nicht adäquat umgesetzt wurden. Wie bereits in Kapitel 1 erwähnt,

kann (Model Based) Systems Engineering ein geeigneter Ansatz zur Umsetzung der Verbesserungspotentiale sein. Gemäß den Grundprinzipien des Systems Engineering verfolgt das Model-Based Systems Engineering (MBSE) das übergeordnete Ziel, die Ergebnisse verschiedener Aktivitäten und Disziplinen der Systementwicklung in einem umfassenden Systemmodell zu integrieren. Zahlreiche Quellen weisen auf den Nutzen und Potentiale des Systems Engineering hin, wie z.B. [11–13]. Es gibt jedoch nur wenige Veröffentlichungen, die sich auf den Sondermaschinenbau beziehen. Die Veröffentlichung von SCHIERBAUM befasst sich mit dem Maschinenbau. A. SCHIERBAUM hat sechs Nutzenpotentiale des Systems Engineering explizit für den Maschinenbau identifiziert. Diese Nutzenpotentiale wurden durch Literatur, vor allem aber durch 40 Transferprojekte mit Maschinenbauunternehmen identifiziert. Insgesamt gab es in den Transferprojekten drei wesentliche Stoßrichtungen, die die Unternehmen veranlassten, sich mit Systems Engineering auseinander zu setzen [14]. Dabei ging es erstens um die Entwicklung kundenindividueller Marktleistungen sowie zweitens um die systematische Entwicklung von Produkt- und/oder Dienstleistungsinnovationen mit Schwerpunkt auf interdisziplinärer Zusammenarbeit. Drittens waren unternehmensinterne Veränderungen notwendig, um die Kommunikation und Zusammenarbeit zwischen den Fachexperten zu verbessern. Bild 1 zeigt die sechs identifizierten Nutzenpotentiale im Überblick. Diese Nutzenpotentiale werden in Kapitel 5 wieder aufgegriffen und näher erläutert.

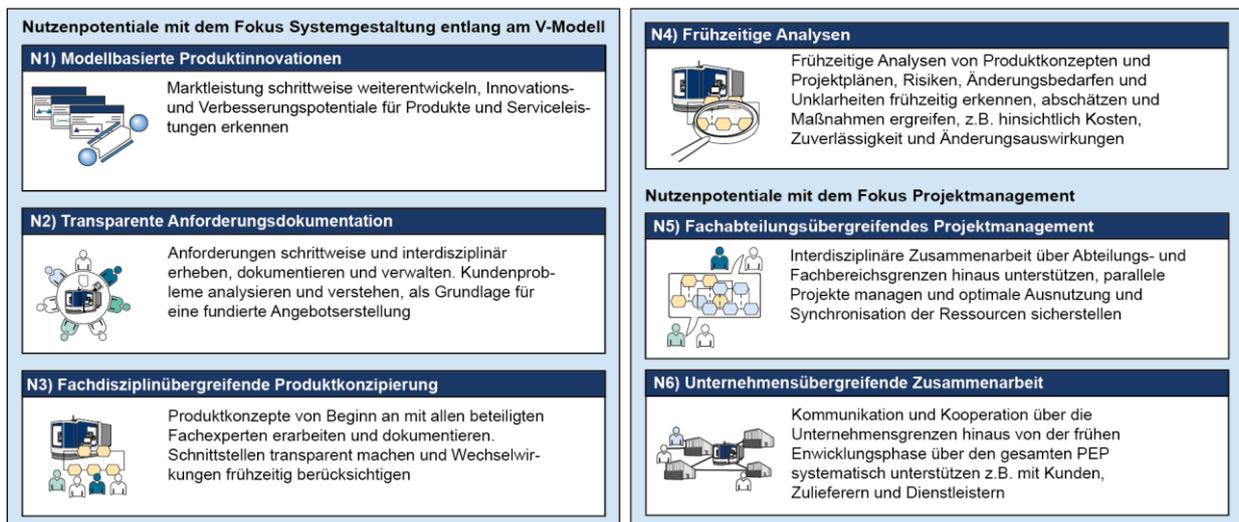


Bild 1: Systems Engineering Nutzenpotentiale für den Maschinenbau

Das BMBF-Projekt AdWiSE, welches das Leitbild Advanced Systems Engineering entwickelt, zeigt in einer deutschlandweiten Leistungsstanderhebung [3] den identifizierten Forschungsbedarf auf: Der Einsatz von MBSE wird allgemein „als sinnvoller Ansatz in der Entwicklung komplexer Systeme“ [3] angesehen. Dennoch sehen sich die befragten Unternehmen, die MBSE einführen wollen, bei der Umsetzung mit verschiedenen Herausforderungen konfrontiert. Eines der Haupthindernisse ist der zusätzliche Modellierungsaufwand, der von den Befragten als problematisch angesehen wird. Um MBSE erfolgreich einführen zu können, ist es notwendig, die „prozessbegleitende Einführung und die flexible Anpassbarkeit von den Methoden und Prozessen des Systems Engineerings an verschiedene Organisationen und Projektumfelder“ zu erforschen. Hierfür werden Transformationsansätze benötigt, die bestehende Methodenbausteine kombinieren und einen geeigneten Rahmen für das Systems Engineering in der jeweiligen Projektsituation schaffen können. Ein weiterer Aspekt, der die breite Akzeptanz von MBSE beeinflusst, ist die mangelnde Nutzerfreundlichkeit. Für eine unternehmensweite Implementierung von MBSE wurde von den Befragten Forschungsbedarf identifiziert. Zum einen ist die Integration von MBSE in die bestehende Engineering-IT-Infrastruktur notwendig, um einen reibungslosen Übergang zu gewährleisten. Zum anderen müssen die

Unternehmen bei der Auswahl, Einführung und Anpassung geeigneter MBSE-Ansätze unterstützt werden. Dabei sollte insbesondere die Benutzerfreundlichkeit der Modellierungswerkzeuge und -sprachen verbessert werden, ohne deren Leistungsfähigkeit einzuschränken [3].

3. Darstellung des Forschungsbedarfs und der Forschungsfragen

Obwohl (Model-Based) Systems Engineering ein großes Potential für den Maschinenbau bietet, ergeben sich, wie in Kapitel 2 dargelegt, viele Herausforderungen bei der Einführung und Anpassung der Ansätze an das eigene Unternehmen [15]. Konkrete Ansätze für eine modellbasierte Angebotsbearbeitung im kundenindividuellen Maschinen- und Anlagenbau sind in der Literatur bisher nicht zu finden. Dieser Forschungsbedarf soll mit dem Transferprojekt adressiert werden. Um individuelle und organisationsbezogene Akzeptanz für die Einführung und Umsetzung von (MB)SE zu erreichen, müssen die Methoden bedarfsgerecht angepasst werden, vgl. z.B. [15–19]. Speziell im Sondermaschinenbau erfordert diese Umsetzung und der effektive Einsatz von (MB)SE-Methoden in der Angebotsphase spezielle Anpassungen an die Bedürfnisse dieser Branche [20, 21]. Ziel des Transferprojektes ist es, die Angebotsphase effizienter und kundenorientierter zu gestalten und damit die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens zu steigern. Die Forschungshypothese lautet, dass dies durch den gezielten Einsatz von (MB)SE-Methoden und Hilfsmitteln, die speziell auf die Angebotsphase und den technischen Vertrieb ausgerichtet sind, erreicht werden kann.

Um diese Ausrichtung zu erreichen, soll in diesem Beitrag die Frage beantwortet werden, welche konkreten Anwendungsfälle es für MB(SE)-Methoden in der Angebotsphase gibt. Ziel ist es, konkrete Anwendungsfälle für die Angebotsphase für das Unternehmen zu erarbeiten, um eine Basis für eine Einführung einer modellbasierten Arbeitsweise zu schaffen. Eine konkrete Beschreibung der Ausgangssituation, der SE-Potentiale und einer Zielvorstellung soll die ersten Schritte erleichtern. Darüber hinaus stellen die Use Cases Best Practices für andere Sondermaschinenbauer dar. Die identifizierten Potentiale und Anwendungsfälle von SE für die Angebotsphase im Sondermaschinenbau werden in diesem Beitrag vorgestellt.

4. Verwendete Methoden und Vorgehensweisen

Im Rahmen des Transferprojektes wurde zunächst die Ausgangssituation in Form des Angebotsprozesses und des Produktportfolios des Unternehmens erfasst (vgl. Bild 2). Besonderes Augenmerk wurde dabei auf die Konstruktionsarten Neukonstruktion, Anpassungskonstruktion und Variantenkonstruktion gelegt. Dazu wurde der Angebotsprozess mit Hilfe einer Prozessmodellierungssprache aufgenommen und analysiert. Ebenso wurden Interviews durchgeführt, um die Herausforderungen des technischen Vertriebs in der Angebotsphase zu identifizieren. Es erfolgte ein Abgleich mit der VDI 4505 – Angebotsmanagement im Industriegütergeschäft [22]. Anschließend wurden die verschiedenen Phasen des Angebotsprozesses auf Potentiale für den Einsatz von SE untersucht. Dabei wurden die im Unternehmen vorhandenen Methoden und Hilfsmittel sowie alle am Angebotsprozess beteiligten Stakeholder berücksichtigt. Schließlich wurden konkrete Anwendungsfälle (Use Cases) für SE identifiziert.



Bild 2: Vorgehensweise zur Erreichung des Forschungsziels

5. Ergebnisse

Im Rahmen des Transferprojektes sind vier Anwendungsfälle in Form von Steckbriefen für das (modellbasierte) Systems Engineering identifiziert und dokumentiert worden. Im oberen

Teil des Steckbriefes wird die Ausgangssituation des Unternehmens in Bezug auf den jeweiligen Anwendungsfall beschrieben. Im unteren Teil des Steckbriefes wird der Lösungsansatz vorgestellt, der im Rahmen des Transferprojektes erprobt werden soll.

5.1.1. Erläuterung der SE-Nutzenpotentiale

Wie im Stand der Technik dargestellt, stellt SCHIERBAUM sechs wesentliche Nutzenpotentiale von Systems Engineering für den Maschinenbau heraus [14]. In Bezug auf die Angebotsphase im Sondermaschinenbau lassen sie sich in interne und externe Potentiale unterteilen (vgl. Bild 3). Die folgenden drei Nutzenpotentiale beziehen sich auf die externe Sicht und sind auf den Kunden ausgerichtet. Gemäß der Definition der "Modellbasierten Produktinnovation" können durch den Einsatz von SE Innovations- und Verbesserungspotentiale für Produkte und Serviceleistungen identifiziert werden, die eine schrittweise Weiterentwicklung der Marktleistung ermöglichen. Insbesondere im Sondermaschinenbau ist dieser Ansatz von großer Bedeutung. Aufgrund des begrenzten Erfahrungsschatzes im technischen Vertrieb fehlt es häufig an innovativen Lösungskonzepten, insbesondere vor dem Hintergrund der zunehmenden Komplexität der Systeme. Der technische Vertrieb benötigt daher Unterstützung hinsichtlich des notwendigen Domänenwissens, um diesen Herausforderungen gerecht zu werden. Ebenso können bereits bestehende Produkte durch fachdisziplinübergreifende Untersuchungen optimiert werden. Das Nutzenpotenzial „Unternehmensübergreifende Zusammenarbeit“ beschreibt die Kommunikation und Kooperation von der frühen Entwicklungsphase bis zum Ende des Produktlebenszyklus. Diese soll sowohl unternehmensintern als auch unternehmensextern mit z.B. Kunden, Lieferanten oder Dienstleistern stattfinden. Es bedarf daher einer internen & externen Kommunikationsbasis. Das Nutzenpotential „Transparente Anforderungsdokumentation“ wird durch die systematische und interdisziplinäre Erhebung, Dokumentation und Verwaltung von Anforderungen definiert. Die Anforderungen sollen unter Einbeziehung des Kunden und seiner individuellen Bedürfnisse analysiert und verstanden werden, um ein umfassendes Angebot erstellen zu können [14]. Dies muss jedoch für die Angebotsphase aufwands- und nutzenorientiert konzipiert werden. Die folgenden drei Nutzenpotentiale beziehen sich auf die unternehmensinterne Sicht, die sich an die Projektierung und die Fachkräfte des Produktmanagements sowie in der Produktentwicklung richtet. „Fachabteilungsübergreifendes Projektmanagement“ ist definiert durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit, paralleles Projektmanagement und Synchronisation von Arbeitsmitteln. Das SE-Potential kann z.B. durch eine transparente Projektierung und Sicherstellung der Nachvollziehbarkeit von Entwicklungsprozessen zum Tragen kommen. Das Nutzenpotential „Fachdisziplinübergreifende Produktkonzipierung“ beschreibt die frühzeitige Erarbeitung eines Produktkonzeptes unter Einbeziehung aller relevanten Fachexperten. Eine interdisziplinäre Zusammenarbeit kann dazu beitragen, den unternehmensinternen Konsens über das Lösungskonzept zu erhöhen. Das Nutzenpotential „Frühzeitige Analysen“ beschreibt die Durchführung von frühzeitigen Analysen von Produktkonzepten, um Kosten und Entwicklungszeit zu sparen. Die Potentiale liegen vor allem in der frühzeitigen Risikominimierung und Zuverlässigkeitssteigerung sowie in der Reduzierung kostenintensiver Iterationsschleifen bei vermehrten Änderungen [14]; insbesondere bei unbekanntem Engineering-Anforderungen im Sondermaschinenbau von hoher Bedeutung.

Die SE-Nutzenpotentiale sind für den technischen Vertrieb und für die Angebotsphase von großer Bedeutung, da sie viele Vorteile bieten. Eine mögliche Umsetzung der Potentiale zeigt das Systemmodell auf. Ein Systemmodell ist eine abstrahierte Repräsentation eines Systems, die bestimmte Attribute und Beziehungen des Systems quantitativ und qualitativ beschreibt. Es beinhaltet unter anderem Anforderungen an das System und seine Elemente sowie den Systemkontext [9]. Es bietet klare Vorteile durch zentrale Verfügbarkeit, formale Klarheit und eine vollständige, konsistente Darstellung mit expliziten Beziehungen zwischen den Modellelementen [23]. In Bild 3 sind die internen und externen SE-Nutzenpotentiale mit den zugehörigen Use Cases grafisch dargestellt. Diese Use Cases werden in Kapitel 5.1.2 näher erläutert.

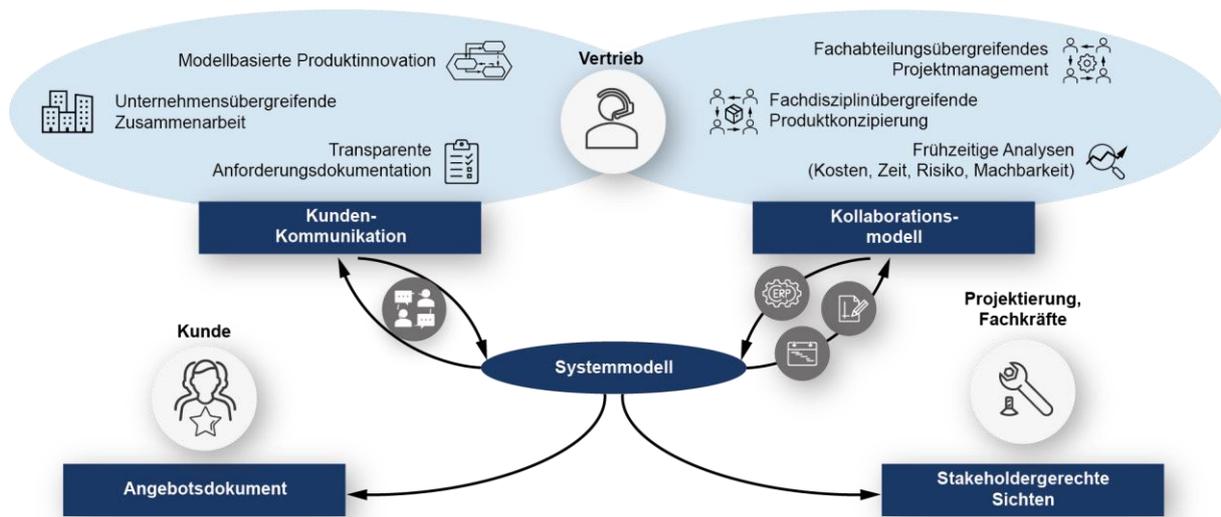


Bild 3: SE-Nutzenpotentiale und die dazugehörigen Use Cases

5.1.2. Beschreibung der identifizierten Use Cases für (MB)SE in der Angebotsphase

Der erste Anwendungsfall bezieht sich auf die „Kundenkommunikation“ und ist in Bild 4 dargestellt. Die Kundenkommunikation sowie die Sicherstellung und Dokumentation aller Kundenanforderungen erfolgt derzeit im Unternehmen ausschließlich durch den technischen Vertrieb mit Hilfe der Microsoft Office Programme Word und Outlook. Bei der Erfassung und Klärung der Anfrage über eine Anforderungsliste oder ein kommentiertes Lastenheft besteht die Gefahr, dass relevante Anforderungen unberücksichtigt bleiben oder Änderungen nicht nachgehalten werden können. Daher soll der technische Vertrieb bei der Kommunikation mit dem Kunden durch ein Systemmodell unterstützt werden. Im Systemmodell soll die Vollständigkeit der Anforderungen anschaulich dargestellt werden. Dazu wird untersucht, welche (grafischen) Sichten eines Systemmodells für die Kundenkommunikation optimal sind und welche Methoden zur Anforderungserhebung eingesetzt werden könnten. Diese Erkenntnisse fließen wiederum in den folgenden Anwendungsfall ein.

Use Case – Kundenkommunikation			
Aktuelle Situation	Beschreibung Die Kundenkommunikation läuft zentral über den technischen Vertrieb. Dieser muss alle Anforderungen vom Kunden sicherstellen und diese dokumentieren.		
	IT-Systeme <ul style="list-style-type: none"> Microsoft Office (Outlook, Word) 	Prozess und Artefakte <ul style="list-style-type: none"> Prozess/ Tätigkeit: Anfrage erfassen & klären Artefakte: Anforderungsliste/ kommentiertes Lastenheft 	Anwender:in <ul style="list-style-type: none"> technischer Vertrieb
Lösung	Zielbild und Motivation Ziel ist es, den technischen Vertrieb bei der Kundenkommunikation zu unterstützen. Erste Systemmodelle sollen die Absprache mit dem Kunden vereinfachen und die Vollständigkeit der Anforderungen zur Validierung sicherstellen.		Umsetzung Es wird analysiert, welche (grafischen) Sichten eines Systemmodells für die Kundenkommunikation geeignet sind. Ebenfalls wird analysiert, welche Methoden bei der Anforderungsaufnahme Unterstützung bieten können.

Bild 4: Steckbrief zur Beschreibung des SE Use Cases „Kundenkommunikation“

Für das „Angebotsdokument“ wurde der zweite Anwendungsfall identifiziert (vgl. Bild 5). Dieses wird vom technischen Vertrieb mit Hilfe von Textbausteinen oder früheren Angeboten in MS Office (Word) erstellt. Ähnliche Angebotsdokumente aus der Vergangenheit werden von der eigenen Festplatte bzw. Datenablage entnommen, um das Angebot zu finalisieren. Ziel ist

es, ein Systemmodell zu schaffen, welches nach Auftragseingang eine Basis für die interdisziplinäre Arbeitsweise bietet und das Angebotsdokument als Word-Datei automatisch erzeugen kann. Dementsprechend wird analysiert, welche relevanten Informationen Bestandteil des Angebotsdokuments sein müssen.

Use Case – Angebotsdokument			
Aktuelle Situation	Beschreibung Der technische Vertrieb nutzt zur Angebotserstellung ein Word-Dokument mit Textbausteinen. Meist wird jedoch auch auf vergangene Word-Dokumente auf der eigenen Festplatte/Datenablage zurückgegriffen, die eine Ähnlichkeit zur Kundenanfrage darstellen. 		
	IT-Systeme <ul style="list-style-type: none"> MS Office (Word) Eigene Festplatte/Datenablage 	Prozess und Artefakte <ul style="list-style-type: none"> Prozess/ Tätigkeit: Angebotsdokument finalisieren Artefakte: Angebotsdokument & Zeichnung 	Anwender:in <ul style="list-style-type: none"> technischer Vertrieb
Lösung	Zielbild und Motivation Ziel ist es, den Fokus auf die Erstellung eines Systemmodells zu legen, welches eine interdisziplinäre Arbeitsweise fördert und den Grundstein für die Weiterentwicklung nach Auftragseingang bildet. Das Angebotsdokument soll automatisch erstellt werden können.		Umsetzung Das Angebotsdokument soll als Word-Datei automatisch aus dem Systemmodell ausgeleitet werden. Dafür wird analysiert welche relevanten Informationen im Angebotsdokument enthalten sein müssen.

Bild 5: Steckbrief zur Beschreibung des SE Use Cases „Angebotsdokument“

Der dritte Anwendungsfall bezieht sich auf die „Stakeholder Sichten“ und ist in Bild 6 dargestellt. Der technische Vertrieb fragt Daten wie z. B. den Liefertermin oder Kosten beim Controlling ab und wird dadurch somit an seiner eigenständigen Arbeit gebremst. Für die Ermittlung des Liefertermins und die Kalkulation des Angebotspreises werden MS Office (Excel) und ein ERP-System verwendet. Ziel ist es, alle wesentlichen Informationen für die Angebotserstellung (wie z.B. Liefertermin, Preisliste) im Systemmodell zu hinterlegen, so dass der technische Vertrieb darauf zugreifen kann, ohne die Informationen erst erfragen zu müssen. Dadurch wird die Transparenz erhöht und das Wissen im Systemmodell zentralisiert. Entsprechend soll eine Excel-Verknüpfung zur Preisliste im Systemmodell bestehen.

Use Case – Stakeholdergerechte Sichten			
Aktuelle Situation	Beschreibung Der technische Vertrieb fragt Daten, wie Liefertermin oder Kosten beim Controlling an. Dies hindert ihn in der eigenständigen Arbeit. 		
	IT-Systeme <ul style="list-style-type: none"> MS Office (Excel) ERP-System 	Prozess und Artefakte <ul style="list-style-type: none"> Prozess/ Tätigkeit: Liefertermin bestimmen und Angebot kalkulieren Artefakte: Liefertermin, Preisliste 	Anwender:in <ul style="list-style-type: none"> technischer Vertrieb Controlling
Lösung	Zielbild und Motivation Ziel ist es, alle wesentlichen Informationen, die für die Erstellung eines Angebotes notwendig sind, im Systemmodell zu hinterlegen/ verknüpfen. Es soll Transparenz geschaffen werden und Erfahrungswissen zentralisiert werden.		Umsetzung Im Systemmodell sollen mögliche Excelverknüpfungen z.B. zur Preisliste getestet werden. Ebenfalls soll eine Lösung geschaffen werden, Liefertermine bestimmen zu können. Es soll geprüft werden, ob weitere Sichten notwendig sind.

Bild 6: Steckbrief zur Beschreibung des SE Use Cases „Stakeholder Sichten“

Der vierte Anwendungsfall beschreibt ein „Prozess- und Kollaborationsmodell“ für die Angebotsphase (vgl. Bild 7). Im aktuellen Ablauf der Angebotsphase besteht das kontinuierliche Verbesserungspotential hinsichtlich einer systematischen und übersichtlichen Gestaltung. Eine Abstimmung mit dem Controlling erfolgt hinsichtlich des Liefertermins und der Kosten. Eine weitere Zusammenarbeit und Abstimmung mit anderen Fachabteilungen wird in der An-

gebotsphase in der Regel zurückgestellt. Dadurch können Risiken im technischen Lösungskonzept entstehen. Um den Prozess zu optimieren, soll ein Konzept für eine systematische Arbeitsweise geschaffen werden, die Personen nach bestimmten Kriterien einbezieht und methodische Empfehlungen nutzt. Dazu soll ein Prozess- und Kollaborationsmodell entwickelt werden, welches die Verantwortlichkeiten unter Berücksichtigung von Aufwand und Nutzen festlegt. Darüber hinaus unterstützt es die Gestaltung der Kommunikation, um eine interdisziplinäre Arbeitsweise zu fördern. Die einzelnen Prozessschritte werden identifiziert und mit Verantwortlichkeiten, Methoden und zu verwendenden Modellen angereichert. Es dient als Übersicht zur effizienten Identifikation von Ansprechpartnern und fehlenden Prozessschritten.

Use Case – Prozess- und Kollaborationsmodell			
Aktuelle Situation	Beschreibung Der aktuelle Ablauf in der Angebotsphase ist unsystematisch. Der technische Vertrieb fragt i.d.R. Liefertermin und Kosten beim Controlling an. Weitere Absprachen mit den Fachabteilungen werden möglichst vermieden. Dies stellt in Bezug auf das technische Lösungskonzept ein Risiko dar.		
	IT-Systeme <ul style="list-style-type: none"> - 	Prozess und Artefakte <ul style="list-style-type: none"> Prozess/ Tätigkeit: Angebot erstellen Artefakte: - 	Anwender:in <ul style="list-style-type: none"> technischer Vertrieb Controlling Fachabteilungen
Lösung	Zielbild und Motivation Ziel ist es, bei bestimmten Kriterien (z.B. hohes Risiko) Verbindlichkeiten zu schaffen, welche Personen integriert, welche Methoden genutzt, oder welche Fragen geklärt werden müssen. Es soll eine systematische Arbeitsweise geschaffen werden.	Umsetzung Es soll ein Prozess- und Kollaborationsmodell erarbeitet werden, welches Verbindlichkeiten während des Angebotsprozesses festlegt und gleichzeitig Aufwand & Nutzen berücksichtigt.	

Bild 7: Steckbrief des SE Use Cases „Prozess- und Kollaborationsmodell“

Die detaillierte Ausarbeitung der Use Cases vermittelte dem Unternehmen ein vertieftes Projektverständnis. Durch die Analyse ist ein klarer Handlungsbedarf identifiziert worden, der es ermöglicht, erste Schritte zur Umsetzung einzuleiten. Eine umfassende Studie [19] zu Erfahrungen bei der Einführung von SE unterstreicht die Relevanz einer schrittweisen Planung und Implementierung. Insbesondere für die ersten Schritte kann eine externe Unterstützung sehr hilfreich sein, um eine umfassende Analyse durchzuführen und eine Grundlage für erfolgreiche Umsetzungsplanung zu schaffen.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Angebotsphase im Sondermaschinenbau ein großes Potential für den Einsatz von (Model-Based) Systems Engineering bietet. Analog der Forschungsfrage sind konkrete Anwendungsfälle für in der Angebotsphase identifiziert worden. In Form eines Systemmodells kann die Kommunikation mit dem Kunden bzw. die Zusammenarbeit mit den internen Fachabteilungen u.a. durch Rückverfolgbarkeit optimiert werden. Der technische Vertrieb kann dadurch eigenständiger arbeiten und die Fachabteilungen können auf das erstellte Systemmodell zugreifen. Durch verbesserte Datentransparenz und Kommunikation kann ein gemeinsames Verständnis der gewünschten Funktionen und Anforderungen auf allen Ebenen gefördert werden, um zusätzliche Iterationen zu vermeiden. Ein strukturiertes Prozess- und Kollaborationsmodell soll die Angebotsphase systematisch gestalten. Die Ableitung der angebotsrelevanten Informationen aus dem Systemmodell soll den Mehraufwand reduzieren. Nach der Umsetzung der Anwendungsfälle wird im Rahmen des Transferprojektes eine Validierung mit der Firma Wemhöner durchgeführt und die Eignung für die Angebotsphase erneut bewertet.

Förderhinweis

„Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird/wurde mit Mitteln des Ministeriums für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen (MWIKE) im Rahmen des Spitzenclusters ‚Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe (it’s OWL)‘ gefördert und vom Projektträger Jülich (PtJ) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.“

Ministerium für Wirtschaft,
Industrie, Klimaschutz und Energie
des Landes Nordrhein-Westfalen



Literaturverzeichnis

- [1] VDMA (Hrsg.); WIECHERS, R. (Mitarb.); SCHOLL, F. (Mitarb.); PAUL, H. (Mitarb.): Maschinenbau in Zahl und Bild 2021: VDMA, 2021
- [2] WEISER, A.; BAASNER, B.; OVTCHAROVA, J.: Necessity of the consideration of strategic aspects in variant decisions of modular product architectures. In: 2015 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM): IEEE, 2015, S. 1551–1555
- [3] DUMITRESCU, R.; ALBERS, A.; RIEDEL, O.; STARK, R.; GAUSEMEIER, J.: Engineering in Deutschland Status quo in Wirtschaft und Wissenschaft, Ein Beitrag zum Advanced Systems Engineering. Paderborn: 2021
- [4] KLEINALTENKAMP, M.: Angebotsbearbeitung - Schnittstelle zwischen Kunden und Lieferanten: Kundenorientierte Angebotsbearbeitung für Investitionsgüter und industrielle Dienstleistungen. Berlin: Springer, 1999
- [5] SCHMIDT, H.: VDI-Studie zum Angebotsmanagement. Düsseldorf, 2008
- [6] WESTERMANN, T.: Systematik zur Reifegradmodell-basierten Planung von Cyber-Physical Systems des Maschinen- und Anlagenbaus. Universität Paderborn. 2017
- [7] BAUMBERGER, G. C.: Methoden zur kundenspezifischen Produktdefinition bei individualisierten Produkten. München, Technische Universität München. Dissertation. 2007. URL <https://mediatum.ub.tum.de/?id=627396>
- [8] EHRENSPIEL, K.: Integrierte Produktentwicklung: Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit. 3., aktualisierte Aufl. München: Hanser, 2007
- [9] INCOSE: INCOSE Systems Engineering Handbook. 5th ed. Newark: John Wiley & Sons Incorporated, 2023
- [10] KLEINALTENKAMP, M.; SAAB, Samy: Technischer Vertrieb: Eine praxisorientierte Einführung in das Business-to-Business-Marketing. 2. überarbeitete und erweiterte Auflage. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2021
- [11] CARROLL, E.R.; MALINS, R.J.: Systematic Literature Review: How is Model-Based Systems Engineering Justified? 2016
- [12] LINDEMANN, U. (Hrsg.); REICHWALD, R. (Hrsg.); ZÄH, M.F. (Hrsg.): Individualisierte Produkte: Komplexität beherrschen in Entwicklung und Produktion. Berlin: Springer, 2006 (VDI-Buch)
- [13] KRAUSE, D.; HEYDEN, E.: Design Methodology for Future Products. Cham: Springer International Publishing, 2022
- [14] SCHIERBAUM, A.: Systematik zur Ableitung bedarfsgerechter Systems Engineering Leitfäden im Maschinenbau. Universität Paderborn. 2019
- [15] WILKE, D.; SCHIERBAUM, A.; KAISER, L.; DUMITRESCU, R.: Need for action for a company-wide introduction of Systems Engineering in machinery and plant engineering. In: Proceedings of the Design Society 1 (2021), S. 2227–2236
- [16] MANDEL, C.; BEHRENDT, M.; ALBERS, A.: Nutzer- und Aufgabengerechte Unterstützung von Modellierungsaktivitäten im Kontext des MBSE-Model-Based Systems Engineering. In: Entwerfen Entwickeln Erleben in Produktentwicklung und Design 2021: Prof. Dr.-Ing. habil Ralph H. Stelzer, Prof. Dr.-Ing. Jens Krzywinski, 2021, S. 727–736
- [17] ALBERS, A.; LOHMEYER, Q.; RADIMERSKY, A.: Individuelle und organisatorische Akzeptanz von Methoden des Systems Engineering: Paderborn 7. – 9. November 2012: Zusammenhänge erkennen und gestalten. In: Tag des Systems Engineering, S. 351–360
- [18] KLEINER, S.; HUSUNG, S.: Model Based Systems Engineering. Prinzipien, Anwendung, Beispiele, Erfahrung und Nutzen aus Praxissicht. In: Tag des Systems Engineering, S. 13–22
- [19] WILKE, D.; GROTHE, R.; BRETZ, L.; ANACKER, H.; DUMITRESCU, R.: Lessons Learned from the Introduction of Systems Engineering. In: Systems 11 (2023), Nr. 3, S. 119
- [20] HUCKRIEDE, V.; JOACHIM, B.; STORCK, S.: Systems Engineering im Maschinen- und Anlagenbau verstehen, anwenden und beherrschen: Herzogenaurach, 25.-27. Oktober 2016. In: Tag des Systems Engineering, S. 151–160
- [21] FINKEL, S.; MÄRKEL, S.; KESSLER, C.: Zurück in die Zukunft: Systems Engineering! 2020
- [22] VDI 4504 Blatt 1. 05.2010. Angebotsmanagement im Industriegütergeschäft
- [23] EIGNER, M. (Hrsg.); ROUBANOV, D. (Hrsg.); ZAFIROV, R. (Hrsg.): Modellbasierte virtuelle Produktentwicklung. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2014