Gerhard Faber (Hg.)

Sicherheitssysteme der Luftfahrt

Safety Management System (SMS)

● 15. FHP-Symposium vom 17.–19. September 2012

FHP Darmstadt

Gerhard Faber (Hg.)

Sicherheitssysteme der Luftfahrt

Safety Management System (SMS)

- 15. FHP-Symposium vom 17.–19. September 2012

Diese Broschüre spiegelt die Ergebnisse des 15. FHP-Symposiums in Sankt Märgen im Schwarzwald wider. Sie enthält Beiträge der Referenten die aus ihren Präsententationen entstanden sind. Das Copyright aller Beiträge liegt bei den jeweiligen Autoren, sie sind für ihre Beiträge verantwortlich. Der Verfasser bestätigt mit seiner Zusendung, dass die Vorlage frei von Rechten Dritter ist. Für den Inhalt wird keine Gewähr übernommen. Namentlich gekennzeichnete Beiträge müssen nicht mit der Meinung des FHP und dessen Vorstand übereinstimmen. Die Broschüre ist für unsere Mitglieder und Freunde bestimmt und nicht käuflich zu erwerben.

Darmstadt, April 2012

Der FHP-Vorstand:
Dipl.-Kauffrau Tanja Cvetnic
Prof. Dr.-Ing. Gerhard Faber, 1. Vorsitzender
Cpt. Heinz-Jürgen Lachmann
Cpt. Raimund F. Neuhold, MBA
Cpt. Max Scheck; MAS, 2. Vorsitzender

© Copyright 2014 by Forschungsnetzwerk für Verkehrspilotenausbildung (FHP), Darmstadt,
c/o Prof. Faber, Technische Universität Darmstadt, FB Elektrotechnik und Informationstechnik,
FG Kommunikationstechnik, Merckstrasse 25, D-64283 Darmstadt

Alle Rechte vorbehalten. Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.
Jede Verwertung ohne schriftliche Zustimmung des FHP ist unzulässig.

Umschlaggestaltung, Bearbeitung und Layout:
MLW Kommunikationsform, Alzeyer Straße 39, 67549 Worms, www.mlw.de, bl@mlw.de

Druck: Web'n Copy GmbH, Petrus-Dom-Straße 3, 67547 Worms, www.webncopy.de, shop@webncopy.de

FHP-Symposium ISSN 2190-040X

6 Programm

9 Einführung

Gerhard Faber — Sicherheitssysteme der Luftfahrt – Einführung in die Thematik

Vorträge

12 *Tanja Cvetnic* — Grenzen der Technisierung und Planbarkeit

17 *Klaus Mehl* — Was lässt sich wie aus Fehlern lernen? Ergebnisse und Erkenntnisse der Psychologischen Handlungsfehlerforschung

27 *Hede Helfrich* — Nicht immer kann man aus Fehlern lernen

36 *Manfred Müller* — Wir müssen selbst auf uns aufpassen. Mehr als Gesetzestreue: das Safety Management System der Lufthansa

39 *Axel Graumann* — Hard Landings A340 Flotte Untersuchung 2010: Praktische Umsetzung von Safety Management

46 *Axel Graumann* — Safety Management System im Junkers Ju52 Flugbetrieb

52 *Klaus Mehl* — GET & SET – Ein adaptives Trainingssystem für simulatorgestützte Maßnahmen

59 *Harald Hanke* — Kommunikation an der Cockpit-Boden-Schnittstelle

64 *Max Scheck* — Just Culture – Non-Punitive Sicherheitskultur – Muss Strafe sein?

78 *Gertraud Teuchert-Noodt* — Evolution des Menschen aus neurobiologischer Sicht

92 *Heinz Bartsch* — Aspekte des Sicherheitsmanagements im zivilen Luftverkehr

106 *Thomas Leoff* — Die aktuelle Situation bei der Einführung der neuen europäischen Vorschriften im Bereich Ausbildung und Lizenzierung von Piloten

110 *Norbert Lautner* — Ein alternatives Konzept für einen Dieselmotor

113 *Bernd Steckemetz* — Studienmöglichkeiten für Luftfahrtpersonal an der Bremen School of Aviation

117 *Martin Naumann* — Essay: Erinnerungen aus der Fliegerei

121 Autorenverzeichnis

122 Werbung

Programm

Moderation: Tanja Cvetnic, Gerd Faber, Jürgen Lachmann, Raimund F. Neuhold

Montag, 17. September 2012

12:00 – 13:00 Uhr Ankunft der Teilnehmer, Imbiss

Block 1 13:00 – 15:30 Uhr

Vorstand
Eröffnung des Symposiums
Vorstellung der Teilnehmer
FHP-Ziele und Aufgaben

V	*Gerd Faber*	Sicherheitssysteme der Luftfahrt – Einführung in die Thematik
V	*Florian Hamm / A. Schneider*	Einführung des SMS an der Lufthansa-Verkehrsfliegerschule Bremen
V	*Tanja Cvetnic*	Der Umgang mit Grenzen technischer Beherrschung in hochtechnisierten Systemen

Diskussion

15:30 – 16:00 Uhr Kaffeepause

Block 2 16:00 – 18:00 Uhr

V	*Klaus Mehl*	Was lässt sich aus Fehlern lernen? Ergebnisse und Erkenntnisse der Psychologischen Handlungsfehlerforschung
V	*Hede Helfrich-Hölter*	Nicht immer kann man aus Fehlern lernen
V	*Johannes Weyer*	Steuerung komplexer Systeme – Ergebnisse einer Simulationsstudie
V	*William Agius*	Kommunikation

Diskussion

19:00 Uhr Abendessen

Programm

Dienstag, 18. September 2012

Block 3 9:00 – 10:30 Uhr

V	*Johannes Weyer*	Loss of control in highly automated systems – Result of a survey of car drivers' and pilots'
V	*Manfred Müller*	Das SaMSys-Projekt (Quantitative Bewertung von Sicherheitsrisiken)

Diskussion

10:30 – 11:00 Uhr Kaffeepause

Block 4 11:00 – 13:00 Uhr

V	*Axel Graumann*	Safety Management System im Junkers JU52 Flugbetrieb Hard Landings A 340-Flotte, Untersuchung 2010, Praktische Umsetzung von Safety Management
V	*Klaus Mehl*	GET & SET - Ein adaptives Trainingssystem für Simulatorgestützte Maßnahmen
V	*Harald Hanke*	Kommunikation an der Cockpit-Boden-Schnittstelle

Diskussion

13.00 – 14.00 Uhr Mittagspause

Block 5 14:00 – 16.30 Uhr

V	*Karsten Severin*	Flugunfallanalyse A 320 Perpignan 2008 -- Pilotenversagen?
V	*Max Scheck*	Punitive versus Non-punitive Sicherheitskultur
V	*Gertraud Teuchert-Noodt*	Die Evolution des Menschen aus stammesgeschichtlicher und neurobiologischer Sicht. Dem Code der Menschwerdung auf der Spur?

Diskussion

16:30 – 17.00 Uhr Kaffeepause

Block 6 17:00 –18:30 Uhr

V	*Heinz Bartsch*	Aspekte des Sicherheitsmanagements im zivilen Luftverkehr
V	*Gerald Junge*	Weiterbildung in der Privatfliegerei - ein Sicherheitsfaktor
V	*Thomas Leoff*	Update EASA rulemaking program

Diskussion

19.00 Uhr Abendessen

Programm

Mittwoch, 19. September 2012

8:30 –9:30 Uhr FHP-Mitgliederversammlung

Block 7 9:30 - 11:00 Uhr

V	*Norbert Lautner*	Ein alternatives Konzept für einen Luftfahrtdieselmotor
S		ILST-Studierende stellen ihre Bachelor Thesis vor
V	*Bernd Steckemetz*	Studienmöglichkeiten für Luftfahrtpersonal an der Bremen School of Aviation

11:00 – 11:15 Uhr Kaffeepause

Resümee: 11:15 – 12:00 Uhr

Zukunftsperspektiven und Gestaltungsvorschläge für die Arbeit des FHP
Themen zukünftiger Symposien

12.00 Uhr Mittagessen

Ende des Symposiums

Stand 260712, Änderungen möglich!

V = Vortrag, maximal 30 Minuten einschließlich Diskussion
S = Statement, maximal 20 Minuten einschließlich Diskussion

Gerhard Faber

Sicherheitssysteme der Luftfahrt

Safety Management System (SMS)

Einführung in die Thematik

Mit dem Thema werden wir nicht nur unserem FHP-Rahmenziel „Mitarbeit an der Verbesserung der Sicherheit im Luftverkehr" im Allgemeinen gerecht, sondern können auch Überlegungen anstellen, wie man Sicherheitsaspekte noch stärker in der Aus-, Fort- und Weiterbildung verankert.
Trotz der guten Statistik und Presse des Luftverkehrs in diesem Jahr – 2011 war eines der sichersten Jahre für die Luftfahrt, nach IATA kam auf 2,7 Millionen Flüge ein Unfall – bleibt die permanente Arbeit zur Verbesserung der Sicherheit wichtig.

Während der Pionierzeit war die Verkehrsluftfahrt kaum reguliert, hatte keine nennenswerte Infrastruktur und kein ausgeprägtes Gefahrenbewusstsein. Die Technik steckte in den Kinderschuhen, aerodynamische Zusammenhänge waren noch nicht hinreichend erforscht, und die Pilotenausbildung erfolgte autodidaktisch nach der Trial and Error-Methode. Somit überrascht nicht, dass in der Anfangsphase der Verkehrsluftfahrt die Unfallrate hoch war. Überwogen zu Beginn der Verkehrsluftfahrt technische Probleme als Unfallursache, so gelangten mit zuverlässigerer Technik die Piloten zunehmend in den Fokus von Unfallanalysen. Bereits in den 50er Jahren kann die kommerzielle Luftfahrt als einer der sichersten Industriebereiche eingestuft werden, jedoch auch eine der am stärksten regulierten.
Der traditionelle Ansatz bei Unfallanalysen, sofern keine technischen Auslöser feststellbar waren, zielte vielfach darauf, den Piloten Übertretungen von Regeln nachzuweisen. Man glaubte, durch das Aufdecken von Bedienungsfehlern, durch Nachweis einer Missachtung von Regeln mit folgender Bestrafung der Piloten, Unfälle verhindern zu können.

Seit 2009 wurde die Verantwortung für Flugsicherheit von der Luftfahrt-Administration an die Fluggesellschaften delegiert. Jede Fluggesellschaft muss sich nun selbst ein Sicherheitsziel vorgeben, einen sog. Acceptable Level of Safety definieren, sie kann sich nicht mehr nur darauf berufen, die gesetzlichen Vorgaben erfüllt zu haben (vgl. Beitrag von Manfred Müller in dieser Broschüre).
Die International Civil Aviation Organization (ICAO) hat in 2009 ein Safety Management Manual (SMM, Doc 9859, AN/474) publiziert, es behandelt zu Beginn die Evolution im Sicherheitsdenken und bearbeitet vielfältige Themen zur Flugsicherheit.

Wurde in der frühen Phase der Verkehrsluftfahrt die Flugsicherheit in großem Umfang durch die Zuverlässigkeit der technischen Systeme geprägt, so änderte sich seit dem sechsten Jahrzehnt des letzten Jahrhunderts die Situation. Durch eine zunehmend zuverlässigere Technik reduzierte sich die Anzahl der durch technische Fehler ausgelösten Vorkommnisse und Unfälle. Gleichzeitig erhöhte sich infolge wachsender Komplexität der Flugzeuge und des Gesamtsystems Luftfahrt die Zahl der durch Menschen ausgelösten Ereignisse, die sog. Human-Factor-Unfälle, sofern man von der herkömmlichen Betrachtungsweise ausgeht.

Mit Beginn des Düsenzeitalters, mit zunehmender Automatisierung der Flugzeuge (Autopilot, Flight Director, Trägheits- und Satellitennavigation, Sekundärradar etc.) rückten die Menschen im Cockpit, insbesondere die Piloten, zunehmend in den Fokus. Human Factor-Unfälle, ausgelöst durch den Faktor Mensch, standen nun im Zentrum der Betrachtungen. Mensch-zentrierte Automatisierung war von der Mitte der 70er Jahre bis zur Mitte der 90er Jahre, dem sog. Goldenen Zeitalter, ein zentrales Thema.

Crew Resource Managemenrt (CRM) und Line-oriented Flight Training (LOFT) wurden eingeführt. Eine sicherlich richtige Entwicklung, die jedoch das Umfeld, das Gesamtsystem Luftfahrt, eine systemische Betrachtungsweise, nicht hinreichend berücksichtigte.
Seit den 90er Jahren, der sog. Organizational Era, wird nun das Gesamtsystem Luftfahrt, ausgehend vom Design, der Entwicklung, dem Bau, der Wartung von Verkehrsflugzeugen, der Flugsicherung, dem Management der Fluggesellschaften, der Luftfahrtadministration, dem Regelwerk, bis zur Aus-, Fort- und Weiterbildung des Personals, der Piloten, Einsatzplaner, Fluglotsen, Techniker, Ingenieure etc. in die Betrachtungen einbezogen.

Fast alle Vorkommnisse und Unfälle, mit Ausnahme z. B. der Hudson River-Notwasserung vor Manhattan, sind Human Factor-Ereignisse, denn Flugzeuge werden nicht nur von Menschen geflogen, sondern auch von Menschen konstruiert, gebaut, gewartet, dirigiert und administriert. Auch muss der zunehmende Wettbewerb der Fluggesellschaften und der daraus resultierende Kostendruck berücksichtigt werden.

Sicherheit verursacht erhebliche Kosten, sie gibt es nicht zum Nulltarif!

Zur neuen Sichtweise von Unfallanalysen:

Die Menschen können nicht sagen, wie sich eine Sache zugetragen,
sondern nur wie sie meinen, dass sie sich zugetragen hätte. (Georg Christoph Lichtenberg 1742 – 1799)

Forschungsarbeiten von James Reason und Charles Perrow führten in den 80er bzw. 90er Jahres zu einem Umdenken. Charles Perrow betrachtet Katastrophen, Stör- und Unfälle als etwas Unvermeidbares. Sobald ein gewisser Grad an Systemkomplexität erreicht ist, sind Störfälle und Unfälle „normal". Er wagt den Versuch, Katastrophen nicht auf „menschliches Versagen" zurückzuführen, sondern systemtheoretisch zu erklären.

Auch James Reason geht von einem systemischen Ansatz aus. In seinem sog. Schweizer-Käse-Modell, dem Klassiker der Unfallforschung, werden das Management, der Arbeitsplatz, der Mensch, wie auch das Regelwerk, Ausbildung und Training und die Technik in Unfallanalyseforschung einbezogen.

Vor diesem Hintergrund ist festzustellen, nahezu alle Incidents und Accidents beruhen auf menschlichen Fehlern.

„Menschen sind bis zu 99,9% ursächlich am Flugunfallgeschehen beteiligt, denn sie entwickeln die Flugzeuge, sie bauen die Flugzeuge, sie bedienen die Flugzeuge, sie warten die Flugzeuge und sie regulieren die Rahmenbedingungen."
(Karsten Severin, BFU)

Ebenso wie eine Null-Fehler-Produktion eine Utopie bleibt, wird es keine fehlerfreien Mensch-Maschine-Systeme in der Luftfahrt geben. Irren ist menschlich, immer werden Menschen Fehler unterlaufen. Wir sollten fehlertolerante Systeme bauen, bei denen die menschlichen Schwächen berücksichtigt werden, wir benötigen Sicherheitsnetze.

Nur wenn wir in allen Bereichen Verbesserungen anstreben, in der Gesetzgebung, im Management, an den Arbeitsplätzen von Piloten, Fluglotsen, im technischen Design, im Training und in der Qualifizierung, können wir die Sicherheit der Luftfahrt erhöhen.

Hier einige Aspekte, die zur Gestaltung der Beiträge vorgegeben wurden:

1. Die Besonderheiten der Sicherheit in High Risk-Environments

2. Sicherheitskonzepte der Luftfahrtorganisationen IATA, ICAO, BFU, LBA, EASA etc.

3. Analysen und Berichte von Ereignissen und Unfällen, Unfall-Statistiken, Unfallursachen

4. Thread and Hazard Consequences

5. Mathematische Modelle des Risikos und der Flugsicherheit

6. Die Evolution im Sicherheitsdenken: Suche nach Schuldigen vs. systemischem Prinzip

7. Organisatorische Unfallursachen

8. FODA, Anonyme (non punitive) Berichtssysteme

9. Routinisierung vs. Nicht-Routinisierung, Unterschiedliche Sicherheitskulturen verschiedener Kulturkreise/Regionen/Fluggesellschaften

10. Literatur: James Reason, Charles Perrow, SHEL-Modell, ICAO Safety Management Manual 2009, e. a.

11. **Allgemeine Aspekte der Sicherheit:**
    Screening, Auswahlverfahren, Tests und Prüfungen von Bewerbern;
    Mentale Probleme/Überlastung: Ermüdung, Situational Awareness, Complacency (selbstgefällige Nachlässigkeit), Analyseergebnisse von Vorkommnissen und Unfällen wurden nicht didaktisch aufbereitet in die Lehrpläne integriert; mangelnde Dokumentation und Implementierung von Erfahrungswissen (implizitem Wissen)

12. **Sicherheitsaspekte in der Aus-, Fort- und Weiterbildung von Luftfahrtpersonal (Qualifikationsmängel):**
    - Mangelndes Grundlagenwissen (Basic Skills)
    - Mangelnde Vertrautheit mit der Aufgabe
    - Mangelnde Subsystemkenntnisse (geringe System Awareness)
    - Kommunikationsprobleme etc.

Eine erschöpfende Behandlung der zahlreichen Aspekte ist nicht möglich. Dennoch hoffen wir, dass die nachfolgenden Vorträge einen Beitrag zur Erhöhung der Sicherheit im Luftverkehr liefern

Grenzen der Technisierung und Planbarkeit

Die technische Ausgestaltung von Verkehrsflugzeugen hat seit ihren Anfängen prägnante Veränderungen erfahren. In den frühen Jahren der Fliegerei bestand das Aufgabengebiet eines Piloten[1] noch aus abwechslungsreichen manuellen Stell- und Steueraufgaben, verbunden mit dem vielseitigen Einsatz aller seiner zur Verfügung stehenden menschlichen Sinne.

„Das waren noch Zeiten, als Lufthansa-Piloten beim Blindflugtraining auf der Junkers W 33 ihre Position nach den vom Boden aufsteigenden Gerüchen bestimmten. ‚Jetzt sind wir über Spandau-West', sagt zum Beispiel Robert Lissau zu seinem Fluglehrer, als der Geruch von frisch geröstetem Kaffee bis ins Cockpit aufstieg. Denn sie hatten gerade die Kaffeerösterei von Kaisers Kaffeegeschäft überflogen (Braunburg 1994, S.44)."

Zu dieser Zeit reichte die Vorstellungskraft für die in heutigen modernen Flugzeugen existierende technische Komplexität bei weitem nicht aus, befanden doch viele Piloten der damaligen Zeit sogar, dass Instrumente im Cockpit eigentlich nicht erforderlich seien, denn die „Flughöhe ließ sich doch einwandfrei durch einen einfachen Blick zum Erdboden abschätzen, das Pfeifen der Spanndrähte gab Auskunft über die Geschwindigkeit und der Motor konnte ganz hervorragend anhand seiner ohnehin unüberhörbaren Geräuschkulisse kontrolliert werden. Bei der Navigation kam der individuellen Ortskunde des Piloten herausragende Bedeutung zu und über die Lage im Raum informierte präzise das eigene Gefühl und der sichtbare Horizont (Littek 2002, S. 8)"

Jedoch stießen die menschlichen Sinne mit dem Anspruch, die Flugdurchführung nachhaltig zu verbessern, im Laufe der Zeit an ihre Grenzen. Heute sind die Arbeitsaufgaben im Cockpit stark durch automatisierte Prozessabläufe der Bordtechnik geprägt. Meist genügt schon die Eingabe eines zu erreichenden Zielzustands. Die dazu erforderlichen Arbeitsschritte veranlassen und erfüllen die technischen Systeme selbst. Konsequenz für den Menschen ist hierbei, dass der Computer nicht mehr nur lediglich eine vermittelnde Rolle zwischen ihm und dem technischen Ablauf erfüllt, sondern zunehmend autonome Verantwortlichkeit erhält (vgl. Kolrep 1996, S. 12).

Daneben erhöht sich mit der Abnahme mühseliger Rechen- und manueller Steueraufgaben gleichzeitig die Anzahl technisch ausgereifter und nur noch bis in gewisse Subebenen durchschaubarer Bordsysteme.

Im Hinblick auf anhaltende Automatisierungstendenzen, erweisen sich dabei die Befunde aus der industriellen Produktion, wonach „Grenzen in der technisch-wissenschaftlichen Beherrschung (...) bei fortschreitender Verwissenschaftlichung und Technisierung in immer wieder neuer Weise entstehen" (Bauer et. al. 2006, S.10; vgl. hierzu auch Perrow 1987, S.179 und Woods 1996, S.6) auch im Zusammenhang mit Cockpitarbeit als bedeutsam. Unwägbarkeiten, als Folge einer nicht vollständigen wissenschaftlichen Beherrschbarkeit existieren weiterhin und entstehen überdies in immer neuer Weise. So stellt in der Praxis der Einsatz zunehmend diffiziler und vernetzter arbeitender Bordsysteme im Idealfall zwar eine risikomindernde Unterstützung dar, aber wie Charles Perrow bereits 1987 diesen Sachverhalt treffend umschreibt: „Mit jeder automatischen Vorrichtung [...] wird zwangsläufig auch ein Restrisiko hinzugefügt" (Perrow 1987, S. 179). Jede technische Neuerung birgt neue „Fehlermöglichkeiten" (ebd.) in sich.

1 Aus Gründen der Lesefreundlichkeit werden unter dem Begriff Pilot sowohl weibliche Pilotinnen als auch männliche Piloten zusammengefasst.

Weil eine vollständige Erfassung und Festlegung bzw. Theoretisierung sämtlicher Parameter in der Realität bislang noch nicht möglich ist, steigt – neben einer schlechteren Einsicht in die Zusammenhänge – auch die im Vorhinein nicht bestimmbaren Wechselwirkungen unzähliger alter und neu hinzugekommener Einflussgrößen an.

Entgegen der Annahme der Bereich der Technik wäre vollends berechenbar und planbar, tritt angesichts einer fortschreitenden Komplexität „zunehmend das Bild eines unberechenbaren und risikohaften Systems" (Böhle 2004, S.15). Das Unplanbare wird gemäß. Böhle et. al. (Böhle 2004, S.19) dann „gerade dort virulent, wo geplant wird und die Herstellung von Planbarkeit als notwendig und möglich eingeschätzt wird" (Böhle 2004, S.19). Somit wird deutlich, dass „mit fortschreitender Verwissenschaftlichung technisch-organisatorische Prozesse sich zwar planen lassen und Planbarkeit herstellbar ist, zugleich aber immer ein Rest von Unwägbarkeiten bleibt – nicht abgegrenzt ‚außerhalb' des Geplanten, sondern ‚in' dem, was geplant wird und planbar erscheint" (Böhle 2004, S.19).

Da unplanbare Abweichungen aufgrund vermehrter Einflussgrößen durch fortschreitende Technisierung weiterhin und in zunehmend komplexer Form auftreten, kann auf den menschlichen Problemlöser an Bord offensichtlich nicht verzichtet werden. Denn die Technik vermag es (noch) nicht auf unbekannte Situationen sachgerecht zu reagieren. Bereits 1992 erhebt Caesar[2] die Forderung: „Solange die Wissenschaft nicht in der Lage ist, den Menschen im Cockpit völlig zu ersetzen, muss die Herstellerphilosophie eine andere sein: Ansprüche, Fähigkeiten und Begrenzungen des Menschen müssen die Standards setzen, nicht der technologische Fortschritt [...]" (Caesar 1992, zit. n. van Beveren, 1997, S.170). Grote (1999) fordert daher, dass „die Interaktion zwischen Mensch und Technik bei der Erfüllung der Aufgabe des Gesamtsystems unter explizitem Bezug auf ihre sich ergänzende Unterschiedlichkeit optimiert werden" muss (Grote 2009, S.21). Schließlich fällt es weiterhin auf den Piloten und seine Verantwortung zurück, in jedem erdenklichen Fall eine Lösung zu finden und mit der Technik an Bord umzugehen.

Wie gehen menschliche Bediener an hoch technisierten Arbeitsplätzen mit den Grenzen von Planbarkeit um? Handlungsmuster in Notfallsituationen wurden ob der gewichtigen Relevanz im Flugverkehr vielfältig dokumentiert und analysiert[3]. In der empirischen Rekonstruktion von Unfällen bzw. Zwischenfällen wird dabei hauptsächlich nach Fehlerquellen geforscht. Lösungsansätze setzen dann vorwiegend auf routinisierte Handlungsabfolgen im Cockpit.

Untersuchungen zu Organisationen, deren Aufgabe darin besteht risikohafte Situationen zu bewältigen wie bspw. Feuerwehr, Atomkraftwerke oder notfallmedizinische Einrichtungen, orientieren sich vielfach am Erfolgsfall. Hier zeigt sich, dass eine nonverbale und nicht routinisierbare Handlungsweise eine wichtige Rolle spielt und keinesfalls nur als Risikofaktor angesehen werden darf.

Bestätigt wird dies u.a. von Weik und Sutcliffe 2003, welche ausdrücklich die Bedeutung nicht-routinisierter Handlungsweisen in sog. High-reliability-Organisationen[4] hervorheben. Sie betonen, dass High-Risk-Situations i.d.R. als Fälle unterschiedlicher Situationen auftreten. Insbesondere für Unternehmen wie bspw. Flugsicherungssysteme sind „Unsicherheiten und nur begrenzt kontrollierbare Rahmenbedingungen sowie unerwartete Anforderungen konstitutiv" (Böhle 2004, S.42). Planmäßig-objektivierendes Handeln resp. Routine ist daher in diesen Unternehmen nur schlecht realisierbar, jedoch weisen gerade diese Unternehmen eine hohe Zuverlässigkeit auf. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass den Beteiligten bewusst ist, „dass man nicht alles vorhersehen kann. Sie wissen, dass sie nicht alles wissen, und sie rechnen damit, überrascht zu werden. Ihnen ist klar, dass sie nicht alle möglichen Fehlerformen selbst erlebt oder theoretisch durchgespielt haben" (Weick, Sutcliff 2003, S.69). An die Stelle von Planung sämtlicher Situationen tritt Achtsamkeit (mindfulness) (Böhle 2004, S.42). Gemeint ist damit das Gegenteil von detaillierter Planung und Standardisierung von Prozessen.

2 H.C. war bis 1992, 21 Jahre lang Sicherheitspilot der Deutschen Lufthansa.
3 Zum Bereich des Safety Managements in der Luftfahrt allgemein siehe u.a.: Stolzer et.al. 2008; Ballesteros, J. 2007
4 "A High Reliability Organization (HRO) is an organization that has succeeded in avoiding catastrophes in an environment where normal accidents can be expected due to risk factors and complexity." (Quelle: www. wikipedia.org/wiki/High_reliability_organization)

Weik und Sutcliff (2003) konstatieren, dass Pläne unter Umständen sogar Situationen verschlimmern können, da sie Handlungsmustern der Achtsamkeit zuwiderlaufen (Weik, Sutcliff 2003, S.99). Da Pläne spezifische Erwartungen enthalten, engen sie dadurch die Wahrnehmung ein, was bei der Bewältigung krisenhafter Situationen kontraproduktiv ist. Gefragt ist eine professionelle Improvisationsfähigkeit.

Allerdings mangelt es bislang an deutlichen und wissenschaftlich bzw. allgemein anerkannten Hinweisen über besondere menschliche Fähigkeiten, welche an hoch technisierten Arbeitsplätzen - insbesondere im Bereich der Verkehrslenkung – die Prozessabläufe fortwährend garantieren und vielfältige und alltägliche kritische Situationen beherrschen bzw. positiv abwenden. Dies bestätigt die Feststellung Fabers: „Leider gibt es keine Statistiken über Ereignisse bzw. Unfälle, die durch hoch qualifizierte, erfahrene Piloten verhindert wurden." (Faber 2009, S.7). Der Flugsicherheits-Experte Van Beveren weist darauf hin, dass jedoch „tagtäglich (…) überall auf der Welt Katastrophen aufgrund richtiger, konsequenter und in Bruchteilen von Sekunden, manchmal sogar eher unbewußt durchgeführter Handlungsweisen von Piloten verhindert" (Van Beveren 1997, S.166) werden.

Ebenso verweisen Grote und Weyer (Grote, Weyer 2011) darauf, dass offenbar durch fachkundiges Personal die technische Beherrschung gesichert wird. Bei der Beobachtung von erfahrenen Facharbeitern zeigt sich dann, "dass gerade jene, die sich in einem Fachgebiet sehr gut auskennen und souverän handeln (‚Experten'), vielfach eher intuitiv statt planmäßig-rational handeln, holistisch-bildhaft anstelle der Anwendung expliziter Regeln lösen" (Bauer, Böhle et. al. 2006, S.21, unter Bezug auf z.B. Dreyfus, Dreyfus 1986; Anderson1989; Brödner 1997, S. 137 ff.). Diese Handlungsweisen, welche den Kriterien der Objektivität widersprechen, indem sie keineswegs rein rational und zweckorientiert ausgerichtet sind, basieren auf der Qualifikation des Erfahrungswissens. Hierzu existieren eine Reihe weiterer Begriffe, die sich in ihrer Bedeutung großteils decken bzw. bestimmte Gesichtspunkte des Erfahrungswissens hervorheben, wie „Kontextwissen" (Beck, Bonß 1989), „Arbeitsprozesswissen" (Fischer 2000), „Knowledge of Familiarity" (Göranzon, Josefson 1988) und „Experiental Cogniton" (Norman 1993) (vgl. Bauer, Böhle et. al. 2006, S. 12).

Demnach brauchen Fachkräfte ein „besonderes Erfahrungswissen" und müssen sich „an mögliche Ursachen und Lösungsmöglichkeiten herantasten" (Böhle 2004, S.37). Je mehr technische Systeme dabei selbst „nach dem Muster sozialer Interaktion und verteilter Kooperation" (Rammert 2006, S.226) agieren, desto mehr erhalten experimentelle Handlungsweisen mit Objekten, welche „zwischen routinierten und improvisierenden Praktiken wechseln (Schubert 2006), die zwischen fixierter Instrumentalität und spielerischer Kreativität changieren" wie auch „zwischen automatischer Anpassung und erprobender Aneignung" (Rammert 2006, S.226) an Bedeutung.

Dies spiegelt sich im Gefühl und Gespür für technische Anlagen und deren Vorgänge wider (vgl. Bauer, Böhle et. al. 2006, S. 39f). Intuitive Entscheidungen bei der Suche bzw. Bewältigung von Unregelmäßigkeiten oder das Erahnen von sich anbahnenden Störungen zählen ebenfalls hierzu (ebd.). Technische Vorgänge werden dabei körperlich und gefühlsmäßig nachvollzogen und der Arbeiter kann sich bei der Bewältigung von risikoreichen und komplexen Situationen auf sein Improvisationsgeschick verlassen (ebd.). Mit dem Konzept des erfahrungsgeleitet-subjektivierenden Arbeitshandelns ergibt sich eine Erweiterung dessen, was bisher zur Beherrschung technisch geregelter Abläufe und für die Ausführung von Arbeit generell, als alleinig geeignete Handlungsweise angesehen wurde. Die Elemente, welche man bisher im Arbeitsprozess nicht oder nur geringfügig beachtet hat – nämlich die empathischen, gefühlsbetonten und intuitiven Anteile, welche sich durch die Erfahrung im praktischen Umgang mit den Arbeitsmitteln ergeben – werden erst durch eine ganzheitliche Betrachtung des Arbeitshandelns sichtbar und in ihrer Bedeutung kenntlich gemacht.

Wichtig ist es demnach die als notwendig erachteten Qualifikationen und Kompetenzen in ihrer Definition nicht zu eng zu fassen und somit sehr entscheidende Aspekte, welche das reine Fachwissen sehr effektiv ergänzen, einfach auszublenden.

Diese Befunde haben offenbar auch für Piloten eine hohe Bedeutung. Badke-Schaub et. al. (2008, S.7) heben im Zusammenhang mit der zunehmenden Komplexität technischer Systeme die sog. non-technical skills deutlich hervor. Faber (2003, S.32) fordert für eine vollständige Beschreibung der Operatortätigkeit von Verkehrsflugzeugpiloten die unumgängliche Verknüpfung der Wissenskategorien von Natur-, Technik- und Ingenieurwissenschaften mit Erfahrungs- und Arbeitsprozesswissen[5], den so genannten Tacit skills. Piloten benötigen demnach ein „Hightech-Gespür" sowie technische Sensibilität. Außerdem wird das „Erahnen von Abnormals" als wesentlicher Bestandteil der Flugprozesssteuerung angesehen (Faber 2003, S.32). Bühler et.al. von der Vereinigung Cockpit sprechen in diesem Zusammenhang vom sog. „Bauchhirn" oder dem „fliegerischen siebten Sinn", was sie als ideale Ergänzung zu direktem rationalen Wissen beschreiben (Bühler et.al. 2011, S.152). Sie fordern daher „der Intuition in der Aus- und Weiterbildung des Piloten Platz zu schaffen. Denn Gefühle und Verstand sind keine Gegner. Vielmehr arbeiten sie Hand in Hand und können nicht nur in kritischen Situationen ergänzend sein (ebd, S.154)".

Literatur

Badke-Schaub, P., Hofinger, G., Lauche, K. (2008): Human Factors. In: Badke-Schaub, P., Hofinger, G., Lauch, K. (Hrsg.): Human Factors – Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen, Springer Medizin Verlag, Heidelberg, S.4–17

Bauer, H. G.; Böhle, F.; Munz., C.; Pfeiffer, S.; Woicke, P. (2006): Hightech-Gespür – erfahrungsgeleitetes Arbeiten und Lernen in hoch technisierten Arbeitsbereichen, W. Bertelsmann Verlag, Bielefeld.

Beck, J; Bonß W. (2001): Die Modernisierung der Moderne, Suhrkamp, Frankfurt.

Böhle, F. (2004): Die Bewältigung des Unplanbaren als neue Herausforderung in der Arbeitswelt – Die Unplanbarkeit betrieblicher Prozesse und erfahrungsgeleitetes Arbeiten. In: Böhle, F., Pfeiffer, S., Nevsey-Tegethoff, N. (Hrsg.): Die Bewältigung des Unplanbaren, VS-Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, S.12–54.

Braunburg, R. (1994): Der überfüllte Himmel: Luftfahrt im 21. Jahrhundert, Verlag C.H. Beck München, München.

Bühler, J., Ebermann, H.-J., Hamm, F., Reuter-Leahr, D. (2011): Entscheidungsfindung. In: Scheiderer, J., Ebermann, H.-J. (Hrsg.): Human Factors im Cockpit. Praxis sicheren Handelns für Piloten, Springer Verlag, Berlin und Heidelberg

Faber, G. (2003): Pilot der Zukunft – Bausteine einer Operatorwissenschaft. In: Faber, G. (Hrsg.): Pilot der Zukunft. 7. FHP-Symposium – April 2003 (CD-Rom), Darmstadt, S. 29–32.5

5 Es haben sich hierzu eine Reihe bedeutungsgleicher bzw. -ähnlicher Begriffe etabliert, wie „Arbeitsprozesswissen" (Fischer 2000), „Kontextwissen" (Beck; Bonß 1989), „Experimental Kognition" (Norman, 1993) und „Knowledge of Familiarity" (Göranzon, Josefson 1988).

Faber, G. (2009): Vom hochautomatisierten zum unbemannten Verkehrsflugzeug – eine Utopie? Einführung in die Thematik. In: Faber, G. (Hrsg.): Die 4. Jetgeneration der Verkehrsflugzeuge – zunehmende Automatisierung. Broschüre zum 11. FHP-Symposium – April 2008, Darmstadt, S.3–13.

Fischer, M. (2000): Von der Arbeitserfahrung zum Arbeitsprozesswissen. Rechnergestützte Facharbeit im Kontext beruflichen Lernens, Leske und Budrich, Opladen.

Göranzon, B.; Josefson, I. (eds.) (1988): Knowledge, Skill and Artificial Intelligence, London/Berlin/Heidelberg etc.

Grote, G. (2009): Management of Uncertainty. Theory and Application in the Design of Systems and Organizations, Springer-Verlag, London

Grote, G., Weyer, J. (2011): Die Grenzen der Beherrschbarkeit technischer Systeme. Erscheint in: Böhle; Busch (Hrsg.): Management der Ungewissheit, transcript-Verlag, Bielefeld

Kolrep, H. (1996): Kognitionspsychologische Untersuchungen von Automatisierungsfolgen am Beispiel Flugsicherung – Zentrum Mensch-Maschine-Systeme, Technische Universität Berlin, Berlin

Littek, F. (2002): Airliner-Cockpits – Piloten-Arbeitsplätze aus acht Jahrzehnten, GeraMond Verlag, München

Norman, D. A. (1993): Things that Make us Smart – Defending Human Attributes in the Age of the Machine, Reading, MA.

Perrow, C. (1987): Normale Katastrophen – Die vermeidbaren Risiken der Großtechnik, Campus Verlag GmbH, Frankfurt/New York [aus dem Englischen von Udo Rennert 1989]

Rammert, W. (2006): Die Techniken der Gesellschaft: in Aktion, in Interaktivität und in hybriden Konstellationen. Beitrag zum Plenum 1 „Die Natur der Gesellschaft“ auf dem 33. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Soziologie in Kassel 2006, S. 208–234

Van Beveren, T. (1997): Runter kommen sie immer – Die verschwiegenen Risiken des Flugverkehrs, Campus Verlag, Frankfurt/Main; New York

Weik, K., Sutcliff, K. (2003): Das Unerwartete Managen: Wie Unternehmen aus Extremsituationen lernen, Klett-Cotta Verlag, Stuttgart

Woods, D. (1996): Decomposing Automation: Apparent Simplicity, Real Complexity. In: Parasuraman, R., Mouloua, M. (Hrsg.): Automation and human performance: theory and applications, Lawrence Erlbaum Associates, Inc., New Jersey

Klaus Mehl

Was lässt sich wie aus Fehlern lernen?

Ergebnisse und Erkenntnisse der Psychologischen Handlungsfehlerforschung

Einleitung

Warum handeln Personen nicht so, wie sie es sollten und auch wollten? Was sind die Ursachen von Handlungsfehlern? Wie muss man aufgetretenen Fehlhandlungen nachforschen? Diese und ähnliche Fragen scheinen oberflächlich betrachtet bereits ausreichend beantwortet. Im Bereich der Luftfahrt werden neben den zumeist durch nationale Behörden veranlassten und durchgeführten vertieften Analysen aufgetretener Unfälle, umfangreiche und detaillierte Berichtssammlungen angelegt und gepflegt. Die Datenbasis über Unfälle und Zwischenfälle des NTSB umfasst aktuell bspw. rund 160.000 records. Doch trotz dieser und vieler anderer Bemühungen, den Ursachen von Unfällen auf die Spur zu kommen, lautet in den allermeisten Fällen das Ergebnis der Analyse und die vermeintliche Erklärung schlicht: human error oder menschliches Versagen. Wer, so muss kritisch gefragt werden, gäbe sich mit einer solchen ‚Erklärung' bei Ereignissen zufrieden, die technische Gegenstände betreffen? Wenn bspw. ein herbeigerufener Monteur nach Untersuchung einer defekten Waschmaschine als Ursache bedeutungsvoll erklären würde, die Maschine habe ‚versagt'?

Die Frage nach einem vertieften, genaueren Verständnis der Ursachen menschlicher Handlungsfehler ist einerseits von zentraler Bedeutung, weil nach einhelliger Meinung der ‚Faktor Mensch' in der Mehrzahl der Fälle Verursacher von kritischen Situationen ist. Andererseits, weil sich Sicherheit letztlich nur durch die Verknüpfung von ungefährlichen, harmlosen Bedingungen resp. Handlungsweisen, die stabil und zuverlässig realisiert werden müssen, erreichen lässt. Egal, wie sicher Abläufe konzipiert und vorgegeben werden, sie müssen auch entsprechend zuverlässig und stabil ausgeführt werden. Kurz:

Sicherheit = Harmlosigkeit & Stabilität/Zuverlässigkeit

Ein Verfahren ist folglich dann sicher, wenn die Abläufe so konzipiert sind, dass kein größerer Schaden auftreten kann und die Akteure zuverlässig den gesetzten Vorgaben folgen.

In vielen Fällen fliegerischer Aktivitäten wird jedoch ein anderer Weg verfolgt. In Anlehnung an Reason's cheese cake Modell (siehe 1994) versucht man, als Schutz- oder Sicherheitsmechanismen bezeichnete Elemente oder Funktionen zu implementieren, die Handlungsabweichungen verunmöglichen, sie stoppen, verhindern oder ihre Auswirkungen abschwächen sollen. Ein bekanntes Beispiel in der Luftfahrt ist der Einbau u.a. von Gewichtssensoren, die die Betätigung der Schubumkehr nur dann ermöglichen, wenn die Hauptfahrwerke belastet, die Maschine also sicher am Boden ist. Auslöser des Einbaus dieser Sensoren war bekanntlich der Unfall einer Maschine der Lauda Air.

Dieser Einbau erwies sich jedoch später wiederum als eine der Unfallursachen im Falle des Überschießens der Landebahn einer Lufthansa Maschine in Warschau. Diese und vergleichbare, geläufig als Sicherheitselemente (Sicherheitsgurt, Sicherheitshülle etc.) bezeichneten Einrichtungen und Vorkehrungen, sind jedoch lediglich Schutzelemente. Sie sollen vor Gefahren aufgrund ungenügender Sicherheit schützen und stellen keine Ansätze dar, den Grad der Sicherheit zu erhöhen, also den Aufwand an Schutz zu verringern. Um Sicherheit zu realisieren sind folglich gänzlich andere Konzepte erforderlich als Schutzsysteme, die kein Ausdruck bestehender Sicherheit, sondern von Unsicherheit sind, vor denen geschützt werden muss:

Sicherheit ≠ Schutz

Eine Verringerung des Grades an Unwissen über die Entstehung und die Entstehungsbedingungen von Abweichungen von etwas Gefordertem und Beabsichtigten, sprich von Handlungsfehlern, wäre folglich ein entscheidender Faktor zur Erhöhung der Sicherheit – nicht nur im Bereich der Luftfahrt!

Die Begriffe: Irrtümer, Fehler und Handlungsausführungsfehler

Doch nicht nur die gängige Verwendung der Begriffe ‚Sicherheit' und ‚Schutz' kann zu Missverständnissen und Unklarheiten führen, dies gilt auch für den Begriff ‚Fehler' selbst. Schon Weimer (1925, 1) stellte fest: „Das deutsche Wort ‚Fehler' ist mehrdeutig. Wir sprechen sowohl von Fehlern, die man hat, als auch von solchen, die man macht."

Doch, so Weimer weiter, „eine zufriedenstellende begriffliche Bestimmung […] ist von allergrößter Bedeutung für das richtige Verständnis des Wesens fehlerhafter Leistungen". Hilfreich und klärend ist ein Blick auf die Begriffsbestimmung im englischsprachigen Bereich. Dort wird ‚error' als ein eher allgemein gehaltener Oberbegriff benutzt, mit der Bedeutung: „unintentional discrepancy from truth or accuracy, a deviation from the expected or prescribed." (Senders & Moray 1991, 24).

Unterhalb dieses allgemeinen Oberbegriffs wird dann weiter zwischen einem „mistake" und einem „slip" unterschieden, die optische Täuschung wird als „optical illusion" bezeichnet. Senders & Moray definieren die Unterkate-gorien eines 'errors' dann so (1991, 26 ff): „a ‚slip' is defined as an action not in accord with the actors's intention, the result of a good plan but a poor execution", oder "'slip' refers to an unintended error of execution of a correctly intended action." Und demgegenüber: "a mistake is an incorrect decision or choice or its immediate result, or an error in deciding what is intended."

Damit wird deutlich: in der deutschen Sprache fehlt ein Begriff wie 'slip'. Während dem englischen Begriff ‚mistake' der deutsche ‚Irrtum' entspricht, findet sich kein analoger Begriff für ‚slip': Fehler wird im Deutschen sowohl als Oberbegriff, wie auch als Kennzeichnung von Handlungen verwendet, die nicht wie intendiert verlaufen (siehe die folgende Abbildung 1):

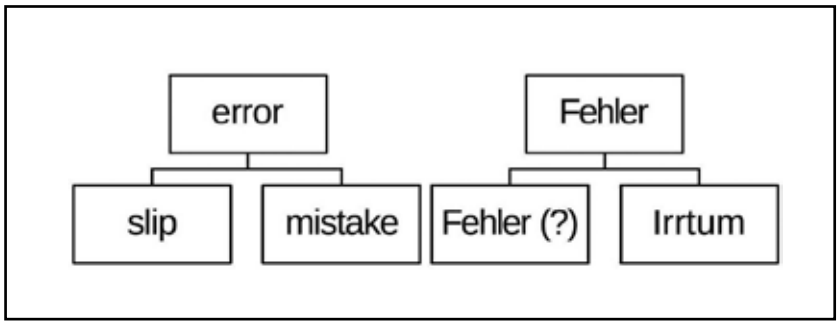


Abb. 1:
Die im Vergleich des englischsprachigen mit dem deutschsprachigen Bereich erkennbare, Unschärfen produzierende, ‚begriffliche Lücke'

Die Abbildung 2 fasst in schematischer Form diese Unterscheidung nochmals auf eine etwas andere Art und Weise zusammen: **A** zeigt dabei einen slip, **B** einen mistake. In beiden Fällen wird das vom Handelnden intendierte Ziel verfehlt, nicht erreicht. Bei einem Handlungsfehler, einem slip, ist dabei eine Diskrepanz zwischen Intention und Vollzug wesentlich; die Handlungsausführung verläuft anders, als vom Handelnden beabsichtigt.

Ein Irrtum, mistake, ist demgegenüber eine Handlung, bei der die Handlungsausführung so verläuft wie intendiert, das gewünschte Ziel jedoch verfehlt wird, weil die Handlung bspw. nicht zu den gegebenen situativen Handlungsbedingungen oder -anforderungen passt.

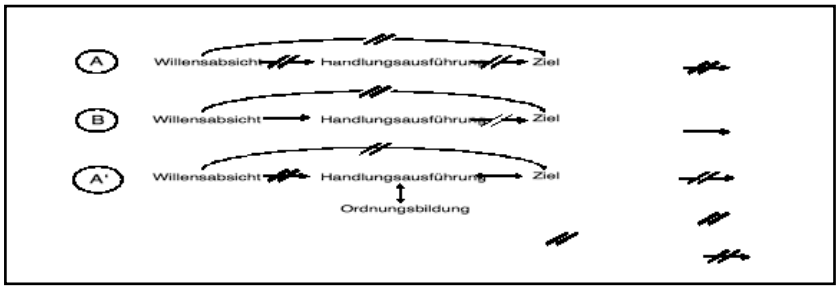


Abb. 2: Schematische Darstellung der Unterscheidung zwischen einem slip (A) und einem mistake (B) (Die oberen Pfeile markieren die Ebene der Willensabsicht, die in der Mitte eingefügten Pfeile die der Handlungsausführung. (Weitere Erläuterungen im Text)

Da keine gute Idee für eine adäquate Neuschöpfung im Deutschen für den englischen Begriff ‚slip' zur Hand ist, ‚Handlungsausführungsfehler' etwas steif klingt, wird im weiteren Verlauf der Überlegungen unter einem Handlungsfehler eine Handlungsausführung verstanden, die nicht der Willensabsicht des Handelnden entspricht. Kurz, dieser Aufsatz wird sich mit Konstellationen vom Typ **A** beschäftigen.

Auf Basis dieser begrifflichen Unterscheidungen stellt sich im Falle eines Irrtums die pädagogische Frage: Warum wurde das handlungsrelevante Wissen nicht erfolgreich vermittelt, warum war es nicht vorhanden, war die Prüfung über das Vorhandensein des Wissens ungenügend etc.? Im Falle eines Handlungsfehlers ist dagegen die Psychologie gefordert: Gibt es, was das Fach mit seinem Namen ‚Logik des Psychischen' beansprucht, eine psychische Logik des Auftretens und des Verlaufs von Handlungen, die von dem intendierten Vollzug abweichen?

Sind Handlungsfehler zufällig, willkürlich auftretende Ereignisse?

In kurzer, knapper Form kann diese Frage so beantwortet werden: Die Psychologie kennt zwei Ansichten, die jedoch friedlich nebeneinander stehen und – leider – nicht auf konstruktive Art und Weise streitend um Aufklärung des Sachverhaltes ringen. Die beiden Positionen entsprechen der allgemeinen Alltagswahrnehmung von Fehlern. Einige erscheinen uns logisch und nachvollziehbar (aus Gewohnheit den neuen Freund mit dem Namen des alten angesprochen), andere mysteriös und rätselhaft (statt ‚Frage' mehrfach ‚Farge' schreiben und dies selbst beim Korrekturlesen nicht bemerken).

Anlehnend an die Abbildung 2 lassen sich die beiden Ansichten, Positionen schematisch wie folgt darstellen (siehe Abbildung 3): Die mit **A'** gekennzeichnete Position betrachtet Fehler als Fehler in einem strengen Sinne, die als eine Art Rauschen des ‚Systems Mensch' zu beliebigen Zeitpunkten, an beliebigen Stellen auftreten können und fragt, an welcher Station, an welchem Ort der psychischen Regulation, Steuerung und Kontrolle von Handlungen eine Fehlregulation auftreten kann bzw. in einem konkreten Fall aufgetreten ist. Position **A''** geht demgegenüber davon aus, dass von einer Absicht abweichende Handlungen nicht regellos, willkürlich auftreten, sondern einer Ordnung folgen. Durch bestehende Ordnungen wird sowohl das Auftreten eines Fehlers ausgelöst, wie auch der Verlauf der Abweichung, der fehlerhaften Handlungsweise bestimmt.

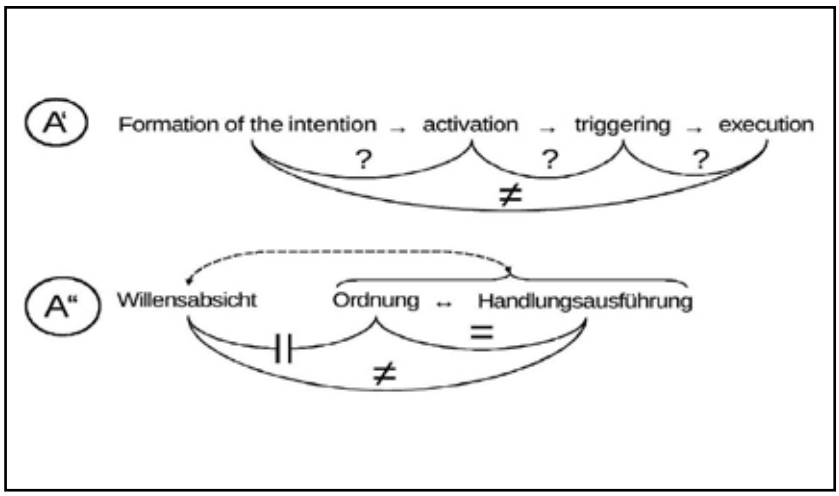


Abb. 3: Ausdifferenzierung des Schemas aus Abbildung 2.
*Mit **A'** soll die Annahme veranschaulicht werden, ein nicht der Absicht folgender Handlungsverlauf ist das Resultat von Fehlern auf Ebene der Handlungsregulation;*
***A"** die Annahme, im Falle eines Fehlers schwenkt der Handlungsverlauf auf eine Ordnung ein.*
(Gestrichelte Linie: Weg der Möglichkeit, aus Fehlern etwas über die das Handlungsgeschehen leitenden Ordnungen zu lernen)

Die hier mit **A"** bezeichnete und beschriebene Position kennzeichnet bspw. Fehler aus Gewohnheit. Die Handlungsausführung schwenkt in bestehende Handlungsroutinen ein bzw. um, über deren Existenz und ‚Sogkraft' wir uns durch Nachdenken und Reflektieren kein genaueres Bild verschaffen können. Erst der Fall, genauer der Rückfall ermöglicht die Einsicht und Erkenntnis über die bestehenden Ordnungsmuster. Und auch im quasi umgekehrten Fall, wenn einst vorhandene Routinen sich aufgelöst haben, verblasst sind, können wir dies nur durch eine konkrete Ausführung erkennen und beheben. Die Vorschriften der Fliegerei über Mindestflugzeiten, Mindestanzahl an Landungen etc. innerhalb bestimmter Zeitspannen basieren auf diesem Umstand.

Ohne hier auf weitere, der Position **A"** zuzuordnende Ansätze, wie bspw. die Freudsche Fehlleistung, einzugehen, könnte nun der Eindruck entstehen, es gibt einmal ‚logische', ‚ordentliche' Fehler, sofern Ordnungen, gleich welcher Art, aufgebaut wurden und vorhanden sind. In Fällen ‚ungeordneter Verhältnisse', bei völlig unbekannten, unvertrauten, ungeübten Handlungsanforderungen, treten Abweichungen von einer Willensabsicht hingegen völlig unsystematisch, willkürlich, zufällig auf.

Die hier mit **A"** bezeichnete und beschriebene Position kennzeichnet bspw. Fehler aus Gewohnheit. Die Handlungsausführung schwenkt in bestehende Handlungsroutinen ein bzw. um, über deren Existenz und ‚Sogkraft' wir uns durch Nachdenken und Reflektieren kein genaueres Bild verschaffen können. Erst der Fall, genauer der Rückfall ermöglicht die Einsicht und Erkenntnis über die bestehenden Ordnungsmuster. Und auch im quasi umgekehrten Fall, wenn einst vorhandene Routinen sich aufgelöst haben, verblasst sind, können wir dies nur durch eine konkrete Ausführung erkennen und beheben. Die Vorschriften der Fliegerei über Mindestflugzeiten, Mindestanzahl an Landungen etc. innerhalb bestimmter Zeitspannen basieren auf diesem Umstand.

Ohne hier auf weitere, der Position **A"** zuzuordnende Ansätze, wie bspw. die Freudsche Fehlleistung, einzugehen, könnte nun der Eindruck entstehen, es gibt einmal ‚logische', ‚ordentliche' Fehler, sofern Ordnungen, gleich welcher Art, aufgebaut wurden und vorhanden sind. In Fällen ‚ungeordneter Verhältnisse', bei völlig unbekannten, unvertrauten, ungeübten Handlungsanforderungen, treten Abweichungen von einer Willensabsicht hingegen völlig unsystematisch, willkürlich, zufällig auf.

Folglich müsste es einmal eine Theorie mit entsprechender Praxis und entsprechenden Analysemethoden für Fehler unter ‚geordneten' und unter ‚noch ungeordneten' oder ‚verblassten' Bedingungen geben. Die zuvor gegenübergestellten Ansichten wären versöhnt, möglicher Streit vermieden.

Begibt man sich auf die Suche nach Untersuchungen, die Licht in die eben thematisierten Zusammenhänge bringen könnten, wird ein Defizit erkennbar: es fehlen Arbeiten, in denen Fehler empirisch in dem zuvor hervorgehobenen Bereich erster, sehr einfacher Handlungen auf ungewohntem Terrain, analysiert werden. Handlungsfehler in dieser Phase wecken vermutlich nicht das Interesse der Forschung, da die vermeintliche Erklärung, wie sie schon Freud (1950, 21) ironisierend formulierte: „…ach das sind kleine Zufälligkeiten", kleine unbedeutende Unachtsamkeiten, jedwede Energie im Keime erstickt. Dabei müssten, distanziert betrachtet, gerade die Fehler in dieser Phase jeden und jede vor Staunen stumm werden lassen! In der eigenen Praxis ging es bspw. einmal um eine vollkommen neuartige Bedienung von drei sich geographisch, optisch und haptisch deutlich zu unterscheidenden Hebeln (Vertrautmachen mit einer älteren Beech Bonanza, die zur Motorsteuerung noch drei Schub-Drehregler, statt der heute üblichen, nebeneinander angeordneten Schieberegler besaß). Welcher Hebel welchem Zweck dient war sonnenklar. Ungezählte zermürbende Male geht die Hand in der Praxis jedoch zum falschen Hebel!
Ist dann die Phase der Eingewöhnung bewältigt, verblassen die Erinnerungen an Details der anfänglichen Blödheit sehr rasch und nachhaltig. Bedeutsam ist zudem der Umstand, dass sie sich nicht mehr zum Zwecke der eigenen, genaueren Beobachtung reproduzieren lassen. Bei der Beobachtung und Bewertung anderer Personen, die vor der gleichen Aufgabe stehen, liegt als Erklärung dann rasch die eigene Erfahrung parat: das ist alles völlig normal, war bei mir genau so, ist keiner besonderen Erklärung und Problematisierung bedürftig. Doch auch wenn es hinsichtlich der empirischen Auftrittswahrscheinlichkeit ‚normal' ist, warum kann es bei solch einer einfachen Bedienung von drei Hebeln überhaupt zu einer nennenswerten Anzahl von Fehlgriffen kommen?

Damit rückt eine Frage in das Zentrum:
- Zeigen sich bei sehr einfachen Aufgabenstellungen, bei denen kein Zweifel daran besteht, dass sie unproblematisch fehlerfrei bewältigt werden können,
- bei denen zudem keine Vorerfahrungen einer Bearbeitung bestehen
- und die keine Merkmale aufweisen, die für eine individuelle Bevorzugung oder Ablehnung ihrer Ausführung Anlass geben könnten,
- bei differenzierter Betrachtung der Aneignungs- wie der Könnensphase
- der Stellen, an denen Fehler auftreten können,
- individuell und überindividuell,

→ gleich oder ungleich verteilte Fehlerquoten?

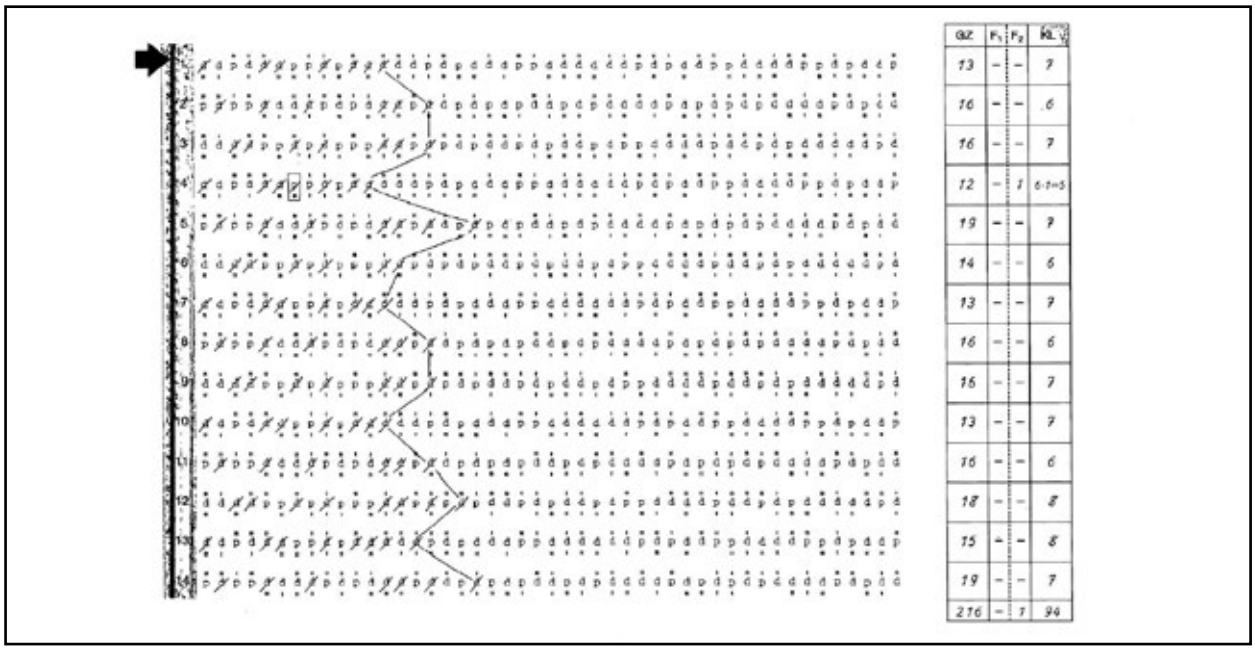
Die Antworten auf diese Fragen sind quasi ein Schlüssel zum Verständnis der Psychologie des Handlungsausführungsfehlers: Zeigen sich deutlich unterschiedliche Fehlerquoten bei der Ausführung gleicher, einfacher, bedeutungsarmer Aufgaben an denselben Stellen der betrachteten Handlung und korrelieren diese Fehlerquoten im interindividuellen Vergleich, wie auch in dem von „low and high skilled activities" miteinander, dann muss die Sicht, im Falle eines Handlungsfehlers sei irgendwo im Regulationsprozess ein Fehler aufgetreten, verworfen werden. Dieser Frage geht der folgende Abschnitt nach.

Fehler bei der Bearbeitung eines Aufmerksamkeits- und Konzentrationstests

Ein bekannter, sehr häufig für verschiedenste diagnostische Fragestellungen im deutschsprachigen Bereich eingesetzter Test ist der Aufmerksamkeits-Belastungs-Test d2 von Brickenkamp. Wie in nahezu jedem standardisierten Verfahren der sog. Klassischen Testtheorie, erhalten auch die Probanden des Aufmerksamkeits-Belastungs-Tests d2 eine den üblichen Regeln folgende, standardisierte Instruktion gemäß einer zugehörigen Handanweisung. Darin wird als Ziel des Tests genannt festzustellen, „wie gut sich jeder von Ihnen auf eine bestimmte Aufgabe konzentrieren kann." (Brickenkamp 2002, 76). Anhand von Beispielen, die sich auf dem jedem Probanden ausgehändigten Erhebungsbogen befinden, wird dann erläutert, dass aus Reihen unterschiedlicher Buchstaben jeder kleine Buchstabe d (wie Dora), der mit zwei Strichen versehen ist, angestrichen werden soll. Gleichgültig, ob das kleine d dabei zwei Striche oben, zwei Striche unten oder oben und unten je einen Strich hat.

Die Probanden werden dann aufgefordert eine Übungszeile zu bearbeiten. Die dabei korrekt anzukreuzenden Zeichen werden anschließend von der Testleitung zum Vergleich genannt. Nachdem Raum für Nachfragen gewährt wird ergeht die Aufforderung: „Arbeiten Sie so schnell wie möglich – aber natürlich auch ohne Fehler!“

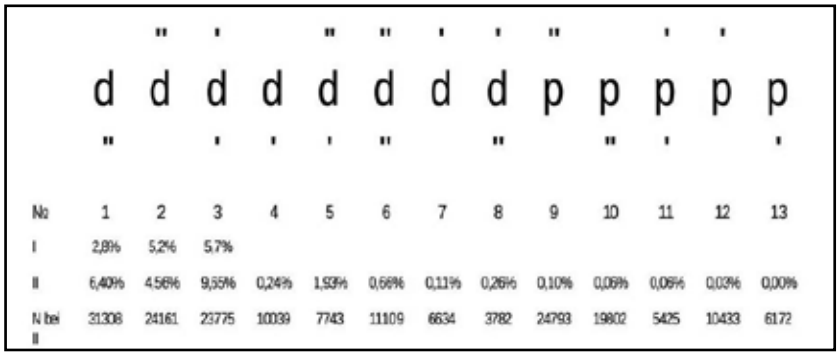
Vor den Probanden liegt nun ein DIN A4 Testerhebungs-Bogen im Querformat. Auf diesem Bogen befinden sich 14 Zeilen mit jeweils 47 Zeichen, insgesamt also 658 einzelne Zeichen. Von diesen 658 Zeichen sind 299 vom Typ d2, sollen also instruktionsgemäß angestrichen werden, und 359 vom Typ ‚Nicht-d2‘, die nicht angestrichen werden dürfen. Abbildung 4 zeigt einen Ausschnitt dieses Testbogens; Abbildung 5 die 13 verschiedenen Zeichen, die in einer oberflächlich nicht ersichtlichen und in der Handanweisung auch nicht erläuterten Systematik über die Zeilen und Spalten verteilt sind.



GZ	F_1	F_2	KL
13	–	–	7
16	–	–	6
16	–	–	7
12	–	1	6-1=5
19	–	–	7
14	–	–	6
13	–	–	7
16	–	–	6
15	–	–	7
13	–	–	7
16	–	–	6
18	–	–	8
15	–	–	8
19	–	–	7
216	–	1	94

Abb. 4: Teilansicht des im d2-Test verwendeten Testbogens (aus Brickenkamp 2002, 76).

Die Aufgabe besteht nun darin, jede Zeile von links nach rechts durchzugehen und dabei wie gefordert alle d’s mit zwei Strichen, also die mit den Nummern 1, 2 und 3 in Abbildung 18 gekennzeichneten Zeichen, durch Durchstreichen mit einem Stift zu markieren. Für die Bearbeitung jeder einzelnen Zeile stehen 20 Sekunden zur Verfügung. Das Ende der Bearbeitungszeit soll gemäß Handanweisung die Testleitung kontrollieren und mit dem Kommando „Halt, nächste Zeile!“ vorgeben.



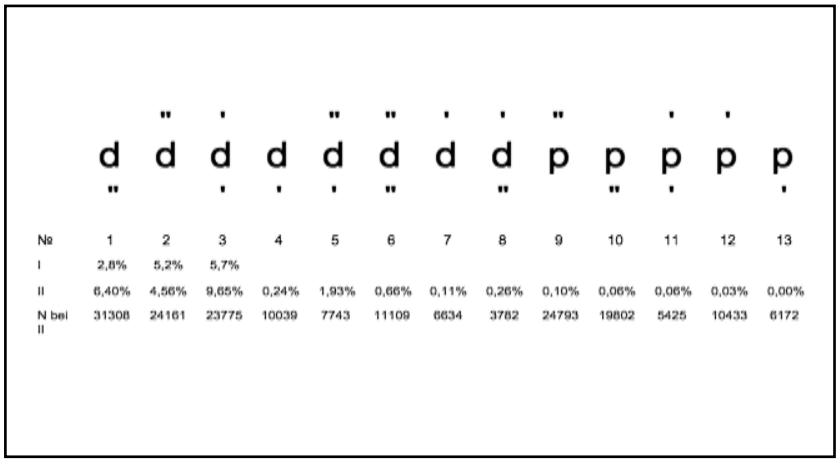
	d	d	d	d	d	d	d	d	p	p	p	p	p
	″		′	′	′	″		″		″	′		′
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
I	2,8%	5,2%	5,7%										
II	6,40%	4,56%	9,55%	0,24%	1,93%	0,66%	0,11%	0,26%	0,10%	0,08%	0,06%	0,03%	0,00%
N bei II	31308	24161	23775	10039	7743	11109	6634	3782	24793	19802	5425	10433	6172

Abb. 5: Alle 13 vom d2-Test genutzten Zeichen. Darunter ist die in der vorliegenden Arbeit genutzte Codierung dieser Zeichen (durch die Ziffern 1 bis 13) eingetragen

Interessant ist an diesem Test zusätzlich der Umstand, dass nur drei verschiedene Zeilentypen verwendet werden. So sind von den insgesamt 14 Zeilen die Zeilen 1, 4, 7, 10 und 13 identisch aufgebaut, ebenso die Zeilen 2, 5, 8, 11 und 14 und die Zeilen 3, 6, 9 und 12. Dieser mehrfach vorhandene Aufbau der Zeilen ist jedoch völlig unauffällig, so dass selbst routinierte Testanwender erstaunt sind, wenn sie davon erfahren.

Diese hier insgesamt knapp gehaltenen Erklärungen und Erläuterungen zu der im d2-Test gestellten Aufgabe mögen genügen, um einen ebenfalls nur sehr knapp gehaltenen Bericht über die wesentlichen Ergebnisse der durchgeführten Fehleranalysen zu geben. Für diese Analysen wurden 372 Personen gebeten, den Test, wie in der Standardanwendung vorgegeben, zu bearbeiten. Während in der für diesen Test vorgegebenen Auswertung die aufgetretenen Fehlmarkierungen einfach aufaddiert, quasi ‚in einen Topf' geworfen werden, wurde in einer eigenen Arbeit jedes der auf dem Bogen vorhandenen 658 Zeichen einzeln betrachtet. Festgehalten wurde um welches Zeichen es sich handelt, wo sich das Zeichen auf dem Bogen befindet und ob es instruktionsgerecht markiert wurde oder nicht. Die Auswertung erfolgte nach einer Aufbereitung der Daten mit entsprechenden statistischen Analyseprogrammen.

Ein globales Ergebnis der Auswertungen wird in der folgenden Abbildung 6 wiedergegeben. Es zeigen sich erstaunlich große Unterschiede zwischen den einzelnen, einfachen, sich nicht besonders stark hinsichtlich ihrer Komplexität voneinander unterscheidenden Zeichen. Von den drei gemäß Instruktion anzukreuzenden Zeichen wird das Zeichen 3 mit eine Fehlerquote von rund 10% doppelt so häufig ‚vergessen' wie das Zeichen 2 mit eine Fehlerquote von rund 5%! Von den nicht anzukreuzenden Zeichen mit einem ‚p' weist das Zeichen 9 eine Fehlerquote von 0,1% auf, das Zeichen 13 wird demgegenüber bei keiner der 6172 Bearbeitungen fälschlicherweise markiert!



	d"	d"	d'	d	d'	d"	d	d'	p	p"	p'	p	p'
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
I	2,8%	5,2%	5,7%										
II	6,40%	4,56%	9,65%	0,24%	1,93%	0,66%	0,11%	0,26%	0,10%	0,06%	0,06%	0,03%	0,00%
N bei II	31308	24161	23775	10039	7743	11109	6634	3782	24793	19802	5425	10433	6172

Abb. 6: Alle 13 vom d2-Test genutzten Zeichen. Darunter ist die in dieser Arbeit genutzte Codierung dieser Zeichen eingetragen. Zeile I zeigt die von Brickenkamp mitgeteilte „Fehlerhäufigkeit in Relation zur Vorkommenshäufigkeit" (1973, S. 130); Zeile II eigene Berechnungen der Fehlerhäufigkeit jedes bearbeiteten Zeichens. Die unterste Zeile N zeigt die im eigenen Datensatz enthaltene Gesamtzahl an Bearbeitungen der 13 Zeichen.

Um diesen doch recht merkwürdigen Ergebnissen weiter nachzuforschen, erfolgte eine umfangreiche Prüfung von Hypothesen, deren Wiedergabe den hier gegebenen Rahmen sprengen würde (Nachfragen beantwortet der Autor sehr gerne!).Stattdessen wird nur das wesentliche Ergebnis, und auch nur anhand einer der vertiefenden Analysen, vorgestellt. Die geschilderte, für Fehleranalysen ungewöhnlich differenzierte Erfassung jedes einzelnen Zeichens an jeder Position der Bearbeitung, erlaubt die Beantwortung der Frage, wie denn die Fehlerquoten für ein einzelnes Zeichen an den verschiedenen Positionen, an denen es zur Bearbeitung präsentiert wird, verteilt sind. In Abbildung 7 zeigt die linke Grafik auf der y-Achse die Fehlerquoten nur für das Zeichen 1, an den insgesamt 111 Stellen des Bogens, an denen sich dieses Zeichen befindet. Auf der x-Achse sind die Positionsnummern (beginnend mit 1 für das erste Zeichen der ersten Reihe, ganz links, bis zum letzten Zeichen 658 in der 14. Reihe, ganz rechts) für jede Angabe der Fehlerquote abgetragen, aufsteigend von der geringsten bis zur größten Quote.

Dabei wird ein bemerkenswerter Umstand sichtbar: es gibt Positionen auf dem Bogen, genau sind es 8 Positionen, an denen keine einzige der beteiligten 372 Personen auch nur ein einziges Mal ‚vergaß', das Zeichen 1 wie vorgegeben anzustreichen. Demgegenüber gibt es andere, an denen in über 20% aller Bearbeitungen keine Markierung erfolgte. Auch hier würde eine Darstellung der durchgeführten Prüfungen möglicher Erklärungen den Rahmen sprengen und es wird wiederum nur der wesentliche Befund geschildert. Die rechte Grafik in Abbildung 7 zeigt im Unterschied zu der linken Grafik auf der x-Achse die Positionen in der Reihenfolge ihrer Anordnung auf dem Erhebungsbogen. Dabei wird erkennbar, es gibt Regelmäßigkeiten, sich wiederholende Muster hinsichtlich der Höhe der Fehlerquoten.

Zur Erinnerung:
Auf dem Testbogen gibt es nur drei verschiedene, im Laufe der Testbearbeitung wiederholt vorgelegte Zeilentypen. Könnte es also sein, dass nicht individuelle Schwankungen der Konzentration oder der Aufmerksamkeit die Ursache von Fehlmarkierungen sind, sondern Ordnungsbildungen, die
überindividuell wirksam sind, von uns aber als Ursache nicht erkannt werden (können), weil für gewöhnlich nicht geprüft wird, resp. geprüft werden kann, ob anderen, unter gleichen Bedingungen, an gleicher Stelle die gleichen Fehler unterlaufen?

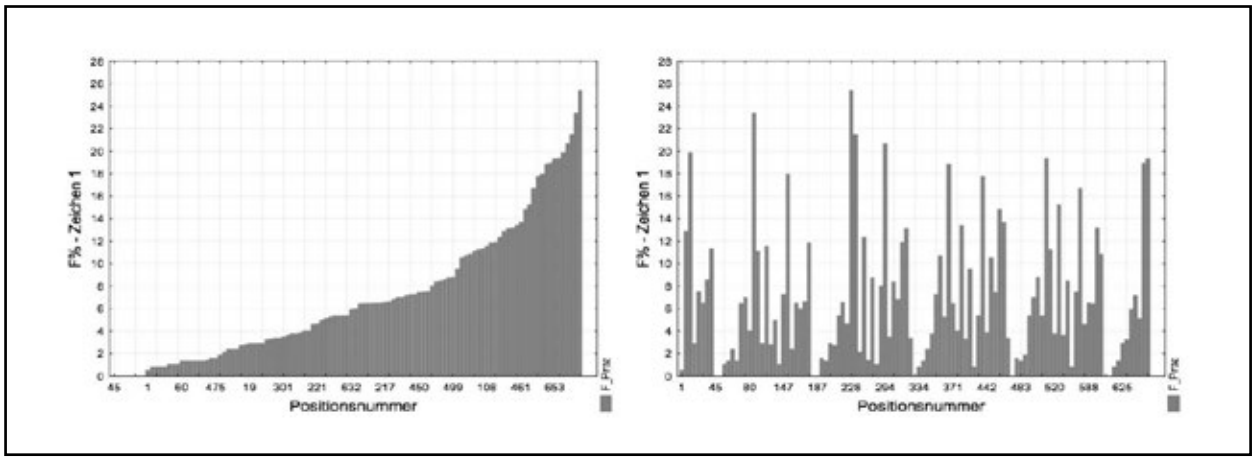
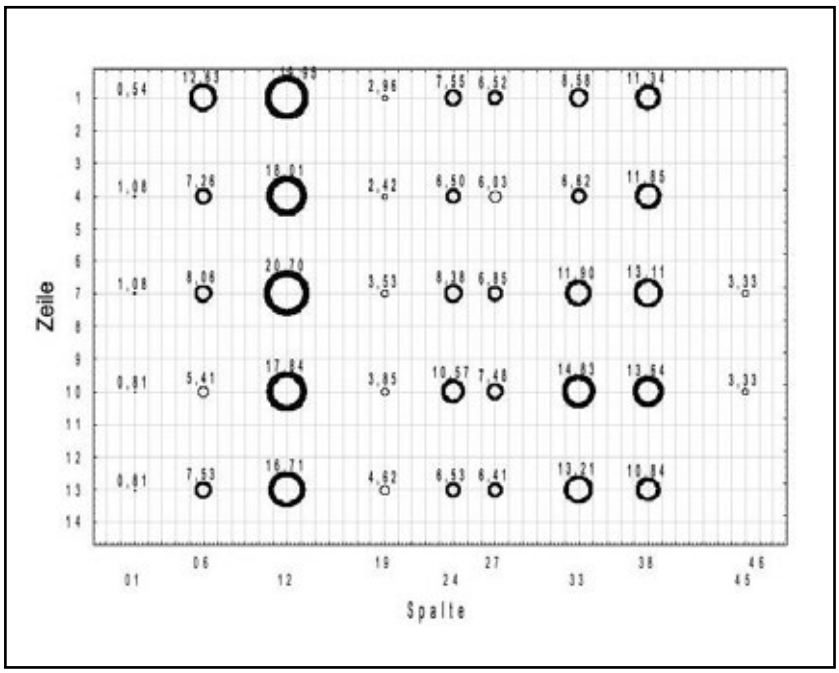


Abb. 7: Balkendiagramme über die Fehlerquoten (y-Achse) bei der Bearbeitung des Zeichens 1 in Abhängigkeit von der Position des Zeichens 1 auf dem Erhebungsbogen. Die Position ist auf der x-Achse abgetragen, links geordnet nach Höhe der Fehlerquoten, rechts nach der (durchnummerierten) Reihenfolge der Bearbeitung (weitere Erläuterungen im Text)

Die folgende Abbildung 8 kann zur Aufklärung dieser Fragen beitragen.

Zu sehen sind die Fehlerprozentwerte, wie sie bei der Bearbeitung des Zeichens 1 an den Stellen der identisch aufgebauten Zeilen 1, 4, 7, 10 und 13 (Zeilentyp I) auftraten. Alle anderen Zeilen nebst den daneben vorhandenen 12 anderen Zeichen sind hier ausgeblendet. Die Größe der Kreise zeigt neben den Zahlen die Höhe der Fehlerprozentwerte für jede Position des Zeichens 1 in den Zeilen des Typs I.



8: Position und Fehlerprozente über alle Bearbeitungen des Zeichens 1 auf dem Erhebungsbogen für den Zeilentyp I

Sichtbar wird auf diese Weise die Abhängigkeit auftretender Bearbeitungsfehler von der Position der Einzelaufgabe innerhalb eines umfassenderen Gesamt. Von entscheidender Bedeutung ob Fehler auftreten oder nicht, ist die Frage, was zuvor zur Bearbeitung vorgelegt resp. bearbeitet wurde. Läge in den Dispositionen jeder einzelnen Person, sprich ihrer individuellen Aufmerksamkeits- oder Konzentrationsleistung, die Ursache ausgeführter oder vergessener Markierungen, so müssten sich bei einer Bearbeitung durch 372 Personen annähernd gleich verteilte Fehlerquoten ergeben. Dies ist jedoch eindeutig nicht der Fall. Jeder Handelnde, und auch jeder Beobachter, geht damit fälschlicherweise davon aus, dass Fehler bei dieser extrem einfachen Aufgabenstellung, die von jedem halbwegs erwachsenen Menschen fehlerfrei bewältigbar scheint, aufgrund ungenügender Anstrengungen und Bemühungen auftreten. Wie die Daten zeigen, vermutlich eine irrtümliche Annahme.

An dieser Stelle ergeben sich eine ganze Reihe nahe liegender Fragen, auf die hier jedoch nicht weiter eingegangen werden kann. Dessen ungeachtet soll in sehr knapper Form auf einige wenige Aspekte in Form eines Frage-Antwort Schemas eingegangen werden:

- Zeigt sich dieser Effekt auch bei der Bearbeitung anderer Aufgaben?
  Ja.
- Gibt es Anhaltspunkte dafür, dass sich durch die Bearbeitung selbst Schemata ausbilden, die die Fehler verursachen (mehrfach: A-A-A-B, dann A-A-A-C)?
  Nein.
- Zeigt sich für alle anderen Zeilentypen ein ähnlicher Verlauf, wie der für den Typ I gezeigte?
  Ja. Die Häufungen liegen jedoch an anderen Positionen.
- Treten in einer Gruppe von Personen, die sehr viele Fehler machen, diese Fehler an anderen Positionen auf als in einer Gruppe von Personen, der sehr wenig Fehler unterlaufen?
  Nein.

Ein Fazit

Die letztlich bezogen auf die Komplexität des Themas sehr kurz und knapp gehaltenen Ausführungen dieses Beitrages sollten dessen ungeachtet gezeigt haben, dass wir auf den bislang beschrittenen Wegen der Untersuchung und Analyse von menschlichen Fehlern nicht viel mehr an Erkenntnis gewinnen können, als die recht wenig aussagekräftige Feststellung ‚human error'. Allein die Frage, ob ein Fehler einen Rückfall in eine vorhandene feste Ordnung markiert oder Ausdruck einer vermeintlich als fest vorhandenen, faktisch jedoch zu stark verblassten ist, kann mit den zurzeit in den Unfalluntersuchungen und -analysen eingesetzten Methoden nicht erkannt werden. Doch wie könnte dies gelingen? Zeigt nicht gerade die angesprochene Komplexität, dass es nahezu unmöglich ist, hier den Dingen auf den Grund zu gehen? Eine ausführliche Antwort auf diese Frage muss an anderer Stelle erfolgen, hier dazu nur soviel: Die exemplarisch gezeigte überindividuelle Gleichartigkeit, in der die Höhe der auftretenden Fehlerquoten auftritt, weist den Weg zur Beantwortung dieser Frage. Wir begehen allem Anschein nach eben nicht an x-beliebigen Stelle, unter x-beliebigen Bedingungen höchst unterschiedlich viele Fehler, sondern nur in bestimmten – durch was auch immer – ausgezeichneten Konstellationen. Wichtig wäre es folglich Untersuchungsmethoden und Analysewerkzeuge zu entwickeln, die uns auf diese Konstellationen aufmerksam machen können. Eine einfache Sammlung und Quantifizierung der Fehler im behandelten d2-Test (analog der Angaben in Abbildung 6) ist dafür wie gezeigt ungeeignet (siehe dazu Wiegmann & Shappell 2001, 2003).

Ein letzter und abschließender Gedanke. Auf vielen Gebieten finden sich Bemühungen, eine Fehlerkultur zu etablieren, den Fehler zu enttabuisieren, Bedingungen, eine Atmosphäre zu errichten, die das Eingestehen und das Ansprechen von Fehlern möglich macht. Ziel dieser Bemühungen ist es, den Ursachen von Fehlern und dem Bestehen fehlerträchtiger Bedingungen auf die Spur zu kommen. Dem steht die als ‚culture of blame' bezeichnete Hürde im Wege, die Furcht, sich durch das Eingeständnis eines Fehlers zu blamieren, sich als Dummkopf unfähig zu erweisen und ggf. sogar die berufliche Position in Frage zu stellen oder sich Schadensersatzansprüchen auszusetzen.

All diesen und anderen Bemühungen haftet jedoch ein nicht beachtetes Manko an. Sie können als Erklärung der Verfehlungen am Ende nur wieder auf die betroffene Person verweisen. Überspitzt und plakativ formuliert lautet die Botschaft: Traut euch, schämt euch nicht über etwas zu sprechen, obwohl es sich um die eigene Unfähigkeit handelt, einfachste Dinge, wie von vielen anderen vorgeführt, ordnungsgemäß zu bearbeiten! Statt zu enttabuisieren müsste folglich Aufklärung betrieben werden, Aufklärung über das Vorhandensein überindividuell wirkender Mechanismen, deren Aufdeckung nur durch das systematische Zusammentragen mosaikartiger Einzelbefunde möglich ist, an dem sich möglichst viele beteiligen müssen. Die Ursachen von Fehlern sind eben nicht auf einer individuellen, sondern auf einer übergeordneten Ebene angesiedelt. Der Beitrag wollte versuchen, auf die Plausibilität diese Sichtweise aufmerksam zu machen und legte dazu einige Fakten vor.

Literatur

Brickenkamp, R. (1973). Anmerkungen zur Interpretierbarkeit von Leistungsschwankungen im Test d2. Diagnostica, 19, 125-131

Brickenkamp, R. (2002). Test d2. Aufmerksamkeits-Belastungs-Test. Göttingen, Bern, Toronto, Seattle: Hogrefe

Freud, S. (1930,1950). Vorlesungen zur Einführung in die Psychoanalyse. Wien: Internatio-naler Psychoanalytischer Verlag

Reason, J. (1994). Menschliches Versagen. Heidelberg, Berlin, Oxford: Spektrum

Senders, J. W. & Moray, N. P. (1991). Human Error: Cause, Prediction, and Reduction. Hillsdale: Lawrence Erlbaum

Weimer, H. (1925). Psychologie der Fehler. Leipzig: Julius Klinkhardt

Wiegmann, D. A. & Shappell, S. A. (2001). Human Error Perspectives in Aviation. The international journal of aviation psychology 11 (4), 341-357

Wiegmann, D. A. & Shappell, S. A. (2003). A human error approach to aviation accident analysis. Aldershot: Ashgate

Hede Helfrich

„Nicht immer kann man aus Fehlern lernen“

In diesem Beitrag wird Fehlermanagement aus der Perspektive der Schematheorie betrachtet. Schemata sind Vereinfachungen, die besonders in zeitkritischen Situationen sowohl die Wahrnehmung als auch das Handeln erleichtern. Unterschieden werden muss zwischen phänotypischen und genotypischen Schemata. Erstere beruhen auf Assoziationen und sind situationsgebunden; Letztere bilden funktionale Zusammenhänge ab und sind generalisierbar. Begangene Fehler verändern die Schemata. Ein positiver Lerneffekt ist allerdings nur bei der Transformation phänotypischer in genotypische Schemata zu erwarten: hier kann ein Transfer auf neuartige Situationen stattfinden. Dagegen kann die Veränderung phänotypischer Schemata sogar zu neuen Fehlern führen.

Einleitung

Im Flugverkehr hat sich in den letzten Jahrzehnten dank Automatisierung (z. B. Autopilot) die relative Häufigkeit (bezogen auf das Verkehrsaufkommen) von Unfällen deutlich verringert. Wenn allerdings ein Unglück passiert, sind häufiger als früher menschliche Fehlleistungen im Spiel (vgl. Faber, 2004; Frankfurter Allgemeine Zeitung, 2014).

Hinsichtlich dieser menschlichen Fehler lassen sich zwei Betrachtungsweisen unterscheiden. Zum einen gelten Fehler als Defizite, die es zu vermeiden gilt. Zum anderen können Fehler auch als Chance gesehen werden, Sicherheitssysteme zu verbessern und Schulungsmaßnahmen zu optimieren.

In der modernen Fehlerforschung hat sich weitgehend die letztere Betrachtungsweise durchgesetzt, man spricht von einer „Fehlerkultur“ (vgl. z.B. SPIEGEL, 2013), in der man ‚aus Fehlern lernen‘ kann. Entscheidend ist nach dieser Auffassung die Art des Umgangs mit Fehlern. Werden die Fehler von den handelnden Personen vertuscht oder von den Vorgesetzten bestraft, werden sie vielleicht in Zukunft vermieden, aus ihnen wird jedoch nichts oder manchmal sogar etwas Falsches gelernt. Lernen kann man aber aus Fehlern dann, wenn sie zum „Umdenken“ zwingen. „Umdenken“ müssen nicht nur die handelnden Personen, sondern auch Lehrer, Vorgesetzte und Designer. Was aber bedeutet „Umdenken“? In diesem Beitrag wird das „Umdenken“ aus der Perspektive der Schematheorie beleuchtet (vgl. Plant & Stanton, 2011).

Steuerung von Wahrnehmung und Handeln durch Schemata

Gemäß der Schematheorie (Bartlett, 1932; Piaget, 1952; Neisser, 1976; Norman, 1981) gelten Schemata als vereinfachte Vorstellungen, die die Wahrnehmung und das Handeln steuern. Die Steuerung erfolgt in zyklischer Wechselwirkung zwischen der handelnden Person und deren Umwelt. Sie beinhaltet zwei Richtungen: als „Bottom-up“-Prozess führen die vorliegenden Umweltgegebenheiten zur Bildung von Schemata, als „Top-down“-Prozess steuern die vorhandenen Schemata als Erwartungen die Art der Informationsaufnahme aus der Umwelt. Neisser (1976) illustriert die Wechselwirkung zwischen Bottom-up- und Top-down-Prozessen als „Wahrnehmungszyklus“, der die Neuaufnahme von Umweltinformation und das Einwirken der im Gedächtnis verankerten Erwartung in einem Kreisprozess zusammenschließt (Abbildung 1).

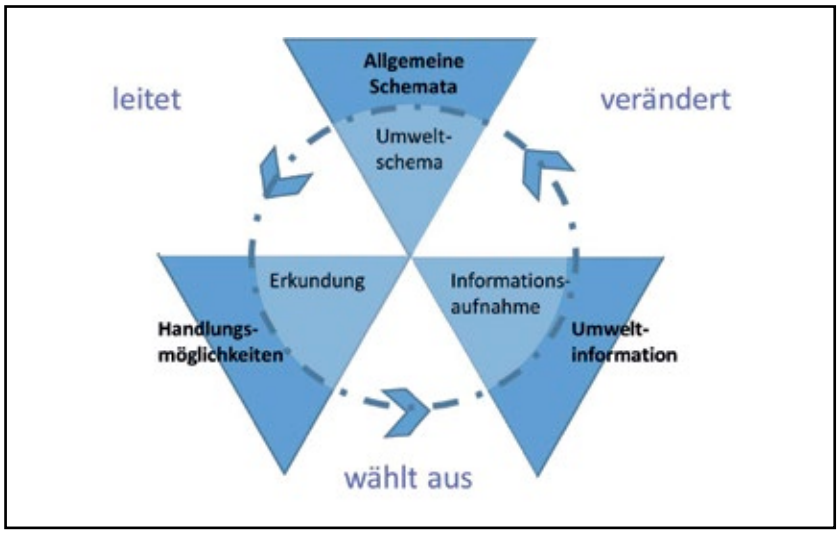


Abbildung 1: Wahrnehmungszyklus nach Neisser

Schemata sind dynamisch, d.h. sie können sich verändern. Veränderungen können sich sowohl durch neue Informationen aus der Umwelt als auch durch eigene oder fremde Handlungen wie beispielsweise Fehler ergeben. Zwei Arten der Veränderung lassen sich unterscheiden: Assimilation und Akkommodation (Piaget, 1952). Bei der Assimilation werden neue Informationen oder wahrgenommene Handlungen in das bestehende Schema integriert. Es kommt zu einer Verfestigung des bestehenden Schemas. Bei der Akkommodation wird das bestehende Schema grundlegend verändert. Es kommt zu einer Neustrukturierung des bestehenden Schemas. Als Beispiel aus der Flugzeugführung sei der Umgang mit einer ungewöhnlichen Instrumentenanzeige (z.B. zu niedrige Geschwindigkeit) herangezogen. Eine Assimilation könnte darin bestehen, dass die Anzeige als fehlerhafte Anzeige (wegen Unzuverlässigkeit der Instrumente) interpretiert und das bestehende Situationsschema beibehalten wird. Eine Akkommodation könnte darin bestehen, dass nach Ursachen für eine verminderte Geschwindigkeit gesucht wird und eine veränderte Diagnose der Situation erfolgt.

Phänotypische und genotypische Schemata

Neisser (1976) unterscheidet zwischen phänotypischen und genotypischen Schemata (vgl. auch Hollnagel, 1993). Phänotypische Schemata beruhen auf Assoziationen und werden meist nach dem Prinzip der Konditionierung erworben. Ihr Vorteil ist, dass sie in zeitkritischen Situationen als automatisierte Wahrnehmungs- und Handlungsmuster abgerufen werden können. Ihr Nachteil ist, dass sie situationsgebunden sind. Auf neue Situationen können sie nur dann übertragen werden, wenn die neue Situation in ihren wesentlichen Merkmalen der alten Situation entspricht. Während die phänotypischen Schemata konkrete Situationen abbilden, sind die genotypischen Schemata von abstrakter oder theoretischer Natur: sie bilden funktionale Zusammenhänge ab. Ihr Vorteil ist, dass sie generalisierbar sind, d.h. sie können auf neue Situationen übertragen werden. Ihr Nachteil ist, dass ihre Anwendung einen vergleichsweise hohen kognitiven Aufwand erfordert.

Bezogen auf die Flugzeugführung kommen phänotypische Schemata in den Basic Flying Skills sowie in den Standard Operating Procedures (SOPs) zur Anwendung. Sie bilden den normalen Flugbetrieb sowie den Umgang mit bekannten Störfällen ab. Die Anwendung genotypischer Schemata ist dann erforderlich, wenn eine neuartige Situation auftritt, für die bisher keine Musterlösung existiert.

Schemata und Fehler

Fehler können dann auftreten,
- wenn situationsangemessene Schemata fehlerhaft oder unzureichend angewendet werden,
- wenn unpassende Schemata angewendet werden.

Mangelhafte Umsetzung phänotypischer Schemata in adäquates Handeln

Der erste Fall betrifft im Wesentlichen die mangelhafte Umsetzung phänotypischer Schemata. Bezogen auf die Flugzeugführung bedeutet dies, dass Basic Flying Skills oder Standard Operating Procedures unzureichend ausgeführt werden. Zunächst ist anzunehmen, dass diese Fehler durch verbessertes Training und längere Erfahrung weitgehend vermieden werden können. Erwartungsgemäß hat sich in Untersuchungen gezeigt, dass erfahrene Piloten hier weniger fehleranfällig sind als Neulinge (Berman & Dismukes, 2006). Die Tatsache aber, dass auch erfahrenen Piloten Fehler unterlaufen, weist darauf hin, dass Training und Erfahrung allein nicht hinreichend sind. Zu fragen ist, auf welche Weise aus den begangenen Fehlern gelernt werden kann. Aus der Perspektive der Schematheorie ergeben sich zwei mögliche Vorgehensweisen. Beide implizieren, dass es nicht hinreichend ist, die phänotypischen Schemata durch Assimilation neuer Elemente zu verbessern, sondern dass eine Transformation der phänotypischen in genotypische Schemata erforderlich ist. Die Transformation kann entweder durch Veränderung des umgebenden Kontextes, d.h. der Umwelt, oder durch die handelnde(n) Person(en) vorgenommen werden.

Veränderungen der Umwelt bestehen im Wesentlichen in Designverbesserungen, z.B. verbesserte Anzeigen oder verbesserte Rückmeldungen. Veränderungen auf Seiten der handelnden Person(en) erfordern eine funktionale Betrachtungsweise der anstehenden Aufgaben.

Anwendung unpassender phänotypischer Schemata

Die Gefahr der Anwendung unpassender Schemata besteht dann, wenn neuartige Situationen auftreten, für die bislang keine Musterlösung zu ihrer Bewältigung vorliegt. Vor dieser Gefahr schützt auch langjährige Erfahrung nicht immer, im Gegenteil kann sie sogar eine falsche Situationseinschätzung begünstigen (vgl. Plant & Stanton, 2011), da die vorhandenen phänotypischen Schemata als verfestigte Routinen quasi automatisch aktiviert werden. Auslösender Fehler ist hierbei, dass die neuartige Situation partielle Ähnlichkeit mit bisher bekannten Situationen hat und daher die kritische Abweichung der vorliegenden Situation mit bereits erfahrenen Situationen nicht erkannt wird. Als Konsequenz ergibt sich eine falsche Situationsdiagnose. Diese inadäquate Situationseinschätzung haben Plant und Stanton (2011) am Beispiel des Kegworth-Flugzeugunglücks, das sich 1989 in Großbritannien ereignete, analysiert. Obwohl das Unglück bereits lange zurückliegt, ist seine Analyse auch heute noch aktuell. Sie soll daher im Folgenden in verkürzter Form wiedergegeben werden.

Das Kegworth-Unglück im Lichte der Schematheorie

Unglückshergang:
Am 8. Januar 1989 startete eine Boeing 737-400 von London-Heathrow nach Belfast. Nach etwa 13 Minuten wurde die 737 von heftigen Vibrationen geschüttelt. In der Kabine war ein „ratterndes“ Geräusch zu hören, und Rauchschwaden quollen aus den Kabinenlüftern. Passagiere im hinteren Teil auf der linken Fensterseite sahen Flammen aus dem Triebwerk schlagen. Im Cockpit spürte man die Vibrationen des Rumpfes und roch den Qualm, allerdings löste keines der Instrumente Alarm aus. Der Kapitän stellte den Autopiloten aus.

Kopilot: “We got a fire.“
Kapitän: “Which engines giving trouble?“
Kopilot: “It’s the le-...it’s the right one.“
Kapitän: „Throttle it back“.

Der Kopilot schaltete das Autothrottle-System aus und fuhr den Schubhebel des rechten Triebwerkes zurück. Ein paar Augenblicke später ließen sowohl die Vibrationen als auch der Rauch nach. Daraufhin wurde das rechte Triebwerk ganz abgeschaltet.

Die Piloten entschlossen sich zu einer baldigen Landung. Nachdem der Chefsteward eine aufkommende Unruhe der Passagiere dem Kapitän gemeldet hatte, machte dieser die Mitteilung, dass es Probleme mit dem rechten Triebwerk gegeben habe, man dieses aber inzwischen abgeschaltet habe. Jetzt würde man in zehn Minuten landen. Einigen Passagieren fiel auf, dass der Kapitän vom rechten Triebwerk gesprochen hatte, die Flammen aber aus dem linken Triebwerk gekommen waren – jedoch wies keiner der Passagiere und Flugbegleiter die Cockpitbesatzung auf diese Diskrepanz hin...(Quellen: Air Accident Investigation Branch (1990), Richter & Wolf, 1997).

Fundamentaler Fehler und kritische Wirkfaktoren

Der fundamentale Fehler betrifft die entscheidende Handlung, die kausal zum Absturz des Flugzeugs geführt hat. Die kritischen Wirkfaktoren sind die Bedingungen bzw. Handlungen, die zum fundamentalen Fehler beigetragen haben.

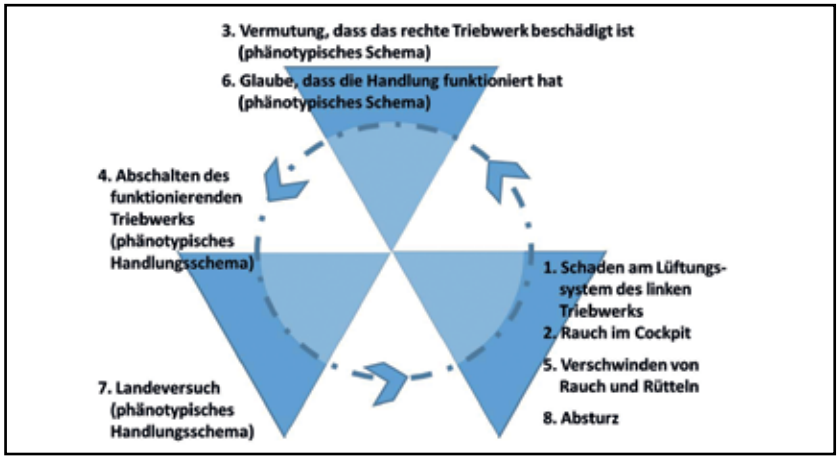


Abbildung 2: Schema des Gesamtablaufs des Kegworth-Unglücks

Abb. 2 stellt den Gesamtablauf des Kegworth-Unglücks schematisch dar. Der fundamentale Fehler war das Abschalten des falschen (rechten) Triebwerks. Die kritischen Wirkfaktoren waren eine falsche Situationsdiagnose, eine voreilige Handlung, Ignorieren der Instrumentenanzeigen, vermeintliches Feedback über die Richtigkeit der ausgeführten Handlung und die mangelnde Kommunikation zwischen den Mitgliedern der Gesamtbesatzung (s. Tab. 1).

Kritischer Wirkfaktor	Beschreibung
Falsche Situationsdiagnose	• Die Situation war in dieser Kombination **neu** für die Cockpit-Crew. • Die Neuartigkeit führte zu einer falschen Situationsdiagnose.
Voreilige Handlung	• Das Abschalten des Triebwerks war – entgegen den Empfehlungen im Training – eine **voreilige** Reaktion.
Instrumentenanzeigen	• Die **Instrumentenanzeigen** waren unzureichend. • Die **Instrumentenanzeigen** wurden nicht in die Entscheidungen einbezogen.
Feedback über die Richtigkeit der ausgeführten Handlungen	• Die **Folgen des Abschaltens** (Aufhören des Rüttelns und des Lärms) ließen die Cockpit-Crew glauben, richtig gehandelt zu haben (wahrgenommenes Feedback).
Mangelhafte Kommunikation der Gesamtbesatzung	• Der Kapitän ignorierte das Zögern des Kopiloten. • Die Cockpit-Crew wurde nicht über die Beobachtungen der Passagiere und der Kabinen-Crew informiert.

Tabelle 1: Kritische Wirkfaktoren beim Kegworth-Unglück *Quelle: Air Accident Investigation Branch (1990)*

Wirkfaktor 1: Falsche Situationsdiagnose

Auslösende Umweltereignisse waren Rauch im Cockpit, Brandgeruch und starke Vibrationen – ohne, dass Feueralarm im Cockpit ausgelöst wurde. Diese Gesamtkonstellation entsprach einer neuartigen Situation, für die keine Musterlösung vorlag. Aufgrund der Erfahrung mit früheren Flugzeugtypen (300er Serie) glaubte der Kapitän, dass der Rauch von einem Schaden im Lüftungssystem der Kabine herrührte, der durch einen Defekt im rechten Triebwerk ausgelöst wurde. Dieser Rückschluss wäre aufgrund der Konfiguration des Lüftungssystems in früheren Flugzeugtypen korrekt gewesen, nicht aber beim jetzigen Flugzeugtyp (400er Serie). Die Fehleinschätzung erfolgte also durch eine partielle Ähnlichkeit der Situation mit früheren Erfahrungen (vgl. Abbildung 3).

Wirkfaktor 2: Voreilige Handlung

Die falsche Situationsdiagnose aktivierte das im Training erworbene Handlungsschema für Triebwerksfeuer. Dieses phänotypische Schema wäre bei völliger Gleichartigkeit der vorliegenden Situation mit den eingeübten Situationen angemessen gewesen. Angesichts der veränderten - neuartigen - Situation war es jedoch falsch.

Nicht aktiviert wurde das auch im Training erworbene (genotypische) Schema, gemäß dem man in kritischen Situationen nicht voreilig handeln soll (vgl. Abbildung 3). Dass es nicht angewendet wurde, lässt sich auf die generell zu beobachtende Tendenz zurückführen, dass der Mensch in Stresssituationen eher zum Handeln als zum Nicht-Handeln neigt (Dobelli, 2011). Bevorzugt werden dann eingeübte Handlungsmuster abgerufen, da der Blick eingeengt ist.

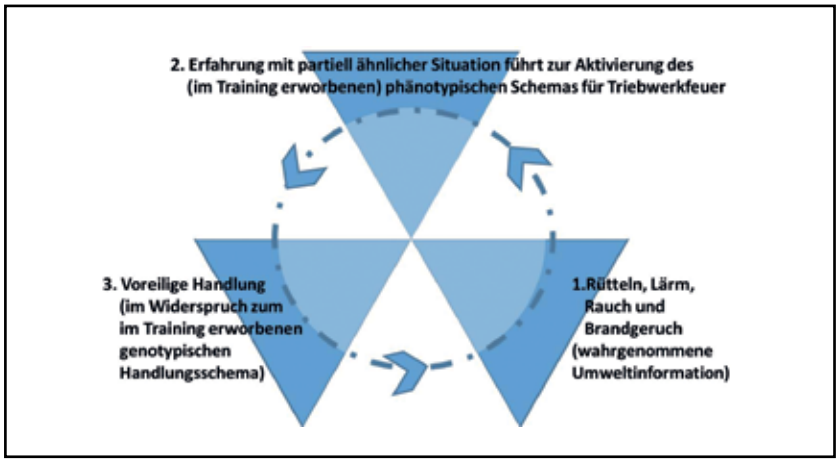


Abbildung 3: Schematische Darstellung der Wirkfaktoren 1 und 2 (falsche Situationsdiagnose und voreilige Reaktion)

Wirkfaktor 3: Instrumentenanzeigen

Die Erfahrung des Kapitäns mit der Unzuverlässigkeit der Anzeigen des FDR (Flight Data Recorder) und des EIS (Engine Instrument System) sowie die tatsächlich nicht im unmittelbaren Sichtfeld des Kapitäns liegende EIS-Anzeige führten dazu, dass der Kapitän die Anzeigen nicht weiter überprüfte (vgl. Abbildung 4).

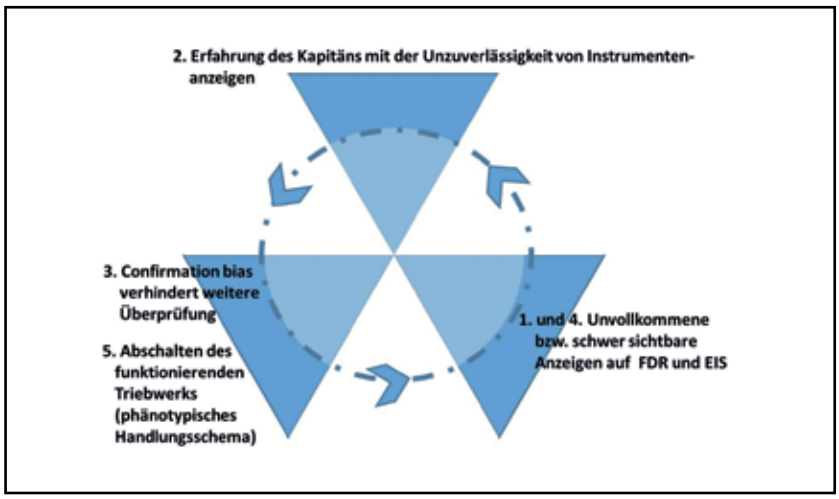


Abbildung 4:
Schematische Darstellung von Wirkfaktor 3 (Instrumentenanzeige)

Wirkfaktor 4: Feedback über die Richtigkeit der ausgeführten Handlung

Das Verschwinden von Lärm und Rütteln ließen die Cockpit-Crew glauben, richtig gehandelt zu haben. Das vermeintlich positive Feedback ist also als phänotypisches Schema von Ursache und Wirkung zu betrachten.

Wirkfaktor 5: Mangelhafte Kommunikation der Gesamtbesatzung

Die Kommunikation zwischen allen Mitgliedern der Besatzung (Crew-Kommunikation) hätte zu einer Transformation des phänotypischen in ein genotypisches Schema führen können.

Die tatsächliche Crew-Kommunikation war aus zwei Gründen nicht hinreichend (vgl. Abbildung 5):

1. Der Kapitän ignorierte das Zögern des Kopiloten bei der Antwort auf die Frage, welches der beiden Triebwerke beschädigt sei.

2. Der Kapitän wurde nicht informiert über die Flammen, die aus dem linken (defekten) Triebwerk kamen, obwohl diese Flammen sowohl von Passagieren als auch von einem der Kabinen-Crew-Mitgliedern beobachtet wurden.

Abbildung 5:
Schematische Darstellung von Wirkfaktor 5 (Crew-Kommunikation)

Schlussfolgerungen für das Fehlermanagement

Aus der Anwendung der Schema-Theorie auf das Fehlermanagement lässt sich das generelle Fazit ziehen, dass man aus Fehlern nur dann lernen kann, wenn die phänotypischen in genotypische Schemata transformiert werden. Da Schemata die Interaktion des Menschen mit seiner Umwelt widerspiegeln, impliziert die Schema-Theorie eine systemische Betrachtungsweise. Als Konsequenz ergibt sich, dass die Transformation in genotypische Schemata sowohl auf Seiten der Umwelt als auch auf Seiten der handelnden Person(en) erfolgen kann. Prototypisch auf Seiten der Umwelt sind Designverbesserungen, prototypisch auf Seiten der handelnden Individuen sind Trainingsmaßnahmen. Ein paar Beispiele sollen die prinzipielle Vorgehensweise illustrieren.

Designverbesserungen

Als Beispiel seien die Checklisten zur Vorflug- und Startkontrolle angeführt. Die Checklisten liegen bisher meist in Papierform vor und enthalten in fester Reihenfolge Fragen, die sukzessiv abgearbeitet werden müssen. Da geübte Piloten die Fragen und deren Reihenfolge normalerweise auswendig kennen, besteht die Gefahr, dass die Fragen routinemäßig beantwortet und dadurch Fehler durch Unaufmerksamkeit begünstigt werden (vgl. Latorella & Prabhu, 2000). Eine Designverbesserung könnte darin bestehen, dass die Piloten die Fragen auf einem Tablet-PC (z.B. i-Pad) in jeweils neuer randomisierter Reihenfolge sowie mit variierten Antwortmöglichkeiten beantworten müssten. Das phänotypische Abfrageschema würde dadurch in ein genotypisches Mensch-Umwelt-Schema transformiert.

Trainingsmaßnahmen

Aus der Perspektive der Schematheorie besteht das Ziel von Trainingsmaßnahmen darin, dass die zu trainierenden Personen zu einer genotypischen, d.h. funktionalen Betrachtungsweise gelangen. Für das Training bedeutet dies neben dem Aufbau theoretischen Wissens über funktionale Zusammenhänge den Erwerb der Fähigkeit zur angemessenen Kontrolle ausgeführter Handlungen sowie der Fähigkeit zur angemessenen Situationsdiagnose („situation awareness“). Ein Beispiel für eine Maßnahme im ersteren Bereich sind Plausibilitätskontrollen, ein Beispiel für eine Maßnahme im letzteren Bereich ist die fallbasierte Reflexion.

Plausibilitätskontrollen

Plausibilitätskontrollen sind Daumenregeln, um grob abzuschätzen, ob ein Ergebnis stimmen kann. Kernpunkt einer Plausibilitätskontrolle ist, dass nicht Prozeduren, sondern Ergebnisse kontrolliert werden. Ein Beispiel aus der Flugzeugführung ist die Berechnung der Startgeschwindigkeit – eine Tätigkeit, die höchst anfällig für kritische Vorfälle („incidents“) ist (vgl. Henriqson et al., 2011).
Die Plausibilitätskontrolle besteht hierbei darin, dass unterschiedliche Prozeduren zur Geschwindigkeitsberechnung angewendet und deren Ergebnisse auf Übereinstimmung und Angemessenheit geprüft werden. Dieses Vorgehen erfordert ein genotypisches Schema der Anfangsgeschwindigkeit auf Seiten der handelnden Person(en).

Fallbasierte Reflexion

Für den individuellen Erwerb von Basic Flying Skills und standardisierten Abläufen sind phänotypische Schemata zwar unerlässlich, in neuartigen Situationen kann ihre Anwendung jedoch zu fatalen Fehlern führen. Für das Training bedeutet dies neben dem Aufbau theoretischen Wissens über funktionale Zusammenhänge den Erwerb der Fähigkeit zum Erkennen neuartiger Situationen und die Vermeidung voreiliger Reaktionen. Da neuartige Situationen per definitionem nicht antizipiert werden können, können Trainingsmaßnahmen nur darin bestehen, Anleitungen zu geben, welche Abläufe als normal eingeordnet und wie Abweichungen von der Standardsituation erkannt werden können. Hierzu bietet sich ein Training durch fallbasierte Reflexion an. Die verwendeten Fälle sollten so viel Variabilität enthalten, dass eine Fixierung auf bestimmte phänotypische Schemata vermieden wird.

Der Aufbau eines entsprechenden Trainingsprogramms umfasst drei Schritte:
• Datensammlung und Analyse
• Entwicklung geeigneter Trainingsszenarien
• Hinweise zur Reflexion der Szenarien

Datensammlung und Analyse
Geeignete Daten können gewonnen werden aus Flight Manuals, Beobachtungen realer und simulierter Flugszenen, Berichte über kritische Vorfälle (incidents) und über Unfälle (accidents) sowie aus Interviews mit Piloten. Die gewonnenen Daten sollten sowohl quantitativ (statistisch) als auch qualitativ (ethnographisch) analysiert werden. Der Ablauf einzelner Episoden sollte entsprechend der Schema-Theorie kodiert werden.

Entwicklung geeigneter Trainingsszenarien
Ausgehend von den gewonnenen Daten und deren Analysen sollten neben Standardabläufen Abläufe mit eingebauten Fehlern („bugs"), kritische Vorfälle mit gutem versus schlechtem Ausgang sowie Unfallabläufe konstruiert bzw. rekonstruiert werden.

Hinweise zur Reflexion der Szenarien
Die vorgegebenen Szenarien sollten von den Trainingsteilnehmern anhand von Leitfragen, wie sie in Tabelle 2 aufgeführt sind, reflektiert werden. Die Leitfragen beziehen sich auf die Analyse der jeweiligen Situation, die Analyse der tatsächlich ausgeführten als auch der alternativ möglichen Handlungen sowie die Reflexion über mögliche Kontrollen sowohl durch eigene Handlungen als auch durch die Einbeziehung der Gesamtbesatzung. Ziel der Reflexion ist die Einnahme unterschiedlicher Betrachtungsperspektiven und damit eine Transformation phänotypischer in genotypische Schemata.

Leitfragen zur Reflexion der Szenarien

• Welche Einzelhandlungen wurden ausgeführt? • Welche Schwierigkeiten traten auf? • Waren die Einzelhandlungen richtig oder falsch? • Warum waren die Handlungen richtig oder falsch? • In welcher Reihenfolge sind die Handlungen abgelaufen? • Wo waren kritische Übergänge? • Warum waren die Übergänge kritisch? • Welche Korrektur- und Kontrollmöglichkeiten hätte es durch Plausibilitätskontrollen gegeben? Welche Korrektur- und Kontrollmöglichkeiten hätte es durch Kommunikation mit der Crew gegeben?

Tabelle 2

Die vorgegebenen Szenarien sollten von den Trainingsteilnehmern anhand von Leitfragen, wie sie in Tabelle 2 aufgeführt sind, reflektiert werden. Die Leitfragen beziehen sich auf die Analyse der jeweiligen Situation, die Analyse der tatsächlich ausgeführten als auch der alternativ möglichen Handlungen sowie die Reflexion über mögliche Kontrollen sowohl durch eigene Handlungen als auch durch die Einbeziehung der Gesamtbesatzung. Ziel der Reflexion ist die Einnahme unterschiedlicher Betrachtungsperspektiven und damit eine Transformation phänotypischer in genotypische Schemata.

Literatur

Air Accident Investigation Branch(1990). Aircraft Accident Report No: 4/90 (EW/C1095). AAIB, Farnborough

Bartlett, F. C. (1932). Remembering: A study of experimental and social psychology. Cambridge: Cambridge

University Press.Berman, B. A. & Dismukes, R. K. (2006). Pressing the approach. Aviation Safety World. <http://www.flflightsafety.org>

Dobelli, R. (2011). Die Kunst des klaren Denkens. München: Hanser

Faber, G. (2004). Kurzportrait des FHP. In G. Faber (Hrsg.). "Besser ausgebildete Piloten bei weiteren Einsparungen – die Quadratur des Kreises?". 8. FHP-Symposium vom 29. – 31. März 2004. Tagungsreader: TU-Darmstadt

Frankfurter Allgemeine Zeitung (2014). Flugsicherheit 2013: Zahl der Toten im Luftverkehr so niedrig wie nie. FAZ, 2.1.2014, http://www.faz.net/-gum-7ky9j

Henrikson, E., van Winsen, R., Saurin, T. A., & Dekker, S. W. A. (2011). How a cockpit calculates its speeds and why errors while doing this are so hard to detect. Cogn Tech Work, 13, 217-231.

Hollnagel, E. (1993). The phenotype of erroneous actions. International Journal of Man-Machine Studies, 39, 1-32

Latorella, K. A. & Prabhu, P. V. (2000). A review of human error in aviation maintenance and inspection. International Journal of Industrial Ergonomics, 26, 133–161

Neisser, U. (1976). Cognition and reality. San Francisco, CA: Freeman and Company

Norman, D.A. (1981). Categorization of action slips. Psychological Review, 88, 1-15

Piaget, J. P. (1952). The origins of intelligence in children. New York: International Universities Press

Plant, K. L. & Stanton, N. A. (2012). Why did the pilots shut down the wrong engine? Explaining errors in context using Schema Theory and the Perceptual Cycle Model. Safety Science, 50, 300-315

Richter, J.-A. & Wolf, C. (1997). Jet-Airliner-Unfälle seit 1952. Mörfelden-Walldorf: Headset-Verlag. Spiegel (2013), Das Millionengrab. Spiegel, Nr: 3, 3. 6. 2013

Wir müssen selbst auf uns aufpassen.

Mehr als Gesetzestreue: das Safety Management System der Lufthansa

Der Gesetzgeber hat seit 2009 die Verantwortung für Flugsicherheit an die Airlines delegiert. Jede Fluggesellschaft muss sich nun selbst ein verbindliches Sicherheitsziel setzen, den sogenannten Acceptable Level of Safety (ALoS) und dieses Ziel durch Messungen selbst überwachen und, sofern erforderlich, korrigierend eingreifen.

Die Öffentlichkeit unterliegt einer dramatischen Fehleinschätzung: Viele glauben, dass im Luftverkehr alles sicher ist, was der Staat erlaubt. Leider gilt die Formel „legal heißt sicher" nicht. Schon ein Blick auf den Straßenverkehr entlarvt den Irrtum. Obwohl der Gesetzgeber schon ab 0,3 Promille von relativer Fahruntüchtigkeit spricht, wird erst ab 0,5 Promille eine Geldbuße erhoben. Schleudertrainings sind nicht verpflichtend und Reifen müssen nur zwei Millimeter Profil aufweisen. Professionelle Fahrer dagegen haben ein Schleudertraining absolviert, trinken im Job keinen Alkohol und würden keine Reifen mit minimalem Profil akzeptieren.

Im Forschungsprojekt Samsys (Lufthansa Safety Management), das vom Wirtschaftsministerium und Lufthansa gemeinsam finanziert wird, geht es um die quantitative Abschätzung des Flugunfallrisikos durch die Entwicklung von Safety Performance Indicators (SPI). Nur gesetzliche Auflagen erfüllen, reicht für einen sicheren Flugbetrieb leider nicht aus. Die Aufsichtsbehörden kontrollieren schwerpunktmäßig das firmeninterne Qualitätsmanagement einer Fluggesellschaft. In wesentlichen Bereichen muss sich eine Airline folglich selbst überwachen.

Beginnend mit dem 1. Januar 2009 müssen alle Fluglinien selbst aussagekräftige SPI entwickeln. Möglichst objektive Messungen sollen zeigen, ob das vereinbarte Sicherheitsziel erreicht werden kann. Gegebenenfalls müssen korrigierende Maßnahmen umgesetzt werden. Im Klartext heißt das: Niemand passt auf uns auf. So warnt auch die ICAO, sich nicht auf den Gesetzgeber zu verlassen. Aber im entsprechenden ICAO Dokument 9859 findet man leider keine eindeutige Aussage, wie hoch der Sicherheitsstandard sein muss: Es wird ein „akzeptables" Sicherheitsniveau gefordert.

Das fällt jedoch je nach Airline unterschiedlich aus. Was für kleine Flugbetriebe ausreicht, ist für Airlines in der Größe von Lufthansa inakzeptabel. Ein einfaches Rechenbeispiel: Wenn von einer Million Flügen eine Maschine verunglückt, ist das für eine Airline mit 1000 Flügen pro Jahr ein annehmbares Risiko: Sie könnte statistisch 1000 Jahre unfallfrei fliegen. Lufthansa hat aber pro Jahr etwa eine Million Flüge und müsste – würde sie auf diesem Sicherheitsniveau arbeiten – durchschnittlich einen Totalverlust im Jahr hinnehmen. Der Lufthansa-Vorstand hat ein anspruchsvolles Sicherheitsziel vorgegeben: Maximal ein schwerer Unfall pro 100 Millionen Flüge, das wäre alle 100 Jahre ein Unglück – und ergibt die bekannte Zahl 10–8.

Der Vergleich mit anderen flugbetrieblichen Strukturen hilft nicht weiter:
- in der Executive-Fliegerei liegt das Risiko im Schnitt bei 10^{-5} (ein Unfall alle 100 000 Flüge),
- in der Sportfliegerei bei 10^{-4} (ein Unfall alle 10 000 Flüge, was für Lufthansa einen Totalverlust alle 4 Tage bedeuten würde),
- beim Segelflug 10^{-3} (ein Unfall alle 1000 Flüge) und beim
- Basejumping sogar bei 10^{-2} (ein tödlicher Unfall alle 100 Sprünge).

Die IATA beziffert das durchschnittliche Airline-Flugunfallrisiko auf 0,5 mal 10^{-6}, also ein Totalverlust bei zwei Millionen Flügen. Für den Kranich würde das alle zwei Jahre einen Unfall bedeuten. Ein Risiko, das Lufthansa nicht akzeptieren kann und will. Vielmehr müssen sehr große Anstrengungen unternommen werden, um das vereinbarte hohe Sicherheitsziel erreichen zu können.

Doch wie misst man Gefahr? In der Vergangenheit wurden Verbesserungen oft erst nach einem Unfall durchgesetzt. Fatale Unfälle sind jedoch zum Glück relativ selten, so dass statistische Aussagen häufig nicht signifikant sind. Für Wahrscheinlichkeitsberechnungen ist eine große Anzahl von Vorfällen nötig, erst dann lässt sich eine Regel ableiten. Es müssen feine Anzeichen und Vorwarnungen einer Katastrophe wahrgenommen werden. Viele der teilweise unscheinbaren Faktoren, die Elemente einer potentiellen Unfallkette sein können, lassen sich sehr wohl messen und in Safety Performance Indicators darstellen. Es wird untersucht, welche Faktoren es gibt und wie häufig sie auftreten. So können beispielsweise Parameter, wie die Wahrscheinlichkeit eines Triebwerksausfalles und das Pilotentraining miteinander für eine Risikoabschätzung kombiniert werden. Ein Beispiel: „Bei etwa einem von 100 000 Flügen fällt ein Triebwerk aus. Für Lufthansa heißt das also etwa zehn Mal im Jahr. Bei einem angestrebten Risikowert von 10^{-8}, darf nur in einem von 1000 Szenarien eines Motorschadens die Crew versagen ($10^{-5} \times 10^{-3} = 10^{-8}$). Wir können das Simulator-Training auswerten und messen, wie unsere Piloten in so einem Fall agieren. Stellen wir fest, dass mehr als eine von 1000 Übungen im Simulator schiefgeht, muss das entsprechende Training angepasst und verbessert werden."

Die Airline-Industrie setzte in den letzten Jahren vermehrt auf Investitionen in verbesserte, teilweise sehr komplexe Flugzeugtechnik. Der „Human Error", der menschliche Fehler, ist eine der Hauptunfallursachen im Luftverkehr. Er sollte durch ausgefeilte Computertechnik eliminiert werden. Man ging von der These aus, dass hoch automatisierte Flugzeuge automatisch immer sicherer werden. Heute wissen wir, dass diese Erwartung nicht erfüllt werden konnte. Der entscheidende Faktor für einen sicheren Flugbetrieb und damit dem Erfolg einer Airline sind nach wie vor die Menschen im System. Vom Einsatzplaner über den Techniker, vom Dispatcher und Abfertigungspersonal bis zu den Flugbesatzungen. Nur wenn der einzelne Spezialist hervorragend geschult ist und die Zusammenarbeit im Team, aber auch teamübergreifend reibungslos funktioniert, können Krisen zuverlässig bewältigt werden. Die Hoffnung, dass komplexe Technik hohe menschliche Kompetenz überflüssig macht, hat sich nicht erfüllt. Im Gegenteil: Je anspruchsvoller die Technik wird, umso fundierter müssen die Menschen geschult werden.

Das Samsys-Team führte Anfang 2013 mit den Technischen Universitäten in München und Berlin eine Simulator-Studie durch. Im Fokus standen die manuellen Flugfertigkeiten unter erschwerten Bedingungen, den so genannten Performance Shaping Factors. Damit die Daten statistisch aussagekräftig sind, wurden von den 5000 Lufthansa-Piloten 60 Piloten per Zufallsprinzip ausgewählt, je 30 von der Kurz- und der Langstrecke. Die Studie fand nachts zwischen Mitternacht und vier Uhr morgens statt. In einer simulierten Krisensituation wurde ein Ausfall der Auto-Flight-Systeme eingespielt. Ziel war es herauszufinden, wie sich unsere Flugzeugführer unter diesen Bedingungen verhalten. Es wurde ermittelt, welche Risiko-Parameter wiederkehrend auftauchen. Daraus kann ein Algorithmus abgeleitet werden, der Aussagen über den erforderlichen Trainingsbedarf erlaubt. Eine weitere Simulator-Studie wurde im November und Dezember 2013 durchgeführt. Es ging hierbei um den Umgang mit ECAM und Papier-Checklisten in einer komplexen Flugsituation. 120 Piloten wurden im Simulator mit Blickverfolgungskameras ausgerüstet und bei der Cockpit-Arbeit beobachtet. Die Auswertung soll Rückschlüsse auf die Qualität der Verfahren und auf den Trainingsstand der Besatzungen erlauben.

Der Aufwand für die Datensammlung und Auswertung ist hoch, doch unbedingt notwendig: In der Vergangenheit konnte sich eine Airline nach einem Unfall „enthaften", indem sie darauf verwies, alle gesetzlichen Vorgaben eingehalten zu haben. Künftig ist dies nicht mehr möglich. Eine Fluglinie muss nun nachweisen, dass sie sich akzeptable Sicherheitsziele setzt, den aktuellen Status ermittelt und ihn gegebenenfalls – auch über die gesetzlichen Mindestvorgaben hinaus – korrigiert. Die Justiz wird in Zukunft immer häufiger einen Unfall als Versagen der firmeninternen Strukturen werten. Werden Defizite nicht erkannt und nicht schon im Vorfeld konsequent behoben, können, nach Einschätzung eines großen Rückversicherers, Fluggesellschaften zukünftig ihren Versicherungsschutz verlieren, obwohl sie alle Gesetze eingehalten haben. Droht nach einem Unglück mit Gerichtsstand in den USA eine Sammelklage auf Schadenersatz, kann das zum Konkurs einer Fluggesellschaft führen.

Und es geht um weit mehr als um das Training von Piloten. Das Ziel von Samsys ist klar definiert: Weg von Bauchentscheidungen, hin zu Entscheidungen, die quantitativ untermauert sind. Die ermittelten Daten sollen dabei helfen, Diskussionen zu versachlichen und auf objektive Fakten zu stützen: Angenommen, ein Flugbetriebsleiter hat zwei sicherheitsrelevante Themen auf dem Tisch: Berichte darüber, dass Piloten zu schnell rollen und die Information, dass die Check-Intervalle der Schwimmwesten an Bord nicht eingehalten wurden. Um welches Risiko sollte er sich zuerst kümmern? Die Zahlen sprechen für sich: Rollt ein Pilot zu schnell, birgt das ein Sicherheitsrisiko von eins zu 100 000. Eine defekte Schwimmweste erreicht nur ein Risiko von eins zu einer Milliarde.

Auch bei Investitionen kann Samsys beraten. Die durch die TU München erhobenen Daten sind eine Entscheidungshilfe. Lohnt sich etwa die Anschaffung eines Zentrifugensimulators, in dem Piloten die Bewältigung ungewöhnlicher, gefährlicher Fluglagen unter realistischen Beschleunigungskräften trainieren können? Welchen Stellenwert haben hierbei die widersprüchlichen Informationen die von den Augen und dem Gleichgewichtsorgan im Innenohr an das Gehirn gemeldet werden? Hätten Piloten, die im Zentrifugensimulator ausgebildet werden, eine bessere Chance gehabt, einen Vorfall zu bewältigen, der zum Unglück der Air-France-Maschine vor vier Jahren führte? Die Auswertung der Zahlen und Fakten soll zeigen, ob sich dieser Simulator lohnt, oder ob das Geld woanders besser investiert wäre. Die Erkenntnisse werden der Flugbetriebsleitung vorgelegt.

Die Forschungsergebnisse sollen dabei helfen, die relevanten Risikobereiche zu identifizieren und zu bekämpfen. Gerade wenn der wirtschaftliche Druck steigt, ist ein gezielter Einsatz knapper Mittel für möglichst effiziente Risikominimierung entscheidend.

Aufgaben von Samsys in Stichpunkten:

- An der TU Berlin (Lehrstuhl für Luft- und Raumfahrt) werden Unfallschwerpunkte der Zivilluftfahrt ermittelt und gewichtet. Ziel ist es, die Wahrscheinlichkeit von unterschiedlichen Unfallszenarien abzuschätzen (quantitative Risikoanalyse).

1. • An der TU München (Lehrstuhl für Flugsystemdynamik) werden relevante Parameter eines Fluges – von physikalischen Größen wie Wind, Gewicht, Geschwindigkeit, etc., bis hin zum Verhalten der Crew – in einem mathematischen Modell aufeinander bezogen. Dieses Rechenmodell soll zukünftig eine Risikobewertung der routinemäßig von jedem unserer Flüge gesammelten Flugschreiberdaten (FODA) ermöglichen.
2. • In einem weiteren Projekt ermittelt die TU München (Lehrstuhl für Ergonomie), mit welcher Wahrscheinlichkeit der „Mensch im Cockpit" in unterschiedlichen Risikosituationen Fehler macht. Diese Erkenntnisse sollen dabei helfen, das Training zu verbessern und Verfahren und Dienstanweisungen zu optimieren.
3. • Die TU München (Lehrstuhl für Mathematik und Statistik) ermittelt die mathematischen Grundlagen für die Gestaltung von Risikoindikatoren. Die Firma Informationsdesign entwickelt hierzu die nötige IT-Struktur.
4. • Die Ludwig-Maximilians-Universität in München (Lehrstuhl für strategische Unternehmensführung) entwickelt Anreizsysteme für das Topmanagement, um neben betriebswirtschaftlichen Kenngrößen auch das Flugsicherheitsrisiko bei Entscheidungen verstärkt zu berücksichtigen.

Axel Graumann

Hard Landings A340 Flotte

Untersuchung 2010
Praktische Umsetzung von Safety Management

Einleitung

Basierend auf einer von der DLH A340 Flotte in Auftrag gegebenen Kampagne und durch FRA CF (Flugsicherheitsreferat) durchgeführten Untersuchung reagierte der Flugbetrieb auf eine ansteigende Zahl von harten Landungen. Diese Vorfälle hatten nur operationelle Konsequenzen und erzeugten teilweise durch Reparaturaufwand sowie Liegezeit hohe Kosten. Wie so oft sieht man nur die Spitze des Eisberges und die Vermutung, dass außer den dokumentierten Fällen viele weitere zu erwarten sind, kann als sicher gelten. Außerdem sind auch aus weiteren Gründen unkontrollierte feste Landungen nicht wünschenswert, z.B. Materialbelastung durch Addition, Außenwirkung, Passagier- /Crewkomfort, etc.. Die Landung ist ein sehr komplexes, von vielen Variablen beeinflusstes Flugmanöver. Die Interferenz verschiedener Parameter macht es nochmals schwieriger, grundsätzliche Kausalität zwischen einer bestimmten Einflussgröße (z. B. Wind) und der harten Landung festzustellen.

Statistik

In einem Artikel aus der Flight Safety Foundation[1] wird die harte Landung als Major Accident Cause benannt. Üblicher- und glücklicherweise haben allerdings diese Unfälle keine Todesfälle zur Folge. Aber die Klassifizierung als Accident implementiert schon den großen Schaden bis zur vollständigen Zerstörung des Flugzeuges. Bei Lufthansa Passage sind im Jahr 2010 bei der Abteilung Arbeitssicherheit 47 Unfallmeldungen von Crewmitgliedern nach harten Landungen eingegangen. Wie schon oben erwähnt ist es nicht ganz einfach, eine klare Definition für die harte Landung zu bekommen. Sicherlich ist ein Ansatz, die JAR und FAR Zertifizierungswerte als Limits zu verwenden. Aber noch klarer ist die Aussage des NTSB[2]: "… stalling onto or flying into a runway or other intented landing area with abnormal high vertical speed." Was im Horizontalen gilt, wird auch im Vertikalen der Fall sein, die Geschwindigkeit geht im Quadrat in die Energie ein.

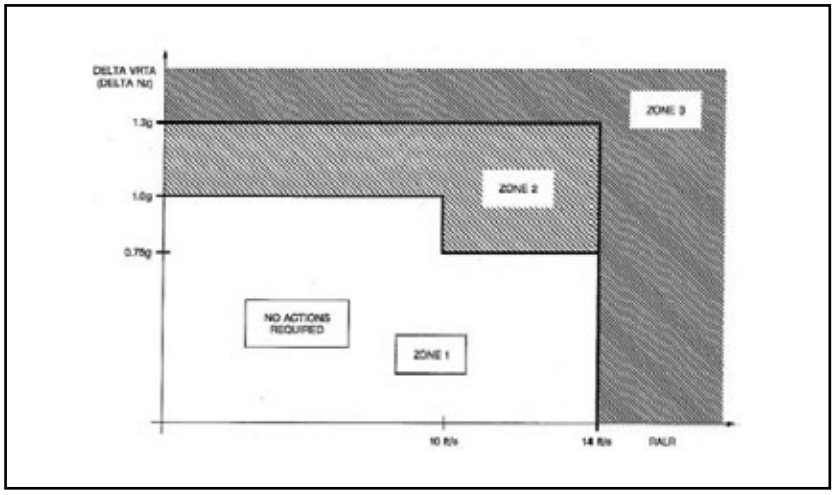
1 FSG Vol.23 No 8 August 2004

2 NTSB National Transport Safety Board – US Flugsicherheitsbehörde

Definition einer harten Landung

Unter einigen Voraussetzungen ist es wünschenswert, eine “Firm Landing” zu erreichen:
- Kontrolliert den Touchdown Point zu treffen, wenn die Bahn kurz ist
- Bei Wet / Contaminated RWY (Nässe – Schnee – Eis)
- Bei X-Wind (große Seitenwindkomponente)

Aber wann wird die Grenze zu einer harten Landung überschritten und was passiert, wenn der “Firm Touchdown” zu einem Bounce führt, wenn aufgrund ungünstiger Sitzposition ein Crewmitglied oder Gast verletzt wird, wenn die Struktur überlastet wird? Spätestens in diesen Fällen kann man von einer harten Landung ausgehen.



Technische Definition

Delta VRTA ist der Unterschied des Loadfaktors beim Aufsetzen zu dem vorher noch im Flare. Wenn also mit 1,1g angeflogen wird, bedeuten 2,1g beim Aufsetzen ein Delta VRTA 1g. RALR ist die Radio Altimeter Rate. (10ft/s entsprechen der Zertifizierung von 600 ft/min) [3]
Eine harte Landung hat ab Zone 2 stattgefunden und ab diesen Werten wird auch eine Maintenance Action stattfinden müssen.

A/C	LDG's / Jahr*	> 1,7 g	Hard LDG's / Jahr
A346	13.000	0,22 %	28,6
A343	17.300	0,08 %	13,8
A333	11.000	0,08 %	8,8

Risiko

Die Frage, wie groß das Risiko von harten Landungen ist, lässt sich statistisch ermitteln, das Potential aus FODA Daten erkennen[4]:

Untersuchung

Safety relevante Vorfälle bedürfen einer Untersuchung, deren Ziel es ist, so weit wie möglich die Hauptursachen (Root Cause) zu erkennen und dann ein Verfahren zur Risikominimierung (Risk Mitigation) zu entwickeln.
Der vorausgehende gedankliche Ansatz war, dass nur wenige Hauptursachen beteiligt sind, diese zu identifizieren und daraus dann Gegenmaßnahmen zu entwickeln.

Untersuchungsmethodik

Zur Identifizierung der Hauptursachen sind zwei Methoden zur Anwendung gekommen, die untereinander auch die Verifizierung der Analyse ermöglichten.

3 A346 AMM 30 Apr / 08
4 Flüge aus FODA 2006-2010, Landungen >1,7g

FODA – Flight Operational Data Analysis
Die gesetzlich vorgeschriebenen Aufzeichnungen von Flugdaten können für Abfragen nach einer vorgegebenen Matrix für statistische Auswertungen genutzt werden. In diesem Fall wurden alle "Firm Landings" (noch nicht harte Landungen) mit mehr als 1,5 g abgefragt und dann nach Kriterien gefiltert.

Die individuelle Untersuchung von 25 harten Landungen
Die relevanten Flugparameter der Endanflugphase dieser Flüge wurden in eine Excel Tabelle übertragen. Teilweise wurden die individuellen Eindrücke von der betroffenen Crew abgefragt und ebenso in die Auswertung eingetragen und mit den objektiven Parametern verglichen. Einige Anflüge mit der folgenden harten Landung wurden in einer Visualisierung dargestellt. Bei der Auswertung der einzelnen Flüge wurde dann eine Experteneinschätzung durch einen Trainingskapitän erstellt.

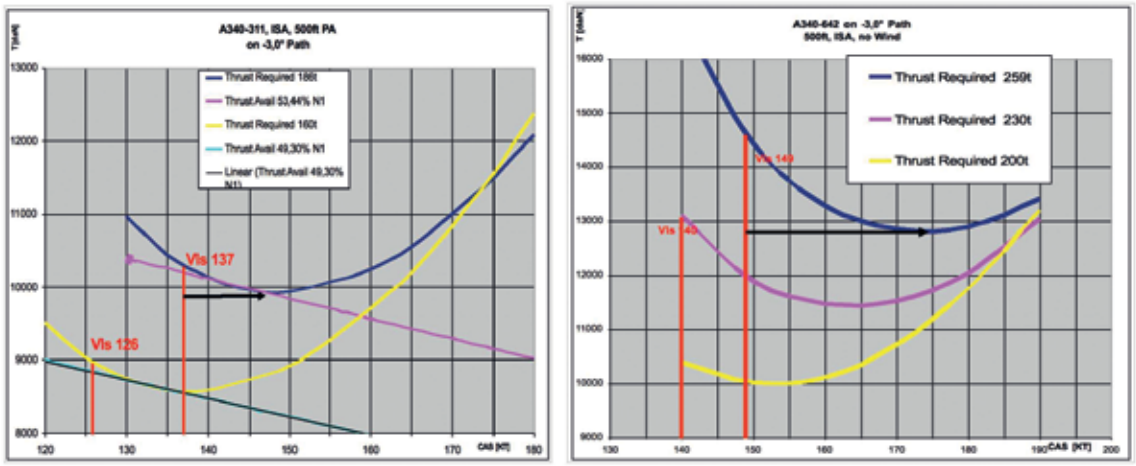
Fakten zu harten Landungen [5]

- Später, nicht ausreichender Break
- Duck Under / Pitch Release (GS Chasing)
- Power Idle zu früh
- Und das ganze bei:
    - Wind / Turbulenz / Thermik oder
    - Großer Density Altitude

Und was kann noch sein?
• „ich habe gezogen und nichts ist passiert"

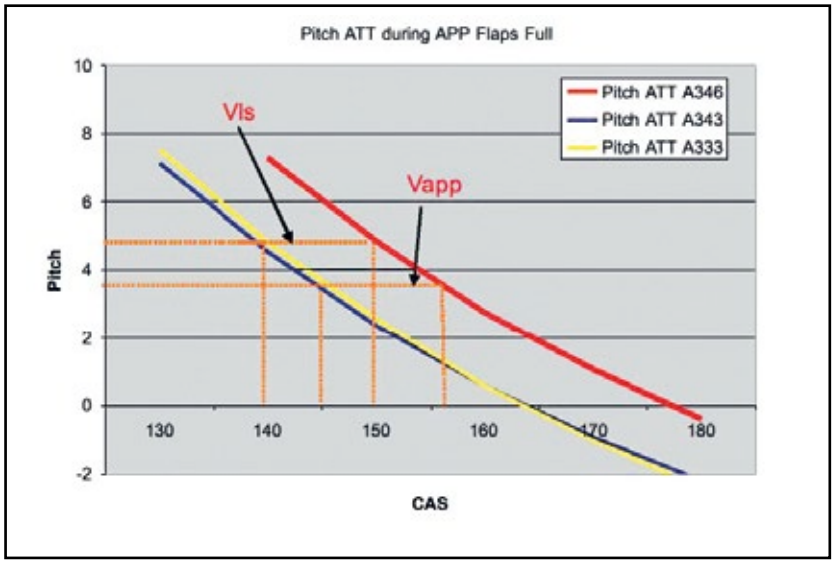
Aerodynamik im Endanflug

Im Anflug in Final Configuration befinden sich alle Jet A/C mehr oder weniger auf der Rückseite der Power Kurve. An zwei Beispielen sind auch die Unterschiede bei den Flugzeugtypen erkennbar.



5 Begriffserklärungen im folgenden Text

Die Polare zeigt den notwendigen Schub (entspricht dem aerodynamischen Widerstand) über der CAS[6]. Beachtenswert ist der Abstand der Anfluggeschwindigkeit zu dem Punkt, wo der Widerstand am geringsten ist und ist hier z.B. beim A340-600 bei der üblichen Anfluggeschwindigkeit Vls +5 (also ca. Vref+5) ein Abstand von 20 kts zur Vmindrag (siehe schwarzer Pfeil) zu erkennen.
Anhand der Polare ist tatsächlich ein signifikanter Unterschied zwischen den A340 Derivaten erkennbar und kann so das unterschiedliche Verhalten bei der Landung erklären.



In dieser Grafik ist Pitch über Speed im Anflug auf einem 3 Grad Profil zu sehen:

Folgende Schlussfolgerungen sind daraus ableitbar [7]:

- bei konstantem Flight Path bedeutet eine IAS Änderung von 5 kts eine Änderung der Target Pitch von ca. einem Grad
- bei konstanter IAS bedeutet eine Pitchänderung von einem Grad eine Veränderung der Vertical Speed von ca. 300 ft/min
- da die Kurven nahezu linear sind, wird eine ähnliche Pitchänderung eine sehr ähnliche Wirkung haben, egal von welcher Ausgangsgeschwindigkeit (also Targetpitch) ausgegangen wird

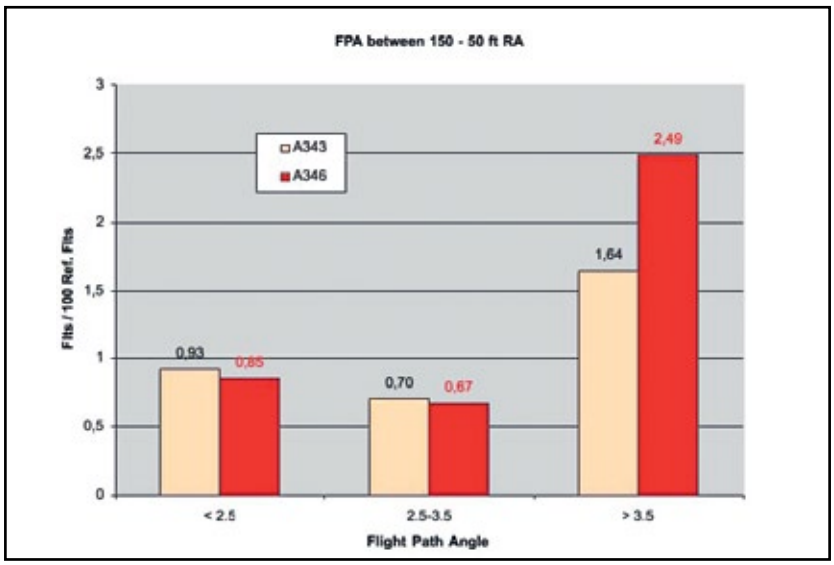
Rein theoretisch würde eine Erhöhung der Pitch Attitude um 3 Grad die Sinkrate auf Null verringern, vorausgesetzt, dass die Vapp beibehalten wird (gleiche Position auf der Polare) [8].

Flight Path Control

Attitude Veränderungen kurz vor und während der Landung müssen zur Geschwindigkeit passen. Speziell das Verringern der Pitch führt zum Risiko erhöhter Sinkraten ("Duck Under / Dive), die wiederum eine ungewohnte Landetechnik erforderlich macht.

In der folgenden Grafik lässt sich die erhöhte Anzahl an Firm Landings durch Abweichung vom idealen FPA (Flight Path Angle) von 3 Grad durch FODA Auswertung belegen.

6 CAS Calibrated Airspeed - Korrigierte angezeigte Fluggeschwindigkeit
7 Die Attitude Änderungen sind nicht vollständig linear, aber allgemein können diese Werte als Faustformeln für alle Geschwindigkeiten unter green dot speed / min clean speed gelten, nicht nur auf dem Final APP.
8 G-Load (Vertikalbeschleunigungen) und Bodeneffekte vernachlässigt

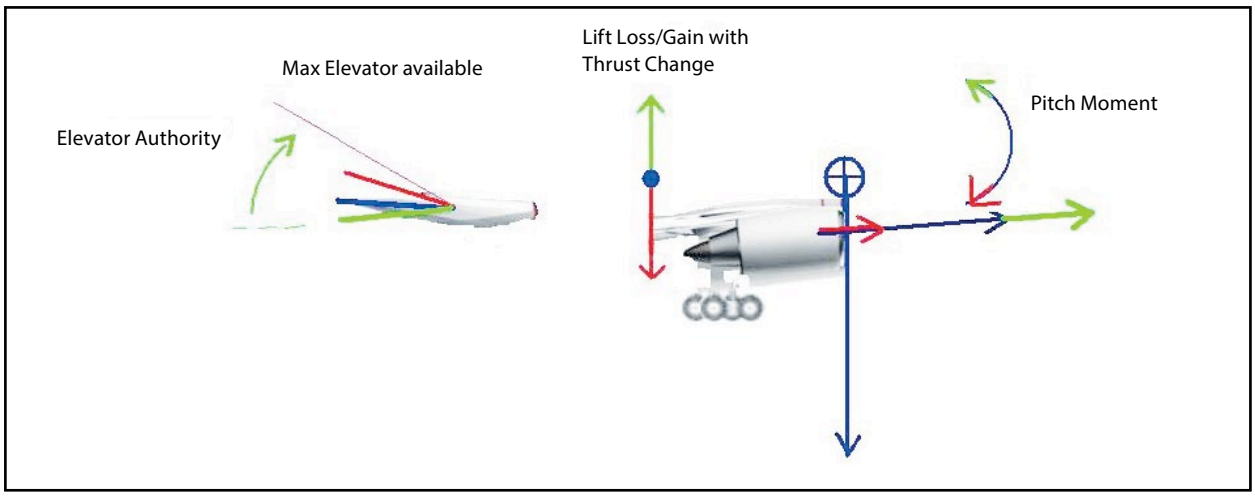


Zudem ist natürlich noch zu beachten, dass die Sinkrate rechtzeitig und in angemessener Stärke vor dem Aufsetzen verringert werden muss. Engine Power Handling

Engine Power Handling

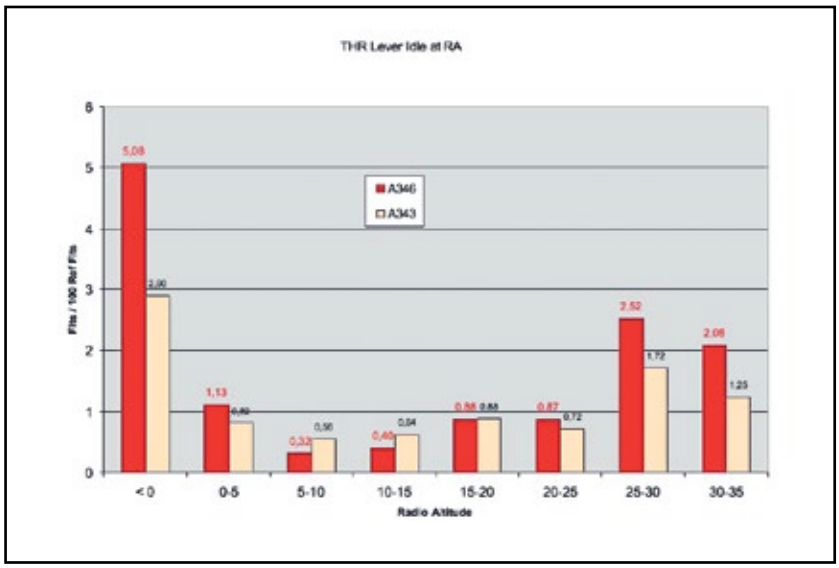
Die Fähigkeit, die Geschwindigkeit Vapp möglichst in den Abweichungen gering zu halten, sorgt für ein gutes Energy Management und ist wichtig für die Landeleistung und die reproduzierbaren Situation vor und während der Landung.

Zuerst der Break[9], dann Power Idle mit diesen Vorteilen:
• Rückseite der PWR Kurve: Speed Loss wird verhindert
• Low Energy: Leistungszufuhr nur möglich, wenn PWR > Idle
• Nachschieben von PWR erzeugt ein Pitch up Moment
• Additional Elevator Authority
• Ein Late Break kann bedingt kompensiert werden



9 Bei LH spricht man traditionell vorzugsweise vom "Brechen der Sinkrate", Break, häufig wird auch der Ausdruck Flare verwendet, letztendlich ist es der gleiche Vorgang

In der FODA Abfrage ist die prozentuale Häufigkeit von Firm Landings gegenüber dem Power Idle Command (THR – Thrust Lever idle) berechnet.



Beispiel: A346 – 2,52 % der Piloten, die zwischen 25 und 30 Fuß Radio Altitude die Thrust Lever auf Leerlauf gebracht haben, hatten beim Aufsetzen mehr als 1,5g, aber nur 0,32% bei Idle zwischen 5-10 Fuß Radio Altitude. Die hohe Rate von Firm Landings mit Power On (<0) kann hier nicht betrachtet werden, da hier vor allem andere Faktoren eine Rolle gespielt haben werden (siehe Flight Path Control) – übersetzt: hier war es sowieso zu spät.

Appropriate Break of Sinkrate

Ein später Break braucht einen deutlich stärkeren Pitch Up Input, um die g-Load durch die schnelle Flight Path Änderung zu kompensieren. Zudem kommt hinzu, dass ein starker, ruckartiger Elevator Ausschlag nach oben einen Lift Loss produziert[10], der dann den Effekt des "In den Boden rotieren" erzeugt:

"Ich hab gezogen und nichts ist passiert"
Das ist ausnahmslos bei einer Low Energy Situation der Fall!

Aus dem Bild ist erkennbar, dass durch den Lift Loss des Elevator eine Drehbewegung eingeleitet wird, die vom Boden aus gesehen um einen Drehpunkt erfolgt, der vor dem Schwerpunkt liegt, dadurch den Hebelarm tatsächlich verlängert, mit das Fahrwerk Richtung Boden bewegt wird [11].

Environment

Wind und signifikante Turbulenz ist nur zu ca. 30% bei harten Landungen zu beobachten gewesen. Umgekehrt lässt sich festhalten dass harte Landungen überwiegend bei ruhiger Wetterlage vorkommen.

Low Density Airports

Hochgelegene Flughäfen und / oder Sonnenhitze (OAT) erhöhen das Risiko nicht aufgrund der Aerodynamik sondern durch die größere TAS & damit höhere kinetische Energie (Inertio) im Vertikalen aber auch im Horizontalen, die ein angemessen früheres Einleiten der Landephase notwendig macht.

10 Im aerodynamischen stabilen Flugzustand erzeugt die Fläche des Stabilizer und Elevator einen negativen Lift Vektor, also Abtrieb, der durch einen Elevator Nose Up Input vergrößert wird.
11 Riad_NTSB-SafRec_A-11-068-069, Seite 4 Absatz 3

Reaktionen des Trainingsmanagements auf die Untersuchungsergebnisse

- Theorie
  - Training Skript ist veröffentlicht
  - OM B – Einbau der Erkenntnisse in Vorschriften
- Praxis
  - Ausbilder Standardisierung
  - Landing Briefing implementiert
  - jede SIM Einheit hat mindesten 30 min. Basic Flying

Fazit für Piloten

→ Regelmäßig reproduzierbare Bedingen so gut wie möglich kurz vor dem Aufsetzen herstellen.
→ Energy Management, Power Handling ist ein wesentlicher Punkt
→ Pitch Control → Flight Path Control
→ Power Handling im Break / Flare, Power Idle erst, wenn der Break gegriffen hat oder sicher ist, dass er wirken wird
→ Basic Jet Flying Ability erhalten (Übung)

Mit diesen wenigen Recommendations ist eine sehr einfache und standardisierbare Handlungsvorgabe dem Pilotencorps zur Verfügung gestellt worden.

Fazit für die FHP Arbeit

- Ist eine technische Lösung erreicht worden?
  → Derzeit nicht in Sicht
- Hinweise auf „Pilot Competence Requirements"?
  → Basic Flying Ability bleibt Kernkompetenz
- Hat das Auswirkungen auf Schulungsinhalte?
  → SIM Programme, Publikationen, Paradigmenwechsel
- Was ist der Weg zum Erhalt von „Pilot Competence"?
  → SIM Training, aber auch wenn möglich Übung bei Line Ops
- Safety relevante und Trainings - Themen?
  → Fachübergreifende Analysen aus Forschung & Praxis sowie Informationsaustausch im Rahmen von Symposien haben großen Nutzen!

Weitere Referenzen

DLH A340 OM B
DLH Training Syllabus ZFTT
DLH TRIM A340
Airbus FCTM,
DLH FRA CF Untersuchungsdaten,
A340 Flotte DLH, P. Zeiner, Performance Daten
Cpt. C. Pohle Lande Technik 2010
Cpt. J. Scheiderer Angewandte Flugleistung
Cpt. J. Fleger, FRA CF, Div. Publikationen & Präsentationen
Cpt. A. Graumann, Standardisierte Landetraining Prozesse B737 Flotte

Safety Management System im Junkers Ju52 Flugbetrieb

Einleitung

Die DLBS, Deutsche Lufthansa Berlin Stiftung, ist ein zugelassener kommerzieller Flugbetrieb. Gemäß der JAR OPS und der DV Luft BO war die Einführung eines SMS (Safety Management Systems) notwendig und wurde zum Betriebsjahr 2009 durch den neu ernannten Safety Pilot eingeleitet.
Der formale Prozess über einen Implementation Plan wurde behördlich genehmigt und mittlerweile läuft ein Safety Management System erfolgreich, das aufgrund der speziellen Betriebsbedingungen nicht mit dem großer Airlines vergleichbar ist.

Die Deutsche Lufthansa Berlin Stiftung

Der Stiftungszweck ist der Erhalt und die Restaurierung von historischen Flugzeugen und diese durch deren Präsentation auf Luftfahrtschauen, Ausstellungen und auch mittels Rundflügen der Öffentlichkeit vorzuführen. Von der DLBS werden im AOC[1] kommerziell die bekannte Junkers Ju52-3m, Baujahr 1936 und eine Dornier Do27, Baujahr 1959 betrieben. Zusätzlich gehört zur DLBS noch eine Messerschmitt Me108, Baujahr 1940, die vorzugsweise auf Flugtagen vorgeführt wird. Derzeit wird eine Lockheed Super Constellation „Super Star L1649A" in den USA wieder aufgebaut und wird das Safety Management bei der Einführung in den regulären Betrieb vor neue Aufgaben stellen.

1 AOC Air Operator Certificate – Luftverkehrsbetreiberzeugnis

Einführung des Safety Management Systems

Das ICAO Framework sowie die behördlichen Vorgaben haben folgende Struktur:

1. Safety policy and objectives
    - 1.1 – Management commitment and responsibility
    - 1.2 – Safety accountabilities
    - 1.3 – Appointment of key safety personnel
    - 1.4 – Coordination of emergency response planning
    - 1.5 – SMS documentation
2. Safety risk management
    - 2.1 – Hazard identification
    - 2.2 – Risk assessment and mitigation
3. Safety assurance
    - 3.1 – Safety performance monitoring and measurement
    - 3.2 – The management of change
    - 3.3 – Continuous improvement of the SMS
4. Safety promotion
    - 4.1 – Training and education
    - 4.2 – Safety communication

Mit Unterstützung der DLH (Lufthansa) konnte der Implementation Plan und die Dokumentation in den Handbüchern relativ zügig erstellt werden und schon im Juni 2009 wurde die erste Version eines SMS Manuals beim Luftfahrt Bundesamt eingereicht. Nun muss und soll der neu eingeführte Prozess nicht nur ein formaler Akt sein, sondern auch einen praktischen, Safety relevanten Nutzen für den Betrieb der historischen Flugzeuge mit sich bringen. Dieses Ziel ist aufgrund der besonderen Betriebsbedingungen und damit der gravierenden Unterschiede zu anderen kommerziellen Fluggesellschaften nicht so ohne weiteres erreichbar.

Besonderheiten: die Ju52 D-AQUI bei der DLBS

Daten – Zahlen jährlich

- 400 Flugstunden
- 600 Flüge
- 160 Einsatztage
- 9.000 Gäste
- 16 Sitze für Gäste
- 5 Techniker, 5 Büro
- Crew – 26 Piloten, 15 FE, 23 PUR [2, 3]

2 Piloten CPT & FO, FE Flugingenieur, PUR Flugbegleiter

3 Die Flight Crew besteht aus vier Aktiven: 2 Piloten, 1 FE, 1 PUR

Standard Betriebsbedingungen

- Historische Technik
- VFR-Ops
- Sightseeing
- Low level
- Saison nur Apr.-Okt.
- LH Crews in der Freizeit
- 1-4 Tage / Monat

An der Aufzählung lässt sich erkennen, dass es sowohl vom Umfang sowie auch von der Art des Betriebes wesentliche Unterschiede zu anderen Operatoren gibt.

Safety Management unter diesen Vorgaben

Reactive Safety Management erfolgte bisher durch den Flugbetriebsleiter und wird nun in Zusammenarbeit mit dem Safety Pilot dargestellt.

Proactive Safety Management nutzt wie vor SMS Einführung Flight Reports, Trainingsfeedback und Technikinfos. Zusätzlich übernimmt das Lufthansa Sicherheitsreferat die Bearbeitung von Confidential Reports über DLH-CF.

Predictive Safety Management ist eine schwierig zu erfüllende Vorgabe, denn dazu werden normalerweise Daten aus dem laufenden Betrieb genutzt:
- Flight Data Analysis (FODA)
- Normal OPS Monitoring
- SPI – Safety Performance Messung

Die technischen Voraussetzungen für eine derartige Datensammlung sind offensichtlich nicht gegeben, zudem können Erkenntnisse auch nur bei großen Zahlenmengen erarbeitet werden, was bei der Anzahl von Flugbewegungen völlig unmöglich ist.

Implementiertes Verfahren des Safety Managements

Informationen sammelt der Safety Manager aus folgenden Quellen:
- Flight Reports
- Trainingsfeedback
- Technik relevante Hinweise
- Audits
- Confidential Safety Reports
- CF Information [4] – Auswertung auf DLBS Relevanz
- Jahresmeetings – Hinweise des operativen Personals

Zudem gibt es weiteren Input aus der Safety Action Group (SAG).

Safety Action Group (SAG)

Die Mitglieder der SAG haben eine spezielle SMS Schulung erhalten und sind zudem durch ihren Hintergrund das Expertengremium für den Betrieb, mit folgender Zusammensetzung:
- Safety Manager
- Postholder Flugbetrieb
- Postholder Technik
- Trainingspersonal, Ausbildungskapitäne & Trainingsflugingenieuren
- Kabinencrewleitung

Bei einem jährlichen Treffen der SAG nach Ende der Flugsaison werden Safety relevante Themen strukturiert bearbeitet, Hazard Identification und das Risk – Assessment durchgeführt.
Dieses ist die wesentliche Säule des SMS Prozesses bei der DLBS.

Arbeitsprozess der SAG

Hazard ist ein unerwünschter Zustand, der unangenehme oder gefährliche Konsequenzen zur Folge haben kann, wenn die grundsätzlichen dazu führenden Einflussgrößen nicht ausgeschlossen werden können. Daher hat die SAG die Aufgaben:
- Hazards identifizieren (ergibt Safety Issue),
- Risk feststellen
- Kategorisierung
- Risk Mitigation (Risikoverminderung planen)

Zur Abarbeitung eines Safety Issue werden zwei strukturierte Vorgehensweisen genutzt.
- Sofortige Einschätzung aus der Expertensicht
- Brainstorming mit Hilfe des Bow Tie Modells

Das Bow Tie Modell nutzt die Möglichkeit einer Visualisierung aller denkbaren Parameter, um dann die Schlussfolgerungen für das Risk Assessment vorzubereiten. Außerdem sind anhand der Aufarbeitung die Möglichkeiten der Risikoverminderung ableitbar und es können daraus die Empfehlungen an das Management erarbeitet werden.

4 CF Information: mehrmals jährliche Publikation des Flugsicherheitsreferats der DLH für Flight Crews

Beispiel:

Thread	Defence	Safety Issue Hazard	Barrier	Consequence
Verwechslung des CM, der spricht	neue Headsets	Interphone	Ansage Trng	Irritationen bei PAX
Ansage nicht verstanden		No Comm, COC-CAB	Mike Handling	Ansage wird nicht verstanden
Call chime bei Signs	Unterschiede		Interphone receive chanel immer offen	Abnormal, Informa-tionsfluss unterbleibt
			Cab mit Pos melden	

Risk Probability P	Risk Severity S					
	S5	S4	S3	S2	S1	S0
P5	A	A	B	C	D	E
P4	A	A	B	C	D	E
P3	A	B	C	D	E	E
P2	A	B	C	D	E	E
P1	B	C	D	E	E	E
P0	C	C	D	E	E	E
Pe	C	D	E	E	E	E

Danach erfolgt mit Hilfe eines DLBS SMS QRH über Abfrage der SAG Mitglieder die Bestimmung des Risikos:
QRH – Quick Reference Handout mit

- Definition
- Probability
- Severity

Die Handlungsvorgabe ergibt sich aus dem Ergebnis:

Risk Level	Risiko	Risk Mitigation
A	Extrem	Sofortiges Einleiten von Maßnahmen zu Risikobekämpfung und -vermeiden
B	Hoch	Kurzfristiges Einleiten von Maßnahmen zu Risikobekämpfung und -vermeiden
C	Tragbar	Risikoschwerpunkt zur Verringerung des Risikos
D	Gering	Überwachung
E	Vernachlässigbar	Administrative Erfassung

DLBS Safety Library

In einer geschützten Library werden alle Ergebnisse erfasst:
• Nr., Datum, Bearbeitungsvermerke
• Beschreibung, Hazard, Risk
• Empfehlung
• Dokumentation & Erledigung

Umsetzung der Empfehlungen

Der Safety Manager erstellt aus den Arbeitsergebnissen und ggf. weiteren offenen Punkten ein Safety Issue an die Postholder und verfolgt die Maßnahmen.
Im Rahmen der Jahrestreffen des gesamten Personals der DLBS ist einer der Vortragspunkte die Sicherheitssituation des Flugbetriebes, damit erfolgt auch die Safety Promotion im Rahmen des SMS, zusätzlich werden dabei ebenso im Dialog offene Punkte festgehalten.

Fazit

Das Safety Management System bei der Deutschen Lufthansa Berlin Stiftung läuft bei großer Akzeptanz des Personals und der Beteiligten erfolgreich. Interessante und manchmal auch überraschende Ergebnisse sind im laufenden Prozess gewonnen worden.

Ausblick für die Ju52: 100 Jahre sicher fliegen!

GET & SET*

Ein adaptives Trainingssystem für simulatorgestützte Maßnahmen

Ein Aspekt der Bedingungen, unter denen ein jeder Pilot handeln muss, ist die Notwendigkeit, seine Entscheidungen und Aktionen auf Basis nicht unmittelbar gegebener Informationen zu treffen und auszuführen. Eines der Beispiele dafür sind Flüge über geschlossenen Wolkendecken oder in resp. durch Wolken. Er muss sich dann anhand künstlich, auf technischem Wege erzeugter Werte und Anzeigen orientieren. Man könnte daher annehmen, Piloten wäre unter gegebenen Umständen die Notwendigkeit und auch der hohe Nutzen derartiger Zusatz- resp. Ersatzinformationen vertraut und sie würden diese eher einfordern als ablehnen.

Für bestimmte Aspekte fliegerischer Aktivitäten trifft dies auch ohne jeden Zweifel zu. Blickt man bspw. auf einen Bereich, der nicht durch gesetzliche oder übergeordnete Organisationsvorgaben geregelt wird, wie den der privaten allgemeinen Luftfahrt, finden sich dort zahlreiche Belege für diese Vermutung. Eines ist die Messung der Abgastemperatur der Flugmotoren. Bei alten Sternmotoren etwa waren in vielen Fällen der Auspuff und die austretenden Flammen noch gut vom Cockpit aus sichtbar. Erreicht ein Flugzeug größere Höhen wird, einfach ausgedrückt, die Luft dünner und entsprechend muss für eine optimale Leistung das Benzin-Luftgemisch abgemagert werden. Bei zu voll reichem Gemisch sind die sichtbaren Flammen hellgelb, bei einer Abmagerung werden sie blau, kürzer und brennen intensiver, schneller. Wird weiter abgemagert, werden die Flammen weiß, zugleich tritt ein spürbarer Leistungsverlust ein. Ein Blick auf den Auspuff verrät auf diese Weise den Status der Gemischeinstellung.

Neuere Flugzeuge der allgemeinen Luftfahrt werden jedoch nicht mehr mit Sternmotoren ausgerüstet, die Auspufföffnungen befinden sich, vom Cockpit aus nicht mehr sichtbar, an der Unterseite der Motorenverkleidung. Wie wird nun die Frage der richtigen Gemischeinstellung gelöst? Zunächst muss kritisch festgestellt werden: Es gibt im Bereich der Privatfliegerei wenige Themen, bei denen sich eine ähnlich große, kontroverse Anzahl von Meinungen und Ansichten finden lässt. Spekulativen Ansichten sind auf diesem Feld Tür und Tor weit geöffnet. Warum?

Mit Hilfe der Abbildung 1, linkes Bild, kann die gängige Praxis der Gemischregelung in groben Zügen beschrieben werden.

Zu sehen ist das Cockpit einer weit verbreiteten Schulungsmaschine, einer Cessna 152. Die schwarze, herausgezogene Schubstange ist der Gashebel, der rote der Gemischregler. Für den Start wird voll reiches Gemisch eingestellt (Schubstange ganz nach vorn) und Vollgas gegebenen. Erreicht die Maschine eine größere Flughöhe, wird das Gemisch durch Herausziehen des Stange verringert (hier gehen schon die Ansichten weit auseinander, ab welcher Höhe damit begonnen werden sollte). Fängt der Motor an, unrund zu laufen, wird das Gemisch wieder leicht angereichert. Bei jedem Höhenwechsel wird diese Prozedur wiederholt.

* Die hier angesprochenen Forschungsprojekte ‚Simulatortraining2' und ‚Get & Set'wrden von der Europäischen Gemeinschaft aus Mitteln des EFRE-Fonds gefördert.

Das damit beschriebene Problem: Es gibt keine Möglichkeit, den Status der Gemischeinstellung außer durch Probieren zu erkunden. Lösungen bestehen folglich darin, Informationen über diesen Zustand zu gewinnen und bereitzustellen. Die einfachste Form zeigt die Aufnahme in der Abbildung 1, rechts. Das Instrument in der Mitte zeigt die EGT, die ‚Exhaust gas temperature'. Der in der Aufnahme in mittlerer Position erkennbare Zeiger des Instrumentes zeigt den Bereich der optimalen Abgastemperatur, wodurch Abweichungen davon jederzeit erkannt und korrigiert werden können.

Abb. 1: Position und Fehlerprozente über alle Bearbeitungen des Zeichens 1 auf dem Erhebungsbogen für den Zeilentyp I

Ein normaler Flugzeugmotor verfügt über vier Zylinder, größere Motoren besitzen sechs. Wie erläutert zeigt die EGT-Anzeige aber nur eine Temperatur, die Messsonde dafür wird an dem Zylinder angebracht, von dem man annimmt, dass er die höchsten Temperaturen erreicht. Man misst also einen Zylinder stellvertretend für alle anderen. Um ein genaueres, präziseres Bild über die Leistungseinstellung des Motors zu erhalten müsste folglich eine differenzierte Messung über alle Zylinder erfolgen. Dieser Ansatz wird im Folgenden kurz skizziert.

Abbildung 2 zeigt auf der rechten Seite ein Instrument, das in Form der sechs erkennbaren Balken die Temperaturen von in diesem Fall sechs Zylindern eines Motors anzeigt. An jedem Auspuff des Motors muss dazu entsprechend eine unabhängige Messsonde angebracht werden. Doch damit nicht genug. Zusätzlich werden bei jedem Zylinder die Kopftemperaturen erfasst und durch die erkennbaren Lücken in den Balken der Anzeige wiedergegeben. Die Zahlen unterhalb der Balken zeigen die Abgastemperatur (1344° F) und die Kopftemperatur (376° F) für jeweils den Zylinder, der durch den kleinen Punkt unterhalb der Zylindernummer im oberen Teil des Instruments markiert ist (hier der Zylinder Nr. 2). Doch je differenzierter Messungen ausfallen, desto genauer muss auch Wissen über die relevanten Zusammenhänge zur Verfügung stehen, da ansonsten lediglich Informationen angehäuft würden, ohne ein entsprechendes Wissen darüber, wie es genutzt werden kann. Die Grafik auf der linken Seite in der Abbildung 2 zeigt exemplarisch und verdichtet die Ergebnisse von umfangreichen Messungen und Analysen über Motorleistungen und -einstellungen, gewonnen durch Testläufe auf Prüfständen. Um hier nur einige kurze Erläuterungen zu geben: Die oberste Kurve zeigt die Zylinderkopftemperatur, die darunter liegende die Abgastemperatur, dann folgt die Kurve mit der Motorleistung in PS und ganz unten der Treibstoffverbrauch für eine Stunde einer bestimmten PS-Leistung (sprich ein Maß für die Ökonomie).

Mit diesen Erläuterungen sollte hier jedoch nur eine Botschaft transportiert werden:
Mit einem entsprechenden Mess- und Analyseaufwand kann bei Flugzeugmotoren die jeweils günstigste Einstellung der Leistung und des Verbrauchs erreicht werden, mit den entsprechenden Folgen für die Betriebskosten und auch den Verschleiß des Aggregats.

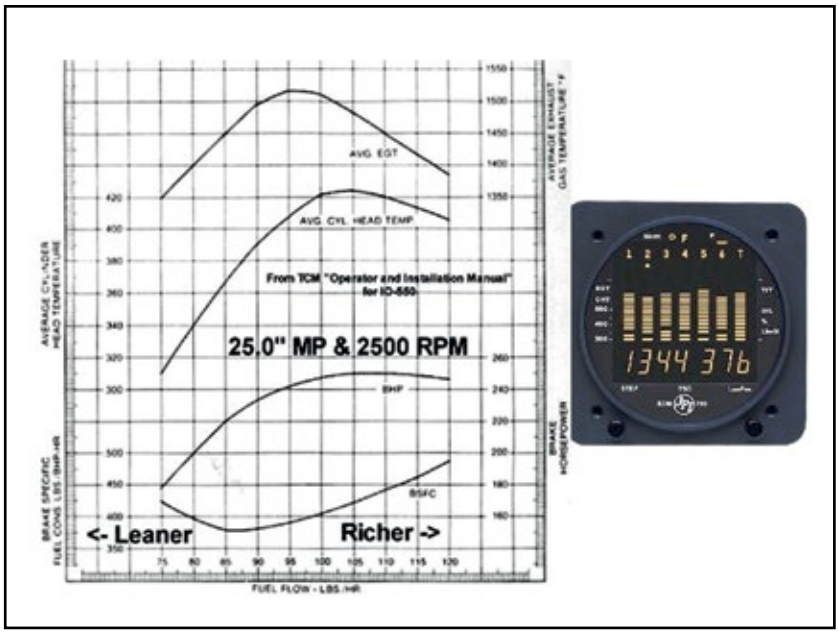


Abb. 2:
Linke Seite: Grafische Darstellung der Zusammenhänge (von unten nach oben) zwischen Ökonomie, Leistung, Zylinderkopf- und Abgastemperatur.

Rechte Seite: Anzeigegerät für einen 6 Zylinder Flugmotor (weitere Erläuterungen im Text).

Damit stellen sich die für viele entscheidende Frage:
Lohnt sich der damit verbundene Aufwand? Lohnen sich die damit verbundenen Kosten überhaupt?
Ist der Einbau eines solchen Instrumentes nebst Messsonden letztlich nur etwas für leicht überdrehte Privatpiloten mit zu hohem Einkommen?

Die Frage kann eine grobe, exemplarische Kalkulation beantworten:

- Das angesprochene Instrument kostet mit Einbau ca. 8000 €.
- Der Benzinverbrauch soll sich um 5% bis 15% reduzieren lassen.
- Der Motor verbraucht ca. 55 Liter AVGAS.
- Ein Liter AVGAS kostet rund 3 €.
- Bei nur 3 Liter/Std. Reduktion sind dies rund 10 € Ersparnis.
- Der Motor hat eine Laufzeit von 2000 Std.
- Ersparnis während der Laufzeit: ≈ 20.000 €

Folglich lohnt unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten die Beschaffung des Instrumentes, zumal es die Lebensdauer eines Motors – hoffentlich – überdauern sollte. Davon abgesehen erhöht es ganz entscheidend das Verständnis und den Einblick in die für eine sichere Flugdurchführung zentrale Funktionalität des Triebwerks.

Eine letzte Steigerung des eben dargelegten Ansatzes besteht darin, sog. Gamijectors, spezifische Einspritzdüsen, die die Treibstoffflüsse automatisch den Luftdurchsätzen in den einzelnen Zylindern angleichen, in dem Motor zu verbauen. Damit wird das Maximum an Leistungsfähigkeit für den jeweiligen Motor erreicht.

Ausbildung und Training im Bereich der Luftfahrt

Auch wenn der thematische Sprung aus dem eben behandelten technischen Bereich in den der Ausbildung und des Trainings in der Luftfahrt etwas hart erscheint: Wie sieht es mit den Kenntnissen, den Messmöglichkeiten und ihren Anwendungen auf diesem Feld aus? Die Antwort auf diese Frage lautet: Es gibt weder belastbare, für das konkrete Geschehen nutzbare Erkenntnisse, es gibt keine Messungen, und es gibt keine erkennbaren Bemühungen, diesen Zustand zu verbessern. Eine belastbare Didaktik der Flugausbildung und des Flugtrainings sucht man folglich vergeblich. Man handelt ‚nach Gefühl' und erworbenen Erfahrungen. Analog zu der eben behandelten Thematik wird so lange ‚Gas gegeben', bis der Schüler, der Trainierende ‚ins Stocken gerät'. Ggf. läuft der Ausbildungs- oder Trainingsprozess aber auch weit unterhalb der im konkreten Fall möglichen Leistungen.

Erfahrene Ausbilder und Trainer verfügen (vermutlich) über ausreichende Erfahrungen, um diese Probleme der Auswahl und Anpassung angemessen zu lösen – auch wenn nach den Ausführungen von Müller auf dem hier in Rede stehenden Symposium Zweifel daran aufkommen können. Der hier vorliegende Beitrag möchte dessen ungeachtet eine diagnostisch-technische Option vorstellen, die diese Aufgabe einer optimalen Anpassung realisieren kann. Abhängig vom Interesse, dem Stand der Erfahrungen oder dem Wunsch nach einer ‚Zweitmeinung' der Ausbilder oder Trainer kann diese Option zur Unterstützung eigner Entscheidungen genutzt werden oder es kann eine automatische Anpassung der Aufgabenstellungen an den jeweiligen Kompetenzstand realisiert werden. In einem eigenen, von der EU geförderten Forschungsvorhaben werden dabei die Möglichkeiten einer Datenschnittstelle genutzt, sowohl Handhabungsdaten aus einem Schiffsführungssimulator auszulesen (GET), wie auch quasi umgekehrt die Bedingungen der Simulation von außen zu spezifizieren (SET). Auf dieser Basis wurde ein System zur adaptiven Trainingsgestaltung realisiert: Die Handhabungsdaten standardisierter Aufgabenstellungen werden kontinuierlich erfasst, um in einem Regelkreis die in der Simulation gestellten Anforderungen kontinuierlich an den Stand der erreichten Fertigkeiten und Kompetenzen anzupassen. So entsteht ein adaptives System, das in jedem Bereich bei der Nutzung simulatorgestützter Ausbildungs- oder Trainingssysteme, und damit auch im Bereich der Fliegerei, zum Einsatz kommen könnte. Abbildung 3 veranschaulicht dieses Konzept auf schematische Weise.

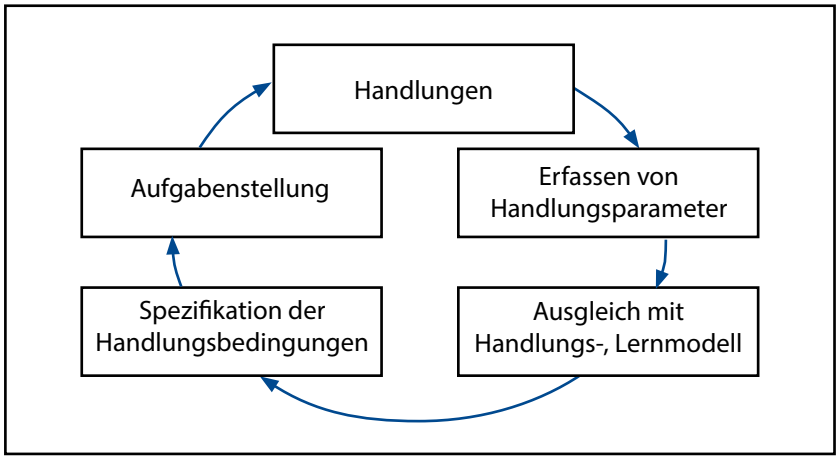


Abb. 3: Vereinfachte schematische Darstellung des mit der verfügbaren GET/SET-Datenschnittstelle aufbaubaren Regelkreises

Im Zentrum steht die angesprochene ‚GET&SET'-Datenschnittstelle, die, vom Simulatorhersteller als ein optionales Zusatzmodul geliefert, in den Datenfluss und die Regelkreise des Simulatorrechnernetzwerks eingebaut wird. Über diese Schnittstelle werden, analog zu den Temperaturmesssonden im Motor, alle relevanten Handlungsparameter erfasst. Zur Erinnerung: Die Simulation muss diese Handlungsparameter zwangsläufig erfassen, da auf Basis dieser Daten die virtuelle Realität des Simulators aufgebaut und erzeugt wird. Ein nächstes Element dieses Regelkreises ist ein Handlungs- resp. Lernmodell. Dieses Modell entspricht wiederum den in Abbildung 2, auf der linken Seite gezeigten Erkenntnissen über den Zusammenhang relevanter Leistungsmerkmale eines Flugmotors. Auf Basis dieses Modells werden die Handlungsbedingungen, jeweils bezogen auf eine spezifische Aufgabenstellung parametrisiert. Im Schiffsbereich besteht eine der Aufgabenstellungen bspw. darin, möglichst exakt den Tonnenstrich einzuhalten (vergleichbar mit dem Einhalten der Höhe oder des ILS im Flugbereich). Die Anpassung der Schulungs- oder Trainingsbedingungen resp. die Wahl einer angemessenen Schwierigkeitsstufe besteht bei dieser nautischen Anforderung in der Hauptsache in der Festlegung von Wind- und Strömungsstärken und deren Konstanz resp. Variabilität.

Doch wie lassen sich die für den skizzierten Regelkreis zentralen Handlungs- resp. Lernmodelle entwickeln? Ein erster Baustein besteht in einer Phase der Sammlung einer repräsentativen Anzahl an Bewältigungen der betrachteten Aufgabenstellung. Sinn dieses Bausteins ist es festzustellen, was eine ‚gute' und eine ‚verbesserungswürdige' Leistung ist. Diese Feststellung beinhaltet die Zusammenstellung verschiedener konkreter, für die jeweilige Situation relevanter Werte, wie bspw. Abstände zu bestimmten Tonnen im Fahrwasser. Liegen diese Werte, genauer Wertebereiche fest, kann in jedem Übungs- oder Trainingsdurchgang auf Basis der gewonnenen Daten die Qualität der Handlungen beurteilt werden.

Der nächste Baustein kann mit Hilfe der schematischen Darstellung in Abbildung 4 erläutert werden. Dazu wird zunächst der Verlauf des Kompetenz- resp. Trainingsgewinns zwischen einem anfänglichen Stadium eher ‚verbesserungswürdiger' Leistungen und dem erreichbaren Stadium einer ‚guten' Leistung ermittelt. Um an diese Daten zu gelangen wurden Probanden gebeten, solange die gestellte Aufgabe zu üben, bis sich keine erkennbaren Leistungssteigerungen mehr zeigten. Ein andere Weg bestand darin, durch einen Extremgruppenvergleich zwischen ‚Berufsanfängern/Studierenden ⟷ Berufserfahrenen Praktikern/Simulatortrainern' an die gewünschten Informationen zu gelangen. In Abbildung 4 wird die Form des Lern- oder Trainingszuwachs idealisiert als eine einfache Gerade zwischen den Bereichen ‚gut' und ‚schlecht' dargestellt. Reale Veränderungen verlaufen dagegen oft in exponentieller Form: zunächst schnell ansteigend, dann flacher werdend.

In diese quasi Verbindung zwischen den Bereichen ‚gut' und ‚schlecht' werden dann an zunächst adhoc festgelegten Punkten ‚Markierungswerte' gelegt. Ein erstellter Versuchsplan weist nun systematisch beim Erreichen eines der ‚Markierungswerte' dem weiteren Trainingsverlauf eine Erhöhung auf einer zuvor festgelegten Skala von Schwierigkeitsstufen zu. Im Laufe der Durchgänge werden so ausreichend Daten für jede der damit gegebenen Kombinationen ermittelt.

Liegen diese Daten vor, zeigt die Abbildung 4 das Prinzip der weiteren Analysen in stark vereinfachter Art und Weise: Es wird geprüft, wie sich an den betrachteten ‚Markierungswerten' eine Erhöhung der Aufgabenschwierigkeit auswirkt: Zeigt nach einer Schwierigkeitserhöhung der Leistungszuwachs weiter in Richtung des Bereichs einer optimalen Bearbeitung? Oder tritt eine Stagnation im Leistungszuwachs oder gar eine Regression, ein Zurückfallen in frühe Leistungsbereiche auf? In Abbildung 4 soll dies durch die drei Verläufe im rechten Teil veranschaulicht werden. Die Punkte stehen für den Markierungswert, an dem die Erhöhung statt fand. Der nach dem Punkt skizzierte Verlauf der Leistung wird jetzt in Bezug zu dem Leistungsverlauf der linken Grafik bei gleichbleibender Schwierigkeit gesetzt. Ein geringer Grad der Schwierigkeitserhöhung wird eine geringe Veränderung des Verlaufs der Leistungssteigerung in Richtung ‚gut' bewirken (obere rechte Darstellung). Eine zu starke Schwierigkeits-

erhöhung wird hingegen die gezeigte Leistung wieder in den Bereich ‚eher schlecht' befördern (untere rechte Darstellung). Die so im Laufe der Zeit zusammengetragenen Ergebnisse über den Zusammenhang ‚Schwierigkeitsveränderung ↔ Leistung' führen letztendlich zu einer optimierten Zuordnung von ‚Markierungswerten' und Veränderungen der Aufgabenschwierigkeit – abhängig vom Fundus der zugrunde liegenden Daten. Dieser Fundus wird jedoch durch den laufenden Ausbildungs- und Trainingsbetrieb kontinuierlich vergrößert, was die Qualität der Anpassung bis zu einem Stadium der Deckelbildung optimiert (siehe dazu auch Zielinski 1996).

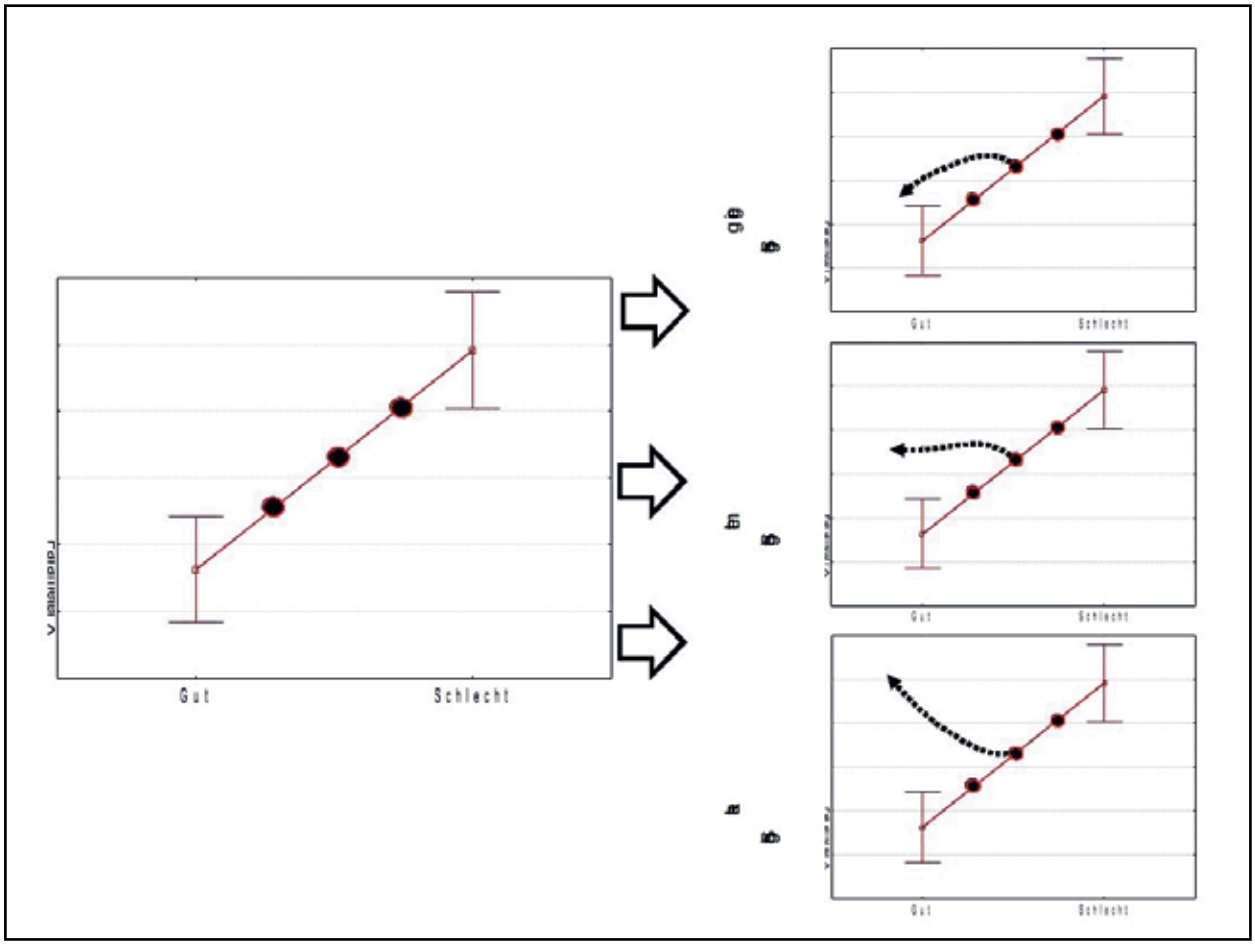


Abb. 4: Schematische Darstellung der durchzuführenden Analysen: An festgelegten Punkten des Lernverlaufs zwischen einem Bereich ‚guter' und ‚schlechter' Bewältigung der Aufgabe (linke Grafik) wird die Schwierigkeit der Aufgabenbearbeitung erhöht. Geprüft wird nun, wie sich verschiedene Grade der Erhöhung auf den weiteren Verlauf des Lern- bzw. Trainingsverlaufs auswirken (rechte Grafik). Die Abbildung zeigt drei abgrenzbare Grundformen: Bei der geringsten Schwierigkeitserhöhung verläuft der Prozess langsamer, bei der mittleren Erhöhung stagniert er und bei der höchsten geht der zuvor erzielte Leistungsgewinn verloren.

Auf die skizzierte Art und Weise konnte ein Instrument geschaffen werden, das einen vertieften Einblick an die im Ausbildungs- und Trainingsbetrieb ablaufenden Zusammenhänge und Prozesse erlaubt. Möglich ist es darüberhinaus, die Anpassung von Schwierigkeitsstufen einer Übung dem GET&SET-Tool zu übertragen.

Ein kurzes Fazit

Mit und durch diesen Beitrag sollte ein Plädoyer für die Entwicklung und den Einsatz von Instrumenten und Verfahren gehalten werden, die geeignet sind, Ausbildungs- und Trainingsmaßnahmen im Bereich der Luftfahrt durch zusätzlich gewonnene Informationen und Daten zu unterstützen und auf eine rationale Basis zu stellen. Erinnert sei an die frappierenden, nicht immer schmerzlosen, weil ernüchternden Erkenntnisse, die durch den Einsatz systematischer Analysen und empirischer Vergleiche in internationaler Zusammenarbeit im Bereich der schulischen Bildung gewonnen werden konnten (→ PISA). Die für das zunächst vorgetragene ‚Motorenbeispiel' angestellte Kosten- Nutzenanalyse kann für den zuletzt angesprochenen Bereich der Nautik oder gar der Luftfahrt nicht vorgeführt werden. Dazu fehlt es dem Autor an Wissen über Kosten für Personal, Handhabungsschäden, Versicherungsleistungen etc. Rhetorisch lässt sich jedoch fragen: Gibt es Zahlen über die Kosten, die durch mangelnde Qualifikation, nicht optimalen Trainingsstand verursacht sind?

Literatur

Cannon-Bowers, J. A.; Tannenbaum, S. I.; Salas, E. & Converse, S. A. (2001). Toward an Integration of Training Theory and Technique. In R. W. Swezey & D. H. Andrews (Eds.), Readings in Training and Simulation: A 30-Year Perspective (p. 74–85). Santa Monica: Human Factors and Ergonomics Society.

Salas, E., Bowers C. A & Rhodenizer, L. (1998). It is not how much you have but how you use it: toward a rational use of simulation to support aviation training. The international journal of aviation psychology 8(3), 197–208.

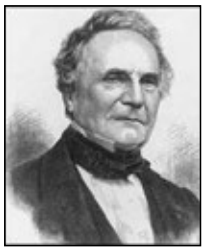
Zielinski, W. (1996). Lernschwierigkeiten. In F. E. Weinert (Hrsg.), Enzyklopädie der Psychologie, Psychologie des Lernens und der Instruktion (S. 369–402). Göttingen, Bern, Toronto, Seattle: Hogrefe.

Harald Hanke

Kommunikation an der Cockpit-Boden-Schnittstelle

Angeregt durch den HF-Unterricht beim Continuation-Training des Werftpersonals wurde eruiert, welche Probleme bei der Kommunikation zwischen Piloten und Mechaniker bzw. Cockpit und Maintenance per Funk oder Telefon existieren. Mit der Ausnahme des Beispiels 3 wurden aus einer Liste von Beispielen diejenigen ausgewählt, die innerhalb der Maintenance reported wurden, wofür aber weder beim Sicherheitspiloten noch im Flightreport-System ein Bericht zu finden war.

Das Besondere dieser Beispiele ist, dass sie regelmäßig vorkamen und auch weiterhin regelmäßig vorkommen. Ist das schon ein Hinweis darauf, wer sich im Recht fühlt/wer im Recht ist? Diese Beispiele sollen nicht bewertet werden. Allerdings werden offene Fragen in den Raum gestellt.

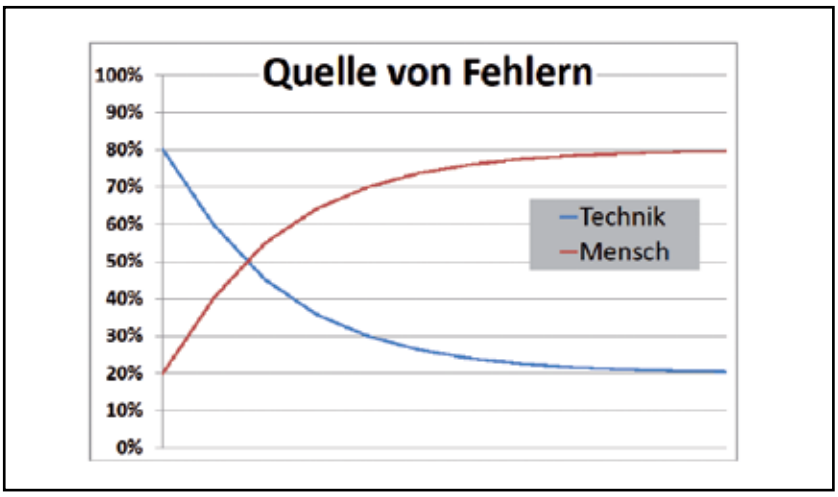


Beginnen möchte ich mit historischem Hintergrund. Im 18. Jahrhundert fand der Mathematiker Charles Babbage (1792-1871) heraus, dass man effektiver arbeiten kann, wenn die Arbeit horizontal getrennt wird. Er zerlegte die Arbeit in verschiedene aufeinander folgende Arbeitsgänge aus Hand- oder Maschinenarbeit. So erhält jeder die für ihn richtige Arbeit.
→ … heute nennt man das „Polarisation der Qualifikation“

Anfang des 19. Jahrhunderts entdeckte der Ing. Frederick Winslow Taylor (1856-1915), dass die Arbeit wesentlich schneller ausgeführt wird, wenn sie geplant wird. Diese Unterteilung in Arbeitsplanung und -ausführung nennt man vertikale Trennung der Arbeit. Sie war die Basis für den späteren Taylorismus.

Diese vertikale Trennung findet man aber häufig noch mehrmals vertikal getrennt. Im übertriebenen Sinne bedeutet das, dass die Planung der geplanten Arbeit nochmals gründlich geplant wird. So werden unbemerkt Scharen von Menschen beschäftig, wo Führungsebenen fest glauben, dass diese Unterteilung nötig sei. Aber gerade in dem System mehrfacher vertikaler Trennung von Arbeitsschritten können sich latente Fehlerfallen verstecken, die die unbemerkte Ursache von fatalen Fehlern sind.
→ … denn je mehr man teilt, je besser muss die Kommunikation zwischen den Teilen werden.

Während wir damit beschäftigt sind, die Arbeit weiter horizontal und vertikal zu teilen und dazu immer mehr Regeln zu erstellen (die ja beachtet werden müssen), vergessen wir anscheinend, dass Menschen diese Arbeiten ausführen müssen.
→ … dazu gehört aber, dass dieser Mensch SEINE Arbeit versteht
→ … Voraussetzung: qualifizierte Ausbildung!



Sehr früh beobachtete man, dass viele auftretende Fehler im System Flugzeug zu ca. 80% technisch und zu 20% menschlich bedingt waren. Diesem Faktum wurde Rechnung getragen und an der technischen Zuverlässigkeit gearbeitet.

Heute sind wir so weit, dass die Technik doch recht zuverlässig arbeitet. Das Ursachenverhältnis für Fehler hat sich umgekehrt in 80% menschliche und 20% technische Fehler. (Anmerkung: Dieses 80:20 Verhältnis hängt von der Definition menschlicher Fehler ab. Wenn alles, wo der Mensch beteiligt ist, berücksichtigt wird, so kommt man leicht zu einem Verhältnis 97:3). Seit einigen Jahren sind wir also gefordert, nicht die Technik noch besser zu machen, sondern den Menschen anders auf die Technik vorzubereiten.

Bei diesen menschlichen Fehlern spielt zu deutlich über 90% eine vorangegangene mangelhafte Kommunikation eine entscheidende Rolle. Die spannende Frage, die seit etlichen Jahren im Mittelpunkt steht, lautet:
„Wie kann man gut verständlich, exakt kommunizieren?“ Im Rahmen der HF-Schulung bei der Technischen Schule der Lufthansa wird bei Grund- und Continuationschulungen u.a. **kkk-Kommunikation** (klar-korrekt-komplett) und das **Kommunikationsmodell nach Friedemann Schulz von Thun** unterrichtet. Da ein Problem in der Kommunikation u.a. ist, das man oft versteht, was man auch erwartet, ist die Maintenance sehr froh, dass auch die „andere“, die Cockpit-Sichtweise im Unterricht mit eingebracht werden kann. Unter den 12 zu Fehlern hauptsächlich beitragenden Faktoren steht am Boden wie wahrscheinlich auch heute noch in allen Cockpitvarianten **„Lack of Communication“** an erster Stelle.

Allgemein bekannt ist, dass Kommunikation eine Transaktion zwischen Sender und Empfänger ist. Die erfolgreichste Kommunikation nutzt Worte (8–10%), Tonfall (ca.40%) und Körpersprache (50–52%).

Um wie viel exakter muss also die Kommunikation sein, wenn sich Cockpitbesatzung und Mechaniker (z.B. am Headset oder Funk) nicht sehen und möglicherweise der Tonfall einer anderen Kultur angehört? Die 10% Worte haben keine Redundanz mehr!

Fall 1
Erwartungshaltung in der Kommunikation, sich ähnlich anhörende Phraseologie
Es war unter normalen Bedingungen ein Flug im Transit abzufertigen. Die Passagiere waren alle an Bord, der Bypass-Pin wurde eingesetzt, die Schleppstange eingehängt, Chocks entfernt, die letzte Tür geschlossen. Der Mechaniker erwartete am Headset weitere Anweisungen für den Push-Back. Endlich kam vom Cockpit die Meldung *„facing east"*. Das, was als Info gedacht war, wurde als *„brakes released"* verstanden und der Push-Back-Vorgang begonnen. Das Parking Brake Light wurde nicht verifiziert. In der Schleppstange brach der Scherbolzen.

- Wo waren die Beteiligten mental bei der Kommunikation?
  … die Cockpit-Crew im Modell Rollvorgang
  … der Kollege am Boden im Modell Push-Back.
- Wünschenswert wäre ein Marinekonzept[1] und „kkk" bei der Kommunikation nicht nur im Cockpit sondern auch zwischen Boden und Cockpit!
- Ein Situationsverständnis der jeweils anderen Seite fehlte!
- Ein Briefing mit dem Mechaniker wie im Cockpit z.B. für den Take-off fehlte!

Eine Anmerkung: Viele Piloten kennen den Spaß, in Frankreich statt „higher level" „Eierlöffel" zu requesten. … und der Controller vergibt eine höhere Flugfläche.

Fall 2
Unterbrechung der (Reparatur-)Arbeit
Ein A320 war im Transit auf einer entlegenen Außenposition geparkt. Die ankommende Crew beanstandete eine Hydraulikleckage im Fahrwerksschacht. Um eine gründliche Fehlersuche durchzuführen, benötigte der Mechaniker eine Leiter. Die einzig verfügbare musste er von einer anderen Vorfeldposition holen. Sie war etwas lang, passte aber gerade unter den Rumpf. Während der Fehlersuche traf die übernehmende Crew ein. Es gab einen Situationsaustausch.

Die undichte Stelle wurde gefunden und repariert. Es wurde mit der Reinigung begonnen als der CPT den Mechaniker ins Cockpit bat, um TLB-Einträge zu diskutieren. Während sich der Mechaniker im Cockpit befand, wurde der Flieger betankt. Durch das zusätzliche Gewicht senkte sich der Flieger ab und lag nun auf der Leiter auf.

Genau wie es bei Piloten tabu ist, sich durch nichts bei einer FMS-Routen-Eingabe unterbrechen zu lassen, wird bei den Mechanikern gelehrt, sich auch in ihren Arbeiten niemals ablenken zu lassen, bis die Arbeit KOMPLETT fertig ist. Darüber hinaus ist es wesentlich, dieses Sich-nicht-ablenken-lassen auch gegenüber jedermann zu kommunizieren und von der Gegenseite Verständnis zu erwarten. Sich in den Arbeitsablauf des jeweils anderen versetzen zu können, erleichtert die Zusammenarbeit.
• War ein zu erwartendes Verständnis der Gegenseite vorhanden?
• Hat sich jede Partei in den Arbeitsablauf des jeweils anderen hineinversetzt?

Die nächsten Fälle beziehen sich auf CB-Resets.

1 Das „Marinekonzept" bezeichnet eine Two-Way-Communication, die immer das Gesagte/Angewiesene verbal oder non-verbal bestätigt

Fall 3
Anfrage aus dem Cockpit über Funk
Unabhängig davon, dass dieser Fall einer B737-800 bei einer ausländischen Airline passierte, möchte ich ihn schildern, weil er zur mangelnden „Situational Awareness" sehr gut passt. (Trotzdem, …könnte er wirklich bei uns nicht passieren?)

The dispatcher advised a maintenance technician of a radio patch with a flight with a maintenance problem the crew wished to discuss. Radio-communication was established. The flight crew informed the technician they had a source display fault on the number 1 DEU (Digital Electronic Unit).
DEU is used to control and monitor general range of products and system
This is a common fault and it is a maintenance normal procedure to reset the DEU to correct the fault. The technician gave the flight crew the reset procedure and the fault cleared.

When the crew came back on radio after the reset the captain said *„sorry it took so long to get back we had to do a little aviating and make sure our wings were level because we lost our screens for a bit."* This was the first time the technician realized he was in flight.
- Technisch normal ist, dass bei diesem RESET die Bildschirme für die Zeit des Computer-Wiederhochfahrens nichts anzeigen. Ob das der CPT wusste?
- War die Kommunikation wirklich klar und komplett? (kkk)
- War ein Situationsverständnis der Gegenseite vorhanden?
- Wurde sich in den Arbeitsablauf des jeweils anderen versetzt?
- **Wird dem Gegenüber nicht oft eigenes „logisches" Know-how unterstellt?**

Die folgenden beiden Fälle sind generelle Hinweise der Maintenance

Fall 4
Zweigleisigkeit, um Zeit zu sparen
Bei einer technischen Beanstandung auf einer Auslandsstation wird die LHT-Maintenance vor Ort gerufen. Ein Maintenance Kollege steigt am Flieger in das Troubleshooting ein und bearbeitet das Problem anhand der Maintenance Unterlagen.

Da die Reparatur dem Pilot ein wenig lange dauerte, greift er parallel zum Handy und kommuniziert mit Maintenance Support auf der Home Base. Hier wird nun ebenfalls versucht, Lösungen für die Beanstandung zu finden. Jedoch weiß der MS-Kollege nicht, dass ein LHT-Techniker bereits vor Ort ist und der LHT-Techniker weiß nichts von den Ratschlägen des MS-Kollegen.

Wenn nun per „action order" von MS eine Lösung dem Mechaniker vor Ort übermittelt würde, führt in der Regel zu Verdruss bei allen Beteiligten, da durch die unterschiedlichen Vorgehensweisen der eine Lösungsweg möglicherweise den anderen aushebelt. In den meisten Fällen kommen dadurch „nur" vermeidbare Verspätungen zustande, in einigen wenigen Fällen könnte der Flieger sogar technischen Schaden nehmen. Außerdem fühlen sich die beteiligten Maintenance Kollegen dadurch gegeneinander ausgespielt.

Fall 5
Eigenständiges Troubleshooting mit Handy, um Zeit zu sparen
Es haben Besatzungsmitglieder mit Handy am Ohr im E&E-Compartment versucht, Fehler an Computern zu finden und mit CB-Reset zu beheben. Erst wenn bei diesen Versuchen der Erflog ausblieb, wurde die Maintenance vor Ort gerufen. Der gezielte und schnelle Einstieg in das Troubleshooting ist dann seitens der Maintenance kaum mehr möglich, da die Ausgangssituation häufig verändert wurde oder durch Resets z.T. Fehlerspeicher gelöscht wurden. So muss die Maintenance die zuvor angefangenen Behebungsmaßnahmen der Besatzung erst zu einem sicheren Abschluss bringen bevor mit der eigentlichen Reparatur begonnen werden kann.
Hinweis: **die Maintenance ist für den technischen Zustand des Fliegers am Boden verantwortlich und muss diesen dokumentieren.**

Resümee
Da seitens der Cockpitbesatzung kein Report verfasst wurde, kann dann gefolgert werden, dass die Schuld nur beim Mechaniker liegt?
Wenn Human Error Engineering durchgeführt würde, dann wird, wie Prof. Sidney Dekker es beschreibt, der vordergründige Grund hinterfragt. Auf diese Weise gelangt man zu oft überraschenden neuen Erkenntnissen. Häufig findet man dann die Ursache für einen Fehler an einer ganz anderen Stelle.
Würde ich die Frage stellen „Wie praktiziert man richtige Kommunikation?“ so würde wohl jeder die richtige Antwort geben. Doch warum wird das dann in den entscheidenden Momenten nicht in die Praxis umgesetzt?
Auf dem Weg zur Antwort darauf entstehen dann besonders zur Kommunikation weitere Fragen, wie …

- War die verbale oder schriftliche Kommunikation klar-korrekt-komplett?
- War die Kommunikation so vollständig, dass beide Parteien die Situation für sich und die Gegenseite verstanden haben?
- Kennt jeder Beteiligte die Sichtweise, Erwartungshaltung und Situation des Anderen?
- Sind Mechaniker, FO und CPT für die gemeinschaftlichen Arbeiten immer auf demselben Stand?
- Gibt es ein Cockpit-Boden-Briefing für jede Arbeit, so wie es im Cockpit unter Piloten auch üblich ist?
- Existiert ein „Marine-Konzept“ auch mit dem Mechaniker?
- Wird ein Sich-nicht-ablenken-lassen wirklich bei jedem Beteiligten akzeptiert?
- Wie akzeptabel ist es, zwei Institutionen parallel mit demselben Problem zu beschäftigen?
- Wie gut kennen Piloten die komplizierte Anwendung der verworrenen Regel- und Reparaturwerke (FRM, AMM, SSM, IQ move, …) der Maintenance?

Literaturquellen:

Miss-Verstanden?, SW2009-1, S.16
Trügerischer Stillstand, SW2010-1, S.25
Various Experience Reports, SW 2011-4, S.24

Just Culture – Non-Punitive Sicherheitskultur

Muss Strafe sein?

Einleitung

Wenn es in der Luftfahrt zu Vorfällen oder Unfällen kommt werden in der breiten Öffentlichkeit, sowie gegebenenfalls vom Staatsanwalt, relativ schnell die folgenden drei Fragen gestellt:

Wer hat Schuld an dem Vorfall/Unfall?
Was passiert mit den Schuldigen?
Wer kommt für den Schaden auf?

Diese Fragen reflektieren zu einem gewissen Grad die soziokulturellen Normen und Werte der Gesellschaft. Irgendjemand hat da Fehler gemacht und/oder gegen irgendwelche Regeln, bzw. gegen Gesetze verstoßen.

Oft rücken die Operateure an vorderster Linie (Piloten, Fluglotsen, Mechaniker) in den Fokus des öffentlichen und juristischen Interesses. Da diese Operateure ja gut ausgebildet sind, werden „Fehler", oder gar Verstöße, dieser Operateure von der breiten Öffentlichkeit eher nicht akzeptiert. Stattdessen wird schnell darauf gedrängt, die „Schuldigen" auch zur Rechenschaft zu ziehen – in der öffentlichen Meinung ist dies nur „recht und billig".

Die Angst vor möglichen Konsequenzen führt unter Umständen dazu, dass die Beteiligten nicht offen mit etwaigen Fehlern umgehen. Man verschweigt diese lieber und versucht unter Umständen sogar Dinge zu vertuschen – insbesondere dann, wenn „es gerade noch einmal gut gegangen" und kein Schaden entstanden ist.

Für die Unfalluntersucher sind aber gerade diese „Beinahe-Unfälle" von besonderem Interesse, da die Umstände oft Rückschlüsse auf latent existierende systemische Probleme geben können. Aber auch im Falle eines tatsächlichen Unfall/Vorfall ist es für die lückenlose Aufklärung essentiell, dass die Beteiligten möglichst alle Fakten offen auf den Tisch legen.

Es kam somit über die Jahre bei vielen Vertretern aus der Industrie, der Forschung und der Lehre zu der Erkenntnis, dass für eine wirkliche Verbesserung der Sicherheit die Suche nach Ursachen (das „Was") der Suche nach den etwaigen Schuldigen (dem „Wer") übergeordnet sein muss. Aus dieser Erkenntnis heraus entwickelten sich Systeme und Ansätze für eine Just Culture (gerechte Kultur), in der „ehrliche Fehler" nicht zu Strafen oder ähnlichen Konsequenzen führen – vielmehr sollen Beteiligte sogar ermuntert (→ belohnt) werden, wenn sie pro-aktiv mit eigenen Fehlern umgehen (z.B. Meldung machen).

In der Theorie funktioniert *Just Culture* ganz gut, aber in der Praxis stellen sich einige Probleme. Allen voran, was genau „ehrliche Fehler" sind – in anderen Worten welche Handlungen akzeptabel sind und welche nicht? Man stellt hier sehr schnell fest, dass es da eine sehr große Grauzone gibt, da das System Luftfahrt extrem komplex ist und kaum ein Fall genau dem Anderen gleicht.

Des Weiteren lassen die juristischen Rahmenbedingungen in vielen Ländern es nicht zu, den Beteiligten Straffreiheit (oder zumindest weniger juristische Konsequenzen) zu gewährleisten.

Die folgende Ausarbeitung gibt einen kurzen Überblick über die historische Entwicklung von*Just Culture* von den Anfängen in den 1970ern bis heute. Es werden verschiedene Ansätze, wie zum Beispiel non-punitive Systeme oder anonyme Meldesysteme kurz betrachtet und auf mögliche praktische Umsetzung hin untersucht.

Abschließend werden noch zwei Fallbeispiele vorgestellt und darauf basierend ein Ausblick in die zukünftige Entwicklung von *Just Culture* gegeben.

Einschränkungen

Über die Jahrtausende haben sich in verschiedenen Kulturen zum Teil stark unterschiedliche Rechtskulturen mit entsprechenden Rechtssystemen entwickelt. Eine detaillierte Analyse dieser hätte den Umfang dieser Arbeit gesprengt. Ich gehe deshalb nur grob auf bestimmte Rechtskulturen und Rechtssysteme ein, wobei hier der Fokus auf westlichen Systemen (insbesondere dem US-amerikanischen Rechtssystem) liegt, da die zivile Luftfahrt zu einem erheblichen Teil von den westlichen Kulturen geprägt ist.

Im Hinblick auf *Just Culture* und non-punitive Sicherheitskultur ist es unumgänglich auf einige juristische Konzepte, wie zum Beispiel Fahrlässigkeit, einzugehen. Auch hier wäre eine umfassende Betrachtung, wann im juristischen Sinne welcher Tatbestand der Fahrlässigkeit gegeben ist, weit über den Rahmen dieser Arbeit hinausgegangen. Ich habe mich deshalb im Folgenden auf sehr grobe und einfache Definitionen beschränkt.

Des Weiteren habe ich aus obigem Grund auch auf eine genauere Analyse der Grundbegriffe „Fehler“ und „Strafe“ verzichtet. Für beide Überbegriffe (Fehler sowie Strafe) findet man eine Vielzahl verschiedener Begriffe und Definitionen.

Wenn in der folgenden Ausarbeitung von „Fehlern“ die Rede ist, so sind dies Fehler im Sinne der Definition des Deutschen Instituts für Normung (s.u.) – wann immer ich mich in dieser Arbeit davon abweichend auf einen speziellen Fehler beziehe, habe ich entsprechend darauf hingewiesen.

Unter „Strafen“ beschränke ich mich hier auf das rechtswissenschaftliche Verständnis von Strafen im Sinne der Definition im folgenden Kapitel. Theologische, philosophische und soziologische Ansätze/Definitionen wurden wenig oder gar nicht berücksichtigt.

Definitionen

Fahrlässigkeit (Englisch – *Negligence*) – i.S.d. § 276 Abs. 2 BGB. „Ihrer macht sich schuldig, wer die im Verkehr erforderliche Sorgfalt außer Acht lässt“ (BMJ, 2012).

Grobe Fahrlässigkeit (Englisch – *Gross Negligence*) – Wenn die erforderliche Sorgfalt (s.o.) in ungewöhnlich hohem Maße verletzt wurde oder wenn naheliegende Überlegungen nicht angestellt wurden (JZ, 1974).

Bewusste Fahrlässigkeit (Englisch – *Wilful Negligence*) – Die erforderliche Sorgfalt (s.o.) wird bewusst außer Acht gelassen und der Handelnde rechnet mit dem möglichen Eintritt, vertraut aber pflichtwidrig und vorwerfbar darauf, dass der Schaden nicht eintreten wird.

Vorsatz (English – *Intent*) – Wissen und Wollen der Tatbestandsverwirklichung (Jura-Schemata 2012) – der Handelnde zielt bewusst auf den Eintritt unter Inkaufnahme etwaiger Schäden (im Gegensatz zur bewussten Fahrlässigkeit, wo der Handelnde lediglich mit dem möglichen Eintritt rechnet aber darauf vertraut, dass der Schaden nicht eintreten wird).

Fehler (English – *Error*) – „Merkmalswert, der die vorgegebenen Forderungen nicht erfüllt" und als „Nichterfüllung einer Anforderung"; dabei wird die Anforderung definiert als „Erfordernis oder Erwartung, das oder die festgelegt, üblicherweise vorausgesetzt oder verpflichtend ist". (DIN, 2012)

Strafe (English – *Punishment*) – Sanktion gegenüber einem bestimmten Verhalten (z.B. Verstoß gegen Rechtsnormen), das in der Regel als Unrecht, bzw. als (in der Situation) unangemessen, betrachtet wird. Für meinen Vortrag und die folgende Ausarbeitung habe ich u.a. auf die Arbeit des Global Aviation Information Network (GAIN, 2004) zurückgegriffen. Entsprechende Referenzen und Graphiken wurden per „Right to Copy" von dem GAIN gegeben.

1. Entwicklung von Just Culture und Non-Punitiven Systemen

In praktisch allen menschlichen Kulturen findet man Regelwerke (Gesetze), welche die Rahmenbedingungen für das gesellschaftliche Miteinander regeln. Je größer und komplexer die jeweiligen Kulturen, desto umfangreicher und komplexer sind dann oft die entsprechenden Regelwerke.

Es haben sich über die Jahrtausende, zum Teil recht unterschiedliche, Rechtskulturen und Rechtssysteme entwickelt. Eines ist allerdings allen diesen Kulturen gleich – grundsätzlich geht die Gesellschaft davon aus, dass die jeweiligen Regeln/Gesetze eingehalten werden sollen und bei Nichtbefolgung mit Konsequenzen zu rechnen ist.

Die Einhaltung der Regeln/Gesetze, sowie Durchsetzung etwaiger Konsequenzen (Strafen) obliegt dabei generell einer Instanz – in modernen Gesellschaften in der Regel der Regierung. Die Regierung schützt somit die Interessen der Gesellschaft.

Theoretisch zieht somit jede Zuwiderhandlung Konsequenzen nach sich (→ „handlungs-orientiertes Rechtsverständnis"). In der realen Welt (zumindest in den meisten modernen westlichen Kulturen), war allerdings über die Jahrhunderte die Entwicklung eher dahin, dass es oft nur dann zu Konsequenzen kommt, wenn aus der Zuwiderhandlung konkrete Resultate (z.B. Schäden) entstanden sind.

Somit finden wir in der Praxis eher ein „ergebnisorientiertes Rechtsverständnis", wo oft Konsequenzen für den Einzelnen aus den Folgen/Ergebnissen seiner Handlungen und nicht aus den Handlungen selbst resultieren.So lange die Zuwiderhandlung ohne Auswirkung bleibt, interessiert sich die Gesellschaft oft gar nicht und das Rechtssystem (→ der Staatsanwalt) wenig für den Fall. Aussagen wie z.B. „Ist ja noch einmal gut gegangen" oder „Macht nix, ist ja nix passiert" spiegeln dies wider.

Andererseits ist das gesellschaftliche und juristische Interesse im Falle von konkreten Auswirkungen durch Zuwiderhandlungen schnell sehr groß. Insbesondere, wenn es zu hohem Personen-/Sachschaden oder gar Todesfällen kommt. Hierbei ist der Aufwand der Ermittlungen oft direkt proportional zu dem entstandenen Schaden.

Es dominiert in diesem Zusammenhang der Grundgedanke der Wiedergutmachung. Zuwiderhandelnde sollen möglichst die entstandenen Schäden ersetzen. Falls dies nicht möglich ist (bestimmte Personenschäden und Todesfälle sind nicht wirklich wiedergutzumachen und Sachschäden können die finanziellen Möglichkeiten des Zuwiderhandelnden überschreiten), sollen diese zumindest anderweitig für Ihre Handlungen zur Rechenschaft gezogen werden.

Eine solche „Rechenschaft" nimmt oft die Form von Strafen an. Das Prinzip des „Auge um Auge und Zahn um Zahn" des Alten Testaments war hierbei über viele Jahrhunderte der Grundgedanke einer „gerechten Strafe". Eine Wiedergutmachung des Schadens ist ja nicht direkt möglich, aber zumindest erfährt der Übeltäter das Gleiche (oder Ähnliches).

Über die bloße Wiedergutmachung hinaus, hat sich in den meisten Rechtskulturen auch ein Bewusstsein für die Frage nach der Schwere der „Schuld" des Zuwiderhandelnden entwickelt. Lag im Falle des Vergehens Fahrlässigkeit, grobe-, bewusste Fahrlässigkeit oder gar Vorsatz vor?

Es entwickelten sich hieraus häufig Rechtsnormen mit mehr-oder-weniger klar definierten Strafgesetzbüchern. Oft unterscheiden die Rechtssysteme zwischen bloßen Vergehen (welche dann in der Regel zivilrechtliche Verfahren nach sich ziehen) und Straftaten (→ Verstöße gegen die bestehenden Rechtsnormen), welche Strafverfahren nach sich ziehen. Kommt es nach einem solchen Strafverfahren zu einer Verurteilung, werden Strafen im juristischen Sinne (siehe Definitionen) verhängt.

Solche Strafen dienen dann zusätzlich zu der bloßen Wiedergutmachung, potentiell noch weiteren Zielen – wie zum Beispiel:

- Veränderung des zu Bestrafenden zum Besseren
- Ziel der Abschreckung potentieller anderer Übeltäter
- Ziel des Schutzes anderer (z. B. der sonstigen Bevölkerung)
- Wiederherstellung der Gerechtigkeit (Sühne) und von Vergeltung (→ Genugtuung/Rache des Geschädigten)

Wie ich oben bereits erwähnte, haben viele (westliche) Gesellschaften sich hin zu einer ergebnisorientierten Rechtskultur entwickelt. Unabhängig hiervon blieb ein gewisses „handlungsorientiertes" Rechtsverständnis dahingehend erhalten, dass Verstöße gegen die Rechtsnormen grundsätzlich Strafen nach sich ziehen. Dabei ist es nicht von Bedeutung ob es durch die Verstöße zu Schäden kam oder nicht („eine Straftat ist eine Straftat"). Entscheidend für eine etwaige Bestrafung ist, ob den Verstößen nachgegangen wird – und falls ja, in welchem Umfang.

Wenn es zu keinem Schaden kam, ist generell das gesellschaftliche Interesse nicht sehr groß und das juristische Interesse oft auch nur gering. Insbesondere bei zivilrechtlichen Vergehen wird es in der Praxis meistens nur dann zu einem Verfahren kommen, wenn es zu tatsächlichen Schäden gekommen ist. Die Tatsache, dass viele Rechtssysteme überlastet sind, hat diese Entwicklung weiter verstärkt und viele Verfahren werden frühzeitig eingestellt, bzw. gar nicht erst eröffnet wenn es keine Schäden gab.

Westliche Rechtssysteme reflektieren die obige Entwicklung. So muss z.B. in den USA der Tatbestand eines zivilen Vergehens (sogenannte Torts) die folgenden vier Elemente beinhalten:

1 - Pflicht (Duty) – Der Betroffene hat eine gewisse Pflicht und ist sich dieser bewusst

2 - Pflichtverletzung (Breach of Duty) – Der Betroffene hat gegen diese Pflicht verstoßen

3 - Kausalität (Causation) – es besteht ein Zusammenhang zwischen der Pflichtverletzung und dem Vorfall

4 - Schaden (Damages) – die Pflichtverletzung hat zu Schäden geführt (ohne Schäden kein Tort)

Die Fragen der Pflicht, beziehungsweise Pflichtverletzung, sind dabei oft am schwersten zu beantworten. In der Theorie der Jurisprudenz betrachtet man hierzu was eine vernünftige und umsichtige Person unter den gleichen oder ähnlichen Umständen getan hätte *(Reasonable and prudent person under the same or similar circumstances).* „Vernünftig und umsichtig" beinhaltet hierbei auch die professionellen Qualifikationen sowie die Erfahrung der Zuwiderhandelnden.

Je komplexer die Umstände und das Umfeld, desto schwieriger ist es zu beurteilen was denn genau „vernünftig und umsichtig" bedeutet.

Unabhängig davon, ob das Vergehen zivilrechtlicher oder strafrechtlicher Natur ist, wird, sobald das gesellschaftliche, bzw. juristische, Interesse erst einmal geweckt ist, oft sehr penibel untersucht inwiefern die Betroffenen fahrlässig oder gar vorsätzlich gehandelt haben.

So lange Fehler, oder gar Verstöße, zu keinem Schaden geführt haben, ist die Motivation der Zuwiderhandelnden ihre Fehler/Verstöße zu melden (→ Selbstanzeige) somit nicht besonders hoch. Im Gegenteil, Zuwiderhandelnde versuchen wann immer möglich eher ihre Taten zu vertuschen (nach dem Motto: „Was niemand weiß, macht niemand heiß") – beziehungsweise, das Rechtssystem zu umgehen (nach dem Motto: "Wo kein Kläger, da kein Richter").

In hochkomplexen Systemen, wie zum Beispiel der zivilen Luftfahrt, hat die obige Einstellung allerdings einen gravierenden Nachteil – es werden potentielle Schwachstellen im System oft nur unzureichend offengelegt.

Die Angst davor, „schlafende Hunde zu wecken" und sich selbst womöglich in den Fokus einer staatsanwaltlichen Untersuchung zu rücken, hält Zuwiderhandelnde davon ab, eigene Fehler zu melden – hierbei ist es aber durchaus möglich, dass der „Fehler", ganz oder teilweise, systemimmanent bedingt war und eine Meldung diese potentielle Schwäche im System aufgezeigt hätte.

Inwiefern Fehler systemisch bedingt waren, kann aber oft nur eine gründliche Untersuchung zeigen – diese könnte allerdings auch zeigen, dass die Betroffenen „schuld" waren und dies könnte wiederum zu Konsequenzen (Strafen) führen – also schweigen die Betroffenen lieber.

Flugunfalluntersuchungen beschäftigen sich somit hauptsächlich mit tatsächlichen Unfällen und der Aufwand ist dabei in der Regel proportional zu dem entstandenen Schaden. Der Fokus liegt hierbei oft auf der Frage der Schuld (dem „Wer" → *blame culture* „Kultur der Schuldzuweisung") und weniger auf der Ursachenforschung (dem „Was").

Eine „ideale Sicherheitskultur" wird aber der Suche nach dem „Was" immer Priorität über der Suche nach dem „Wer" geben und dies erreicht man nur, wenn alle Beteiligten offen über Fehler/Probleme sprechen und Erfahrungen austauschen, um gleichgelagerte Fehler/Probleme in der Zukunft zu vermeiden.

Eine solche „offene Kommunikationskultur“ war in der zivilen Luftfahrt aus den oben genannten Gründen allerdings nicht vorhanden – und so reifte in den 1970er Jahren in Flugunfalluntersuchungskreisen die Erkenntnis, dass die Suche nach Ursachen von der Suche nach Schuld getrennt werden müsse.

In den USA führte 1976 die *Federal Aviation Administration* (FAA – US Luftfahrtbehörde) das Aviation Safety Reporting System (ASRS) ein (FAR 91.25 & CFR 91.25). Das ASRS ermöglicht eine zunächst anonyme Selbstanzeige für bestimmte Vergehen in der Zivilluftfahrt. Sollte der Vorfall zu einer zivil- oder strafrechtlichen Untersuchung führen, kann der Zuwiderhandelnde auf seinen ASRS-Report verweisen und erhält dadurch Straffreiheit (außer im Falle von Vorsatz und/oder grober Fahrlässigkeit).

Unabhängig davon, ob es zu einem Verfahren kommt oder nicht, werden die Reportdaten von der *National Aeronautics and Space Administration* (NASA – US Luft- und Raumfahrtadministration) ausgewertet, um potentielle Schwachstellen zu erkennen und gegebenenfalls Gegenmaßnahmen zu ergreifen.
Der Ansatz des ASRS wurde über die folgenden Jahrzehnte weiterverfolgt und es entstand das Konzept einer *Just Culture* („gerechten Kultur“) im Gegensatz zu der *Blame Culture* (s.o.). Für James Reason (1997) bildet Just Culture eine elementare Säule einer guten Sicherheitskultur – er definiert *Just Culture* wie folgt:

“An atmosphere of trust in which people are encouraged, even rewarded, for providing essential safety-related information, but in which they are also clear about where the line must be drawn between acceptable and unacceptable behavior.“

(Übersetzung: Eine Atmosphäre des Vertrauens, in welcher Menschen ermutigt, sogar dafür belohnt werden, essentielle sicherheitsbezogene Informationen zu geben – aber in welcher sie sich auch darüber im Klaren sind, wo die Linie zwischen akzeptablem und inakzeptablem Verhalten gezogen werden muss.)

Eine Kernfrage ist hierbei allerdings, wo die Trennlinie zwischen akzeptablem und inakzeptablem Verhalten liegt? Die Trennung zwischen „schwarz“ (inakzeptabel) und „weiß“ (akzeptabel) – oder wie in der folgenden Graphik „rot“ und „grün“ – ist dabei noch relativ einfach.

Malevolent damage Substance abuse for recreation	**Unacceptable behaviour**
Substance abuse with mitigation Negligent errorr	**Acceptable behaviour**
Unsafe acts	**Blameless behaviour**

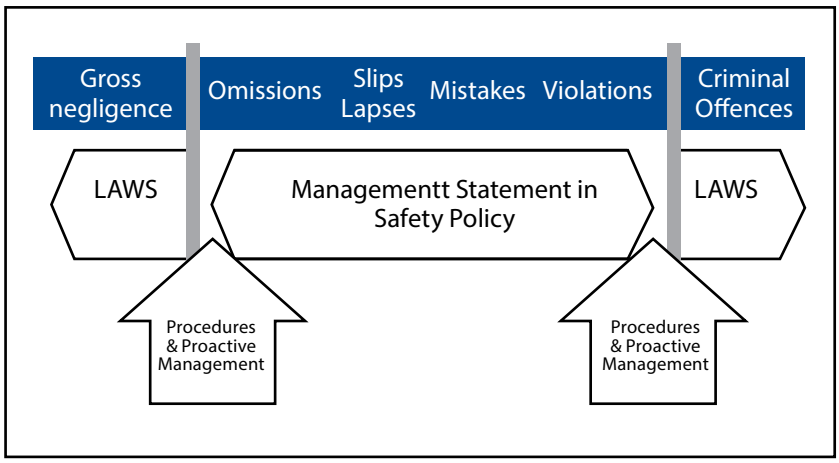
Gain (2004) *Übersetzung: malevolent – böswillig mitigation – mildernd*

Handlungen welche böswillig (vorsätzlich) Schäden verursachen, sowie Drogen-/Arzneimittelmissbrauch zur reinen Freizeitgestaltung sind inakzeptabel – eine „unsichere Handlung“ (ohne Fahrlässigkeit) ist nicht nur akzeptabel, sondern auch „schuldlos“.

Dazwischen liegt der graue (oder gelbe) Bereich der noch akzeptablen Handlungen (wie z.B. Drogen-/Arzneimittelmissbrauch mit mildernden Faktoren, oder fahrlässigen Fehlern). Und hier zeigt sich in der Praxis das Problem – der graue (gelbe) Bereich ist keine Linie, sondern ein eher großer Bereich und nicht immer objektiv zu bestimmen.

Was sind genau „mildernde Umstände“ – welche Art von „Fehler“ (z.B. Versehen, Auslassung, Fehlbedienung, Verwechslung, etc.) sind noch akzeptabel – welche nicht? Wo fängt grobe Fahrlässigkeit an – ab wann begeht man eine „strafbare“ Handlung oder sogar eine kriminelle Handlung?

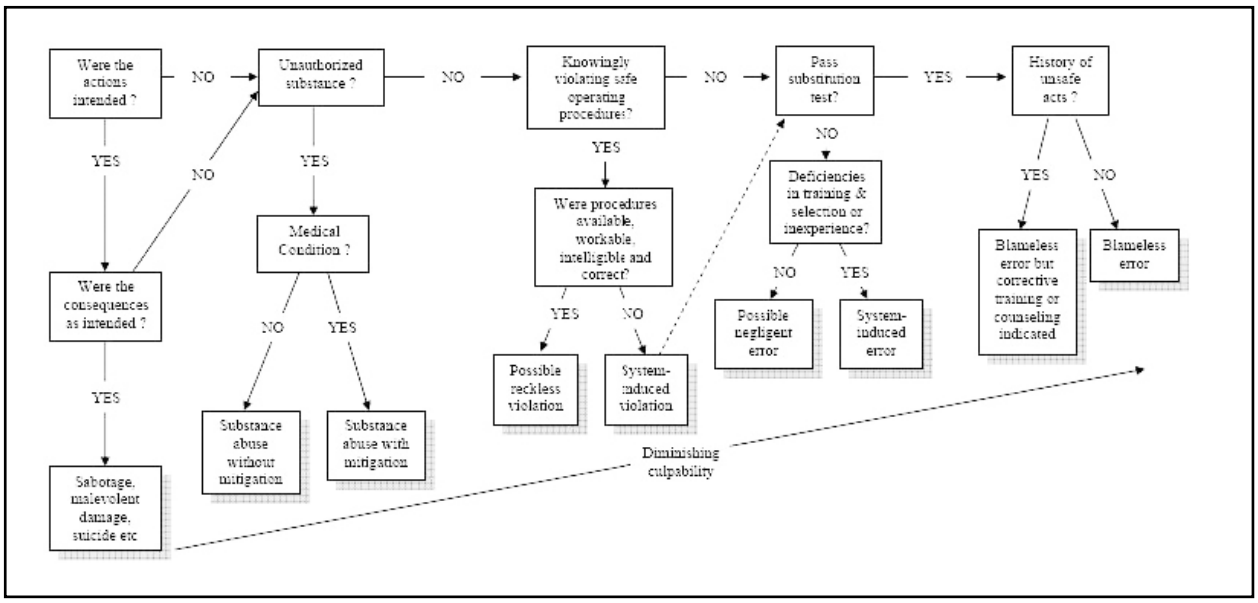
Auch die folgende, etwas differenziertere Graphik, sowie der Entscheidungsbaum von Reason beantworten die obigen Fragen nur unzureichend.



(GAIN, 2004)

Figure 2:
Defining the borders of "bad behaviours" (From P. Stastny Sixth GAIM World Conference, Rome, 18-19 June, 2002)

Übersetzung:
Omission – Auslassung/Versäumnis
Slip – Ausrutscher
Lapse – Aussetzer
Mistake – Fehler/Versehen/Irrtum
Violation – Verstoß/Missachtung
Criminal Offence – Straftat



Reason (1997) *Figure 3: A decision tree for determining the culpability of unsafe acts. p. 209*

Die International *Civil Aviation Organization* (ICAO – Internationale Zivilluftfahrtorganisation) erkannte, dass eine „Atmosphäre des Vertrauens“ zu wenig für die Entwicklung einer Just Culture ist. Da konkrete Definitionen von akzeptablem versus inakzeptablem Verhalten nicht (oder nur sehr schwer) zu formulieren sind, bleibt für den Einzelnen ein hohes Maß an Unsicherheit. Im Falle einer Selbstanzeige könnte es zu dramatischen Konsequenzen (Strafen) kommen und somit sehen die Meisten dann doch eher von der Selbstanzeige ab.

Eine potentielle Lösung für das obige Dilemma wäre eine „Nicht-Bestrafung" (Non-Punitives System). Ähnlich dem ASRS erhalten Zuwiderhandelnde bei Selbstanzeige Straffreiheit. Die ICAO erweiterte somit auch die Definition von Just Culture:

„A culture in which front line operators or others are not punished for actions, omissions or decisions taken by them that are commensurate with their experience and training, but where gross negligence, willful violations and destructive acts are not tolerated."
(Übersetzung: Eine Kultur in welcher Operateure an vorderster Linie oder Andere nicht für Handlungen, Versäumnisse oder Entscheidungen bestraft werden, welche im Einklang mit Ihrer Erfahrung und Training getroffen wurden – aber grobe Fahrlässigkeit, vorsätzliche Vergehen und zerstörerische Handlungen nicht toleriert werden.)
(ICAO, 2001)

Die ICAO hat somit das Non-Punitive Element konkret in ihre Definition aufgenommen, aber die Fragen bezüglich was akzeptabel – bzw. inakzeptabel ist auch nicht wirklich beantwortet. Wer entscheidet im Ernstfall was „im Einklang mit Erfahrung und Training" bedeutet?

Die *International Federation of Airline Pilots' Associations* (IFALPA – Weltweiter Verband Nationaler Verkehrsflugzeugführer) erweiterte deshalb die Definition für Just Culture ihrerseits wie folgt:

„A culture of trust with norms and values in which front line operators are not punished for actions or errors. Punishment may be appropriate when there is evidence that the occurrence was caused by an act considered, in accordance with the law, to have been conducted with intent to cause damage, or with knowledge that damage would probably occur/ result, which is the equivalent to reckless conduct, gross negligence and willful misconduct"

(Übersetzung: Eine Kultur des Vertrauens mit Normen und Werten in welcher Operateure an vorderster Linie nicht für Handlungen oder Fehler bestraft werden. Bestrafung mag dann angemessen sein wenn es Beweise dafür gibt, dass es durch Handlungen zu dem Vorfall kam, welche gemäß geltendem Recht bewusst zu Schäden führen sollten, oder wissentlich in Kauf genommen wurde, dass es wahrscheinlich zu Schäden kommen würde, was rücksichtslosem Verhalten, grober Fahrlässigkeit oder vorsätzlichem Fehlverhalten entspricht.)
(IFALPA, 2007)

Für die IFALPA ist somit eine Just Culture grundsätzlich non-punitiv. Bestrafung sollte es erst dann geben, wenn es klare Beweise für eine grobe Fahrlässigkeit oder Vorsatz gibt. Wenn diese Definition auch ein großer Schritt in die richtige Richtung ist, bleibt aber auch hier ein gewisses subjektives Element – wer entscheidet ab wann grobe Fahrlässigkeit vorliegt?

Unabhängig von der zugrundeliegenden Definition, ist ein weiteres Problem bezüglich non-punitiver Systeme inwiefern diese überhaupt in nationalen Rechtssystemen darstellbar sind. Die ICAO ist keine Regulierungsbehörde, sondern lediglich eine internationale Organisation welche Empfehlungen herausgibt. Die Mitgliedstaaten der ICAO sind dann angehalten diese Empfehlungen in das jeweilige nationale Recht zu überführen.

Wie ich bereits mehrfach erwähnt habe, sind die meisten (westlichen) Rechtskulturen punitiv – Verstöße gegen Rechtsnormen, insofern diese bekannt sind, werden grundsätzlich bestraft. Dies spiegelt auch das gesellschaftliche Rechtsverständnis wider → „Strafe muss sein". Eine Straffreiheit ist generell weder gesellschaftlich noch juristisch vorgesehen.

Um eine non-punitive Kultur zu etablieren, müsste es somit gesellschaftliches Umdenken und meist auch gravierende Gesetzesänderungen geben. Beides ist derzeit in den meisten Ländern eher unwahrscheinlich. Es bedürfe hierzu massiver Aufklärungsarbeit und anfänglicher Widerstand seitens der Bevölkerung ist wahrscheinlich.

Zudem wäre es sicherlich anfänglich auch mit Kosten verbunden. Somit ist der Anreiz für Politiker und Manager, sich für ein non-punitives System stark zu machen momentan eher nicht vorhanden.

Ohne ein echtes non-punitives System gibt es also wahrscheinlich keine offene Sicherheitskultur. Solange die Betroffenen mit Strafen rechnen müssen, werden Sie sich eher nicht selbst anzeigen. Eine mögliche Alternative/Ergänzung zum non-punitiven System ist die Anonymität.

Wenn es ein System gibt, in welchem Zuwiderhandelnde anonym Meldung machen können, sind sie eventuell bereit über ihre Fehler/Verstöße zu berichten. Ansätze hierzu gibt es in vielen Flugbetrieben über anonyme Reports und/oder anonymisierte automatische Aufzeichnungen von Flugdaten (z.B. die Flight Data Analysis (FDA) der ICAO, oder Flight Operational Quality Assurance (FOQA) der FAA).

Bei FDA oder FOQA [es gibt auch noch einige andere Bezeichnungen – so z.B. bei der Deutschen Lufthansa Flight Operational Data Analysis (FODA)] werden eine Vielzahl von Flugdaten automatisch aufgezeichnet und analysiert. Das System erkennt Abweichungen/Auffälligkeiten (z.B. unstabile Anflüge), welches den Flugbetrieben hilft potentielle Risikobereiche zu identifizieren und gegebenenfalls Gegenmaßnahmen (z.B. Schulungen) einzuleiten.

Für den Flugsicherheitsanalysten sind diese Daten zwar sehr hilfreich, aber oft ergeben sich bei der Analyse weitere Fragen, welche nur über Rückfragen an die betroffenen Operateure geklärt werden könnten. In der Regel sind jedoch die Daten anonymisiert und für Rückfragen müsste erst eine De-Anonymisierung der Daten stattfinden. Dies könnte wiederum dazu führen, dass die Daten zu disziplinarischen Zwecken herangezogen werden.

In den letzten Jahren haben sich hier zwei grundsätzliche Philosophien entwickelt.

Die eine sieht eine vollautomatische Datenerfassung mit vollautomatischer Auswertung vor. Ähnlich einem „Blitzer“ im Straßenverkehr, werden hier Verstöße automatisch registriert und führen automatisch zu entsprechenden Konsequenzen (Strafen). Die Daten sind somit hier nicht anonym.

Die Vorteile dieses automatisierten Systems sind eine sehr hohe Transparenz und Objektivität (alle Beteiligten werden gleich behandelt). Außerdem ist ein solches System relativ einfach zu implementieren und zu betreiben – somit für Manager attraktiv.

Dem stehen aber auch einige Nachteile gegenüber – insbesondere die Frage welche Daten überwacht/aufgezeichnet werden sollen? Auch ist fraglich ob man hierdurch eine wirkliche Verbesserung der Sicherheitskultur erreicht, oder das System lediglich dazu führt, dass die Operateure paranoid werden. Der Fokus könnte dann nicht mehr primär auf der sicheren Flugdurchführung liegen, sondern auf dem „Einhalten der überwachten Parameter“. In einem extrem komplexen System wie der zivilen Luftfahrt wäre es meiner Meinung nach fatal zu glauben, man könne im Voraus absehen/definieren welche Parameter immer eine sichere Flugdurchführung gewährleisten.

Die andere Philosophie setzt auf Anonymität der Daten und Freiwilligkeit der betroffenen Operateure Verstöße zu melden (da Daten anonym kommt es hier zu keinen Konsequenzen). Um gegebenenfalls jedoch die Möglichkeit zu haben den Operateuren Rückfragen stellen zu können wird ein sogenannter Ombudsmann eingesetzt. Dieser Ombudsmann hat die Möglichkeit Daten zu de-anonymisieren um gezielt Vergehen/Fehler/Vorfälle mit den Betroffenen zu analysieren. Nach der Analyse werden die Daten dann wieder anonymisiert wodurch die Integrität des Systems und somit auch Straffreiheit garantiert sind.

Potentielle Probleme bei dem zweiten Ansatz sind gesellschaftliche Akzeptanz der Straffreiheit. Außerdem höherer Aufwand/Kosten bei der Implementierung (im Vergleich zum automatisierten System) und dadurch für Manager nicht so attraktiv (der Beweis, dass dieses System die Sicherheit erhöht und mittel-/langfristig dadurch Kosten spart ist schwer bis gar nicht zu erbringen).

Des Weiteren stellt sich die Frage wer als Ombudsmann in Frage kommt? Der Ombudsmann muss zum einen hohe fachliche Kompetenz haben, von den Operateuren akzeptiert werden und über ein gewisses Maß an Immunität verfügen. Es muss sichergestellt werden, dass weder Behörden, Manager noch Vorgesetzte Druck auf den Ombudsmann ausüben können um eine etwaige Herausgabe von Daten/Informationen zu erzwingen.

Schließlich bilden auch die meisten bestehenden Rechtssysteme momentan nicht die Basis für anonyme und/oder non-punitive Systeme und die Immunität des Ombudsmanns ist auch nicht in allen Rechtssystemen darstellbar. Die ICAO hat dies erkannt und in ihrer Assembly Resolution A33-17 deshalb gefordert:

"(ICAO)…urges Contracting States to examine and if necessary to adjust their laws, regulations and policies to protect certain accident and incident records in compliance with paragraph 5.12 of Annex 13, in order to mitigate impediments to accident and incident investigations."
(Übersetzung: ICAO…drängt die Mitgliedstaaten darauf Ihre bestehenden Gesetze, Regularien und Grundsätze zu untersuchen und falls nötig anzupassen um bestimmte Unfall und Vorfalldaten gemäß Paragraph 5.12. des Annex 13 zu schützen, damit Behinderungen bei Unfall- und Vorfall-Untersuchungen verringert werden.
(ICAO 2002 (Ref.: AN6/1-02/14))

Aufgrund der oben genannten Probleme, hat sich die Etablierung einer Just Culture im Sinne der Definitionen von Reason, ICAO und IFALPA bisher in der Praxis sehr schwierig gestaltet. Gute Ansätze für eine Just Culture gibt es in der US Luftwaffe und in Dänemark. Im folgenden Kapitel gehe ich kurz auf diese Systeme ein.

2. Fallbeispiele

2.1. US Luftwaffe

Die militärische Luftfahrt ist sicherlich von der zivilen Luftfahrt zu unterscheiden. Das operative Umfeld ist oft ein anderes und Militärpiloten müssen, speziell bei Kampfeinsätzen, öfters an die fliegerischen Grenzen gehen. Auch sind die Flugleistungseigenschaften vieler Militärmaschinen anders als bei zivilen Flugzeugen. Schließlich unterliegen die Militärs meistens anderen Gesetzen und Regeln als die zivilen Operateure.

Demnach stehen im Falle von Unfällen/Vorfällen die militärischen Untersucher vor ähnlichen Problemen wie Ihre zivilen Kollegen – insbesondere der Zurückhaltung seitens der Betroffenen alle Fakten offen auf den Tisch zu legen, da diese auch im Militär mit Konsequenzen (Strafen) rechnen müssen und somit eher schweigen als sich selbst zu belasten.

Die *US Air Force* (USAF – US Luftwaffe) hat dies erkannt und über die Jahre ein zweigleisiges System aufgebaut. Zum einen gibt es das *Safety Office,* welches ein *Safety Investigation Board* (SIB) gemäß Air Force Instruction 91-204 (Safety Investigations and Reports) durchführt – zum Anderen werden bei bestimmten Vorfällen/Unfällen (generell ab einem bestimmten Sach-/Personenschaden oder Todesfall) sogenannte *Accident Investigation Boards* (AIB), gemäß *Air Force Instruction 51-503* (Aerospace Accident Investigations) durchgeführt.

Das *Safety Office* (unabhängige Organisation, nicht dem jeweiligen Geschwader- oder Stützpunktkommandeur unterstellt) gewährt im Falle eines SIB allen Beteiligten absolute Straffreiheit (sogar im Falle von grober Fahrlässigkeit oder Vorsatz) und befasst sich ausschließlich mit der Ursachenforschung (dem „WAS"). Alle Beteiligten unterliegen der absoluten Schweigepflicht – sollte gegen diese verstoßen werden, sind die hierdurch bekannt gewordenen Informationen vor Gericht nicht zulässig.

Ein AIB wird, andererseits, normalerweise vom jeweiligen Kommandeur initialisiert und in der Regel von einem Juristen geleitet. Allen Beteiligten werden Ihre Rechte erklärt und diese beinhalten auch das Recht zu schweigen um sich nicht selbst zu belasten. Der Fokus des AIB liegt dabei auch auf der Klärung möglicher Schuld (dem „WER“).

Das *Safety Office* erhält kompletten Zugang zu allen Daten/Akten des AIB, aber umgekehrt sind die Daten/Akten des SIB ausschließlich dem *Safety Office* zugänglich. Lediglich die Ergebnisse des AIB werden an die Öffentlichkeit weitergegeben.

Das zweigleisige System hat sich über die Jahrzehnte bewährt. Essentiell war hierbei die absolute Integrität des SIB. In der Öffentlichkeit (und vereinzelt auch bei Bündnispartnern der USAF) stieß die Schweigepflicht der Beteiligten SIB Mitglieder vereinzelt auf Unverständnis. Dies wurde dabei oft als „Vertuschung“ von Fakten interpretiert und zum Teil Druck ausgeübt, die Ergebnisse des SIB zu veröffentlichen. Bis heute hat die USAF diesem Druck noch in keinem Fall nachgegeben und darauf verwiesen, dass es ja das AIB für eine Klärung möglicher Schuldfragen gibt.

Das zweigleisige System der USAF ist auf die zivile Luftfahrt momentan nur schwer übertragbar. Wie ich oben bereits erwähnte, hat das US Militär ein eigenes Rechtssystem und ist somit in der Lage die Rahmenbedingungen in einem großen Maße selbst zu gestalten. Zudem hat das Militär eine deutlich größere Kontrolle über die meisten Beteiligten (diese sind ja oft über einen Diensteid verpflichtet). Auch kann das Militär gegebenenfalls auf „nationale Sicherheitsinteressen“ verweisen und hierdurch eine gewisse Immunität beanspruchen.

In den meisten zivilen Rechtssystemen ist eine Immunität für kommerzielle Flugbetriebe nicht darstellbar. Auch wird es der Öffentlichkeit nur schwer zu vermitteln sein, warum Informationen für Ursachenforschung herangezogen werden dürfen – für etwaige Bestrafung aber nicht. Des Weiteren ist die Kontrolle über die Beteiligten in der Zivilluftfahrt sicherlich nicht annähernd so groß wie im Militär.

Schließlich sind auch die Kosten ein Faktor. Das Militär kann sich eher ein kostspieliges zweigleisiges System leisten (hierbei muss Einiges doppelt gemacht werden), da der Kostendruck für das Militär nicht so stark ausgeprägt ist wie in der zivilen Luftfahrt.

Ein anderes Beispiel für einen *Just Culture* Ansatz ist das dänische System.

2.2. Dänisches System

In Dänemark wurde im Jahr 2002 ein non-punitives Meldesystem in der Luftfahrt eingeführt. Das System gewährt Piloten, Fluglotsen, Mechanikern und Flughafenbetreibern Straffreiheit, wenn sicherheitsrelevante Vorfälle innerhalb von 72 Stunden gemeldet werden. Ausgenommen hiervon sind Unfälle, sowie vorsätzliche Sabotage oder Drogenmissbrauch.

Das System sieht für Fluglotsen sogar eine Meldepflicht vor, d.h. sicherheitsrelevante Vorfälle müssen innerhalb der Frist gemeldet werden – Unterlassung der Meldung ist strafbar. (Für andere Beteiligte ist diese Meldepflicht mittelfristig angedacht).

Das System wurde in einer breit angelegten Kampagne, sowohl in der Öffentlichkeit als auch gegenüber den Operateuren, über mehrere Jahre angekündigt und erklärt. Die rechtlichen Rahmenbedingungen für Anonymität und Immunität der Beteiligten wurden entsprechend über das dänische Parlament geschaffen.

Eine neue Abteilung für die Untersuchung von Vorfällen wurde geschaffen. In dieser Abteilung arbeiten sechs Mitarbeiter, welche die Vorfälle und Daten analysieren und Rückmeldung an die Beteiligten geben.

Im ersten Jahr nach der Einführung gingen 980 Meldungen ein – im Vergleich dazu wurden im Jahr zuvor 15 Meldungen gemacht. Das Feedback der Beteiligten ist bis jetzt durchweg positiv. Insbesondere die Integrität des Systems und die relativ einfachen Meldewege wurden dabei hervorgehoben.

3. Zusammenfassung und Ausblick

Gesetze und Regeln sind für eine funktionierende Gesellschaft unerlässlich. Unabhängig davon, welche Gesetze/Regeln sich hierbei über die Jahrtausende in den jeweiligen Gesellschaften entwickelt haben, geht die Öffentlichkeit generell davon aus, dass die Gesetze/Regeln eingehalten werden. Geschieht dies nicht, so muss es Konsequenzen geben.

Diese Konsequenzen nehmen oft die Form von Strafen an – insbesondere, wenn die Überschreitungen eine besondere Form der Schuld (z.B. Fahrlässigkeit oder Vorsatz) beinhalten.

In den meisten westlichen Kulturen hat sich bezüglich der Schuldfrage eine gewisse gesellschaftliche Grundhaltung entwickelt, in welcher das Interesse an möglicher Schuldfindung in direktem Zusammenhang zu etwaigen Schäden steht. Es steht oft weniger das Fehlverhalten selbst, sondern eher die Resultate aus dem Fehlverhalten im Fokus der Öffentlichkeit und somit auch im Fokus der Staatsanwälte. Die Entwicklung war also zu einem „ergebnisorientierten Rechtsverständnis“ und weniger zu einem „handlungsorientiertem Rechtsverständnis“.

Die Frage nach Schwere der Schuld ist nicht einfach zu beantworten. Die Grenzen zwischen einem bloßen Lapsus oder Aussetzer zu einem Fehlverhalten sind fließend. Auch ist die Differenzierung zwischen Fahrlässigkeit zu grober Fahrlässigkeit, sowie zwischen bewusster Fahrlässigkeit und Vorsatz nicht immer klar. Je komplexer die Gesellschaft, sowie Systeme innerhalb der Gesellschaft (wie z.B. Handel und Verkehr) desto schwieriger wird eine solche Differenzierung.

Ermittlungen/Verfahren finden meistens erst dann statt, wenn es zu Schäden (Sach-, Personenschaden oder Todesfolgen) gekommen ist; beziehungsweise wenn Behörden (Staatsanwälte) anderweitig auf Fehlverhalten hingewiesen werden. Somit versuchen Zuwiderhandelnde aus persönlichem Interesse etwaiges Fehlverhalten soweit wie möglich zu vertuschen um Konsequenzen (Strafen) aus dem Weg zu gehen.

Hieraus resultiert aber ein großes Problem für die Untersucher von Unfällen/Vorfällen, da es keine offene Fehlerkultur gibt, wo alle Beteiligten offen über Fehler sprechen und somit potentielle systemimmanente Probleme/Schwächen aufgezeigt werden können. Auch hier ist dies umso kritischer je komplexer das System ist.

In der Luftfahrt hat man diese Problematik erkannt, und seit den 1970er Jahren gibt es Ansätze eine offenere Fehlerkultur in der zivilen Luftfahrt zu schaffen. Solche Ansätze sind das ASRS in den USA, sowie die Formulierung einer Just Culture von Reason, ICAO und IFALPA.
Wichtigstes Element war hierbei die Straffreiheit bei Selbstanzeige von „akzeptablem Fehlverhalten“. Problematisch ist allerdings die genaue Definition was noch akzeptabel ist. Hier unterscheiden sich die Definitionen von Reason, ICAO und IFALPA deutlich und die Praxis hat gezeigt, dass es hier eine sehr große subjektive Grauzone gibt.

Es wurde deshalb noch die Anonymität als zusätzliches Element hinzugenommen. Automatisierte und/oder freiwillige Aufzeichnung/Übermittlung von anonymisierten Flugdaten werden Untersuchern zur Verfügung gestellt um potentielle Risiken/Probleme besser identifizieren zu können.

Allerdings bietet dieses System nur schlecht die Möglichkeit für Rückfragen, welche in einem komplexen System wie der zivilen Luftfahrt öfters notwendig sind um den genauen Sachverhalt eines Fehlverhaltens zu ergründen. Ein Ombudsmann als „neutraler Vermittler" wäre hier eine potentielle Lösung.

Unabhängig von dem jeweiligen Ansatz, ist ein zentrales Problem, dass in den meisten Rechtssystemen momentan Straffreiheit und Anonymität grundsätzlich nicht vorgesehen sind. Außerdem ist die gesellschaftliche Akzeptanz fraglich und eine Etablierung von Straffreiheit und/oder Anonymität kurzfristig mit Aufwand/Kosten verbunden. Somit sind diese Ansätze für Politiker und Manager momentan eher unattraktiv.

Beispiele wo solche Ansätze erfolgreich umgesetzt wurden sind die USAF [zweigleisiges System (SIB & AIB)] oder das dänische System (Straffreiheit bei Selbstanzeige von Fehlverhalten – Ausnahmen Unfälle, vorsätzliche Sabotage und Drogenmissbrauch).

Die Rahmenbedingungen bei der USAF weichen stark von den Bedingungen in der zivilen Luftfahrt ab und Dänemark ist ein eher kleines Land. Nichtsdestotrotz denke ich, dass man aus den positiven Erfahrungen einiges lernen kann.

Meiner Meinung nach ist eine Kombination aus verschiedenen Elementen, wie Straffreiheit, Anonymität, Trennung von Ermittlung von Ursachen gegenüber Ermittlung von Schuld und automatisierter Erfassung/Analyse nötig, um eine echte Just Culture zu etablieren.

Ein zweigleisiges System ist erstrebenswert. Wann immer möglich sollten Flugbetriebe eine Sicherheitsabteilung haben, wo alle Beteiligten offen über alles sprechen können, ohne Angst vor möglichen Konsequenzen haben zu müssen. Diese Sicherheitsabteilungen müssen rechtlich geschützt werden, damit weder Staatsanwälte noch andere Zugriff auf die vertraulichen Informationen/Daten bekommen können. Im Idealfall können die Sicherheitsabteilungen eng mit den jeweiligen nationalen Luftsicherheitsbehörden (welche ihrerseits ebenfalls unabhängig vom Staatsanwalt operieren) zusammenarbeiten.

Eine automatisierte Datenerfassung (mit gegebenenfalls auch automatisierten Konsequenzen – analog einem Blitzer im Straßenverkehr) könnte für bestimmte Überschreitungen durchaus ein probates Mittel sein. Hier ist allerdings ein sehr hohes Maß an Koordination aller Beteiligten (Operateure, Behörden und Wissenschaft) nötig um sicherzustellen, dass nicht zu viele Parameter überwacht werden (sonst Gefahr der Paranoia) und die Parameter auch möglichst international standardisiert/harmonisiert sind. Auch müssen möglichst sinnvolle Parameter überwacht werden – solche welche eindeutig als sicherheitsrelevante Leistungsparameter von allen Beteiligten identifiziert und akzeptiert sind.

Öffentlichkeitsarbeit, wie zum Beispiel in Dänemark, ist essentiell. Die gesellschaftliche Grundeinstellung bezüglich Fehlern, Schuld und Strafen darf nicht außer Acht gelassen werden. Nur, wenn man die Öffentlichkeit davon überzeugt, dass eine Just Culture am Ende zu einer deutlichen Verbesserung der Sicherheit führt (und nicht ein Freifahrschein für Fehlverhalten ist) wird man eine solche Kultur auch etablieren. Am Ende wird man dann zu dem Schluss kommen, dass Strafe nicht immer sein muss.

Bibliographie

Beckert, Christian. (2012) – Strafverfolgung nach einem Flugunfall – in VC-Info 5/2012. Printec, Kassel

Black's Law Dictionary (1991) – 6th Ed. – Definitions of the Terms and Phrases of American and English Jurisprudence Ancient and Modern. St. Paul, Minn., West Publishing Co.

BMJ (Bundesministerium der Justiz) – Abgerufen am 15.11.2012 -
http://www.bmj.de/DE/Home/home_node.html

DIN (Deutsches Institut für Normung) – Abgerufen am 15.11.2012
http://www.din.de/cmd?workflowname=DinTermBenSearchDin&languageid=de

GAIN (Global Aviation Information Network) (2004). A Roadmap to a Just Culture.
Enhancing the Safety Environment. Gain Working Group E

Jordan, Patrick. (2009) – Just culture & non-punitive culture. Vereinigung Cockpit Arbeitsgruppe Accident Analysis and Prevention. Frankfurt a/Main. – Abgerufen am 22.11.2012
http://www.vcockpit.de/index.php?id=216&tx_ttnews[tt_news]=12253&tx_ttnews[cObj]=333&cHash=d24956391d

JZ (Juristische Zeitung) - Nr. 17, 6. September 1974 – Bader, Karl S. (et al) –
Zur Abgrenzung von der groben zur einfachen Fahrlässigkeit, Verlag J.C.B. Mohr, Tübingen

Jura-Schemata (2012) – Arends, Martin (Hannover) – Abgerufen am 15.11.2012
http://www.jura-schemata.de/vorsatz-und-fahrl%E4ssigkeit.htm

Reason, J. (1997). Managing the Risks of Organizational Accidents. Hants, England, Ashgate Publishing Ltd.

Reason, J. and Hobbs, A. (2001) Managing Maintenance Errors: A Practical Guide. Hants, England, Ashgate Publishing Ltd

Evolution des Menschen aus neurobiologischer Sicht:

(1) Dem Code der Menschwerdung auf der Spur? (2) Forward to the Basics: Wie Grundlagenwissen entsteht, abgespeichert und zuverlässig abgerufen wird

(Dieser Beitrag der Autorin ist ein gemeinsamer, zusammenfassender Artikel zu den beiden Vorträgen auf dem 15. und 16. FHP-Symposium und ist deshalb in beiden Tagungsbänden inhaltlich gleich enthalten.)

Einführung

Zu den 2 Themen des 15./16. FHP Symposiums will die Hirnforschung einerseits im Rückblick auf die lange Entwicklungsgeschichte der Menschwerdung und andererseits im Rückblick auf die kurze Entwicklung des Jetztmenschen Stellung nehmen. Aus beider Sicht lassen sich zur Lernfähigkeit von angehenden Piloten und zur Sicherheit im Flugverkehr vielleicht neue Aspekte gewinnen, mit denen sich diese hoch dynamische Technikbranche noch kaum vertraut gemacht haben dürfte. Ob ein Pilot den immensen Anforderungen physisch überhaupt gewachsen ist, ob er eine angepasst hohe Lernfähigkeit mitbringt, Computer gesteuerte Intelligenz in den Griff bekommen kann, die notwendige Selbstkritik und uneingeschränkt hohe Sozialkompetenz besitzt, und ob er Übermüdung, Drogenkonsum etc. wirklich ganz und gar vermeiden kann, das sind für die Luftfahrt entscheidende Fragen. Allerdings sind all das auch Qualitäten, die wir für uns nicht einmal im normalen Berufsalltag garantieren können. Warum eigentlich nicht, obgleich doch in jedem Menschen unbegrenzte Fähigkeiten verborgen liegen sollen? Unter welchen Voraussetzungen sollte es dennoch gelingen?

Der Mensch ist ein gespaltenes Wesen: Homo sapiens s. ist von Natur aus nicht nur ein hoch intelligentes Wesen, sondern er ist auch mit riesengroßen Schwächen ausgestattet. Die Latte der Anforderungen lag im alltäglichen Leben eines überwiegend in großer Beschaulichkeit lebenden Vorzeit-Menschen ganz und gar nicht so hoch wie heutzutage. Dennoch waren Wachheit, Kooperationsbereitschaft, akute Stressbewältigung und Sozialverhalten unabdingbare Voraussetzungen zum Überleben. Andererseits war eine gewisse psycho-physische Mittelmäßigkeit der Schlüssel zu kultureller Evolution. Wie das? Jeder kulturelle Fortschritt gründet auf Kreativität, Irrationalität und mehr. Das sind menschliche Qualitäten, die sich nicht unbedingt mit obigen Anforderungen vertragen. Im Gegenteil, sie nehmen ein hohes Maß an persönlicher Freiheit in Anspruch, ein höchst menschliches Verlangen das immer wieder einen Strich durch die Rechnung gemacht hat, Menschengeschlechter so zu selektionieren, dass sie wie in einem Ameisenstaat oder Vogelschwarm garantiert zuverlässig funktionieren würden. Das Gefühl von Freiheit paart(e) sich mit Risikobereitschaft und erzeugt(e) immer auch eine gewisse Unberechenbarkeit. Das sind absolute Gegenspieler eines für zuverlässige Kooperation mit Maschinen tauglichen Menschen. Automatisierte Überwachungssysteme gelten deswegen in der jüngsten Luftfahrt als die besseren Garanten für Sicherheit und Fortschritt.

Aber damit ergeben sich neue Probleme:
Können wir uns den Hochleistungen von Computer und Elektronik überhaupt unterordnen?
Können wir mit der dynamisch fortschreitenden technischen Entwicklung – die ein ganz anderes Tempo vorgibt als biologische Evolution – überhaupt Schritt halten?
Wie zuverlässig und angepasst kann der Mensch durch Erziehung und Schulung gemacht werden, um sich mit den neuen Partnern anzufreunden und sich dennoch auch Wachheit, Flexibilität und immer wieder Lernbereitschaft zu bewahren?
Was lernen wir aus biologischen Entwicklungsprozessen wirklich für ein an die neuen Anforderungen anzupassendes Verhalten bei gleichzeitiger Bewahrung des Menschseins? Welche praktischen Bezüge ergeben sich aus den Erkenntnissen der Lern- und Gedächtnisforschung für die Ausbildung von Piloten und die Schulung in Zuverlässigkeit bei der Arbeit?

Ein evolutiver Rückblick in die Zeit des Homo erectus, präsapiens und Frühphase des Jetztmenschen mag für solche Fragen von Nutzen sein, um zu prüfen, wie konsequent das Motto „forward to the basics" im evolutionsbiologischen Kontext trägt. Theoretische Hintergründe zur Lern- und Anpassungsfähigkeit des Menschen wurden von mir an gleicher Stelle auf der Jahrestagung 2011 ausführlich dargestellt. Es handelt sich um die P r i n z i p i e n von ontogenetischer Rekapitulation (genetische Grundregel nach Piaget, 1972), von aktivitätsbestimmter synaptischer Anpassung (synap-
tische Plastizität nach Hebb, 1949) und von kompensatorischer Reorganisation (epigenetische Selbstorganisation nach *Wolff,* 1983). Die erneute Einbeziehung dieser Prinzipien in vorliegenden Beitrag ist unumgehbar und mag zusätzlich der Prüfung dienen, ob das Motto „forward to the basics" auch auf der Ebene von Epigenese, Lernen und Gedächtnisspeicherung trägt.

Historischer Rückblick

Evolutionsbiologisch betrachtet, ist das Geheimnis der Menschwerdung nahezu enthüllt. Im letzten halben Jahrhundert haben Paläontologen die Mosaiksteinchen fast lückenlos zusammengetragen: Hoch entwickelte Primaten begannen mit dem Sonderweg auf afrikanischem Kontinent vor ca 7 Mill Jahren. Eine Initialzündung in jener Frühphase war – wie langläufig nachzulesen ist – der Erwerb des „aufrechten Ganges". Das hat eine Kaskade von weiteren anatomischen Anpassungen mit sich gebracht, die immer auch das Nervensystem betrafen. Die einzigartige Entwicklung von einerseits spezialisiertem, plantigraden Lauffuß und andererseits nicht-spezialisierter sondern generalisierter Greifhand, kombinierten sich mit abgesenktem Kehlkopf als Sprachorgan und weitlumig gerundeter Schädelkalotte für ein relativ überproportional heranwachsendes Stirnhirn einschließlich assoziativer Rindenfelder. Das alles sind nur die äußeren – also somatischen – Merkmale für spezifische mentale Begabungen des Menschen, wie den Gebrauch von Werkzeug, den Erwerb der Sprache, die Fähigkeit zu strategischem Denken und die Notwendigkeit zu hohem Sozialverhalten. Dies ist der kleinste Nenner all jener Qualitäten, die sich im Vorlauf der Menschwerdung über Jahrmillionen angebahnt haben und mittels derer sich der werdende Mensch schrittweise und zuletzt mit beschleunigtem Werdegang in Szene setzte. In der gesamten Zeitspanne nahm die Hirnvolumenkapazität etwa um 1400 cm3 zu (s. Abb. 1).

Niemand, der mit der anatomischen Konstellation des Jetztmenschen näher vertraut ist wird bezweifeln, dass der Bewegungsapparat von Homo sapiens s. evolutiv ausgereift und also "ein idealer Leichtbau im Sinn der Technik" ist (Benninghoff, 1989). Diese evolutive Ausreifung gleichzeitig auch für seine mentalen Fähigkeiten zu schlussfolgern, möchte unter den Lesern Zweifel hervorrufen. Dennoch, die Evolution von somatischen und mentalen Merkmalen verlief streng korreliert. Auch die mentalen Kapazitäten des Jetztmenschen sind im Sinn oben genannter biologischer Mechanismen auf ein ideales Maß hin ausgerichtet. Man sagt, der Jetztmensch habe neuerdings sein eigenes Zeitalter, das „Antropocän" (Ehlers, 2008), eingeleitet. Nunmehr sei er über alle Natur erhaben und könne sogar seine biologische Evolution bestimmen. *Bei genauerem Hinsehen lässt sich allerdings festhalten, wir bleiben Kinder der Natur.*

Beginnen wir im Konkreten. Biologische Merkmale, Verhaltensqualitäten und Fortschrittsentwicklung, passt das zusammen? Und wenn ja, wie klug sollten wir im Berufsalltag vorgehen, um unsere Kapazitäten jeweils auszuschöpfen und auch wirklich Fortschritte zu erzielen? Sicher ist, wir müssen in einer immer komplexer werdenden Welt auch immer klüger handeln, um sie zu bestehen. *Dafür haben wir gegenüber unseren Vorfahren auch den Riesenvorteil, dass wir tatsächlich klüger sein könnten.* So gingen jüngste technische Errungenschaften, die zu mehr gesellschaftlicher Komplexität führten, immer auch parallel mit neuen Erkenntnissen über uns selbst. Das eröffnet zugleich Chancen, diese Erkenntnisse auch umzusetzen, also: „forward to the basics".

Zu den Ursprüngen menschlicher Hirnfunktionen (Abb.1)

Australopithecus – Homo erectus – H. präsapiens, H. sapiens sapiens

Die Evolution von immer menschenähnlicheren Merkmalen zog sich in der Frühphase über 5 Millionen Jahre hin, während der sich die Australopithecinen auf afrikanischem Kontinent ausbreiteten. Immer waren kleinste Veränderungen im somatischen Bereich mit entsprechenden neuronalen Anpassungen auf Gehirnebene gekoppelt. Das Gehirnvolumen vergrößerte sich in dieser Frühzeit von ca. 400 auf 900 cm3. In dieser Fasson trat ca. vor 1 1/2 Millionen Jahren Homo erectus auf die Bühne und verließ erstmalig Afrika. Heutige Vorstellungen zu den einzelnen Vorgängen von Veränderungen im sensorisch-motorischen Kortex stammen u.a. aus rekonstruierten Ausgüssen fossiler Schädel und den sich innerhalb der Kalotte abzeichnenden Imprägnationen der hirnoberflächlichen Blutgefäßverläufe. Diese können als Maß für progressive Ausdehnungen der Hirnrindenfelder gewertet werden.

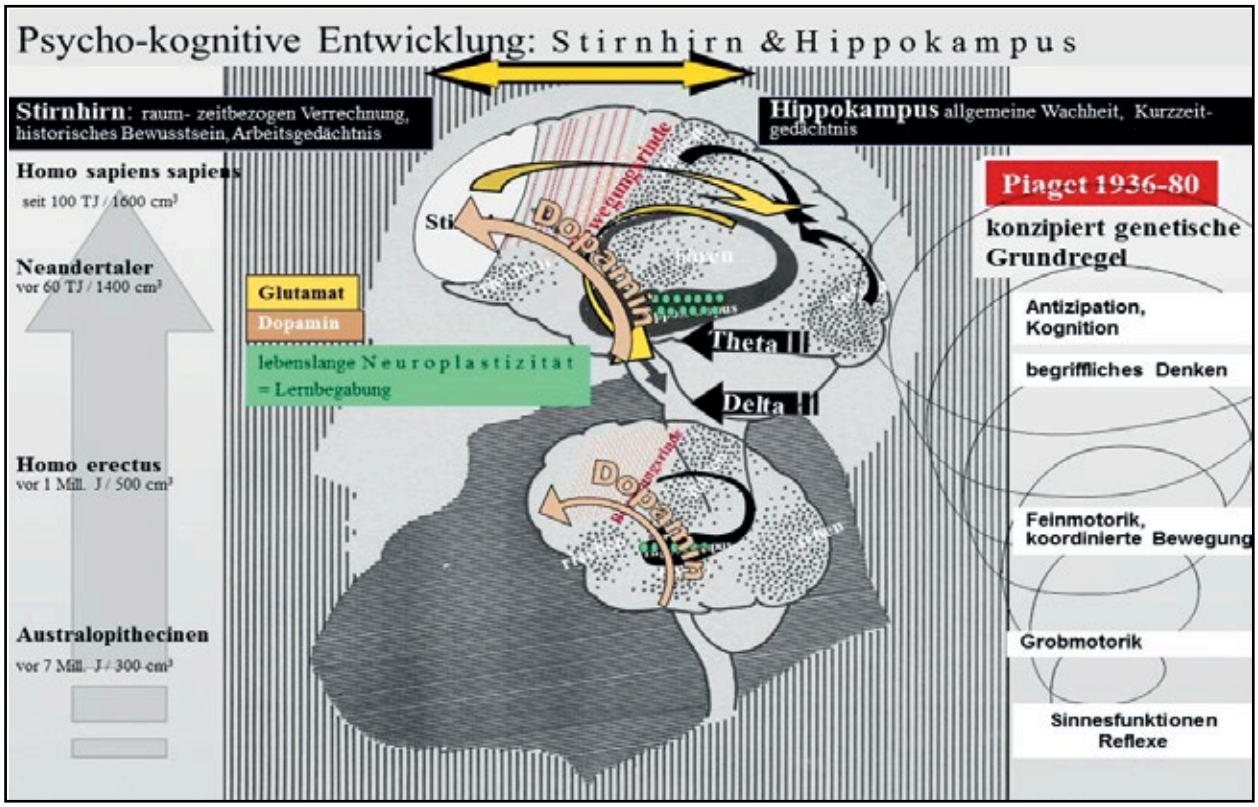


Abb.1: Wie entsteht Grundlagenwissen? Hier wird das Prinzip „forward to the basics" im Rahmen der Menschwerdung und der Individualentwicklung (Spiralmodell von Piaget) veranschaulicht. Grundlagenwissen entsteht vor dem Hintergrund neuroplastischer Entwicklungsvorgänge: Lernen und Entwicklung gehen Hand in Hand

Bei H. erectus haben sich sichtliche Fortschritte in der Hand- und Sprachentwicklung angebahnt. Benachbart liegende Hirnareale waren weitflächig bereitgestellt, für die Sensorik im hinteren (occipitalen) und die Motorik im vorderen (parietalen) Großhirn (Abb. 1, punktierte Felder). Soweit haben wir das Gehirn von den Primaten übernommen. Angrenzend expandierende Rindenfelder (weiß) wurden zunehmend für jeweilige assoziative Verarbeitungen und für mehr Gedächtnisbildung in Anspruch genommen. Jetzt erst war diese Spezies bereit, den Heimatkontinent in Richtung Asien und Europa zu verlassen. Wirklich „erwachsen" war H. erectus damit nicht. Er glich mental eher dem jugendlichen Jetztmenschen, der das Elternhaus vorzeitig verlässt und die härteste Bewährungsprobe noch vor sich hat.

Von ca 600 bis 200TJ vor unserer Zeit brach unter den Emigranten eine Epoche der Fabrikation von zunehmend verbesserten Steinwerkzeugen aus. Das konnte innerhalb des letzten halben Jahrhunderts über eine Fülle soliden Fundmaterials aus Ausgrabungsstätten in Europa und Asien, und dort aus den Höhlen des „Pekingmenschen" von Choukoutien, ans Tageslicht gebracht werden. Es bedurfte in dieser Zeit nur einer geringfügigen genetisch hinterlegten Verschiebung der Ansätze von Fingerbeugersehen am Handskelett, um den äffischen Kraftgriff in den menschlichen Präzisionsgriff zu verwandeln. Damit gelang es, mit päziser Handführung Pfeilspitzen mit mehr und mehr Retuschen zu versehen und immer raffiniertere Waffen zu produzieren. Gleichzeitig bahnten sich Riesenschritte in der Hirnevolution an. Mehr assoziative Rindenfelder mussten in Nachbarschaft zu den Primärfeldern bereitgestellt werden (s. Abb. 1, weiße Felder). Man mag sich vorstellen, wie kleine Gruppen von Höhlenbewohnern langsam, sehr langsam leichte Vorteile daraus zogen, wenn Einer unter ihnen ein zielsichereres Wurfgeschoß für die Jagd und eine schärfere Klinge zur Fellbearbeitung herstellen konnte. Dann wuchs die Zahl solcher Experten. *Einen wichtigen Schritt auf dem Weg von der Grob- zur Feinmotorik vollzieht heutzutage der Erstklässler beim Schreibenlernen.*

Zusätzlich korrelierten diese Veränderungen mit der schrittweisen Absenkung des Kehlkopfes und der endgültigen Aufrichtung des Menschen, was jedes heutige Menschenbaby im Eiltempo nachvollzieht. Homo erectus war nämlich keineswegs ein wirklich ganz aufgerichteter Zweibeiner! Ein vorn übergebeugter Kopf, eine überstarke Brustkyphose, fast noch fehlende Halslordose und dafür mächtige Nackenmuskeln zur Halterung des noch schweren Gesichtsschädels hätten H. erectus, H. präsapiens und selbst noch dem Neandertaler gewisse Probleme bereitet, olympische Spiele auszutragen, die auf Geschicklichkeit ausgerichtet sind. Aber ebenso bedeutsam ist, dass diesen Vorfahren die Sprache auch nur äußerst schwerfällig von den Lippen kam. Die endgültige Absenkung des Kehlkopfes und Aufrichtung der Wirbelsäule sollte somit dem Selektionsdruck zu verbesserter Kommunikation entsprungen sein.

Die Selektion biologischer Neuanpassungen betraf auf breiter Front das Gehirn des Kindes. Vorgeburtlich mussten mehr Nervenzellen bereit gestellt werden und nachgeburtlich viel mehr Verschaltungen zugelassen werden. *Verlängerte Entwicklungszeiten wurden zum Maß für eine kognitive Leistungssteigerung.* Wenn H. erectus vermutlich bereits mit 8 Jahren geschlechtsreif war, verschob sich dies – etwas pauschal gesagt – für H. präsapiens etwa auf das 10., den Neandertaler das 12. und den Jetztmenschen das 14. Lebensjahr, immer verbunden mit steigender Hirnvolumenkapazität (Knußmann, 1996). Erst vor ca. 70 TJ nahm Homo sapiens s. – als Cro-Magnon – auch den Farbpinsel für Felswandmalereien in die zum Präzisionsgriff gereifte Hand und setzte eine neue kulturelle Evolution in Gang, die ihn vollends einer Selektion von kognitiver Leistungssteigerung auf epigenetischer Ebene (= Kultur-Evolution) überantwortet hat.

Piaget lässt grüßen (Abb. 1): Bis auf den heutigen Tag wiederholt das Kleinkind die Korrelation in der Reifung von Kehlkopfabsenkung und Sprechenlernen, von ersten Greifreflexen hin zu manueller Grob- und dann Feinmotorik, begleitet von der kindlichen Leidenschaft für das Handwerkeln und Klettern. *Welche Folgen es haben wird, wenn die kindlichen Begehrlichkeiten durch digitale Medien und Computerspiele durchkreuzt werden, Buchstaben nicht auf die Tafel gekritzelt sondern auf das Tablett getippt werden, lässt sich kaum ausdenken. Ein geistiger Rückfall in die Vorzeit?*

L a t e r a l i s i e r u n g (Abb. 2): In jener vorzeitlichen Epoche von Jägern und Handwerkern schlich sich als ein weiterer fortschrittlicher Hirnprozess die Bildung einer funktionellen Dominanz beider Großhirnhälften ein. Auch dafür gab es eine tiefe Verwurzelung im Tierreich. Wenn alle Nervennetze im Gehirn mit allen „reden", dann muß sich eine irgendwie geartete hierarchische Ordnung einstellen, um ein Funktionieren überhaupt zu ermöglichen. Und so wurde die Parzellierung von neuronalen Teilaspekten zum Grundstock der Organisation aller Nervensysteme quer durch die Phylogenie der Tiere. An der Schwell der Menschwerdung passiert nun erstmalig eine Parzellierung auf höchster kognitiver Ebene im Sinn einer Aufteilung in einerseits handlungs- und sprachbezogene und andererseits ganzheits- und gefühlsbezogene Funktionen. Dieses Novum hat zur irreversiblen Abnabelung von Homo sapiens s. von den Tieren beigetragen und ihn strategisch in eine unerreichbare Überlegenheit seiner kognitiven Fähigkeiten versetzt.

Lateralisation: Entwicklung der Hemisphärendominanz unter dem Einfluss von Aktivitäten durch Gebrauch (kritische Phasen bis ca. 9. LJ)

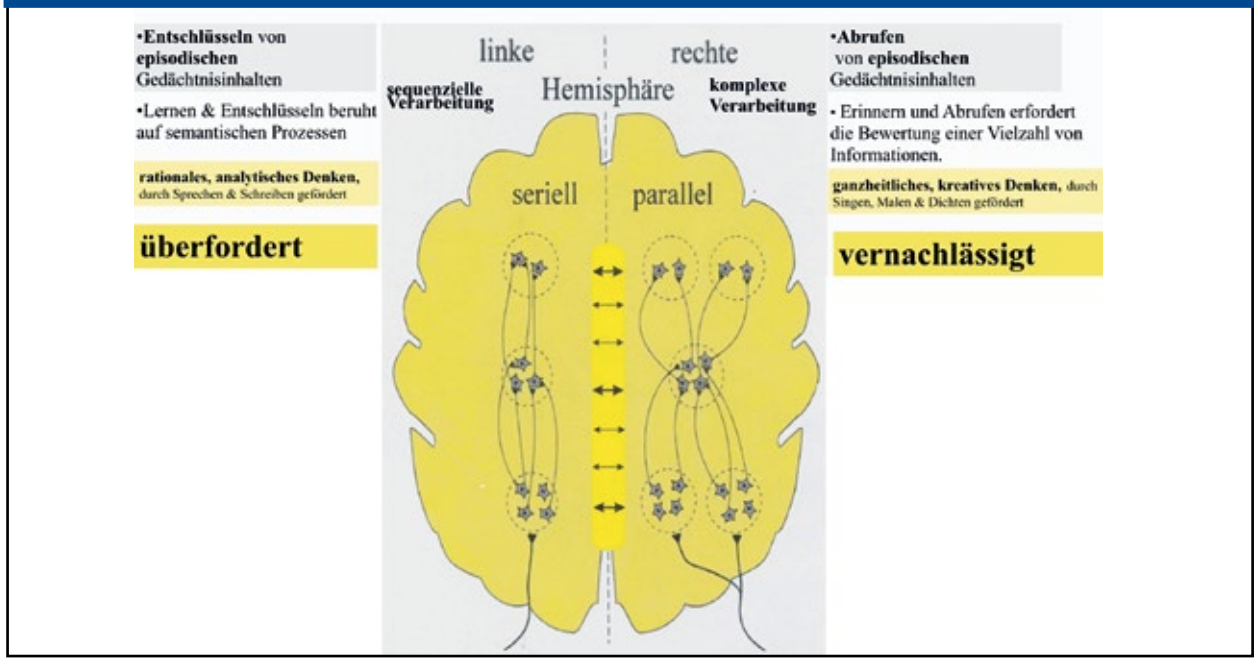


Abb. 2: Funktionelle Lateralisation der Hemisphären. Serielle Verschaltungen dienen linkshemisphärisch der sequenziellen Verarbeitung im Kontext der Sprachbildung; parallele Verschaltungen dienen rechtshemispährisch der komplexen Verarbeitung von Denkprozessen. Über- bzw. Unterforderungen in der Ausbildung dieser Schaltungen erfolgen im hochplastischen Kindesalter, wenn entsprechende Handlungsangebote fehlen.

Man bedenke einmal, *dass sich dieser hochgradig kritische Vorgang in jedem reifenden Gehirn eines jeden Kindes immer wieder aufs Neue funktionalisieren muss. Angesichts heutiger Gefahren für das Kind, will das mit allergrößter Fürsorge begleitet werden.* Denn Funktionsstörungen in der Lateralisierung führen zu kognitiven Defiziten. Warum sich die Hemisphären einmal entschieden haben, analytische Funktionen links- und ganzheitliche rechts-hemisphärisch zu etablieren und warum Lateralität überwiegend zu Rechtshändigkeit geführt hat, das bleibt bis heute spekulativ. Im fossilen Fundmaterial ist die Rechtshändigkeit erstmalig für den neandertaloiden Vorfahren (von

200-60TJ) belegt, der die Zähne als Werkzeug zum Abschaben von Wurzeln und Abreißen von Fleisch benutzte. Die schräg positionierten Schleifspuren an der Oberfläche von fossilen Schneidezähnen legen Zeugnis dafür ab.

S t i r n h i r n (Abb. 1,3,4): Die Ausbildung des prominenten Stirnhirns ging mit vorherigen Merkmalsänderungen Hand in Hand. Frage ist, ob damit erworbene Merkmale, wie menschliches Ich-Bewußtsein, die Willensbildung und das Gefühl von geistiger Freiheit als ein „Quantensprung" vom Vorzeit- zum Jetztmenschen vollzogen wurden? Sicher ist, dass weitere damit assoziierte Funktionen wie **Arbeitsgedächtnisbildung,** Antizipationsleistungen und Sozialverhalten nicht vom Himmel gefallen sind, sondern tief im Tierreich verankert sind. Aber diesbezügliche Fähigkeiten haben sich beim Menschen potenziert und zusätzliche Qualitäten wie Willkür, Irrationalität und Unberechenbarkeit in die Welt der Lebewesen gebracht.

Aus biologischer Sicht wurde Homo sapiens s. mit seinem prominenten Stirnhirn zu einem Spezialisten für Nicht-Spezialisierung, was sich im Rahmen des Erwerbs von Grundlagenwissen mit immensem Lernaufwand im Kindes- und Jugendalter verbindet *(s. Konrad Lorenz).* Bis auf den heutigen Tag vollzieht jedes Menschenkind dieses Prozedere über die extrem lange Zeitspanne der ersten 20 Lebensjahre. Der erfolgreiche Ausbau solider Stirnhirnqualitäten verbindet sich mit extremer Langsamkeit im Reifungsgeschehen von den Transmittern Dopamin, Glutamat und GABA (s.Lit. von *Teuchert-Noodt* et al., Abb.3). Aus der Langsamkeit bezieht die morphogene Wirkung dieser Transmitter ihre Effektivität, Nervennetze hochgradig plastisch d.h. empfänglich für Umwelteinflüsse zu machen. Der lokale synaptische Dialog lässt sich als eine Frequenz im Gamma-Wellen Bereich (< 30 Hz) beschreiben. Sobald diese mit limbisch intendierten Theta-Wellen (4-7 Hz) interferieren, breitet sich eine *Phasensynchronisation* über den Kortex aus, die viele weitere Module in den Dialog hineinzieht. So tritt das Arbeitsgedächtnis in Aktion. Man halte sich vor Augen, dass dieses sensible Zusammenspiel von Rhythmen, Morphogenen und reifenden Strukturen im Stirnhirn eine kritische Größe für die gesamte Entwicklung ist (s. Lit. *Teuchert-Noodt* et al.). Würden dem Jugendlichen ausgereifte Stirnhirnqualitäten - wie unserem nächsten Verwandten, dem Schimpansen, bereits mit dem 7.bis 10. LJ voll verfügbar sein, dann sollte unsere kulturgeschichtliche Zeit wohl dem Ende zugehen. *Für eine Gesellschaft ist es geradezu hochgradig gefährlich, wenn Kinder beschleunigt zu Erwachsenen werden. Leider fördert unsere hochtechnisierte Welt solches mit brutaler Härte.*

Eine neurobiologische Funktionserklärung für das Stirnhirn ist bis heute in Lehrbüchern nur schwer zu haben. Sie könnte folgendermaßen lauten: Das Stirnhirn ist eine sämtlichen Hirntätigkeiten übergeordnete Drehscheibe zur Koordination aller Funktionen im Sinnes-, Handlungs-, Assoziations-, Sprachbereich sowie im Bereich visceraler Körperfunktionen. Sämtliche Modalitäten subsummieren sich im Stirnhirn unter abstrakten Aspekten. Wie auf dem Marktplatz einer Großstadt kann sich hier Jeder mit Jedem treffen, und je mehr sich treffen und austauschen, desto besser (=objektivierbarer) wird die willentliche und bewusste Entscheidung ausfallen, die über besagte Phasensynchronisation aus dem Stirnhirn geleistet wird.

Wie müsste ein derart beanspruchter Koordinator zur Bedienung all der Teilfunktionen über Hin- und Rückkopplungen neuronal beschaffen sein? Die physiologische Antwort klingt plausibel einfach. Das Stirnhirn ist für diese Aufgaben außerordentlich unzulänglich und also sehr offen angelegt. Es ist kein Sitz für das Arbeitsgedächtnis, Sozialverhalten oder Ich-Bewußtsein, wie allenthalben angenommen wird. Sondern *das Stirnhirn generiert in diesen und weiteren Kontexten geordnete Aktivitätsmuster für diese und weitere Handlungsfolgen und realisiert die mentalen Qualitäten in geordneter raum- und zeitbezogener Sequenzierung.* Auch Raum und Zeit sind nicht etwa im Stirnhirn niedergeschrieben! Auch sie realisieren sich über angetragene Gegebenheiten. Deswegen hat ein Großstädter ein ganz anderes Raum- und Zeitgefühlt als ein Urwaldbewohner.

Konflikte im Schaltapparat des Reglers sind vorprogrammiert. Das spüren wir allenthalben mittels der Erfahrungen von mal unbegrenzter Freiheit und mal beklemmender Abhängigkeit, mal großer Risikofreudigkeit und mal grundloser Hilflosigkeit, Angst und mehr. Notwendigerweise verbinden sich solche Gefühle mit der Bereitschaft zu sozialer Kommunikation, liebevollem oder lieblosem bzw. aggressivem Verhalten oder mitunter auch *kritisch-skeptischem Einsichtsverhalten. Letzteres sollte einen höchsten Stellenwert in der Palette aller unserer Begabungen einnehmen. Und das will eingeübt sein.*

Wir müssen uns bewusst machen, in welche Pflicht wir genommen sind, jedes Menschenkind immer wieder über einen genetisch fixierten Zeitplan auf den langen Weg durch die Hirnevolution zu schicken, und den reifenden Kortex schrittweise für die lateralisierten und kognitiven Ansprüche vorzubereiten. *Nur auf diese Weise kann in jeder Generation die Staffel der Geschichte wirklich weiter gereicht werden. Es würde sehr hilfreich sein, biologische und kulturelle Geschichte in den Vordergrund jeden Lernstoffs an Schulen zu setzen. Stattdessen scheint uns die zunehmend schnellebige Zeit jene Staffel der Geschichte aus den Händen zu reißen.*

Limbisches System (Abb. 1): Unter all den gravierenden evolutiven Veränderungen des Gehirns auf dem Weg der Menschwerdung, gibt es doch auch ein System das wir aus dem Tierreich komplett übernommen haben, und das uns mental (im animalischen Sinn) buchstäblich Bodenhaftung garantiert. Es ist das Limbische System mit dem Hippokampus (s. Abb. 1 schwarz), über den die allgemeine Wachheit und die Bildung des **Kurzzeitgedächtnisses** gesteuert werden. Sicherlich spielt der autonome Rhythmus aus Theta-Wellen eine Hauptrolle in diesem Geschehen. Sämtliche oben angesprochenen Teilaspekte werden am hippokampalen Eingang auf Neuheitswert gescheckt und dann unmittelbar dem Stirnhirn weitergeleitet. Schafft der Lehrer es nicht, diese Pforte seiner Schüler zu öffnen, dann haben sie „keinen Bock“ und es läuft gar nichts.

Wenn bereits vertraute Informationen eher angenommen werden als fremde Sachverhalte, dann hängt das mit der direkten Einbindung und Bildung von Emotionalität in diese limbische Verschaltung zusammen. *Vertraute Sachverhalte erleichtern einen Lernprozess. Dieses Erbe aus dem Tierreich bewährt sich insbesondere im noch so unerfahrenen Kindesalter und es bleibt zeitlebens für das Lernen von Vorteil.* Sobald ein vertrauter Bezug aufgebaut ist, öffnet sich die limbische Pforte, Erwartungshaltung und Neugierde werden geweckt. Spezifische Synapsen veranlassen im Rahmen einer sog. „Habituation“ bzw. „Sensitivierung“ erste Schritte im Prozess des Lernens. Die dem Hippokampus verfügbare ständige Neubildung von jungen Nervenzellen dürfte zusätzlich ein wesentliches Korrelat für die plastischen Hochleistungen des limbischen Systems sein. *Der Dozent tut gut daran, vor jedem neuen Lernstoff erst einmal den alten Stoff zu wiederholen und Bezüge zu Vertrautem herzustellen: „zurück nach vorn lernt sich besser“.* Eigentlich weiß der Pädagoge das auch ohne Kenntnis der neuronalen Zusammenhänge. Aber im Zeitalter der Technik ist das intuitive Wissen mitunter verschüttet worden. Wir sind regelrecht dazu verdammt, vieles was man früher einfach wusste, nunmehr bewusst zu thematisieren und neu zu erlernen. Wie gut, dass hierbei die jüngsten Erkenntnisse aus der Hirnforschung Hilfe leisten können.

Bis hierher haben wir die hirnpyhsiologischen Teilaspekte zusammengetragen, die verstehbar machen, warum der Mensch streckenweise vernunftbezogen und immens lernfähig ist, dann aber auch ins Gegenteil verfällt, total unvernünftig und dabei vielleicht doch auch kreativ sein kann. *Wie viel Vernunft, Lernbegabung und Zuverlässigkeit er im Lauf seines Lebens zu entwickeln vermag, entscheiden überwiegend Elternhaus und Schule. Erkenntnisse der Hirnforschung können neuerdings die immense Bedeutung der Umwelt für die Hirnreifung im Kindes- und Jugendalter belegen.*

Kopplung von Gehirn, Umwelt und Lernbegabung

Wie lange noch kann der Jetztmensch mit der fortschreitenden technischen Entwicklung Schritt halten? Vor dem Hintergrund dargelegter Aspekte aus Anthropologie, Hirnforschung und Entwicklungsbiologie geben die 3 „Neuro-Theorien" (*Piaget, Hebb* und *Wolff*) darauf Antwort. Theoretisch könnte er Schritt halten, aber was stellt sich dem nicht alles in den Weg!

(1) Die evolutiven Schritte, die dem Menschen bis auf den heutigen Tag in die Wiege gelegt sind und seinen Weg bestimmen (Piaget's Prinzip der Rekapitulation phylogenetischer Merkmale), können nicht einfach abgestreift werden. Vorgeburtlich induzierte Schlaf- und Hirnrhythmusstörungen, persistierende Reflexe, nicht ausgereifte oder übersprungene Bewegungskoordinationen etc. münden in Konzentrationsschwäche, Lernschwierigkeiten, Überaktivität, Schlafstörungen oder sogar psychosomatische Erkrankungen ein. Deren Ursachen sind später nicht unbedingt auszumachen, und werden allzu gern auf eine genetische Veranlagung runtergebrochen. *Theoretisch gesehen, könnte jedes Kind seinen Traumberuf anstreben, würden ihm die Grundvoraussetzungen für eine psycho-physische Normalentwicklung zur Verfügung gestellt.* Frage dein Gegenüber, ob er/sie auf dem Land oder in der Großstadt aufgewachsen ist und aus harmonischen oder zerrütteten Familienverhältnissen stammt, und du vermagst – falls nicht Wunder geschehen – die beruflichen Chancen einzuschätzen.

Ganze Therapieschulen greifen das inzwischen auf, um Frühschäden zu behandeln. So die Myoreflex-Therapie (Mosetter, 2001), die Kiss-Therapie (Biedermann, 2010) und die Physiologisch-Psychologische Entwicklungsförderung (Goddard 2005), um nur die in unserem Land bekanntesten Methoden zu nennen. *Angesichts der dramatischen Zunahme von Entwicklungsstörungen in Ballungszentren, müssten jedenfalls dort Kindergärten und Schulen als Therapieeinrichtungen organisiert sein.*

(2) *Hebb* zufolge sind A k t i v i t ä t e n ausschlaggebend, um die reifenden Synapsen und Nervennetze sinnbezogen zu funktionalisieren. Mit dieser knappen Botschaft hat er Neurobiologen und – unabhängig – Informatiker über ein halbes Jahrhundert hin in Atem gehalten. Entsprechend enthält seine Botschaft in vielerlei Hinsicht hohe gesellschaftliche Brisanz. Wenn heute die bis in die Kinderstube alles beherrschende Computerwelt den Kleinen keine Chancen zum Klettern, Basteln, Malen einräumt, und neuerdings auch noch Smart Boards statt Schultafeln und Laptops statt Schulheften das Schreiben- und Lesenlernen verhindern, dann bleiben die hoch plastischen Synapsen (= *Hebb's* „Lernsynapse") in zugehörigen Repräsentationsfeldern des Kortex auf der Strecke. Ganze Hirnfelder können nicht angemessen funktionalisiert werden. Sie reagieren stattdessen wie ein Jungvogel im Nest, der den Schnabel reflexhaft aufsperrt aber leider nicht zur rechten Zeit gefüttert wird.

Kindgerechte Hirnaktivität impliziert eine evolutiv vorgebahnte Erwartungshaltung von Nervenzellen und Synapsen. Kritische Zeitfenster in der Entwicklung limitieren diese Erwartungshaltung (s. *Piaget)*. Deswegen sind das Tippen in die Maschine und das Beobachten von Bildern im Fernseher kein kindgerechter Ersatz für das reifende Gehirn. Ebenso wird beim Mitrasen im Auto eine hirngerechte Reifung von kortikalen Nervennetzen des kleinen Beifahrers durch Induktion endogener Rhythmusstörungen durchkreuzt. Die Botschaft von der notwendigen Aktivität für synaptische Funktionen hat auf noch anderem Weg eine ganze Generation von *Hebb*-Fans in die Irre geführt. Die jungen PädagogInnen werden es kaum noch wissen, woher das irrsinnige Motto stammt, Kindern und Schülern so viel wie möglich an Reizen und Lehrangeboten zu offerieren. *Immer mehr Lernstoff in immer kürzerer Zeit an Kinder und Studenten heranzutragen, führt nicht etwa zu mehr Wissen und mehr Leistung, sondern es bewirkt Verweigerungshaltung und Leistungsabfall unter anderem auf Grund von „Materialermüdung" der limbischen Plastizität.*

Aktuelle Beispiele liefern uns z. Zt. die fehlschlagende Einführung eine Fremdsprache (englisch) in Grundschulen und die fehlschlagende Einführung von G8 in Gymnasien mit dem Ziel Ausbildungs- und Studienzeiten effektiv zu verkürzen. Stattdessen müssen Orientierungssemester als Vorstudienzeit herhalten. Weshalb klammern sich also KultusministerInnen und PädagogInnen so reduktionistisch an das (prinzipiell phantastische) *Hebb'sche* Prinzip?

(3) *Die Kopplung von Struktur, Funktion und Verhalten* wird von den ReduktionistInnen sträflich vernachlässigt. Es erfordert mehr Theorie als nur die Kenntnis von der „Lernsynapse", um zu verstehen, dass wir so sind wie wir sind und dennoch lebenslang lernfähig bleiben. Der zündende Gedanke kam vor drei Jahrzehnten aus der Experimentalforschung. Außer der hohen Bedeutung von synaptischer Aktivität für das Lernen ist im Rahmen einer systemischen Neuroplastizität die Kopplung von Stoffwechsel/Struktur und Funktion ausschlaggebend für das Lernen. So entfalten reifende Transmitter, Hormone und Rezeptoren eine wachstumsfördernde und gestaltgebende morphogene Wirkung. Nervennetze werden den lebenslangen Anforderungen durch R e o r g a n i s a t i o n zugeführt (*Wolff,* 1983). An den selektiven und spezifischen Ansprüchen richtet sich die Qualität von Netzwerkmodulation in reifenden motorischen, sensorischen und assoziativen Subsystemen aus. Jedes Individuum ist vor dem Hintergrund seiner genetischen Disposition und dem Reifungsgrad diesem sog. „R e m o d e l l i n g" von Neuronen, Synapsen und Nervennetzen schonungslos ausgesetzt. *Falls sich die frühen Reifungsgeschehnisse nicht unter dieser Prämisse selbständig vollziehen können und über- oder unterfordert werden, bleiben entscheidende Qualitäten einer werdenden Persönlichkeit auf der Strecke. Notwendig ist jene kürzlich eingeforderte „Beinfreiheit" auch für jeden Schüler und Studenten. Nur dann kann das Gehirn so reifen, dass es später Beruf und Alltag selbstbestimmt angehen kann.*

Bildung von Grundlagenwissen, Speicherung und Abrufen von Langzeitgedächtnis (Abb. 3,4)

Die Frage, wie **Grundlagenwissen** entsteht, ist bis hierher mehr als hinlänglich beantwortet worden. Es sollte vollziehbar geworden sein, *dass das Motto „forward to the basics" zu einem biologischen Prinzip erhoben werden kann. Dieses Prinzip steht für die erfolgreiche Evolution in der Menschwerdung, ist ein Garant für die Lernbegabung im Kindesalter und bleibt ein Garant für erfolgreiches Lernen auch im Erwachsenenalter.* Betont sei, dass es zum Verständnis des Ganzen auf die Zusammenschau der drei „Neuro-Theorien" ankommt: Dem phylogenetischen Kode folgend (*Piaget*), reift das Stirnhirn als Arbeitsgedächtnis extrem langsam heran; der aktivitätsgesteuerten Synapsenbildung folgend (*Hebb*), steht die Reifung voll und ganz unter dem adaptiven Einfluss der Umwelt; dem Prinzip der Reorganisation folgend (*Wolff*), führt dies konsequent zu einer dynamisch fortschreitenden und flexiblen Kopplung von Struktur, Funktion und Verhalten. Es gilt: das Kind, der Jugendliche lernt ob er/sie/es will oder nicht. Und, der Erwachsene ist ein Produkt der Entwicklung in seiner Zeit und kann sich – vielleicht – auf ein solides Grundlagenwissen stützen.

Die grundsätzliche Neugierde, Wachheit, Lernbereitschaft des Menschen entstammt – nach allem was wir heute wissen – dem limbischen Hippokampus, der mit dem autonomen Rhythmusgeber im Theta-Frequenzbereich und besagter lebenslanger Neuroplastizität ausgestattet ist. Eine hohe plastische Dynamik im Kindes- und Jugendalter spielt sich im Erwachsenen auf ein moderates Maß ein (s. dazu Lit. Teuchert-Noodt et al.). Dann erfordert Lernen immer einen gewissen Kraftakt, um die hippokampale Plastizität in Schwung zu bringen. Entsprechende Methoden sind vielfältiger Art: Sport, Wandern, Musik, Tagträumen, genügend Schlaf etc. Immer kommt es darauf an, sich in Erholungsphasen von den sehr langsamen basalen Rhythmen leiten zu lassen. Zu diesen gehören die im Hirnstamm generierten Delta- und Theta-Wellen (0,2 – 7 Hz).

Wie arbeitet der Langzeitspeicher?
Aktivitäten veranlassen eine Sensitivierung (= Vorbahnung) spezifischer Verbindungen

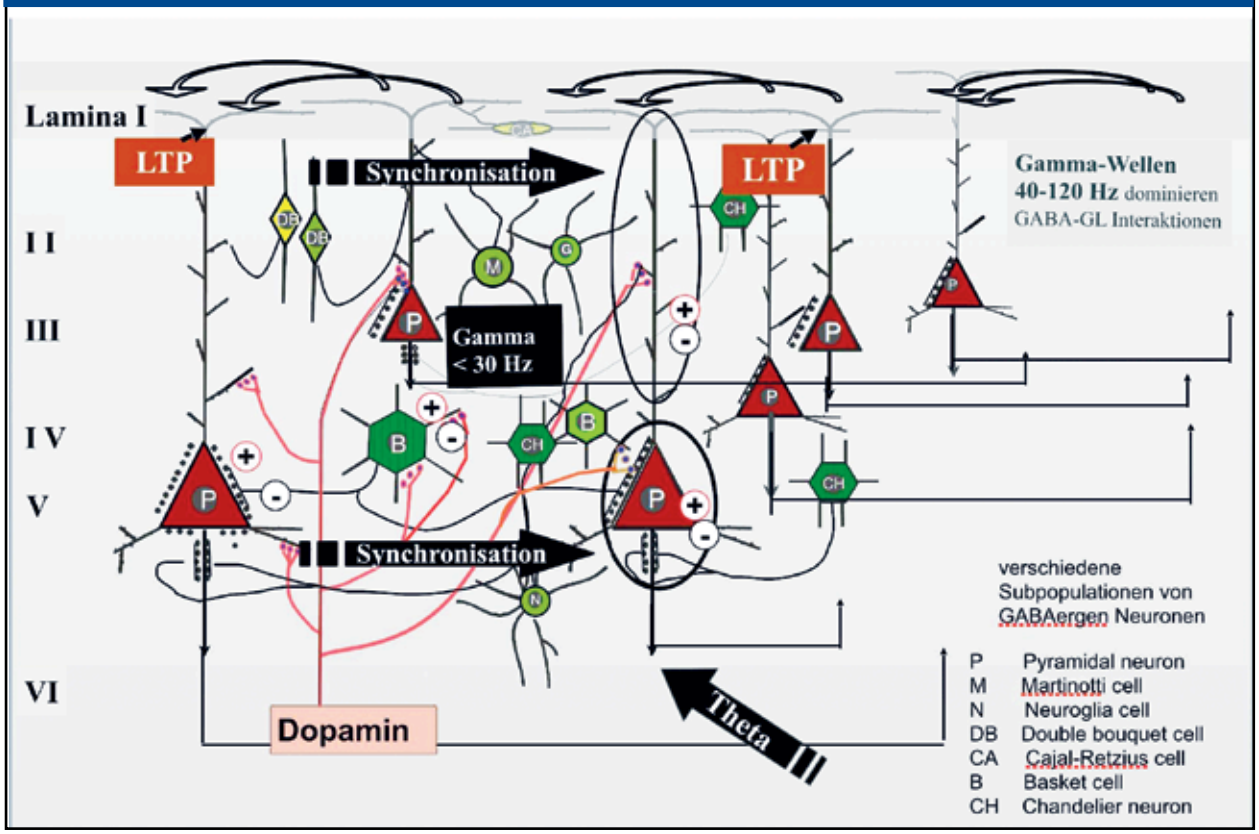


Abb.3: Wie arbeitet der Langzeitspeicher? Modell eines Nervennetzes aus pyramidalen Neuronen, die über Glutamat arbeiten, LTP erzeugen und über U-Fasern in andere Funktionsmodule eingreifen. Interneurone arbeiten über GABA und modulieren mitsamt der aus dem Hirnstamm aufsteigenden aminergen Fasersysteme die pyramidale Aktivität. Immer versuchen synaptische Aktivitäten Erregungs-Hemmungsgleichgewichte zu erstellen. Unter dem Einfluß selektiver Aktivitäten führt dies zu einer ***Vor-Sensitivierung*** *synaptischer Kontaktspektren. Erst die Konsolidierung im Schlaf sorgt für eine adaptive Veränderung von Nervennetzen. Darüberhinaus wissen wir heutzutage noch nicht wie Gedächtnisspuren wirklich eingespeichert werden.*

Auch die Frage wie **Langzeitgedächtnis** gebildet wird, ergibt sich weitestgehend aus den dargelegten Zusammenhängen: *Untrennbar beauftragt sind damit der Kurzzeitgedächtnis bildende Hippokampus und das Arbeitsgedächtnis bildende Stirnhirn;* die Langzeitspeicher liegen verstreut in den weiten Feldern des assoziativen Kortex, hier insb. im Schläfenlappen (Abb. 4). Die Abbildung 3 stellt schematisch dar, wie differenziert der hinterlegte Schaltplan angelegt ist. Pyramidale Neurone sind die Sender und zugleich die Empfänger von Aktivitäten, die wie ein ständiger Windhauch das zelluläre Netzwerk der Kortexrinde durchstreichen.

Zu den steuernden Frequenzen im Alpha-, Beta- und Gamma-Wellenbereich wird aktuell intensiv geforscht. Hemmende Interneurone (GA-BAerg) und aus dem Hirnstamm aufsteigende aminerge Bahnen bilden mit den Pyramiden direkte und indirekte Kontakte und modulieren die durchströmenden Aktivitäten. Dabei werden zwischen den synaptischen Verschaltungen lokale Erregungs-Hemmungsgleichgewichte gebildet, verändert und selektiv angebahnt. Funktionsmodule kommunizieren nah und fern über U-Fasern der pyramidalen Neurone. Über die horizontalen Lamina I Bahnen kontaktieren sie grenzübergreifend unzählig viele andere Pyramiden in anderen Funktinsmodulen bzw. Areae des Kortex.

Ein konkretes Beispiel möchte das veranschaulichen: In das Lernen und Abspeichern von z. B. feinmotorischen Handlungsfolgen (Schreibenlernen, Erlernen von Rad-, Skifahren etc.) sind vorrangig der prämotorische Kortex, die Basalganglien und das Kleinhirn einbezogen (s. Schaltkreise in Abb.4). Hier werden elementare Schaltungen eingeübt, auf die später im Erlernen komplexerer Aufgaben immer wieder zurückgegriffen werden kann. Gleichzeitig dehnt sich der Lernprozess immer auch auf sensorische, emotionale, soziale, raumzeitliche Aspekte aus. Auch in diesen Kontexten wird möglichst auf schon enaktivierte Nervennetze bzw. Funktionsmodule zurückgegriffen (s. Piaget's Entwicklungsspirale, s. Abb. 1). *Diese Kooperation verschiedenster Qualitäten dient einer Vor-Sensitivierung von Nervennetzen in Funktionsmodulen in weit verstreuten Arealen des Kortex, und sie dient der Vorplanung eines ganzheitlichen Verhaltenskonzeptes.* Immer wird die dafür nötige Initiation vom Arbeitsgedächtnis bzw. der im Stirnhirn aktualisierten Theta-Gamma-Interferenz begleitet. Diese breitet sich über den gesamten Kortex als *„Phasenynchronisation"* aus (s. schwarze Pfeile in Abb. 3, 4). Konsequent eingebaute Rückkopplungsschleifen dienen in größeren Schaltkreisen bis hin zu kleinsten Zell-Zellinteraktionen der selektiven Bahnung im Prozedere der Erstellung eines Handlungskonzeptes. Die **Zuverlässigkeit der Speicherung** eines Handlungskonzeptes wird über zwei Folgeschritte geleistet: (1) die Ablage in maximal eingeschliffene Bahnsysteme und zelluläre Schaltkreise und (2) die Konsolidierung des Gedächtnisses.

Wie kann Wissen im Langzeitspeicher zuverlässig abgelegt werden?
Indem es zum Zusammenspiel von vielen Schaltkreisen und zur Einbeziehung von diversen Orten/Qualitäten des Kortex kommt

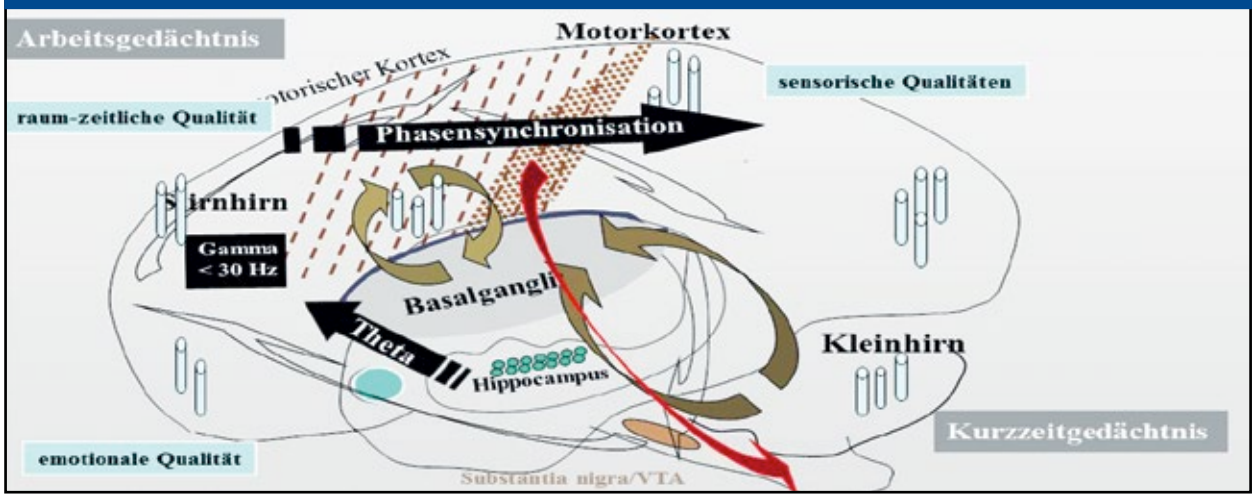


Abb.4: Hippokampus (Kurzzeitgedächtnis) und Stirnhirn ((Arbeitsgedächtnis) arbeiten im Rahmen der Langzeitspeicherung engstens zusammen. Das Langzeitgedächtnis bildet sich in assoziativen Areae des Kortex aus. Dargestellt ist der Prozess des Erlernens einer Bewegungskoordination, zu der primär Hin- und Rückbahnungen zwischen Kleinhirn, Basalganglien und prämotorischem Kortex angelegt werden. Zusätzlich werden sensorische, emotionale, soziale, raum-zeitbezogene Qualitäten mit eingebunden. Gedächtnisinhalte werden also ganzheitlich abgespeichert. Für die Übertragung von Aktivitäten und die Koordination sind Schwingungsfrequenzen im Gamma-, Theta-,Beta- und Theta-Wellenbereich von besonderer Bedeutung.

Zu (1): Am Ende des Einschleifens diverser Regelkreise und ihrer ganzheitlichen Zusammenführung steht ein Prozess der **Automatisierung,** d.h. Übernahme der zunehmend eingeschliffenen und geglätteten Handlungsfolgen in subkortikale Schaltkreise des sog. „Extrapyramidalen Systems". Stirnhirn und Bewegungsrinde dienen dann nur noch als Anstoß einer gekonnten Handlung, die vom unbewusst arbeitenden Stammhirn übernommen wird. Das lässt eine Handlung immer gekonnter und ausgepfeilter werden. Der Kortex wird für andere/neue Aufgaben freigegeben. Zugleich bringt das erhebliche Risiken mit sich. Der Raser über die Autobahn, der Surfer auf alpinen Schneepisten kann dann sehr schnell zur „subkortikalen Pistensau" entarten.

Dieser an und für sich so geniale Mechanismus, die Automatisierung, wurde erstmals zum Risikofaktor seit die moderne Zeit den Faktor G e s c h w i n d i g k e i t zum Erfolgsschlager erhoben hat. Die Entwicklung von Autopiloten ist als Hilfestellung gedacht. Die Frage ist nur, ob sie diesen Zweck auch erfüllt oder nicht vielmehr das Risiko für den Einzelnen sogar noch erhöht. Eine um so höhere kognitive Aufmerksamkeit für den gesamten Handlungsablauf ist gefordert. Das entspricht einer Anforderung, auf die wir – nach meiner Einschätzung – evolutionsbiologisch nur noch bedingt vorbereitet sind. Jedenfalls nimmt das höchste Stirnhirnkompetenz in Anspruch. Für den Hirnstoffwechsel bedeutet es eine immense Zusatzbelastung, insb. kostet es dem limbischen und präfrontalen Stoffwechsel zunehmend Energie. Der beschleunigte Verbrauch von entsprechend geforderten Hirntransmittern (u.a. Dopamin, Glutamat) wird automatisch zu einer limitierenden Größe, und dann versagen unausweichlich die allgemeine Wachheit, Konzentration etc. (Man kennt das ja). Im chronischen Verlauf kann sich ein Burnout einstellen. Die dramatische Zunahme von Burnout-Patienten hat mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit mit den immens ansteigenden Zusatzbelastungen in unserer technischen Welt zu tun, auf die wir evolutionsbiologisch nicht hinreichend vorbereitet sind.

Wie kann Wissen im Langzeitspeicher zuverlässig abgelegt werden?
Nur durch genügt Schlaf, denn: im Tiefschlaf erfolgt die Konsolidierung der am Tag gebildeten Gedächnisspuren auf der Grundlage von Neuroplastiztät

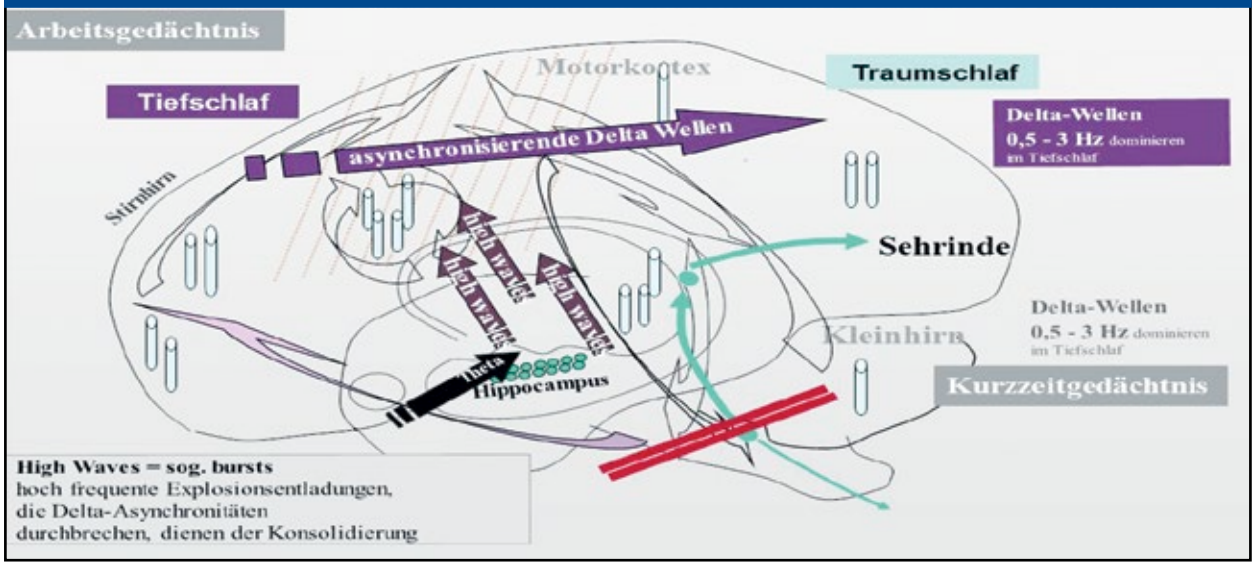


Abb. 5: Nur durch Schlaf kann Wissen im Langzeitspeicher zuverlässig abgelegt werden. Im Tiefschlaf erfolgt eine Absenkung tagaktiver Frequenzen durch Delta-Wellen, die sich mit asynchronisierender Wirkung über den Kortex legen. In zeitlichen Abständen werden sie durch „high waves" durchbrochen, was zur Konsolidierung der tagsüber vor-sensitivierten Verschaltungen führt. Sinneseingänge werden im Hirnstamm durch aktive Hemmung blockiert (rote Querstriche).

(2) Die zuverlässige Ablage von Gedächtnis erfordert einen letzten Akt im neuronalen Prozedere von vor-sensitivierten Schaltkreisen und Funktionsmodulen: **Die Konsolidierung** des Gedächtnisses im nächtlichen Schlaf (Abb 5). Schlafforscher sagen, dass mitunter bis zu 2–3 Wochen gebraucht werden, um die vorgebahnte Sequenz eines Lernstoffs wirklich *zuverlässig* abzuspeichern. Offensichtlich sind für den Schüler deswegen Wiederholungsübungen so sinnvoll. Eingeleitet wird der Tiefschlaf von einer totalen „Umschaltung" tagsüber wirksamer Hirnrhythmen wie Alpha-, Beta-, Gamma-Frequenzen. Hinzu kommt die Blockade von aus dem Hirnstamm aufsteigenden Sinnesaktivitäten. Eine globale Ausdehnung der langsamen Delta-Wellen über den gesamten Kortex dient der Asynchronisierung kortikaler Aktivitäten. Vorgebahnte Lernsequenzen versinken ins Unbewusstsein. Daraus werden sie in gewissen Zeitabständen durch Spontanentladungen (sog. bursts) „aufgeschreckt", die u.a. von aufsteigenden Theta-Wellen ausgelöst werden. Es handelt sich um hoch frequente Explosionsentladungen, welche die Delta-Frequenzen kurzfristig durchbrechen. Dies ist im Rahmen der Konsolidierung des Gedächtnisinhaltes wohl ein wesentlicher Schritt. Annahme ist, dass es unter diesen provozierten Destabilisierungen von Erregungs-Hemmungsgleichgewichten und tagsüber vor-sensitivierten Konnektivitäten zu einer stabilisierenden Übernahme vorgebahnter synaptischer Spektren kommt. *Eine* ***zuverlässige*** *Abspeicherung von Lerninhalten hat also ausschlaggebend mit gesundem Schlaf zu tun.*

Sämtliche hier vorgetragenen Aspekte sind für die Gedächtnisbildung wesentlich. *Der Beitrag möchte dazu dienen, für Lehrer und Lernende vor dem Hintergrund neurobiologischer und phylogenetischer Erkenntnisse einen* ***bewussten und verbindlichen Umgang*** *mit den Themen Lernen, Grundlagenwissen und Gedächtnisbildung zu entwickeln.* Dennoch, wir sind heutzutage noch weit davon entfernt, die Gedächtnisspeicherung im Gehirn wirklich zu verstehen. Vertiefende Erkenntnisse hat in den letzten Jahrzehnten insbesondere die molekulare Lernforschung eingefahren. An dieser Stelle vermögen die beachtlichen Erkenntnisse aus der neurobiologischen Molekularforschung allerdings kaum einen themenbezogenen Beitrag zur praktischen Anwendung zu leisten und wurden deswegen von mir sträflicherweise völlig ausgespart (dazu lese man das dicke Lehrbuch von *Kandel*).

Vorliegende Ausführungen mögen den Leser oftmals an die Grenzen seiner Geneigtheit geführt haben. Aber, für Lehrende wie Lernende muß immer gelten: Nicht alles muß man bis ins letzte Detail mitvollziehen. Die Absicht, eine grobe Orientierungshilfe zu vermitteln, möchte mir hoffentlich gelungen sein.

Literatur:

Benninghoff A. (1989): Lehrbuch der Anatomie des Menschen. Bd1 Bewegungsapparat.
Urban & Schwarzenberg Verlag

Biedermann, H., L. Koch (1996): Zur Differentialdiagnose des KISS-Syndroms. Manuelle Medizin, 34: S. 73-81.

Ehlers E. (2008): Das Antropocän. Die Erde im Zeitalter des Menschen. VPrime.

Goddard S. (2005) "Warum Ihr Kind Bewegung braucht." VAK Verlag Freiburg

Hebb, D (1949): **The Organization of Behavior: a neuropsychological approach. Wiley, New York 1949.**

Knußmann R. (1996) Vergleichende Biologie des Menschen. Gustav Fischer Verlag
Mosetter K., Mosetter R. (2006) Kraft in der Dehnung. Ein Praxisbuch bei Stress, Dauerbelastung und Trauma. Verlag Patmos

Piaget J. and Inhelder B. (1972) Die Psychologie des Kindes. Olten:Walter-Verlag.

WOLFF JR, WAGNER GP (1983) Selforganization in synaptogenesis: interaction between the formation of excitatory and inhibitory synapses. In: Synergetics of the brain (Basar E, Flohr H, Haken H, Mandell AJ, eds), pp 50-59. Berlin; Heidelberg; New York; Tokyo: Springer.

Hier einige Arbeiten aus der Arbeitsgruppe Teuchert-Noodt u. Mitarbeiter:

Teuchert-Noodt G, DawirsRR (1999): Zur neuronalen Repräsentation und Dynamik räumlicher und zeitlicher Informationsbildung im limbo-präfrontalen System. In: *Richtungen im Raum.* Rickheit G (ed). Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden, 37-51.

Teuchert-Noodt, G. (2000): Neuronal degeneration and reorganization: a mutual principle in pathological and in healthy interactions of limbic and prefrontal circuits. J Neural Transm Suppl315-333.

Teuchert-Noodt G (2003): Multisystemische Fehlanpassung von Schaltkreisen im Gehirn und die Frage nach der Entstehung psycho-kognitiver und degenerativer Erkrankungen. ZNS & Schmerz 4/03, 10-17.

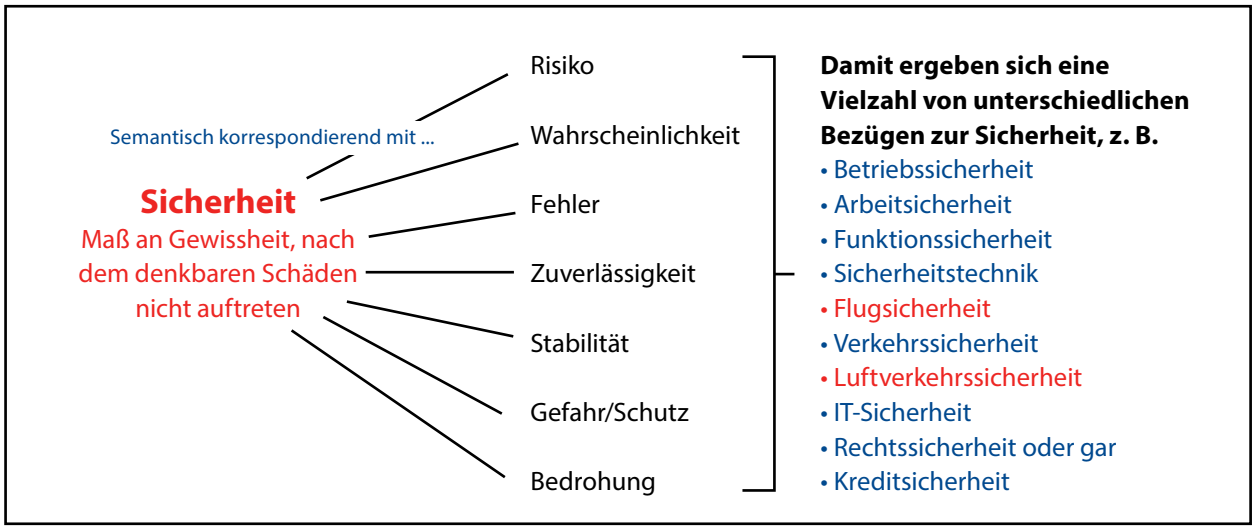
Brummelte S., Neddens J, Teuchert-Noodt G (2007): Alterations in GABAergic network of the prefrontal cortex in an animal model of psychosis. *J. Neural Transm. (published online)*

Teuchert-Noodt G. und Mitarbeiter (2000): Lernen durch Lehren: Phsiologische Grundlagen des Lernens – eine gesprochene PowerPoint Präsentation. Neu erhältlich über TIP (Technische Informationsbibliothek, Welfengarten 1B in 30167 Hannover unter der Nr. C 12425. neu erhältlich

Aspekte des Sicherheitsmanagements im zivilen Luftverkehr

1. Zum Begriff „ Sicherheit“

Ein notwendiges Sicherheitsmanagement gründet sich auf der Prämisse und Erfahrung, dass es immer Sicherheitsrisiken und menschliche Fehler gegeben hat, gibt und auch weiterhin geben wird. Wenn auch aus der deutschsprachigen Fachliteratur nicht erkennbar ist, dass es eine eindeutige und einheitliche Definition zum Begriff Sicherheit gibt, sondern aus der Sicht verschiedener Nutzer unterschiedliche Beschreibungen, kann aber wohl für ein generelles Verständnis zur Sicherheit davon ausgegangen werden, dass hiermit im Sinne von Kuhlmann / 1 / ein Maß an Gewissheit, nach dem denkbare Schäden nicht auftreten, gemeint ist. Mit dem folgenden Bild 1 soll verdeutlicht werden, zu welchen anderen Begriffen der Begriff „Sicherheit“ semantisch korrespondierende Beziehungen hat:



Damit wird deutlich, dass der Begriff „Sicherheit“ so zu allgemein ist und demnach zum tatsächlich gewünschten Gegenstand inhaltlich, räumlich und zeitlich im Sinne einer systemischen Betrachtung so abgegrenzt werden sollte, dass damit der eigentliche Luftverkehr, das Fliegen bzw. das aktive Flugzeug mit seinem interagierenden Umfeld deutlich gemeint ist und verstanden wird. In Anlehnung an Meyers Lexikon (1980) kann demnach unter Flugsicherheit ein Zustand des Unbedrohtseins, der sich objektiv im Vorhandensein von Schutz / Schutzeinrichtungen bzw. im Fehlen von Gefahr bzw. Gefahrenquellen darstellt und subjektiv als Gewissheit von Individuen bzw. sozialen Gebilden über die Zuverlässigkeit von Sicherungs- und Schutzeinrichtungen empfunden wird, verstanden werden.

Dabei kann man im Luftverkehr von zwei technischen Systemen ausgehen: einerseits dem Flugzeug selbst und andererseits der Verkehrsleittechnik.Beide Systeme müssen aber so miteinander verbunden sein, dass der Flugreisende und die Crew von einer hohen Verkehrssicherheit ausgehen können. Dass also allein der Flugzeughersteller im hohen Maße daran interessiert ist, die Sicherheit der Flugzeuge zu optimieren – und eben nicht nur als Verkehrsmittel für die Passagiere, sondern immer auch gleichzeitig als Arbeitssystem für die Crew – reicht demnach nicht. Es muss berücksichtigt werden, dass wir es im Flugverkehr mit einer grenzüberschreitenden Technologie zu tun haben. Der Luftverkehr ist vor allem durch seinen internationalen Charakter gekennzeichnet, was sich z. B. konkret auch in den Bestimmungen des internationalen Luftrechts äußert.

Da die nationalen Rechtsvorschriften mitunter noch sehr unterschiedlich sind, ist die Wahrscheinlichkeit eines Flugzeugabsturzes z. B. in Mittel- und Südamerika etwa 10-mal höher als in Europa oder Nordamerika / 1 /.

Die Internationale Civil Aviation Organisation (ICAO) hat zwar im Ergebnis ihrer jahrelangen Bemühungen hierfür Fortschritte verzeichnen können, aber bis zum heutigen Tag ist es nicht zu weltweiten einheitlichen Sicherheitsvorschriften im umfassenden Sinne gekommen. Hierfür sind offensichtlich weltweit auch die jeweiligen Grundauffassungen zur Sicherheit und die wirtschaftlichen Möglichkeiten der einzelnen Länder noch zu groß. Daher ist das Bemühen zu begrüßen, wenigstens in Europa mehr Einheitlichkeit im Flugverkehr herzustellen. Richtig ist dabei auch, dieses Bemühen nicht nur auf das Flugzeug, sondern auf das gesamte System der Flugsicherung zu beziehen. Wie komplex diese systemische Betrachtung sein muss, zeigt das Bild 2:

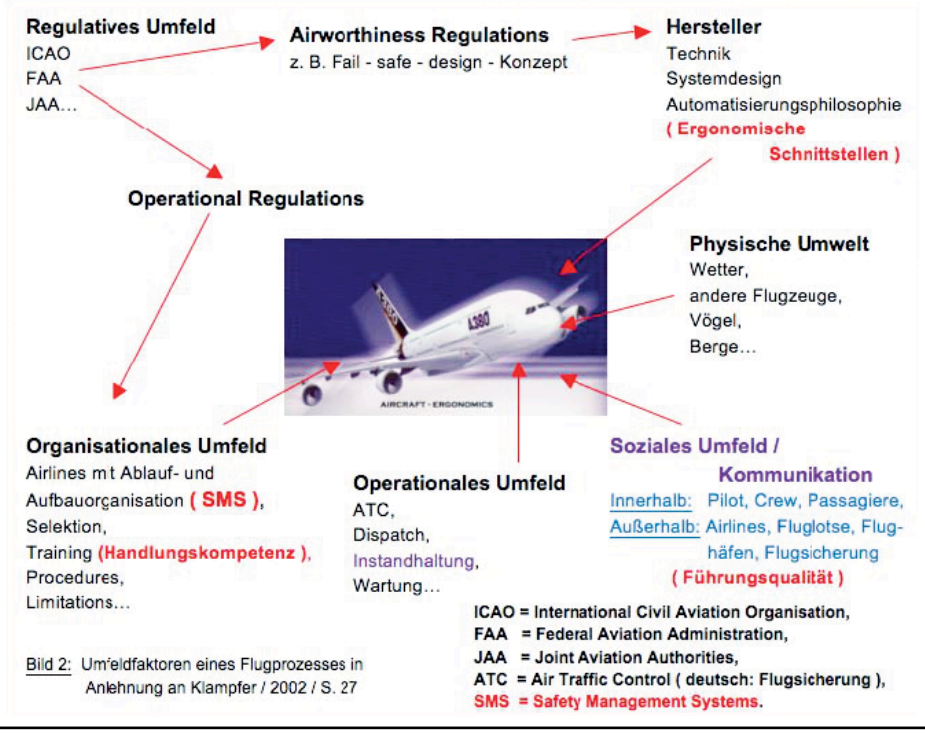


Bild 2: Umfeldfaktoren eines Flugprozesses in Anlehnung an Klampfer / 2002 / S. 27

Die im Bild 2 mit blauer und roter Schrift gekennzeichneten Faktoren wurden vom Verfasser zur Position von Klampfer / 2 / ergänzt. Diese Gesamtheit der Interdependenzen ist für den Flugprozess bedeutsam und damit sicherheitsrelevant.

Trotz DIN 31619-2 und DIN 32541 muss davon ausgegangen werden, dass es z. Zt. keine allgemein gültige und akzeptierte Definition des Begriffes „Sicherheit“ gibt. Auch die Formulierung „Zustand des Geschützseins“ (Neues Deutsches Wörterbuch) bzw. die Relation zum Begriff „Risiko“ verbessert diese Situation nicht.

Gesichert ist dagegen die Erkenntnis, dass es keine „absolute Sicherheit“ gibt und geben kann. Man kann in Anlehnung an DIN 31000 die Position vertreten, dass „Sicherheit“ als „Sachlage, bei der die Schadenserwartung im sozio-technischen System noch nach vernünftigem Ermessen vertretbar ist“ verstanden werden kann / 3 /.

Dorn / 4 / führt eine interessante Diskussion dahingehend, dass er den Begriff „Sicherheit“ auf unterschiedlichen Kontextebenen untersucht und dabei u. a. den Zusammenhang zum modernen Menschenbild sieht.

Auch die Deutsche Flugsicherung (DFS) / 5 / geht von einer bestimmten inhaltlichen Ausrichtung des Begriffes „Sicherheit“ aus. Da der deutsche Luftraum geografisch zentral in Europa liegt, muss man davon ausgehen, dass pro Tag viele tausend Flugzeuge durch diesen Luftraum fliegen. Dadurch bilden die Luftstraßen am Himmel über Deutschland ein erheblich dichteres Netz als z. B. die Autobahnen. Nach § 27 c des Luftverkehrsgesetzes (LuftVG) sind deshalb durch den Gesetzgeber der DFS ihre spezifischen Aufgaben vorgegeben.

Wichtig sind dabei:
- Schutz der Bevölkerung vor unzumutbarem Fluglärm,
- Flugroutenoptimierung,
- Vermeidung gefährlicher Flugzeugannäherungen.

Diese Aufgaben können nur durch eine entsprechende Koordination und Planung, auch mit den Nachbarländern, erfüllt werden. Wenn man davon ausgeht, dass etwa 2,2 Milliarden Passagiere jährlich das Flugzeug als Transportmittel wählen, es dafür weltweit etwa 2.100 Fluggesellschaften gibt, die mit einer Flotte von etwa 23.000 Flugzeugen mehr als 3.500 Flughäfen anfliegen und dabei von etwa 160 Flugsicherungsorganisationen kontrolliert werden, dann kann man sich schnell ein Bild vom Gefahrenzustand am Himmel machen.

Dabei muss zusätzlich berücksichtigt werden, dass die Luftverkehrsdichte ständig wächst. Im Vergleich zu den 70er Jahren haben wir heute in Europa einen Zuwachs der Luftverkehrsdichte um das Vierfache, bezogen auf heute soll sie bis zum Jahr 2020 nochmals um das Zwei- bis Dreifache ansteigen. Dabei sind noch gar nicht die Belastungen durch den militärischen Flugverkehr und von Weltraumflügen berücksichtigt. Trotz der hohen Flugverkehrsdichte besonders im europäischen Luftraum ist statistisch gesehen bis zum heutigen Tag der Luftverkehr im Vergleich zum Straßenverkehr sicherer. Im Gegensatz zum Unfallgeschehen auf der Straße hat allerdings ein Flugzeugabsturz stets eine spektakuläre öffentliche Wirkung und beansprucht dadurch auch eine höhere öffentliche Aufmerksamkeit.

2. Sicherheits-Management-Systeme

Die vorangestellten Bemerkungen sollten deutlich machen, wie komplex und umfassend der Begriff „Sicherheit“ verstanden werden muss. Es ist deshalb sehr zu begrüßen, wenn sich die ICAO dieser Problematik auf internationaler Ebene so annimmt, wie es mit der Vorgabe des „Safety Management Systems (SMS)“ gemeint ist. Die Einführung des Sicherheits-Management-Systems (SMS) ist für alle 190 Vertragsstaaten verbindlich vorgesehen. Da Sicherheit damit als eine wesentliche Führungsaufgabe verstanden wird, wären unter diesem Aspekt die Voraussetzungen gegeben, dass potenzielle Gefahrenquellen in ihrer Komplexität prospektiv erkannt und beseitigt werden können bzw. deren Wirkungen kontrolliert begrenzt werden. Im Sinne der ICAO ergibt sich daraus ein SMS-Konzept, wie es im Bild 3 dargestellt wird.

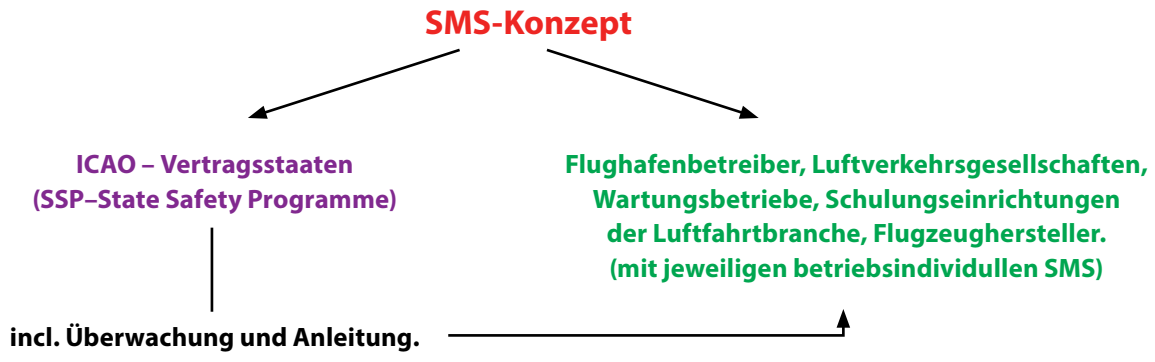


Bild 3: SMS Konzept

In den amerikanischen ACRP-Reports „Safety Management Systems for Airports" befinden sich z. B. detaillierte Anleitungen von SMS für Flughafenbetreiber. Das Ziel eines solchen SMS soll darin bestehen, nachhaltig das Sicherheitsniveau und die Sicherheitskultur einer Organisation des Flugbetriebes zu verbessern. Ein SMS führt, lenkt und koordiniert eine Organisation in Bezug auf alle Sicherheitsfaktoren und -aktivitäten. Die Begriffsbestimmung leitet sich in Anlehnung an IEC 60300-2, EN ISO 9000 und VDI 4003 ab. Beim Versuch, solche Systeme in der deutschen Wirtschaft zu installieren, gibt es inzwischen aber auch vergleichbare Erfahrungen, die berücksichtigt werden sollten. Das bezieht sich z.B. auf das Qualitäts- management (EN ISO 9000/9100), auf den Umweltschutz (EN ISO 14001) und auf den Arbeits- und Gesundheitsschutz (Arbeitssicherheit). Aus der Sicht der Arbeitswissenschaft und Ergonomie, dafür steht der Verfasser dieses Beitrages, gibt es hinsichtlich der Begriffe Arbeitssicherheit und Flug- bzw. Luftverkehrssicherheit die interessante Möglichkeit, Analogiebetrachtungen vorzunehmen. Sowohl bei der Arbeitssicherheit als auch bei der Flug- und Luftverkehrssicherheit können die tragenden Hauptsäulen mit dem Gesundheitsrisiko und dem Unfallrisiko angenommen werden. Arbeitssicherheit wird dabei als Zustand von Betriebsmitteln, Arbeitsstätten und Arbeitsverfahren verstanden, der ein relativ sicheres und erschwernisfreies Arbeiten ermöglicht. Das Bild 4 zeigt diesen Wirkungszusammenhang vereinfacht.

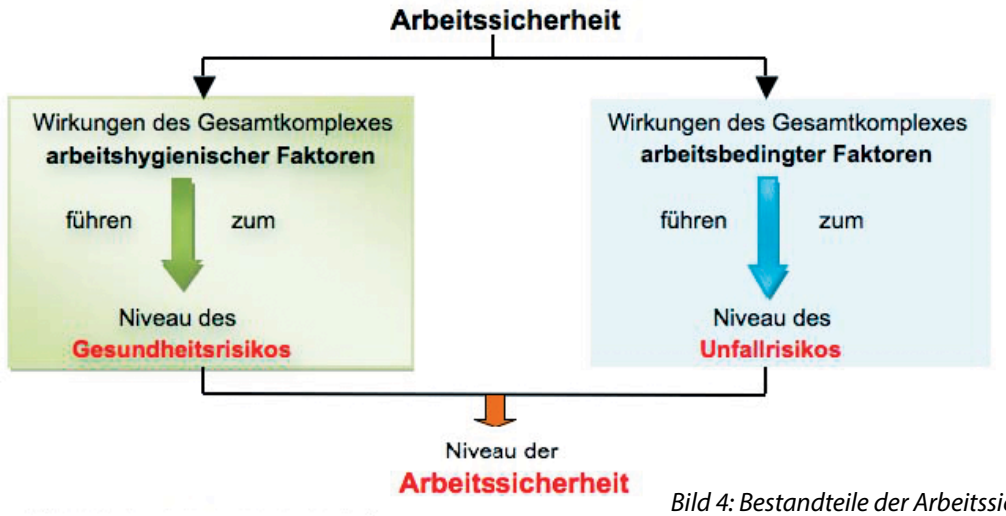


Bild 4: Bestandteile der Arbeitssicherheit

Die Arbeitssicherheit kann so strukturiert werden, wie das mit dem Bild 5 gezeigt wird. Dabei wird auch deutlich, dass die Sicherheitstechnik ein Teil der Arbeitssicherheit ist.

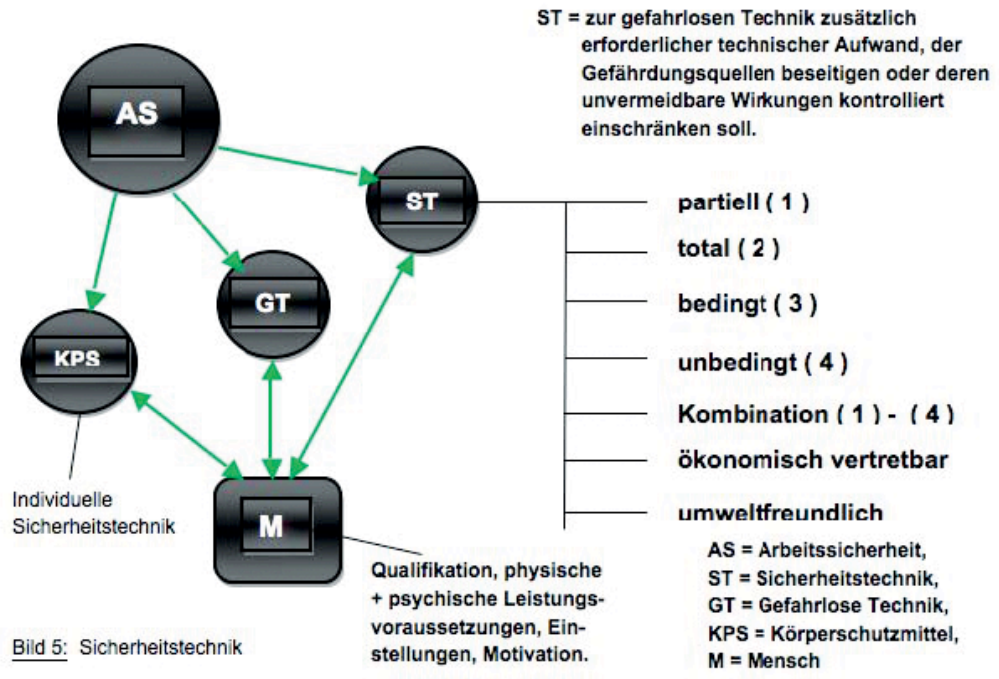


Bild 5: Sicherheitstechnik

Unabhängig davon, wie man für die Betrachtung von Sicherheitsproblemen die zeitlichen und räumlichen Systemgrenzen sieht, sollte generell gewährleistet sein, dass im Sinne der Komplexität vorhandener Interdependenzen zwischen Technik, Organisation und Mensch (Personal) die möglichen Potenziale aller drei Komponenten gleichermaßen genutzt werden, damit eine optimale Sicherheit erreicht werden kann. Diesen Grundsatz bringt nach Bild 6 das so genannte TOP-Modell zum Ausdruck.

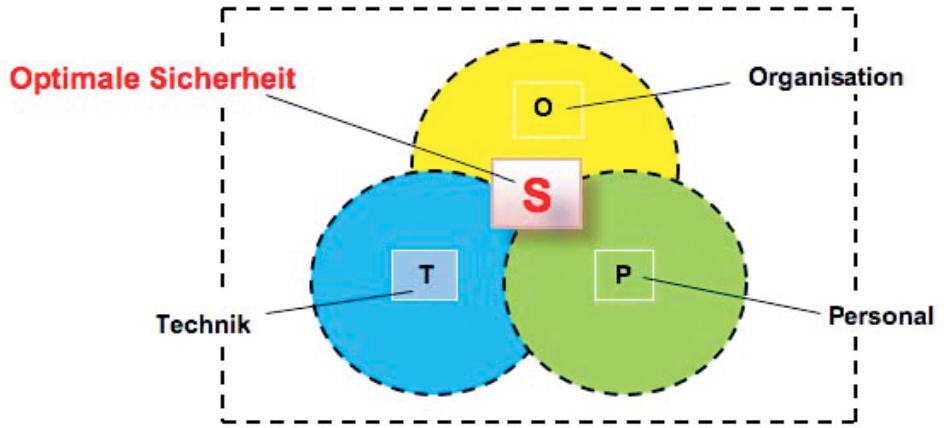


Bild 6: TOP - Modell nach Compes (1970)

Nach Compes können alle die Sicherheit betreffenden Komponenten eines Arbeitssystems dem TOP - Modell zugeordnet werden. Wenn es um den Beitrag der Arbeitswissenschaft / Ergonomie zur weiteren Optimierung von Flugsicherheit bzw. Luftverkehrssicherheit geht, dann ist es genau dieses Kernstück der Beeinflussung von Arbeitssystemen, das sich mit der unmittelbaren Interaktion von Mensch – Technik - Organisation befasst. Damit sind die im Bild 2 mit blauer und roter Schrift vom Verfasser vorgenommenen Ergänzungen der Umfeldfaktoren eines Flugprozesses nach Klampfert insbesondere unterstrichen. Hier gibt es also eine breite Schnittfläche zwischen der eigentlichen Arbeitssicherheit aus arbeitswissenschaftlicher Sicht und der Flugsicherheit. Die Arbeitswissenschaft befasst sich also auf der Grundlage der Gesetzmäßigkeiten und Wirkungsbedingungen der menschlichen Arbeit auf sehr interdisziplinärer Weise mit der Optimierung von Arbeitssystemen – also auch Flug-Arbeitssystemen. In der arbeitswissenschaftlichen Fachliteratur werden die Begriffe „Mensch-Maschine-System“ bzw. „Sozio-technische Systeme“ weitgehend durch den Begriff „Arbeitssystem“ ersetzt. Der Vorteil des Systemansatzes liegt darin, dass er eine allgemeingültige Darstellungsweise für die Struktur verschiedenster Phänomene erlaubt. Ein solches System wird durch eine jeweilige Systemgrenze (die es zur Umwelt abgrenzt), Systemelemente, Beziehungen zwischen den Elementen und ggf. auch zur Umwelt gekennzeichnet / 6 /.

Dabei kann das jeweils betrachtete System einerseits Teilsystem oder Subsystem eines übergeordneten Systems sein und andererseits in Form anderer Elemente wiederum Subsysteme enthalten. So kann dann z. B. die jeweilige Struktur technischer Systeme beschrieben werden (Bauteile, Baugruppen, Maschine, Maschinenverbund) mit entsprechenden Beziehungen (Organisation bzw. „Inbeziehungsetzen“) der Elemente untereinander und mit der Umwelt. Die Anzahl der Systemelemente und die Formen sowie der Verflechtungsgrad der Beziehungen zwischen den Systemelementen und zur Systemumgebung bestimmen den Grad der Komplexität eines Systems. Danach kann man z. B. zwischen einfachen und äußerst komplexen Systemen unterscheiden. In äußerst komplexen Systemen existieren eine Vielzahl von Mensch – Mensch – Beziehungen bzw. „Sozialen Systemen“, Maschine – Maschine – Beziehungen bzw. „Technischen Systemen“ sowie „ Mensch – Maschine Systemen“ (MMS) bzw. übergeordnet – im Verständnis prozessbezogener Betrachtung – „Sozio-Technische Systeme“ (STS). Dabei befasst sich die System-Ergonomie mit der Entwicklung und Nutzung von ergonomischen Analyse- und Gestaltungsmethoden für die Lösung von Mensch – Maschine – System-Problemen, die im Zusammenhang mit einer entsprechenden Systemauslegung stehen. Mit Hilfe eines solchen systemanalytischen Ansatzes können prinzipielle Strukturbilder über die Einbindung des / der Menschen in komplexe sozio -technische Systeme entwickelt werden und daraus ganzheitliche Ableitungen für die Optimierung dieses Systems gefunden werden.

Das schließt ein, dass es im Verständnis moderner Ingenieurwissenschaften zunehmend erforderlich ist, naturwissenschaftlich-technische Gesetzmäßigkeiten und Wirkungsbedingungen stärker im Kontext menschlicher Arbeit zu sehen. Technik ist nicht ohne Arbeit und Arbeit nicht ohne Technik denkbar. Wobei „Technik / Technologie“ hier nicht nur als produkt- bzw. gegenstandsbezogen, sondern auch als handlungsbezogen (verschiedene „Techniken“ bzw. Methoden einsetzen) verstanden werden soll. Auch wenn beide Begriffe sehr eng miteinander gekoppelt sind, dürfen sie nicht als koextensiv verstanden werden. Allein die Motivationsstrukturen für Technik und Arbeit sind völlig unterschiedlich (Kornwachs, 2001) / 7 /. Aus dieser Sicht Technik / Technologie lediglich als die Verwendung, in Gebrauch und Herstellung technischer Artefakte, Werkzeuge, Maschinen, Systeme zu verstehen, wäre eine unzulässige Verkürzung. Deshalb muss auch der in den Ingenieurwissenschaften anzutreffenden Auffassung widersprochen werden, dass Technik / Technologie lediglich eine Art degenerierter, weil eben nur angewandter Naturwissenschaften sei. Technik ist damit aber auch nicht „Herrschaft über die Natur“, sondern lediglich „Herrschaft in der Natur“. Gleichzeitig muss in diesem Zusammenhang gesehen werden, dass im Sinne der engen Kopplung von Technik / Technologie und Arbeit der neuzeitliche Arbeitsbegriff zunehmend Eigentum, soziale Teilhabe und persönliche Identität impliziert.

Er geht damit von einem Menschenbild aus, das den Menschen als autonomes Subjekt begreift, das zur Regulierung der eigenen Beziehungen mit der Umwelt und zur Selbstregulation fähig ist. Wenn berücksichtigt wird, dass die technologische Entwicklung in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts, neben der Informations- und Kommunikationstechnologie, eine neue Kategorie technischer Einrichtungen zeigte, deren Größe und Komplexität alles übertrifft, was bisher an Technikgeschichte bekannt war, dann wurde auch gleichzeitig deutlich, dass mit der Herstellung und Inbetriebnahme solcher komplexer großtechnischer Systeme sprunghaft das Gefahrenpotenzial zunahm / 8 /.

Das trifft – technisch orientiert – vor allem für so genannte „wenig Fehler verzeihende Bereiche" zu, wo hohe Konzentrationen von Energie oder toxischen Stoffen kontrolliert werden müssen, damit katastrophale Folgen für Umwelt, Bevölkerung und zukünftige Generationen vermieden werden. Dafür stehen insbesondere nach wie vor die Kerntechnik, die zivile und militärische Luft- und Raumfahrt, Anlagen der chemischen Industrie, Gefahrengütertransport, schienengebundener Schnellverkehr von Menschen und Gütern, die Schifffahrt und die petrochemischen Großanlagen – aber eben auch die weltweiten Informations- und Kommunikationsnetze, komplexe Nahrungsmittelketten oder medizinische Dienstleistungen.

Die Ingenieurwissenschaften stehen hier also nicht nur in Verantwortung, effektive, sichere und zuverlässige „Technik / Technologie" zu gewährleisten, sondern auch gleichermaßen im Sinne der Systemwirkung bestmöglichen Einfluss auf die „Menschliche Qualität" (im Sinne von „Menschlicher Zuverlässigkeit") im Kontext dieser Interaktion zu nehmen (Bartsch, 2001) / 9 /. Darin sieht die Arbeitswissenschaft / Ergonomie ihre besondere Aufgabe. Kuhlmann schreibt dazu „…Weiter gehört dazu die Sicherstellung der ‚menschlichen Zuverlässigkeit'. Die Qualität des Personals ist abhängig von der Aus- und Weiterbildung, den praktischen Erfahrungen und den charakterlichen Eigenschaften. Das gilt für alle, die an den Systemen Flugzeug und Flugsicherung und deren Verzahnung beteiligt sind, das gilt aber auch für Instandhaltung und Wartung." (Kuhlmann, 2000) / 10 /. Das hat der Verfasser auch mit dem ergänzten Bild 2 ausgedrückt.

3. Flugsicherheit aus arbeitswissenschaftlicher Sicht

Aus arbeitswissenschaftlicher Sicht ist ein Mensch – Maschine – System (MMS) bzw. ein sozio-technisches System dann optimal gestaltet, wenn die technische Auslegung von Maschinen und Systemen mit den betrieblichen Arbeitsverhältnissen und mit der Tätigkeit sowie angemessener Qualifikation und Motivation der Arbeitspersonen abgestimmt ist. Dabei kommt eine Vielzahl von technischen, organisatorischen und personellen (menschlichen) Leistungsparametern zur Wirkung, die im Sinne einer optimalen Aufgabenerfüllung nach konkret vorgegebenen Zielstellungen in Beziehung gesetzt werden (Arbeitsorganisation) bzw. interagieren. Neben anderen Leistungsparametern besitzt dabei die "Zuverlässigkeit" eine besondere Relevanz.

Das nachfolgende Bild 7 zeigt in vereinfachter Form ein solches MMS.

Im Sinne der Mensch – Maschine – Interaktion ist aus der Sicht des arbeitenden Menschen die Maschine immer gleichzeitig auch materielle Arbeitsbedingung.In Abhängigkeit vom jeweiligen Automatisierungsgrad der Maschine ergeben sich z. B. in der Rückkopplung die Anforderungen an die Qualifikation, die physischen und psychischen Leistungsanforderungen bzw. auch an das jeweils erforderliche Gefahren- und Sicherheitsbewusstsein des / der Menschen. Bei dieser Betrachtung wird davon ausgegangen, dass jede Tätigkeit des Menschen in einem Arbeitssystem auf Aufgabenstellungen beruht, deren reale Verwirklichung, nämlich das Ergebnis, als Aufgabenerfüllung bezeichnet werden kann. Neben anderen Leistungsparametern wirken in solchen Arbeitssystemen ganz bestimmte Zuverlässigkeitsanforderungen an den Menschen, die Technik und die Organisation.

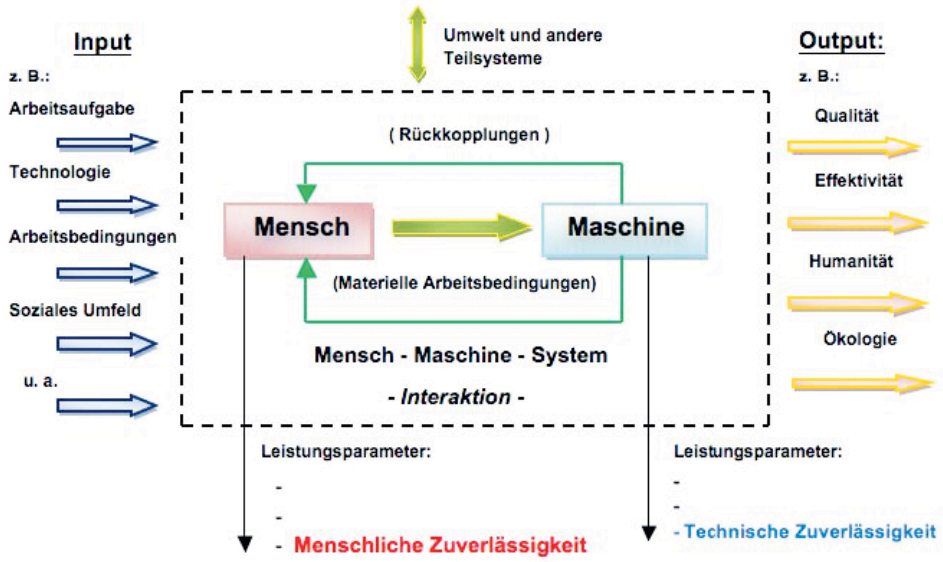


Bild 7: Menschliche und technische Zuverlässigkeit in Arbeitssystemen

Literatur: Bartsch, H. (2008), Medizinisches Lexikon der beruflichen Belastungen und Gefährdungen, Gentner Verlag Stuttgart, Hrsg.: Landau, K. / Pressel, G.; S. 1057, ISBN 978-3-87247-715-6

4. Technische und menschliche Zuverlässigkeit in Arbeitssystemen

Mit Bezug auf DIN 55 350, Teil 11 (1987) kann die „Technische Zuverlässigkeit" als ein Teil der Qualität von Produkten und Prozessen im Hinblick auf das Verhalten während oder nach vorgegebenen Zeitdauern bei vorgegebenen Anwendungsbedingungen verstanden werden. Dabei müssen zusätzlich die Wirkungen der Umgebungsbedingungen des technischen Systems (z. B. Temperatur, Vibration) berücksichtigt werden. Die tatsächliche Verwendung soll innerhalb der Grenzen liegen, die während des Konstruktionsprozesses des technischen Systems zugrunde gelegt wurden.

Die Zuverlässigkeit eines technischen Produktes ist eine Eigenschaft – Verhaltensmerkmal –, die angibt, wie verlässlich eine dem Produkt zugewiesene Funktion (bzw. Gebrauchswerteigenschaft) in einem Zeitintervall tatsächlich erfüllt wird. Sie unterliegt einem stochastischen Prozess und kann qualitativ und auch quantitativ (durch die Überlebenswahrscheinlichkeit) beschrieben werden – ist aber nicht unmittelbar messbar. Hiervon sind die so genannten deterministischen Eigenschaften (Merkmale) eines Produktes zu unterscheiden, welche direkt messbar sind (z. B. Gewicht, Abmessungen, Festigkeit, Farbe, elektrische und Wärmeleitfähigkeit).

Man kann also nicht von mangelnder technischer Zuverlässigkeit sprechen, wenn infolge höherer Beanspruchung ein Versagen eintritt. Die technische Zuverlässigkeit wird durch eine Anzahl von Merkmalen mit zugehörigen Kenngrößen bestimmt und damit einer quantitativen Bestimmung zugänglich gemacht. Dazu gehören z. B. die Ausfallwahrscheinlichkeit, die Ausfalldichte, die Lebensdauer, die Ausfallrate u.a. Wegen der multifaktoriellen Beeinflussung müssen die erforderlichen Grundlagen für eine zu erreichende technische Zuverlässigkeit bereits in der Planungsphase im Sinne der prospektiven Arbeitsgestaltung technischer Systeme antizipiert und berücksichtigt werden.

Ein besonderer Schwerpunkt der arbeitswissenschaftlich-ergonomischen Beeinflussung ist in der „Menschlichen Zuverlässigkeit“ zu sehen. Der generelle Unterschied zwischen der oben beschriebenen „Technischen Zuverlässigkeit“ und einer zu bestimmenden „Menschlichen Zuverlässigkeit“ ist vor allem in der Art der Zielgerichtetheit der Informationsverarbeitung durch das ‚Subsystem Mensch‘ bzw.durch das ‚Subsystem Maschine‘ zu sehen.

Dabei muss davon ausgegangen werden, dass technische Systeme Funktionen haben, die zwar in den sie aufbauenden Elementen überwacht werden können, bei einem möglichen Funktionsausfall aber nicht mehr zur Verfügung stehen. Das gilt grundsätzlich auch für selbstreparaturfähige Systeme. Der Mensch führt dagegen im Mensch – Maschine – System Funktionen aus, indem er Aufgaben erfüllt. Im Gegensatz zur Maschine handelt er zielgerichtet, nicht funktionell. Das heißt auch, dass er bei Kenntnis des Produktions- bzw. Missionszieles dieses auch mit anderen Mitteln oder einer geänderten Aufgabenabfolge zu erreichen versucht.

Dabei kann dann zwar die Wahrscheinlichkeit des fehlerhaften Ausführens einzelner Handlungsschritte hoch, die Wahrscheinlichkeit aber, das Gesamtergebnis nicht zu erreichen, dennoch sehr klein sein. Der Mensch verfügt eben über die Fähigkeit, sein Handeln selbst zu überwachen und fehlerhafte Handlungsschritte zu korrigieren, bevor sie sich auf das System auswirken.

In diesem Kontext wurden in der arbeitswissenschaftlichen Fachliteratur zwei Positionen entwickelt, die auch durch ein wenig unterschiedliche Definitionen, bei gleichem Ansatz, deutlich werden.

Bubb, H. (1992) / 11 / definiert:

> *„Die menschliche Zuverlässigkeit ist die Fähigkeit des Menschen, eine Aufgabe unter vorgegebenen Bedingungen für ein gegebenes Zeitintervall im Akzeptanzbereich durchzuführen.“*

Bartsch, H. (2004) / 12 / versteht unter „Menschlicher Zuverlässigkeit“:

> *„Die Befähigung des Menschen im Arbeitssystem, eine geeignete Qualifikation und entsprechende physische und psychische Leistungsvoraussetzungen in einen bestimmten Arbeitsprozess einzubringen und wirksam werden zu lassen.*
> *Damit soll dazu beigetragen werden, dass eine vorgegebene Aufgabenstellung unter spezifischen Bedingungen und in einem vorgegebenen Zeitraum ausgeführt werden kann, wobei technische, wirtschaftliche, humanitäre und ökologische Kriterien sowie ein Fehlerakzeptanzbereich beachtet werden.“*

Die wesentlichsten Einflussfaktoren auf die menschliche Zuverlässigkeit werden mit dem Bild 8 gezeigt.

Beide Verfasser gehen von einem „Menschenrecht auf Fehler“ aus, wenn sie von einem „Akzeptanzbereich“ schreiben. Eine praktikable Methode zur Bestimmbarkeit von individuellen Akzeptanzbereichen für menschliche Fehler steht gegenwärtig allerdings noch nicht zur Verfügung. Es wird bisher nur nicht ein „Idealfall“ als Bezugsebene angenommen, der generell ein fehlerfreies Arbeiten des / der Menschen voraussetzt bzw. unterstellt.

Dass der Begriff „Menschliche Zuverlässigkeit“ sowohl als Charaktermerkmal bzw. -eigenschaft als auch als Leistungsmerkmal bzw. -eigenschaft gleichermaßen widerspruchsfrei verstanden werden kann, was in der Motivation die eigentliche „Brücke“ findet, soll vereinfacht das nachfolgende Bild 9 zeigen.

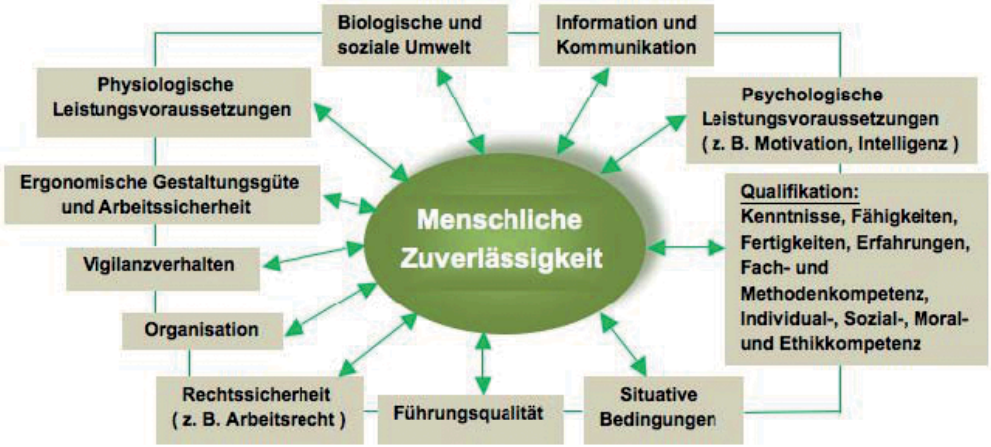
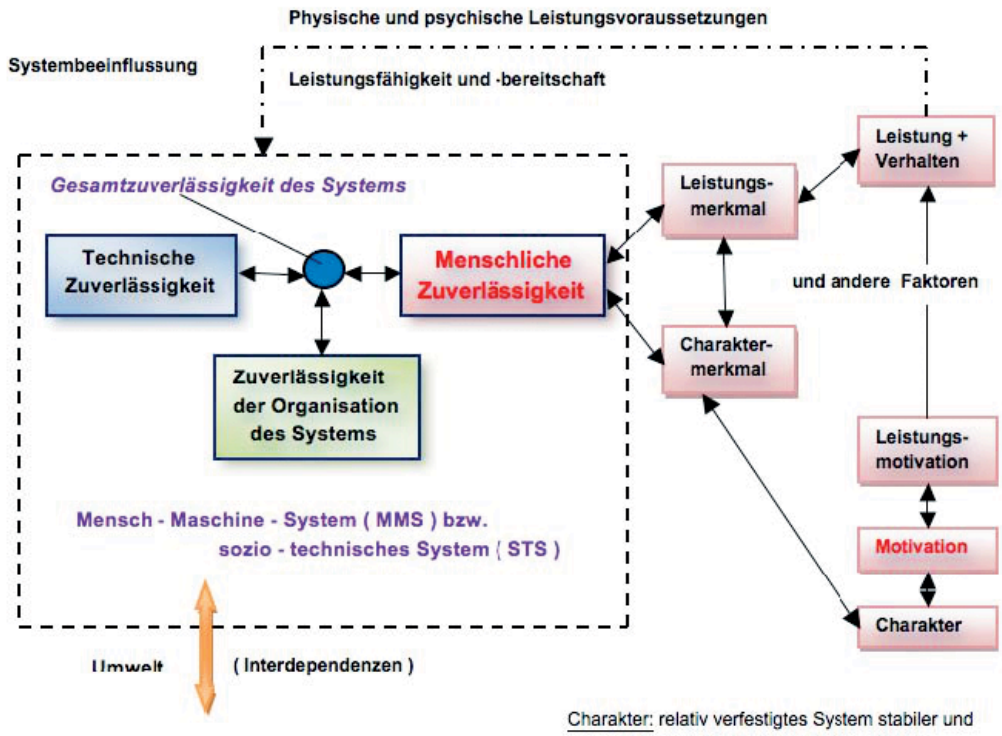


Bild 8: Einflussfaktoren auf die menschliche Zuverlässigkeit

Literatur: Bartsch, H. (2008), Medizinisches Lexikon der beruflichen Belastungen und Gefährdungen (Definitionen, Vorkommen, Arbeitsschutz), Hrsg.: Landau,K. / Pressel, G.; Gentner Verlag Stuttgart, S. 378 - 382, ISBN 978 - 3 - 87247 - 715 - 6



Charakter: relativ verfestigtes System stabiler und generalisierbarer Motive - nicht angeboren, sondern primär durch Erziehung und Bildung entwickelt.

Bild 9: Menschliche Zuverlässigkeit als Leistungs- und Charaktermerkmal

Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit des Gesamtsystems aus der Sicht arbeitswissenschaftlicher (ergonomischer) Zielstellungen lassen sich vor allem mit Hilfe der Nutzung von Erkenntnissen aus der Belastungs – Beanspruchungs-Konzeption (Einsatz des Menschen) und aus der Sicht der Informationsumwandlung durch systemergonomische Betrachtungen gewährleisten. Dafür müssen die konkreten Tätigkeitsinhalte (qualitative und quantitative Seite der jeweiligen Arbeitsinhalte) mit den entsprechenden Ausführungs- und Arbeitsbedingungen bestimmt werden. Nach Rohmert und Rutenfranz (1975; DIN 33405, ISO 10075) können wir dabei von folgender Begriffsdefinition ausgehen:

„Belastung wird verstanden als Gesamtheit der erfassbaren Einflüsse,
die von außen auf den Menschen zukommen und auf ihn (…) einwirken."

In diesem Kontext werden physikalisch messbare Belastungsfaktoren durch die Umgebung (z. B. Lärm, Beleuchtung, phys.-chem. Klima, Luftzustand, Vibrationen)und Belastungen im Sinne von Anforderungen durch die Tätigkeit bzw. durch die Arbeitsaufgabe (-inhalte) unterschieden. Insbesondere die Letzteren schließen mögliche mentale und geistige, emotionale und motivationale Anforderungen ein.

„Beanspruchung wird verstanden als die individuelle, zeitlich unmittelbare und nicht langfristige Auswirkung der (…) Belastung im Menschen in Abhängigkeit von seinen individuellen (habituellen und augenblicklichen) Voraussetzungen."

Mit dem Bild 10 sollen deshalb die wichtigsten Bestandteile und Zusammenhänge einer solchen Belastungs – Beanspruchungs – Konzeption gezeigt werden.

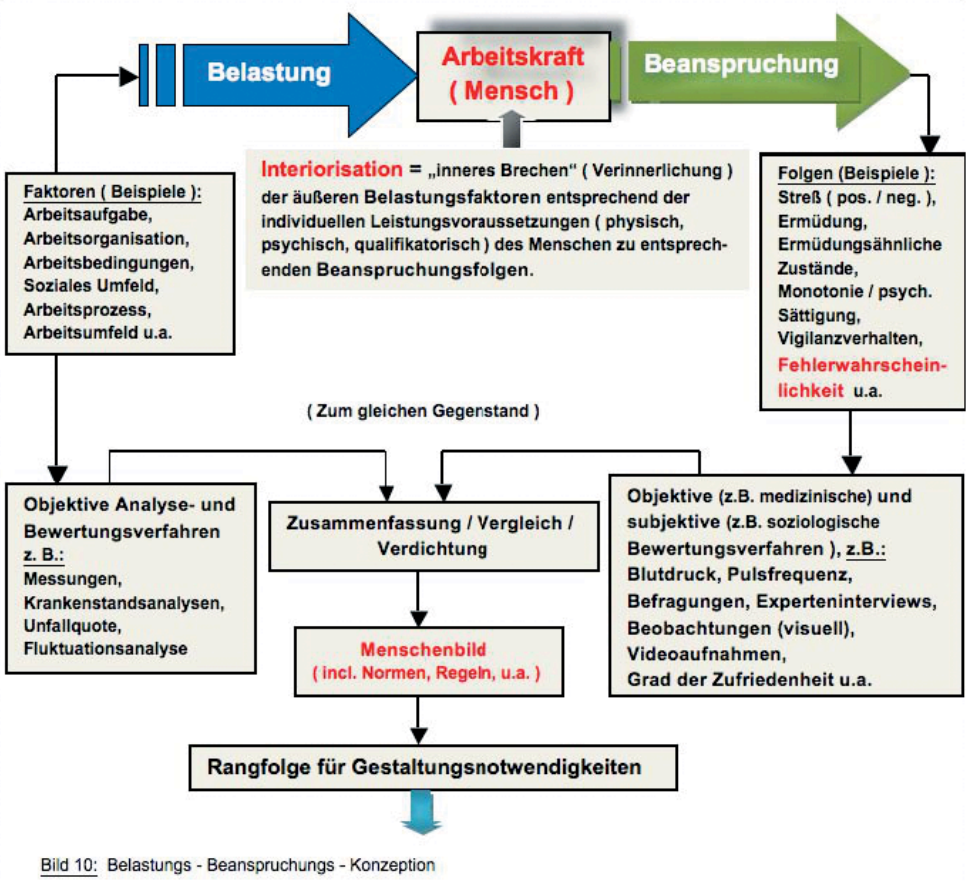


Bild 10: Belastungs - Beanspruchungs - Konzeption

Entsprechend der inneren individuellen Leistungsdisposition des/der Menschen können demnach gleiche Belastungsfaktoren zu einem völlig unterschiedlichen Beanspruchungsniveau über die Wirkung verschiedener Beanspruchungsfolgen führen. Das wird vor allem durch die individuell unterschiedlichen Interiorisationsprozesse verursacht.

Aus dem Bild 10 wird auch die Frage deutlich, ob das jeweilige Belastungsniveau oder das Beanspruchungsniveau als Bezugsebene für die Ableitung von geeigneten Gestaltungsmaßnahmen genommen wird. Allein das Belastungsniveau (z. B. im Vergleich mit Normen, Richtwerten u.a.) zu wählen, birgt die Gefahr, nicht ausreichend individuelle Besonderheiten für unterschiedliche Personen berücksichtigen zu können. Wählt man allein das Beanspruchungsniveau als Bezugsebene, dann kann zwar sogar extrem individuell den subjektiven Anforderungen entsprochen werden, nach ökonomischen Kriterien ist aber eine solche Lösung wenig sinnvoll. Daher erscheint es zweckmäßig, Belastungs- und Beanspruchungsergebnisse zum gleichen Gegenstand zu vergleichen, mit den Anforderungen aus einem modernen Menschenbild abzustimmen und daraus die erforderlichen Gestaltungsanforderungen abzuleiten. Das tangiert z. B. die Frage nach der Automatisierungsphilosophie im Flugzeugbau.

Wenn wir einen solchen Zusammenhang auch nur aus der Sicht der Sicherheitswissenschaft, die, wie bereits angedeutet, mit der Arbeitswissenschaft sehr stark korrespondiert, sehen, dann stellt sich immer wieder generell die Frage nach dem Risiko. Das „objektiv“ bestimmte Risiko, ausgedrückt durch die Multiplikation von Schadensumfang und Schadenseintrittwahrscheinlichkeit, wird dahingehend stark kritisiert, dass die Risikowerte zu ungenau und in zu engen Rahmen gültig sind. Zusätzlich kann bei großen Risikopotenzialen der Schadensumfang in der genannten Formel unterbewertet werden. Darüber kann man aber diskutieren und verbessern. Wichtig ist vor allem, dass das Sicherheitsziel eindeutig davon ausgeht, dass Sicherheit eben nicht nur eine technische Komponente hat, so verstanden und praktiziert wird. Von großer Bedeutung ist dabei auch, dass die kritische Öffentlichkeit eigene Bewertungsmaßstäbe zu Risikoeinschätzungen nach solchen Merkmalen wie Schadenspotenzial für Katastrophenfälle, soziale Verteilung von Nutzen und Lasten von Risiko-Technologien, Kontrollierbarkeit von Risiken, Freiwilligkeit von Risikoübernahmen hat. Risiko und öffentliche Akzeptanz stehen dabei in einer engen Wechselbeziehung. Das vor allem auch vor dem Hintergrund, dass die Entwicklungsdynamik im zivilen Luftverkehr in den nächsten Jahren noch weiter zunehmen wird.

Das hauptsächlich durch folgende Faktoren:

- Rasante Zunahme der Flugverkehrsdichte,
- Entwicklung und Betrieb hoch automatisierter Verkehrsflugzeuge,
- Gestiegener Wettbewerbsdruck zwischen den Airlines auf den nationalen und internationalen Märkten,
- Weltweiter erhöhter Mobilitätsbedarf für Personen und Güter,
- Veränderung der Größenordnung von Transport- und Airportkapazitäten,
- Veränderte (erhöhte) Anforderungen an Organisationssysteme (z. B. SMS) und Handlungskompetenz der für den Flugverkehr relevanten Ausführungsbedingungen,
- Beeinträchtigungen durch den militärische Flugverkehr und Weltraum-Müll.

Statistisch gesehen ist das Fliegen zwar sicherer geworden – vor allem technische Systeme sind durch hohe Anforderungen bezüglich der Ausfallwahrscheinlichkeit und redundante Auslegung sehr zuverlässig geworden – aber bei den gegebenen Flugzeugunfällen hat sich der Ursachenanteil deutlich verschoben. Heute geht man davon aus, dass etwa 70 bis 75 % aller Flugzeugunfälle durch menschliche Fehler verursacht werden. Die Merkmale dieser menschlichen Fehler können dabei sehr unterschiedlich sein. Sie lassen sich aber generell auf den Begriff der „Menschlichen Zuverlässigkeit“ zuordnen.

Daher sieht hier die Arbeitswissenschaft / Ergonomie auch Möglichkeiten, ihren Beitrag für eine Verbesserung bzw. Erhöhung der Luftverkehrssicherheit zu leisten. Sehr viel ist dazu in den zurückliegenden Jahren bereits erarbeitet worden. Ein ausführlicher Bericht darüber ist im Rahmen dieses Beitrages nicht möglich.

Deshalb will der Autor eine ausgewählte Zusammenfassung wesentlicher Arbeiten aus den letzten Jahren nachfolgend anbieten:

1. Marschall, Claudia (1999), Einfluss der Qualifikation auf die menschliche Zuverlässigkeit in sozio-technischen Systemen, Dissertation, BTU Cottbus, Fakultät 3,
2. Ueberschaer, Norbert (2004), Zum Zusammenhang von Führungsqualität und menschlicher Zuverlässigkeit in Arbeitssystemen, dargestellt an ausgewählten praktischen Beispielen, Dissertation, BTU Cottbus, Fakultät 3,
3. Rögner, Andrea (2005), Untersuchungen zur Funktion von Benutzerinformationen für die Beeinflussung der menschlichen Zuverlässigkeit in sozio - technischen Systemen, Dissertation, BTU Cottbus, Fakultät 3, http://opus.kobv.de/btu/volltexte/2007/128
4. Jez, Uta (2006), Intelligenz als Determinante menschlicher Zuverlässigkeit und deren Implikation in die Entwicklung von Führungskräften, Dissertation, BTU Cottbus, Fakultät 3, http://opus.kobv.de/btu/volltexte/2006/2/
5. John, Alexander (2007), Zum Einfluss der Führungsqualität auf die menschliche Zuverlässigkeit in Teamstrukturen sozio-technischer Systeme, Dissertation, BTU Cottbus, Fakultät 3, http://opus.kobv.de/btu/volltexte/2007/130
6. Rögner, Andrea (2007),Verständlichkeit und Klarheit von Benutzerinformationen und deren Normung durch semiotische Gestaltung unter Berücksichtigung der Interiorisation in sozio - technischen Systemen, BTU Cottbus, Habilitation, Fakultät 1,
7. Ehm, Thomas (2008), Untersuchungen zur Verbesserung der Führungsqualität in international integrierten Unternehmen – dargestellt an einem ausgewählten Beispiel, Dissertation, BTU Cottbus, Fakultät 3, http://opus.kobv.de/btu/volltexte/2008/464
8. Schlönhardt, Frank (2009) Untersuchung zur weitgehend bordautonomen Verkehrsführung von zivilen Flugzeugen unter Berücksichtigung der menschlichen Zuverlässigkeit, Dissertation, BTU Cottbus, Fakultät 3,
9. Dorn, Ludwig (2011), Zum Einfluss von Arbeitsanforderungen an Cockpitbesatzungen auf die Flugsicherheit, Dissertation, TU Ilmenau, Fakultät für Maschinenbau, http://www.db-thueringen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-23527/ilm1-2011000145.pdf
10. Bartsch, H. (2006) Flugsicherheit aus arbeitswissenschaftlicher Sicht, http://www.heinz-bartsch.de/Flugsicherheit-2pdf
11. Bartsch, H. (2008) Führungsqualität und Handlungskompetenz im Flugbetrieb, http://www.heinz-bartsch.de/Beitrag-1.PDF
12. Internet - Portal „Aerosecure“
http://www.aerosecure.de
http://www.aerosecure.de/about/team.php
http://www.aerosecure.de/sicher-fliegen/
http://www.aerosecure.de/studie/
13. Bartsch, H. (2007) Pilotentätigkeit im Umbruch (Teil 1 - 3) http://www.aerosecure.de/studie/2642-piloten-taetigkeit-im-umbruch-mehr-sicherheit-durch-verbesserte-qualifikation-teil-1.php

5. Zusammenfassende Bemerkungen

Mit dem vorliegenden Beitrag unterstützt der Autor ausdrücklich das Anliegen der ICAO für den international wirksamen Aufbau eines umfassenden Sicherheitsnetzwerkes im zivilen Luftverkehr. Noch besser wäre es wohl, eine entsprechende Weltluftfahrtbehörde unter dem Dach der UNO zu gründen, die weltweit verbindliche und einheitliche Sicherheitsstandards schafft und auch dafür sorgt, dass sie national durchgesetzt werden. Entsprechende Vorarbeiten könnten dafür von einer Arbeitsgemeinschaft der maßgeblichen nationalen Luftfahrtbehörden geleistet werden. Ein solches Sicherheitsnetzwerk sollte alle wesentlichen Aspekte einschließen, die Einfluss auf die internationale Luftverkehrssicherheit nehmen können.Dazu gehört vor allem auch eine ausreichende Qualifikation der direkt oder indirekt mit Luftfahrtsicherheit befassten Menschen. Da es sich bei dem Thema um einen hohen Grad an Komplexität handelt, können geeignete Systemlösungen nur mit Hilfe einer ausgeprägten interdisziplinären Denk- und Arbeitsweise erreicht werden. Der Autor hat dafür in seinem Beitrag einige ausgewählte Ansätze aus der Arbeitswissenschaft / Ergonomie gezeigt. Hier ist insbesondere eine entsprechende Optimierung

der ergonomischen Schnittstellen in der Mensch-Technik-Organisation-Interaktion von Bedeutung. Das schließt ein, dass auch hierbei Sicherheit und Wirtschaftlichkeit gemeinsam zu einem Optimum geführt werden können.

Literaturverzeichnis

Kuhlmann, Albert (2001) Sicherheitskultur, Sonderausgabe, Weltkongress über Sicherheit moderner technischer Systeme, Köln, TÜV-Verlag GmbH, ISBN 3-8249-0586-8

Klampfer, B. (2002) Automatisierungscharakteristika als kontribuierende Faktoren menschlichen Fehlverhaltens im Cockpit - eine flugdatenbasierte Incidentstudie, Dissertation, ETH Nr. 14660, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Zürich,

Bartsch, Heinz (2006) Flugsicherheit aus arbeitswissenschaftlicher Sicht, http://www.heinz-bartsch.de/Flugsicherheit-2pdf

Dorn, Ludwig (2011) Zum Einfluss von Arbeitsanforderungen an Cockpitbesatzungen auf die Flugsicherheit, Dissertation, TU Ilmenau, Fakultät für Maschinenbau,

Aufgaben, Kontrollzentren, Kontrolltürme, Geschichte, Bewertung der Privatisierung, Deutsche Flugsicherung GmbH (DFS) http://de.wikipedia.org/Deutsche_Flugsicherung#Aufgaben

Bartsch, Heinz (2002) Technologie aus arbeitswissenschaftlicher Sicht, http://www.heinz-bartsch.de/Technologie.pdf

Kornwachs, Klaus (2001) Arbeit der Technik - Technik der Arbeit, Forum der Forschung, Wissenschaftsmagazin der BTU Cottbus, 6. Jg., Heft 12, S. 90 – 103,

Wilpert, B. (2001) Der Mensch im Kontext technischer Systeme, in: World Congress Safety of Modern Technical Systems, Saarbrücken 2001, Köln, TÜV-Verlag GmbH, ISBN 3-8249-0586-8,

Bartsch, Heinz (2001) Berücksichtigung interkultureller Aspekte für die Sicherheitsrelevanz von Produktionsanlagen, in: TÜV Saarland Foundation (Ed.), World Congress Safety of Modern Technical Systems, S. 455 – 459, ISBN 3-8249-0586-8,

Kuhlmann, Albert (2001) Wird die Sicherheitswissenschaft den Ansprüchen moderner Techniksysteme gerecht?, in: TÜV-Verlag GmbH Köln, World Congress Safety of Modern Technical Systems, S. 9 – 17, ISBN 3-8249-0586-8,

Bubb, Heiner (1994) Menschliche Zuverlässigkeit, Sicherheit und Risikobeurteilung, Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, Bd. 48, Heft 1,

Bartsch, Heinz (2004, 2008) Menschliche Zuverlässigkeit, Medizinisches Lexikon der beruflichen Belastungen und Gefährdungen, Hrsg.; Landau / Pressel, Gentner Verlag Stuttgart, ISBN 3-87247-617-3,

Dorn, Ludwig / Bartsch, Heinz (2004) Zum Einfluss von Arbeitsanforderungen an Cockpitbesatzungen auf die Flugsicherheit, in: Verlässlichkeit der Mensch – Maschine – Interaktion, 46. Fachausschusssitzung Anthropotechnik der deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt e.V.. Oktober 2004, Warnemünde, DGLR-Bericht 2004 - 03, S. 227 - 240, ISBN 3-932182-36-7,

Bartsch, Heinz (2007) Interkulturelle Anforderungen im Cockpit (Teil 1 - 3), Internetportal „Aerosecure“, http://www.aerosecure.de/studie/2698-interkulturelle-anforderungen-im-cockpit-teil1.php

Dorn, Ludwig / Bartsch, Heinz (2005) Ein kybernetischer Ansatz zur sicherheitlichen Betrachtung von Transportträger-Arbeitssystemen, 50. Internationales wissenschaftliches Kolloquium, TU Ilmenau, Konferenzband, S. 489 - 490, ISBN 3-932633-98-9,

Bartsch, Heinz (2008) Produktionswirtschaft aus arbeitswissenschaftlicher Sicht, http://www.heinz-bartsch.de/Festschrift-Nebl.pdf

Bartsch, Heinz (2004) Der Mensch als Gegenstand von Technologie – Wissenschaft, 4. Beckmannkolloquium am 04. / 05. 06.2004 an der TH Wismar, http://www.heinz-bartsch.de/DerMensch.pdf

Mensen, Heinrich (2003) Handbuch der Luftfahrt, VDI, Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, ISBN 3-540-58570-2,

Die aktuelle Situation bei der Einführung ...

... der neuen europäischen Vorschriften im Bereich Ausbildung und Lizenzierung von Piloten

Der Vortrag soll darüber informieren, wie weit die erforderlichen Vorbereitungen für die zum 8. April 2013 anstehende Einführung der neuen europäischen Vorschriften zur Ausbildung und Lizenzierung von Piloten zum Zeitpunkt des Vortrags gediehen sind und welche Herausforderungen noch für alle Betroffenen zu bewältigen sind.

Die Einführung erfolgt unter der Federführung der EASA, deren Zuständigkeit für diesen Bereich durch eine Ergänzung ihrer Gründungsakte, der sogenannten „Basic Regulation", geschaffen wurde. Damit wird das bisher in nationaler Zuständigkeit administrierte Lizenzwesen sowie die damit in Verbindung stehenden Reglungen für die Zulassung von Ausbildungsbetrieben und vieles mehr abgelöst durch einheitliches europäisches Recht, das in den Mitgliedstaaten unmittelbar anwendbar ist. Der dafür ursprünglich vorgesehene zeitliche Rahmen konnte wegen einer Vielzahl von Gründen nicht eingehalten werden, was zu erheblichen Schwierigkeiten bei allen Stakeholdern geführt hat.

Die neuen Vorschriften wurden in 2 Schritten veröffentlicht. Dieses Vorgehen war der Erkenntnis geschuldet, dass auch die erforderliche Detailarbeit in der Abstimmung mit allen Stakeholdern weitaus zeitintensiver war als ursprünglich erwartet.

Um die Einführung der neuen Regeln zu erleichtern und die damit im Zusammenhang stehenden Umstellungsprozesse bei den Behörden und den Trainingsorganisationen zu erleichtern, wurde eine sogenannte „Opt-Out-Möglichkeit" geschaffen. Diese Option haben nur Ungarn, das Vereinigte Königreich und die Schweiz nicht gewählt. Stattdessen haben diese Länder die neuen Vorschriften direkt eingeführt. Die Erfahrungen, die diese Länder jetzt bereits sammeln, können bei der Einführung in den anderen Ländern genutzt werden. Um die während des Einführungsprozesses auftretenden Schwierigkeiten und Fragen in enger Abstimmung zwischen allen nationalen Zivilluftfahrtbehörden, der EASA und den Stakeholdern zu lösen beziehungsweise einer einheitlichen Klärung zuzuführen, wurde die sogenannte „FCL-Implementation Group" ins Leben gerufen. Ein erstes Treffen hat stattgefunden und gezeigt, wie wertvoll ein solcher unmittelbarer Austausch zwischen allen Beteiligten ist. Ein nächstes Treffen ist für den 15. und 16. Oktober 2012 geplant.

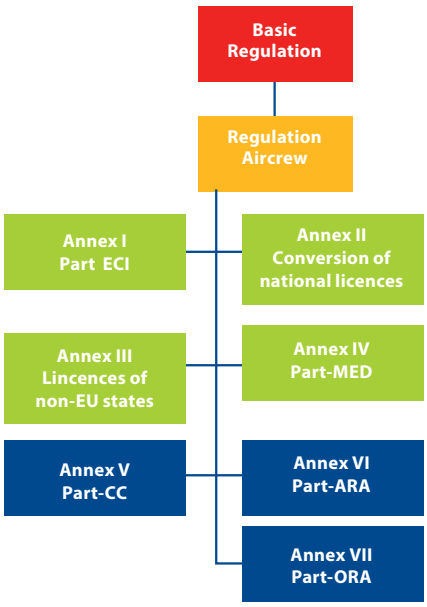
Die beiden folgenden Grafiken zeigen die Elemente der Vorschriften, die in diesen beiden Schritten publiziert wurden:

Zunächst die Vorschriften mit grünem Hintergrund, die im Dezember 2011 veröffentlicht wurden:

> Commission Regulation (EC) 1178/2011 published in November

> Contains Cover Regulation, Annex I – IV

> Decision published in December



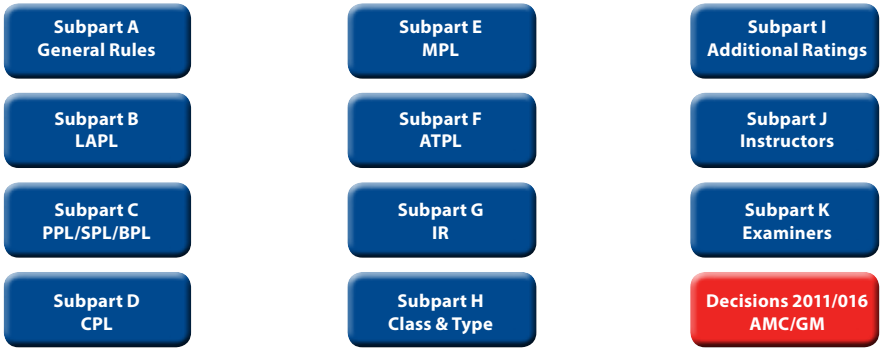
Die eigentliche Lizenzierungsvorschrift ist im Annex I mit dem Titel „Part FCL" als Teil der „Regulation Aircrew" veröffentlicht.

Im Annex II sind die „Konversionsregeln" zusammengefasst, nach denen die bisherigen Lizenzen gemäß den neuen Vorschriften „umgewandelt" werden.

Im Annex III wird geregelt, wie außereuropäische Lizenzen und Berechtigungen anerkannt oder umgewandelt werden können.

Im Annex IV werden die gesetzlichen Grundlagen für flugmedizinische Einrichtungen und die Durchführung von Eignungsuntersuchungen geregelt.

Einzelheiten von Part FCL, die sogenannten „Sub-Parts" zeigt die folgende Graphik:



Diese Kapitel von Part FCL zeigen die Gliederung dieser Vorschrift in einen allgemeinen Teil und die Teile für die verschiedenen Lizenzen und Berechtigungen.

In den einzelnen Kapiteln wiederum gibt es einen für die jeweilige Lizenz allgemein gültigen Teil, dem dann Unterkapitel folgen, die Detailvorschriften für die verschiedenen Kategorien von Luftfahrzeugen gelten. (BSP: LA-PL(A), (S) etc.

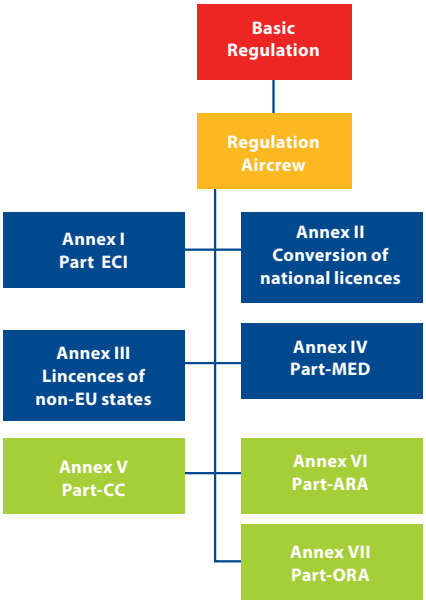
Der rote Kasten symbolisiert die zu diesen Vorschriften veröffentlichten „Acceptable Means of Compliance" sowie weiteres „Guidance Material".

Die folgende Graphik zeigt den zweiten Teil der Vorschriften mit grünem Hintergrund, der im April 2012 veröffentlicht wurde:

> Commission Regulation (EC) 290/2012 published as amending regulation

> Decision published in April

> Structure and content of first 12 articles has been changed by the amending regulation



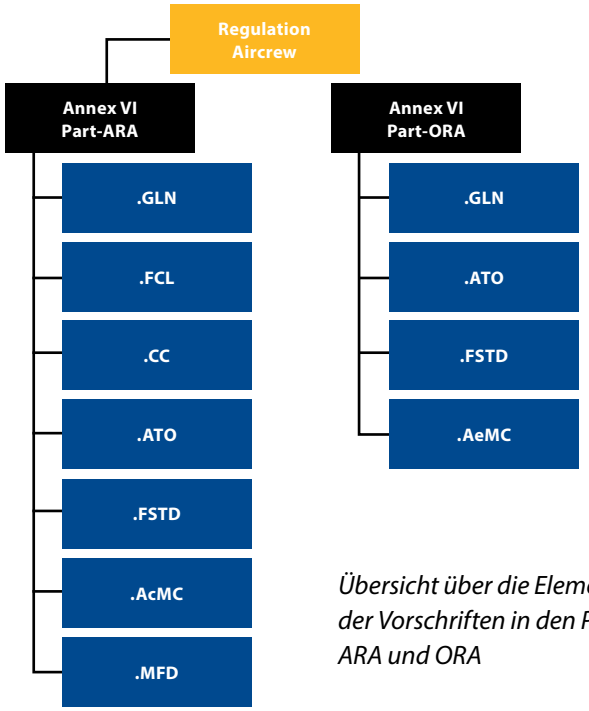
Annex V enthält die neuen Vorschriften zur Ausbildung und Zertifizierung von Kabinenpersonal.

Annex VI „Part ARA" beschreibt die Anforderungen und Aufgaben der zuständigen Luftfahrtbehörden (engl. „Competent Authorities"). Das Akronym „ARA" steht für Authority Requirements for Aircrew.

Annex VII regelt die Anforderungen für "Operators", wobei der Term in dieser Vorschrift die Betreiber von Luftfahrzeugen und Ausbildungsbetriebe gebraucht wird. „ORA" steht dabei für Operator Requirements Aircrew

Die Parts ARA und ORA wurden aus Teilen der vorher gültigen Vorschrift JAR-FCL1 entwickelt und bewusst von den eigentlichen Lizenzierungsvorschriften abgetrennt. Dabei wurde auch die von der ICAO neu erhobene Forderung nach Einführung von „State Safety Programs" durch die Mitgliedsstaaten sowie die nach Implementierung von Safety Management Systemen durch die Operators berücksichtigt.

Die folgende Graphik gibt einen Überblick über die Elemente der beiden Parts ARA und ORA.



Übersicht über die Elemente der Vorschriften in den Parts ARA und ORA

Die Graphik zeigt, dass in Part ARA neben einem allgemeinen Teil die Unterkapitel Lizenzierung (FCL), Cabin Crew (CC), Trainingsorganisationen (ATO), Simulatoren (FSTD), Aeromedical Center (AeMC) sowie medizinische Anforderungen (MED) beinhaltet sind.
Part ORA regelt entsprechend die allgemeinen Anforderungen an Operators und umfasst dann spezielle Unterkapitel mit den Anforderungen für Trainingsorganisationen (ATO), Simulatorbetreiber und –betrieb (FSTD) sowie Vorschriften für Aeromedical Center (AeMC). Mit diesen Vorschriften regelt die EU-Kommission die Lizenzierung, Ausbildung und medizinische Untersuchung von Piloten und Kabinenpersonal einheitlich europaweit mit identischen Vorschriften.

Die dazu gehörenden AMCs und das „Guidance Material“ (GM) wurden nur in englischer Sprache veröffentlicht. Beachtlich dabei ist, dass dieses auch als „Soft Law“ bezeichnete Regel- und Erläuterungsmaterial zwar nicht direkt bindend ist, Abweichungen von AMCs und / oder GM müssen aber in einem formalen Prozess von der zuständigen Behörde genehmigt werden und diese Genehmigungen müssen an die EASA weiter gegeben werden. Die dazu geplante Neufassung der heutigen „EU-OPS“, die dann analog „Regulation on Air Operations (OPS) genannt wird, steht kurz vor ihrer Veröffentlichung. Allerdings wird auch für diese Vorschrift eine „Opt-Out-Möglichkeit“ geschaffen, die nach heutigem Informationsstand bis 2015 reichen wird und die wahrscheinlich alle EASA-Staaten nutzen werden, um die Einführung zu erleichtern.

Zum Zeitpunkt des Vortrags sind noch folgende Projekte und Rule Making Tasks für die Ausbildung von Piloten von Bedeutung: Eine Arbeitsgruppe (FCL 002) beschäftigt sich mit der Korrrektur und Weiterentwicklung von Part FCL, wobei schon heute deutlich wird, dass dies keine einmalige Aufgabe sein wird. Es muss vielmehr ein Prozess geschaffen werden, der in regelmässigen Abständen Aktualisierungen ermöglicht. Dabei wird es auch erforderlich werden, die „Prozessgeschwindigkeit“ für Änderungen in den Vorschriften (Implementing Rules) deutlich zu erhöhen. Die EASA steht auch vor der Entscheidung, wie die von der JAA übernommene zentrale Fragendatenbank (CQB) weiter gepflegt werden soll. Diese Fragendatenbank bildet die Grundlage für die in den Theorieprüfungen insbesondere für ATPL, MPL, CPL und IR gebräuchlichen Multiple Choice Questionaires. In diesem Feld ist nicht nur die Fragensammlung zu hinterfragen, sondern das gesamte Prozedere für die Testung der Theoriekenntnisse und damit verbundenen Fertigkeiten muss aktualisiert und auf den heutigen Stand in Lehre und Forschung gebracht werden. Weitere Projekte und deren Status können auf der EASA-Homepage verfolgt werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die europaweit einheitliche Neuregelung der Lizenzierungsvorschriften und der damit zusammenhängenden Regelungen ein multidisziplinäres Change Projekt ist, dessen Umfang und Komplexität den Betroffenen in allen Bereichen erst im Verlauf der Einführung deutlich geworden ist. Nun gilt es, die positiven Aspekte wie die gemeinsame Suche nach „Best Practices“ zu fördern und zu unterstützen und die Nachteile durch Kooperation zwischen allen Beteiligten so gering wie möglich zu halten.

Ein alternatives Konzept für einen Dieselmotor

Weswegen soll ein Triebwerk neu entwickelt werden? Es gibt doch unzählige leistungsfähige Fahrzeug-Dieselmotoren.

An ein Flugtriebwerk werden ganz spezifische Anforderungen gestellt. Ein seitens der Konstruktion für den Flugbetrieb optimiertes Triebwerk ist für einen Einsatz in Landfahrzeugen völlig ungeeignet. Umgekehrt werden an einen Landfahrzeugantrieb Anforderungen gestellt, deren ein Flugtriebwerk grundsätzlich nicht bedarf. Andererseits weist er Eigenschaften auf, die einen Einsatz als Flugtriebwerk nicht nahelegen, oder ihn als solchen völlig ungeeignet machen.

Zur Erläuterung:
An ein Flugtriebwerk werden hinsichtlich Bauform, Leistungsgewicht und Laufruhe hohe Anforderungen gestellt. Dagegen sind beim Flugtriebwerk Drehmomentverlauf (gute Durchzugskraft), Flexibilität/Elastizität und hohe Effizienz in allen Drehzahlbereichen völlig untergeordnete Eigenschaften. So soll ein Flugtriebwerk bei seiner spezifischen Arbeitsdrehzahl (Reisedrehzahl) effizient 75% seiner Höchstleistung abgeben. Die Effizienz in allen, sonst möglichen Betriebszuständen ist von unerheblichem Einfluss auf das Gesamtergebnis.

Bei einem Fahrzeugmotor verhält es sich absolut umgekehrt. Hier werden an Drehmomentverlauf (gute Durchzugskraft), Flexibilität/Elastizität und hohe Effizienz in allen Drehzahlbereichen höchste Anforderungen gestellt, während Bauform, Leistungsgewicht und Laufruhe keine herausragende Rolle spielen. Ein Fahrzeugantrieb soll bei allen möglichen häufig wechselnden Betriebszuständen effizient ein Optimum an Beschleunigungskraft entwickeln.

An den hier festgestellten Anforderungsprofilen ist zu erkennen, dass es sich bei Flugtriebwerken und Landfahrzeugantrieben um grundlegend unterschiedliche Motorkonzeptionen handelt. Wie schon eingangs erwähnt, sind sie ohne aufwendige Modifikationen (Beispiel Thielert) für den jeweils anderen Zweck ungeeignet.

Besonders zu berücksichtigen ist, dass es sich bei den Überlegungen um einen **Dieselantrieb** handelt. Ein Dieselmotor erzeugt ganz grundsätzlich, systembedingt bei Start- und Abstellvorgängen, sowie bei niedrigen Leistungen und Drehzahlen im Vergleich zu Ottomotoren heftige Drehschwingungen. Diese resultieren aus dem für einen Selbstzünder obligatorisch hohen Verdichtungsverhältnis von höher als 1:16. (Ein normaler Ottomotor hat ein solches um 1:8)

Diese Drehschwingungen in der Konstruktion des Triebwerks so zu minimieren, dass es einem Einsatz als Flugtriebwerk gerecht werden kann, ist die Herausforderung einer Neuentwicklung. Letztendlich sind alle einschlägigen Flugdieselantriebsprojekte der jüngeren Zeit, die auf der Basis von Vierzylindermotoren nach dem Viertaktprinzip entwickelt wurden, an den Eigenschaften wie Bauform, Leistungsgewicht und Schwingungsverhalten gescheitert. Das verwundert grundsätzlich nicht, es verwundert nur insofern, als dass wir schon im Frühstadium dieser Entwicklungen das Ergebnis vorher erkennen konnten. Und dieses allein bei der Betrachtung der physikalischen Eigenschaften der Konstruktionen. Weswegen die jeweiligen, jungzeitlichen Entwickler den physikalischen Grundgesetzen, wider die Erfahrungen früherer Entwicklungen zum Trotz, diesen Entwicklungspfad gegangen sind, ist für uns nicht nachvollziehbar.

Weswegen soll die Neuentwicklung nach dem Zweitaktprinzip arbeiten?

Es ist kein Zufall und keine zeitbedingte Erscheinung, dass die Dieselflugtriebwerke der frühen Jahre Zweitakter waren. Die meistgebauten waren die Junkers Triebwerke der Baureihen JUMO 206, JUMO 207 und JUMO 208. Mit diesen Triebwerken wurden zuverlässig und erfolgreich die Atlantikpostrouten und andere Fernstrecken beflogen. Auch Klöckner Humboldt Deutz (KHD) hat leistungsfähige Zweitakt-Flugtriebwerke zur Serienreife entwickelt. Diese Triebwerke, JUMO wie auch KHD, deckten den Leistungsbereich zwischen 500 und 1000 PS ab. KHD hatte darüber hinaus auch leichtere Flugdieselmotoren zwischen 90 und 250 PS bis zur Serienreife entwickelt und damit bewiesen, dass solche auch für Leichtflugzeuge geeignet sind. Auch diese waren den physikalischen Gesetzen gehorchend Zweitakter. Dieses sollte umso mehr zu denken geben, als KHD in seiner gesamten Palette von Fahrzeug und Arbeitsmotoren aller Art das Viertaktprinzip eingesetzt hat, was in diesem Segment absolut vernünftig ist.

Der Ausgang des Zweiten Weltkrieges brachte dann aber ein jähes Aus für die deutsche Luftfahrt und folglich auch für die damit befasste Industrie. Nach dem über 10 Jahre andauernden, absoluten Verbot jeglicher Luftfahrtaktivitäten seitens der Alliierten, konnte die deutsche Luftfahrtindustrie nicht an ihre ehemalige Leistung anknüpfen. Der Markt wurde seither hauptsächlich von amerikanischen Luftfahrzeugmustern dominiert. Die in der Zwischenzeit weiterentwickelte Gasturbine verdrängte dann die großen Kolbentriebwerke. Der wesentlich höhere spezifische Brennstoffverbrauch der Gasturbine fiel in den Nachkriegsjahren nicht ins Gewicht, wurde doch in den fünfziger Jahren 1 Liter Kerosin mit 4 Pfennigen!! gehandelt.

Als unwiderlegbare Tatsache steht jedenfalls fest, dass Zweitaktdieselmotoren in entsprechender Konfiguration als Flugtriebwerke gut geeignet sind.

Zu Anforderung 1
Das Zweitaktprinzip erlaubt ein einschlägig niedrigeres Leistungsgewicht der Konstruktion als das Viertaktprinzip. Das erklärt sich daraus, dass im Zweitakter aus dem gleichen Hubraum, bzw. aus der gleichen Motormasse, die 1.7 fache Leistung in Relation zum Viertakter generiert werden kann.

Zu Anforderung 2
Ein Zeitaktdieselmotor erzeugt arbeitsweisebedingt, effektiv nur ca. ein Viertel der Drehschwingungskräfte, als ein in Leistung und Zylinderanzahl entsprechender Viertaktdieselmotor. Er gewährleistet demnach die geforderte Laufruhe. Der JUMO 207 z.B. war ein Fünfzylindermotor und hatte das Drehschwingungsverhalten eines seiner Leistung entsprechenden Zehnzylinder-Viertaktdieselmotors. Unser vorgestelltes Konzept hat als Sechszylindermotor das Drehschwingungsverhalten eines vergleichbaren Zwölfzylinder-Viertaktdieselmotors.

Zu Anforderung 3
Unser vorgestelltes Konzept entspricht der Bauform und den äußeren Maßen herkömmlicher, Vergaserkraftstoff konsumierender Viertaktflugmotoren. Es ist also möglich, den größten Teil aller im Dienst befindlichen Leichtflugzeuge mit angemessenen Mitteln auf ein solches Triebwerk umzurüsten.

Die Frage, weswegen eine Umrüstung überhaupt in Erwägung gezogen werden könnte, erklärt Abschnitt 1 der Vorstellung des Konzeptes (Motiv).

Damit erfüllt das hier vorgestellte Motorenkonzept als Zweitaktmotor – **und zwar ausschließlich als Zweitaktmotor** – die eingangs beschriebenen Anforderungen, wie sie an ein Dieselflugtriebwerk gestellt werden müssen. Es ist zweifelsohne richtig, dass es im Allgemeinen für eine Aufgabenstellung unterschiedliche, in ihrem Endresultat durchaus befriedigende Lösungen geben kann.

In der Aufgabenstellung einen Dieselantrieb für Leichtflugzeuge zu entwickeln, gibt es allerdings nur den ansonsten so mit Argwohn betrachteten Königsweg. Selbst wenn es kokett klingen mag, dieser Königsweg ist den physikalischen Gesetzen gehorchend ein Zweitaktdieselmotor in der Konfiguration eines sechszylindrigen Pseudoboxermotors, so wie er in unserem Konzept vorgestellt wird.

Ein Zweitakter ist doch umweltschädlich und stinkt!

Das trifft für Kettensägen-, Motorroller- oder Rasenmähermotoren zweifelsohne zu. Das trifft auch zu für Trabant-, Wartburg- oder solchen ähnlichen Motoren. Der Grund dafür ist, dass alle diese Vergaserkraftstoffmotoren bei den systembedingten Zylinderspül- und –Ladevorgängen unverbranntes Kraftstoffluftgemisch an die Atmosphäre abgeben. Hinzu kommt, dass diese Motoren über das Kraftstoffluftgemisch geschmiert werden und beim Verbrennungsvorgang Ölderivate erzeugen, welche als Blaurauch an die Umwelt abgegeben werden. Die Schmierstoff- und Kraftstoffversorgung erfolgt bei diesen sehr simplen Konstruktionen über das Kurbelgehäuse und lässt sich damit nicht voneinander trennen.

Das traf für die oben beschrieben Zweitaktflugdieselmotoren von Junkers und KHD nicht zu. Das trifft auch mit Sicherheit für das hier vorgestellte Motorenkonzept nicht zu. Diese Motorenkonstruktionen sind mit einem Druckumlaufschmiersystem ausgestattet, wie es von allen gängigen Viertaktmotoren dieser Welt bekannt ist. Es wird also nicht kontinuierlich Schmierstoff (Motorenöl) zugeführt wie bei den allgemein eingesetzten Zweitaktmotoren, sei es als Gemisch über den Kraftstoff oder mittels Dosiervorrichtung direkt über das Kurbelgehäuse, sondern der Schmierstoff befindet sich in einem geschlossenen Kreislauf. Ersetzt werden müssen nur funktions- und betriebsbedingte Verluste wie bei allen Motoren allgemein üblich.

In die Verbrennungsräume gelangt bei oben genannten Zweitaktflugdieselmotoren nur reine Luft, in welcher der eingespritzte Kraftstoff optimal verbrannt wird. Die Abgaszusammensetzung entspricht dabei der jedes herkömmlichen Viertaktdieselmotors. Da die entsprechende Leistungsausbeute durch Aufladung nach dem Abgasdrosselungsprinzip erreicht wird, bieten sich darüber hinaus Abgasaufbereitungen mittels Katalysatoren und Partikelfiltern geradezu an, zumal die einem Flugtriebwerk spezifische, gleichmäßige Arbeitsweise diese Hilfen zuverlässig arbeiten lässt.

Nun soll jedoch noch eine Eigenschaft des vorgestellten Konzeptes erklärt werden, die in der Einschätzung eines Motorenexperten eine kleine Bodenwelle auf dem von uns beschworenen Königsweg darstellt. Es handelt sich um einen kleinen Wermutstropfen den der Konstrukteur in Kauf nehmen muss, wenn er wie hier alle physikalischen Eigenschaften auf eine Eignung als Flugtriebwerk ausrichtet. Der Erfolg des Konzeptes ist dadurch nicht in Frage gestellt, es ist nur ein kleiner Schönheitsfehler, der nicht einfach verschwiegen werden soll. Es ist ein vorweggenommenes Eingeständnis gegenüber dem potentiellen Experten. Es geht um folgenden physikalischen Sachverhalt: Ein ideal konfigurierter Sechszylinder-Motor (z. B. Reihenmotor) ist in seinen beweglichen Massen so ausgeglichen, das er keinerlei Massenschwingungen erzeugt. Das trifft annähernd auch für einen Sechszylinder-Boxermotor zu, wie er gemeinhin als herkömmlicher Flugmotor eingesetzt wird. Aus der Summe aller Prioritäten ergibt sich bei unserem Konzept aber ein von uns so bezeichneter Pseudoboxermotor, der zwar einem Boxermotor äußerlich annähernd gleicht, der aber bezüglich seines Massenschwingungsverhaltens einem Dreizylinder-Reihenmotor entspricht. Eine solche Anordnung hat die Eigenschaft, dass sie um den Mittelpunkt ihrer drehenden Massen eine Dreh-Pendelschwingung erzeugt. Zwar werden diese Schwingungen durch die Kreisel-stabilisierende Wirkung der sich drehenden Massen weitgehend gedämpft, eine Restschwingung muss aber in Kauf genommen und durch die Treibwerksaufhängung kompensiert werden. Zu dieser Lösung gibt es keine vernünftige Alternative. Jede andere Konzeption ergibt durch das Auftreten anderer Probleme eine im Endresultat schlechtere Lösung bezüglich der Verträglichkeit als Flugantrieb.

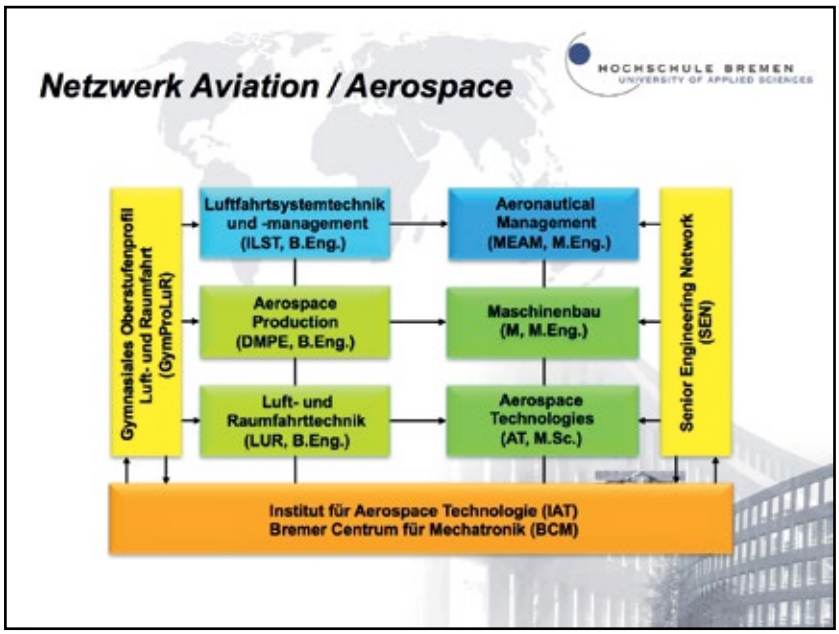
Bernd Steckemetz

Studienmöglichkeiten für Luftfahrtpersonal

An der Bremen School of Aviation

Aus dem internationalen dualen Studiengang Luftfahrtsystemtechnik und –management (ILST) für Piloten, in dem zum Wintersemester 2012/13 der 18. Studierenden-Jahrgang an der Hochschule Bremen begrüßt wurde, hat sich im Laufe der Jahre an der Hochschule Bremen im Bereich Aviation ein Studiengangssystem entwickelt mit folgenden Studiengängen[1]:

- ILST für Piloten (Bachelor-Präsenzstudium, re-akkreditiert 2010)
- ILST-MT für Wartungsingenieure (Bachelor-Präsenzstudium, akkreditiert 2010)
- ILST-FS für Piloten (Bachelor-Fernstudium, akkreditiert 2012)
- ILST-FSI für Flugsicherungsingenieure (Bachelor-Präsenzstudium, WiSe 2012/13)
- ILST-ATC für Fluglotsen (Bachelor-Präsenzstudium, in Planung)
- ILST-FLH für Flughafenpersonal (Bachelor-Präsenzstudium, in Planung)
- ILST-UAV für UAV-Systemoperatoren (Bachelor-Präsenzstudium, in Planung)
- MEAM Aeronautical Management (Master-Präsenzstudium, re-akkreditiert 2007)

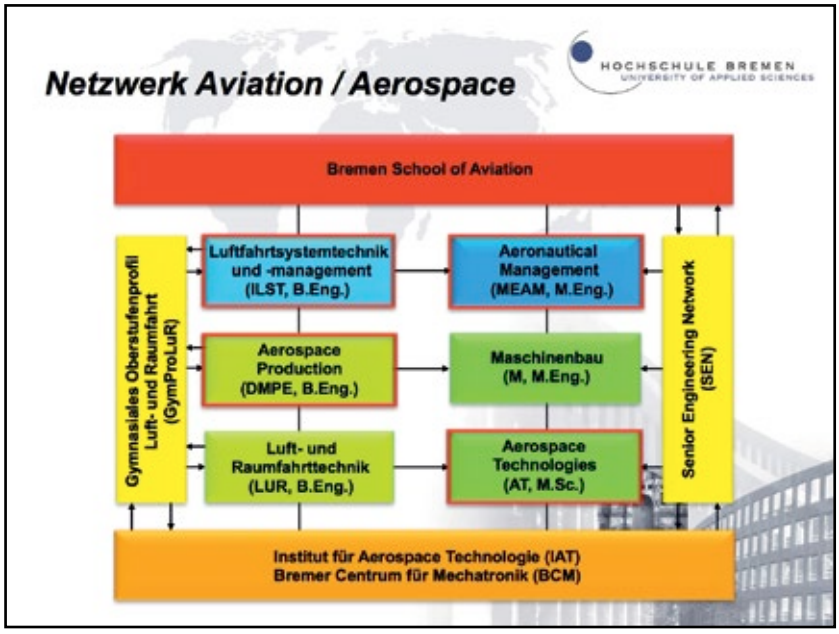


Die folgende Abbildung zeigt die Zuordnung der Studiengänge zueinander, wobei vom Bachelor- zum Masterbereich auch ein Quereinstieg bei Vorliegen der Zugangsvoraussetzungen möglich ist.

1 Die maskulinen Berufsbezeichnungen umfassen immer auch die weibliche Klientel, deren Anteil im Ingenieurwesen dringend ausgebaut werden sollte.

Schon die laufenden Studiengänge im Bereich Aviation und Aerospace werden unter Ausnutzung jedweder verfügbarer Synergie betrieben. Die geplanten Studienangebote, die zur Absicherung des Luft- und Raumfahrt-Standortes Bremen in Lehre und Forschung dringend notwendig sind, lassen sich mit den derzeit planbaren Mitteln allein nicht betreiben.

Aufgrund der Finanzsituation können zukünftig auch bei Bachelor-Studiengängen neue Studienangebote nur noch als gebührenpflichtige Studiengänge angeboten werden. Diese Vorgehensweise wird erstmals beim ILST Fernstudium und beim ILST für Flugsicherungsingenieure eingeführt. Es wird deshalb zunehmend wichtig, vor Beginn eines neues Studienangebotes die Zielgruppe zu identifizieren und die Größe der Nachfrage neutral abzuschätzen.



Mit dem Studiengangssystem ILST hat die Hochschule Bremen ein sehr spezifisches, auf die Belange einiger weniger Firmen zugeschnittenes Studienangebot etabliert. In den Diskussionen mit potenziellen Partnerfirmen wird die Einsicht deutlich, dass so spezifische Angebote nicht von einer staatlichen Hochschule allein getragen werden können.

Die Hochschule Bremen fordert keine Studiengebühren für das erste berufsqualifierende Studium (Bachelor). Im Bereich der Weiterbildung werden Studiengebühren gefordert (MEAM Master in Aeronautical Management). Die finanzielle Situation macht nun die Einführung von finanziellen Beiträgen der Industriepartner im dualen Bachelorbereich notwendig.

Die Hochschule Bremen hat ein großes Angebot an dualen Studiengängen im Bachelor-Bereich. Diese Dualen Studiengänge sind jeweils auf einige wenige Industrie-Unternehmen zugeschnitten. Die Hochschule Bremen ist aber verpflichtet, ihre öffentlichen Mittel auf Angebote mit breiter Nachfrage auszurichten. Auf Kunden zugeschnittene Angebote müssen mit Drittmitteln unterhalten werden.

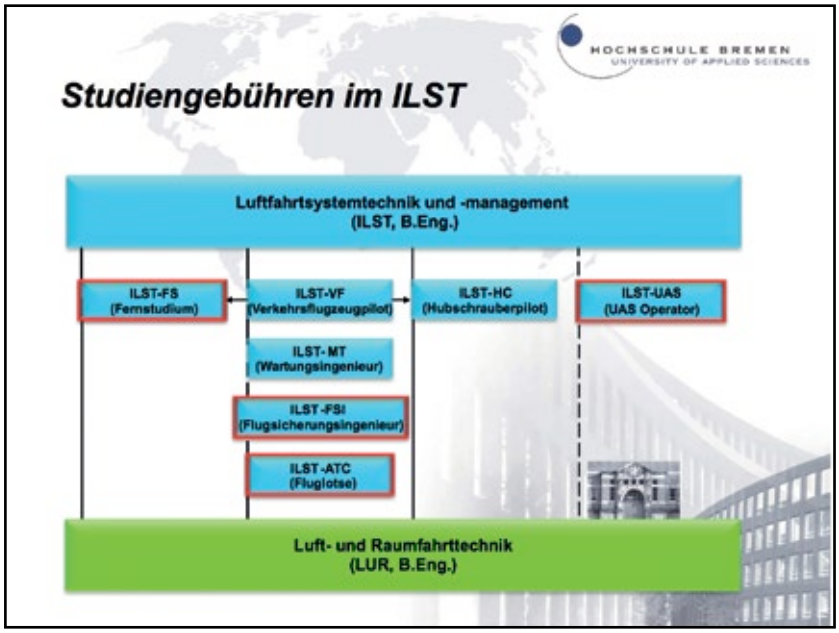
Es war die Frage zu beantworten, welche Wege an der Hochschule Bremen eingeschlagen werden können, um das Angebot in Lehre und Forschung im Bereich Aviation und Aerospace weiter zu entwickeln und das hohe Qualitätsniveau in den Studiengängen auch in finanziell schwierigen Phasen aufrecht zu erhalten.

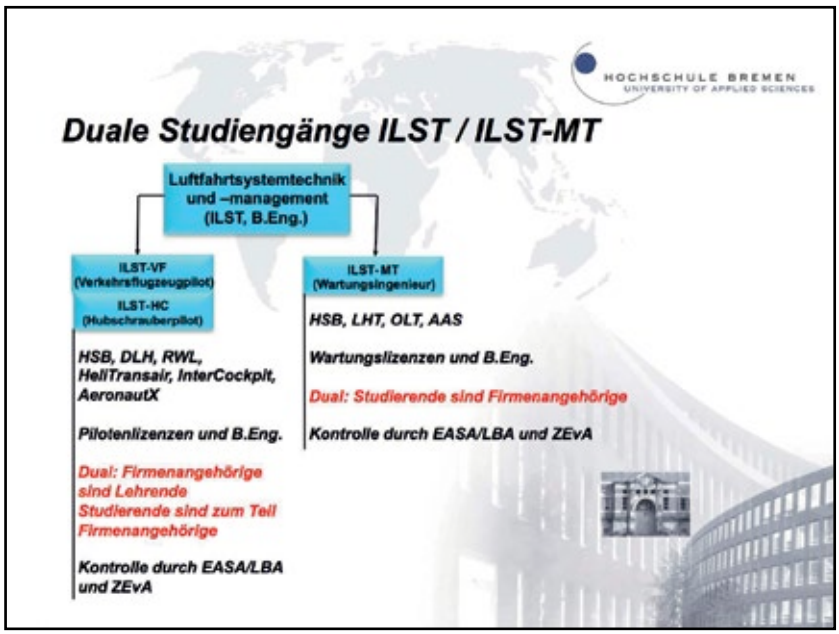
So ist die Gründung einer „School of Aviation and Aerospace" als Lehreinheit für gebührenpflichtige Bachelor-Studiengänge an der Seite der Forschungseinheit „Institut für Aerospace-Technologie" vorgesehen. Die Bremen School of Aviation and Aerospace soll die Aktivitäten im Bereich der Bezahl-Studiengänge bündeln. Im einzelnen sind dies Duale Studiengänge, die von einer Firma bezahlt werden, Fernstudiengänge, die der Weiterbildung dienen und Bezahlte Master-Studiengänge.

Die obige Abbildung zeigt diese neue Einrichtung als „Dachorganisation" des Ausbildungdssystems. Die nun rot umrandeten Studienangebote zeigen die Bereiche, in denen Bezahlangebote angesiedelt sind. Der Master-Studiengang „Aeronautical Management" nimmt dabei die Vorreiterrolle und gleichzeitig eine Sonderstellung ein, da dieser als Weiterbildungsangebot im Rahmen der Philosophie des Lebenslangen Lernens (LLL) von Beginn an als Bezahlangebot angelegt ist. Mit dem Studiengangssystem ILST hat die Hochschule Bremen ein sehr spezifisches, auf die Belange einiger weniger Firmen zugeschnittenes Studienangebot etabliert. Hier sind Luftfahrtgesellschaften, Wartungsbetriebe und Flugsicherungsinstitutionen zu nennen. Auch bei diesen Partnern hat es erste Priorität, das Angebot in Lehre und Forschung im Bereich Aviation und Aerospace weiter zu entwickeln und das hohe Qualitätsniveau in den Studiengängen auch in finanziell schwierigen Phasen aufrecht zu erhalten.

Wie die folgende Abbildung – wieder durch die roten Rahmen um die Studienangebote – zeigt, ist das ILST Fernstudium für Verkehrsflugzeugführer als Bezahlangebot ausgelegt. Gleichermaßen hat sich der neue Partner Deutsche Flugsicherung bereit erklärt, das duale Studienangebot ILST für Flugsicherungsingenieure mit finanziellen Beiträgen zu unterstützen. Der Grund ist in der darauf folgenden Abbildung zu sehen: Die Studierenden im Studiengang ILST-FSI sind Firmenangehörige.

Ähnlich müsste deshalb zukünftig beim Aufbau der bisher angedachten Studienangebote ILST für Fluglotsen und ILST für UAS Operatoren vorgegangen werden.





Hier stellt sich nun die Frage, wie die seit fast zwei Jahrzehnten existierende Kooperationen zu behandeln sind. Die folgende Abbildung zeigt, dass auch in den seit Jahren erfolgreich laufenden Studiengängen ILST für Verkehrsflugzeugführer und ILST für Wartungsingenieure Studierende zumindest zum Teil Firmenangehörige sind.

In der Hochschule Bremen besteht Konsens, dass es eine Gleichbehandlungspflicht in Bezug auf existierende und zukünftige Kooperationen in dualen Studiengängen gibt. Auch besteht Konsens darin, dass es aufgrund der Historie der seit Jahren bestehenden Studienangebote einen Bestandsschutz für existierende Kooperationen in dualen Verbund geben muss.

Eine Lösung des Widerspruch wird darin gesehen, dass in diesen Kooperationen die Festlegung einer Studienplatzzahl ohne finanziellen Beitrag und Gebührenpflicht für darüber hinausgehende zusätzliche Studienplätze den Umständen gerecht wird. In allen Studienangeboten muss und wird dabei eine Anrechnung des Lehraufwandes von Firmenangehörigen erfolgen.

Erinnerungen aus der Fliegerei

Ich soll Ihnen erklären, was ein Line-Check ist?

Das kann ich. Aber es wird nicht leicht. Man muss weit ausholen. Man muss viele Fachausdrücke verwenden.

Es kann für Sie sehr mühsam werden und vielleicht wollen Sie es dann gar nicht mehr wissen – oder nicht so genau wissen.

Dann sollten wir es lieber gleich vergessen.

Wenn Sie aber eher dazu neigten, sage ich es ihnen auch ganz kurz, damit Sie wenigstens wissen, wozu er ist.

Er ist eine vom Luftfahrt Bundesamt vorgeschriebene regelmäßige Überprüfung eines Flugzeugführers auf einem regulären Linienflug.

Das klingt schon interessanter!

Bevor ich nun mit dem Line-Check anfange, möchte ich Ihnen gern den Base-Check erläutern.

Der Base-Check ist eine in regelmäßigen Intervallen vom Luftfahrt Bundesamt vorgeschriebene vorzunehmende Überprüfung des Flugzeugführers anhand eines kleinen Programms im Flugzeug, ersatzweise auch im Simulator, was mittlerweile zur Normalität geworden ist.

Der Vollständigkeit halber erwähne ich noch den Medical-Check, der ebenfalls vorgeschrieben ist.

Es ist noch viel mehr vorgeschrieben.

Während nun insbesondere beim Base-Check im Simulator einfach alles ohne Risiko möglich ist, findet der Line-Check auf einem regulären Flug, also in der Regel auch mit Passagieren statt. Da verbietet sich von Hause aus so Manches.

Auf einem Line-Check verfährt der Prüfling am besten so, wie er es immer macht. Es reicht, wenn er das, was erforderlich wird, richtig abarbeitet. Und nur das!

Es wirkt nämlich immer sehr komisch, wenn der Prüfling an einem Sommertag ernst in den blauen Himmel, dann die Kollegen anschaut und erklärt, dass er heute kein Anti-Ice verwenden werde. Mein Gott, er braucht es nur einzuschalten, wenn es erforderlich ist – und dann braucht er nicht einmal darüber zu reden.

Bei den größeren Airlines wird der Prüfer aus den eigenen Reihen ausgewählt und vom Luftfahrt Bundesamt dafür bestätigt. Die Behörde stellt ihm eine Urkunde aus. Er ist dann Sachverständiger. Das Luftfahrt Bundesamt weist vorsorglich daraufhin, dass finanzielle Ansprüche dadurch nicht entstehen – gleichwohl honoriert die Fluggesellschaft die Bemühungen mit einer Zulage.

Bei einer Flottenstärke von rund 200 Mitgliedern ist es wahrscheinlich, dass Prüfling und Sachverständiger, den wir einfach mal „Checker" nennen, einander bereits kennen, und gelegentlich freut man sich auch, jemand an Bord zu haben, mit dem man sich auch gern austauscht.

Früher war das anders, – da fürchtete man den „Checker".

Als ich auf 707 arbeitete hatten wir eine kurze Zeit der „Check-Hochkultur" bei meiner Firma: da überprüfte der Flottenchef auf dem Jump-Seat sitzend sowohl den Check-Kapitän im rechten Sitz als auch den Prüfling im linken. Das ergab eine sonderbare Atmosphäre. Es soll vorgekommen sein, dass der Flottenchef dem Check-Kapitän zugeflüstert hat: „Du muss ihn jetzt auch mal etwas fragen!", also ihm eine Frage stellen zur augenblicklichen Situation (wie heißt denn die Insel da links vorn?) oder zu den Dienstvorschriften (die man auch theoretisch einhalten muss, worauf ich schon hingewiesen hatte). Dieses Ereignis fand bei meiner Flotte damals regelmäßig und zwar samstäglich auf einem Flug nach Las Palmas statt.

Man kann den Flugplatz von Las Palmas schon von Lanzarote aus sehen, und natürlich ist jeder, also auch all die anderen Airliner, daran interessiert, einen schönen schnellen Visual-Approach zu fliegen. Der Flottenchef aber bestand darauf, einen Standard-ILS-Approach zu fliegen, was einerseits zwar als Aufgabe vom Prüfling verlangt werden kann, andererseits den ganzen Verkehr unnötig aufhält. Man konnte im Geiste sehen, wie die Kapitäne der nachfolgenden Maschinen die Augen nach oben drehten und die Hände falteten.

Um das zu vervollständigen: auch auf dem Rückflug fiel dem Flottenchef etwas ein: man sollte einen "Autothrottle Approach" in Frankfurt fliegen – zur Übung. Dabei bediente nun nicht der Pilot die Schubhebel sondern ein Vorschubregler der ersten Generation, der die Gashebel ständig automatisch hin- und herschob – so dass von einer Beunruhigung der Passagiere abgesehen, oft genug die Triebwerke gerade dann aufheulten, wenn man sich über dem Stadtwald just bei einem Noise-Monitoring-Point befand. Das bekam die Flotte dann von der Behörde schriftlich.

Guter Stil ist übrigens, die Hand auch beim Autothrottle-Approach auf die Gashebel zu legen – und dann kann man sie auch ein wenig festhalten, um damit das lästige Rein-und-Raus zu verhindern.

Dieser kleine Ausflug nach Gran Canaria hat aber auch pädagogischen Wert, indem er zeigt, wie es nicht sein soll. Ich denke, dass diese Zeiten Gottlob vorüber sind. Wer heutzutage überprüft wird, gibt sich Mühe, eine ordentliche Flugdurchführung hinzulegen (aber das sagte ich ja schon) und beruhigende Ansagen zu machen, was heute besonders wichtig ist und gern gesehen wird. Am Ende füllt der Prüfer das Formular aus – und das kommt dann zu den Akten.

Das zu erzählen lohnte sich kaum, aber Einleitung ist auch Einstimmung, und da wir nun gerade so schön in Stimmung sind, erzähle ich von einem Flug, auf dem ich selber dabei war.

Auch Flottenchefs müssen sich einem Check unterziehen.

Unsere älteren Kollegen, die Sie vielleicht noch aus den Zeitungen kennen, sie flogen unsere Bundeskanzler, sie flogen Eröffnungsflüge und sie flogen mit Bill Killgallen, dem Spielzeugfabrikanten aus USA, der die Crew gern auf ein Steak einlud und so gut wie selbstlos Goldmünzen an die Kolleginnen verteilte. Die alten Hasen also machten das noch unter sich aus: Sie flogen halt miteinander und unterschrieben sich gegenseitig den Check. Sie machten das immer auf Flügen nach New York und sie flogen, wenn das geblümte Toilettenpapier – das es 1963 bei uns noch nicht gab – daheim auszugehen drohte. Einer von ihnen ließ sich vom Crew-Bus – unter Umgehung des Zolls – gleich ins Bürogebäude fahren, weil er einen extra Koffer mit Klopapier hatte – naja, man sprach darüber – ich aber habe es selber nicht gesehen.

Zu meiner Zeit konnte es aber schon jedem Checker passieren, seinen Chef überprüfen zu müssen. Der hatte natürlich eine Menge im Büro zu verrichten, flog nur einen gewissen Prozentsatz an Flugstunden, also ein oder zwei Flüge über den Atlantik im Monat – da konnte schon etwas von der Routine fehlen. Aber von ihm konnte man andererseits viel aus dem Vorstand erfahren.

Mein Chef ist eine Erscheinung. Nicht übergroß, aber stattlich und eloquent. Es ist schön, anzuhören wie er seine Worte setzt: eine Mischung aus Präzision und Nonchalance. Kaum ausgecheckt schon selber Checker, und der war nun heute dran.

Damals traf sich das Cockpitpersonal bei Dispatch. Es gab noch Personal. Heute besorgt der Automat das. Die Damen und Herren, die zu meiner Zeit dort arbeiteten, hatten alle Unterlagen für den Flug vorbereitet, den Flugplan errechnet, das Wetter eingeholt und die NOTAMs gelesen. Das war ihre Aufgabe. Sie erklärten den Flug fachkundig. Kein Wunder: einige von Ihnen waren selber als Funker oder Navigator geflogen.

Später waren da auch junge Leute ohne Flugerfahrung. Einer legte mir mal die Unterlagen vor. Ich wäre gern zwei Grad nördlicher geflogen und nach meiner Erfahrung hätte das auch Sinn gemacht. Aber er meinte, das mache rein rechnerisch eine um drei Minuten längere Flugzeit und ich solle bedenken, was das gäbe, wenn jeder es so machte. In den Anfängen der Fliegerei wäre er vom Kapitän geohrfeigt und auf der Stelle entlassen worden. Vielleicht kommt deshalb jetzt alles aus dem Computer.

Heute sollte unser Flug 8:35 dauern – und das war aber auch gerade die veröffentliche planmäßige Flugzeit für die Strecke von Frankfurt nach New York – man konnte also beim besten Willen bei Ankunft nicht pünktlich sein, selbst wenn es gelänge, pünktlich wegzurollen. Also: es lag einfach am Gegenwind und die meisten von uns hätten das hingenommen. Der Chef aber hatte gleich zwei Ideen dazu: erstens tankte er deutlich mehr, um schneller fliegen zu können, (das konnten wir uns damals leisten und hätten für vier Tonnen Kerosin vielleicht eine Viertelstunde gewinnen können), und zweitens wollte er die Station bitten, das Flugzeug eine Viertelstunde früher von Block gehen zu lassen. Darauf kann nur jemand kommen, der nicht oft genug mit der Station Frankfurt zu tun hatte.

Also nicht lange gefackelt, denn wir müssen noch die Kabinen-Besatzung begrüßen. Das machen wir heute vergleichsweise schnell, denn wir wollen ja 15 Minuten vor Plan abrollen. Wir begnügen uns damit, kurz einander die Hände zu schütteln und die Problematik dieses Fluges anzusprechen. Ich habe auch erlebt, dass Kollegen unter der Last der Überprüfung dabei Dienstvorschriften des Kabinenpersonals oder die Handhabung des CO2-Löschers abfragten. Heute macht das unser Chef vorbildlich: Wenn er nicht so selbstsicher vortragen könnte, hätte er vielleicht auch seinen Posten nie bekommen.

Wir gehen also an Bord, und während ich so durch die Kabine bummele, hier oder da noch etwas in den Sitztaschen zurechtrücke oder einen Papierschnipsel auflese, begibt sich mein Chef durch die Brücke zum Schichtleiter, der dort, die Hände hinter dem Rücken verschränkt sein Bündelfunkgerät haltend zuschaut, wie die Gäste abgefertigt werden. So heißt das. Ich schwatze derweil auch mit den Kolleginnen, aber nur kurz, denn die haben zu tun – jeder, der mit der Abfertigung befass ist, ist etwas angespannt und bemüht, ja keine Verspätung zu verursachen.

Als dann der Chef Platz nimmt, setze auch ich mich ganz still auf den Sitz hinter ihm, dem Observerseat. Ich lasse mein Auge über die Panels gleiten, frage mich bei jedem Licht, bei jedem Schalter, wozu er dient, was es jetzt anzeigen sollte, wo er stehen muss. Das ist eine alte Pilotenpraxis und man kommt weit damit. Darüber hinaus würde man es mir verübeln, wenn ich auf eine Unstimmigkeit nicht aufmerksam gemacht hätte. Und wie ich so an Captains VOR-RMI vorbeikomme, fällt mir eine rote Flagge auf. Nun hatte der Flugingenieur die Radios schon überprüft und wir wollen mal annehmen, dass sie zu dem Zeitpunkt auch in Ordnung waren, aber jetzt durfte man nicht darüber hinweg sehen, also sage ich: „Sehe ich richtig, dass da eine Off-Flag im Einser-RMI ist?“

Drei Augenpaare richten sich auf das Anzeigegerät, der Copilot rechannelt schnell den Frequenzwähler – aber dem Empfänger scheint keine Frequenz recht zu sein: Er bleibt bei seiner Off-Flag.

Jetzt geht alles ganz flink: „Ground from Cockpit“ geht es über das Sprechgeschirr, „Wir brauchen einen neuen VOR/ILS-Empfänger“.

Den hat der Mechaniker nicht in seiner Tasche, nicht im Auto sondern am Lager. Er schwingt sich in seinen VW-Bus und fährt, – die Flughafenverwaltung erlaubt ihm 30km/h – die drei km in die Werft. Er braucht sich dort nicht lange aufzuhalten, denn der Lagerist hat es über Funk erfahren, übergibt das Gerät und zurück mit 30 km/h – das macht zusammen 15 Minuten netto. Der Wechsel geht dann schnell vonstatten. Wenn wir damals schon Slots gehabt hätten, der wäre in die Hose gegangen, so aber verlassen wir mit nur 25 Minuten Verspätung das Gate. Ob es jetzt noch Sinn macht, zwei hundertstel Mach schneller zu fliegen? Was mag das ausmachen? – also ich weiß es nicht mehr genau.

Sobald wir die Reiseflughöhe erreicht haben, entschließt sich unser Chef und Pilot in Command also, das Gas reinzuschieben. Man lehnt sich zurück und überlässt es der Autothrottle, die Fahrt konstant bei M.86 zu halten. Der Chef macht tolle Ansagen! Auch erzählt er uns, wie er als junger Kapitän Zeitungen aus dem Kiosk geholt und selber bezahlt habe, weil die Firma keine bereitgestellt hatte. Morgens und auf Kurzstrecke.

So geht es also munter voraus und noch vor Neufundland können wird den Clipper vor uns und 2000 Fuß tiefer sehen, der auch nach New York will: wir kommen ihm langsam immer näher – und wenn wir noch vier Stunden zu fliegen hätten (und wenn wir uns das bei unserem Spritverbrauch überhaupt leisten könnten) könnten wir ihn mit genügend Abstand überholt haben.

So kommen wir schließlich über Nova Scotia ganz dicht an die PANAM heran. Wir hören, wie der kanadische Controller die PANAM an Boston übergibt und eine Minute später sind auch wir dran.

Unser Copilot ruft also Boston und die Antwort: „On request of NY turn left 60 Degrees for separation. I have to put you behind the PANAM“. Ich hätte mich wirklich gewundert, wenn das nicht gekommen wäre. Von diesem Zeitpunkt an, waren wir in der Obhut der Flugsicherung. Es ging alles seinen normalen Gang und wir landeten mit 45 Minuten Verspätung.

Wie sagte ich schon:
Auf einem Line-Check verfährt der Prüfling am besten so, wie er es immer macht. Es reicht, wenn er das, was erforderlich wird, richtig abarbeitet.

Bartsch Heinz, Prof. (em.) Dr. Dr. Dr. h.c., Rostock

Cvetnik Tanja, Dipl.-Kff., Augsburg

Faber Gerhard, Prof. Dr.-Ing., Elektrotechnik und Informationstechnik, TU Darmstadt

Graumann Axel, CPT A330/340, Ju52, DLH, Wiesbaden

Hanke Harald, Dr., FO ret. B747 DLH, Hahnstätten

Helfrich-Hölter Hede, Prof. Dr. Dr. h.c., TU Chemnitz

Lautner Norbert, CPT A320 DLH, Hude

Leoff Thomas, Dipl.-Wirtsch-Ing., Lufthansa Flight Training, Frankfurt

Mehl Klaus, PD, Dr., Dipl.-Psych., Universität Oldenburg

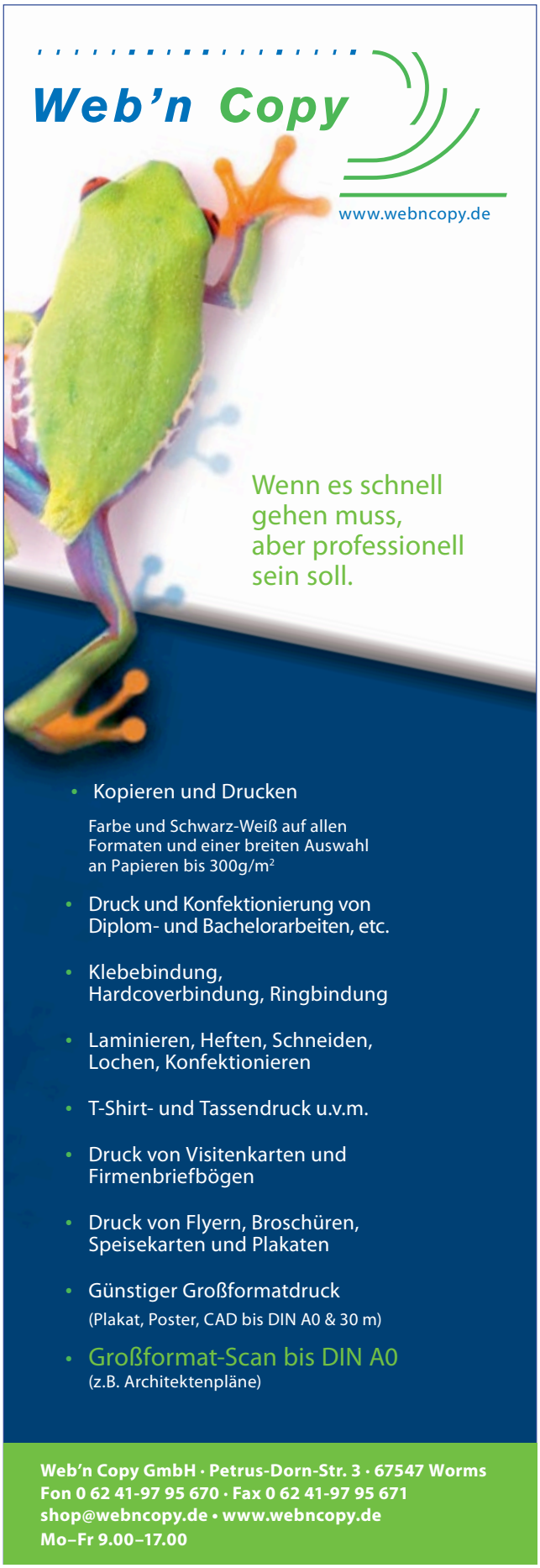
Müller Manfred, CPT A 380 DLH, Leiter Flugsicherheitsforschung FRA CF, Frankfurt/M.

Naumann Martin, CPT B 747-200 DLH ret., Langenargen

Scheck Max, MAS, CPT A320 DLH, Malsch

Steckemetz Bernd, Prof. Dr.-Ing., Hochschule Bremen

Teuchert-Noodt Gertraud, Prof. (em.) Dr. Dr., Altenholz


Web'n Copy
www.webncopy.de
Wenn es schnell gehen muss, aber professionell sein soll.
• Kopieren und Drucken
Farbe und Schwarz-Weiß auf allen Formaten und einer breiten Auswahl an Papieren bis 300g/m²
• Druck und Konfektionierung von Diplom- und Bachelorarbeiten, etc.
• Klebebindung, Hardcoverbindung, Ringbindung
• Laminieren, Heften, Schneiden, Lochen, Konfektionieren
• T-Shirt- und Tassendruck u.v.m.
• Druck von Visitenkarten und Firmenbriefbögen
• Druck von Flyern, Broschüren, Speisekarten und Plakaten
• Günstiger Großformatdruck
(Plakat, Poster, CAD bis DIN A0 & 30 m)
• Großformat-Scan bis DIN A0
(z.B. Architektenpläne)
Web'n Copy GmbH · Petrus-Dorn-Str. 3 · 67547 Worms
Fon 0 62 41-97 95 670 · Fax 0 62 41-97 95 671
shop@webncopy.de • www.webncopy.de
Mo–Fr 9.00–17.00

Pilotenträume ...
... die meisten Piloten träumen schon als Kind vom Fliegen.Die meisten Unternehmen träumen von Erfolg. Mit Mehrwertstrategien, Differenzierung und kreativer Umsetzung trägt MLW einen entscheidenden Teil dazu bei, Ihren Brand Value zu erhöhen. Verwirklichen Sie Ihre Träume mit MLW!
MLW KommunikationsForm I Alzeyer Straße 39 I 67549 Worms I Fon +49 6241.3 09 42-0
kontakt@mlw.de I www.mlw.de
mlw®
MLW KommunikationsForm
GmbH Werbeagentur