

# Gefährliche Trugbilder

## Automation Surprise und die Bedeutung der Kommunikation im Cockpit

von Professor Doktor Jan U. Hagen, ESMT – European School of Management and Technology GmbH, Berlin  
und Tommaso Arcangeli, Business Analyst bei Business Integration, Mailand

Am Morgen des 10. Oktober 2020 bereitete sich die Besatzung einer Boeing 777F der Lufthansa Cargo auf dem Flughafen Frankfurt/Main auf ihren Flug nach Shanghai vor.<sup>1</sup> Die 42-jährige Copilotin sollte die Funktion des *Pilot Flying* übernehmen, der 44-jährige Kapitän die des *Pilot Monitoring*. Wegen der langen Flugzeit waren zwei weitere erfahrene Piloten an Bord.

Um 09:21 Uhr Ortszeit hob die 777 von der Piste 25C in Frankfurt ab. Ungefähr 15 Sekunden später ertönte die akustische Warnmeldung „*Wind shear*“. Die angezeigte Geschwindigkeit betrug zu diesem Zeitpunkt 176 Knoten. Die Copilotin forderte „*max thrust*“. Dies wurde vom Kapitän bestätigt. Er meldete die Scherwindwarnung an die Flugsicherheit und ergänzte: „[...] *we have now five-zero knots tailwind [...]*“. Währenddessen reduzierte die Copilotin die Längsneigung langsam von 11° auf 7°. Kurz darauf forderte der Kapitän sie auf, die Längsneigung zu erhöhen, worauf sie entgegnete, dass sie die vorgegebene Geschwindigkeit nicht unterschreiten wolle. Die angezeigte Geschwindigkeit betrug zu diesem Zeitpunkt 178 Knoten. Wenig später stellte der Kapitän fest, dass sich der Rückenwind auf 80 Knoten erhöht hatte. Er und die Copilotin zeigten sich verwundert, dass es trotz vollem Schub nicht möglich war, die erforderliche Geschwindigkeit zu erreichen, obwohl die Längsneigung ungewöhnlich gering war. Nachdem sich der angezeigte

Rückenwind auf 100 Knoten erhöht hatte, kam der Kapitän zu dem Schluss: „[...] also, das kommt mir sehr komisch vor, ich würde sagen, das ist *unreliable airspeed*.“ Sie einigten sich, die Rollen zu tauschen. Der Kapitän übernahm die Steuerung. Kurz darauf stellte die Copilotin fest, dass das *Integrated Standby Flight Display* eine Geschwindigkeit von 300 Knoten anzeigte. Sie und der Kapitän kamen zu dem Schluss, bei den angezeigten Geschwindigkeiten der beiden *Primary Flight Displays* müsse es sich um unzuverlässige Werte handeln. Um 09:23 Uhr entschied der Kapitän, die Luftnotlage zu erklären. Der Treibstoff wurde abgelassen. Eine Stunde später setzte die Boeing 777 wieder in Frankfurt auf. Dieser von der Besatzung professionell abgearbeitete Zwischenfall, wurde durch einen Fehler bei Wartungsarbeiten am Stau-Statik-System verursacht, der zu den falschen Geschwindigkeitsanzeigen auf beiden *Primary Flight Displays* führte.

Der Fall veranschaulicht eine wachsende Problematik der modernen Luftfahrt, nämlich falsche Warnmeldungen, die der Besatzung eines weitgehend automatisierten Flugzeugs ein Problem signalisieren, das nicht existiert. Dieses Phänomen wird als *Automation Surprise* oder auch *Ambiguous Cockpit Information* bezeichnet. Wir können es auch als Fehlbewertung und Fehlkommunikation zwischen Mensch und Maschine oder als Störung der Mensch-Maschine-Koordination ansehen.

<sup>1</sup> Die nachfolgende Beschreibung des Zwischenfalls beruht auf dem Bericht der BFU 20-0887-5X, Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung, 2020, Bulletin Oktober 2020, Braunschweig.

Die Kennzeichen der *Automation Surprise* sind:

- Die Besatzung erhält widersprüchliche Daten, Informationen, Warnungen.
- Weder die richtige noch die falsche Daten- oder Informationsquelle lässt sich bestimmen.
- Um die Situation zu erfassen und die Probleme zu beheben, sind *Airmanship*, Urteilsvermögen und Systemkenntnisse zwingend notwendig.
- Die Besatzungsmitglieder bewerten den Flugzeugzustand unterschiedlich, was sich negativ auf die gesamten Situationswahrnehmungs- und *Recovery*-Maßnahmen auswirkt.
- Die Situation entwickelt sich mit hoher Geschwindigkeit.

*Automation Surprise* ist die – unvermeidliche – Kehrseite der zunehmend komplexer werdenden Systeme in Luftfahrzeugen. Zwar haben diese Systeme die Arbeitsbelastung der Pilot\*innen verringert und sind für die extrem niedrigen Unfallzahlen der zivilen Luftfahrt von nur noch 0,66 Unfällen pro eine Million Flüge ursächlich. Allerdings konfrontieren sie uns gleichermaßen mit dem „Paradoxon nahezu sicherer Systeme“.<sup>2</sup> Es bedeutet, dass Systeme, die die Sicherheit unter normalen Bedingungen erhöhen, die Fehlerwahrnehmung seitens ihrer Operateure unter nicht normalen Umständen beeinträchtigen. Im schlimmsten Fall kann es geschehen, dass die Fähigkeit einer Besatzung so stark beeinträchtigt wird, dass es zu einem Unfall kommt.

Laut einer Studie lassen sich bei 46 Prozent der Unfallberichte und 60 Prozent der Berichte über Flugzwischenfälle unerwartetes Automatisierungsverhalten nachweisen.<sup>3</sup> In dieser Studie wurde ebenso die positive Korrelation des Automatisierungsgrads im Cockpit und der Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Automatisierungsüberraschungen hervorgehoben. Auch wenn umfangreichere Studien noch ausstehen, gehen wir mit unserem gegenwärtigen Erkenntnisstand davon aus, dass Pilot\*innen durchschnittlich ein Mal im Monat eine *Automation Surprise* erleben.

An dieser Stelle stellt sich die Frage, wie dem Phänomen am besten beizukommen ist. Soll man noch mehr automatisieren oder die Pilot\*innen so schulen, dass sie im Fall solcher Störungen adäquat handeln und angemessen kommunizieren können? Hersteller von Luftfahrzeugen – Airbus gehört dazu – verfolgen den ersten Weg. Doch der Blick auf die zweite Option lohnt sich: Solange Menschen im Cockpit sitzen, müssen sie in der Lage sein, bei technischen Problemen zu intervenieren. Ein wesentliches Problem ist dabei die unzureichende Kommunikation im Cockpit, die in den vergangenen 20 Jahren in mehr als 70 Prozent der Unfallberichte als Unfallursache genannt wurde. Diese unzureichende Kommunikation der Besatzungsmitglieder kann zum Verlust des Situationsbewusstseins, zum Zusammenbruch der Teamarbeit und zu schlechten Entscheidungen führen. Es bietet sich also an, diesen Aspekt näher zu betrachten.

Der oben beschriebene Fall ist ein positives Beispiel für den Umgang einer Besatzung mit einem *Automation-Surprise*-Ereignis. Die nachfolgenden Beispiele zeigen die destruktive Wirkung unzureichender Kommunikation.

<sup>2</sup> Oliver, Nick, Thomas Calvard & Kristina Potočnik. 2017. „Cognition, Technology, And Organizational Limits: Lessons From The Air France 447 Disaster“. *Organization Science* 28 (4): 729-743. doi:10.1287/orsc.2017.1138.

<sup>3</sup> De Boer, Robert J., and Karel Hurts. 2017. „Automation Surprise“. *Aviation Psychology and Applied Human Factors* 7 (1): 28-41. doi:10.1027/2192-0923/a000113.

### Birgenair 301

Der Flug Birgenair 301 startete am 23. Januar 1996 um 23:41 Uhr Ortszeit von Puerto Plata in der Dominikanischen Republik. Ziel war Frankfurt am Main.

Auch hier war das Stau-Statik-System einer Boeing (diesmal einer 757) aufgrund fehlerhafter Wartung teilweise defekt.<sup>4</sup> Die Folge war, dass die Geschwindigkeitsanzeigen unterschiedliche Werte aufwiesen. Diese Anomalien wurden bereits während des Startlaufs ersichtlich, dennoch beschloss der Kapitän, das Problem zu ignorieren und mit dem Flug fortzufahren. Ebenso entschied er kurz nach dem Start, dass seine (fehlerhafte) Geschwindigkeitsanzeige korrekt sei. Im Flugverlauf zeigte diese immer höhere und zunehmend falsche Werte an. Weder der Copilot noch ein weiterer mitfliegender Pilot stellten die Entscheidung des Kapitäns in Frage, stattdessen bestärkten sie ihn in der falschen Hypothese. Mit anderen Worten, sie folgten dem Autoritätsprinzip und vertrauten dem Kapitän aufgrund seiner größeren Erfahrung, statt die widersprüchlichen Anzeigen zu diskutieren und festzustellen, dass sie den Flug unter diesen Bedingungen abbrechen sollten. Auch die bizarre Begründung des Kapitäns: „Das Flugzeug stand lange Zeit am Boden, und dass da irgendetwas passiert, ist normal – wie die Asymmetrie beim Leitwerk oder andere Dinge. Wir glauben den [Instrumenten] nicht“, nahmen sie hin. Eine weitere sinnvolle Kommunikation fand nicht mehr statt. Die Geschwindigkeit des Flugzeugs nahm immer weiter ab, während die Geschwindigkeitsanzeige des Kapitäns eine Zunahme zeigte. Vier Minuten nach dem Start stürzte die Boeing 757 ins Meer. Überlebende gab es nicht.

### Air France 447

Der Flug Air France 447 startete am 1. Juni 2009 um 19:29 Uhr Ortszeit in Rio de Janeiro. Das Ziel war Paris.

Auch dieser Unfall, diesmal eines Airbus A330, geht auf falsche Geschwindigkeitsanzeigen eines ansonsten fehlerfreien Flugzeugs zurück.<sup>5</sup> Anders als bei den oben genannten Ereignissen handelte es sich hier jedoch nicht um einen Wartungsfehler. Vielmehr waren die Pitotrohre durch Eiskristalle verstopft, die das Stau-Statik-System nach ungefähr dreieinhalb Stunden Flugzeit lahmlegten. Danach deaktivierte sich der Autopilot, der die fehlerhaften Daten der Sensoren nicht mehr verarbeiten konnte. Die sehr ungewöhnliche Abschaltung des Autopiloten überraschte die beiden Piloten völlig. Der Copilot als *Pilot Flying* übernahm die Handsteuerung. Statt das Flugzeug auf der vorgegebenen Höhe zu halten, zog er jedoch – unbemerkt – am Steuerknüppel und führte das Flugzeug in einen Steigflug. Da der Schub unverändert blieb, verlor das Flugzeug langsam an Fahrt. Es kam zum Strömungsabriss, das Flugzeug verlor rapide an Höhe und stürzte in den Atlantik.

Entscheidend war auch hier die Art der Kommunikation. Sie deutet auf ein hohes Maß an Ratlosigkeit und Stress. Der Copilot sagt Sätze wie: „Ich weiß nicht, was passiert“, „Wir haben alles versucht“ und „Was ist das?“, „Auf *alti(meter)* – was haben wir hier?“. Darüber hinaus gibt es so gut wie keine Interaktion. Für den zweiten Piloten, ein *Senior First Officer (SFO)*, der den in seiner Ruhezeit befindlichen Kapitän als *Pilot in Command* vertrat, hätten diese Sätze Alarmzeichen sein müssen. Aber vielleicht nahm er sie nicht wahr, er war dabei, den Kapitän ins Cockpit zu holen. Auffallend ist auch, dass keiner der beiden Piloten die 76 akustischen Überziehwarnungen „*stall*“ mitbekam, die die sich abzeichnende Katastrophe ankündigten. Und noch etwas ist bemerkenswert: Von den 13 Fragen, die der Copilot stellte, beantwortete der *SFO* nur eine.

Kommunikation, Koordination und kollektive Wahrnehmung, die zur Diagnose des Problems und zur Stabilisierung des Fluges hätten beitragen können, brachen in diesem Fall zusammen und mündeten in einer vermeidbaren Katastrophe.

<sup>4</sup> Junta Investigadora de Accidentes Aereos. 1996. *Final Aviation Accident Report Birgenair Flight ALW-301. Puerto Plata, Dominican Republic: Director General of Civil Aeronautics Dominican Republic.*

<sup>5</sup> Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile. 2012. „*Final Report On The Accident On 1st June 2009 To The Airbus A330-203 Registered F-GZCP Operated By Air France Flight AF 447 Rio De Janeiro – Paris- Appendix 1.*“

### West Air Schweden 294

Unser letzter Fall weicht von den vorgehenden dahingehend ab, als das fehlerhafte System nicht das Stau-Statik-System, sondern das *ADI* im *Primary Flight Display* war.<sup>6</sup>

Es geht um eine CRJ 200, die am 8. Januar 2016 von Oslo nach Tromsø flog. An Bord des Frachtflugs waren die beiden Piloten, keine Passagiere. Der Start begann um 23:09 Uhr Ortszeit.

Auch dieser Flug war also ein Nachtflug. Auf der Höhe von 33.000 Fuß trat in der *Inertial Reference Unit* eine Fehlfunktion auf, die im *Primary Flight Display* des Kapitäns zur Anzeige eines falschen Flugzustands (siehe Abbildung 1) führte: starker Steigflug mit zunächst 50 Grad, dann beinah 90 Grad Längsneigung.

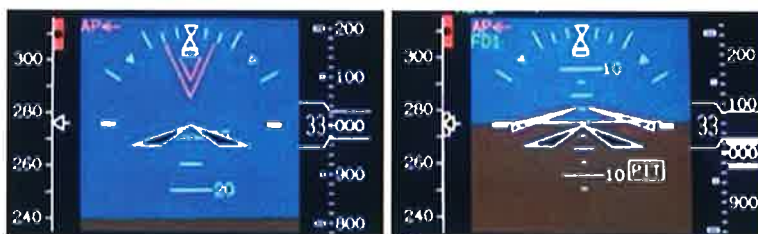


Abbildung 1: *Primary Flight Displays* des Kapitäns (links) und des Copiloten (rechts) kurz vor dem Übergang zum manuell eingeleiteten Sturzflug.

Quelle: *Swedish Accident Investigation Authority*. 2016.

Ein Blick auf den Höhenmesser hätte dem Kapitän verraten, dass die Anzeige falsch war; schließlich blieb die Höhe dort trotz angezeigtem Steigflug und fast maximaler Geschwindigkeit unverändert. Der Kapitän versuchte, den – vermeintlichen – Steigflug durch impulsives Drücken der Steuersäule zu korrigieren. Tatsächlich leitete er so den Sturzflug ein, was den Copiloten laut Bericht vollständig überraschte – da dessen *ADI* korrekt anzeigte.

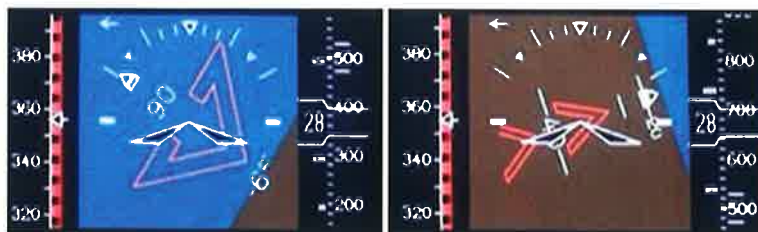


Abbildung 2: *Primary Flight Displays* des Kapitäns (links) und des Copiloten (rechts) 22 Sekunden nach dem Auftreten der Fehlfunktion.

Quelle: *Swedish Accident Investigation Authority*. 2016.

Im Abschlussbericht stand, dass mehrere Faktoren zu dem tödlichen Unfall beigetragen hatten. Dass es keine strukturierte Kommunikation gab, war einer von ihnen. Ein weiteres interessantes Ergebnis, das einen zusätzlichen Einblick in die Teamdynamik bei diesem Flug bietet, ist die Verwirrung der Piloten, die sich in Widersprüchen und Verzweiflung niederschlägt.

*Copilot: Zieh hoch.*

*Kapitän: Los hilf mir, hilf mir.*

*Copilot: Dreh nach rechts.*

*Kapitän: Hilf mir, hilf mir.*

*Copilot: Ja ich versuche es.*

Davon abgesehen gab es mehr Phasen der Stille als Interaktionen. Eine Minute und zwanzig Sekunden nach der ersten Korrekturangabe durch den Kapitän schlug das Flugzeug am Boden auf. Beide Piloten starben.

<sup>6</sup> *Swedish Accident Investigation Authority*. 2016. „Final Report RL 2016:11E“. *Accident In Oajevágge, Norrbotten County, Sweden On 8 January 2016 Involving The Aeroplane SE-DUX Of The Model CL-600-2B19, Operated By West Atlantic Sweden AB*. L-01/16.

### Ergebnisse und Empfehlungen

Alle drei Unfälle geschahen bei Dunkelheit und zu einer Tagesszeit, bei der die physische Leistungsfähigkeit der Besatzungsmitglieder womöglich eingeschränkt war. Vielleicht lässt sich so erklären, wie falsche Anzeigen zur Desorientierung führen konnten.

Doch ein noch größerer Faktor scheint für den problematischen Verlauf von *Automation-Surprise*-Fällen eine Rolle zu spielen: Die Störung trat in zwei der drei Ereignisse auf den Anzeigen des Kapitäns auf. Auf die verließ sich die Besatzung. Man könnte meinen, dass mitunter selbst die Geräte des Kapitäns – trotz CRM – eine höhere Autorität als die der Copiloten besitzen.

Die Flugbesatzungen reagierten zwar jeweils auf unterschiedliche Weise, dennoch gab es nur minimale Versuche, Situationsbewusstsein zu generieren und sich gleichberechtigt am *In-Process-Planning* zu beteiligen.

Sowohl für die zivile als auch die militärische Luftfahrt wird die *Automation Surprise* an Bedeutung zunehmen. Für eine gute Datenlage, aber auch Schulungen wäre es wünschenswert, wenn Besatzungen alle Fälle von *Automation Surprise* ebenso wie klassische Fehlerberichte melden würden – im Idealfall mit der Auswertung der *Flight-Data-Recorder*-Aufzeichnungen. Nur dann lassen sich sowohl die betroffenen Systeme als auch die entsprechenden Trainingsszenarien verbessern beziehungsweise entwickeln.

Im Fokus der Schulungen sollte dann nicht nur das Erkennen falscher Signale stehen, sondern auch die offene und koordinierte Kommunikation der Besatzungsmitglieder bei der Bewältigung dieser Szenarien. *Automation Surprises* werden sich nicht verhindern lassen, aber Besatzungen, die offen und kontinuierlich miteinander kommunizieren, können diese Ereignisse beherrschen – und später von ihnen berichten.

### Die Autoren

Jan U. Hagen ist *Associate* Professor der ESMT Berlin. Im Mittelpunkt seiner Forschung stehen die Themen Führung, Fehler- und Krisenmanagement. Sein besonderes Interesse gilt dabei Hoch-Risiko-Organisationen. [jan.hagen@esmt.org](mailto:jan.hagen@esmt.org)

Tommaso Arcangeli ist Business Analyst bei Business Integration Partners, Mailand, und Absolvent des Master-in-Management-Studiengangs der ESMT Berlin 2018/2020 mit dem Schwerpunkt globale und digitale Strategie.

[tommaso.arcangeli@mim2018.esmt.org](mailto:tommaso.arcangeli@mim2018.esmt.org)

### Anmerkungen der Abt GenFlSichhBw zu den Artikeln v. Prof. Dr. Stein /Dr. Reeb und Prof. Dr. Hagen

Als erfahrene Flugpsychologen befassen sich sowohl Prof. Dr. Stein wie auch Dr. Reeb intensiv mit psychologischen Aspekten in der militärischen Fliegerei und unterstützen immer wieder aktiv die Abt GenFlSichhBw. Der vorliegende Artikel beschreibt sehr anschaulich die Problembereiche der Automation und zeigt, dass – neben dem kritischen Umgang mit Automation – auch die Ausbildung und das Systemwissen des Piloten/Technikers/Flugsicherers ein entscheidender Faktor für die Flugsicherheit ist.

Auch Prof. Dr. Hagen befasst sich intensiv mit dem Fehlermanagement im Cockpit und hat in diesem Zusammenhang mit seiner Studie zur Kommunikation im Cockpit und seinem Vortrag bei der Flugsicherheits-Fachtagung 2019 der Abt GenFlSichhBw in Kalkar bereits einige flugsicherheitsrelevante Projekte zusammen mit der Bundeswehr durchgeführt.

Um die dargestellte Problematik aus der zivilen, gewerblichen Luftfahrt in Hinblick auf ihre Bedeutung für den militärischen Flugbetrieb der Bundeswehr bewerten zu können, müssen zunächst die Gemeinsamkeiten identifiziert und multiple Facetten der Problematik differenziert werden.

In der gewerblichen Luftfahrt steht der sichere und wirtschaftliche Transport von Mensch und Material im Fokus der Durchführung des Flugbetriebes. Dieses wird erreicht durch Ausplanung von ökonomischen und simplifizierten Verfahren, die einen hohen Grad der Automatisierung zulassen. Die Fehlerquelle „Mensch“ wird hierdurch minimiert. Der Faktor „Mensch“ tritt aber dann in den Mittelpunkt, wenn es zur beschriebenen Störung zwischen der Mensch-Maschine-Koordination kommt und der Mensch plötzlich in hohem Umfang gefordert wird.

Im militärischen Flugbetrieb steht der taktische Einsatz von Luftfahrzeugen im Mittelpunkt des Flugbetriebes. Die Flugführung ist dabei ein Teil des Aufgabenspektrums, neben der Durchführung von taktischen Einsatzverfahren und ggf. auch dem Einsatz von Waffen. Der Automatisierungsgrad beschränkt sich hierbei auf

die Unterstützung und Entlastung der Luftfahrzeugbesatzungen in diesem komplexen Arbeitsumfeld. Bei einer Störung der Mensch-Maschine-Koordination bedeutet dies für den Faktor Mensch einen signifikanten Anstieg der Arbeitsbelastung.

Der unterschiedliche Automatisierungsgrad ist demnach im Falle einer Störung eher unerheblich. Die nunmehr erhöhten Anforderungen zur sicheren Flugdurchführung an die Besatzungen stellen für beide Bereiche eine gleich hohe Herausforderung dar.

Mit dem vorliegenden Artikel stellt Prof. Dr. Hagen die resultierenden Probleme einer Störung der Mensch-Maschine-Koordination anhand unterschiedlicher Beispiele dar. Um die Frage beantworten zu können, ob es solche Szenarien in ähnlicher Weise auch aus dem Flugbetrieb der Bundeswehr gibt, ist eine Differenzierung von Ursachen der dargestellten Probleme sinnvoll. Der Flugunfall des Air France Fluges 447 ist beispielhaft für den sog. *Automation Surprise*, da hier die Besatzung den Ausfall der Automatisierung durch manuelle Flugsteuerung zu kompensieren hatte. Die anderen Fallbeispiele beschreiben eher die Umstände der *Ambiguous Cockpit Information*, in denen Fehlanzeigen erkannt und hierfür kompensiert werden mussten. Sowohl für *Automation Surprise* als auch für *Ambiguous Cockpit Information* lassen sich Beispiele aus dem Flugbetrieb der Bundeswehr finden. Dabei trifft die Problematik nicht nur auf moderne WaSys und Lfz-Muster zu:

#### Zwischenfall RegNr. 038478 mit C-160 TRANSALL am 20.11.2012

Beim Überprüfen des vom Copiloten geflogenen ILS<sup>1</sup>-Landeanfluges auf die Piste 25L in Manching wurde vom Kommandanten festgestellt, dass der Gleitpfad mittig („*on glidepath*“) auf dem ILS 2 des Copiloten angezeigt wurde, während der Gleitpfad des ILS 1 auf der Kommandantenseite eine deutliche Abweichung nach oben („*above glidepath*“) anzeigte. Ein Vergleich der Höhen und der Position mit dem publizierten Anflugverfahren bestätigte die korrekte Anzeige des ILS 1 bzw. die falsche Anzeige des ILS 2 des Copiloten. Der Anflug wurde umgehend abgebrochen und der Flug mit einem PAR<sup>2</sup>-Anflug beendet. Als mögliche Fehlerquelle wurde ein fehlerhaftes Relais identifiziert.

<sup>1</sup> ILS – Instrument Landing System (Instrumentenanflugverfahren, bei dem der Endanflug eigenständig durch das Lfz anhand der vom Boden gesendeten Signale zur verlängerten Mittellinie und des Gleitpfades gesteuert wird).

<sup>2</sup> PAR – Precision Approach Radar (Instrumentenanflugverfahren, bei dem ein Fluglotse den Anflug mit Hilfe des Bodenradars leitet).

In der Instrumentenflugausbildung und der flugphysiologischen Ausbildung werden Luftfahrzeugführer darauf trainiert, bei eingeschränkten Sichtverhältnissen unbedingt ihren Instrumenten zu vertrauen und sich danach auszurichten. In diesem Beispiel wird verdeutlicht, dass auch Instrumente fehlerhaft anzeigen können. Durch Prüfung aller zur Verfügung stehenden Informationen (hier: weitere Anzeigen und Positionsbestimmung) und Anwendung des „Vier-Augen-Prinzips“ konnte in diesem positiven Beispiel die Fehlfunktion der Maschine durch den Menschen erkannt und durch eine effektive Entscheidungsfindung der Flug sicher beendet werden.

In einem aktuelleren Beispiel können die von Prof. Dr. Hagen aufgeführten Aspekte der *Automation Surprise* auch im militärischen Flugbetrieb verdeutlicht werden. Darüber hinaus beinhaltet der Zwischenfall weitere Aspekte des komplexen Themenfelds der Automatisierung.

Moderne Waffensysteme und Lfz-Muster zeichnen sich durch ihre hohe Komplexität und eine Vielzahl von automatisierten Prozessen aus. Hierdurch ergeben sich Rahmenbedingungen bei denen sich Luftfahrzeugbesatzungen den Herausforderungen von umfangreicher automatisierter Systemlogik bei wenig transparentem Systemfeedback stellen müssen. Eine allumfassende Systemkenntnis und Detailkenntnis der multiplen technischen Prozesse ist schlichtweg nicht mehr möglich. Dies führt häufig zu Lücken im mentalen Modell der Luftfahrzeugbesatzungen in der Erfassung der Gesamtsituation. Der Ausspruch: „*What's it doing now?*“ beim Eintreten eines Zwischenfalls ist hierbei eine häufig zitierte Reaktion. Die Analyse von Zwischenfällen mit der Thematik *Automation Surprise* belegt, dass in einer nicht unerheblichen Anzahl der Vorkommnisse die Systeme genau gemäß ihren programmierten Vorgaben operierten. Der durch Prof. Dr. Hagen beschriebene Konflikt in der Mensch-Maschine-Kooperation kann daher in drei unterschiedlichen Situationen auftreten: Zum einen die Fehlfunktion des automatisierten Systems, welches durch die Besatzung realisiert und korrigiert wird (wie im obigen Beispiel mit der C-160). Zum anderen die korrekte Funktionsweise des Systems in Verbindung mit der Unkenntnis der Besatzung über die Funktionsweise (wie im folgenden Beispiel mit dem EF). Im schlimmsten Fall könnte es zu einer Fehlfunktion des Systems kommen, die durch die Unkenntnis der Besatzung nicht als solche erkannt und korrigiert wird.

### Zwischenfall RegNr. 047309 mit EURO-FIGHTER am 29.09.2020

Der LFF des ZwF Lfz führte eine 2er Formation im ILS-Instrumentenlandeanflug zurück nach Wittmund (*RDR Trail Approach*). Eine NM vor dem Aufsetzpunkt und mit Sicht zur Landebahn, nahm der LFF die Schubreduzierung mit dem *Autobrattle* von 180 KDAS<sup>3</sup> auf die anvisierten 14° AOA<sup>4</sup> vor, jedoch trat die Verzögerungswirkung nicht ein. Auch ein manuelles Verändern der *Throttle* brachte keine Verzögerung. Der LFF entschied sich dennoch, den Landeanflug fortzusetzen, und setzte mit einer Geschwindigkeit von ca. 175 KDAS bei 1300 kg Restkraftstoff auf. Im Bewusstsein, dass die Geschwindigkeit zu hoch war, entschied sich der LFF gegen das *Aerobraking*<sup>5</sup>, setzte das Bugfahrwerk direkt nach der Landung auf und nutzte die Radbremsen sowie die Luftbremse, um das Lfz abzubremesen. Der Bremsschirm wurde nicht aktiviert. Nach Aufsetzen des Bugrades erschien die Warnung „*Left Engine Performance*“. Erst hier bemerkte der LFF die Ursache für die nicht vorhandene Verzögerung. Das linke Triebwerk war bei einer Drehzahl von 85% NH / 71% NL eingefroren und produzierte somit weiterhin Schub. Am Ende der Landebahn hatte der LFF die nötige Bremswirkung erzielt und verließ die Landebahn. Die Rollgeschwindigkeit ließ sich trotz Nutzung der Bremsen kaum halten, somit entschied sich der LFF, das linke Triebwerk abzuschalten. Als dieses nahe 0% NL&NH kam, wurde die Warnung „*left Cowl*“ und „*Nosewheelsteering*“ generiert. Der LFF verlor zunächst die Richtungskontrolle und konnte das Lfz mit asymmetrischen Bremsen auf dem Rollweg halten. Nach dem Abbremsen zum vollständigen Stillstand informierte der LFF den Kontrollturm darüber, die lokale „*Hot Brake Procedure*“<sup>6</sup> auszulösen. Das Lfz wurde auf dem Rollweg abgestellt.

<sup>3</sup> KDAS – *Knots Displayed Airspeed Speed* (Geschwindigkeitsangabe in Knoten).

<sup>4</sup> AOA – *Angle Of Attack* (Anstellwinkel).

<sup>5</sup> Verfahren, bei dem die Lfz-Nase beim Ausrollen angehoben wird, um somit einen möglichst hohen Luftwiderstand zur Verzögerung der Geschwindigkeit zu erreichen.

<sup>6</sup> Maßnahmen der Notdienstgruppe im Zusammenhang mit überhitzten Bremsen.

Im Rahmen der Zwischenfalluntersuchung wurde der Ausfall der triebwerkseitigen Hydraulikpumpe (HPGU) des linken Triebwerks festgestellt. Die HGPU steuert die variable Schubdüse sowie die variablen Lufteinlassschaufeln. Mit beiden Systemen wird der Luftstrom durch das Triebwerk kontrolliert. Bei einem Ausfall der HGPU ist systemseitig die Einnahme einer festen Triebwerksleistung von 85% NH programmiert, um den kontrollierten Luftstrom durch das Triebwerk bei mittlerer Nennleistung sicherzustellen. Da in dieser Konfiguration die weitere Fortführung des Fluges mit geringen Einschränkungen möglich ist, wird im Flug keine Warnanzeige generiert. Der LFF kann durch Prüfen der Triebwerksanzeige indirekt Rückschlüsse auf die Fehlfunktion ziehen und durch Anwenden der entsprechenden Checkliste (E-11 *Incorrect Engine Response*) mitigieren. Die Fehlfunktion wird durch eine Warnanzeige erst dann direkt angezeigt, wenn sich das Lfz am Boden befindet, da hier ein im mittleren Leistungsbereich eingefrorenes Triebwerk problematisch ist. Dieses erfolgte nach dem Aufsetzen mit der Anzeige „*Left Engine Performance*“. Die hohe Nennleistung des Triebwerks sorgte für die Kontrollprobleme beim Rollen des Lfz. Die Entscheidung des LFF, durch das Abstellen des linken Triebwerks die Situation zu verbessern, war zunächst erfolgreich. Das Rollen mit abgestelltem linken Triebwerk führte allerdings zum nächsten Problem, da bei Rollgeschwindigkeiten unter 10 Knoten kein *Cross Bleed* zur Verfügung steht, welcher dafür Sorge trägt, dass die Systeme des linken Triebwerks durch das rechte Triebwerk versorgt werden. In Folge war der Ausfall der Bugfahrwerkssteuerung, die durch das linke Triebwerk betrieben wird, ebenfalls vorprogrammiert.

Die dargestellten Funktionsweisen und daraus resultierenden Konsequenzen waren weder dem betroffenen LFF bewusst noch im Verband bekannt. Zur Klärung wurde das Systemunterstützungszentrum befragt. Dieses bestätigte jedoch, dass das System „*worked as designed*“. Das gleiche Ergebnis ergab auch das Nachstellen des Zwischenfallfluges im Simulator.

Dieser Zwischenfall veranschaulicht deutlich einige Aspekte im Umgang mit *Automation Surprise*. In modernen Lfz-Mustern werden aufgrund der Vielzahl an Systemen in der Regel multiple Anzeigen zu deren Funktionsstatus generiert. Aufgrund dessen verlässt sich die Besatzung darauf, dass Fehlfunktionen angezeigt werden, und reagiert mit dem entsprechenden Abarbeiten der Checkliste. Die Anzeige einer Fehlfunktion fehlte hier und führte zur Überraschung des LFF, als dieser das Triebwerksverhalten beobachtete. Die Kenntnis über die vorprogrammierte Funktionsweise des Systems und die damit unterbundene Möglichkeit des LFF, die Triebwerksleistung zu kontrollieren, war nicht vorhanden und somit der *Surprise* des LFF sehr groß. Nach Auswertung des Zwischenfalls wurde die Änderung zur Anzeige der Warnung mit Auftreten der Fehlfunktion bereits im Flug initiiert.

Untersuchungen zum Umgang mit Automatisierung empfehlen, dass Luftfahrzeugbesatzungen vertraut sind mit den Grundelementen automatisierter Systeme und Funktionen. Woher bekommen sie ihre Informationen (z. B. mögliche Ausfälle des Statik-Staudrucksystems)? Welche Zielsetzung verfolgen die automatisierten Prozesse (hier: z. B. kontrollierter Luftstrom durch das Triebwerk)? Wie werden die korrekte Arbeitsweise oder der Ausfall der Systeme angezeigt oder erkennbar? Wo sind weiterführende Informationen und Handlungsanweisungen verfügbar?

Um dieser Herausforderung gewachsen zu sein, unterstreicht Prof. Dr. Hagen die Bedeutung guter Kommunikation. Dies bleibt unbestritten. Allerdings müssen wir uns im militärischen Flugbetrieb der Herausforderung stellen, die Flugdurchführung auch in einem komplexen taktischen Umfeld sicherzustellen und hierbei in einsitzigen Kampfflugzeugen nicht mit einem weiteren Besatzungsangehörigen unter Nutzung des „Vier-Augen-Prinzips“ kommunizieren zu können.

Dem Überraschungseffekt: „*What's it doing now?*“ kann aber auch unter diesen Bedingungen schnell und effektiv begegnet werden mit dem bekannten Prinzip: „*Maintain aircraft control!*“, „*Analyse the situation!*“ and „*Take proper action!*“.