

## Integration von neuen Technologien in Cockpit und Luftfahrt aus Anwendersicht

von Dipl.-Ing. (FH) Nikolaus J. Braun, Vereinigung Cockpit e.V.

### Zusammenfassung

In den Anfängen der Luftfahrt stellte der Pilotenarbeitsplatz primär den Steuerplatz mit Anzeigen und Kontroll-Schnittstellen für die Führung des Luftfahrzeuges und der Überwachung der Motoren und ihrer Systeme dar. Der Pilotenarbeitsplatz eines heutigen Verkehrsflugzeuges basiert nach wie vor auf diesem Ansatz, ist aber in der Zwischenzeit durch viele Systeme erweitert worden, die sekundäre Aufgaben auf den Piloten übertragen. Intensive Überwachungsvorgänge von Triebwerken, Treibstoff oder Hydraulik sind dabei stark automatisiert, so dass der Pilot fast nur bei Fehlverhalten eingreifen muss.

Darüber hinaus wurden Sicherheitssysteme für die externen Hauptgefahren eingebaut, wie z.B. für Verkehr das Traffic Alert and Collision Avoidance System (TCAS),

Die sich daraus ergebenden Systeminteraktionen weisen an sich klare Strukturen und Definitionen auf. Sie stoßen aber auf Konflikte, da das reale operationelle Umfeld des Cockpit-Arbeitsplatzes sich oftmals anders darstellt, als es aufgrund von vorliegenden Texten aus Handbüchern, Regelwerken oder Beschreibungen dem „Nicht-Flieger“ erscheint.

Dieser Fakt resultiert teilweise in suboptimal gestalteten Bordsystemen. Sie passen nicht in das operationelle Gesamtkonzept. Am Beispiel der Installation des „Runway Awareness and Advisory Systems“ (RAAS) werden diese Unzulänglichkeiten beschrieben, die durch Nachrüstung eines weiteren Sicherheitssystems entstanden sind.

Ein weiteres Beispiel außerhalb des Cockpits für eine überraschend problembehaftete Innovation ist die Umrüstung von Luftfahrtbefeuerungen auf Flughäfen mit LED Technik. Das letzte Beispiel zeigt die Probleme bei der Nutzung von synthetischen Sichtsystemen zur Verringerung von Anflugminima oder zur Erhöhung des Situationsbewusstseins. Die Vereinigung Cockpit regt an, dass im Rahmen der Entwicklung von Pilotenassistenten- und anderen operationell relevanten Systemen grundsätzlich eine ganzheitliche Betrachtung der realen Umgebungsbedingungen erfolgt, die die bestehende reale Belastungssituation für die Piloten und die realen Ungängen berücksichtigt. Dies gilt insbesondere auch für die Gestaltung von Interaktionstechnologien, die für die zunehmende Zahl an Schnittstellen notwendig sein werden.

Die Vereinigung Cockpit steht hierzu mit ihren Arbeitsgruppen zur Verfügung.

### Einleitung

Nahezu unbemerkt von der Öffentlichkeit findet ein tiefgreifender Wandel in der Luftfahrt statt. Dieser Wandel wird in erster Linie nicht vom hohen Anspruch, die Flugsicherheit stetig weiter zu erhöhen, getrieben. Es sind in der Regel wirtschaftliche Fragen bzw. Steigerungen in der Effizienz, die den technischen Fortschritt vorantreiben. Die Frage nach der Sicherheit wird in der Regel oft erst später im Rahmen einer Risikoanalyse beantwortet, und gegebenenfalls durch Mitigationsmaßnahmen korrigiert.

Der technologische Fortschritt erhält an unterschiedlichen Stellen langsam Einzug. Jedoch im Gegensatz zu vielen Änderungen seit der Einführung der „Fly by Wire“-Bedienkonzepten in den 80ern, ist er mittlerweile an einem Punkt angekommen, der die Fliegerei nachhaltig verändern wird. Es sind vor allem zwei Felder auf die nachfolgend näher eingegangen werden soll:

1. Mensch-Maschine-Schnittstelle im Cockpit



Das System warnt vor allen Runways, d.h. auch für die, die für den Flug aktuell geplant ist. Somit kommen bei jedem Start mindestens zwei Hinweise („approaching XY“, „on XY“) und bei der Landung ein weiterer („approaching XY“), die beabsichtigtes Verhalten begleiten und als störend empfunden werden können.

Der zweite Aspekt betrifft die Zeitpunkte der Hinweise: Es ist sicherlich problematisch, den Trigger für die Hinweise richtig zu setzen. Er muss rechtzeitig genug kommen, sollte aber nicht zu früh kommen, damit er nicht bei jeder Bewegung auf einem Startbahn-parallelen Rollweg ausgelöst wird. In der Praxis kollidiert der RAAS-Hinweis sehr oft akustisch mit der Freigabe des Fluglotsen zum Aufrollen auf die Startbahn, der Start- und/oder der Landefreigabe.

In den ersten Versionen des RAAS war die Lautstärke der Hinweise zu hoch eingestellt. Bei Überschneidungen mit Funksprüchen war das RAAS oftmals gleichlaut oder lauter, so dass der Funkspruch nur unzureichend oder gar nicht verstanden wurde. Dieses Verhalten war nicht akzeptabel und kontraproduktiv, da insbesondere Start- und Landefreigaben sicherheitskritisch sind. Das RAAS System wurde folglich modifiziert – die Lautstärke der RAAS-Hinweise wurde verringert. Die Konflikte bestehen damit nach wie vor, nur werden jetzt die RAAS-Hinweise eher überhört. In einem späteren Schritt wurde ein Teil der Flugzeugflotte mit Kopfhörern mit aktiver Außenschallunterdrückung ausgestattet. In Folge wurde die Wahrnehmbarkeit der Warnungen, die nur per Lautsprecher im Cockpit verbreitet werden, noch weiter reduziert.

Die VC begrüßt grundsätzlich die Nutzung von Pilotenassistenzsystemen zur Verhinderung von „Runway Incursions“ und befürwortet den Einsatz eines RAAS, oder besser, eines Airport Moving Map Displays (Braun et al 2009).

Allerdings sieht die VC Potential zur Verbesserung des RAAS, z.B. in dem alle Hinweise vor Runways, die im aktiven Flugplan des FMS geladen sind, abgestellt werden. In diesem Falle würde das RAAS nur noch vor anderen Runways warnen und damit die Anzahl von unnötigen Hinweisen drastisch reduzieren. Dies würde die Akzeptanz des Systems deutlich erhöhen.

## Sicht und Sichtsysteme

### LED Beleuchtungs- und Befuerungssysteme an Flughäfen

Der Einsatz von LEDs auf Flughäfen hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Der starke Preisverfall und die zunehmende Verbreitung in der Industrie haben zu einer starken Vergrößerung des Angebots an LEDs geführt und damit auch die Nutzung in der Luftfahrt ermöglicht. Die Vorteile des geringeren Stromverbrauchs kombiniert mit dem niedrigeren Wartungsaufwand kompensieren mittlerweile die Einbaukosten.

Zur allgemeinen Überraschung haben die ersten Installationen von LEDs auf Flughäfen zu einer Reihe von teilweise unerwarteten Problemen geführt.

„The FAA noted that little operational flight testing has been done, because the FAA has not installed LED approach lighting at any location other than at the FAA William J. Hughes Technical Center in Atlantic City, NJ.“ FAA statement at a NBAA conference Fall 2014

## Wärmeabstrahlung

Konventionelle Leuchtmittel wie Glühbirnen, Halogenleuchten, Xenonbrenner o.ä. sind per se ineffektiv: Ein Großteil der zugeführten Energie wird als Wärme abgegeben. Diese Wärme wurde jedoch für zwei Anwendungsfälle genutzt. Zum einen hat sie im Winter verhindert, dass die Lampen zufrieren bzw. dass sich Schnee darauf sammelt. Zum anderen konnte die Wärmeabstrahlung für Infrarot-Sichtsysteme genutzt werden.

Durch den Einsatz von LEDs sind diese beiden Vorteile nicht mehr vorhanden. Die Flughäfen müssen die Lampen einzeln von Schnee befreien oder alternativ Heizelemente in die Lampen einbauen, die den energetischen Vorteil drastisch reduzieren. Soll der Flughafen auch mit optischen Sichtsystemen („Enhanced Vision Systems“) auf Infrarotbasis angeflogen werden, wie es in einigen Bereichen heute schon üblich ist, müssen die LEDs durch Infrarot-LEDs ergänzt werden. Derzeit gibt es hierfür noch keine zugelassenen Leuchtmittel.

## Helligkeit

Erste Versuche mit LED Anordnungen haben ergeben, dass die eingestellten Helligkeitswerte – auch wenn sie physikalisch korrekt sind – vom menschlichen Auge anders wahrgenommen werden. Die empfundene Helligkeit ist zu hoch.

Ist die Anflugbefeuerung als LED Anordnung umgesetzt, berichten Piloten davon, dass die dahinterliegende Runway mit konventioneller Befeuerung nur noch schwer zu erkennen war, dies wird als „black hole“ Effekt bezeichnet.

Darüber hinaus ist auch die Farbwahrnehmung problematisch, da die korrekten Farben vom menschlichen Auge anders wahrgenommen werden.

## Effekte durch Dimmen

Das Dimmen von LEDs erfolgt nicht wie bei klassischen Leuchtmitteln über die Leistungsregelung. LEDs können im Grunde nur in einer Helligkeit leuchten und somit nur quasi-binär geschaltet werden. Das Dimmen wird daher durch Pulsweitenmodulation realisiert, d.h. die LED flackert so schnell, dass es das Auge nicht als solches wahrnimmt.

Diese im Grunde unproblematische Technik hat in der Luftfahrt einen gravierenden Nachteil: Bei Flugzeugen, bei denen der Propeller im Sichtfeld des Piloten dreht, kann es durch die Propellerblätter zu Interferenzen mit der LED-Pulsweitenmodulationsfrequenz kommen. In Folge sieht der Pilot die LED nur stark gedimmt oder im Extremfall überhaupt nicht mehr. Ähnliche Effekte sind auch bei Kamerasystemen an Bord möglich, wie sie als Rollhilfe z.B. im Airbus A340-600, A380 oder der Boeing 777-300 verwandt werden.

## Richtungsabhängigkeit

LEDs besitzen die Eigenschaft, dass sie eine stark fokussierte Abstrahlung und wenig Streulicht haben. Während diese Eigenschaft in vielen Anwendungsfällen positiv genutzt werden kann, ist es im Vergleich zu herkömmlichen Systemen in der Luftfahrt nachteilig.

Bei sogenannten Sichtanflügen werden vor allem die Precision Approach Path Indicator (PAPI) auch am Tage zur Einschätzung des vertikalen Flugweges genutzt. Bei Nacht oder schlechter Sicht kommt auch die herkömmliche Anflugbefeuerung hinzu, die ebenfalls aus größeren lateralen Winkeln, z.B. im Queranflug, eine stark reduzierte Helligkeit hat.

## Synthetic Vision Systems

Im Rahmen der Einführung von besseren Cockpit Displays und Enhanced Vision Systems (EVS) wird zunehmend auch die Einführung von Synthetic Vision Systems erforscht. Diese Systeme stellen auf

Displays eine berechnete Außensicht basierend auf digitalen Datenbanken dar.

Unterstellt man eine sehr genaue Positionsinformation des Flugzeugs und eine hochpräzise, aktuelle Datenbank können mit dieser Technik sehr reale Darstellungen der Außenwelt generiert werden, vergleichbar mit besten Wetterbedingungen. Problematisch ist dabei, dass diese Informationen aufgrund der in der Regel guten Zuverlässigkeit leicht in die Bildung des Situationsbewusstseins integriert und zu wenig hinterfragt werden.

### Positionsgenauigkeit

Aus der Praxis ergeben sich mehrere Problemfelder. Das grundlegende Problem ist die Genauigkeit der berechneten Position. Im Normalfall ist diese bei der Verwendung von Satellitennavigation ausreichend genau und auch präziser als bei der Nutzung von Funkfeuern zur Stützung der Positionsberechnung. Leider sind aber auch Fälle bekannt, wo GPS Signale verfälscht oder gestört worden sind und dadurch inkorrekte Positionsberechnungen erfolgt sind. Das folgende NOTAM wurde 2012 veröffentlicht:

„CAUTIONARY INFORMATION FOR AIRCRAFT OPERATING IN INCHEON FIR: PILOTS HAVE REPORTED THAT GPS SIGNALS ARE UNRELIABLE OR LOST INTERMITTENTLY IN INCHEON FIR.  
EXERCISE EXTREME CAUTION WHEN USING GPS. 28 APR 00:32 2012 UNTIL 03 MAY 15:00 2012 ESTIMATED. CREATED: 28 APR 00:34 2012.“

### Datenbank

Das zweite Problem ist die Genauigkeit der Datenbank. Es sind weltweit mehrere Fälle bekannt, wo die Koordinaten für Landschaftsmerkmale nicht mit den regionalen Gegebenheiten übereinstimmen. Die Gründe dafür sind vielfältig. Es gibt einerseits Staaten, denen der Fehler bei der Erstellung der Karten später bekannt gemacht wurde, die sich aber weigern, alle Verfahren auf die neuen Koordinaten umzustellen. Es gibt andererseits aber auch Staaten, die aus vermutlich militärischen Gründen gewisse Ungenauigkeiten in den Karten akzeptieren oder diese künstlich erzeugen.



Abbildung 2: Laufstrecke Nanjing, China, GPS-Track auf Google Maps

Die Datenbank ist aber auch noch aus weiteren Gründen problematisch. Prinzipiell sind Fehler möglich, ähnlich derer, die auch in elektronisch erzeugten Karten zu finden sind. Darüber hinaus fehlen kurzfristige Änderungen, die per NOTAM verbreitet werden. Dazu gehören Kräne in Flughafennähe oder Baustellen auf dem Vorfeld. Diese Änderungen werden oft spontan vorgenommen und können daher nicht in die fest terminierte Aktualisierung der Datenbank eingepflegt werden.

Last but not least kaufen nicht alle Airlines alle Aktualisierungen der Datenbanken: Während sich die Datenbanken für die Flugdatenrechner oft ändern, ändert sich die Landschaft nicht so schnell. Der Wunsch daher, auf kostenpflichtige Aktualisierungen zu verzichten ist daher auf den ersten Blick nachvollziehbar, erhöht aber auf der anderen Seite das Risiko von nicht aktualisierten Fehlern oder dem Auslassen von kurzfristigen Änderungen.

Aus all diesen Gründen lehnt die Vereinigung Cockpit die Nutzung von synthetischen Sichtsystemen als alleinige Sichtsysteme unterhalb von Sicherheitsmindesthöhen ab. Die Kombination mit sogenannten Enhanced Vision Systems ist hingegen vorstellbar und durchaus sinnvoll.

## Fazit

Die Weiterentwicklung der in Cockpit und Luftfahrt verwandten Technologien zur Erhöhung der Flugsicherheit ist notwendig und sinnvoll. Es sollte dabei ergebnisoffen geforscht und alle Möglichkeiten in Betracht gezogen werden.

Die Einbindung von Anwendern in einem frühen Stadium der Entwicklung ist dabei gerade in der Luftfahrt von ungeheurer Bedeutung: Im Gegensatz zu vielen anderen Forschungsbereichen haben die Forschenden in der Regel kein oder nur ein sehr beschränktes Anwenderwissen. Ist dieses Vorhanden, kennt es meist nicht alle Facetten des Alltags, die sich aus der globalen Verbreitung und Vernetzung der Luftfahrt ergeben.

Die Vereinigung Cockpit steht der Wissenschaft zur Analyse, Diskussion und Bewertung von neuen Technologien zur Verfügung.

## Literatur

Braun, N., et al., 2009, „Runway Incursion Policy“, Vereinigung Cockpit e.V., [www.vcockpit.de](http://www.vcockpit.de)

Braun, N., 2010, „Berücksichtigung des operationellen Gesamtumfeldes in der Konzeption von Pilotenassistenzsystemen und deren Interaktionstechnologien“ in „Innovative Interaktionstechnologien für Mensch-Maschine-Schnittstellen“, DGLR, 2010

Bullough, J., 2012, “Issues With Use of Airfield LED Light Fixtures”, Transportation Research Board

Moreau, B., 2009, “FedEx HUD/EFVS Overview and LED Replacement for Airport and Approach Lighting Structures”, Vortrag Aviation Lighting Conference, Illuminating Engineering Society of America, [http://www.iesalc.org/?wpfb\\_dl=110](http://www.iesalc.org/?wpfb_dl=110), Datei geladen am 30.07.2015

Federal Aviation Administration, 2009-2015, Annual Runway Safety Report, [www.faa.gov](http://www.faa.gov)

Financial Times, May 2<sup>nd</sup> 2012, “N Korea jams signals on Seoul flights”

National Business Aviation Association NBAA, 2014, “FAA Discusses Pros and Cons of Airport LED Lighting with Industry Stakeholders”, <http://bit.ly/1VMLTuU>, abgerufen am 30.07.2015