

**Explorative Studie**  
**zu Flugunfällen, Flugvorfällen und Airprox-**  
**Ereignissen in der Schweiz**  
**von 1998 bis 2007**

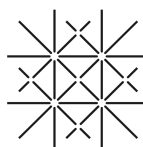
Mai 2010

Masterarbeit von

David Weber, B.Sc.  
d.weber@stud.unibas.ch  
Institut für Psychologie  
Abteilung Allgemeine Psychologie und Methodologie  
Universität Basel

Betreuer:  
Dr. Javier Bargas-Avila  
Abteilung Allgemeine Psychologie und Methodologie  
Universität Basel

Prof. Dr. Klaus Opwis  
Abteilung Allgemeine Psychologie und Methodologie  
Universität Basel



UNI  
BASEL

# Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	3
1. Einleitung .....	4
2. Theorie .....	6
2.1 Modelle zur Analyse von Unfällen und Vorfällen.....	6
2.2 Betrachtung menschlicher Faktoren bezüglich der Liveware-Shell-Kategorien.....	7
2.2.1 Liveware .....	8
2.2.1.1 Psychologische Aspekte .....	8
2.2.1.2 Workload Management .....	11
2.2.1.3 Physiologische Aspekte .....	12
2.2.2 Liveware-Liveware .....	16
2.2.3 Liveware-Hardware.....	18
2.2.4 Liveware-Environment .....	18
2.2.5 Liveware-Software.....	18
2.3 Flugunfälle.....	19
2.3.1 Büro für Flugunfalluntersuchungen .....	19
2.3.2 Definition „Flugunfall“ und „Schwerer Vorfall“ .....	19
2.3.3 Veröffentlichte Berichte des Büro für Flugunfalluntersuchungen .....	20
2.3.4 Nall-Report .....	21
2.4 Ziele der Untersuchung.....	21
3. Methoden .....	23
3.1 Berichte.....	23
3.1.1 Ein- und Ausschlusskriterien .....	23
3.1.2 Zeitspanne.....	23
3.1.3 Verwendete Berichte und deren Anzahl.....	24
3.2 FileMaker-Datenbank.....	24
3.3 Durchführung.....	25
4. Resultate.....	28
4.1 Unfallraten .....	28
4.2 Ursachen für Ereignisse.....	30
4.3 Flugregeln.....	31
4.4 Flugphase und Ereignisort.....	32
4.5 Jahres- und Tageszeit.....	34

4.6 Schweregrad der Verletzungen .....	35
4.7 Menschliche Faktoren (Shell- und Hauptkategorien).....	40
4.7.1 Shellkategorien .....	40
4.7.2 Hauptkategorien .....	42
4.8 Die Rolle der Piloten.....	53
4.8.1 Erfahrung der Piloten.....	56
4.8.2 Alter der Piloten .....	57
4.8.3 Masse und Schwerpunkt .....	58
4.9 Die Rolle der Flugsicherung.....	58
5. Diskussion.....	60
5.1 Diskussion der Ergebnisse .....	60
5.2 Verbesserungsvorschläge, Kritik und Grenzen der Arbeit .....	67
5.3 Schlussfolgerungen aus den Resultaten und Fazit.....	70
Danksagung.....	72
Literatur.....	74
Glossar .....	79
Anhang A: Variablen .....	85
Anhang B: FileMaker-Datenbank.....	88

## Zusammenfassung

Das Ziel von Flugunfalluntersuchungen ist die möglichst lückenlose Dokumentation eines Unfalls, Vorfalles oder gefährlichen Annäherungen von Luftfahrzeugen in der Luft. Mit einer explorativen Analyse soll aufgedeckt werden, welche menschlichen Faktoren bei Ereignissen verantwortlich sind, insbesondere wenn diese mit schweren oder tödlichen Verletzungen enden. Unter anderem soll gezeigt werden, wie oft der Mensch, die Technik oder die Umwelt für Ereignisse verantwortlich sind. Die Untersuchung umfasst die Analyse von 674 Berichten des schweizerischen Büros für Flugunfalluntersuchungen. Ein Hauptteil der Untersuchung bestand darin, die in den Berichten genannten Ursachen und beitragenden Faktoren im Rahmen des Shellmodells (Hawkins, 1987) zu Hauptkategorien zusammenzufassen und zu analysieren.

Aus den Resultaten wird ersichtlich, dass der Linien-/Bedarfsluftverkehr sehr sicher ist und die Flugsicherung ihre Arbeit sehr zuverlässig verrichtet. Die Allgemeine Luftfahrt im Vergleich zum Linien-/Bedarfsluftverkehr ist jedoch als viel gefährlicher einzustufen. Trotz grossen Bestrebungen in die Aus- und Weiterbildung und trotz umfangreichen Investitionen in die Verbesserung der Sicherheit der Allgemeinen Luftfahrt müssen Unfälle hauptsächlich auf ungenügende Ausbildung und Erfahrung sowie auf Pilotenfehler zurückgeführt werden. Im Sinne des Shellmodells, welches menschliche Faktoren als Teil eines ganzheitlichen Systems betrachtet, müssen Pilotenfehler jedoch auch in Relation zur anspruchsvollen Luftfahrttechnik, Vielzahl an Vorschriften, komplexen Luftraumstruktur und bergigen Landschaft der Schweiz gesehen werden. Die Resultate implizieren, dass es zentral ist, in der Ausbildung die einzelnen Aspekte der menschlichen Faktoren sehr gezielt zu fokussieren. Um Ereignisse mit schweren und tödlichen Verletzungen in der Allgemeinen Luftfahrt zu minimieren, müssen hauptsächlich menschliche Faktoren, sowie der Umgang des Piloten mit der Umwelt verbessert werden.

Anmerkung:

Sämtliche Begriffe, welche mit einem \* gekennzeichnet sind, werden im Glossar beschrieben.

## 1. Einleitung

Der schweizerische Luftraum ist relativ klein und laut Skyguide (2009) einer der dichtesten und komplexesten Lufträume Europas. Durch zunehmendes Verkehrsaufkommen sowie enger werdende Luftraumstrukturen wird die Komplexität der Durchführung von Flügen weiterhin zunehmen. In Anbetracht dieser Tatsache ist es wichtig, Unfälle, Vorfälle und gefährliche Annäherungen in der Luft weiter zu minimieren. Die vorliegende Analyse wurde aus zwei Gründen durchgeführt: Einerseits soll für den Luftraum Schweiz aufgedeckt werden, wie häufig Ereignisse auf menschliche Faktoren (*Human Factors*; HF\*), Technik und Umwelt zurückzuführen sind; Andererseits soll gezeigt werden, welche HF\* bei Flugunfällen, -vorfällen und gefährlichen Annäherungen in der Luft eine Rolle gespielt haben und wie die Aviatik bezüglich HF\* sicherer gemacht werden könnte. Daraus soll abgeleitet werden, wie der Mensch unterstützt werden kann, seine Fehler zu minimieren. Das Ziel ist die Erfassung der Tendenzen von HF\* und die Erstellung eines grundlegenden Modells zur HF\*-Analyse, mit welchem HF\* klassiert werden können. Die vorliegende Studie betrachtet Piloten und Flugverkehrsleiter als die zentralen Personen der Aviatik. Die Anforderungen und die gesamten Ausbildungen zu diesen Tätigkeiten werden heute sehr streng, nach genau vorgegeben Richtlinien geregelt: Joint Aviation Requirements - Flight Crew Licensing (JAR-FCL\*; JAA, 2010). Hält sich der Pilot an alles, was er in seiner Ausbildung jemals gelernt hat, fliegt er sehr sicher; erkennt der Flugverkehrsleiter sämtliche Konflikte auf seinem Radarbild, kann er frühzeitig eingreifen. Fehler zu begehen ist menschlich. Besonders in der Aviatik können Fehler jedoch gravierende Folgen haben. Deshalb stellt sich die Frage: Halten sich Piloten jederzeit an die Lerninhalte? Erkennen Flugverkehrsleiter sämtliche Konflikte frühzeitig? Für den Piloten ist jeder Flug eine neue Herausforderung. Nach jedem Abheben muss der Pilot das Luftfahrzeug wieder sicher landen. Durch die hohen Geschwindigkeiten ändert sich die Situation ständig und gleichzeitig ist es nicht möglich, „kurz anzuhalten“ um die eigene Situation zu überdenken oder die Karte in Ruhe zu studieren. Somit wird klar, dass es nicht immer einfach ist, ein adäquates Situationsbewusstsein (*Situation Awareness*; SA\*) zu kreieren und unter Zeitdruck stets die richtigen Entscheidungen zu treffen. Aus diesem Grund müssen Piloten und Flugverkehrsleiter dem Luftfahrzeug resp. der Situation mental immer einen Schritt voraus sein. Laut Bartsch (2005) machen Untersuchungen von Flugunfällen deutlich, dass diese immer mehr auf menschliches Versagen zurückzuführen sind und die Technik immer seltener die Ursache ist. Es muss davon ausgegangen werden, dass rund 75% aller Flugunfälle auf menschliches Versagen zurückzuführen sind (Bartsch, 2005).

In dieser Arbeit werden zuerst Modelle zur Analyse von Flugunfällen und -Vorfällen beschrieben. Anschliessend werden bezüglich der Kategorien des Shellmodells Faktoren erläutert, welche zum Verständnis der Analyse wichtig sind. Die Faktoren beziehen sich zum einen auf den Menschen selbst (physiologische und psychologische Faktoren), zum anderen aber auch auf die Interaktion des Menschen mit seiner Umwelt, mit der Technik, mit Richtlinien und mit anderen Menschen. Die Analyse ist in Form einer explorativen Untersuchung über die Rolle der menschlichen Faktoren in der Aviatik konzipiert. Berücksichtigt wurden einerseits Ereignisse von in der Schweiz und im Ausland immatrikulierten Luftfahrzeugen, welche sich innerhalb der Schweiz ereignet haben, sowie Ereignisse im Ausland, wenn das Luftfahrzeug in der Schweiz gestartet oder gelandet ist oder die Absicht hatte, in der Schweiz zu landen. Der Analyse-Zeitraum bezieht sich auf die Jahre 1998 bis 2007. Sämtliche Berichte wurden in einer FileMaker-Datenbank erhoben und anschliessend mit SPSS ausgewertet. Die Variablen enthielten Informationen über generelle Daten, d.h. Angaben zum Ereignis selbst (z.B. Luftfahrzeugkategorie, Ort, Zeit), über Personal (z.B. Flugstunden, Alter der Piloten) und über die in den Berichten genannten Ursachen und beitragenden Faktoren. Die Ursachen und beitragenden Faktoren wurden im Rahmen des Shellmodells zu 75 Hauptkategorien zusammengefasst. Die Studie umfasst die Analyse von deskriptiven Statistiken zu Ereignissen, beschreibt den Schweregrad von Verletzungen, die Untersuchung der menschlichen Faktoren, die Rolle der Piloten und die Rolle der Flugsicherung.

## 2. Theorie

Im Folgenden werden zwei Modelle zur Analyse von Flugunfällen und -vorfällen aufgezeigt. Anschliessend werden wichtige HF\* im Rahmen des Shellmodells näher beschrieben und Informationen über Flugunfalluntersuchungen gegeben. Der Theorieteil wird mit der Darstellung der Untersuchungsziele abgerundet.

### 2.1 Modelle zur Analyse von Unfällen und Vorfällen

Zur Analyse von Flugunfällen und -Vorfällen werden häufig das „Human Factors Analysis and Classification System“ (HFACS)-Modell (Wiegmann & Shappell, 2003) und das Shellmodell (Hawkins, 1987) verwendet. Die International Civil Aviation Organization (ICAO\*) empfiehlt die Verwendung des Shellmodells (ICAO, 2004). Aus diesem Grund wird im Folgenden nur auf das Shell-Modell eingegangen.

Das Shell-Modell ist ein Modell zur Betrachtung des Zusammenwirkens von Menschen mit anderen Menschen und technischen Einrichtungen in einem bestimmten Arbeitsumfeld. Das Modell wurde von Edwards (1972) beschrieben und von Hawkins (1987) modifiziert. Dem Modell liegt zugrunde, dass Flugunfälle durch komplexes Zusammenwirken menschlicher, technischer, betrieblicher und umweltbedingter Faktoren zu erklären sind (siehe Abbildung 1). Somit werden nicht nur die offensichtlichen Fehler benannt, sondern auch die zu Grunde liegende Situation analysiert und tiefer liegende Ursachen für primäre Fehler festgestellt (ICAO, 2004). Nach der Empfehlung der ICAO\* wendet auch das schweizerische Büro für Flugunfalluntersuchungen (BFU\*) das Shellmodell zur Flugunfallanalyse an (BFU, 2010). Die vier Buchstaben „S-H-E-L“ stehen dabei für die vier Komponenten des Modells (Hawkins, 1987):

- Liveware (L): Der Mensch mit seinen Möglichkeiten und Grenzen steht im Zentrum des Modells, z.B. Piloten, Flugverkehrsleiter, Flughelfer, Passagiere.
- Software (S): Nichtmaterieller Teil des Systems, welcher hauptsächlich Verfahren, Checklisten\*, Vorschriften, Operation Manuals, Dokumente und Regeln, aber auch Computersoftware umfasst.
- Hardware (H): Technische Systeme wie Flugzeug, Ausrüstung, Arbeitsplatz-Layout, etc.
- Environment (E): Die Umgebung schliesst alle äusseren Faktoren ein, wie die natürliche Umwelt, Wetter, andere Luftfahrzeuge, Verkehrsaufkommen, Flugbetriebsunternehmen, Flugplatz-Begebenheiten und Aufsichtsbehörden.

Der Mensch interagiert mit anderen Menschen, bedient die Technik, muss sich an Richtlinien

halten und sich in der Umwelt zurechtfinden. Diese und weitere Interaktionen werden im Shellmodell durch die Kombinationen der Liveware mit den anderen Komponenten dargestellt: Liveware-Liveware (L-L) (z.B. Interaktion zwischen Kommandant und Copilot), L-H (z.B. Beherrschung der Motorsteuerung), L-E (z.B. Zurechtfinden des Piloten mit dem Wetter) und L-S (z.B. Einhaltung von Vorschriften).

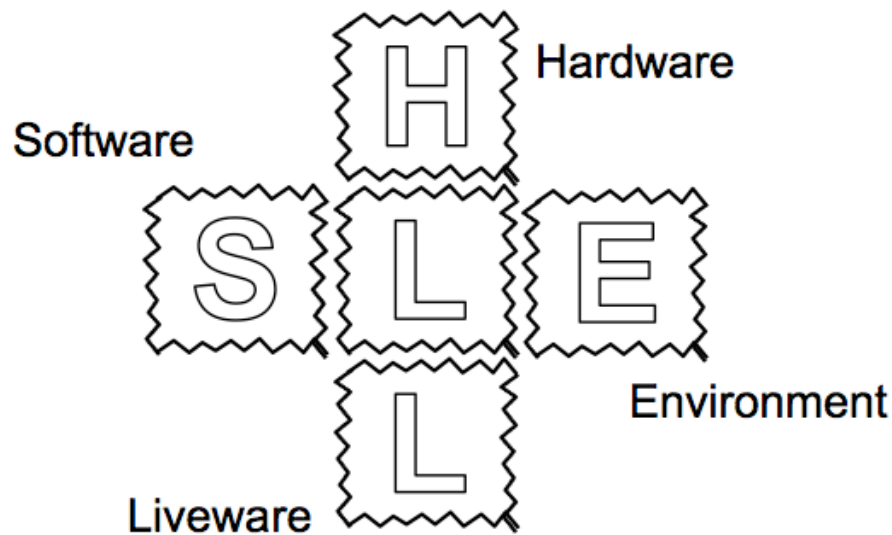


Abbildung 1. Die Komponenten des Shellmodells (Hawkins, 1987).

Das Shellmodell wurde bereits für die Analyse von Unfällen und Vorfällen angewendet, beispielsweise im Accident/Incident Date Reporting System (ADREP), welches auch in EC-CAIRS (European Coordination Center for Aviation Incident Reporting Systems) enthalten ist (Cacciabue, 2000).

## 2.2 Betrachtung menschlicher Faktoren bezüglich der Liveware-Kategorien

Im Folgenden werden die einzelnen Kategorien des Shell-Modells (sog. Shellkategorien) genauer betrachtet und dabei gewisse HF\* näher beschrieben. Weil der Fokus der vorliegenden Arbeit auf den menschlichen Faktoren liegt, wird einzig auf die Liveware (L, L-E, L-H, L-S, L-L)\*, jedoch nicht auf die Hardware, Software und Environment eingegangen. Das Spektrum an HF\* ist sehr vielseitig, weshalb im Folgenden vor allem jene Faktoren näher beschrieben werden, welche zum Verständnis der Resultate der vorliegenden Arbeit erforderlich sind.



## 2.2.1 Liveware

Hawkins (1987) rückt die Kategorie Liveware, d.h. den Menschen, ins Zentrum. Der Mensch wird als jene Komponente des Systems gesehen, welche am kritischsten, zugleich aber auch am flexibelsten ist. Piloten und Flugverkehrsleiter müssen sich während ihrer Ausbildung verschiedene Fähigkeiten, sog. Skills, aneignen (CAA, 2006): Neben den technischen Fähigkeiten, welche u.a. das Fliegen und Operieren des Luftfahrzeuges umfassen, spielen auch die „non-technical skills“ eine wichtige Rolle. Als „non-technical skills“ werden laut Flin, Goeters und Hörmann (1998) die Fähigkeiten einer Person bezeichnet, die über das reine Beherrschen der Technik hinausgehen: Dies sind u.a. Fähigkeiten bezüglich Zusammenarbeit, Management, Situations- / Gefahren einschätzung und Treffen von angemessenen Entscheidungen. Den „non-technical skills“ werden u.a. kognitive und interpersonale Skills zugeordnet (CAA, 2006): Kognitive Skills beschreiben jene mentalen Prozesse, die benötigt werden, um Situationsbewusstsein zu erlangen und aufrecht zu erhalten, Planungen durchzuführen, Probleme zu lösen und Entscheidungen zu treffen. Als interpersonale Skills werden u.a. Fähigkeiten bezüglich Kommunikation und Teamwork gesehen. Laut Ferrante (2004) wird die Kategorie Liveware in folgende Unterkategorien eingeteilt: Psychological, Workload Management, Physiological, Physical, Experience / Qualifications / Recency / Knowledge. Im Folgenden werden die Kategorien Psychologie, Workload Management und Physiologie näher betrachtet. Welche Rolle Erfahrung spielt, wird in Kapitel 4.8.1 thematisiert.

### 2.2.1.1 Psychologische Aspekte

*Zentrale Fähigkeiten:* Laut Pongratz (2006) sind bei der Auswahl von Piloten und Flugverkehrsleitern valide psychologische Testverfahren neben medizinischen Tests unabdingbar. Linienspilote müssen über sehr hohe kognitive und operationelle Fähigkeiten verfügen (Dahlenburg & Gall, 2008). Einerseits sind dies Fähigkeiten in den Bereichen der perzeptiven und kognitiven Informationsverarbeitung, andererseits Fertigkeiten der psychomotorischen Koordination (Goeters, Maschke & Eissfeldt, 2004). Die wichtigsten kognitiven Merkmale sind nach Pongratz (2006): ein hohes Mass an Konzentrationsvermögen, allgemeiner Intelligenz, Rechenfertigkeit, Merkfähigkeit, technischem Verständnis, räumlichem Vorstellungsvermögen, Aufmerksamkeitsverteilung, Um- und Übersicht, Befähigung zur Mehrfacharbeit, Automatisierungsschnelligkeit, Übungsfortschritt, psychomotorischer Koordinationsfähigkeit und Handlungsentschiedenheit. Als wichtigste Persönlichkeitsmerkmale werden genannt: Kooperationsbereitschaft, Selbstbehauptung, Flexibilität und Anpassungsfähigkeit, Planungs- und Organisationsvermögen, Entscheidungsverhalten, Belastbarkeit, Leistungsbereitschaft, fliege-

rische Motivation, soziale Integrationsfähigkeit und Führungsbefähigung (Pongratz, 2006). Nach Goeters et al. (2004) muss fliegerisches Personal die Aufmerksamkeit über längere Zeit auf hohem Niveau halten können und über ein gutes Kurz- und Langzeitgedächtnis verfügen. Die Fähigkeit muss vorhanden sein, das Bewusstsein gegen Aufgaben-irrelevante äussere und innere Reize abzuschirmen und die Aufmerksamkeit gleichzeitig auf verschiedene Vorgänge zu verteilen (geteilte Aufmerksamkeit). Auf unerwartete Änderungen der Situation muss durch prompte Beurteilung, Antizipation und Entscheidung reagiert werden können. Nicht zuletzt muss die Fähigkeit vorhanden sein, Stress jeglicher Art ohne bemerkenswerte emotionale Symptombildung und ohne gravierende Leistungseinbußen zu tolerieren. Pongratz (2006) unterscheidet vier Arten von Fehlern:

- **Aufmerksamkeitsfehler:** Fehlende oder mangelhafte Aufnahme objektiv vorhandener Informationen, die für die Bewältigung der Aufgabe notwendig sind. Aufmerksamkeitsfehler sind Fehler in der Informationsaufnahme, bevorzugt hervorgerufen durch Unaufmerksamkeit, kanalisierte Aufmerksamkeit (Fixierung) oder Ablenkung. Aufmerksamkeitsfehler resultieren beispielsweise in ungenügender Luftraumüberwachung oder im Nichteinhalten der Fluglage, der Geschwindigkeit oder der Flughöhe.
- **Wahrnehmungsfehler:** Falsche Nutzung objektiv vorhandener, aber oft unvollständiger oder mehrdeutiger Informationen. Wahrnehmungsfehler sind ebenfalls Fehler in der Informationsaufnahme und werden bevorzugt hervorgerufen durch widersprüchliche äussere Wahrnehmungsbedingungen, die regelhaft zu Sinnestäuschungen und Fehlinterpretationen führen. Wahrnehmungsfehler resultieren beispielsweise in Fehleinschätzungen von Entfernungen oder im Nichterkennen von Hindernissen.
- **Prozedurale Fehler und Fehler in der Beurteilung, Planung, Entscheidung:** Diese Art von Fehlern wird hauptsächlich hervorgerufen durch Kenntnismangel festgelegter Verfahren und betrifft Fehler in der Informationsverarbeitung. Beispiele sind unvollständige Flugvorbereitung oder mangelhafte und falsche Zeitplanung.
- **Sensomotorische / manipulative Fehler:** Fehler in der Bedienung des Systems oder in der Informationsverarbeitung, welche sich beispielsweise in verspäteten Aktionen / Reaktionen oder in falschen Steuerbewegungen äussern.

*Situationsbewusstsein (SA\*):* Nach Lutz (1999) ist SA\* dann gegeben, wenn das Wissen und Verständnis des Piloten Folgendes umfasst: a) den Zustand im Raum: Flughöhe, Fluglage, Position zu Navigationspunkten, Geschwindigkeit; b) den momentan relevanten Systemzustand des Flugzeugs und dessen Leistung, den Zustand der Besatzung (u.a. Arbeitsteilung, individuelle Fähigkeiten) und das Umfeld (u.a. Wetter, Verkehr, Flughäfen in der

Nähe); c) die Unterziele zum Erreichen des Hauptziels; d) Prozeduren, die nötig sind, um Unterziele und Hauptziel zu erreichen - inklusive der Leistungsgrenzen der Piloten betreffend ihrer Ausführungsfähigkeit. Ein weiterer wichtiger Faktor bezüglich SA\* ist die Zeit, wobei das Verständnis darüber entscheidend ist, wie viel Zeit bis zu einem Ereignis zur Verfügung steht oder in welchem Zeitraum eine Handlung erledigt sein muss (Reifenberg, 2003).

Laut Endsley (1995a) müssen rund 88% der menschlichen Fehler auf SA\*-Probleme zurückgeführt werden. Damit konnte sie zeigen, dass die Mehrheit der Piloten nicht schlechte Entscheidungen trafen oder ihre Handlungen schlecht ausführten, sondern vielmehr die Situation, in der sie sich befanden, falsch interpretierten. Automatisierungen können sich positiv auf die SA\* auswirken, weil dadurch mentale Ressourcen geschaffen werden, jedoch auch negativ, weil Informationen ausserhalb des Routine-Bereichs möglicherweise nicht erkannt werden (Endsley, 1995b). Jones und Endsley (1996) zeigten, dass rund 76% der SA\*-Fehler von Piloten aufgrund mangelnder Wahrnehmung von wichtigen Informationen resultieren. Bei 19% der SA\*-Fehler waren die Piloten zwar in der Lage, die notwendigen Informationen zu hören oder zu sehen, jedoch nicht fähig, sie korrekt zu interpretieren. Bei 5% der SA\*-Fehler gelang den Piloten die Projektion in die Zukunft nicht.

Eine adäquate Erlangung von SA\* ist nach Lutz (1999) jedoch nicht nur vom Piloten abhängig, sondern auch vom funktionellen Design des Systems resp. von der Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine. Kommt es zu einem Verlust der SA, besteht laut Reifenberg (2003) eine unvollständige oder falsche Repräsentation der Umwelt, wodurch die Fähigkeit der Piloten, in Notfallsituationen adäquat zu handeln, herabgesetzt ist. Je komplexer die automatischen Systeme, desto höher ist die Anzahl möglicher Systemzustände und umso schneller kann der Mensch den Überblick über den Systemzustand (Mode Awareness) verlieren (Tiemann & Borys, 1995). Endsley, Bolté und Jones (2003) beschreiben acht „Feinde“ der SA\*, worauf im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter eingegangen werden kann.

*Haltungen und Persönlichkeit:* Laut Chidester, Helmreich, Gregorich und Geis (1991) ist die durchschnittliche Persönlichkeit von Piloten eher extravertiert und emotional stabil. Piloten zeigen eine aktive, männlich gefärbte Persönlichkeit. Dies gilt auch für die Frauen: Pilotinnen zeigen deutlich mehr sogenannte männliche Attribute. Die Pilotenpersönlichkeit scheint also die sonst recht deutlichen geschlechterspezifischen Unterschiede zu durchbrechen. Aus Unfallberichten konnten gefährliche Haltungen identifiziert werden, welche vermehrt zu Unfällen führen (CAA, 2006): Autoritäre Haltung (Schwierigkeiten bei der Akzeptanz von Regeln), impulsive Haltung (Wahl jener Lösung, die als erstes einfällt), machohaftige Haltung (Überschätzung bei gleichzeitig geringem Selbstwertgefühl), sorglose Haltung (Ver-

minderte Wahrnehmung und Einschätzung von Gefahren) und resignierende Haltung (Scheue, Verantwortung zu übernehmen und unpopuläre Entscheidungen zu treffen), sowie die Unverletzlichkeits-Phantasie (Überzeugung, dass einem selbst nichts passieren kann). Haltungen sind veränderbar (Zimbardo & Leippe, 1991), weshalb den psychologischen Aspekten in der Pilotenausbildung eine besondere Bedeutung zugemessen wird (MFVS, 2004): Die Haltung und Einstellung der Piloten in Richtung höherer Sicherheit zu steuern und zu festigen, gehört heute zu den wichtigsten Themen der Ausbildung.

*Entscheidungsfindung:* Entscheidungsfindung ist laut Plous (1993) die Wahl zwischen zwei oder mehr Alternativen. Dabei spielen verfügbare Informationen, Wissen, frühere Erfahrungen, Erwartungen, Kontext und Ziele eine Rolle. Der Mensch ist sich über die Informationen, welche er verwendet, um eine Entscheidung zu treffen, nicht immer vollkommen bewusst. Gute Entscheidungsfindungen basieren auf Wissen und ergänzend auf schriftlichen Dokumenten und Verfahren (Wiener, Kanki & Helmreich, 1993). Es kann jedoch gefährlich sein zu glauben, dass das existierende Wissen und frühere Erfahrung in allen Situationen ausreichend sind, um die richtige Entscheidung zu treffen. Beim Betrieb von Luftfahrzeugen kann die Entscheidungsfindung mit Checklisten\* oder Standardvorgehensweisen (*Standard Operating Procedure; SOP\**) unterstützt werden (Hawkins, 1987).

### 2.2.1.2 Workload Management

*Workload (Über- und Unterforderung), Stress, Zeitmanagement und Planung:* Broadbent (1958) beschreibt, dass Aufmerksamkeit in ihrer Kapazität begrenzt ist und die menschliche Fähigkeit, Simultanaufgaben auszuführen, davon abhängt, wie viel Kapazität die jeweilige Aufgabe erfordert. Ein gewisses Mass an Arbeitsbelastung zeigt sich als positiv, zu wenig oder zu viel Arbeitsbelastung jedoch negativ (CAA, 2006): Ist die Arbeitsbelastung zu gering, vermindert sich das Mass an Aufmerksamkeit und Leistung. Gleichzeitig können Langeweile und Gleichgültigkeit auftreten. Ist das Mass an Arbeitsbelastung zu hoch, ist das Individuum nicht mehr in der Lage, die Situation zu bewältigen. Dabei sinkt generell die Leistung, es werden nicht mehr alle Informationen berücksichtigt, Fehlerraten erhöhen sich und es können nicht mehr alle Aufgaben bewältigt werden. Nach Pongratz (2006) resultiert Stress aus jeder Inanspruchnahme, welche von der betroffenen Person verlangt, in einer bestimmten Weise zu reagieren. Bis zu einem gewissen Grad sind Anforderungen stimulierend und nützlich; liegen die Anforderungen jedoch über den jeweiligen individuellen Fähigkeiten, wird der resultierende Stress zum Problem.

Laut MFVS (2004) ist der Mensch nicht dazu geschaffen, unter Zeitdruck rational und ruhig zu arbeiten. Durch eine eingehende Flugplanung am Boden kann Stress jedoch minimiert werden (Pongratz, 2006). Zur Planung gehört laut MFVS (2004), dass sich der Pilot gedanklich mit dem Start- und Zielflugplatz, mit der Route und dem Gelände, den Luftraumstrukturen, dem Wetter und den Leistungsdaten des Flugzeugs auseinandersetzt; der Flug muss stets in Alternativen geplant sein, der Trend des Fluges laufend neu bewertet und die richtigen Schlüsse gezogen werden. Gedanklich sollte der Pilot dem Luftfahrzeug immer „einen Schritt voraus“ sein, so dass Entscheide frühzeitig gefällt und kommuniziert werden können (Mies, 2006). Nur Piloten, welche daran gewohnt sind, ihre Flugverläufe anhand ihrer Planung zu kontrollieren, haben in kritischen Situationen überhaupt eine Chance, mit den Planungsunterlagen sicher umgehen zu können. Laut Huber (2005) muss für einen Flug in allen Situationen stets genügend Zeit eingeplant werden und jederzeit eine Alternative zur Verfügung stehen. MFVS (2004) beschreibt, dass Piloten mit viel Flugerfahrung schwierige Situationen ruhiger angehen und sich weniger zu Entscheidungen drängen lassen. Wichtig ist, dass sich Piloten nie selber unter Zeitdruck setzen.

### 2.2.1.3 Physiologische Aspekte

*Müdigkeit/Wachsamkeit:* Laut Birbaumer und Schmidt (2006) kann Müdigkeit sowohl physiologisch als auch subjektiv sein: Physiologische Müdigkeit widerspiegelt das körperliche Bedürfnis nach Schlaf und Erholung und kann nur mit Ruhe und Schlaf kompensiert werden. Subjektive Müdigkeit ist die individuelle Empfindung, wie schläfrig sich eine Person fühlt. Diese ist nicht nur davon abhängig, wann die Person zum letzten Mal geschlafen hat und wie gut der Schlaf war, sondern auch von anderen Faktoren, beispielsweise vom Grad der Motivation. Laut CAA (2006) treten bei Müdigkeit folgende Symptome auf: Verminderte Wahrnehmung, vermindertes Bewusstsein, verminderte motorische Fähigkeiten, langsamere Reaktionen, Probleme mit dem Kurzzeitgedächtnis, Fokussierung auf einzelne eher unwichtige Punkte, Schwierigkeit den Überblick zu behalten, schnellere Ablenkung durch unwichtige Distraktoren, vermindertes Urteilsvermögen, schlechte Entscheidungsfindung mit vermehrten Fehlern, abnormale Stimmungen und verminderte Leistung. Müdigkeit steht im Zusammenhang mit der physischen Aktivität, der Gesundheit, dem Alkoholkonsum und dem zirkadianen Rhythmus (Breedlove, Rosenzweig & Watson 2007).

*Ernährung:* Laut Huber (2005) ist die richtige Einnahme sowohl fester als auch flüssiger Nahrung vor und während eines Fluges sehr wichtig. Der Pilot muss auf eine regelmässige Zufuhr von Kalorien achten. Bei unregelmässiger Zufuhr kann es zu starken Schwankun-

gen des Blutzuckerspiegels kommen (Biesalski, Fürst & Kasper, 2001). Werden auf nüchternen Magen plötzlich viele Kohlenhydrate zugeführt, kann es vorkommen, dass der Körper auf den darauf folgenden schnellen Anstieg des Blutzuckers mit einer zu starken Ausschüttung von Insulin reagiert. Das daraus folgende Senken des Blutzuckers kann laut (Rehner & Daniel, 2002) bis zu einer Unterzuckerung und Bewusstlosigkeit führen. Laut Huber (2005) hat falsche Ernährung auch in der Schweiz bereits zu Flugunfällen geführt. Ebenso ist die Flüssigkeitszunahme in der Luft sehr wichtig, da in den Kabinen häufig eine tiefe Luftfeuchtigkeit herrscht und so die Menge des verdunstenden Wassers zunimmt; eine zu geringe Flüssigkeitszufuhr kann zu starken Kopfschmerzen, Blutdrucksenkung und einer allgemeinen Leistungsminderung führen (Biesalski et al., 2001).

*Atmung - Hypoxie (Sauerstoffmangel) und Hyperventilation (Übersteigerte Atmung):* Laut Huber (2005) sind die Auswirkungen des Sauerstoffmangels auf den Körper sowie die Höhe, ab welcher Symptome von Sauerstoffmangel auftreten, individuell sehr verschieden. Unter den Folgen eines akuten Sauerstoffmangels leidet in erster Linie das Gehirn (Renz-Polster & Krautzig, 2008). Laut Mies (2006) behält der Mensch bis auf eine Höhe von 2200m über Meer (*Above mean sea level; AMSL\**) seine volle Leistungsfähigkeit. Zwischen 3000m bis 4000m reagiert der Körper sowohl mit vertiefter und beschleunigter Atmung (Hyperventilation) als auch mit einer Anhebung der Herzfrequenz. Die Auswirkungen des Sauerstoffmangels können in diesem Bereich noch vollständig kompensiert werden. Ab ca. 4000m AMSL\* reichen diese Kompensationsmechanismen nicht mehr aus, um den Körper mit genügend Sauerstoff zu versorgen. Zudem können durch die Hyperventilation starke Symptome hervorgerufen werden (Ulmer, Nolte, Lecheler & Schäfer, 2001): Kribbeln um den Mund und in den Händen, Sehstörungen, Hörverlust, Krämpfe, Konzentrationsstörungen, Müdigkeit und Nachlassen der geistigen Leistungsfähigkeit. Zu den gefährlichsten Erscheinungen gehören die Einschränkung des Urteilsvermögens und die zunehmende Kritiklosigkeit (Huber: 2005).

*Beschleunigung:* Laut Pongratz (2006) kommt es bei positiven Beschleunigungen oberhalb des Herzens zu einem Blutdruckabfall, da das Blut durch die Beschleunigung nach unten gedrückt wird. Dabei besteht die Gefahr, dass das Blut in die Beine versackt und dem Herzen zu wenig Blut zugeführt wird, um noch einen ausreichenden Blutdruck aufbauen zu können. In der Folge kommt es laut Huber (2005) zu Ausfallserscheinungen: Ab ca. 3g resultiert eine verminderte Durchblutung des Auges (Grayout), ab ca. 3,5g erfolgt das Tunnelsehen, ab ca. 4,5g kommt es zum Unterbruch der Blutversorgung des Auges (Blackout) und bald darauf zum Unterbruch der Hirndurchblutung, woraus Bewusstlosigkeit (g-Loc\*) resultiert. Negative g-Beschleunigungen werden vom Körper weniger gut ertragen als positive

Beschleunigungen (Pongratz, 2006). Ab ca.  $-1g$  kommt es zu einem sog. Redout, wobei die Retina überdurchblutet wird. Ab ca.  $-3g$  führen zu hoher Blutdruck und Stauungen zu Bewusstlosigkeit und Blutungen (Huber, 2005).

*Räumliche Orientierung und Desorientierung:* Die räumliche Orientierung ist laut Huber (2005) dann gegeben, wenn der Pilot seine tatsächliche Position, Lage und Bewegung in Bezug zur Erdoberfläche richtig erfasst. Damit dies möglich ist, müssen alle von den Sinnesorganen aufgenommenen Informationen korrekt verarbeitet und interpretiert werden. Widersprechen sich die Informationen jedoch oder stimmen sie nicht mit der tatsächlichen Position, Lage oder Bewegung überein, unterliegt der Pilot unweigerlich einer Sinnestäuschung, was eine Lagemissempfindung zur Folge haben kann (Pongratz, 2006). Laut Benson (1999) treten Sinnestäuschungen insbesondere dann auf, wenn äussere Sichtreferenzen fehlen (beispielsweise aufgrund von Wolken, Dunst, Dunkelheit). Hat der Pilot die räumliche Orientierung verloren, muss er sich ganz auf seine Instrumente verlassen (Pongratz, 2006).

*Täuschungen und Illusionen des Bogengangorgans:* Laut Benson (1999) ist das Bogengangorgan ein auf die Wahrnehmung von Drehbeschleunigungen spezialisiertes Sinnesorgan im Ohr. Die drei Bogengänge repräsentieren die drei Ebenen des Raumes und sind senkrecht zueinander angeordnet. Jedes Bogengangorgan hat eine sog. Ampulle, in der die Sinneshärchen in eine gallertartige Cupula hineinragen (Schmidt, Lang & Thews, 2005). Die Interpretation der Informationen aus den Bogengangorganen kann laut Huber (2005) zu gravierenden Illusionen führen. Als Beispiel wird die Coriolis-Illusion genannt, welche von Pongratz (2006) beschrieben wird: Dreht sich der Kopf - oder das Flugzeug bei Ruhelage des Kopfes - so bewegt sich der Bogengang zwangsläufig mit. Die im Bogengang enthaltene Flüssigkeit, die sog. Endolymphe, folgt aufgrund ihrer Trägheit der Bewegung nur verzögert, wodurch die Cupula ausgelenkt wird. Dadurch werden die Fortsätze der Haarzellen innerhalb der Cupula ebenfalls ausgelenkt, was wiederum zu einer Erregung der ableitenden Nervenfasern führt. Die Impulse des Vestibularnervs gelangen ins Gehirn und werden als Drehung des Kopfes interpretiert. Die bei der Beendigung der Kopfbewegung folgende Reduktion der Beschleunigung bringt die Cupula wieder in die Normallage zurück. Dreht sich der Körper über einen längeren Zeitraum mit konstanter Geschwindigkeit, kommt die Strömung im Bogengang zur Ruhe und die Cupula richtet sich auf. Das Gehirn empfängt nun die Falschmeldung: „Ruhelage“. Stoppt nun die Bewegung tatsächlich, entsteht eine Relativströmung der Endolymphe in die Gegenrichtung, wodurch eine Zeitlang die Illusion einer Gegendrehung auftritt. Die Coriolis-Illusion zeigt sich beispielsweise bei der Durchführung langgezogener Kurven:

Wird eine langgezogene Kurve beendet, signalisieren die Bogengänge eine Neigung in die Gegenrichtung.

*Täuschungen und Illusionen des Sehapparates:* Obwohl das Auge laut Pongratz (2006) die verlässlichsten Informationen zur Orientierung über die Lage im Raum liefert, kann es bei fehlendem Bezugssystem, vor allem bei nicht mehr sichtbarem Horizont, Täuschungen unterworfen sein. Im Folgenden werden einige ausgewählte visuelle Illusionen beschrieben:

- Laut Huber (2005) können in der Nacht Lichter am Boden mit Sternen verwechselt werden und so der Horizont mit dem Himmel verschwimmen. Deutliche Bodenstrukturen wie beispielsweise Lichterstrassen können dann fälschlicherweise als Horizont wahrgenommen werden. Unbeleuchtete Bereiche der Erdoberfläche können aber auch mit bedecktem Nachthimmel verwechselt und somit Bodenmerkmale als Horizont wahrgenommen werden.
- Verändert sich die Leuchtkraft einer als Lichtpunkt erscheinenden Lichtquelle, treten Täuschungen in dem Sinne auf, dass eine Erhöhung der Lichtintensität als Annäherung, eine Abschwächung der Lichtintensität als Entfernung des leuchtenden Objektes wahrgenommen wird (Mies, 2006). Beispielsweise können Positionslichter anderer Luftfahrzeuge durch Lufttrübungen an Leuchtkraft einbüßen und somit der falsche Eindruck entstehen, ein Objekt entferne sich.
- Goldstein (2007) beschreibt das Phänomen der visuellen Autokinese: Wird in der Dunkelheit über mehrere Sekunden ein einzelnes feststehendes Licht lange fixiert, scheint sich dieses plötzlich zu bewegen.
- Beim Flug über schräg liegenden Wolkenobergrenzen oder über schräg zu Bergen hin ansteigendem Gelände, können diese Bezugsflächen laut Pongratz (2006) fälschlicherweise als Horizont wahrgenommen werden. Beim Versuch, das Flugzeug horizontal auszurichten, wird dann tatsächlich eine schiefe Lage eingenommen. Steigt oder sinkt eine Wolkendecke in Flugrichtung, ist der Pilot versucht, den Abstand zur Wolkendecke konstant zu halten, was zu einem kontinuierlichen Steig- bzw. Sinkflug führt.
- Die `Illusion der konstanten Grösse` (Watson, 1992) führt laut Hinkelbein und Dambier (2007) zu Problemen bei der Einschätzung einer ungewohnt breiten oder schmalen Piste während des Landeanfluges: Ist sie breiter als gewohnt, wird der Anflug als zu tief eingeschätzt und durch die Korrektur erfolgt der Anflug zu steil; ist sie schmaler als gewohnt, wird der Anflug als zu hoch eingeschätzt und durch die Korrektur wird der Anflug zu flach durchgeführt.



- Pongratz (2006) beschreibt, wie es unter gewissen Anflugbedingungen vorkommen kann, dass die visuelle Information aus der Peripherie ausfällt und nur noch die Piste selbst wahrgenommen wird. Liegt beispielsweise blendender Dunst über einer Schneefläche oder Wasser, kann der Horizont möglicherweise nicht mehr erkannt werden; Dieses Phänomen wird White-out\* genannt. Eine typische Situation für einen White-out\* ist der plötzliche Sichtverlust durch Schneeverwirbelung in der Endanflugphase mit einem Helikopter.

*Alkohol und Medikamente:* Grundsätzlich sind Medikamente für Flugpersonal verboten (Huber, 2005), weil jedes Medikament einen direkten Einfluss auf die Flugleistung oder auch Nebenwirkungen haben kann. Bezüglich Alkohol gilt in der Aviatik der Grundsatz: „Twelve hours from the bottle to the throttle!“, was soviel bedeutet wie „12 Stunden von der Flasche zum Gashebel!“.

### 2.2.2 Liveware-Liveware

Diese Kategorie umschreibt die interpersonelle Interaktion und bezieht sich auch auf den Zeitpunkt der Interaktion (Hawkins, 1987). Im Fokus stehen verbale und nonverbale Kommunikation und deren Auswirkung auf den Informationsaustausch, Problemlösestrategien sowie Entscheidungsfindungen der Besatzung (CAA, 2006). Im System Aviatik spielen u.a. Cockpit- und Kabinen-Besatzungen, Flugverkehrsleiter der Flugsicherung (*Air Traffic Control*; ATC\*), Passagiere, Wartungspersonal, Flughelfer und Drittpersonen eine Rolle.

*Teamarbeit:* Erfolgreiche Zusammenarbeit wird nach CAA (2006) dann erreicht, wenn das Resultat der Arbeit als Team besser ist als die Summe der Bemühungen jedes einzelnen Besatzungsmitgliedes, d.h.  $1+1+1 > 3$  in einem Team mit drei Personen. Zudem muss allen Teammitgliedern die eigene Rolle innerhalb des Teams bekannt sein, und jedes Mitglied muss wissen, wie die eigene Rolle je nach Situation und Umständen variiert (Amalberti, 2000). Für erfolgreiche Teamarbeit sind gute Kommunikation, ein hohes Mass an SA\* sowie Verständnis der Entscheidungsfindungsprozesse entscheidend (CAA, 2006). Damit verschiedene beteiligte Personen als Team agieren können, ist neben der SA\* jedes einzelnen Team-Mitgliedes auch die Team-SA entscheidend (Endsley, 1995a): Team-SA ist das Mass an Situationsbewusstsein jedes einzelnen Teammitgliedes bezüglich seines eigenen Verantwortungsbereiches (S. 39).

*Kommunikation:* Laut Endsley et al. (2003) hat Kommunikation in der gesamten Aviatik einen zentralen Stellenwert: Innerhalb von Besatzungen sorgt Kommunikation dafür, dass zwischen den einzelnen Mitgliedern ein übereinstimmendes mentales Modell bezüglich der zu lösenden Probleme existiert, wodurch die SA\* der einzelnen Besatzungsmitglieder erhöht

wird. Adäquate Kommunikation ermöglicht es, sämtliche Besatzungsmitglieder an den Problemlöse- und Entscheidungsfindungsprozessen teilnehmen zu lassen (Dietrich & von Meltzer, 2003). Kommunikation hängt von der Kultur einer Unternehmung ab und ist in hohem Masse für das interpersonelle Klima zwischen Besatzungsmitgliedern verantwortlich. Von grosser Bedeutung ist, dass Besatzungsmitglieder die Wichtigkeit effizienter Sprache kennen (Endsley et al., 2003). Die Wichtigkeit der Kommunikation zeigt sich auch bei der Anwendung korrekter Begriffe zwischen Piloten im Cockpit, beim Bedienen der Systeme und beim Gebrauch der Standard-Phrasologie bei der Kommunikation zwischen Piloten und der Flugsicherung (Amalberti, 2000). Missverständnisse zwischen Piloten und Flugverkehrsleitern können nach Cushing (1994) minimiert werden, indem Piloten ATC-Freigaben\* adäquat zurücklesen (sog. Readback\*) und Flugverkehrsleiter das Readback kontrollieren (sog. Hearback\*).

*Crew Resource Management:* Der Begriff Crew Resource Management (CRM\*) geht auf Cooper, White und Lauber (1980) zurück, welche mit CRM\* den Trainingsprozess von Besatzungen aufzeigen, um Pilotenfehler zu reduzieren, indem menschliche Ressourcen im Cockpit besser verwendet werden. Die CAA (2006) beschreibt CRM\* als ein Management-System, welches von allen verfügbaren Ressourcen optimalen Gebrauch macht, um die Sicherheit zu fördern und die Effizienz von Flugdurchführungen zu verbessern. Als Ressourcen werden dabei sämtliche Personen, aber beispielsweise auch die Ausrüstung und Verfahren gesehen. CRM\* beinhaltet Wissen, Fähigkeiten und Verhalten bezüglich der Bereiche Kommunikation, SA\*, Problemlösung, Entscheidungsfindung und Teamwork. Das Ziel ist, die Sicherheit und Zuverlässigkeit zu erhöhen, indem menschliche Fehler und falsche Entscheidungen minimiert, die Zusammenarbeit, Führung und Organisation verbessert, Stressmanagement, SA\* und Entscheidungsfindung trainiert und alle verfügbaren Ressourcen effizient miteinbezogen werden (Salas, Wilson, Burke, Wightman & Howse, 2006). Die Wichtigkeit von CRM\* zeigt sich in Unfällen, welche auf Probleme innerhalb der Besatzung zurückzuführen sind (Cooper et al., 1980). Beispielsweise kann eine fehlerhafte Kommunikation zwischen Besatzungsmitgliedern zu einem Verlust von SA\*, einem Zusammenbruch der Zusammenarbeit und dadurch zu falschen Entscheidungen führen (CAA, 2006). Um Probleme innerhalb von Besatzungen zu verringern, werden sämtliche Besatzungsmitglieder in sog. „Multi Crew Cooperation“-Kursen geschult, sich in allen Flugphasen sowie in normalen, abnormalen und Notfallsituationen bezüglich Entscheidungsfindung, Kommunikation, Aufgabenteilung, Verwendung von Checklisten\*, Teamarbeit, gegenseitiger Kontrolle und Unterstützung adäquat zu verhalten (JAA, 2010). In diesen Kursen wird gelernt, ein effizienter Teamführer und ein effizientes Teammitglied zu sein. Funktioniert CRM\* effizient, besteht laut McAlli-

ster (1997) jederzeit ein adäquater Informationsfluss, gibt es keine Zweifel bezüglich der Führung, akzeptieren sich Besatzungsmitglieder gegenseitig, koordinieren sich untereinander, sprechen sich gegenseitig ab, weisen einander auf Gefahren hin, es tauchen keine Missverständnisse auf und innerhalb der Besatzung herrscht ein geschlossener Arbeitskreislauf (sog. closed loop\*), d.h. jedes Besatzungsmitglied weiss, was ein anderes Mitglied tut. CRM\* enthält viele Elemente, die sowohl auf Mehrpersonen- wie auch auf Einzelpersonen-Cockpits angewendet werden können (CAA, 2006). Daher wird CRM\* auch für alleine fliegende Piloten (sog. Single-Pilots) angewendet, was eher unter dem älteren Begriff „Airmanship“ bekannt ist. Airmanship wird u.a. in DeMaria (2006) beschrieben.

### 2.2.3 Liveware-Hardware

Nach Hawkins (1987) umschreibt diese Kategorie die Interaktion des Menschen mit der Technik, z.B. des Piloten mit dem Flugzeug oder des Flugverkehrsleiters mit Radar-Einrichtungen. Insbesondere umfasst diese Kategorie das funktionelle Design technischer Systeme (z.B. Grösse, Skalen, Farben, Beleuchtung, Bewegung), Probleme bei der Interpretation und Kontrolle von Systemen, Cockpit-Standardisierungen, Komfort und Anpassung der Systeme an eigene Bedürfnisse (u.a. Temperatur, Beleuchtung, Sitzposition, Systemeinstellungen), Warnsysteme (z.B. Aufforderungscharakter und Ablenkung von Warnmeldungen), Scanning (systematische Betrachtung jedes einzelnen Instrumentes beim gleichzeitigen Überwachen der Umwelt), Interpretation von Instrumenten und Systemen, Reaktion auf Fehlermeldungen, etc. (ICAO, 2004).

### 2.2.4 Liveware-Environment

L-E bezieht sich auf die Interaktion des Menschen mit seiner physikalischen Umwelt (Hawkins, 1987): Lärm, Hitze und Vibration am Arbeitsplatz, Luftraumüberwachung, Umwelteinschätzungen, Navigation, Orientierung, Einschätzung des Wetters und der Sicht, Lichtverhältnisse, Blendung und optische Irritationen. Im weiteren Sinne bezieht sich L-E jedoch auch auf organisatorische und soziologische Aspekte, beispielsweise auf die Moral innerhalb der Firma oder deren Gesundheit (ICAO, 2004).

### 2.2.5 Liveware-Software

Nach Hawkins (1987) umfasst die Kategorie L-S den Umgang des Menschen mit vorgegeben Richtlinien, Computersoftware etc. Im Zentrum stehen die SOP\*, welche vom Begründer des Shellmodells (Hawkins, 1987) selbst vorgeschlagen wurden. Des Weiteren umfasst die Kategorie auch schriftliche Dokumente (Kartenmaterial, Checklisten\*), Software und operationel-

le Aspekte der Automatisierung (ICAO, 2004). Probleme, welche die Kategorie L-S betreffen, können beispielsweise das Nichtverwenden von Checklisten\* oder die falsche Interpretation von Karten, Checklisten\*, Manuals und System-Outputs sein (CAA, 2006).

## 2.3 Flugunfälle

Im Folgenden werden verschiedene Aspekte der Flugunfalluntersuchung dargestellt.

### 2.3.1 Büro für Flugunfalluntersuchungen

Die Flugunfalluntersuchung bezweckt, durch Abklärungen der Umstände und Ursachen die Grundlage zur Vermeidung künftiger ähnlicher Unfälle und schwerer Vorfälle zu schaffen. In der Schweiz ist das BFU\* für diese Aufgabe zuständig. Das BFU\* ist dem Generalsekretariat des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK\*) administrativ angegliedert (BFU, 2010). Das BFU\* leitet die Untersuchung diverser Ereignisse in der Luftfahrt, beschreibt diese in Berichten, gibt Sicherheitsempfehlungen heraus, führt spezielle Untersuchungen durch und berechnet grundlegende Statistiken. Die Untersuchungen und ihre Schlussfolgerungen verfolgen jedoch nicht das Ziel, die Ursachen und Umstände des Unfalls rechtlich zu beurteilen. Unfälle von Fallschirmspringern, Hängegleitern, Drachen, Drachenfallschirmen, Fesselballonen, unbemannten Freiballonen und Modellluftfahrzeugen sind der Untersuchung nicht unterstellt (BFU, 2010).

### 2.3.2 Definition „Flugunfall“ und „Schwerer Vorfall“

Die Begriffe „Flugunfall“ und „schwerer Vorfall“ werden laut Verordnung über die Untersuchung von Flugunfällen und schweren Vorfällen (VFU\*) folgendermassen definiert (UVEC, 2003):

*Flugunfall:* Ereignis beim Betrieb eines Luftfahrzeuges, sofern sich eine Person in der Absicht einen Flug durchzuführen darin aufhält: a) bei dem eine Person inner- oder ausserhalb des Luftfahrzeuges erheblich verletzt oder getötet wird; oder b) bei dem das Luftfahrzeug einen Schaden erleidet, der die Festigkeit, die Flugleistungen oder die Flugeigenschaften wesentlich beeinträchtigt und in der Regel grössere Reparaturarbeiten oder den Ersatz des beschädigten Bauteils erforderlich macht; oder c) bei dem das Luftfahrzeug verschollen oder das Wrack unerreikbaar ist.

*Schwerer Vorfall:* Ereignis beim Betrieb eines Luftfahrzeuges, das sich unter Umständen zugezogen hat, die beinahe zu einem Flugunfall geführt hätten. In UVEC (2003) werden typi-

sche Beispiele für schwere Störungen zur Erläuterung der Definition 'schwerer Vorfall' beschrieben.

### 2.3.3 Veröffentlichte Berichte des Büros für Flugunfalluntersuchungen

Zu jedem untersuchten Flugunfall oder schweren Zwischenfall gibt es einen Bericht. Je nach Stand der Untersuchung veröffentlicht das BFU\* verschiedene Berichte, normalerweise in der jeweiligen Landessprache des entsprechenden Unfallortes. Die Berichte werden u.a. auf der Webseite des BFU\* veröffentlicht: [http://www.bfu.admin.ch/de/dokumentation\\_berichte\\_suchen.htm](http://www.bfu.admin.ch/de/dokumentation_berichte_suchen.htm) (BFU, 2010). Laut BFU (2010) gibt es folgende Berichte:

- *Vorberichte und Orientierungen:* Vorberichte geben erste Informationen, in dem der Unfall und die Einleitung einer Untersuchung mitgeteilt werden. Orientierungen informieren über einen Unfall oder schweren Vorfall eines in der Schweiz immatrikulierten Luftfahrzeuges im Ausland.
- *Untersuchungs- und Schlussberichte:* Der Untersuchungsbericht wird vom BFU\* verfasst. Er wird nur publiziert, falls bei der Eidgenössischen Flugunfallkommission (EFUK\*) ein Gesuch um Prüfung eingereicht wurde. Der Untersuchungsbericht wird zum Schlussbericht wenn bei der EFUK\* kein Gesuch um Überprüfung des Untersuchungsberichtes eingereicht wurde. Ist eine Überprüfung verlangt worden, erstellt die EFUK\* den Schlussbericht. Wie sich Unfall- und Vorfallberichte unterscheiden, wird aus den Definition „Flugunfall“ und „schwerer Vorfall“ ersichtlich.
- *Airprox-Berichte* sind Vorfallberichte, welche Informationen über gefährliche Annäherungen zwischen Luftfahrzeugen in der Luft (BFU, 2010) enthalten. Laut Skyguide (2010) betragen die Mindestabstände zwischen Flugzeugen in der Luft horizontal 5 nautische Meilen (9 km), vertikal 1000 Fuss (300 m) und im Landeanflug 3 nautische Meilen (5,5 km).
- *Summarische Berichte:* Flugunfälle und schwere Vorfälle von Flugzeugen und Helikoptern unter 5700 kg maximales Abfluggewicht (*Maximum Takeoff Mass; MTOM\**) werden nur summarisch untersucht. Das BFU\* führt dabei keine Untersuchung durch, erstellt aber einen Bericht, welcher u.a. Informationen zu Personal, Luftfahrzeug, Ort und Zeit enthält sowie zum Hergang des Ereignisses aufgrund von Aussagen der Besatzung. Es gibt jedoch auch Fälle, bei denen Ereignisse mit Flugzeugen und Helikoptern unter 5700kg MTOM\* untersucht werden, beispielsweise, wenn jemand getötet oder erheblich verletzt worden ist. Für nähere Erläuterungen sei auf UVEC (2003) verwiesen. Unfälle von Motorseglern, Segelflugzeugen, Freiballonen und Luftfahrzeugen der Sonderkategorie Eigenbau werden

nur summarisch untersucht, ausser wenn Personen tödlich oder erheblich verletzt worden sind. Das BFU\* kann die vollständige Untersuchung anordnen, wenn sie nach ihrer Auffassung für die Unfallverhütung besonders nützlich ist (BFU, 2010).

### 2.3.4 Nall-Report

Der Nall-Report ist ein jährlich veröffentlichter Bericht über Unfallstatistiken der AOPA Air Safety Foundation (AOPA, 2008). Die darin enthaltenen Statistiken beziehen sich auf Luftfahrzeuge der Allgemeinen Luftfahrt in den USA. Für die Durchführung der vorliegenden Analyse wurden einige Auswertungs-Ideen aus dem Nall-Report übernommen.

## 2.4 Ziele der Untersuchung

Statistiken über Flugereignisse belegen, welche zentrale Rolle der Mensch in der Aviatik spielt und wie häufig HF\* für Ereignisse verantwortlich sind. Zwei Aspekte sollen hervorgehoben werden: Einerseits bleibt trotz der zunehmenden Automatisierung der Luftfahrzeuge und der Modernisierung der Flugsicherungstechnik die letzte Entscheidungsinstanz stets bei den Piloten und Flugverkehrsleitern. Andererseits zeigen Unfallstatistiken die Wichtigkeit der Rolle des Menschen: Bartsch (2005) macht HF\* in 75% aller Unfälle als Ursache verantwortlich, Trcka (2000) in 80% und Pongratz (2006) sogar in 80-90%. Wie gross die Bemühungen sind, HF\* bei Unfällen zu erfassen, zeigen Unfallanalyse-Modelle wie jenes von Reason (1990), das HFACS (Wiegmann & Shappell, 2003) und das Shellmodell (Hawkins, 1987). Welche Anstrengungen unternommen werden, um HF\* zu minimieren und die Aviatik sicherer zu gestalten, zeigen die hohen Anforderungen an das Personal der Luftfahrt (JAA, 2010; Dahlenburg & Gall, 2008) und der grosse Umfang an Literatur zu Unfalluntersuchungen (beispielsweise Cacciabue, 2000; Walters & Sumwalt, 2000; ICAO, 2001; Wiegmann & Shappell, 2003; Ferrante, 2004) und zu HF\* (beispielsweise Endsley, 1995b; Flin et al., 1998; Goeters et al., 2004).

Obwohl auch im schweizerischen Luftraum Flugereignisse vom BFU\* genau untersucht werden, wurde bisher keine systematische Analyse der HF\* über mehrere Jahre für den Luftraum Schweiz vorgenommen; daraus ergab sich der zentrale Beweggrund für die Durchführung der vorliegenden Untersuchung.

Die vorliegende Analyse ist explorativ. Aus diesem Grund wurden keine Hypothesen generiert, sondern Fragen formuliert, welche anhand der Analyse beantwortet werden sollen:

1) Ursache von Ereignissen: Welche Faktoren spielen bei Unfällen, Vorfällen und gefährlichen Annäherungen im schweizerischen Luftraum häufig eine Rolle? Wie oft waren der

Mensch, die Technik oder die Umwelt für Ereignisse verantwortlich? Mit welchen Luftfahrzeugen kommt es häufig zu Kontrollverlusten?

2) Rolle des Menschen: Wie häufig ist der Mensch für Unfälle, Vorfälle oder Airprox-Ereignisse verantwortlich und welche HF\* spielen dabei eine Rolle? Welche Rolle spielt der Mensch in der Aviatik? Welche Personen sind bei Ereignissen häufig betroffen? Welche Rolle spielen das Alter und die Erfahrung der Piloten? Welche Auswirkungen haben Masse und Schwerpunkt, wenn diese ausserhalb der dafür vorgesehenen Limiten liegen und was sind dabei die Folgen? Wie häufig ist ATC\* für Ereignisse verantwortlich und was sind die Folgen, wenn ATC\* Fehler gemacht hat?

3) Verletzungen: Welche Faktoren führen oftmals zu Unfällen mit schweren oder tödlichen Verletzungen? Welche Luftfahrzeuge sind dabei häufig betroffen und aus welchen Flugphasen resultieren diese? Wie oft ist der Mensch für Ereignisse mit schweren und tödlichen Verletzungen verantwortlich und welche HF\* spielen dabei eine Rolle?

Ein weiteres Ziel dieser Analyse ist es, von den in den Berichten genannten Ursachen und beitragenden Faktoren ausgehend zusammenfassende Kategorien zu bilden, welche den Shellmodell-Kategorien zugeordnet werden können. Somit sollen Strukturen in den Berichten v.a. bezüglich HF\* aufgedeckt werden, um Aussagen über die Häufigkeit der genannten Faktoren machen zu können. Diesbezüglich stellen sich folgende Fragen: Wie häufig werden bestimmte Ursachen und beitragende Faktoren in den Berichten genannt? Wie können Ursachen und beitragende Faktoren gruppiert, klassiert und analysiert werden? Welche Kategorien des Shellmodells werden in Berichten vermehrt genannt?

## 3. Methoden

### 3.1 Berichte

Auf der Webseite des BFU\* waren am 1.1.2009 1218 Berichte (ohne summarische Berichte) abrufbar, wobei der erste aus dem Jahre 1969 stammt. Die Bearbeitung aller 1218 Berichte hätte den Rahmen dieser Arbeit gesprengt, weshalb Ausschlusskriterien sowie eine Zeitspanne für die Untersuchung festgelegt werden mussten.

#### 3.1.1 Ein- und Ausschlusskriterien

Berücksichtigt wurden Ereignisse von in der Schweiz und im Ausland immatrikulierten Luftfahrzeugen, welche innerhalb der Schweiz vorgefallen sind, sowie Ereignisse im Ausland, wenn das Luftfahrzeug in der Schweiz gestartet oder gelandet ist oder die Absicht hatte, in der Schweiz zu landen. Unfälle von (in der Schweiz oder im Ausland immatrikulierten) Luftfahrzeugen, deren Start- und Zielflugplatz nicht in der Schweiz lag und denen im Ausland ein Ereignis widerfuhr, wurden von der Analyse ausgeschlossen. Gefährliche Annäherungen in der Luft (Airprox\*) wurden nur berücksichtigt, wenn sich der Airprox\* über schweizerischem Boden ereignet hat und wenn die Untersuchung vom schweizerischen BFU\* durchgeführt wurde. Es wurden Berichte in Deutsch, Französisch, Englisch und Italienisch berücksichtigt. Ein Bericht musste ausgeschlossen werden, weil er nur in polnischer Sprache vorlag.

#### 3.1.2 Zeitspanne

Die Analyse umfasst einen Zeitraum von 10 Jahren: Es wurden alle Ereignisse berücksichtigt, welche in der Zeit von 1998 bis 2007 vorgefallen sind. Mit einbezogen wurden zudem alle Berichte, welche bis und mit Juni 2009 veröffentlicht worden sind, d.h. Ende Juni 2009 wurde nochmals überprüft, ob bestehende Vorberichte und Orientierungen vom schweizerischen BFU\* oder einer ausländischen Untersuchungsstelle bereits durch deren Untersuchungs- oder Schlussberichte ersetzt worden sind. Falls Untersuchungs- oder Schlussberichte vorlagen, wurden sie als solche miteinbezogen; falls nicht, wurden sie als Orientierungen berücksichtigt.

Der Zeitraum von 1998 bis 2007 wurde aus folgenden Gründen gewählt: Die Analyse sollte sich auf möglichst gegenwartsnahe Daten beziehen und wenn immer möglich auf abgeschlossene Untersuchungen stützen. Bis Untersuchungen abgeschlossen sind und die Berichte veröffentlicht werden, dauert es in der Regel ein bis zwei Jahre.



### 3.1.3 Verwendete Berichte und deren Anzahl

Für die Analyse wurden die Berichte des schweizerischen BFU\* sowie Berichte ausländischer Flugunfalluntersuchungsstellen verwendet. Unterschieden wurden: Unfall-, Vorfall-, Airprox\*- und summarische Berichte sowie Orientierungen und Vorberichte.

Die Unterscheidung von Schluss- und Untersuchungsberichten sowie von Orientierungen und Vorberichten war für die vorliegende Analyse nicht sinnvoll und wurde deshalb nicht vorgenommen. Sogenannte „Cessations“, d.h. Untersuchungen, welche vorzeitig beendet wurden (z.B. weil sich herausstellte, dass zu keinem Zeitpunkt eine ernsthafte Gefährdung für die Passagiere, die Besatzung oder für das Luftfahrzeug selbst bestanden hatte), wurden aus der Analyse ausgeschlossen.

Für den Zeitraum von 1998 bis 2007 lagen am 1.7.2009 742 Berichte vor (inkl. summarischer Berichte). In der Analyse wurden 674 Berichte (inkl. summarischer Berichte) berücksichtigt. Die Differenz von 68 Berichten ergibt sich aus folgenden Gründen: 1) Ausschluss der Ereignisse, welche im Ausland vorgefallen sind (vgl. Kapitel 3.1.1); 2) waren an einem Ereignis mehrere Luftfahrzeuge beteiligt, sind die Berichte teilweise doppelt und nach den ICAO-Luftfahrzeug-Kennungen getrennt in der Datenbank vorhanden; 3) Cessations.

Die Analyse umfasst folgende Berichte: 275 Unfall-/Vorfall-Berichte, 105 Airprox\*-Berichte, 236 summarische Berichte und 58 Orientierungen/Vorberichte. Summarische Berichte sind in der Online-Datenbank des BFU\* erst ab dem Jahr 2000 verfügbar. Somit sind in der Analyse alle summarischen Berichte von 2000 bis 2007 enthalten.

Orientierungen/Vorberichte und summarische Berichte enthielten wenig bis keine Informationen über menschliche Faktoren oder detaillierte Hintergründe zum Ereignis, weshalb sie nicht zur Analyse menschlicher Faktoren verwendet werden konnten. Die Analyse von Shell- und Hauptkategorien bezieht sich deshalb einzig auf Vorfälle, Unfälle und Airprox\*-Berichte.

In den Berichten wird keine geschlechtsspezifische Unterscheidung gemacht: Es wird ausschliesslich die männliche Form verwendet.

## 3.2 FileMaker-Datenbank

Für die Erfassung der Daten aus den Berichten wurde eine Datenbank mit FileMaker Pro (Version 7) erstellt (siehe Anhang B). Mit Hilfe dieser FileMaker-Datenbank wurde pro Flugereignis ein Datensatz erstellt und vordefinierte Variablen erhoben.

### 3.3 Durchführung

Zuerst wurden sämtliche Berichte von der schweizerischen BFU\*-Webseite heruntergeladen und nach Jahr und Monat sortiert. Bei Verweisen des schweizerischen BFU\* auf die Datenbanken anderer Untersuchungsstellen wurden die entsprechenden Berichte bei ausländischen Untersuchungsstellen bezogen.

Nach dem Erstellen der FileMaker-Datenbank wurden möglichst viele Informationen aus den Berichten systematisch in die Datenbank übertragen. Welche Variablen erfasst wurden, zeigt Anhang A. Bestanden Unsicherheiten, wurde auf die Klassierung einer Ursache oder eines beitragenden Faktors verzichtet. Um die Analyse möglichst objektiv zu gestalten, wurde jeweils mit einer Variablen erfasst, ob eine Ursache oder ein beitragender Faktor vom BFU\* als `sicher` oder `möglicherweise` eingestuft wurde.

Die Datenbank war darauf ausgelegt, ein einzelnes Luftfahrzeug zu erfassen. Waren mehrere Luftfahrzeuge und somit bis zu vier Piloten an einem Ereignis beteiligt, wurden einzig die Kommandanten der Luftfahrzeuge erfasst. Wenn zwei Luftfahrzeuge betroffen waren, die Schuld aber nur bei der Besatzung des einen Luftfahrzeuges lag, wurden die Piloten jenes Luftfahrzeuges erfasst, welche das Ereignis verursacht hatten.

Bei Airprox\*-Berichten wurde mit der ICAO\*-Kennung des Luftfahrzeuges unter `Personal` bestimmt, welches Luftfahrzeug für ein Airprox-Ereignis verantwortlich war; das Personal wurde nur eingetragen, wenn die entsprechende Person einen Fehler gemacht hatte. Sämtliche Flugstunden wurden auf- oder abgerundet. Berichte, in welchen die Technik Ursache für ein Ereignis war, wurden in der Datenbank gleich erfasst wie Berichte, in denen HF\* die Ursache waren.

Nachdem alle Berichte aus dem festgelegten Zeitraum in die FileMaker-Datenbank übertragen worden waren, wurde der Datensatz mit SPSS (Version 17) analysiert.

Zur Analyse wurden die Ursachen und beitragenden Faktoren aus der FileMaker-Datenbank in ein Word-Dokument importiert, farblich gekennzeichnet, ausgedruckt und pro Ursache oder beitragendem Faktor eine Karte erstellt. Mit Hilfe des Card-Sort-Verfahrens (Nielsen, 1995) wurden die Ursachen und beitragenden Faktoren den 8 Shell-Kategorien zugeteilt und soweit zu Gruppen zusammengefasst, bis noch 75 Hauptkategorien (HK\*) bestanden. Beispielsweise wurden die Ursachen und beitragenden Faktoren „Gebirgsflugplatz Kenntnisse gering/mangelhaft“, „Topografie - fehlende Kenntnisse der lokalen Topografie“, „Geografische Kenntnisse gering/mangelhaft“ zur HK\* „Navigation: Kenntnismangel Geographie/Umwelt/Flugplatz“ zusammengefasst. Die HK\* umfassen somit die zusammengefasst-

ten Ursachen und beitragenden Faktoren. Eine Unterscheidung zwischen Ursache und beitragenden Faktoren wurde in der Analyse nicht vorgenommen.

Die HK\* wurden mit möglichst prägnanten Schlagwörtern versehen; zudem wurde genannt, welche Personen die HK\* enthalten (z.B. ob sie Piloten, Flugverkehrsleiter, Drittpersonen etc. betreffen). 28 Ursachen und beitragende Faktoren konnten keiner Kategorie zugewiesen werden und wurden von der Sortierung ausgeschlossen. Shell- und HK\*-Variablen waren dichotom und konnten die Ausprägungen „zutreffend“ und „nicht zutreffend“ annehmen. Jede Ursache oder beitragender Faktor konnte mehreren Shellkategorien und HK\* angehören. In einer Excel-Tabelle wurde dargestellt, welche Shellkategorien und HK\* bei den einzelnen Ursachen und beitragenden Faktoren betroffen waren. Anhand dieser Tabelle wurde eine SPSS-Syntax erstellt, die im SPSS-Datensatz die Ursachen und beitragenden Faktoren den entsprechenden Shellkategorien und HK\* zuwies. Zuerst wurden sämtliche Werte der Shellkategorie- und HK\*-Variablen auf „0“ („nicht zutreffend“) gesetzt. Anschliessend wies die Syntax jenen Shellkategorie- und HK\*-Variablen den Wert „1“ („zutreffend“) zu, welche bei den einzelnen Ursachen und beitragenden Faktoren betroffen waren. Auf eine Unterscheidung der Ursachen und beitragenden Faktoren, ob diese „sicher“ oder „möglicherweise“ zuträfen, musste in Anbetracht des damit verbundenen Aufwandes verzichtet werden. Die 75 HK\* werden im Kapitel 4.7.2 dargestellt.

Der ursprüngliche Datensatz umfasste für jeden Bericht eine Zeile in SPSS: Dieser Datensatz wird im Folgenden `Datensatz: „Berichte“` genannt. Das Problem war, dass in einem Bericht teilweise mehrere Luftfahrzeuge und/oder mehrere Piloten beteiligt waren. Um jeden Piloten und jedes Luftfahrzeug einzeln berücksichtigen zu können, wurden zwei weitere Datensätze angelegt: Wenn es darum ging, für jeden Piloten dessen Alter, Lizenz oder Flugstunden zu analysieren, wurde der Datensatz „Piloten“ verwendet; wenn es darum ging, für jedes Luftfahrzeug die angewendeten Flugregeln, die Art des Fluges oder die Betriebsart zu analysieren, wurde der Datensatz „Luftfahrzeuge“ verwendet. Im Datensatz „Piloten“ wurden jeder verantwortliche Pilot, im Datensatz „Luftfahrzeuge“ jedes Luftfahrzeug in einer separaten SPSS-Zeile berücksichtigt, wobei in SPSS die entsprechenden Fälle dupliziert werden mussten. Diese modifizierten Datensätze wurden jedoch ausschliesslich zur Analyse der Luftfahrzeuge und der Piloten verwendet. Wurden in einer Statistik alle Berichte (d.h. Airprox-\*, Unfall-, Vorfall, summarische Berichte sowie Orientierungen) verwendet, wird dies mit dem Vermerk „alle Berichte“ angegeben. Wurden bei einer Berechnung Orientierungen und summarische Berichte aufgrund von zu wenigen oder keinen Informationen über HF\* ausgeschlossen, wird dies mit dem Vermerk „Airprox\*, Unfälle, Vorfälle“ gekennzeichnet.

In der Auswertung lag der Fokus auf den menschlichen Faktoren. Um einen ersten Einblick in die Daten zu erhalten, wurden zuerst deskriptive sowie explorative Statistiken berechnet und danach einzelnen Fragen nachgegangen.

## 4. Resultate

Sämtliche Analysen wurden mit SPSS 17 für Mac (SPSS, 2008) durchgeführt. Wenn nichts anderes vermerkt ist, wurde ein Alpha-Level von .05 verwendet und die Statistiken beziehen sich auf den Zeitraum der Analyse von 1998 bis 2007. Welcher Datensatz verwendet wurde, wird bei der jeweiligen Statistik angegeben.

Tabelle 1 zeigt die Anzahl der berücksichtigten Berichte über die Jahre des Analysezeitraums. Weshalb es zur Differenz zwischen der Anzahl analysierter Berichte (Tabelle 1) und der Anzahl registrierter Unfälle und schwerer Vorfälle (Tabelle 2) kommt, wurde im Kapitel 3.1.3 erläutert.

Tabelle 1

*Anzahl der berücksichtigten Berichte pro Jahr*

										Jahr
1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Gesamt
27	54	85	67	66	104	71	77	73	50	674

*Anmerkung.* Datensatz: `Berichte`, `alle Berichte`.

### 4.1 Unfallraten

Um einen Einblick zu geben, wie häufig es im Zeitraum der Analyse zu Unfällen gekommen ist und wie oft diese tödlich ausgegangen sind, werden im Folgenden die Unfallraten dargestellt. Um den Linien-/Bedarfsluftverkehr und die Allgemeine Luftfahrt getrennt zu betrachten, können die Luftfahrzeugkategorien hinzugezogen werden: Annähernd lässt sich sagen, dass Luftfahrzeuge grösser 5700kg MTOM\* hauptsächlich im Linien-/Bedarfsluftverkehr und Luftfahrzeuge bis 5700kg MTOM\* eher in der Allgemeinen Luftfahrt eingesetzt werden. Anhand der Jahresstatistiken über Flugunfälle des BFU (2007) ergeben sich für den analysierten Zeitraum folgende Raten:

- Linien/Bedarfsluftverkehr: In der Kategorie Luftfahrzeuge >5700kg geschehen im Durchschnitt 18 Ereignisse pro Jahr: Bei durchschnittlich 442`553 Flugstunden ergibt dies eine jährliche Rate von 4 Unfällen und schwere Vorfällen pro 100`000 Flugstunden.
- Allgemeine Luftfahrt: In der Kategorie Luftfahrzeuge bis 5700kg MTOM\* geschehen im Durchschnitt 52 Ereignisse pro Jahr: Bei durchschnittlich 339`741 Flugstunden ergibt dies eine jährliche Rate von 15 Unfällen und schweren Vorfällen pro 100`000 Flugstunden.

Tabelle 2 gibt für den Analyse-Zeitraum eine Übersicht über Flugunfälle und schwere Vorfälle von in der Schweiz immatrikulierten Luftfahrzeugen. Die „Anzahl tödlicher Unfälle schweizerischer Luftfahrzeuge“ wurde aus der vorliegenden Analyse abgeleitet, indem von allen tödlichen Unfällen die Ereignisse mit ausländischen Luftfahrzeugen abgezogen wurden. Die Daten beziehen sich sowohl auf Luftfahrzeuge der Allgemeinen Luftfahrt als auch auf den Linien-/Bedarfsluftverkehr.

Tabelle 2

Zahlen zu Flugunfälle und schwere Vorfällen schweizerisch immatrikulierter Luftfahrzeuge

	Jahr									
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Anzahl Unfälle gesamt <sup>1</sup>	46	53	53	46	50	70	63	59	58	43
Bestand Luftfahrzeuge <sup>1</sup>	4039	4021	4048	4067	4030	3972	3893	3841	3822	3813
Flugstunden <sup>1</sup>	739236	778373	828363	758470	844389	873540	749535	768643	715572	766557
Anzahl tödlicher Unfälle schweizerischer Luftfahrzeuge	10	9	13	14	9	14	9	5	4	7
Anzahl Tote <sup>1</sup>	250	19	51	50	16	24	14	15	10	12
Unfall-Rate/100'000h	6.2	6.8	6.3	6	5.9	8	8.4	7.6	8.1	5.6
Tödliche Unfall-Rate/100'000h	1.3	1.1	1.5	1.8	1	1.6	1.2	0.6	0.5	0.9

Anmerkung. Datensatz: `Berichte`, `alle Berichte`. <sup>1</sup> Quelle: BFU (2007).

Abbildung 2 stellt die Raten aus Tabelle 2 grafisch dar.

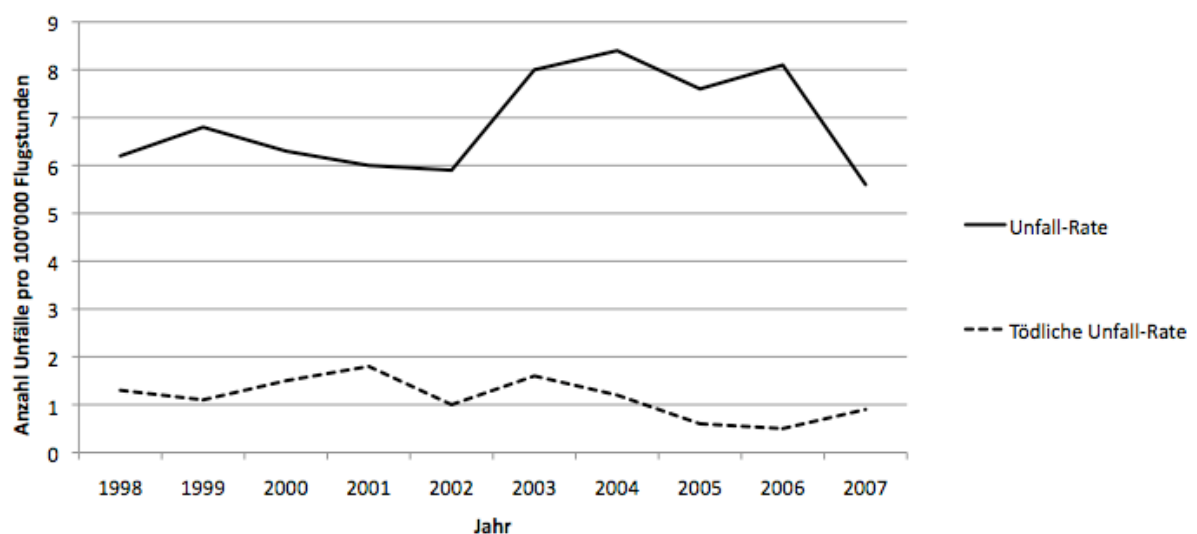


Abbildung 2. Unfall-Raten und Tödliche Unfall-Raten über die Jahre der Analyse. Datensatz: `Berichte`, `alle Berichte`.

## 4.2 Ursachen für Ereignisse

Daraufhin wurde die Frage untersucht, wie häufig der Mensch, die Technik und die Umwelt Ursache für ein Ereignis waren. Das Resultat wird in Abbildung 3 dargestellt. Die Häufigkeiten beziehen sich auf alle analysierten Airprox\*-, Unfall- und Vorfall-Berichte.

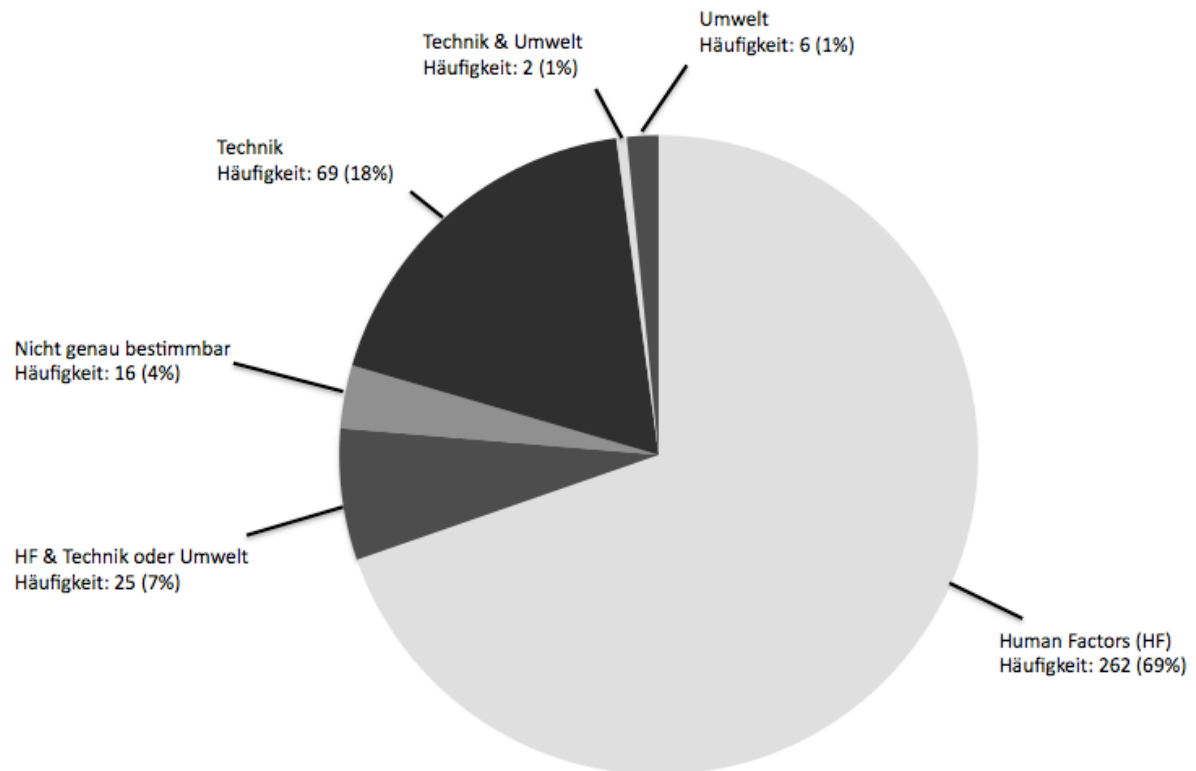


Abbildung 3. Häufigkeiten der Ursachen. Datensatz: `Berichte`, `Airprox, Unfälle, Vorfälle`.

In rund 76% der Ereignisse waren menschliche Faktoren beteiligt, in rund 18% die Technik. Im Gegensatz zu Tabelle 3, wurden in Abbildung 3 keine Orientierungen und summarischen Berichte berücksichtigt, weil in diesen Berichten die genauen Ursachen (noch) unklar sind.

Tabelle 3 zeigt, wie häufig HF\*, Technik und Umwelt in den verschiedenen Berichten eine Rolle gespielt haben. Die grobe Unfallursache unterschied sich bezüglich der Art des Berichtes,  $\chi^2(20, N = 674) = 388.62, p < .001$ .

Tabelle 3

*Häufigkeiten Berichtart bezüglich der Unfallursache*

Berichtart	Unfallursache						Gesamt
	HF	HF und Technik oder Umwelt	nicht genau bestimmbar	Technik	Technik und Umwelt	Umwelt	
Airprox	103	0	1	1	0	0	105
Orientierung	1	0	39	18	0	0	58
Summarisch	79	29	77	50	0	1	236
Unfall	153	25	13	33	2	6	232
Vorfall	8	0	0	35	0	0	43
Gesamt	344	54	130	137	2	7	674

*Anmerkung.* HF=Human Factors. Datensatz: `Berichte`, `alle Berichte`.

### 4.3 Flugregeln

Flüge werden entweder nach Sichtflugregeln (*Visual Flight Rules; VFR\**) oder nach Instrumentenflugregeln (*Instrument Flight Rules; IFR\**) durchgeführt (was dies für die Flugdurchführung bedeutet, wird im Glossar bei den entsprechenden Begriffen erläutert). Die Art der angewendeten Flugregeln unterschied sich bezüglich der Art der Berichte (Unfälle, Vorfälle, Airprox, Orientierungen, Summarisch),  $\chi^2(4, N = 797) = 485.71, p < .001$  (Datensatz: "Luftfahrzeuge", alle Berichte). Von 243 Unfall-Luftfahrzeugen waren 217 Luftfahrzeuge unter VFR\* und 26 unter IFR\* unterwegs. Ereigneten sich Vorfälle, flogen 42 unter IFR\* und 2 unter VFR\*. Von den 212 Luftfahrzeugen, welchen an Airprox\*-Ereignissen beteiligt waren, folgten 180 IFR\* und 32 VFR\*.

Die Art der angewendeten Flugregeln unterschied sich bezüglich der Flugphase, in der sich ein Ereignis zugetragen hat,  $\chi^2(8, N = 692) = 85.93, p < .001$  (Datensatz: "Luftfahrzeuge", alle Berichte). Piloten, welche unter VFR\* flogen, hatten im Gegensatz zu IFR\*-Piloten häufiger Probleme in den Phasen Rollen (Taxi\*) (VFR: 26; IFR:11), Start (Takeoff\*) (59; 19), Manövrieren (Maneuvering\*) (23; 1), Anflug (Approach\*) (44; 11) und Landung (Landing\*) (183; 33). Bei den Flugphasen Stehen (Standing\*) (5; 1), Steigflug (Climb\*) (32; 30) und Unterwegs (En Route\*) (107; 105) unterschieden sich die Häufigkeiten nicht.



#### 4.4 Flugphase und Ereignisort

Tabelle 4 zeigt, aus welchen Flugphasen welche Ereignisse resp. Arten von Berichten resultiert sind. Die Art der Berichte unterschied sich bezüglich der Flugphase,  $\chi^2(32, N = 614) = 260.34, p < .001$ . Unfälle, Vorfälle und Airprox-Ereignisse resultieren am häufigsten aus der Phase Unterwegs (En Route\*); hingegen ereignen sich Orientierungen und summarische Berichte hauptsächlich während der Landung (Landing\*).

Tabelle 4

*Flugphase in Relation zur Berichtart*

Flugphase	Berichtart					Gesamt
	Unfall	Vorfall	Airprox	Orientierung	Summarisch	
Standing	1	1	0	0	4	6
Taxi	10	2	2	1	17	32
Takeoff	23	2	6	4	36	71
Climb	26	14	3	11	3	57
En Route	77	12	44	8	18	159
Maneuvering	19	0	0	2	3	24
Approach	24	3	4	2	16	49
Approach and Takeoff	0	1	0	0	0	1
Landing	50	8	2	17	138	215
Gesamt	230	43	61	45	235	614

*Anmerkung.* Datensatz: `Berichte`, `alle Berichte`.

Tabelle 5 zeigt, in welchen Flugphasen die Luftfahrzeuge der verschiedenen Kategorien Probleme bekundeten. Die Luftfahrzeug-Kategorie unterschied sich bezüglich der Flugphase,  $\chi^2(42, N = 548) = 211.65, p < .001$ . Luftfahrzeuge der Kategorien B und C haben häufig Probleme bei der Landung (Landing\*), Luftfahrzeuge der Kategorie A im Steigflug (Climb\*), bei der Landung (Landing\*) und Unterwegs (En Route\*). Helikopter haben leicht häufiger Probleme bei Manövern (Maneuvering\*) und Unterwegs (En Route\*). Motorsegler und Segelflugzeuge zeigen Probleme bei der Landung (Landing\*) und Unterwegs (En Route\*).

Tabelle 5

*Flugphase in Relation zur Luftfahrzeugkategorie*

Flugphase	Luftfahrzeugkategorie						Gesamt
	A: Flugzeuge > 5700kg MTOM	B: Flugzeuge 2250 - 5700 kg MTOM	C: Flugzeuge < 2250 kg MTOM	D: Helikopter	E: Motorsegler und Segelflugzeuge	F: Freiballone und Luftschiffe	
Approach	5	1	14	13	12	1	46
Climb	23	3	21	4	2	0	53
En Route	15	6	42	17	35	0	115
Landing	20	14	121	14	40	3	212
Maneuvering	0	1	4	18	0	0	23
Standing	1	0	3	1	0	1	6
Takeoff	5	4	32	12	11	1	65
Taxi	5	1	21	1	0	0	28
Gesamt	74	30	258	80	100	6	548

*Anmerkung.* Datensatz: `Berichte`, `alle Berichte`.

In Tabelle 6 wird dargestellt, an welchen geographischen Orten die verschiedenen Luftfahrzeugkategorien Probleme hatten. Die Kategorie des Luftfahrzeuges unterschied sich bezüglich

Tabelle 6

*Luftfahrzeugkategorie in Relation zum Ereignisort*

Ereignisort	Luftfahrzeugkategorie						Gesamt
	A: Flugzeuge > 5700kg MTOM	B: Flugzeuge 2250 - 5700 kg MTOM	C: Flugzeuge < 2250 kg MTOM	D: Helikopter	E: Motorsegler und Segelflugzeuge	F: Freiballone und Luftschiffe	
Flugplatz	29	17	165	7	33	0	251
Gebirge (ab 1500m)	1	5	36	30	20	0	92
Gelände (bis 1500m)	3	5	48	43	40	6	145
Hochhaus	0	0	1	0	0	0	1
Im CH-Luftraum (Airprox)	1	0	0	0	0	0	1
In der Luft (Unfall)	1	0	3	0	7	0	11
Kein Absturz (Vorfall)	42	4	2	1	0	0	49
Meer/Wasser	1	0	4	0	1	0	6
Gesamt	78	31	259	81	101	6	556

*Anmerkung.* Datensatz: `Berichte`, `alle Berichte`.

des Ereignisortes,  $\chi^2(42, N = 556) = 391.707, p < .001$ . Während Luftfahrzeuge der Kategorie A und B häufig Probleme auf und um den Flugplatz hatten, zeigten C-Flugzeuge, Helikopter, Motorsegler und Segelflugzeuge auch häufig Probleme im Gelände und im Gebirge.

#### 4.5 Jahres- und Tageszeit

Die Art der Berichte unterschied sich bezüglich der Jahreszeit,  $\chi^2(12, N = 674) = 28.79, p = .004$  (Datensatz: „Berichte“, alle Berichte). Von den 232 analysierten Unfällen ereigneten sich die meisten im Sommer und im Frühjahr (Frühjahr: 60; Sommer: 100; Herbst: 37; Winter: 35). Dasselbe gilt für die 105 Airprox\*-Ereignisse (31; 31; 21; 22) und für die 236 summarisch analysierte Ereignisse (78; 97; 29; 32). Die 43 Vorfälle ereigneten sich übers Jahr ähnlich häufig (7; 11; 14; 11).

Tabelle 7 zeigt, wie häufig sich Ereignisse bezüglich der verschiedenen Luftfahrzeugkategorien übers Jahr ereigneten. Die Luftfahrzeugkategorie unterschied sich bezüglich der Jahreszeit,  $\chi^2(21, N = 673) = 67.08, p < .001$ . Es zeigt sich, dass Ereignisse am Häufigsten mit Luftfahrzeugen kleiner 2250kg MTOM\* im Sommer passieren. Das gleiche Bild ergibt sich für Luftfahrzeuge der Kategorie B sowie für Helikopter. Die Häufigkeit der Ereignisse von A-Flugzeugen ist über das Jahr relativ gleichmässig verteilt. Ereignisse mit Motorseglern und Segelflugzeugen ereignen sich ebenfalls hauptsächlich im Frühjahr und Sommer.

Tabelle 7

*Beteiligte Luftfahrzeugkategorie in Relation zur Jahreszeit*

Luftfahrzeug Kategorie	Jahreszeit				Gesamt
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	
A: Flugzeuge > 5700kg MTOM	13	22	21	23	79
B: Flugzeuge 2250 - 5700 kg MTOM	6	13	5	7	31
C: Flugzeuge < 2250 kg MTOM	74	116	39	35	264
D: Helikopter	15	33	17	18	83
E: Motorsegler und Segelflugzeuge	46	46	6	3	101
F: Freiballone und Luftschiffe	1	2	2	1	6
Unbekannt	31	33	22	23	109
Gesamt	186	265	112	110	673

*Anmerkung.* Datensatz: „Berichte“, alle Berichte.

Abbildung 4 zeigt Vorfälle, Unfälle und Airprox\*-Ereignisse in Abhängigkeit von der Tageszeit. Die Unfälle nehmen über den Tagesverlauf zu; am Nachmittag geschehen die meisten Unfälle. Auch Airprox\*-Ereignisse treten vermehrt am Nachmittag auf. Diese Zahlen müssten mit den Basisraten, d.h. mit der Anzahl Flüge pro Tageszeit, verglichen werden, welche jedoch nicht verfügbar sind.

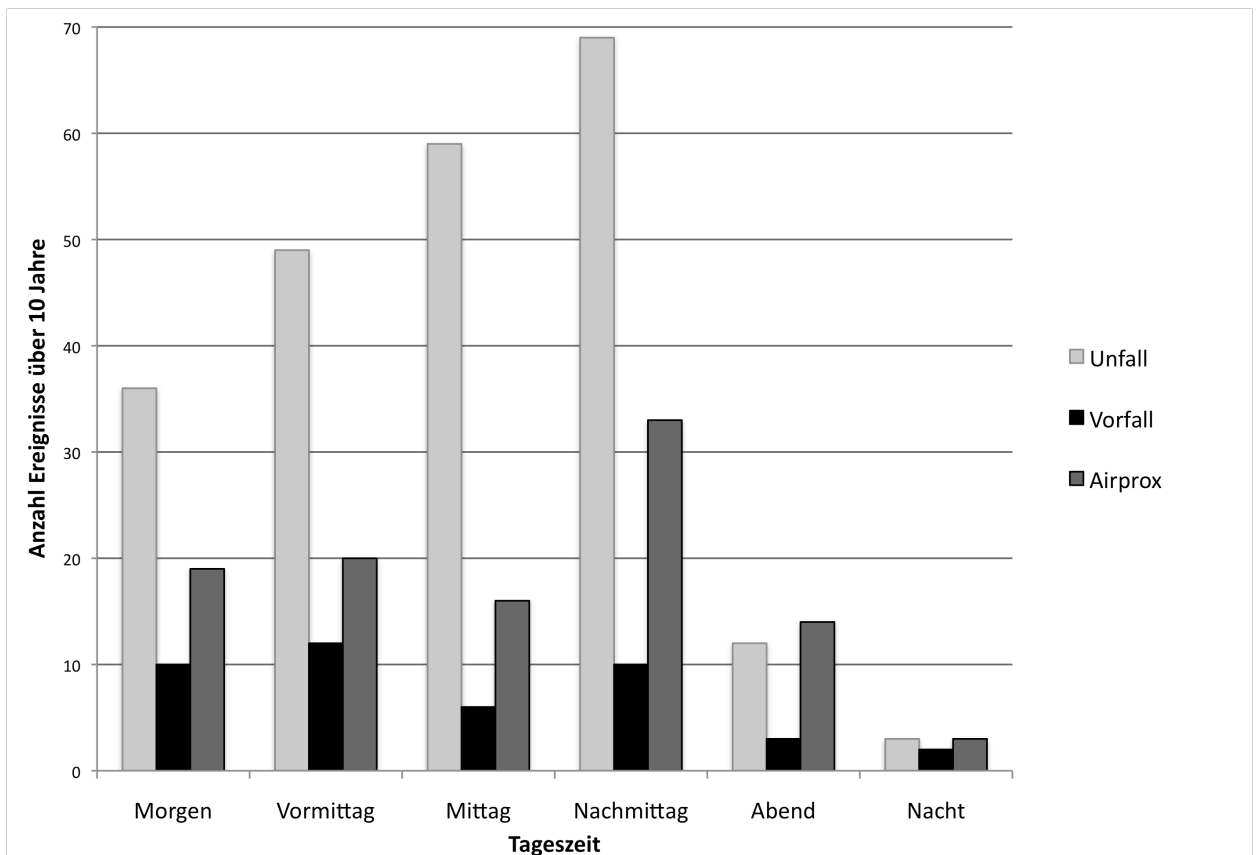


Abbildung 4. Verteilung der Ereignisse (Berichte) über die Tageszeit. Datensatz: `Berichte`, `Airprox/Unfälle/Vorfälle`.

#### 4.6 Schweregrad der Verletzungen

Tabelle 8 zeigt die Auswirkungen der Unfallursache auf den Schweregrad der Verletzung. Die Unfallursache unterschied sich bezüglich des Schweregrades der Verletzung,  $\chi^2(10, N = 674) = 51.80, p < .001$ . Für tödliche und schwere Verletzungen ist hauptsächlich der Mensch verantwortlich, während Fehler in der Technik selten zu schweren und tödlichen Ereignissen führen. Die Umwelt ist äusserst selten für ein Ereignis verantwortlich.

Tabelle 8

*Schweregrad der Verletzungen in Relation zur Unfallursache*

Unfallursache	Schweregrad der Verletzungen			
	Leicht oder Keine	Schwer	Tödlich	Gesamt
HF	228	42	74	344
HF und Technik oder Umwelt	42	4	8	54
Technik	129	3	5	137
Technik und Umwelt	1	0	1	2
Umwelt	4	2	1	7
nicht genau bestimmbar	106	5	19	130
Gesamt	510	56	108	674

*Anmerkung.* HF=Human Factors. Datensatz: `Berichte`, `alle Berichte`.

Die Analyse des Schweregrades der Verletzungen bezüglich der Art des Fluges (Allgemeine Luftfahrt, Linien-/Bedarfsluftverkehr), betrachtet über den gesamten Zeitraum der Analyse, zeigt, dass sich schwere und tödliche Verletzungen hauptsächlich in der Allgemeinen Luftfahrt ereignen. Der Schweregrad der Verletzungen unterschied sich bezüglich der Art des Fluges,  $\chi^2(2, N = 749) = 70.06, p < .001$  (Datensatz: "Luftfahrzeuge", alle Berichte). Von den 749 in der Analyse bekannten Luftfahrzeugen, kam es in der Allgemeinen Luftfahrt bei 97 Luftfahrzeugen zu tödlichen und bei 52 zu schweren Verletzungen, im Linien- / Bedarfsluftverkehr bei nur 4 Luftfahrzeugen zu tödlichen und bei keinem zu schweren Verletzungen.

Schwere und tödliche Verletzungen ereignen sich hauptsächlich bei Flügen nach VFR\*: Bei 797 Luftfahrzeugen war bekannt, wie schwer die Verletzungen bei einem Ereignis ausgefallen sind; bei Flügen nach VFR\* resultierten 107 Flüge tödlich und 59 mit schweren Verletzungen; bei Flügen nach IFR\* resultierten 7 Flüge tödlich und keine mit schweren Verletzungen. Der Schweregrad der Verletzungen unterschied sich bezüglich der Flugregeln,  $\chi^2(2, N = 797) = 94.34, p < .001$  (Datensatz: "Luftfahrzeuge", alle Berichte).

Tabelle 9 zeigt die Folgen eines Ereignisses je nach Betriebsart der Luftfahrzeuge. Der Schweregrad der Verletzungen unterschied sich bezüglich der Betriebsart der Luftfahrzeuge,  $\chi^2(12, N = 771) = 79.35, p < .001$ . Die häufigsten Verletzungen finden sich in der Kategorie „Privat“.

Tabelle 9

*Schweregrad der Verletzungen in Relation zur Betriebsart der Luftfahrzeuge*

Betriebsart	Schweregrad der Verletzungen			Gesamt
	Keine oder Leicht	Schwer	Tödlich	
Arbeitsflüge	14	11	5	30
Gewerbsmässig	230	7	17	254
Militär	6	0	0	6
Privat	283	35	83	401
Rettungseinsätze	1	0	1	2
Schulung	63	6	8	77
Technischer Flug	1	0	0	1
Gesamt	598	59	114	771

*Anmerkung.* Datensatz: `Luftfahrzeuge`, `alle Berichte`.

Tabelle 10 zeigt die Folgen der Verletzungen eines Ereignisses und die Häufigkeit von schweren und tödlichen Verletzungen in Bezug auf die verschiedenen Luftfahrzeug-Kategorien. Der Schweregrad der Verletzungen unterschied sich bezüglich der Luftfahrzeug-Kategorie,  $\chi^2(12, N = 564) = 81.11, p < .001$ . Die absoluten Häufigkeiten zeigen, dass die meisten Ereignisse in der Kategorie C passieren. Obwohl es in dieser Kategorie zu den mei-

Tabelle 10

*Schweregrad der Verletzungen in Relation zu den Luftfahrzeug-Kategorien*

Luftfahrzeug Kategorie	Schweregrad der Verletzungen				Tödliche und Schwere Verletzungen		
	Keine oder Leicht	Schwer	Tödlich	Gesamt	Anzahl	Prozent	Rang-Platz
A: Flugzeuge > 5700kg MTOM	75	0	4	79	4	5%	5
B: Flugzeuge 2250 - 5700kg MTOM	21	1	9	31	10	32%	3
C: Flugzeuge < 2250kg MTOM	195	21	48	264	69	26%	4
D: Helikopter	45	21	17	83	38	46%	1
E: Motorsegler und Segelflugzeuge	64	9	28	101	37	37%	2
F: Freiballone und Luftschiffe	2	4	0	6	-	-	-
Gesamt	402	56	106	564	-	-	-

*Anmerkung.* Datensatz: `Berichte`, `alle Berichte`. Kategorie F wird aufgrund der geringen Häufigkeiten nicht berücksichtigt.

sten Ereignissen kommt, fallen diese oft weniger gravierend aus als in anderen Kategorien. Am Häufigsten ereignen sich schwere und tödliche Verletzungen mit Helikoptern, gefolgt von den Kategorien Motorsegler/Segelflugzeuge und von Flugzeugen der Kategorie B. Diese Zahlen müssten mit den Basisraten, d.h. mit dem Anteil der verschiedenen Luftfahrzeugkategorien an der Gesamtzahl von Flugbewegungen verglichen werden, welche jedoch nicht verfügbar sind.

Tabelle 11 zeigt den Schweregrad der Verletzungen bei Ereignissen aus verschiedenen Flugphasen. Der Schweregrad der Verletzungen unterschied sich bezüglich der Flugphase,  $\chi^2(16, N = 614) = 133.97, p < .001$ . Am häufigsten resultiert die Phase Manövrieren (Maneuvering\*) in Ereignissen mit schweren und tödlichen Verletzungen, gefolgt von den Phasen Unterwegs (En Route\*) und Anflug (Approach\*).

Tabelle 11

*Schweregrad der Verletzungen in Relation zur Flugphase*

Flugphase	Schweregrad der Verletzungen				Gesamt Schwer und Tödlich		
	Keine oder Leicht	Schwer	Tödlich	Gesamt	Anzahl	Prozent	Rang-Platz
Standing	5	1	0	6	1	16%	6
Taxi	28	4	0	32	4	12%	7
Takeoff	59	2	10	71	12	17%	5
Climb	37	6	14	57	20	35%	4
En Route	92	15	52	159	67	42%	2
Maneuvering	7	11	6	24	16	67%	1
Landing	197	12	6	215	18	8%	8
Approach	29	4	16	49	20	40%	3
Approach and Takeoff	1	0	0	1	-	-	-
Gesamt	455	55	104	614	-	-	-

*Anmerkung.* Datensatz: `Berichte`, `alle Berichte`. `Approach and Takeoff` wird nicht berücksichtigt, aufgrund der geringen Häufigkeiten.

Tabelle 12 zeigt, welche Lizenzen die verantwortlichen Piloten hatten, aufgeteilt nach dem Schweregrad der Verletzungen bei Ereignissen. Der Schweregrad der Verletzungen unterschied sich bezüglich der Lizenz des verantwortlichen Piloten,  $\chi^2(4, N = 417) = 14.71, p = .005$ . Piloten mit einer ATPL\* sind im Vergleich zu Piloten mit PPL\* und CPL\* seltener für schwere und tödliche Ereignisse verantwortlich.

Tabelle 12

*Schweregrad der Verletzungen in Bezug auf die Lizenz des verantwortlichen Piloten*

Schweregrad der Verletzungen	Lizenz verantwortlicher Pilot			Gesamt
	PPL	CPL	ATPL	
Leicht oder Keine	168 (73%)	75 (63%)	57 (86%)	300
Schwer	21 (9%)	19 (16%)	1 (2%)	41
Tödlich	42 (18%)	26 (21%)	8 (12%)	76
Gesamt	231 (100%)	120 (100%)	66 (100%)	417

*Anmerkung.* PPL=Private Pilot Licence, CPL=Commercial Pilot Licence, ATPL=Airline Transport Pilot Licence. Datensatz: 'Piloten', 'alle Berichte'.

Tabelle 13 zeigt, über den Schweregrad der Verletzungen betrachtet, wie viele Piloten ein Luftfahrzeug pilotiert haben. Der Schweregrad der Verletzungen unterschied sich bezüglich der Anzahl der Piloten,  $\chi^2(2, N = 543) = 24.35, p < .001$ . Diese Zahlen müssten mit den Basisraten verglichen werden, d.h. mit der Anzahl Flüge die mit einem und mit zwei Piloten durchgeführt wurden, welche jedoch wiederum nicht verfügbar sind.

Tabelle 13

*Schweregrad der Verletzungen in Relation zur Anzahl Piloten an Bord desselben Luftfahrzeuges*

Schweregrad der Verletzungen	Anzahl Piloten		
	1	2	Gesamt
Leicht oder keine	281	111	392
Schwer	48	3	51
Tödlich	90	10	100
Gesamt	419	124	543

*Anmerkung.* Datensatz: 'Berichte', 'alle Berichte'.

Der Schweregrad der Verletzungen unterschied sich bezüglich der Beteiligung der Piloten,  $\chi^2(2, N = 524) = 28.50, p < .001$  (Datensatz: „Berichte“, alle Berichte). Es zeigte sich, dass Piloten bei Ereignissen mit tödlichen Verletzungen in 91 von 96 Fällen beteiligt waren, bei Ereignissen mit schweren Verletzungen in 39 von 50 Fällen und bei Ereignissen mit leichten oder keinen Verletzungen in 258 von 378 Fällen. Wenn ein Ereignis zu schweren und tödlichen Ereignissen geführt hat, waren demnach Piloten in 89% der Ereignisse (130 von 146) mitbeteiligt.



Anschliessend wurde untersucht, in welchem Verhältnis der Schweregrad der Verletzungen zum geografischen Ort, an dem sich das Ereignis zugetragen hat, steht. Der Schweregrad der Verletzungen unterschied sich bezüglich des Ortes,  $\chi^2(14, N = 666) = 266.43, p < .001$  (Datensatz: „Berichte“, alle Berichte). Die Summe der Häufigkeiten für schwere und tödliche Verletzungen in Relation zur Gesamthäufigkeit pro Ereignis-Ort zeigte, dass Landungen oder Abstürze ins Wasser zu 67% mit schweren oder tödlichen Verletzungen ausgingen. Diese Ereignisse treten generell eher selten auf (schwere und tödliche Ereignisse: 4; Gesamthäufigkeit: 6). Ereignisse im Gebirge gehen mit 64% (59; 92), Zusammenstöße in der Luft mit 55% (6; 11) und Ereignisse im Gelände mit 53% (79; 148) mit schweren oder tödlichen Verletzungen aus. Bei Ereignissen auf Flugplätzen waren die Folgen in weniger als 5% schwere oder tödliche Verletzungen.

Der Schweregrad der Verletzungen unterschied sich nicht bezüglich der Jahreszeit,  $\chi^2(6, N = 674) = 5.29, p = .507$  (Datensatz: „Berichte“, alle Berichte). Demzufolge gibt es keine spezifische Jahreszeit, in der Ereignisse öfter mit schwer oder tödlich Verletzten ausgehen. Im Frühjahr waren die Verletzungen in 24%, im Sommer in 27%, im Herbst in 24% und im Winter in 18% der Fälle schwer oder tödlich.

## 4.7 Menschliche Faktoren (Shell- und Hauptkategorien)

Die Variablen „Shell-Kategorie“ und „Hauptkategorie“ sind dichotom: War eine Shellkategorie/HK\* für ein Ereignis verantwortlich, wurde „zutreffend“ klassiert; war eine Shellkategorie/HK\* nicht verantwortlich, wurde „nicht zutreffend“ klassiert. In sämtlichen folgenden Analysen beziehen sich die Häufigkeiten der Shellkategorien/HK\* einzig auf „zutreffend“. Orientierungen und summarische Berichte enthielten praktisch keine Informationen über Ursachen und beitragende Faktoren. Daher wurden zur Analyse von Shell- und HK\* einzig Airprox\*-, Unfall- und Vorfallberichte berücksichtigt.

HK\* enthalten viel mehr Häufigkeiten als Shellkategorien, weil die Shellkategorien die HK\* zusammenfassen und innerhalb einer Shellkategorie entsprechend mehrere HK\* genannt werden können.

### 4.7.1 Shellkategorien

Tabelle 14 zeigt, wie häufig die einzelnen Shellkategorien über alle analysierten Berichte (Airprox, Unfälle, Vorfälle) genannt wurden und wie sich die Häufigkeiten über die Berichte verteilen.

Tabelle 14

Häufigkeitsverteilung der Shellkategorien in Bezug zur Berichtart

Berichtart	Shellkategorien								Gesamt
	L	S	H	E	L-E	L-S	L-H	L-L	
Unfälle	146	10	59	51	137	23	59	38	523
Vorfälle	4	1	37	1	3	3	7	6	62
Airprox	62	5	13	9	47	35	12	39	222

Anmerkung. L=Liveware, S=Software, H=Hardware, E=Environment, L-E=Liveware-Environment, L-S=Liveware-Software, L-H=Liveware-Hardware, L-L=Liveware-Liveware. Datensatz: `Berichte`, `Airprox/Vorfälle/Unfälle`.

Abbildung 5 zeigt die Häufigkeiten aus Tabelle 14 grafisch und prozentual über die Unfälle, Vorfälle und Airprox. Zu beachten ist, dass die meisten Ereignisberichte Unfälle waren und dass sich dies auch in den Abbildungen widerspiegelt. Aus Abbildung 5 geht hervor, dass Unfälle hauptsächlich vom Menschen (L) verursacht werden und aus der Interaktion des Menschen mit der Umwelt (L-E) resultieren. Vorfälle ereignen sich vor allem aufgrund von Problemen mit der Technik (H). Airprox-Ereignisse werden häufig vom Menschen (L), aus der Interaktion des Menschen mit der Umwelt (L-E) sowie aus der Interaktion des Menschen

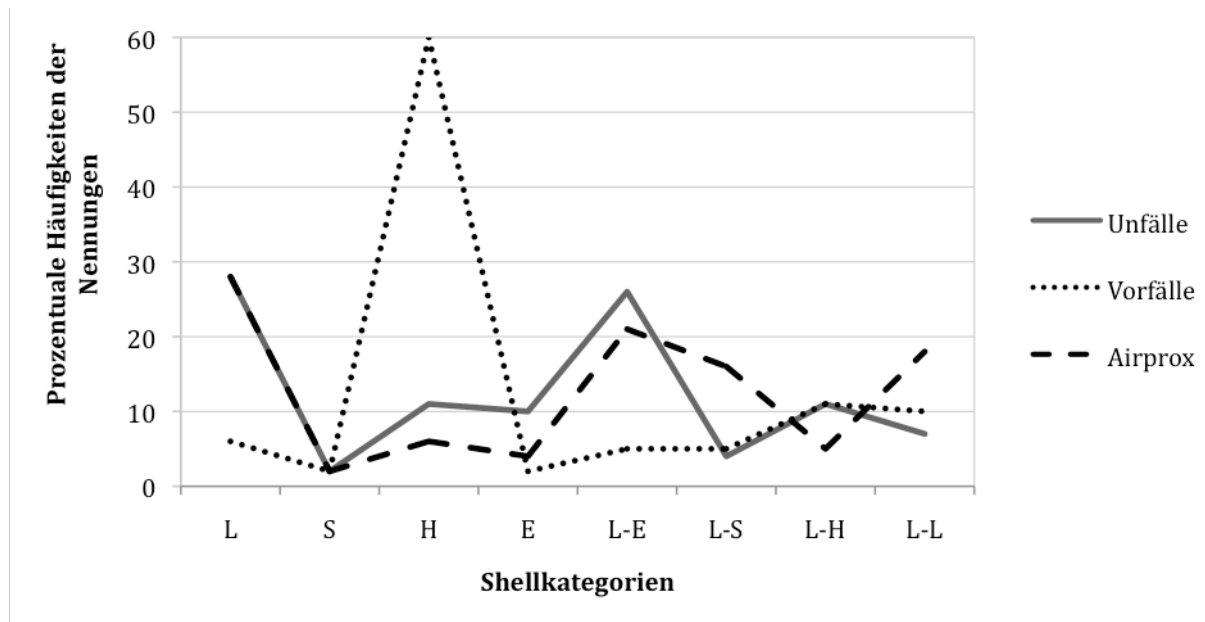


Abbildung 5. Prozentuale Häufigkeitsverteilung der Shellkategorien pro Berichtart.

mit der Software (L-S) und dem Zusammenspiel von Menschen untereinander (L-L) verursacht. Die Interaktion zwischen Mensch und Software (L-S) spielt hauptsächlich bei Airprox\*-Berichten eine Rolle, d.h. bei Airprox\* kommt es vermehrt zu Problemen bezüglich Einhaltung von Verfahren, Checklisten\*, Vorschriften und Clearance\*-Problemen.

Im Folgenden wurde analysiert, ob sich die Shellkategorien über die Art des Fluges (Allgemeine Luftfahrt, Linien-/Bedarfsluftverkehr) unterscheiden (Datensatz: "Luftfahrzeuge", Airprox/Vorfälle/Unfälle). Die einzelnen Punkte werden in der Diskussion aufgegriffen. Die Kategorien Liveware, Software und Hardware unterschieden sich über die Art des Fluges nicht signifikant.

- Die Kategorie Environment unterschied sich bezüglich der Art des Fluges,  $\chi^2(1, N = 453) = 8.196, p = .004$ . Piloten der Allgemeinen Luftfahrt haben häufiger Probleme aufgrund der Umwelt.
- Die Kategorie Liveware-Environment unterschied sich bezüglich Art des Fluges,  $\chi^2(1, N = 453) = 38.342, p < .001$ . D.h. Piloten der Allgemeinen Luftfahrt hatten häufiger Probleme bei der Interaktion mit der Umwelt.
- Die Kategorie Liveware-Software unterschied sich bezüglich Art des Fluges,  $\chi^2(1, N = 453) = 19.224, p < .001$ . Piloten des Linien-/Bedarfsluftverkehrs hatten häufiger Probleme im Umgang mit der Software.
- Die Kategorie Liveware-Hardware unterschied sich bezüglich Art des Fluges,  $\chi^2(1, N = 453) = 5.602, p = .018$ . Dies bedeutet, dass Piloten der Allgemeinen Luftfahrt häufiger Probleme im Umgang mit der Hardware hatten.
- Die Kategorie Liveware-Liveware unterschied sich bezüglich Art des Fluges,  $\chi^2(1, N = 453) = 16.475, p < .001$ . Piloten des Linien-/Bedarfsluftverkehrs hatten häufiger Probleme aufgrund von zwischenmenschlichen Faktoren.

Weiter wurde analysiert, wie sich die Häufigkeiten der genannten Shellkategorien über die Flugregeln verteilen (Datensatz: "Luftfahrzeuge", Airprox/Vorfälle/Unfälle). Unter Sichtflugregeln sind häufiger die Liveware (genannte Häufigkeiten unter IFR\*: 125, unter VFR\*: 154), Environment (20; 48), Liveware-Environment (85; 160) und Liveware-Hardware (36; 55) betroffen, unter IFR\* sind vermehrt die Software (14; 9), Hardware (72; 51), Liveware-Software (71; 27) und Liveware-Liveware (80; 44) betroffen.

#### 4.7.2 Hauptkategorien

Im Folgenden werden zuerst die HK\* dargestellt und anschliessend deren Analyse beschrieben: Die 75 HK\* beinhalten die zusammengefassten Ursachen und beitragenden Faktoren der Ereignisse und sind nach dem Shellmodell eingeteilt. Die von einer HK\* betroffenen Personen oder Institutionen werden jeweils in Klammern angegeben.

*Liveware*

- HK 1:* Probleme bezüglich Aufmerksamkeit, Konzentration, Wahrnehmung, Situation Awareness\* (Piloten, Drittpersonen, Flughelfer, Passagiere).
- HK 2:* Entscheidungsprobleme bezüglich Startabbruch, Aussenlandung\*, Durchstart\*, Landung, Wetterbedingungen, Umkehr (Piloten).
- HK 3:* Probleme bezüglich Einschätzungen von: Situation, Gefahren, medizinischen Problemen, Landung, Leistung des Schülers bezüglich einer Aufgabe (Piloten, Flughelfer).
- HK 4:* Probleme bezüglich der Vorbereitung sowie der Planung vor und während des Fluges (Piloten).
- HK 5:* Probleme aufgrund von hoher Arbeitsbelastung, Drucksituation: akuter Stress oder Stress im Alltag, Zeitdruck, Belastung, Überlastung, mentale Blockade (Piloten).
- HK 6:* Probleme aufgrund von Ablenkung, nicht durch eine Person (Piloten, ATC).
- HK 7:* Probleme aufgrund von Trainings-, Erfahrungsmangel bezüglich Umgang mit der Umwelt oder mit dem Luftfahrzeug (Piloten).
- HK 8:* Physiologische Probleme bezüglich Wohlbefinden, Harndrang, Sehvermögen, Herz, Bewusstsein (Piloten).
- HK 9:* Physiologische Probleme bezüglich Ernährung (Essen, Trinken) (Piloten).
- HK 10:* Physiologische Probleme bezüglich Alkohol und/oder Medikamente (Piloten).
- HK 11:* Physiologische Probleme bezüglich Müdigkeit/Fatigue (Piloten).
- HK 12:* Physiologische Probleme bezüglich Umwelt: Hypoxie\* (Piloten).
- HK 13:* Kontrollverlust (über Luftfahrzeug) (Piloten).
- HK 14:* Sämtliche Probleme mit Drittpersonen (Drittpersonen, nicht Passagiere).
- HK 15:* Sämtliche Probleme mit Flughelfern (Flughelfer).
- HK 16:* Sämtliche Probleme mit Flugbegleitern (Flugbegleiter).
- HK 17:* Passagiere: Sämtliche Probleme mit Passagieren (Passagiere).
- HK 18:* Probleme bezüglich Aufmerksamkeit, Konzentration, Wachsamkeit, Wahrnehmung, Situation Awareness\*: von Konfliktsituationen, Alarmen, Line-up\*, Piloten oder Trainee\*-Fehler, Abweichungen, unerlaubte Handlungen, Luftraum-Aktivitäten, Positionen von Luftfahrzeugen (ATC).
- HK 19:* Probleme bezüglich Einschätzungen: Situationen, Konflikte, Wind (ATC).
- HK 20:* Probleme aufgrund von hoher Arbeitsbelastung: Stress, Zeitdruck (ATC).
- HK 21:* Probleme bezüglich Personal-Planung/-Besetzung (ATC).
- HK 22:* Mängel betreffend Training, Kenntnissen über Luftfahrzeuge (ATC).

*HK 23:* Probleme betreffend Übergabe Luftfahrzeug an andere ATC-Stelle: Fehler bei der Übergabe, Übergabe zu falschem Zeitpunkt, Übergabe an inaktive Frequenz, Kontrolle der Luftfahrzeuge ausserhalb des eigenen Zuständigkeitsbereiches (ATC).

*HK 24:* Traffic Management: Fehler bez. der Höhenangabe, -freigabe, -staffelung (ATC).

*HK 25:* Traffic Management: Zeitliche Fehler (ATC).

*HK 26:* Traffic Management: Konfliktlösung, Unterstützung, mangelhafte Intervention, Passivität, mangelhafte oder zu wenige Informationen herausgegeben (ATC).

*HK 27:* Traffic Management: Fehler im Koordinationskonzept, Fehler bei der Clearance-Erteilung (ATC).

*HK 28:* Traffic Management: Kontrollverlust über das Koordinations-Konzept (ATC).

### *Software*

*HK 29:* Mängel in Publikationen: Checklisten\*, Karten, Tabellen an Bord, Procedures\*.

*HK 30:* Mangelhafte Vorschriften/Richtlinien (Organisation).

### *Hardware*

*HK 31:* Technische Probleme: mit dem Luftfahrzeug (Luftfahrzeug).

*HK 32:* Technische Probleme: Motoren-Probleme (auch aufgrund von Eis) (Luftfahrzeug).

*HK 33:* Technische Probleme: Fahrwerk-Probleme (auch aufgrund von Eis) (Luftfahrzeug).

*HK 34:* Technische Probleme: Vergaservereisungen\* (Luftfahrzeug).

*HK 35:* Technische Probleme: mit ATC-Einrichtungen (ATC).

### *Environment*

*HK 36:* schwierige Wetterbedingungen.

*HK 37:* Probleme mit Winden und Thermik.

*HK 38:* Probleme mit dem Luftfahrzeug aufgrund von Niederschlägen (Hagel/Schneefall/Regen) oder aufgrund von Schnee/Eis (Fahrwerk blockiert durch Eis, Vergaservereisungen\*).

*HK 39:* Sich bewegende oder feste Hindernisse, die sich während des Fluges im Weg befanden oder fast nicht erkennbar waren: Kabel, Personen, Tiere. Jedoch nicht: Luftfahrzeuge, Wolken, Wetter, Sicht, Bäume.

*HK 40:* Probleme mit dem Verkehr: Aufkommen, Komplexität, unbekannter Verkehr, Wake Turbulences\*, Frequenz-Belastung.

*HK 41:* Lärm am Arbeitsplatz, z.B. aufgrund von Besuchern.

*HK 42:* Probleme mit der Flugplatz-Höhe, Gebäude-Nähe, Mängel an Anlagen/Markierungen/Signale, schwieriger Anflug (Flugplatz).

*HK 43:* Probleme mit Personaleinschätzung, -einteilung, -qualifikation; Ablösung Flugverkehrsleiter zu ungeeignetem Zeitpunkt; Probleme mit Ausbildungsüberwachung, Ausbildungsdurchführung (Organisation, Piloten, ATC, Schulen).

*HK 44:* Probleme mit Materialzertifizierung, Inspektionen, Sicherheitsvorkehrungen, Ausrüstung, Besucher-Kontrolle (Organisation: Piloten, ATC, Flugtage, BAZL, Organisation ausserhalb der Aviatik).

### *Liveware-Environment*

*HK 45:* Einschätzungsprobleme bezüglich der Umwelt: Wind, Wetter, Gefahren, Höhe, Sicht, Temperatur, Pistenverhältnisse (Piloten).

*HK 46:* Probleme bezüglich Überwachung/Beobachtung/Wahrnehmung des Luftraums, des Bodens, von Hindernissen, von Signalen (Piloten).

*HK 47:* Probleme im Umgang mit Last (Piloten, Flughelfer).

*HK 48:* Stress aufgrund der Umwelt: Wetter, Verkehr (Piloten).

*HK 49:* Probleme im Umgang (vor allem Weiterflug und Einsatz des Luftfahrzeuges) mit widrigen Wetterbedingungen, mangelhafte Einhaltung von Regeln (Piloten).

*HK 50:* Navigation: Navigations-/Orientierungsfehler (Piloten).

*HK 51:* Navigation: Probleme im Umgang mit der Höhe (auch Hypoxien\*) (Piloten).

*HK 52:* Navigation: Luftraumverletzungen (Piloten).

*HK 53:* Navigation: Kenntnismangel der Geografie, Umwelt, Flugplatz (Piloten).

*HK 54:* Unzweckmässige Flugtaktik (Piloten).

*HK 55:* Probleme aufgrund der Sicht, Lichtverhältnisse, Blendung, optische Irritationen, White-out\* (Piloten, ATC).

*HK 56:* Kollision des Luftfahrzeuges mit anderen Luftfahrzeugen, Gelände, Bergen, Bäumen, Flugplatz-Einrichtungen, Gebäuden, Kabel, Hindernissen, Personen, Tiere (Piloten, Tiere, Fallschirmspringer, Drittpersonen, Passagiere).

### *Liveware-Software*

*HK 57:* Probleme im Umgang mit Procedures\*, Checklisten\*: unpräzise/ falsch/ unzweckmässig durchgeführt, nicht angewendet (Piloten).

*HK 58:* Nichteinhalten von Vorschriften, welche der Pilot gekannt haben muss: Steuer abgeben, Fehlsichtigkeit, unerlaubter Kunstflug, Flugplan, Medikamenteinnahme, Alkoholeinnahme (Piloten).

*HK 59:* Clearance\*-Probleme: Höhenfreigabe über-/unterschritten (Piloten).

*HK 60:* Clearance\*-Probleme: Clearance zu langsam ausgeführt (Piloten).

*HK 61:* Clearance\*-Probleme: Clearance überschritten, falsch ausgeführt, nicht an Clearance gehalten, nicht auf Clearance reagiert (Piloten).

### *Liveware-Hardware*

*HK 62:* Probleme mit der Steuerung und Konfiguration\* des Luftfahrzeuges: Geschwindigkeit, Höhe, Kurs, Stall\* (Piloten).

*HK 63:* Probleme bezüglich Motorbedienung und daraus verminderter Leistung: u.a. Vergaserservorwärmung\*, Gemischeinstellung\* (Piloten).

*HK 64:* Systeme unzuweckmässig/nicht/falsch eingesetzt: Autopilot, Fahrwerk (Piloten).

*HK 65:* Reaktion auf Systemwarnung: nicht oder falsch (Piloten).

*HK 66:* Fuel-Probleme: Mängel, Betankungsfehler (Piloten, Tankwart).

*HK 67:* Probleme im Umgang mit Masse/Schwerpunkt/Leistungsgrenzen (Piloten).

*HK 68:* Einschätzungsprobleme bezüglich des Luftfahrzeuges: Leistung, Zustand (Piloten).

*HK 69:* Probleme bez. Mensch-Maschine-Interaktion/Design/Ergonomie (Piloten, Hersteller).

### *Liveware-Liveware*

*HK 70:* Probleme betreffend Teamwork, Closed-Loop\*, gegenseitige Überwachung, Intervention, Führung, Akzeptanz (Pilot, Flughelfer, Passagier).

*HK 71:* Probleme aufgrund von Ablenkung durch Personen (Piloten, Passagiere).

*HK 72:* CRM\*-Probleme.

*HK 73:* Probleme bezüglich Koordination/Zusammenarbeit/Ablösung zwischen FVL\* (ATC).

*HK 74:* Kommunikations-Probleme: Phraseologie, Missverständnisse, Ansprechproblem, Readback\*, Hearback\*, Zeitpunkt, Absprache, Informationsfluss, Gefahren-Hinweisung (Piloten, Fluglehrer, ATC, Flughelfer, Tankwart, Passagiere).

*HK 75:* Probleme während Schulungs-/Check-/Prüfungsflügen/ Flugübungen (Piloten, Flugschüler, Instruktoren, ATC, Experten, Flugschulen).

Zuerst wurde eine Clusteranalyse zur Klassierung der HK\* durchgeführt. Die resultierenden Cluster konnten jedoch nicht sinnvoll interpretiert werden, weshalb auf eine Weiterführung der Clusteranalyse verzichtet wurde.

Abbildung 6 zeigt, wie häufig die HK\* über den Zeitraum der Analyse in den Berichten genannt wurden (vgl. Seite 48).

In Tabelle 15 wird dargestellt, welche HK\* am häufigsten für schwere und tödliche Ereignisse verantwortlich sind. Dazu wurden die Nennungen der HK\* in Relation zum Schweregrad der Verletzungen betrachtet; anschliessend wurden jene HK\* ausgeschlossen, bei welchen die Summen der Nennungen weniger als 10 betragen; dann wurde pro HK\* die prozentuale Verteilung der Nennungen bezüglich des Schweregrades der Verletzungen berechnet. In Tabelle 15 werden jene HK\* dargestellt, bei welchen mehr als 50% der Nennungen in den Kategorien „schwer“ und „tödlich“ vorkommen.

Tabelle 15

*Hauptkategorien in Bezug zum Schweregrad der Verletzungen*

Hauptkategorien	Schweregrad der Verletzungen		
	Leicht oder keine	Schwer	Tödlich
HK3:Einschätzungsprobleme	4 (40%)	4 (40%)	2 (20%)
HK4:Vorbereitung/Planung	10 (36%)	7 (25%)	11 (39%)
HK7:Trainings-/Erfahrungsmangel	8 (26%)	6 (19%)	17 (55%)
HK13:Kontrollverlust	22 (22%)	24 (24%)	55 (54%)
HK37:Wind/Termik	4 (19%)	6 (29%)	11 (52%)
HK39:Hindernisse	5 (42%)	4 (33%)	3 (25%)
HK46:Luftraumüberwachung	8 (44%)	3 (17%)	7 (39%)
HK49:Umgang mit Wetterbedingungen	4 (18%)	4 (18%)	14 (64%)
HK54:Unzweckmässige Flugtaktik	6 (17%)	6 (17%)	24 (66%)
HK55:Sicht-/Lichtprobleme	4 (23%)	3 (18%)	10 (59%)
HK56:Kollisionen	16 (15%)	21 (20%)	70 (65%)
HK62:Steuerung/Konfiguration	18 (46%)	10 (26%)	11 (28%)
HK67:Masse/Schwerpunkt/Leistungsgrenzen	3 (23%)	4 (31%)	6 (46%)

*Anmerkung.* HK=Hauptkategorie. Datensatz: `Berichte`, `Airprox/Vorfälle/Unfälle`.



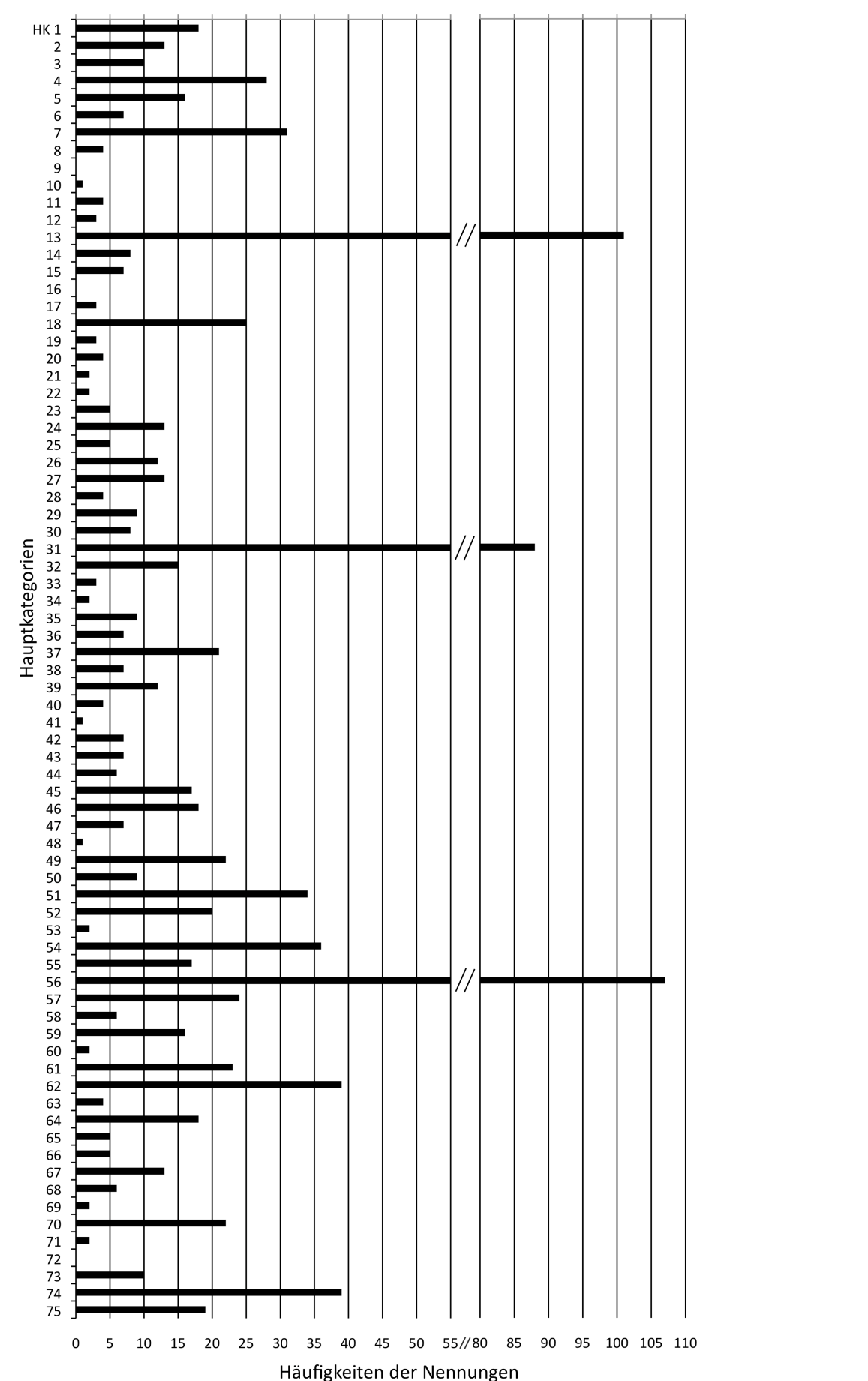


Abbildung 6. Häufigkeit der genannten Hauptkategorien. Datensatz: „Berichte“, Aiprox/Vorfälle/Unfälle.

Tabelle 16 zeigt, was die Unfallursache der HK\* war, die am häufigsten zu Ereignissen mit schweren und tödlichen Verletzungen führten. In rund 83% war der Mensch mitbeteiligt. Addiert man sämtliche Fälle, wo der Mensch mit eine Rolle gespielt hat, sind HF\* in 94% (83% + 11%) der Ereignisse mit schweren und tödlichen Verletzungen beteiligt. Die Technik ist mit 13% (2% + 11%), die Umwelt mit 12% (1% + 11%) eher selten für schwere und tödliche Verletzungen verantwortlich.

Tabelle 16

*Unfallursache jener Hauptkategorien, die am häufigsten zu Ereignissen mit schweren und tödlichen Verletzungen führen*

Hauptkategorien	Unfallursache					Gesamt
	HF	HF & Technik oder Umwelt	Umwelt	Technik	Nicht genau bestimmbar	
Summe der Nennungen der HK 3, 4, 7, 13, 37, 39,46, 49, 54, 55, 56, 62, 67	379	52	3	8	13	455
Gesamt in Prozent	83%	11%	1%	2%	3%	100%

*Anmerkung.* HK=Hauptkategorie, HF=Human Factors. Datensatz: `Berichte`, `Airprox/ Vorfälle/ Unfälle`.

Bezüglich der HK\*, welche häufig zu schweren und tödlichen Verletzungen geführt haben, waren die Piloten in 97% mitbeteiligt (Piloten beteiligt: 441; nicht beteiligt: 14. Datensatz: „Berichte“, Airprox/Vorfälle/Unfälle).

Tabelle 17 zeigt, wie häufig die Luftfahrzeug-Kategorien bezüglich jener HK\* genannt wurden, welche am häufigsten zu schweren und tödlichen Ereignissen geführt haben. Am

Tabelle 17

*Luftfahrzeuge jener Hauptkategorien, die am häufigsten zu Ereignissen mit schweren und tödlichen Verletzungen führen*

Hauptkategorien	Luftfahrzeugkategorie						Gesamt	
	A: Flugzeuge > 5700 kg MTOM	B: Flugzeuge 2250 - 5700 kg MTOM	C: Flugzeuge < 2250 kg MTOM	D: Helikopter	E: Motorsegler und Segelflugzeuge	F: Freiballone und Luftschiffe		unbekannt
Summe der Nennungen der HK 3, 4, 7, 13, 37, 39,46, 49, 54, 55, 56, 62, 67	28	26	187	104	81	11	14	451
Gesamt in Prozent	6%	6%	41%	23%	18%	3%	3%	100%

*Anmerkung.* HK=Hauptkategorie. Datensatz: `Berichte`, `Airprox/Vorfälle/Unfälle`.

häufigsten betroffen sind die Flugzeuge der kleinsten Gewichtsklasse, gefolgt von den Kategorien Helikopter und Motorsegler/Segelflugzeuge.

Tabelle 18 zeigt, welche HK\* bei Unfällen, Vorfällen und Airprox-Ereignissen häufig verantwortlich sind. Berücksichtigt wurden nur jene HK\*, die mindestens 20mal genannt wurden.

Tabelle 18

*Hauptkategorien, welche für Unfälle, Vorfälle und Airprox hauptsächlich verantwortlich sind*

Berichte	Hauptkategorien
Unfälle	HK 56: Kollisionen (107)
	HK 13: Kontrollverlust (101)
	HK 31: technische Probleme mit dem Luftfahrzeug (45)
	HK 54: Unzweckmässige Flugtaktik (33)
	HK 62: Steuerung/Konfiguration (32)
	HK 7: Training/Erfahrungsmangel (29)
	HK 4: Vorbereitung/Planung (25)
	HK 37: Wind/Thermik (21)
Vorfälle	HK 49: Umgang mit Wetterbedingungen (20)
	HK 43: Personal-Probleme (43)
Airprox	HK 31: Technische Probleme mit dem Luftfahrzeug (36)
	HK 4: Vorbereitung/Planung (105)
	HK 18: Aufmerksamkeit/Wahrnehmung ATC (25)
	HK 74: Kommunikation (24)
	HK 51: Probleme im Umgang mit Höhe (21)
	HK 61: Clearance-Überschreitungen (21)
HK 52: Luftraumverletzungen (20)	

*Anmerkung.* HK=Hauptkategorie. Die Häufigkeiten sind in Klammern angegeben.

Im Folgenden wird dargestellt, welche HK\* häufig in der Allgemeinen Luftfahrt und welche im Linien-/Bedarfsluftverkehr ein Problem sind. Um die Anzahl der HK\* auf die wichtigsten zu beschränken, wurde nur jene berücksichtigt, welche sich über die Art des Fluges auf einem Alpha-Niveau von .01 unterschieden haben (Datensatz: "Luftfahrzeuge", Airprox/Vorfälle/Unfälle):

- Probleme der Allgemeinen Luftfahrt: HK\* 4, 7, 13, 32, 37, 39, 54, 56, 62 und 75. Hauptsächlich sind dies Vorbereitung/Planung, Trainings-/Erfahrungsmangel, Kontrollverlust, Motorenprobleme, Probleme mit Winden und Thermik, Hindernisse, unzweckmässige Flugtaktiken, Kollisionen, Steuerungs- und Konfigurationsprobleme sowie Probleme während der Ausbildung.

- Probleme des Linien-/Bedarfsluftverkehrs: HK\* 18, 19, 24, 25, 27, 51, 59, 61, 70 und 74. Dies sind ATC\*-seitig: Aufmerksamkeit und Wahrnehmung, Einschätzungsprobleme von

Konflikten, Fehler im Traffic Management. Piloten-seitig: Problem im Umgang mit der Höhe, Clearance-Probleme (Höhenfreigaben und Überschreitungen) und CRM\*-Probleme.

Im folgenden Abschnitt wird dargestellt, welche HK\* häufig bei Flügen nach Sicht- und Instrumentenflugregeln das Problem sind. Berücksichtigt wurden wiederum nur jene HK\*, die sich über die Flugregeln auf einem Alpha-Niveau von .01 unterscheiden haben und deren Häufigkeiten bezüglich VFR\*/IFR\* um mindestens 20 auseinander liegen (Datensatz: "Luftfahrzeuge", Airprox/Vorfälle/Unfälle). Auch hier wurde das Alpha-Niveau angepasst, um die Anzahl der HK auf die wichtigsten zu beschränken:

- Probleme bei Flügen nach Sichtflugregeln: HK\* 4, 7, 13, 54 und 56.
  - Probleme bei Flügen nach Instrumentenflugregeln: HK\* 18, 24, 27, 31, 51, 59, 61 und 74.
- Diese Kategorien werden hier nicht aufgeführt, weil es annähernd dieselben sind wie jene unter den Kategorien Allgemeine Luftfahrt, Linien-/Bedarfsluftfahrt.

Tabelle 19 zeigt, wie häufig die Shellkategorien und ausgewählte HK\* über die Lizenz des verantwortlichen Piloten genannt wurden. Es werden nur jene HK\* näher betrachtet, deren Häufigkeiten mindestens 10 betragen und deren Differenzen der Häufigkeiten über die Lizenz des verantwortlichen Piloten sich um mindesten 10 Nennungen unterscheiden haben.

Tabelle 19

*Häufigkeitsverteilung der Shell- und Hauptkategorien in Relation zur Lizenz des verantwortlichen Piloten*

Shell- und Hauptkategorien	Lizenz des verantwortlichen Piloten		
	PPL	CPL	ATPL
Liveware	61	48	14
Software	4	4	4
Hardware	26	23	39
Environment	19	18	5
Liveware-Environment	56	48	12
Liveware-Software	12	7	6
Liveware-Hardware	22	22	12
Liveware-Liveware	11	18	11
HK4:Vorbereitung/Planung	10	13	1
HK7:Trainings-/Erfahrungsmangel	14	7	3
HK13:Kontrollverlust	47	27	6
HK31:techn. Lfz-Probleme	18	20	36
HK32:Motoren-Probleme	11	3	0
HK54:Unzweckmässige Flugtaktik	17	10	2
HK56:Kollisionen	47	32	8

*Anmerkung.* PPL=Private Pilot Licence, CPL=Commercial Pilot Licence, ATPL=Airline Transport Pilot Licence, HK=Hauptkategorie. Datensatz: 'Piloten', 'Airprox/ Vorfälle/ Unfälle'.

Die Häufigkeiten drücken aus, welche Piloten mit welchen Lizenzen bezüglich einer Shell- oder HK\* vermehrt Probleme aufwiesen: Privatpiloten hatten vermehrt Probleme mit Trainings-/Erfahrungsmangel, verloren häufiger die Kontrolle über das Luftfahrzeug, hatten mehr Probleme mit dem Motor, wählten häufiger eine unzuweckmässige Flugtaktik und kollidierten etwas häufiger mit Hindernissen. Berufspiloten zeigten leicht häufiger Probleme bezüglich der Vorbereitung und Planung. Linienpiloten hingegen hatten im Vergleich mit anderen Piloten häufiger technische Probleme mit den Luftfahrzeugen.

Anschliessend wurde analysiert, ob gewisse HK\* häufiger auftreten, wenn Luftfahrzeuge von einem bzw. von zwei Piloten gesteuert werden. Ausschlusskriterium für die HK\* war, dass nur jene HK\* berücksichtigt wurden, deren Nennungshäufigkeit mindestens 10 betrug und deren Differenzen über die Anzahl Piloten sich um mindestens 10 Häufigkeiten unterschieden haben (Datensatz: "Piloten", Airprox/Vorfälle/Unfälle). Wurde ein Luftfahrzeug nur von einem Piloten gesteuert, traten häufiger Probleme bezüglich der Vorbereitung und Planung auf (Nennung der HK4: 1 Pilot: 21; 2 Piloten: 4), es kam häufiger zu hohen Arbeitsbelastungen und Drucksituationen (HK5: 12; 1), Trainings- und Erfahrungsmangel spielten häufiger eine Rolle (HK7: 23, 6), es kam vermehrt zu Kontrollverlusten (HK13: 82, 18), zu Motorproblemen (HK32: 13; 2), Problemen bezüglich Winden und Thermik (HK37: 18; 3), Problemen mit Hindernissen (HK39: 11; 1), Einschätzungsproblemen bezüglich der Umwelt (HK45: 14; 2), Anwendung unzuweckmässiger Flugtaktiken (HK54: 27; 8) und es kam vermehrt zu Kollisionen (HK56: 83; 18). Mit den hier für die HK\* festgelegten Kriterien kam es nur bei einer HK\* häufiger zu Problemen, wenn zwei Piloten ein Luftfahrzeug pilotiert haben: technische Probleme mit dem Luftfahrzeug (HK31: 30; 50). Dieser Umstand wird auf die Tatsache zurückzuführen sein, dass Flugzeuge der Kategorie A von 2 Piloten gesteuert werden. Diese Flugzeuge verfügen über mehr Technik und hegen mehr Potenzial für technische Probleme.

Nach demselben Prinzip wurden die HK\* auch über die Gesamtanzahl der Flugstunden des verantwortlichen Piloten betrachtet, welche dieser auf allen Luftfahrzeug-Mustern über seine gesamte Karriere hatte. Die Flugstunden wurden in Terzile aufgeteilt. 1. Terzil: wenig Erfahrung, 16-400 h, 2. Terzil: mittlere Erfahrung, 401-2000 h, 3. Terzil: viel Erfahrung 2001-20750 h. Berücksichtigt wurden nur jene HK\*, deren Häufigkeiten mindestens 10 betragen. Des Weiteren wurden nur jene HK\* berücksichtigt, die zwischen den Häufigkeiten eine Differenz von mindestens 7 aufwiesen (Datensatz: "Piloten", Airprox/Vorfälle/Unfälle). Es zeigte sich, dass Piloten mit wenig Erfahrung häufiger einen Mangel an Training und Erfahrung zeigen (HK7; wenig Erfahrung: 16, mittel: 5, viel: 7), häufiger die Kontrolle über das Luft-

fahrzeug verlieren (HK13; 38, 35, 26) und häufiger eine unzweckmässige Flugtaktik anwenden als Piloten des 2. und 3. Terzils (HK54; 16, 11, 8). Piloten mit viel Erfahrung zeigen Probleme, welche typisch sind für ihre Tätigkeiten: Lasttransporte, CRM\*-Probleme und Kommunikationsprobleme.

Nach demselben Prinzip wurden die HK\* auch über das Alter der verantwortlichen Piloten betrachtet. Das Alter der verantwortlichen Piloten wurde in Terzile eingeteilt. 1.Terzil: jung, 17-41 Jahre, 2.Terzil: mittel, 42-53 Jahre, 3.Terzil: alt, 54-78 Jahre. Es wurden nur jene HK\* berücksichtigt, deren Summen der Häufigkeiten mindestens 10 und die Differenz zwischen der grössten und kleinsten Häufigkeit mindestens 7 betragen (Datensatz: "Piloten", Airprox/Vorfälle/Unfälle). Die betroffenen Kategorien bezogen sich einzig auf junge Piloten: Diese hatten mehr Probleme aufgrund von Fehlern bei der Vorbereitung und Planung (HK4; jung: 14, mittel: 9, alt: 4), zeigten häufiger Trainings- und Erfahrungsmangel (HK7; 15, 6, 7) und hatten häufiger technische Probleme mit dem Luftfahrzeug (HK31; 37, 26, 15). Des Weiteren traten bei jungen Piloten häufiger Einschätzungsprobleme bezüglich der Umwelt auf (HK45; 8, 6, 1), es wurden häufiger unzweckmässige Flugtaktiken angewendet (HK54; 17, 12, 6) und es kam öfter zu Problemen bezüglich der Masse, des Schwerpunktes und der Leistungsgrenzen des Luftfahrzeugs (HK67; 8, 4, 1).

#### 4.8 Die Rolle der Piloten

Die Art des Berichtes unterschied sich bezüglich der Beteiligung der Piloten,  $\chi^2$  (4,  $N = 524$ ) = 50.90,  $p < .001$  (Datensatz: „Berichte“, alle Berichte). Bei 524 von 674 Berichten war bekannt, ob Piloten am Ereignis mitbeteiligt waren oder nicht. Bei Airprox\*-Ereignissen waren Piloten in 74% beteiligt, bei Unfällen in 81%, bei Vorfällen in 33%, bei Orientierungen in 38% und bei Summarischen in 77%.

Als nächstes wurde betrachtet, wie häufig es in der Allgemeinen Luftfahrt und im Linien-/Bedarfsluftverkehr zu Kontrollverlusten kommt. Die Art des Fluges unterschied sich bezüglich des Kontrollverlustes,  $\chi^2$  (1,  $N = 713$ ) = 203.97,  $p < .001$  (Datensatz: "Luftfahrzeuge", alle Berichte). In der Allgemeinen Luftfahrt kam es bei 292 von 490 analysierten Luftfahrzeugen zu einem Kontrollverlust über das Luftfahrzeug, was 60% entspricht; hingegen im Linien-/Bedarfsluftverkehr in lediglich 3% (6 Kontrollverluste von 223 Luftfahrzeugen).

Flüge nach VFR\* enden sehr viel häufiger mit einem Kontrollverlust über das Luftfahrzeug als Flüge nach IFR\*: Die Variable Kontrollverlust unterschied sich bezüglich der Flugregeln,  $\chi^2$  (1,  $N = 760$ ) = 226.36,  $p < .001$  (Datensatz: „Luftfahrzeuge“, alle Berichte). Als

Basisrate kann das Verhältnis der VFR\*- und IFR\*-Flüge verwendet werden: Laut Skyguide (2009) landeten im Jahr 2005 auf den grösseren schweizerischen Flugplätzen 33% der Flüge nach VFR und 67% nach IFR. Von den 486 VFR\*-Flügen, die zu einem Ereignis geführt haben, endeten 63% mit dem Verlust der Kontrolle über das Luftfahrzeug; bei den 274 IFR\*-Flügen waren es 7%. Unter Berücksichtigung dieser Basisrate finden 83% aller Kontrollverluste mit VFR\*- und 17% mit IFR\*-Flügen statt.

Bei Flügen nach Sichtflugregeln waren Piloten häufiger an Ereignissen mitbeteiligt (83%) als bei Flügen nach Instrumentenflugregeln (61%). Die Flugregeln unterschieden sich bezüglich der Beteiligung der Piloten,  $\chi^2 (1, N = 647) = 40.56, p < .001$  (Datensatz: "Luftfahrzeuge", alle Berichte).

Die Lizenz der Piloten unterschied sich bezüglich Kontrollverlust,  $\chi^2 (2, N = 401) = 39.57, p < .001$  (Datensatz: "Piloten", alle Berichte). Bei 401 Ereignissen war bekannt, ob die Piloten die Kontrolle verloren haben oder nicht. Bei Privatpiloten endeten 64% der Ereignisse mit Kontrollverlust, bei Berufspiloten mit 62% und bei Verkehrspiloten mit 22%.

Die Variable Kontrollverlust wurde auch über die Luftfahrzeugkategorie betrachtet. Dabei unterschied sich der Kontrollverlust bezüglich der Luftfahrzeug-Kategorie,  $\chi^2 (6, N = 529) = 102.12, p < .001$  (Datensatz: „Berichte“, alle Berichte). In 529 von 674 Berichten war bekannt, ob es mit einer Luftfahrzeugkategorie zu einem Kontrollverlust kam oder nicht. Kam es mit Motorseglern und Segelflugzeugen zu Ereignissen, endeten diese in 79% mit einem Kontrollverlust, bei Helikoptern in 69%, bei Flugzeugen zwischen 2250 und 5700kg MTOM\* in 65% und bei Flugzeugen kleiner als 2250kg MTOM\* in 63%. Mit Flugzeugen grösser 5700kg MTOM\* kam es lediglich in 8% zu Kontrollverlusten. Da die Häufigkeit der bekannten Fälle der Kategorie Freiballone, Luftschiffe und Fesselballone sehr gering war, kann über diese Kategorien keine Aussage gemacht werden.

Wie häufig ein Ereignis bezüglich des geographischen Ortes, an dem sich das Ereignis zutrug, mit oder ohne Kontrollverlust ausging, war in 634 von 674 Berichten bekannt. Im Gebirge (ab 1500m AMSL\*) endeten Ereignisse in 87% (Häufigkeit der Ereignisse: 75) der Fälle mit Kontrollverlust, im Wasser mit 83% (5) im Gelände (bis 1500m AMSL\*) mit 76% (108), Unfälle in der Luft (Zusammenstösse) in 73% (8) und auf Flugplätzen mit 47% (114). Bezüglich der restlichen Orte konnte aufgrund derer geringen Häufigkeiten keine Aussage gemacht werden. Der Kontrollverlust unterschied sich bezüglich des Ereignis-Ortes,  $\chi^2 (9, N = 634) = 239.73, p < .001$  (Datensatz: „Berichte“, alle Berichte).

Tabelle 20 zeigt die Art der Lizenz der verantwortlichen Piloten, betrachtet in Relation zur Unfallursache. Die Lizenz der Piloten unterschied sich bezüglich der Unfallursache,  $\chi^2$

(10,  $N = 417$ ) = 67.72,  $p < .001$ . Bei Privat- und Berufspiloten waren häufig menschliche Faktoren, bei Linienpiloten hingegen oft die Technik für Ereignisse verantwortlich.

Tabelle 20

*Ereignis-Ursache in Relation zur Lizenz des verantwortlichen Piloten*

Ursache	Lizenz verantwortlicher Pilot			Gesamt
	PPL	CPL	ATPL	
HF	106 (46%)	63 (53%)	19 (29%)	188
HF und Technik oder Umwelt	26 (11%)	16 (13%)	2 (3%)	44
Nicht genau bestimmbar	52 (23%)	14 (12%)	5 (8%)	71
Technik	44 (19%)	21 (18%)	40 (60%)	105
Technik und Umwelt	1 (0%)	1 (1%)	0 (0%)	2
Umwelt	2 (1%)	5 (4%)	0 (0%)	7
Gesamt	231 (100%)	120 (100%)	66 (100%)	417

*Anmerkung.* HF=Human Factors. PPL=Private Pilot Licence, CPL=Commercial Pilot Licence, ATPL=Airline Transport Pilot Licence. Datensatz: `Piloten`, `alle Berichte`.

Tabelle 21 zeigt, wie häufig es mit bestimmten Luftfahrzeug-Kategorien zu Ereignissen gekommen ist und welche Pilotenlizenzen dabei betroffen waren. Die Lizenz des verantwortli-

Tabelle 21

*Luftfahrzeugkategorie in Bezug zur Lizenz des verantwortlichen Piloten*

Luftfahrzeug Kategorie	Lizenz verantwortlicher Pilot			Gesamt
	PPL	CPL	ATPL	
A: Flugzeuge > 5700kg MTOM	0 (0%)	1 (1%)	50 (76%)	51
B: Flugzeuge 2250 - 5700kg MTOM	8 (3%)	11 (9%)	3 (4%)	22
C: Flugzeuge < 2250kg MTOM	177 (78%)	45 (38%)	10 (15%)	232
D: Helikopter	15 (7%)	61 (51%)	0 (0%)	76
E: Motorsegler und Segelflugzeuge	28 (12%)	1 (1%)	3 (5%)	32
Gesamt	228 (100%)	119 (100%)	66 (100%)	413

*Anmerkung.* PPL=Private Pilot Licence, CPL=Commercial Pilot Licence, ATPL=Airline Transport Pilot Licence. Datensatz: `Piloten`, alle Berichte.

chen Piloten unterschied sich bezüglich der geflogenen Luftfahrzeugkategorie,  $\chi^2$  (8,  $N = 413$ ) = 419.86,  $p < .001$ . Diese Zahlen müssten mit den Basisraten verglichen werden, d.h. mit der Anzahl Flüge von Privat-, Berufs- und Linienverkehrspiloten, welche jedoch nicht verfügbar sind.



Die Lizenz der Piloten unterschied sich bezüglich Flugphase,  $\chi^2$  (14,  $N = 414$ ) = 63.76,  $p < .001$ . Die Landung (Landing\*) machte nicht nur Privatpiloten, sondern auch Berufs- und Verkehrspiloten am häufigsten zu schaffen.

Tabelle 22 zeigt bezüglich der Betriebsart, wie häufig Piloten bei Ereignissen ein Luftfahrzeug alleine oder zu zweit gesteuert haben. Von den Flügen, bei welchen es zu einem Ereignis kam, wurden Arbeits- und Privatflüge häufiger alleine, gewerbsmässige Flüge und Schulungsflüge hingegen vermehrt zu zweit durchgeführt. Die Betriebsart unterschied sich bezüglich der Anzahl der Piloten,  $\chi^2$  (5,  $N = 544$ ) = 262.76,  $p < .001$ . Auch diese Zahlen müssten mit den Basisraten verglichen werden, d.h. mit der Anzahl Flüge mit einem und zwei Piloten, welche jedoch nicht verfügbar sind.

Tabelle 22

*Betriebsart in Bezug zur Anzahl der Piloten and Bord eines Luftfahrzeuges*

Betriebsart	Anzahl Piloten		Gesamt
	1	2	
Arbeitsflüge	28	2	30
Gewerbsmässig	30	71	101
Privat	334	12	346
Rettungseinsätze	2	0	2
Schulung	25	39	64
Technischer Flug	0	1	1
Gesamt	419	125	544

*Anmerkung.* Datensatz: `Luftfahrzeuge`, `alle Berichte`.

#### 4.8.1 Erfahrung der Piloten

In der Analyse wurden zwischen folgenden Flugstunden unterschieden:

- (a) alle Flugstunden über die gesamte Karriere des Piloten, auf allen Luftfahrzeugen,
- (b) alle Flugstunden über die gesamte Karriere des Piloten, auf dem Unfallmuster,
- (c) alle Flugstunden in den letzten 90 Tagen, auf allen Luftfahrzeugen,
- (d) alle Flugstunden in den letzten 90 Tagen, auf dem Unfallmuster.

Abbildung 7 zeigt die Häufigkeit der Ereignisse in Abhängigkeit der Flugstunden des verantwortlichen Piloten für a) ( $N = 506$ ,  $M = 2593.84$ ,  $SD = 3909.51$ ).

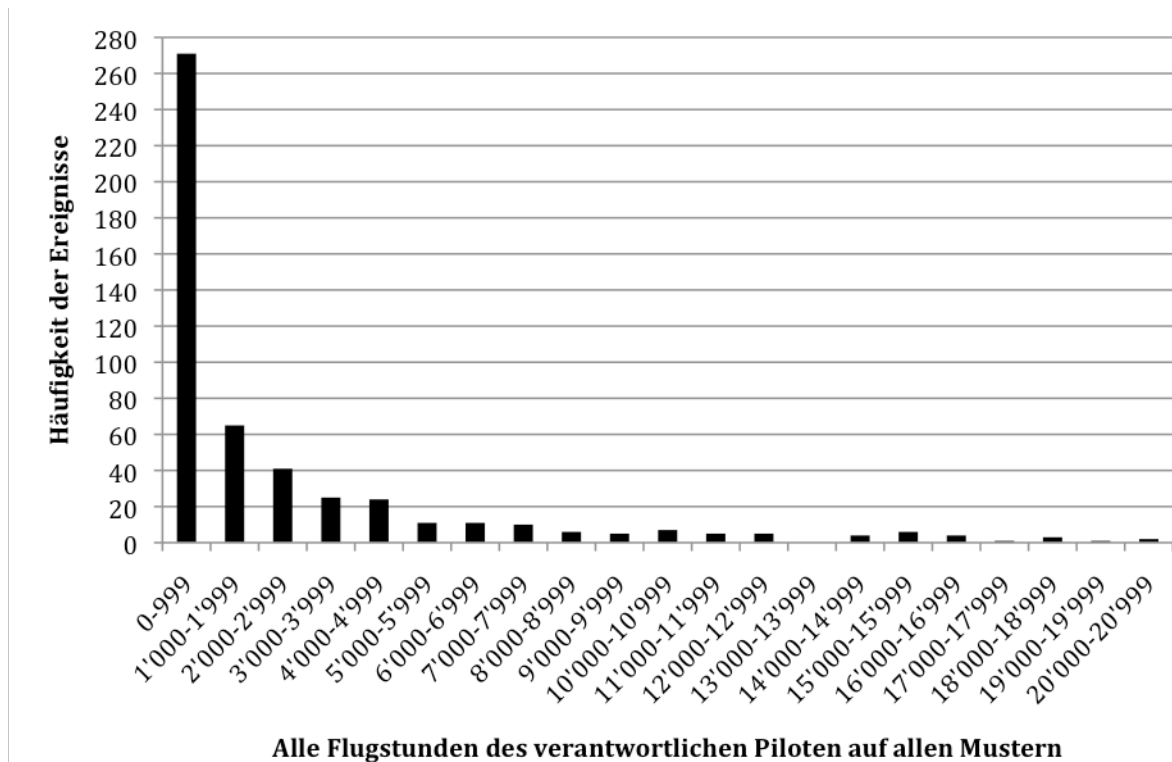


Abbildung 7. Histogramm der Flugstunden gemäss (a) der verantwortlichen Piloten in Relation zur Häufigkeit von Ereignissen. Datensatz: `Piloten`, `alle Berichte`.

Auch die Histogramme für (b), (c) und (d) waren linkssteil, d.h. je mehr Stunden der verantwortliche Pilot geflogen ist, desto weniger Ereignisse geschahen. Diese Zahlen müssten mit den Basisraten verglichen werden, d.h. mit der Gesamtzahl der Flugstunden in Relation zur Lizenz des verantwortlichen Piloten, welche jedoch nicht verfügbar sind.

#### 4.8.2 Alter der Piloten

Um festzustellen, ob es einen Zusammenhang zwischen dem Alter des verantwortlichen Piloten und dem Schweregrad der Verletzungen gibt, wurde eine einfaktorische Varianzanalyse (ANOVA) ohne Messwiederholung durchgeführt, mit dem Schweregrad der Verletzung als unabhängige Variable. Das Alter der verantwortlichen Piloten war normalverteilt. Die Analyse fiel statistisch signifikant aus,  $F(2, 547) = 3.479$ ,  $p = 0.032$ , was bedeutet, dass das Alter des verantwortlichen Piloten auf den Schweregrad der Verletzungen einen Einfluss hat (leicht oder keine Verletzungen,  $M = 46.43$ ,  $SD = 12.23$ ; schwer,  $M = 46.43$ ,  $SD = 11.73$ ; tödlich,  $M = 49.84$ ,  $SD = 11.89$ ). Der Kontrast zwischen „leicht/keine“ und „schwer“ mit „tödlich“ fiel statistisch signifikant aus  $F(1, 547) = 5.624$ ,  $p = 0.018$ . Dies bedeutet, dass bei einem tödlichen Unfall das Durchschnittsalter höher ist, als wenn ein Ereignis schwer oder leicht/keine Verletzte fordert. Eine Erklärung wird in der Diskussion gegeben.

Anschliessend wurde untersucht, ob es einen Effekt gibt bezüglich des Alters und Kontrollverlustes. Ein t-Test für unabhängige Stichproben, mit Alphalevel .05, zeigte einen signifikanten Effekt bezüglich des Kontrollverlustes,  $t(518) = 2.38$ ,  $p = 0.017$  (zweiseitiger Test). Aus der deskriptiven Statistik ist ersichtlich, dass das Alter bei auftretenden Kontrollverlusten höher ist ( $M = 47.89$ ,  $SD = 12.27$ ), als wenn keine Kontrollverluste erfolgen ( $M = 45.30$ ,  $SD = 11.86$ ).

#### 4.8.3 Masse und Schwerpunkt

In 15 Fällen wurden Flüge durchgeführt, wo die Masse und/oder der Schwerpunkt ausserhalb der zugelassenen Limiten lagen. In allen Fällen waren nur Flüge der Allgemeinen Luftfahrt betroffen (Datensatz: "Luftfahrzeuge", alle Berichte), in allen Fällen resultierte ein Unfallbericht, in allen Fällen waren Piloten beteiligt und alle Flüge wurden nach VFR\* durchgeführt. In 2 Fällen kam es zu leichten oder keinen Verletzungen, in einem Fall zu schweren und in 12 Fällen (87%) gar zu tödlichen Verletzungen. 4 der 15 betroffenen Piloten gehörten, nach der weiter oben eingeführten Kategorisierung, dem Terzil „jung“, 6 dem Terzil „mittel“ und 5 dem Terzil „alt“ an ( $M = 49.67$ ,  $SD = 12.60$ ). In 12 Fällen wurde das Luftfahrzeug von einem Piloten geflogen, in 2 Fällen von 2 und in einem Fall war dies unbekannt. In 12 von 15 Berichten war bekannt, welche Lizenzen die Piloten hatten: 9 hatten eine PPL\*, 3 eine CPL\*; keiner der Piloten hatte eine ATP-Lizenz\*. An den 15 Ereignissen waren 10 Flugzeuge der Kategorie C, ein Helikopter, 3 Motorsegler/Segelflugzeuge und ein Fesselballon beteiligt.

#### 4.9 Die Rolle der Flugsicherung

ATC\* war in 555 von 674 analysierten Berichten entweder nicht betroffen, die Flüge wurden unkontrolliert durchgeführt oder ATC\* hat keine Fehler gemacht. In 38 Fällen war unbekannt, ob ATC\* eine Rolle gespielt hat oder nicht. Für alle folgenden Auswertungen wurde der Datensatz: „Berichte“, alle Berichte` verwendet. Anzumerken ist, dass der Unfall von Überlingen in der vorliegenden Analyse nicht berücksichtigt wurde, weil sich die beiden beteiligten Luftfahrzeuge ausserhalb der Schweiz befanden und keines in der Schweiz gestartet war oder die Absicht hatte, in der Schweiz zu landen.

- *Flüge von ATC\* kontrolliert, ATC hat Fehler gemacht, die nicht Ursache für Ereignisse waren:* In 36 Berichten hat ATC\* zwar Fehler gemacht, jedoch waren diese Fehler nicht die Ursache für die Ereignisse. In allen 36 Berichten waren die Piloten mitverantwortlich für das Geschehen. In 15 Berichten handelte es sich um Flüge des Linien-/ Bedarfsluftverkehrs, in 16 Fällen waren sowohl Flüge der Allgemeinen Luftfahrt wie auch des Linien-/

Bedarfsluftverkehrs betroffen und in 5 Berichten nur Luftfahrzeuge der Allgemeinen Luftfahrt. 15 der 36 betroffenen Luftfahrzeuge flogen nach IFR\*, 3 nach VFR\* und bei 18 Berichten waren mehrere Luftfahrzeuge beteiligt, die sowohl nach IFR\* wie auch nach VFR\* flogen. 28 Ereignisse resultierten in einem Airprox\* und 8 Ereignisse in einem Unfall. 31 Ereignisse gingen mit leichten oder keinen, 1 Ereignis mit schweren und 4 Ereignisse mit tödlichen Verletzungen aus.

- *Flüge von ATC\* kontrolliert, ATC hat Fehler gemacht, welche die Ursache für Ereignisse waren:* ATC\* hat in 45 Fällen Fehler gemacht, welche für das Ereignis als Ursache betrachtet werden müssen. Davon war in einem Bericht die Technik für die Fehler verantwortlich. In 17 Berichten waren die Piloten für das Geschehen mitverantwortlich, in 28 Berichten traf die Piloten kein Verschulden. In 35 Fällen handelte es sich um kontrollierte Flugzeuge des Linien-/Bedarfsluftverkehrs, in 10 Fällen sowohl um Flüge der Allgemeinen Luftfahrt, wie auch des Linien-/Bedarfsluftverkehrs. 43 der 45 Flüge folgten IFR\* und bei 2 Berichten waren mehrere Luftfahrzeuge betroffen, die sowohl nach IFR\*, wie auch nach VFR\* unterwegs waren. Bei 43 Ereignissen handelte es sich um Airprox\* und bei 2 Ereignissen um einen Vorfall. Alle 45 Ereignisse gingen mit leicht oder keinen Verletzungen aus, in keinem Fall resultierten schwere oder tödliche Verletzungen. Bei diesen Ereignissen waren folgende ATC\*-Einheiten (ATC-Unit\*) betroffen: 18 mal ACC\*, 12 mal Approach\*, 6 mal Tower\*, 4 mal Approach und ACC, 4 mal Approach und Tower und 1 mal unbekannt.

## 5. Diskussion

In Relation zur jährlich zurückgelegten Strecke ist die Luftfahrt im Vergleich zum Strassenverkehr sehr sicher. Bezüglich Sicherheit muss jedoch zwischen dem Linien-/Bedarfsluftverkehr und der Allgemeinen Luftfahrt unterschieden werden: Grob gesagt werden Flüge des Linien-/Bedarfsluftverkehrs vor allem mit Luftfahrzeugen grösser 5700kg MTOM\*, Flüge der Allgemeinen Luftfahrt mit Luftfahrzeugen bis 5700kg MTOM\* durchgeführt. Aus den Zahlen der Jahresstatistik über Flugunfälle des BFU (2007) kann abgeleitet werden, dass im Linien-/Bedarfsluftverkehr 4 Unfällen pro 100'000 Flugstunden, in der Allgemeinen Luftfahrt hingegen 15 Unfälle pro 100'000 Flugstunden resultieren. Diese Zahlen zeigen deutlich die erhöhte Gefahr der Allgemeinen Luftfahrt.

Die hohe Sicherheit im Linien-/Bedarfsluftverkehr kommt einerseits durch die hohen Standards an Technik und Personal und andererseits durch die hoch entwickelte Technik und Professionalität von allen beteiligten Personen zustande. In der Allgemeinen Luftfahrt hingegen sind unter anderem die medizinischen Anforderungen geringer, Flüge werden vor allem in unkontrollierten Lufträumen durchgeführt, Piloten steuern Luftfahrzeuge oft alleine und die Luftfahrzeuge sind mit weniger Technik ausgerüstet.

### 5.1 Diskussion der Ergebnisse

Die Anzahl der analysierten Berichte pro Jahr unterscheidet sich von den in der Schweiz registrierten Ereignissen pro Jahr, was auf die Ein- und Ausschlusskriterien zurückzuführen ist. Für den Vergleich der Zahlen aus der Analyse und der Statistiken des BAZL\*/BFU\* wirkt sich dieser Umstand etwas nachteilig aus, weil Zahlen nicht direkt verglichen werden können.

Laut Bartsch (2005) müssen 75% aller Flugunfälle auf HF\* und 25% auf die Technik zurückgeführt werden. Diese Zahlen erweisen sich in der vorliegenden Analyse als ähnlich: 69% HF\*, 18% Technik, 2% Umwelt. Die restlichen 11% waren Kombinationen dieser drei Kategorien oder die Ursache war unbekannt. Bezüglich der Umwelt ist folgendes zu bemerken: Die Umwelt ist im System Aviatik integriert. Dies bedeutet, dass beispielsweise anhand der Flugregeln genau definiert ist, wie der Mensch mit der Umwelt umzugehen hat. Beispielsweise darf ein Pilot bei Flügen unter Sichtflugregeln nie in Wolken einfliegen und muss bestimmte Abstände zu den Wolken einhalten. Aus diesem Grund muss die Umwelt eher als ein beeinflussender Faktor statt als Ursache für Ereignisse betrachtet werden.

Die hohe Sicherheit des Linien-/Bedarfsluftverkehrs zeigt sich einerseits an der geringen Zahl von Ereignissen mit Verletzten und andererseits am Prozentsatz von Kontrollverlusten (8% aller Ereignisse) mit Flugzeugen der Kategorie A (grösser 5700kg MTOM\*). Auch wenn Probleme auftreten, können Flüge dieser Kategorie in den meisten Fällen sicher abgeschlossen werden. Die Unfallraten zeigen, dass es 2003 zu einem Anstieg von Ereignissen gekommen ist (vgl. Abbildung 2); es stellt sich die Frage weshalb. Unfälle ereignen sich praktisch ausschliesslich bei privaten Flügen der Allgemeinen Luftfahrt, welche unter Sichtflugregeln operierten; deshalb stellt sich die Frage, wie die Sicherheit dieser Flüge verbessert werden könnte.

Bei Airprox\*- und Unfall-Berichten waren HF\* die am häufigsten genannte Ursache, bei Vorfällen war es die Technik. HF\* sind am häufigsten für schwere und tödliche Ereignisse verantwortlich, hingegen sind Technik und Umwelt sehr selten die Ursachen. Dies zeigt die Wichtigkeit der Rolle des Menschen bezüglich Sicherheit. Sollen Ereignisse mit tödlichen und schweren Verletzungen minimiert werden, muss der Fokus zukünftig vor allem auf den Menschen gelegt werden.

Bei Airprox-Berichten spielen häufig die Kategorien L, L-E, L-S und L-L eine Rolle. Aus den HK\*, welche bei Airprox-Ereignissen am häufigsten genannten wurden, lässt sich ableiten, weshalb es häufig zu gefährliche Annäherungen in der Luft kommt: Pilotenseitig spielt die Vorbereitung/Planung sowie Missachtungen von Lufträumen, Flughöhen und Freigaben eine entscheidende Rolle; ATC\*-seitig stehen Probleme bezüglich Aufmerksamkeit und Wahrnehmung von Konflikten im Zentrum. Beidseitig ist häufig eine mangelhafte Kommunikation festzustellen. Luftfahrzeuge, welche versehentlich mit ausgeschaltetem Transponder\* fliegen oder nicht mit einem solchen ausgerüstet sind, können vom Radar der Flugsicherung und dem TCAS\* von Verkehrsflugzeugen nicht erfasst werden. Die Ausrüstung sämtlicher Luftfahrzeuge mit Transponder\* könnte dazu beitragen, gefährliche Annäherungen frühzeitig zu erkennen. Die derzeit diskutierte und eingeführte Mode-S\*-Transponderpflicht für VFR\*-Motorflugzeuge, wird dazu beitragen, Luftfahrzeuge besser identifizieren zu können.

Unfälle kommen hauptsächlich aufgrund von Pilotenfehlern (L) sowie dem Zurechtfinden des Piloten in der Umwelt (L-E) zustande. Sie können durch die Beachtung folgender Punkte vermindert werden: 1) gute Vorbereitung/Planung, 2) möglichst viel Training, 3) angemessener Umgang mit den Wetterbedingungen (insbesondere Wind und Thermik), 4) Wahl einer angemessenen Flugtaktik, 5) angemessene Luftfahrzeug-Konfiguration\*, 6) fundiertes Wissen über das Luftfahrzeug, um auf technische Probleme angemessen reagieren zu können,

7) durch eine saubere Steuerführung (Einhaltung Höhe, Kurs und Geschwindigkeit; Ausleitung von Stall\*-Zuständen).

In der Allgemeinen Luftfahrt kam es im Vergleich zum Linien-/Bedarfsluftverkehr häufiger zu Problemen aufgrund der Umwelt (E) sowie aufgrund des Umgangs der Piloten mit der Umwelt (L-E) und der Hardware (L-H). Ein möglicher Grund für Probleme mit der Umwelt könnte der folgende sein: Flüge der Allgemeinen Luftfahrt werden vermehrt nach VFR\* durchgeführt, wodurch diese Flüge stärker von den Wetterbedingungen und somit von der Umwelt abhängig sind. Probleme im Umgang mit der Hardware könnten davon herrühren, dass Masse- und Schwerpunkt-Berechnungen im Vergleich zum Linien-/Bedarfsluftverkehr womöglich weniger konsequent durchgeführt werden, Zustände von Luftfahrzeugen nicht immer angemessen eingeschätzt, Motoren häufiger unzuweckmässig bedient werden, oder dass es häufiger zu Problemen im Umgang mit dem Treibstoff kommt.

Piloten des Linien-/Bedarfsluftverkehrs hatten im Vergleich zur Allgemeinen Luftfahrt häufiger Probleme im Umgang mit der Software (L-S), und es gab vermehrt Probleme aufgrund von zwischenmenschlichen Faktoren (L-L). Probleme im Umgang mit der Software resultieren wahrscheinlich daraus, dass Flüge des Linien-/Bedarfsluftverkehrs ausschliesslich nach IFR\* durchgeführt werden, wobei Freigaben\* der Flugsicherung exakt eingehalten werden müssen; dadurch kann es häufiger vorkommen, dass Piloten unabsichtlich von Freigaben abweichen. Dass Probleme aufgrund zwischenmenschlicher Faktoren bei Flügen des Linien-/Bedarfsluftverkehrs häufiger auftreten als in der Allgemeinen Luftfahrt, überrascht nicht, da an der Systembedienung mehrere Besatzungsmitglieder beteiligt sind.

Kontrollverluste sind praktisch immer ein Problem der Allgemeinen Luftfahrt, nicht des Linien-/Bedarfsluftverkehrs. Die Zusammenstellung der am häufigsten genannten HK\* zeigt, dass die Kategorien `Kollision` und `Kontrollverlust` am Häufigsten genannt wurden. Diese Faktoren müssen aber eher als Resultat eines Ereignisses statt als Ursache gesehen werden. Der Grund liegt darin, dass es bei einer retrospektiven Unfall-Analyse vermutlich häufig schwierig ist, die genauen Ursachen und beitragenden Faktoren aufzudecken; hingegen sind eine Kollision und der damit verbundene Kontrollverlust offensichtlicher und werden somit wahrscheinlich auch häufiger in den Berichten als Faktor genannt. In einer weiteren Untersuchung sollten Kollisionen eher als generelle Variable statt als HK\* erhoben werden. Dass die Kategorie `Technische Probleme mit Luftfahrzeugen` sehr häufig genannt wurde, liegt vermutlich an den häufigen Nennungen in den Vorfall-Berichten. Die restlichen, häufig genannten HK\* zeigen, dass HF\* vor allem durch die Berücksichtigung folgender Faktoren vermindert werden können: Genauere Planung und Vorbereitung des Fluges, bessere Berücksichti-

gung der Konfiguration\*, klarere und missverständnisfreie Kommunikation, Wahl einer zweckmässigen Flugtaktik, genauere Einhaltung der Flughöhe und vermehrtes Flugtraining sowie eine adäquate Steuerführung. Wie die Wahrnehmung und Aufmerksamkeit verbessert werden könnten, müsste genauer betrachtet werden. Die Tatsache, dass Berufspiloten im Vergleich zu Privatpiloten von Mängeln bezüglich der Vorbereitung/Planung ungefähr gleich oft betroffen waren, erstaunt doch ein wenig.

In der Flugzeugkategorie `Flugzeuge kleiner 2250kg MTOM\*`, gefolgt von der Kategorie `Motorsegler und Segelflugzeuge`, kommt es am Häufigsten zu Ereignissen. Jedoch passieren die meisten Ereignisse mit schweren und tödlichen Verletzungen in der Kategorie `Helikopter`, gefolgt von der Kategorie `Motorsegler und Segelflugzeuge`. Der Grund der häufigen Verletzungen mit Helikoptern könnte darin liegen, dass mit Helikoptern oftmals angehängte Last transportiert wird. Dies zeigt sich auch darin, dass Manöver praktisch ausschliesslich mit Helikoptern durchgeführt wurden und dies jene Kategorie ist, welche am häufigsten schwere und tödliche Verletzungen fordert.

Es zeigt sich, dass die häufigsten Probleme während der Landephase auftreten. Bei der Betrachtung der Flugphase in Relation zu den Lizenzen der Piloten fällt auf, dass nicht nur Privatpiloten bei der Landung am häufigsten Probleme haben, sondern auch Berufs- und Linienspiloten. Sicher ist die Landung eine der schwersten Aufgaben während eines Fluges, vor allem wenn Winde und Böen ein Aufkreuzen\* erfordern. Dem Landetraining kommt deshalb besondere Bedeutung zu. Während und nach der Pilotenausbildung können Landungen nicht oft genug geübt werden. Die Wichtigkeit des Landetrainings zeigt sich bereits während der Flugausbildung: Während der Schulung kommt es am häufigsten zu Problemen bei der Landung (56%). Zukünftige Analysen könnten zeigen, was beim Landen häufig das Problem war. Probleme, welche in der Flugphase `Maneuvering\*` auftreten, führen am Häufigsten zu schweren und tödlichen Verletzungen (67% der Ereignisse); Bei Problemen aus den Phasen `En Route\*` und `Approach\*` heraus, bei welchen 40% der Ereignisse schwer oder tödlich Verletzte forderten, konnten Luftfahrzeuge häufiger gelandet werden, ohne dass jemand verletzt wurde.

Im Linien-/Bedarfsluftverkehr kommt es sehr selten zu Kontrollverlusten (3% der Ereignisse), was auf eine hohe Sicherheit hindeutet. In der Allgemeinen Luftfahrt hingegen ist Kontrollverlust an 60% der Ereignisse beteiligt. Somit stellt sich die Frage, wie Kontrollverluste in der Allgemeinen Luftfahrt verringert werden könnten.

Bei Ereignissen mit schweren und tödlichen Verletzungen waren hauptsächlich Luftfahrzeuge der Allgemeinen Luftfahrt betroffen. Piloten waren dabei in rund 97% der Fälle



mitbeteiligt. Dies unterstreicht den zentralen Stellenwert der HF\* und zeigt zwei Aspekte: Erstens stellt sich die Frage, wie Aufgaben der Piloten in einem immer komplizierter werdenden und dichter beflogenen Luftraum vereinfacht werden könnten. Zweitens zeigt dies den Piloten, dass sie selbst gravierende Ereignisse verhindern können; das „wie“ lässt sich aus jenen HK\* ableiten, welche häufig zu Ereignissen mit schweren und tödlichen Verletzungen geführt haben: Die Flugvorbereitung und -planung muss minutiös durchgeführt und die festgesetzten Limiten für Masse, Schwerpunkts und Leistungsgrenzen des Luftfahrzeugs genau eingehalten werden. Während des gesamten Fluges muss eine zweckmässige Flugtaktik und Konfiguration\* des Luftfahrzeugs gewählt werden, vor allem bei Flügen im Gebirge. Gefahren und Situationen müssen stets richtig eingeschätzt werden. Um Kollisionen mit Hindernissen und daraus resultierende Kontrollverluste zu vermeiden, ist eine dauerhafte Luftraumüberwachung entscheidend. Die Berücksichtigung des Wetters (bei Segelflügen vor allem der Winde und der Thermik) ist zentral, wobei Piloten auf Probleme in Bezug auf Sicht- und Lichtbedingungen gefasst sein müssen. Vielen Piloten werden diese Kategorien aus der Flugausbildung oder aus Aviatik-Magazinen wohlbekannt sein. Es stellt sich jedoch die Frage, weshalb diese Ursachen trotzdem häufig auftreten. Durch viel Training und Erfahrung können Piloten das Risiko für Unfälle reduzieren. Gerade für Piloten nach der Privatpilotenprüfung wäre es wichtig, die Übung aus der Flugausbildung aufrecht zu erhalten und möglichst viel am Steuer zu sitzen. Aus finanziellen und zeitlichen Gründen ist dies aber nicht immer möglich. Die hohe Wichtigkeit der Einhaltung der Limiten für Masse und Schwerpunkt zeigen die Folgen bei Nichteinhaltung: 87% der Ereignisse, bei welchen Masse oder Schwerpunkt ausserhalb der Grenzen lagen, führten zu tödlichen Verletzungen. Es stellt sich die Frage, ob Piloten auch in der Allgemeinen Luftfahrt durch technische Mittel vermehrt auf Verkehr und Hindernisse aufmerksam gemacht werden könnten (Stichwort: TCAS\*).

Die dargestellten Resultate zeigen die Wichtigkeit der Erfahrung: Je höher die Lizenz, desto weniger schwere und tödliche Verletzungen treten auf. Ereignisse kommen häufiger bei Piloten mit wenig Flugerfahrung vor. Eine Zunahme an Ereignissen bei vermehrter Flugerfahrung der Piloten hat sich aus den Daten nicht ergeben (vgl. Abbildung 7). Die Verwendung einer unzweckmässigen Flugtaktik tritt häufiger bei Piloten mit wenig Erfahrung auf. Eventuell sollte das Training einer angepassten Flugtaktik in der Ausbildung noch stärker betont und/oder geübt werden. Piloten mit viel Erfahrung haben häufiger Probleme mit angehängter Last und häufiger technische Probleme. Dies liegt daran, dass Lasttransporte und Flüge mit technisch komplexen Luftfahrzeugen ausschliesslich von erfahrenen Piloten durchgeführt werden.

Die Alterseffekte, welche bezüglich des Schweregrades der Verletzungen und des Kontrollverlustes festgestellt wurden, könnten auf folgende Gründe zurückzuführen sein: Innerhalb des analysierten Zeitraumes traten die meisten Ereignisse in den Kategorien C `Flugzeuge kleiner 2250kg MTOM\*` und E `Motorsegler und Segelflugzeuge` auf (366 Ereignisse). Dabei kam es in der Kategorie C in 26% zu schweren und tödlichen Verletzungen, in der Kategorie E in 37%. In diesen beiden Kategorien waren bei Ereignissen häufiger ältere Piloten involviert als jüngere, was womöglich damit zusammenhängt, dass für private Flüge der Luftfahrzeugkategorien C und E eine medizinische Tauglichkeitsprüfung der Klasse 2 vorgeschrieben ist, welche (im Gegensatz zur Klasse 1, für Berufspiloten) auch nach dem 65. Lebensjahr noch erworben werden kann. Das bedeutet, dass Flüge der Kategorien C und E möglicherweise vermehrt von älteren Piloten durchgeführt werden, was anhand der Basisraten bezüglich Alter der Piloten und der entsprechenden Luftfahrzeugkategorien geprüft werden müsste. Die entsprechenden Basisraten sind jedoch nicht verfügbar.

Die Resultate der Analyse lassen vermuten, dass mehr Ereignisse mit schweren und tödlichen Verletzungen auftreten, wenn ein Pilot alleine fliegt, als wenn ein Luftfahrzeug von zwei Piloten gesteuert wird. Auch diese Annahme müsste anhand der Basisraten weiter geprüft werden, was aufgrund der fehlenden Statistiken nicht möglich ist. Durch die sich ständig ändernde Umwelt und den Zeitdruck während des Fluges stösst ein Flugschüler am Anfang der Ausbildung häufig an die Grenzen seiner Leistungsfähigkeit, muss sich vermehrt auf bestimmte Aufgaben konzentrieren und andere Aufgaben vernachlässigen, bei welchen der Fluglehrer eingreifen hat. Im Verlaufe seiner Ausbildung lernt er durch Erfahrung mit Zeitdruck umzugehen und findet sich besser zurecht. Auch nach der Ausbildung können unvorhersehbare Ereignisse die Belastung stark erhöhen. Nach dem Grundsatz „vier Augen sehen mehr als zwei“ kann ein Zweitpilot bei der Luftraum- und Systemüberwachung daher eine grosse Hilfe sein. Gerade nach der Flugausbildung macht es durchaus Sinn, mit einem Zweitpiloten (sog. Safety-Pilot) zu fliegen.

Traten mit Segelflugzeugen und Motorseglern Ereignisse auf, endeten diese in 79% mit dem Verlust der Kontrolle, was auf die Schwierigkeit dieser Flugdisziplin hindeutet. 7 Ereignisse betrafen Zusammenstösse in der Luft, häufig weil sich Piloten gegenseitig nicht oder zu spät gesehen haben. Auch wenn dabei vielleicht die Ästhetik leiden würde, stellt sich die Frage, weshalb Segelflugzeuge und Motorsegler weiss und nicht farbig lackiert sind. Es wäre beispielsweise möglich, die Flügel in den Farben der Navigationslichter zu färben (links: rot, rechts: grün). Somit würden sich Segelflugzeuge und Motorsegler besser vom blauen Himmel und den weissen Wolken unterscheiden lassen, und Piloten könnten die Flugrichtung anderer

Luftfahrzeuge besser einschätzen. Natürlich könnte man diese Frage auch auf andere Luftfahrzeugkategorien, z.B. Motorflugzeuge der Allgemeinen Luftfahrt beziehen.

Bei Landungen auf dem Wasser kommt es in 83% zu Kontrollverlusten und 67% gehen mit schweren oder tödlichen Verletzungen aus. Wenn irgendwie möglich, sollten Notlandungen auf dem Land durchgeführt werden. Falls dies nicht möglich ist, sollte versucht werden, parallel und so nahe wie möglich am Ufer zu landen. Ereignisse im Gebirge enden in 87% mit Kontrollverlusten und führen in 67% zu schweren oder tödlichen Verletzungen. Diese Zahlen weisen auf die Schwierigkeiten des Gebirgsfluges hin und unterstreichen die Wichtigkeit, den Flug in Alternativen zu planen. Ereignisse im Gelände gehen in 53% mit schwer oder tödlich Verletzten aus. Dies zeigt, dass es Piloten über dem Gelände schon viel häufiger gelingt, ihre Luftfahrzeuge heil zu landen. Erstaunlich, aber durchaus positiv ist, dass Zusammenstöße in der Luft nicht häufiger zu schweren und tödlichen Verletzungen führen (55%). Der Grund liegt darin, dass die meisten Zusammenstöße mit Segelflugzeugen und Motorseglern passieren, bei welchen Piloten häufig mit Fallschirmen ausgerüstet sind.

Bezüglich CRM\* sollte untersucht werden, ob es häufiger zu Problemen kommt, wenn die Alters- und Erfahrungsdifferenz der zusammen fliegenden Piloten gross war. Dies konnte nicht untersucht werden, weil die Anzahl Fälle zu gering waren, bei welchen CRM\* Probleme aufgetreten sind und das Alter sowie die Erfahrung in den Berichten genannt wurden. Um CRM\*-Probleme zu erfassen, sollte in der Datenbank eine spezifische CRM\*-HK\* benutzt werden. HK72 wurde in der Analyse erst nach der Datenerhebung hinzugefügt. Weil CRM\* aus vielen verschiedenen Aspekten besteht, konnte diese HK nicht verwendet werden. HK74 widerspiegelt CRM am besten.

Ereignisse der Kategorien `Flugzeugen kleiner 2250kg MTOM`, `2250-5700kg MTOM\*`, `Motorsegler/Segelflugzeuge` und `Helikopter` passieren vermehrt im Sommer und Frühling. Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass in dieser Jahreszeit mehr Flüge in der allgemeinen Luftfahrt durchgeführt werden. Dadurch steigt auch das Verkehrsaufkommen, was wiederum die Komplexität der Flugdurchführung und das Kollisionsrisiko erhöht. Die Häufigkeit von Unfällen nimmt von morgens bis nachmittags zu. Die Gründe können entweder sein, dass am Nachmittag mehr Flüge durchgeführt werden, oder dass beispielsweise Ermüdung eine Rolle spielt. Auch hier müssten die Basisraten berücksichtigt werden, d.h. die Anzahl Flüge der verschiedenen Luftfahrzeugkategorien über den Tag, welche jedoch nicht verfügbar sind.

Grundsätzlich arbeitet ATC\* sehr zuverlässig und sicher. War ATC\* für ein Ereignis die alleinige Ursache (28 Fälle), kam es (ausser im Fall Überlingen, welcher in der Analyse

aufgrund der Ausschlusskriterien nicht berücksichtigt wurde) nie zu Verletzten. Die ATC\*-Technik war nur in einem Ereignis die Ursache für das Geschehen.

Über den Zeitraum der Analyse wurden nur in einem Unfallbericht Probleme bezüglich der Mensch-Maschine-Interaktion ausdrücklich benannt und als Ursache angeführt: Durch eine unzureichende Anordnung der Triebwerksteuerung schaltete der Pilot versehentlich den Motor aus, wodurch der Rotor des Helikopters zu drehen aufhörte. Ob weitere Ereignisse direkt auf Mängel in der Mensch-Maschine-Interaktion zurückzuführen sind, muss offen bleiben, weil bei der retrospektiven Analyse von Ereignissen oftmals nicht mehr genau rekonstruiert werden kann, ob derartige Probleme eine Rolle gespielt haben.

Bezüglich HF\* gibt es sicherlich „verborgene“ Faktoren, welche bei Ereignissen eine zentrale Rolle spielen, jedoch bei Unfällen sehr schwierig zu erfassen sind. Über den Zeitraum der Analyse gab es mehrere Ereignisse, bei welchen Unfälle aufgrund von gefährlichen Haltungen verursacht worden sind. Beispiele: Durchführung von verbotenen Kunstflug über dem Flugplatz (NTSB, 2000), oder Ausschalten des Motors, um Passagieren zu demonstrieren, dass ein Flugzeug auch ohne Motor fliegen kann (BFU, 2002). Während Piloten der Linien-/Bedarfsfliegerei und Flugverkehrsleiter auf deren Persönlichkeit hin eingestuft werden, wird dies von Privatpiloten nicht verlangt. Laut MFVS (2004) ist Flugschulen das Problem bezüglich der Piloten-Persönlichkeiten bekannt und es wird sehr viel Wert darauf gelegt, die Haltung und Einstellung der Piloten in Richtung höherer Sicherheit zu steuern und zu festigen.

## 5.2 Verbesserungsvorschläge, Kritik und Grenzen der Arbeit

Zuerst soll beschrieben werden, wie die FileMaker-Datenbank verbessert werden könnte:

- Gewisse Variablen, beispielsweise `Flugregeln` und `Luftfahrzeugkategorie`, waren nur für die Erhebung eines einzelnen Luftfahrzeugs festgelegt. Somit mussten die Informationen zu Luftfahrzeugen innerhalb der Variablen unterschieden werden, was bei der Datenaufbereitung zusätzlichem Aufwand bedeutete. Vor allem bei Airprox\*-Ereignissen waren in den Berichten jedoch mehrere Luftfahrzeuge beteiligt, weshalb die Datenbank um bis zu vier Luftfahrzeuge erweitert werden müsste.
- Die Datenbank war darauf ausgelegt, die Daten von zwei Piloten zu erfassen. Sassen die Piloten nicht im selben Luftfahrzeug, konnten nur die verantwortlichen Piloten (Kommandanten) berücksichtigt werden. Künftig sollten mindestens vier Piloten erfasst werden können.

- Bezüglich der Ursachen und beitragenden Faktoren könnte gleich in der Datenbank unterschieden werden, welche Personen betroffen waren, z.B. Flughelfer, Pilot, Passagier. Dies würde eine weitere Reduktion der HK\* bewirken, weil HK\* bisher für Piloten und Flugverkehrsleiter getrennt berücksichtigt wurden.
- Um das Wetter in eine Analyse mit einzubeziehen, könnte der Metar-Code\* miterhoben werden. Dabei müsste darüber diskutiert werden, wie dieser Code analysiert werden könnte.
- Es wurden nur die drei internationalen Lizenz-Stufen (PPL, CPL, ATPL)\* erhoben. In einer Folgeuntersuchung könnten ebenso die Berechtigungen (z.B. Klassen-, Muster-, Fluglehrerberechtigungen) mitberücksichtigten werden.
- Bezüglich der Umwelt könnte erfasst werden, ob die Umwelt eine Rolle gespielt hat und ob sich die Umwelt bewegt hat (z.B. andere Luftfahrzeuge, Fallschirmspringer) oder nicht (z.B. Hochspannungsleitungen, Berge).
- Die Datenbank sollte unterscheiden, ob eine Landung erzwungen (Notlandungen) oder geplant (normale Landungen) war.
- Die Zuweisung der Ursachen und beitragenden Faktoren zu den Kategorien des Shellmodells und der HK könnte direkt in der Datenbank erfolgen, was den Aufwand der Datenaufbereitung minimieren würde.
- Die Nationalität und das Alter der Flugverkehrsleiter waren sehr selten bekannt. Deshalb hätte auf die Erhebung dieser beiden Variablen verzichtet werden können.

Für weitere Untersuchungen wäre es sehr hilfreich, wenn das BFU\* in seine Berichte folgende Informationen einbeziehen würde:

- Angabe des Luftfahrzeug-Typs, d.h. ob es sich beim Luftfahrzeug um ein Multi-engine, Single-engine fixed gear, Single-engine retractable-gear, Segelflugzeug, Motorsegler, Helikopter, Ballon gehandelt hat.
- Angabe der Art des Fluges, d.h. ob ein Luftfahrzeug der Allgemeinen Luftfahrt angehörte oder ob der Linien-/Bedarfsluftverkehr betroffen war.
- Angabe jener Flugkategorien, welche auch auf der Webseite des BFU\* in dessen Berichtsuchmaske verwendet werden.
- Angabe Tag/Nacht, d.h. ob sich das Ereignis bezüglich der Tages- und Nachgrenzen bei Tag oder Nacht zugetragen hat.
- Angabe, welcher Pilot das Luftfahrzeug gesteuert hat, d.h. welcher Pilot „pilot-flying\*“ und welcher „pilot-non-flying\*“ war.

- Grobe Unfallursache, d.h. ob ein Ereignis auf HF\*, Technik, Umwelt oder eine Kombination daraus zurückzuführen war.
- Angabe der Beteiligung des ATC\*.
- Angabe der Flugphasen nach ICAO\*.

Folgende Punkte könnten in einer weiteren Untersuchung verbessert werden:

- Wo dies vermerkt war, sollten Statistiken mit den Basisraten verglichen werden. Zum Zeitpunkt des Abschlusses der Analyse waren die entsprechenden Statistiken zur Berechnung der Basisraten jedoch weder vom BFS\* noch vom BAZL\* oder vom BFU\* verfügbar.
- Luftfahrzeuge der Allgemeinen Luftfahrt sind nicht mit Voice-Recordern\* ausgerüstet und fliegen selten unter Radarführung. Aus diesem Grund müssen viele Ereignisse der Allgemeinen Luftfahrt u.a. anhand von Zeugenaussagen, Spuren und vorhandenen Dokumenten rekonstruiert werden, weshalb Ursachen und beitragende Faktoren öfters nicht mit vollkommener Sicherheit festzustellen sind. In der Analyse wurde zwar unterschieden, ob eine Ursache oder ein beitragender Faktor `sicher` oder `möglicherweise` aufgetreten ist. Aufgrund des damit verbundenen Aufwandes musste jedoch auf eine derartige Auswertung verzichtet werden. Aus demselben Grund konnte auch keine Unterscheidung bezüglich Ursachen und beitragenden Faktoren gemacht werden. Es wäre sinnvoll, diese Unterscheidungen in einer weiteren Untersuchung zu berücksichtigen. Dabei könnten die HK\* nicht nur von den Ursachen und beitragenden Faktoren, sondern aus sämtlichen in den Berichten genannten Faktoren abgeleitet werden.
- Die Untersuchung könnte weitergeführt und verfeinert werden, indem die Interrater-Reliabilität untersucht würde. Dies war in der vorliegenden Arbeit angesichts des Aufwandes, aber auch, weil es an einer entsprechend qualifizierten Fachperson und der Möglichkeit von deren Entlohnung fehlte, nicht möglich.
- Um Resultate weiterer Analysen mit den Statistiken des BFU\* und BAZL\* besser vergleichen zu können, wäre es sinnvoll, sich künftig auf in der Schweiz immatrikulierte Luftfahrzeuge im In- und Ausland zu beziehen.

Der Datensatz enthält noch viele weitere Daten, welche hätten analysiert werden können. Um die Hintergründe eines Ereignisses zu verstehen und um festzustellen, welche Faktoren zu einem Ereignis beigetragen haben, mussten Berichte zuerst vollständig gelesen werden. Durch die genaue Durcharbeitung der Berichte könnte nun spezifischen Fragestellungen

nachgegangen werden. Soll beispielsweise genauer analysiert werden, was die Gründe für CRM\*-Probleme sind, kann aus der Analyse abgeleitet werden, welche Berichte für diese Fragestellung näher betrachtet werden müssen.

Die HK\*, welche aus dieser Untersuchung resultiert sind, könnten weiter verfeinert und zur Analyse von HF\* bei Ereignissen verwendet werden. Die Analyse hat gezeigt, dass Ereignisse mit schweren und tödlichen Verletzungen hauptsächlich in der Allgemeinen Luftfahrt auftreten. Aus diesem Grund sollte eine weitere Untersuchung den Fokus insbesondere auf die Allgemeine Luftfahrt legen.

### 5.3 Schlussfolgerungen aus den Resultaten und Fazit

Aufgrund der bestehenden Literatur musste davon ausgegangen werden, dass den HF\* bei Flugunfällen eine besonders grosse Bedeutung zukommt. Ziel der Analyse war es einerseits, die Gültigkeit dieser Annahme für die Unfälle in der Schweiz zu untersuchen, und andererseits, herauszukristallisieren, welche HF\* für bestimmte Ereignisse in welchem Masse verantwortlich sind. Zusammenfassend kann Folgendes festgestellt werden:

Der Linien-/Bedarfsluftverkehr ist sehr sicher und auch die Flugsicherung verrichtet ihre Arbeit sehr zuverlässig. Die hohe Sicherheit ist nicht zuletzt auf technische Systeme zurückzuführen, welche Piloten und Flugverkehrsleiter bei auftretenden Problemen (beispielsweise Kollisionsgefahren, Annäherungen zum Boden) akustisch oder visuell warnen (TCAS-RA\*, STCA\*). Die häufigsten Ereignisse sind Vorfälle, bei welchen Probleme mit der Technik oder gefährliche Annäherungen an andere Luftfahrzeuge auftreten. Kommt es jedoch zu Unfällen, hat dies aufgrund der hohen Passagierzahlen fatale Folgen.

Hingegen ist die Allgemeine Luftfahrt im Vergleich zum Linien-/Bedarfsluftverkehr als relativ gefährlich einzustufen. Die vorliegende Untersuchung zeigt, dass in diesem Bereich trotz grossen Bestrebungen in der Aus- und Weiterbildung und trotz umfangreichen Investitionen in die Verbesserung der Sicherheit, Unfall-Ereignisse hauptsächlich auf ungenügende Ausbildung und Erfahrung oder auf Fehler der Piloten zurückzuführen sind. Im Sinne des Shellmodells, welches HF\* als Teil eines ganzheitlichen Systems betrachtet, müssen Pilotenfehler jedoch auch in Relation zur komplexen Luftraumstruktur, zur Vielzahl an Vorschriften, zur anspruchsvollen Luftfahrttechnik und zur bergigen Landschaft der Schweiz gesehen werden.

Im Sinne einer Schlussfolgerung aus der Untersuchung soll darauf hingewiesen werden, dass es entscheidend ist, in der Ausbildung die einzelnen Aspekte der HF\* sehr gezielt zu

fokussieren. Aus der Untersuchung der Ursachen, welche bei Ereignissen mit schweren und tödlichen Verletzungen häufig genannt werden, zeigt sich, welche Faktoren vermehrt berücksichtigt werden müssen: Es sind dies hauptsächlich die Shellkategorien Liveware und Live-ware-Environment, sowie etwas weniger häufig Liveware-Hardware. Umso erstaunlicher ist, dass an der Privatpiloten-Theorieprüfung des BAZL innerhalb des Fachs „Menschliches Leistungsvermögen“ der Bereich „Flugpsychologie“ im Jahre 2008 noch immer nicht abgefragt worden ist.



## Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei Javier Bargas bedanken. Bei der Themenauswahl hat er mir viel Freiraum gelassen und mich während der Arbeit v.a. im Umgang mit der grossen Datenmenge stets kompetent unterstützt. Mein Dank geht auch an D.W. Knecht vom BFU, der mir bei Fragen stets mit kompetenten Antworten weitergeholfen hat; an Alice Borciani und Manuela Rimensberger für die Mithilfe bei der Übersetzung der italienischen und französischen Berichte; an Martina Hubacher, May Helmy sowie Hans Peter Weber für die Mithilfe bei der Korrektur der Texte und an Sebastian Linxen für die Hilfe bei der Tabellen-Formatierung. Nicht zuletzt möchte ich mich auch bei meinem zweiten Begutachter K. Opwis bedanken.

Hiermit erkläre ich, dass ich die Masterarbeit mit dem Titel „Explorative Studie zu Flugunfällen, Flugvorfällen und Airprox-Ereignissen in der Schweiz von 1998 bis 2007“ selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

Basel, den 1.Mai 2010

## Literatur

- Amalberti, R. (2000). *Briefings: A human factors course for professional pilots - Reference Manual*. Paris: Publishers Dedale.
- AOPA (2008). *Nall Report 2008, Accident Trends and Factors for 2007*. Frederick: AOPA Air Safety Foundation.
- Bartsch, H. (2005). Flugsicherheit aus arbeitswissenschaftlicher Sicht. *Querschnitte fachübergreifender Lehre und Forschung an der BTU Cottbus* (pp. 129-161). Frankfurt, London: IKO - Verlag für Interkulturelle Kommunikation.
- Benson, A. (1999). Spatial disorientation - general aspects. In J. Ernsting, A. Nicholson & D. Reainford (Eds.), *Aviation medicine, part 3: operational aviation medicine* (3rd ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann.
- BFS (2009). *Bewegungen nach Flugplatz, Verkehrsart und Flugzeugart, Tabelle TI4.4*. Retrieved 6. Februar 2010 from <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/11/07/03.html>
- BFU (2002). *Rapport final du Bureau d'enquête sur les accidents d'aviation concernant l'accident de l'aéronef Piper PA-28-181, Archer II, HB-PMD*. Retrieved 2. Januar 2009 from <http://www.bfu.admin.ch/common/pdf/1799.pdf>
- BFU (2007). *Statistik über Flugunfälle von in der Schweiz immatrikulierten Luftfahrzeugen im In- und Ausland sowie von im Ausland immatrikulierten Luftfahrzeugen in der Schweiz*. Retrieved 3. Mai 2009 from [http://www.bfu.admin.ch/X/Statistik\\_2007\\_d.pdf](http://www.bfu.admin.ch/X/Statistik_2007_d.pdf)
- BFU (2010). *Dokumentation*. Retrieved 15 Januar 2009 from [http://www.bfu.admin.ch/de/dokumentation\\_berichte.htm](http://www.bfu.admin.ch/de/dokumentation_berichte.htm)
- Biesalski, H., Fürst, P., & Kasper, H. (2001). *Ernährungsmedizin* (2rd ed.). Stuttgart: Thieme.
- Birbaumer, N., & Schmidt, R. (2006). *Biologische Psychologie* (5 ed.). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Breedlove, S., Rosenzweig, M., & Watson, N. (2007). *Biological psychology: an introduction to behavioral, cognitive, and clinical neuroscience* (5 ed.). Sunderland: Sinauer Associates.
- Broadbent, D. E. (1958). *Perception and communication*. New York: Pergamon Press.
- CAA (2006). *Crew resource management (CRM) training. CAP 737*. Hounslow, Middlesex: Civil Aviation Authority.

- Cacciabue, P. C. (2000). Human Factors Insight and Reliability Data from Accident Reports: The case of ADREP-2000 for Aviation Safety Assessment. *Proceedings of PSAM 5 - International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management*.
- Chidester, T., Helmreich, R., Gregorich, S., & Geis, C. (1991). Pilot Personality and Crew Coordination: Implications for Training and Selection. *The International Journal of Aviation Psychology, 1*, 25-44.
- Cooper, G., White, M., & Lauber, J. (1980). *Resource management on the flightdeck: proceedings of a NASA/Industry Workshop*, (NASA CP-2120). Moffet Field, CA: NASA-Ames Research Center.
- Cushing, S. (1994). *Fatal Words: Communication Clashes and Aircraft Crashes*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Dahlenburg, D., & Gall, A. (2008). *Piloten-Assessment 2009, Handbuch zu den Einstellungstests für Verkehrspiloten und Fluglotsen*. Neuenkirchen am Brand: Aviation Media & IT GmbH.
- DeMaria, C. (2006). *Understanding Airmanship*. Retrieved 16. April 2009 from <http://www.aviationchannel.com/article/article.php?id=5>.
- Dietrich, R., & von Meltzer, T. (2003). *Communication in high risk environments*. Hamburg: Helmut Buske Verlag.
- Edwards, E. (1972). Man and machine: Systems for safety. *Proceedings of British Airline Pilots Associations Technical Symposium*, 21-36.
- Endsley, M. (1995a). A taxonomy of situation awareness errors. In R. Fuller, N. Johnson & N. McDonald (Eds.), *Human factors in aviation operations* (pp. 287-292). Aldershot: Avebury Aviation, Ashgate Publishing Ltd.
- Endsley, M. (1995b). Towards a new paradigm for automation: Designing for situation awareness. *Proceedings of the 6th IFAC/IFIP/IFORS/IEA Symposium on Analysis, Design and Evaluation of Man-Machine Systems*, 421-426.
- Endsley, M., Bolté, B., & Jones, D. (2003). *Designing for situation awareness: An Approach to User-Centered Design*. London: Taylor & Francis.
- Ferrante, O. (2004). Application of ADREP 2000 taxonomy for the analysis and the encoding of aviation accidents and incidents: a human factors approach. *Human Factors and Aerospace Safety, 4*, 19-48.
- Flin, R., Goeters, M., & Hörmann, H. (1998). *A Generic Structure of Non-Technical Skills for Training and Assessment*. Paper presented at the 23rd Conference of the European Association for Aviation Psychology.

- Goeters, K. M., Maschke, P., & Eissfeldt, H. (2004). Ability Requirements in Core Aviation Professions: Job Analysis of Airline Pilots and Air Traffic Controllers. In K. M. Goeters (Ed.), *Aviation Psychology: Practice and Research*. Aldershot, Burlington: Ashgate Publishing.
- Goldstein, B. (2007). *Wahrnehmungspsychologie*: Spektrum Verlag.
- Hawkins, F. (1987). *Human Factors In Flight* (2 ed.). Aldershot: Ashgate.
- Hinkelbein, J., & Dambier, M. (2007). *Flugmedizin und Flugpsychologie für die Privatpilotenausbildung*. Hördt: aeromedConsult.
- Huber (2005). Menschliches Leistungsvermögen. *Basic Aviation Knowledge*.
- ICAO (2001). *Annex 13 to the Convention on International Civil Aviation, Aircraft Accident and Incident Investigation* (9 ed.). Montreal: ICAO.
- ICAO (2004). *Human Factors Digest No.7, Investigation of Human Factors in Accidents and Incidents (Cir 240)*. Montreal: ICAO.
- JAA (2010). *Joint Aviation Requirements-Flight Crew Licensing (JAR-FCL)*. Retrieved 7. Januar 2010 from [http://www.jaa.nl/licensing/licensing\\_jars.html](http://www.jaa.nl/licensing/licensing_jars.html)
- Jones, D., & Endsley, M. (1996). Sources of situation awareness errors in aviation. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 67(6), 507.
- Lutz, K. (1999). *Geeignete Darstellungstiefen komplexer Flugzeugsysteme zur Optimierung der System Awareness von Verkehrspiloten*. Diplomarbeit, Technische Universität, Darmstadt, Chemnitz.
- McAllister, B. (1997). *Crew resource management: awareness, cockpit efficiency & safety*. Shrewsbury: Airline.
- MFVS (2004). *Safer Flying*. Luzern: Motorflug-Verband der Schweiz.
- Mies (2006). *Gefahrenbuch für Piloten. Verhalten in besonderen Fällen*. Höchst: Motorbuch Verlag.
- Nielsen, J. (1995). *Usability Engineering*. Boston: Academic Press.
- NTSB (2000). *Accident Report of the Pilatus PC-7, HB-HOO*. Retrieved 5. Februar 2009 from [http://www.nts.gov/ntsb/brief2.asp?ev\\_id=20001212X20345&ntsbno=DEN00FA044&akey=1](http://www.nts.gov/ntsb/brief2.asp?ev_id=20001212X20345&ntsbno=DEN00FA044&akey=1)
- Plous, S. (1993). *The Psychology of Judgment and Decision Making*. New York: McGraw-Hill.
- Pongratz (2006). *Kompendium der Flugmedizin*. Retrieved 6. Mai 2009 from [http://www.luftwaffe.de/portal/a/luftwaffe/kcxml/04\\_Sj9SPykssy0xPLMnMz0vM0Y\\_QjzKLNzKIdw\\_2BMIB2F7O-pFw0aCUVH1vfV-P\\_NxU\\_QD9gtyIckdHRUUA\\_M82dw!!/delta/ba](http://www.luftwaffe.de/portal/a/luftwaffe/kcxml/04_Sj9SPykssy0xPLMnMz0vM0Y_QjzKLNzKIdw_2BMIB2F7O-pFw0aCUVH1vfV-P_NxU_QD9gtyIckdHRUUA_M82dw!!/delta/ba)

se64xml/L3dJdyEvd0ZNQUFzQUMvNEIVRS82XzIwX09URQ!!

- Reason, J. (1990). *Human Error*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rehner, G., & Daniel, H. (2002). *Biochemie der Ernährung* (2nd ed.). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Reifenberg, N. (2003). *Cockpit-Gestaltung und Automatisierung*. Retrieved 12. Januar 2007 from [http://www3.psychologie.hu-berlin.de/ingpsy/alte%20Verzeichnisse%20-%20Arb1/Lehrveranst/seminar/psych\\_technik/cockpit2003/cockpit/cockpit.htm](http://www3.psychologie.hu-berlin.de/ingpsy/alte%20Verzeichnisse%20-%20Arb1/Lehrveranst/seminar/psych_technik/cockpit2003/cockpit/cockpit.htm)
- Renz-Polster, H., & Krautzig, S. (2008). *Basislehrbuch Innere Medizin* (4 ed.). München: Urban & Fischer Verlag.
- Salas, E., Wilson, K., Burke, C., Wightman, D., & Howse, W. (2006). A checklist for crew resource management training. *Ergonomics in Design: The Quarterly of Human Factors Applications*, 14(2), 6-15.
- Schmidt, R., Lang, F., & Thews, G. (2005). *Physiologie des Menschen* (29th ed.). Heidelberg: Springer Medizin.
- Skyguide (2009). Fakten und Zahlen. *Geschäftsbericht 2009*.
- Skyguide (2010). *Faktenblatt*. Retrieved 5. Februar 2010 from [http://www.skyguide.ch/de/MediaRelations/MediaReleases/ArchivedReleases/INMR2004\\_07\\_30M\\_FACTSHEET\\_AIRPROX.pdf](http://www.skyguide.ch/de/MediaRelations/MediaReleases/ArchivedReleases/INMR2004_07_30M_FACTSHEET_AIRPROX.pdf)
- SPSS (2008) [Computer software]. *Statistical Package for the Social Sciences*. Herausgegeben 17.0.1 2008. Chicago: SPSS Inc.
- Tiermann, M., & Borys, B. (1995). Verringerung der Belastung von Piloten durch veränderte Aufgabenteilung zwischen Mensch und Maschine. In H. Willumeit & H. Kolrep (Eds.), *Verlässlichkeit von Mensch-Maschine-Systemen* (pp. 139-153). Berlin: ZM-MS.
- Trcka, D. (2000). *General Aviation Accident Analysis, Presented at the Flight Instructor Recertification Clinic*. Retrieved 25. April 2009 from <http://www.ghafi.org/download/GA-Analysis.1.pdf>
- Ulmer, W., Nolte, D., Lecheler, J., & Schäfer, T. (2001). *Die Lungenfunktion: Methodik und klinische Anwendungen*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- UVEC (2003). Verordnung über die Untersuchung von Flugunfällen und schweren Vorfällen (VFU).
- Walters, J., & Sumwalt, R. (2000). *Aircraft accident analysis: final reports*. McGraw-Hill Professional.
- Watson, D. (1992). Visual dominance can lead to illusions and disorientation. *Civil Aviation*

*Authority (CAA) Australia, Aviation Bulletin, 2.*

Wiegmann, D., & Shappell, S. (2003). *A human error approach to aviation accident analysis: The human factors analysis and classification system*: Ashgate Publishing.

Wiener, E., Kanki, B., & Helmreich, R. (1993). *Cockpit Resource Management*: Elsevier, Academic Press.

Zimbardo, P., & Leippe, M. (1991). *The psychology of attitude change and social influence*. New York: McGraw-Hill.

## Glossar

- ACC*: Area Control Center. ACC ist eine Flugsicherungs-Stelle, die in erster Linie für die Führung von Instrumentenflügen in der Flugphase En Route zuständig ist.
- Airprox*: Gefährliche Annäherung von Luftfahrzeugen in der Luft. Der Begriff setzt sich zusammen aus den beiden Wörtern „Air“ (Luft) und „Approximation“ (Annäherung).
- ALRS*: Alerting Service. Service, der bezweckt, Such- und Rettungsdienste zu alarmieren und anzuleiten.
- AMSL*: „Above mean sea level“. Höhe über dem durchschnittlichen Meeresspiegel.
- Approach*: Anflug. Beschreibt die Phase eines Fluges, in welcher das Luftfahrzeug so positioniert ist, dass es am korrekten Aufsetzpunkt auf der Piste aufsetzen kann.
- ATC*: Air Traffic Control, Flugsicherung. ATC ist die Kontrolle des Luftverkehrs vom Boden aus. Der Flugverkehr um Flugplätze herum wird vom „Tower“ geführt, hingegen der Verkehr auf den Luftstrassen von „Air route traffic control“-Zentren.
- ATC-Freigabe*: Erlaubnis der Flugsicherung an Luftfahrzeuge unter vorgegebenen Bedingungen im kontrollierten Luftraum zu fliegen. Der Zweck ist, Kollisionen zwischen Luftfahrzeugen zu verhindern. Beispiel: Freigabe zur Landung.
- ATC-Unit*: Einheiten innerhalb der Flugsicherung. „Aerodrome Control Tower“ (TWR) leitet den Verkehr auf und um den Flugplatz, „Approach Control Unit“ (APP) führt den von einem Flugplatz ab- und anfliegenden Verkehr und „Area Control Center“ (ACC) / „Upper Area Control Center“ (UAC) kontrolliert den Verkehr auf den Luftstrassen.
- ATPL*: Airline Transport Pilote License. Lizenz zur Führung von gewerblichen Verkehrsluftfahrzeugen. Lizenzen werden nach den Bestimmungen der JAR-FCL erteilt.
- ATS*: Air Traffic Service. Der Begriff ATS fasst die Betriebsdienste „Flight Information Service“ (FIS), „Alerting Service“ (ALRS) und „Air Traffic Control“ (ATC) zusammen.
- Aufkreuzen*: Korrektur des Kurses um trotz Windeinflusses die beabsichtigte Flugrichtung zu halten.
- Aussenlandung*: Beschreibt die Landung eines Luftfahrzeugs außerhalb eines Flugplatzes oder auf einem Flugplatz, ausserhalb dessen Betriebszeiten.
- BAZL*: Bundesamt für Zivilluftfahrt. Das BAZL ist für die Luftfahrtentwicklung und die Aufsicht über die zivile Luftfahrt in der Schweiz zuständig. Es gehört zum Eidgenössischen Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) und ist dafür verantwortlich, dass die Zivilluftfahrt in der Schweiz ein hohes Sicherheitsniveau aufweist und eine nachhaltige Entwicklung verfolgt.



*BFS*: Bundesamt für Statistik. Das BFS orientiert über den Stand und die Entwicklung der Schweiz in zahlreichen Lebensbereichen und trägt dazu bei, die Schweiz international zu vergleichen.

*BFU*: Büro für Flugunfalluntersuchungen.

*CFIT*: Controlled Flight into Terrain. CFIT bezeichnet den kontrollierten Flug ins Gelände und ist der Fachausdruck für einen Flugunfall infolge Bodenberührung eines zum Zeitpunkt dieser Berührung voll flugtauglichen und steuerbaren Luftfahrzeugs.

*Checklist*: Bezeichnet eine systematische und sequenzielle Liste aller Operationen, die ausgeführt werden müssen, um eine komplexe Aufgabe erfolgreich zu bewältigen.

*Clearance*: siehe ATC-Freigabe.

*Climb*: Steigflug.

*Closed loop*: Bezeichnung eines geschlossenen Arbeitskreislaufs innerhalb einer Besatzung, wobei jedes Besatzungsmitglied genaue Kenntnis darüber hat, was die anderen Besatzungsmitglieder tun.

*CPL*: Commercial Pilot License. Berufspilotenlizenz, die den Führer dazu berechtigt, Passagiere und Fracht beruflich und gewerbsmässig (d.h. gegen Bezahlung) zu transportieren. Lizenzen werden nach den Bestimmungen der JAR-FCL erteilt.

*CRM*: Crew Resource Management. CRM bezeichnet die Anwendung von Team-Management Konzepten in Luftfahrzeugen. Sowohl Piloten von kleinen als auch Besatzungen von grossen Luftfahrzeugen müssen alle verfügbaren Ressourcen effektiv nutzen, d.h. alle menschlichen Ressourcen, die Hardware und die zur Verfügung stehenden Informationen miteinbeziehen. CRM stellt einen Weg dar, das Mensch-Maschine-System und interpersonelle Aktivitäten zu optimieren.

*Durchstart*: Bezeichnet den Abbruch des Anfluges oder der Landung.

*E*: Environment.

*EFUK*: Eidgenössische Flugunfallkommission.

*En Route*: Unterwegs. Beinhaltet den Reiseflug, inklusive Änderungen der Reise Flughöhe.

*FIS*: Flight Information Service. Dienst, der bezweckt, nützliche Anweisungen und Informationen zu erteilen, welche für die sichere und effiziente Flugdurchführung hilfreich sind.

*Freigabe*: siehe ATC-Freigabe.

*FVL*: Flugverkehrsleiter. Mitarbeiter der Flugsicherung.

*g-LOC*: G-force induced Loss Of Consciousness. g-Loc bezeichnet eine, durch überhöhte und anhaltende g-Kräfte, herbeigeführte Bewusstlosigkeit.

*Gemischeinstellung*: Regelung der Treibstoffzufuhr im Motor.

*H:* Hardware.

*Hearback:* Überprüfung, ob der Kommunikationspartner die an ihn erteilte Meldung korrekt bestätigt resp. zurückgelesen hat.

*HF:* Human Factors. Menschliche Faktoren.

*HK:* Hauptkategorie/n. Die Hauptkategorien beinhalten die zusammengefassten Ursachen und beitragenden Faktoren aus den Berichten.

*Hypoxie:* Sauerstoffmangel.

*ICAO:* International Civil Aviation Organisation. Die Internationale Zivilluftfahrtorganisation wurde 1944 gegründet und hat ihren Hauptsitz in Montréal, Kanada. Die wichtigsten Aufgaben der ICAO sind u.a. das erarbeiten und festlegen von verbindlichen Standards für die Luftfahrt, Regelung der internationalen Verkehrsrechte, Entwicklung von Infrastrukturen, Erarbeitung von Empfehlungen und Richtlinien, Zuteilung der sog. ICAO-Codes für Länder und Flugzeugtypen und Definition der Grenzwerte für Fluglärmemissionen.

*IFR:* Instrument Flight Rules. Instrumentenflugregeln umfassen Regeln und Vorschriften für die Durchführung von Flügen unter Wetterbedingungen, welche einen Flug nach äusseren Referenzen (Sichtflug) nicht mehr zulassen. Flüge nach IFR (sog. Instrumentenflüge) werden von der Flugsicherung entlang von kontrollierten Luftstrassen und Flugplätzen geführt. Bei Instrumentenflügen richtet sich der Pilot ausschliesslich nach den Cockpit-Instrumenten und die Navigation erfolgt über die Verwendung von elektrischen Boden-Signalen.

*JAR-FCL:* Joint Aviation Authority - Flight Crew Licensing. JAR-FCL enthält Vorschriften für die Lizenzierung von Piloten und Flugingenieuren. Unter anderem werden auch die Vorschriften über die medizinische Tauglichkeit beschrieben.

*Konfiguration:* Der Begriff Konfiguration beschreibt die Position des Fahrwerks und der Flügelklappen für die gegenwärtige Flugphase. Ist das Luftfahrzeug beispielsweise in der Landekonfiguration, sind Fahrwerk und Flügelklappen ausgefahren.

*L:* Liveware.

*L-E:* Liveware-Environment.

*L-H:* Liveware-Hardware.

*L-L:* Liveware-Liveware.

*L-S:* Liveware-Software.

*Landing:* Landung.

*Line-up:* Ausflinieren. Line-up bezeichnet das Hinausrollen auf die Piste und das Ausrichten des Luftfahrzeugs auf der Mittellinie (Centerline).

*Maneuvering:* Manövrieren. Umfasst einerseits Flugakrobatik und andererseits Flüge auf geringen Höhen, beispielsweise für Lasttransporte, Photoflüge.

*Metar-Code:* Metar ist die Abkürzung für „*MÉTéorologique Aviation Régulière*“ und ist ein Wetterbericht, der die Wetterbeobachtungen eines einzelnen Flugplatzes wiedergibt, u.a. die Windrichtung, Sichtweite, Temperatur, Luftdruck und Wolkeninformationen. Der Metar wird in einer international gültigen Codierung herausgegeben, dem sog. Metar-Code.

*Mode-S-Transponder:* Ein Transponder ist ein Funk-Kommunikationsgerät, das eingehende Signale aufnimmt und automatisch beantwortet. Der Flugfunktransponder dient der Identifizierung von Luftfahrzeugen und macht Luftfahrzeuge auf Radarbildschirmen sichtbar. Je nach Flugregeln und nach Aufforderung der Flugsicherung wird vom Piloten ein entsprechender vierstelliger Transpondercode eingestellt. Transponder haben verschiedene Betriebsarten: Im Mode A übermittelt der Transponder nur den Transpondercode; im Mode C wird der Transpondercode und die Flugfläche (Flughöhe über Normaldruck) gesendet; im Mode S wird zusätzlich zum Transpondercode und der Flugfläche eine Kennung übermittelt. Diese Kennung ist jedem Luftfahrzeug eindeutig zugeordnet und ermöglicht es der Flugsicherung, bestimmte Transponder gezielt abzufragen.

*MTOM:* Maximum TakeOff Mass. Maximales Abfluggewicht in Kilogramm.

*Pilot flying / Pilot non flying:* Während der Pilot flying das Luftfahrzeug steuert, ist der Pilot non flying für die weiteren anfallenden Aufgaben zuständig, beispielsweise für den Flugfunk und die Systemüberwachung. Der Kommandant und der Copilot legen vor jedem Flug gemeinsam fest, wer welche Rolle ausübt.

*PPL:* Private Pilote License. Die Privatpilotenlizenz berechtigt den Halter zum Führen eines Luftfahrzeuges im privaten Rahmen. Lizenzen werden nach den Bestimmungen der JAR-FCL erteilt.

*Procedure:* siehe SOP.

*Readback:* Wiederholen resp. zurücklesen einer erhaltenen Anweisung. Beispiel: ATC: „Swiss123, turn right heading 230“. Pilot: „turn right heading 230, Swiss123“.

*S:* Software.

*SA:* Situation Awareness. Bewusstsein über die Situation.

*SOP*: Standard Operating Procedures. Standardvorgehensweisen sind Arbeitsanweisungen, welche das Vorgehen innerhalb von bestimmten, häufig wiederkehrenden Situationen/Prozessen beschreiben. SOP werden u.a. in Checklisten beschrieben.

*Stall*: Strömungsabriss. Bezeichnet in der Aerodynamik die Ablösung der Luftströmung von der Oberfläche eines angeströmten Gegenstandes, z.B. Tragflächen, Propeller, Rotorblätter. Der Strömungsabriss resultiert, wenn der Anstellwinkel des Luftfahrzeuges so steil ist, dass die Luft nicht mehr nahtlos über die Tragfläche strömen kann. Wird eine Tragfläche nicht mehr umströmt, erzeugt sie keinen Auftrieb mehr. "

*Standing*: Stehen am Boden.

*STCA*: Short Term Conflict Alert. Der STCA ist der Alarm eines Kollisionswarnsystems der Flugsicherung, welcher den Flugverkehrsleiter vor einer bevorstehenden Kollision oder gefährlichen Annäherung warnt.

*Takeoff*: Start.

*Taxi*: Rollen am Boden.

*TCAS/TCAS-TA/TCAS-RA*: Traffic alert and Collision Avoidance System. Das TCAS ist ein elektronisches Warnsystem, welches im Luftfahrzeug installiert ist und den Piloten vor sich nähernden Luftfahrzeugen warnt. Es zeigt dem Piloten die Distanz, die Höhe und den Kurs des sich nähernden Luftfahrzeugs an, die sog. Traffic Advisory (TCAS-TA), und schlägt das am besten geeignete Ausweichmanöver vor, die sog. Resolution Advisory (TCAS-RA).

*Tower*: Kontrollturm, vgl. *ATC-Unit*.

*Trainee*: Auszubildender.

*Transponder*: siehe Mode-S-Transponder.

*UTC*: Universal Time Coordinated. Die koordinierte Weltzeit wurde 1968 eingeführt und ist in der Aviatik die Referenzzeit für Zeitangaben. Die Schweiz hat im Winter UTC + 1h und im Sommer UTC + 2h.

*UVEK*: Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation.

*Vergaservereisungen/Vergaservorwärmung*: Unter bestimmten Bedingungen kann es im Vergaser zu Eisbildung kommen. Vergaservereisungen können durch das Einschalten der Vergaservorwärmung verhindert werden.

*VFR*: Visual Flight Rules. Werden Flüge unter Sichtflugregeln durchgeführt (sog. Sichtflüge), orientiert sich der Pilot während des gesamten Fluges an äusseren visuellen Referenzen. Sichtflugregeln definieren u.a. einzuhaltende Abstände zu den Wolken, die Mindesthö-

he der Wolkenbasis (Distanz zwischen Erdoberfläche und Wolkenuntergrenze) und die notwendige Sichtweite.

*VFU*: Verordnung über die Untersuchung von Flugunfällen und schweren Vorfällen.

*Voice Recorder*: Flugschreiber. Der Flugschreiber ist ein Aufzeichnungsgerät, das während des Fluges relevante Daten (Flugdaten und Stimmen im Cockpit) aufzeichnet und über eine bestimmte Zeit abspeichert. Im Falle eines Unfalls besteht somit die Möglichkeit den Hergang nachzuvollziehen.

*Wake-Turbulence*: Wirbelschleppen. Wirbelschleppen sind Luftverwirbelungen hinter Luftfahrzeugen und entstehen, sobald ein Luftfahrzeug Auftrieb erzeugt. Sie sind u.a. von der Geometrie der Tragflächen und der Grösse eines Luftfahrzeuges abhängig.

*White-out*: Mit White-out wird ein Phänomen beschrieben, dass es bei schneebedecktem Boden und gedämpftem Sonnenlicht (z.B. durch Bewölkung, Nebel oder Schneefall) zu einer Kontrastverringering kommt, wodurch der Horizont verschwindet. Dabei scheinen Boden und Himmel nahtlos ineinander über zu gehen. Folgen eines White-out können Desorientierung und die Beeinträchtigung des Gleichgewichtssinns sein.

## Anhang A: Variablen

Nachstehend werden sämtliche in den Datensätzen verwendeten Variablen nach folgendem Schema aufgeführt:

*Variablenamen;*

*Ausprägung der Variable.*

*(Erläuterungen, falls nötig)*

*Bericht-Nr:*

Code

(Jedem Bericht wurde eine ID und eine Berichtnummer zugewiesen)

*Luftfahrzeug-Kennung:*

(ICAO\*-Kennungen/Immatrikulation der beteiligten Luftfahrzeuge, z.B. HB-PPF)

*Bericht-Art:*

Airprox, Orientierung, Unfall, Vorfall, summarische Berichte.

*Luftfahrzeug-Gewicht:*

Zahl, Missing.

(Maximales Abfluggewicht in kg MTOM\*)

*Luftfahrzeug-Kategorie:*

A: Flugzeuge > 5700kg MTOM, B: Flugzeuge 2250-5700 kg MTOM, C: Flugzeuge < 2250 kg MTOM, D: Helikopter, E: Motorsegler und Segelflugzeuge, F: Freiballone und Luftschiffe, Fesselballone, unbekannt.

*Flugzeug-Kategorie NAH:*

Kategorie-A, Kategorie-B, Kategorie-C, Missing.

*Luftfahrzeug-Typ:*

Multi-engine, Single-engine retractable-gear, Single-engine fixed-gear, Helikopter, Motorsegler, Segelflugzeug, Ultraleicht - 2 Motoren festes Fahrwerk, Ballon, unbekannt.

(wobei Multi-engine: 2 oder mehr Motoren / Turbinen, Single-engine: 1 Motor/Turbine, retractable-gear: Einziehfahrwerk, fixed-gear: festes, nicht einziehbares Fahrwerk)

*Staatsangehörigkeit des Halters:*

Land, Privat - keine Landesangabe, unbekannt.

*Nationalität Pilot 1, dito Pilot 2:*

Land, unbekannt.

*CH Ausland NAH:*

Schweiz, Ausland, nicht betroffen, unbekannt.

(Unterscheidung, ob der Pilot Schweizer Bürger war oder eine andere Staatsangehörigkeit hatte)

*Alter Pilot 1, Alter Pilot 2:*

Zahl, Missing.

*Alter verantwortlicher Pilot NAH:*

Zahl, Missing.

*Alter Pilot verantwortlich Terzile NAH:*

jung, mittel, alt, Missing.

(wobei jung = 17 - 41, mittel = 42 - 53, alt = 54 - 78)

*Lizenz Pilot 1 NAH, dito Pilot 2:*

ATPL (A), Frozen ATPL (A), CPL (H), CPL (A), BB (A), PPL (H), PPL (A), RPPL (A), Segelfluglizenz, Luftschiff-Lizenz, Ballonlizenz, Lernausweis, kein 2.Pilot, unbekannt.

(wobei ATPL = Verkehrspilotenlizenz, Frozen ATPL = Berufspilotenlizenz mit abgeschlossener ATP-Theorie, CPL = Berufspilotenlizenz, BB = Beschränkte Berufspilotenlizenz, PPL = Privatpilotenlizenz, RPPL = Beschränkte Privatpilotenlizenz, (H) = Helikopter, (A) = Flugzeug)

*Lizenz Pilot 1 PPL CPL ATPL NAH, dito Pilot 2:*

ATPL, CPL, PPL, Missing.

*Funktion Pilot 1 NAH, dito Pilot 2:*

Kommandant, Copilot, Fluglehrer, Flugschüler, Training Captain, Prüfungsexperte, Flughelfer, Passagier mit Lizenz, kein 2.Pilot, unbekannt.

*Piloten Anzahl NAH:*

Anzahl, Missing.

*Flugstunden total alle Muster Pilot 1, dito Pilot 2:*

Zahl, Missing

*Flugstunden Unfallmuster total Pilot 1, dito Pilot 2:*

Zahl, Missing.

*Flugstunden alle Muster letzte 90 Tage Pilot 1, dito Pilot 2:*

Zahl, Missing.

*Flugstunden Unfallmuster letzte 90 Tage Pilot 1, dito Pilot 2:*

Zahl, Missing.

*Flugdienstzeit Vortag Pilot 1, dito Pilot 2:*

Zahl, Missing

*Ruhezeit vor Unfallflug Pilot 1, dito Pilot 2:*

Zahl, Missing.

*Flugdienstzeit am Unfallzeitpunkt Pilot 1, dito Pilot 2:*

Zahl, Missing.

*Unterschied Flugstunden der Piloten:*

Zahl, Missing.

(Differenz der Gesamt-Flugstundenzahl zwischen Kommandant und Copilot)

*Unterschied Alter der Piloten:*

Zahl, Missing.  
(Differenz des Alters zwischen Kommandant und Copilot)

*Pilotenunterschiede berücksichtigen:*

ja, nein.  
(Angabe, ob die Unterschiede bezüglich Alter und Flugstunden der Piloten berücksichtigt werden sollen)

*Land des Ereignisses:*

Ausland, Schweiz, unbekannt.  
(Angabe, ob das ein Ereignis in der Schweiz oder im Ausland geschehen ist).

*Ort:*

Dach, Flugplatz, Gebirge, Gelände, Hochhaus, Im ausländischen Luftraum (Airprox), Im CH-Luftraum (Airprox), In der Luft (Unfall), Kein Absturz (Vorfall), Wasser, n.a. weil Orientierung.  
(wobei Dach: Absturz auf ein Dach, Gebirge: Ereignisse an Orten höher als 1500m AMSL\*, Gelände: Ereignisse an Orten bis 1500m AMSL\*, Hochhaus: Absturz in ein Hochhaus, In der Luft (Unfall): Zusammenstoss mit anderen Luftfahrzeugen)

*Jahr:*

1998 - 2007.  
(keine Missings vorhanden)

*Datum:*

TT-MMM-JJJJ.  
(keine Missings vorhanden)

*Monat NAH:*

Januar bis Dezember.

*Jahreszeit:*

Frühling, Sommer, Herbst, Winter.

*Zeit:*

HH:MM, Missing.  
(sämtliche Zeiten wurden in UTC\* erfasst)

*Tageszeit NAH:*

Morgen, Vormittag, Mittag, Nachmittag, Abend, Nacht, Missing.  
(wobei: Morgen = 6 - 8:59h, Vormittag = 9 - 11:59h, Mittag = 12 - 13:59h, Nachmittag = 14 - 17:59h, Abend = 18 - 21:59h, Nacht = 22 - 5:59h)

*Tag Nacht NAH:*

Tag, Nacht, Missing.

*Flugregeln Luftfahrzeug 1, dito Luftfahrzeug 2,3,4:*

VFR, IFR, unbekannt, nicht betroffen.  
(wobei: VFR\* = Sichtflugregeln, IFR\* = Instrumentenflugregeln)

*Flugregeln gesamt NAH:*

VFR, IFR, VFR und IFR, Missing.

*Betriebsart gesamt NAH:*

Gewerbsmässig, Arbeitsflüge, Rettungseinsätze, Technischer Flug, Militär, Privat, Schulung, unidentified, unbekannt, nicht betroffen.  
(wobei: Gewerbsmässig enthält Verkehrsfliegerei, Bedarfsfliegerei und Kommerziell; unidentified = unidentifizierte Luftfahrzeuge; unbekannt = keine Angabe in der Berichten)

*Kurzbeschreibung:*

(Zusammenfassung des Ereignisses)

*Art des Fluges Luftfahrzeug 1, dito Luftfahrzeug 2, 3, 4:*

Commercial, General, Militär, unidentified traffic, nicht betroffen, unbekannt.  
(Commercial wurde umgewandelt in „Linien-/Bedarfsluftverkehr“, General = Allgemeine Luftfahrt, unidentified traffic = nicht identifizierte Luftfahrzeuge)

*Art des Fluges gesamt NAH:*

Commercial, General, Militär, unidentified traffic, unbekannt.  
(Commercial wurde abgeändert in „NonGeneral“, General = Allgemeine Luftfahrt, unidentified traffic = nicht identifizierte Luftfahrzeuge)

*Flugphase nach ICAO NAH:*

Standing, Taxi, Takeoff, Climb, En Route, Maneuvering, Approach, Landing, Approach and Takeoff, unknown.  
(Standing = Stehen, Taxi = Rollen, Takeoff = Start, Climb = Steigflug, En Route = Unterwegs, Maneuvering = Manövrieren, Approach = Anflug, Landing = Landung)\*

*Verletzungen Besatzung tödlich, dito Passagiere, dito Drittpersonen:*

Zahl.  
(keine Missings vorhanden)

*Verletzungen Besatzung schwer, dito Passagiere, dito Drittpersonen:*

Zahl.  
(keine Missings vorhanden)

*Verletzungen Besatzung leicht oder keine, dito Passagiere, dito Drittpersonen:*

Zahl.  
(keine Missings vorhanden)

*Schwerste Verletzung NAH:*

leicht oder keine, schwer, tödlich.  
(schwerste Verletzung des gesamten Ereignisses)

*Besatzung total, dito Passagiere, dito Drittpersonen:*  
Zahl, Missing.  
(Anzahl Personen an Bord des/der Luftfahrzeuge/s)

*Unfallursache grob NAH kategorisiert mehr Unterkategorien:*  
HF, Technik, Umwelt, Technik und Umwelt, HF und Technik oder Umwelt, nicht genau bestimmbar.  
(HF\* = Menschliche Faktoren)

*CFIT:*  
ja, nein, unbekannt.  
(CFIT\* = Kontrollierte Flüge ins Terrain mit voll funktionstüchtigen Luftfahrzeugen)

*Kontrollverlust:*  
mit Kontrollverlust, ohne Kontrollverlust, unbekannt.

*Masse und Schwerpunkt:*  
außerhalb, innerhalb, nicht bekannt.  
(ausserhalb und innerhalb bezieht sich auf die dafür vorgesehenen Limiten)

*Beteiligung HF Piloten:*  
ja, nein, unbekannt.  
(Angabe, ob Piloten am Geschehen beteiligt waren oder nicht)

*HF generell beinhaltend:*  
ja, nein, unbekannt.  
(Angabe, ob menschliche Faktoren am Ereignis beteiligt waren oder nicht)

*Steuern dasselbe oder sitzen im selben Luftfahrzeug:*  
ja, nein, kein 2. Pilot, unbekannt.  
(Angabe, ob Piloten im selben Luftfahrzeug gesessen und dieses gemeinsam gesteuert haben)

*Medical Pilot 1 NAH, dito Pilot 2:*  
Class I, Class II, unbekannt, Missing.  
(Medical = Medizinische Tauglichkeitsprüfung, Klasse 1: für Berufspiloten, Klasse 2: für Privatpiloten)

*ATC-Unit 1 NAH, dito Unit 2, dito Unit 3:*  
ACC, Approach, Tower, Apron, Militärisch, nicht betroffen, unbekannt.  
(ATC-Unit = Einheit der Flugsicherung in welcher der entsprechende Flugverkehrsleiter gearbeitet hat. Grob gesagt ist Tower = Platzverkehrsleitung, Approach = An- und Abflugsverkehrsleitung, ACC = Führung von Luftfahrzeugen in höheren Lufträumen)\*

*ATS Position 1 NAH, dito Position 2, 3:*  
Upper Airspace, Lower Airspace, Departure, Arrival, Final, Ground, Flight Information Center, Military Airspace Manager, Clearance Delivery, nicht betroffen, unbekannt.  
(in der Analyse nicht ausgewertet. Daher nicht erklärt und im Glossar nicht näher beschrieben)

*Luftraumklasse für Airprox:*  
A, C, D, E, C/D, C/E, on the ground, nicht betroffen, unbekannt.

*Nationalität Lotse:*  
Land, unbekannt.

*Alter Lotse:*  
Zahl, Missing.

*ATC\* Beteiligung:*  
kontrolliert - mit Fehler - Ursache, kontrolliert - mit Fehler - nicht Ursache, unkontrolliert/nicht beteiligt/ohne Fehler, unbekannt.  
(Angabe, ob die Flugsicherung an einem Ereignis beteiligt war, ob Fehler gemacht wurden und ob diese die Ursache für ein Ereignis waren)

*Station Lotse 1 NAH, dito Lotse 2, 3, 4, 5, 6:*  
Upper Airspace Controller, Lower Airspace Controller, ACC Controller, Final Controller, Approach Controller, Arrival Controller, CAP - Approach Controller, Departure Controller, Aerodrome Controller, Tower Controller, Tower und Approach Controller, Ground Controller und DOM, Ground Controller, FIC Controller, DOM, Clearance Delivery Controller, Apron, Militär Controller, unbekannt, nicht betroffen.  
(in der Analyse nicht ausgewertet. Daher nicht erklärt und im Glossar nicht näher beschrieben)

*Station Lotse 1 Funktion NAH, dito Lotse 2,3,4,5,6:*  
Executive, Planner, Trainee, Coach, Trainee und Coach, nicht betroffen, unbekannt.  
(in der Analyse nicht ausgewertet. Daher nicht erklärt und im Glossar nicht näher beschrieben)

*Shellkategorien (S, H, E, L, L-E, L-S, L-L, L-H)*  
zutreffend, nicht zutreffend.  
(L: Liveware, H: Hardware, E: Environment, S: Software, L-E: Liveware-Environment, L-S: Liveware-Software, L-L: Liveware-Liveware, L-H: Liveware-Hardware)

*Hauptkategorien:*  
zutreffend, nicht zutreffend.  
(HK1 bis 75)



# Anhang B: FileMaker-Datenbank

Im Folgenden sind die drei Seiten der Datenbank abgebildet:

**Unfall-Klassifizierung**

Blättern:

Layout: **Klassifizierung**

Datensatz: 1

Gefunden: 1

Summe: 476

Unsortiert

---

ID: **320**    Haupt-Lfz.: **HB-IQZ**    Weitere beteiligte Lfz.:    ATC beteiligt: **unkontrolliert/nicht beteiligt/ohne Fehler**    Vorfall oder Unfall: **Vorfall**    Human Factors beteiligt: **nein**

Schlussbericht-Nr: **DCA041A002**    Schlagwort (Ortschaft): **Während Steigflug von Miami Airport nach Zürich fällt eine der zwei Turbinen aus. Besatzung kehrt sofort nach Miami zurück und landet ohne Probleme. Der Turbinenausfall ist darauf zurückzuführen, dass ein Öl verwendet wurde, das während dem Einsatz besser hätte getestet werden sollen. Die Edelweiss Air war die einzige Firma, die das Öl verwendet hat.**

**Generell**           

**Bericht-Nr**:     **LFZ 1**:     **LFZ 2**:     **LFZ 3**:     **ATC**:     **Vorfall/Unfall**:     **CFIT**:     **Art des Fluges**:

**Datum**:     **Ort**:     **Zeit (UTC)**:     **Flugregeln**:     **Unfallursache grob**:

**Betriebsart**:     **Masse und Schwerpunkt (ausserhalb: auch wenn nur ein Wert)**:     **Halter**:

**Maximal TakeOff Mass (Kg)**:     **Flugzeug-Kategorie (Max TakeOff Mass)**:     **Flugzeug-Typ**:

**Unfall-/Vorfallort (Land)**:     **Kurzbeschreibung**:    
 **Flugphase**:

**Verletzungen...**    **...Besatzung**    **...Passagiere**    **...Drittpersonen**    **HF Luftfahrzeugführer beteiligt**

tödlich	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="nein"/>
schwer/erheblich	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<b>HF generell beinhalten</b>
leicht	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="nein"/>
<b>von insgesamt an Bord</b>	<input type="text" value="12"/>	<input type="text" value="171"/>	<input type="text" value="0"/>	

**Personal**           

**Pilot 1 für Airprox:**     **Pilot 2 für Airprox:**

**Nationalität**:     **Lizenz:**     **Nationalität**:     **Lizenz:**

**Alter:**     **Funktion**:     **Alter:**     **Funktion**:

**Medical:**    **Class**     **Medical:**    **Class**

**Flugstunden (h), auf ganze Stunden abgerundet...**    **Flugstunden (h), auf ganze Stunden abgerundet...**

<b>...total, alle Muster</b>	<input type="text"/>	<b>...total, alle Muster</b>	<input type="text"/>
<b>...total, Unfall-Muster</b>	<input type="text"/>	<b>...total, Unfall-Muster</b>	<input type="text"/>
<b>...alle Muster, letzte 90 Tg</b>	<input type="text"/>	<b>...alle Muster, letzte 90 Tg</b>	<input type="text"/>
<b>...Unfall-Muster, letzte 90 Tg</b>	<input type="text"/>	<b>...Unfall-Muster, letzte 90 Tg</b>	<input type="text"/>
<b>Flugdienstzeit Vortag</b>	<input type="text"/>	<b>Flugdienstzeit Vortag</b>	<input type="text"/>
<b>Ruhezeit</b>	<input type="text"/>	<b>Ruhezeit</b>	<input type="text"/>
<b>Flugdienstzeit am Unfallzeitpunkt</b>	<input type="text"/>	<b>Flugdienstzeit am Unfallzeitpunkt</b>	<input type="text"/>

**Flugstundenzahlunterschied Piloten**     **Piloten steuern/sitzen gleiches Flugzeug**    
 **Altersunterschied Piloten**     **Unterschiede berücksichtigen**

**ATS unit**

	<b>Nationalität</b>	<b>Alter:</b>	<b>Station:</b>
<b>Flugverkehrsleiter A</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>Flugverkehrsleiter B</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>Flugverkehrsleiter C</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>Flugverkehrsleiter D</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>Flugverkehrsleiter E</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>Flugverkehrsleiter F</b>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Blättern		HF Ursachen		Generell		Personal		Ursache	
Layout:		<b>HF beitragende Faktoren</b>							
Klassifiziere		<b>Vom BFU genannte Ursache(n):</b>				<b>Vom BFU genannte beitragende Faktoren:</b>			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> s	Technik - Luftfahrzeug	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> s	Technik - Luftfahrzeug	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Datensatz:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gefunden:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Summe:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
476	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Unsortiert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

David Weber  
Basel, 1. Mai 2010