

Durchgängigkeit in Wertschöpfungsketten von Industrie 4.0

Seamless Value Chains in Industrie 4.0

Prof. Dr. **Alexander Fay**, M.Sc. **Sebastian Schröck**,
Helmut-Schmidt-Universität, Hamburg;
Dr. **Oliver Drumm**, Dr. **Ulrich Löwen**,
Dipl.-Ing. **Andreas Schertl**, Siemens AG, Erlangen;
Dr. **Ralph Eckardt**, maex partners, Düsseldorf;
Dr. **Georg Gutermuth**, ABB AG, Ladenburg;
Dipl.-Ing. **Dietmar Krumsiek**,
Phoenix Contact Electronics, Bad Pyrmont;
Dipl.-Ing. **Thomas Makait**, QPRI, Frankfurt;
Dipl.-Ing. **Tina Mersch**, Beckhoff Automation GmbH, Verl;
Dipl.-Ing. **Thomas Schindler**, Yokogawa, Ratingen;
Dr.-Ing. **Miriam Schleipen**, Fraunhofer IOSB, Karlsruhe

Kurzfassung

Das durchgängige Engineering als eines der drei Charakteristika von Industrie 4.0 ist essenziell für die Umsetzung des Zukunftsprojekts Industrie 4.0. Nur mit einem durchgängigen Informationsfluss zwischen wertschöpfenden Prozessen kann Industrie 4.0 umgesetzt werden. Um einen monetären und prozessualen Mehrwert aus der Vernetzung von Wertschöpfungsketten im Sinne der Industrie 4.0 zu ziehen, ist es notwendig, über die rein physische Vernetzung der Wertschöpfungsprozesse hinaus, ihre zugehörigen Daten bzw. Datenflüsse verlustfrei zu verknüpfen. Dies ist der Kern des durchgängigen Engineerings. Diese Vernetzung umfasst sowohl die gesamte Lebensdauer von Produkten, Produktionsanlagen und Aufträgen als auch die Verbindung aller notwendigen Wertschöpfungsprozesse. Anhand von Beispielen aus der Prozessindustrie, der Einzelfertigung von Großprodukten, der Auftrags- und der Lohnfertigung sowie aus der individualisierten Massenfertigung wurde analysiert, wie die Unternehmen von durchgängigem Engineering profitieren können. Daraus ging der VDI-Statusreport „Durchgängiges Engineering in Industrie 4.0-Wertschöpfungsketten“ hervor, der im Januar 2016 publiziert wurde [1]. In diesem Beitrag wird exemplarisch auf das Beispiel „Engineering-Dienstleister / Anlagenbauer“ fokussiert.

Abstract

Seamless engineering is one of the three cornerstones of Industrie 4.0. Without a seamless information flow between processes in the value chain, Industrie 4.0 will not be successful. Instead, the connection of data and data flows is essential to benefit from the value chain networks envisaged with Industrie 4.0, along all engineering and throughout the life cycle of plants and products. This is exemplarily shown at the engineering value chain of engineering contractors and plant operators in the process industry. More detailed findings and further analysed use cases have been published in the VDI-Statusreport „Durchgängiges Engineering in Industrie 4.0-Wertschöpfungsketten“ in January 2016 [1].

1. Industrielle Wertschöpfungsketten

In der „Umsetzungsstrategie Industrie 4.0 – Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0“ [2] wird für die angestrebte „Horizontale Integration über Wertschöpfungsnetzwerke“ die Durchgängigkeit der Informationsflüsse gefordert, ebenso für das „Durchgängige Engineering“. Wertschöpfungsketten sind nach [11] lineare oder hierarchische Sequenzen von Wertschöpfungsprozessen. Ein Wertschöpfungsprozess (oft auch als Wertaktivität bezeichnet) ist ein Prozess, aus dem ein für Abnehmer wertvolles Gut entsteht (nach [12]).

Der VDI-/VDE-GMA-Fachausschuss 6.12 „Durchgängiges Engineering von Leitsystemen“ hat die „Industrie 4.0 – Wertschöpfungsketten“ [6] daraufhin analysiert, an welchen Schnittstellen (in Bild 1 mit römischen Ziffern gekennzeichnet) zwischen Wertschöpfungsprozessen die Durchgängigkeit des Informationsflusses von besonderer Bedeutung ist.

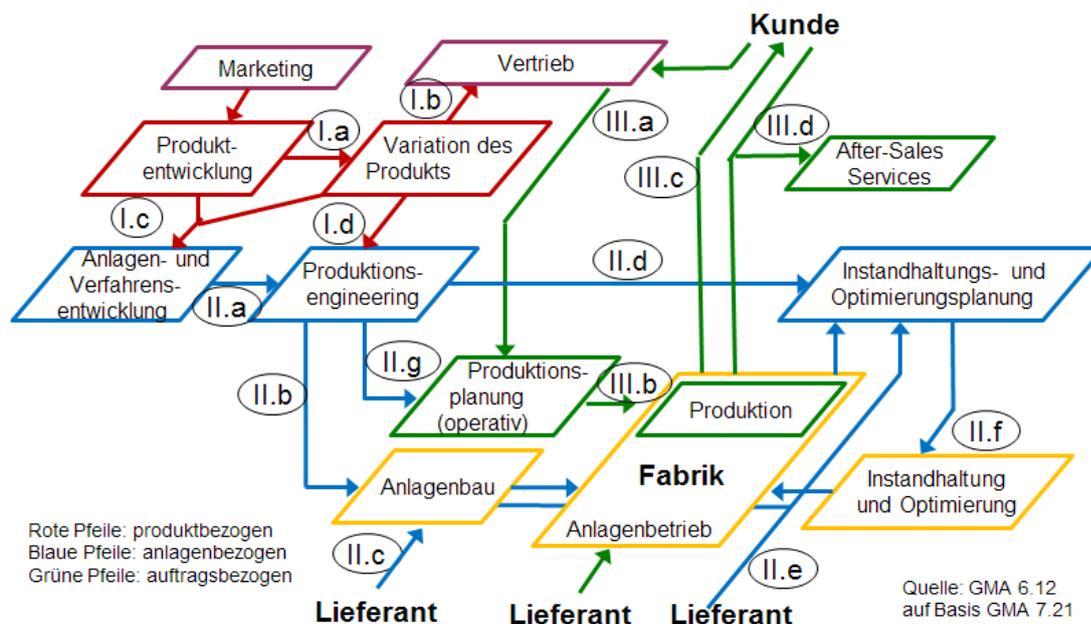


Bild 1: Vernetzung von Wertschöpfungsprozessen über Informationsweitergabe

Weiterhin wurde geprüft, welche Vorteile dabei jeweils die Durchgängigkeit für die beteiligten Wertschöpfungspartner bietet. Dabei wird unterschieden zwischen der Durchgängigkeit des Informationsflusses in Bezug auf Produktdaten (I.x), Anlagendaten (II.x) und Auftragsdaten (III.x).

Darüber hinaus wurden die folgenden Geschäftsmodelle in das in Bild 1 skizzierte Wertschöpfungsnetzwerk eingeordnet:

1. Herstellung einer Chemikalie im kontinuierlichen Prozess
2. Chargen-Herstellung eines Medikaments
3. Engineer-to-order
4. Auftragsfertigung (job-shop)
5. Product Owner ohne eigene Produktion
6. Herstellung eines individualisierbaren Massenprodukts
7. Engineering-Dienstleister / Anlagenbauer

Jedes dieser Geschäftsmodelle hat seine individuelle Wertschöpfungskette, die – wie in [1] jeweils herausgearbeitet und grafisch visualisiert wurde – meist nicht entlang einer einfarbig im Bild 1 dargestellten Wertschöpfungskette verläuft, sondern „quer“ dazu und somit Produkt-, Anlagen- und/oder Auftragsdaten miteinander verknüpft. In [1] wird insbesondere auch dargestellt, welchen Nutzen das Unternehmen bei den jeweiligen Geschäftsmodellen aus der Durchgängigkeit des Informationsflusses zieht. Aus [1] ergeben sich damit Handlungsempfehlungen für Unternehmen hinsichtlich der Durchgängigkeit von Informationstransfers im Hinblick auf eine Mitwirkung in Industrie-4.0-Geschäftsprozessen.

Im Folgenden wird die Methodik, die für die Erstellung von [1] genutzt wurde, erläutert, und exemplarisch wird auf das Wertschöpfungsnetzwerk „Engineering-Dienstleister / Anlagenbauer“ eingegangen.

2. Gegenstände von Wertschöpfungsprozessen

Aus jedem Wertschöpfungsprozess entstehen für den Abnehmer wertvolle Güter (*assets*). Die betrachteten *assets* können dabei nicht nur materiell (*tangible assets* wie Rohstoffe oder Produkte), sondern auch immateriell (*intangible assets* wie Wissen, Daten, Dienstleistung) sein. Jeder Pfeil in Bild 1 stellt die Weitergabe solcher *assets* dar. Wertschöpfungsprozesse, die dem Engineering zuzuordnen sind, erzeugen als *intangible assets* Planungsergebnisse, also Gegenstände der Informationswelt, z.B. Pläne oder Herstellvorschriften, die die gewünschten, geplanten oder tatsächlichen Eigenschaften eines Produkts, einer Anlage oder Teile dessen beschreiben [3]. In der großen Bedeutung dieser Gegenstände der Informationswelt liegt einer der wesentlichen Unterschiede zu anderen Prozessen (z.B. *business pro-*

cesses), da die ausgetauschten *intangible assets* den zentralen Wert der Arbeit darstellen (und nicht so sehr die Arbeitsschritte oder Entscheidungen) [4].

3. Merkmale von durchgängigem Engineering

Durchgängiges Engineering ist dadurch charakterisiert, dass das Erzeugnis eines Engineering-Arbeitsschritts als *intangible asset* in einer Wertschöpfungskette möglichst verlustfrei und mit möglichst wenig Aufwand weiter verwendbar ist. Es sollten möglichst keine redundanten Arbeitsschritte für diese weitere Verwendung notwendig sein. Diese Formulierung macht deutlich, dass „durchgängig“ kein absolutes, sondern ein graduell erfülltes Kriterium ist. Zur Erfüllung von Durchgängigkeit können insbesondere folgende Maßnahmen beitragen:

- ein Wertschöpfungsprozess-übergreifend genutztes Informationsmodell (die verschiedenen Zielzustände dafür sind in [8] unter „Gewerkeintegration und –durchgängigkeit“ dargestellt),
- die Erstellung und Nutzung von Werkzeugketten (die verschiedenen Zielzustände dafür sind in [9] unter „Durchgängigkeit der Werkzeugkette“ dargestellt),
- die Verwendung einer einheitlichen Syntax und Semantik (die verschiedenen Zielzustände dafür sind in [8] unter „Beschreibungsmittel“ dargestellt),
- ein gemeinsames Vorgehensmodell (die verschiedenen Zielzustände dazu sind in [10] dargestellt, Kriterien dafür finden sich in [5]).

Je nach Positionierung im Markt und Geschäftsmodell sind für ein Unternehmen ganz unterschiedliche Wertschöpfungsprozesse und -ketten relevant. In [1] wird anhand repräsentativer Beispiele aufgezeigt, wie Unternehmen von durchgängigem Engineering profitieren können. Im folgenden Abschnitt werden Organisationen betrachtet, für die die „Fabrik“ das Produkt (im Sinne des wesentlichen Ergebnisses ihrer Wertschöpfung) darstellt und wie dabei auf Basis eines durchgängigen Engineerings an den Schnittstellen zwischen Wertschöpfungsprozessen Informationen durchgängig ausgetauscht werden sollten. Die betrachteten Wertschöpfungsprozesse und -ketten gehen dabei über das Engineering hinaus. Das durchgängige Engineering schafft aber die Basis für einen durchgängigen Informationsfluss.

4. Vorteile durchgängiger Informationsweitergabe

Die Informationsübergabe zwischen Wertschöpfungsprozessen kann danach unterschieden werden, ob hauptsächlich produktbezogene (in Bild 1 rot dargestellt und mit „I.x“ bezeichnet),

anlagenbezogene (in Bild 1 blau dargestellt und mit „II.x“ bezeichnet) oder auftragsbezogene (in Bild 1 grün dargestellt und mit „III.x“ bezeichnet) Informationen übergeben werden.

Im Folgenden wird skizziert, wie die Akteure jeweils in Produkt- und Anlagen-bezogenen Wertschöpfungsketten profitieren können.

Die Pfeile zeigen dabei in die Haupt-Übergaberichtung von Informationen, das heißt vom Prozess, der diese Informationen im Wesentlichen erzeugt bzw. erarbeitet, hin zum Prozess, der diese Informationen nutzt. Auch in der entgegengesetzten Richtung kann ein Informationsfluss stattfinden und zur Wertschöpfung beitragen. Stellt ein informationsempfangender Prozess fest, dass die empfangene Information falsch oder unvorteilhaft ist, erfolgt ein Informationsrückfluss an den Prozess, der diese Information ursprünglich erzeugt hat. Auch dieser Informationsrückfluss führt zu Wertschöpfung. Insofern können Wertschöpfungsketten in Bild 1 und Bild 2 auch in der Gegenrichtung der Pfeile verlaufen. Auch können wiederholte Informationsübergaben bei iterativ durchlaufenen Wertschöpfungsketten vorkommen. Das gesamte Wertschöpfungssystem bündelt diese Querverbindungen und Abhängigkeiten.

I. Durchgängiger Informationsfluss in Bezug auf Produktdaten

I.a) Die in der Produktentwicklung festgelegten Eigenschaften und im Rechner modellierten Eigenschaften (z.B. Geometrie eines Körpers, chemische und physikalische Eigenschaften einer Substanz) sollten, wenn Varianten des Produkts gefordert werden, durchgängig an die Variation des Produkts weitergegeben werden. Vorteile:

- Damit kann Erstellung sowie Ausbau einer Produktlinie vereinfacht werden.
- Kundenspezifische Varianten können unter größtmöglicher Nutzung vorhandener Daten bzw. Produkte erstellt werden.
- Es können die Zusammenhänge erstellt, aufrechterhalten und gepflegt werden, die zwischen Anforderungen an das Produkt und der Ausprägung des Produkts, die dieses bei der Produktentwicklung erhielt, bestehen. Diese Zusammenhänge können dann bei der zielgerichteten Variation des Produkts besser berücksichtigt werden.

I.b) Die in der Variation des Produkts festgelegten und im Rechner modellierten Eigenschaften (z.B. Variationen der Geometrien von Körpern, Variationen der Eigenschaften von chemischen Substanzen) sollten durchgängig (sofern relevant) an den Vertrieb weitergegeben werden. Vorteile:

- Der Vertrieb kann dem Kunden verschiedene Produktkonfigurationen und -varianten auf Basis genauer Kenntnis der damit verbundenen Kosten anbieten.

- Der Vertrieb erhält explizite Informationen bzgl. des aktuellen Entwicklungsstandes sowie der möglichen, daraus resultierenden Produktvarianten. So können aufwändige Iterationen zwischen Kunde, Vertrieb und Entwicklung vermieden werden.

I.c) Die in der Produktentwicklung festgelegten und im Rechner modellierten Eigenschaften sollten durchgängig an die Anlagen- und Verfahrensentwicklung weitergegeben werden. Dies gilt auch für die Eigenschaften von Produktlinien, die strategisch und frühzeitig als Variation des Produkts geplant wurden. Vorteile:

- Schon frühzeitig kann mit der Auswahl und Adaption geeigneter Produktionsverfahren begonnen werden.
- Ob die von der Produktentwicklung spezifizierten Eigenschaften tatsächlich erreichbar sind (z.B. Oberflächenqualitäten, Maßhaltigkeit, Reinheitsgrade), kann frühzeitig abgesichert werden. Ist dies nicht der Fall, finden ein Informationsrückfluss und eine Überarbeitung der Produkteigenschaften bzw. der Wahl des Produktionsverfahrens statt.
- Die Abbildung der Produktionsschritte auf Anlagenteile kann so auf Basis der Produkt(linien)daten erfolgen.
- Die Auswahl und Adaption geeigneter Produktionsverfahren in den einzelnen Anlagenteilen kann anhand der Bedürfnisse erfolgen (z.B. wenn ein Loch in allen Varianten gleich groß ist, kann gestanzt werden; wenn nicht, dann kann Laserschneiden in Betracht kommen).

I.d) Die in der Variation des Produkts festgelegten und im Rechner modellierten Eigenschaften sollten durchgängig an das Produktionsengineering, d.h. die Planung der Produktionsanlage, weitergegeben werden. Vorteile:

- Bei der Anlagenplanung können von vornherein die geforderten Variationen in der Auslegung der Anlage berücksichtigt werden, beispielsweise bei der Ausplanung der Takte, bei der Erreichbarkeit von Schweißpunkten mit Robotern, oder bei der Kapazität von Behältern oder Wärmetauschern.
- Bei kundenspezifischen Aufträgen kann die gewünschte individuelle Variante des Produkts auf Machbarkeit (im Sinne von Herstellbarkeit) in dieser Anlage überprüft werden.

II. Durchgängiger Informationsfluss in Bezug auf Daten der Produktionsanlage

II.a) Die in der Anlagen- und Verfahrensentwicklung erarbeiteten Planungsdokumente (z.B. Grundfließbilder, Layoutpläne, Ablaufpläne) sollten durchgängig an das Produktionsengineering weitergegeben werden. Vorteile:

- Die einzelnen planenden Gewerke können diese Informationen frühzeitig und vollständig bei ihren jeweiligen Planungsaufgaben, Auswahlentscheidungen und Detailfestlegungen berücksichtigen.
- Informationsbeschaffungskosten der Folgegewerke werden gering gehalten.
- Parallel arbeitende Gewerke gehen vom gleichen Informationsstand aus, Inkonsistenzen werden vermieden.

II.b) Die im Produktionsengineering erarbeiteten Engineering-Ergebnisse (z.B. Detailpläne, Geometrie der Anlage, Messstellenblätter, Signallisten) sollten durchgängig an den Anlagenbau weitergegeben werden. Vorteile:

- Es werden Komponenten beschafft, die die geforderten Eigenschaften aufweisen.
- Ein der Planung auch im Detail genauer folgender Aufbau wird erleichtert.
- gewerkübergreifende Passfähigkeit wird sichergestellt.
- Die Bauzeit wird reduziert.
- Engineering-Leistungen können gegen die Planungsdaten, auch die der anderen Gewerke, geprüft werden (z.B. virtuelle Inbetriebnahme automatisierter Anlagenteile).
- Im Falle von Planungsänderungen können diese leichter weitergegeben werden.

II.c) Die Spezifikationsdokumente des Anlagenbaus sollten durchgängig an die Lieferanten von Anlagenkomponenten weitergegeben werden. Vorteile:

- Übereinstimmung mit der Spezifikation, damit die gewerkübergreifende Passfähigkeit sichergestellt wird.
- Eine Abnahme gegen die Spezifikation ist erleichtert.
- Umgekehrt sollten die bei den zuliefernden Lieferanten vorhandenen Engineering-Informationen (z.B. Eigenschaften der Komponente, Handhabungsvorschriften beim Einbau) durchgängig an den Anlagenbau weitergegeben werden. Vorteile:
- Die Informationen können in die übergeordneten Konfigurationswerkzeuge übernommen werden (beispielsweise die Informationen über ein Feldgerät in das Konfigurationswerkzeug des übergeordneten Leitsystems).
- Die Bauzeit wird reduziert.

- Engineering-Leistungen können gegen die Planungsdaten, auch die der anderen Gewerke, geprüft werden (z.B. virtuelle Inbetriebnahme automatisierter Anlagenteile).
- Im Falle von Änderungen (z.B. Updates des Lieferanten) können diese leichter weitergegeben werden.
- Dokumente für die Instandhaltung der Komponenten können in der Anlagendokumentation hinterlegt werden und später herangezogen werden.

II.d) Die im Produktionsengineering, d.h. der Planung der Produktionsanlage, erarbeiteten Engineering-Ergebnisse sollten durchgängig an die Instandhaltungs- und Optimierungsplanung weitergegeben werden. Vorteile:

- Für Wartungs- und Instandhaltungsaufgaben liegen die Informationen über die Struktur und den Aufbau der Anlage vor, die Aufgaben können dadurch besser geplant und schneller durchgeführt werden.
- Im Falle von Erweiterungen oder Modernisierungen der Anlage kann auf die vorhandenen Informationen zugegriffen werden (sofern diese über die Anlagenlaufzeit gepflegt wurden).

Die Instandhaltungsplanung profitiert darüber hinaus, wenn die Daten von Sensoren in digitaler Form für die Bewertung des Anlagenzustands genutzt werden können.

5. Exemplarische Betrachtung für Engineering-Dienstleister / Anlagenbauer

Für Engineering-Dienstleister und Anlagenbauer stellt die Fabrik das wesentliche Ergebnis ihrer Wertschöpfungsprozesse dar.

Engineering-Dienstleister und Anlagenbauer profitieren in besonderem Maße von durchgängigem Engineering. Die digitale Durchgängigkeit ermöglicht eine weitere Aufteilung der Wertschöpfungskette auf aufeinander aufbauende Wertschöpfungsprozesse, die potentiell ohne Informationsverlust und damit ohne Effizienzverlust von unterschiedlichen Unternehmen ausgeführt werden können. Insbesondere ermöglicht die Durchgängigkeit auch eine konsequentere Differenzierung und Spezialisierung von Engineering-Dienstleistern (Anlagen-Planer) (oberer Teil des nachfolgenden Bildes) und Anlagenbauern (unterer Teil des nachfolgenden Bildes). Dieser Effekt wird befördert durch die sehr unterschiedlichen Kompetenzprofile, die zur Planung und zum Bau von Anlagen erforderlich sind.

Der Hauptwertschöpfungsprozess von Engineering-Dienstleistern ist die effiziente Erstellung von Planungs-Ergebnissen (Gegenständen der Informationswelt), also virtuellen Modellen von zu bauenden (und nachfolgend zu betreibenden, zu optimierenden und in Stand zu haltenden) Anlagen. Für Engineering-Dienstleister ergibt sich daher der Hauptnutzen des inte-

grierten Engineerings aus verringerten Informationsbeschaffungskosten, wenn durch ein durchgängiges Datenmanagement die Informationsflüsse I.d und II.a effizient durchgeführt werden können. Da die zu planende Fabrik für den Planer das Produkt darstellt, beziehen sich die Wertschöpfungsprozesse „Produktentwicklung“ und „Variation des Produkts“ aus seiner Sicht auf die zu erstellende Anlage.

Der Engineering-Dienstleister kann von durchgängigem Engineering wie folgt profitieren: Der Kern-Wertschöpfungsprozess aus technischer Sicht (i.e. Engineering-Prozess) solcher Firmen verläuft im Rahmen eines Kundenprojekts vom Auftraggeber (Kunde) über den Vertrieb, das klassische projektbezogene Engineering (das hier die „Variation des Produkts“ darstellt), das Produktionsengineering (Prüfung, ob und wie das technisch überhaupt produziert werden kann), die Produktionsplanung (Prüfung, ob die Kapazitäten ausreichen, um den Auftrag anzunehmen, und dann die Planung der Fertigungskapazitäten (langfristig, Planungshorizont über Jahre), die Fertigung bis zur Auslieferung an den Kunden. Bei komplexen technischen Produkten kann die Beschreibung der auftragspezifischen Variation des Produkts viele Tausend Parameter umfassen. Eine digitale Pflege und Weitergabe entlang der Wertschöpfungskette (I.a, I.b in beiden Richtungen, I.d, II.g, III.a, III.b) bis zur Produktion ist daher für eine effiziente Projektabwicklung unabdingbar. Dies gilt auch und besonders im Falle nachträglicher Änderungen, sei es aufgrund von geänderten Kundenwünschen oder internen Änderungsgründen, die digital durchgängig gehandhabt werden müssen, um Konsistenz sicher zu stellen.

Beim Engineering sollte eine systematische Wiederverwendung aus früheren Kundenprojekten oder vorgefertigten (Teil-)Lösungen, die projektunabhängig geschaffen wurden, siehe [3, 10], vorgesehen werden. Dies erhöht die Effizienz und Qualität umso mehr, je konsequenter eine Durchgängigkeit des Engineerings gewährleistet ist (I.a).

In zunehmendem Maße verlangen Kunden auch ein digitales Abbild des erstellten Produkts, beispielsweise für den Betrieb oder zur Planung späterer Umbaumaßnahmen. Entsprechend ist eine digitale Durchgängigkeit bei der Weitergabe der „as-built“-Dokumentation vorzusehen (III.c).

Insgesamt ist erkennbar, dass der Kern-Wertschöpfungsprozess hier „quer“ zu den farbigen Wertschöpfungsprozessen gemäß Bild 1 bzw. Bild 2 verläuft. Die Durchgängigkeitsherausforderungen an den zugrunde liegenden Engineering-Prozess (mit Fokus auf die rot dargestellten Wertschöpfungsprozesse) werden in [3] ausführlich beschrieben.

Der Engineering-Dienstleister erstellt im Rahmen seiner Wertschöpfung ein digitales Abbild (den *digital twin*) der zu bauenden Anlage. Daraus ergibt sich für ihn die Möglichkeit der Ausdehnung seines Tätigkeitbereiches auf das Servicegeschäft während der Betriebs- und der Optimierungsphase von Anlagen: er hat die idealen Kenntnisse zur Nutzung und Pflege des digitalen Abbilds der Anlage, wenn dieses in die Betriebsphase übernommen wird (II.d). Mit Blick auf die Ausweitung des Tätigkeitsbereiches in das Servicegeschäft stellt das im Engineeringprozess entstandene Datenmodell einen Wert an sich dar.

Der Hauptwertschöpfungsprozess von Anlagenbauern ist das Erbringen einer Transferleistung: des Transfers von Planungsmodellen aus der virtuellen Welt in die gegenständliche „reale“ Welt durch die (Er-)Schaffung von realen physischen Abbildern (*tangible assets*) von Anlagen. Für Anlagenbauer ergibt sich der Hauptnutzen des integrierten Engineerings aus verringerten Informationsbeschaffungskosten, wenn aus dem Produktionsengineering, d.h. der Feinplanung der Anlage, die Daten der zu bauenden Anlage effizient und verlustfrei übernommen werden können (II.b). Besonders vorteilhaft ist dabei ein durchgängig verwendetes Datenmodell, als virtuelles Abbild der zu bauenden Anlage, das als Grundlage der organisatorischen und logistischen Prozesse des Anlagenbaus dienen kann. Aspekte der physischen Errichtbarkeit können bereits am Modell geplant, und, wenn erforderlich, können Änderungen im Sinne einer Optimierung der Abläufe während des Baus der Anlage an das Produktionsengineering zurückgemeldet werden (II.b entgegen der Pfeilrichtung). Des Weiteren kann das Datenmodell um die während des Anlagenbaus erforderlichen logistischen Aspekte erweitert werden.

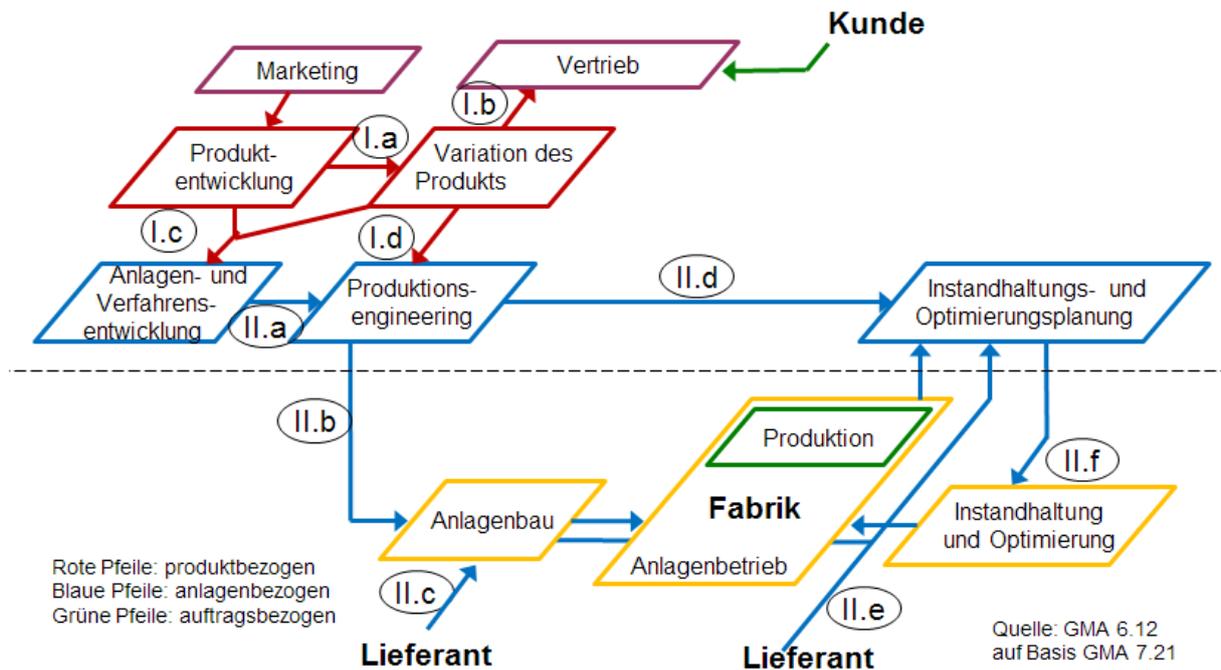


Bild 2: Vernetzung von Wertschöpfungsprozessen bei Planung einer Anlage (repräsentiert hier das „Produkt“) sowie Bau und Betrieb

Die vorgenannte Möglichkeit der Ausweitung des Tätigkeitsfeldes des Anlagen-Engineerings in das Servicegeschäft während der Betriebs- und der Optimierungsphase von Anlagen basiert auf der Verfügbarkeit eines virtuellen Modells der Anlage. Änderungen an der Anlage können vorab am Modell experimentell durchgeführt werden und die erwarteten Effekte mit den simulierten Effekten abgeglichen werden, bevor eine Änderung an der physischen Anlage erfolgt. Basierend auf einem in der Planungsphase erstellten durchgängigen Datenmodell sind Engineering-Dienstleister, als Teil der Organisation eines integrierten Anlagenbauers oder als eigenständige Organisation, effizient dazu in der Lage. Die Lebenszykluskosten für z.B. das Änderungsmanagement einer Anlage lassen sich wesentlich reduzieren, wenn das Modell der Anlage und die physische Anlage selbst über die Lebensdauer einer Anlage hinweg konsistent gehalten werden. Hier liegen für Anlagenbetreiber, Anlagenbauer und Engineering-Dienstleister neue Möglichkeiten der Zusammenarbeit im Rahmen neuer, auf durchgängigem Engineering basierender Geschäftsmodelle.

Quellen:

- [1] „VDI-Statusreport Durchgängiges Engineering in Industrie 4.0-Wertschöpfungsketten“, Januar 2015. https://www.vdi.de/fileadmin/vdi_de/redakteur_dateien/gma_dateien/6032_PUB_TW_GMA_Statusreport_Durchgaengiges_Engineering_Internet.pdf
- [2] Umsetzungsempfehlungen Industrie 4.0, April 2013.
- [3] VDI/VDE-Richtlinie 3695 „Engineering von Anlagen – Evaluieren und optimieren des Engineerings, Blatt 1: Grundlagen und Vorgehensweise. Beuth Verlag, Berlin 2010.
- [4] L. Libuda, G. Gutermuth, S. Heiß: Arbeitsabläufe in der Anlagenplanung optimieren - IT-Unterstützung für Engineering Workflows. In: atp-edition, Jahrgang 53, Heft 9, S. 40-51, 2011.
- [5] T. Holm, A. Friedrich, B. Engelke, T. Jäger, A. Fay: Methodik zur Einordnung und Auswahl von disziplinübergreifenden Vorgehens- und Datenmodellen für das Engineering automatisierter Anlagen. In: „IDA 2013 - Integrierte Digitale Anlagenplanung und -führung“, Frankfurt, 21.-22. März 2013.
- [6] „VDI-Statusreport Industrie 4.0 - Wertschöpfungsketten“, April 2014. Quelle: https://www.vdi.de/fileadmin/vdi_de/redakteur_dateien/gma_dateien/VDI_Industrie_4.0_Wertschoepfungsketten_2014.pdf
- [8] VDI/VDE-Richtlinie 3695 „Engineering von Anlagen – Evaluieren und optimieren des Engineerings, Blatt 3: Themenfeld Methoden. Beuth Verlag, Berlin 2010.
- [9] VDI/VDE-Richtlinie 3695 „Engineering von Anlagen – Evaluieren und optimieren des Engineerings, Blatt 4: Themenfeld Hilfsmittel. Beuth Verlag, Berlin 2010.
- [10] VDI/VDE-Richtlinie 3695 „Engineering von Anlagen – Evaluieren und optimieren des Engineerings, Blatt 2: Themenfeld Prozesse. Beuth Verlag, Berlin 2010.
- [11] VDI Statusreport Industrie 4.0 – Technical Assets, November 2015, https://www.vdi.de/fileadmin/vdi_de/redakteur_dateien/gma_dateien/Statusreport_I40_TechnicalAssets_Begriffe_WEB.pdf
- [12] Michael E. Porter: Wettbewerbsvorteile (Competitive Advantage): Spitzenleistungen erreichen und behaupten. 3. Auflage. Frankfurt/Main, New York: Campus Verlag, 3593388502, 1992, S. 64-66