

2.1 Always Beta – DevOps für cyber-physische Produkte

G. Schuh, J. Ays, A. Becker, A. Britz, C. Dölle, G. Hegener, U. Hermann, S. Wlecke

Gliederung

1	Status Quo in der heutigen Entwicklung physischer Produkte	116
2	DevOps – Potenziale zur Weiterentwicklung während der Nutzungsphase	117
3	Vier Handlungsfelder zur Realisierung von DevOps für cyber-physische Produkte	119
3.1	Übergeordnete Herausforderungen und notwendige Voraussetzungen zur Realisierung von Always Beta.....	121
3.2	Monitor – Turning Operation into Smart Data.....	124
3.3	Evaluate – Turning Smart Data into Potentials.....	126
3.4	Adapt – Turning Potentials into Adaptions	128
3.5	Release – Turning Adaptions into Value	130
4	Zusammenfassung.....	132

Kurzfassung

Always Beta – DevOps für cyber-physische Produkte

Agile Entwicklungsmethoden beschreiben das iterative Entwickeln, Testen und Validieren von Produktinkrementen. Diese für die Entwicklung von cyber-physischen Produkten neuartigen Entwicklungsmethoden werden hauptsächlich in der Entstehungsphase genutzt. Dabei bietet besonders die Nutzungsphase enorme Potenziale zum Erkenntnisgewinn über Produkte und deren Nutzung. In der Softwarebranche wird durch DevOps die Zusammenarbeit der Bereiche Entwicklung und Betrieb beschleunigt, sodass die kurzzyklische Weiterentwicklung von Produkten während der Nutzungsphase umgesetzt werden kann. Dieses Vorgehen übertragen auf cyber-physische Produkte stellt die zentrale Grundlage für Always Beta dar. Dabei beschreibt Always Beta den kontinuierlich weiterentwickelbaren Zustand einer Produktversion als Basis für das jeweils darauffolgende, optimierte Produktrelease. Somit unterstützt DevOps eine neuartige Möglichkeit, auf Kundenbedürfnisse zu reagieren und die Produkte gezielt weiter zu entwickeln. Dementsprechend können die Potenziale der Agilität nochmals signifikant gesteigert werden. Das Internet of Production bietet die Infrastruktur für die Umsetzung von DevOps für cyber-physische Produkte. Entwicklungs- und Nutzungszyklus werden verbunden, indem Daten aus der Produktnutzung strukturiert in die Entwicklung zurückgeführt werden. Somit können Optimierungspotenziale systematisch identifiziert und in Form von Software- und Hardware-Releases in das Produkt implementiert werden. Durch eine gezielte Produktweiterentwicklung können Zielgrößen wie die Overall Equipment Efficiency gesteigert und zur Schonung von Ressourcen beigetragen werden.

Abstract

Always Beta – DevOps for cyber-physical products

Agile development methods describe the iterative development, testing and validation of product increments. These new methods of developing cyber-physical products are mainly used in the conception phase. Against this, the usage phase particularly holds a huge potential for gaining knowledge about the products and their use. In the software industry, the DevOps concept accelerates the collaboration between Development and Operations so that the short-cycle further development of products can be implemented during the usage phase. This approach, applied to cyber-physical products, is the central enabler for Always Beta which describes the continuous state of a product version as a basis for the subsequent, optimized product. Thus, DevOps supports a new way of reacting to customer needs and developing products according to their actual use and state. Accordingly, the potential of agility can be increased significantly. The Internet of Production provides the infrastructure for implementing DevOps for cyber-physical products. Development- and User Cycle are linked by structurally returning data from product use to development. Thus, optimization potentials can be systematically identified and implemented in the product in the form of software and hardware releases. Through focused product development, targets such as Overall Equipment Efficiency can be increased and resources can be saved.

1 Status Quo in der heutigen Entwicklung physischer Produkte

Die Entwicklung cyber-physischer Produkte steht gegenwärtig vor vielfältigen Herausforderungen. Der Wandel klassischer Verkäufermärkte hin zu vornehmlich von Käufern geprägten Märkten mit zunehmend heterogenen Kundenwünschen erfordert einen noch stärkeren Kundenfokus in der Produktentwicklung. [1] Gleichzeitig erhöhen kürzer werdende Innovationszyklen den Druck, die Kundenbedürfnisse schneller zu realisieren, um die Time-to-Market reduzieren zu können. [2] In diesem Kontext steigen Entwicklungskosten vor allem für Produkte mit überladenen und in der Nutzungsphase selten verwendeten Funktionalitäten exponentiell. Produzierende Unternehmen begegnen diesem dynamischen Marktumfeld mit der Intention, flexibler zu werden und auf sich verändernde Begebenheiten adaptiv zu reagieren. Die zunehmenden Datenmengen, die durch cyber-physische Produkte in der Nutzungsphase generiert werden, dienen dabei als Grundlage für ein adaptives Handeln. Cyber-physische Produkte beschreiben mechatronische Produkte, die durch digitale Komponenten sowohl untereinander als auch in Netzwerken verbunden sind. [3] Der Anteil von verbauten digitalen Komponenten nimmt dementsprechend stetig zu [4], weshalb auch die Erlangung von Kompetenzen im Bereich der Softwareentwicklung zukünftig ein zentraler Erfolgsfaktor für Unternehmen der produzierenden Industrie sein wird. Dies erkannte auch Herbert Diess, Vorstandsvorsitzender der Volkswagen AG, und ließ im Herbst 2019 verlauten: „Wir beginnen, uns vom reinen Autohersteller zum softwaregetriebenen Unternehmen zu wandeln.“ [5] Dabei zielt diese Aussage weniger darauf ab, dass produzierende Unternehmen selbst zum Hersteller von Softwareprodukten werden. Vielmehr verdeutlicht dieser Satz, dass auch Unternehmen in der produzierenden Industrie ihre Arbeitsweise an denen der Softwarebranche orientieren müssen. Dies kann sich zum Beispiel auf neuartige Geschäftsmodelle, auf die Arbeitsweise des Vertriebs oder auf Vorgehensmodelle im Rahmen der Produktentwicklung beziehen. Neben den oben beschriebenen Herausforderungen führt insbesondere auch dieser Trend dazu, dass zunehmend sogenannte agile Methoden für die Entwicklung cyber-physischer Produkte eingesetzt werden. [6] Der agile Ansatz stammt ursprünglich aus der Softwareentwicklung und wurde vor rund 20 Jahren mit der Veröffentlichung des agilen Manifests in Form von zwölf Prinzipien beschrieben. [7] Im Kern beschreibt Agil eine Arbeitsweise, bei der in kleinen Teams nach einem iterativen und inkrementellen Vorgehen gearbeitet wird. Wie eine Umfrage zum Thema agile Produktentwicklung ergab, ist Scrum die bislang am weitesten verbreitete Methode, um agiles Arbeiten in der physischen Produktentwicklung umzusetzen. [8] Dabei wird in sogenannten Sprints mit einer Dauer von zwei bis vier Wochen gearbeitet. Zum Ende eines jeden Sprints soll ein auslieferbares Produktinkrement fertiggestellt sein, welches dann wiederum direkt dem Kunden präsentiert wird, um unmittelbar sein Feedback dazu einholen zu können.

Im Hinblick auf die Erreichung einer stärkeren Kundeneinbindung in die Entwicklung cyber-physischer Produkte ist der Einsatz agiler Methoden jedoch oftmals nicht ausreichend. Der Grund dafür ist, dass die Produktentwicklung größtenteils als abgegrenzte Aufgabe betrachtet wird, die mit der Einführung des Produktes am Markt abgeschlossen ist. Die tatsächlichen Bedürfnisse des Kunden, die erst während der Nutzungsphase durch die praktische Produktnutzung identifiziert werden können, finden durch den Einsatz agiler Methoden allein noch keine Berücksichtigung. Es bedarf deshalb einer Erweiterung der agilen Methoden auf die Nutzungsphase eines Produktes, um die wertvollen Erkenntnisse aus dieser Phase des Produktlebenszyklus zukünftig in die Entwicklung und Optimierung der Produkte einfließen lassen zu können. Bild 1 verdeutlicht, dass die Nut-

zungsdaten, die erst während der tatsächlichen Produktnutzung, und somit nach der eigentlichen Entwicklung des Produktes, generiert werden, einen großen Erkenntnisgewinn in Bezug auf das Produkt ermöglichen. Gleichzeitig nimmt die Nutzung der Erkenntnisse über ein Produkt üblicherweise mit dessen Markteinführung stark ab. Aus diesem gegenläufigen Verlauf der Kurven ergibt sich ein bedeutendes Potenzial für die Optimierung von Produkten bspw. hinsichtlich wenig genutzter, aber in der Entwicklung teuren Produktfunktionalitäten. Zu den Potenzialen zählt neben der Intensivierung partnerschaftlicher Kooperationen mit den Kunden insbesondere auch die Steigerung des Kundennutzens selbst. Für die Entwickler bieten die Erkenntnisgewinne aus den Produktnutzungsdaten außerdem den Vorteil, kontinuierlich und über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg über die Produkte dazuzulernen.

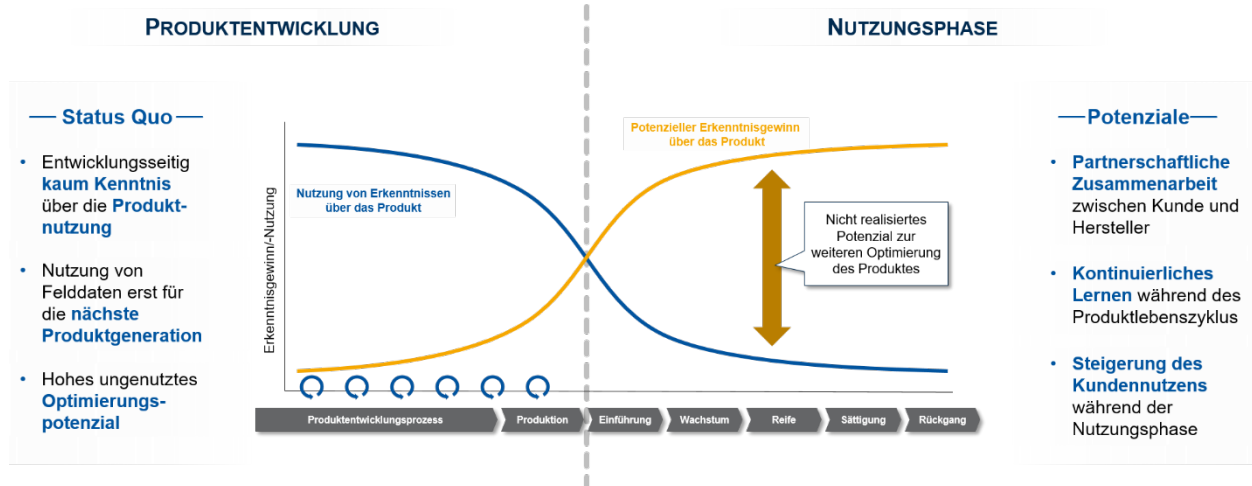


Bild 1: Potenziale Zur Produktoptimierung durch Erkenntnisgewinn in der Nutzungsphase

Mit DevOps existiert in der Softwareentwicklung bereits ein Ansatz zur Erschließung dieser Potenziale. DevOps beschreibt eine engere Verknüpfung der Entwicklung und des Betriebs der Software durch die Etablierung interdisziplinärer Teams. Diese Teams arbeiten eigenständig, weshalb sie auf jegliche Änderungen der Rahmenbedingungen sehr flexibel reagieren können. [9] Durch die gemeinsamen Kompetenzen von Entwicklung und Betrieb findet zudem eine stärkere Einbindung der Nutzungsphase der Software statt, da die gleichen Teams sowohl für die Entwicklung als auch die Fehlerbehebungen der Software verantwortlich sind.

Um diese Potenziale zukünftig auch in der produzierenden Industrie erschließen zu können, wird mit Always Beta ein neuer Ansatz vorgestellt, der die Prinzipien von DevOps auf die Entwicklung cyber-physischer Produkte überträgt. Darüber hinaus wird mit dem Always Beta-Ansatz das Ziel verfolgt, Produkte während der Nutzungsphase durch Updates und Upgrades kontinuierlich auf die Kundenbedürfnisse hin zu adaptieren. Im Folgenden wird der Always Beta-Ansatz vorgestellt und es wird detailliert auf die einzelnen Handlungsfelder eingegangen.

2 DevOps – Potenziale zur Weiterentwicklung während der Nutzungsphase

Wie vorangehend bereits erwähnt, kann bei der Erarbeitung eines Ansatzes für die methodische Verknüpfung von Nutzungs- und Entwicklungsphase cyber-physischer Produkte die Softwarebranche als Vorbild herangezogen werden, in der sich für diesen Zweck DevOps bereits erfolgreich etabliert hat.

DevOps ist ein Kunstwort aus der Verbindung der beiden Begriffe „Development“ (dt.: Entwicklung) und „Operations“ (dt.: Betrieb). Damit vereint DevOps zwei Organisationseinheiten des IT-Bereichs, welche in traditionellen IT-Organisationen getrennt und mit unterschiedlichen Zielsetzungen arbeiten. [10, 11] DevOps entstand aus verschiedenen Herausforderungen der Softwareentwicklung, welche auch zunehmend im Bereich physischer Produkte aufzufinden sind. Die Kriterien zur Erreichung von Nutzerakzeptanz und Kundenzufriedenheit sind in der Softwarebranche vor allem die schnelle, flexible und nutzerorientierte Umsetzung von Anforderungen im Produkt. Die Softwareentwicklung sieht sich daher meist einem enorm hohen Zeitdruck ausgesetzt. [12] Eine weitere Herausforderung der Softwarebranche besteht darüber hinaus in der Zusammenarbeit zwischen Entwicklungs- und Betriebseinheiten. Laut internationalen Leitfäden, wie beispielsweise der ISO/IEC 16350, wird die Verantwortung für entwickelte Software üblicherweise nach dem Akzeptanztest und der Freigabe von der Entwicklungs- an die Betriebsinstanz übergeben, welche die Software anschließend in der Produktivumgebung konfiguriert. [13] Die Verantwortung der Entwicklungsinstanz für ihr Arbeitsergebnis endet damit meist mit dem Schritt der Freigabe. In der Praxis äußert sich dies häufig darin, dass die Entwicklungsinstanz die Anforderungen des Betriebs für eine reibungslose Inbetriebnahme nicht hinreichend berücksichtigt. Oft resultiert dieses Problem darin, dass sich das „Deployment“, also die Implementierung der Software in der Produktivumgebung, nicht oder erst verspätet durchführen lässt. [9]

Vor dem Hintergrund dieser Herausforderungen ist DevOps als eine „Sammlung von Techniken, Prozessen und Tools“ entstanden, die „darauf abzielt, typischen Problemen in der Zusammenarbeit von Entwicklung und Betrieb entgegen zu wirken.“ [9] Durch ihre Anwendung soll in der Konsequenz die Kundenzufriedenheit während der Produktnutzung gesteigert werden. DevOps verbindet dazu bekannte Techniken aus der Softwareentwicklung mit Prinzipien zur Förderung der Zusammenarbeit von Betrieb und Entwicklung im Release Management. Erste Ideen zur Verbesserung der Zusammenarbeit zwischen Entwicklung und Betrieb kamen bereits im Jahr 2009 unter der Bezeichnung „Agile System Administration“ auf. Die Abkürzung DevOps selbst entstand im Jahr 2009 auf einer gleichnamigen Konferenz in Gent, Belgien. [9] Bereits zwei Jahre später verkündete das Unternehmen Amazon, dass es mittels DevOps in der Lage sei, alle 11,6 Sekunden ein Release zu implementieren. [14] Wie in Bild 2 dargestellt wird, vereint DevOps alle notwendigen Schritte sowohl der Entwicklung, also „Plan“, „Code“, „Build“ und „Test“, als auch die Schritte des Betriebszyklus, „Release“, „Deploy“, „Operate“, und „Monitor“. [15] Die Form der Darstellung drückt aus, dass sich aus den beiden Zyklen somit ein durchgehender Zyklus ergibt, welcher während des gesamten Produktlebens kontinuierlich durchlaufen wird. Dafür werden jeweils aus dem Betrieb Nutzungsdaten gewonnen und in den Entwicklungszyklus zurückgeführt.

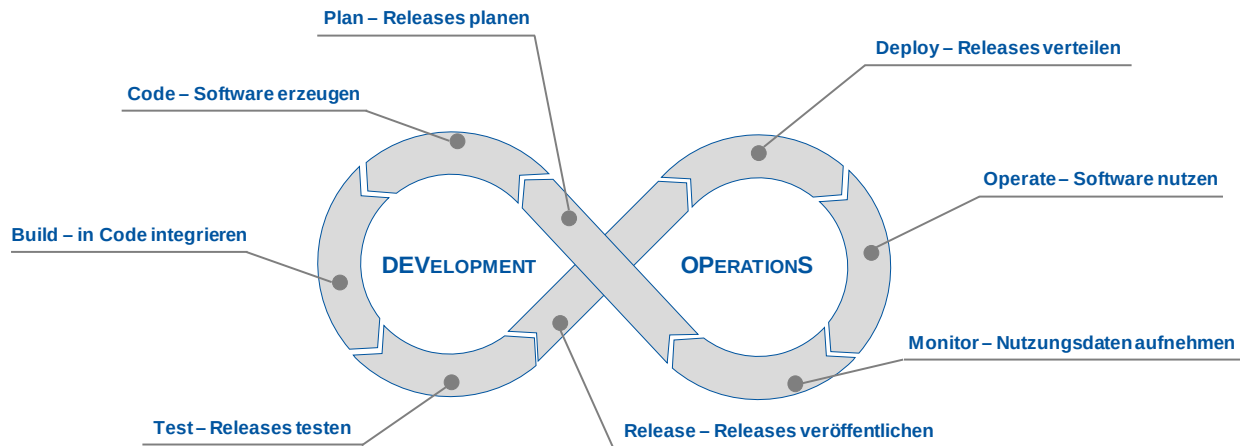


Bild 2: Verbindung von Entwicklung und Betrieb durch DevOps

Auf die Datenaufnahme folgend werden Änderungen in Form von Releases geplant, indem von der Änderung betroffene Komponenten, Unternehmensbereiche, Ressourcen und Abnahmekriterien identifiziert und definiert werden. Die Releases werden anschließend von der Entwicklung in neue Software-Inkrementen umgesetzt und in den bestehenden Code integriert. Die Kombination der neuen Software und des bestehenden Codes wird hinsichtlich Kriterien wie Funktionalität und Stabilität getestet, bevor, nach erfolgreichem Test, die Software in die Nutzung übergeben wird. Dadurch werden wieder neue Daten aus der Produktnutzung generiert, weshalb sich, wie oben erläutert, an die „Operate“-Phase wieder die „Monitor“-Phase anschließt.

Durch die methodische Verbindung von Entwicklung und Betrieb bietet DevOps zahlreiche Vorteile. So können Releases schnell bereitgestellt werden, um Kundenwünsche gezielt zu adressieren. Neue Funktionen können kurzfristig hinzugefügt werden und Fehler lassen sich beheben, was Entwicklungsaufwand reduziert und zu langfristigen Wettbewerbsvorteilen führen kann. Des Weiteren unterstützt DevOps durch eine enge Zusammenarbeit zwischen Entwicklung und Betrieb dabei, eine gemeinsame Verantwortung für die Software zu etablieren und effektivere Arbeitsteams zu bilden. [16] DevOps sorgt somit für einen Wandel in der Zusammenarbeitskultur. Dadurch kann durch die Anwendung von DevOps eine signifikante Produktivitätssteigerung verzeichnet werden. [9] So belegt beispielsweise der „State of DevOps Report 2016“, dass eine Steigerung der Deployment-Frequenz um den Faktor 200 erreicht werden kann. Darüber hinaus kann die Fehlerrate bei Software-Änderungen um den Faktor drei und die Arbeitszeit für ungeplante Nacharbeit zur Fehlerbeseitigung um 22% reduziert werden. [17]

3 Vier Handlungsfelder zur Realisierung von DevOps für cyber-physische Produkte

Um die Potenziale aus der Verbindung von Entwicklungs- und Nutzungsphase zukünftig auch im Bereich cyber-physischer Produkte realisieren zu können, wird mit Always Beta ein Ansatz vorgestellt, der die Prinzipien von DevOps auf die Entwicklung cyber-physischer Produkte überträgt. Als zentrale Grundlage für diese Übertragung wird im Folgenden zunächst die Infrastruktur des Internet of Production (IoP) vorgestellt.

Das IoP stellt eine ganzheitliche Referenz-Infrastruktur dar [18] und ist als die Weiterentwicklung des Internet of Things (IoT) zu verstehen, in dem die Idee des Internets, im Sinne eines weltweiten sozio-technischen Netzwerks, auf die physische Welt übertragen worden ist. [19] Weiter wird das IoT weltweit als Begriff für die horizontale Vernetzung

cyber-physischer Produkte geprägt und ermöglicht die Nutzung von Felddaten wie bspw. Nutzungsdaten. [20] Dafür ist insbesondere der domänenübergreifende Datenzugriff notwendig, um die bestehende Lücke zwischen der vertikalen Integration der einzelnen Domänen und der domänenübergreifenden horizontalen Zusammenarbeit zu schließen. An dieser Stelle setzt das IoP an: Ziel ist die Erschaffung einer neuen Ebene der domänenübergreifenden Zusammenarbeit durch die Bereitstellung semantisch adäquater und kontextbezogener Daten aus Produktion, Entwicklung sowie Nutzung in Echtzeit und in angemessener Granularität. [18] Bild 3 veranschaulicht die datenbasierte Integration des Produktions-, Entwicklungs- und Nutzungszyklus im IoP. Durch diese Integration und domänen- und lebenszyklusweite Kollaboration werden schnelle und agile Entscheidungen ermöglicht. Dazu ist die Erzeugung situationsbezogener digitaler Schatten notwendig, welche die große Menge an heterogenen Daten mit entscheidungsunterstützenden Modellen verbinden. Im Gegensatz zum digitalen Zwilling benötigt das Konzept des IoP für den digitalen Schatten keine hochauflösende Datenbank, sondern aggregiert die Daten aus allen relevanten Bereichen auf ein aufgabenspezifisch sinnvolles Granularitätsniveau. Dabei ermöglicht der digitale Schatten eine domänenübergreifende Zusammenarbeit und weitreichende Analysen für konkrete Fragenstellungen, die sowohl rückwärts gerichtetes Arbeiten zur Erstellung von Berichten und Diagnosen als auch vorwärts gerichtetes Arbeiten für Vorhersage und Empfehlung ermöglichen. [18, 21]

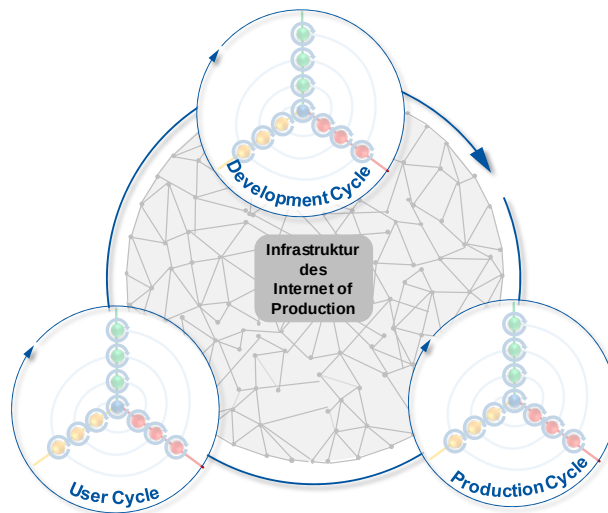


Bild 3: Nutzungs-, Entwicklungs- und Produktionszyklus im Internet of Production

Die Übertragung von DevOps auf cyber-physische Produkte wird durch die datenbasierte Verbindung der relevanten IoP-Zyklen ermöglicht. Dafür ist die Nutzung der IoP-Infrastruktur sowie die Anpassung des aus der Softwareentwicklung bekannten DevOps erforderlich. Durch die Kombination beider Ansätze wird die Brücke zwischen Produktentwicklungs- und Nutzungsphase geschlagen. Hiermit werden bisher nicht ausgeschöpfte Erkenntnisgewinne über das Produkt während der Produktnutzungsphase direkt in die Produktentwicklung zurückgeführt. Dadurch kann ein kontinuierliches Lernen entlang des gesamten Produktlebenszyklus ermöglicht werden und somit gleichzeitig dazu beigetragen werden, den Kundennutzen proaktiv zu steigern. Dabei liegt der Fokus im Always Beta-Ansatz auf dem Entwicklungs- und Nutzungszyklus. Dieser Fokus findet seinen Ursprung in dem Betrachtungsbereich der agilen Produktentwicklung, die dem Entwicklungszyklus zuzuschreiben ist.

Für die Verbindung des Entwicklungs- mit dem Nutzungszyklus wird DevOps adaptiert, womit in der Softwarebranche bereits die Potenziale durch den Erkenntnisgewinn aus der Nutzungsphase gehoben werden konnten (vgl. Kapitel 2). Dafür wurden zunächst aus den acht Schritten von DevOps die relevanten Schritte für die Übertragung auf die (Weiter-)Entwicklung cyber-physischer Produkte identifiziert und in den Always Beta-Ansatz überführt. Im Kontext von Always Beta wird das entwickelte Produkt als nicht final abgeschlossen aufgefasst und während der Produktnutzungsphase des Kunden kontinuierlich optimiert. Im Gegensatz zur Softwareentwicklung beschreibt das Beta-Stadium im Rahmen dieses Beitrags ein voll funktionsfähiges Produkt. Dieses ist innerhalb unterschiedlicher Prototypenphasen im Rahmen der agilen Produktentwicklung in Zusammenarbeit mit dem Kunden getestet und validiert worden. Die identifizierten Optimierungspotenziale innerhalb der Nutzungsphase dienen demnach einer nachhaltigen Performancesteigerung während der Nutzung des Produkts.

Der Always Beta-Ansatz besteht aus vier aufeinander aufbauenden Phasen, die dazu dienen, den Kundennutzen kontinuierlich zu steigern (vgl. Bild 4). Während der Nutzung des Produktes werden in der Monitor-Phase zunächst Daten und Informationen aufgenommen. Die aufgenommenen Daten gilt es in der Evaluate-Phase hinsichtlich möglichen Optimierungspotenzialen zu bewerten. Diese Optimierungspotenziale werden anschließend im Rahmen der Adaption-Phase in konkrete Maßnahmen überführt. Sobald die möglichen Maßnahmen konzeptionell umgesetzt sind, gilt es in der Release-Phase zu bewerten, welche der Maßnahmen im Produkt umgesetzt werden. Nach dem Release werden die Daten und Informationen während der Nutzungsphase erneut in der nächsten Monitor-Phase aufgenommen, womit der darauffolgende Zyklus des Always Beta-Ansatzes eingeleitet wird.

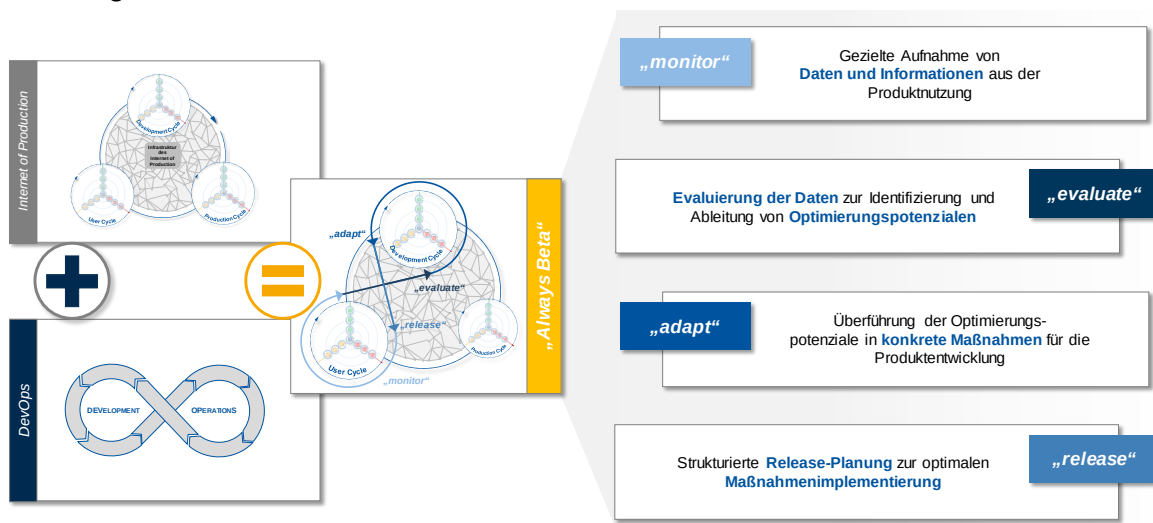


Bild 4: Die Verbindung von DevOps mit der Infrastruktur des IoP resultiert in den vier alternierenden Phasen des Always Beta-Ansatzes

3.1 Übergeordnete Herausforderungen und notwendige Voraussetzungen zur Realisierung von Always Beta

Die praktische Umsetzung des Always Beta-Ansatzes erfordert zunächst die Schaffung notwendiger Voraussetzungen, um insbesondere die Herausforderungen der produzierenden Industrie in der Praxis. Die übergeordneten Herausforderungen und daraus abgeleitete notwendige Voraussetzungen sind in Bild 5 dargestellt.

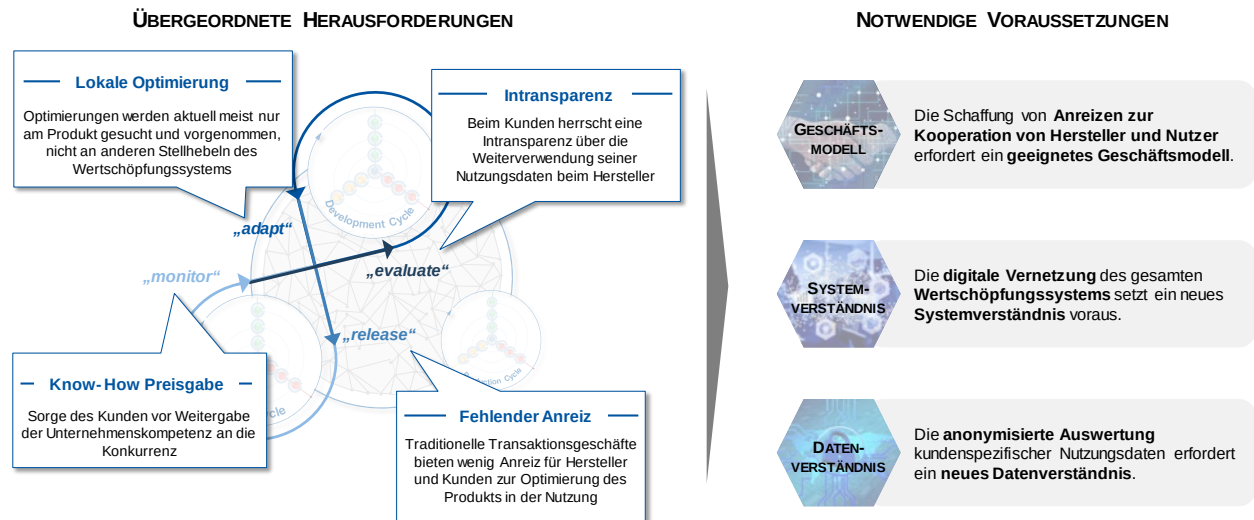


Bild 5: Übergeordnete Herausforderungen erfordern die Schaffung von drei notwendigen Voraussetzungen

Jede Phase des Always Beta-Ansatzes begegnet übergeordneten Herausforderungen, die in der industriellen Praxis ihre Ursprünge finden. In der Monitor-Phase besteht diese Herausforderung vor Allem in den Bedenken vor Know-How Preisgabe und die damit einhergehende Sorge der Kunden, Kompetenzen an Wettbewerber weiterzugeben. Nach der Aufnahme werden die Daten und Informationen in der Evaluate-Phase ausgewertet, wobei bei Kunden Intransparenz in Bezug auf die Weiterverwendung der Nutzungsdaten beim Hersteller bestehen kann. Diesen beiden Herausforderungen gilt es mit einem neuen Datenverständnis als notwendige Voraussetzung zu begegnen.

Daten müssen zunehmend als Währung verstanden werden, die durch die Weitergabe einen konkreten Nutzen für das Unternehmen realisieren können. In der privaten Nutzung ist dieses Konzept bereits etabliert. So können private Nutzer Google Maps verwenden, wenn die eigenen Standortdaten geteilt werden. Die Nutzer befähigen somit Google eine Vielzahl an Echtzeitdaten auszuwerten und wiederum anderen Nutzern zur Verfügung zu stellen. Dabei ist es insbesondere anderen Nutzern nicht möglich, auf die spezifischen Daten anderer Nutzer zuzugreifen. Der konkrete Nutzen ist somit auf beiden Seiten gegeben: Der Nutzer erhält Echtzeitdaten über bspw. die aktuelle Verkehrslage und kann somit seine Reisezeit optimieren, der Anbieter erhält Nutzungs- und Echtzeitdaten, mit denen die eigenen Angebote verbessert werden können. Dieses Verständnis muss folglich auf die produzierende Industrie übertragen werden. Die Vielzahl an Daten von verschiedenen Unternehmen, Produkten und Nutzern reichern große Datenmengen im Sinne von Big Data mit nutzungsspezifischen Informationen an. Mit den gewonnenen Erkenntnissen und Führungsgrößen können branchenweite Benchmarks durchgeführt sowie proaktiv Optimierungspotenziale aufgezeigt werden. [22]

Die zentrale Herausforderung hinsichtlich der Adapt-Phase ist in vorwiegend lokalen Optimierungen zu sehen. Optimierungspotenziale werden meist nur am Produkt gesucht und erschlossen, nicht aber an weiteren Stellhebeln im Wertschöpfungssystem. Diese Herausforderung wird durch ein neues Systemverständnis adressiert.

Die digitale Vernetzung des gesamten Wertschöpfungssystems von Unternehmen bildet die Grundlage für das neue Systemverständnis. Häufig werden in der Entwicklung und Nutzung von Produkten Einzelsysteme, bspw. eine konkrete Maschine, betrachtet und optimiert. Dabei werden spezifische Lösungen erarbeitet, die u.a. die Leistungsfähigkeit

der Maschine erhöhen sollen. Solche lokalen Optimierungen an einzelnen Maschinen führen jedoch häufig nur zu marginalen Verbesserungen bezogen auf das gesamte Wertschöpfungssystem, da sie teilweise nur geringfügigen Einfluss auf die gesamte Leistungsfähigkeit nehmen. Daher ist insbesondere der Fokus notwendiger Optimierungen relevant. Um also einen Mehrwert für den Nutzer zu schaffen, dürfen nicht nur Ausschnitte eines Systems (bspw. eine einzelne Maschine) betrachtet werden. Es gilt, das gesamte System als Referenz zu verstehen. Das Gesamtsystem ist in der Umsetzung von Always Beta dementsprechend das Wertschöpfungssystem mit vor- und nachgelagerten Prozessschritten. Durch die Analyse des gesamten Wertschöpfungssystems können systematisch die Prozessschritte, Maschinen oder Abläufe optimiert werden, die den größten Einfluss auf den Nutzen, bspw. die Produktivität, haben.

Anschließend stellt in der Release-Planung der fehlende Anreiz für Kunden und Hersteller zur Optimierung der Produkte in der Nutzungsphase die letzte Herausforderung dar. Dies erfordert die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle, die als weitere Voraussetzung zur Umsetzung von Always Beta genannt werden können. Insbesondere die Schaffung von Anreizen zur Kooperation von Hersteller und Nutzer erfordert ein geeignetes Geschäftsmodell. Diese Anreize sind zwingend notwendig, um den Always Beta-Ansatz umzusetzen, damit die kontinuierlich identifizierten Produktänderungen sowie Potenziale im Wertschöpfungssystem umgesetzt werden können. Im Rahmen traditioneller Transaktionsmodelle, in denen der Kunde ein Produkt im Zuge einer einmaligen Investition erwirbt und nach Auslauf der Garantie für Betrieb und Instandhaltung selbst verantwortlich ist, endet das Verhältnis zwischen Kunde und Hersteller mit Übergabe des Produkts oder Beendigung eines Wartungsvertrags. [23] In einem solchen Geschäftsmodell sind kontinuierliche Optimierungen am Produkt für den Hersteller nicht von Interesse, da dieser dafür nicht entlohnt wird. Ohne den Gegenwert der Produktoptimierungen bestehen auch für den Kunden meist keinerlei Anreize zur Abgabe seiner Nutzungsdaten. Die Realisierung des Always Beta-Ansatzes hängt somit von der Einbettung in ein Geschäftsmodell ab. Besonders eignen sich hierfür Subskriptionsmodelle. Subskriptionsmodelle zeichnen sich dadurch aus, dass der Kunde nicht einmalig für ein Produkt zahlt, sondern in vertraglich geregelten Abständen. Er erwirbt nicht nur das Produkt, sondern insbesondere die mit dem Produkt verbundene Leistung. [24, 25] Während der Nutzung des Produktes erfolgt eine kontinuierliche Datenaufnahme durch den Anbieter. Mit Hilfe der Nutzungsdaten wird es möglich, das Produkt und die entsprechende Leistung auf den Kunden anzupassen und somit die Attraktivität aus Kundensicht zu steigern. Vergleichbare Geschäftsmodelle werden bereits heute beispielsweise im Maschinen- und Anlagenbau genutzt. Die Heidelberger Druckmaschinen AG verkauft an ausgewählte Kunden nicht mehr das physische Produkt, also die Druckmaschine sowie Druckfarben, Servicestunden und Ersatzteile, sondern die Produktivität der Maschine, also den bedruckten Bogen. Der Kunde zahlt eine Fixgebühr sowie eine mengenabhängige Gebühr. Die berechneten Kosten unterstellen dabei eine hohe Maschinenverfügbarkeit (OEE). Das bedeutet, dass der Hersteller einen Teil des Leerkostenrisikos übernimmt, etwa für Rüst- und Servicezeiten, mit der Chance, diese weiter zu optimieren und den Verdienst entsprechend zu steigern. Ein weiteres Beispiel für Subskriptionsmodelle ist bei den Viessmann Werken zu finden. Der Hersteller von Wärmetechnik plant zukünftig seinen Kunden statt physischen Heizkörpern die Wärmeleistung zu verkaufen. [26] Die Integration derartiger Geschäftsmodelle in das Angebotsportfolio von Herstellern cyber-physischer Produkte wird meist langsam und kontinuierlich gesteigert und zunächst über Quersubventionen durch Standardgeschäftsmodelle finanziert. [27]

3.2 Monitor – Turning Operation into Smart Data

Der initial eingeführte Always Beta-Ansatz beginnt mit der Monitor-Phase. In dieser Phase werden relevante Daten aus der Produktnutzung identifiziert und aufgenommen. Dabei gilt es zunächst, Daten aus der Maschine sowie vor- und nachgelagerten Prozessen in einer Smart Data Ebene zu speichern. Soll darauf aufbauend der Hersteller zielgerichteten Zugriff auf diese Smart Data Ebene erhalten, ist sowohl Vertrauen und Transparenz zwischen Hersteller und Kunde als auch insbesondere die Kontrolle des Kunden über die Speicherung und Abgabe dieser Daten essentiell.

In Bild 6 wird dargestellt, wie dieser Aspekt durch das Unternehmen EMAG, einem Hersteller für Werkzeugmaschinen, in der Praxis umgesetzt wird.

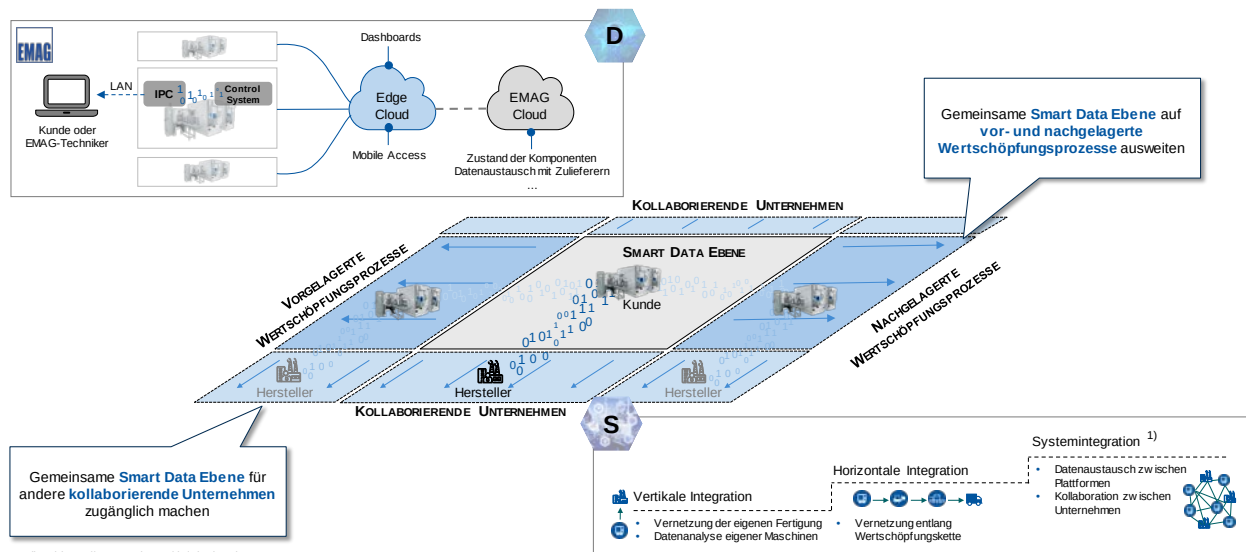


Bild 6: Zur gezielten Aufnahme von Daten aus der Produktnutzung wird eine gemeinsame Smart Data Ebene geschaffen

Zunächst werden Maschinendaten wie Taktzeiten, Betriebsmodi, Gut- und Schlechteile sowie Fehler- und Warnmeldungen im Kontrollsystem der Maschine erzeugt und gespeichert. Um diese Daten aufnehmen und weiterverwenden zu können, wird das Kontrollsystem mit einem Industrie-PC (IPC) verbunden. Dieser ermöglicht die Zugänglichkeit und das Management von Maschinendaten. Abhängig von der Masse der Daten können diese zwischen einem Tag und mehreren Wochen auf dem IPC gespeichert werden. Zusätzlich zu den Daten des Kontrollsystems können Daten verschiedener anderer Quellen dem IPC zugeführt werden. An diesem Punkt besitzt das Unternehmen EMAG noch keinerlei Zugriff auf die Maschinendaten des Kunden. Der Kunde hingegen kann über eine LAN-Verbindung einen Laptop an den maschineninternen IPC anschließen. Durch eine geeignete Nutzeroberfläche werden im IPC gespeicherte Maschinendaten bedarfsgerecht aggregiert und visualisiert. Wurde eine adäquate Vertrauensbasis zwischen Kunde und EMAG etabliert, kann der Kunde EMAG-Servicetechnikern kontrolliert Zugriff auf den IPC gewähren oder selbst relevante Datensätze per Email an EMAG versenden. Sollen größere Datenmengen einer Maschine oder die Datensätze mehrerer EMAG-Maschinen beim Kunden gespeichert und verarbeitet werden, können die Maschinen mit der sogenannten Edge-Cloud verbunden werden. Diese weist dieselben Funktionalitäten wie eine gewöhnliche Cloud auf, ist aber nicht mit dem Internet verbunden, sondern nur in der lokalen IT-Architektur des Kunden verankert. Aufgrund des größeren Speicherplatzes

können in der Edge-Cloud die Datensätze mehrerer EMAG-Maschinen über einen längeren Zeitraum gespeichert werden. Über die Edge-Cloud kann der Kunde jederzeit mobil aus dem lokalen Firmennetzwerk auf die Daten der verbundenen Maschinen zugreifen. Über eine Dashboard-Oberfläche kann beispielsweise angezeigt werden, wie zuverlässig die Maschinen arbeiten und an welcher Maschine kurzfristig ein Werkzeug gewechselt werden muss. Ist auch hier ein Transparenz- und Vertrauensverhältnis zwischen EMAG und dem jeweiligen Kunden etabliert, kann der Kunde EMAG den Zugriff auf die Daten der Edge-Cloud über VPN gewähren. Wird die Maschine nun mit dem Internet verbunden, können Daten in die sogenannte EDNA („EMAG DNA“)-Cloud geladen werden. Erst mit diesem Schritt werden die Maschinendaten des Kunden in IT-Strukturen außerhalb des Unternehmens transferiert. Dadurch wird es dem Kunden ermöglicht, auch außerhalb seines Unternehmensnetzwerks jederzeit die Zustände seiner Maschinen überprüfen zu können. Darüber hinaus dient die EDNA-Cloud zum gezielten Datenaustausch mit Zulieferern für die Werkzeugmaschinen der Kunden, sodass diese Zulieferer Auskunft über die Zustände ihrer in den Maschinen verbauten Komponenten geben können. Zukünftig soll der Austausch über die EDNA-Cloud auch dazu dienen, eine Service-Plattform aufzubauen, sodass jeder auffällige Zustand der Maschine unmittelbar an einen EMAG-Servicetechniker kommuniziert wird, welcher bei Bedarf entsprechende Maßnahmen einleiten kann. Dieses Beispiel verdeutlicht, wie insbesondere in der frühen Aufbauphase einer gemeinsamen Smart Data Ebene verbindlich definierte Strukturen und Genehmigungen dazu dienen, die Transparenz und das Vertrauen bezüglich des Umgangs mit Nutzungsdaten zwischen Hersteller und Kunde zu fördern.

Der oben beschriebene Datenaustausch mit Unternehmen aus dem Wertschöpfungssystem des Kunden wird abstrahiert in der Ausweitung der Smart Data Ebene in Bild 6 dargestellt. Im Sinne der eingangs beschriebenen Optimierung des Gesamtsystems gilt es, die Smart Data Ebene nun auf vor- und nachgelagerte Wertschöpfungsprozesse rund um die Maschine des Kunden zu erweitern. Auf diese Weise werden nicht nur die Daten rund um Prozesse an der Maschine selbst, sondern auch Daten wie Rüst- und Liegezeiten aufgenommen. Sind in diese vor- und nachgelagerten Wertschöpfungsprozesse andere Unternehmen involviert, sind diese in einem nächsten Schritt in die Smart Data Ebene mit einzubeziehen. In dem beschriebenen Beispiel werden die Zulieferer der Maschinenkomponenten dadurch befähigt, dem Maschinennutzer regelmäßige Berichte über den Zustand ihrer verbauten Komponenten bereit zu stellen. In der Konsequenz bedeutet dies, dass langfristig aus konkurrierenden Unternehmen kollaborierende Unternehmen werden können, sofern Vorteile aus dieser Kollaboration für alle Parteien geschaffen werden. Den Mehrwert einer solchen Smart Data Ebene verdeutlicht das Beispiel der tapio-Plattform. Diese Plattform bietet eine datentechnische Verbindung verschiedener Parteien der Holzverarbeitenden Industrie. In dieser Branche ist im Sinne einer vertikalen Integration die eigene Fertigung der Unternehmen bereits so vernetzt, dass eigene Maschinendaten ausgewertet werden können. Die tapio-Plattform strebt die Entwicklung über eine horizontale Integration, das heißt die zusätzliche Vernetzung entlang der Wertschöpfungskette, hin zu einer Systemintegration an, also dem Datenaustausch zwischen verschiedenen Plattformen und der Kollaboration zwischen Unternehmen. Dadurch werden Maschinen-, Werkzeug- und Materialhersteller der Möbelindustrie in einem Netzwerk verbunden. Über verschiedene Apps können damit alle Maschinen im Wertschöpfungssystem der Möbelproduktion unabhängig von Maschinentyp und Marke analysiert werden. Holzverarbeitende Unternehmen, deren Maschinen Teil der tapio-Plattform sind, profitieren dabei durch höhere Produktivität und Effizienz. [28]

3.3 Evaluate – Turning Smart Data into Potentials

Wie vorangehend beschrieben werden in der Monitor-Phase Nutzungsdaten aus sämtlichen Bereichen des Wertschöpfungssystems vom Kunden aufgenommen. Dies beinhaltet vor- und nachgelagerte Prozesse in dem Wertschöpfungssystem hinsichtlich aller Maschinen beim Kunden. Dadurch wird eine Echtzeit-Datenbasis gebildet, auf der die Evaluate-Phase aufsetzt.

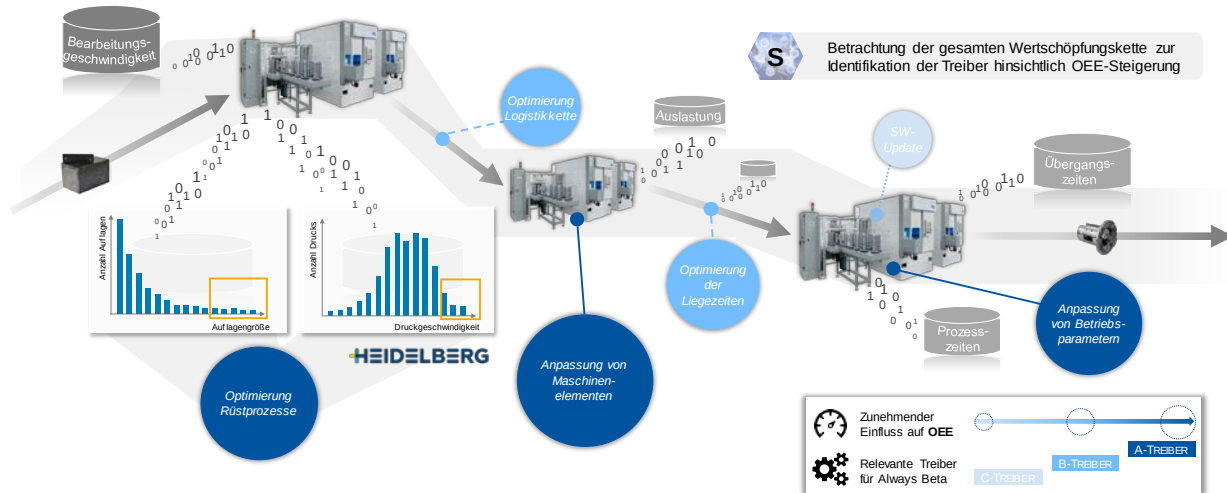


Bild 7: Aus den Nutzungsdaten werden die Haupttreiber für die Steigerung des spezifischen Kundennutzens abgeleitet

Entlang der Wertschöpfungskette gibt es verschiedene Prozessperformance-Indikatoren, die systematisch die Ableitung von Optimierungspotenzialen ermöglichen. Prozessperformance-Indikatoren sind beispielsweise Durchlaufzeit, Fehlerrate, Auslastung, Wirkungsgrade oder Nachbearbeitungsaufwände. [29] In Bild 7 sind beispielhaft Informationen und Daten aus der Produktnutzung beim Kunden dargestellt, die aufgenommen werden können. An den Maschinen selbst sind dies die Bearbeitungsgeschwindigkeit, unterschiedliche Prozesszeiten sowie die Auslastung. In vor- und nachgelagerten Prozessen rund um die Maschinen können außerdem Übergangs- und Liegezeiten aufgenommen werden. Die Prozessperformance wird häufig anhand der Kennzahl OEE („Overall Equipment Effectiveness“, deutsch: Gesamtanlageneffektivität) ermittelt. Die Gesamtanlageneffektivität stellt ein Maß für die Wertschöpfung einer Anlage dar. Die Kennzahl setzt sich aus dem Verfügbarkeits-, dem Leistungs- und dem Qualitätsfaktor zusammen. Der Verfügbarkeitsfaktor ist das Verhältnis aus der Zeit bis zum Auftreten eines Fehlers und der Zeit des Ausfalls der Funktion. Der Leistungsfaktor beschreibt ein Maß für Verluste, die durch Leerläufe und kleinere Ausfälle entstehen. Der Qualitätsfaktor beschreibt Verluste, die auf defekte oder zu überarbeitende Teile zurückzuführen sind. [30] Diese Kennzahl ist insbesondere für das Management von Interesse, da die Wertschöpfungsanteile der Anlagen durch die OEE transparent gemacht werden. Übergeordnetes Ziel produzierender Unternehmen stellt in der Regel die Maximierung der OEE dar. Von Unternehmen zu Unternehmen kann die Zielrichtung jedoch unterschiedlich sein. [31] Es gilt, aus den aufgenommenen Nutzungsdaten die spezifischen Treiber für die Steigerung des Mehrwerts auf Kunden- und Herstellerseite abzuleiten. Häufig ist dies auf Kundenseite die Steigerung der OEE, wie auch in Bild 7 angenommen. Auf Herstellerseite ist der Mehrwert von dem gewählten Geschäftsmodell und der verkauften Leistung im Sinne eines neuen Produktverständnisses abhängig. Wird in einem Subskriptionsmodell beispielsweise nicht die Maschine, sondern die Produktivität der Maschine verkauft, so ist die Steigerung

der OEE auch für den Hersteller ein zentrales Ziel, um gemeinschaftlich mit dem Kunden erfolgreich zu sein.

Aus den aufgenommenen Daten werden Potenziale zur Steigerung der OEE an verschiedenen Stellen des Wertschöpfungs-systems identifiziert und nach ihrem Einfluss auf die OEE-Steigerung bewertet. Dies ermöglicht durch Grenzwertbetrachtungen die Priorisierung der Potenziale im Sinne einer ABC-Analyse zu A-, B- und C-Treibern. [32] Solche Treiber können beispielsweise Anpassungen von Maschinenelementen, die Optimierung der Logistikkette und der Liegezeiten sowie Anpassungen von Maschinensoftware und Betriebsparametern sein. Dieses Vorgehen wird anhand eines Beispiels der Firma Heidelberger Druckmaschinen AG erläutert. Im Rahmen der Produktentwicklung einer Druckmaschine war eine zentrale Hypothese, dass durch hohe Druckgeschwindigkeiten dem Kunden ein großer Mehrwert geboten wird. Die Tätigkeiten in Forschung und Entwicklung wurden auf diesen vermeintlichen Kundenmehrwert fokussiert. In der anschließenden Nutzung der Druckmaschine durch den Kunden wurden kontinuierlich die Nutzungsdaten aufgenommen. Aus der Analyse dieser Nutzungsdaten konnten Auswertungen bezüglich der Auflagengröße und der Druckgeschwindigkeit erstellt werden, wie in Bild 8 dargestellt wird. Diese zeigten, dass die maximal möglichen Druckgeschwindigkeiten nur selten ausgenutzt werden und dass hauptsächlich kleinere und selten große Auflagen gedruckt werden. Daraus wurde geschlossen, dass es, besonders für kleine Druckbetriebe, nicht lohnenswert ist, die Druckmaschinen für kleine Auflagen auf das Maximum der Druckgeschwindigkeit zu steuern.

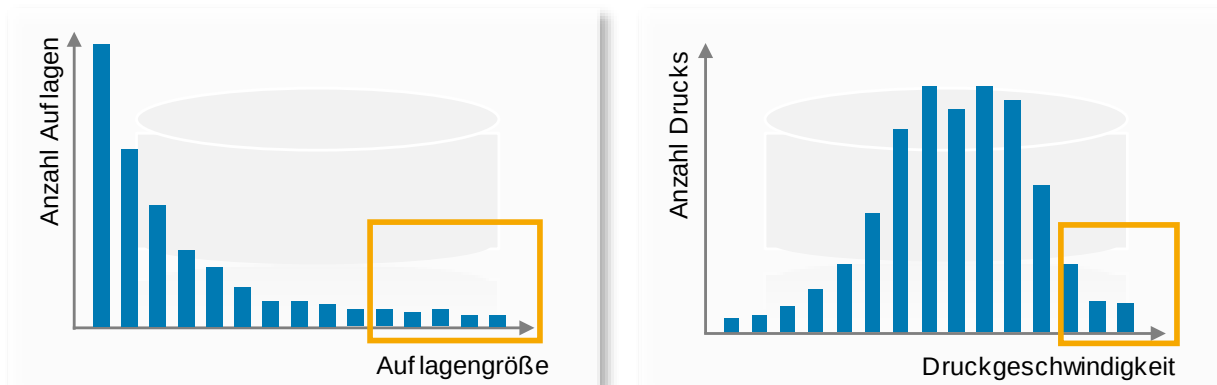


Bild 8: Auswertung der Nutzungsdaten

Der initial angenommene Kundenmehrwert wurde demnach in der von der Nutzungsphase losgelösten Entwicklungsphase falsch abgeschätzt. Diese Erkenntnis bietet zahlreiche Optimierungspotenziale. Gerade wenn hohe Auflagengrößen selten gedruckt werden, ist bei einer bestehenden Druckmaschine zunächst die Betrachtung von Prozessen innerhalb der Wertschöpfungskette relevant, wie beispielsweise Rüstprozesse. Durch die Optimierung der Rüstprozesse kann demnach ein Nutzen, im Sinne einer erhöhten OEE, geschaffen werden, wenn dadurch weniger geplanter Stillstand vorherrscht. Die Gesamtanlageneffektivität wird gesteigert, indem das Rüsten zwischen zwei Auflagen erleichtert und der Stillstand reduziert wird. Alle generierten Erkenntnisse werden aus der Nutzung in die Entwicklung transferiert, wodurch insbesondere für folgende Produktupgrades die Entwicklung nicht auf maximale Druckgeschwindigkeiten und große Auflagen fokussiert wird, sondern auf die Optimierungen, die den größten Anteil an der Gesamtwertschöpfung des Unternehmens haben. Die Optimierungspotenziale werden als A-, B- oder C-Treiber im nächsten Schritt des Always Beta-Ansatzes, der Adapt-Phase, weiterverwendet.

3.4 Adapt – Turning Potentials into Adaptions

Während in der Evaluate-Phase die wesentlichen Treiber zur Steigerung des Kundennutzens in Form verschiedener Optimierungspotenziale identifiziert werden, gilt es in der Adapt-Phase, diese Potenziale durch konkrete Optimierungsmaßnahmen zu erschließen. Dabei müssen Potenziale nicht ausschließlich Maßnahmen mit Bezug auf das Produkt selbst sein. Im Sinne des neuartigen Systemdenkens können Optimierungsmaßnahmen stattdessen im gesamten Wertschöpfungssystem realisiert werden. Zur Umsetzung in der Praxis existieren dazu verschiedene Möglichkeiten. In Bild 9 sind mit der Optimierung der Rüstprozesse und Anpassung von Betriebsparametern zwei Beispiele dargestellt, die aufzeigen, wie die identifizierten Treiber aus der Evaluate-Phase durch konkrete Anpassungen in der Adapt-Phase berücksichtigt werden können.

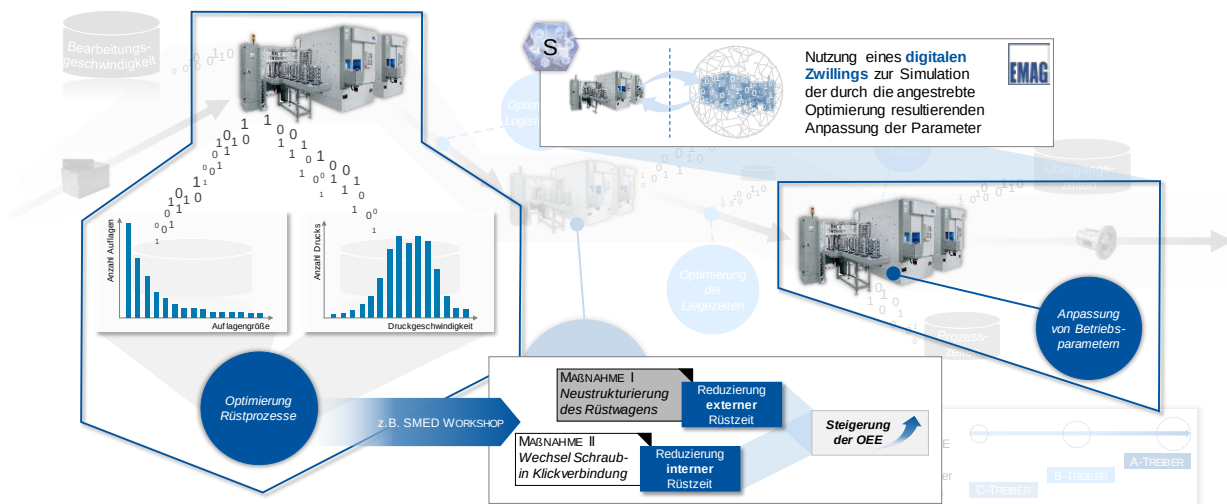


Bild 9: Ableitung konkreter Optimierungsmaßnahmen im gesamten Wertschöpfungssystem

Das Vorgehen zur Optimierung der Rüstprozesse wird am Beispiel einer Werkzeugmaschine exemplarisch verdeutlicht. Eine weitverbreitete Methode zur Maßnahmenableitung bei der Optimierung der Rüstzeiten ist die sogenannte Single Minute Exchange of Die (SMED)-Methodik. [33] Bei der Anwendung der SMED-Methodik wird der gesamte Rüstprozess zunächst in internes und externes Rüsten untergliedert. Das interne Rüsten beschreibt dabei alle Rüstvorgänge, bei denen ein Stillstand der Maschine zwingend erforderlich ist. Das externe Rüsten hingegen umfasst diejenigen Tätigkeiten, bei denen ein Maschinenstillstand theoretisch nicht erforderlich ist. [34] Beim Beispiel einer Werkzeugmaschine könnte das Ergebnis eines SMED-Workshops sein, dass ein Wechsel von einer Schraubverbindung zu einer Klickverbindung erhebliche Zeiteinsparungen beim internen Rüsten ermöglicht. Weiterhin könnte eine Neustrukturierung des Rüstwagens zusätzliche Zeiteinsparungen beim vorgelagerten, externen Rüstvorgang ergeben. Beide Adaptionen innerhalb des Wertschöpfungssystems würden damit zu einer Steigerung der OEE beitragen. Darüber hinaus kann der ganzheitlich betrachtete Rüstprozess in weiteren Schritten der SMED-Methodik zusätzlich optimiert werden, zum Beispiel durch die Umwandlung interner Rüstvorgänge in externe Rüstvorgänge. So würde bspw. eine Komplexitätsreduktion der Klickverbindung im internen Rüstvorgang dazu beitragen, dass einzelne Prozessschritte maschinenunabhängig umgesetzt werden. Durch die Parallelisierung von Prozessschritten wird eine zusätzliche Verkürzung der Rüstzeit erreicht.

und als Folge eine Steigerung der OEE erzielt. Eine andere Möglichkeit, Optimierungspotenziale durch Adaptionen zu realisieren, liegt in der Anpassung spezifischer Betriebsparameter.

Ein Aspekt, der dabei in der Adapt-Phase eine hohe Priorität einnimmt, ist die Sicherstellung der Funktionalität des Gesamtprozesses nach der Anpassung dieser Parameter. Wenn eine Anpassung betrieblich relevanter Parameter an der Maschine direkt vorgenommen werden soll, ist es zwingend erforderlich, bereits im Vorfeld der Änderung die Einflüsse auf den Gesamtprozess zu evaluieren. Potenzielle Gefährdungen der Gesamtfunktionalität müssen vor der Umsetzung einer Änderung, soweit möglich, ausgeschlossen werden. Ein Hilfsmittel hierzu ist der digitale Zwilling. Ein digitaler Zwilling ist das virtuelle Abbild einer physischen Maschine oder eines realen Prozesses. Er bündelt alle verfügbaren Daten der Maschine bzw. des Prozesses und macht diese „intelligent für verschiedene Anwendungsfälle nutzbar“ [35]. Die Firma EMAG besitzt bspw. einen ganzheitlichen digitalen Zwilling ihrer Maschinen. Bei einer geplanten Adaption von Betriebsparametern werden diese zunächst mit dem digitalen Zwilling simuliert und die Einflüsse auf den Gesamtprozess werden untersucht. Basierend auf dieser Simulation können die Änderungen anschließend in die reale Maschine und den Prozess überführt werden, mit der Gewissheit, dass die Funktionalität des Gesamtprozesses erhalten bleibt. Der digitale Zwilling dient darüber hinaus nicht nur als digitales Abbild einzelner Maschinen, sondern ermöglicht die Integration der gesamten Wertschöpfungskette eines Unternehmens. Dabei wird an einen digitalen Zwilling der Anspruch gestellt, dass er in allen Lebenszyklusphasen ein exaktes Abbild des bestehenden bzw. geplanten Systems repräsentiert, also die Gesamtheit der zum jeweiligen Zeitpunkt gegenwärtigen Daten, Informationen und Modelle abbildet. Dadurch wird die Möglichkeit zur Nutzung von Simulationen erweitert. Aktuell ist der Simulationseinsatz zumeist noch auf Analysen innerhalb der Komponentenebene beschränkt. Auch fehlt es oftmals an einer durchgängigen Rekursion, d.h. der Nachpflege von späteren Änderungen in früher entstandenen Modellen. [36] Im Zusammenspiel mit dem erweiterten Systemverständnis bietet ein digitaler Zwilling die Grundlage für eine ganzheitliche digitale Integration des Wertschöpfungssystems. Ein bestehender Ansatz für die Umsetzung dieses Systemdenkens ist das sogenannte Model-Based Systems Engineering (MBSE). Dabei wird ein System als eine Reihe von interagierenden Elementen beschrieben, die zusammenwirken, um einen bestimmten Zweck zu erfüllen. Es wird davon ausgegangen, dass die Fähigkeiten des Systems größer sind als die Summe der Fähigkeiten der einzelnen Subsysteme. [37] Daher liegt der Fokus bei MBSE auf einer gesamtheitlichen Betrachtung aller Komponenten sowie deren Wechselwirkungen. Diese werden in formale Modelle überführt, welche wiederum zur Unterstützung eines breiten Spektrums an Aufgaben der Entwicklung dienen. Nach der Definition des International Council on Systems Engineering (INCOSE) beinhalten diese Aufgaben zum Beispiel Anforderungsdefinition, Entwurf, Analyse, Verifizierung und Validierung. [38] Mit der Formalisierung des Systemgedankens birgt MBSE zahlreiche Vorteile in Bezug auf die Modellanwendung. Dazu zählen zum Beispiel die Verbesserung der Vollständigkeit und Korrektheit bei Systementwürfen oder die Minimierung von Risiken beim Entwurf, Integrieren, Testen und ähnlichen Aktivitäten. [37] Insgesamt ermöglicht MBSE eine vor allem frühzeitige Analyse der Systemcharakteristiken. Dies ist speziell in der Adapt-Phase eine wichtige Eigenschaft, da die angedachten Anpassungen und ihre Auswirkungen auf das Gesamtsystem zunächst modelliert werden und potenzielle Risiken rechtzeitig identifiziert werden können.

Zukünftig ist es denkbar, dass mit Hilfe von MBSE Optimierungspotenziale direkt automatisiert, auf Basis der in der Monitor-Phase erschaffenen Datengrundlage und der in

der Evaluate-Phase aufgezeigten inhaltlichen Kausalzusammenhänge, abgeleitet werden können. Insbesondere die zunehmende Komplexität in industriellen Wertschöpfungssystemen, bedingt durch die enge Vernetzung aller Prozesse und die fortschreitende Digitalisierung, erfordern diese Fokuserweiterung des MBSE. Mit der Schaffung einer entsprechenden Infrastruktur im Rahmen des Internet of Production (IoP) wird dies ermöglicht. Wie in den vorherigen Abschnitten bereits erwähnt, ist dazu eine Integration verschiedener Ansätze und Technologien erforderlich, um das gesamte Wertschöpfungssystem digital zu vernetzen. Zur Erreichung des langfristigen Ziels, zahlreiche Teilaufgaben der vier Phasen zu automatisieren, wird sowohl die digitale Vernetzung als auch das neue Systemverständnis für das gesamte Wertschöpfungssystem vorausgesetzt. Der digitale Zwilling in Kombination mit MBSE bilden somit die Grundlage für die Adapt-Phase. Es wird eine bereichsübergreifende Zusammenarbeit ermöglicht, die insbesondere in der Adapt-Phase relevant ist. Darüber hinaus müssen konkrete Anpassungen in allen Bereichen des Wertschöpfungssystems berücksichtigt werden, wofür neben Daten und Modellen auch das technische Wissen aus allen Bereichen benötigt wird.

3.5 Release – Turning Adaptions into Value

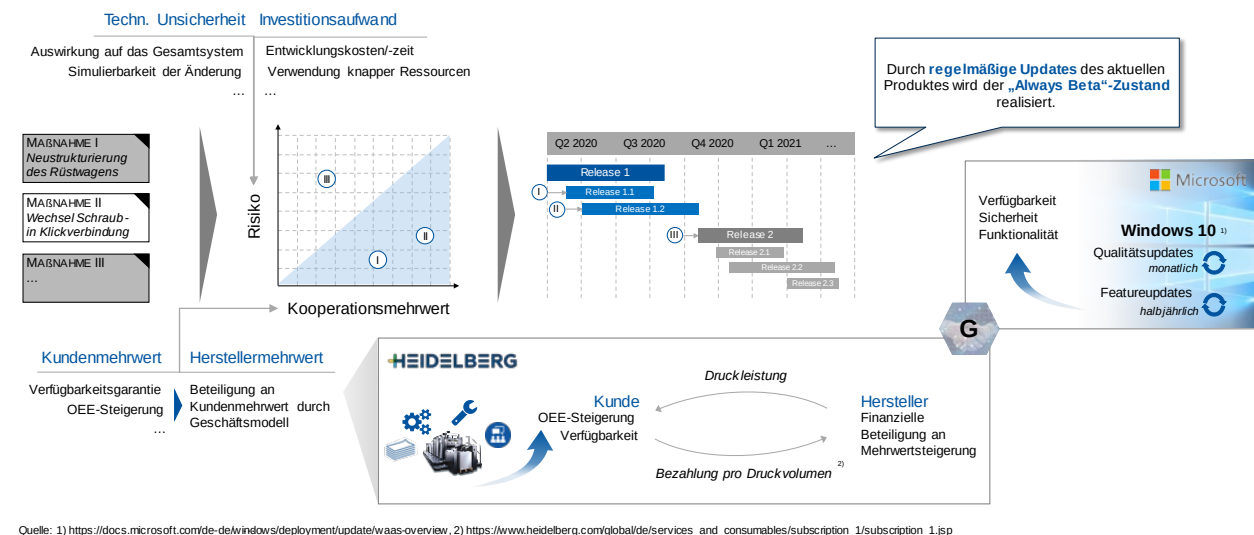


Bild 10: Optimierungsmaßnahmen werden hinsichtlich des Implementierungsrisikos und des Kooperationsmehrwerts bewertet

In der vorangehenden Adapt-Phase wurden konkrete Optimierungsmaßnahmen aus den identifizierten Potenzialen abgeleitet. In der anschließenden Release-Phase werden diese Optimierungsmaßnahmen bewertet und priorisiert. Das Ziel ist die systematische Verortung der verschiedenen Optimierungsmaßnahmen in einer Release-Roadmap. Dazu wird hier eine Bewertung anhand der beiden Kriterien „Risiko“ und „Kooperationsmehrwert“ vorgeschlagen, welche nachfolgend näher erläutert werden. Als wesentliche Einflussfaktoren auf das Risiko bei der Umsetzung von Optimierungsmaßnahmen sind die technische Unsicherheit, welche die Änderung mit sich bringt, sowie der Investitionsaufwand zu nennen. Die technische Unsicherheit ist umso höher, je größer die Auswirkungen der Änderungen auf das Produkt sind und je geringer die Möglichkeiten zur Simulation der Änderungsauswirkungen im Vorhinein sind. Einen weiteren Einflussfaktor auf das Risiko einer Maßnahmenimplementierung stellt der Investitionsaufwand dar. Die-

ser enthält beispielsweise die benötigte Entwicklungszeit und verursachte Entwicklungskosten sowie besondere notwendige Materialien oder Kompetenzen bei der Implementierung der Maßnahme.

Die primäre Intention der Optimierung ist die Steigerung des spezifischen Kundennutzen, welcher in der Evaluate-Phase identifiziert wurde. In den übergeordneten Herausforderungen wurde eingangs erläutert, dass im Rahmen traditioneller Transaktionsgeschäfte oftmals Anreize für eine Datenabgabe seitens des Kunden sowie für die Bereitstellung kontinuierlicher Optimierungen seitens des Herstellers fehlen. Diese Anreize gilt es durch ein geeignetes Geschäftsmodell zwischen Hersteller und Kunde zu erschaffen. Das bedeutet, dass der Hersteller durch ein Geschäftsmodell adäquat an der Steigerung des Kundenmehrwerts beteiligt werden muss. Das zweite Kriterium, der Kooperationsmehrwert, setzt sich somit sowohl aus dem Mehrwert zusammen, den die Änderung dem Kunden erbringt, als auch aus dem Mehrwert, den der Hersteller durch die Mehrwertsteigerung des Kunden erlangt. Wie in Bild 10 dargestellt, kann der Kundenmehrwert zum Beispiel aus der Steigerung der OEE oder aus einer Garantie der Maschinenverfügbarkeit bestehen. Ein Beispiel, wie im Rahmen eines geeigneten Geschäftsmodells Kunden- und Herstellermehrwert zusammenhängen, ist das eingangs beschriebene Subskriptionsmodell des Unternehmens Heidelberger Druckmaschinen AG. Der Mehrwert des Kunden besteht hierbei dadurch, dass die Verfügbarkeit der Druckmaschine erhöht wird und so mit weniger Maschinenkapazität mehr produziert werden kann. Da der Kunde im Subskriptionsmodell leistungsbasiert, das heißt pro Druckvolumen, zahlt, bedingt die Kundenmehrwertsteigerung direkt den Mehrwert des Herstellers. Je höher die Maschinenverfügbarkeit und je größer das Druckvolumen auf Seiten des Kunden sind, desto größer sind die Erträge auch auf Seiten der Heidelberger Druckmaschinen AG. [39] Zudem erhöht der Hersteller seinen Anteil an der Kundenwertschöpfung, da mit dem Druckbogen nicht nur die Maschine, sondern auch Verbrauchsgüter (z.B. Farbe) abgerechnet werden.

Wurden die Optimierungsmaßnahmen anhand der beiden erläuterten Kriterien „Risiko“ und „Kooperationsmehrwert“ bewertet, können sie, wie in Bild 10 dargestellt, in eine Release-Planung überführt werden. Diese verortet die Umsetzung der verschiedenen Optimierungsmaßnahmen in unterschiedlichen Releases. Dabei wird angenommen, dass jene Maßnahmen mit dem größten Kooperationsmehrwert und dem geringsten Risiko möglichst schnell, im Sinne von kurzfristigen Updates, in die Maschine oder das Wertschöpfungssystem eingebracht werden. Optimierungen, welche hingegen einen kleineren Mehrwert bieten und ein höheres Risiko bergen, werden eher im Rahmen eines Upgrades in die nächste Maschinengeneration eingebracht. Das Betriebssystem Windows 10 des Unternehmens Microsoft ist ein Beispiel für die regelmäßige und gezielte Implementierung von Updates. Eine neue Produktgeneration in Form eines Upgrades wird hierbei nicht mehr herausgebracht. Basierend auf der Analyse von Produktnutzungsdaten werden monatlich Qualitätsupdates zur Förderung der Sicherheit und Zuverlässigkeit des Betriebssystems sowie halbjährliche Feature-Updates in Form neuer Funktionen in die Nutzung gebracht. [40] Im Sinne von Always Beta ist die Optimierung des Produktes durch gezielte Releases ein kontinuierlicher Zustand über die gesamte Produktnutzungsphase. Wurde daher eine Optimierung im Produkt implementiert, wird dieses Produkt anschließend nicht als abgeschlossen optimiert angesehen, sondern dient hingegen als Testversion für das darauffolgende, nochmals verbesserte Produktrelease. An jede der vorangehend beschriebenen Release-Phase schließt sich somit nahtlos die nächste Monitor-Phase an.

4 Zusammenfassung

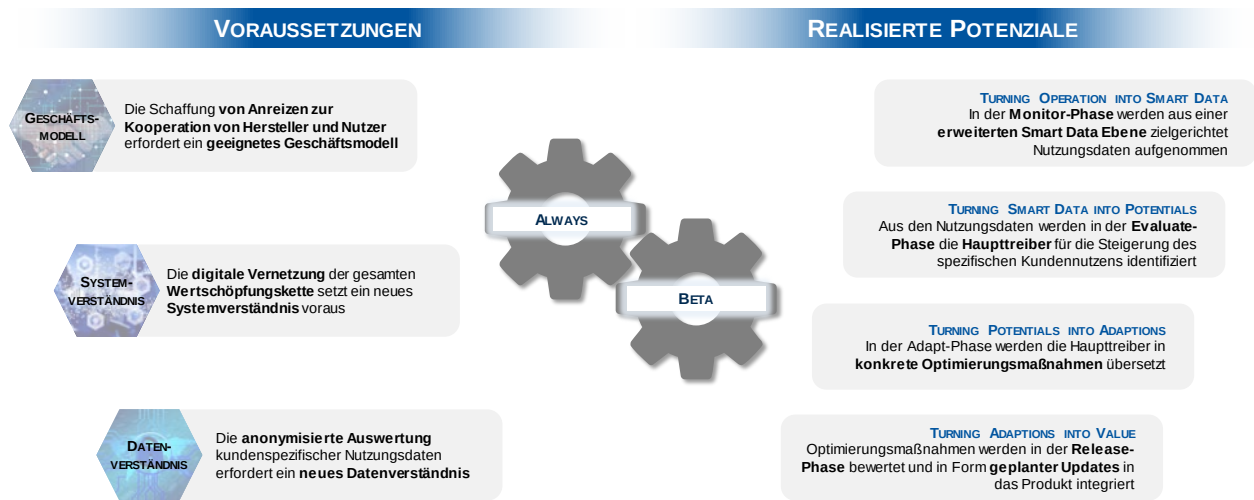


Bild 11: Werden übergeordnete Voraussetzungen adressiert, können weitreichende Potenziale realisiert werden

Always Beta – das bedeutet die Verwendung einer jeden Produktversion als Basis für das jeweils darauffolgende, optimierte Produktrelease. In den vorangehenden Ausführungen wurde die Motivation eines solchen Always Beta-Ansatzes durch die engere Verbindung von Produktnutzung und -entwicklung vorgestellt. Es wurde aufgezeigt, dass dies durch die zunehmende Vernetzung in der Produktnutzung, also dem Wandel von physischen zu cyber-physischen Produkten, heute theoretisch ermöglicht werden kann. Ebenso wurde vorgestellt, wie durch das Internet of Production eine adäquate Dateninfrastruktur zur Realisierung des Always Beta-Ansatzes bereitgestellt wird. Bei der Erarbeitung des aus vier Phasen bestehenden Ansatzes zur Umsetzung von Always Beta erfolgte eine Orientierung an DevOps aus der Softwarebranche. DevOps realisiert, durch die enge Verbindung von Entwicklung und Betrieb, die kurzzyklische und gezielte Implementierung von Releases in die Produktnutzung.

Orientiert an DevOps wurden vier wesentliche Phasen zur Realisierung des Always Beta-Ansatzes für cyber-physische Produkte abgeleitet. Neben der detaillierten Beschreibung der vier Phasen wurden Herausforderungen bei ihrer Umsetzung vorgestellt, welche es übergreifend durch die Schaffung geeigneter Voraussetzungen zu adressieren gilt. Diese Herausforderungen bestehen hauptsächlich darin, dass Kunden bei einer Abgabe ihrer Nutzungsdaten Bedenken vor der Preisgabe ihres Know-hows haben und zusätzlich häufig eine Intransparenz über die Weiterverwendung ebendieser Nutzungsdaten beim Hersteller herrscht. Darüber hinaus werden auf Nutzungsdaten basierende Optimierungen meist nur am Produkt selbst gesucht. Anreize für Produktoptimierungen während der Nutzungsphase werden von bisherigen traditionellen Transaktionsgeschäften bislang nur sehr unzureichend bereitgestellt. Dies führt zu drei notwendigen Voraussetzungen. Zunächst ist ein neues Datenverständnis die Grundlage für eine anonymisierte Auswertung der Nutzungsdaten einzelner Kunden. Zudem muss ein neues Systemverständnis dazu führen, dass das gesamte Wertschöpfungssystem digital vernetzt wird und somit in seiner Gesamtheit auswertbar wird. Optimierungspotenziale müssen zukünftig im gesamten Wertschöpfungssystem identifiziert und erschlossen werden können. Letztlich muss ein adäquates Geschäftsmodell zwischen Kunde und Hersteller Anreize zur Kooperation auf beiden Seiten erschaffen.

Werden diese drei Voraussetzungen übergeordnet geschaffen, bilden die vier Schritte ein erstes Rahmenwerk für die Realisierung des Always Beta-Ansatzes für cyber-physische Produkte. In der Monitor-Phase gilt es, Nutzungsdaten zielgerichtet aus einer erweiterten Smart Data Ebene aufzunehmen. Diese Nutzungsdaten werden in der Evaluate-Phase hinsichtlich Haupttreibern für die Steigerung des spezifischen Kundennutzens evaluiert und mögliche Optimierungspotenziale abgeleitet. In der Adapt-Phase werden diese Potenziale in konkrete Optimierungsmaßnahmen übersetzt. Diese werden in der letzten Phase, der Release-Phase, bewertet und priorisiert, um sie in Form strukturierter Updates in das Produkt und die Nutzungsphase zu implementieren. Durch das kontinuierliche Durchlaufen dieser vier Phasen wird schlussendlich Always Beta realisiert.

Literatur

- [1] Schuh, G.: Lebenszyklusorientierte Produktentwicklung. In: Spath D., Westkämper E., Bullinger HJ., Warnecke HJ. (Hrsg.): Neue Entwicklungen in der Unternehmensorganisation. VDI-Buch. Berlin: Springer Vieweg, 2017, S. 200
- [2] Ehrlenspiel, K.: Integrierte Produktentwicklung – Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit. 4., aktualisierte Aufl. München: Hanser, 2009, S. 183
- [3] acatech: Cyber-Physical Systems – Die physikalische und die virtuelle Welt verschmelzen. In: acatech (Hrsg.): Cyber-Physical Systems. Innovationsmotor für Mobilität, Gesundheit und Produktion. (Reihe: acatech POSITION). Berlin: Springer, 2011, S. 13
- [4] Herterich, M.; Uebernicket, F.; Brenner, W.: Nutzenpotentiale cyber-physischer Systeme für industrielle Dienstleistungen 4.0. In: HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik. 52. Jg., 2015, Nr. 5, S. 665-680, S. 668
- [5] Mayer, B.: Digitalisierung bei Volkswagen. VW will Software-Spezialist werden. URL:<https://www.auto-motor-und-sport.de/tech-zukunft/mobilitaetsservices/volkswagen-software-entwicklung/> [Stand: 31.03.2020]
- [6] Gerster, D.; Dremel, C.; Kelker, P.: How enterprises adopt agile structures: a multiple-case study. In: Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences. Maui, HI, USA. 07.-11. Januar 2019. S. 4957-5966
- [7] Highsmith, J.: History: The Agile Manifesto. 2001
- [8] Werkzeugmaschinenlabor der RWTH Aachen: Konsortial Benchmarking „Agile Product Development“. 2019
- [9] Alt, R.; Auth, G.; Kögler, C.: Innovationsorientiertes IT-Management mit DevOps. IT im Zeitalter von Digitalisierung und Software-defined Business. In: (Reihe: essentials), Wiesbaden: Springer Gabler, 2017, S. 24
- [10] Hüttermann, M.: DevOps for Developers. Berkeley, CA: Apress, 2012
- [11] Wolff, E.: Continuous Delivery: der pragmatische Einstieg. Heidelberg: dpunkt, 2016

- [12] Disterer, G.: ITIL-basierte Inbetriebnahme neuer Anwendungen. In: HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, 48. Jg., 2011, Nr. 2, S. 48–57
- [13] Norm ISO/IEC 16350:2015 (August 2015). Information technology – Systems and software engineering – Application management.
- [14] Jenkins, J.: Velocity Culture. In: Proceedings of the O'Reilly Velocity Web Performance & Operations Conference. Santa Clara, CA, USA, 14.-16. Juni 2011
- [15] Fassbinder, P.: Continuous Delivery and DevOps in industrial environments. URL: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:2688e9ad-b513-4289-9b81-812224660661/WhitepaperContinuousDeliveryandDevOps.pdf> [Stand: 06.04.2020], S. 4
- [16] Amazon: DevOps und AWS. URL: <https://aws.amazon.com/de/devops/> [Stand: 27.03.2020]
- [17] Brown, A.; Forsgren, N.; Humble, J.; Kersten, N.; Kim, G.: State of DevOps Report 2016. URL: https://www.ciosummits.com/Online_Assets_Puppet_2016_State_of_DevOps_Report.pdf [Stand: 27.03.2020]
- [18] Schuh, G.; Prote, J.; Gützlaß, A.; Thomas, K.; Sauermann, F.; Rodemann, N.: Internet of Production: Rethinking Production Management. In: Wulfsberg, J.; Hintze, W.; Behrens, B. (eds.): Production at the leading edge of technology. Berlin: Springer Vieweg, 2019, S. 533-542
- [19] Gubbi, J.; Buyya, R.; Marusic, S.; Palaniswami, M.: Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. In: Future Generation Computer Systems. 29. Jg., September 2013, Nr. 7, S. 1645–1660
- [20] Porter, M.; Heppelmann, J.: How smart, connected products are transforming competition. In: Harvard business review 92. Jg., 2015, Nr.11, S. 64–88
- [21] Schuh, G. et al.: Effiziente Produktion mit Digitalen Schatten. In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, 2020
- [22] Kaufmann, T.: Geschäftsmodelle in Industrie 4.0 und dem Internet der Dinge. Der Weg vom Anspruch in die Wirklichkeit. In: (Reihe: essentials), 1. Aufl. Wiesbaden: Springer Gabler, 2015, S.15
- [23] Bach, N.; Buchholz, W.; Eichler, B.: Geschäftsmodelle für Wertschöpfungsnetzwerke - Begriffliche und konzeptionelle Grundlagen. In: Bach, N.; Buchholz, W.; Eichler, B. (Hrsg.): Geschäftsmodelle für Wertschöpfungsnetzwerke. Wiesbaden: Gabler, 2003, S. 1-20, S.15
- [24] Kagermann, H.: Chancen von Industrie 4.0 nutzen. In: Bauernhansl, T.; ten Hompel, M.; Vogel-Heuser, B. (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0 Bd.4. Berlin: Springer Vieweg, 2017, S. 237-248, S.241

- [25] Ott, M.: Apps effektiv managen und vermarkten. Die eigene App erfolgreich veröffentlichen: Von der Konzeption bis zur Vermarktung. Wiesbaden: Springer Vieweg, S. 15
- [26] Gassmann, O.; Frankenberger, K.; Csik, M.: Geschäftsmodelle entwickeln. 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator. 2., überarbeitete und erweiterte Aufl. München: Hanser, 2017, S. 232
- [27] Hermann, U.: Digitalisierung im Industrieunternehmen - Die Chancen der digitalen Ökonomie der Dinge erkennen, entwickeln und erfolgreich umsetzen. Aachen: Apprimus, 2020, S. 191-192
- [28] tapio: Das offene Ökosystem der Holzindustrie. URL: <https://www.tapio.one/en/whatistapio> [Stand: 27.03.2020]
- [29] Schmelzer, H.; Sesselmann, W.: Geschäftsprozessmanagement in der Praxis. Kunden zufrieden stellen – Produktivität steigern – Wert erhöhen. 8. Aufl. München: Hanser, 2013, S.294-295
- [30] Focke, M.; Steinbeck, J.: Steigerung der Anlagenproduktivität durch OEE-Management. Definitionen, Vorgehen und Methoden – von manuell bis Industrie 4.0. In: (Reihe: essentials). 1. Aufl. Wiesbaden: Springer Gabler, 2018, S.3
- [31] Koch, A.: OEE für das Produktionsteam. Das vollständige OEE-Benutzerhandbuch – oder wie Sie die verborgene Maschine entdecken. In: May, C.: (Reihe: Operational Excellence, Bd. 5). 3. Aufl. Ansbach: Cetpm, 2016
- [32] Schawel, C.; Billing, F.: ABC-Analyse. In: Schawel, C.; Billing, F.: Top 100 Management Tools. Das wichtigste Buch eines Managers. Von ABC-Analyse bis Zielvereinbarung. Wiesbaden: Springer Gabler, 2018, S.15-17
- [33] Conrad, R.: Single Minute Exchange of Die (SMED). In: Institut für angewandte Arbeitswissenschaft (Hrsg.): 5S als Basis des Kontinuierlichen Verbesserungsprozesses. Berlin: Springer Vieweg, 2016, S. 51-56
- [34] Cakmakci, M.: Process improvement: performance analysis of the setup time reduction – SMED in the automobile industry. In: International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 41. Jg., 2009, Nr. 1-2, S. 168-179
- [35] Klostermeier, R.; Haag, S.; Benlian, A.: Geschäftsmodelle digitaler Zwillinge. HMD Best Paper Award 2018. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2020, S. 3
- [36] VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA): Simulation und digitaler Zwilling im Anlagenlebenszyklus, S. 5
- [37] Borky, J.; Bradley, T.: Effective Model-Based Systems Engineering. Cham: Springer, S. 3-4
- [38] International Council on Systems Engineering (INCOSE): Systems Engineering Vision 2020. September 2007, S. 15

[39] Heidelberg: Heidelberg Subscription. Pay per use. URL: <https://heidelberg-subscription.com/?lang=de> [Stand: 27.03.2020]

[40] Microsoft: Windows as a Service. URL: <https://docs.microsoft.com/de-de/windows/deployment/update/waas-overview> [Stand: 27.03.2020]

Mitarbeiter der Arbeitsgruppe für den Beitrag 2.1:

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Günther Schuh, WZL der RWTH Aachen, Fraunhofer IPT

Johanna Ays, WZL der RWTH Aachen

Annika Becker, WZL der RWTH Aachen

Alexander Britz, Microsoft

Dr.-Ing. Christian Dölle, WZL der RWTH Aachen

Dr.-Ing. Guido Hegener, EMAG GmbH & Co. KG

Prof. Dr. Ulrich Hermann, Heidelberger Druckmaschinen AG

Shari Wlecke, WZL der RWTH Aachen