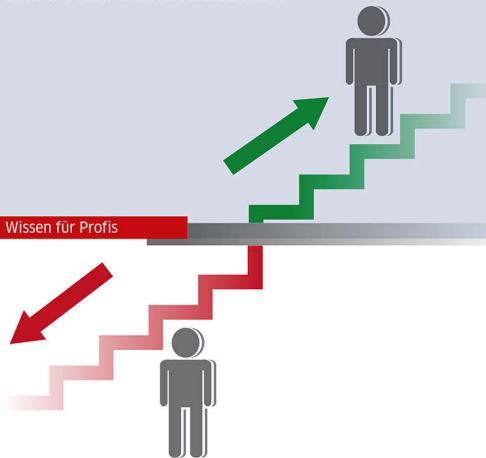


BERNHARD FLEISCHER

PRAXISRATGEBER FAKTOR MENSCH

DAS UNTERSCHÄTZTE ELEMENT



Bernhard Fleischer

Praxisratgeber Faktor Mensch

Bernhard Fleischer

Praxisratgeber Faktor Mensch

Das unterschätzte Element



Vogel Business Media

Mein besonderer Dank gilt meinen Kollegen Horst Wiedemann (Unterstützung in gestalterischen Fragen) und Bernhard Klein (fachliche Hinweise). Und natürlich meiner lieben Frau, die die vielen Stunden meiner körperlichen wie geistigen Abwesenheit mit Geduld ertragen hat.

BERNHARD FLEISCHER

Jahrgang 1968,

absolvierte nach dem Abitur eine Ausbildung zum Technischen Zeichner (Fa. Kiekert / Kiekert-Automatiktüren, Heiligenhaus / Velbert), danach Studium Maschinentechnik, Fertigungstechnik (UGH Essen)

Teilstudium Wirtschaftslehre / Politik

1999 Technischer Angestellter in der Normung (Fa. Intensiv-Filter, Velbert)

Seit August 1999 Lehrer für Entwicklung und Konstruktion sowie Human Factors am Berufskolleg Platz der Republik in Mönchengladbach

Seit 2001 Unterricht in der Fachschule Luftfahrzeugtechnik im Fach „Human Factors“

Seit 2005 Abteilungsleitung (StD) Fachschule Maschinenbautechnik

Planung und Durchführung von Mitarbeiterschulungen u.a. bei den Unternehmen Air-Berlin, Honeywell Aerospace, LTU

Praktika in Luftfahrtunternehmen (u.a. LTU)

Betreuung von Abschlussarbeiten in der Fachschule für Technik zum Thema „Human

Factors“ bei den Unternehmen Lufthansa, LTU (aufgegangen in AirBerlin) und Beechcraft

Seit Ende 2011 Prüfungsleiter Luftfahrt (als Ansprechpartner für das Luftfahrtbundesamt im Zusammenhang mit Zertifizierungen nach CAT A und CAT B)

Buchveröffentlichungen:

Als Mitautor: Klaus Engmann (Herausgeber): Technologie des Flugzeuges; hier: Kapitel „Human Factors“. Vogel Business Media.

Bernhard Fleischer; Hans Theumert: Entwickeln, Konstruieren, Berechnen. Verlag Springer Vieweg.

Weitere Informationen:

www.vbm-fachbuch.de

<https://kfz-fachbuch.de>

 www.facebook.com/vogel.fachbuecher

ISBN 978-3-8343-3404-6

1. Auflage. 2017

Alle Rechte, auch der Übersetzung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden. Hiervon sind die in §§ 53, 54 UrhG ausdrücklich genannten Ausnahmefälle nicht berührt.

Printed in Germany

Copyright 2017 by Vogel Business Media GmbH & Co. KG, Würzburg

Vorwort

Am 09. Februar 2016 fahren gegen 6.47 Uhr zwei Züge der Bayerischen Oberlandbahn bei Bad Aibling auf der eingleisigen Strecke frontal ineinander. Insgesamt helfen ca. 800 Rettungskräfte an der Unglücksstelle. 11 Menschen finden den Tod, 85 werden zum Teil schwer verletzt. Technische Probleme dementiert die Deutsche Bahn umgehend. Ein auf der Strecke eingesetztes Zugbeeinflussungssystem wurde noch in der Woche zuvor überprüft und befand sich in einwandfreiem Zustand. Schnell entstehen Spekulationen und bestätigen sich schließlich: „Es wurde ein Sondersignal gegeben, das nicht hätte gegeben werden dürfen“, wird der zuständige Staatsanwalt zitiert. Verantwortlich ist ein zum Unglückszeitpunkt 39 Jahre alter Fahrdienstleiter, der über knapp 20 Jahre Berufserfahrung verfügt. Er erkannte sein falsches Signal, das er als Folge einer Fehlerkette gab, und wollte einen Warnfunkspruch an die beiden Lokführer schicken. Dabei betätigte er zunächst die falsche Taste. Der zweite Versuch, die nahende Katastrophe zu verhindern, ging schließlich ins Leere. In den Befragungen durch die Behörden legte der Mitarbeiter des Stellwerks ein Geständnis ab. „Menschliches Versagen“ wird schließlich als Unglücksursache festgelegt.

Was sich vermeintlich so leicht sagt, ist aber nur schwierig nachvollziehbar und findet sich häufig als Muster tödlicher Unglücke: Da trifft ein verantwortlicher Mensch eine fatale falsche Entscheidung. Meist verfügt er über weitreichende Berufserfahrung und ist bis zum Unglück nicht durch grobes Fehlverhalten auffällig geworden. Es gibt auch keine außerordentlichen äußeren Bedingungen, die einen besonderen Beitrag geleistet haben. Häufig greifen unheilvoll mehrere Ursachen und Begleitumstände wie Glieder einer Kette ineinander, an deren Ende der Verantwortliche mit seiner Fehlentscheidung steht. Und die Täter werden selber Opfer, die schwer unter ihrer Tat und Schuld leiden.

Menschliche Fehlentscheidungen enden glücklicherweise selten in einer großen Katastrophe – aber zumeist kosten sie die Unternehmen viel Geld: Auf ungefähr eine Milliarde US-Dollar pro Jahr werden die Kosten geschätzt, die international alleine in der Luftfahrt direkt oder indirekt als durch „Human Factors“ verursacht gelten. Grund genug, dass sich Unternehmen dieses Themas auch abseits von Fragen der Sicherheit intensiv annehmen. In Risikobranchen sind entsprechende Schulungen Teil der Unternehmenskultur und zumeist ohnehin gesetzlich verbindlich. Aus Sicht des Mitarbeiters steht dabei weniger die Frage nach materiellen Schäden im Vordergrund, sondern die nach der eigenen Verantwortung. Im Fall des Zugunglücks von Bad Aibling hat eine große deutsche Tageszeitung getitelt: „Wie lebt man mit dieser Schuld?“ Dieses Buch soll Hilfestellung geben, sich dieser Frage nie stellen zu müssen. Dazu werden Sie mit den Grundzügen menschlichen (Fehl-)Verhaltens vertraut gemacht. Zahlreiche Übungen lassen Sie „am eigenen Leib“ erfahren, wie und warum wir als Mensch mitunter offenen Auges eine falsche Entscheidung treffen. Und vor allem sollen Sie die „Fallstricke“ (er-)kennen lernen, um sich und andere präventiv zu schützen. Unterstützt werden Sie dabei von 15 Jahren praktischer Erfahrung aus Human-Factors-Schulungen des Autors u.a. bei namhaften Unternehmen der Luftfahrt. Aus dieser Perspektive versteht sich dieses Buch als Helfer aus der Praxis für die Praxis.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
1 Zielsetzung des Fachgebietes	11
1.1 Warum Human Factors?	11
1.2 Wissenschaftsdisziplin Human Factors	13
1.3 Intention des Buches	15
2 Betrieblicher Umgang mit Fehlern	21
2.1 Theoriemodelle zur Fehlerentstehung	21
2.2 Fehlergruppierung und Fehlerarten	22
2.3 Null-Fehler-Strategie als Leitgedanke	24
2.4 Fehlermanagement in Unternehmen	26
2.4.1 Lernen aus Fehlern	26
2.4.2 Delegation von Schuld und Kostendruck nach „unten“	29
2.4.3 Grenzen und Gefahren von Automatisierung	30
2.4.4 Passgenaues Zusammenspiel von Mensch und Maschine	34
2.4.5 Intelligentes Systemdesign	35
2.4.6 Werkzeuge des Qualitätsmanagements	36
2.4.7 Schulungen zu Human Factors	38
2.4.8 Normative Regelungen und wirtschaftliche Grenzen	39
2.4.9 Fehlerbericht-Systeme und Grenzen von Fehlerkultur	41
2.5 Abschließende Betrachtung	43
2.6 Einstiegsübung: Absturz der Wuppertaler Schwebebahn	44
3 Physikalische und organisatorische Einflussfaktoren in der Arbeitsumgebung	49
3.1 Lärm	49
3.1.1 Lärm in technischer Betrachtung	49
3.1.2 Wirkung von Lärm auf den Menschen	51
3.1.3 Allgemeine Maßnahmen der Lärminderung	54
3.1.4 Lärminderung in der Luftfahrt	57
3.2 Beleuchtung	59
3.3 Klimatische Bedingungen	60
3.4 Schwingungen	63
3.5 Schichtarbeit	64
3.6 Sicherheitskultur	65
4 Fehlerquellen in der Informationsaufnahme	69
4.1 Der Körper als Ergebnis von Evolution	69
4.2 Sinneswahrnehmungen Riechen und Schmecken	70
4.3 Sinneswahrnehmung Tasten	74
4.4 Sinneswahrnehmung Sehen	75
4.4.1 Funktionsweise des Auges	75
4.4.2 Verarbeitung von Impulsen	76
4.4.3 Täuschung der Wahrnehmung	79
4.5 Sinneswahrnehmung Hören	84

4.6	Weitere Sinne der Natur	87
4.7	Kombination und Kompensation von Sinnen	88
4.8	Variationen in der Sinneswahrnehmung	92
5	Fehlerquellen in der Informationsverarbeitung	93
5.1	Aufbau und Entwicklung des Gehirns	93
5.1.1	Funktionaler Aufbau	93
5.1.2	Zusammenspiel von Nervenzellen	96
5.1.3	Hirnreifung und Lernen im Lebenszyklus	97
5.1.4	Intelligenz	102
5.2	Informationsverarbeitung	104
5.2.1	Rolle der Emotionen für die Informationsverarbeitung	104
5.2.2	Wechselspiel von Bewusstsein und Unterbewusstsein zur Handlungssteuerung	106
5.2.3	Musterbildung als Arbeitsweise des Unterbewusstseins	110
5.2.4	Ausprägung von Denkmustern im Alltag	118
5.2.5	Das Unterbewusstsein als zentrales Denkkorgan	122
5.2.6	Individuelle Bildung von Realität	124
5.2.7	Zusammenfassende Erkenntnisse zur Arbeitsweise des Gehirns	127
5.3	Erklärungsmodelle zu Lernprozessen	128
5.3.1	Lernmodelle aus der Pädagogik / Psychologie	129
5.3.2	Hinweise aus der Neurobiologie	132
5.4	Gedächtnisbildung	136
5.4.1	Stufen und Funktionsgruppen der Speicherung	136
5.4.2	Arbeitsweise des Langzeitgedächtnisses	138
5.4.3	Erinnerungsfehler	140
5.4.4	Einflussfaktoren für die Langzeitspeicherung und Vergessen	140
5.4.5	Konkurrierende Vorerfahrungen	144
5.4.6	Neurobiologische Konsequenzen für Schule und berufliche Fortbildung	145
6	Leistungsbeeinflussende Faktoren	149
6.1	Anforderungsprofil des Mitarbeiters	149
6.2	Leistungsfähigkeit im Tages-, Jahres- und Lebenszyklus	151
6.3	Kommunikation und Sprache	154
6.3.1	Spracherwerb	155
6.3.2	Grundsätzliche Kommunikationsprobleme	155
6.3.3	Beeinflussende Rahmenbedingungen von Kommunikation	157
6.3.4	Ablauf und Ebenen der Kommunikation	160
6.3.5	Bedeutung und Reichweite von Körpersprache	162
6.3.6	Festgelegte Kommunikationssysteme	165
6.3.7	Tipps zur mündlichen Kommunikation	166
6.3.8	Tipps zur schriftlichen Kommunikation	169
6.4	Stress	171
6.4.1	Ablauf der Stressreaktion	171
6.4.2	Stress in der „modernen“ Arbeitswelt	173
6.4.3	Empfinden von Stress und Stressreaktionen	174
6.4.4	Handeln in Stresssituationen	176
6.5	Motivation	178
6.6	Mitarbeiterführung	181
6.7	Teamfähigkeit und Wissen	184
6.8	Aufmerksamkeit	187

6.9 Gruppendynamik	188
6.10 Hilfsmittel	192
6.11 Normen	194
6.12 Ermüdung	195
6.13 Nachlässigkeit / Routine	198
6.14 Ablenkung	202
6.15 (Zeit-)Druck und Durchsetzungsfähigkeit	204
7 Erhalt der Leistungsfähigkeit und Stressabbau	207
7.1 Der heutige Mensch als Zwischenstufe in der Evolution	207
7.2 Bedeutung von Bewegung	208
7.2.1 Rückenschmerzen als Beispiel einer unangepassten Lebensweise	208
7.2.2 Notwendigkeit körperlicher Belastung	209
7.2.3 Reichweite von Ausdauersport	212
7.3 Ernährung	214
7.3.1 Evolutionäre Ausgangslage menschlicher Ernährung	215
7.3.2 Gesundheitliche Folgen der Ernährung in Industrienationen	216
7.3.3 Angemessenes Essverhalten und Speisenwahl	218
7.3.4 Übermäßiger Salzkonsum	220
7.3.5 Getränkewahl	220
7.4 Schlaf	221
7.4.1 Phänomenologische Betrachtung von Schlaf	222
7.4.2 Schlafrhythmus und Chronotypen	223
7.4.3 Funktionen des Schlafs	224
7.4.4 Erkenntnisse für den Alltag	226
7.5 Umgang mit Krankheiten und Medikamenten	227
7.6 „Alltagsdrogen“ und leistungsfördernde Substanzen	228
7.7 Verbesserte Selbstorganisation / Zeitmanagement	230
7.8 Konfliktbewältigung	232
7.9 Entspannungstechniken	233
7.10 Resilienz	237
Anhang: Übungen	241
Literaturverzeichnis	285
Quellenverzeichnis	289
Stichwortverzeichnis	291

1 Zielsetzung des Fachgebietes

1.1 Warum Human Factors?

„Eine Geschichte ist erst zu Ende gedacht, wenn sie ihre schlimmste Wendung genommen hat“. Diese Regel gilt nicht nur für die Stilrichtung des Dramas in der Literatur. Nicht minder ist dies Leitgedanke in der Sicherheitstechnik über alle Wirtschaftsbranchen hinweg. Kein möglicher Unglücksfall erscheint zu absurd, um nicht doch traurige Realität werden zu können. Keine vermeintliche Verkettung von Umständen ist so abwegig, als dass das Mögliche unmöglich verbleibt. Nach dem Atomunglück von Tschernobyl, das seine auslösende Ursache in einem Bedienfehler hatte, zeigt die neuerliche Katastrophe von Fukushima mit aller Deutlichkeit: Selbst ein Land der Hochtechnologie wie Japan ist kein Garant für ein Beherrschen von Risikotechnik; der Wunsch nach absoluter Zuverlässigkeit technischer Systeme, von Abläufen und letzter Sicherheit ist nicht erfüllbar.

„Alles, was schief gehen kann, wird auch schief gehen“. Dieser Satz wird dem amerikanischen Ingenieur EDWARD E. MURPHY zugeschrieben, der bei der Fehlersuche im Rahmen von Militärexperimenten zu Schleudersitzen feststellte, dass die Messsonden zur Aufnahme der Vitalfunktionen der Probanden exakt spiegelbildlich angeschlossen waren. Erweitern kann man diesen als „Murphys Gesetz“ bekannten Ausspruch mit: „Es ist nur eine Frage der Zeit“. Das Einziehen weiterer Sicherheitsebenen in Entscheidungsprozesse nach größeren Unglücken und Störfällen führt lediglich zu einer statistisch nachweislich geringeren Eintrittswahrscheinlichkeit. Was hierbei auch immer statistisch bedeutet: So soll ein großer atomarer Unglücksfall (GAU) rein rechnerisch nur alle 200 000 Jahre auftreten können.

Deutschland umgab im Sinne größerer Katastrophen in der Vergangenheit so etwas wie ein Mythos der Unverletzbarkeit. Erdbeben, Terroranschläge und große Flugzeugkatastrophen trafen fast immer Menschen in fernen Regionen. Mit Flug 4U 9525 (Bild 1.1) haben große Unglücke auf traurige Weise ihre Exotik im Bewusstsein der Bundesrepublik Deutschland verloren. Und gerade ein Unternehmen wie die Lufthansa als Muttergesellschaft des Unglücksjets stand für deutsche Tugenden wie Zuverlässigkeit, Gründlichkeit und Ordnungsliebe. Bei der Literaturrecherche zu diesem Buch fand sich beim Autor SEPP MOSER („Wie sicher ist Fliegen?“) der Satz: „Tatsächlich wird man wohl davon ausgehen können, dass kein Pilot absichtlich einen Unfall verursacht; Selbstmörder, die auch noch unschuldige Fluggäste mit sich in den Tod reißen, dürften in dieser Berufsgruppe kaum zu finden sein.“ Nichts ist als beitragendes oder ursächliches menschliches Fehlverhalten undenkbar. Nichts! Fast schon zynisch führt dieses Unglück eindringlich vor Augen, dass so etwas wie absolute Sicherheit eine Illusion ist. Sicherheit gibt es immer nur bis zu dem Augenblick, ab dem alles schief läuft.

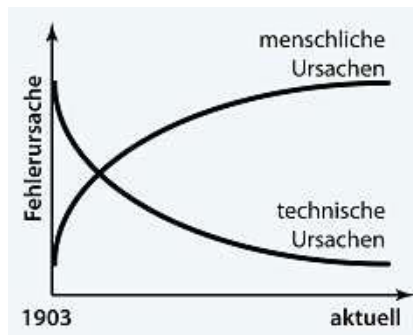
In der Luftfahrt, die neben der Kernkraft im Themenbereich Sicherheit als federführend zu bezeichnen ist, stellt sich die zukunftsgerichtete Entwicklung von Fehlerursachen nach Untersuchungen und Auswertungen der deutschen Lufthansa exemplarisch wie in Bild 1.2 dargestellt dar.

Entscheidend ist in diesem Zusammenhang die Fragestellung, warum von der Vorstellung absoluter Technikbeherrschung Abschied genommen werden muss. Die Antwort liegt in uns selbst begründet: Weil wir Menschen sind und als solche mit all unseren Fehlern handeln. Ein „Entmenschlichen“ von Systemen zugunsten weiterer Technik zur Überwachung und Regelung übersieht die zentrale Ausgangssituation, dass Technik auch von

Bild 1.1
Germanwings-Flug
4U 9525

Ankünfte		Arrivals		12:33		1	
FLUG FLIGHT	VON FROM	PLAN SCHED	ERW EST	AUSGANG EXIT			
● 4U 9469	London-LHR	10:25	12:43	1A	gelandet		
4U 9525	Barcelona	11:55					
● PC 303	Istanbul-SAW	12:40	12:27	6C	gelandet		
● EK 055	Dubai	12:50	12:29	5C	gelandet		
● QF 8055	Dubai	12:50	12:29	5C	gelandet		
● AB 7461	Abu Dhabi	13:00	13:02	6C	gelandet		
● EY 1997	Abu Dhabi	13:00	13:02	6C	gelandet		

Bild 1.2
Verteilung der Fehler-
ursachen am Beispiel
Luftfahrt (schema-
tisch)



Menschen erschaffen wird und ein unglücksauslösender Fehler gerade schon in der Sicherheitstechnik implementiert sein kann. Umgekehrt rückt durch zunehmende Technisierung von sicherheitsrelevanten Prozessen und Einrichtungen der Mensch als Schnittstelle zum System und damit als „Unglücksursache“ verstärkt wieder in den Fokus. Die Schaffung weiterer Technik, die den Menschen vom Regelkreis der Steuerung von Prozessen freistellt, ist somit keineswegs ein patentfähiger Lösungsweg.

Überdies sind diese Bestrebungen in der Luftfahrt mehr als ernüchternd ausgefallen. Ein Beispiel hierfür gibt der Lufthansa-Flug 1829 im Jahr 2014. Hier geriet ein Airbus A321 in ernsthafte Schwierigkeiten, die von den Luftfahrtbehörden als meldepflichtige sogenannte „schwere Störung“ eingestuft wurde. Der Bordcomputer griff massiv in die Flugsteuerung ein. Er registrierte einen zu hohen Anstellwinkel im Steigflug, verbunden mit der Gefahr eines drohenden Strömungsabrisses. Als Korrekturmaßnahme senkte der Rechner kontinuierlich die Nase. Tatsächlich aber war der Anstellwinkel nicht zu hoch und der eingeleitete Sinkflug eine Fehlentscheidung auf Basis falscher Messwerte: Ursache des fehlerhaften Eingriffs in die Flugsteuerung waren eingefrorene Sensoren. Die Piloten konnten durch die Abschaltung von Systemen den „Kampf Maschine–Mensch“ gewinnen und den gefährlichen Eingriff des Bordrechners in die Flugsteuerung beenden. Auch ein Todesfall mit einem Elektrofahrzeug des Herstellers Tesla im Jahr 2016 schockierte. Dabei fuhr das Fahrzeug ungebremst unter den Auflieger eines Sattelschleppers. Das Assistenzsystem hatte den weißen Anhänger vor hellem Hintergrund nicht identifiziert und entsprechend keine Bremsung eingeleitet.

	Ja	Nein
Wollen Sie die Zahl Ihrer Fehler reduzieren?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sind Fehler menschlich?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sind Sie ein Mensch?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bild 1.3

*Rhetorischer Fragebogen:
Fehlerquelle Mensch*

Gerade die vermeintliche „Delegierung“ von Verantwortung an eine Maschine lässt das eigenständige Sicherheitsdenken („Mitdenken“) in bedenklichem Maß zurücktreten. Schnell kann es zu einer Unterforderung kommen, verbunden mit einer entsprechend verringerten Aufmerksamkeitsspanne (vgl. Abschnitt 6.4.2 mit Bild 6.21). Tritt nun eine unmittelbar zu bewältigende Krisensituation ein, so kann eine verlangsamte oder fehlerhafte Reaktion die Folge sein. Aber auch bei voller Aufmerksamkeit wird die Sicherheit oft dadurch beeinträchtigt, dass dem Bediener das Systemverhalten komplexer (teil-)automatisierter Systeme nicht hinreichend bekannt ist.

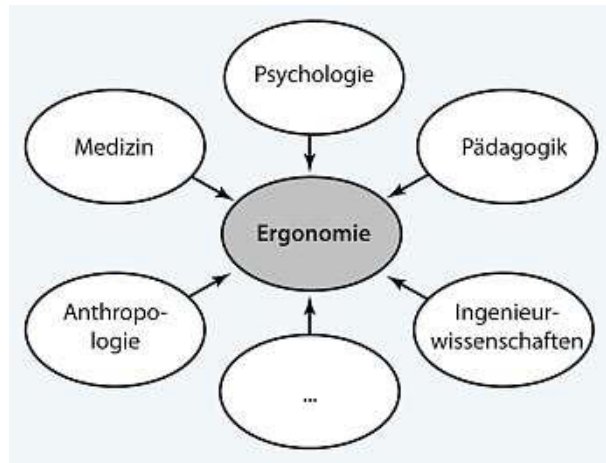
Wenn Technik grundsätzlich nicht vollständig fehlerfrei betreibbar ist, sollten trotzdem alle Anstrengungen die absolute Sicherheit zur idealisierten Zielsetzung erklären. Denn der Weg ist hier das Ziel. Da Technik und Prozesse immer von Menschen erschaffen und ausgeführt bzw. bedient werden, lohnt sich ein intensiver Blick auf die Fehlerursache Nummer eins: Sie! Sie, der Sie als Mensch fehlerhafte Entscheidungen treffen und versagen. Warum macht der Mensch Fehler? Welches sind Mechanismen auf dem Weg zur falschen Entscheidung? Wie können Sie Ihre Fehler und die anderer sicher erkennen und durch entsprechende Maßnahmen und Techniken entscheidend begrenzen? Mit diesen Fragen beschäftigt sich dieses Buch. Es soll Ihnen eine Art „Gebrauchsanleitung“ für die mit Abstand genialste Erfindung des Universums sein: den Menschen – mit all seinen Schwächen, aber und vor allem auch seinen Stärken! Die Beschäftigung und Auseinandersetzung mit den eigenen Fähigkeiten und Unzulänglichkeiten ist der Schlüssel zum Erfolg im Streben um ein Höchstmaß an realisierbarer Sicherheit (Bild 1.3).

1.2 Wissenschaftsdisziplin Human Factors

Human Factors ist keine eigenständige Wissenschaftsdisziplin wie beispielsweise die Mathematik. Eine konsensfähige Definition hat sich in der Literatur bislang nicht etabliert. Meist obliegt sie der Blickrichtung des Autors aus seinem jeweiligen Fachgebiet heraus. Für die Ausführungen im Rahmen des Buches wird festgelegt, dass „Human Factors“ als Teilwissenschaft der Ergonomie bzw. Arbeitswissenschaft betrachtet wird. Die Ergonomie beschäftigt sich interdisziplinär übergeordnet mit der Leistungsfähigkeit und den -grenzen des Menschen im Arbeitsprozess (Bild 1.4). Sie setzt sich aus mehreren Teildisziplinen zusammen. Schwerpunkt der Ausführungen dieses Buches liegt in der Wahrnehmungsverarbeitung des Gehirns.

Vordergründige Zielsetzung der Ergonomie ist die Schaffung von Technik, die vom Menschen ausgeht und für ihn gemacht ist. Durch die Anwendung ergonomischer Erkenntnisse und Methoden soll das Gesamtsystem „Mensch–Maschine–Umwelt“ bezüglich Leistung und Zuverlässigkeit einen optimalen Wirkungsgrad erzielen. Gleichzeitig soll

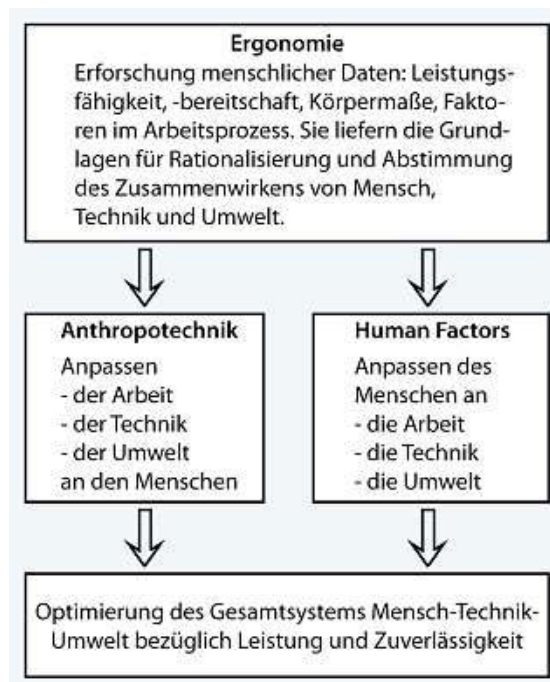
Bild 1.4
Disziplinbezug der Ergonomie



der „Verschleiß“ möglichst gering gehalten werden. Als Datenbasis zur Verbesserung und Optimierung von Arbeitsprozessen werden Informationen aus unterschiedlichen Fachgebieten zur Systematisierung des Menschen gesammelt: Leistungsfähigkeit, -bereitschaft, Eigenarten, Körpermaße, Faktoren im Arbeitsprozess usw. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse werden in zwei Unterdisziplinen zur Anwendung gebracht: Anthropotechnik („Human Engineering“) und „Faktor Mensch-Anpassung“ („Human Factors“; Bild 1.5).

Die größere Teildisziplin Anthropotechnik beschäftigt sich übergeordnet mit der Anpassung der Arbeit, Technik und Umwelt an den Menschen. Hierzu gehören beispielsweise: konstruktive und betriebliche Maßnahmen, Gestaltung von Arbeitsplätzen, Design von Arbeitsgeräten. Im weiteren Verlauf des Buches steht der Mensch aus der Blickrich-

Bild 1.5
Einordnung im Wissensschaftsbezug



tung „Human Factors“ im Mittelpunkt. Ihr Ansatz verfolgt die entgegengesetzte Blickrichtung: Anpassung des Menschen an die vorhandene Arbeitsumwelt. Der Anwendungsbezug erfolgt beispielsweise durch

- Auswahl, Ausbildung und Training der Mitarbeiter,
- organisatorische Rahmenbedingungen: Arbeitszeit, -rhythmus usw.,
- Erkennen und Analyse von Fehlerquellen menschlichen Handelns,
- Optimierung von Kommunikationswegen.

In einigen Branchen wie der Kernkrafttechnik und der Luftfahrt sind Schulungen im Bereich Human Factors behördlich vorgeschrieben. In der Luftfahrt müssen weite Teile der Mitarbeiterschaft eine entsprechende Grundlagenschulung durchlaufen und ihre Kenntnisse und Fähigkeiten in festgesetzten Zeitfenstern durch eine Wiederholungsschulung auffrischen. Die Unternehmen werden entsprechend auditiert. Ein nachhaltiger Verstoß gegen die gesetzlichen Vorgaben kann Konsequenzen bis hin zur Aberkennung der Betriebserlaubnis zur Folge haben. In Branchen wie der Medizin wiederum gibt es derartige Vorgaben aktuell nicht, obwohl es bei operativen Eingriffen nicht selten im Wortsinn „um Leben und Tod“ geht.

1.3 Intention des Buches

Übergeordnete Zielsetzung des Buches ist die Sensibilisierung für den „Risikofaktor Mensch“ im Arbeitsprozess. Voraussetzung hierzu ist die Entwicklung eines Bewusstseins für menschliches (Fehl-)Verhalten und Schwächen. Ergebnis soll eine Minimierung von Fehlern und damit von Zwischenfällen und Unfällen sein, Ihre persönliche Sicherheit am Arbeitsplatz (sowie auch im privaten Bereich) soll wirksam erhöht werden. Entscheidend ist hierbei die innere Bereitschaft, sich als Mensch mit seinen Unzulänglichkeiten annehmen zu können. Im Einzelnen bedeutet dies:

- mich mit meinen Fehlern und Schwächen (an-)erkennen,
- akzeptieren, dass ich als Mensch Fehler mache,
- mich und andere besser einschätzen können,
- äußere und innere Faktoren erkennen, die meine Tätigkeiten beeinflussen,
- Techniken kennen lernen und anwenden, mit denen ich Risiken minimiere,
- Feedback akzeptieren und annehmen können,
- selber angemessenes konstruktives Feedback geben können.

Ein Unglücksfall ist in den seltensten Fällen ein isoliertes Ereignis. Vielmehr belegen zahlreiche Unfalluntersuchungen, dass es immer zu einer Verkettung von Umständen gekommen ist. Erst eine Konstellation von Rahmenbedingungen ermöglicht oftmals überhaupt einen Unglücksfall. Rein statistisch betrachtet, gibt es aber so etwas wie eine „unglückliche Verkettung von Umständen“ nicht. Ein Ereignis ist vielmehr stringente Konsequenz aus einem Möglichkeitsszenario. Es gibt demnach keine unglücklichen Zufälle, sondern nur Ursachen und deren Wirkung: den Unfall / Zwischenfall. Unter der gesicherten Annahme, dass menschliches Handeln immer potenziell fehlerbehaftet ist, geht es bei Strategien von Human Factors auch nicht primär um die Eliminierung menschlicher Fehler. Vielmehr steht eine Ausgestaltung von Arbeitsprozessen und

-abläufen im Vordergrund, die sich in ihrem Endergebnis widerstandsfähig (resilient) gegenüber Abweichungen und unerwarteten Ereignissen zeigt. Zentral ist dabei immer der angemessene Umgang mit potenziellen menschlichen Fehlhandlungen und deren Limitierung.

Die Frage für einen Mathematiker einer Versicherung ist nie, ob das Ereignis eintreten kann, sondern mit welcher Wahrscheinlichkeit es (auf jeden Fall) eintreten wird. Nur ob Sie dieses Ereignis heute oder nächsten Monat persönlich erleben oder im günstigsten Fall nie, bleibt ungeklärt. Das Eintreten ist garantiert, sofern die Konstellationen diesen Fall potenziell ermöglichen. Der Begriff der Fehlerkette ist somit von hohem Symbolcharakter im Zusammenhang mit Unglücksfällen (Bild 1.6).

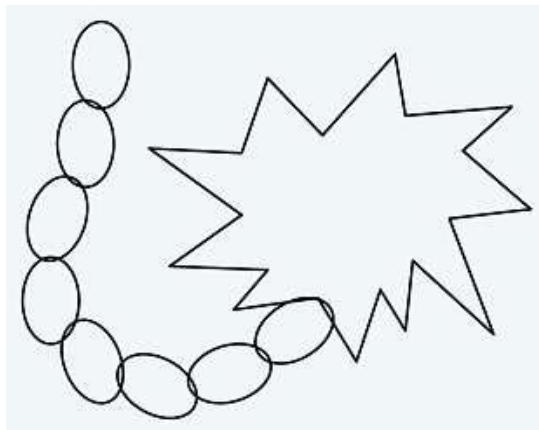
Wird in diesem gedanklichen Bild auch nur ein Glied der Fehlerkette herausgelöst, kann der fehlerhafte Vorgang nicht mehr durchlaufen und im Schadens- bzw. Unglücksfall münden. Entscheidender Ansatz ist somit, dass Sie sich als ein Glied der Fehlerkette verstehen und verantwortlich sehen. Diese individuelle Verantwortung können Sie nicht auf andere Menschen, Gruppen, Vorgesetzte oder gar Technik zurück delegieren, sondern müssen diese erkennen und annehmen wollen.

Ein eingetretener Unglücksfall ist immer nur die (sichtbare) „Spitze eines Eisbergs“. Untersuchungen der Lufthansa unterstreichen die enorme Bedeutung der unentdeckten Mängel (Bild 1.7). Die Erkenntnisse decken sich mit Untersuchungsergebnissen aus der Arbeitsforschung (Bild 1.8).

Die Ursachen, also die fehlerhaften Kettenglieder, liegen unterhalb der Spitze im Verborgenen. Sie werden erst nach intensiver Recherche und im Rahmen von offiziellen Untersuchungen nach Unfällen augenscheinlich. Viele fehlerhafte Abläufe (im Besonderen auch abseits von Vorschriften!) haben sich über Jahre etabliert und werden auch nicht in Frage gestellt („Et hätt noch emmer joot jejeange“). Viele Fehler (auch Ihre!) werden daher nie aufgedeckt. Sie verbleiben sozusagen in der „Lostrommel“ als potenzielles Kettenglied einer zukünftigen Fehlerkette. Und nur Sie mit Ihrer individuellen und nicht delegierbaren Verantwortung können dieses Glied und damit die Kette effektiv zerschlagen.

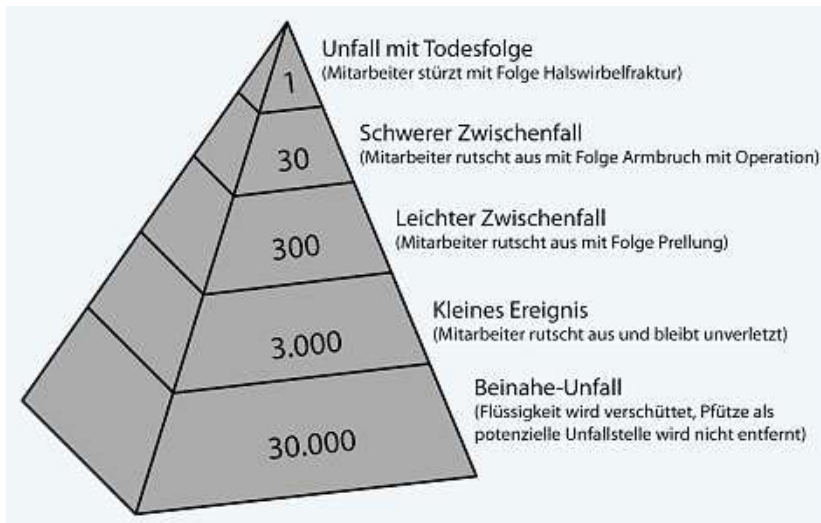
Ein „schönes“ Beispiel für das Eisbergmodell ist der Absturz einer Maschine der British Aerospace im Jahr 1981. Ursache war das Lösen und der Einschlag der eigenen Frachttür. Die Untersuchung förderte folgende Informationen zutage: Insgesamt hatten sich bei diesem Flugzeugtyp 39-mal während des Fluges Türen geöffnet. 13-mal war hiervon das Frachttor betroffen. In 5 Fällen kam es zur Kollision mit dem Höhenleitwerk. Und schließlich

Bild 1.6
*Fehlerkette eines
Unglücksfalls*



**Bild 1.7**

Symbol Eisberg
[1 und © adimas /
Fotolia]

**Bild 1.8**

Unfallpyramide [2]

folgte die Spitze des Eisbergs. Konstruktive Gegenmaßnahmen erfolgten erst nach dem Unglück, weil die zuständige Aufsichtsbehörde nur durch das „finale Unglück“ Kenntnis hiervon erlangte. Und ohne Informationen kann sie nicht agieren oder reagieren.

Im Nachhinein erscheinen solche Unglücke mehr als vermeidbar. Der Außenstehende fragt sich, warum die Kenntnis über die augenscheinliche Schwachstelle nicht frühzeitig gemeldet wurde. Im unteren Bereich des Eisbergs an entsprechende Informationen zu kommen, ist in der Praxis eines der größten Probleme der Aufsichtsbehörden und der Airlines. Unvollständige Informationen über potenziell gefährliche Vorfälle sind heute eines der größten Sicherheitsprobleme der Luftfahrt. Vielfach wird versucht, diese Grauzone über freiwillige Meldesysteme zu erhellen (vgl. Abschnitt 2.4.9).

Kommt es zu einem Unglück, so stellt sich zwangsläufig immer auch die juristische Frage nach der Schuld. Neben einer zivilrechtlichen Klage (Schadenersatz) wird auch die

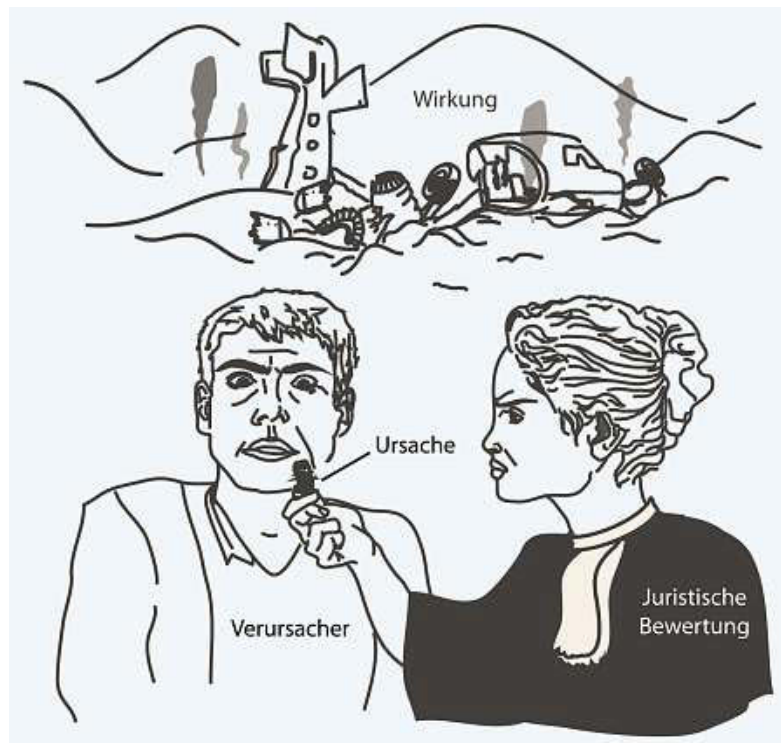
strafrechtliche Seite behandelt (fahrlässige Körperverletzung / Tötung). Und vor dem Richter hilft es natürlich nicht weiter, dass der Mitarbeiter bei einer nicht vorschriftsmäßig durchgeführten Tätigkeit darauf verweist, dass dies in seiner Abteilung so „üblich“ sei. Im Gegenteil: Die übergeordneten Ebenen sind in der Regel „fein raus“; dies nicht selten alleine durch die Tatsache, dass sie entsprechende Anweisungen verfasst haben. Und üblicherweise werden vor Arbeitsantritt entsprechende Sicherheitsunterweisungen als Selbstverpflichtung vom Mitarbeiter gegengezeichnet. Hiermit sichert sich der Arbeitgeber im Unglücksfall hinsichtlich der juristischen Bewertung wirksam ab – dies aus gutem Grund: Es gilt, für das Unternehmen potenzielle Forderungen nach hohen Schadenersatzleistungen abzuwehren. Und spätestens in diesem Moment steht der Arbeitnehmer alleine da (vgl. auch Abschnitt 6.10).

Zahlreiche Untersuchungen, wie im Rahmen dieses Buches auch noch dargestellt, belegen, dass der einzelne Mitarbeiter am Ende der Handlungs- bzw. Prozesskette auf jeden Fall in der juristischen Verantwortung steht, während übergeordnete Ebenen nicht selten nur milde oder gar nicht belangt werden (Bild 1.9).

Und noch viel schwerer als die juristische Verantwortung wiegt die moralische. Untersuchungen unter Lokführern haben gezeigt, dass ungefähr die Hälfte in ihrer Dienstzeit an „Personenschäden“ (gezielter Selbstmord) beteiligt ist. Ein gewichtiger Anteil ist danach derart traumatisiert, dass ein gewohntes Fortsetzen der Tätigkeit schwer fällt. Wohlgemerkt tragen die Lokführer hier keine direkte Schuld. Trotzdem wiegt dieser „Rucksack“ übermächtig schwer. Wer möchte bis zum „Ende seiner Tage“ neben der juristischen auch die moralische Schuld des individuellen Versagens auf sich nehmen müssen? Gerne wird in diesem Zusammenhang angeführt, dass alle „Räder still stehen würden, wenn man sich immer an die Vorschriften hält“. Es ist aber in den seltensten Fällen eine Frage von einem

Bild 1.9

„Den Letzten beißen die Hunde“ [© VIKTORIA LABUS]



Mehr an Aufwand, Kosten und / oder Zeit, korrekt zu arbeiten. Zumeist ist es eine Frage von (geistiger) Bequemlichkeit und (Un-)Beweglichkeit.

Geben Sie sich selbst die Chance, aus diesem Buch etwas mitzunehmen. Sie sollen (und werden) anschließend nicht Ihr Unternehmen „umkrepeln“. Es geht bei allem nur um eine Person: Sie! Sie sollen nicht eines Morgens in den Spiegel blicken und die Frage moralischer Schuld für sich bejahen müssen. Und von dieser kann Sie auch kein Richter dieser Welt freisprechen. Dieses Buch soll Sie dabei unterstützen, nie den Preis für einen verheerenden Fehler zahlen zu müssen.

Der Mensch ist das stärkste und zugleich schwächste Glied in einer Fehlerkette (vgl. auch Bild 1.6). Ihn richtig zu platzieren und die Akzeptanz, dass menschliches Verhalten fehleranfällig ist, sind die zentralen Inhalte der Wissenschaftsdisziplin „Human Factors“. Maschinen werden Menschen in Arbeitsprozessen nie vollständig ersetzen können. Denn nur der Mensch verfügt über Fähigkeiten wie Geistesgegenwart, Improvisationstalent, Fantasie und Kreativität. All dies sind Leistungsmerkmale, die nach heutigem Stand der Technik nicht von Maschinen bzw. Computern abgebildet werden können.

Das Finden und der Umgang mit den geeigneten „Stellschrauben“ am „System Mensch“ sind die zentralen Anliegen zum Umgang mit der „Fehlerquelle Mensch“. In der grundsätzlichen Ausrichtung bedeutet dies, dass unter zunehmend schwierigen Rahmenbedingungen aus der allgemeinen Arbeitsverdichtung zumindest ein Erhalt der Leistungsfähigkeit und im besten Fall eine Steigerung angestrebt wird. Gleichzeitig wird eine Reduzierung der Anforderungen und Belastungen in risikobehafteten Arbeitsbereichen angestrebt.

2 Betrieblicher Umgang mit Fehlern

2.1 Theoriemodelle zur Fehlerentstehung

Im gesellschaftlichen Verständnis wird bei Vorliegen eines unerwünschten Resultates (Arbeitsergebnisses) nach dem ursächlichen Fehler gesucht. Diese Sichtweise suggeriert in der Umkehrung, dass ein erzieltes erwünschtes Ergebnis fehlerfrei entstanden ist, was aber einen grundlegenden Trugschluss darstellt. Ferner würde dies bedeuten, dass es einen unmittelbaren Zusammenhang von Wirkung und (Fehler-)Ursache gibt. Das ist erst recht falsch und wurde schon am Modell des Fehler-Eisbergs (Bild 1.7) ausgeführt. Vielmehr entscheiden in der Regel weitere begleitende Rahmenbedingungen, ob sich ein Fehler im Gesamtprozess „verliert“ oder im Extremfall Ausgangspunkt einer katastrophalen Entwicklung wird. So kann sich eine mit einem falschen Drehmoment angezogene Mutter oder Schraube im Betrieb vielleicht lösen – vielleicht auch nicht. Löst sie sich, wird das eigentliche Bauteil aber gegebenenfalls durch weitere Verschraubungen oder angrenzende Geometrien gehalten. Der Fehler wird bei einem späteren Check (hoffentlich) auffällig und behoben, ohne dass eine nachhaltige Konsequenz daraus erwachsen ist. In einem Fall einer deutschen Airline wurden die Schrauben eines Kraftstoffsiebes im Flügelinneren mit einem falschen Drehmoment befestigt. Die Verbindung löste sich im Flug. Über dem Atlantik verschob sich der Filter und behinderte schließlich die weitere Treibstoffzufuhr für die zugeordneten Turbinen. Die unzureichende Kraftstoffversorgung mündete in einem einseitigen Triebwerksausfall (*engine flame out*). Die Landung gelang ohne weitere Probleme. Folgekosten und Imageverlust waren jedoch enorm.

Im Zusammenhang mit der Fehlerentstehung wurde in Abschnitt 1.3 bereits das Modell der Fehlerkette eingeführt (siehe Bild 1.6). In diesem Modell kommt zum Ausdruck, dass ein Unfall in der Regel keine einzelne isolierte Ursache hat. Vielmehr steht dahinter ein Ursachenbündel, das sich vermeintlich unglücklich verknüpft. Statistisch gesehen, ist es aber immer – wie bereits dargestellt – nur eine Frage des Zeitpunktes und nie des „Ob“, wenn die potenzielle Möglichkeit eines Unfalls besteht. In einem anderen Modell wird die Fehlerentstehung an einem Schweizer Käse visualisiert (Bild 2.1). Schneidet man den Käse gedanklich in Scheiben, so stellen diese die Ebenen der Fehlervermeidung dar. Das sind beispielsweise Training / Ausbildung, Informationen, Kontrollmechanismen, Vorschriften usw. Jedes Loch symbolisiert einen potenziellen (latenten) Fehler. Ein Unfall kann nur entstehen, wenn durch alle Ebenen hindurch ein Loch sichtbar ist. In diesem Modell könnte durch das Einziehen einer neuen Ebene (z.B. Fehlerschulung oder technische Maßnahmen) das Unfallpotenzial weiter verringert werden.

Eine weitere Theorie ist das **SHELL-Modell** nach ELDWIN EDWARDS (Bild 2.2). Es verfolgt den Ansatz, sich den Menschen als Teil eines geschlossenen Systems vorzustellen. Dieses Modell besteht aus den Komponenten **S**oftware, **H**ardware, **E**nvironment, **L**iveware. Die Liveware in der Mitte des Modells beschreibt den betrachteten Mitarbeiter als zentralen Faktor. Seine Aktionsgrenzen wie Ernährungs-, Schlafgewohnheiten, Größe usw. sind grundsätzlich bekannt. Die übrigen Komponenten müssen den Grenzen angepasst werden, wenn ein optimales Zusammenwirken aller Komponenten gewährleistet sein soll. Direkt angrenzend findet sich eine weitere Liveware. Hierunter sind die Mitarbeiter zu verstehen, die an den Schnittstellen zu ihm arbeiten. Software bezieht sich auf Komponenten, die beschreiben, wie das System funktioniert: Vorschriften, Verfahrensanwei-

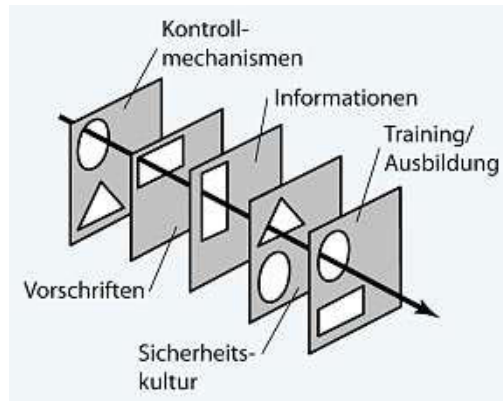


Bild 2.1 Schweizer-Käse-Modell (nach JAMES REASON)

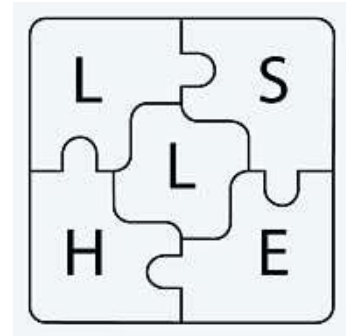


Bild 2.2 SHELL-Modell

sungen usw. Unter Hardware werden u.a. verstanden: Hallen, Büros, Fahrzeuge, Ausrüstung usw., die unter ergonomischen Gesichtspunkten an die vorhandene Liveware angepasst sein sollten. Environment bezeichnet die Umwelt, in der das System agiert.

Als Puzzledarstellung meint dies, dass sich stets alle Komponenten wechselseitig beeinflussen. Die Veränderung einer Komponente übt zwingend immer auch Einfluss auf die anderen Komponenten aus. Dieses Modell sensibilisiert im Besonderen dafür, dass der Blick bei Veränderungen stets auch „über den Tellerrand“ hinaus geht. Wird beispielsweise ein neues Ablagesystem eingeführt (Hardware), muss der Mensch (Liveware) zunächst wieder lernen, sich hierin zurechtzufinden. Das neue System verlangt ggf. eine Änderung in der formalen Gestaltung der Unterlagen und Verfahrenswege (Software). Ein weiterer Ansatz, den Mensch als Element eines funktionierenden und ineinandergreifenden Gesamtsystems darzustellen, ist das **PEAR-Modell**. Es steht für **P**eople, **E**nvironment, **A**ctions, **R**esources. Es sei hier nur der Vollständigkeit halber aufgeführt. Weitere Erläuterungen können über das Literaturverzeichnis erschlossen werden.

2.2 Fehlergruppierung und Fehlerarten

„Den oder die Fehler“ gibt es nicht, daher ist eine einführende Systematisierung sinnvoll. Hinsichtlich der Gruppierung von Fehlern muss der Begriff der Handlungssteuerung erläutert werden. Ursache-Wirkungs-Ketten können nur dann effektiv erkannt und unterbrochen werden, wenn der Handlungsrahmen der Entstehung hinreichend Beachtung findet. Eine Handlung kann hierbei beschrieben werden als angemessene Reaktion auf eine äußere Situation. Diese muss hierbei vom Handelnden richtig erkannt bzw. gedeutet und unter gegebenen Rahmenbedingungen ggf. flexibel einer Lösung zugeführt werden. Bei (unerwarteten) Abweichungen vom Ziel erfolgt eine Korrektur. Grob unterscheiden kann man als Rahmenbedingung von Handlungen folgende Fehlergruppierungen: wissensbasiert, regelbasiert, fertigkeitbasiert.

Auf der **wissensbasierten Ebene** werden Handlungen bewusst kontrolliert und mit einem hohen Maß an innerer Aufmerksamkeit verfolgt. Meist sind derartige Aufgaben sehr komplex oder für den Ausführenden neu beziehungsweise noch ungewohnt. Zur

Lösung der Aufgabe muss die Situation zunächst genau analysiert und ein Handlungsplan entworfen und die einzelnen Schritte durchdacht werden.

Auf der **regelbasierten Ebene** werden vertraute und trainierte Handlungen gesteuert. Nach Identifizierung der Situation wird ein passender Handlungsplan aus dem Gedächtnis abgerufen. Ein tieferes Durchdenken findet nicht mehr statt.

Auf der **fertigkeitsbasierten Ebene** laufen hochtrainierte automatisierte Handlungen ab; sie finden sich oft im motorischen Bereich (beispielsweise Flugzeugbeherrschung in Grenzsituationen). Dies findet man häufig auch in Sportarten (Fußball, Formel 1). Der Grad der Aufmerksamkeit gegenüber der Situation ist noch geringer ausgeprägt als bei der regelbasierten Ebene. Sie wäre sogar abträglich, da in entsprechenden Situationen oft schnelles Handeln gefordert ist.

Vermeintlich würde man erwarten, dass Fehler eher auf der wissensbasierten Ebene auftreten, da hier die Komplexität oft hoch ist und die Erfahrung gering. Untersuchungen von Unglücksfällen zeigen jedoch das Gegenteil: Gerade die regel- und fertigkeitsbasierten Handlungen sind fehleranfällig. Der Grund ist eben genau die häufig verminderte Aufmerksamkeit in der Situation, die schnell „blind“ machen kann für Abweichungen; notwendige Anpassungen des Handelns entsprechend unterbleiben. In Abschnitt 5.2.4 wird dieses vermeintliche Phänomen, nämlich Fehler durch Routine, detailliert dargestellt. Mit einfachen Übungen können Sie hier Ihre eigene Anfälligkeit und Blindheit erfahren.

Bei den Fehlerarten kann klassifiziert werden zwischen *unvermeidbaren* und *vermeidbaren* Fehlern sowie der *Sabotage* als Vorsatz. Bei den unvermeidbaren Fehlern (leicht fahrlässig) wird ein falsches Handlungsmuster angewendet. Hier könnte ein Mitarbeiter ein fehlerhaftes Drehmoment beim Anziehen einer Schraube eingestellt haben, weil er sich in einer Tabelle verlesen hat. Bei vermeidbaren Fehlern (grob fahrlässig) ist sich der Handelnde sehr wohl bewusst, dass sein Handeln nicht angemessen ist. Hier steckt dann eine vermeintlich „gute“ Absicht hinter der Abweichung. Beispielsweise wird auf eine Hebebühne oder Leiter verzichtet, weil diese erst zeitaufwendig aus einer anderen Halle organisiert werden müsste. Um einen Arbeitsschritt schnell abzuschließen, wird dann vielleicht ein Bürostuhl zweckentfremdet. Trotz der „guten“ Absicht können die Folgen fatal sein, weil die nachfolgenden Annahmen vom Handelnden getroffen werden:

- Der Regelbrecher geht davon aus, dass sich alle anderen an die Vorgaben und Abläufe halten. Und nur unter dieser Annahme führt seine eigene Abweichung nicht zu weiteren Konsequenzen. Dies ist eigentlich erstaunlich: Er nimmt für sich in Anspruch, was er gleichzeitig und als selbstverständlich bei anderen als Grundannahme ausschließt.
- Der Regelbrecher handelt im Geheimen. Seine Umgebung geht also nicht mit einer entsprechenden Aufmerksamkeit an eine Abweichung heran, weil sie erfahrungsgemäß nicht eintritt.
- Wurde in der Vergangenheit eine Regelabweichung nicht bemerkt und brachte sie den erhofften Zugewinn (beispielsweise Zeitvorteil), wird der Regelbruch zumindest unbewusst als Erfolg gewertet. Die Hemmschwelle für die nächste Regelübertretung wird herabgesetzt und das eingegangene Risiko zunehmend relativiert. Tragisch, wenn erst ein Schaden oder Unglück wieder mahnt, sich an die Regeln zu halten.
- Ein Sicherheitsnetz ist darauf ausgelegt, Regelverstöße aufzunehmen. Vorgesehene Reserven werden vom Regelbrecher bewusst mit eingeplant und „verbraucht“. Das System kommt somit an seine Grenzen.
- Weitere unplanmäßige Fehler können das System jetzt zum Kippen bringen.

Dazu passt eine Untersuchung zur Risikobereitschaft. Besteht eine Wahl zwischen zwei negativen Konsequenzen, wird oft die riskoreichere gewählt, wenn deren Eintrittswahrscheinlichkeit als geringer eingeschätzt wird als eine mögliche risikoärmere Alternative mit höherer Eintrittswahrscheinlichkeit. Routineverstöße kommen als vermeidbare Fehler sehr oft in Gruppen vor im Sinne von „Das machen hier doch alle so“ (vgl. Abschnitte 6.9 und 6.11). Für den Einzelnen ist es schwierig, sich diesem sozialen Druck zu entziehen. Meist werden im Vorfeld des Regelverstößes nicht die realen Risiken in Abwägung zu den vermeintlichen Vorteilen herangezogen, sondern die subjektiv vermuteten.

Die willentlich und wissentlich herbeigeführte Abweichung in Form der Sabotage lässt auf grundsätzliche Mängel in der Einsatzfähigkeit in sicherheitsrelevanten Arbeitsprozessen rückschließen (vgl. Abschnitt 6.1). Entsprechend sind solche Fehlerquellen nicht Gegenstand von Human Factors in diesem Buch.

2.3 Null-Fehler-Strategie als Leitgedanke

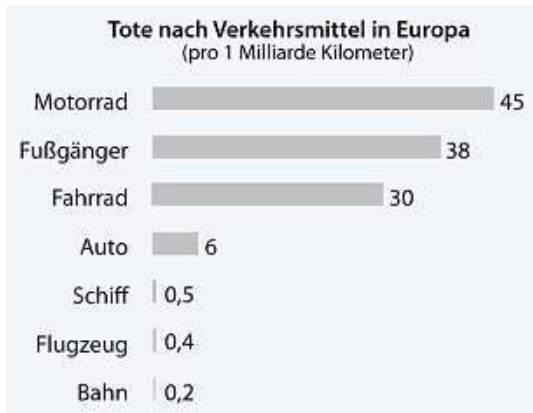
Die „Null-Fehler-Produktion“ ist Illusion, weil immer auch Menschen in Produktions- und Entscheidungsprozessen integriert sind. Es stellt sich die Frage, mit welchen Fehlerquoten es sich „gut leben“ lässt. Nachfolgendes bekanntes Zahlenspiel aus dem Qualitätsmanagement belegt quantitativ, was eine Gut-Quote von 99,9% praktisch bedeutet: 99,9% richtig ausgeführte Arbeiten in den USA führen im Durchschnitt zu

- einer Stunde verschmutztes Trinkwasser pro Monat,
- zwei unsicheren Flugzeuglandungen pro Tag auf dem New Yorker Flughafen,
- 1600 verlorenen Postsendungen pro Tag bei der Bundespost,
- 20 000 falschen Medikamentenrezepten im Jahr,
- 500 nicht einwandfreien chirurgischen Eingriffen in der Woche,
- 22 000 vom falschen Konto abgezogenen Schecks pro Stunde.

Ob man sich auf einer Fehlerquote von 0,1% „ausruhen“ sollte, beantwortet sich von selbst. Gerade in sensiblen Branchen wie der Luftfahrt kann ein größeres Unglück oder gar ein Totalverlust in einem hart umkämpften Markt schnell das wirtschaftliche Aus bedeuten. Hierbei ist weniger der materielle Verlust der Flugzeugs oder dessen Reparatur das Problem, sondern vielmehr das leidende Image der Fluglinie. Nicht selten wird daher direkt nach einem Absturz als Erstes das Logo der Maschine überlackiert.

Wie erfolgreich sich die Fliegerei im Punkt Sicherheit entwickelt hat, zeigt ein einfacher Vergleich mit den Anfängen der Passagierfliegerei. Im Jahr 1947 gingen 133 Zivilflugzeuge verloren mit 793 Toten. Im Jahr 2014 waren es 20 Maschinen mit 691 Toten [3]. Gleichzeitig hatte die zivile Luftfahrt seinerzeit aber gerade einen Bruchteil der heutigen Größe. Auf 4,1 Millionen Flüge kommt ein tödlich verunglückter Passagier. Es zeigt sich in Statistiken, dass sich das subjektive Gefühl von Sicherheit nicht proportional zur realen verhält: In einer allgemeinen Befragung gaben 42% der Interviewten an, sich im Auto sicher zu fühlen. Bei der Bahn sind es schon nur noch 24% und beim Flugzeug gar 16%. Legt man dem eine Vergleichsstatistik zu Verkehrstoten dagegen, erhält man ein widersprechendes Bild (Bild 2.3).

In Mitteleuropa ist die Gefahr, beim Überqueren einer Straße getötet zu werden, etwa 32-mal so groß wie bei einer Flugreise. Oder: Das Gefährlichste an einem Flug ist die Anreise zum Flughafen. Weltweit starben nach Schätzung der WHO im Jahr 2015 etwa 1,4

**Bild 2.3**

Vergleichsstatistik zu Verkehrstoten [4]

Millionen Menschen im Straßenverkehr. Für die Zukunft wird mit jährlich mindestens 1,8 Millionen Toten gerechnet. Verkehr tötet mehr Menschen als Ebola, Malaria oder Terroristenhand. Er tötet sogar mehr Menschen, als alle aktuellen Kriege und Bürgerkriege zusammen [5].

Schweden hat diese dramatische Entwicklung bereits im Jahr 1997 zum Anlass genommen, die Selbstverpflichtung „Vision Zero“ zu verabschieden. Seitdem „hinterlässt“ jeder Unfalltote eine ausführliche Akte, die Aufschluss über die Ursachen gibt. Aus diesen Untersuchungen werden Maßnahmen zur Prävention abgeleitet. In den Jahren 2001 bis 2010 führte dies zu einer Reduzierung von 583 auf 266 Opfern bei steigendem Verkehr. Das Programm erklärt zum Ziel, spätestens im Jahr 2050 keine Verkehrstoten oder Schwerverletzte mehr im Straßenverkehr zu haben. In der Folge wurden u.a. das Verkehrsnetz in Teilen umgebaut (z.B. Barrieren auf dem Mittelstreifen auf Bundes- und Landstraßen) und zahlreiche Gesetze wie zu Tempolimits (inklusive einer Vielzahl von Kameras zur Überwachung) an die Leitidee angepasst. Die Geschwindigkeitsübertretung um 15 km/h wird bereits mit 300 € geahndet. Eine Übertretung von mehr als 30 km/h kostet noch im Fahrzeug den Führerschein. Ein Blutalkoholwert von über 0,2 Promille gilt schon als Trunkenheitsfahrt. Als Überwachungstechnologie wurden bereits in der Mehrzahl der Schulbusse Systeme verbaut, die erst nach einem Atemalkoholtest das Starten des Motors ermöglichen („Alclock“). Bei der Ablenkung durch Handys zeigt sich, dass gesetzliche Verbote die Realität nicht ändern. Daher wird in Zusammenarbeit mit den Handy-Herstellern an einer Technologie gearbeitet, die bei ermittelten Ortsveränderungen durch das GPS die Telefonie-Funktion ausstellt. Der Weg zeigt bereits Erfolg. Aktuell hat Schweden, bezogen auf 100 000 Einwohner, 2,8 Tote pro Jahr; Deutschland liegt bei 4, Schwellen- und Entwicklungsländer wie Thailand bei über 38.

Das Flugrisiko ist ungefähr um den Faktor 1000 geringer als das allgemeine Unfallrisiko und um den Faktor 8000 geringer, als an den Folgen des Rauchens zu sterben. Fast schon zynisch, aber erwähnenswert ist, dass im Luftverkehr mehr Menschen aus medizinischen Gründen wie Herzinfarkt sterben als durch Flugunglücke. Wodurch aber ist der offensichtliche Widerspruch zum gefühlten hohen Flugrisiko zu erklären? Dies hat viel mit der Wahrnehmung des Menschen zu tun. So sind die Dimensionen eines Flugunglücks bei einer großen Maschine spektakulär und taugen für eine „Seite eins“, während ein Verkehrsunfall mit Toten oft nur als Polizeinotiz im Lokalteil „verschwimmt“. Dazu kommt mangelndes technisches Verständnis. Kurz vor dem Start des ersten Flugzeugs durch die Gebrüder WRIGHT galt es selbst in Teilen der Wissenschaft als ausgeschlossen, dass eine

Maschine aus Stahl in die Luft steigen kann. Noch 1895 äußerte sich Lord KELVIN als Mitglied der Royal Society (bedeutende britische Gelehrtenengesellschaft zur Wissenschaftspflege): „Schwerer als Luft? Flugmaschinen sind unmöglich.“ Auch heute ist die Physik des Fliegens für viele Menschen nicht nachvollziehbar und sind Flugzeugsysteme komplex und abstrakt.

Verstärkt werden die Unsicherheiten durch einen gefühlten Kontrollverlust. Als Passagier eines Flugzeugs hat man keinen Einfluss auf die Flugbewegungen durch den Piloten, während man als Autofahrer vermeintlich Herr des Geschehens ist. Erfolgreich wird dabei die eigene Unzulänglichkeit als auch die der anderen Verkehrsteilnehmer ausgeblendet. Auch meldet sich der Homo sapiens aus den Tiefen unseres Gehirns, für den das Festland der natürliche Lebensraum ist. Wasser wird nur zur Not und meist nur im Fall der Nahrungssuche betreten. Der Luftraum ist gänzlich unzugänglich und bereitet ihm als für ihn unnatürlicher Lebensraum Angst. Der Homo sapiens möchte im Wortsinn mit beiden Beinen fest auf der Erde stehen. Die Luftfahrt ist somit eine Branche, in der von Grund auf ein hohes Sicherheitsdenken vorherrschen muss.

Sicherheit hat in Risikobranchen einen starken Einfluss auf deren gesellschaftliche Akzeptanz. Der Ausstieg der Bundesrepublik Deutschland aus der Kernenergie ist nach den dramatischen Vorfällen von Tschernobyl und vor allem Fukushima als Hochtechnologie-land eine Folge gerade mangelnder Akzeptanz und Vertrauen in die Beherrschbarkeit dieser Technik. In der Europäischen Union kommen jährlich über 5000 Menschen durch arbeitsbedingte Unfälle ums Leben. Die Folgekosten im Sinne volkswirtschaftlicher Einbußen werden je nach Land zwischen 1% und 3% des Bruttosozialprodukts eingeordnet.

Neben der direkten Betroffenheit von Menschen aus Unglücken haben Vorfälle in der Luftfahrt in der Regel für die Unternehmen fatale wirtschaftliche Konsequenzen. So kostet eine Startverzögerung pro Stunde ungefähr 10 000 Dollar, ein Flugausfall 50 000 Dollar. Die Beschädigung eines Flugzeugs durch eine Rampe wird mit durchschnittlichen 100 000 Dollar veranschlagt. Das Zwangsabschalten einer Turbine während des Fluges wird gar mit 500 000 Dollar beziffert [6]. Der größte Teil der Fehlerkosten entfällt auf unvorhergesehene Liegezeiten des Flugzeugs, Reparatur, Umbuchungen, Hotelaufenthalt usw. Im Bereich der Luftfahrt wird mit einem Schadensvolumen von ca. eine Milliarde Dollar pro Jahr gerechnet (vgl. Vorwort), die direkt oder indirekt durch menschliches Fehlverhalten verursacht sind. Ausgangspunkt hoher Kosten sind anfänglich oftmals vermeintliche Kleinigkeiten. Um wirtschaftlich erfolgreich operieren zu können, muss das Thema Sicherheit dauerhaft präsent sein. Alle Bemühungen müssen in die Richtung des Erhalts eines hohen Status laufen und diesen möglichst noch auf hohem Niveau verbessern. JAMES BURNETT hat als ehemaliger Vorsitzender der US-Verkehrssicherheitsbehörde NTSB hierzu den Ausspruch geprägt: „Fliegen ist bemerkenswert sicher, unglaublich sicher – aber nicht sicher genug.“

2.4 Fehlermanagement in Unternehmen

2.4.1 Lernen aus Fehlern

Die Luftfahrtindustrie kann als Vorzeigebbranche in puncto Sicherheit bezeichnet werden. Hier wird erheblicher Aufwand betrieben, um Fliegen immer noch sicherer zu gestalten. Statistiken belegen den Erfolg dieser Bemühungen (vgl. Abschnitt 2.3 und Bild 2.3). Viele technische Entwicklungen wie das Antiblockiersystem (ABS) gehen auf die Luftfahrt

zurück. Leider musste für das Erreichen des heute herrschenden hohen Niveaus viel „Lehrgeld“ bezahlt werden. Seit sich mit dem „Wright Flyer I“ im Jahr 1903 das erste Mal eine motorbetriebene Flugmaschine, die eher eine Art fliegende Seifenkiste war, in die Luft erhob, sind enorme Anstrengungen zur Verbesserung der Sicherheit unternommen worden. Ging zur Gründerzeit eine Maschine zu Bruch, wurden Bauteile verändert und der Flugapparat erneut getestet – zumindest sofern der Pilot, der meist gleichzeitig auch der Konstrukteur war, überlebte.

Seit mehreren Jahrzehnten werden Flugunfälle akribisch untersucht, um aus den Ursachen zukünftige Verbesserungen abzuleiten. Ein solches „Lehrbeispiel“ war die britische Comet als erstem in Serie gebauten Düsenverkehrsflugzeug. Für die reguläre Flughöhe war die Maschine mit einer Druckkabine ausgerüstet, um den für die Versorgung der Passagiere notwendigen Sauerstoffgehalt in der Atemluft zu sichern. Das Aufpumpen und Entlasten setzt die Konstruktion der Kabine unter eine große mechanische Belastung. Die Reiseflughöhe dieses Flugzeugs lag weit höher als die der bis dahin eingesetzten Maschinen. Mit der Konstruktion der Comet wurde konstruktives Neuland betreten. Ausführlich testete man Baugruppen und ganze Sektionen unter den auftretenden realen Beanspruchungen. Nie aber wurde die Maschine als Ganzes überprüft. Erst nach dem Totalverlust von zwei Maschinen im Jahr 1954 wurden ausführliche Tests mit der gesamten Zelle durchgeführt. Hierzu wurde der Rumpf einer Maschine in einen riesigen Wassertank gehängt. Dann wurde die Kabine von innen immer wieder aufgepumpt und dann das Wasser abgelassen, um die Dauerbelastung aus vielen Starts und Landungen zu simulieren. Und tatsächlich zeigten sich deutliche Spuren von Materialermüdung, die so zuvor nicht bekannt waren. Die in der Folge sich ausbreitenden Risse ließen die Maschinen in der Luft regelrecht auseinanderbrechen. Beispiele für Materialermüdung sind in Bild 2.4. Durch den schlagartigen Druckausgleich mit der Umgebungsluft ist dies schon fast mit einer Explosion vergleichbar.

Beide Abstürze waren ohne Zweifel die Folge einer Fehlkonstruktion. Nach der Auswertung der Untersuchungsergebnisse wurde juristisch festgestellt, dass weder dem Hersteller de Havilland noch den Behörden Fahrlässigkeit vorgeworfen werden konnte. Die Comet wurde gemäß den damals geltenden Regeln sowie dem Stand der Technik entwickelt und getestet. Die Unglücke stellen in der Nachbetrachtung Grundlagenforschung



Bild 2.4 Ermüdungsbruch: Aufhängung Kabinentür, Kurbelwelle

dar, die bis heute Anwendung findet. Abgerundete Fenster sind deutlich sichtbare Erkenntnis aus diesen Unglücken. Damalige Untersuchungsmethoden bei der Bergetechnik und der Rekonstruktion der Wrackteile an einem Drahtgestell fanden in der Folge immer wieder Anwendung. Auch Flugdatenrecorder und automatische Peilsender sind mittlerweile Standard. Für die erste Version der Comet war es jedoch das Ende. Alle bis dahin gebauten Maschinen wurden nicht wieder in Betrieb gesetzt. In der Folge hat sich auch der Hersteller de Havilland wirtschaftlich nicht mehr von diesem Desaster erholen können.

Mittlerweile haben die Hersteller das Thema Materialermüdung sicherheitstechnisch sehr gut im Griff. 34 Jahre später sollten Ermüdungsbrüche aber noch einmal spektakulär auf die „Bühne“ der Unfallursachen treten. Kurz nach dem Start einer Boeing 737 der Aloha Airlines im Jahr 1988 verliert die Maschine unfassbare 35 m² ihrer Dachfläche – und fliegt weiter (Bild 2.5)! Durch die sofortige Dekompression der Zelle wurde eine Stewardess unmittelbar aus der Zelle gesogen. Da das Kabinenzeichen für die An-schnallgurte noch nicht erloschen war, entgingen alle anderen Menschen in der Maschine einem ähnlichen Schicksal. Weiter waren lediglich Verletzte durch herumfliegende Trümmerteile zu beklagen. Das Cockpit wippte um bis zu 90 Zentimeter gegenüber der restlichen Struktur durch – doch sie hielt. Schließlich gelang die Notlandung ohne weitere Zwischenfälle.



Bild 2.5 Aloha Airlines: Materielle Ermüdung der Zelle

[© Picture Alliance / Associated Press; Fotograf: ROBERT NICHOLS]

Was war besonders, dass das Thema Materialermüdung auf so spektakuläre Art und Weise wieder präsent werden konnte? Ausgelegt ist eine Boeing 737 auf 75 000 Zyklen (Starts und Landungen). Allerdings wurde die Maschine in einer besonderen Art des Kurzstreckenverkehrs zwischen den Inseln um Hawaii eingesetzt. Damit hatte sie es zum Unfallzeitpunkt bereits auf knapp 90 000 Zyklen gebracht. Die salzhaltige Luft beschleunigte die Materialermüdung durch vergleichsweise starke Korrosion. Innerhalb der Wartungszyklen war der mutmaßlich schon vorhandenen hohen Zahl und Ausprägung der Ermüdungsrisse nicht hinreichend Beachtung geschenkt worden. So war der 28. April 1988 für die „Queen Liliuokalani“ der letzte Flug. Glücklicherweise endete er aber nicht in der ganz großen Katastrophe. Natürlich lag es nahe, dass auch andere Maschinen der Flotte entsprechende Schäden aufweisen. Und so war es auch: Zwei weitere Boeing mussten ebenfalls verschrottet werden. Hier war das Unglück Anlass, die Wartungsvorgaben der Flugzeuge zu überarbeiten.

Wichtiger Meilenstein auf dem Weg zur heutigen Sicherheitskultur war das bislang größte Unglück der Luftfahrt im Jahr 1979 auf Teneriffa mit 583 Toten (vgl. auch Abschnitt 6.3.3). In der Folge wurde ein Human-Factors-Training für die Crew institutionalisiert (**Crew-Resource-Management, CRM**). Der spektakuläre Verlust einer Cockpitscheibe im Jahr 1990 bei einer Maschine der British Airways, bei der der Pilot bis zur Notlandung halb aus der Maschine hing, gilt als Geburtsstunde des heutigen Human-Factors-Trainings (vgl. Abschlussübung im Übungsteil im Anhang).

2.4.2 Delegation von Schuld und Kostendruck nach „unten“

Gerade in Bereichen wie der Flugzeugwartung muss sich der „einfache“ Mechaniker bewusst sein, dass er oftmals der Letzte in einer potenziellen Fehlerkette ist und auf jeden Fall zur Rechenschaft gezogen wird (vgl. Abschnitt 1.3 mit Bild 1.9). Ähnliches musste der jugoslawische Fluglotse GRADIMIR TASIC erleben. Durch seine Anweisungen kollidierten im Herbst 1976 zwei Linienmaschinen im Luftraum um Zagreb. 177 Menschen fanden den Tod. Hintergrund des Unglücks: Zu Beginn der 1970er-Jahre kam es zu einer stark steigenden Zahl von Urlaubsflügen, die über diese Region geleitet wurden. In den Jahren zuvor gab es 32 Beinahe-Kollisionen und 166 gefährliche Begegnungen. Ein Lotse musste sich mitunter um mehr als zehn Maschinen gleichzeitig kümmern. Die damalige Radartechnik lieferte häufig unpräzise Höhenwerte. Geldmangel führte zu erheblicher Personalknappheit, und eine Tagesschicht dauerte zwölf Stunden. Am 10.09.1976 wurde schließlich das Prinzip Hoffnung (oder Glück) durch eine bittere Realität eingeholt. Dass es den Lotsen TASIC traf, war auch nur bedingt Zufall, hatte er doch an den fünf Tagen vor dem Unglück vier Tage mit Zwölf-Stunden-Schichten verbracht. Die letzte längere Ruhepause lag 72 Stunden zurück. Erstinstanzlich verurteilte ihn das Gericht als Alleinverantwortlichen zu sieben Jahren Haft wegen grober und fahrlässiger Pflichtverletzung. Vor Gericht erlitt TASIC einen Nervenzusammenbruch.

Auch beim Thema „billig“ wurden auf der Grundlage bitterer Erfahrungen Verbesserungen herbeigeführt. Sogenannte „Low-cost-Airlines“ sind aktuell unter dem Aspekt Sicherheit statistisch betrachtet ebenso zuverlässig wie eine „Marken-Airline“. Grund dafür ist eine rigide Gesetzgebung. Auch hierzu bedurfte es eines Präzedenzfalles: ValueJet. Das amerikanische Unternehmen reduzierte u.a. den Bordservice radikal. Die Flotte wuchs innerhalb von drei Jahren von 2 auf 50 Flugzeuge. Betrieben wurde die Airline mit Gebrauchtmachines des Typs DC-9, die von anderen Airlines nach 25 und mehr Jahren außer Dienst gestellt wurden und anfällig für Störungen aller Art waren. Folglich kam es zu

einer Serie von Pannen. Konsequenterweise dem Sparkonzept folgend, wurden Wartung, Instandhaltung, Ausbildung und Training auf externe Unternehmen ausgelagert. Die Zahl der Fehler und Ausfälle nahm stetig zu. Im Juni 1995 zerlegte sich schließlich ein Triebwerk beim Startlauf. Trümmer durchschlugen die Außenwand der Kabine und verletzten zwei Passagiere schwer. Dramatischer Höhepunkt war der Absturz einer DC-9 mit 110 Toten. Auslöser der Katastrophe waren falsch deklarierte und mangelhaft verpackte Sauerstoffgeneratoren, die zu einem nicht mehr beherrschbaren Feuer im Frachtraum führten. Im Zuge der Ermittlungen der amerikanischen Flugunfallbehörden stellte sich heraus, dass ValueJet insgesamt 145 Vertragsfirmen für die Flugzeugwartung angeheuert hatte. Dem Unternehmen wurde zunächst die Betriebserlaubnis entzogen. Nach firmeninternen Umstrukturierungen wurde der Flugbetrieb wieder aufgenommen. Allerdings war das Unternehmen derart in Verruf geraten, dass es schnell wirtschaftlich untragbar wurde und schließlich in einer anderen Fluggesellschaft aufging.

Insgesamt unterliegt die Luftfahrt einem immer stärkeren Kostendruck in einem harten Verdrängungswettbewerb. Vielfach kommen Tickets unter Selbstkostenpreis in den Verkauf, nur um Marktanteile zu erhalten. Auf der anderen Seite gilt es, alle Einsparpotenziale konsequent auszuschöpfen. Dabei werden mitunter Grenzbereiche erreicht, die auch notwendige Systemsicherheiten nachhaltig aushöhlen. Sicherheit kostet vordergründig sozusagen als Vorschuss Geld. Die Effekte spielen sich wirtschaftlich erst zeitversetzt ein durch nicht zu leistende Kompensationen aufgrund eines Ausfalls oder eines teuren Schadens. Die schwierige Messbarkeit der Wirtschaftlichkeit präventiver Sicherheitsmaßnahmen verführt manchen Unternehmens-Controller zu vermeintlich schnellen Einsparmaßnahmen. Häufig wird in Human-Factors-Schulungen von Mitarbeitern berichtet, wie sich der Kostendruck unterschwellig negativ auf die eigene Arbeitsqualität auswirkt. Massiver Zeitdruck und damit ein Klima der Hektik und Eile stellen sich allgemein ein. (Oft berechnete) Angst vor einem Stellenabbau verstärken diese Tendenz. Beobachtbar häufen sich zunehmend Abweichungen von den vorgeschriebenen Verfahrensabläufen. Diese werden von den vorgesetzten Hierarchien in der Regel nie offen eingefordert. Jedoch kann davon ausgegangen werden, dass sie durchaus registriert und nicht selten stillschweigend geduldet werden. Der einzelne Mitarbeiter kann sich diesem „allgemeinen Sog“ der „Individualisierung von Arbeit“ abseits vorgeschriebener Verfahren nur schwer entziehen. Aber natürlich bleibt er für sein Handeln eigenverantwortlich – vor allem dann, wenn etwas „schief“ gegangen ist.

2.4.3 Grenzen und Gefahren von Automatisierung

Die Rolle des Menschen wird im technischen Gesamtsystem weniger als Problemlöser und zunehmend als Risikofaktor wahrgenommen. Im Bereich der Luftfahrt gelten aktuell angenähert 80% der Unfälle als durch Human Factors verursacht (vgl. Bild 1.2; Raumfahrt: 66%, Kernkraft: 52%). Häufig wird versucht, die „Schwachstelle Mensch“ durch Automatisierung in den Griff zu bekommen. In dieser Zielrichtung wird außer Acht gelassen, dass alle Technik ebenso von Menschenhand erschaffen ist und damit potenziell fehlerbehaftet (vgl. auch Abschnitt 1.1). Statistisch zeigt sich, dass die Unfallrate in der Luftfahrt durch die Einführung automatisierter Flugzeugsysteme (z.B. Flight Management System) deutlich geringer ausfällt als bei den weitgehend manuell geflogenen Flugzeugtypen früherer Jahrzehnte. Uneingeschränkt kann auch festgehalten werden, dass Automatisierung im Flugbetrieb zur Wirtschaftlichkeit beiträgt. Verringerung der Gesamtflugzeit als auch optimierte und damit verbrauchsgünstigere Steig- und Sinkflüge führen zu Einsparungen von Kerosin. Die Treibstoffkosten machen den größten Teil der direkten