

INGENIEURSTRAUM AUTONOMES FLIEGEN UND OPERATIONELLE VERANTWORTUNG

Th. Mildenberger
Vereinigung Cockpit
D-60549 Frankfurt
Unterschweinstiege 10
Deutschland

Zusammenfassung

In nahezu allen Bereichen unseres modernen, zivilisierten Lebens übernehmen Menschen die Verantwortung für die Konsequenzen, die aus dem Lauf von Maschinen entstehen können. Sie sind dafür gerüstet durch entsprechende Eingriffsmöglichkeiten, sowie Schnittstellen, die sie in die Lage versetzen, die Situation richtig einzuschätzen. Dies ist natürlich in besonderem Maße der Fall in einer gefahrengeneigten Tätigkeit, wie sie die Luftfahrt nach wie vor darstellt. In der bemannten Luftfahrt wird daher auch viel Energie in die Optimierung der Mensch-Maschine-Schnittstelle gesteckt; intelligente Assistenzsysteme helfen, die Auswirkungen von Schwächen und Unzulänglichkeiten des Menschen zu minimieren.

In der Luftfahrt hat dieses Prinzip Verantwortung einen sehr hohen Stellenwert.

Viele gegenwärtige Steuerungskonzepte für UAV sind jedoch mit der Wahrnehmung von Verantwortung (z. B. eines UAV-Kommandanten) nicht kompatibel. Ja, sie erschweren diese Aufgabe, oder machen sie sogar nahezu unmöglich. Die Schnittstellen, eine ausreichende 'situational awareness' von einem entfernt fliegenden unbemannten Flugzeug zu erhalten, sind weitgehend unzureichend; außerdem gibt es oft keine bzw. nur limitierte Interventionsmöglichkeiten.

Solange entsprechende Vor- und Unfälle von UAV in gesperrtem militärischem Gebiet oder in Kriegsgebieten stattfanden, zogen diese nur begrenztes Interesse auf sich. Da die unbemannten Luftfahrzeuge aber nun mit Macht in den gemeinsamen, öffentlichen Luftraum streben, werden diese Faktoren unübersehbar.

Vor diesem Hintergrund müssen Steuerungsphilosophien von unbemannten Luftfahrzeugen kritisch hinterfragt und auf ihre Praxistauglichkeit, insbesondere aber auf ihre Sicherheit und Kompatibilität mit den Prinzipien der bemannten Luftfahrt überprüft werden.

1. EINLEITUNG

Seit der Erfindung des Fliegens ist es Bestreben der Ingenieure, Flugzeuge und deren Bedienung sicherer, zuverlässiger und komfortabler zu gestalten.

Die Digitalisierung und Computerisierung hat dabei insbesondere der Regelungstechnik ganz neuartige Möglichkeiten an die Hand gegeben, den Prozess Fliegen zu automatisieren, und eventuell in letzter Konsequenz – den Menschen, den Piloten – überflüssig zu machen. Nun, das unbemannte Fliegen ist

nicht neu: schon die Fieseler Fi 103 – im Volksmund V1 - flog unbemannt und 'entschied' über den eigenen, kontrollierten Absturz als Bombe. Auch die Konvention von Chicago, auf die ich in der Folge noch näher kommen werde, hat bereits in ihrer ersten Fassung von 1944 die Möglichkeit unbemannter Flugzeuge im Artikel 8 vorgesehen. [1]

Dennoch dauerte es bis um die Jahrtausendwende, dass die Industrie die unbemannten Flugzeuge für reif genug hielt, nicht mehr nur als Waffen im Krieg oder auf Truppenübungsplätzen eingesetzt zu werden, sondern sie als Ergänzung, ja Ersatz für zivile, bemannte Anwendungen in der Luftfahrt vorzusehen.

Viele der gegenwärtig geplanten oder sogar schon eingesetzten Konzepte spiegeln die Überzeugung wieder, dass der Verzicht auf einen menschlichen Piloten sogar einen Sicherheitsgewinn darstellen würde, da ja bekanntlich die meisten Abstürze auf Pilotenfehler zurückzuführen seien. Nicht zu reden von der Möglichkeit, dass durch den Verzicht auf sonst notwendige, lebenserhaltende Systeme für einen menschlichen Piloten eine günstigere, leichtere Konstruktion möglich wird.

Diese Theorie geht jedoch grundlegend in die Irre. Nicht nur, dass die Ausgangsthese falsch ist. Das, was gemeinhin als Pilotenfehler subsumiert wird, sind 'human errors'. Und die betreffen alle Menschen, die etwas mit dem Flug zu tun hatten: Den Ingenieur, der das Flugzeug konstruiert hat. Den Programmierer, der die Steuerungs-Software schrieb. Den Dispatcher, der den Flug plante. Den Manager, der die wirtschaftlichen und organisatorischen Vorgaben machte. Und zu guter Letzt natürlich auch den Piloten. Oft agiert er allerdings als derjenige, der die 'human Errors' der Anderen noch ausbügeln und auffangen kann.

Diese Konzepte – und das ist mindestens so schwerwiegend – missachten aber auch das zivile, fliegerische Umfeld, wie es in den einschlägigen Gesetzen gefasst ist.

2. DAS ORGANISATORISCHE UMFELD

Um den Rahmen zu verstehen, in dem die zivile Luftfahrt stattfindet, ist es nötig, sich mit einigen Grundlagen vertraut zu machen.

Die deutsche, aber auch jede andere zivile Luftfahrtgesetzgebung basiert auf den Grundsätzen, die seit 1944 von einer Unterbehörde der UN, der ICAO, entwickelt wurden. Deren Basisdokument, die Konvention von Chicago oder doc 7300 geht von drei fundamentalen Grundsätzen aus: [2]

- Sie regelt zivile Fliegerei mit zivilen Flügen.
- Sie weist die Verantwortung für einen Flug genau einer natürlichen Person, dem pilot-in-command, zu. Nichts Besonderes eigentlich, denn es ist ein fundamentales Rechtsprinzip, dass jemand, der etwas unternimmt, von dem Gefahren ausgehen, für die Konsequenzen verantwortlich zu machen ist. Dies gilt nach ICAO für jeden Flug, ungeachtet dessen, ob es sich um einen Freiballon oder die Steuerung eines Airbus A380 handelt.
- Außerdem unterstellt sie, dass es auch heute noch Situationen im Fluge geben kann, die nicht durch bereits im Voraus bedachte Verfahren oder Gesetze geregelt werden können und gibt ihm die nötige Vollmacht, von Verfahren und Gesetzen abzuweichen, wenn es ihm für die sichere Fortsetzung des Fluges im wahrsten Sinne des Wortes notwendig erscheint.

In Annex 2 zur Chicago-Konvention wird die ICAO noch deutlicher:

"The pilot-in-command of an aircraft shall, whether manipulating the controls or not, be responsible for the operation of the aircraft in accordance with the rules of the air, except that the pilot-in-command may depart from these rules in circumstances that render such departure absolutely necessary in the interests of safety.“ [3]

Dieser Passus wird gemeinhin als Emergency-Authority bezeichnet.

Beide Aspekte, die letztendliche Verantwortung für den Flug, wie auch die Ermächtigung, zur Erfüllung dieser Verantwortung von Regeln und Gesetzen abzuweichen, sind in diesem Paragraph 2.3.1 eindeutig benannt.

Wenn es eine Gemeinsamkeit bei der Untersuchung von Flugunfällen gibt, dann, dass kein Unfall einem anderen völlig gleicht. Dies heißt jedoch in der Konsequenz, dass auch Fehlerszenarien nur begrenzt vorausbedacht werden können, Betriebsverfahren und Vorschriften nicht jeden Fall abdecken können. Darum die Erlaubnis für den Kommandanten, alles zu unternehmen, um den Flug sicher zu beenden wenn ihm dieses Vorgehen im Interesse der Sicherheit als notwendig erscheint. Bei ICAO wird dies auch dadurch unterstrichen, dass dem Kommandanten (pilot-in-command) die letztendliche Verantwortung für den Flug übertragen bleibt:

„The pilot-in-command of an aircraft shall have final authority as to the disposition of the aircraft while in command“ (ICAO Annex 2, Paragraph 2.4)

Diese Aussagen haben sehr weitreichende Konsequenzen, nicht nur für die Konzeption von bemannten Flugzeugen, sondern natürlich auch besonders für die Steuerungskonzepte von unbemannten Flugsystemen.

3. OPERATIONELLE FORDERUNGEN

Aus dem Vorgesagten ergeben sich folgende grundlegende Forderungen an ein operationelles Konzept für unbemannte Flugsysteme:

- Der Kommandant muss zu jeder Zeit genügend Informationen erhalten, um sich ein Bild von der Situation des Flugzeugs zu machen, damit er in der Lage ist, seine Verantwortung wahrzunehmen.
- Der Kommandant muss genügend Eingriffsmöglichkeiten auf das Flugzeug haben, den Flug so zu beeinflussen, wie es ihm zur sicheren Durchführung nötig erscheint.

4. GRUNDLEGENDE STEUERUNGSPHILosophien

Um die Konsequenzen dieser Forderungen zu verstehen, ist es nötig, sich etwas mit den zwei prinzipiellen Steuerungsphilosophien von UAV auseinanderzusetzen: die

- 'autonome': Entscheidung und Steuerung durch das UAV, und die
- 'manuelle': Entscheidung und Steuerung durch den UAS-Kommandanten.

Autonome Konzepte haben sehr viel Charme, da die 'Achillesferse' Datenlink den Betrieb nicht oder wenig einschränkt. Da der UAV-Kommandant nicht in den Flug eingreift, ist auch keine aufwendige Mensch-Maschine-Schnittstelle notwendig; in der Konsequenz benötigt man auch die Fähigkeiten und Fertigkeiten eines als Flugzeugführer ausgebildeten UAV-Kommandanten nicht. Ehrlicherweise muss man allerdings feststellen, dass viele, wichtige Voraussetzungen, autonom zu fliegen, noch nicht einmal auf dem Reißbrett existieren, geschweige denn zum Einsatz kommen.

Nicht zu reden davon, dass - wie bereits oben in den Forderungen ausgedrückt - nach unserer Ansicht ein solches Konzept schon deswegen nicht zertifizierbar, nicht zulassungsfähig wäre, da es die operationelle Verantwortung des verantwortlichen UAV-Kommandanten, wie sie sich in den einschlägigen Luftfahrtge-

setzen ausdrückt, negiert bzw. in einen Bereich verslagert, der eher die Tätigkeitsmerkmale eines klassischen 'Dispatchers' erfüllt: Die Planung und Vorbereitung eines Fluges.

Manuelle Konzepte, also Konzepte, die eigentlich lediglich den Piloten aus dem Flugzeugcockpit in ein entsprechendes Cockpit am Boden versetzen, sind dagegen vordergründig viel mühsamer und womöglich kostspieliger zu erreichen:

Es wird eine zuverlässige, breitbandige 2-Wege-Datenverbindung benötigt, um alle notwendigen Informationen vom Luftfahrzeug zu senden, damit der UAV-Kommandant informierte Entscheidungen treffen kann.

Es wird eine Bodenkontrollstation benötigt, die den UAV-Kommandanten in die Lage versetzt, seine Verantwortung wahrzunehmen – mehr dazu später.

Schließlich wird ein gut ausgebildeter und trainierter UAV-Pilot benötigt.

Allerdings ist der überwiegende Teil der benötigten Technik verfügbar, und weit weniger Steuerungssoftware als für eine „autonome“ Flugdurchführung muss neu entwickelt und zertifiziert werden.

Der wichtigste Vorteil ist, dass sich ein solches manuelles Fernsteuerungskonzept nahtlos in den gegenwärtigen Regelungsrahmen einfügen lassen wird.

4.1. AUTONOM ODER MANUELL

Wie oben bereits erwähnt ergibt sich eine direkte Verbindung zwischen wahrgenommener operationeller Verantwortung einerseits und des Aufwandes bei der Gestaltung des Arbeitsplatzes, sowie der Qualifikation des UAV-Kommandanten andererseits.

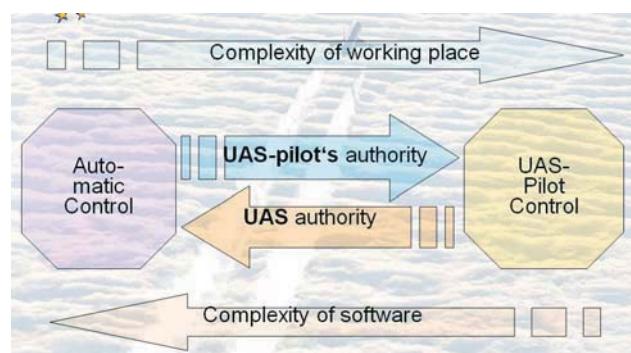


BILD 1. Design-Abhängigkeiten bei Steuerung von UAS

Soll umgekehrt das UA (unmanned aircraft) automatisch fliegen, steigt neben der zusätzlich benötigten Sensorik, insbesondere der Software-Aufwand exponentiell an. [4]

5. HUMAN FACTOR ALS DESIGN-TREIBER

Eine wesentliche Motivation zur Konstruktion von unbemannten Flugzeugen war und ist sicherlich, sich von den Bedürfnissen, den Schwächen und Unzulänglichkeiten eines Menschen in Form des Piloten unabhängig zu machen.

Da der Mensch in Form des UAV-Kommandanten aber wohl weiterhin im Mittelpunkt des Betriebs eines UA stehen wird, ergibt sich naturgemäß die Frage, wie man seine Stärken am Besten nutzt.

Neben der Entwicklung immer zuverlässigerer Technologien war eines der wichtigsten Erkenntnisse zur Steigerung der Flugsicherheit das Eingeständnis, dass auch hochspezialisierte Fachleute Fehler machen. Es wird immer mehr Aufwand getrieben, die Umstände, die zu Arbeitsfehlern führen zu verstehen, sie zu vermeiden oder wenigstens ihre Schwere zu reduzieren, ihre Auswirkungen zu minimieren. [5]

In grober Vereinfachung, unterscheiden wir, in Bezug auf den beitragenden menschlichen Faktor, zwei fundamentale Fehlertypen: den aktiven, und den latenten Fehlertyp. [6]

Der aktive Fehler, dessen Auswirkungen normalerweise sofort spürbar sind, wird gemeinhin den Bedienern (Piloten, Fluglotsen, Kontrollraum-Personal) zugeordnet. Er besteht aus absichtlichen Fehlern (mistakes, z.B. falsche Checkliste, violations, z.B. Regelverstöße, gut gemeinte „Optimierungen“) und unabsichtlichen Fehlern (slips, z.B. Verwechslungen, Auslassungen und lapses, z.B. Vergessen oder falsch Erinnern).

Der latente Fehler, dessen Auswirkung ggf. lange im System schlummern kann zeichnet sich gemeinhin auch dadurch aus, dass er durch diejenigen verursacht wurde, die weder zeitlich noch räumlich mit der direkten, operationellen Kontrolle des Systems zu tun haben. Er ist die Konsequenz aus konzeptionellen Entscheidungen, hard- und software-design, Management- und Organisationsprozessen (z.B. Zeit- oder Kostendruck).

Übersetzt auf die Steuerungskonzepte für UAS, ergäbe sich entsprechend Bild 1, die folgende Abhängigkeit:

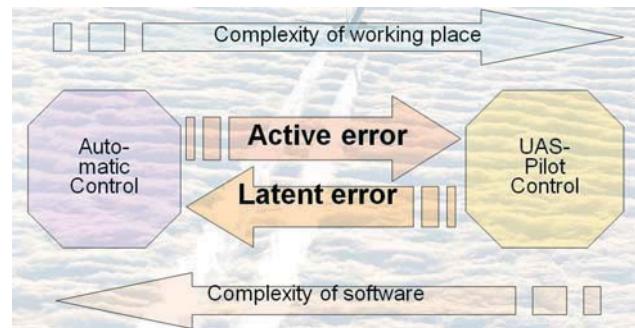


BILD 2. Design-Abhängigkeiten bei Steuerung von UAS

5.1. LEHREN AUS DER FLUGUNFALL-FORSCHUNG

Bei nahezu allen Unfällen ist die Unfallursache nicht singulär, sondern besteht aus einer Verknüpfung von mehreren Faktoren. Dabei fällt dem operator – Pilot oder eben UAS-Pilot meistens die Rolle zu, der letzte der ‚Faktoren‘ zu sein: Entweder, um die ‚Fehlerkette‘ noch zu brechen, oder um sie zu vervollständigen.

James Reason beschreibt diesen Zusammenhang: „Rather than being the main instigators of an accident, operators tend to be the inheritors of system defects created by poor design, incorrect installation, faulty maintenance and bad management decisions. Their part is usually that of adding the final garnish to a lethal brew whose ingredients have already been long in the cooking.“ [6]

Generell ließe sich sagen: Automatisierungs-Szenarien verschieben den handelnden Menschen zum planenden Menschen und damit die Fehler vom Cockpit in das Entwurfsbüro und vom aktiven zum latenten Fehler.

5.2. DER ARBEITSPLATZ - HMI

Das Vermeiden von active errors beginnt maßgeblich bei der Gestaltung des Arbeitsplatzes, des human-machine-interface.

Im Cockpit eines modernen Verkehrsflugzeuges spielen Erkenntnisse aus der Fehlerforschung bei der Gestaltung und Anordnung der Instrumente und Bedienelemente, sowie der Gestaltung von Assistenzsystemen und Warnungen eine große Rolle.



BILD 3. Cockpit der Boeing 787

Darüber hinaus, erlaubt der Arbeitsplatz im Flugzeug über eine ganze Menge anderer Stimuli zu einem mentalen Modell der gegenwärtigen Situation zu kommen. Unter anderem:

- Optische: Cockpit-Anzeigen, Außensicht
- Akustische: Geräusche, Explosionen, Rumpeln, plötzliche Stille
- Gerüche: Intern (z.B. electrical fire), extern (z.B. flight through volcanic ashes)
- Erschütterungen: Turbulenz, Vibrationen
- Wärme/Kälte, Trocken/Nass

Welche dieser Stimuli in einer ground control station (GCS), dem Arbeitsplatz des UAS-Piloten zur Verfügung stehen können, zeigt folgende Aufstellung:

- Optische: Ja, beschränktes Sichtfeld (Kamera-Bild auf Monitoren)
- Akustische: Nein. Aber eventuell installierbar
- Gerüche: Nein. Eventuell zusätzliche optische Anzeige?
- Erschütterungen: Nein. Eventuell zusätzliche optische Anzeige?
- Wärme/Kälte, Trocken/Nass Nein.

Zusammenfassend, eine starke Konzentration auf den optischen Kanal.

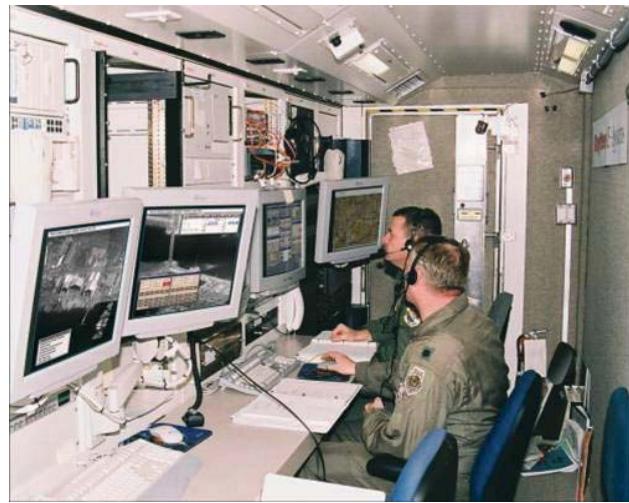


BILD 4. GCS RQ-4A Global Hawk

In gängigen Modellen, in denen versucht wird, die Denkweise des menschlichen Gehirns zu erklären, ist ein ‚Central Decision Maker‘ enthalten, der die anfallende Arbeit quasi seriell abarbeitet. Dabei hat jeder Sinn (Sehen, Hören, Fühlen) einen eigenen kleinen Kurzzeitspeicher mit stark limitierter Kapazität. [7]

Rolf Wiedemann und Rolf Sulzer schreiben dazu in [5]: „Wenn in Situationen mit hoher Arbeitsbelastung der visuelle Kanal seine maximale Aufnahmefähigkeit erreicht hat, können zusätzliche Informationen nur noch auf anderen Kanälen verarbeitet werden.“

Da in der GCS nicht alle Stimuli zur Verfügung stehen können, ist die sorgfältige Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle umso wichtiger.

6. ICAO DESIGN-KRITERIEN ANGEWANDT AUF DIE GCS

ICAO kennt bisher UAS in Bezug auf Zertifizierung nicht. Da aber allgemein anerkannter Konsens für die Integrierung von UAS in den gemeinsamen Luftraum ist, dass sich bestehende Regularien so wenig wie möglich ändern sollen, kann man davon ausgehen, dass die verschiedenen Vorschriften lediglich dort, wo nötig, ergänzt werden. Es ist damit sinnvoll, sich mit den Vorschriften bezüglich der Zertifizierung der Mensch-Maschine-Schnittstelle eines bemannten Flugzeuges, des Cockpits, zu befassen. Annex 6 der ICAO (operation of aircraft) beschreibt in §6.2.1 (part 1), respektive §2.4.2.1 (part 2):

„An aeroplane shall be equipped with instruments which will enable the flight crew to *control the flight path of the aeroplane, carry out any required procedural manoeuvres and observe the operating limitations of the aeroplane in the expected operating*

conditions.“ [8] (Kursive Hervorhebungen durch den Autor)

Bekanntlicherweise werden diese Anforderungen spezifiziert in den entsprechenden Certification specifications (CS). Im Falle von Verkehrsflugzeugen in Europa, findet man die entsprechenden Vorschriften im Kapitel F: (CS 25.1309a)

“(a) The aeroplane equipment and systems *must be designed and installed so that:*

Those required for type certification or by operating rules, or whose improper functioning would reduce safety, perform as intended under the aeroplane operating and environmental conditions.” [9] (Kursive Hervorhebungen durch den Autor)

In der zugehörigen Erläuterung (AMC 25.1309 9.5) wird präzisiert:

„Where () analysis identifies () indication ()/ or action by, the flight crew () the following activities should be accomplished:

() any () indications () are actually provided by the system.

() any () indications will () be recognized.

() any actions required have a reasonable expectation of being accomplished successfully and in a timely manner.“ (Kursive Hervorhebungen durch den Autor)

Auch wenn diese Vorschriften momentan lediglich auf die Zulassung von bemannten Flugzeugen abzielen, wird in ihnen doch deutlich, in welche Richtung das Design einer GCS gesehen werden sollte, möchte man eine Zulassung des Systems für den Flug im gemeinsamen Luftraum erreichen.

Leider zeigen die gegenwärtigen Konzepte von GCS deziert weniger Bemühung, dem UAV-Piloten einen ergonomischen Arbeitsplatz zur Verfügung zu stellen, als es die Hersteller von bemannten Flugzeugen tun.

Unter Fachleuten, ist dies auch bereits Anlass zur Sorge:

„In short, the Ground Control Station (GCS) environment and the operator vehicle interface do not facilitate Air Force RPA (remotely piloted aircraft, Anm. des Autors) operators. A number of studies have demonstrated that poorly designed automation degrades system performance, especially in multi-task vigilance situations typical of the GCS environment (). This is a very significant finding given the Air Force is using the same GCS and operator vehicle interface in the MQ-9, its next generation of the predator.” [10]

7. KONSEQUENZEN FÜR DAS GCS-DESIGN AUS OPERATIONELLEN FORDERUNGEN

Die erste operationelle Forderung: „Der Kommandant muss zu jeder Zeit genügend Informationen erhalten, um sich ein Bild von der Situation des Flugzeugs zu machen, damit er in der Lage ist, seine Verantwortung wahrzunehmen.“

Ist durch das vorstehend Gesagte bereits ausreichend begründet.

Die zweite Forderung: „Der Kommandant muss genügend Eingriffsmöglichkeiten auf das Flugzeug haben, den Flug so zu beeinflussen, wie es ihm zur sicheren Durchführung nötig erscheint.“

beinhaltet ihrerseits einige Aspekte:

- manuelle Steuerungsmöglichkeit des UA
- Echtzeit-Reaktion, Echtzeit-Rückmeldung
- Automatische Reaktionen dürfen nur als Risikobegrenzung eingesetzt werden, nicht als ‚normal operation‘

7.1. MANUELLE STEUERUNGSMÖGLICHKEIT

Die meisten eingesetzten UAS erlauben die Kontrolle von Flugweg, Höhen und Geschwindigkeiten über die Eingabe von Wegpunkten in das flight control system , analog zum FMS, dem flight management system in modernen Verkehrsflugzeugen.

Aufgrund automatisierter Start- und Landetechniken erlauben viele Konzepte momentan keinen direkten input, wie ihn die Steuersäule bei einem bemannten Flugzeug erlaubt.

Kevin Williams schreibt dazu: „Flights within the NAS (NAS = National airspace system, nationaler, ziviler Luftraum der USA, Anm. des Autors) must sometimes respond to directives from Air Traffic Control to change heading, change or hold an altitude, or proceed to a different intersection. In addition, a change in the flight path might be required in response to the presence of traffic or weather that needs to be avoided.“

While it is possible that these contingencies could be handled through the manipulation of waypoints, the speed and efficiency of the response might be compromised. For this reason, it is expected that lower levels of flight control will be needed.“ [11]

Dies bedingt nicht notwendigerweise eine direkte stick-to-rudder-Funktionalität. Dies wäre vielleicht sogar kontraproduktiv, da, wie oben gezeigt, in der GCS nicht alle Stimuli produziert werden können.

In [11] schreibt Williams:

„Previous research indicates that the performance-level control joystick, which commands bank angle and vertical speed, is more effective than the direct control of aircraft surfaces. There is no need to allow control inputs below this level of control because there is no need to perform aerobatic maneuvers with these aircraft. In addition, benefits accrue to the pilot due to not requiring the integration of lower levels of inputs.“

Zumindest aber benötigt es eine Funktionalität, die eine direkte Beeinflussung von heading, speed, vertical speed und altitude, ggf. unter Ausnutzung des gesamten flight-envelopes, zulässt. (Ausweichen von Hindernissen, Wetter, anderen Flugzeugen!)



BILD 5. [Flightstick und FCU Airbus](#) als Beispiel der Mindest-Funktionalität der Flugwegbeeinflussung in der GCS

7.2. ECHTZEIT-REAKTION, ECHTZEIT-RÜCKMELDUNG

Einige der besonders schwerwiegenden Entscheidungen eines Kommandanten sind auch besonders zeitkritisch. Beispielsweise basiert eine sichere Ausweichempfehlung des ACAS II (Airborne collision avoidance system) auf einem 5-Sekunden-Zeitraum zwischen Warnung und Reaktion der Crew. [12]

Das heißt, dass Signalisierung des threats durch das UA an die GCS, Entscheidung des UAS-Kommandanten, Übermittlung an das UA und Beginn der Reaktion des UA in diesem 5-Sekunden-Zeitraum liegen müssen.

Verschiedene operationelle Konzepte führen das UA über eine Satellitenverbindung. Dies bedeutet aber, bedingt durch die Kommunikationsarchitektur, eine Übermittlungszeit vom UA zur GCS und zurück zum UA von bis zu 25 Sekunden – nicht tolerierbar. [13]

Abizer Tyabji schreibt sogar: „Probably one of the most significant challenges facing UAV pilots today is reaction time. While no formal studies have been accomplished to

judge how long it takes from the beginning of an emergency to the loss of an aircraft, in my personal experience, it's much quicker in the UAV than manned airplanes. As discussed earlier, with the lack of tactile feel, emergencies can take UAV pilots by surprise. In many of the Predator Class A mishaps, the pilot only had 10-14 seconds from initial indications to loss of the aircraft.“ [14]

7.3. AUTOMATISCHE REAKTIONEN ALS RISIKOBEGRENZUNG

Ausweichreaktionen auf Wetter, Gelände oder andere Flugzeuge sind, wie bereits gesagt, zeitkritisch. Da andererseits das Vorhandensein des Datenlinks momentan nicht mit ausreichender Ausfallsicherheit garantiert werden kann, muss eine automatische Reaktion gewährleistet sein. Unabhängig davon, ob ein solches automatisches System seinerseits die notwendige Ausfallwahrscheinlichkeit nachweisen kann, ist eine automatische Reaktion ohne Bestätigung durch den UAS-Kommandanten nur für den Fall des Abbruchs des Datenlinks denkbar, da der UAS-Kommandant letztendlich für den sicheren Flug des UA verantwortlich zeichnet.

Großer Wert muss auch darauf gelegt werden, dass Systemausfälle möglichst nicht dazu führen, dass der UAS-Kommandant von seinem UA „getrennt“ wird. Die Verbindung zwischen dem UA und der Bodenstation muss eine hohe Priorität in der Systemauslegung haben.

8. ZUSAMMENFASSUNG

Die Vereinbarkeit des Fluges von unbemannten Flugzeugen im gemeinsamen Luftraum erfordert, insbesondere was die operationellen Konzepte betrifft, weitere Anstrengung. Insbesondere auch die GCS benötigt deutliche Entwicklungen und weitere Forschung. Sie muss nicht zwangsläufig so aussehen wie das Cockpit eines Verkehrsflugzeuges. Bis diesbezüglich genügend gesicherte Erkenntnisse vorliegen, ist es aber sicher nicht verkehrt, sich an die Erkenntnisse in der Gestaltung der entsprechenden Schnittstellen in der bemannten Fliegerei zu halten. Denn der Begriff UAS = Unmanned aircraft system geht gründlich in die Irre: Schliesslich ist auch weiterhin zentral – mit dem UAS-Kommandanten – ein Mensch im „loop“.

Sofern sorgfältig konzipiert, kann ein solches System vermutlich mit der geforderten, notwendigen Sicherheit im gemeinsamen, zivilen Luftraum betrieben werden. „Autonome“ Konzepte können dann gründlich bewertet und damit einhergehenden Probleme diskutiert werden. Schlussendlich kann dann die gesellschaftliche Diskussion geführt werden, ob man den kritischen Schritt tatsächlich gehen will, Verantwortung vom Menschen an eine Maschine zu übertragen.

Schrifttum

- [1] Konvention on International Civil Aviation, Chicago, 7th day of December 1944, downloadable from <http://www.icao.int>
- [2] Convention on International Civil Aviation, 9th edition 2006, downloadable at <http://www.icao.int>
- [3] Annex 2 to the Convention on International Civil Aviation, 'Rules of the Air', 10th edition, July 2005, amended 20/11/08, International Civil Aviation Organization, Montreal
- [4] A. Brandstetter, Autonomous System Architectures Modeling and Integration, SCI Symposium on Intelligent Uninhabited Vehicle Guidance Systems, München, 2009
- [5] H.-J. Ebermann, G. Fahlenbruck, H.-U. Raulf et al, VC-Human Factor Konzept, Vereinigung Cockpit, Unterschweinstiege 10, 60549 Frankfurt
- [6] J. Reason, Human Error, Cambridge University Press, Cambridge, 19th printing 2008
- [7] R.G. Green, H. Muir, M. James, D. Gradwell, R.L. Green, Human Factors for Pilots, Avebury Technical, Farnham Surrey1996
- [8] Annex 6 to the Convention on International Civil Aviation, 'Operation of aircraft, 8th edition, July 2001, amended 20/11/08, International Civil Aviation Organization, Montreal
- [9] EASA, DECISION NO. 2003/2/RM OF THE EXECUTIVE DIRECTOR OF THE AGENCY of 17 October 2003 on certification specifications, including airworthiness codes and acceptable means of compliance, for large aeroplanes (« CS-25 »), downloadable under <http://www.easa.eu.int>
- [10] Human factors in remotely piloted aircraft operations: HFCAS Analysis of 221 Mishaps over 10 years, Aviation, Space and Environmental Medicine, Vol. 77, July 2006
- [11] Kevin W. Williams, An Assessment of Pilot Control Interfaces for Unmanned Aircraft, Federal Aviation Administration, Oklahoma City, April 2007
- [12] Honeywell, Collision avoidance system user's manual, Washington, 2000
- [13] Joseph Barnard, Small UAV Command, Control and Communication Issues, Presentation given at the Institute of Engineering and Technology ("IET") Seminar on 5th December 2007 at Savoy Place in London on "Communicating with UAVs"
- [14] Abizer Tyabji, Unique problems associated with UAV employment, auf <http://afssafety.af.mil>. , Mai 2007, zu finden auf: http://findarticles.com/p/articles/mi_m0IBT/is_5_63/ai_n19396165/