

DISS. ETH Nr. 14660

**AUTOMATIONSCHARAKTERISTIKA ALS KONTRIBUIERENDE  
FAKTOREN MENSCHLICHEN FEHLVERHALTENS IM COCKPIT**

EINE FLUGDATENBASIERTE INCIDENTSTUDIE

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels

DOKTORIN DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

BARBARA KLAMPFER

Mag. phil., Paris-Lodron Universität Salzburg

geboren am 20. November 1969

von Österreich

Angenommen auf Antrag von:

Prof. Dr. Gudela Grote, Referentin

Prof. Dr. Dr. Hugo Tschirky, Korreferent

Prof. Dr. Urs Schallberger, Korreferent

2002

## Zusammenfassung

Zweifellos hat die Einführung neuer Technologien in der Luftfahrt generell zur Verbesserung von Sicherheit und Effizienz beigetragen. Verschiedene Quellen wie Unfallanalysen, wissenschaftliche Studien und Befragungen von Piloten weisen jedoch darauf hin, dass Automation auch einige neue Probleme – insbesondere was den Bereich Human Factors betrifft – generiert hat. Dementsprechend wird sich die vorliegende Arbeit dem Einfluss spezifischer Merkmale der Mensch-Maschine Schnittstelle auf den Menschen widmen.

Basierend auf dem soziotechnischen Systemansatz besteht das Hauptanliegen der vorliegenden Arbeit darin, jene Systemfaktoren zu identifizieren, welche Piloten in ihrer Leistungserbringung negativ beeinflussen. Als Ausgangspunkt wurden sogenannte Minor Incidents einer Fluggesellschaft gewählt, die durch eine Flugdatenauswertung (ADAS) erfasst wurden.

Die Datenbasis bilden 70 Incidents sowie 454 Fragebögen von Piloten zum Thema Automation. Die zwei Flugzeugtypen, auf die sich die Datenanalyse konzentriert, sind der A320 und die MD11, beides hochautomatisierte Flugzeugtypen. Die Daten der Incidentstudie basieren einerseits auf Flugdaten aus dem Aircraft Data Acquisition System (ADAS), andererseits auf Informationen von den betroffenen Piloten, die Rückschlüsse darauf zulassen, warum es zum jeweiligen Incident gekommen ist. Auf der Grundlage dieser beiden Datenquellen wurden Ursachenbäume erstellt, die schrittweise aufzeigen, wie sich der Incident entwickelte. Nach einer Klassifizierung der Faktoren, welche in der Entstehung der jeweiligen Incidents eine Rolle spielten, wurden systematische Zusammenhänge und Muster in Bezug auf menschliches Fehlverhalten gesucht. Ergänzend wurde in einem zweiten Schritt eine Fragebogenuntersuchung durchgeführt, in deren Zentrum die Schnittstelle Mensch - Technik bzw. der Einfluss der Automation auf den Menschen steht.

Ergebnisse der Incidentstudie zeigen, dass der überwiegende Teil der Incidents in der Anflugs- und Landephase passierte, wobei Über- bzw. Unterschreitungen von Geschwindigkeiten sowie unstabilisierte Anflüge die häufigsten Ereignisklassen repräsentierten. Die mit Abstand häufigsten Fehler waren mangelndes Situationsbewusstsein (*lack of situation awareness*), Fehler in der fliegerischen Handhabung des Flugzeugs (*a/c handling*) und Fehler in der Crew Koordination. Die Flugdaten in Verbindung mit Informationen von den Piloten stellten sich vor allem im Hinblick auf die Identifizierung von mangelndem Situationsbewusstsein als sehr hilfreich heraus. Als häufigste kontribuierende Faktoren zu mangelndem Situationsbewusstsein wurden fokussierte Aufmerksamkeit und mangelndes Feedback technischer Systeme identifiziert. Fehler im fliegerischen Handling traten am häufigsten in Zusammenhang mit wenig Erfahrung gepaart mit Sidestickcharakteristika wie mangelndes Feedback auf. Bei Fehlern in der Crew Koordination wurden keine Einflüsse seitens technischer Systeme festgestellt. Im überwiegenden Teil der Fälle bezogen sich diese auf Führungsfehler seitens des Kapitäns und auf Fehler im Interventionsverhalten auf Seite des Kopiloten.

Durch die ergänzende Fragebogenuntersuchung geht hervor, dass die derzeitige Automatisierung in den Cockpits des A320 und der MD11 von den Piloten in wesentlichen Bereichen positiv beurteilt wird. Es ist jedoch auch ersichtlich, dass einige Aspekte sehr kritisch eingeschätzt werden. Deutlich zeigt sich, dass die Anforderungen an den Menschen im System steigen, insbesondere was das Wissen und die visuelle Wahrnehmung betrifft. Die Erhaltung des Situationsbewusstseins wird durch die automatischen Systeme zu wenig unterstützt. Gründe dafür sind in der extremen Beanspruchung der visuellen Wahrnehmung, in der Art der Darstellung von Informationen und in mangelndem Feedback einiger Systeme zu suchen.

Zusammenfassend weisen die Resultate der Incidentstudie und der Fragebogenuntersuchung darauf hin, dass mit zunehmender Automatisierung die kognitiven Anforderungen steigen, das Situationsbewusstsein durch automatisierte Systeme nicht in ausreichendem Mass unterstützt wird und dass dabei der Feedbackcharakteristik technischer Systeme eine zentrale Rolle zukommt. In Bezug auf praktische Implikationen für das Training wird deutlich, dass mit zunehmender Automatisierung dem Menschen eher mehr als weniger Aufmerksamkeit gewidmet werden muss.

## Abstract

There is little doubt that the introduction of new technology to aviation has generally resulted in benefits to safety and efficiency - nevertheless, as data from accidents, incidents and concerns raised by pilots indicate, automation has generated some new and significant vulnerabilities in terms of human factors issues. Accordingly, the thesis presented here does not raise general concerns about automation, but addresses specific problems identified for particular designs of the human-machine interface.

Using the sociotechnical approach as a basis, the main objective of this study is to identify dysfunctional relationships between components of the overall sociotechnical system impairing pilot performance by analysing minor critical incidents of an airline.

Data collected from 70 minor incidents and from 454 questionnaires of airline pilots are presented concerning two different advanced technology aircraft, the A320 and the MD11. Data from the incident study are based on in-flight recorded data in conjunction with information from the pilots concerned, indicating why the exceedences occurred. Using these two sources of information causal trees were generated and the components of the trees were classified. To identify conditions and factor patterns which negatively influence the human operator in his task completion the focus was laid on human errors and the role of automation characteristics as contributing factors.

Since the issue of automation could only be partially covered in the incident study, an additional survey of pilots focusing on the human-machine interface was conducted.

Results from the incident study show that most of the incidents occurred during approach and landing and that the two largest classes of events were unestablished approaches and exceedings of speeds. Lack of situation awareness, errors in aircraft handling and failure in crew co-ordination were found to be the most prominent human error categories. The in-flight data used together with the pilots view of the event were especially useful for identifying lack of situation awareness. The data show that the most frequent contributing factors for situation awareness are focused attention and influences from technical systems in form of inadequate feedback. Limited experience and sidestick characteristics emerge as contributing factors errors in aircraft handling. Crew co-ordination errors are not found to be influenced by technical factors. Most of them are related to errors in the leadership on the captain's side or assertiveness errors committed by the copilot. In summary, from the incident study there are clear indications that - in term of technical issues - influences such as changes in the quality and form of feedback provided to the human operator contribute to human errors.

Overall the results of the questionnaire show that automation is generally perceived positively, but that there are some obvious problem areas: First, highly automated systems clearly pose increasing cognitive demands on the human operator. Second, situation awareness, respectively systems awareness is insufficiently supported. Third, - and this is connected to the previous points listed - the feedback of several automated systems is less than adequate.

## Abstract

---

In summary results from both sources of data indicate that situation awareness is not sufficiently supported by automation and that feedback characteristics of particular systems reveal a significant vulnerability. In terms of implications for training it becomes evident that with an increase in automation more rather than less investment is needed in human training and development.