

Erfolgsgeschichten im **Advanced Systems Engineering**

GEFÖRDERT VOM



Das wissenschaftliche Projekt AdWiSE und die Verbundprojekte werden durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm »Zukunft der Wertschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit«, Fördermaßnahme »Beherrschung der Komplexität soziotechnischer Systeme – Ein Beitrag zum Advanced Systems Engineering für die Wertschöpfung von morgen (PDA_ ASE)« gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Das AdWiSE-Konsortium:



1	Einleitung	3
2	Modellgetriebene Systementwicklung Mechatronic Medical Engineers GmbH	9
3	Digitale Services und Nachhaltigkeit durch eine ganzheitliche Produktentstehung Friedrich Lütze GmbH	15
4	Datengetriebene Entwicklung TRUMPF SE + Co. KG	21
5	Datengetriebene Entwicklung in der Medizintechnik OSYPKA AG	27
6	Markterfolg mit smarten Produkt-Service-Systemen Precitec GmbH & Co. KG	33
7	Digitale Durchgängigkeit im Produktentstehungsprozess IBO GmbH	39
8	Entwicklung von Produkt-Service-Systemen im Ökosystem Trelleborg Sealing Solutions Germany GmbH	45
9	Automatisierung im Kontext von System of Systems Lenze SE	51
10	Agile Organisationsgestaltung im Bereich R&D Machine Tools TRUMPF SE + Co. KG	57
11	Vom Produzenten zum kundenorientierten Lösungsanbieter Unicorn Energy AG	63
12	Smarte Produkt-Service-Systeme im Handwerk Alfred Kiess GmbH	69
13	Anhang	75
	Weiterführende Publikationen und Informationen	76
	Mitwirkende Unternehmen und Ansprechpersonen	77
	Bildquellen	78

1 Einleitung

Unternehmen in Deutschland stehen im globalen Innovationswettbewerb gegenwärtig vor neuen Herausforderungen: Digitalisierung und Künstliche Intelligenz (KI) werden die technischen Systeme von morgen entscheidend prägen und zu einer erhöhten Komplexität von Produkten, Dienstleistungen, Produktionssystemen und der zugrunde liegenden Arbeitsorganisation führen (Gausemeier et al. 2019). In der industriellen Produktion und Produktentwicklung beispielsweise wird die Digitalisierung durch das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 vorangetrieben. Aber auch weitere Innovationsfelder wie die Zukunft der Mobilität, Energiesysteme und Circular Economy sind mit Fragen zur Gestaltung komplexer Systeme konfrontiert, die bislang noch nicht beantwortet sind (Albers et al. 2022 und Albers 2023).

Dieser umfassende Wandel wird früher oder später die Produktentstehung der meisten Technologieunternehmen erfassen (Dumitrescu et al. 2021), daher gilt es, sich frühzeitig darauf einzustellen und die hieraus resultierende Chance zu nutzen. Zur Bewältigung der mit dem Wandel verbundenen Herausforderungen für das Engineering und insbesondere zur Beherrschung der zunehmenden Komplexität braucht es allerdings eine neue Herangehensweise: Advanced Systems Engineering (ASE) (ebd.; Albers et al. 2012, S. 69–70 und Albers et al. 2012). ASE zeichnet sich durch eine disziplinübergreifende Produktentwicklung aus, die den gesamten Innovationsprozess von der Marktanalyse bis zum Betrieb in der Praxis abdeckt (siehe Abb. 1). Der Begriff »ASE« integriert die drei Perspektiven eines solch umfassenden Prozesses – Advanced Systems, Systems Engineering und Advanced Engineering.

Advanced Systems sind intelligente, vernetzte Produkte, Dienstleistungen und Produktionssysteme. Dabei kann es sich um autonome, dynamisch vernetzte oder interaktive

soziotechnische Systeme und Produkt-Service-Systeme handeln. Zur Beherrschung der Komplexität solcher Systeme in der Entwicklung bietet sich ASE als Rahmenwerk an, das unter anderem folgende Ansätze, Methoden und Werkzeuge umfasst (ausführlich hierzu Dumitrescu et al. 2021, S. 10 ff.):

Im **Systems Engineering** steht die Integration von Systemgestaltung und Projektmanagement im Vordergrund. Auf Basis eines ganzheitlichen Systemmodells werden **Systemdenken** sowie eine **modellbasierte Systemgestaltung und -optimierung** möglich. Weitere Nutzenpotenziale des Systems Engineering sind die Rückverfolgbarkeit der Zusammenhänge und Beziehungen zwischen Artefakten des Entwicklungsprozesses (**Traceability**) und die Transparenzsteigerung in der Produktentwicklung. Die hiermit einhergehende Veränderung der Organisation erfordert schließlich spezielle **Rollen im Engineering** wie den System Engineer, den Systemarchitekten oder den Service-Ingenieur.

Mit **Advanced Engineering** wiederum soll das Engineering neu gedacht werden. Das umfasst vor dem Hintergrund der Digitalisierung neue, auf **Kreativität** (zum Beispiel **Design Thinking**) und **Agilität** (zum Beispiel das Scrum-Rahmenwerk) beruhende Arbeitsweisen und Vorgehensmodelle. Verbessert werden soll zudem die **digitale Durchgängigkeit**, die mittels Vernetzung der IT-Systeme in den beteiligten Unternehmen und bei den Entwicklungspartnern perspektivisch einen ungehinderten Informationsfluss zwischen allen Aktivitäten im Entwicklungsgeschehen ermöglichen soll. Damit ergänzen die digitale Durchgängigkeit und die Vernetzung die bestehenden Ansätze der **virtuellen Produktentstehung** und des **Produktlebenszyklusmanagements** (PLM). Außerdem kommt dem Konzept des **Digitalen Zwillings** und der **datengetriebenen Entwicklung** im Engineering eine besondere Rolle bei der Gestaltung

von datenbasierten Dienstleistungen und Geschäftsmodellen zu. Darüber hinaus eröffnen die Schlüsseltechnologie der **Künstlichen Intelligenz** und verbesserte **Assistenzsysteme** neue Perspektiven für das Engineering.

Die hier aufgeführten Methoden und Werkzeuge befähigen Unternehmen allerdings nicht zu ASE, solange sie lediglich als singuläre Maßnahmen eingeführt und umgesetzt werden. So können Kreativitätstechniken wie das Design Thinking nur einen kleinen Teil dazu beitragen, um innovative Lösungen für Advanced Systems zu entwickeln. Agile Methoden helfen dabei – oft auch in Kombination mit Kreativitätstechniken –, die Interessen und Bedürfnisse der Kunden frühzeitig in den Entwicklungsprozess zu integrieren und auf mögliche Änderungen flexibel zu reagieren. Im agilen Entwicklungsprozess können mithilfe des Digitalen Zwillings als digitaler Repräsentation eines eindeutigen Produkts (beispielsweise einer Anlage, Dienstleistung oder eines Objekts) oder eines eindeutigen Produkt-Service-Systems fundierte Entscheidungen in der Entwicklung auf Basis von Echtzeitdaten und -informationen (durch Visualisierung, Verhaltens- und Strukturmodelle von Objekten) getroffen werden. Insgesamt tragen die hier kurz vor- und in Erfolgsgeschichten nachfolgend dargestellten Methodenbeispiele somit jeweils einen Teil zum umfassenden neuen Lösungsmuster des ASE in der Produktentstehung bei.

Marktleistungen

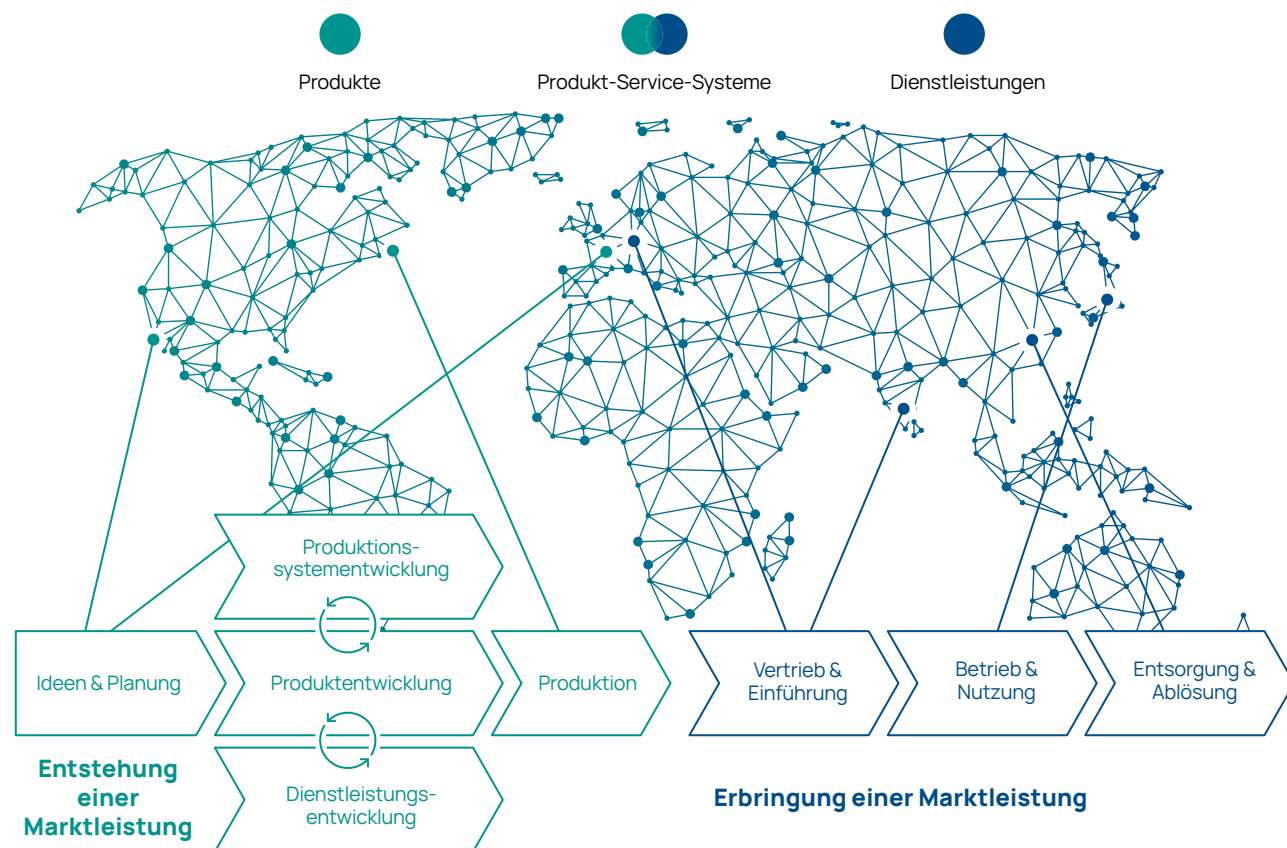


Abbildung: Ganzheitlicher Produktentstehungsprozess innovativer Marktleistungen (Quelle: Dumitrescu et al. 2021)

Die vorliegende Broschüre hat das Ziel, interessierten Unternehmen die Einführung einiger Methoden und Werkzeuge für ASE beispielhaft nahezubringen. Damit richtet sie sich insbesondere an Fachleute und Führungskräfte aus der Wirtschaft, die sich für ASE interessieren und sich zukünftig damit befassen möchten. Elf Erfolgsgeschichten von Unternehmen zeigen, welchen Weg diese mit ASE gegangen sind und wie sie davon profitieren konnten. Gemeinsam ist den Unternehmen, dass sie ihre Herangehensweise im Engineering deutlich verbessern und damit innovative Systeme mit einem zunehmenden Grad an Komplexität effizient entwickeln konnten. Einige Unternehmen konnten so erstmalig ein digitales Produkt-Service-System (beziehungsweise Advanced System) entwickeln. Die Voraussetzungen der hier vorgestellten Unternehmen waren also höchst unterschiedlich: Das Spektrum reicht vom Handwerksbetrieb ohne jede Digitalisierungserfahrung bis zum technologisch führenden Großunternehmen. Die einzelnen Praxisbeispiele zielen daher nicht auf die Darstellung eines vollumfassend umgesetzten ASE-Leitbilds (Albers et al. 2022, S. 39 ff.) oder eines vollständigen Engineering-Prozesses (siehe Abbildung links) innovativer **Marktleistungen** ab. Vielmehr handelt es sich dabei um eine Auswahl, die zeigen soll, welche ASE-Methoden und Tools dazu beitragen können, das Engineering in verschiedenen Unternehmenstypen zu verbessern und was dabei zu beachten ist.

Die mit ASE-Methoden erfolgreich gelösten Herausforderungen bei der Beherrschung von Komplexität im Engineering waren im Fall der betreffenden Unternehmen vielschichtig und überlagerten sich dort. Im Vordergrund stand dabei meist, dass die Entwicklung vom Produzenten zum Lösungsanbieter (beziehungsweise Anbieter von Advanced Systems) die interdisziplinäre und verzahnte Entwicklung von Hard- und Software sowie eine stärkere Einbindung des Kunden in den Produktentstehungsprozess erfordert. Ein solches Unterfangen wird

außerdem dadurch erschwert, dass ein zunehmend komplexes und dynamisches Umfeld eine schnelle Anpassungsfähigkeit von Forschung und Entwicklung (FuE) in Unternehmen immer mehr voraussetzt. So setzen Unternehmen wie die TRUMPF SE + Co. KG, die Friedrich Lütze GmbH und die Trelleborg Sealing Solutions Germany GmbH ASE unter anderem in Form von agilen Methoden und einer neuen Arbeitsorganisation ein, um ihre Anpassungsfähigkeit zu steigern, um der Komplexität der zu entwickelnden Systeme gerecht zu werden und um den Kunden verstärkt einzubeziehen. Für kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) wie die Unicorn Energy AG oder die Alfred Kiess GmbH ist der Schritt zum Anbieter von Produkt-Service-Systemen insbesondere mit der Aufgabe verbunden, ganzheitliche Prozesse aufzusetzen und mit externen Partnern ASE-spezifische Rollen beziehungsweise Kompetenzen im Engineering zu integrieren, um Smart Services auf Basis ihrer Produkte anbieten zu können. Die genannten Unternehmen setzen zudem die ASE-Methode des Design Thinking ein, um die Bedürfnisse ihrer Kunden zu identifizieren und die eigene Entwicklung entsprechend auszurichten. Eine effizientere Entwicklung komplexer Systeme und die Orientierung am Kunden erfolgen beim ASE auch über eine verbesserte Nutzung von Daten, digitale Durchgängigkeit oder datengetriebene Entwicklung, wie die Erfolgsgeschichten der TRUMPF SE + Co. KG, der Precitec GmbH & Co. KG, der IBO GmbH sowie der OSYPKA AG (speziell für die Medizintechnik) beispielhaft zeigen. Daten stehen in Unternehmen oftmals in großen Bestandsmengen zur Verfügung, oder sie werden dort neu generiert, ohne dass bislang aber ihr volles Potenzial für das Engineering genutzt werden könnte. Generell lässt sich die Beherrschung von Komplexität über eine innovative modellbasierte Entwicklung wie unter anderem bei der Mechatronic Medical Engineers GmbH auch in Kombination mit einem Digitalen Zwilling wie zum Beispiel bei der Lenze SE erreichen.

Die hier kurz skizzierten und im weiteren Verlauf der Broschüre ausführlicher dargelegten Erfolgsgeschichten sind eine erste Orientierungshilfe für all jene, die sich für ASE interessieren – unabhängig von Branche, Unternehmensgröße oder -typ. Bei weiterem Interesse bietet es sich an, Kontakt mit der ASE-Community aufzunehmen, um sich über spezielle Herausforderungen und Lösungswege zu informieren. Die Online-Community-Plattform bildet die zentrale Anlaufstelle für das Thema ASE und den Austausch mit ASE-Expertinnen und Experten. Außerdem dient sie zur Bekanntmachung von ASE-bezogenen Forschungsergebnissen und Veranstaltungsterminen. Grundlage hierfür bilden die Forschungsarbeiten und -kooperationen sowie der Austausch der im Folgenden dargestellten Verbundprojekte und zahlreicher ASE-interessierter Fachleute, die sich der Community angeschlossen haben.

Die in dieser Broschüre vorgestellten Unternehmen sind Industriepartner, die an Verbundprojekten der Fördermaßnahme des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF, 2019–2024) Beherrschung der Komplexität soziotechnischer Systeme – ein Beitrag zum Advanced Systems Engineering für die Wertschöpfung von morgen (PDA_ASE) beteiligt waren. Dabei handelt es sich nur um die Auswahl einer Vielzahl von Unternehmen, die erfolgreich erste Schritte bei der Einführung von ASE gegangen sind. Während KMU oftmals schon erheblich profitieren, wenn sie mit neuen Methoden ihre Agilität und Kreativität verbessern, kann für Technologieführer der nächste Schritt darin liegen, die Potenziale einer datengetriebenen oder modellbasierten Entwicklung weiter auszuschöpfen. Somit kann die unterschiedliche Ausgangslage im Engineering in der Unternehmenspraxis verschiedener Leserinnen und Leser berücksichtigt werden. Gegenstand der geförderten Verbundprojekte sind die Erforschung, die Entwicklung, die exemplarische Implementierung und die

Validierung übertragbarer ASE-Methoden, -Werkzeuge und -Modelle zur Entwicklung komplexer Systeme in industriellen Pilotanwendungen. Die neun geförderten Verbundprojekte sind:

- AMeLie: Neue ASE-Methoden für Entwicklungsprozesse anhand von Produktbeispielen aus Medizintechnik und Lifesciences
- bi.smart: Integriertes Design smarterer Produkt-Service-Systeme in KMU
- CAM2030: Entwicklung einer innovativen Lösung für das Advanced Systems Engineering der computergestützten Prozessplanung der Zukunft
- ConSensE: Advanced Systems Configuration zur komplexitätsreduzierten sensorgetriebenen Entwicklung von Produktionssystemen im digitalen Zeitalter
- CyberTech: Advanced Systems Engineering für die Arbeitsgestaltung von Cyber-technischen Systemen
- DiProLeA: Digitaler Produktentstehungsprozess mit lernendem Assistenzsystem
- FuPEP: Funktionsorientiertes Komplexitätsmanagement in allen Phasen der Produktentstehung
- MoSyS: Menschorientierte Gestaltung komplexer System of Systems
- RePASE: Reflexive Prozessentwicklung und -Adaption im Advanced Systems Engineering

Die hier aufgeführten ASE-Verbundprojekte werden durch das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Projekt mit dem Akronym AdWiSE flankiert, in dessen Rahmen auch die vorliegende Publikation »Erfolgsgeschichten im Advanced Systems Engineering« entstanden ist. Das AdWiSE-Projekt trägt den vollen Namen »Vernetzung der Akteure zur disziplinübergreifenden Entwicklung komplexer vernetzter soziotechnischer Systeme für die Wertschöpfung von morgen (Advanced Systems Engineering)«. Die übergeordnete Aufgabe von AdWiSE ist die wissenschaftliche Vorbereitung, Begleitung, Nachbereitung und Verstetigung der einzelnen ASE-Verbundprojekte; innerhalb des Projekts erfolgen also die wissenschaftliche Analyse und die zukunftsorientierte Aufbereitung der Entwicklungen im geförderten Themenfeld ASE sowie weiterer inhaltlich relevanter FuE-Aktivitäten. Das Thema ASE ist im Programm »Zukunft der Wertschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit« im Referat »Zukunft von Arbeit und Wertschöpfung; Industrie 4.0« (521) des BMBF positioniert.

2 Modellgetriebene Systementwicklung

Mechatronic Medical Engineers GmbH



Dr. Marko Coric, Dr. Albrecht Urbaszek
Mechatronic Medical Engineers GmbH



Eine sowohl effektive als auch effiziente Systementwicklung ist ohne die Implementierung von Systems Engineering- sowie Advanced Engineering-Ansätzen in den Entwicklungsprozess heutzutage kaum möglich.

Ausgangslage und Herausforderung

Die Mechatronic Medical Engineers GmbH ist eine der Schwestergesellschaften im Verbund YOOme – your medical experts mit der BAYOONET AG als starker Muttergesellschaft. Ihren Fokus hat die Mechatronic Medical Engineers GmbH auf der Entwicklung und Fertigung von medizintechnischen Geräten und Geräten in hochregulierten Bereichen, weshalb sie ideal mit den Fähigkeiten der anderen YOOme-Gesellschaften und mit deren Schwerpunkten in Design, User Interface/User Experience (UI/UX), Apps, Digitalisierung und Regulatorik in der Medizintechnik korrespondiert. Die enge Zusammenarbeit mit seinen Kunden ermöglicht dem Unternehmen die Entwicklung anspruchsvoller und innovativer Lösungen, die höchsten Qualitätsstandards genügen. Die kontinuierliche Weiterentwicklung digitaler Arbeitsprozesse und Marktleistungen steht im Zentrum der Unternehmensaktivitäten, umgesetzt durch ein hochqualifiziertes Team aus Ingenieurinnen und Ingenieuren, Technikerinnen und Technikern sowie IT-Spezialistinnen und -Spezialisten.

Die **modellbasierte Systemmodellierung** mittels Systems Modeling Language (SysML) ist in den Entwicklungsprozessen der Mechatronic Medical Engineers GmbH seit Jahrzehnten als Kernaufgabe tief verankert. Schwerpunkte lagen dabei bislang auf der Rückverfolgbarkeit (**Traceability**) von Anforderungen und Risikomaßnahmen hin zu Verifizierungstätigkeiten sowie auf einer automatisierten Dokumentationsgenerierung basierend auf der Modellierung. Im Sinne des **Advanced Engineering** sind mit diesen Tätigkeiten die Potenziale der Systemmodellierung im Rahmen des **Model-based Systems Engineering (MBSE)** jedoch noch nicht ausgeschöpft. Die Mechatronic Medical Engineers GmbH hat erkannt, dass MBSE inklusive einer formalisierten Nutzung von Systemmodellen auch bei anderen Kernaufgaben der Systementwicklung wie

Requirements Engineering, Design, Risikomanagement oder Projektmanagement gewinnbringend Anwendung finden sollte. Folge dieser Erkenntnis ist die Vision einer systemmodellgetriebenen Entwicklung, bei der sämtliche Tätigkeiten der Systementwicklung auf Basis des **Systemmodells** organisiert und durchgeführt werden – **MBSE** soll also den gesamten Entwicklungsprozess prägen. Dieses Ziel wurde im Rahmen des Verbundprojekts CyberTech verfolgt. Die größte Herausforderung bestand bislang in einem Paradigmenwechsel von der sequenziell phasengegliederten und dokumentengetriebenen hin zu einer sachlogischen agilen oder gar chaotischen Systementwicklung. Infolge dieses Paradigmenwechsels hat sich schließlich ein weiterer vollzogen, der ursprünglich nicht beabsichtigt war, sondern sich vor dem übergeordneten Ziel einer modellgetriebenen Systementwicklung herauskristallisiert hat: die funktionsgetriebene Systementwicklung.

ASE als Lösung

Die steigende Komplexität jener Systeme, die bei der Mechatronic Medical Engineers GmbH zu entwickeln sind, erfordert neue Vorgehens- und Denkweisen. Komplexität im hier gemeinten Sinne umfasst dabei nicht nur funktionale Komplexität, also gestiegene Anzahl und Vielfalt der Systemschnittstellen, sondern auch steigende Anforderungen an den kompletten Prozess der Systementwicklung aufgrund von Compliance- und Dokumentationspflichten. Eine sowohl effektive als auch effiziente Systementwicklung ist ohne die Implementierung von **Systems Engineering**- und **Advanced Engineering**-Ansätzen in den Entwicklungsprozess heutzutage kaum möglich. Hierbei muss die Mechatronic Medical Engineers GmbH die passende Balance zwischen einem pragmatischen, klassisch dokumentenzentrierten Ansatz und einer bei den Kunden akzeptierten Tiefe der modellbasierten Entwicklungsansätze finden,

um das Potenzial von **Systems Engineering** und **Advanced Engineering** bestmöglich auszuschöpfen. Nicht bei jedem Kunden der Mechatronic Medical Engineers GmbH stößt z. B. ein durchgängig durch **MBSE** geprägter Entwicklungsprozess auf Begeisterung, weil dieser bei nicht umfänglicher Umsetzung im Kundenunternehmen zu Mehraufwänden und ungewohnten Vorgehensweisen führen kann.

Einführung von ASE

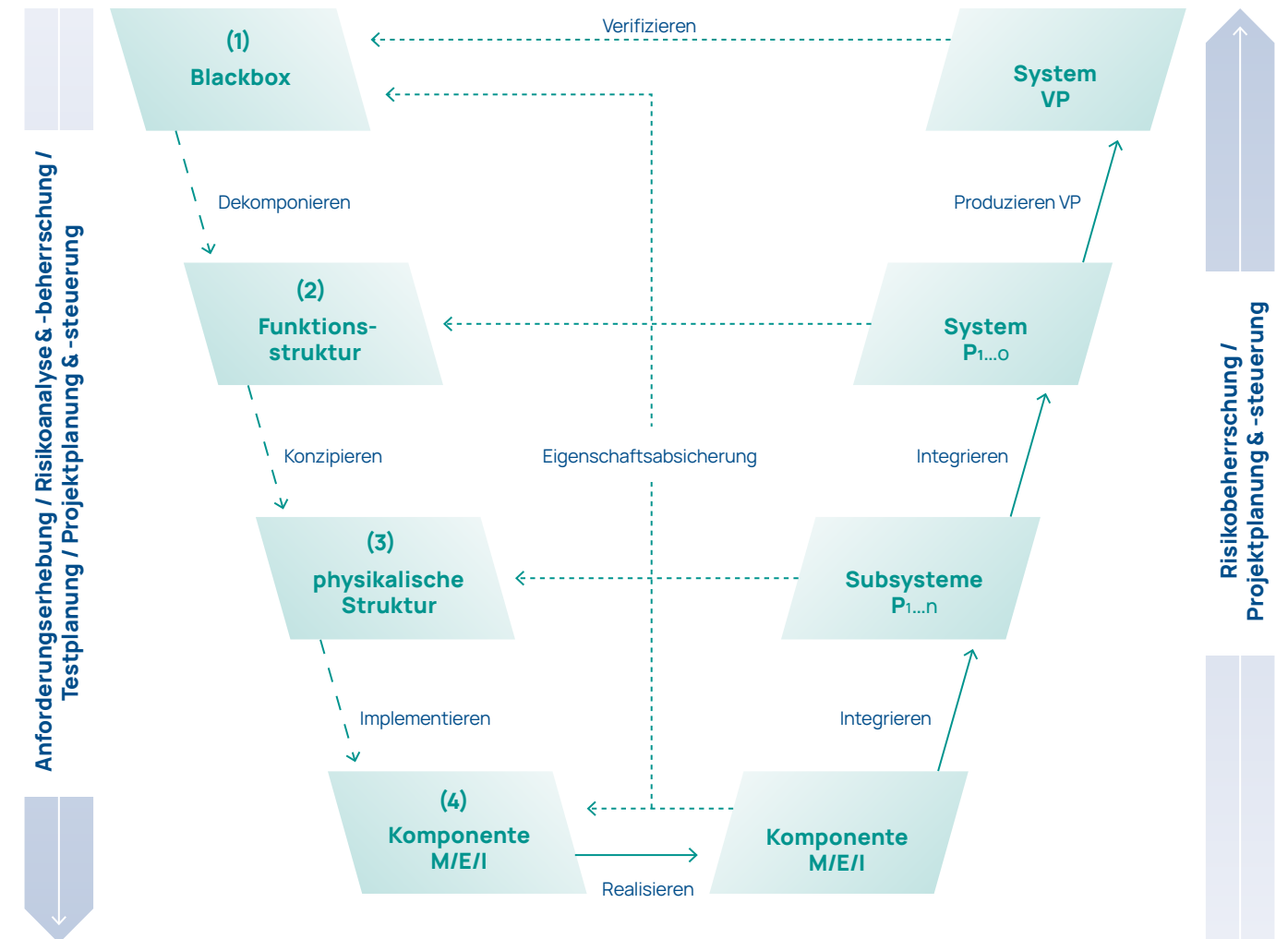
Zur Umsetzung der Vision einer **modellgetriebenen Systementwicklung** ist im Rahmen des Verbundprojekts CyberTech ein an die Bedürfnisse der Mechatronic Medical Engineers GmbH angepasstes V-Modell als unternehmensspezifisches Vorgehensmodell entwickelt worden, das im linken Schenkel die Systemmodellierung in den Mittelpunkt stellt. Das System wird dabei über vier Konkretisierungsstufen modelliert: (1) Zu Beginn erweitert eine Blackbox das klassische Kontextdiagramm um Schnittstellen zu externen Systemen, Akteuren und Umwelt. (2) Die erste Dekomposition über die Funktionsstruktur beschreibt, was unter der sprichwörtlichen Haube innerhalb des Systems vorstättgeht. Dabei wird das System über Teilfunktionen modelliert, die den kausalen Zusammenhang zwischen Eingangs- und Ausgangsgrößen beschreiben. (3) Das Konzipieren setzt die Funktionen über Wirkprinzipien und -strukturen in der physikalischen Struktur des Systems um. Während des Konzipierens kommen **Kreativitätstechniken** wie der Morphologische Kasten zum Einsatz, der es ermöglicht verschiedene Wirkprinzipien durchzuspielen. (4) Anschließend erfolgt die Implementierung zu Komponenten, also das Auskonstruieren der Mechanik und Elektronik beziehungsweise die Programmierung der Software oder Informationstechnik (Komponenten M/E/I) durch die jeweilige Disziplin. Hier werden erstmals auch disziplinspezifische Architekturen wie die Softwarearchitektur, Blockschaltbilder oder Baugruppenlogiken modelliert, wobei disziplinspezifische Werkzeuge wie Computer-aided Design (CAD), Electronic Computer-aided Design (ECAD) oder Integrated Development Environment (IDE) zum Einsatz kommen.

Auf jeder dieser vier Stufen werden die Modellelemente durch Anforderungen beziehungsweise Designspezifikationen als Teil der Systemmodellierung beschrieben. Bei den jeweiligen Kernaufgaben der Systementwicklung werden diese Modellierungsstufen dann herangezogen und für die spezifischen

Zwecke verwendet. So erfolgt beispielsweise die Identifizierung von Gefährdungen als Teilaufgabe der Risikoanalyse auf Basis der hier beschriebenen Blackbox-Modellierung. Im Kontext der Modellierung der für die Risikoeinschätzung benötigten Abfolge von Ereignissen können so sukzessive tiefere Konkretisierungsstufen herbeigezogen werden.

Auf verschiedenen Integrationsstufen erfolgt im rechten Schenkel des V-Modells des Weiteren die Überführung der Ergebnisse der Systementwicklung in die reale Welt. Diese umfasst auch realitätsnahe Verhaltensmodellierungen im Sinne von Simulationen, beispielsweise Finite-Elemente-Methode (FEM), Schaltungssimulationen oder das Unit Testing, wengleich solche Modellierungsschritte mitunter bereits Bestandteil der erwähnten Implementierungsstufe sind. Am Ende der Systementwicklung steht schließlich ein Verifizierungsprototyp (System VP), der Zulassungen durchlaufen hat und die Akzeptanzkriterien des Kunden erfüllt.

Den sachlogischen Kern des Projektmanagements bildet in der funktionsgetriebenen Systementwicklung die Funktionsstruktur. Die Entscheidung über Sprints wird dabei mit Blick auf mögliche Projektrisiken hinsichtlich der Zeit, der Qualität und der Kosten zur Umsetzung einzelner modellierter Teilfunktionen getroffen. In einem Prototypenplan werden die Sprints über die Teilfunktion und deren planmäßigen Reifegrad beziehungsweise deren planmäßige Integrationsstufe dokumentiert. Dies kann sich auf wichtige Funktionen auswirken, die die Benutzerfreundlichkeit beeinflussen, beispielsweise die Leichtigkeit der Bedienung oder das Nutzererlebnis, die UX. Zudem können auch solche technischen Funktionen betroffen sein, deren anforderungsgerechte Umsetzbarkeit unsicher ist. Bisweilen sind Funktionen unklar, weil Anforderungen fehlen oder widersprüchlich sind.



Lessons learned

- Grundsätzlich gilt, dass für eine gleichermaßen effektive und effiziente modellgetriebene Systementwicklung viele Faktoren zu berücksichtigen sind. Die Mechatronic Medical Engineers GmbH verfolgt die Grundidee einer modellgetriebenen Systementwicklung, allerdings können aufgrund der nicht ganz optimalen Projekt-Set-ups hinsichtlich des Grads der Umsetzung einer modellbasierten Entwicklung bei Auftragnehmer und Auftraggeber die Potenziale des Ansatzes für beide Seiten nicht gänzlich ausgeschöpft werden.
- Kundenvorgaben wie spezifische Tools oder konkrete Prozesselemente erschweren eine durchgängig modellbasierte Entwicklung. Während eine ganzheitliche Systemmodellierung inklusive Requirements Engineering und Risikomanagement, Redundanzen im Tool vermeidet, führt jeder Toolsprung, beispielsweise bei einer Kundenvorgabe zur Verwendung von klassischen Office-Lösungen für die Risikoanalyse oder die Dokumentation des Backlogs, zu Herausforderungen im Tracing.
- Besitzt der Kunde eine gewisse Affinität zur methodischen Arbeitsweise und gelingt es dem Dienstleister, in den ersten Phasen der Entwicklung des Kundenkontakts die modellgetriebene Entwicklung im Rahmen von geplanten Vorgehensweisen der Entwicklung zu platzieren, zeigen sich durchgängig sehr positive Erfahrungen. Ein herausragendes Beispiel hierfür sind die Erfolge, die die Mechatronic Medical Engineers GmbH mit dem funktionsgetriebenen Ansatz erzielen konnte. Während es in der Vergangenheit in der Integration von Mechanik, Elektronik und Software teilweise zu Kompatibilitätsproblemen gekommen war, hat die funktionsgetriebene Entwicklung die gemeinsame Arbeit sämtlicher Disziplinen für ein und dasselbe Ziel ermöglicht. Allein durch die Einführung einer sachlogischen Ebene oberhalb der des Konzipierens beziehungsweise der der eigentlichen Lösungsfindung wurde eine disziplinübergreifende Zusammenarbeit gefördert. Es galt nicht mehr, eine Mechanik, eine Elektronik und darüber hinaus eine Software zu entwickeln, sondern stattdessen eine Funktion zu realisieren, die Mechanik, Elektronik und Software zwar benötigt, deren Integration und Zusammenspiel aber bestens funktionieren.

- Die Erfahrung zeigt, dass die deutsche Industrie – unabhängig von Unternehmensgröße oder Branche – in sehr unterschiedlichem Maße methodische Arbeitsweisen in ihre Abläufe implementiert hat. Sämtliche Tätigkeiten wie Requirements Engineering oder Systemmodellierung, werden bei unerfahrenen Anwendenden als unnötiger Offset oder als notwendiges Übel betrachtet, die lediglich Geld und Zeit kosten.

Fazit

Es ist davon auszugehen, dass ohne integrative Ansätze wie die modellbasierte Systementwicklung – insbesondere bei einer durchgängig digitalen Systementwicklung – oder ASE in Zukunft keine komplexen Produkte im Kunden-Auftragsgefüge mehr entwickelt werden können. Wenngleich diesbezüglich nach wie vor noch viel Überzeugungsarbeit zu leisten und die entsprechende Durchdringung der deutschen Industrie noch nicht abgeschlossen ist, lässt sich aus den Praxiserfahrungen der Mechatronic Medical Engineers GmbH ein eindeutig positives Fazit zur Anwendung der modellbasierten Systementwicklung ziehen, da die Vorteile überwiegen: Das sachlogische V-Modell erleichtert es, den Entwicklungsprozess an die jeweilige Aufgabenstellung des Kunden anzupassen. Wenn zudem kein Gesamtsystem zu entwickeln ist, sondern lediglich Subsysteme, Varianten, Komponenten herzustellen oder Anpassungen vorzunehmen sind, braucht es zu Beginn keine Blackbox oder Funktionsstruktur; das Projekt beginnt vielmehr mit der bereits vorhandenen physikalischen Struktur oder den Komponenten M/E/I. Das hat wiederum Auswirkungen auf die Flughöhe im Requirements Engineering und im Risikomanagement: Die definierten Konkretisierungsstufen beziehungsweise die hieraus resultierenden Ablagestrukturen helfen des Weiteren bei der Organisation der zu Beginn des Kundenauftrags vorhandenen Informationen und Aufwände. So werden beispielsweise die Spezifikationen der zu verwendenden Komponenten ohne Umweg auf Ebene der Komponenten M/E/I abgelegt. Aufseiten des Auftragnehmers – in diesem Fall der Mechatronic Medical Engineers GmbH – wird so frühzeitig sichergestellt, dass die entsprechenden Informationen den richtigen Projektbeteiligten zur Verfügung stehen; zum Kunden hin besteht zudem stets ein hohes Maß an Informationstransparenz. Eine stetige Zusammenführung der Informationen in Kombination mit der Konkretisierung des Systemmodells unterstützt zudem ihre Prüfung. Widersprüche in den Anforderungen oder weiße Flecken in der Beschreibung des zu entwickelnden Systems werden bei dieser Vorgehensweise frühzeitig sichtbar. Für die verantwortlichen Ingenieurinnen und Ingenieure bietet die modellgetriebene Systementwicklung darüber hinaus Vorteile im Tagesgeschäft. Die dazugehörige Systemmodellierung gibt einen klar definierten Betrachtungsrahmen für eine jeweilige Aufgabe vor. Beispielsweise wird für die Funktions-FMEA die oben genannte Funktionsstruktur verwendet, die Systemanforderungen beschreiben ausschließlich die Schnittstellen und Elemente der Funktionsstruktur.

3 Digitale Services und Nachhaltigkeit durch eine ganzheitliche Produktentstehung

Friedrich Lütze GmbH



Steffen Walter
Friedrich Lütze GmbH



Das Projekt bi.smart war für LÜTZE eine Art Initialzündung für die Anwendung neuer Methoden und Prozesse. bi.smart generierte wertvollen Input für unser Unternehmen, um digitale Geschäftsfelder nachhaltig zu erschließen und voranzutreiben.

Ausgangslage und Herausforderung

Seit über 65 Jahren entwickelt und fertigt die Friedrich Lütze GmbH in Weinstadt elektronische und elektrotechnische Komponenten und Systemlösungen für Automatisierung und Bahntechnik. Das Unternehmen bietet ein breites Portfolio an Industrieleitungen, das 95 Prozent aller Anwendungen in der industriellen Fertigung abdeckt. Kabelkonfektionen und Verbindungstechnik ergänzen das Angebot. Im Produktbereich Cabinet können durch das System AirSTREAM zur Schaltschrankverdrahtung bis zu 30 Prozent Platz gegenüber dem konventionellen Aufbau mit einer Montagetafel eingespart werden. Konstruktionsbedingt setzt die Friedrich Lütze GmbH im Schaltschrank zudem Maßstäbe bei der Energieeffizienz und der Lebensdauer der Komponenten. So ist es möglich, Energie zur Kühlung gezielt und wirkungsvoll einzusetzen, auf diese Weise ökologisch nachhaltig zu wirtschaften und gleichzeitig die Betriebskosten zu senken. Das Angebot aus dem Bereich Control deckt neben dem kompletten Spektrum der industriellen Stromversorgung auch den Bereich der elektronischen Überlast- und Kurzschlussüberwachung ab. Die hier angebotenen Systeme gewährleisten eine intelligente und zuverlässige Stromüberwachung und alle Möglichkeiten der Integration in Industrie 4.0-Anwendungen.

Aufgrund der Historie des Unternehmens, bei dem stets die Sicherheit der Produkte im Vordergrund steht, wurde die Steuerungssoftware der elektronischen Komponenten bislang nach dem sogenannten klassischen Wasserfallmodell entwickelt. Die meist sicherheitsrelevanten Anforderungen an die Komponenten wurden zu Beginn definiert und dann im Entwicklungsprozess abgearbeitet und validiert. Diese Vorgehensweise ist für einige Komponenten auch nach wie vor sinnvoll, weshalb entsprechende Entwicklungsprozesse fortgeführt werden. Das Entwicklungsteam stellte sich im

Bereich Cabinet allerdings einer neuen Herausforderung: Aufgabe war die Entwicklung von Hard- und Software für neu anzubietende digitale Dienstleistungen, darunter die Erstellung einer Zustandsüberwachung für Anlagenbetreiber oder die Schaltschranksimulation für Anlagenplaner. Anders als bei klar definierbaren sicherheitsgerichteten Anforderungen bietet ein hybrider Entwicklungsprozess mit **agilen Methoden** den Vorteil, unscharf formulierte Kundenbedürfnisse und -anforderungen mithilfe konkreter Prototypen an verschiedenen Stellen der Systementwicklung zu präzisieren und nachzuvollziehen; der Endnutzer einer geplanten Lösung lässt sich also aktiv in den Entwicklungsprozess einbeziehen. Für den Kunden bietet die Rolle als Entwicklungspartner zudem die Möglichkeit, individuelle Anforderungen zu formulieren und maßgeschneiderte Lösungen für den eigenen Prozess zu erhalten. **Agilität** und ein **ganzheitlicher Produktentstehungsprozess**, der den Kunden einbezieht, sind ASE-Bestandteile, die im Rahmen des Verbundprojekts bi.smart vermittelt wurden.

Das Angebot digitaler Dienstleistungen ist für die Friedrich Lütze GmbH ein enormes Wachstumsfeld, weshalb innerhalb des Unternehmens ein Kernteam gebildet wurde, das die digitale Abbildung der Produkte und die damit einhergehende Prozess- und Unternehmenstransformation ganzheitlich und bereichsübergreifend begleitet, in das Unternehmen hineinragt und dort langfristig vorantreibt. **Produkt-Service-Systeme** im Bereich der Schaltschränke können Nachhaltigkeitsanforderungen besser als Konventionelle erfüllen, indem sie vorhersagbare und messbare Energieeinsparungen durch Vermeidung oder Reduzierung von Klimatisierung ermöglichen. Der Nachhaltigkeitsgedanke treibt sowohl die Friedrich Lütze GmbH als auch ihre Kunden in der Entwicklung und Anwendung maßgeblich an.

Die Erweiterung des Produktportfolios der Friedrich Lütze GmbH um digitale produktnahe Dienstleistungen umfasst beispielsweise die nachhaltige Optimierung und Steuerung der Temperatur in bestehenden Schaltschränken durch Mess- und Regeleinheiten sowie Möglichkeiten zur Verbesserung des Schaltschrankaufbaus durch virtuelle Simulationen bereits in der Planungsphase. Relevante Daten können in Echtzeit oder retrospektiv erfasst, analysiert und über eine digitale Benutzeroberfläche auch aus der Ferne ausgewertet werden. Die Vision ist eine präzise Messung und eine ausschließlich lüfterbasierte Regelung von Luftströmen unterschiedlicher Temperatur im Schaltschrank, was die Betriebsdauer der üblichen Klimageräte deutlich reduziert und zu einer signifikant besseren Umweltbilanz führt. Hieraus ergeben sich für das Unternehmen völlig neue Fragen zur Gestaltung von Dienstleistungen und Geschäftsmodellen: Wie organisiert man einen Wochenendbereitschaftsdienst? Wie lange sind Software-Updates für Produkte verfügbar? Sind diese Updates kostenlos oder kostenpflichtig? Und wie rechnet die Buchhaltung die neuen Dienstleistungen ab?

ASE als Lösung

Das bi.smart Entwicklungsteam der Friedrich Lütze GmbH nutzt ein an ihre Prozesse angepasstes iteratives Spiralmodell (siehe Abbildung: An Lütze angepasstes Spiralmodell), um sich bei der Entwicklung eines smarten Produkt-Service-Systems über mehrere Prototypen der marktreifen Lösung anzunähern. Beim Spiralmodell wird für jeden Reifegrad des Prototyps eine Entwicklungsschleife durchlaufen, die aus vier Phasen besteht. Zu Beginn jeder Entwicklungsschleife wird das Zwischenziel definiert, beispielsweise in Form spezifischer Anforderungen. In der zweiten Phase findet die Entwicklung der Hardware, die Fertigung des Prototyps sowie Inbetriebnahme und Prüfung der Hardware statt. Die nächste Phase ist der **agilen Softwareentwicklung** gewidmet. Beginnend mit einer Software-Inbetriebnahme des neuen Hardware-Prototyps, werden die in der ersten Phase definierten Ziele weiter verfolgt, implementiert und geprüft. Zum Ende der Entwicklungsschleife werden auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse und Kundenfeedback Rückschlüsse für die nächste Iteration gezogen und der nächste Prototyp geplant. Durch die Wiederholung der Entwicklungsschleifen und die kontinuierliche Erweiterung der Funktionalität des Produkts lässt sich der Prozess in einem Diagramm als Spirale mit vier

Quadranten darstellen, das zur Visualisierung für die verschiedenen Projektbeteiligten dient. Durch die frühzeitige Darstellung können auch andere Unternehmensbereiche wie der Vertrieb besser eingebunden oder Änderungen durch das **agile Vorgehen** kommuniziert werden. Das iterative Einholen von Kundenfeedback und die Anwendung **agiler Methoden** innerhalb der Entwicklungszyklen verbessern kontinuierlich die Produktfunktionalität und ermöglichen eine frühzeitige Anpassung an Kundenbedürfnisse.

Bei großen und komplexen Systemen, die eine verzahnte Entwicklung von Hard- und Software erfordern, hat sich die hybride Vorgehensweise im Unternehmen mit iterativer Hardwareentwicklung kombiniert mit agiler Softwareentwicklung bewährt, da bereits an einfacheren und kostengünstigeren Prototypen sowohl auf der Anforderungs- als auch auf der Problemlösungsebene für das Endprodukt gelernt werden konnte. Im konkreten Fall konnten beispielsweise Fehler bei der Positionierung von Temperatursensoren vermieden werden. Insgesamt werden Hard- und Software der smarten Produkt-Service-Systeme zu komplex, um alle Funktionalitäten und Anforderungen im Vorfeld zu definieren und abzubilden.

Über die Entwicklung eines **Produkt-Service-Systems** hinaus haben sich bekannte Methoden wie Business Model Canvas oder Business Model Navigator zur Visualisierung von Geschäftsmodellen bewährt, um Nutzerversprechen, Wertschöpfungskette und Ertragsmechanik besser erfassen und kommunizieren zu können. Auch diese mussten im Fall der Friedrich Lütze GmbH auf Basis des Wandels vom reinen Produkt zum Produkt-Service-System neu interpretiert werden.

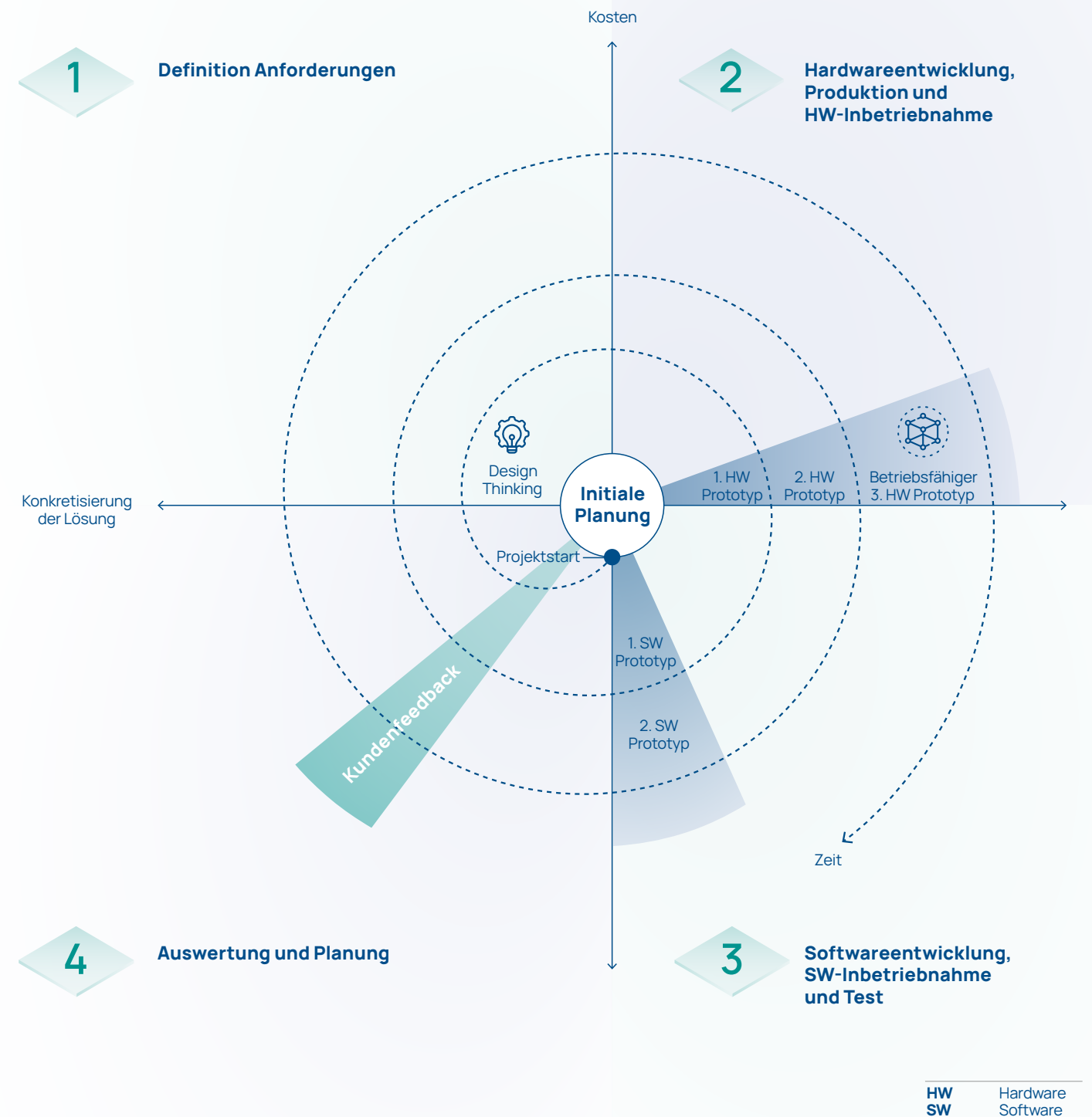


Abbildung: An Lütze angepasstes Spiralmodell

Einführung von ASE

Wie die oben formulierten Fragen zur Erbringung neuer Dienstleistungen zeigen, kann die Umstellung auf smarte Produkt-Service-Systeme und deren Entwicklung mithilfe von ASE-Methoden zu weitreichenden, oftmals schwer vorhersehbaren Veränderungen in der Wertschöpfungskette führen. Daher wurde bei der Friedrich Lütze GmbH mit dem Fokus auf die nachhaltige Optimierung und Steuerung der Temperatur in Schaltschränken zunächst ein Anwendungsfall gewählt, der sich gut von anderen Bereichen abgrenzen lässt. Die Umsetzung von ASE-Ansätzen, die beispielsweise Änderungen von Anforderungen auf Basis von Kundenfeedback während der Entwicklung fördern, waren für die Entwicklungsabteilung anfangs ungewohnt. Daher wurden im Rahmen des Forschungsprojekts bi.smart zunächst ASE-Workshops durchgeführt, um die betreffenden Ansätze kennen- und verstehen zu lernen sowie Anwendungsmöglichkeiten selbst zu erarbeiten. Der Aufbau von Wissen in diesem Themenfeld ist wichtig, damit die Personen, die innovative Prozesse und Methoden einführen, die notwendigen Kompetenzen und Ressourcen mitbringen.

Anschließend wurden vonseiten der Friedrich Lütze GmbH zur Ermittlung von Kundenbedürfnissen entsprechende Kundeninterviews durchgeführt. Um verschiedene, häufig auftretende Kundenbedürfnisse anschaulich zu systematisieren, wurden sogenannte Personas erstellt. Hierfür wurden zunächst verschiedene Rollen in den Kundenunternehmen identifiziert, die für den Entscheidungsprozess und den Kauf einer Lösung relevant sind. Im nächsten Schritt wurde dann analysiert, welche unerfüllten Bedürfnisse für diese entscheidungsrelevante Gruppe im Vordergrund stehen und welcher Mehrwert für die Personas durch neue Lösungen generiert werden könnte.

Um die veränderten Anforderungen an die Entwicklung besser darstellen zu können, war ein hoher Kommunikationsaufwand notwendig. Der Kulturwandel innerhalb der Friedrich Lütze GmbH hin zu **agilen Prozessen** und iterativen Zielanpassungen musste intern kommuniziert und unterstützt werden. Die interne Kommunikation wurde von einer eigens für die Digitalisierungsinitiative zuständigen Projektleitung übernommen und strukturiert. Die Gruppe der intern beteiligten Stakeholder umfasste nicht nur die Entwickler von Hard- und Software, sondern alle Teams der Friedrich Lütze GmbH entlang der Wertschöpfungskette – von der Geschäftsführung über das

Produktmanagement bis hin zur Buchhaltung und zum Vertrieb. So lernten beispielsweise die Entwicklungsteams, den direkten Kundenkontakt einzufordern, der bis dahin ausschließlich vom Vertrieb sichergestellt worden war und der sich seinerseits auf diese Änderung einstellen musste.

Darüber hinaus war die Hard- und Software an die neuen Anforderungen anzupassen, um Betriebssysteme zur Datenerfassung und -verarbeitung unterstützen zu können. Das Betriebssystem selbst wird zugekauft und durch Open-Source-Komponenten ergänzt, sodass der eigene Entwicklungs- und Kostenaufwand für ein KMU erschwinglich und der Aufwand überschaubar bleibt. Die Integration bestehender Teillösungen und kundenspezifischer Anpassungen erfolgt beim Kunden vor Ort durch die Friedrich Lütze GmbH.

Lessons learned

- Die Entwicklung eines neuen **Produkt-Service-Systems** erfordert ganzheitliche Planung von der Idee bis zum Vertrieb und zur Buchhaltung. Um den Arbeitsaufwand für die Umstellung auf eine ASE-basierte Entwicklung zu bewältigen, braucht es klar definierte Prozesse und Rollen aller Beteiligten.
- Eine frühzeitige Kommunikation der neuen Prozesse und stetige Erreichbarkeit für Rückfragen sind ein Schlüssel zum Erfolg einer Digitalisierungsinitiative und der Implementierung von ASE-Methoden. Eine intensiviertere interne Kommunikation trägt dazu bei, Mitarbeiterbedürfnisse in den neuen Prozess zu integrieren und den Zusammenhalt zwischen den Teams im Unternehmen zu stärken.
- ASE fördert nachhaltige Systemlösungen, die die Position von Anbietern und Kunden in bestehenden oder neuen Geschäftsfeldern stärken können. Nachhaltigkeit wirkt zudem als intrinsischer Motivationsfaktor für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, es verleiht der eigenen Tätigkeit zusätzlichen Sinn und stärkt zudem die Identifizierung mit dem eigenen Unternehmen.

Fazit

Für die Friedrich Lütze GmbH ist digitale Transformation ein strategisch wichtiges Thema. Erste Prototypen ihrer smarten **Produkt-Service-Systeme** stehen zur Installation beim Kunden mittlerweile bereit. Zudem ist zu erwähnen, dass Erfahrungswerte und Best Practices der Digitalisierungsinitiative im Projekt bi.smart sowie die Anwendung von ASE-Methoden und -Prozessen, die **Agilität** und Kundenzentrierung fördern, künftig auch auf andere Produktbereiche ausgeweitet werden. Denn trotz anfänglicher Herausforderungen bei der Umstellung sind die Potenziale dieses Wandels klar zu erkennen. Jene Entwicklungsteams innerhalb des Unternehmens, die bereits Erfahrungen mit ASE sammeln konnten, sehen sich gestärkt, um Innovationen in Zukunft besser aufeinander abzustimmen und diese schneller zum Markterfolg zu führen. Gleichzeitig bieten **Produkt-Service-Systeme** Lösungen, die nachhaltiges Wirtschaften und Transparenz fördern.

4 Datengetriebene Entwicklung

TRUMPF SE + Co. KG



Steffen Wagenmann

IPEK – Institute of Product Engineering
und TRUMPF SE + Co. KG



Künftige Entwicklungsentscheidungen müssen auf Basis von Betriebsdaten zur Maschinennutzung getroffen werden. Wir brauchen neue Methoden, um Entwickelnde hierfür zu befähigen. Ansätze des ASE helfen uns Produktgenerationen durch die Analyse von Betriebsdaten zu optimieren.

Ausgangslage und Herausforderung

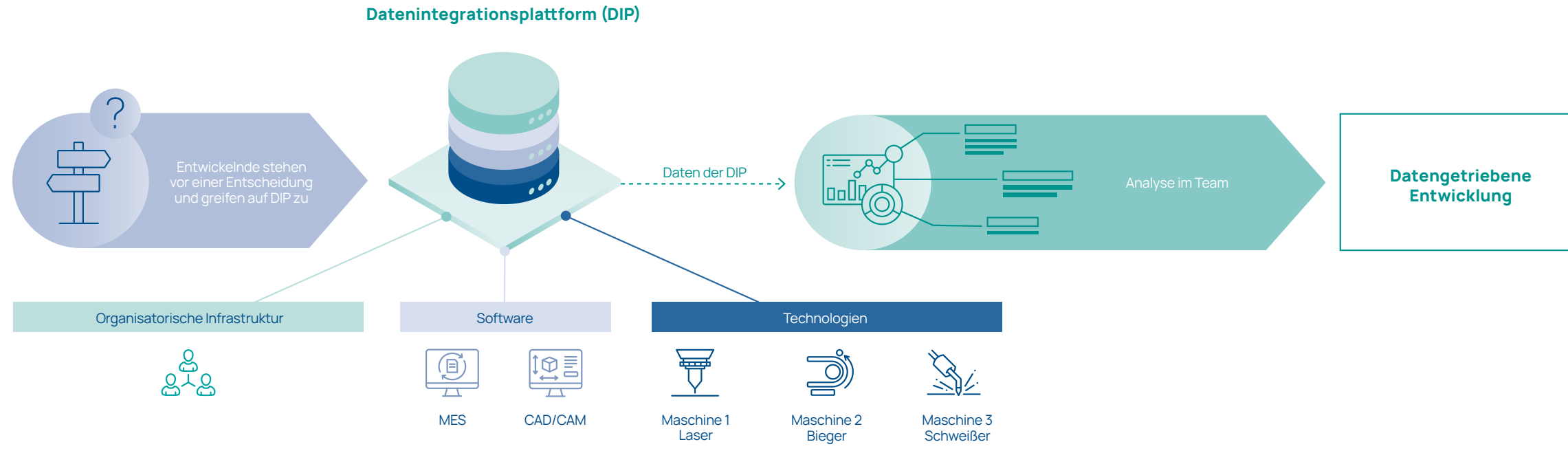
Gegründet im Jahr 1923 hat sich die TRUMPF SE + Co. KG bis heute zu einem der weltweit führenden Unternehmen für Werkzeugmaschinen, Laser sowie Elektronik für industrielle Anwendungen entwickelt. Mit über 18.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ist TRUMPF in fast allen europäischen Ländern, in Nord- und Südamerika sowie in Asien vertreten. Der Stammsitz der TRUMPF Gruppe mit den beiden Geschäftsbereichen Werkzeugmaschinen und Lasertechnik befindet sich in Ditzingen. Dank jahrzehntelang bestehender Expertise ist TRUMPF mit Hochtechnologielösungen in vielen Branchen vertreten und somit ein hervorragend geeigneter Partner für die ASE-Forschung. So hat die TRUMPF SE + Co. KG erkannt, dass in den Entwicklungsabteilungen vieler Unternehmen zwar die Betriebsdaten ihrer Produkte zur Verfügung stehen, diese sich jedoch bislang nur schwer für das Engineering nutzen lassen. Entscheidungen im Rahmen der Produktentstehung und -optimierung müssen daher nach wie vor häufig auf Basis von Expertenwissen getroffen werden. Die aktive Nutzung von Betriebsdaten für die Zwecke der Produktoptimierung steckt aufgrund dessen noch in den Kinderschuhen. Ansätze des Data Minings oder Konzepte, wie der Digitale Zwilling und die Verwaltungsschale, bieten hierfür großes Potential. Diese Herausforderung vieler Unternehmen hat TRUMPF SE + Co. KG auch für sich erkannt und eine **datenbasierte Grundlage für die Entwicklungsabteilung** und damit einen Baustein im Sinne des ASE geschaffen.

Für eine kundenzentrierte und effiziente Entwicklung braucht es zunächst ein detailliertes Verständnis der Art und Weise, wie die entsprechenden Maschinen durch den jeweiligen Kunden genutzt werden. Zu beantwortende Fragen sind zum Beispiel, wie oft bestimmte Funktionen einer Maschine, mit welchen Parametern (beispielsweise Blechdicke) und in welcher Weise

(beispielsweise Laserstärken), genutzt werden. Zwar verfügen die Anwendenden der Maschinen über entsprechende Expertise, doch konnte dieses Wissen bislang nicht in umfassendem Maße für das Engineering herangezogen werden. Insbesondere zwei Herausforderungen stellten sich in diesem Zusammenhang: Erstens mussten die notwendigen Informationen zur Bedienung der Maschinen über mehrere Hierarchieebenen innerhalb des Kundenunternehmens hinweg bis hin zur Entwicklungsabteilung der TRUMPF SE + Co. KG geleitet werden, was dem Stille-Post-Prinzip gemäß zu einem Verlust oder zur Verfälschung von Informationen führen kann. Zweitens ist die Menge maschinengenerierter Daten enorm groß, weshalb die entscheidende Herausforderung darin bestand, die entwicklungsrelevanten Daten zu identifizieren und zu priorisieren. Oftmals waren die Daten für einen solchen Zweck aber zu wenig strukturiert und ihre Interpretation war fehleranfällig, sodass man sie ohne spezifische Fachkenntnisse nur mit einem sehr hohen Arbeitsaufwand angemessen analysieren konnte. Kompetenzen wie Data Sciences waren in der Breite der Mitarbeiterschaft nicht in ausreichendem Maße vorhanden. Gleichwohl war klar, dass im richtigen Umgang mit den Daten große Chancen liegen, um Maschinen noch effizienter zu entwickeln und noch besser auf die Bedürfnisse des Kunden zuzuschneiden. Das wiederum kommt dem Kunden zugute, dessen Personal die Maschinen leichter bedienen und zudem mehr Funktionen anwenden kann.

ASE als Lösung

Das Unternehmen TRUMPF SE + Co. KG hat seine Kompetenz im Engineering durch eine **datengetriebene Entwicklung** erhöht, um die Komplexität der Systeme noch effizienter zu beherrschen. Hierfür war es zunächst erforderlich, eine tragfähige Grundlage für die datenbasierte Entscheidungsfindung



im Sinne von ASE zu bilden; das erfolgte durch den Aufbau einer Integrationsplattform für Daten und die Nutzung entsprechender IT-Tools. Die Plattform führt verschiedene Informationen zur Maschinennutzung durch die Kunden zusammen, insofern ein Interesse der Kunden am Teilen der – standardmäßig anonymisierten – Daten vorhanden ist, sodass verschiedene Aspekte analysiert und nachvollzogen werden können: Welche allgemeinen Rückschlüsse lassen sich aus der operativen Nutzung der Kunden ziehen? Wird die Maschine in der von Entwicklungsseite intendierten Weise oder womöglich anders genutzt? Oder welche Fehlermeldungen sind festzustellen? Solche und ähnliche Informationen erweisen sich im weiteren Entwicklungsprozess als aufschlussreich; die Entwicklerinnen und Entwickler der TRUMPF SE + Co. KG können bei Bedarf das operative Geschehen im Kundenunternehmen im Detail wiedergeben – beispielsweise die Verschiebung einer spezifischen Achse in einer Maschine um 20 Millimeter.

Die Integrationsplattform allein reicht allerdings nicht aus, um eine datengetriebene Entwicklung zu ermöglichen. Entscheidend ist vielmehr die Befähigung der Entwicklerinnen und Entwickler, diese Daten tatsächlich auch effektiv zu nutzen. Dazu

trägt eine eng verzahnte interdisziplinäre Arbeitsweise unter Einbeziehung neuer **Rollen im Engineering** bei. Der Austausch von Wissen und die Abstimmung bei der Entwicklung finden in kurzen Zyklen in interdisziplinären Teams auf Basis **agiler Methoden** statt (siehe Kapitel Agile Organisationsgestaltung im Bereich R&D Machine Tools). So sind beispielsweise Systems Engineers, die die Methodenkompetenz einbringen, Mitglied in den Entwicklungsteams der verschiedenen Domänen, in denen das spezifische technische Know-how vorliegt. Ein Enabler für die **datengetriebene Entwicklung** ist zudem das entsprechende Wissen und die Kompetenzen der Datenanalyse im Team. Durch die enge Verzahnung von Data Science und Entwicklungskompetenz innerhalb der Teams wird unmittelbar deutlich, welche Informationen konkret in der Entwicklung gefragt sind. Darüber hinaus können Informationen deutlich schneller und somit in der für den Entwicklungsprozess notwendigen Geschwindigkeit bereitgestellt werden. Im konkreten Fall wurde zusätzlich schließlich ein innovatives Vorgehensmodell zur Nutzung von Maschinendaten im – menschenzentrierten – Engineering aufgebaut, das auch Entwicklerinnen und Entwickler ohne breiten Hintergrund als Data Scientist zur Nutzung von Maschinendaten befähigt. Das Zusammen-

führen der mechatronischen Entwicklung und der Datenanalyse können also dazu beitragen, den Stille-Post-Effekt bei der Vermittlung entwicklungsrelevanter Informationen zu vermeiden und die Menge zielführender Daten in der Entwicklung deutlich zu steigern.

Einführung von ASE

Die TRUMPF SE + Co. KG nutzt Data Science und das Sammeln von Maschinendaten bereits seit Anfang der 2000er Jahre. Um weitere wesentliche Potenziale in der Entwicklung zu erschließen, werden seit ein paar Jahren mittels einer gezielten Strategie Maschinendaten zunehmend für alle Entwicklerinnen und Entwickler nutzbar gemacht. Die Einführung dieses Ansatzes ging mit zwei parallel verlaufenden Entwicklungssträngen einher, die in wechselseitiger Abhängigkeit zueinanderstanden. Einerseits musste die Kompetenz einzelner Personen und der Entwicklungsteams aufgebaut werden, um Daten zu analysieren und sie systematisch für die Entwicklung zu nutzen. Ziel war es hier, die beschriebenen Hürden wie beispielsweise die Menge an schwer zu interpretierenden Daten

für die Entwicklerinnen und Entwickler möglichst stark zu reduzieren. Andererseits veränderten stärker interdisziplinär geprägte Arbeitsprozesse und die Integrationsplattform als Grundlage der Entscheidungsfindung die Organisation des Unternehmens. Der Wandel hin zur datengetriebenen Entwicklung ging auch mit einer neuen Arbeitskultur einher, der die gewohnte Arbeitsweise veränderte. Die Befähigung zur datengetriebenen Entwicklung und die damit einhergehende Organisationsentwicklung ließen sich zudem nicht sequenziell und voneinander getrennt betreiben. Zum Erfolg hat ein wechselseitiger Feedbackprozess geführt. Zunehmende Erfahrung und Kompetenz aufseiten der Entwicklerinnen und Entwickler in der datengetriebenen Produktentstehung führte so zu einer Optimierung der organisatorischen Infrastruktur; beispielsweise konnte die Datenintegrationsplattform den Bedürfnissen der Entwicklerteams sukzessive angepasst werden. Das stärkte wiederum die Kompetenzen in der datengetriebenen Entwicklung und führte dort zu einer effektiveren Datennutzung, in deren Folge dann erneut die organisatorische Infrastruktur verbessert werden konnte.

Lessons learned

- Entwicklerinnen und Entwickler müssen durch neue Methoden befähigt werden, Betriebsdaten der Kunden zu nutzen. Für eine weitgehende, datengetriebene Produktentwicklung braucht es neben dem notwendigen Verständnis für das jeweilige technische System des Kunden daher grundlegende Data-Science-Kompetenzen im Entwicklungsteam.
- Die Organisation der Entwicklung muss ihrerseits inkrementell entwickelt werden. Der Austausch zwischen jenen Akteuren, die die organisatorische Infrastruktur (beispielsweise die Daten-Integrationsplattform) bereitstellen, und den Entwicklungsteams in den Domänen erfolgt bestenfalls konzeptionell, strukturiert und standardisiert.
- Es braucht einen Kulturwandel im Engineering. Hierfür muss den Entwicklungsteams der Nutzen der **datengetriebenen Entwicklung** vermittelt werden, oder sie müssen befähigt werden, selbstständig Vorteile zu erkennen und zu erarbeiten.

Fazit

Die TRUMPF SE und Co. KG setzt Daten effektiv für die Entwicklung komplexer Systeme ein, wie mittlerweile über 100 Anwendungsfälle aus unterschiedlichen Bereichen zeigen. Mithilfe verschiedener Maßnahmen verringerte das Unternehmen im Zuge der Umstellung die Dauer der Datenbereitstellung für die Entscheidungsfindung von etwa vier Wochen auf vier Werktage. Erst dieser Schritt ermöglichte den Einsatz der **datengetriebenen Entwicklung** in der Praxis. Die hierdurch geschaffene Grundlage bietet den interdisziplinären Entwicklungsteams der TRUMPF SE und Co. KG dank unterschiedlicher Perspektiven (und **neuer Rollen im Engineering** wie **Data Scientist**) eine objektive Entscheidungsgrundlage und trägt somit zur Produktentstehung maßgeblich bei. Im Ergebnis können so heute Teilsysteme neuer Produktgenerationen auf Basis des Wissens über bestehende Produkte weiterentwickelt werden. Zudem konnten erhebliche Potenziale im Variantenmanagement aufgedeckt werden. Und schließlich lassen sich die Funktionsumfänge von Modulen anhand der Kundennutzungshistorie neu definieren.

5 Datengetriebene Entwicklung in der Medizintechnik

OSYPKA AG



Volker Franco Steier
OSYPKA AG



Wir sehen einen Benefit in der Etablierung von ASE-Methoden und planen damit in die Zukunft, weil wir als mittelständisches Unternehmen überzeugt sind, dass sich der initiale Aufwand für die Umstrukturierung von Methoden und Prozessen nach ein bis zwei Jahren durch Einsparungspotenziale wieder auszahlt.

Ausgangslage und Herausforderung

Die OSYPKA AG (vormals OSYPKA GmbH) wurde 1977 durch Dr. Peter Osypka gegründet und entwickelt seither erfolgreich eine Vielzahl von Medizinprodukten. Das Kernportfolio der OSYPKA AG umfasst die Entwicklung, Zulassung und Herstellung von Herzkathetern, permanent implantierbaren Stimulationselektroden, kardiovaskulären Implantaten sowie Neurostimulatoren. Die hierfür erforderlichen Technologien sind über 90 Prozent inhouse verfügbar, was in der Medizintechnikbranche nahezu einzigartig ist. Der Hauptstandort der OSYPKA AG liegt im badischen Rheinfeldern. Vor etwa zehn Jahren wurden außerdem zwei weitere Standorte eröffnet: einer in Tschechien und einer in den USA. Mit seinen insgesamt etwa 350 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ist die OSYPKA AG ein mittelständisches Unternehmen. Im Rahmen des Verbundprojekts AMeLie hat die OSYPKA AG den Einsatz von ASE-Methoden im Rahmen der **datengetriebenen Entwicklung** erprobt. Als Anwendungsfall für die Machbarkeitsstudie wurde das bereits bestehende Produkt einer Cuff-Elektrode ausgewählt, die bei Operationen an der Schilddrüse den nahegelegenen Vagusnerv vor ungewollter Schädigung schützt. Die Elektrode löst zu diesem Zweck ein Warnsignal aus, sobald ein metallisches Instrument dem Nerv zu nahekommt. Die Auswahl des Anwendungsfalls fiel auf die Cuff-Elektrode, weil zur Effizienzsteigerung neue Herstellungsmethoden erforscht werden sollen, die einen langfristigen wirtschaftlichen Erfolg des Produkts ermöglichen. Nicht zuletzt aufgrund der Zunahme und Novellierung regulatorischer Anforderungen bei der Zulas-

sung von Medizintechnik in der Europäischen Union, haben Kosteneinsparpotenziale grundsätzlich eine hohe Priorität für OSYPKA, um das Preisniveau der vertriebenen Produkte konstant halten zu können.

Vor diesem Hintergrund war daher das Ziel der Studie, den Aufbau der Elektrode zu vereinfachen. Vor dem Projekt wurden Elektrodenstrukturen durch den Silikonkörper geführt und mit zwei Litzen verbunden. Der Aufbauprozess wurde größtenteils manuell realisiert und ist deshalb kostenintensiv. Flexible Leiterplatten (Printed Circuit Boards – PCBs), die in den Formkörper eingeklebt werden können, könnten die notwendigen Aufbauschritte und Kosten erheblich reduzieren und perspektivisch weitere Anwendungsfelder erschließen.

Im Projekt wurden zwei Varianten untersucht: (1) PCBs mit Leiterbahnen aus Kupfer, die im Kontaktbereich für den Nerv mit Gold beschichtet wurden, und (2) PCBs mit gedruckten Leiterbahnen aus Silber, die im Kontaktbereich mit biokompatiblen Kohlenstoff bedruckt wurden. Die Silber-Variante wurde vom Projektpartner Fraunhofer-Institut für Biomedizinische Technik IBMT im Rahmen des Verbundprojekts generiert. Die kupferbasierte Benchmark-Lösung wurde mittels klassischer Lithografieprozesse hergestellt. Untersucht wurde anschließend, ob die Verwendung von PCBs in der Cuff-Elektroden-Herstellung möglich und sinnvoll ist. Eine umfassende Entwicklung des finalen Produkts war im Rahmen des Verbundprojekts AMeLie nicht vorgesehen.

ASE als Lösung

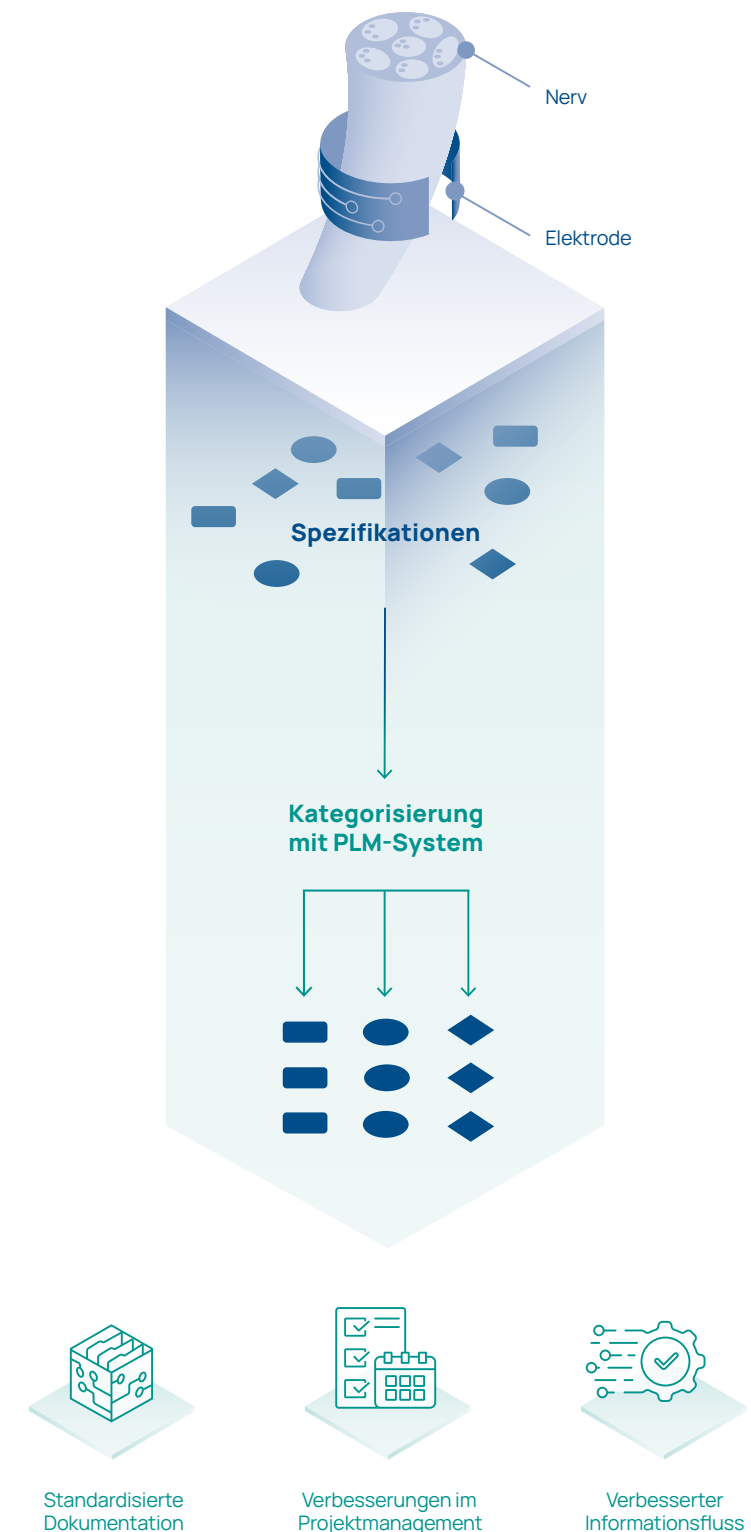
Das Vorhaben hat der OSYPKA AG Zugang zu einem ASE-Methodenarsenal und zu möglichen Einsatzszenarien verschafft. Zudem führte es zur Identifizierung einiger kritischer Punkte im bisherigen Entwicklungsprozess, allen voran beim Thema Spezifikationen. Das Ziel bestand darin, für das Projekt die übliche Ansammlung von Excel- und Word-Dokumenten durch eine übersichtliche Softwarelösung zu ersetzen und eine konsequente Änderungsverfolgung zu ermöglichen. Getestet wurde zu diesem Zweck das Programm Cquenz des Projektpartners Odego, das sich durch hohe Flexibilität in der Anpassung auf die unternehmenseigenen Anforderungen und eine hervorragende Variantensimulation auszeichnet.

Die für das Elektrodenprodukt erstellten Spezifikationen werden bei diesem Verfahren zunächst in die Software eingelesen. Anschließend erfolgt die Kategorisierung, beispielsweise nach Funktionen oder Baugruppen. Parallel werden Vor- und Nachteile gegenüber bestehenden Vorgehensweisen dokumentiert, die bislang größtenteils über klassisches Dokumentenmanagement realisiert werden. Insbesondere die Visualisierungsmöglichkeiten der Software ermöglichen schließlich, den Entwicklungsprozess aus neuen Perspektiven zu betrachten und Ungereimtheiten aufzudecken, die sonst unentdeckt bleiben würden. Die standardisierte Dokumentation stellt zudem sicher, dass wichtige Schritte bei Änderungsanträgen nicht übersehen und durch Reviews erst im Nachhinein entdeckt werden.

Einführung von ASE

Nach Abschluss der Machbarkeitsstudie für eine Produktüberarbeitung wurden hilfreiche ASE-bedingte Neuerungen und Optimierungspotenziale identifiziert und in den Gesamtplan zur Einführung einer Software für das **Product-Lifecycle-Management (PLM)** aufgenommen. Hierzu gehören beispielsweise die Erstellung und Bearbeitung von Spezifikationen, sowie Verbesserungen im Bereich des Projektmanagements und des Informationsflusses. Im Jahr 2022 wurde schließlich eine passende Softwarelösung ausgewählt, die seit Beginn 2023 schrittweise eingeführt wird.

Anfänglich lag der Fokus auf einer lückenlosen Erfassung der jeweiligen Projektstunden, die bislang manuell erfolgte. Insbesondere die Abrechnung von OEM-Aufträgen ist so erheblich vereinfacht worden. Derzeit wird das gesamte Projektmanagement umgestaltet. Ziel der entsprechenden Aktivitäten ist ein zentrales Projektmanagementsystem, bei dem alle relevanten Dokumente zentral generiert, organisiert und gesichert werden. Die Strukturvorgaben des Systems sollen einzelne Arbeitsabläufe vereinfachen und eine bessere Organisation und Dokumentation gewährleisten.



Lessons learned

- Eine einheitliche Erfassung von Projektstunden stellt sicher, dass jede Stunde korrekt und effektiv abgerechnet werden kann.
- Durch die Strukturierung von Abläufen mittels Softwarelösungen werden hohe Kosten für Änderungen im Nachhinein vermieden. So können Änderungen besser dokumentiert und verwaltet werden. Eine Quervernetzung von Daten im Engineering macht aufwendige Aktualisierungen und doppelte Dokumentation unnötig. Da durch die Vernetzung der Daten Fehler früher bemerkt werden können, gestaltet sich dessen Behebung in der Regel wesentlich kostensparender. Die Software unterstützt, leitet durch den Entwicklungsprozess, vermeidet individuelle Überforderung und verhindert so schließlich die Potenzierung von Fehlern.
- Die Projektergebnisse werden stärker vernetzt und verbessern dadurch die Kommunikation/ den Informationsstand innerhalb des Unternehmens.

Fazit

Aufgrund ihrer praktischen Erfahrungen mit ASE-Methoden und der bisherigen Erfolge im Umstellungsprozess braucht es für eine zukunftsfähige Produktentwicklung aus Sicht der OSYPKA AG zeitliche und finanzielle Investitionen bei deren Implementierung. Die nicht unerheblichen Initialkosten sollten sich nach Einschätzung des Unternehmens nach ein bis zwei Jahren amortisiert haben und langfristig zu erheblichen Einsparungen führen.

Besonders positiv waren im Ergebnis die Minimierung der Fehlerkosten, die generelle Arbeitserleichterung und der Anreiz zur Reflexion. Die Vorteile der softwareunterstützten Methode überwiegen daher deutlich mögliche Nachteile, auch wenn die aufwendige Befüllung der Software mit Daten zunächst mehr Kosten erzeugt. Die Teilnahme am Verbundprojekt AMeLie und die intensive Unterstützung durch die Projektpartner waren für die OSYPKA AG äußerst wertvoll. Besonders hilfsbereit und flexibel zeigte sich beim Lernprozess und bei der Auswahl bestimmter Tools für eine **datengetriebene Entwicklung** sowie geeigneter Methoden im **PLM**-Kontext die 3DSE Management Consultants GmbH. Die gegenseitige Unterstützung bietet ein Paradebeispiel für die Zusammenarbeit in einer ASE-bezogenen Kooperation. Langfristig bedeutet die dauerhafte Einführung einer ASE-geeigneten Softwarelösung für die OSYPKA AG eine erhebliche Einsparung an Verwaltungs- und Änderungskosten in der Produktentwicklung.

6 Markterfolg mit smarten Produkt-Service-Systemen

Precitec GmbH & Co. KG



Dr. René Siebert
Precitec GmbH & Co. KG



Precitec betrachtet ASE als Schlüssel zur aktiven Gestaltung der digitalen Transformation. Die Implementierung von digitalen Services ist entscheidend, um Wettbewerbsfähigkeit und Marktführerschaft langfristig zu sichern.

Ausgangslage und Herausforderung

Die Precitec GmbH und Co. KG ist ein weltweit führender Entwickler von Systemlösungen für die Lasermaterialbearbeitung und der optischen Messtechnik. Das Unternehmen produziert eine umfangreiche Produktpalette für Anwendungen in der Automobil- und Zulieferindustrie, im Maschinen- und Anlagenbau sowie in der Glas- und Halbleiterindustrie. Die Precitec GmbH und Co. KG ist in acht Ländern mit eigenen Niederlassungen vertreten.

Precitec-Laserschneidköpfe finden Einsatz in 2D-Laserschneidanlagen, um Flachmaterial verschiedenster Dicke aus Stahl, Edelstahl, Aluminium oder Buntmetallen mit großer Dynamik und hoher Schnittgeschwindigkeit bearbeiten zu können. Die Schneidköpfe verfügen über Sensorlösungen zur Zustandsüberwachung, um Maschinenstillstand und Schädigungen am Material zu verhindern. Die Herausforderung besteht im konkreten Anwendungsfall darin, die sensorisch gewonnenen Zustandsdaten zu verarbeiten und auszuwerten, um weiteren Nutzen für den Kunden zu generieren. Zu diesem Zweck sollten die Anforderungen des jeweiligen Kunden systematisch in die weitere Entwicklung des Laserschneidkopfs einbezogen werden. Eine solche Vorgehensweise eröffnete der Precitec GmbH und Co. KG ein neues Geschäftsmodell, denn sie ermöglichte die Umwandlung des bisherigen, einmalig verkauften Produkts in eine komplexere Systemlösung, deren Einsatz als Dienstleistung des Unternehmens kontinuierlich begleitet und optimiert werden kann.

Die Marktanalytistinnen und -analysten der Precitec GmbH & Co. KG haben den Trend zur digitalen Transformation der Produkte im Segment High-Power Laser Systems bereits vor etwa drei Jahren identifiziert. Ihrem Befund zufolge ist die Entwicklung digitaler Lösungen keine optionale, sondern vielmehr eine

notwendige Maßnahme, um sich frühzeitig eine führende Position im Wettbewerb zu sichern. Auf Basis smarter **Produkt-Service-Systeme** galt es daher, eine Produktdifferenzierung zu erreichen, die einen Mehrwert für den Kunden bietet und dessen Bedürfnissen entspricht. Das soll im Sinne von ASE durch eine **datengetriebene und ganzheitliche Produktentstehung** bewerkstelligt werden. Damit verbunden ist auch eine grundlegende Neubewertung der bestehenden Geschäftsmodelle des Unternehmens, insbesondere im After-Sales-Bereich.

ASE als Lösung

Die Precitec GmbH & Co. KG stellt derzeit – mit Unterstützung des Verbundprojekts bi.smart – die Produktentstehung und insbesondere das Anforderungsmanagement bei der Entwicklung neuer Produkte und Dienstleistungen auf eine neue Basis. Zu diesem Zweck wurden verschiedene Ansätze untersucht, die **datenbasierte Entscheidungen zur Produktentwicklung** unterstützen können. Zudem ging es um die frühzeitige Einbindung von Expertenwissen und Kundenanforderungen. Hierfür wurden unter anderem der Vertrieb mit seiner Marktkenntnis sowie das Produktmanagement mit seiner Produkt- und Marktkenntnis stärker in die Entwicklung integriert.

Zunächst wurde ein Prototyp eines **Produkt-Service-Systems** im Kontext der Laserschneideanlagen entwickelt, das nicht nur Sensordaten speichert, sondern auch historische Daten auswertet und extrapoliert. So konnten weitere Prozessdaten, die unter realen Einsatzbedingungen mit aufwendiger Messtechnik zuvor erhoben worden waren, in Bezug zu den Sensordaten gesetzt werden. Die Gegenüberstellung der Daten zeigte im Anschluss, dass einfach zu erfassende Sensordaten Kenngrößen wie die sogenannte Mean Time to Failure vorherzusagen können, also die mittlere Betriebsdauer zwischen zwei

Ausfällen. Diese Informationen sollen verwendet werden, um den Kundennutzen durch gezielte Maßnahmen wie die präventive Bereitstellung von Ersatzteilen zu erhöhen. Zu diesem Zweck wurde die bestehende Hardware des Laserschneidkopfsystems um eine sogenannte Smart Box erweitert, die die Messdaten offline erfasst, digitalisiert und speichert. Über ein speziell entwickeltes Gateway und eine private Cloud lassen sich die Daten in einem für die Auswertung geeigneten Format von Kundenseite somit abrufen. Darauf basierend kann der Kunde später Anwendungen (Apps) installieren, was ihn in die Lage versetzt, eigene Prozesse datenbasiert zu optimieren sowie perspektivisch Zustand und Verschleiß des Produkts vorausschauend zu überwachen. Die Precitec GmbH und Co. KG will so ein besseres Verständnis für Produkte und deren Lebenszyklus erlangen und den Kundennutzen so durch optimierte Produkte und Dienstleistungen steigern. Hierfür analysiert das Unternehmen die Nutzungshistorie seiner Systeme mit Unterstützung von KI-Modellen.

Einführung von ASE

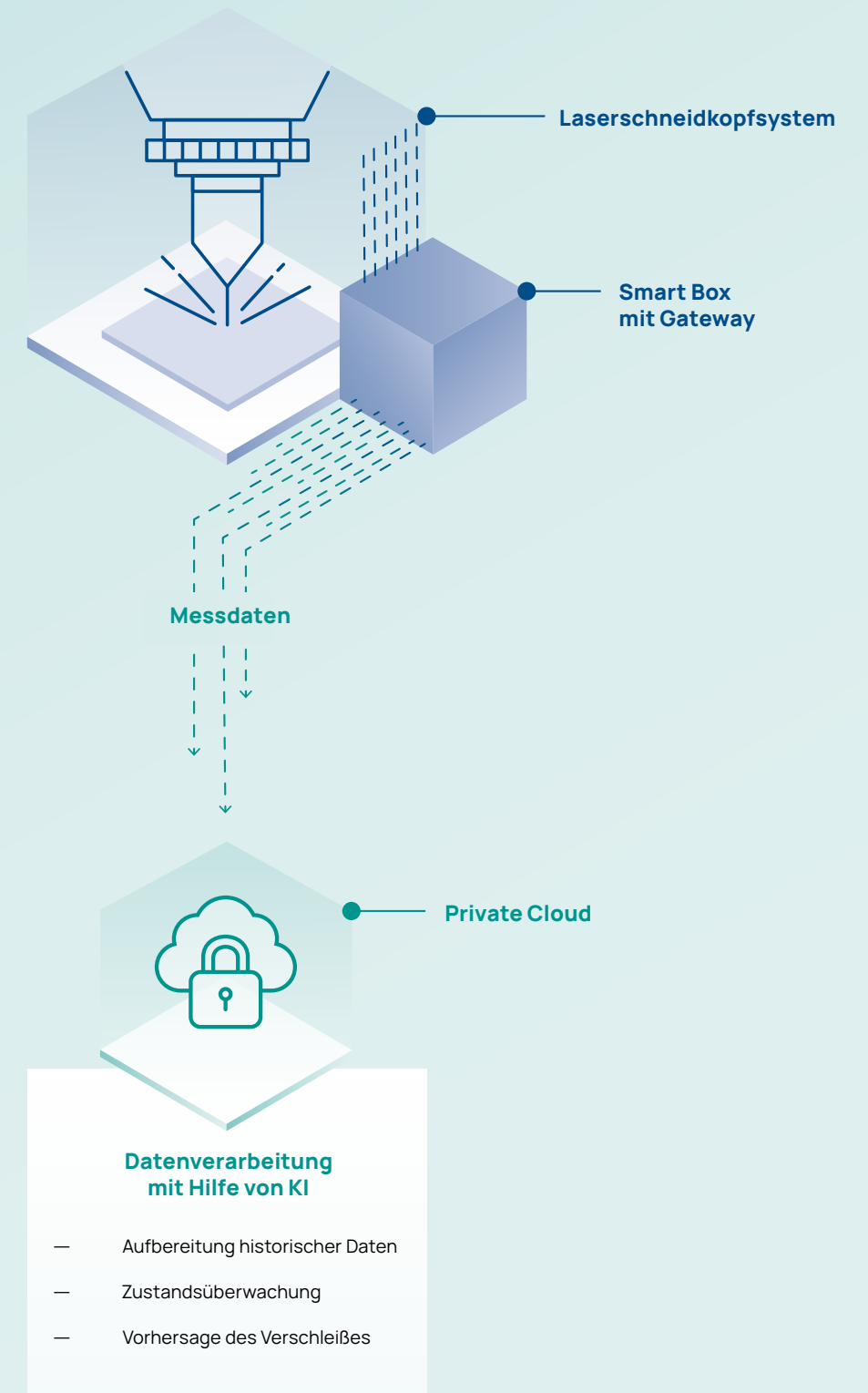
Die Federführung bei der Entwicklung smarter **Produkt-Service-Systeme** übernahm das Produktmanagement, wofür eigens ein interner Leitfaden erstellt wurde. Eine solche Verantwortung schien im konkreten Fall sinnvoll zu sein, um den **ganzheitlichen Produktentstehungsprozess** an der Schnittstelle der am Entwicklungsprozess beteiligten Abteilungen bis hin zur Geschäftsführung voranzutreiben. Zudem vereint die Rolle des Produktmanagements übergreifende Kompetenzen sowohl für das Produkt als auch für das Marktumfeld.

Die Precitec GmbH & Co. KG führte zunächst eine systematische Analyse der Kundenbedürfnisse durch – unter anderem auf Basis von Kundengesprächen. Dabei wurde der Kundennutzen nach verschiedenen Bereichen und Anwendungsschwerpunkten des Produkts sowie nach möglichen Dienstleistungen strukturiert. Im nächsten Schritt wurden die Ergebnisse dann mit der Entwicklungsabteilung abgestimmt, um zu prüfen, mit welchen bereits vorhandenen oder neuen Technologiebausteinen und externen Technologietrends die entsprechenden Kundenanforderungen erfüllt werden könnten. Hierbei wurde der Entwicklungsaufwand dem Kundennutzen gegenübergestellt, sodass die weitere Entwicklung des Systems nach Effizienzkriterien konzipiert werden konnte. Darüber hinaus waren Analyse und Verwaltung der Daten im Unternehmen ein

kritischer Punkt in der Entwicklung; der anfängliche Aufwand hierfür war hoch. Die beteiligten Akteure verschafften sich zunächst einen Überblick über die vorhandenen Daten, über deren Speicherort, Verfügbarkeit und Qualität. Anschließend wurde geprüft, wie die Daten sinnvoll zusammengeführt, verarbeitet und für digitale Dienste genutzt werden könnten. Hierauf aufbauende, erste Use Cases dienten im weiteren Verlauf dazu, die Entwicklungsziele transparent und vergleichbar zu machen. Dabei gab das Produktmanagement in den verschiedenen Entwicklungsschleifen zunächst nur wenige Ziele vor, um eine höhere Flexibilität zu gewährleisten. Die jeweiligen Ergebnisse wurden in Workshops zusammengetragen, aufbereitet und dienten im Anschluss als Grundlage für neue Zielvorgaben. Diese Phase des Projekts nahm etwa ein Jahr in Anspruch.

Im zweiten Jahr wurde ein funktionsfähiger Prototyp der Smart Box entwickelt und für einen ersten Anwendungsfall zur effizienten Prozessoptimierung bei der Laseranwendung unter produktionsnahen Bedingungen modellhaft erprobt. Dabei wurden umfangreiche Felddaten gesammelt, um eine höhere Stabilität und Produktivität zu erreichen. Zudem wurde in diesem Zeitraum eine eigene Cloudlösung zur Datenverarbeitung erprobt. Im dritten Jahr lag der Schwerpunkt schließlich auf der Modellierung und Validierung neuer Geschäftsmodelle.

Im Anschluss an das Verbundprojekt wird die Precitec GmbH & Co. KG Erkenntnisse, Lösungen und Methoden auf die Entwicklung weiterer Produkte und Produktvarianten im Unternehmensportfolio anwenden. Die Produktmanagerinnen und -manager sind für die Produktportfolios der einzelnen Business Units verantwortlich. Um die Erkenntnisse aus der Einführung von ASE von einer Business Unit auf die andere zu übertragen, müssen Aufwand und Nutzen für die jeweiligen Produktgruppen mit den spezifischen Entwicklungszielen und -themen abgestimmt werden. Für die operative Umsetzung dieses Veränderungsprozesses empfiehlt es sich, eine eigene Rolle im Unternehmen zu etablieren, die die Umsetzung über die verschiedenen Business Units hinweg koordiniert und vorantreibt.



Lessons learned

- Eine frühzeitige Weiterentwicklung des Unternehmensportfolios zu smarten **Produkt-Service-Systemen** ist in Bereichen wie im Segment High-Power Laser Systems notwendig, um im internationalen Wettbewerb im oberen Preissegment erfolgreich bestehen zu können.
- Die digitale Transformation erfordert neue Methoden und einen ganzheitlichen Ansatz, die für das einzelne Unternehmen jeweils spezifisch anzupassen sind. Bei der Precitec GmbH & Co. KG wurde die Rolle des Produktmanagements, das ohnehin fachübergreifend stark eingebunden ist, erfolgreich mit der Federführung des internen Umstellungsprozesses betraut. Die Umstellung der Entwicklungsabläufe ist als Investition zu verstehen, die zunächst Ressourcen bindet, sich später jedoch durch ein differenzierteres Produkt- und Leistungsportfolio sowie neu gewonnene methodische und fachliche Kompetenzen auszeichnet.
- Datenmanagement und Datenvorverarbeitung stellen eine komplexe Herausforderung dar, bevor überhaupt erste KI-Analysen bis hin zum Proof of Concept durchführbar sind. Dies gilt insbesondere dann, wenn Daten aus unterschiedlichen IT-Systemen, in unterschiedlicher Qualität und von unterschiedlichen Speicherorten erstmals zusammengeführt werden müssen.

Fazit

Aus Sicht der Precitec GmbH & Co. KG ist eine **datengetriebene und ganzheitliche Produktentstehung** unter Einbeziehung des Kunden ein Lösungsansatz, um die digitale Transformation der Industrie aktiv im Sinne von ASE gestalten zu können. Unternehmen im Wettbewerbsumfeld der High-Power Laser Systems müssen sich dieser Herausforderung stellen, um wettbewerbsfähig zu bleiben. Digitale Services sind essenziell, um den Unternehmenserfolg und die Marktführerschaft von Unternehmen wie der Precitec GmbH & Co. KG weiterhin zu sichern. Vor einer flächendeckenden Einführung von ASE-basierten Entwicklungsprozessen braucht es allerdings interne Pilotprojekte, um erste unternehmensspezifische Erfahrungswerte und Referenzfälle zu schaffen und so Management und Mitarbeitende aktiv in den Umstellungsprozess einbinden zu können. Zu diesem Zweck müssen Ressourcen eingesetzt sowie Zeit zum Lernen und Fehlermachen eingeplant werden. Aber dieser Aufwand ist eine Investition in die Zukunft, die sich auszahlen wird.

Die Precitec GmbH & Co. KG ist fest entschlossen, diesen Weg der Transformation weiterzugehen. Aufbauend auf den Erfahrungen aus der Prototypenentwicklung des neuen Laserschneidekopfsystems und dem Pilotprojekt soll ein erweitertes Produkt mit entsprechendem Dienstleistungsangebot entwickelt und in den Markt eingeführt werden. Perspektivisch sollen die Erkenntnisse aus der Einführung von ASE-Methoden im Geschäftsbereich High Power Laser Systems dann auch auf andere Geschäftsbereiche übertragen werden.

Digitale Durchgängigkeit im Produktentstehungsprozess

IBO GmbH



Daniel Lemberger
IBO GmbH



Im Sinne des ASE haben wir die Digitalisierung der Prozesse vorangetrieben, die Kompetenz im Engineering und in der Produktion gesteigert und die Komplexität von Prozessen, Daten und Systemen erfolgreich reduziert.

Ausgangslage und Herausforderung

Die IBO GmbH entwickelt und fertigt als Projekt- und Anwendungspartner Wälzlager- beziehungsweise Rotationssysteme für komplexe Anwendungen in Bereichen wie Automation, Luftfahrt oder Verteidigung. Die entsprechenden Lösungen werden für hochdynamische Bewegungen und komplexe Umgebungsbedingungen kundenspezifisch entwickelt und produziert. Das Angebot der IBO GmbH umfasst dabei den gesamten Prozess – von der Ideenfindung über die Anwendung der Systeme bis zum Ende ihres Lebenszyklus.

Als KMU mit 30 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern ist die IBO GmbH auf Ressourcen, Prozesse sowie Entwicklungs- und Produktionssysteme angewiesen, die hohen Qualitätsanforderungen genügen und zudem eine effiziente und flexible Abwicklung von Aufgaben gewährleisten. Vor diesem Hintergrund ist das Unternehmen kontinuierlich bestrebt, seine Daten und Prozesse zu strukturieren, diese miteinander zu verknüpfen sowie Informationen und Arbeitsschritte zu automatisieren. Auf Basis einer verbesserten **digitalen Durchgängigkeit** konnte vor diesem Hintergrund ein Beitrag zum Advanced Systems Engineering geleistet werden.

Maschinenbauunternehmen stehen heute vor der grundsätzlichen Herausforderung, alle relevanten Informationen und Daten möglichst effektiv zu nutzen, um ihre Produktions-

prozesse zu optimieren. Hierzu zählen auch viele Vorgabe- und Nachweisinformationen, zum Beispiel über verwendete Materialien, Beschichtungen und Elektronik. Die praktische Verwendung solcher Informationen ist jedoch schwierig; denn diese lassen sich nur schwer nutzerfreundlich abrufen, regelmäßig aktualisieren, sinnvoll verknüpfen und effizient in bestehende Systeme einbinden. Das aber behindert die Umsetzung eines durchgängig digitalen Produktentstehungsprozesses und somit die Effizienz der Produktionsabläufe – mit entsprechenden Nachteilen für die Wertschöpfung.

Für ein effizientes und konformes Arbeiten sind eine verständliche Aufbereitung der Informationen, ihr reibungsloses Zusammenführen und Abrufen sowie eine integrierte Kontrolle der Informationen und Fortschritte notwendig. Kritisch ist in diesem Zusammenhang oft der Zugriff auf relevante Informationen, da diese nicht selten aus verschiedenen Quellen oder Informationssilos stammen, die schwer zugänglich sind. Dieser Umstand führt zu einem erheblichen Aufwand an Arbeitszeit und birgt die Gefahr, dass wichtige Informationen übersehen oder vergessen werden. Darüber hinaus besteht meist keine Unterstützung in Echtzeit über die bevorstehenden und abgeschlossenen Arbeitsschritte mit Fortschrittskontrolle und Dokumentation. Entsprechende Folgen sind vermeidbare Fehler im Produktionsablauf und es fehlen Daten, um Prozesse effizienter zu gestalten.

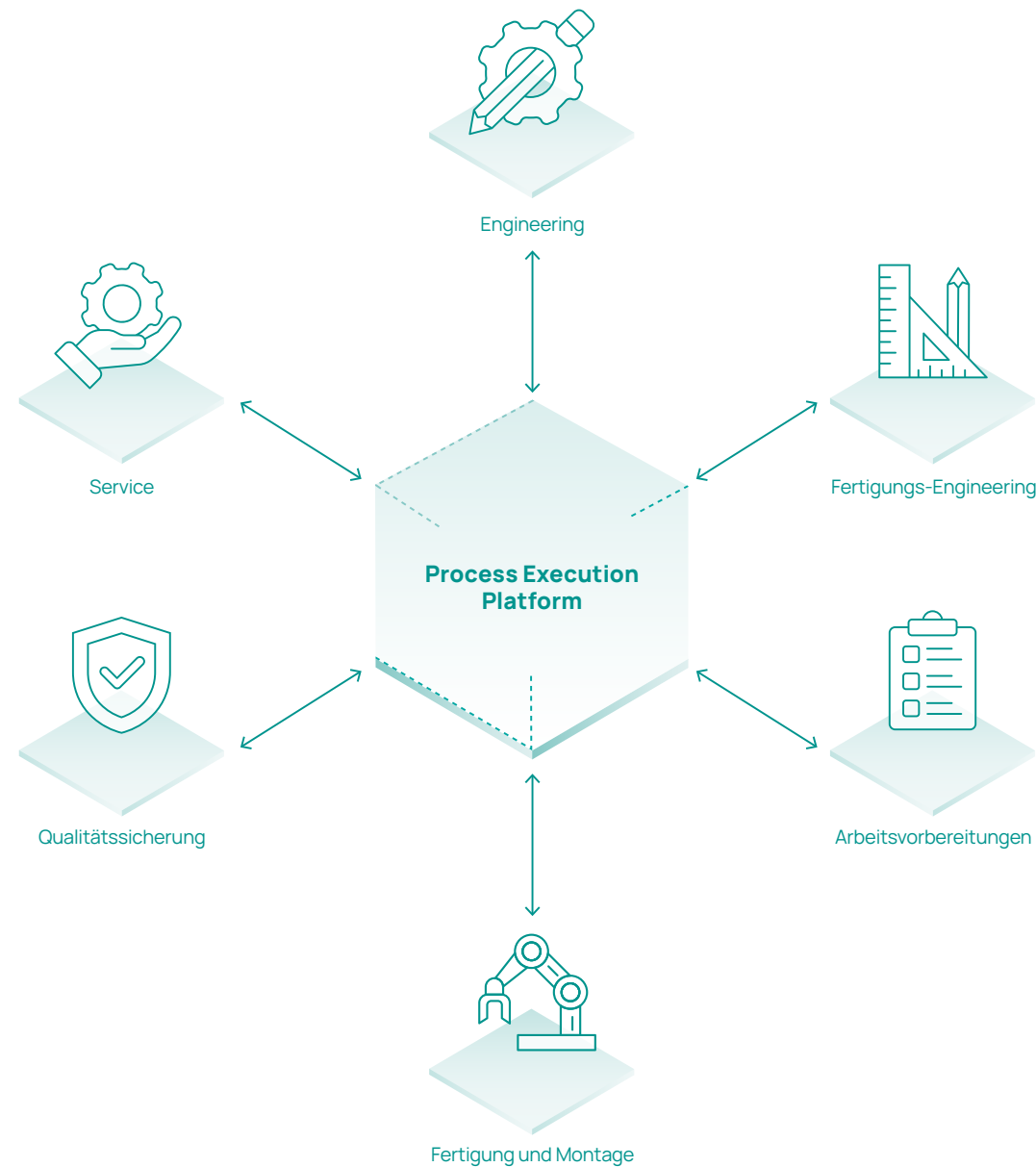


Abbildung: Digitaler Produktentstehungsprozess mit Process Execution Platform als Integrator aller Domänen

Die IBO GmbH hat die Notwendigkeit einer umfassenden Integration von Informationen in den Produktionsprozess erkannt und mit dem Aufbau einer Process Execution Plattform das Fundament für die **digitale Durchgängigkeit** von Prozessorchestrierung, Prozessoptimierung und Nachweisführung gelegt. Konkret ging es unter anderem darum, folgende prozessrelevante Fragen systematisch, präzise und nachprüfbar zu beantworten: Wurde die Betriebsanweisung von den Facharbeiterinnen und Facharbeitern zur Kenntnis genommen? Wurden alle Schrauben in der richtigen Reihenfolge angedreht? War der Drehmomentschlüssel kalibriert? Wie viel Zeit wurde pro Einheit benötigt? Zwar verfügen die erfahrenen Facharbeiterinnen und -arbeiter der IBO GmbH über die notwendige Expertise und das Bewusstsein zur Berücksichtigung und Beantwortung dieser Fragen, doch ließ sich das entsprechende Wissen für neue Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie andere Abteilungen bislang nicht in vollem Umfang zur Verfügung stellen. Zudem war die Dokumentation sehr zeitaufwendig.

ASE als Lösung

Intelligente Komponenten und neue Fertigungsverfahren ermöglichen Unternehmen wie der IBO GmbH immer mehr Konfigurationsmöglichkeiten und somit die Herstellung zunehmend komplexer und kritischer Anwendungen für Luftfahrt, Verteidigung und Robotik. Die IBO GmbH hat ihre Kompetenz im Engineering und in der Produktion durch Digitalisierung der

Prozesse erhöht und deren Komplexität zugleich reduziert. Grundlage für eine umfassende und konsistente Digitalisierung der Prozesse war dabei der Aufbau einer sogenannten Process Execution Plattform. Die Plattform fungiert als zentrale Schnittstelle zwischen den Domänen und integriert verschiedene Informationen aus unterschiedlichen IT-Systemen (zum Beispiel Enterprise Resource Planning System und Datenbanken) zur Prozessausführung und Entscheidungsfindung. So erhalten Anwender aus unterschiedlichen Domänen jene Informationen, die sie gerade benötigen, in Echtzeit. Prozessverantwortliche können das Geschehen zudem im Detail wiedergeben oder die Daten zur Prozessverbesserung nutzen (siehe Abbildung: Digitaler Produktentstehungsprozess mit Process Execution Plattform als Integrator aller Domänen).

Die Process Execution Plattform als Schlüsselkomponente in der Produktentstehung zeichnet sich durch ihre Fähigkeit aus, flexible Process Experiences, also anpassbare und benutzerfreundliche Applikationen, zu bieten, die sich nahtlos in die täglichen Arbeitsabläufe integrieren lassen. Diese Flexibilität ermöglicht verschiedenste Technologien – von intuitiven Benutzeroberflächen über Maschinelles Lernen bis hin zu fortschrittlichen Sensorik- und Transaktionssystemen – in einem kohärenten Rahmen zu verknüpfen. Daten und Prozesse werden basierend auf ihrem Inhalt nach Aktionspaketen, Ressourcen sowie Wissen gegliedert und entsprechend strukturiert. Diese Form der Organisation erlaubt sowohl eine interne Verknüpfung von Informationen als auch den Schnittstellentransfer in Systeme von Drittanbietern.

Einführung von ASE

Die Einführung der Plattform allein reicht jedoch nicht aus, um eine digitale, datengetriebene Organisation zu ermöglichen. Entscheidend sind die Befähigung der Anwender, die Applikationen der Plattform zu nutzen, und die Kompetenz der Prozessverantwortlichen, die Plattform eigenständig weiterzuentwickeln. Daher braucht es eine eng verzahnte, interdisziplinäre Arbeitsweise. Der Austausch von Wissen und die Abstimmung in der Entwicklung der Process Experiences sollten in kurzen Zyklen stattfinden. Und die Prozessverantwortlichen sollten direkt mit Ingenieurinnen und Ingenieuren sowie mit Facharbeiterinnen und -arbeitern kooperieren, um Hürden in der Prozessausführung abzubauen und Informationen bedarfsgerecht sammeln und nutzen zu können.

Während der Einführung der Process Execution Platform hat die IBO GmbH kontinuierlich in die Digitalisierung der Prozesse investiert. Um weitere Potenziale zu nutzen, wurden und werden Entwicklungs- und Produktionssysteme, Excel-Listen und Steuerungsdokumente cloudifiziert, digitalisiert und mithilfe der Process Execution Platform trustkey integriert. Die konkrete Einführung ging mit zwei parallelen Entwicklungssträngen einher: dem Aufbau von Kompetenzen zur Entwicklung von Process Experiences und die Nutzung der Plattform sowie die Veränderung der Organisation durch Verankerung von interdisziplinären Arbeitsweisen und eine verstärkte Process-Excellence-Kultur. Diese Befähigung hat zu einem wechselseitigen Feedbackprozess geführt und die Prozessausführung generell verbessert. Durch das Einbeziehen der Anwender erhöht sich deren Akzeptanz, sodass die Applikationen der Plattform umfassend und gerne genutzt werden.

Die Weiterentwicklung der Process Execution Platform und ihre Integration in einen komplexen Produktentstehungsprozess fanden im Rahmen des Verbundprojekts DiProLeA statt, in dem die IBO GmbH als Industriepartner mitwirkte. Das Projekt widmete sich der Entwicklung und Erforschung eines ganzheitlichen Assistenzsystems für den gesamten Produktentstehungsprozess vom Produktdesign bis zur Fertigung, um somit einen Beitrag zum Advanced Systems Engineering für die Wertschöpfung von morgen zu leisten. Unter anderem in Kooperation mit der Technischen Hochschule Aschaffenburg ist so eine Montagezelle für Demonstrationszwecke entstanden, die sowohl die Process Execution Platform trustkey als Prozessorchestrator und Benutzerschnittstelle als auch

eine semantische Wissensdatenbank integriert. Hochauflösende Kameras und moderne Deep-Learning-Methoden erfassen innerhalb der Montagezelle jeden einzelnen Schritt des Fertigungsprozesses. Die erfassten Daten werden schließlich in Echtzeit mit der Wissensdatenbank abgeglichen, wodurch eine lückenlose digitale Abbildung des gesamten Prozesses entsteht.

Lessons Learned

- Die Befähigung der Prozessverantwortlichen zur Weiterentwicklung der Process Execution Platform ist ein Schlüssel. Zudem braucht es neue, modulare Vorgehensmodelle, um Produktionsprozesse vollständig digitalisieren und produktionsrelevante Daten effektiv nutzen zu können.
- Eine inkrementelle Einführung der Plattform hat sich bewährt. Der Austausch zwischen Prozessumgebungsbereitsteller und Anwender sollte kundenzentriert und standardisiert erfolgen.
- Die Implementierung der Plattform geht mit einem Kulturwandel einher: Die Herangehensweise muss in allen Domänen verändert werden, um den Nutzen datengetriebener Prozesse zu vermitteln und zu erarbeiten. Hierfür braucht es vor allem Kommunikation durch Workshops, Erklärvideos etc.

Fazit

Die IBO GmbH setzt heute Process Experiences für die Ausführung ihrer Prozesse sowie zur Datensammlung und -nutzung ein. Die hierfür erforderlichen Maßnahmen haben die Digitalisierung und die für ASE erforderliche **digitale Durchgängigkeit** der Produktionsprozesse seither erheblich beschleunigt. Dadurch können neue Technologien wie Künstliche Intelligenz und Sensorik integriert werden, was die Kompetenzen für eine digitalisierte Arbeitsweise fortlaufend stärkt und zu einer stetig effektiveren Nutzung prozessrelevanter Daten führt. Prozesse werden bei der IBO GmbH kontinuierlich weiterentwickelt, und das Zusammenspiel von Prozessen, Systemen und Menschen wird weiter optimiert. Die erfolgreiche Implementierung und Nutzung der Process Execution Platform hat jedoch nicht nur technologische Anpassungen erforderlich gemacht, sondern bedurfte auch eines Kulturwandels im Unternehmen und der Befähigung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zur Nutzung und Weiterentwicklung der digitalen Plattform.

8 Entwicklung von Produkt-Service-Systemen im Ökosystem

Trelleborg Sealing Solutions Germany GmbH



Dr.-Ing. Dominik Martin
Trelleborg Sealing Solutions Germany GmbH



Wir konnten mit ASE die Entwicklung eines digitalen Produkt-Service-Systems in einem Wertschöpfungsnetzwerk mit mehreren Partnern vorantreiben. Die Methoden haben uns geholfen, die Bedürfnisse aller Beteiligten transparent zu machen und die Zusammenarbeit unterschiedlicher Disziplinen zu verbessern. Letztendlich entstand für alle ein deutlich größerer Mehrwert.

Ausgangslage und Herausforderung

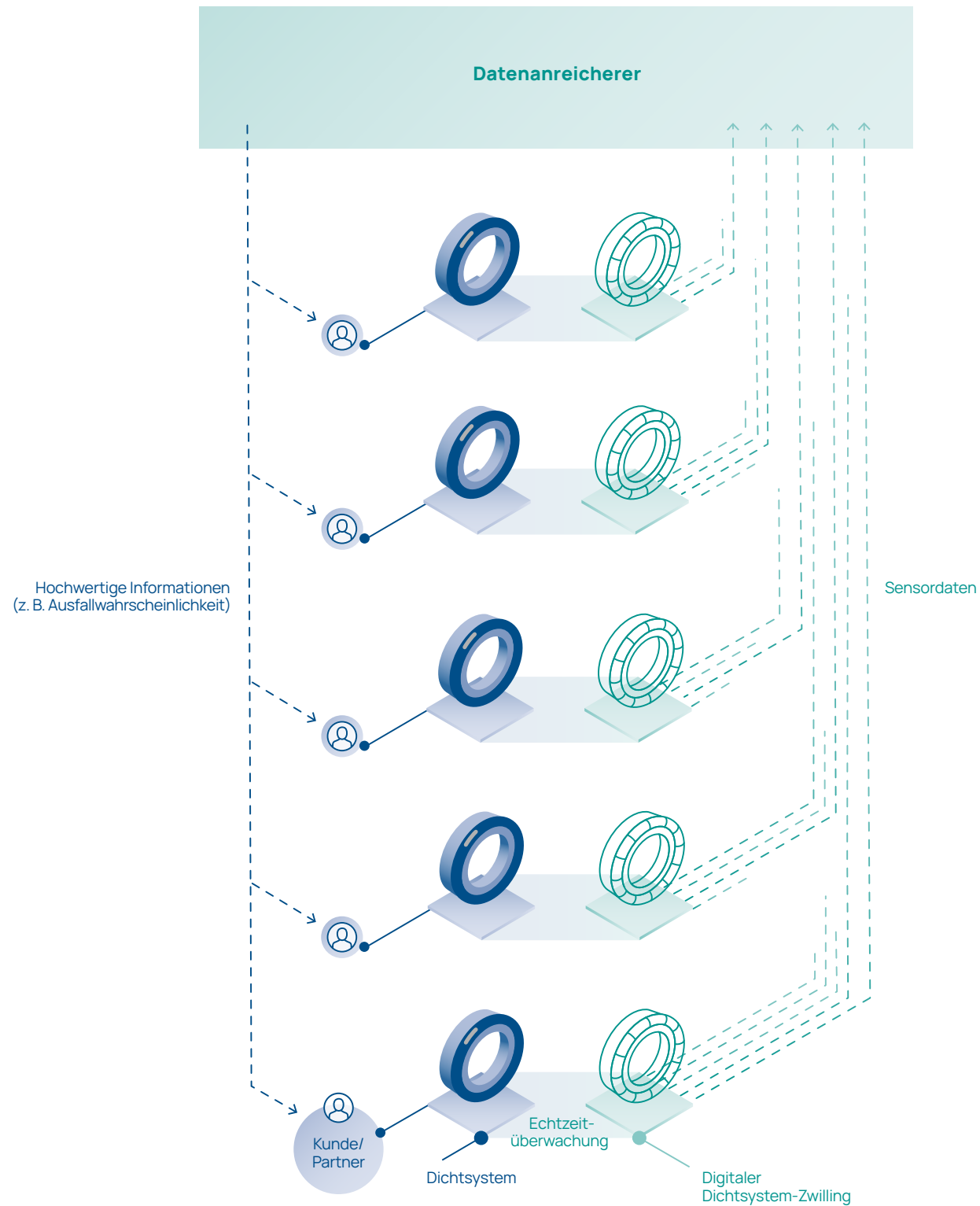
Die Trelleborg Sealing Solutions, Geschäftsbereich der Trelleborg AB, ist ein weltweit führender Entwickler, Hersteller und Lieferant von Präzisionsdichtungen, Lagern und kundenspezifischen Polymerkomponenten. Das Unternehmen ist mit rund 9.500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in über 40 Ländern vertreten und verfügt über ein sehr breites Portfolio im Bereich Dichtungen, das von standardisierten Produkten wie O-Ringen bis hin zu hochgradig kundenspezifischen Lösungen reicht. Das Angebot umfasst unter anderem Industriedienstleistungen wie die Überwachung und Vorhersage von Dichtungsausfällen sowie Spezialdienstleistungen wie Verpackung oder Oberflächenbehandlung.

Um den Kunden in den jeweiligen Entwicklungsprozess besser einbinden und überzeugen zu können, setzte das Entwicklungsteam der Trelleborg Sealing Solutions Germany GmbH auf neue Vorgehensweisen in der Entwicklung. Zu diesem Zweck beteiligte sich das Unternehmen am Verbundprojekt bi.smart, wo es fachliche Unterstützung erhielt und zu ASE-Methoden beraten wurde. Eine agile Arbeitsweise in cross-funktionalen Teams kam zur Anwendung, die den technischen Herausforderungen komplexer Systeme bei der Entwicklung entgegenkommt. Eine solche Arbeitsweise umfasst beispielsweise die eng verzahnte Kooperation von Fachleuten aus den Domänen mit Expertinnen und Experten für Daten sowie einen ganzheitlicheren Produktentstehungsprozess unter stärkerer Einbeziehung des Kunden.

In den letzten Jahren hat die Trelleborg Sealing Solutions insbesondere das Angebot an digitalen Services mithilfe von ASE systematisch ausgebaut. Eine besondere organisatorische Herausforderung besteht darin, dass das Unternehmen nur

einen kleinen Teil des Gesamtwertschöpfungsprozesses der Endanwendung abdeckt und daher im Kontext der Entwicklung von smarten Produkt-Service-Systemen auf die Kooperation und das Know-how seiner direkten Kunden beziehungsweise Partner angewiesen ist. So entwickelt die Trelleborg Sealing Solutions unter anderem eine Dichtung für die Hydraulikeinheit eines Kunden, die wiederum als Bestandteil eines komplexeren Endprodukts – beispielsweise ein Bagger oder eine Spritzgussanlage – verbaut wird. Die besondere Herausforderung der ASE-Umstellung für die Trelleborg Sealing Solutions bestand daher darin, digitale Lösungen innerhalb eines größeren Ökosystems zu entwickeln und dabei nicht nur die Anforderungen des direkten Kunden (beispielsweise des Lieferanten der Hydraulikeinheit), sondern auch die der Geschäftspartner und indirekten Kunden zu berücksichtigen.

Die technische Herausforderung bestand zudem darin, dass Daten für digitale Dienstleistungen – beispielsweise zur Vorhersage von Dichtungsausfällen – unerlässlich sind, die für ihre Erfassung erforderlichen Sensoren jedoch nicht in die Dichtungssysteme selbst integriert werden können. Die Trelleborg Sealing Solutions setzt daher auf sogenannte virtuelle Sensorik und einen **Digitalen Zwilling** – also ein digitales Abbild des physischen Produkts, das auf Sensordaten aus dem Umfeld der Dichtungslösung basiert. Um solche virtuell-sensorisch fundierten **Produkt-Service-Systeme** anbieten zu können, ist die Trelleborg Sealing Solutions daher auf die Bereitschaft des direkten und für das technische Umfeld der Dichtung verantwortlichen Kunden angewiesen, gegebenenfalls notwendige Sensorik dort zu integrieren, insbesondere aber Daten zu erfassen und zu teilen. Die Bereitschaft, Daten offen im Ökosystem zu teilen, ist in vielen Fällen jedoch nicht ohne Weiteres gegeben.



ASE als Lösung

Die Trelleborg Sealing Solutions hat im konkreten Fall ein System zur Überwachung des Dichtungszustands entwickelt, das verschiedene unerwünschte Ereignisse wie die Leckage eines Dichtungsringes erkennen und mögliche Ausfälle vorhersagen kann. Das modular aufgebaute System ermöglicht die Echtzeitüberwachung mittels eines **Digitalen Dichtsystemzwillings**. Das Unternehmen sieht seine Rolle dank dieser als »Integrationsbaustein« bezeichneten Funktion als Datenanreicherer, der von unterschiedlichen Akteuren gesammelte Daten aufbereitet und anschließend die höherwertigen Informationen (beispielsweise zum Dichtungszustand) anderen Akteuren im Ökosystem zur Verfügung stellt. Die Auswertung und Anreicherung von Daten mit dem Ziel der Dichtungsüberwachung erfolgt bei der Trelleborg Sealing Solutions bereits seit einigen Jahren mittels **Künstlicher Intelligenz**. Bislang wurden solche Dienstleistungsangebote jedoch ausschließlich kundenspezifisch entwickelt.

Um allerdings ein generisches und anwendungsübergreifendes smartes **Produkt-Service-System** zu entwickeln, mussten zunächst die stakeholderspezifischen Anforderungen und Bedürfnisse im Ökosystem identifiziert werden. Dabei berücksichtigte das Entwicklungsteam sowohl die unterschiedlichen Dateninteressen der betroffenen Kunden als auch die verschiedenen Datenaustauschmechanismen (beispielsweise Kommunikationsprotokolle). Mit Methoden des **Design Thinking**, mit Interviews und Workshops wurden ein strukturiertes stakeholderspezifisches und ein aggregiertes Bild dieser Facetten erarbeitet, die anschließend als Grundlagen einer kollaborativer ausgerichteten **Produkt-Service-System-Entwicklung** fungierten.

Intern setzte die Trelleborg Sealing Solutions auf eine zunehmend interdisziplinäre Arbeitsweise: So wurden die FuE-Teams, Data Scientists, IT und Vertrieb stärker integriert, wobei diese Form der cross-funktionalen Zusammenarbeit mit einer höheren **Agilität** und einem besseren Verständnis für die jeweiligen Herausforderungen einhergeht. Die gemeinsamen Sprints – also die kurzen Entwicklungszyklen von nur wenigen Wochen – ermöglichten es, flexibel auf die Anforderungen der beteiligten Akteure und deren verschiedene Rollen einzugehen. Hierfür folgten die Teams einer entsprechenden Abstimmungsstruktur. So gelang es, Domänenwissen (beispielsweise zum Verbau von Sensorik im Zylinder) und Wissen über die Verarbeitung von

Daten (beispielsweise mit **Künstlicher Intelligenz**) effektiv und fortwährend im gemeinsamen Entwicklungsprozess zu integrieren. Abstimmungsbedarfe wurden schneller sichtbar und der Entwicklungsprozess wurde somit insgesamt beschleunigt.

Einführung von ASE

Dank der Umstellung auf eine ganzheitliche Produktentstehung konnten die stakeholderspezifischen Bedürfnisse und Anforderungen im Ökosystem in den Entwicklungsprozess integriert werden. Anstelle einer standardisierten Befragung, die sich insbesondere für die Analyse einer großen Anzahl von Kunden eignet, wurde ein qualitativer Ansatz gewählt: Mithilfe von Workshops und Interviews konnten Kundeninteressen an komplexen und erklärungsbedürftigen Produkteigenschaften ermittelt und der potenzielle Bedarf im Detail diskutiert werden. Darüber hinaus bot diese Vorgehensweise allen Beteiligten die Möglichkeit, zu reflektieren, worauf es in Zukunft ankommt und wie die Zusammenarbeit verbessert werden kann. Dabei wurden zunächst die direkten Kunden der Trelleborg Sealing Solutions (beispielsweise Hersteller technischer Komponenten) angesprochen, im nächsten Schritt dann die Original Equipment Manufacturer (OEM), die das Gesamtprodukt integrieren, und schließlich die Nutzer des Endprodukts. Die Ergebnisse wurden in Schleifen mit den verschiedenen Akteuren in der Wertschöpfungskette wieder besprochen. So entstand nach und nach eine Landkarte zur Bewertung verschiedener, möglicher Lösungsbausteine in Form eines Kano-Modells. Die Studien des Unternehmens ergaben, dass die Kunden der Trelleborg Sealing Solutions vor allem digitale Dienstleistungen als besonders wertvoll einstufen. Insgesamt gesehen führte die sehr frühe Einbindung des gesamten Ökosystems außerdem zu einem deutlich besseren Verständnis der vielfältigen Kundenbedürfnisse, die sich in die Entwicklungsroadmap entsprechend einbinden ließen.

Lessons learned

- **Produkt-Service-Systeme** und insbesondere digitale Features solcher Systeme sind im Fall der Trelleborg Sealing Solutions auf große Begeisterung bei den Kunden gestoßen. Systeme und Features werden im Kano-Modell als Leistungen charakterisiert, die eine hohe Kundenzufriedenheit generieren, deren Fehlen aber nicht zwangsläufig zu Unzufriedenheit führt. Die entsprechenden Leistungen überzeugen durch Einzigartigkeit, ihren innovativen Charakter und den praktischen Nutzen für Anwender. Dies war eine wertvolle Erkenntnis, die sich erst durch die **ganzheitliche Entwicklung** mit ASE und unter Einbeziehung der Nutzer so klar herauskristallisiert hat.
- Bei der Entwicklung von **Produkt-Service-Systemen** muss das gesamte Ökosystem betrachtet werden. Die Bedürfnisse und Interessen der Partner im Wertschöpfungsnetzwerk müssen identifiziert werden.
- Für eine erfolgreiche Entwicklung digital basierter Produkt-Service-Systeme in einem Ökosystem müssen neben dem direkten Kunden weitere Akteure des Wertschöpfungsnetzwerks eingebunden und kontaktiert werden. Die Vielzahl an Akteuren führt zu einem hohen Komplexitätsanstieg, der durch die Organisation stark vertikal integrierter Unternehmen im Ökosystem, die mehrere Funktionen in der Wertschöpfungskette erfüllen, allerdings begrenzt werden kann.
- Ein Proof of Concept beziehungsweise ein Proof of Value, das den Nutzen für Kunde und Partner verdeutlicht, unterstützt die Initiative zur gemeinsamen Entwicklung und zum Austausch von Felddaten – und so letztlich die Entwicklung eines skalierbaren **Produkt-Service-Systems**.

Fazit

Die Trelleborg Sealing Solutions hat mit ihrem erfolgreich durchgeführten Projekt gezeigt, dass ein **Produkt-Service-System** auch in einem stark verzweigten Ökosystem – also einem Wertschöpfungsnetzwerk, in dem man mit Partnern kooperiert – entwickelt werden kann. Dieser Befund gilt zudem auch dann, wenn die Innovation bottom-up, also nicht von einem zentralen OEM getrieben wird. Der ganzheitliche Produktentstehungsprozess bezieht Kunden- und Stakeholderinteressen verstärkt in die Entwicklung ein. Die Trelleborg Sealing Solutions hat sich erfolgreich die Kompetenz aufgebaut, mit Hilfe eines **agilen Prozesses** in crossfunktionalen Teams domänenspezifisches Wissen in der Dichtungstechnik mit dem Know-how der Datennutzung und **Künstlicher Intelligenz** zu verbinden. So können Ausfälle von Dichtungssystemen in komplexen Umgebungen mittlerweile auf Basis realer Messwerte mit einem **Digitalen Zwilling** wesentlich präziser vorhergesagt und somit letztlich verhindert werden.

Die Entwicklung eines marktreifen smarten **Produkt-Service-Systems** ist gleichwohl noch nicht abgeschlossen; die weiteren Schritte sind jedoch absehbar. Nach Einschätzung der Kunden der Trelleborg Sealing Solutions stellen die neuen Lösungen »Begeisterungsmerkmale« dar, die den wirtschaftlichen Erfolg des Portfolios steigern dürften. Die Anwendung von ASE-Elementen ermöglicht dem Unternehmen, zukünftig einen ganzheitlicheren Produktentstehungsprozess – integriert im Ökosystem – umzusetzen und verschiedene Dienstleistungskomponenten eng mit dem Produkt zu verzahnen. Auf Basis eines Baukastensystems sollen Lösungen so schneller an individuelle Kundenanforderungen angepasst werden können und das Gesamtportfolio damit noch skalierbarer werden.

9 Automatisierung im Kontext von System of Systems

Lenze SE



Denis Göllner
Lenze SE



Ein Forschungsprojekt wie MoSyS ist eine sehr gute Möglichkeit, ASE-Methoden oder generell neue Methoden zu erproben und einzuführen. Die Thematik kann erst einmal losgelöst vom Tagesgeschäft bearbeitet werden, was insbesondere bei der Konzeptentwicklung hilfreich ist. Insbesondere bei einem so weitreichenden Ansatz, können über ein Verbundforschungsprojekt auch Erfahrungen anderer Partner gesammelt und genutzt werden.

Ausgangslage und Herausforderung

Die Lenze SE ist auf Antriebs- und Automatisierungstechnik (Maschinensteuerungssysteme, Umrichter, Getriebemotoren und zugehörige Software) spezialisiert, die an Maschinenbauunternehmen unterschiedlicher Größe und Disziplin vertrieben werden. Das Unternehmen beschäftigt weltweit über 4.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Die Stärke der Lenze SE liegt in der individuellen Anpassung ihrer Automatisierungslösungen an die spezifischen Bedürfnisse der Kunden. Das Unternehmen deckt mit seinem Angebot sämtliche Phasen eines Maschinenlebenszyklus ab – von der Planung über die Umsetzung bis hin zum Betrieb und zur Wartung. Mit technologischer Kompetenz und kontinuierlicher Innovation unterstützt die Lenze SE die Kunden des Unternehmens bei der Optimierung ihrer Maschinen.

Im Zuge der Digitalisierung erleben die Lenze SE und ihre Kunden den rasanten Wandel des gemeinsamen Geschäftsumfelds: Fabriken agieren zunehmend intelligent und flexibel, sodass Maschinen als Bestandteil komplexer Fertigungslinien immer häufiger schnell ausgetauscht werden. Flexible Automatisierungslösungen müssen diese Kombinatorik ermöglichen. Dabei stellt sich die Frage, wie Maschinen mit Automatisierungslösungen unterschiedlicher Hersteller interagieren können; denn das Zusammenspiel muss sowohl auf Komponenten- und Softwareebene als auch im Gesamtkontext der Produktion funktionieren. Fabriken avancieren so zu einem System of Systems (SoS), wobei insbesondere die Software immer wichtiger wird – denn sie bildet das Verarbeitungszentrum der erforderlichen Maschinenintelligenz.

Die gewünschte Flexibilität der angebotenen Lösungen der Lenze SE erfordert schließlich eine wesentlich feinere Abstimmung der einzelnen Komponenten innerhalb des Automatisierungssystems, das hergestellt wird und als Baukastensystem konfiguriert ist. Zudem müssen stets mögliche Interaktionen

mit Komponenten anderer Hersteller berücksichtigt werden, was die Komplexität ebenfalls steigert und die Einschätzung von Änderungswirkungen bei einer Komponente deutlich erschwert. Darüber hinaus müssen neben der Entwicklung physischer und immaterieller Komponenten **Digitale Zwillinge** entworfen werden, die eine effiziente flexible Fertigung überhaupt erst ermöglichen. All diese Anforderungen führen zwangsläufig zu einer komplexeren Kommunikation im Unternehmen: Entwicklungsabteilungen mit unterschiedlichen produkttechnischen Schwerpunkten (Umrichter, Motoren, Steuerungen, Softwarelösungen etc.), aber auch mit domänenspezifischen Schwerpunkten (Software, Hardware, Produktdaten etc.) müssen lösungsorientiert und effizient zusammenarbeiten. Mithilfe klassischer Methoden des **Model-based Systems Engineering (MBSE)** konnte die Aufgabe im konkreten Fall nicht zufriedenstellend gelöst werden. Bei dieser Herausforderung setzte der im Verbundprojekt MoSyS entwickelte Lösungsansatz an.

ASE als Lösung

Für die Lenze SE ging es darum, **Advanced Systems** trotz ihrer Komplexität beherrschbar zu gestalten. Das für das Unternehmen in diesem Fall relevante Advanced System besteht aus einem Automatisierungsbaukasten, der in verschiedenen Ausprägungen in ein System of Systems zu integrieren ist, und aus den zugehörigen **Digitalen Zwillingen**. Einer der beiden Schwerpunkte des MoSyS-Projekts lag dabei auf der Implementierung von **Systems Engineering** – insbesondere MBSE – zur Beherrschung der Komplexität des SoS-Umfelds sowie des Änderungsmanagements und der Analyse von Änderungswirkungen. Die Entscheidung fiel zugunsten einer modellbasierten Entwicklung aus, da der Ansatz sowohl die strukturierte Analyse des wandelbaren SoS-Umfelds als auch die systematische Wirkungsanalyse bei Änderungen unterstützt.

Den zweiten Schwerpunkt des Projekts bildete die Entwicklung interoperabler **Digitaler Zwillinge** – im konkreten Fall standardisierte Abbildungen mit der Industrie 4.0 Verwaltungsschale für das Automatisierungssystem und deren Komponenten. Entwickelt wurden in diesem Zusammenhang auch verschiedene Methoden und IT-Tools, die eine systematische Konzipierung, Erstellung und Bereitstellung von Verwaltungsschalen ermöglichen. Digital und kundenspezifisch gestaltete Verwaltungsschalen, die auf Anwendungs-, Produkt- und IT-Infrastruktur-Analysen basieren, konnten durch die Lenze SE so in Datenbanken und speziellen Tools Kunden zur Verfügung gestellt werden.

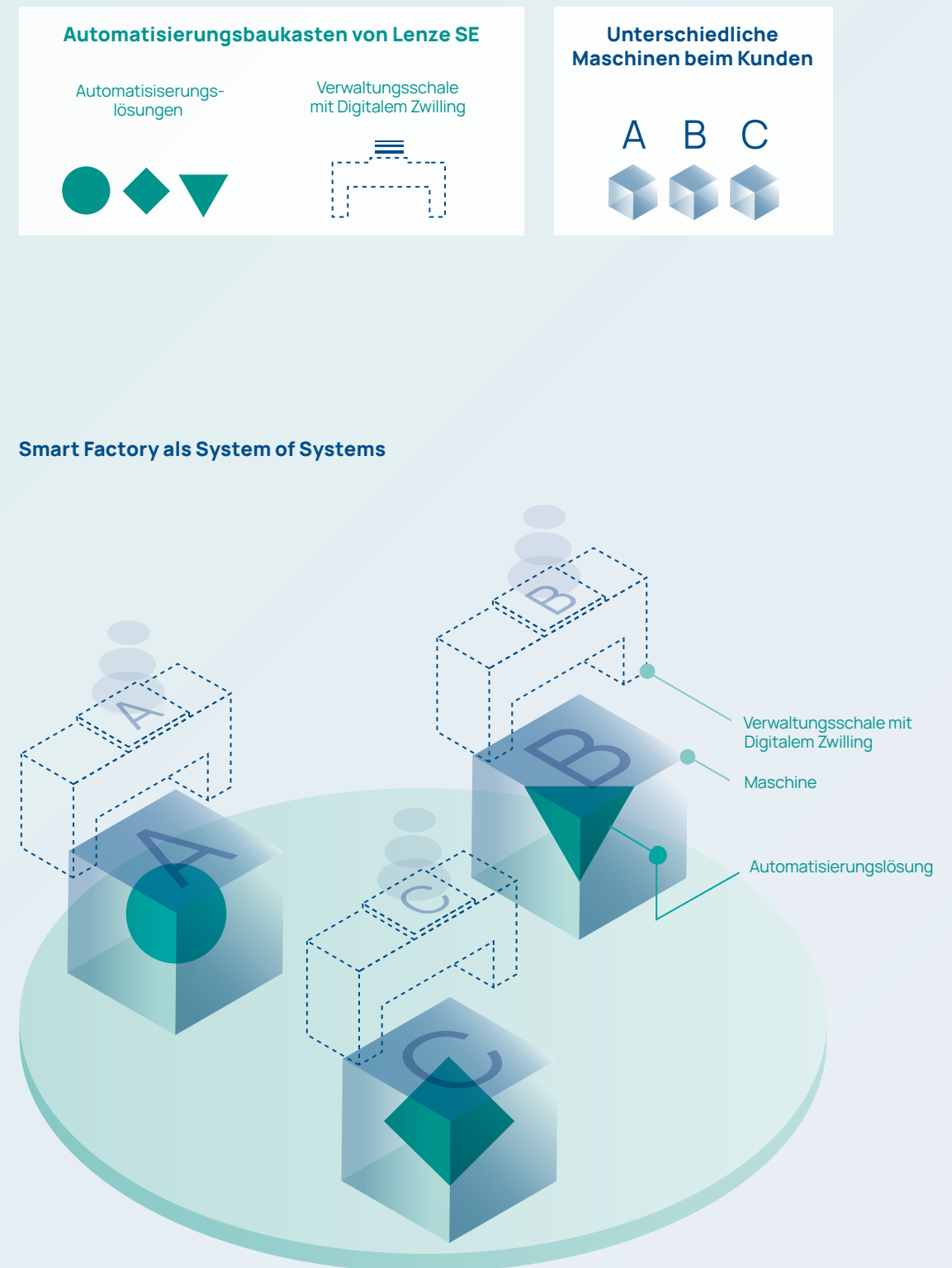
Angesichts der vielschichtigen Herausforderungen, die sich im Laufe der Umstellung des Entwicklungsprozesses bei der Lenze SE ergeben hatten, war es unerlässlich, über das traditionelle Zusammenspiel von Elektronik, Mechanik und Software hinauszublicken. Vielmehr galt es im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtung, sowohl die interne Organisation der Lenze SE als auch externe Stakeholder im Ökosystem – beispielsweise den Kunden – in den Analyseprozess einzubinden. Mithilfe der im Rahmen von MoSyS entstandenen modellbasierten ASE-Methoden konnten die notwendigen Analysen so schließlich sehr effizient durchgeführt werden. Nur durch diese umfassend betrachtete Perspektive des gesamten Umfelds der Marktleistung war sicherzustellen, dass alle Facetten des System of Systems – einschließlich der physischen Systemkomponenten und der digitalen Infrastruktur sowohl beim Kunden als auch im eigenen Unternehmen – vollständig erfasst und verstanden wurden. Das ASE-Prinzip der Ganzheitlichkeit, das sich auf den gesamten Produktlebenszyklus unter Einbindung aller Stakeholder im Ökosystem bezieht, ist dabei das entscheidende Element für die Beherrschung der Komplexität.

Einführung von ASE

Bislang konnten erste Lösungsideen aus dem MoSyS-Projekt im Forschungsbereich der Lenze SE umgesetzt werden. Dabei wurde gemeinsam mit den Projektpartnern und den Expertinnen und Experten der verschiedenen Fachbereiche der Lenze SE ein umfangreicher Erfahrungs- und Wissensbestand zu den Methoden, Prozessen und Tools im **Model-Based Systems Engineering** und zur Entwicklung von **Digitalen Zwillingen** aufgebaut, der für die weitere Umstellung der Entwicklung im Unternehmen zur Verfügung steht. Im Rahmen von

MoSyS wurde beispielsweise eine cloudbasierte Infrastruktur zur kollaborativen Modellierung aufgesetzt und im Unternehmen ausgerollt. Diese wurde verwendet, um für ein Pilotprojekt mithilfe von MBSE die Wechselwirkung zwischen den einzelnen Bestandteilen des Automatisierungsbaukastens zu modellieren und auf diese Weise transparent zu machen. Mittlerweile wird die Infrastruktur auch in anderen Entwicklungsprojekten genutzt, um Produkte modellbasiert zu entwickeln. Das wandlungsfähige SoS-Umfeld der Automatisierungslösungen lässt sich mithilfe der im Rahmen von MoSyS entwickelten Diagramm- und Modelltypen so nachvollziehbar abbilden, wobei auch die Auswirkungen notwendiger Änderungen im gesamten Baukasten analysiert werden können.

Mit den im Rahmen des MoSyS-Projekts entstandenen prototypischen Implementierungen zur Generierung **Digitaler Zwillinge** in Form der Verwaltungsschale wurde wichtiges Wissen im Unternehmen aufgebaut, das die Grundlage für die benötigten IT-Systeme ist, die in den kommenden Jahren produktiv umgesetzt werden sollen. Die entwickelten Methoden zur anwendungsfallspezifischen Modellierung und Generierung Digitaler Zwillinge erhalten dann Einzug in die entsprechenden Fachbereiche der Lenze SE und werden dort unter anderem in Kundenworkshops eingesetzt, sodass Kunden dieses Wissen anschließend in die Organisation des eigenen Unternehmens und die eigenen Prozesse überführen können. Für eine erfolgreiche Fortführung des neuen Entwicklungsansatzes ist daher explizit vorgesehen, dass verschiedene Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter aus dem bislang mit dem Projekt betrauten Forschungsbereich in die später zuständigen Fachabteilungen wechseln werden. Externe Projektpartner, die mit ihrem Know-how und ihren Marktleistungen als Enabler zur Verfügung stehen, können zukünftige Aktivitäten in dem Kontext bei Bedarf beratend begleiten.



Lessons learned

- Forschungsprojekte sind ein geeignetes Format für die Einführung von ASE-Methoden, um diese sorgfältig und unbelastet vom Tagesgeschäft zu erproben. So lassen sich neue Konzepte wie **Digitale Zwillinge** oder modellbasierte Abbildungen von Automatisierungsbaukästen risikoarm in die Unternehmensabläufe implementieren und sukzessive weiterentwickeln.
- **MBSE** hilft dabei, die steigende Komplexität der Produktentwicklung im Zuge von Industrie 4.0, im System of Systems und angesichts einer zunehmenden Flexibilität von Produktionsanlagen oder von Konzepten wie dem Digitalen Zwilling zu beherrschen. Mit dem Status quo ist diese Aufgabe weder technisch noch organisatorisch zu leisten. Im konkreten Fall wurden neue Sichten und Modellelemente entwickelt, wobei sich zeigte, dass physische und immaterielle Produkte gemeinsam mit der IT-Infrastruktur zu modellieren und entwickeln sind und das komplexe Umfeld in einem System of Systems strukturiert abzubilden ist.
- Der Transfer der theoretischen Grundlagen der entwickelten Prozesse, Methoden und Tools in das Unternehmen birgt Herausforderungen: So ist beispielsweise die Aneignung eines neuen Mindsets – des Systemdenkens – in den Entwicklungsteams erforderlich, was zeitliche und finanzielle Ressourcen bindet. Veränderungen in der Organisation, mehr Kollaboration und agilere Prozesse klingen nach mehr Overhead, und zum Erkennen der Vorteile bedarf es einer Einarbeitungszeit für dessen Konzepte.
- Ein sich veränderndes Umfeld im Kontext des betrachteten SoS sowie dessen steigende Komplexität erschweren die Vorausplanung. Zudem werden die Entwicklungszyklen kürzer, was wiederum eine schnellere und agilere Handlungsfähigkeit der Organisation erfordert.

- Unsicherheiten, die mit der Umstrukturierung der Entwicklung und der Einführung neuer Methoden, Tools und Prozesse verbunden sind, können durch enge Zusammenarbeit mit erfahrenen Forschungsinstituten und kompetenten Partnerunternehmen minimiert werden. Die Umsetzung der damit einhergehenden Änderungen und dem damit verbundenen Change-Managements allein wäre zu komplex, es braucht hierfür in jedem Fall die Unterstützung durch Enabler-Unternehmen. Darüber hinaus hat sich herausgestellt, dass es im Unternehmen eine zentrale Instanz geben muss, welche das Thema strategisch und operativ unterstützt. Nur so kann sukzessive die Komplexität reduziert und damit die Effizienz erhöht und gleichzeitig den neuen Herausforderungen begegnet werden.
- Die Zeit scheint reif, mit einem unternehmensweiten Rollout zu starten, da Methoden, Tools und Standardisierung verfügbar sind. Diese gilt es auf die individuellen Bedarfe des Unternehmens anzupassen und einzuführen.

Fazit

Das Geschäftsumfeld der Lenze SE wird zunehmend komplexer. Daher braucht es neue und vor allem auf das Unternehmen zugeschnittene Methoden des **Model-based Systems Engineering**. Aus Sicht der Lenze SE bieten Advanced Systems Engineering und Projekte wie MoSys hierfür vielversprechende Ansätze. Diese Ansätze, die derzeit noch nicht unternehmensweit implementiert sind, gilt es nun zunehmend in operative Lösungen zu überführen. Auch wenn der weitere Rollout neue Herausforderungen, Anpassungsbedarf im Gesamtentwicklungsprozess und auch nichterwünschte Effekte mit sich bringen wird, ist die Lenze SE überzeugt, den richtigen Weg zu beschreiten, um den eingangs beschriebenen Herausforderungen in ihrem Geschäftsumfeld zu begegnen.

10 Agile Organisationsgestaltung im Bereich R&D Machine Tools

TRUMPF SE + Co. KG



Kathrin Anandasivam
TRUMPF SE + Co. KG



Das Zusammenspiel aus einer flexiblen Organisationsstruktur und einem standardisierten Produktentstehungsprozess hilft uns, den Fokus auf das große Ganze nicht zu verlieren und die übergreifende Kommunikation zu fördern. Dadurch erhöhen wir eindeutig die Anpassungsfähigkeit nach innen und nach außen.

Ausgangslage und Herausforderung

Klassisch gewachsene Organisationsstrukturen und vielfältige Einflüsse durch ein stark vernetztes, komplexes und dynamisches Geschäftsumfeld im Bereich Werkzeugmaschinen (Machine Tools – MT) der TRUMPF SE + Co. KG (zum Hintergrund des Unternehmens siehe Datengetriebene Entwicklung) haben die Notwendigkeit einer Fähigkeit zur schnellen und dynamischen Anpassung des Bereichs Forschung und Entwicklung (FuE) aufgezeigt. Wesentliche Potenziale zur Stärkung der Anpassungsfähigkeit sah das Unternehmen in der Flexibilisierung bislang starrer Kommunikationswege und Ressourcenverteilungsmechanismen sowie komplizierter Entscheidungsprozesse. Zudem sollten Kompetenzen bei Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sowie Führungskräften gezielt erweitert werden, um auf das volatile Geschäftsumfeld angemessen reagieren und dort noch stärker kundenorientiert agieren zu können. Hinzu kam, dass der Wandel des Unternehmens vom Stand-alone- zum ganzheitlichen Lösungsanbieter eine zunehmende Komplexität der angebotenen Marktleistung mit sich brachte, die durch die Organisationsstruktur adressiert werden sollte. Konkretes Ziel war es, in absehbarer Zukunft sämtliche Lösungen in eine Smart Factory integrieren zu können – was bedeutet, dass neben dem klassischen Bereich der Hardware auch Software und Service zu berücksichtigen und aufeinander abzustimmen sind, um dem Kunden eine optimale Lösung zu bieten. Als Antwort auf diese Herausforderung hat der Geschäftsbereich MT der TRUMPF SE + Co. KG das FuE-Organisationsdesign für Werkzeugmaschinen grundlegend angepasst und nach dem ASE-Prinzip der **Agilität** neu ausgerichtet. Zudem wurden in diesem Zusammenhang neue **Rollen im Engineering** etabliert.

ASE als Lösung

Um den Wandel des Geschäftsbereichs und des Portfolios erfolgreich zu gestalten, hat der FuE-Bereich der TRUMPF SE + Co. KG (R&D Machine Tools) eine neue Rollenorganisation entwickelt, die mit einer stärkeren thematischen Fokussierung der einzelnen Rollen auf dedizierte Aufgabenbereiche einhergeht. Zu diesem Zweck wurden in Summe fünf neue Rollen definiert und implementiert, von denen drei Führungsaufgaben verfolgen. Entscheidend dabei war, dass die ursprünglich anders und vor allem zentraler organisierte Verantwortung und Führungsaufgabe auf diese drei Rollen aufgeteilt wurde. Somit ergab sich eine stärkere Fokussierung im mittleren Management. Da zudem der Standortbezug der FuE-Rollen aufgelöst wurde und jede dieser Rollen im Unternehmen global angelegt wurde, kann der Bereich R&D Machine Tools seither einfacher über Hierarchien und Standorte hinweg gesteuert werden.

Als erste Rolle wurde das R&D-Management definiert: Es verantwortet die inhaltliche Ausrichtung des Bereichs. Es übersetzt im Zusammenspiel mit dem Product Manager das Kundenbedürfnis in technische Anforderungen. Die zweite neu geschaffene Managementrolle firmiert unter der Bezeichnung »Architektur« und hat mittels einer durchdacht gestalteten Plattformarchitektur Synergien über die verschiedenen Business Center hinweg zu schaffen, sodass die zu entwickelnden Produkte im Sinne einer Smart Factory zusammenpassen. Sie definiert also den Rahmen, in dem sich das R&D-Management zu bewegen hat. Die dritte neue Rolle wird als Agile Management bezeichnet; sie richtet den Fokus auf den Menschen in der Produkt- und Leistungsentwicklung, auf die erforderlichen Kompetenzen, auf Prozesse, Methoden und Tools. Ergänzt werden die drei Managementrollen schließlich durch die Rolle des Agile Master. Dieser fungiert im Sinne eines Scrum Master,

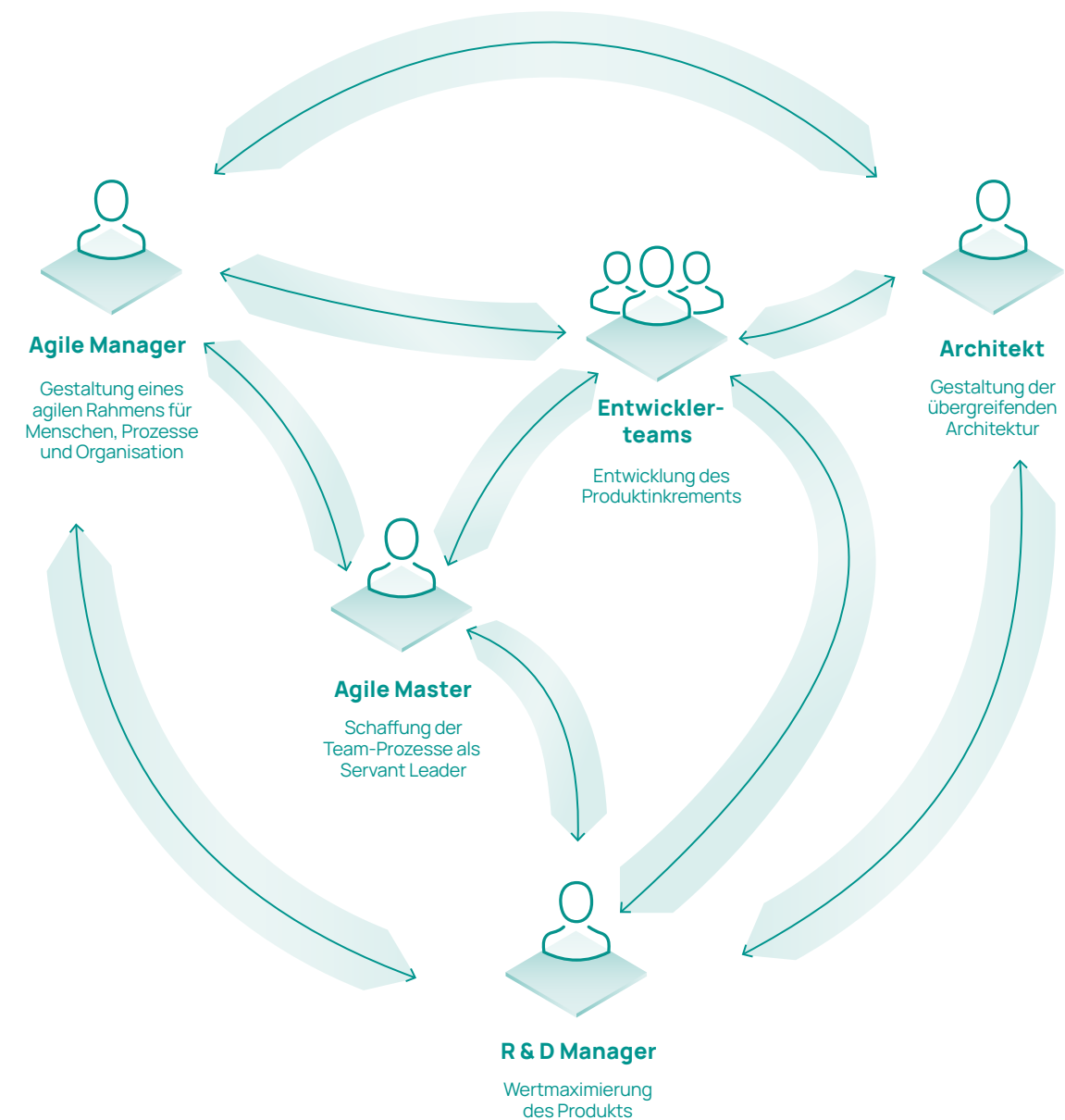
besitzt allerdings ein über den Scrum-Ansatz hinausgehendes Know-how im Kontext der **Agilität**. Die Entwicklerteams stehen im Zentrum des neuen Rollenmodells. Die Entwicklerinnen und Entwickler in Teams befassen sich mit den einschlägigen Entwicklungsaufgaben.

Der hier beschriebene Wandel in der Entwicklungsorganisation des Geschäftsbereichs MT der TRUMPF SE + Co. KG hat nicht nur eine stärkere Kundenorientierung ermöglicht, sondern befördert auch eine stark individuell ausgerichtete Mitarbeiterorientierung, eine stringente Prozessorientierung sowie eine globale, standortübergreifende Zusammenarbeit zwischen aktuell über 1.200 Entwicklerinnen und Entwickler an 18 verschiedenen Unternehmensstandorten. Die neue Rollenorganisation hat somit eine transparentere und anpassungsfähigere Entwicklungsorganisation hervorgebracht.

Einführung von ASE

Einführung und Etablierung der neuen Rollenorganisation erfolgten schrittweise. Zunächst wurden drei Organisationsbereiche geschaffen, die die alten Strukturen abgelöst haben. Innerhalb der drei Bereiche wurden dabei mehrere Hundert

Arbeitsplätze für Entwicklerinnen und Entwickler sowie die zugehörigen Führungspositionen neu organisiert. Etablierte Führungskräfte mussten ihre bisherigen Rollen und Funktionen aufgeben und bewarben sich für die neuen Rollen im R&D-Management, in der Architektur oder als Agile Manager. Mit der Besetzung der neuen Rollen im Führungsteam wurden auch die Entwicklerinnen und Entwickler entsprechend in die dazugehörigen Bereiche überführt. Auf Seiten des Organisationsystems nahm die Neuausrichtung etwa ein Jahr in Anspruch. Neuausrichtung und Einführung der Organisationsstruktur ermöglichen es der TRUMPF SE + Co. KG seither, die Produktentwicklung durch fachliche Führung des R&D-Managements innerhalb der globalen Gestaltungsprinzipien der Architektur zu steuern. Zudem besitzt die Rolle des R&D-Managements die Verantwortung für das Portfolio, wodurch ein effizienter und effektiver Budgeteinsatz auf Basis einer Modulstrategie sichergestellt werden kann. Darüber hinaus bedingt die global gestaltete Architektur Synergien über die Business Center hinweg. Das TRUMPF-weite agile Management ermöglicht so die kontinuierliche Weiterentwicklung eines leistungsfähigen Entwicklungsverbands – sowohl personell als auch prozessual. Insgesamt gesehen hat die globale Anpassungsfähigkeit der Organisation zu einem skalierbaren Kooperationsmodell geführt.



Lessons learned

- Ein differenziertes Rollenmodell zur Verteilung von Führungs- und Steuerungsaufgaben führt möglicherweise zu längeren Entscheidungswegen im Entwicklungsprozess, aber auch zu besseren Entscheidungen, da unterschiedliche Perspektiven bei der Abwägung helfen. Eine solche Fokussierung von Rollen erhöht zudem die Effizienz aller Beteiligten in der Organisation. Außerdem tragen die unterschiedlichen Rollen zur kollektiven Entscheidungsfindung bei, da individuell bedingte Verzögerungen vermieden werden. Eine klare Beschreibung und Differenzierung der fünf geschaffenen Rollen und ihrer Interaktion ermöglicht eine übergreifende und kompetenzbasierte Führung im Geschäftsbereich.
- Infolge einer klaren Rollendifferenzierung, **hoher Transparenz in allen Prozessen** und der Implementierung von Regelkreisen ist die Leistung im Entwicklungsbereich global messbar, sodass Messgrößen zur Überprüfung der Wirksamkeit des neu geschaffenen Organisationsmodells und den dazugehörigen Tätigkeiten etabliert werden können.
- Umstrukturierung und Neuausrichtung der Rollenorganisation befördern eine ergebnisorientierte Steuerung, die die tatsächliche Teamleistung im Unternehmen widerspiegelt. Die Marktleistung rückt in den Mittelpunkt des täglichen Handelns, und nicht mehr die Organisation drum herum.
- Ein differenziertes Organisationsmodell mit verschiedenen Steuerungsrollen ermöglicht und erfordert global ausgerichtete Rekrutierungsmaßnahmen und damit die Anwerbung von hochqualifizierten und motivierten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern – auch in stark nachgefragten Bereichen wie der Künstlichen Intelligenz.

Fazit

Die **agile** Ausgestaltung des neuen FuE-Organisationsmodells im Geschäftsbereich MT der TRUMPF SE + Co. KG rückt vor allem den Kunden und den Markt in den Mittelpunkt der Organisation. Zudem hat insbesondere die Möglichkeit, Teams standortübergreifend einzusetzen, zu deutlich mehr Flexibilität im Entwicklungsprozess des Unternehmens geführt. Auf der anderen Seite wird das Management durch die starke Fokussierung der eingeführten Rollen zielorientiert ausgerichtet. Positiver Nebeneffekt ist ein 180-Grad-Feedback für Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, beispielsweise im Rahmen von Leistungsbeurteilung und Teamretrospektiven. Darüber hinaus fördert die neue Organisationsstruktur individuelle Verantwortlichkeit und Kompetenz, da es spezifische **Rollen im Engineering** gibt, die sich mit einem der Rolle zugehörigen Thema beschäftigen. Gleichwohl hat die TRUMPF SE + Co. KG in diesem Geschäftsbereich eine flexible Organisationsstruktur und einen standardisierten Geschäftsprozess implementiert, der sicherstellt, dass der Blick für den Gesamtentwicklungsprozess nicht verloren geht. Entscheidend für den Erfolg der Umgestaltung war, dass die übergreifende Kommunikation im Unternehmen und den Teams intensiviert wurde und die Anpassungsfähigkeit der gesamten Organisation nach innen und außen dauerhaft gewährleistet wird.

11 Vom Produzenten zum kundenorientierten Lösungsanbieter Unicorn Energy AG



Dr. Felix Friederich
Unicorn Energy AG
und Unicorn Engineering GmbH



Unicorn Energy hat eine solide Grundlage geschaffen, um seine Marktleistungen als Lösungsanbieter zu skalieren. ASE befähigt uns, digitale Dienstleistungen schnell und mit dem Fokus auf den Kunden umzusetzen. Das markiert einen Wendepunkt in der Entwicklungsphilosophie unseres Unternehmens.

Ausgangslage und Herausforderung

Die Unicorn Energy AG ist ein junges, technologieorientiertes Unternehmen, das im Bereich der erneuerbaren Energien unter anderem Batteriesysteme für Privat- wie Geschäftskunden entwickelt und produziert. Die Unicorn Engineering GmbH mit Schwerpunkt Entwicklung ist eine hundertprozentige Tochter der Unicorn Energy AG und beschäftigt derzeit 14 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Die beiden Unternehmen sind Teil der Unicorn Gruppe in der insgesamt 25 Personen tätig sind. Ziel der Unicorn Gruppe ist es, innovative, umweltfreundliche und dezentrale Batteriesystemlösungen anzubieten. Die modular aufgebauten Batteriesysteme können flexibel an die Bedürfnisse des Kunden angepasst und skaliert werden. Die Entwicklungsabteilung der Unternehmensgruppe konzentriert sich darauf, innovative Lösungen zu konzipieren, wobei der Fokus zunehmend auf die Integration spezifischer Kundenbedürfnisse gerichtet wird. Bislang hatte der Hauptkontakt zum Endkunden in der Hand der Installateurinnen und Installateure gelegen, die die Batteriesysteme vor Ort einbauen. Die Unicorn Gruppe stellte sich der Herausforderung, konkrete Kundenwünsche und Feedback direkt in die Entwicklung einzubeziehen und sich durch neue Geschäftsmodelle – insbesondere Smart Services – vom reinen Produkthanbieter zum umfassenden Lösungsanbieter zu wandeln. Das Unternehmen setzt dabei auf die Nutzung von Sensordaten, die bereits seit Jahren vom Batteriesystem generiert werden. Das Ziel war zudem, den Zeitaufwand für die Entwicklung zu reduzieren, da bisher mehr als die Hälfte der Arbeitszeit in der Produktentstehung hierfür aufgewendet worden war. Unterstützt wurde das Unternehmen im Rahmen des Verbundprojekts bi.smart und durch verschiedene Projektpartner bei der Implementierung von ASE-Elementen in den Entwicklungsprozess wie dem **Digitalen Zwilling**, der **Kreativitätsmethode** des **Design Thinking** und der Verbesserung der **digitalen Durchgängigkeit**.

ASE als Lösung

Auf dem Weg zum Lösungsanbieter hat die Unicorn Engineering GmbH begonnen, ihre Batteriesysteme zu smarten **Produkt-Service-Systemen** weiterzuentwickeln. Zu diesem Zweck musste die bestehende Software für den regulären Betrieb der Hardware um neue Funktionen erweitert werden. Für eine erfolgreiche Neugestaltung des Unternehmensportfolios war dabei eine Verbesserung der **digitalen Durchgängigkeit** erforderlich, zumal die Unicorn Engineering GmbH bei der Erweiterung durch digitale Lösungsbausteine mit einem Partnerunternehmen zusammenarbeitet. Die EDI (Engineering Data Intelligence) GmbH hat für die Unicorn Engineering GmbH große Teile der neuen Smart Service Software entwickelt. Diese basiert auf Industriestandards wie dem MQTT-Protokoll zur Übertragung von Sensor- und Batteriesystemdaten in Echtzeit, aber auch auf einer exakten Abstimmung der Schnittstellen zwischen der Produktsoftware der Unicorn Engineering GmbH und der Smart Service Software der EDI GmbH. Über eine zuverlässige Schnittstelle wird dabei eindeutig festgelegt, welche Datenpakete die jeweiligen Messwerte (beispielsweise Spannung, Strom oder Temperatur) übertragen. Zudem wird bei der Übertragung transparent dargestellt, von welcher Batterie die Werte stammen. Das Ergebnis ist also ein robuster datengetriebener **Digitaler Zwilling** der entsprechenden Batteriesysteme, der unterschiedliche Sichten kundenindividuell und abhängig vom Anwendungsfall gestattet. Erst diese klar definierte Schnittstelle ermöglicht die Erweiterung des bestehenden Produktangebots beim Kunden. So können Hardware und Smart Service Software parallel und zugleich in unterschiedlichen Geschwindigkeiten weiterentwickelt werden. Die beiden in der Regel unterschiedlich kurzzyklischen Prozesse lassen sich also weitgehend entkoppeln, können aber dennoch immer wieder aufeinander abgestimmt werden. Ist die Schnittstelle hingegen nicht klar definiert, ziehen Änderungen an der Hardware auch Anpassungen der Smart Service

Software nach sich und umgekehrt. Dies kann zu erheblichem und unvorhergesehenem Mehraufwand im Engineering führen.

Ein zweiter zentraler Baustein zur Einbindung spezifischer Kundenbedürfnisse in die Entwicklung war die Anwendung von **Design-Thinking-Methoden** in Kundeninterviews. Neben der technologischen Machbarkeit galt es dabei auch, die Kundenperspektive zu erschließen und die Entwicklung im Hinblick auf die praktischen Bedingungen im Marktumfeld zu realisieren. Infolge der Kundengespräche entschied sich die Unicorn Engineering GmbH schließlich, ihr Batteriesystem zu einer unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV) für Privatkunden und Kleinunternehmen weiterzuentwickeln. Technologisch gesehen war dies kein großer Schritt mehr, aber die Vermarktung des Batteriesystems wurde innovativ gestaltet: Es brauchte ein attraktives Angebot, das sich an der Zahlungsbereitschaft der Kunden und deren speziellen Bedürfnissen in diesem Segment orientierte. Das Unternehmen erweiterte sein Portfolio, das bereits Batterien mit unterschiedlicher Kapazität umfasste, also um die unabhängige Bereitstellung und Einspeisung von Strom. Das Wertversprechen dieses Angebots bestand in der zuverlässigen Stromversorgung, unterstützt durch die fortschrittliche Technologie des Batteriesystems mit automatisierter Fernüberwachung und abgestimmter Service-Einsatzplanung. Preisgestaltung und Abrechnungsmodalitäten wurden an die spezifischen Kundenbedürfnisse angepasst, um die Zahlungsbereitschaft zu fördern. Insbesondere im Bereich der USV zeigte sich so, dass die Zahlungsbereitschaft durch Garantie einer Notstromversorgung gesteigert werden kann.

Einführung von ASE

Die Unicorn Engineering GmbH hat vor etwa drei Jahren ein Produkt-Service-System entwickelt, das Batteriesysteme nicht mehr nur als Produkt, sondern als umfassende Lösung gestaltet und das Unternehmensportfolio auf diese Weise erweitert hat. Im ersten Jahr dieses Prozesses lag der Fokus auf der Technologieentwicklung. Während die Batterietechnologie dabei selbst nur geringfügig angepasst werden musste, erfolgte eine klare Definition technischer und prozessualer Schnittstellen in Zusammenarbeit und Abstimmung mit der EDI GmbH. Wie zuvor beschrieben, gewährleistete dies Transparenz bezüglich der Aufgaben und Kompetenzen. Zudem wurden sogenannte User Stories erstellt, die in Form comic-artiger Story Boards Anwendungsfälle und Nutzungsprozesse

visualisieren. Die User Stories dienen nicht nur der externen Kommunikation, beispielsweise mit Pilotkunden sowie Installateurinnen und Installateuren, sondern sie erwiesen sich auch für die interne Abstimmung im Unternehmen als hilfreich.

Im zweiten Jahr lag der Fokus auf der Entwicklung neuer Geschäftsmodelle, wobei **Design Thinking** als Methode zur Identifizierung spezifischer Kundenbedürfnisse eingeführt wurde. Extern moderierte Webinare wurden als erster Schritt genutzt, gefolgt von einer aktiven Aneignung des Gelernten. Ziel war die Implementierung eines neuen Mindsets in der Mitarbeiterschaft – weg vom Prinzip einer rein technologiegetriebenen Produktentwicklung hin zur bedürfnisorientierten Entwicklung eines Produkt-Service-Systems. Sowohl das Produkt als auch das Geschäftsmodell wurden auf diese Weise den Marktbedürfnissen angepasst. Neben Kunden wurden hierfür weitere Stakeholder einbezogen, beispielsweise Finanzdienstleister, um echtzeitdatenbasierte Leasingmodelle mit monatlichen Raten für die Garantieverlängerung zu validieren. Dies führte zur Einführung eines neuen Angebots für die Garantieverlängerung, basierend auf der Datenerhebung zum Zustand der Batterie.

Im letzten Jahr des Pilotprojekts erfolgten schließlich Feldtests mit Kunden, wobei sich die Innovationen in der Entwicklung in der Praxis zu bewähren hatten und anfängliche Schwierigkeiten – etwa bei der Datenübertragung – zu überwinden waren. So konnten im Pilotprozess wertvolle Erfahrungen gewonnen werden, die in die Weiterentwicklung der technischen Lösungen und der Geschäftsmodelle der Unicorn Energy AG und der gesamten Unicorn Gruppe einfließen werden.



Lessons learned

- Das Software-Engineering ist gerade für kleine und mittlere Unternehmen, die bislang über wenig Erfahrung mit der Datenauswertung für Smart Service Software verfügen, eine Herausforderung. Die Zusammenarbeit mit einem Projektpartner wie im Fall des Verbundprojekts bi.smart kann hierbei unterstützen.
- Zentrale Voraussetzung bei der Produkt-Service-System-Entstehung, insbesondere bei unternehmensübergreifenden Kooperationen, ist die klare Definition der Schnittstellen zwischen den Partnern sowie der Hard- und Softwareentwicklung. Der große Vorteil eines solchen Vorgehens liegt in der Möglichkeit, verschiedene Komponenten des Produkt-Service-Systems in unterschiedlichen Geschwindigkeiten zu realisieren und diese dennoch später zu einer kundenzentrierten Lösung zu kombinieren.
- Der Kunde muss von Anfang an in den Prozess der Produkt-Service-System-Entwicklung einbezogen werden, um das System sowohl kundenbedürfnisgerecht und damit marktgängig als auch effizient zu gestalten. Im Fall der Unicorn Energy GmbH stellte sich so beispielsweise heraus, dass Nutzer von Batteriesystemen keinen Wert auf eine Benutzerschnittstelle über eine App zur Bereitstellung großer Daten- und Informationsmengen legen. Stattdessen konnten Bedienung und Auslesung von Informationen über einfache Kommunikationskanäle wie einen Telegram-Bot (Chatbot) wesentlich einfacher gestaltet werden, was den Arbeitsaufwand deutlich reduzierte.

Fazit

Nach drei Jahren Laufzeit ist die Unicorn Gruppe darauf eingerichtet, ihre Marktleistungen als Lösungsanbieter zu skalieren. Sowohl die Hardware inklusive Firmware als auch die darauf aufbauende Smart Service Software und die Schnittstelle haben den Proof of Concept bestanden und können nun in marktreife Angebote überführt werden. Im nächsten Schritt gilt es nun, den Vertrieb der USV-Batteriemodule und der damit verbundenen Dienstleistungen zu starten. Darüber hinaus hat das Unternehmen aber auch die grundsätzliche Fähigkeit entwickelt, auf Basis der jeweiligen technischen Lösung und in Abstimmung mit Kunden und Stakeholdern schnell weitere digitale Dienstleistungen und Geschäftsmodelle zu realisieren, da die Entwicklung von Hard- und Software unterschiedlich schnell und prozessual entkoppelt erfolgen kann.

Die Erweiterung der Engineering-Kompetenzen im Unternehmen wurde im Rahmen des Projekts bi-smart mit ASE-Elementen wie dem **Digitalen Zwilling** und **Kreativitätsmethoden** wie dem **Design Thinking** unterstützt. Dabei zeigten sich auch die Vorteile einer Kooperation mit solchen Partnern, die neue Kompetenzen wie das Software Engineering in den Entwicklungsprozess einbringen. Insgesamt gesehen hat sich die Perspektive der Entwicklungsabteilung der Unicorn Engineering GmbH im Verlauf der Erprobung und Implementierung von ASE-Methoden grundlegend verändert: Keine Innovation des Unternehmens wird mehr ohne Einbeziehung der Kundenperspektive entwickelt. So reduziert die Unicorn Engineering GmbH den Entwicklungsaufwand und erzielt Erfolg am Markt.

12 Smarte Produkt-Service-Systeme im Handwerk

Alfred Kiess GmbH



Christian Kuhn
Alfred Kiess GmbH



Die partnerschaftliche Entwicklung mit Experten für Sensortechnik, Datenübertragung und -verarbeitung im Forschungsprojekt bi.smart ermöglicht es, innovative Dienstleistungen zu schaffen, ohne den Fokus auf das Kerngeschäft zu verlieren. Dies ist für uns als KMU im Handwerk ein absoluter Gewinn.

Ausgangslage und Herausforderung

Die Alfred Kiess GmbH ist ein kleiner mittelständischer Handwerksbetrieb mit rund 50 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, der hochwertigen Innenausbau anbietet. Neben einigen Serien im Leistungsangebot setzt das Unternehmen für seine Kunden basierend auf eigenen Standards (beispielsweise Lockerschranke oder Komponenten im Aufzugsinnenraum) vor allem individuell zugeschnittene Einzellösungen um. Solche Einzellösungen umfassen die Projektleitung und Umsetzung aller Phasen eines Projekts – von der Planung über die Herstellung und Montage bis hin zur schlüsselfertigen Lösung. Zu den Kunden zählen neben vereinzelt Privatpersonen größtenteils Industriekunden und die öffentliche Hand. Als KMU hat sich die Alfred Kiess GmbH der Herausforderung gestellt, ein digitales **Produkt-Service-System** zu entwickeln, ohne bisher über eigene größere Erfahrung in der Digitalisierung von Arbeitsprozessen und Marktleistungen zu verfügen. Das Unternehmen profitierte daher von der Zusammenarbeit mit Partnern, die **neue Rollen im Engineering** in den Produktentstehungsprozess einbringen konnten. Dabei kamen neue **Kreativitätsmethoden** zum Einsatz, die eine kundenorientierte Produkt- und Leistungsentwicklung gewährleisten sollten.

Für Industrieunternehmen bietet die Alfred Kiess GmbH unter anderem die individuelle Anpassung, Vermessung, Verlegung, Wartung und Pflege von Industriefußbodenanlagen aus Holz an. Zum Portfolio gehören elektrostatisch ableitfähige (Electro Statical Discharge – ESD) Böden. Mit diesen systematisch aufgebauten Böden lassen sich in der Produktion Schäden an elektronischen Bauteilen vermeiden, die durch Verarbeitung von Materialien oder Bewegung von Personen und die dabei folgenden Entladungsspannungen verursacht werden. Solche Entladungsspannungen können außerhalb des genormten

Bereichs – für den Menschen nicht wahrnehmbar – die Produktion und die verbauten Komponenten schädigen. Darüber hinaus dienen ESD-Böden dem Schutz der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter vor größeren elektrischen Be- und Entladungen.

Zwar muss die Messung von Entladungsspannungen nach DIN-Norm einmal im Jahr vom Betreiber durchgeführt werden, jedoch besteht vereinzelt die Gefahr, dass durch den Einbau vieler elektronischer Bauteile zwar Schäden durch Entladungen entstanden sind, diese aber dennoch unbemerkt bleiben. Ziel der Alfred Kiess GmbH war es daher, den betreffenden ESD-Böden so zu digitalisieren, dass durch die Verarbeitung von neu erfassten Sensordaten eine kontinuierliche Zustandsüberwachung des Bodens, seine Funktionalität – also die Erdung – und eine lückenlose Dokumentation gewährleistet ist. Damit sollten neue Services auf Basis eines smarten Produkts angeboten werden.

Auf der technischen Seite stellte die Auswahl der erforderlichen Sensorik eine besondere Herausforderung dar: Für den speziellen Fall des ESD-Bodens konnten zunächst keine Sensoren gefunden werden, die alle Anforderungen an Datenerfassung, Signalübertragung und Integration in den Boden (ohne zur »Stolperfalle« zu werden) erfüllten. Aufgrund der Vielzahl der erforderlichen Messpunkte durfte zudem der Preis der Sensoren nicht zu hoch sein, um für den Markt wirtschaftlich zu bleiben.

ASE als Lösung

Die Herstellung eines ESD-Bodens, der eine kontinuierliche Überwachung und Gewährleistung der Funktionsfähigkeit ermöglicht, erfolgte schließlich aber auf Basis eines ganzheitlichen und interdisziplinären Entwicklungsprozesses. Hierzu brauchte es insbesondere ein grundsätzliches Verständnis für **Rollen im Engineering**, das für die bisherige Ausrichtung der Alfred Kiess GmbH als Handwerksbetrieb nicht erforderlich gewesen war. Der konkrete Entwicklungsprozess erfolgte im Rahmen des Verbundprojekts bi.smart in Zusammenarbeit mit verschiedenen Partnern und wurde wissenschaftlich vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT), vom Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO und von der Universität Stuttgart begleitet. Die Alfred Kiess GmbH selbst brachte das Know-how zur Funktion des ESD-Bodens ein. Die Inshoerance GmbH entwickelte zudem eine passende und serienreife Sensorik. Als weiterer Kooperationspartner im Projekt stellte die EDI GmbH die Software zur Datenübertragung (das heißt Zugriff auf die IoT-Schnittstelle, Datenauswertung und einfache Visualisierung) zur Verfügung. Wie sich zeigte, reichten die mit relativ einfachen und kostengünstigen Sensoren gewonnenen Daten aus, um einen Großteil, aber nicht um alle Anforderungen der Norm DIN EN 61340-4-1 für ESD-fähige Bodenbeläge zu messen. Die Partner im Projekt arbeiten daher weiter an einer Lösung, die auf Basis intelligenter Algorithmen und verfügbarer Daten weitergehende Auswertungen ermöglicht, um das Ziel einer umfassenden Messung in Zukunft zu erreichen.

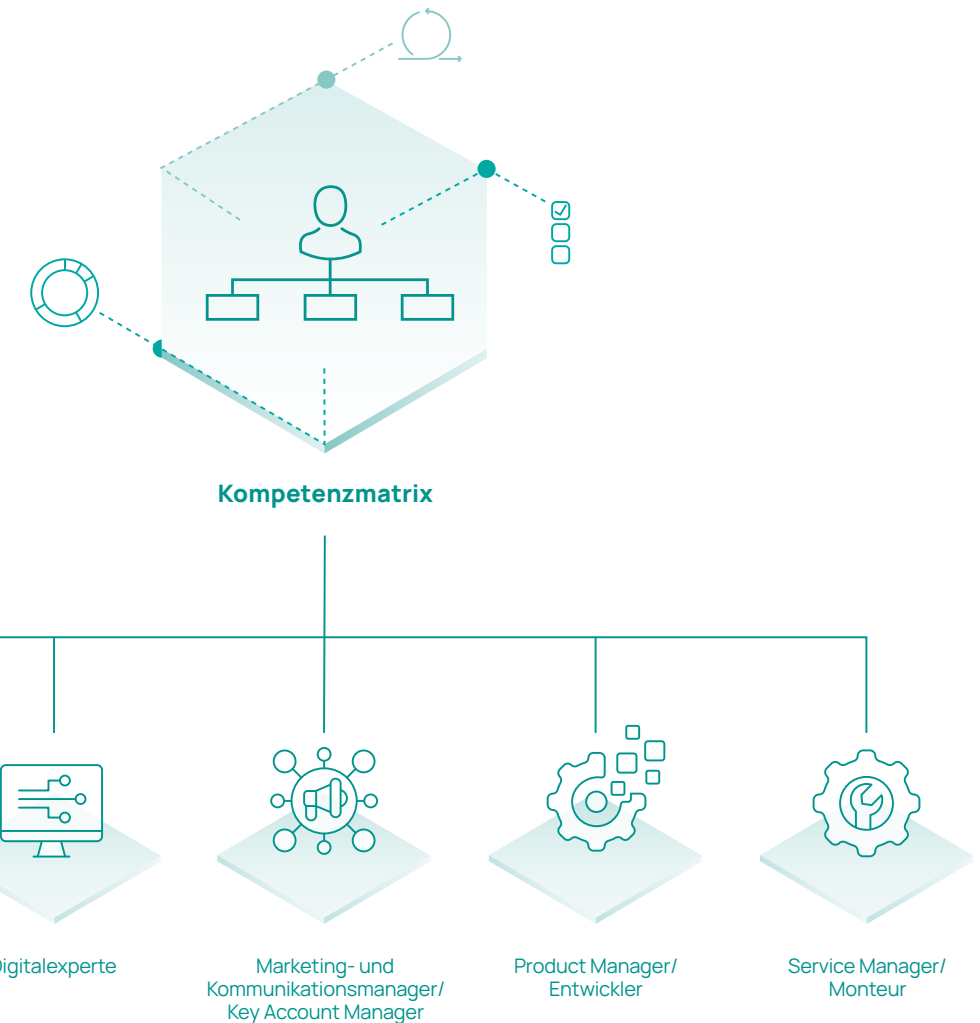
Die Digitalisierung, die mit der Entwicklung eines smarten **Produkt-Service-Systems** einhergeht, bietet der Alfred Kiess GmbH darüber hinaus Möglichkeiten, die im Handwerk selbst bislang weitgehend unbekannt sind. Von der Entwicklung über den Vertrieb bis hin zum Kunden können nun alle Akteure auf dieselben Daten zugreifen. Für den standardisierten Datenzugriff wurden die Prozesse im Unternehmen neu strukturiert. In diesem Zusammenhang ist auch eine stärkere Standardisierung und Modularisierung der **Produkt-Service-Systeme** in verschiedene Einsatzbereiche von ESD-Bodenanlagen möglich – vom klassischen Büroboden bis zum befahrbaren Boden. Die Digitalisierung bringt hier Effizienzvorteile durch generischere Bausteine, die individuell an die Anforderungen des Kunden angepasst werden können. Gleichzeitig verändert sie die Rolle der Alfred Kiess GmbH, die nicht nur einmalig das Produkt verkauft, sondern potenziell als Dienstleister mit dem

Kunden in Kontakt bleibt. Das konkrete Geschäftsmodell für die neuen ESD-Böden ist zwar bislang noch nicht abschließend definiert, aber auch hier zeichnen sich bereits verschiedene Innovationen ab – so beispielsweise die Auswertung von Daten während der Nutzung sowie eine diagnosebasierte Wartung und Reparatur als fortlaufend angebotene Dienstleistung.

Einführung von ASE

Die ursprünglichen Zielsetzungen im Projekt bi.smart hinsichtlich der Digitalisierung der Alfred Kiess GmbH (mit Fokus auf internen Prozessen und Zuständen) wurden nach ersten Kundeninterviews und **Design-Thinking**-Workshops revidiert und angepasst, sodass schließlich der ESD-Boden als Anwendungsfall für eine innovative Neuausrichtung und einen digitalisierungsbezogenen Kompetenzaufbau des Unternehmens definiert wurde.

Die notwendigen Kompetenzen und **Rollen für das Engineering** eines ESD-Bodens waren bei der handwerklich geprägten Alfred Kiess GmbH zu Beginn nicht vorhanden. Vor diesem Hintergrund wurde gemeinsam mit Kooperationspartnern aus dem Forschungsumfeld eine sogenannte Kompetenzmatrix für die ganzheitliche Entwicklung erstellt. Inhalt der Matrix bildeten verschiedene für das Projekt notwendige Rollen (beispielsweise »Digitalexperte« oder »Produkt-Service-System Manager«) sowie die für die jeweilige Rolle erforderlichen fachlichen, methodischen und sozialen Kompetenzen. Auf dieser Basis konnte schließlich ermittelt werden, welche Kompetenzen unternehmensintern zur Verfügung standen und welche durch externe Partner einzubinden waren. Diese Herangehensweise ermöglichte eine klare Planung und Aufgabenverteilung.



Weitere Informationen zu den Rollen zur Smart Produkt-Service-System-Entwicklung finden Sie [hier](#).

Lessons Learned

- Bei der Entwicklung neuer Produkte und Marktleistungen ist es wichtig, zunächst den Horizont zu erweitern und über bisherige Lösungsräume grundsätzlich hinauszudenken. Dabei hilft es, alte Denkmuster (»Ich bin Schreiner, was geht mich Elektronik an?«) mit neuen Methoden zu überprüfen und Kundenbedürfnisse direkt einzubeziehen.
- Die Digitalisierung bietet neue Möglichkeiten, Kundenbedürfnisse abzubilden und zu befriedigen. Selbst vergleichsweise einfache Produkte wie ESD-Böden können smart gestaltet werden und für den Kunden so einen Mehrwert generieren, dem Unternehmen zudem ein neues Geschäftsmodell eröffnen.
- Durch die frühzeitige Einbindung von Partnern und die externe Besetzung von Rollen im Entwicklungsprozess kann nicht vorhandenes Know-how für die Digitalisierung kompensiert werden, was insbesondere für KMU von Bedeutung ist.
- Es lohnt sich, neben dem alltäglichen Projektgeschäft im Handwerk Zeit und Arbeit in Innovationen wie die Digitalisierung zu investieren.

Fazit

Mithilfe der ASE-Methoden zu **Kreativität** sowie neuer **Rollen im Engineering** ist der Alfred Kiess GmbH der Einstieg in die digitale Vernetzung des Unternehmens und seiner Produkte beziehungsweise seines Lösungsangebots gelungen. Auf diese Weise zeigt das Unternehmen auch anderen Handwerksbetrieben Wege und Potenziale der Digitalisierung auf. Die partnerschaftliche Entwicklung der Marktleistungen, für die es externe Expertise aus den Bereichen Sensortechnik, Datenübertragung und Datenverarbeitung braucht, funktioniert gut, sodass das handwerkliche Kerngeschäft der Alfred Kiess GmbH parallel weiterläuft. Der Grundstein für ein eigenes **Produkt-Service-System** in Form eines digitalen ESD-Bodens ist somit gelegt. Zwar befindet sich das System gegenwärtig noch im Entwicklungsstadium des Prototyps, doch zeichnet sich auf dieser Basis bereits eine veränderte Perspektive für die Entwicklung neuer Produkte ab. Das bisherige Angebot wird so durch innovative Dienstleistungen ergänzt, für deren Entwicklung wiederum neue Ansätze erforderlich sind. Die Teams der Alfred Kiess GmbH wollen sich in Zukunft stärker darauf konzentrieren, den gesamten Möglichkeitsraum des Geschäftsumfelds zu analysieren, was ein Produkt und ergänzende Dienstleistungen tatsächlich leisten können und welcher Kundennutzen über die bestehenden Zwecke hinaus erreicht werden kann. Aufbauend auf den Erfahrungen eines ganzheitlichen Entwicklungsprozesses, der Kunden und Partner einbezieht, und den Möglichkeiten der Digitalisierung können Kundenbedürfnisse dabei spezifisch identifiziert und berücksichtigt werden. Zudem bietet die neue Herangehensweise Effizienzvorteile, die eine stärkere Standardisierung und Modularisierung von **Produkt-Service-Systemen** nach ESD-Bodenklassen ermöglichen.

13.1 Weiterführende Publikationen und Informationen

Advanced Systems Engineering Strategie – Eine Leitinitiative zur Zukunft des Engineering- und Innovationsstandorts Deutschland

Am Standort Deutschland müssen Unternehmen komplexe technische und soziotechnische Systeme professionell entwickeln und schnell zum nachhaltigen Markterfolg bringen können. Dazu braucht es eine strategische Neuausrichtung des Engineerings. Die Strategie zeigt, wie diese Neuausrichtung von Politik, Unternehmen und Wissenschaft eingeleitet werden kann.

Hier geht es zur Publikation:

[Advanced Systems Engineering Strategie – Eine Leitinitiative zur Zukunft des Engineering- und Innovationsstandorts Deutschland](#)

Engineering in Deutschland – Status quo in Wirtschaft und Wissenschaft. Ein Beitrag zum Advanced Systems Engineering

Im Rahmen der Leistungsstanderhebung wurden der aktuelle Leistungsstand und die sich abzeichnenden Trends des Engineerings untersucht. Dazu wurden über 130 national und international namhafte Fachleute und Führungskräfte aus Industrie und Wissenschaft befragt.

Hier geht es zur Publikation:

[Engineering in Deutschland – Status quo in Wirtschaft und Wissenschaft. Ein Beitrag zum Advanced Systems Engineering](#)

Die Advanced Systems Engineering Community

Sie haben Interesse an Advanced Systems Engineering und wollen sich dazu mit anderen austauschen?

Nutzen Sie die ASE-Community:

[Advanced Systems Engineering Community](#)

13.2 Mitwirkende Unternehmen und Ansprechpersonen



Dr. Marko Coric,
Dr. Albrecht Urbaszek
Mechatronic Medical Engineers GmbH



Steffen Walter
Friedrich Lütze GmbH



Steffen Wagenmann
IPEK – Institute of Product Engineering
und TRUMPF SE + Co. KG



Volker Franco Steier
OSYPKA AG



Dr. René Siebert
Precitec GmbH & Co. KG



Daniel Lemberger
IBO GmbH



Dr.-Ing. Dominik Martin
Trelleborg Sealing Solutions GmbH



Denis Göllner
Lenze SE



Kathrin Anandasivam
TRUMPF SE + Co. KG



Dr. Felix Friederich
Unicorn Energy AG und Unicorn
Engineering GmbH



Christian Kuhn
Alfred Kiess GmbH

13.3 Bildquellen

- S. 9 Dr. Marko Coric: Privat; Dr. Albrecht Urbaszek: Privat
- S. 15 Steffen Walter: Friedrich Lütze GmbH
- S. 21 Steffen Wagenmann: TRUMPF SE + Co. KG, Tobias Funk
- S. 27 Volker Franco Steier: OSYPKA AG
- S. 33 Dr. René Siebert: Privat
- S. 39 Daniel Lemberger: Fotostudio BRACK, Bastian Stapelfeldt
- S. 45 Dr.-Ing. Dominik Martin: Privat
- S. 51 Denis Göllner: Privat
- S. 57 Kathrin Anandasivam: TRUMPF SE + Co. KG
- S. 63 Dr. Felix Friederich: Unicorn Energy AG
- S.69 Christian Kuhn: Privat

Autoren:**Dr. Steffen Steglich**

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
Karolinenplatz 4, 80333 München

Julian Tekaat

Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM
Zukunftsmühle 1, 33102 Paderborn

Herausgeber:**Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Albert Albers**

IPEK – Institut für Produktentwicklung am
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Campus Süd
Kaiserstr. 10, 76131 Karlsruhe

Prof. Dr.-Ing. Roman Dumitrescu

Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik
Mechatronik IEM
Zukunftsmühle 1, 33102 Paderborn

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier

acatech – Deutsche Akademie
der Technikwissenschaften
Karolinenplatz 4, 80333 München

Dr.-Ing. Kai Lindow

Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen
und Konstruktionstechnik IPK
Pascalstraße 8–9, 10587 Berlin

Prof. Dr.-Ing. Oliver Riedel

Fraunhofer-Institut für Arbeitswissenschaft
und Organisation IAO
Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart

Koordination:

Maximilian Heiser

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
Karolinenplatz 4, 80333 München

Martina Thielemann

Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM
Zukunftsmühle 1, 33102 Paderborn

Lektorat:

Jürgen Schreiber

Textkuss – Werkstatt für Sprache und Struktur
Große Gosenstraße 22, 06114 Halle (Saale)

Gestaltung und Satz:

Nordsonne Identity GmbH
Linienstraße 153, 10115 Berlin

Empfohlene Zitierweise:

Albers, A.; Dumitrescu, R.; Gausemeier, J.; Lindow, K.;
Riedel, O. (Hrsg.): Erfolgsgeschichten im Advanced Systems
Engineering, München, 2024

**Die Originalfassung der Publikation
ist verfügbar unter:**

www.advanced-systems-engineering.de

Alle Rechte vorbehalten. Vervielfältigung und Verbreitung –
auch von Auszügen – nur mit Genehmigung der Redaktion.

Copyright © acatech – Deutsche Akademie der Technik-
wissenschaften • 2024