

Cyber-physical Aviation



Bild 1: In der Luftfahrt rechnet man mit einem weiteren Wachstum bei Passagierzahlen und Fracht. Die räumlichen Erweiterungsmöglichkeiten der Systeminfrastruktur sind sehr begrenzt, so dass die Nutzung von Informationstechnik den Weg durch diesen Flaschenhals bahnen muss.

Luftfahrt in der Zukunft

Ein plausibles Zukunftsszenario des Luftverkehrs lässt sich kurz und knapp durch ein weiteres Wachstum bei den Passagierzahlen und der Luftfracht sowie durch stark begrenzte Möglichkeiten zur Veränderung oder Erweiterung und Ausdehnung der räumlichen Systeminfrastruktur beschreiben. Daraus resultiert die Anforderung, dass die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems unter den heute herrschenden räumlichen Infrastrukturbedingungen gesteigert werden muss.

Künftig eine Immersion von informationstechnischen und physischen Prozessen

Einen Lösungsansatz zur oben genannten Anforderung bietet die innige Verschmelzung von Aktivitäten in der realen Welt mit Aktivitäten im *Cyberspace*, d.h. in der virtuellen Welt. Im produzierenden Gewerbe (z.B. beim Flugzeughersteller) wird dieser intensiv verfolgte vierte Schritt der Industrialisierung mit dem Begriff „Industrie 4.0“^[1] bezeichnet. Wenn solch ein real-virtuell-immersives System neben Produktionsprozessen auch Dienstleistungsprozesse, z.B. Transportdienstleistungen

gen einer Fluggesellschaft oder Wartungsprozesse mit beinhaltet, dann spricht man verallgemeinernd von einem cyber-physischen System (CPS)^[2]. Dieses kann noch viele weitere Aktivitäten und Angebote von anderen beteiligten Systemen, z.B. des öffentlichen Nahverkehrs, des Flughafens oder von Mietwagen- und Hotelanbietern mit umfassen.

Ein komplexes System of Systems

Aufgrund einer weitgehend losen Kopplung dieser vielen Systemelemente, welche alle ihre eigenen Lebenszyklen haben, manifestiert sich ein Cyber-physisches System auch als so genanntes *System of Systems*^[3], welches allen Merkmalen eines komplexen Systems genügt. Nach Paul Cilliers^[4] sind dies: (1.) Eine große Anzahl von Elementen, (2.) dynamische Wechselwirkungen der Elemente, (3.) umfangreiche Wechselwirkungen von und zu anderen Elementen, (4.) eine Nichtlinearität der Wechselwirkungen, (5.) ein Informationsaustausch hauptsächlich nur mit den Nachbarn, (6.) Wechselwirkungen mit Schleifen und mit einer Rückwirkung, (7.) offene Systeme, (8.) Systeme fernab von einem Gleichgewicht, (9.) Systeme mit einer Geschichte, d.h.

mit Lebenszyklen und (10.) die Unkenntnis eines einzelnen Elements hinsichtlich des gesamten Systemverhaltens, d.h. die Elemente reagieren i.d.R. nur lokal. In Summe kommt es zur Emergenz, d.h. zur Entstehung unerwarteter gewollter und auch ungewollter neuer Funktionalitäten im Gesamtsystem.

Cyber-physical Aviation

Der Begriff *Cyber-physical Aviation* charakterisiert speziell im Lufttransportsystem die Immersion von informationstechnischen und physischen Prozessen. Im Lufttransportsystem kommunizieren dabei Entwickler, Hersteller, Betreiber und Nutzer jederzeit und kontinuierlich miteinander und interagieren mit den vielen technischen Systemen über deren gesamte Lebenszyklen hinweg. Während eine Transformation zu dieser nächsten Stufe in manchen Bereichen schon voll im Gange ist (z.B. bei den Passagierprozessen am Flughafen), gibt es an anderen Stellen (z.B. an der Nahtstelle vom Flughafen zum Flugzeug) noch viel Verbesserungspotential. Auch die Anlagen, Geräte und Bauteile im Lufttransportsystem besitzen künftig eigene Intelligenz und Kommunikationsfähigkeiten, so dass Objekte und Menschen in digital-diskreten und in zeitkontinuierlich-realen Prozessverläufen über drahtlose und berührbare Schnittstellen miteinander im Austausch stehen. Eine zukünftig jederzeit mögliche Information und Kommunikation würde dann Engpässe im Gesamtsystem mit einer lokal verfügbaren guten Informationslage durch Entscheidung, Abstimmung oder Umorganisation lösen können.

Technologien cyber-physischer Systeme wie z.B. Datennetze, Datenfunk, Bild- und Mustererkennung, elektronische Identitäten für die Automatisierung, Nahfeldkommunikation (NFC) zum bargeldlosen Bezahlen, Radio-Frequenzidentifikation (RFID) als Auto-ID-Verfahren für Gegenstände, usw. werden bereits schon vielfach eingesetzt und kontinuierlich weiterentwickelt. Auf dem Weg zu einem cyber-physischen Lufttransportsystem besteht daher heute weniger ein Mangel an einsetzbarer und nutzbarer Technologie. Vielmehr besteht ein Man-

Kein Mangel an Technologie, jedoch viele andere Herausforderungen

Der Begriff *Cyber-physical Aviation* charakterisiert speziell im Lufttransportsystem die Immersion von informationstechnischen und physischen Prozessen. Im Lufttransportsystem kommunizieren dabei Entwickler, Hersteller, Betreiber und Nutzer jederzeit und kontinuierlich miteinander und interagieren mit den vielen technischen Systemen über deren gesamte Lebenszyklen hinweg. Während eine Transformation zu dieser nächsten Stufe in manchen Bereichen schon voll im Gange ist (z.B. bei den Passagierprozessen am Flughafen), gibt es an anderen Stellen (z.B. an der Nahtstelle vom Flughafen zum Flugzeug) noch viel Verbesserungspotential. Auch die Anlagen, Geräte und Bauteile im Lufttransportsystem besitzen künftig eigene Intelligenz und Kommunikationsfähigkeiten, so dass Objekte und Menschen in digital-diskreten und in zeitkontinuierlich-realen Prozessverläufen über drahtlose und berührbare Schnittstellen miteinander im Austausch stehen. Eine zukünftig jederzeit mögliche Information und Kommunikation würde dann Engpässe im Gesamtsystem mit einer lokal verfügbaren guten Informationslage durch Entscheidung, Abstimmung oder Umorganisation lösen können.

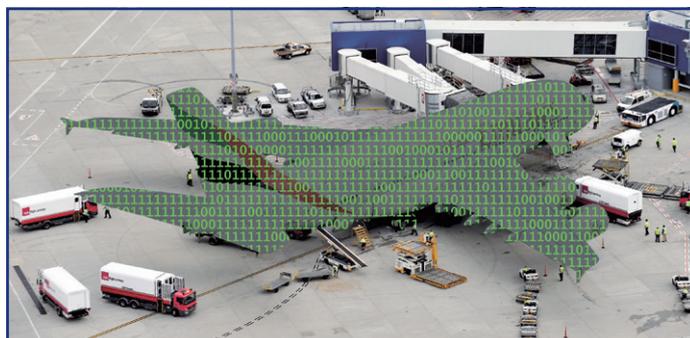


Bild 2: Cyber-physical Aviation charakterisiert im Lufttransportsystem eine Immersion von informationstechnischen und physischen Prozessen und kann z.B. dazu beitragen die vielen auf dem Vorfeld ablaufenden Teilprozesse aufgrund einer besseren Informationslage effizienter zu gestalten. Bildquelle: Sydney Airport Multimedia Gallery; bearbeitet vom Institut für Flugzeug-Kabinensysteme.



Bild 3: Künftig kooperieren die Hamburger Hochschulen am ZAL TechCenter (links) zum Thema Cyber-physical Aviation: Intelligente Bauteile (Mitte links) besitzen eine Identität und geben sich per Funk zu erkennen. Im Projekt SIMKAB (Mitte) wurde für die Crew ein vereinfachter und sicherer Zugang zu den Kabinensystemen realisiert und das Vorhaben DiProPax! (Mitte rechts) überträgt die Prinzipien auf eine NFC-Schnittstelle am Passagiersitz für elektronische Service- und Komfortdienstleistungen. Ausrüstungsgegenstände mit RFID-Funktionalität (rechts) können per Funk detektiert und bei der Vorflugkontrolle überprüft werden.

gel an Werkzeugen und Methoden für den Entwurf einer harmonisierten Spezifikation für das gesamte und komplexe *System of Systems*, bei welchem die vielen Systemelemente zusammenwirken müssen. Denn kennzeichnend für cyber-physische Systeme ist deren Vernetzung! Die Systemelemente sind kooperativ, sie agieren häufig automatisiert, oft auch autonom und sie reagieren auf lokale Systemveränderungen adaptiv. Eine große Herausforderung besteht heute darin, dass bei einer Segmentierung und weltweiten Verteilung des Gesamtsystems viele wirtschaftliche Einheiten und wissenschaftliche Disziplinen zusammenarbeiten und sich austauschen und abstimmen müssen. Dazu bedarf es neuer Methoden und Werkzeuge für den Entwurf, die Spezifikation, Integration und Dokumentation. Weiterhin eignen sich standardisierte offene Lösungen besser als proprietäre Technologien. Der bislang ausreichend gut beherrschte Bereich der physischen Sicherheit erfährt plötzlich neuartige Bedrohungen aus dem *Cyber-space*, wo Angriffspfade für viele Hersteller, Betreiber und Nutzer häufig nicht mehr leicht erkennbar und begreifbar sind. Dennoch ist der Druck auf die Luftfahrtbranche, sich mit der Transformation hin zu einem cyber-physischen Lufttransportsystem zu befassen, sehr stark, weil dieses Prinzip auch in vielen anderen Bereichen vorgebracht wird und weil das

zu erwartende Nutzenpotenzial in nahezu allen Branchen als extrem hoch eingeschätzt wird.

Forschung in Hamburg zu Cyber-physical Aviation

Zu Beginn des Jahres 2016 eröffnete das TechCenter des Zentrum für Angewandte Luftfahrtforschung (ZAL). Die Hamburger Hochschulen kooperieren dort in der Forschung mit Unternehmen aus der Luftfahrtindustrie. Einen Fokus der Arbeiten der Hochschulen im TechCenter bildet künftig das Thema *Cyber-physical Aviation* innerhalb der Themenfelder und Schwerpunkte:

- ▶ Luftfahrttechnik
- ▶ Logistik und Mobilität
- ▶ Cyber Security
- ▶ ID- und Auto-ID-Verfahren
- ▶ System of Systems Engineering
- ▶ System Security Engineering
- ▶ Entwurf und Integration von CPS
- ▶ Technologien von CPS

Das Institut für Flugzeug-Kabinensysteme an der TUHH

Seit seiner Gründung im Jahr 2008 beschäftigt sich das Airbus-Stiftungsinstitut für Flugzeug-Kabinensysteme in der Forschung und Lehre mit neuen Werkzeugen und Methoden zum Entwurf komplexer Systeme. Kernbereiche sind dabei die Kabinensysteme, der Betrieb der Kabine mit den Kabinenpro-

zessen und die wichtige Nahtstelle zum Flughafenbetrieb. Jedoch reichen die Systemgrenzen im Kontext von *Cyber-physical Aviation* weit über den Flughafen hinaus und schließen die heute wichtigen Tür-zu-Tür-Prozesse der reisenden Passagiere, die Prozesse der sicheren Luftfrachttransportkette und auch Produktions- und Wartungsprozesse mit ein. Für alle Projekte des Instituts ist kennzeichnend, dass eine durchgängige Vernetzung und immersive Nutzung von Informationstechnik innerhalb der Prozesse in der Luftfahrt Möglichkeiten zur Steigerung der Effizienz und Effektivität bietet, dass aber zugleich neue Herausforderungen im Bereich der Informationssicherheit entstehen. Das Vorhaben SIMKAB^[5] beinhaltet die Vereinfachung des sicheren Systemzugangs für die Besatzungsmitglieder im Flugzeug mittels einer kontaktlosen Schnittstelle für Smartcards. Vergleichbare Prinzipien der sicheren Identität überträgt das Vorhaben DiProPax!^[6] auf Basis von NFC-Technologie auf den Zugang zu Service- und Komfortdienstleistungen in der Kabine mittels Smartphones und Tablet-PCs. Vereinfachte und sichere elektronische Bezahlverfahren mittels „Tap and Pay“ im Tür-zu-Tür Reiseprozess und in der Kabine werden ebenfalls erarbeitet. Das Projekt SiLuFra untersucht für die sichere Luftfrachttransportkette^[7] Möglichkeiten zur Erhöhung der Sicherheit bei gleich-

zeitiger Steigerung der Effizienz bei den wertschöpfenden Prozessen. Digital unterstützte Kabinenprozesse, z.B. bei der Vorflugkontrolle (engl. *Pre-Flight Check*) und der Wartung (engl. *Maintenance*) bearbeitet das Institut im Rahmen von Projekt- und Abschlussarbeiten und integriert diese in das Kabinenmanagementsystem des Flugzeugs. Durch die Integration von RFID-Funktionalität in Ausrüstungsgegenstände und Bauteile bekommen diese eine eigene Identität und können sich dann bei der Flugzeugproduktion, beim Kabinenbetrieb und im Wartungsfall selbständig per Datenfunk zu erkennen geben. Ein gerade begonnenes Vorhaben^[8] trägt die Bezeichnung „Digitaler Ramp-Agent“ und untersucht die physischen und informationstechnischen Prozesse auf dem Flughafen vorfeld, weil die Vorfeldprozesse eine wichtige Verbindungsstelle vom Flugzeug zum Flughafen darstellen. Allen diesen einzelnen Lösungen ist gemein, dass sie keine Insellösungen bleiben dürfen, weil sonst die Grundidee der Vernetzung aller Entitäten zu einem Cyber-physical-Aviation-System nicht zur Ausprägung kommt. Weiterhin treten bei all diesen Lösungen neue Herausforderungen hinsichtlich der *Cyber Security* auf, welche im Lufttransport künftig deutlich mehr an Bedeutung gewinnen wird. Grundsätzlich jedoch kann sich der Lufttransport, trotz der Herausforderungen, einer fortschreitenden cy-

ber-physischen Immersion unserer Welt nicht verweigern.

*Ralf God,
Ulrike Wittke
Institut für
Flugzeug-Kabinensysteme
Technische Universität
Hamburg-Harburg,
www.tuhh.de/fks*

Literatur

^[1] Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0

^[2] acatech Studie: Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems

^[3] IEEE-Reliability Society. Technical Committee White Paper: Systems of Systems

^[4] P. Cilliers: Complexity and Post-modernism – Understanding complex systems, Routledge, London 1998.

^[5] BMWi, LuFo IV-3, FKZ 20K08050

^[6] BMWi, LuFo V-1, FKZ 20K1302A

^[7] BMBF, SiFo, FKZ 13N12729

^[8] BMWi, LuFo V-2, FKZ 20K1505D