

Wer oder was fliegt den Airbus?

Technologischer Fortschritt & Handlungsverantwortlichkeit

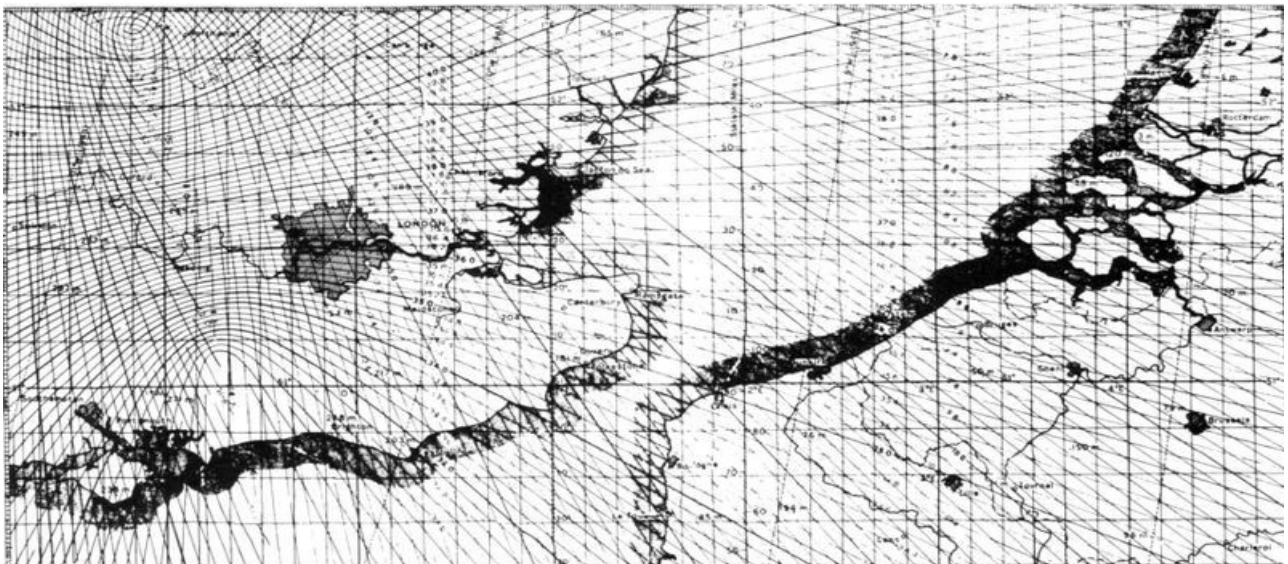
Ausarbeitung zum Vortrag vom 28.01.2008 von Oleksandra Lysyk und Stefanie Grunwald



Photo eines A319 © photoblog.deviantdeadlock.de

Gegen Ende des Zweiten Weltkrieges befand sich die Flugzeugtechnik das erste Mal auf einem mit heutigen Anforderungen vereinbaren Niveau. Das Cockpit jener Zeit bestand aus 5-6 Personen: Einem Piloten sowie einem Co-Piloten, einem Flugingenieur, einem Navigator und einem Bordfunker. Die Funktion des Bordfunkers, welcher für die Kommunikation mit Flughäfen am Boden zuständig war, wurde schon sehr bald durch modernere und leichter bedienbare Funkgeräte vom Piloten übernommen.

Die Arbeit des Navigators gestaltete sich als zunächst nicht ersetzbar. Dieser verbrachte die meiste Zeit im Flugzeug damit, ein Oszilloskop zu beobachten und auf Signale von Stationen zu warten. Die Stationen waren an festen Standpunkten auf dem Boden verteilt und sendeten in fest definierten Zeitintervallen ihre Signale. Trafen beispielsweise zwei Signale gleichzeitig beim Navigator ein, so wusste dieser, dass sich das Flugzeug auf einer geraden Positionslinie zwischen den beiden Stationen befinden musste. Erreichten ihn die Signale jedoch zu unterschiedlichen Zeitpunkten, so ergab sich eine Kurve aus den möglichen Positionen. Bereits bei drei empfangenen Signalen bestimmte sich so ein Kreuzungspunkt, der die



Ein Navigationsgitternetz des Ärmelkanals (Quelle: de.wikipedia.org/wiki/Bild:GEE_Map_of_channel_area.jpg)

aktuelle Position des Flugzeuges bezeichnete. Die Aufgabe des Navigators bestand nun darin, die Kurven und Linien in ein sogenanntes Navigationsgitternetz zu übertragen und den Piloten über die aktuelle Position zu informieren, damit dieser eventuelle Kursänderungen vornehmen konnte. Diese Form der Navigation war leider nicht sehr präzise: Bei kurzen Abständen zu den Sendestationen lag die Genauigkeit bei etwa 150 Metern; am Ende der Signal-Reichweite, also in etwa 650 km Entfernung, konnte die per Gitternetz bestimmte Position jedoch bis zu 3,2 km von der tatsächlichen abweichen. Wegen der kurzen Reichweite und der notwendigen Bedingung,

dass die Stationen einen festen Standpunkt haben mussten, konnten Flugzeuge somit nur in Küstennähe und dazu noch unzureichend exakt mit dieser Methode navigieren.

Anfang der 50er Jahre setzte sich mehr und mehr eine neue Technik zur Navigation durch: Das UKW-Drehfunkfeuer, dessen Funktionalität ähnlich der eines Leuchtturms ist. Das Prinzip der Positionsbestimmung ist



Drehfunkfeuer-Station in Aichtal, Deutschland
(Quelle: de.wikipedia.org/wiki/Drehfunkfeuer)

im Wesentlichen das des Navigationsgitternetzes, jedoch mit dem Vorteil, dass die Signale eine Richtungsinformation mit sich tragen, welche durch einen Empfänger ausgewertet wird. Die so bestimmte Position wird auf einem Anzeigergerät ausgegeben und kann so direkt vom Piloten zu jeder Zeit festgestellt werden - eine Technik, die noch heute in allen Linien-Flugzeugen vorhanden ist (allerdings werden die Drehfunkfeuer-Stationen seit 2005 stetig reduziert). Nach dieser Entwicklung wurde schlussendlich auch der Navigator im Cockpit nicht mehr benötigt.

Flugingenieure hingegen sind noch heute in älteren Linienflugzeugen im Einsatz. Ihre Aufgabe besteht aus technischen Kontrollen mithilfe von Checklisten vor und nach einem Flug, sowie der Kontrolle und Bedienung der Flugzeugsysteme während des Fluges. Zu diesen Systemen zählen sich beispielsweise die Treibstoffversorgung des Flugzeuges und der Triebwerksschub. Durch geeignete Maßnahmen im Fehlerfall stellt der Flugingenieur zudem sicher, dass jederzeit die Stabilität des Systems gewährleistet ist.

1982 wartete der Airbus 320 als erstes Linienflugzeug mit einer neuen und bis dahin einzigartigen Technik auf: Der Fly-by-Wire-Steuerung. Zuvor fand die Führung eines Flugzeuges vollmechanisch statt, das heißt die Kraft der Steuerbewegungen des Piloten wurde direkt mittels Stahlseilen, Hubstangen und Hydrauliksystemen an die Steuerelemente des Flugzeuges übertragen. Dies hatte oft einen exponentiellen Kraftaufwand für die Piloten zur Folge, insbesondere bei widrigen Wetterverhältnissen, die starkes Gegensteuern erforderten. Fly-by-Wire - zu Deutsch „Fliegenper-Kabel“ - sollte genau hier für Vereinfachung sorgen. Jede Steuerbewegung wird in elektrische Signale umgewandelt, welche wiederum über elektrische Ventile die Hydraulikzylinder betätigen. Stellt man sich diese Technik zunächst intuitiv als eine Form des uns bekannten Servosystems von PKW vor, so ist hier jedoch der wichtige Punkt, dass im Fly-by-Wire-System Steuerelemente und Stellmotor komplett voneinander entkoppelt sind. Für den Fall eines Elektronikausfalls wurde zwar mithilfe einer mechanischen Notsteuerung vorgesorgt, jedoch sehen wir im Folgenden andere Probleme, die diese Neuerung mit sich bringt.



Fly-by-Wire-System 1972 in einer Vought F-8 der NASA
(Quelle: de.wikipedia.org/wiki/Fly-by-wire)

Zur vollkommenen Digitalisierung der Steuerung benötigte Airbus natürlich Software, unter Anderem „Flight Envelope Protections“. Ziel dieser Software sollte es unter Anderem sein, gefährliche Fluglagen zu verhindern, was durch feste Rahmenvorgaben für Anstellwinkel, Neigung, Geschwindigkeit und Schräglage des Flugzeuges realisiert wurde. Erstmals wurden somit Steuerbefehle auf ihren „Sinn“ geprüft bzw. Ist-Werte mit den einprogrammierten Soll-Werten verglichen und - gegebenenfalls - nicht an die Steuerflächen weitergeleitet. Am 14.09.1993 führte diese Software zu einem Unfall eines A320. Der Airbus befand sich im Landeanflug auf

Warschau bei schlechten Wetterverhältnissen. Vom Tower bekam der Pilot eine Meldung zu starken Seitenwinden, weshalb er sein Flugzeug vorgabengemäß in eine Schräglage brachte. Wenige Minuten nach dieser Ansage drehte jedoch der Wind und das Flugzeug stand in Rückenwind. Infolgedessen kam der A320 schräg, mit dem rechten Hauptfahrwerk zuerst, auf der Landebahn auf. Beim Versuch, Umkehrschub einzusetzen und die den Strömungsabriss bewirkenden Spoiler auszufahren, scheiterte der Pilot jedoch. Wie sich herausstellte, waren in der Software zum Bremsen Restriktionen zur Ausführung dieses Befehls programmiert worden, um ein Einsetzen des Umkehrschubs im Flug zu verhindern. Die Aktivierung des Umkehrschubs war somit erst möglich, wenn beide Stoßdämpfer der Hauptfahrwerke mit jeweils 12 Tonnen belastet waren und zusätzlich die Räder der Fahrwerke eine Mindestgeschwindigkeit von 130 km/h erreicht hatten. Beides war hier nicht gegeben, da das Flugzeug einerseits schräg aufkam und andererseits die Räder wegen einer wetterbedingten 3 cm hohen Wasserschicht auf der Landebahn nicht die erforderliche Geschwindigkeit erreichen konnten. Nach der Logik des Kontroll-Computers befand sich das Flugzeug noch in der Luft. Es steuerte also - den Willen des Piloten missachtend - ungebremst weiter. Die Folgen des Unfalls veranlassten Airbus dazu, die Software zu überarbeiten, sodass statt 12 Tonnen nur noch 2 Tonnen Fahrwerksbelastung notwendig wurden. Bei inzwischen ebenfalls mit Fly-by-Wire ausgestatteten Maschinen der Boeing wäre ein vergleichbarer Unfall nicht möglich gewesen, da hier dem Piloten die finale Entscheidungsgewalt gelassen wurde. Das System gab lediglich Warnungen und Empfehlungen aus, verweigerte aber im Zweifelsfall nicht die Ausführung der Befehle.

Mit Einführung des ECAM (Electronic Centralized Aircraft Monitoring) -Moduls schaffte Airbus wenige Jahre später eine Neuerung, die den Flugingenieur an Bord ebenfalls überflüssig machte. Allerdings hatte man sich inzwischen einen unsichtbaren dritten Mann ins Cockpit geholt: Den Computer. Nachdem der Bereich der Navigation und der Kommunikation hinreichend technisiert und optimiert wurde, galt es nun, den Piloten als menschliche Fehlerquelle in der Flugzeugsteuerung zu „eliminieren“. Gegenüber einem Computer ist ein Mensch zwar langsam und weniger effizient, jedoch hat er den entscheidenden Vorteil, in unvorhergesehenen Situationen neue Strategien entwickeln und (einigermaßen) vorausschauend handeln zu können. Mit Entwicklung der Softwaresysteme in Flugzeugen wurde die „Final Authority“ des Piloten das erste Mal seit Beginn der Flugzeugtechnik in Frage gestellt. Der verunglückte A320 in Warschau machte das Dilemma der Spezifikationsvollständigkeit ersichtlich: Kann ein Softwareentwickler um alle bei einem Flug einzubeziehenden Eventualitäten wissen? Müssten er und Pilot nicht im besten Fall dieselbe Person sein, um eine für den Ausnahmefall gut gerüstete Software zu programmieren?

In Hinblick auf die Handlungseinschränkung des Piloten des A320 werden besonders die rechtlichen Grundlagen zur Flugzeugführung interessant. So heißt es:

§ 3 LuftVO ist in Abs. 1

„Der Luftfahrzeugführer hat das Entscheidungsrecht über die Führung des Luftfahrzeugs. Er hat die während des Fluges, bei Start und Landung und beim Rollen aus Gründen der Sicherheit notwendigen Maßnahmen zu treffen.“

Laut Gesetz liegt also die volle Verantwortung für die sichere Steuerung des Flugzeuges beim „Luftfahrzeugführer“. Gemeint ist der Pilot, doch die Formulierung lässt nach unseren bisherigen Erkenntnissen Interpretationsspielraum. Verantwortung erfordert nach allgemeinem Verständnis Handlungsfreiheit und Handlungsvermögen, welche einerseits durch die zunehmende Verkomplizierung der Technik und andererseits durch Informationsabschirmung erschwert werden. Der Pilot erhält nur noch konkrete Werte, auf deren Basis er

handeln muss - wie diese Werte zustande kommen, sieht er allerdings nicht. Mehr und mehr besteht die Gefahr, dass der Pilot zu einem blinden System-Bediener degradiert. In der Flugbranche ist man sich dieses Umstands durchaus bewusst. So sagte Curtis Graeber, ein Vertreter der Boeing Company, beim „Fourth ICAO Global Flight Safety and Human Factors Symposium“ in Chile im April 1999: „In over 50% of the Loss of Control accidents [...] complete control was available to the flight crew.“ Von den restlichen 50% spricht er wohlwissend nicht.

Wer trägt im Falle eines Absturzes die Verantwortung? Durch die zunehmende Involvierung der Softwaretechnik in der Flugzeugführung trifft den Softwareentwickler je nach Standpunkt eine Teilschuld: Im Sinne der zuvor getroffenen Spezifikation, war die Software, die den Unfall des A320 verursachte, vollkommen korrekt, jedoch finden sich Probleme auf der ethischen Ebene, wenn eine Software über das Leben von hunderten Menschen entscheidet.

Seit 2004 wird im Projekt IFATS (Innovative Future Air Transport System) erforscht, ob die derzeitige Technik zur Umsetzung eines 0-Mann-Cockpits geeignet ist und was ggf. zur erfolgreichen Realisierung notwendig wäre. Das Projekt wird von der EU mit 4 Milliarden Euro gefördert, was auf ein gesteigertes Interesse an der Verwirklichung dieser einstigen Utopie schließen lässt, schließlich lockt eine enorme Optimierung des Flugzeug/Lufttraum-Verhältnisses. Durch die resultierende Personalminimierung erhofft man sich zudem Kostensenkungen und eine Erhöhung der Sicherheit - aber besonders Letzteres ist derzeit fraglich, da weder Software noch Technik hinreichend ausgereift sind. Zwar sind automatisierte Starts und Landungen bereits möglich und während 95% der Flugzeit findet eine Steuerung über Autopilot statt, jedoch böte die komplette

Flugkontrolle vom Boden aus ungeahnte Angriffs- und Manipulationsmöglichkeiten für Dritte. Auch die Involvierung von Flugzeugen älterer Generationen in ein vollautomatisiertes System ist ein großes Problem, deren Lösung in den bisherigen Planungen nur System-Nachrüstung lautet. Nicht zuletzt herrscht unter der Bevölkerung eine große Ablehnung gegenüber der Vorstellung, sich in ein Flugzeug ohne Pilot zu setzen, was vor allem psychologisch begründet ist. Gerade vor Flugzeugunglücken ist die Angst groß, da die Schwere der Unfälle



IFATS-Projekt-Promotion-Bild (Quelle: ifats-project.org)

verheerend und die Zahl der Überlebenden meist gering ist. Der oft gezogene Vergleich zur führerlosen U-Bahn ist nicht nur wegen dieser Tatsache sofort hinfällig: Durch die dreidimensionale Variabilität des Flugkurses gegenüber der in Schienen geleiteten U-Bahn wird deutlich, dass es sich um ein weitaus komplexeres System handelt, dessen Beherrschung dynamisches Handeln erfordert. Bei all den Möglichkeiten zur Automatisierung und der rasanten Entwicklung der Technik wird es also immer wichtiger, sinnvolle technische Fortschritte gegenüber technologischer Megalomanie abzuwägen. Mensch und Technik sollten eine ausgeglichene Symbiose bilden, in der - in unserem Fall - der Pilot durch die Bordtechnik adäquat unterstützt und nicht vollkommen entmachteter wird.

Quellennachweis

Zur Entwicklung der Luftfahrttechnik und Fly-by-Wire:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Flugingenieur>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Drehfunkfeuer>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Fly-by-Wire>

Unfall des A320:

<http://www.flugzeug-absturz.de/>

http://www.wagse.informatik.uni-kl.de/teaching/proseminar/ss1998/A320/A320_X31.html

Rechtliche Aspekte:

http://www.luftrecht.de/p2000_ZLW_3.html

IFATS-Projekt:

<http://www.ifats-project.org>