

Titel

# Captain Computer

Rechner an Bord haben das Fliegen sicherer gemacht – doch geraten sie außer Kontrolle, kommt es zu unheimlichen Zwischenfällen. Während Ingenieure die Automatisierung vorantreiben, warnen Piloten vor einer Übermacht der Maschinen.



Piloten beim Landen eines Airbus A330 auf dem Flughafen Brüssel



Reisende am Flughafen Köln/Bonn vor dem Abflug: Das Gefährlichste am Fliegen ist die Autofahrt zum Airport

Ben Cave spürte allmählich Lange- weile aufkommen. Über drei Stun- den saß der Australier bereits auf seinem Sitz, zwei weitere Stunden lagen noch vor ihm, bis der Qantas-Jet in Perth aufsetzen sollte.

Der Airbus A330 düste auf einer Reise- flughöhe von 11278 Metern dahin. An Bord herrschte der Gleichmut modernen Jetrei- sens, untermalt vom monotonen Rauschen der Triebwerke: Die Stewardessen ließen die Reste des Mittagessens in den Wägel- chen verschwinden, einige der 303 Passagiere warteten vor den Toilet- ten, andere vertrieben sich die Zeit mit Dehnübungen.

Ben Cave löste seinen Gurt, stand auf, öffnete das Gepäckfach und kramte nach einer Zeitschrift und einem Stift. Das würde ihm die rest- liche Flugzeit verkürzen.

Dann begannen die längsten Mi- nuten seines Lebens.

Um 12.40 Uhr und 28 Sekunden meldete sich vorn im Cockpit plötz-

lich der Autopilot ab. Während Cave ahnungslos im Gepäckfach wühlte, blinkte und lärmte es in der Pilotenkanzel. Auf dem zentralen Monitor prangten Fehlercodes: AUTO FLT AP OFF, NAV IR1 FAULT. Dann warnte eine metallische Stim- me: Stall! Stall! Stall! Gefahr: Die Maschine ist zu langsam, gleich reißt die Strömung an den Tragflächen ab!

Dann ein Bimmeln und ein roter Schrift- zug: Overspeed! Overspeed! Overspeed! Die Maschine ist zu schnell!

Einige Sekunden lang dachten der Ka- pitän und der Co-Pilot wohl, sie hätten es nur mit den Zicken eines der Flugcompu- ter zu tun: Die Triebwerke liefen normal, das Flugzeug lag perfekt in der Strömung, das Wetterradar meldete keine Turbu- lenzen.

„Was macht die Kiste nun schon wie- der?“, so entfährt es genervten Piloten in solchen Momenten, und meist hilft es dann, den bockenden Computer neu zu starten – oder es reicht gar, einfach abzu- warten. Häufig kriegt sich der Rechner von selbst wieder ein.

Doch diesmal stieg das Flugzeug wie von Geisterhand. Und nur einen Augenblick später, um 12.42 Uhr und 27 Sekunden wurde endgültig klar, dass es mit der Rou- tine auf Flug QF 72 vorbei war: Abrupt senkte sich die Nase des Fliegers in die andere Richtung, steil nach unten. 8,4 Grad unter den Horizont, in Richtung Erdbo-

den. Die Maschine gewann an Tempo, das Rauschen der entgegenströmenden Luft nahm zu – Sturzflug.

„Ich schlug mit dem Kopf gegen die Ka- binendecke“, erinnert sich Cave an jenen Mittag des 7. Oktober 2008, auf dem Weg von Singapur nach Perth. Auch um ihn her- um schossen die Passagiere nach oben. Von überall her erklangen dumpfe Schläge von Körpern, die gegen den Plastikhimmel krachten. Dort oben verharrten die Leiber, plötzlich entfesselte Kräfte führten wie un- sichtbare Marionettenspieler die Fäden.

„Für ein paar Sekunden dachte ich, jetzt ist alles aus“, sagt Cave.

Wie in der Kabine, so herrschte auch im Cockpit des A330 mit dem Kennzeichen VH-QPA ein Gefühl der Machtlosigkeit, des Ausgeliefertseins. Mit aller Kraft zog der Pilot die Steuerung nach hinten. Ver- zweifelt versuchte er, das Flugzeug wieder in die sichere Horizontale zu bringen. Aber lange Sekunden passierte überhaupt nichts.

Wie von bösen Mächten gesteuert, stürz- te der Airbus dem Verderben entgegen.

Genauso unvermittelt, wie der Compu- ter die Gewalt übernommen hatte, gab er sie schließlich wieder frei: Die Nase des Fliegers richtete sich plötzlich wieder auf. Die Passagiere wurden nun mit dem Ein- einhalbfachen der Erdbeschleunigung in die Sitze oder auf den Boden geschleudert.

Cave: „Um mich herum herrschte pu- res Chaos.“ Drei Minuten später wieder-



holte sich der gespenstische Amokflug. Um 12.49 Uhr setzte die Maschine einen Not- ruf ab, fünf Minuten danach den zweiten: „Mayday.“

„Die Piloten sind wahre Helden“, ju- belte Cave nach der Notlandung auf ei- nem winzigen Militärstützpunkt an der Westküste Australiens.

Doch wenn sie Helden sind, dann höchst- ens tragische.

Aus den Flugzeuglenkern waren weit- gehend hilflose Zuschauer geworden. Nicht viel hatte gefehlt, und sie wären Opfer einer verrücktspielenden Maschine geworden, die sich von Menschenhand nicht mehr stoppen ließ. Hätte der Sturzflug etwas länger gedauert – der Flieger wäre womög- lich so schnell geworden, dass die Piloten ihn nicht mehr hätten abfangen können, ohne das Flugzeug zerbersten zu lassen. Sekunden hatten zwischen Leben und Tod gelegen.

115 Verletzte, 12 davon schwer, 2 mit Rückenmarksverletzungen: So lautet die Bilanz von Flug QF 72. Die Kabinendecke war an vielen Stellen zertrümmert. „Wo ich aufgeprallt war, hing die Sauerstoff- maske herunter“, berichtet Cave.

Was Hersteller und Flugesellschaft über den Qantas-Flug 72 liebend gern ver- schweigen wollen, spricht Julian Walsh von der australischen Behörde für die Unter- suchung von Flugunfällen (ATSB) offen aus: „Fest steht, dass das Flugzeug einige Zeit aus eigenen Stücken gehandelt hat.“

Geweckt wird damit die Urangst vor einer Technik, die, selbständig handelnd, die Macht an sich reißt. Wie der Bordcomputer HAL, der in Stanley Kubricks Science-Fic- tion-Klassiker „2001: Odyssee im Weltraum“ die Regie im Raumschiff übernimmt, so hat- ten auch bei Qantas Rechner eigenmächtige Entscheidungen getroffen.

Weiter geschürt hat diese Sorge der Ab- sturz eines anderen Airbus A330 am Pfingst- montag: Die Air-France-Maschine AF 447 befand sich auf dem Weg von Rio de Janeiro nach Paris, als sie aus Reiseflughöhe in den Atlantik stürzte und 228 Menschen in den Tod schickte. Die wahre Ursache wird sich möglicherweise nie klären lassen.

Doch auch bei diesem Unglück künden die letzten Signale, die von der Bordelek- tronik der Todesmaschine über Satellit ab- gesetzt wurden, von digitalen Problemen an Bord: 24 dürre Wartungsmeldungen an

in diesem Februar in Amsterdam: Ein feh- lerhafter Höhenmesser meldete während des Landeanflugs, die Maschine befände sich bereits zwei Meter unter der Lande- bahn. Die Computer für die automatische Schubregelung währten sich am Boden und reduzierten die Triebwerksleistung. Die Piloten übersahen dies – vielleicht weil sie dem Computer zu sehr vertrauten.

Schließlich bohrte sich die 737 in einen Acker vor der Landepiste. Neun Menschen starben. „Das Thema Mensch und hoch- automatisiertes Flugzeug wird auf der Agenda hochkommen“, prophezeit „Flight International“.

Dazu beitragen dürfte auch der Ab- schlussbericht zur Beinahe-Katastrophe einer Lufthansa-Maschine, der im Herbst veröffentlicht wird. Im März 2008 schrapp- te mitten in einem Orkan ein A320 mit ei- ner Flügelspitze über die Landebahn des Flughafens Hamburg-Fuhlsbüttel. Die dra- matischen Bilder von dem Beinahe-Crash gingen um die Welt; ein Film, gedreht von einem Amateur, wurde millionenfach im Internet angeschaut.

Zunächst wurden die Piloten zu Helden verklärt, weil sie ihren Flieger gerettet hät- ten; dann wurde die Co-Pilotin in der Bou- levardpresse als unerfahren diffamiert. Sie habe unbeholfen hantiert.

„Doch nun stellt sich die Sache komple- xer dar“, erklärt der zuständige Ermittler Johann Reuß von der Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung in Braunschweig. „Wir untersuchen selbstverständlich auch die Rolle, die das Flugzeug selbst gespielt hat.“ Mehr darf er nicht sagen, weil der Abschlussbericht noch unveröffentlicht ist.

Nach bislang geheimen Ermittlungs- ergebnissen zeigte der A320 während der Orkanlandung aber offenbar ein unerwar- tetes Verhalten. Die wahrscheinlichste Er- klärung: Weil ein Reifen der Maschine be- reits kurz den Boden berührt hatte, schalte- te der Computer von dem Anflugmodus in den Bodenmodus. Letzterer aber er- laubt keinen so starken Einschlag des Querruders, wie es die Piloten wegen des extremen Seitenwinds tun mussten. Der Computer griff ein, begrenzte den Ein- schlag – und die Flügelspitze schrammte urplötzlich die Landebahn.

„Solch ein Verhalten der Maschine stand in keinem Handbuch“, kritisiert ein Pilot – und es steht auch heute noch nicht drin, weil Airbus sich bis zum Abschluss der Un- tersuchung bedeckt hält.

Dabei hätte die Landung durchaus mit einem schlimmen Unglück enden können. Fast drei Sekunden führte der Computer das Kommando. Erst durch das beherzte Eingreifen des Piloten, der das Flugzeug wieder in die Luft zog, konnte die über 200 Stundenkilometer schnelle Maschine eingefangen und vor dem Zerschellen be- wahrt werden.

Generell ist unstrittig, dass Digitaltech- nik an Bord geholfen hat, die Sicherheit in

++ Qantas QF 72, 7. Oktober 2008 ++



Zerstörte Kabine des Qantas-Airbus, Abtransport eines Verletzten nach Notlandung in Westaustralien

Seine Blessuren sind längst verheilt, ge- blieben aber ist die Verunsicherung der Pi- loten. 621 Maschinen des Typs A330 fliegen weltweit am Himmel, und eine von ihnen hatte plötzlich ein obskures Eigenleben of- fenbart.

Noch ist nicht endgültig geklärt, was da auf den Platinen von Captain Com- puter vorgegangen war. Offenbar verwir- ren fehlerhafte Messdaten die Flugrech- ner so sehr, dass sie den Passagierjet statt in stabilem Geradeausflug in gefährli- chem Steigflug währten – und die Nase ohne Zutun der Piloten nach unten drück- ten, um die Maschine vor dem vermeint- lichen Abschmieren zu retten. „Wir wollen möglichst schnell wissen, wie das genau passieren konnte“, sagt ein Lufthansa- Pilot, der jenen Langstreckentyp von Air- bus fliegt.

die Zentrale in Paris deuten darauf hin, dass die Geschwindigkeitssensoren fehler- hafte Werte meldeten, dass sich Flugcom- puter ausschalteten, weil sie mit den wider- sprüchlichen Daten nicht fertig wurden.

Was ist in jener Unwetternacht über dem Atlantik geschehen? Waren die Piloten überfordert von abstürzenden Comput- ersystemen? Machten sie in dem Wirrwarr aus Fehlermeldungen selbst einen töd- lichen Fehler? „Was auch immer als Er- gebnis herauskommt: Der Absturz wirft Fragen auf, wie gründlich Piloten trainiert sind, mit weitverbreiteten Computerstö- rungen während des Fluges umzugehen“, schreibt das „Wall Street Journal“.

Auch das britische Fachblatt „Flight In- ternational“ sagt eine neue Sicherheitsde- batte voraus und verweist insbesondere auf das Unglück der Turkish-Airlines-Boeing

## Sidestick statt Steuersäule

### Das Cockpit des Airbus A330

zum Vergleich: Cockpit der Boeing 737 mit herkömmlicher Steuerung



Sitz des Flugkapitäns

Sitz des Co-Piloten

- 1 **Primary Flight Display** mit künstlichem Horizont in der Mitte, Geschwindigkeitsanzeige links, Höhenanzeige rechts und der Richtungsanzeige unten.
- 2 **Sidestick** zur Steuerung des Flugzeugs. Der Bordcomputer überträgt die Steuerungssignale an die Ruder. Mit dem roten Knopf kann der Autopilot ausgeschaltet oder die Kontrolle vom anderen Sidestick übernommen werden.
- 3 **Navigationsdisplay** zeigt Flugroute, Funkfeuer sowie Wetterdaten an.
- 4 **Analoge Instrumente** dienen als Ersatz bei einem Ausfall der digitalen Displays.
- 5 **Schubhebel** zur Steuerung der Schubkraft der beiden Triebwerke. Mit den beiden Rädern neben den Schubhebeln können die Piloten im Notfall das Höhenleitwerk manuell trimmen.
- 6 **Autopilot** An Drehschaltern können Geschwindigkeit, Flughöhe, Steig- oder Sinkrate und der Kurs des Jets eingestellt werden.
- 7 **Statusanzeigen** informieren über den Status von Flugzeugsystemen und zeigen Fehlermeldungen an.
- 8 **Flight Management System** berechnet die Position des Flugzeugs und leitet die Maschine entlang eines vorher einprogrammierten Flugplans.

der Luftfahrt zu mehr; in den allermeisten Fällen hilft sie, gefährliche Fluglagen frühzeitig zu verhindern.

Doch all jene Ereignisse belegen eindrucksvoll, dass die digitale Ausrüstung auch zur Bedrohung werden kann. Die unheimlichen Pannen beschieren der Luftfahrt eine Debatte, die Airlines wie Hersteller nur zu gern vermeiden würden: Mit wie viel Hightech sollen die Ingenieure das Cockpit noch aufrüsten? Führt mehr Digitaltechnik wirklich automatisch zu mehr Sicherheit? Und wie viel Macht darf der Flugcomputer haben, ohne dass eine verhängnisvolle Ohnmacht der Piloten droht?

Computer besitzen ein janusköpfiges Wesen: Einerseits helfen sie, Abstürze zu vermeiden. Deshalb stellt niemand ihre Daseinsberechtigung in Frage. Manch ein Experte sähe am liebsten sogar noch mehr Rechner im Cockpit. Der britische Luftfahrtexperte David Learmount etwa glaubt, dereinst könnten sie einen der Piloten in der Kanzel ganz ersetzen: „Warum braucht man zwei, wenn doch das Computersystem der Co-Pilot des Kapitäns ist?“, fragt Learmount provozierend.

Andererseits jedoch können die Computer ihrerseits zum Sicherheitsproblem werden. Als die australischen Unfallermitt-

ler genauer recherchierten, fanden sie, dass auch der Blackout des QF-72-Rechners keineswegs einen Einzelfall darstellt: Im vergangenen Dezember, gerade einmal zwei Monate nach dem Drama vor der australischen Küste, machte sich ein weiterer Qantas-A330 selbständig. Und auch Konkurrent Boeing ist vor unvorhergesehenen Computerkapriolen nicht geblieben: 2005 zog der Flugrechner eine Boeing 777 zweimal rund 700 Meter ohne erkennbaren Grund nach oben – so stark, dass sie über ein Drittel an Geschwindigkeit verlor und die Strömung beinahe abgerissen wäre.

„Zwischenfälle dieser Art sind Vorboten dessen, was uns in Zukunft häufiger begegnen könnte“, fürchtet Thomas Haueter, Direktor für Luftfahrtsicherheit der mächtigen US-Flugunfallbehörde NTSB. Der Ermittler warnt damit vor nur schwer vorhersehbaren Pannen in den Bordrechnern: „Eine Menge Leute sind sehr besorgt, dass aus der Fülle von Computern und Software bisher nicht gekannte Probleme entstehen können.“ Haueter fordert, dass Piloten niemals die ganze Macht über ihr Flugzeug verlieren dürften.

In einem modernen A320-Kurzstreckenflugzeug etwa arbeiten über 2000 Computer: Sie steuern die Klimaanlage,

überwachen die Triebwerke, kontrollieren die Bordtoiletten – sie lenken aber auch das Flugzeug mit.

Lange vorbei sind die Zeiten, als ein Pilot seine Maschine noch vollkommen verstand. „Wir müssen gewaltige Anstrengungen unternehmen, damit wir nicht bei der Flugsicherheit Einbußen erleiden“, mahnt Haueter. Die Hersteller seien sich der Problematik durchaus bewusst: „Die wissen, dass der Automatisierung die Zukunft gehört – aber sie wissen auch, dass Computer noch besser als bisher getestet werden müssen.“

In einem Bericht der US-Wissenschaftsakademie NAS sprechen die Autoren von „mehreren Flugzeugunfällen“, bei denen Piloten unterschiedliche Computereinstellungen durcheinanderbrachten: „Die Software verhielt sich, wie man sie programmiert hatte, aber nicht so, wie die Piloten es erwarteten.“ Die US-Luftfahrtbehörde FAA stimmt zu, dass zunehmende Computerisierung von Flugzeugen „die Überprüfung der Software zu einer großen Herausforderung“ macht. Die Programme sind kaum mehr für alle Eventualitäten zu testen – zu komplex.

„Wenn man die technische Dokumentation eines Flugzeugs stapelt, ist der Papierberg dreimal so hoch wie der Eiffel-

turm“, sagt Marc Diouane, Manager des US-Software-Konzerns PTC.

Lange Zeit konnte die Luftfahrtindustrie darauf verweisen, dass das Fliegen tatsächlich immer sicherer geworden ist. Abermillionen Touristen steigen alljährlich bedenkenlos in ihre Urlaubsflieger. Selbst unter Passagieren mit Flugangst hat sich herumgesprochen, dass das Gefährlichste am Fliegen die Autofahrt zum Airport ist.

Statistiker haben errechnet, dass dieser Spruch durchaus wörtlich zu nehmen ist: Die vielen Menschen, die nach den Anschlägen des 11. September vom Flugzeug ins Auto umgestiegen sind, haben demnach letztlich zu mehr Verkehrstoten geführt, als in den zum Anschlag verwendeten Maschinen gestorben sind.

Auf eine Million Starts und Landungen kommt derzeit weniger als ein Unfall mit Todesfolge. Um 1960, der Anfangszeit des Jetzeitalters, lag dieser Wert noch bei elf. Wäre die Luftfahrt heute noch so unsicher wie in den siebziger Jahren, würde allwöchentlich ein Flugzeug vom Himmel fallen (siehe Grafik Seite 108).

Alles bestens also für die Flugreise in den Sommerurlaub? Kein Zweifel: Flug-

Geschichte sein: Im ersten Halbjahr 2009 war die Zahl der Toten im Luftverkehr so hoch wie seit 2002 nicht mehr. Nach den Airbus-Abstürzen von Air France über dem Atlantik und von Yemenia Airways vor den Komoren lag die Zahl der getöteten Passagiere mit 499 um rund die Hälfte über dem Durchschnitt der vergangenen zehn Jahre.

Erst vorige Woche veröffentlichte „Flight International“ die neuesten Zahlen. Demnach ergibt sich aus der Statistik eine historische Zäsur: Hatte sich seit den Gebrüder Wright jedes Jahrzehnt die Absturzrate weiter verringert, so scheint sie zwischen 2000 und 2010 erstmals zu stagnieren. „Sicherheit im Rutschen?“, titelte das Magazin.

Längst ist in Fachkreisen eine neue Sicherheitsdebatte um die Fliegerei entbrannt. „Wie sollen wir das hohe Sicherheitsniveau noch weiter verbessern?“, fragt Levedag fast verzweifelt. Genau dazu ist die Luftfahrtindustrie aber wohl oder übel verdammt. Denn rasant wächst die Zahl der Flugzeuge am Himmel und mit ihr auch die Absturzgefahr. Ein Beratungsgremium der Europäischen Union hat in einer Studie deshalb gefordert, dass die Unfallrate im Flugverkehr noch einmal um 80

die modernen Aufprall-Warnsysteme weiter zu erhöhen. Zusätzlich tauchen neue Gefahrenquellen auf: das Gedränge im engen Luftraum etwa, der ruinöse Wettbewerb und als dessen Folge schlechte Wartung oder Ausbildung. Und schließlich bringt auch das digitale Wettrüsten neue Risiken hervor – Risiken, die sich aus der Komplexität ergeben, aus dem binären Gepolter Tausender Bordrechner.

Auf ganz neue Weise stellt sich damit die Frage, welche Rolle der Mensch in diesem System künftig spielen soll. Sicherheitsexperte Learmount: „Wie viel Kontrolle soll beim Piloten bleiben, wann soll ein Computer intervenieren, und wie soll so eine Schnittstelle zwischen Mensch und Computer aussehen?“

Gerade die Piloten selbst fordern derzeit auf zur Diskussion um das Selbstverständnis ihres Berufs. „Wir müssen Computer und Mensch zu einer gemeinsam operierenden Einheit machen“, sagt Nikolaus Braun von der Pilotenvereinigung Cockpit. Mehr Technik dürfe keineswegs weniger Mensch im Cockpit bedeuten. Im Gegenteil: Je komplexer die Systeme, desto mehr seien die Piloten gefragt. „Deren Ausbildung muss verstärkt, nicht reduziert werden“, fordert Fran Hoyas von der Europäischen Pilotenvereinigung ECA.

Reiner Kemmler, langjähriger Flugpsychologe bei der Deutschen Lufthansa, ist überzeugt, dass die Technik die Piloten vor neue Herausforderungen stellt: „Sie sind vor allem visuell an der Grenze dessen angelangt, was das menschliche Wahrnehmungssystem noch bewältigen kann“, warnt er (siehe Interview Seite 112).

Schritt um Schritt hat der Mensch Macht an die Maschine abgeben müssen. Eingeführt wurden die ersten Flugcomputer vom Militär. Unmöglich wäre es, heutige Kampfflugzeuge mit ihrem instabilen Flugverhalten ohne Computerhilfe zu steuern. Dann tauchten die Systeme in dem legendären Überschallflugzeug Concorde auf.

Schließlich revolutionierte der damals noch junge Luftfahrtkonzern Airbus seine Flotte mit einem neuartigen, digitalen Flugzeugsystem: „Fly by wire“ – so wurde es schnell in Fachkreisen betitelt, und es kam mit dem Versprechen beispielloser Sicherheit daher. Von Beginn an sei es deshalb mit einer „psychologischen Nebenwirkung“ behaftet gewesen, schreibt Sicherheitsexperte Learmount, „analog zu dem Gerede von der Unsinkbarkeit der ‚Titanic‘“. Als 1987 der A320 zum Jungfernflug startete, ging in Fachkreisen längst der inoffizielle Airbus-Werbeslogan um: Der bestbezahlte Passagier sitzt im Cockpit.

Fly by wire heißt zunächst einmal: Statt über ein mechanisches Gestänge und Seilzüge werden die Steuerbewegungen des Piloten an die hydraulischen Stellzylinder der Leitwerke elektrisch mit Hilfe von Kabeln („wire“) übertragen (siehe Grafik Seite 116). Das Konzept beinhaltet aber noch

++ Lufthansa LH 044, 1. März 2008 ++



Landeversuch der Lufthansa-Maschine bei Orkan in Hamburg, „Planespotter“

zeuge von heute sind so zuverlässig, dass man zu vergessen scheint, in einer mit Kerosin vollbetankten, knapp unter Schallgeschwindigkeit rasenden Aluminiumröhre zu sitzen. Die Triebwerke fallen kaum noch aus – einst eine der Hauptursachen von Abstürzen. Druckkabine, Hydraulik und Fahrwerk haben an Beständigkeit viel gewonnen. Der Computer warnt frühzeitig, wenn der Aufprall auf den Boden oder der Zusammenstoß mit einem anderen Flugzeug droht. Und die Leitstrahlen des Landesystems dirigieren die Flieger wie an einer Perlenkette herunter auf die Piste – selbst bei dickstem Nebel.

„In puncto Sicherheit ist die Luftfahrt eine Erfolgsgeschichte sondergleichen“, resümiert Stefan Levedag, Direktor am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Braunschweig. Doch das könnte

Prozent gesenkt werden müsse, und zwar bis zum Jahr 2020.

Unklar bleibt, wie ein solches Ziel erreichbar sein soll. Denn schon heute lässt sich der Anstieg der Flugbewegungen kaum mehr durch einen Zuwachs an Sicherheit kompensieren. Manche Experten sehen schon jetzt eine Trendwende. Die Zahl kleinerer Zwischenfälle und Beinahe-Unfälle habe zugenommen, sagt der Sicherheitsexperte einer großen Fluggesellschaft. Auf jeden Absturz oder Unfall mit Personenschaden, so die Faustregel, kommen Hunderte Unfälle mit Sachschaden sowie kleinere Zwischenfälle. „Und auf dieser unteren Ebene erkennen wir einen steigenden Trend“, sagt der Insider.

Experten befürchten, dass die Möglichkeiten ausgereizt sind, die Sicherheit durch noch höhere Wartungsqualität oder etwa

# „Der Stress beginnt am Boden“

Flugpsychologe Reiner Kemmler, 68, über das schwierige Verhältnis zwischen Piloten und Computern sowie die Angst der Passagiere

**SPIEGEL:** Was bedeutet die Computerisierung im Cockpit für den Piloten?

**Kemmler:** Der Pilot ist nicht mehr der bärtige Draufgängertyp mit der lässigen Ray-Ban-Sonnenbrille, als der er früher gern verklärt wurde. Heute ist der Flugzeuglenker ein Systemmanager. Für ihn beginnt der Stress nicht erst in der Luft, sondern am Boden. Vor dem Start füttert er den Bordcomputer mit vielen Daten. Das erfordert hohe Konzentration. Der Pilot von heute muss mehr wissen, besser planen, das System verfolgen und vorausdenken können.

**SPIEGEL:** Kann das nicht zu einer mentalen Überforderung führen?

**Kemmler:** In der Tat. Bereits jetzt ist der Mensch im Cockpit vor allem visuell an der Grenze dessen angelangt, was sein Wahrnehmungssystem noch verarbeiten kann.

**SPIEGEL:** Was sind die Folgen dieser hohen Beanspruchung?

**Kemmler:** Die Piloten verstehen das Flugzeug nur noch an der Oberfläche. Tief hineinschauen in die Steuerungssoftware kann kaum noch jemand. Im Alltag bereitet das keine Probleme. Im Gegenteil: Die Computer nehmen dem Piloten Arbeit ab. Die Folge jedoch: Die Aufmerksamkeit lässt nach. Der Organismus döst vor sich hin. Kein Mensch kann sich ständig in Alarmbereitschaft halten, wenn er in der Luft nichts zu tun hat. Er kann besser agieren als reagieren. Seine Stärke ist die Flexibilität.

**SPIEGEL:** Und im Notfall?

**Kemmler:** Wenn die Piloten vorwiegend mit ihren automatischen Systemen fliegen, machen sie leider wenig manuelle Erfahrung. Fallen die Systeme aus, kann dieses Defizit zu einem Fluch werden. Selbst das Simulatortraining kann Praxis nicht ersetzen. Deshalb müssen Notsituationen mental durchgespielt werden, einschließlich der dabei auftretenden Gefühle, wie sie im Simulator nicht aufkommen. So ist man im Ernstfall nicht überrascht von seinen eigenen Emotionen.

**SPIEGEL:** Ist der Mensch der größte Risikofaktor an Bord?

**Kemmler:** Wir hören ja meist nur von den tragischen Folgen, wenn er einen Fehler begangen hat, und nicht von den vielen tausend Situationen, in denen er mit seiner außergewöhnlichen Kreativität und ungewöhnlichen Vorstellungsgabe gefährliche Situationen vereitelt hat. Hätten wir den Computern die Mondlandung überlassen, hätte Neil Armstrong

nie seinen Fuß auf den Erdtrabanten gesetzt. Nur sein beherztes Abschalten des Autopiloten hat die Landefähre vor einem Kraterhang bewahrt.

**SPIEGEL:** Sind sie gegen mehr Automation?

**Kemmler:** Nein. Auch ich sehe ihre Vorteile. Außerdem lastet ein derart großer wirtschaftlicher Druck auf den Airlines, dass immer mehr Funktionen in den Computer abwandern und der Mensch im Cockpit nur noch überwachende Aufgaben hat. So ist es nur konsequent, wenn gar Experten vom Boden aus einen Zugriff auf die Rechner erhalten. Am Ende könnte, wenn überhaupt, nur noch ein Mensch im Cockpit sitzen. Die Industrie ist schon viel weiter dabei, den zweiten Piloten einzusparen, als es die Piloten wahrhaben wollen.



Flugpsychologe Kemmler

„Die Aufmerksamkeit lässt nach“

**SPIEGEL:** Wie reagieren die Fluggäste darauf, wenn das Flugzeug immer mehr vom Computer gesteuert wird?

**Kemmler:** Das hängt von ihrer generellen Technik-Einstellung ab. Manche haben schlechte Erfahrungen gemacht mit der Fähigkeit von Menschen, komplizierte Maschinen zu steuern. Die sind heilfroh, dass ein Rechner den Piloten überwacht. Anderen ist es eher unheimlich, wenn aus unerklärlichen Gründen das Auto nicht anspringt oder der PC abstürzt. Diese Menschen werden künftig mehr Angst vorm Fliegen haben, weil sie sich noch mehr der Technik ausgeliefert fühlen.

einen entscheidenden Unterschied zur konventionellen Bauweise: Zwischen Pilot und Ruder sind als Kontrollinstanzen stets Computer geschaltet, die alle Steuerimpulse überwachen und notfalls korrigieren.

„Laien denken dabei irrtümlich an den Autopiloten, der sich an- und ausschalten lässt“, erklärt Gerhard Hüttig vom Zentrum für Flugsimulation in Berlin. Den gibt es zwar auch. Dieser Automat ist aber nur einer von vielen und steuert das Flugzeug entlang einem vom Piloten vorab programmierten Kurs. Die Flugcomputer des Airbus jedoch machen weit mehr: Sie werden von selbst aktiv, wenn das Flugzeug in einen gefährlichen Anstellwinkel gerät, zu viel Geschwindigkeit verliert oder eine zu heftige Rollbewegung zu vollziehen droht. „Flight Envelope Protection“, so taufen die Ingenieure von Airbus jene Software, die das Flugzeug allzeit im grünen Bereich halten soll. „Die Computer greifen ein“, erklärt Hüttig, „da kann der Pilot noch so sehr am Steuer ziehen.“

Der Flugprofessor führt das live vor – nicht in der Luft, dafür auf sicherem Boden unweit des Ernst-Reuter-Platzes im Herzen Berlins. Dort steht in seinem Institut

einer der modernsten Flugsimulatoren. Hüttig nimmt vorn links Platz in einem Cockpit des A330. „Das entspricht hier ziemlich genau jenem Air-France-Flugzeug, das im Atlantik verunglückt ist“, erzählt der Wissenschaftler.

Den Start vom Flughafen München überlässt er seinem unbedarften Co-Piloten. Dann greift er zur Anschauung zum eigenen Steuergerät. Es sieht aus wie ein Joystick, kaum größer als der eines Spielcomputers. „Dies ist der sichtbarste Teil der Fly-by-wire-Technik“, sagt Hüttig.

Bis zum Anschlag drückt er den Side-stick, so der offizielle Name, nach rechts. Und sofort zeigt sich, dass Kollege Computer tatsächlich mitfliegt. Die hydraulischen Stützbeine des Flugsimulators kni-



Testpilot (l.) beim Erproben eines Forschungscockpits\*: „Wir brauchen eine Aussöhnung von Mensch und Maschine“

cken ein und erzeugen das sinnliche Gefühl einer sanften Rechtskurve. „Eigentlich müsste das Flugzeug jetzt eine so scharfe Kurve fliegen, dass es übersteuert und im Extremfall überrollt“, erklärt Hüttig.

Genau das aber verhütet der Computer: Blitzschnell hat er anhand der Lage des Flugzeugs, die ihm von den Sensoren gemeldet wurde, berechnet, wie viel er einschlagen kann, ohne zu havarieren.

In der realen Flugwelt fände dieses Manöver seine Entsprechung, wenn sich eine entgegenkommende Maschine von links näherte. „Würde der Pilot in Panik geraten und beim Ausweichen übersteuern, bewahrt ihn der Computer vor einem Flugfehler“, erklärt der Flugzeugtechniker.

Ein ähnliches System hat Boeing Mitte der neunziger Jahre in seinem Langstreckenflugzeug 777 eingebaut. Die Boeing 787, das neueste Modell aus der Flugzeugschmiede, wird sogar noch mehr solcher automatischen Flugsysteme enthalten; und auch heutige 737er besitzen bereits diverse Automatikkomponenten.

Doch es gibt einen Unterschied zwischen dem amerikanischen und dem europäischen Konzept: Bei Airbus ist nicht wirklich vorgesehen, dass der Pilot den Flugcomputer auch ausknipsen kann. Anders als der Autopilot kann sich der Flugcomputer nur selbst zügeln, wenn seine Systeme derart durcheinandergeraten, dass er nicht mehr weiterweiß.

Ständig wird der Pilot in der Airbus-Kanzel also digital überwacht und umsorgt. Bestechend schien zunächst diese neue Si-

cherheitsphilosophie. Und dennoch stand schon am Anfang ein Desaster: Drei Monate nach der Erstausslieferung des A320 schmierte auf einer Flugschau im Elsass ein Airbus vor laufenden Kameras in ein Waldstück ab. Das Bild der großen Rauchwolke über den Baumwipfeln wirkte wie ein Menetekel: Manch einer glaubte, Airbus werde sich von diesem Rückschlag nie mehr erholen können.

Handelte es sich nur um eine Panne, wie sie bei der Einführung einer neuen Technik fast unvermeidlich sind? Oder offenbarte sich eine grundlegende Schwäche der neuen Airbus-Philosophie?

Leidenschaftlich stritten die Experten. Die einen sagten, Computer und Pilot hätten sich in diesem komplizierten Flugmanöver nicht richtig verstanden. Airbus beharrt bis heute darauf, der Pilot habe sich damals nicht diszipliniert verhalten.

Fünf Jahre später ein erneuter Unfall: Warschau, ein stürmischer Tag. Eine A320 der Lufthansa schlitterte bei starkem Wind und Regen über die Landebahn hinaus und zerbrach. Zwei Menschen starben. Der Wind hatte plötzlich gedreht, vielleicht hätten die Piloten besser durchstarten sollen. Stattdessen setzten sie die Maschine sachte auf. Unter anderem weil die Reifen sich aber auf der nassen Piste wie beim Aquaplaning nicht drehten, täuschte sich die Automatik; der Computer erkannte nicht, dass sich der Flieger bereits auf der Landebahn befand. Neun Sekunden lang

\* Am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt in Braunschweig.

zögerte das System, bis Schubumkehr und Bremsklappen vom Flugcomputer schließlich freigegeben wurden. Neun ohnmächtige Sekunden, in denen die Piloten tatenlos zusehen mussten, wie die Befehre am Ende der Piste näher kam.

Kaum verhohlen warb Boeing damals für seine Strategie, die dem Piloten größere Interventionsrechte einräumte. Verwiesen wurde auf eine Boeing 747, die zwei chinesische Piloten aus fast hoffnungsloser Lage gerettet hatten; das Vierfache der Erdanziehungskraft wirkte dabei auf die Maschine. Die Airbus-Computer hätten den Piloten ein solch radikales Flugmanöver nicht gestattet.

Aus Airbus-Kreisen kamen Gegenbeispiele. In Kolumbien etwa war eine Boeing 757 abgestürzt; 159 Menschen an Bord starben. Das Kollisionswarnsystem hatte die Crew vor einem Aufprall gewarnt. Der Pilot zog die Maschine hoch, schaffte es aber nicht mehr über die Bergspitze, weil er vergessen hatte, die Bremsklappen einzufahren. Ein A320 hätte dies automatisch getan, so Airbus.

Inzwischen, so der Flugzeugbauer aus Toulouse, sei der Kulturkampf entschieden. Ein hochrangiger Sicherheitsmanager verweist auf die Statistik: „Die Unfallzahlen beweisen, dass wir recht hatten.“

Die Behauptung ist nur schwer zu widerlegen: Einen aussagekräftigen Vergleich von Unfallzahlen zwischen Boeing- und Airbus-Modellen gibt es nicht. Einen deutlich sichtbaren Vorteil der Airbus-Strategie geben die Statistiken allerdings auch nicht her: Flugzeuge beider Hersteller stürzen

## Lenken in der Luft

Wie Flugzeuge gesteuert werden



**Querruder** drehen das Flugzeug um die Längsachse. Sie werden an beiden Flügeln zugleich, aber in entgegengesetzter Richtung bewegt.

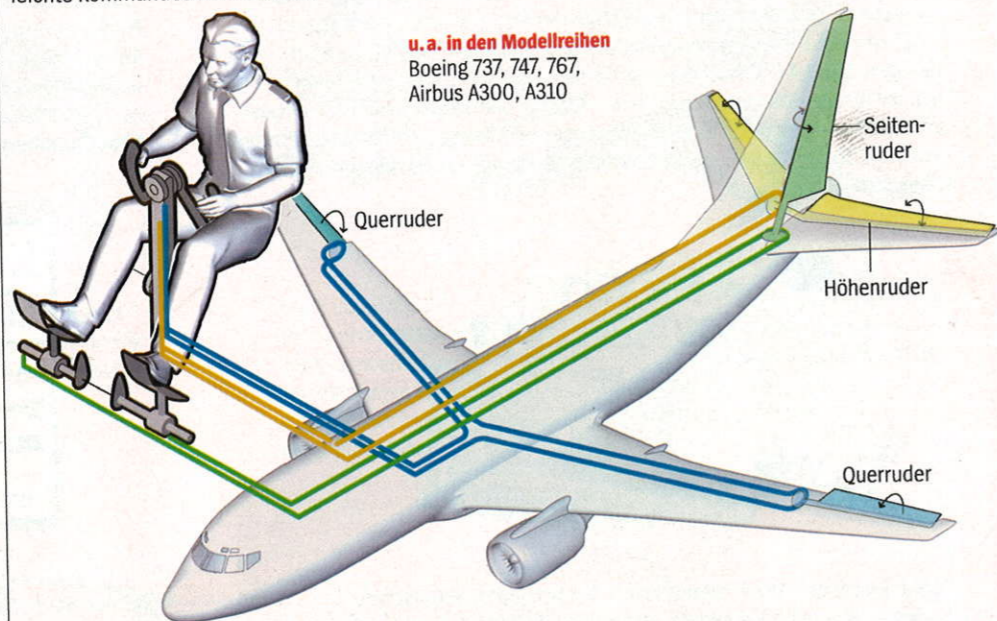


**Höhenruder** reguliert die Neigung um die Querachse.



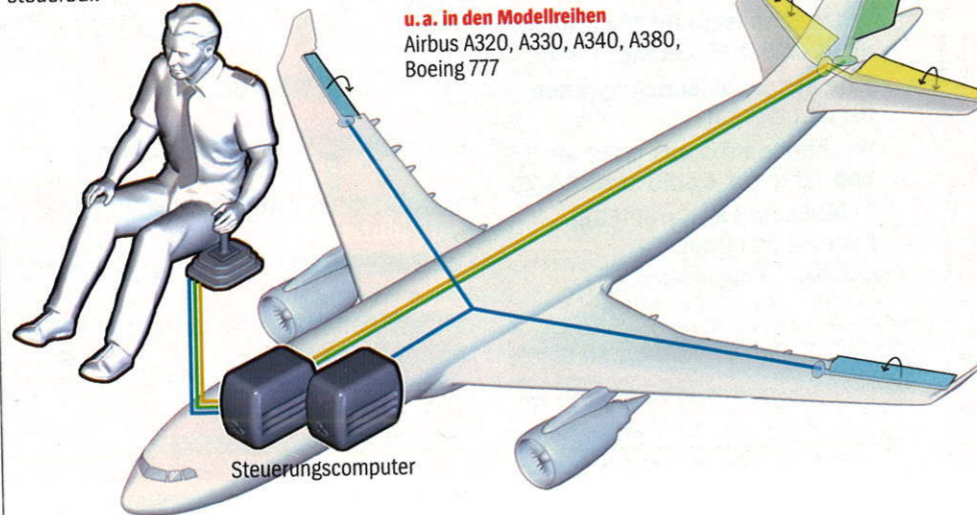
**Seitenruder** zur Drehung um die Hochachse

**Mechanische Steuerung** Der Pilot bedient den Steuerknüppel oder eine Säule mit Steuerhorn und die Ruderpedale. **Gestänge, Seilzüge oder eine Hydraulik** übertragen die Steuerbewegungen auf die Ruder. Für eine Links- oder Rechtskurve bedient er die Querruder und bringt das Flugzeug in Querlage. Dies verringert jedoch den Auftrieb – die Maschine beginnt zu sinken. Dem begegnet der Pilot durch „Trimmen“: zusätzliche leichte Kommandos an die Ruder.



u. a. in den Modellreihen  
Boeing 737, 747, 767,  
Airbus A300, A310

**„Fly by wire“** Mit dem Sidestick lenkt der Pilot die Maschine nur noch indirekt. Steuerungscomputer errechnen für jeden Steuerimpuls die notwendige Auslenkung der Ruder und das Trimmen. Etwaiges Über- oder Untersteuern wird automatisch korrigiert. Die Signalübertragung an die Rudermaschinen erfolgt ausschließlich elektronisch, **über Kabel („by wire“)**, was viel Gewicht spart. Bei totalem Stromausfall bleibt die Maschine mit Hilfe eines automatisch einsetzenden Notgenerators steuerbar.



u. a. in den Modellreihen  
Airbus A320, A330, A340, A380,  
Boeing 777

ab; und immer wenn es darum geht, die Unfallursache zu ermitteln, ist Airbus peinlich darauf bedacht, keinen Verdacht gegen das eigene Fly-by-wire-System aufkommen zu lassen. Beim Qantas-Unfall, wiegelt der Konzern ab, verbiete sich jede Spekulation; noch liege der Abschlussbericht der ATSB nicht vor. Und erst recht gelte dies für den abgestürzten A330 der Air France.

Boeing oder Airbus – unter Piloten ist das fast zur Glaubensfrage geworden. „Das lässt sich genauso wenig entscheiden wie die Frage, ob Mercedes oder BMW besser ist“, sagt Pilotenvertreter Braun.

Genährt wird dieser Streit immer wieder durch Unglücke und Zwischenfälle mit den Fly-by-wire-Computern. Und immer wieder erleben Piloten wie jene in der Luft-hansa-Maschine bei der Orkanlandung in Hamburg neue böse Überraschungen, die keiner der Konstrukteure je vorhergesehen hat.

Zumindest nach außen hin lassen sich die Ingenieure durch solche unvorhergesehenen Ereignisse nicht verunsichern. „Redundanz“ heißt das Zauberwort, mit dem die Flugzeugentwickler die Piloten zu beruhigen versuchen. So viele Rechner arbeiteten parallel, dass Probleme eines einzelnen von ihnen kein Unglück bedeuteten. Fünf Flugcomputer sind in einem Airbus wie dem A330 installiert: drei primäre und zwei sekundäre. Ihre Software ist in diversen Ländern von verschiedenen Firmen in unterschiedlichen Programmiersprachen verfasst, um größtmögliche Absicherung zu schaffen gegen einen Komplettabsturz des Systems.

Aber auch noch so viel Redundanz kann keinen 100-prozentigen Schutz bieten: Im Anflug auf Chicago brach an Bord der Maschine einer südamerikanischen Airline digitales Chaos aus. Der Hauptschalter eines der Flugcomputer hielt wegen einer gebrochenen Feder nicht in der On-Position und begann, den Rechner mit hoher Frequenz an- und wieder abzuschalten. Die Folge war ein Durcheinander, das auch die anderen Rechner außer Gefecht setzte.

Auch den Piloten einer Airbus-Maschine auf dem Flug von London nach Budapest widerfuhr 2005, was nach Logik der Ingenieure eigentlich gar nicht vorkommen kann: ein Ausfall aller Bildschirme bis auf einen, auf dem die Warnungen für diese Panne erschienen. Nicht mal genug Saft zum Funken von „Mayday“ war da.

Bis es den Piloten letztlich gelang, das kollabierte System wieder hochzufahren, waren sie auf Notfallinstrumente angewiesen, wie sie sich seit den frühen Tagen der modernen Luftfahrt auf dem Instrumentenbrett befinden: auf den künstlichen Horizont etwa und einen Höhenmesser auf Basis des Luftdrucks.

In der jüngsten Generation von Flugzeugen erscheint auch die Notfallanzeige auf einem Bildschirm. „Glascokpit“ heißt unter Piloten deshalb eine heutige, mit

Monitoren gespickte Flugzeugkanzel – im Unterschied zu früher, als die Piloten noch liebevoll vom „Uhrenladen“ sprachen (siehe Grafik Seite 110). Wären auch die Monitore mit den Notanzeigen auf dem Budapest-Flug schwarz geworden?

Im Februar 2005 wiederum versagte an Bord eines A340 auf dem Weg von Hongkong nach London der Rechner, der die Treibstoffbestände überwachte und steuerte. Ein Triebwerk setzte aus, ein zweites stotterte. Weil der A340 eine vierstrahlige Maschine ist, gelang die Notlandung in Amsterdam problemlos.

Angesichts solcher Pannen stellt sich die Frage, ob man je wird ausschließen können, dass irgendwo tief verborgen im Geflecht der Rechereinheiten, in der Kakophonie der Programmiersprachen, im Gepolter aus Nullen und Einsen noch ein unerkannter Fehler steckt. Als zum Beispiel die Boeing 777 der Malaysia Airlines vor vier Jahren aus dem Ruder lief, fanden die Experten hinterher heraus, dass eine Software-Aktualisierung nicht kompatibel mit den vorinstallierten Programmen war. „Es würde mich für die Zukunft sehr beruhigen, wenn wir solche Probleme

Experten der Herstellerfirma rekonstruieren, was für ein Fehler dem Rechner unterlaufen ist. Und nicht selten brauchten sie Wochen dafür. „Der Pilot hingegen hat mitunter nur Sekunden, um sein Leben und das der Passagiere zu retten“, sagt Ladkin, der selbst Pilot ist.

Zudem, meint er, sei es höchst problematisch, wenn der Hersteller eines Flugzeugs oder einer Computerkomponente nach einem Unfall mit der Ermittlung beauftragt werde, weil kein anderer Sachverständiger durch die Software durchsteigt: „Das schränkt die Sicht bei der Ursachenforschung ein“, sagt Ladkin. Wohl auch, weil sich niemand gern selbst belastet.

Der englische Software-Sicherheitsberater Martyn Thomas sekundiert: „Die Computer haben sich von den Menschen, die sie bedienen sollen, zu weit entfernt.“ Gefragt sei ein Cockpit, das so angeordnet ist, dass der Mensch im Notfall intuitiv das Richtige macht.

Umstritten unter Piloten ist zum Beispiel der Sidestick des Airbus, der das Lenken grundlegend verändert hat. Früher hingen die Steuersäulen von Pilot und Co-Pilot an der gleichen Mechanik. Jeder von

den gegen den Wind ansteuern mussten. Auch die Passagiere profitieren vom Flugkomfort, den die modernen Jets bieten: Der Computer sorgt meist dafür, dass das Ruckeln während der Turbulenzen glimpflich verläuft. Zudem hat die Digitaltechnik das Fliegen wirtschaftlicher gemacht.

So weit automatisiert etwa ist die Landung, dass die Ingenieure es den Piloten absichtlich überlassen haben, Landeklappen und Fahrwerk auszufahren – obgleich der Computer das genauso gut erledigen könnte. „Das dient allein dazu, die Aufmerksamkeit der Piloten zu bewahren“, erklärt Luftfahrtprofessor Hüttig.

Umso mehr jedoch ist ihre Nervenstärke gefragt, wenn es zum Störfall kommt. Plötzlich fluten auf die zwei Menschen im Cockpit eine Fülle von Kontroll- und Warnhinweisen ein, die kaum mehr abzuarbeiten sind. Zwar ordnet das System die Ausfälle nach ihrer Dringlichkeit. Eine streikende Toilettenspülung etwa taucht im Fehlermenü erst ganz hinten auf. „Im Extremfall erfordert es von den Piloten ein Verständnis des Systemaufbaus, wie es sich kaum bewältigen lässt“, sagt Iberia-Pilot Hoyas. Ein Beispiel dafür sei auch der Absturz des Air-France-Airbus: „Aus den Fehlermeldungen lässt sich auf eine ungeheuerliche Arbeitslast schließen.“

Zwar gebe es für viele Ausfälle eine Anweisung in der Bedienungsanleitung. Doch wie soll man unter Stress im nächtlichen Gewitter so ein digitales Multi-Organversagen reparieren? „Und am Ende heißt es dann vom Hersteller: ‚Da hat es doch Anleitungen gegeben‘“, so Hoyas.

Fatal sei es da, dass es den Piloten immer mehr an Training fehle. „Manch ein Langstreckenkapitän kommt im Monat auf höchstens eine Handvoll Starts und Landungen“, sagt Hoyas. Während des Flugs selbst aber gibt es, wenn der Rechner erst einmal schnurrt, nur noch wenig zu tun. Das klassische Fliegen mit Steuersäule und Schubhebeln gehört weitgehend der Vergangenheit an.

Gleichzeitig wird von jungen Piloten immer weniger praktische Flugerfahrung gefordert. Vor allem der Boom der Billig-Airlines und das ungezügelt Wachstum des Luftverkehrs in Asien hat dazu geführt, dass die Ausbildung in der Luft halbiert wurde: von 300 auf 150 Stunden.

Und es soll noch weiter runtergehen. „Multi Crew Pilot Licence“ ist ein Schlagwort, hinter dem sich verbirgt, dass Pilotenanwärter künftig noch mehr im Simulator als in der Wirklichkeit trainieren. „Da sitzen bald Co-Piloten im Cockpit mit nur 70 Stunden echter Flugerfahrung“, kritisiert Hoyas.

So kommt es den Airlines gerade recht, dass immer mehr menschliche Arbeitskraft in der Flugzeugkanzel an den Automaten delegiert wird. Das leugnen auch die Airbus-Leute nicht: „Einige Gesellschaften re-

++ Air France AF 447, 1. Juni 2009 ++



Geborgenes Leitwerk des Air-France-Airbus, Abtransport einer Leiche zur Identifizierung in Brasilien

nicht in den Griff bekommen“, mahnt NTSB-Experte Haueter und fordert neue Standards in der Zertifizierung der Bordautomatik.

An einem ähnlichen Projekt arbeitet Peter Ladkin, ein Experte für Software-Sicherheit an der Universität Bielefeld. Er kritisiert mangelnden Sachverstand und eine falsche Methodik bei der Zulassung neuer, gern als „intelligent“ gepriesener Technik. „Da wird höchstens ein Ausfall in einer Milliarde Flugstunden garantiert, und dann spinnt das System auf einem Flug gleich zweimal – und einige Monate später schon wieder“, kommentiert er die Qantas-Zwischenfälle.

Zunehmend überfordere selbst die Systementwickler die Komplexität der von ihnen erschaffenen Rechnernetze. Nach einem Unfall könnten häufig nur noch die

ihnen konnte folglich stets spüren, was der andere gerade macht. Ganz anders bei Airbus: In den modernen Maschinen werden die Bewegungen des Piloten gewöhnlich mit denen des Co-Piloten verrechnet. Drücken beide in eine Richtung, verstärkt sich der Ausschlag der Ruder. Steuert der eine rechts, der andere aber links, so heben sich beide Impulse auf.

Zwar gibt es am Sidestick einen Knopf, mit dem einer der Piloten die ganze Steuerung an sich ziehen kann. Doch muss er im Notfall auch daran denken, draufzudrücken. Außerdem dauert dieses Umschalten einen kurzen Augenblick.

Den fliegerischen Alltag allerdings hat die Elektronik zweifellos leichter gemacht. Vorbei die Zeiten, da die Piloten das Flugzeug mühevoll in die richtige Lage trimmen, den Schub anpassen, mit den Ru-

duzieren das Training mit dem Argument, sie hätten ein modernes Flugzeug mit allen erdenklichen Sicherheitstechniken eingekauft“, sagt ein Airbus-Manager. Dass allerdings gerade diese Einsparungsmöglichkeit von Airbus als Verkaufsreiz benutzt wird, bestreitet er.

So setzt sich die Automatisierung der Luftfahrt unaufhaltsam fort. Derzeit haben die Ingenieure die vielleicht gefährlichste Flugphase ins Visier genommen: den Moment des Aufsetzens, wenn sich Menschen mit Flugphobie bereits entspannen und bei Charterflügen gern Applaus durch die Kabine brandet.

Eine neuartige Technik misst anhand der exakten Position und des topografischen Flughafenprofils, ob das Flugzeug richtig auf die Landebahn einschwebt: nicht zu hoch, nicht zu spät, nicht zu früh, nicht zu schnell.

Nach dem Aufsetzen der Räder dosiert ein zweites System die Bremskraft. Es sorgt dafür, dass das Flugzeug genau an der richtigen Landebahnausfahrt abbiegen kann. Die Entscheidung zum Durchstarten behält in der derzeitigen Konfiguration zwar noch der Pilot. „Das System könnte aber

verkehr unbemannte Frachtmaschinen haben“, sagt Richard Deakin voraus, britischer Manager des Flugzeugkomponentenherstellers Thales.

Nach der Vorstellung der Ingenieure würde man Flugzeuge zwar nicht allein in die Lüfte schicken, sondern immer einen Menschen im Cockpit sitzen lassen – zur Beruhigung der Passagiere, wie in der U-Bahn. Aber müssen wirklich zwei Piloten mitfliegen? „Erste Fluggesellschaften haben bei den Herstellern angefragt, ob nicht das Ein-Mann-Cockpit machbar sei“, sagt Cockpit-Mann Braun.

Nach der heutigen Redundanz-Logik wäre ein Pilot so gut wie keiner: Fällt er aus, dann muss das Flugzeug vollkommen selbständig landen können. Was aber, wenn die Fernsteuerung über einen Satelliten so zuverlässig wird und im Notfall der Flieger auch per Fernbedienung runtergeholt werden kann? Würden die Ingenieure dann die Menschen in der Kabine den Maschinen anvertrauen wollen?

Es gibt aber auch Flugzeugentwickler, die Techniken favorisieren, mit deren Hilfe der Mensch seine Stärken im Fliegen ausspielen kann. „Wir brauchen eine Aus-

kommenden Landebahn einblenden. „Im Nebel behielten die Piloten damit den Durchblick und könnten das Flugzeug mit ihren eigenen Sinnen auf die Piste bringen“, sagt Berth. Sie brauchten nicht nach unten auf die Bedienfelder zu starren, wo das Landesystem heutiger Bauweise den Piloten lediglich abstrakt die Abweichung vom optimalen Anflugkurs anzeigt.

Eine Version dieser Darstellungsmöglichkeit fliegt in heutigen Kampfjets und Transportmaschinen des Militärs bereits mit. Auch für zivile Passagiermaschinen können die Airlines solche Head-up-Displays bestellen. „Viele Fluggesellschaften schrecken aber vor den hohen Kosten zurück“, kritisiert ein deutscher Pilot. „Dabei wäre das Ganze intuitiver, schneller zu verstehen und unbewusster zu benutzen.“

Das heutige, automatische Landeanflugsystem hingegen erfordert von den Piloten mehr Konzentration als ein Landen per Hand. Der Pilot sitzt zwar nur daneben und überwacht den Computer bei seiner Arbeit. Doch das ist anstrengender als das eigenhändige Fliegen.

So verliert der einstige Traumjob den Glanz alter Tage. Der Pilot wird vom Helden der Lüfte zum Überwacher der Elektronik. Dabei wird von den Ingenieuren gern seine Fähigkeit verkannt, Fehler erst gar nicht entstehen zu lassen.

Nur noch selten kann der Mensch seine Überlegenheit unter Beweis stellen – wie jüngst im Fall von Flugkapitän Chesley Sullenberger, der seinen Airbus A320 in einer fliegerischen Meisterleistung auf dem New Yorker Hudson River wasserte.

Wenn aber der Pilot die Kontrolle an den Computer erst einmal verloren hat, erscheint er so hilflos wie jeder ganz normale PC-Benutzer, dem gerade der Computer abgestürzt ist. Nach dem Sturzflug der Qantas-Maschine riefen die ratlosen Piloten mehrmals über Satellitentelefon in ihrer Technikzentrale an und fragten die Wartungsleute, was denn gerade mit ihrem Flieger vorgehe.

Und der Anruf verlief so frustrierend wie bei einer typischen Computerhotline: Die Techniker in Sydney wurden auch nicht schlau aus all den Fehlermeldungen, die die Bordrechner inzwischen an die Zentrale gefunkt hatten. Einmal rieten die Techniker, den dritten Flugcomputer einfach auszuschalten. Doch auch damit ließen sich die Fehlermeldungen nicht stoppen, die auf den Monitoren herunterrollten.

So mussten die Piloten allein kämpfen gegen das Durcheinander aus Pieptönen und Warnansagen, die so zahlreich durch das Cockpit schallten, dass der Flugschreiber sie wohl gar nicht alle aufzeichnen konnte.

Die letzten Warnungen verschwanden erst, als die Maschine um 13.50 Uhr gelandet und die Stromversorgung abgeschaltet war.

GERALD TRAUFFETTER

++ US Airways USA 1549, 15. Januar 2009 ++



Notwasserung des A320 auf dem New Yorker Hudson River, Pilot Sullenberger

schon heute vollkommen selbständig landen“, sagt Holger Duda vom DLR in Braunschweig.

Wie weit entfernt ist da noch der Zeitpunkt, bei dem der Mensch im Cockpit gänzlich überflüssig wird? Das Selbstvertrauen der Luftfahrtingenieure ist groß und zeigt sich an der Entwicklung von unbemannten Flugzeugen fürs Militär. Drohnen observieren Feindesland, feuern Raketen ins Ziel und transportieren bald auch Nachschub. Der „Global Hawk“ etwa besitzt bereits die Spannweite einer heutigen zivilen Kurzstreckenmaschine.

Der fensterlose Metallvogel landete nach einer Atlantiküberquerung auf dem Militärflugplatz Nordholz bei Cuxhaven, während der Pilot am Joystick in einer kalifornischen Luftwaffenbasis saß. „In zehn Jahren werden wir auch im zivilen Luft-

söhnung von Mensch und Maschine“, fordert DLR-Mann Duda.

In seinem Institut für Flugsystemtechnik entwickeln die Ingenieure einen aktiven Sidestick, damit beide Piloten spüren können, wie der Kollege oder der Computer gerade lenkt. „Naturalistisches Flugdeck“ nennt sich jener Forschungsansatz, der auch am Institut für Luft- und Raumfahrt der Technischen Universität Berlin verfolgt wird.

Dort experimentieren Flugingenieur Christian Berth und sein Team an einem Display, das in das Cockpitfenster den künstlichen Horizont, die Flughöhe, die Position der Landebahn und die wichtigsten Flugdaten projiziert. Denkbar wäre auch, das Fenster ganz durch Monitore mit einer Rundumprojektion zu ersetzen. Berth will ein Infrarotbild von der näher

## GESCHICHTE Marsch der Maladen

Warum ging Napoleons Armee während des Russlandfeldzugs wirklich unter? Analysen von Knochenfunden zeigen: Schuld war die Kleiderlaus.

Der erste Schuss war lange noch nicht abgefeuert, da war das Schicksal von Napoleons Grande Armée bereits besiegelt. Über 600 000 Mann marschierten im Frühjahr 1812 auf Befehl Bonapartes Richtung Russland – mehr Menschen, als damals in ganz Paris lebten.

Das Riesenheer hatte sich aufgemacht, um das Reich Zar Alexanders I. zu übernehmen. Einige Recken taumelten jedoch schon lange vor Beginn der Kampfhandlungen aus Reih und Glied und blieben schließlich reglos am Straßenrand liegen. Waren die Kerls etwa stramm wie die Hautbitzen?

Angesichts der schieren Menschenmassen fielen ein paar volltrunkene Soldaten indes kaum ins Gewicht. Erst 200 Jahre später kommt nun ans Licht, dass diese ersten Gefallenen mitnichten zügellose Spritköpfe waren, sondern den Beginn des Untergangs markierten.

So sieht es zumindest der US-Autor Stephan Talty, der die medizinischen Hintergründe dieses Feldzugs rekonstruiert hat\*. Stichhaltig erklärt er, warum 400 000 Krieger nicht wieder heimkehrten. Wie kaum ein Historiker vor ihm beleuchtet er dabei die entscheidende Rolle eines kleinen Schädlings: Schuld war die Kleiderlaus.

Demnach haben letztlich weder die Kosaken noch der unerbittliche russische Winter Napoleons Truppe das Genick gebrochen, sondern das von den Parasiten übertragene Läusefleckfieber („Typhus exanthematicus“). Dies ist das Ergebnis einer Spurensuche, die 2001 mit einer grauischen Entdeckung begann: In der litauischen Hauptstadt Vilnius stießen Bauarbeiter auf ein Massengrab mit 2000 Toten.

Zunächst kursierten Vermutungen, es handle sich um Opfer aus den Folterkellern des KGB oder um Juden, die während der deutschen Besatzung ermordet wurden. Tatsächlich aber wiesen erhaltene Gürtelschnallen und Knöpfe mit Regimentsnummern, die

\* Stephan Talty: „The Illustrious Dead“. Crown Publishers, New York; 315 Seiten; 27 Dollar.



Russlandfeldzug Napoleons (Illustration): Täglich erkrankten bis zu 6000 Soldaten

Archäologen ausgebuddelt hatten, den Weg zur Lösung des Rätsels: Die Toten gehörten ehemals zu Napoleons Großer Armee.

Aus den Zähnen der Verstorbenen haben die Wissenschaftler dann Markproben gebohrt und DNA-Material entnommen. Bei den Laboruntersuchungen stellte sich heraus, dass viele der im Erdloch Verscharrenen den Erreger des schon zu Napoleons Zeiten gefürchteten „Kriegsfiebers“ in sich trugen.

Minutiös zeichnet Talty nach, wie eine Mischung aus Inkompetenz, Missmanagement und der Ignoranz des kleinwüchsigen Feldherrn eine Armee zu Fall brachte, mit der man heute eine mittlere Großstadt in Deutschland bevölkern könnte. Bereits in der ersten Woche des Feldzugs erkrankten täglich bis zu 6000 Soldaten. „Die Zahl der Kranken steigt in überwältigendem Maße, sie kriechen die Straße entlang, wo viele von ihnen sterben“, beobachtete der belgische Arzt J. L. R. de Kerckhove.

„Napoleon interessiert es einen Dreck, wie viele seiner Soldaten auf der Straße zusammenbrechen“, beklagte sich denn auch der westfälische Bataillonskommandeur Friedrich Wilhelm von Loßberg bei seiner Frau. In der Tat pflegte der Feldherr in Bezug auf Kranke eine unsentimentale Haltung.

Das vom Kaiser engagierte Ärzteteam – allesamt eifrige Verfechter der obskuren Miasmentheorie, wonach Seuchen durch üble Gerüche verbreitet werden – war mit der Plage ohnehin überfordert. Den Erreger hatte noch keiner identifiziert. Auch dass die Krankheit durch die Kleiderlaus übertragen wird, war noch niemandem aufgefallen.

Fatalerweise kuschelten sich auf den Krankenstationen daher auch die bereits Befalle-

nen an die noch halbwegs Gesunden; so gingen der Plage nie die frischen Opfer aus.

Derlei miserable hygienische Umstände bereiteten der blutdürstigen Laus den Boden. Nach 10 bis 14 Tagen kündigte sich das Verderben mit hohem Fieber und bohrendem Kopfschmerz an. Es folgten Abgeschlagenheit und Schüttelfrost. Die von Fleckfieber Geschundenen wankten aufgedunsen und mit fleckigem Hautausschlag umher und waren alsbald so schwach, dass sie aus eigener Kraft kaum ein Glas Wasser heben konnten.

Heutzutage kriegen Ärzte die Krankheit mit einem Breitband-Antibiotikum recht schnell in den Griff. Abseits von Aderlass, Kräutern und einer Mixtur aus Wein, Wasser und einem Schuss Zitronensaft hatten die Doktoren damals jedoch keine Therapie für die Pein parat. Napoleons Chef-Medicus Dominique-Jean Larrey wusste das Massensterben denn auch nur mit eher unzureichenden Erklärungen zu deuten. Ihm galten andauernder Regen, körperliche Belastung und verdorbener Schnaps als Ursache des Siechtums.

Zwar hatten Napoleons angeschlagene Krieger zwischenzeitlich sogar Moskau besetzt, doch war das Russische Reich mit der matten Truppe nicht zu besiegen. Am 19. Oktober 1812 setzte Napoleon den Marsch der Maladen Richtung Heimat in Gang.

Ausgehungerte und überhitzte Gestalten fielen auf dem Rückzug wie Zombies in die Stadt Vilnius ein. Auf der Suche nach Essbarem drangen Soldaten gar in die Universität ein, um in Formaldehyd eingelegte Präparate zu verspeisen.

Kurz vor seiner Rückkehr nach Paris klärte Napoleon sein Volk einstweilen in einem rasch verbreiteten Bulletin knapp über das Wesentliche auf: „Die Gesundheit Seiner Majestät war niemals besser.“

FRANK THADEUSZ



Feldherr Napoleon 1812  
Überhitzt und fiebrig