

NEWSLETTER

Komplexität & Lernen

AUS DER FORSCHUNG FÜR DIE PRAXIS

- ▶ Werden auch Flugunfalluntersuchungen durch „menschliche Faktoren“ beeinflusst? (Teil 2)
Helmut Blaschke
- ▶ Beiträge auf der Fachgruppentagung AOWI an der Leuphana Universität Lüneburg
Sophie Berretta, Lisa Thomaschewski & Annette Kluge
- ▶ Publikationen des Lehrstuhls

Liebe Leserin, lieber Leser,

Ein Zitat von Kierkegaard sagt sinngemäß: „Man muss das Leben vorwärts leben. Aber man kann es nur rückwärts betrachtet verstehen.“ So ist das auch bei den zeitlich zurückliegenden Ereignissen und deren Analyse. Die handelnden Personen wissen während eines Ereignisses nicht, was passiert bzw. was geschehen wird – die sog. chain of events können wir erst in der Rückwärtsbetrachtung und -analyse verstehen, wenn wir uns in Zeitlupe und Szene für Szene mit dem Ereignisverlauf beschäftigen. Doch führt die Analyse eines Ereignisses zu den „richtigen“ Schlüssen? Oder hängt das Analyseergebnis von den „richtigen“ Fragen nach dem „Warum“ ab? Gerade im Kontext von Organisationen und organisationalen Regeln und Prozessen ist die Betrachtung der systemischen Zusammenhänge sehr relevant.

Da die Unfallanalysen einen so wichtigen Einfluss auf das Lernen aus Erfahrungen haben und die Art der Erfahrungen, die gelernt und in Zukunft vermieden werden sollen, lohnt sich der Blick auf die Methoden der Unfallanalysen, wie dieser zweite Teil der Analyse des Unfalls von AF 447 zeigt. Unfallanalysen sind nicht per se „wahr“ oder erschöpfend, (nur) weil sie gemacht wurden. Sie brauchen einen selbstkritischen Blick aus der Metaperspektive und eine kritische Haltung, sich selbst zu fragen: „Was haben wir übersehen, was uns helfen könnte, solche Ereignisse zukünftig zu verhindern?“ Denn wir wollen aus dem „Rückwärts“ ein besseres „Vorwärts“ machen.

Haben Sie einen farbenfrohen Herbst,

Ihre

Annette Kluge & das gesamte AOW-Team



AUS DER FORSCHUNG FÜR DIE PRAXIS

WERDEN AUCH FLUGUNFALLUNTERSUCHUNGEN DURCH "MENSCHLICHE FAKTOREN" BEEINFLUSST? WIE DAS HUMAN FACTORS ANALYSIS AND CLASSIFICATION SYSTEM (HFACS) DABEI HELFEN KANN, DIES ZU VERMEIDEN. (TEIL 2)

Helmut Blaschke



Rückblick

Es ist die Nacht vom 31. Mai auf den 01. Juni 2009. Wir befinden uns mit der Cockpit-Besatzung von Air France 447 mit dem Ziel Paris über dem Atlantik, zur aktuellen Zeit auf Höhe des Äquators. Inzwischen zeigt die Uhr 02:08 UTC – das ist morgens um 04:08 Uhr lokaler Zeit in Paris. Beim Blick durch die Cockpit-Verglasung schlägt der Besatzung eine bedrohlich schwarze Wolkenmasse entgegen. Ab und zu zucken Blitze durch das undurchdringliche Dunkel über dem Atlantischen Ozean. Schemenhaft sind Wolkenketten in der Peripherie wahrzunehmen. Dem „Pilot Flying“ (PF) Bonin, der in dieser Nacht von seinem Kapitän für die Steuerung der Maschine eingeteilt wurde, sitzt bereits etwas angespannt im rechten Sitz. Ihm fällt ein ungewohnt scharfer Geruch im Cockpit auf, den er nicht zuordnen kann. Fast zeitgleich zucken plötzlich grünlich-bläuliche Blitze ganz dicht vor ihm über die Cockpitfenster und lassen ihn leicht erschauern. Er fragt seinen „Pilot Non Flying“ (PNF) Robert, der vor wenigen Minuten den Kapitän im linken Sitz abgelöst hat: „What's that? Something to do with the tropical zone?“ Sein erfahrener Senior-Copilot Robert erklärte ihm daraufhin, dass sowohl das an den Cockpitfenstern sichtbare Elmsfeuer als auch der wahrgenommene Ozongeruch für diese Breiten durchaus normal sein können. Allmählich machen sich erste Turbulenzen bemerkbar, die sich zunehmend verstärken. Die Maschine wird nun von den Elementen wie durch Geisterhand hin und her geschaukelt. Ein ungewohntes Geräusch dringt ins Cockpit, als feine Eiskristalle über die Außenhaut der Maschine streifen. Ganz geheuer ist die Situation den beiden Piloten nicht und sie sprechen kurz über die Möglichkeit, die aktuelle Flughöhe zu verlassen, um auf eine ruhigere Flugfläche zu steigen. Dieser Plan wird jedoch umgehend wieder verworfen, als sich plötzlich

der Autopilot automatisch abschaltet und damit der Pilot Flying Bonin unvermittelt die manuelle Steuerung des Flugzeugs übernehmen muss. Die sonst so zuverlässigen Instrumente fangen an, seltsame und widersprüchliche Anzeigen zu liefern, während die bordeigenen Warnsysteme visuelle und akustische Notfallmeldungen im Sekundentakt an die Piloten übermitteln. Jetzt geht alles ganz schnell. Ein Wirrwarr aus Turbulenzen, ungewohnten Vibrationen sowie seltsamen Geräuschen strömt auf die Piloten ein. Optische und akustische Warnmeldungen schwelen zu einem bedrohlichen und verwirrenden Kanon an, der alle Sinne saturiert und es schwer macht, einen klaren Gedanken zu fassen. Pilot Flying Bonin versucht das Flugzeug nun manuell zu steuern, um es zu stabilisieren. Es bleibt ihm auch gar nichts anderes übrig, da der Autopilot den Dienst versagt. Zu seiner Überraschung fühlen sich die Steuereingaben und die Reaktionen der Maschine heute ganz anders an, als er dies aus vorhergehenden Flügen oder aus dem Simulator gewöhnt war. Er spürt nicht nur, wie ihm das Blut „in den Kopf schießt“ und das Adrenalin seinen Körper flutet, sondern auch den Angstschweiß, der sich auf seiner Haut bildet. So etwas hat er noch nie im Cockpit erlebt und erste Anzeichen von Panik steigen in ihm auf. Er versucht die Maschine durch reflexartiges Ziehen am Steuerknüppel zu stabilisieren und um vermeintlich „nach oben“ zu steigen. Sein Pilot Non Flying ruft ihm Anweisungen zu, wieder zu sinken. Diese Worte erreichen zwar sein Trommelfell, doch ergeben sie für ihn keinen Sinn. Es fällt ihm schwer, all die Informationen in seinem Gehirn zu verarbeiten. Zu intensiv ist die Mischung aus verschiedensten Sinnesreizen, die ihn vor wenigen Sekunden völlig überrascht hatten. Co-Pilot Bonin versucht, zu begreifen, was gerade passiert, kann aber keinen klaren Gedanken mehr fassen. Es fühlt sich an, als wäre

er in einer „Endlosschleife“ gefangen und nichts, was um ihn herum passiert, ergibt einen Sinn. Er zieht seinen Steuerknüppel weiterhin reflexartig nach hinten. Mit hektischen Steuereingaben nach links und rechts versucht er, das heftige Schaukeln der Maschine gegenzusteuern und zu kontrollieren. Doch es will ihm nicht gelingen. Ganz im Gegenteil beschleicht ihn das ungute Gefühl, dass es nur noch schlimmer wird. Wie von Geisterhand wird seine Maschine durch die Luft gewirbelt und er kann es nicht verhindern. Er starrt durch sein Cockpitfenster nach draußen. Sieht nichts, nur finstere Nacht. Es wird kein Horizont sichtbar, an dem er sich hätte orientieren können. Er könnte auch nicht mehr sagen, wo „oben“ und „unten“ ist. Bonin stammelt Sätze an seinen Pilot Non Flying Robert, dass das alles keinen Sinn macht, während ihm kalter Schweiß den Rücken hinabläuft. Da taucht plötzlich sein Kapitän hinter ihm auf und fragt fassungslos in die Runde, was zur Hölle die beiden Co-Piloten da gerade veranstalten? Bonin fragt seinen Kapitän, was hier gerade passiert und was er machen soll? Dieser stellt ungläubig fest, dass er es auch nicht weiß! Alle Hoffnung zerbricht in diesem Moment für Bonin. Er hatte fest damit gerechnet, dass sein Kapitän eine Antwort parat hat oder das Steuer übernimmt und mit routinierten Steuereingaben diesen Alptraum beendet. Aber nichts dergleichen passiert. Die Reizüberflutung durch die Warnsysteme und das Stimmengewirr überfordern ihn nun komplett. Bonin ahnt zu diesem Zeitpunkt noch nicht, dass er gleich in weniger als 2 Minuten mit seinem voll funktionstüchtigen AIRBUS A330 auf der Meeresoberfläche des Atlantiks aufschlagen wird. Mit ihm werden alle 227 weiteren Insassen des AIRBUS einen schnellen Tod sterben. Mit ihm auch seine Frau, die ihn auf diesem Transatlantikflug begleitet hatte und ebenfalls an Bord war.

Die Ursache des Absturzes wird längere Zeit ein Rätsel bleiben, bis ca. 2 Jahre später Tauchroboter die Flugschreiber des AIRBUS A-330 in 4000 Meter Meerestiefe aufspüren. Was war passiert und warum? Dieser Frage will ich nun mit Hilfe von HFACS 8.0 nachgehen. Dabei stütze ich mich auf die faktischen Ermittlungserkenntnisse der BEA, wie sie in ihrem Abschlussbericht veröffentlicht wurden.



Der Teil 1 unter:

https://www.aow.ruhr-uni-bochum.de/aow/mam/images/startseitee/newsletter/komplexit%C3%A4t_und_lernen_-_ausgabe_75__juni_2025_.pdf

Eine Analyse der (BEA-) Analyse

Einleitend zum 2. Teil des Newsletter-Beitrags ist es mir wichtig, klarzustellen, dass ich keinesfalls die Absicht verfolge, die Arbeit der französischen Flugunfalluntersuchungsstelle in Frage zu stellen. Der Unfallbericht der verantwortlichen französischen Flugunfalluntersuchungsstelle (Bureau d'Enquetes et d'Analyses – BEA) stellt auf 260 Seiten äußerst akribisch und detailliert dar, wie es zu dieser Katastrophe kommen konnte. Auch die Schlussfolgerungen des Berichts weisen definitiv in die richtige Richtung. Es wurde explizit auf die „Human Factors“ als maßgebliche Unfallursache eingegangen. Zu Recht wurde die Analyse der BEA damals als „richtungsweisend in Sachen Human Factors“ eingestuft.

In diesem Artikel geht es hauptsächlich darum, am Beispiel AF 447 aufzuzeigen, dass die Ergebnisse der Untersuchung eines solch komplexen Unfallhergangs von den verwendeten Analysemethoden abhängig sein können. Je nachdem, welches systematische Vorgehen bzw. welche Methode von der zuständigen Behörde gewählt wird, hat dies selbstverständlich Auswirkungen auf die Ergebnisse. Unter Umständen entsteht dabei ein „verzerrtes Auswertungsbild“ (Bias), da sich die auswertenden Personen zwangsläufig nach den Faktoren und Kriterien der jeweiligen Methode richten müssen.

Um Flugunfälle sowie Zwischenfälle zu untersuchen, bietet die Internationale Zivilluftfahrt-Organisation (ICAO) im Annex 13 eine gewisse Grundlage für Behörden an, die mit der Durchführung von Flugunfalluntersuchungen betraut sind. Die internationale Luftfahrtbehörde ICAO nennt als oberstes Ziel, durch die Durchführung der Untersuchung weitere Unfälle oder Zwischenfälle dieser Kategorie zu verhindern. Die Untersuchung soll von einem unabhängigen Expertenteam einer nationalen Sicherheitsuntersuchungsbehörde (Government Safety Investigation Authority → SIA) durchgeführt werden. Zuständig sind die Länder, auf deren Territorium der Unfall stattfand, oder deren nationales Luftfahrtunternehmen betroffen ist.

Bei der Veröffentlichung der Ergebnisse sollen keine Schuldzuweisungen an die handelnden Personen oder Organisationen ausgesprochen werden („No blame“), um jegliche Haftungsansprüche aufgrund der Untersuchung auszuschließen. Die jeweiligen staatlichen Stellen sind jedoch angewiesen, „Preliminary“ und „Final Reports“ zu veröffentlichen, in denen die „Causes“ und „Contributing Factors“ aufgelistet werden.

Die Autoren Kym Bills, Leesa Costello und Marcus Cattani haben 2023 einen Forschungsartikel zu der o. g. Thematik verfasst. Sie stellten fest, dass die ICAO zwar einen gewissen Rahmen für Untersuchungen aufzeigt, jedoch kein bestimmtes Analyseverfahren vorschreibt. D. h. es gibt keine Standardisierung bezüglich der Analyse-Methoden. Jede nationale Sicherheitsuntersuchungsstelle kann also eine eigene, von ihr bevorzugte Methode anwenden. Damit sind die Voraussetzungen geschaffen, dass die Untersuchungsergebnisse von der verwendeten Methode abhängig sein werden.

Dies bedeutet, dass dadurch ein Unfallbericht und die Analyseergebnisse von „Methode A,“ nicht mit dem von „Methode B“ direkt vergleichbar sind, da jeweils unterschiedliche Auswerte-Logiken zugrunde liegen.

Die französische Behörde BEA, die für die Untersuchung von Flug AF 447 verantwortlich war, verwendet ein für sie maßgeschneidertes sog. „Gutter-Modell“ mit der Bezeichnung MINOS. Dieses Analysesystem wird in dieser Form nur von der französischen Untersuchungsstelle verwendet.

MINOS ist aufgeteilt in vier iterative Schritte:

1. Definition des soziotechnischen Systems: Basierend auf der Theorie gemeinsamer kognitiver Systeme (Hollnagel und Woods, 2005) werden die Betriebssituation und die Ereigniskategorie definiert, um relevante ähnliche Ereignisse auszuwählen und Rückschaufehler zu minimieren.

2. Festlegung der Sicherheitsprinzipien: Es werden die Sicherheitsprinzipien in der Betriebssituation ermittelt und die Systemsicherheit im Hinblick auf implizite und explizite Sicherheitserwartungen bzw. Sicherheitsvorkehrungen analysiert.

3. Beschreibung der Leistung von Sicherheitsprinzipien: Dieser Schritt untersucht, was während des Ereignisses tatsächlich geschah und was genau zum Versagen einiger festgelegter Sicherheitsprinzipien führte.

4. Analyse und Erklärung von Versagen und Erfolg: Dieser Schritt erfolgt auf der Grundlage von Leistungsvariabilität (Hollnagel und Goteman, 2004), klassischer kausaler Analyse, die ähnliche Ereignisse vergleicht, und die alltäglichen Abläufe und tatsächlichen Praktiken analysiert.

Diese vier Schritte decken mit hoher Wahrscheinlichkeit die große Mehrzahl der sicherheitsrelevanten Faktoren ab. Sie unterscheiden sich aber dennoch in einigen Punkten von dem „Swiss Cheese Model“ von James Reason, auf dem z. B. HFACS basiert. Es ist also nicht auszuschließen, dass ein direkter Vergleich dieser beiden Methoden eine gewisse „Verzerrung“ der Ergebnisse, in die eine oder andere Richtung erwarten lässt, auch wenn inhaltlich alle relevanten Faktoren berücksichtigt wurden. Letzteres gilt sicherlich auch für alle anderen Analysetools und Methoden, die während solcher Untersuchungen in anderen nationalen SIAs zur Anwendung kommen. Diese Tatsache wird durch die bereits erwähnte Studie aus dem Jahr 2023 gestützt. Die Autoren der Studie untersuchten weltweit neun von siebzehn SIA-Mitgliedern der Internationalen Transportation Safety Association (die restlichen acht SIAs, die zur Mitwirkung angefragt wurden, wollten an der Studie nicht teilnehmen). Durch ihre Arbeit wird anschaulich aufgezeigt, wie unterschiedlich Flugunfalluntersuchungen durch die verwendeten Methoden sein können. Alle Untersuchungsstellen gaben zudem an, dass sie zum Teil mehrere Methoden verwenden, manchmal sogar bei der Anwendung



Abbildung: Zitierte Untersuchung zum Vergleich der genutzten Analysemethoden.

auf ein- und dieselbe Flugunfalluntersuchung. Bei diesen doch sehr unterschiedlichen Ansätzen und Praktiken kann es also definitiv zu den im ersten Teil des Artikels angesprochenen „Ergebnisverzerrungen“ (Bias) kommen.

Die Studie zeigt also die Problematik auf, dass je nach gewählter Methode der einzelnen SIAs unter Umständen eine deutliche Verschiebung der Ergebnisse zugunsten oder Ungunsten von speziellen beitragenden Faktoren erfolgen kann.

Während der Anwendung von HFACS ist man natürlich auch nicht vor möglichen „Biases“ sicher. Dieser bewegt sich jedoch in einem überschaubaren Rahmen. HFACS wurde über die letzten 25 Jahre, auf Basis von Erfahrungen der US-Streitkräfte mit diesem Analysesystem, ständig verbessert und effizienter gemacht.

Ich werde nun, mit der aktuellen Version HFACS 8.0, den Flugunfall von AF 447 systematisch analysieren. Eventuell finden sich doch noch kausale bzw. beitragende Faktoren (wie von der ICAO gefordert), die durch die verwendete Systematik der BEA nicht so prominent in den Vordergrund gerückt sind?



Die **Unterkategorien** die im Weiteren zur Analyse genutzt werden finden sich **im Detail hier beschrieben:**

<https://www.safety.af.mil/Divisions/Human-Performance-Division/HFACS/>



Literatur:

Bills, K., Costello, L., & Cattani, M. (2023). Major aviation accident investigation methodologies used by ITSA members. *Safety science*, 168, 106315.

Persönliche Berührungspunkte mit HFACS

Meine Auswahl dieses speziellen Analysetools hat folgenden persönlichen Hintergrund:

Meine fliegerische Profession begann im Jahr 1983 mit dem Beginn der Ausbildung zum Jetpiloten auf dem Luftwaffenstützpunkt Sheppard Air Force Base (AFB) im US-Bundesstaat Texas. Daran anschließend wurde ich auf der damaligen George AFB in Kalifornien zum Kampfpiloten ausgebildet.

Knapp 10 Jahre später hatte mich die Luftwaffe abermals zur Ausbildung in die USA entsendet, um die Qualifikation eines Flug- und Waffenlehrers zu erlangen (für Hollywood-Fans: „Top Gun School“). Vier Jahre später hatte ich dann die Chance ergriffen, an dieser besagten Waffenschule auf die Holloman AFB in New Mexico versetzt zu werden. Da zu dieser Zeit alle Ausbildungsabschnitte auf dem Waffensystem F-4F Phantom in der Verantwortung der US Air Force durchgeführt wurden, bekam ich die ehrenvolle Aufgabe, als „Commander Fighter Weapons School F-4F“ die dortige Waffenschule zu führen (für Top Gun Fans: quasi als Viper). Insgesamt betrachtet hatte ich also die verdienstvolle Aufgabe, ca. 6 Jahre meiner fliegerischen Laufbahn an Ausbildungseinrichtungen der US Air Force zu verbringen. Zunächst als Flugschüler, später dann als Flug- / Waffenlehrer und damit auch in entsprechenden Führungsfunktionen. Während dieser Verwendung in den USA wurde ich vollkommen in die organisatorischen Strukturen des US Air Force Wings und deren „Operations Group“ integriert. Deshalb konnte ich die Qualifikation eines „Standardisation Evaluation Flight Examiner“ (SEFE) erlangen. Diese verantwortungsvolle Tätigkeit verlieh mir einen tiefen Einblick in die Philosophie der US-Luftstreitkräfte in Bezug auf Standardisierung, Evaluation, Flugunfalluntersuchung und entsprechende Trainingsverbesserungen, basierend auf den Erkenntnissen dieser Evaluationen und Untersuchungen. Basierend auf der SEFE-Qualifikation erhielt ich auch den uneingeschränkten Einblick in alle damals aktuellen Unfall- und Zwischenfallberichte sowie in die Trainingsphilosophie der US Air Force. Dieser Einblick hat mich nachhaltig beeindruckt und geprägt. Die US Air Force nannte ihr Vorgehen in dieser Hinsicht „The Second Training Revolution“, da sie Ergebnisse aus solchen Untersuchungen nicht nur als „Outcome“ hinnahmen, sondern damit in einer Art „closed Feedback-Loop“ die jeweiligen Trainingsverfahren verbesserten bzw. zeitnah anpassten (siehe auch evidence-based Training im Newsletter Nr. 51, 52 & 53 in 2019).

Der Flugunfall von AF 447 durch die HFACS 8.0 „Brille“ betrachtet

Noch ein Hinweis bzgl. sprachlicher Begriffsbestimmung: HFACS verwendet sowohl den Begriff „Failures“ als auch „Errors“. Wenn man die Bedeutung von „Failure“ aus dem amerikanischen Englisch ins Deutsche übersetzt, kommt „Versagen, Misserfolg oder Scheitern“ der Sache am nächsten. Wenn es auf Personen bezogen wird und als „active Failure“ bezeichnet wird, dann sprechen wir im Deutschen am ehesten von „Unterlassung bzw. Versäumnis“. Immer wenn HFACS „Error“ verwendet (und das kommt nicht oft vor), kommt es in unserer Sprache dem Wort „Fehler“ am nächsten. Ich denke, es ist wichtig, sich im weiteren Verlauf dieser Unterschiede bewusst zu sein.

HFACS unterscheidet also generell zwischen „active and latent Failures“

Wenn man „active Failures“ auf handelnde Personen bezieht, kann dies als „aktives Versäumnis“ oder „Unterlassung“ umschrieben werden. Vor allem, wenn eine notwendige Handlung nicht ausgeführt wurde, was dann letztendlich die gesamte Mission zum Scheitern bringen kann. Ebenso unterscheidet HFACS bei „active Failures“, auch zwischen „ursächlichen-“ und „beitragenden Faktoren“. Faktoren werden als ursächlich eingestuft (also ein klarer Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung), wenn noch genügend Zeit bestanden hätte und durch entsprechende Maßnahmen der Unfall wahrscheinlich verhindert oder abgemildert worden wäre. Beitragende Faktoren hingegen,

tragen zum Fortschreiten der Zwischenfall- / Unfallsequenz bei, haben aber nicht direkt den Unfall bzw. das gesamte Scheitern der Mission verursacht. Sie sind somit also mehr oder weniger Voraussetzungen des ursächlichen Versagens. Wenn bei HFACS von „latent Failures“ die Rede ist, kann man es eher mit „verborgener Fehler“ oder „latentem Misserfolg“ umschreiben. Es beschreibt also eine Art „Fehler im System“, der aktuell noch nicht offensichtlich ist, aber im Verborgenen bereits existiert („schlummert“). Er hat damit in Zukunft das Potential zum Vorschein zu kommen, sobald die vorgesehenen Sicherheitsbarrieren versagen. Zu diesem Zeitpunkt, an dem alle „latent Failures“ sich durch äußere und innere Bedingungen mehr oder weniger gleichzeitig manifestieren, kann es zu aktivem Versagen und damit zwangsläufig zum Scheitern kommen.

Um systematisch mit der Analyse zu beginnen, muss man jetzt in der HFACS-Matrix die vier Stufen von „unten nach oben“ durcharbeiten.

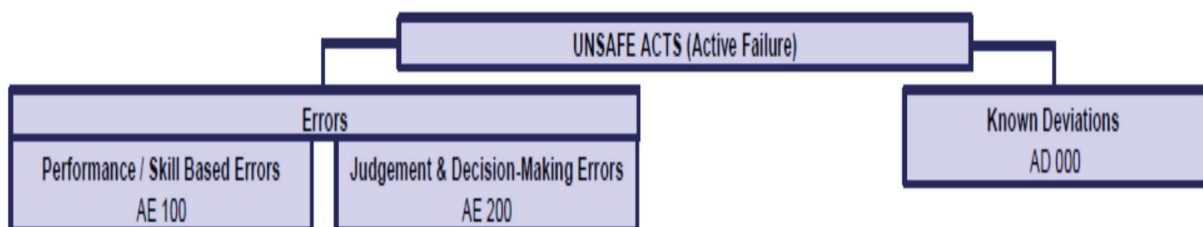
Man beginnt also auf der untersten Ebene mit den „Unsafe Acts“. Die Fragestellung lautet zunächst: „Was haben die handelnden Personen gemacht, bzw. nicht gemacht, um das Unfallgeschehen zu initiieren? Auf dieser Ebene muss man klären, ob handlungsbasiertes Versagen, oder ein „schlichter Fehler“ die Ursache sein könnte. Im konkreten Fall versuchen wir also herauszufinden, ob festgelegte und trainierte Betriebsabläufe oder Prozeduren nicht korrekt, oder gar nicht ausgeführt wurden. Gleiches gilt bzgl. der Einschätzung der aktuellen Situation und die daraus resultierenden Entscheidungen und Handlungen der Besatzung.

Unsafe Acts (Active Failures)

Betrachten wir zunächst die Kategorie „Performance / Skill Based Errors“: Bei AF 447 treffen die Elemente „Procedure / Checklist not Followed Correctly“, „Over- / Under-Controlled



Hinweis: aus Platzgründen verzichte ich auf die Auflistung der „Unterkategorien“; bei Interesse kann man unter www.safety.af.mil die DoD HFACS 8.0 Intro öffnen und die Unterkategorien entsprechend öffnen.



Aircraft", sowie „Rushed or Delayed Necessary Action“ vollumfänglich zu. Durch die militärische Brille betrachtet fällt das ursächliche Versagen der Besatzung unter die Elemente „Delayed a Necessary Action“ und somit „Procedure / Checklist not Followed Correctly“.

Begründung: Sowohl der Pilot Flying als auch der Pilot Non Flying haben es versäumt, das für die aktuelle, flugsicherheitsrelevante Situation geforderte Notfallverfahren durchzuführen. Damit war die sichere Durchführung ihrer Mission in dieser Phase zum Scheitern verurteilt. Dieser „Unsafe Act“ wirkt wie der „Urknall“ für die vielen weiteren aktiven Versäumnisse und Misserfolge beim Versuch, das eigentliche Problem zu erfassen, zu beheben oder zumindest ansatzweise aus der misslichen Situation herauszukommen. Man kann also vom generellen Versagen der Cockpit-Crew sprechen, die es in den nächsten Sekunden und verbleibenden Minuten nicht schafft, durch Anwendung ihrer erworbenen Kompetenzen die Maschine in einem kontrollierten Flugzustand zu halten bzw. diese dorthin zurückzuführen. Letzteres kann als eine der „Ur-Kompetenzen“ eines jeden Piloten betrachtet werden, der eine Musterberechtigung für einen spezifischen Flugzeugtyp erworben hat. Jetzt könnte man an diesem Punkt schon dem „Bias“ unterliegen und die „Schuld“ den Piloten zuschreiben.

Ganz so einfach ist es natürlich nicht. Denn genau dies soll aufgrund der Anwendung von Analysemethoden wie HFACS verhindert werden. In der Regel gibt es eben nicht den „einen Fehler“, der für solch ein dramatisches Scheitern von professionellen Piloten verantwortlich ist.

Um also die weiteren Ursachen genauer zu bestimmen, muss man tiefer „ins System“ blicken, um einen eventuellen „Fehler im System“ auszuschließen. In unserem Beispiel heißt das: Der Fakt, dass das „MEMORY ITEM IAS Douteuse“ nicht angewendet wurde, hat evtl. noch andere Gründe.



Wir erinnern uns aus dem 1. Teil, dass durch den plötzlichen heftigen Aufprall der Eiskristalle auf die Maschine in kürzester Zeit die Pitot-Static-Ports vereist wurden. Damit trat ein bis dahin schon bekanntes Phänomen ein, dass in der Folge die Geschwindigkeitsanzeigen unzuverlässige und zweifelhafte Werte liefern.

Für diese Situation gibt es ein vorgeschriebenes Notfallverfahren „unzuverlässige / zweifelhafte Geschwindigkeitsanzeige“, eben das „Memory Item IAS Douteuse“. Der plötzliche Ausfall der Geschwindigkeitsanzeigen und der damit einhergehende überraschende Ausfall des Autopiloten, verbunden mit dem Wechsel ins sog. Alternate Law, wird vom PILOT NON FLYING Robert bereits 10 Sekunden nach dem Ausfall der Systeme richtig analysiert und kommuniziert (siehe Originalvideo BEA). Keiner der beiden Co-Piloten im Cockpit schafft es jedoch, diese verbalen, visuellen und akustischen Informationen richtig zu verarbeiten. Damit haben sie es versäumt, die nun absolut überlebenswichtigen MEMORY ITEMS aus dem Gedächtnis abzurufen und ohne Verzögerung auszuführen bzw. anzuwenden. Warum die Einordnung dieses „active Failures“ der beiden handelnden Personen im Cockpit und damit das generelle Versagen des Cockpit-Teams als ursächlich zu bewerten ist, werde ich am Schluss des Artikels bei der Zusammenfassung noch einmal mit Beispielen belegen.

HFACS 8.0
Human Factors Analysis and Classification System



Department of Defense

Was sind Memory Items?

Nun werden nicht alle Leser und Leserinnen etwas mit dem Begriff „**MEMORY ITEMS**“ (in der militärischen Luftfahrt „**BOLDFACE**“ genannt) anfangen können. Deshalb hier eine kurze Erklärung:

Oberstes Gebot ist es also, den Flugweg zu stabilisieren, dass die Maschine a) nicht außer Kontrolle gerät und b) nicht kontrolliert in ein Hindernis oder den Erdboden gesteuert wird. Die Anwendung der MEMORY-ITEMS gehört zum ersten und entscheidenden Schritt für

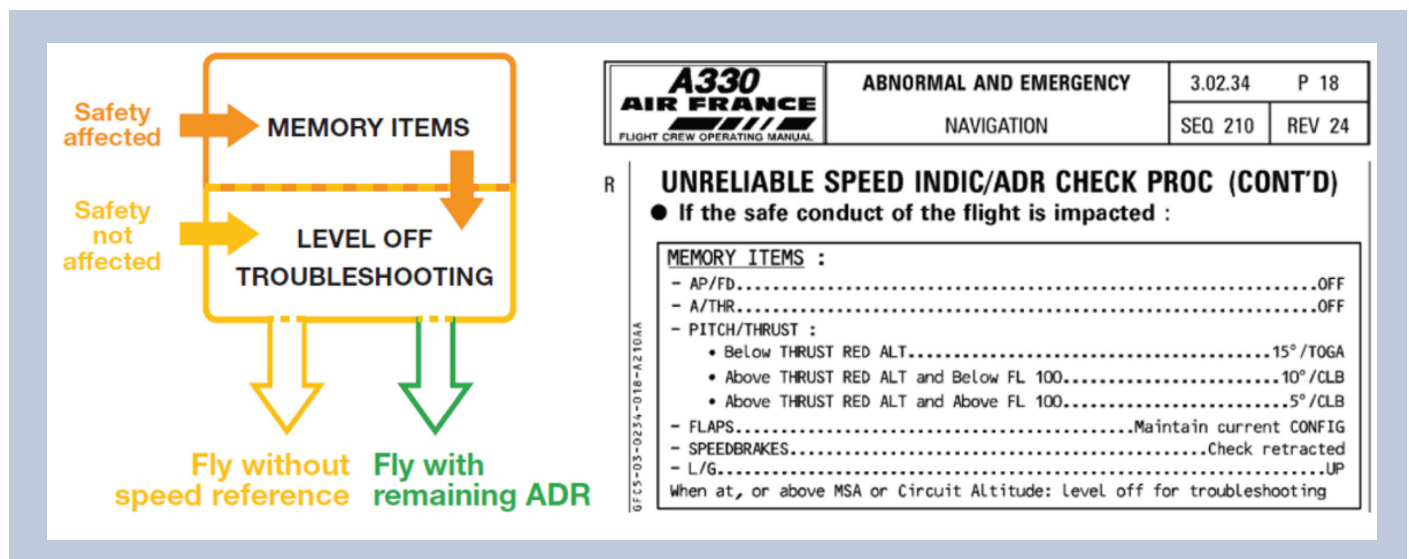


Abbildung: Auszug aus dem Safety Document, von Airbus im Dezember 2007 ausgegeben, sowie die MEMORY ITEMS;
Link zu Youtube-Video: <https://www.youtube.com/watch?v=C81lbGlygQ4>



Zunächst ein kurzer Einblick in diesen wichtigen Kompetenzbereich, den Piloten wie im Schlaf beherrschen müssen. Bevor ein angehende/-r Militärpilot/-pilotin (auch bei kommerziellen Piloten und Pilotinnen sollte dies eigentlich der Fall sein) überhaupt im Cockpit eines Luftfahrzeugs Platz nehmen darf, muss er/sie zu Beginn jeder neuen Ausbildungsphase während der Umschulung auf ein anderes Flugzeugmuster eingehend mit den sog. MEMORY ITEMS, die speziell für dieses Flugzeugmuster entwickelt wurden, vertraut sein. Diese Prozeduren enthalten kurze und prägnante Sofortmaßnahmen bzw. Handlungsschritte, die ohne große Überlegung bzw. Nachschlagen in einer Checkliste aus dem Gedächtnis sofort ausgeführt werden müssen.

Sinn und Zweck ist es, für eine „zeitkritische Notfallsituation“, welche die Flugsicherheit gefährdet, mit dem sofortigen Handeln der Besatzung wertvolle Zeit zu sparen und damit die Maschine in einem sicheren Flugbereich zu halten.

die Abwendung von Gefahr für Leib und Leben und fällt unter die mantra-mäßig geübte Verfahrensweise „Maintain Aircraft Control“ als den alles entscheidenden ersten Schritt, nicht den Überblick über das Geschehen bzw. die Kontrolle über das Luftfahrzeug zu verlieren.



Checklisten und damit auch die Vorläufer von MEMORY ITEMS wurden bereits 1935 nach einem tragischen Flugzeugunfall in den USA eingeführt und während des Zweiten Weltkriegs vom damaligen US Army Air Corps für die Luftstreitkräfte weiterentwickelt. Während des Kriegsverlaufs zeigte sich schon bald, dass 50 % der Verluste nicht auf den Kriegsschauplätzen über Europa und dem Pazifik, sondern bei Ausbildungsflügen im sicheren Hinterland und ohne Feindeinwirkung zu verzeichnen waren. Das lag an der rapide zunehmenden Komplexität technischer Systeme während des Kriegsverlaufs sowie an der enormen Zahl an Besatzungsmitgliedern, die stetig neu ausgebildet werden mussten.

Mit den Checklistverfahren und den klar definierten Prozeduren wurden starke Hilfsmittel eingeführt, die eine Standardisierung der Verfahren erlaubten und kritische Situationen leichter beherrschbar machten. Checklistprozeduren wurden ein fundamentaler Aspekt für die sichere und effektive Durchführung von Missionen. Die Einführung dieser Maßnahmen, um überraschend eintretende Notfallsituationen zu beherrschen, senkte die Zwischenfall- und Unfallraten dramatisch. Mit den MEMORY ITEMS sollten die Piloten zunächst davon abgehalten werden, „analytisch“ über das aktuelle Problem nachzudenken, da dies unter Umständen wiederum wertvolle Zeit in Anspruch nehmen und die Situation dadurch negativ beeinflussen kann. „Analyse the Situation“ – also die tiefere Analyse der akuten Probleme – ist in dem „Überlebens-Mantra“ erst der zweite Schritt. Dieser wird abgearbeitet, sobald gewährleistet ist, dass der erste Schritt, sprich die Kontrolle über die Maschine („Maintain Aircraft Control“), dauerhaft beibehalten werden kann.

Bei der Anwendung von MEMORY ITEMS reicht es natürlich nicht aus, diese Verfahren nur auswendig zu lernen. Ganz im Gegenteil müssen diese Verfahren in der realen Arbeitsumgebung oder im Simulator drillmäßig geübt werden, um dafür Automatismen zu generieren. Das Abrufen der Prozedur muss ebenso regelmäßig wiederholt werden, sei es im Simulator oder durch Niederschrift aus dem Gedächtnis. Letzteres wird von den meisten Militärpiloten zu Anfang jedes neuen Monats in schriftlicher Form eingefordert. Einmal im Quartal werden sie dann auch im Simulator „hands on“ wiederholt und vertieft. Das ist Vorschrift. Nur so kann man die richtige Abfolge von substantiellen Handlungsschritten, auch im Augenblick absoluter Überraschung, möglicher Konfusion, akutem Stress oder hoher mentaler Arbeitsbelastung, entsprechend abrufen. Damit wird für die Piloten eine gewisse Resilienz geschaffen, um in solchen Extremsituationen nicht zu versagen. Auch vor jedem Take-off und bei manchen Waffensystemen sogar vor der Landung werden die für die nächste Phase des Flugs relevanten Notfallverfahren und MEMORY ITEMS durch die Piloten kurz mental oder verbal aufgelistet, um sie damit aus dem Langzeit- ins Kurzzeitgedächtnis „zurückzuholen“.

Sieht man sich die Definition der ICAO / IATA von Memory

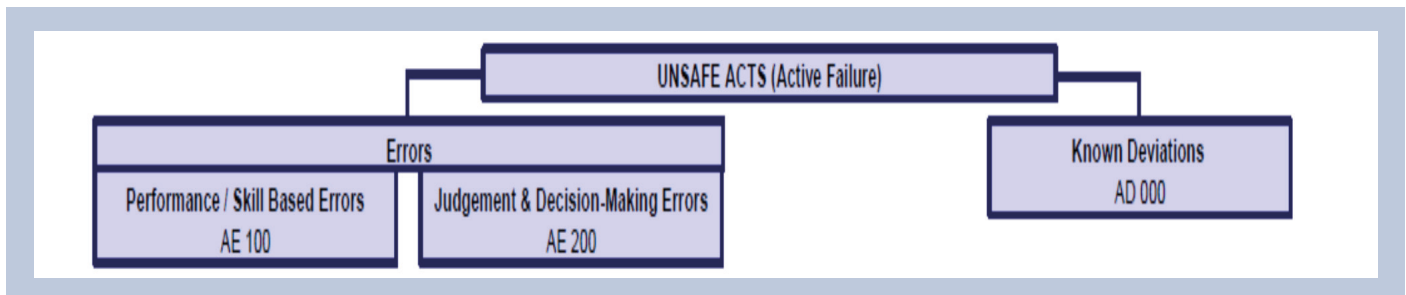
Items an, erfüllen sie exakt dieselben Anforderungen, wie es in der Definition für die militärischen BOLDFACE steht.

Wie bereits festgestellt, ist der ursächliche Faktor des Flugunfalls auf der Ebene „Unsafe Acts“ zu finden. Die Items „Procedure or Checklist not followed Correctly“ sowie „Rushed or Delayed a Necessary Action“ zeigen auf, dass durch die Nichtanwendung der MEMORY ITEMS der weitere Flugverlauf zum Scheitern verurteilt war. Unter diese Kategorie fällt natürlich auch „Judgment & Decision Making Errors“. Dieser Faktor muss ebenfalls als „ursächlich“ betrachtet werden, da die beiden Piloten die falschen Entscheidungen für den weiteren Handlungsablauf gewählt hatten. Die Bemühungen, die Maschine zu stabilisieren und einen sicheren Flugweg einzuhalten, haben nicht zum Ziel geführt.

Die beiden Piloten im Cockpit hatten die aktuelle Situation und das daraus resultierende Risiko komplett unzutreffend eingeschätzt. Sie waren nicht in der Lage, angemessen zu priorisieren und damit korrekt zu reagieren. „Ineffective Task Prioritization“ – also die Anwendung der Memory-Items entsprechend zu priorisieren und sofort mit dem Handlungsablauf zu beginnen – fand leider nicht statt.

„Ignored a Caution/Warning“ fällt definitiv auch unter diese Kategorie, da auf die insgesamt 72 akustischen „Stall-Warnings“ und das damit einhergehende Buffet (siehe Teil 1) – also die starken Vibrationen durch den Strömungsabriss – ebenfalls nicht angemessen reagiert wurde. Für diese Situation gibt es ebenfalls ein MEMORY ITEM, das im weiteren Verlauf nicht angewendet wurde. **Damit sind es bereits zwei überlebenswichtige Prozeduren, die keine Anwendung fanden.** Dieser Fakt wird von der BEA gar nicht erwähnt. Die Analysten konzentrieren sich an diesem Punkt mehr auf technische Aspekte der Ergonomie. Diese durchaus negativen Aspekte des „Human-Machine-Interface“ auf den sich die BEA konzentriert, würden gar nicht auftreten, wenn die Prozeduren korrekt angewendet worden wären. Ergo kann man hier auch das Element „Inadequate Real-Time Risk Assessment/Action“ ebenfalls mit zu den ursächlichen Faktoren zählen. Alle weiteren „active Failures“, die in der weiteren Abfolge eine Rückkehr in einen sicheren Flugzustand verhindern, können mehr oder weniger als „beitragende Faktoren“ eingestuft werden.

Beitragende „aktive Folgefehler“ der Besatzung



„Overcontrolled Aircraft“: Nach der Autopilot-Trennung machte der Pilot Flying abrupte und übermäßige Steuereingaben am Steuerknüppel, welche die Maschine in einen Steigflug versetzte, während er zunächst gleichzeitig den Schub reduzierte. Hinzu kam erschwerend, dass die Steuereingaben im Alternate Law (s. o.) durchgeführt werden mussten. Mit diesem Flugmodus schien der PILOT FLYING in dieser Höhe nicht vertraut zu sein. Dadurch wurde die Flugbahn weiter so destabilisiert, dass es zu einer erheblichen vertikalen Abweichung von fast 3000 Fuß nach oben kommen konnte und die Geschwindigkeit dabei weiter abnahm. Diese enorme Abweichung wurde zwar vom PILOT NON FLYING angesprochen („laut allen drei Anzeigen steigen wir“), der auch den PILOT FLYING aufforderte, dies zu korrigieren und wieder zu sinken. Doch dieser Aufforderung kam der PILOT FLYING – obwohl er verbal zustimmte – nie nach. Ganz im Gegenteil machte der PILOT FLYING weiterhin eine Kombination aus widersprüchlichen und erratischen Steuereingaben. Er schien zunächst mit der Schubreduzierung auf eine vermeintliche Übergeschwindigkeitssituation zu reagieren („we are flying at crazy speed“). Die völlig widersprüchlichen und unangebrachten Steuer- und Schubeingaben deuten auf eine kognitive Überforderung des PILOT FLYING in dieser Situation hin, sonst hätte er das bereits erwähnte MEMORY ITEM für „Stall“ angewendet und die „Nase des Flugzeugs“ nach unten gedrückt.

STALL RECOVERY (PRO-ABN-10 P 10/12)
NOSE DOWN PITCH CONTROL.....APPLY
BANK.....WINGS LEVEL
When out of stall (no longer stall indications):
THRUST.....INCREASE SMOOTHLY AS
NEEDED
SPEEDBRAKES.....CHECK RETRACTED
FLIGHT PATH.....RECOVER SMOOTHLY
If in clean configuration and below 20 000 ft :
FLAP1.....SELECT

Abbildung: Beispiel MEMORY ITEM „Stall Recovery“ für AIRBUS Maschinen

Dies unterstreicht auch die Tatsache, dass er bis zum Aufprall auf der Wasseroberfläche seinen Steuerknüppel fast die komplette Zeit im hinteren Vollausschlag gehalten hat. Was gemäß der oben in der Grafik eingefügten Prozedur „STALL RECOVERY“, die völlig falsche Steuereingabe war. Die Unterbrechung des kompletten Strömungsabrisses und die Rückkehr zu einer sicheren Flugbahn waren damit ausgeschlossen. Diese Situation hätte nur mit sofortiger Einleitung der vorgeschriebenen MEMORY ITEMS in der richtigen Sequenz verhindert werden können. Auch nach dem Wiedereintreffen des Kapitäns im Cockpit wäre noch genügend Zeit vorhanden gewesen, diese Prozedur durchzuführen! Aber auch er konnte morgens um 04:00 Uhr, nach einem sehr wahrscheinlich kurzen Schlaf, diese Notfallverfahren nicht aus seinem Gedächtnis abrufen.

An diesem Punkt der Analyse lässt sich unschwer erkennen, dass bereits ein deutliches Delta zwischen der BEA-Analyse nach MINOS und HFACS zu erkennen ist. Die BEA driftet an dieser Stelle etwas von den ursächlichen Faktoren ab und spekuliert, ob nicht doch noch die Ergonomie der Cockpit-Instrumentendarstellung oder widersprüchliche ECAM-Warnungen, Flight Director Anzeigen etc. in Verbindung mit den wiederkehrenden STALL-Warnungen etwas mit der Unfallursache zu tun haben könnten. Hier halte ich entschieden mit HFACS dagegen, dass nach sofortiger und korrekter Anwendung der Prozeduren überhaupt keine Fragezeichen der Besatzung hätten aufkommen dürfen. Denn die von der BEA erwähnten, möglicherweise verwirrenden Anzeigen waren ja zwangsläufig eine Folge des ursprünglichen Versagens und in Form der „Nichtanwendung“ der Prozeduren.

Bereits im Jahr 2004 gab es erste Hinweise auf Vorfälle mit unzuverlässigen Geschwindigkeitsanzeigen. In 2007 und 2008 wurden von AIRBUS sog. „Service Bulletin“

zu A330-Maschinen veröffentlicht, die einen Tausch der Thales AA Probes empfahl. Nach einer Häufung dieser Vorfälle wurde von AIRBUS im Dezember 2007 eine weitere Dokumentation zu unzuverlässigen Geschwindigkeitsanzeigen an alle Betreiber mittels „Safety first“ verteilt. Im letzteren Dokument wird noch einmal explizit darauf hingewiesen, dass schon bei einem Verdacht auf Unzuverlässigkeit dieser Anzeigen die unbedingte Einhaltung der MEMORY ITEMS erforderlich wird. (siehe AIRBUS „Safety first #05“ December 2007, ab Seite 14, siehe Link: <https://skybrary.aero/sites/default/files/bookshelf/3820.pdf>). Leider erwähnt die BEA diese auf Englisch veröffentlichte „Safety first“-Ausgabe mit keinem Wort. Die Flugsicherheitsabteilung sowie die Trainingsabteilung von Air France hätten bis zum Unfall mehr als ein Jahr Zeit gehabt, die Empfehlungen in ihre Trainingsprogramme einzubauen.

Preconditions for Unsafe Acts (Active or Latent Failures)

Nachdem nun die ursächlichen und beitragenden Faktoren ermittelt wurden, wechselt man bei HFACS auf die zweite Ebene und betrachtet die „Preconditions for Unsafe Acts“. Auf dieser Ebene wird zunächst die Frage gestellt: „Warum hat die Person diese unsicheren Handlungen begangen?“ Also, was waren die konkreten äußeren Begleitumstände, die letztendlich die „Unsafe Acts“ bzw. die gefährliche Situation ausgelöst haben?

Conditions of Mishap: Individual Mental Awareness Conditions

Beginnen wir mit den „Mental Awareness Conditions“. An dieser Stelle sind mehrere Faktoren zu nennen, die das Unfallgeschehen negativ beeinflusst haben. Als Erstes wären

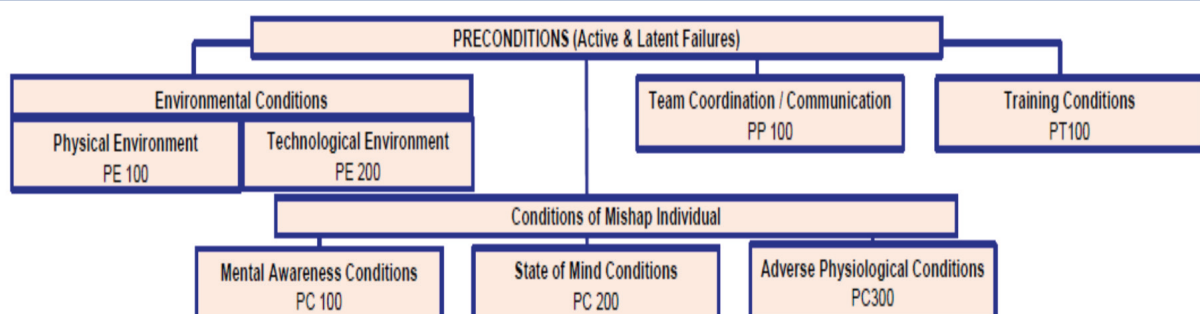
„Confusion“, „Task Saturation“ und „Fixation“ zu erwähnen. Durch den „Startle Effect“ (Schreckeffekt durch die ungewöhnlichen Geräusche und Vibrationen) und die sofort eintretende Konfusion bzgl. der Anzeigen und Steuereingaben kann innerhalb weniger Sekunden eine mentale Sättigung der Piloten festgestellt werden.



Der **Surprise & Startle Effect**, wird von akutem Stress ausgelöst und von einem Teil des vegetativen Nervensystems initiiert. Hierbei wird dieser Teil, der Sympathikus, in einen akuten Alarmzustand versetzt und ein Cocktail von Stresshormonen ausgeschüttet. Dieser Hormon-Mix löst in unserem Körper einen physiologischen, emotionalen und kognitiven Alarmzustand aus, der den klassischen „Kampf- oder Fluchtreflex“ auslösen soll. Zunächst wird der Körper mit Noradrenalin geflutet, dann folgt Cortisol. Körperfunktionen wie Herzschlag, Atmung, Blutdruck und Muskelkontraktion werden aktiviert. Der Körper wird damit auf maximale Leistung innerhalb kürzester Zeit vorbereitet. Diese unwillkürlichen und nicht bewusst steuerbaren Vorgänge können aber auch das Gegenteil bewirken und einen sog. „Freeze“ auslösen. Sprich, die Person ist nicht mehr in der Lage, zu kämpfen oder zu flüchten, falls dieser wahrgenommene Stimulus sehr plötzlich und intensiv auftritt.

Ein aktueller Artikel dazu:

Duchevet, A., Imbert, J. P., Garcia, J., Lamirault, B., & Causse, M. (2025). Investigating the Independent and Combined Effects of Startle and Surprise in a Simulated Flight Task. *Human Factors*, 00187208251342100.



Dieser Umstand hielt sie offensichtlich davon ab, die erforderlichen Verfahren anzuwenden. Durch den Startle Effect driftet der PILOT FLYING sofort in einen ungünstigen mentalen Status ab. Dieser lässt ihn nur noch reflexartige Steuereingaben machen, die absolut nicht zur aktuellen Flugsituation passen. Der PILOT NON FLYING lässt sich in der Folge auch in diesen negativen mentalen Strudel hineinziehen und reagiert nicht mehr auf die Abweichungen, Warnungen und widersprüchlichen Steuereingaben des PILOT FLYING. Er alarmiert den Kapitän und äußert diese mentale Verwirrung mehrmals („I don't know what's happening“), was völlig gegensätzlich zu allen Kommunikationspraktiken in einem Multi-Crew-Cockpit ist. „Change Blindness“ wäre u. U. auch noch zutreffend, denn die Piloten bemerken nicht, dass schon nach kurzer Zeit alle drei Geschwindigkeitsanzeigen wieder die korrekten Informationen liefern. Die Eiskristalle sind bereits beim Sinken durch die ursprüngliche Höhe von 35.000 Fuß wieder aufgetaut und die Pitot Static Ports (siehe kurze Erklärung im 1. Teil) lieferten wieder korrekte Daten. Allerdings werden nun Daten verarbeitet, die durch den herbeigeführten unkontrollierbaren Flugzustand in Form eines Strömungsabrisses für die Piloten keinen Sinn ergeben. Sie sind sich dieses unkontrollierten Flugzustands ja leider gar nicht bewusst. Dies trägt sicherlich zur weiteren Verwirrung bei, ist aber nicht dem ursächlichen Versagen der beiden Co-Piloten geschuldet.

State of Mind

Als Nächstes betrachten wir den „State of Mind“ als Precondition. Hier ist sicherlich der „Lifestressors / Emotional State“ ein ausschlaggebender und ursächlicher Faktor. Durch die plötzlich und völlig überraschend auftretenden technischen Fehlerbilder sowie die daraus entstehenden widersprüchlichen Anzeigen sind die Piloten so überrascht, dass man definitiv von einem **„Surprise & Startle Effect“** sprechen kann.

Die Piloten im Cockpit von AF 447 waren definitiv durch diesen Effekt beeinträchtigt. Das legt auch der BEA-Bericht nahe. Eine solche akute Stresssituation hat starke negative Effekte auf die Aufmerksamkeit, das Kurzzeitgedächtnis sowie die Urteils- und Entscheidungsfindung. Die Aufmerksamkeit bleibt praktisch an einem Stimulus „hängen“ und das Kurzzeit- und Arbeitsgedächtnis wird dermaßen

saturiert, dass die weitere Informationswahrnehmung und -verarbeitung deutlich erschwert wird. Wird diese Ausnahmesituation begleitet von dem Gefühl einer körperlichen Bedrohung, in Kombination mit Zeitdruck, werden die Effekte nochmals deutlich verstärkt. Auch die sensorische Wahrnehmung kann beeinträchtigt werden, vor allem die der Akustik, also des Hörens. Deshalb ist es nicht auszuschließen, dass zusätzliche akustische Warnungen und visuelle Informationen nicht mehr verarbeitet werden.



Studien aus den 1970er und 80er Jahren legen bereits nahe, dass der **„Kampf- oder Fluchtreflex“** in unserer heutigen komplexen Umwelt nicht immer vorteilhaft sein muss. Denn die Schreckreaktion auf einen plötzlich auftretenden Reiz oder Stimulus kann eine heftige körperliche, aber auch kognitive Reaktion hervorrufen, die der Mensch nicht bewusst steuern und kontrollieren kann. Neuere Forschungen legen nahe, dass der **„Surprise & Startle Effect“** mit den einhergehenden Informations- und Handlungseinschränkungen weiter verstärkt wird, wenn die betroffene Person irgendeiner Form von Fatigue ausgesetzt ist oder war.

Insgesamt betrachtet wird während solch einer „kognitiven Blockade“ (der Volksmund spricht von „Brett vorm Kopf“) die Durchführung von erforderlichen Verfahren um wenige Sekunden bis weit über eine Minute oder darüber hinaus verzögert.

Adverse Physiological Condition

Damit sind wir auf der Ebene der „Adverse Physiological Condition“. Hier wäre in erster Linie „Fatigue“ zu erwähnen. „Spatial Disorientation“ spielt mit Sicherheit auch eine, wenn auch nur eine geringe beitragende Rolle. Der weitaus gravierendere Faktor ist jedoch die Tages- beziehungsweise Nachtzeit, währenddessen sich der Vorfall ereignete. Für Menschen aus Mitteleuropa mit Lebensmittelpunkt in Paris war die Uhrzeit des sich anbahnenden Unglücks gegen 02:00 Uhr morgens UTC die ungünstigste Zeit, die man sich vorstellen kann. Diese Uhrzeit entspricht 04:00 Uhr morgens lokaler Pariser Zeit und befindet sich somit im absoluten Tiefpunkt des zirkadianen Rhythmus..



In einer ICAO Studie aus den Jahren 2002-2012 werden 23 % der schweren Zwischenfälle/Unfälle in der Luftfahrt Fatigue zugeordnet. Lange Dienstzeiten, Schlafmangel durch Langstreckenflüge, Zeitverschiebungen und damit die Unterbrechung des natürlichen Schlafrhythmus werden als Hauptursachen genannt.

Dies betrifft alle Cockpit-Besatzungen und Crewmitglieder, besonders die, die auf Langstrecke eingesetzt werden. Die daraus resultierende **zirkadiane Rhythmusstörung** (oft auch als „Sleep and Circadian Rhythm Disruption“ – **SCRD** – bezeichnet) bedeutet, dass die inneren, biologischen 24-Stunden-Rhythmen des Körpers nicht mehr synchron mit der äußeren Umgebung und den Anforderungen des Tag-Nacht-Zyklus sind. Diese Rhythmen sind normalerweise dafür zuständig, die Physiologie und das Verhalten optimal an die vorhersehbaren Anforderungen des Tagesablaufs anzupassen, indem sie biologische Prozesse in der richtigen zeitlichen Abfolge steuern.

Wenn dieser Rhythmus gestört ist, kommt es zu einer „**internen Desynchronisation**“, was bedeutet, dass der Körper nicht mehr „das Richtige zur richtigen Zeit tut“. Der Begriff SCRD wird als Oberbegriff für **jede Form von Schlaf- oder zirkadianer Störung** verwendet und umfasst Probleme mit der Qualität, dem Zeitpunkt und der Dauer des Schlafs.

Auswirkungen von SCRD auf die menschliche Leistung:

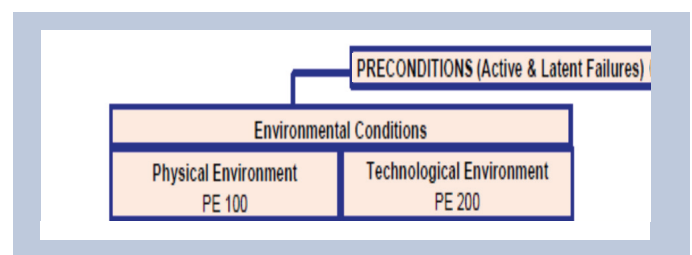
- **Reduzierte kognitive Funktionen:** Die allgemeine kognitive Leistung ist beeinträchtigt, einschließlich:
 - **Gedächtnis, Aufmerksamkeit und Konzentration**
 - **Fähigkeit zum Multitasking**
 - **Kommunikations- und Entscheidungsfähigkeit**
 - **Kreativität und Produktivität**
 - **Motorische Leistungsfähigkeit**

Der Faktor Fatigue

Während die BEA in Punkto Fatigue keine Faktoren erkennt, stuft HFACS die „zirkadiane Störung“ (SCRD) als signifikant ein. Im ersten Teil des Artikels wurde ja bereits auf die Problematik bzgl. unterbrochenem Schlaf etc. eingegangen. Berücksichtigt man die Kombination der schlafbezogenen Faktoren, denen die Besatzung in dieser Nacht ausgesetzt war, stuft HFACS die Unterkategorie „Fatigue“ als ursächlichen latenten Failure auf der Ebene der Preconditions ein. Wissenschaftliche Studien legen nahe, dass die ohnehin schon gravierenden Folgen des Surprise & Startle Effects, durch die oben genannten zirkadianischen Rhythmusstörungen noch einmal deutlich verstärkt werden.

Die Problematik von Fatigue ist so alt wie die Luftfahrt selbst. Sie wurde jedoch Jahrzehnte lang wie der „Elefant im Raum“ zwar wahrgenommen, jedoch weder von den Regulierungsbehörden noch von den Luftfahrtunternehmen, so richtig ernst genommen. Diesen Umstand belegen auch Aussagen der Vereinigung Cockpit vom Sommer des Jahres 2025.

Environmental Conditions



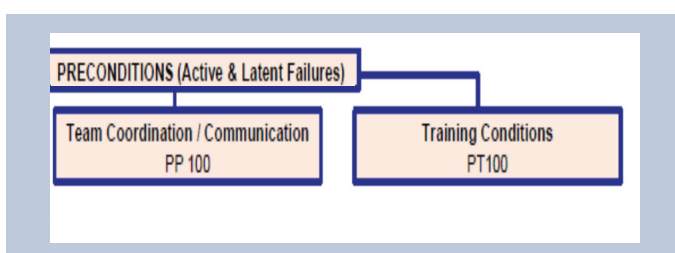
Als nächster Faktor wird nun die direkte äußere Umgebung zum Zeitpunkt des Unfalls betrachtet. Beginnend mit den „Environmental Conditions“ kommt man zu dem Punkt „Conditions Affected Vision“.

Dies liegt an der Tatsache, dass der Flug zum Zeitpunkt des Unglücks bei kompletter Dunkelheit und in den beschriebenen schlechten Wetterverhältnissen stattgefunden hatte. Dadurch hatten beide Piloten keinerlei visuelle Außenreferenzen, was sie in Kombination mit dem unkontrollierten Flugzustand sicherlich noch mehr desorientierte und die Effekte noch verstärkt hat. Durch die starken Vibrationen und den einsetzenden „Sturzflug“ wirkten noch mehrere weitere äußere Faktoren auf die Piloten ein, die ihre Leistung noch zusätzlich negativ beeinflusst haben.

Technological Environment

Bei der Kategorie „Technical Environment“ kommt nun der Kern des technischen Problems, welches definitiv die „Thales AA Pitot Static Ports“ sind. Der Umstand, dass dieses Bauteil der Luftdaten-Messgeräte bei ungünstigen Wetterbedingungen kurzzeitig nicht zuverlässig arbeitet, war schon lange bekannt. Im Jahr 2004 wurden entsprechende Sicherheitshinweise und Gegenmaßnahmen an die Betreiber und die Aufsichtsbehörden gemeldet. Es oblag jedoch der Airline, wann sie die anfälligen Sensoren gegen bessere austauschen sollte. Lufthansa z. B. hatte zum Zeitpunkt des Unfalls bereits alle Thales Pitot Static Ports gegen zuverlässigere Modelle ausgetauscht. Air France wollte es für die Unglücksmaschine im Juli 2009 durchführen, also wenige Wochen nach dem Unfallzeitpunkt. Dazu kam es leider nicht mehr. Des Weiteren lässt die „technische Umgebung“ noch eine Reihe von weiteren Faktoren erkennen, die auch die BEA sehr ausführlich beschreibt. Sie sind aber, wie bereits mehrmals erwähnt, nur beitragende und nicht ursächliche Faktoren. Ihr Zutage treten erfolgt ja nur, weil die Piloten nicht den vorgegebenen Prozeduren gefolgt sind. Ein Pilot oder eine Pilotin mit einer Musterberechtigung und den entsprechenden Kompetenzen auf dem Luftfahrzeug A330 muss diese Problembereiche nicht nur sehr genau kennen, sondern diese auch beherrschen. Sie müssen durch entsprechendes Training auf die schlimmsten Situationen vorbereitet sein, um sie mit den erworbenen Kompetenzen auf diesem Muster sicher zu lösen. Mit wiederholtem Training und Konfrontation mit der Problematik erlangt man eine solide Resilienz, die in solchen dramatischen Augenblicken die Gefahr des Scheiterns minimiert. Alle Veröffentlichungen des Herstellers müssen den handelnden Personen nicht nur vorliegen, sie müssen zwangsläufig auch ins Training integriert werden.

Team Coordination & Communication/Training Conditions



Hier beginnen wir bei der Unterkategorie „**Team Coordination/Communication**“. Diese Unterkategorie muss ebenfalls als ursächlich eingestuft werden, da es der PILOT NON FLYING nicht schafft, durch professionelle Kommunikation seinem PILOT FLYING das von ihm nach 10 Sekunden erkannte Problem kurz und prägnant mitzuteilen. Zusätzlich fehlt die Ansage des „Memory Item IAS Douteuse“, welches sicherlich im Aufgabenbereich des PILOT NON FLYING gelegen hat. HFACS spricht von verbaler oder nonverbaler Kommunikation innerhalb von Teams, die die Durchführung von wichtigen Handlungssträngen gem. den Betriebsverfahren erlaubt. Dies hat leider zu keinem Zeitpunkt stattgefunden, auch nicht als der Kapitän nach ca. 1 Minute und 30 Sekunden nach Eintritt der Notlage wieder das Flight-Deck betritt.

Hier ein Auszug der Kommunikation zu diesem Zeitpunkt, als der Kapitän aus seinem Schlaf gerissen wurde und das Cockpit betrat:

- PNF: *“We still have the engines! What the hell is happening? I don't understand what's happening”*
- PF: *“Damn it, I don't have control of the plane, I don't have control of the plane at all!”*

The Captain was woken from his planned sleep, and when he entered the cockpit he was recorded as saying:

- **Kapitän:** *“What the hell are you doing?”*
- PNF: *“We've totally lost control of the plane. We don't understand at all... We've tried everything”*
- PF: *“What do you think? What do you think? What should we do?”*
- **Kapitän:** *“Well, I don't know!”*



Foto: AF447 Cockpit Flight / Voice Recorder

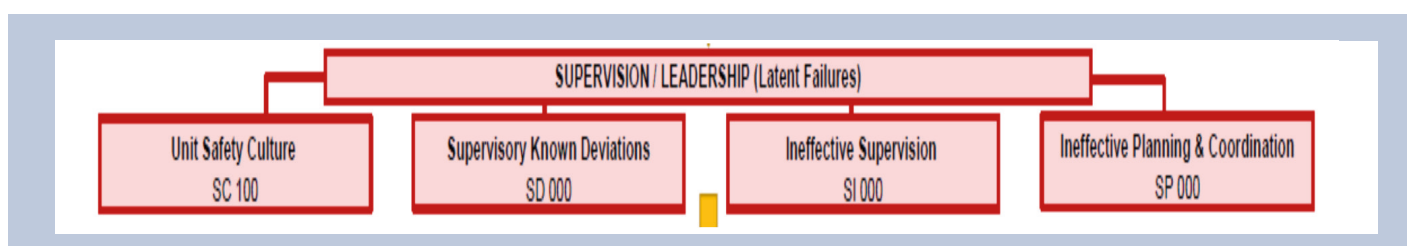
Unter dem Aspekt Koordination und Kommunikation macht gem. HFACS der Kapitän ebenfalls eine sehr schlechte Figur. Nicht nur dass er sich sofort in den Kommunikations-Wirr-Warr seiner Co-Piloten hineinziehen lässt, er nimmt auch nicht die immer noch zu hörenden STALL WARNINGS zum Anlass, den Co-Piloten das MEMORY ITEM für STALL in Erinnerung zu rufen. Er selbst hat auch schon vorher entscheidend dazu beigetragen, dass AF 447 überhaupt in diese missliche Situation geraten war. Er hatte es versäumt, vor Verlassen des Flight-Decks seinem Co-Piloten eine klare Strategie an die Hand zu geben, wie sie mit den vor ihnen liegenden starken Gewitterzellen umzugehen haben. Die Optionen waren klar: weiträumiges Umfliegen, wie es wohl andere Maschinen zu dieser Zeit gemacht haben, oder „Augen zu und durch“. Er hat es versäumt, hier ein klares Statement abzugeben, um dem PILOT FLYING und dem PILOT NON FLYING eine klare Handlungslinie vorzugeben. Dies fällt unter die Faktoren „Task/Mission-In-Progress Re-Planning“ und kann ebenso als ursächlich eingestuft werden.

Als nächster Punkt bei den „Preconditions“ kommt nun der Faktor „Training Condition“ zum Tragen. Dieser schlägt zu Buche, wenn das formale Training den handelnden Personen gar nicht die Chance gibt, Handlungsfertigkeiten und Kompetenzen zu entwickeln, die zur Verhinderung des Unsafe Acts notwendig gewesen wären.

„Untrained Operator“ deckt die Tatsache ab, dass die Piloten durch ihre Trainingsabteilung nicht für Ausfälle der Geschwindigkeitsanzeige und das Fliegen im Alternate

Law (siehe Erklärung Teil 1 in Newsletter Nr. 75) in dieser Höhe vorbereitet wurden. Es wurden augenscheinlich die MEMORY-ITEMS nicht in dem Maße trainiert und wiederholt, dass es die Piloten in die Lage versetzt hätte, diese wie von ICAO gefordert während der absolut lebensbedrohlichen Situation umgehend anzuwenden. Im Prinzip wird jeder einzelne Punkt dieser Unterkategorie abgedeckt, da die Piloten sowohl einen „Lack of Proficiency/Experience“ als auch Probleme mit der „Knowledge Retention“ hatten. Vor allem der PILOT FLYING Bonin war in dieser Situation der unerfahrenste Pilot an Bord und hätte in dieser Situation vom deutlich erfahreneren Senior-Copiloten Robert abgelöst werden sollen. Dies wäre definitiv in einem militärischen Luftfahrzeug der Fall gewesen. So hat es im Januar 2009 Kapitän Sullenberger anschaulich demonstriert, als er seinen AIRBUS A320 auf dem Hudson River notwasserte. Er war PILOT NON FLYING, als die kanadischen Wildgänse die Kompressorschaukeln seiner beiden Triebwerke trafen und damit der Schub für die Maschine schlagartig ausblieb. Als Kapitän und erfahrener Pilot an Bord hat er sofort die Kontrolle über das Luftfahrzeug übernommen und damit in der Folge die absolut richtigen Entscheidungen getroffen. Somit werden bei HFACS die Unterkategorien „Training Condition“ und „Untrained Operator“/„Lack of Experience“, als einer der maßgeblichsten kausalen Faktoren bei der Gesamtbetrachtung mit ins Gewicht fallen. Zumindest zur Kategorie „Untrained Operator“ hat die BEA sehr gute Arbeit geleistet und diesen Umstand sehr akribisch aufbereitet und entsprechende Empfehlungen ausgesprochen.

Supervision / Leadership



Nachdem alle „Preconditions“ betrachtet wurden, wechselt man nun zu „Supervision / Leadership“. Auf dieser Ebene wird die Kategorie „Ineffective Supervision/Leadership“ interessant. Damit richten wir unseren Blick auf den direkt verantwortlichen Vorgesetzten und Teamleader

– also den Kapitän von AF 447. Mit dieser Kategorie soll herausgefunden werden, ob er die anbahnende gefährliche Situation hätte früher erkennen und damit auch verhindern können. „Ineffective Supervision & Leadership“ betrifft hier in unserem Beispiel also in erster Linie den Kapitän von AF 447.

Egal ob ein Kapitän „zur See“ oder „zur Luft“ ist, er ist verantwortlich für die Sicherheit der ihm anvertrauten Besatzung und vor allem die der Passagiere. Dies hat die ICAO auch genauso in ihren Regularien klar definiert. Der Kapitän hat die ultimative letzte Entscheidungsgewalt, um finale Sicherheitsentscheidungen zu treffen. Er muss durch umsichtige Planung vor der Mission und durch vorausschauendes Handeln während der Mission die Risiken auf ein absolutes Minimum reduzieren. Er muss vorbereitet und jederzeit in der Lage sein, gefährliche Notsituationen durch seine Kompetenzen zu beherrschen. Er ist verantwortlich, kritische Entscheidungen zeitgerecht zu treffen, damit Notsituationen erst gar nicht entstehen können. So fordert es die ICAO.

Der Kapitän von AF 447 Flight muss sich bewusst gewesen sein, dass seine Maschine, mit der er am 31. Mai 2009 in Rio de Janeiro gestartet ist, nicht über die verbesserten Pitot Static Ports verfügte und damit bei der vorhergesagten Schlechtwetterfront einer Bedrohung ausgesetzt war. Damit lag es in seiner Verantwortung, seine Cockpit-Crew noch einmal über die Gefahren der Vereisung in großer Höhe hinzuweisen und die damit überlebenswichtigen MEMORY-ITEMS zu wiederholen und ins Gedächtnis zurückzurufen. Dies ist offensichtlich nicht geschehen und somit gem.

HFACS ebenfalls ein ursächliches Versäumnis und damit ein Versagen von Seiten des Kapitäns.

Einsatz von unerfahrenen Personen durch die Vorgesetzten

HFACS verwendet eine Unterkategorie „Tasked Individual with Lack of Experience“, die ebenfalls zutreffend und von Bedeutung ist. Der Pilot Flying Bonin war der unerfahrenste Pilot an Bord und hatte offensichtlich keine oder nur wenig Kompetenzen für Flüge durch die interkontinentale tropische Zone auf dem Flugzeugmuster A330. Damit ist dieser Aspekt sicherlich auch als ursächlicher Faktor einzustufen. Denn an dieser Stelle hätte der Kapitän, aufgrund der sich anbahnenden ungünstigen Wettersituation, den deutlich erfahrenen Senior-Co-Piloten Robert als Pilot Flying für diese kritische Phase des Fluges einteilen oder selbst seine Ruhephase verschieben müssen. Zusammen mit „Ineffective Supervisory or Command Oversight“, wird unter HFACS ein ursächliches Versagen beim Kapitän festgestellt, welches zum Scheitern der Mission geführt hat. Dazu macht die BEA nur sehr vage Aussagen und stuft sie auch nicht als ursächlich ein. An dieser Stelle findet sich also ebenso ein sehr großes Delta zwischen BEA MINOS und einer HFACS Analyse.

Organisationelle Faktoren



Policy, Procedures or Process Issues

In dieser Kategorie werden die Verfahren bezüglich der Risikomodelle und die dadurch resultierenden Maßnahmen näher beleuchtet.

Die BEA hat in ihrem Bericht festgestellt, dass Air France in ihrem Risikomodell, was den Reiseflug in großen Höhen betrifft, die Vereisung des Pitot Static Ports falsch eingeschätzt hat. Analysen von Vorfällen zu dieser Problematik, die von Air France intern durchgeführt wurden, hatten die Klassifizierung des Fehlers als „Major“ eingestuft. Dies ist jedoch nicht die höchste Fehlerstufe und erforderte keine

Meldung an die europäische Regulierungsbehörde EASA. Es wurde schlicht und ergreifend angenommen, dass das Standardtraining (das wie bekannt mit anderen Rahmenbedingungen durchgeführt wurde) ausreichend sei. Die Problematik wurde auch innerhalb der Firma nicht weiter kommuniziert. Die Dokumentation und Kommunikation von Vorfällen dieser Art durch die betroffenen Crews war oft ungenau und enthielt nicht alle operativen Details. Dies erschwerte zudem eine umfassende Analyse durch die Sicherheitsabteilung von Air France und fand damit keinen Einzug ins Training bzw. ins Risikomanagement.

Training Program Issues

Es gab keine Schulung für manuelle Flugzeugsteuerung und für das Verfahren „Vol avec IAS douteuse“ – sprich die Durchführung der MEMORY ITEMS, die in großer Höhe und im Alternate Law gravierende Unterschiede zur Durchführung in niedriger Höhe aufweisen.

Das Training konzentrierte sich auf niedrigere Höhen und typische Szenarien, die auch sonst standardmäßig geübt wurden. Die Simulatoren konnten die Komplexität und Variabilität von Fehlersignalen nicht realistisch nachbilden und erzeugten keinen „Überraschungseffekt“ für die Besatzungen, was die Wirksamkeit des Trainings deutlich negativ beeinflusste bzw. uneffektiv machte. Hier könnte man bei genauerer Betrachtung sogar von „negativem Training“ sprechen.

Der Überraschungseffekt („Startle Effect“) und die daraus resultierenden Stressreaktionen wurden im Training nicht ausreichend abgedeckt. Die theoretische Ausbildung, insbesondere in Flugmechanik und den Besonderheiten des Hochhöhenfluges im Alternate Law, wurde möglicherweise dadurch nicht ausreichend verstanden und verinnerlicht.

Zuordnung der ursächlichen Faktoren durch HFACS 8.0

HFACS 8.0 & das Swiss Cheese Model

Bei genauerer Betrachtung der Grafik des „Swiss Cheese Models“ (nach James Reason) wird sehr schnell augenscheinlich, dass mindestens vier „Käsescheiben“ entsprechende „Löcher“ an ein und derselben Stelle haben müssen. Nur wenn alle Löcher an der gleichen Stelle sind, kann es am Ende zu einem „Mishap“ oder sogar „Negative Outcome“ kommen. Wirkt nur eine einzige dieser Scheiben als „Safety Defense“ (sprich Sicherheitsbarriere), weil das Loch geschlossen wurde, kann ein „negative Outcome“ höchstwahrscheinlich verhindert werden.

Wir wissen durch die Anwendung von HFACS 8.0 und die Zuordnung der ursächlichen Faktoren, dass keine dieser „Käselöcher“ komplett geschlossen war.

Also beginnen wir jetzt für die Schlussfolgerungen, von der obersten Ebene aus diesmal nach „unten“ zu gehen, um die ursächlichen Faktoren in einen stimmigen Zusammenhang zu bringen.



Abbildung: Swiss Cheese Model nach Reason

Organisational Influences

Nehmen wir hierbei zunächst die Organisation Air France in den Blick. Auf dieser Ebene haben wir als ursächlichen Faktor die „Training Program Issues“ herausgearbeitet. Die Trainingsabteilung von Air France hat es versäumt, ein adäquates Air Crew Training im Hinblick auf die latente Gefahr der unzuverlässigen Geschwindigkeitsanzeigen durchzuführen. Die entsprechenden MEMORY ITEMS wurden nicht in einem dafür zugeschnittenen und auf die Umgebungsbedingungen angepassten Szenario für die Besatzungen angeboten.

Diese Unterlassung hat es den Piloten nicht ermöglicht, ihre Handlungsfertigkeiten im Simulator zu üben, zu vertiefen und zu verfestigen. Schlimmer noch, der Simulator war gar nicht für ein entsprechendes Training und damit manuelles Fliegen in großer Höhe ausgelegt. Bei Simulatoren in der militärischen Luftfahrt völlig undenkbar. An dieser Stelle wird das „erste Käseloch“ in der Sicherheitsbarriere der Organisation sehr weit geöffnet. Man muss diese Erkenntnis im Zusammenhang mit den „Resource Support Problems“ verknüpfen. Es war den Verantwortlichen bei Air France ja durchaus bewusst, dass noch immer Maschinen mit den fehleranfälligen Pitot Static Ports im Flugbetrieb eingesetzt wurden. Allein das Wissen bzgl. dieser Tatsache hätte die Flugsicherheits- und Trainingsabteilung veranlassen müssen, insbesondere die Besatzungen zu trainieren, die noch mit den fehlerhaften Systemen unterwegs waren.

Es gab bis zum Flugunfall von AF 447 bereits 17 Vorfälle (Evidences, die via Zwischenfallberichten den Betreibern zugänglich war) dieser Art, die von der Organisation

nicht in „evidence-based Training“ umgesetzt wurden.

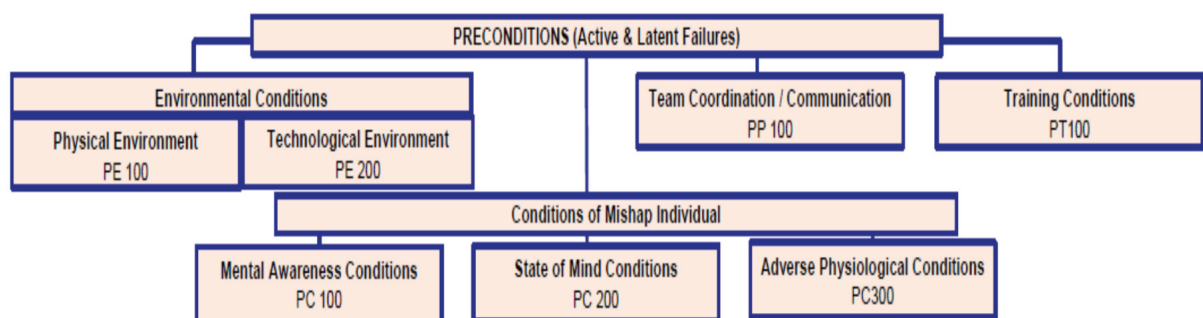
Zwischen Mai 2008 und März 2009 traten sogar neun dokumentierte Zwischenfälle in der A330/A340-Flotte von Air France auf. Nach dem Unfall wurden noch sechs weitere Zwischenfälle identifiziert, die nicht über das obligatorische Meldesystem (ASR) gemeldet wurden. Es wurden also auch nicht die offiziellen Meldewege eingehalten. Das Flugunternehmen hat also am Durchbrechen der ersten Sicherheitsbarriere und damit am Scheitern der AF 447 Mission gemäß HFACS 8.0 einen entscheidenden Anteil. Diese Tatsache kommt im BEA-Bericht sehr unklar zum Ausdruck und stellt damit einen ersten großen Unterschied zu einer HFACS Analyse dar.

Supervision / Leadership

Auf dieser Ebene haben wir via HFACS die Versäumnisse und Unterlassungen des Kapitäns von AF 447 herausgearbeitet. Der Kapitän war für die sichere Durchführung des Flugs verantwortlich und hat es zunächst versäumt, einen Stellvertreter während seiner Abwesenheit zu benennen. Damit entstand unter den Co-Piloten eine gewisse „Verantwortungsdiffusion“. Es fehlte eine klare hierarchische Zuordnung der Verantwortung im Cockpit während der Abwesenheit des Kapitäns, als dieser sich im

„Bunk“ schlafen gelegt hatte. Es fehlten weiterhin entsprechende Handlungsanweisungen und Strategien bzgl. der schwierigen Wetterlage über dem Äquator (z. B. einen größeren Umweg in Kauf zu nehmen). Seine Risikoanalyse im Hinblick auf die zu erwartenden widrigen Bedingungen war nicht vorhanden und er hat zudem dem unerfahrensten Piloten die Steuerung der Maschine in diesen schwierigen äußeren Bedingungen anvertraut. Der Kapitän hat es weiterhin unterlassen, vor dem Einfliegen in die bekannte Schlechtwetterzone seinen Co-Piloten noch einmal an die Tatsache zu erinnern, dass sie in einer Maschine mit den für diese Wettersituationen anfälligen Drucksensoren unterwegs sind. Damit wurden auch keine Prozeduren wie die MEMORY-ITEMS zurück ins Kurzzeitgedächtnis „geholt“, um für mögliche Ausfälle gewappnet zu sein. Schlussendlich waren die Co-Piloten und schließlich der Kapitän selbst nicht in der Lage, diese absolut kritischen Prozeduren abzurufen. Alle drei Piloten waren damit nicht „cognitive Ready“, um mit der lebensbedrohlichen Situation umzugehen. Auch hier wird durch das Versagen und die Unterlassungen des Kapitäns gemäß HFACS eine weitere große Lücke in der „Käsescheibe“ verursacht. Dieser Umstand wird im BEA Abschlussbericht nur am Rande erwähnt.

Preconditions



Die fehlende Resilienz der Piloten, durch das nicht vorhandene Training für diese Situation begünstigt den Umstand, dass die „Preconditions“ solch gravierende Auswirkungen hatten. Ebenso lässt das Fehlen eines effektiven Crew Resource Managements (wird im BEA-Bericht als solches erwähnt) die Team-Koordination und Kommunikation zusammenbrechen. Dies fällt auch unter die Preconditions, da dieser Mangel an Trainings-

möglichkeiten nicht den Piloten angelastet werden kann. Die absolut ungünstige Uhrzeit (04:00 Uhr morgens Pariser Zeit), zu der sich das Unglück ereignet hat, ist ebenfalls ein ursächlicher Faktor. Die Auswirkung von Fatigue auf die kognitive Leistungsfähigkeit wird von HFACS als ursächlicher Faktor eingestuft. Sie befindet sich um diese Uhrzeit auf dem absoluten Tiefpunkt und verstärkt damit die negativen Auswirkungen des Surprise & Startle Effects.

Dieser Umstand wird im BEA-Bericht als nicht relevant erwähnt. Die Wettereinflüsse sind eher beitragende Faktoren. Diese waren den Piloten vor dem Flug bereits bekannt und sie hätten darauf entsprechend reagieren können. Dass aber solche Bedingungen nicht zwangsläufig zu einem Unfall führen müssen, zeigen Zwischenfallberichte der amerikanischen Flugunfall-Untersuchungsstelle (NTSB), die ähnliche Vorfälle untersucht hat. Anders als bei AF 447 hatten diese Zwischenfälle Gott sei Dank jeweils einen „positive Outcome“.

Unsafe Acts

Kommen wir abschließend zu den Unsafe Acts. Diese wurden bereits sehr ausführlich betrachtet, müssen aber als ursächlich für die Tragödie eingestuft werden. Ich denke, es besteht kein Zweifel, dass die MEMORY ITEMS und deren „Nicht-Anwendung“ der ausschlaggebende, ursächliche Faktor für das Scheitern von AF 447 waren. Diese letzte mögliche Sicherheitsbarriere öffnete einen großen „Durchlass“ für die sich anbahnende Katastrophe. Dieser Durchlass entstand erst durch die Fehler im System bei Air France. Nach HFACS Kriterien hat die Airline als Organisation auf der technischen sowie der „nicht-technischen“ Komponente versagt. Ebenso machte das mangelhafte und zudem verantwortungslose Führungsverhalten des Kapitäns das Scheitern der Co-Piloten im Cockpit erst möglich. Diese letzte Sicherheitsbarriere konnte somit nicht funktionieren.

Man kann also in der Logik von HFACS den Piloten keine direkte Verantwortung zuweisen, da sie durch die Untätigkeit der Organisation in Sachen Training und Sicherheitskultur und das fehlende Führungsverhalten des Kapitäns einer für sie nicht mehr zu beherrschenden Extremsituation ausgesetzt wurden.

Wie es ganz anders hätte laufen können, zeigen zwei Zwischenfallberichte der NTSB (amerikanische Flugsicherheitsbehörde; Link: (https://flightsafety.org/wp-content/uploads/2016/10/asw_sept11_p64-71.pdf), die AIRBUS A-330 Maschinen betreffen. Der erste Zwischenfall ereignete sich ca. eine Woche vor AF 447 und der zweite ca. eine Woche danach. Die Besatzungen steuerten ihre Maschinen unter ähnlichen Bedingungen über den Äquator. Von den Piloten wird berichtet, dass sie exakt dieselben „Preconditions“ hatten, mit denen auch ihre Kollegen im Cockpit von AF 447 konfrontiert wurden. Sie waren ebenfalls nahe dem Äquator unterwegs, berichteten von Elmsfeuer,

Vereisung der Pitot Static Ports und somit von der damit einhergehenden unzuverlässigen Geschwindigkeitsanzeige mit allen negativen Konsequenzen. Der Autopilot schaltete sich automatisch ab und die Flugsteuerung wechselte ins „Alternate Law“. Der große Unterschied zu AF 447 war: Die Piloten waren „cognitive Ready“ und wendeten ihre MEMORY ITEMS sowie die für diese Situation geforderten Notfallverfahren und Prozeduren entsprechend an. Beide Maschinen landeten anschließend sicher im „Alternate Law“ (das ist der Flugmodus, der deutlich schwieriger zu steuern ist und zudem über keine Schutzfunktionen verfügt) an ihrem Bestimmungsflugplatz. Diese Beispiele werden von der BEA in ihrem Bericht leider gar nicht erwähnt! Warum das ist, bleibt mir persönlich ein Rätsel. Denn das von der BEA genutzte MINOS Model fordert unter anderem explizit, solche „ähnlichen Ereignisse“ als Beispiele anzuführen. Stattdessen wurden Zwischenfälle verwendet, die zum Teil andere Flugzeugtypen bzw. unterschiedliche Situationen betrafen.

Zusammenfassung

Es lässt sich sagen, dass die Tragödie von AF 447, wie viele andere Tragödien in der Luftfahrtgeschichte, vermeidbar gewesen wäre. Leider waren die entsprechenden Sicherheitsbarrieren sehr „löcherig“ und ließen die „latent Failures“ und den „Error in the System“ in der Nacht des 01. Juni 2009 im Cockpit von AF 447 unerbittlich zuschlagen. Alle Beteiligten in dem AIRBUS A-330 zahlten dafür den höchsten Preis.

An diesem Beispiel kann man also deutlich erkennen, dass Flugunfalluntersuchungen einem gewissen Bias unterliegen können, je nachdem welches Analyseverfahren bzw. welche Methode angewendet wird. HFACS kommt in wichtigen Aspekten zu einer anderen Einschätzung als MINOS. Letzteres ist in seiner Analyse zum Teil sehr „ingenieurslastig“ und zeigt ergonomische „Human-Machine-Interface“-Probleme auf, die bei korrekter Anwendung der Verfahren gar nicht erst aufgetreten wären. AIRBUS A330 Maschinen sind bis zum Zeitpunkt des Unfalls, seit 1994, unfallfrei unterwegs gewesen. Während Millionen von Flugstunden ohne Katastrophe absolviert wurden, kam es zu keinem ähnlichen Zwischenfall, obwohl zum Teil ähnliche Preconditions bestanden.

Trotzdem lässt sich abschließend festhalten, dass der BEA

Abschlussbericht die Luftfahrt deutlich sicherer gemacht hat. Aufgrund deren Ergebnisse wurden die Human Factors bei Flugunfällen mehr in den Mittelpunkt gerückt, auch wenn die Human Factors der BEA eine andere Gewichtung hatten als die von HFACS. Nach den Empfehlungen der BEA wurden substanzielle Änderungen in den Trainingsverfahren von Seiten der ICAO/IATA erlassen (verpflichtendes Evidence Based Training). Zudem wurde die Bedeutung des „Überraschungs-Trainings“ für Besatzungen in Bezug auf Extremsituationen deutlich verbessert. Ebenso wurde die EASA als Regulierungsbehörde aktiv und regelte die technischen Bauzustände bzw. die verbauten Los-Nummern der fehlerhaften Pitot Static Ports. Diese mussten entsprechend durch zuverlässigere Systeme ersetzt werden. Man muss also der BEA zugutehalten, dass sie durch ihren Abschlussbericht die Flugsicherheit deutlich erhöht, hat sowie die „cognitive Readiness“ und die Resilienz von Cockpitcrews mehr in den Fokus gerückt hat. Damit wurde die Wahrscheinlichkeit, dass sich so ein Unfall wie bei AF 447 wiederholen könnte, sehr deutlich gesenkt. Denn trotz aller Zwischenfälle sowie hin und wieder auch Unfälle ist die Luftfahrt immer noch das sicherste Transportmittel. Behalten Sie das bei Ihrer nächsten Flugreise bitte im Hinterkopf!

Epilog

Mir ist es am Schluss noch einmal wichtig, auf den „Surprise & Startle Effect“ hinzuweisen. Um diesem Effekt entgegenzuwirken, wird in der militärischen Fliegerei schon seit Jahrzehnten intensives Resilienz-Training durchgeführt. Natürlich in der Regel vor dem primären Hintergrund taktischer Gesichtspunkte wie überraschende Einwirkungen des Gegners oder Beschuss, mit dem man nicht gerechnet hat. Aber auch bei den Notfallverfahren wird hier effizientes „Exposure-Training“ durchgeführt. Dieser negative Effekt und das Bewusstsein darüber wurden erst spät von der zivilen Luftfahrt aufgegriffen. Dass sich diese negativen Aspekte noch verstärken, wenn irgendeine Art von „Fatigue“ (hier besonders zirkadiane Rhythmusstörungen) mit im Spiel ist, scheint bei vielen Analysemethoden nicht so präsent gewesen zu sein (siehe BEA). Das hat sich geändert, wie man im weiteren Verlauf sehen kann. Besser spät als nie!

Von so einem Startle Effect berichtet die österreichische

Flugunfalluntersuchungsstelle zu einem Zwischenfall, der sich am 27. Oktober 2017 bei Salzburg ereignete. Eine Cockpitbesatzung der Austrian Airlines, die einen Anflug auf den Flughafen Salzburg durchführte, wurde im Endanflug mit Scheerwinden, in Verbindung mit heftigen Gewitter- und Regenschauern und den einhergehenden Turbulenzen, konfrontiert. Scheerwinde sind abrupte Verschiebungen der Windrichtung in dem zu durchfliegenden Höhenband. Gefährlich sind diese beim Sinkflug in niedrige Höhen über Grund und besonders gefährlich beim Landeanflug, wenn im letzten Anflugsegment der Wind abrupt in Anflugrichtung dreht. Im Cockpit der Embraer E195 wurden also entsprechende Scheerwind-Warnungen durch die bordeigene Flugkontrollsteuerung ausgelöst. Auch hier waren die Piloten von der Situation dermaßen überrascht und irritiert, dass sie nicht im Stande waren, sofort die MEMORY-ITEMS für diese Notlage komplett durchzuführen bzw. anzuwenden. Der Pilot Flying deaktivierte zwar den Autopiloten, ließ aber die automatische Schubkontrolle aktiviert, obwohl die Prozedur eine sofortige Deaktivierung dieser Automation fordert. Ganz im Gegenteil wird die Aktivierung des „TOGO-Modus“ gefordert, der in dieser Situation maximalen Schub zum Durchstarten liefert. Durch die unvollständige Anwendung der Prozedur wurden die Triebwerke durch die Schubautomation während des weiteren Anflugs in Leerlaufdrehzahl gestellt, statt gemäß MEMORY-ITEM auf volle Leistung. Dies wiederum hatte zur Folge, dass die Geschwindigkeit in der Luftmasse deutlich reduziert wurde und die Maschine sich dem Strömungsabriss näherte. Die dadurch ausgelöste STALL Warnung (akustische Warnungen und Vibrationen am Steuerhorn des Piloten) verstärkte die bereits eingeschränkte Handlungsfähigkeit der Piloten zusätzlich, da sie davon ebenfalls überrascht wurden. Die kognitiven Prozesse (sprich die Informationsverarbeitung dieser Warnsignale) des PILOT FLYING und PILOT NON FLYING waren mental so blockiert, dass sie es erst nach 73 Sekunden schafften, die rettende Prozedur abzurufen. Im letzten Moment und ca. 180 Meter über dem Erdboden schafften sie es noch, den rettenden TOGO-Knopf doch noch zu drücken, um den nötigen Schub zu bekommen. Die Besatzung und die 93 Passagiere und Besatzungsmitglieder waren nur wenige Sekunden von einer Katastrophe entfernt. Dieser Bericht der österreichischen Behörden hat als Ursache des Zwischenfalls den „Surprise & Startle Effect“, sowie die unvollständige Anwendung der MEMORY-ITEMS identifiziert. Diese Tatsache verdeutlicht

einmal mehr, wie ausgeprägt und lange dieser Effekt andauern kann. Günstiger Umstand für die österreichischen Piloten war wohl, dass sich ihr Zwischenfall am helllichten Tage und zu keiner ungünstigen Zeit des „zirkadianischen Rhythmus“ zugetragen hatte.

Auch in diesem Fall könnte man durch die Analyse mit HFACS 8.0 sicherlich noch interessante ursächliche

Faktoren herausarbeiten. Das gilt aber nicht nur für die Anwendung auf die Luftfahrt. Denn HFACS 8.0 ist so aufgebaut, dass es für alle „Hochrisiko-Organisationen“ und „Hochrisiko-Teams“ zur Anwendung kommen kann, um entsprechende Zwischenfälle/Unfälle zu analysieren.

Letzten Endes geht es darum, Erkenntnisse zu gewinnen und diese anschließend in einem „Closed Feedback Loop“ wieder ins Training und die Ausbildung einfließen zu lassen.



Foto: von Pete Nuij auf Unsplash.

BEITRÄGE AUF DER FACHGRUPPENTAGUNG AOWI AN DER LEUPHANA UNIVERSITÄT LÜNEBURG.

IM SYMPOSIUM „KOLLABORATIVE KI: EINFLUSS VON TECHNIKGESTALTUNG, TEAMZUSAMMENSETZUNG UND MANAGEMENTSTRUKTUREN AUF DAS PSYCHOLOGISCHE ERLEBEN DER NUTZENDEN“

Sophie Berretta, Lisa Thomaschewski & Annette Kluge

1. BRIDGING ETHICAL CONSIDERATIONS AND MANAGERIAL BEHAVIOR FOR SUCCESSFUL AI SYSTEM ADOPTION

Sophie Berretta & Annette Kluge

The role of managerial behavior becomes particularly critical during organizational change induced by artificial intelligence (AI), as it involves considering and adapting technological, organizational, and employee-related factors while simultaneously managing emerging ethical challenges. Given the lack of comprehensive ethical principles to support practical application in managerial behavior and its evaluation, a scoping review was conducted to identify relevant ethical principles, actionable practices, and a rating instrument aimed at promoting successful AI system adoption. From the 33 publications deemed relevant, ethical principles and corresponding practices for managerial behavior were derived, addressing *technical characteristics of AI systems* (technical factors), *organizational culture and AI-related initiatives* (organizational factors), as well as *leadership styles* and *leadership behaviors* (employee-related factors). Based on identified principles and practices related to *leadership behaviors* – an important aspect of managerial behavior – the ELBAI (ethical leadership behavior in AI system adoption) questionnaire was developed to rate ethical leadership in AI system adoption from the employees' perspective. Furthermore, the concept of *ethical managerial behavior in AI system adoption* emerged from the analyzed publications as a unifying and structuring approach, bridging ethical considerations and managerial behavior in the context of AI system adoption. Overall, the findings of this study contribute to a structured framework that synthesizes insights from different research fields to derive comprehensive ethical principles, actionable practices, and a questionnaire instrument for managerial behavior, aimed at supporting successful AI system adoption in organizational practice.



Foto: Vortragende im Symposium „Kollaborative KI: Einfluss von Technikgestaltung, Teamzusammensetzung und Managementstrukturen auf das psychologische Erleben der Nutzenden“ am 11. September 2025

2. IN DRONES WE TRUST!? DER EINFLUSS KURZER INTERAKTIONEN AUF DAS GLOBALE VERTRAUEN IN AUTONOME SYSTEME

Lisa Thomaschewski & Annette Kluge

Vertrauen ist essenziell für die Mensch-KI-Zusammenarbeit und beeinflusst die Bereitschaft, sich auf technische Systeme zu verlassen. Besonders bei autonomen Systemen wie Drohnen entwickelt sich Vertrauen über Zeit und hängt von der Wahrnehmung der Zuverlässigkeit, Verständlichkeit und Vorhersehbarkeit des Verhaltens ab. Diese Studie untersucht Mechanismen der Vertrauensbildung in kurzen Mensch-Drohne-Interaktionen und leitet Empfehlungen für menschenzentrierte Implementierungen ab.

In der empirischen Pilot-Studie wurden 19 Personen mittels einer autonom fliegenden Drohne durch ein reales Lagerhaus-Mock-Up geführt (15 Minuten). Messungen vor, direkt und 2-3 Wochen nach der Interaktion erfassten Vertrauen (affektiv), mentales Modell (kognitiv) und Verhalten sowie Nutzungsabsicht (behavioral).

Die Interaktion führte zu einer Steigerung globaler Vertrauensaspekte in Drohnen (Integrität und Aufrichtigkeit). Das mentale Modell in Bezug auf die spezifische Drohne verbesserte sich und die generelle Nutzungsabsicht von Drohnen nahm zu. Das Vertrauen in die spezifische Drohne und die selbstgewählte Distanz zu dieser blieben gleich.

Schlussfolgerung: Eine Veränderung des mentalen Modells durch die Interaktion beeinflusst nicht das Vertrauen in die spezifische Drohne, erhöht aber Vertrauensaspekte und Nutzungsabsichten in Bezug auf Drohnen allgemein.

Limitationen: Die kleine Stichprobengröße erfordert vorsichtige Interpretation der Ergebnisse. Das Experiment-Setting könnte das Vertrauen beeinflusst haben.

Diese Studie zeigt, wie Vertrauen durch kurze Interaktionen gefördert wird und liefert Erkenntnisse zur Weiterentwicklung theoretischer Modelle zur Vertrauensbildung in Mensch-KI-Interaktionen. Praktisch stärken kurze Interaktionen das Vertrauen in neue Technologien und fördern deren Akzeptanz und Nutzung.

Die Studie beleuchtet das Vertrauen in autonome Systeme, entscheidend für die Integration neuer Technologien. Sie liefert empirische Daten zur Vertrauensbildung und praxisorientierte Empfehlungen zur Implementierung und Nutzung autonomer Systeme.



Foto: Fachlicher Austausch auch neben dem Campus zwischen der RU Bochum und der TU Berlin

VERÖFFENTLICHUNGEN DES LEHRSTUHL

Rey-Becerra, E., Barrero, L.H., Ellegast, r. & Kluge, A. (accepted). VR- or lecture-based training? The role of culture in safety training outcomes. *Applied Ergonomics*, Volume 130, 2026, 104626, ISSN 0003-6870, <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2025.104626>.

Highlights

- VR-SG training was previously validated with construction workers in Colombia.
- Training impact was compared between two different contexts.
- VR and lecture-based training were equally effective in the specific German context.
- Cultural had an impact on individual evaluation criteria.



Foto: POET Projekt TEAM beim Arbeitsmeeting in der Akademie.



Virtual reality (VR) training provides immersive, risk-free experiences that leverage multisensory integration to improve memory retention, presence and embodiment to strengthen engagement and attention, and situational learning to promote transfer of training to real-world contexts. Adding gamification through serious games (SG) further enhances engagement and active learning. This study validates a VR-SG safety training previously evaluated in Colombia, now applied to 74 professional roofers in Germany comparing ViStra (VR-SG) with LeStra (lecture-based with problem-based learning). Using

Kirkpatrick's model, we assessed reaction, cognitive and attitudinal outcomes, self-reported behavior, and safety climate through validated questionnaires. Both programs improved cognitive and attitudinal outcomes, with no significant differences. No effects were found for behavior or safety climate. Thus, ViStra matched LeStra's effectiveness. Post hoc comparison with Colombian data suggests cultural factors influence some outcomes, highlighting the importance of adapting training strategies to cultural contexts for future safety training strategies in diverse work environments.

Ontrup, G., Volkmann, P., Orlov, O. & Kluge, A. (2025). Intelligent automated systems to support human team-work: perceived invasiveness impacts team members' psychological reactions negatively. *Cogn Tech Work* (2025). <https://doi.org/10.1007/s10111-025-00813-w>



Abbildung: Screenshot of video vignette showing the team monitoring system that displays real-time feedback on team communication (videos were created in Powtoon). Note. Translation from left to right: Chat - Team Communication Score; predictable; feedback

Technological advances facilitate intelligent automated systems that are designed to help teams improve teamwork processes, e.g., communication in medical teams or simulated team training in aviation. To provide feedback, such systems constantly collect data, which can lead to privacy or security concerns of employees. Consequently, teams might perceive such systems as psychologically invasive, i.e., their privacy to be intruded. Previous work acknowledged that it is important to design unobtrusive systems, but empirical evidence on conditions under which teams accept electronic monitoring for teamwork support is missing. This work investigates psychological reactions to electronic team monitoring (ETM), i.e., automated systems that aim to support human teamwork. In study one, N=156 participants watched one of three video vignettes in an experimental between-subject design. The vignettes pre-

sented ETM with varying levels of invasiveness. High invasiveness related to perceived unfairness, stress and lower acceptance. In study two, between-subject differences in reactions to ETM were investigated in a virtual team task with ad-hoc teams. N=20 participants worked on a team task and were made believe that they are monitored for two different purposes (low invasive system for team support vs. high invasive system for performance appraisal). Teams did not differ regarding perceived acceptance or stress and both systems were rated as equally invasive. Teams questioned the validity of both ETM for supporting teamwork processes. The results of the studies demonstrate that invasiveness is decisive for teams' reaction to ETM. To avoid team members' resistance, the perceived invasiveness should be considered as a salient feature that might negate intended positive effects.

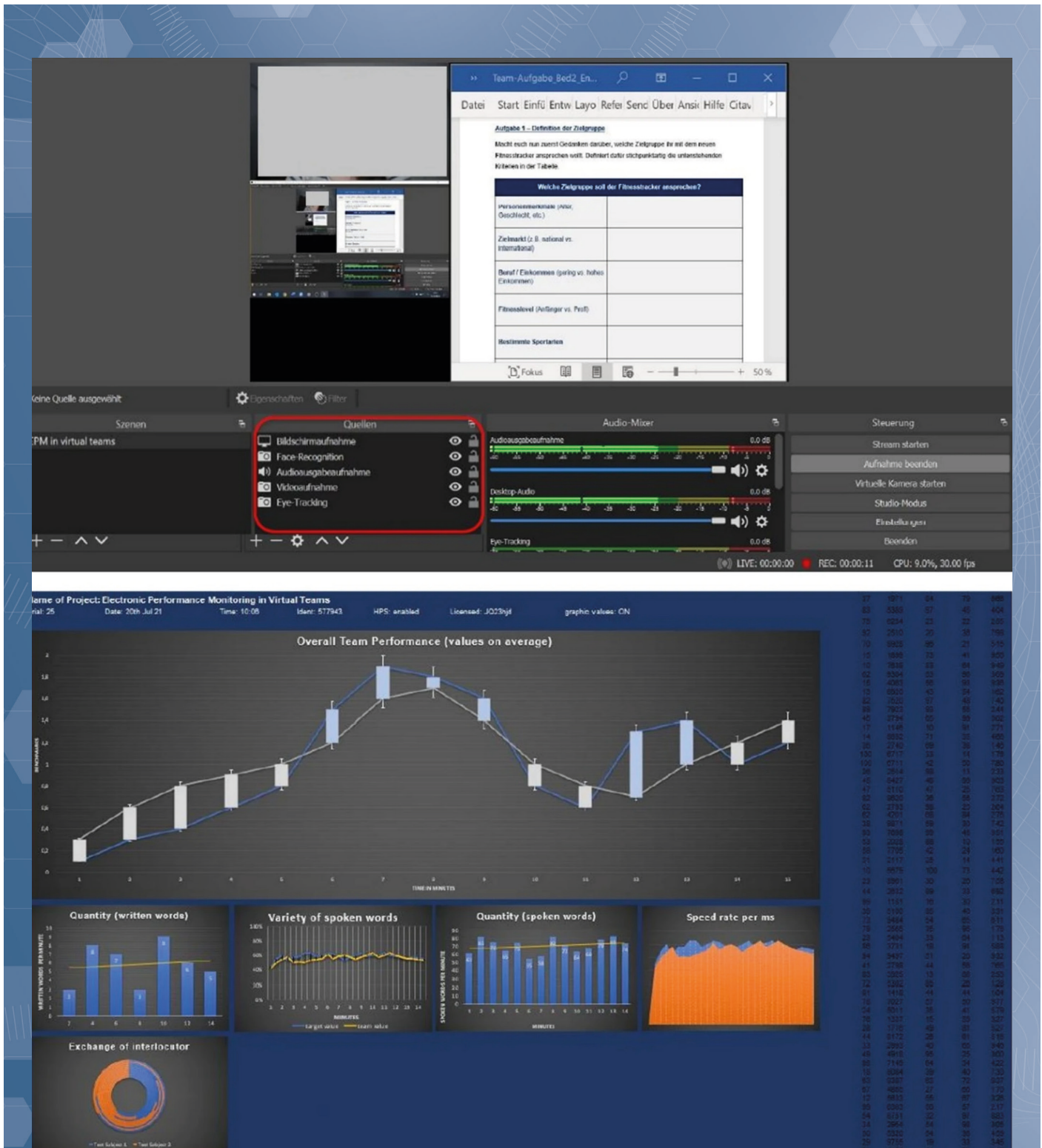


Abbildung: Screenshots of the mock-up "ETM.dashboard"; participants were lead to believe that parameters highlighted at the top were recorded; the development group was shown a visualization of the allegedly recorded parameters (at the bottom)

Bössel-Debbert, N., Kluge, A., Mischkowski, D., Österle, L., Phan, L. V., Schmitt, M., & Stahl, J. (2025). Perspektive der AMWF-Kommission auf das Positionspapier „Verlässlichkeit, Verantwortung, Vertrauen – Grundpfeiler einer professionellen Promotionskultur in der Psychologie“. *Psychologische Rundschau*, 76(3), 200–202. <https://doi.org/10.1026/0033-3042/a000735>

Vogel, O., Gabriel, A-L., Kluge, A. (2025). **Durch Auffrischung zum Kompetenzerhalt!** Publikation des Bundesinstitutes für Berufsbildung, Bonn

Basierend auf den durchgeführten Analysen und Feldstudien werden im Folgenden die zu Beginn gestellten Forschungsfragen beantwortet:

Auszug auf dem abschliessenden Fazit:

Welche Auffrischungsinterventionen werden in anderen Berufen bereits (erfolgreich) eingesetzt?

- Überwiegend werden Auffrischungsinterventionen für die Einhaltung von Regularien (Standard Operating Procedures) in NRS sowie für Erste-Hilfe-Schulungen eingesetzt.
Der menschliche Faktor hinsichtlich Wissen, Einstellungen und Kompetenzen wird in der chemischen und pharmazeutischen Industrie kaum adressiert.
- Dieser Fokus findet sich eher in Auffrischungsinterventionen der See- und Luftfahrtindustrie.
Trainings von Piloten/Pilotinnen, basierend auf den ICAO-Kompetenzen, können als Anwendungsbeispiel für die Entwicklung von Auffrischungsinterventionen verwendet werden.
- Problematisch ist bisher die fehlende Transparenz bezüglich der Trainingsinhalte und Lernziele für Außenstehende, weil viele bestehende Trainings nicht wissenschaftlich evaluiert und der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden.

BIBB FORSCHUNGSBERICHTE

Olga Vogel | Anna-Lena Emmi Gabriel | Annette Kluge

Durch Auffrischung zum Kompetenzerhalt!

Ergebnisse des Projekts „Kompetenzerhalt für Nicht-Routine-Tätigkeiten in digitalen Arbeitsumgebungen: Studien anhand der Berufe Chemikant/-in und Pharmakant/-in“ (Teil 2)

Welche dieser Interventionen eignet sich methodisch und arbeitsorganisatorisch auch für die untersuchten Produktionsberufe?

- Der Ansatz des Crew-Ressource-Managements (aus der Luftfahrt) eignet sich für die Übertragung auf andere Kontexte, da er zentral darauf abzielt, überfachliche Kompetenzen, Sicherheitsbewusstsein und förderliche Einstellungen zu stärken.

Wie ist die Akzeptanz der Interventionen?

- Für die Beantwortung der Frage wurden zwei Auffrischungstrainings evaluiert. Die Akzeptanz war bei beiden gegeben. Das Training für technische Kompetenzen wurde sehr positiv bewertet. Das Training für nicht technische Kompetenzen wurde gut bewertet und gliederte sich sehr gut in das bestehende Trainingsprogramm des Unternehmens ein.

Wie gut lassen sie sich in den Arbeitsalltag integrieren?

- Die Integrationsmöglichkeiten in den Arbeitsalltag waren sehr hoch. Das technische Training war zwar ein Off-the-Job-Training, konnte aber aufgrund der kurzen Dauer von 30 Minuten flexibel an den Arbeitsalltag adaptiert werden. Das zweite Training wurde so entwickelt, dass es sogar während der Arbeitszeit ohne zusätzlichen Ressourcenaufwand durchgeführt werden konnte.

Wie wirksam sind diese Interventionen?

Die Interpretation der Wirksamkeit wird durch den Charakter der Feldstudien eingeschränkt. Trotzdem können folgende Aussagen getroffen werden:

- VR-Interventionen von einer Dauer von ca. 30 Minuten sind geeignet, um technische Kompetenzen aufzufrischen. Durch einen On-the-Job-Gamification-Ansatz können durch kurze Interventionen nicht technische Kompetenzen erfolgreich aufgefrischt werden.
- Der Erfolg von Auffrischungstrainings hängt von der Anpassung der Inhalte an den spezifischen Betrieb ab.

Wie kostenintensiv sind diese Interventionen?

- Durch die kurze Dauer, die für die einzelnen Trainingsinterventionen 30 Minuten betrug, sind Auffrischungstrainings kostengünstig, weil sie folgende Ressourcen nur in geringem Maße nutzen: Räumlichkeiten, Begleitung durch externe oder interne Trainer/-innen, Arbeitszeit.
- Der Gamification-Ansatz der TRM-Box erlaubt sogar die Generierung von neuen Trainingsinhalten durch die Trainees, die wiederum in die Unternehmensstrukturen integriert werden können.

ZUM ABSCHLUSS





**WISSENSCHAFTLICHE MITARBEITER*INNEN
 DES TEAMS ARBEITS-, ORGANISATIONS- & WIRTSCHAFTSPSYCHOLOGIE
 & KOOPERATIONSPARTNER:INNEN**



IMPRESSUM

Komplexität und Lernen ISSN 1661-8629 erscheint vierteljährlich (seit 2007)



HERAUSGEBERIN

Prof. Dr. Annette Kluge
 Lehrstuhl Arbeits-, Organisations-
 und Wirtschaftspsychologie
 Ruhr-Universität Bochum
 Universitätsstraße 150
 44780 Bochum



NEWSLETTER

Wenn Sie Interesse an unserem Newsletter haben, mailen Sie mir. Ich nehme Sie gerne in unserem Verteiler auf.
annette.kluge@rub.de



DESIGN

Elisa Schallau
 M.Sc. Psychologin & Mediengestalterin