

Industrie 4.0 wird in der Luftfahrt häufig als eindimensionale technische Herausforderung wie die Optimierung von Produktionsprozessen betrachtet. Dieser Fokus auf Einzelbereiche verwehrt den Blick auf die Möglichkeiten des plattformbasierten Datenaustausches. Die Zulässigkeit des Dateninformationsaustauschs im Bereich Luftfahrt ist neben allen technischen Fragestellungen eine der größten Herausforderungen. Dies wird durch das in der Luftfahrtbranche besonders hohe Maß an Einflussnahme durch politische Akteure und einem hohen Maß an Industriepolitik bedingt.

Wie verändern digitale Plattformen die Luftfahrt?

Thomas Reisenweber | P3 Group

Herausforderung Plattformen

Die Effektivität des Industrie 4.0-Plattformgedankens wird wesentlich bedingt durch die Ausgestaltung der technischen Umsetzung mit der durchgängigen Verwirklichung eines aufgabenangepassten Datenaustauschs innerhalb der kompletten Produktionskette. Um die Potenziale der Industrie 4.0 voll auszuschöpfen, müssen vernetzte Informationen und Metainformation der produzierten Hardware wie zum Beispiel Erkenntnisse über »non-Quality« oder »non-Conformity« entlang der kompletten Produktionskette schnell, einfach und sicher zur Verfügung stehen. Der offene Austausch von Informationen ist hier von grundlegender Bedeutung und muss von allen beteiligten Partnern gewährleistet werden, damit Synergien für alle Akteure gehoben werden können.

Neben der Wertschöpfung in der Produktion gilt es, den Luftfahrtmarkt insgesamt als Dienstleistungsplattform unter diesen neuen Gesichtspunkten zu betrachten. Der Industrie 4.0-Plattformgedanke hat das Potenzial, alle Teilnehmer zu erreichen und somit auch den Passagier als Endkunden auf seiner »Customer Journey«. Die aufzunehmende, zu verwertende und wieder bereitzustellende Menge an Daten steigt hierdurch enorm. Allein am Flughafen Frankfurt werden jährlich über 58 Millionen Personen abgefertigt.¹ Jeden einzelnen Kunden können intelligente Dienstleistungen, abgestimmt auf seine individuellen Bedarfe und die darüber verfügbaren Daten, begleiten. Darüber hinaus gibt es Potenziale für Zwitterplattformen, die sich zwischen purer Dienstleistung und Produktionsorientierung bewegen. Der Bereich des Maintenance und Repair (MRO), in dem es darum geht, die technische und sicherheitsrechtliche Wartung von Flugzeugen im laufenden Betrieb so effizient wie möglich zu gestalten, ist hier ein gutes Beispiel.

Derzeit wird im Bereich Luftfahrt der Gedanke der Industrie 4.0 häufig als eindimensionale technische Herausforderung auf einer Insel betrachtet. Fragen zur Optimierung der Produktionsprozesse in der Final Assembly Line beim OEM oder der effizienten Verwaltung und Nutzung der gesammelten Kundendaten durch die Airlines werden typischerweise in diesem Kontext genannt.

In diesen und ähnlichen Ansätzen, besonders in der Dienstleistung, fehlt es jedoch an der Betrachtung der Durchlässigkeit des Datenaustausches. Im Gegensatz zur isolierten Betrachtung einzelner Themen, sollten eher Fragen nach der optimalen Ergänzung unterschiedlicher Bereiche, zum Beispiel des Flughafens und der Airline, gestellt werden. Hierdurch entstehen neben den technischen Fragestellungen auch politische, zum Beispiel zum Datenschutz. Eine Plattform entsteht durch das gemeinsame Interesse an einer optimalen Leistungserbringung und weniger durch die Fähigkeit, Daten auf einer Insel zu verwalten. In dem stark politisch, industriepolitisch und durch den Faktor Sicherheit geprägten Markt der Luftfahrt sind die Rahmenbedingungen zur durchgängigen Datennutzung eine der Kernherausforderungen. Deshalb wird sich dieser Artikel neben den technischen Herausforderungen auch darauf konzentrieren.

Der Plattformgedanke soll exemplarisch zunächst aus drei unterschiedlichen Blickwinkeln betrachtet werden:

- Aus Sicht der produzierenden Industrie bis zur Auslieferung des fertigen Produkts »Flugzeug« (Industrie-/ Produktionsplattform)
- Aus Sicht des Kunden entlang der »Customer Journey«, also der Nutzung des Flugzeuges als Transportmittel (Dienstleistungsplattform)
- Aus Sicht des »Product Services«, also zum Beispiel der Wartung im After Market (MRO) (Kombination aus Produktions- und Dienstleistungsplattform / Zwitterplattformen)

Im Anschluss sollen ganzheitliche Lösungsansätze für die übergreifenden Herausforderungen abgeleitet und diskutiert werden.

Aus Sicht der produzierenden Industrie

Im Bereich der Luftfahrtindustrie sind unterschiedlichste Spezifika zu berücksichtigen, die als Herausforderungen bei der Umsetzung des Plattformgedankens auftreten können. Besondere Berücksichtigung findet dabei die bereits zitierte Maxime,

dass eine Bereitstellung der Daten entlang der gesamten Produktionskette notwendig ist. Die Flugzeugproduktion zeichnet sich in besonderem Maße durch folgende technische Charakteristika aus, welche zu unterschiedlichen Herausforderungen im Bereich der Industrie 4.0 führen können:

1. Lange Entwicklungszyklen gepaart mit einem komplexen Produktentwicklungsprozess (PEP) bei vergleichsweise geringen Stückzahlen: Es besteht keine Massenproduktion wie beispielsweise in der Automobilindustrie. Der Manufakuranteil ist hoch, was insofern einer Vollautomatisierung im Zuge von Industrie 4.0 im Wege steht. Als Beispiel: Aktuell produziert Airbus 42 Maschinen der A320 Familie im Monat und will diese Zahl auf 46 steigern.² Volkswagen produziert hingegen allein im Werk in Wolfsburg bis zu 3800 Fahrzeuge am Tag.³ Skalierungseffekte, die durch Massenproduktionen entstehen, sind in der Luftfahrt so nicht gegeben.
2. Die Produktreife entsteht zu großen Teilen in der Produktion: Ebenfalls kennzeichnend für die Luftfahrtindustrie ist ein Produktionshochlauf, der parallel zur finalen Ausreifung der Produktentwicklung erfolgt. Durch die Komplexität des Produkts kommt es besonders in der Startphase der »Serienproduktion« zu zahlreichen Anpassungen. Eine Etablierung der Vollautomatisierung wird hierdurch gestört.
3. Hoher »Customizing-Grad« und »Market Pull«: Anders als in vielen Branchen ist der Grad der im Design nicht vorentwickelten »Customization«, zum Beispiel im Bereich der Kabine, sehr hoch. In vielen Fällen werden Veränderungen direkt durch die Kunden, also die Airlines, auch noch sehr kurzfristig eingesteuert. Eine »Standardfertigung« gibt es somit nur für die Basismodule. Dies ist im Besonderen im Bereich der Business und First Class nachzuvollziehen, da diese die Aushängeschilder der Airlines darstellen und durchgängige Standards weniger Alleinstellungsmerkmale bedeuten würde.
4. OEM agiert als Integrator: Ähnlich wie in der Automobilbranche ist die Fertigungstiefe der Lieferanten besonders hoch. Sie gelten als Systemlieferanten und sind nicht mehr ausschließlich für die Fertigung, sondern ebenfalls für die Entwicklung zuständig.⁴ OEMs agieren fast ausschließlich als Integratoren.⁵ Mit anderen Worten ist die Verantwortungsheterogenität in der Produktions- und Entwicklungskette besonders stark ausgeprägt, was für den Plattformgedanken eine Herausforderung, aber auch eine große Chance, darstellt.

Neben diesen technischen Besonderheiten lassen sich auch Besonderheiten auf (industri-)politischer

Ebene erkennen:

1. Politische Rahmenbedingungen – Der Duopolcharakter: Im Jahre 2014 besaßen Boeing und Airbus zusammen einen Marktanteil im Commercial Aircraft Bereich von über 90 Prozent.⁶ Durch die Größe der beiden Konzerne sind diese für die USA und Europa politisch von besonderer Bedeutung. Airbus ist darüber hinaus durch die Beteiligung mehrerer europäischer Länder (Deutschland, England, Frankreich, Irland, Spanien) auch intern stark von unterschiedlichen politischen Einzelinteressen beeinflusst. Wenn beispielsweise aus diesen Einzelinteressen eine politisch beeinflusste Lieferantenauswahl resultiert, rückt der Gedanke einer gemeinsamen Industriepattform 4.0, der auch die Lieferketten umfasst, in weite Ferne. Durch den Duopolcharakter werden Innovationen zusätzlich fast ausschließlich durch Boeing und Airbus selbst initiiert. Natürlich haben die Airlines als Kunden der OEMs ebenfalls eine Rolle bei der Entwicklung von Neuheiten, müssen diese jedoch jeweils mit den beiden OEMs abgleichen. Grasroot-Level Innovationen werden durch eine solche Marktkonstellation in ihrer Entwicklung gehindert.⁷ Die viel beschriebenen kreativen Ideen von jungen Start-ups wird es in der Luftfahrtbranche aktuell nicht geben, obwohl auch diese von solchen Ideen profitieren könnte.
2. Behördliche Anforderungen an Zulassung und Zertifizierung: Die hohen Anforderungen an Zulassungen und Zertifizierungen im Luftfahrtumfeld stellen ebenfalls ein markantes Charakteristikum der Branche dar. Die rechtlichen Bedingungen sind eine große Errungenschaft im Hinblick auf die Sicherheit, müssen jedoch für viele Fragen der Industrie 4.0 neu durchdacht werden. Besonders interessant wird sein, wie Politik und Sicherheitsbehörden es schaffen, die rechtlichen Bestimmungen immer wieder an neue und schneller werdende Innovationszyklen anzupassen, die durch weitergehende Datenintegration und Automatisierung entstehen werden. Hier ist genau zwischen Innovationsbremse auf der einen und mangelnden Sicherheitsbestimmungen auf der anderen Seite abzuwägen.
3. Marktmacht innerhalb der Lieferantenkette: Neben den genannten Punkten weisen auch die Supply Chains Besonderheiten auf. Sie werden dominiert von einigen wenigen, großen Akteuren, wobei der Trend dazu übergeht sich weiter zusammenzuschließen, um auf dem Markt zu bestehen.⁸ Dies hängt auch damit zusammen, dass die Markteintrittsbarrieren, nicht zuletzt durch die Auflagen der Politik verhältnismäßig hoch sind, was dazu führt, dass ein Plattformgedanke von wenigen Einzelinteressen beeinflusst wird. Diese Ausgangslage erschwert die Zusammenarbeit im Rahmen einer Plattform.

Aus Sicht der »Customer Journey«

In Zukunft werden sich Flugreisen durch Industrie 4.0-Umsetzungen stark verändern: Schon lange werden Daten entlang der »Customer Journey« aus einer Vielzahl unterschiedlicher Quellen zum Beispiel beim Buchen der Flüge im Internet, beim online Check-In, Baggage drop-off, Security Check, duty-free Shopping oder bei der Nutzung des Internets on-board generiert und gesammelt. Es ist ebenfalls bereits möglich, SocialMedia Accounts mit den individuellen Flugdaten zu verlinken, um zu sehen, ob Freunde und Bekannte ebenfalls on-board oder im Bereich des Flughafens sind. Weiterhin werden Passagierdaten von Vielflieger-Konten analysiert, während Flugzeugsensoren Performance-Daten aus allen Komponenten der Turbinen bis hin zum Kühlschrank an Bord sammeln.

All diese Daten werden in erster Linie in Silos innerhalb bestimmter Geschäftseinheiten gesammelt, in denen die Daten unabhängig verwaltet und genutzt werden, um die Leistung innerhalb dieses Geschäftsbereiches zu verbessern. So werden auf der einen Seite beispielsweise technische Betriebsdaten aggregiert, um vorherzusagen zu können, welche Probleme im Flugzeug auftreten können und um Lösungen für mögliche Probleme zu identifizieren, um Verspätungen oder Annullierungen zu vermeiden. Auf der anderen Seite sammeln Marketing-Abteilung hauptsächlich Daten über Passagiere und Vielfliegerpräferenzen, um maßgeschneiderte Werbung und Angebote für bestimmte Kunden zu liefern. Diese Flut an Daten wird sich in der Zukunft weiter erhöhen.

An Flughäfen trifft man größtenteils auf eine sehr kaufkräftige und mobile Zielgruppe mit überdurchschnittlichem Einkommen. Wollen traditionelle Airlines weiter überleben, ist es unumgänglich, durch innovative Konzepte diese Potenziale zu monetarisieren und vorhandene Daten aus verschiedenen operationellen Bereichen zu korrelieren. Dies ermöglicht, in naher Zukunft online live mit Servicekräften zu sprechen, wenn Fragen zur Buchung auftreten oder es können individuelle Mahlzeiten und Getränke kurzfristig über die App der Airlines bestellt werden. Für traditionelle und neue Airlines ist diese Entwicklung eine große Herausforderung.

»Legacy« Carrier haben oft eine sehr komplizierte IT-Struktur mit einer Fülle an verschiedenen Datenstrukturen, welche es schwierig macht, einen Startpunkt zu finden und die Verknüpfbarkeit der Unmengen an Daten zu strukturieren. Kleineren, jüngeren Airlines fehlen oft die Fähigkeiten, die Vorteile dieser Daten angemessen zu verarbeiten. Meist mangelt es an den notwendigen Werkzeugen.

Diesbezüglich wurde innerhalb der letzten Jahre durch verschiedene Low Cost Carrier ein Konsolidierungsprozess in der individuellen Produktpassung initiiert. Diese ermöglicht dem Endkunden, neue Dienstleistungen und Produkte zu seiner personalisierten Reise hinzuzufügen. Dazu gehört alles vom klassischen Hotel und Mietwagen, über weitere »Ancillaries« (zusätzliche Produkte zum Beispiel mehr Beinfreiheit). Der durch die IATA angeregte neue NDC-Standard (New Distribution Capability) soll der Reisebranche eine Transformation hin zur individuellen Produktpassung ermöglichen und geht gezielt auf die derzeitigen Einschränkungen der Branche ein, in welcher Art und Weise Airline »Ancillaries« an Unternehmen, Urlauber und Geschäftsreisende verkauft werden. Verbesserungen ergeben sich in der Produktdifferenzierung und Verfügbarkeit. Zusätzlich garantiert er den Endkunden ein voll transparentes Einkaufserlebnis entlang der »Customer Journey«. Weiterhin ermöglicht der NDC Standard eine genauere Segmentierung der individuellen Passagierdaten, womit die Airlines ihren Kunden besser kennenlernen und so in der Lage sind, in Zukunft gezielt auf dessen Bedürfnisse ein zu gehen.

Interessant wird es nun, wie Airlines und die Flughäfen es schaffen, diese Daten sinnvoll für sich und für den Kunden zu nutzen, um die ideale »Customer Journey« zu entwickeln. Die Konkurrenz um die Nutzung der Daten steht dem Plattformgedanken im Wege, da Airlines, Flughäfen und Produzenten ihre Felder gleichermaßen als Insel betrachten und kaum nach integrierten Lösungen suchen.

Verkompliziert wird diese Situation dadurch, dass neue Akteure wie Google auf den Plan treten. Intelligente Lösungen wie GoogleFlights, die eine sehr komfortable Buchung erlauben, bestehen bereits und nutzen die gewonnenen Daten umfangreich weiter. Durch die Konsolidierung von Flughafen- und Airline-Daten über die gesamten beteiligten Stakeholder und deren getrennter IT-Systeme könnten Fluggesellschaften unter

anderem ein besseres Slot-Management und eine erhöhte Produktivität durch die Verbesserung der luft- und landseitigen operativen Koordinierung ihrer Flugzeuge erreichen.

Gerade bei der Gestaltung von Flughafen-Apps ist ein »Use Case«-orientiertes Szenario entlang der »Customer Journey« zu empfehlen. Ein durch P3 durchgeführter Benchmark verschiedenen Flughafen-Apps hat gezeigt, dass die Apps viele Einzelfunktionen bieten, jedoch keinen integrierten Ansatz entlang der »Customer Journey« abbilden. Dadurch sind der Gebrauch und der damit verbundene Nutzen für den Endkunden beschränkt. Hierbei wurden auch weiterhin viele Defizite im Bereich der Monetarisierung sichtbar. Es bestehen zum Beispiel kaum Kundenbindungsprogramme, womit der Kunde quasi intransparent ist und keine gezielte Werbung geschaltet werden kann. In diesem Bereich besteht für Flughäfen noch deutliches Entwicklungspotential zur Steigerung des Pro-Kopf-Umsatzes.

Das Thema Akzeptanz spielt im Bereich der Customer Journey eine zentrale Rolle. Der Kunde kann ein wichtiger Lieferant wertvoller Daten sein. Weigert er sich jedoch diese Daten freizugeben, so haben Neuerungen keine Chance. Aus diesem Grund ist auch hier das Thema Datenschutz auf keinen Fall zu unterschätzen, da es meist um personenbezogene Daten geht. Es zeigt sich zudem, dass die Erlaubnis der Kunden zur Nutzung der persönlichen Daten durch die Anbieter, sich nochmals stark von der Erlaubnis der Weitergabe dieser Daten an Dritte unterscheidet.

Die Weitergabe wird deutlich kritischer gesehen, ist aber für viele Innovationen der Industrie 4.0 essenziell. Die Steuerung dieser Debatte kann als besondere Aufgabe der Politik verstanden werden, da die Politik die Möglichkeit hat, zwischen den Sorgen der Passagiere und den Interessen der Betreiber zu vermitteln.

Aus Sicht der Product Services im After Market (MRO)

Der Plattform-Gedanke bietet auch für Dienstleistungen im After Market ein riesiges Potenzial, da zum einen die Sicherheit erhöht und gleichzeitig Kosten gesenkt werden können. Beispielhaft kann hier die Prüfung und Wartung von Flugzeugen betrachtet

werden, die aktuell nach drei unterschiedlichen Verfahren durchgeführt wird:

1. **Zyklen-basiert:** Gewisse Teile am Flugzeug werden vor jedem Flug neu geprüft. Dazu zählen zum Beispiel die Reifen und die Außenhülle.
2. **Basierend auf Flugstunden:** Andere Teile werden dann gecheckt oder ersetzt, wenn sie eine gewisse Zeit in Betrieb waren.
3. **Kalenderbasiert:** Unabhängig von Flugstunden werden diese Teile nach einer bestimmten Zeit überprüft.

Die Prüfintervalle sind anhand statistischer Analysen und Tests an den Teilen entwickelt worden und beruhen somit auf einer Wahrscheinlichkeitsrechnung. Ein großes Problem entsteht, wenn die Beständigkeit der Teile von der statistischen Annahme abweicht. Ist ein Teil beschädigt oder verbraucht bevor es gewartet wird, entsteht ein erhebliches Sicherheitsrisiko. Dieser Fall kommt jedoch deutlich weniger häufig vor als dass die Teile am Prüftermin noch vollkommen intakt sind und noch weiterer Nutzung standhalten würden. Dieser »unnötige« Austausch verursacht enorme Kosten. Die Entwicklungen im Zuge der Industrie 4.0 können die schlichte statistische Annahme über die aktuelle Beschaffenheit eines Teils durch eine konkrete Datenlage ersetzen. Die dadurch entstehenden Effekte sind enorm.

Bevor diese Effekte der Industrie 4.0 jedoch vollends genutzt werden können, müssen weitere technische und politische Herausforderungen gelöst werden:

- **Technische Herausforderungen:** Auf technischer Seite ist zu klären, wie die Daten beschafft werden können. An vielen Teilen im Flugzeug ist eine Messung der Beschaffenheit nur schwer möglich, da sie zum einen sehr klein oder möglicherweise großen Hitze ausgesetzt sind. Zusätzlich bereitet auch die Auswertung der Datenmassen Probleme, da ein Flugzeug schon heute sehr hohe Mengen an Daten produziert. Hier die wirklich relevanten Informationen zu finden, ist eine große Herausforderung.
- **Politische Herausforderungen:** Im Bereich des After Market stehen einige wenige Akteure mit hoher Marktmacht heterogenen Gruppe von MRO-Betrieben mit geringer Marktmacht gegenüber. Diese Konstellation verhindert zur Zeit die Teilung der Datenbasis. Viel eher zeichnet sich ein Bild,

bei dem die produzierenden OEMs und die großen MRO- Anbieter um die Datenhoheit streiten und dieses ggf. mit Marktzukäufen sichern.

Lösungsansätze und Fazit

Aktuelle Studien untersuchen bereits technische Anwendungsmöglichkeiten von Industrie 4.0-Technologien im Betriebsbereich des Luftverkehrssystems. So adressiert eine Studie des ZVEI⁹ den Bereich Safety & Security am Flughafen und in der Luft, eine Studie des Fraunhofer IAO¹⁰ den Bereich Flexibilisierung & Steuerung am Flughafen und eine Veröffentlichung des Fraunhofer IGD¹¹ den Bereich Luftverkehrsmanagement. Die Studie der acatech¹² beschreibt im Luftfahrtbereich mobile Sensorsysteme und die Mensch-Maschine-Schnittstelle, sowie, allerdings nicht spezifisch auf Luftfahrt bezogen, den Trend zur verteilten Produktentwicklung. Im Bereich Luftfahrt-Produktion wird aktuell das Thema der additiven Fertigungsmethoden adressiert,¹³ wobei hier der Schwerpunkt auf Vernetzung in der Fabrik und Effizienzsteigerung insbesondere von Wartungsprozessen (MRO) liegt. Das Projekt ARUM¹⁴ unter P3-Beteiligung zielt in dem Kontext auf Verbesserungen im Luftfahrt-Produktionsumfeld, speziell im Bereich Serienanlauf, teilweise durch den Einsatz von Industrie 4.0-Technologien. Ein übergreifender Ansatz zur Umsetzung von Industrie 4.0 im Luftfahrtbereich ist nicht beschrieben.

Insgesamt ist auffällig, dass viele Forschungsfragen sich auf Einzelabschnitte des Herstellungsprozesses oder der Datenverwaltung im Bereich der Wartung fokussieren und sehr technisch und produktorientiert geprägt sind. Durchgängige Ansätze sowohl innerhalb der Industrie als auch Customer Journey sind seitens der Luftfahrt kaum angestoßen worden.

Die Durchlässigkeit des Dateninformationsaustauschs im Bereich Luftfahrt ist neben allen technischen Fragestellungen eine der größten Herausforderungen. Dies wird durch das in der Luftfahrtbranche besonders hohe Maß an Einflussnahme durch politische Akteure und einem hohen Maß an Industriepolitik bedingt. So wird der Grundsatz des Datenaustauschs aktuell besonders in der Luftfahrt zu eindimensional verstanden. Es muss ein Umdenken in der Nutzung von Informationen und der Informationstechnik geschehen, damit die positiven Effekte der Industrie 4.0 vollends genutzt werden können.

Hierfür muss der Blick auf den Gesamtlebenszyklus, also das große Ganze, gerichtet werden. Leider sind bisher viele Bemühungen der Wirtschaft um gemeinschaftliche Lösung der Themen, zum Beispiel bei der Erstellung einheitlicher industrieweiter Standards, gescheitert.¹⁵

Dennoch kann der Plattformgedanke nur über ein Gemeininteresse aller Stakeholder funktionieren. Als erster Schritt sollte sich um ein neues Daten- und Informationsmanagement als gemeinsamer Nenner bemüht werden. Dies bedeutet eine Fokussierung auf gemeinsame aber industriespezifische Austauschformate, die alle beteiligten im Gesamtprozess voran bringen.

Durch den starken Monopolcharakter der Luftfahrtindustrie besteht weiterhin die Gefahr, dass die Industrie zu träge agiert und dass sich die Akteure auf ihrer aktuellen Marktmacht ausruhen. Wenn sich Marktverhältnisse nicht verändern, werden dadurch Innovationen nur einseitig und somit in der Durchlässigkeit der Prozesskette unzureichend getrieben. Monopolstellungen gepaart mit hohen Markteintrittsbarrieren machen eine Entwicklung des Marktes, also eine Entwicklung getrieben durch neue Akteure, fast unmöglich.

An diesem Punkt könnte sich die Politik stärker einbringen. Sie könnte die Wirtschaft daran erinnern, dass trotz der aktuellen Marktstruktur gemeinsame Lösungen gefunden werden müssen. Andernfalls besteht die Gefahr, dass Dritte auf dem Markt auftreten und diesen mit neuen, besseren Lösungen überrollen. Insofern sollte die Politik die Schaffung einer Austauschplattform mit allen Akteuren initiieren. Auch die Förderung von Innovationen im Bereich Luftfahrt sollte von der Politik gemeinsam mit der Wirtschaft betrieben werden. Nur ein gemeinsamer holistischer Ansatz wird die gewünschten Effekte der Industrie 4.0 vollends entfachen.

- 1 Vgl. <http://www.fraport.de/de/investor-relations/finanz-und-verkehrszahlen/verkehrszahlen.html>
- 2 V. Mester (2015): Gewinn nimmt zu - Abrus erhöht Produktion für A320. IN: Hamburger Abendblatt (<http://www.abendblatt.de/wirtschaft/article205186899/Gewinn-nimmt-zu-Airbus-erhoeht-Produktion-fuer-A320.html>)
- 3 Vgl. www.volkswagen.de
- 4 Martin Hinsch |Jens Olthoff (2013): Impulsgeber Luftfahrt. Industrial Leadership durch luftfahrtspezifische Aufbau- und Ablaufkonzepte. Berlin.
- 5 Vgl. (http://www.airbusgroup.com/dam/assets/airbusgroup/int/en/investor-relations/documents/2014/Publications/presentations/A350XWB_Pgrm_Update_DB/D.Evrard_A350XWB_program_update.pdf)
- 6 J. Speed (2015): Commercial Aircraft Order and Delivery Data.
- 7 Bruce McDaniel (2014): Entrepreneurship and Innovation. An Economic Approach. New York.
- 8 Clearwater International (2014): Global Aerospace Report 2014. (<http://clearwaterinternational.com/wp-content/uploads/2014/06/Aerospace-Report-Master-2014.pdf>)
- 9 ZVEI (2009): Nationale Roadmap Embedded Systems. (http://www.safetrans-de.org/documents/NRMES_2009.pdf)
- 10 Dieter Spath et al (2009): Produktionsarbeit der Zukunft. (http://www.produktionsarbeit.de/content/dam/produktionsarbeit/de/documents/Fraunhofer-IAO-Studie_Produktionsarbeit_der_Zukunft-Industrie_4_0.pdf)
- 11 Eva Eggeling (2013): Luftfahrt-IT: Der sechste Sinn für Fluglotsen. (<http://www.fraunhofer.at/de/presse/pressearchiv/luftfahrt-it.html>)
- 12 Eva Geisberger | Manfred Broy (2012): Agenda CPS. Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems. Berlin.
- 13 Vgl. (https://www.ipk.fraunhofer.de/fileadmin/user_upload/IPK_FHG/publikationen/futur/Futur_3_2014/Futur_1-3_2014.pdf)
- 14 Vgl. <http://arum-project.eu/>.
- 15 Vgl. www.elektroniknet.de/elektronikfertigung/strategien-trends/artikel/116855/