



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Bachelorarbeit

Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau

**Aspekte der Gefährdung der Verkehrs- und
Flugplansicherheit von Flugzeugen in Bezug auf
nicht beeinflussbare Naturereignisse und die
finanziellen Wirkungen**

El Sayed Hussein

22. November 2011

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Fakultät Technik und Informatik
Department Fahrzeugtechnik + Flugzeugbau
Berliner Tor 9
20099 Hamburg

Verfasser: El Sayed Hussein
Abgabedatum: 22.11.2011

1. Prüfer: Diplom-Volkswirt Günter Willich
2. Prüfer: Professor Dr.-Ing. Peter Martin

Betreuung: Diplom-Volkswirt Günter Willich

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich die Zeit für ein paar Worte des Dankes nehmen und mich bei all denjenigen bedanken, die mich bei der Anfertigung dieser Bachelor-Thesis unterstützt haben.

Ein besonderer Dank gilt meinen beiden Korrektoren, Diplom-Volkswirt Günter Willich, der mich durch seine hilfreichen Anregungen und seine Geduld immer wieder unterstützt hat. Er trug durch konstruktive Hilfestellungen zu einer äußerst positiven Motivation bei der Erstellung dieser Bachelorarbeit bei. Desweiteren möchte ich mich bei Professor Dr.-Ing. Peter Martin für seine Bereitschaft als Zweitgutachter zu fungieren.

Nicht zuletzt möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken, die mich mein ganzes Leben lang unterstützt haben, mir dieses Studium überhaupt erst ermöglicht und die komplette Zeit moralisch unterstützt haben.

Erklärung

Ich versichere, dass ich diese Bachelorarbeit ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

.....
Datum

Unterschrift

Liste der Abkürzungen

ACC	Bezirksleitstelle = Area Control Center
ADV	Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen
AEA	Association of European Airlines
APP	An- und Abflugkontrollstelle = Approach Control Offices
ATC	Flugverkehrsleitdienst = Air Traffic Control
BFU	Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BWS	Bruttowertschöpfung
CAMO	Unternehmen zur Führung der Aufrechterhaltung der Lufttüchtigkeit = Continuing Airworthiness Management Organisation
DAVVL	Deutscher Ausschuss zur Verhütung von Vogelschlägen im Luftverkehr
DFS	Deutsche Flugsicherung GmbH
DRV	Deutscher Reiseverband
DWD	Deutscher Wetterdienst
EASA	Europäische Agentur für Flugsicherheit = European Aviation Safety Agency
EG	Europäische Gemeinschaft = European Union
FAA	Luftfahrtbehörde der Vereinigten Staaten von Amerika = Federal Aviation Administration
FL	Flight Level
FOD	Foreign Object Damage
FSBetrV	Verordnung über die Betriebsdienste der Flugsicherung
ft	Feet (Fuß) = 1 ft entspricht 0,3 m
IATA	International Air Transport Association
ICAO	Internationale Zivilluftfahrt Organisation = International Civil Aviation Organization
IFR	Instrumentenflugregeln = Instrument Flight Rules
JACDEC	Jet Airliner Crash Data Evaluation Centre
LBA	Luftfahrt-Bundesamt
LTA	Lufttüchtigkeitsanweisung = Airworthiness Directive
Mio.	Million(en)
Mrd.	Milliarde(n)
NM	Nautische Meile oder auch Seemeilen = 1 NM entspricht 1,852 km
NN	Normal Null
ORM	Operational Risk Management
SAFA	Safety Assessment of Foreign Aircraft
UTC	Koordinierte Weltzeit UTC entspricht der deutschen Winterzeit minus einer Stunde bzw. der deutschen Sommerzeit minus zwei Stunden = Universal Time Coordinated

VE	Verkehrseinheiten
VGR	Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung
WFD	Widespread fatigue damage

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 2.3.1:	Paragraph M.A. 101 – Geltungsbereich nach EG-2042 2003.....	17
Tabelle 2.3.2:	Paragraph M.A. 201 – Verantwortlichkeiten nach EG-2042 2003.....	19
Tabelle 2.3.3:	Paragraph M.A. 301 – Aufgaben zur Aufrechterhaltung der Lufttüchtigkeit nach EG 2042 2003.....	20
Tabelle 2.3.4:	Paragraph M.A. 710 – Prüfung der Lufttüchtigkeit nach EG-2042 2003.....	21

Verzeichnis der Darstellungen

Darstellung 1.1:	Umwelt des Systems Flugzeug.....	10
Darstellung 2.1:	Instanzen für Sicherheit im Luftverkehr.....	14
Darstellung 2.2:	Definition der Wartung.....	18
Darstellung 3.1:	Kategorisierung der Auswirkungen von Katastrophen.....	25
Darstellung 4.1:	Verschiedene Arten der Flugsicht.....	36
Darstellung 4.1.1:	Flug oberhalb der Bodeninversion bei dichtem Strahlungsnebel.....	36
Darstellung 4.2:	Vertikale Luftraumstruktur.....	42
Darstellung 4.3:	Vergleich Luftraum USA – Europa.....	47
Darstellung 4.4:	Optimierte Flugroute nach Hongkong der Lufthansa.....	48
Darstellung 4.5:	Faktoren für die Entwicklung eines Strukturinspektions-Programms.....	51
Darstellung 5.1:	Flüge in Europa.....	56
Darstellung 5.2 :	Flugausfälle europäischer Staaten.....	56
Darstellung 5.3	Entwicklung des Passagierverkehrs.....	59
Darstellung 5.4:	Entwicklung der Frachtmenge.....	61
Darstellung 6.1:	Flugzeugunfälle durch extreme Wetterbedingungen nach Unfallursache von 1977 bis 2006.....	70
Darstellung 6.2:	Gründe für Flugzeugabstürze.....	71
Darstellung 6.3:	Sicherheitsvergleiche unterschiedlicher Transportmittel.....	77
Darstellung 6.4:	Der Flugverkehr zwischen 2004 und 2008.....	75



Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau

Aufgabenstellung

Aspekte der Gefährdung der Verkehrs- und Flugplansicherheit von Flugzeugen in Bezug auf nicht beeinflussbare Naturereignisse und die finanziellen Wirkungen

Der Anteil der durch nicht beeinflussbare Naturereignisse verursachten Unfälle in der zivilen Luftfahrt häufte sich in den letzten Jahren an.

Daher soll in dieser Bachelorarbeit eine Untersuchung durchgeführt werden inwieweit diese Aspekte Einfluss auf die Verkehrs- und Flugplansicherheit einnehmen. Auch sollen in dieser Arbeit die Ursachen für die Gefährdung der Flugverkehrssicherheit dargestellt und verglichen werden. Eine Untersuchung der finanziellen Wirkungen vor und nach dem Eintreffen einer Katastrophe sollte ebenso gegeben sein.

Fragen die aufgeklärt werden sollen:

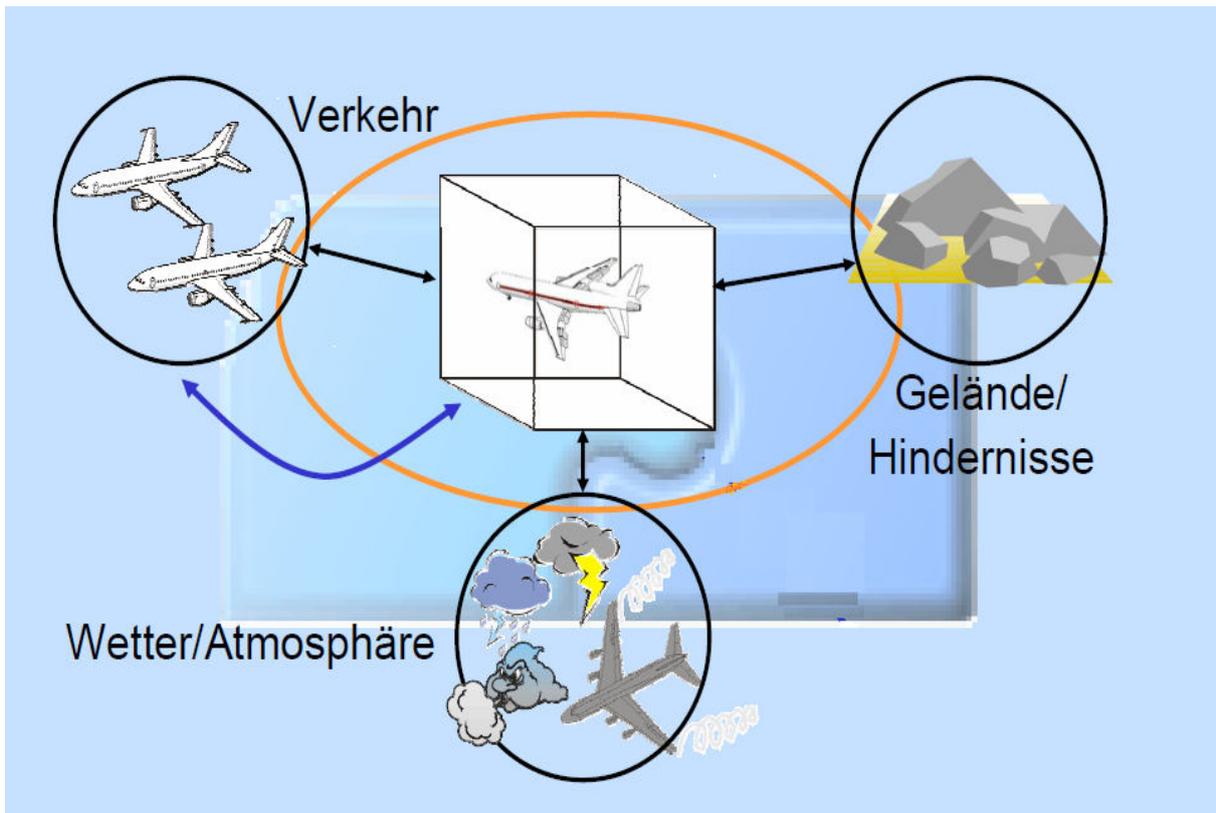
- Inwieweit sind die Flugzeughersteller gegen Naturereignisse gewappnet?
- Wie sicher ist der Luftverkehr verglichen mit anderen Transportmittel?
- Welche Ursachen sind eine Bedrohung für die Luftverkehrssicherheit?
- Welche Schutzeinrichtungen gibt es?
- Wie hoch sind die wirtschaftlichen Verluste?

In dieser Arbeit werden die oben genannten Fragen abgearbeitet und behandelt.

Inhalt

	Seite
1. Einleitung	10
2. Grundlagen	12
2.1 Begriffsdefinitionen	12
2.2 Zuständigkeiten	14
2.3 Behördliche Anforderungen für die Lufttüchtigkeit	17
3. Analyse der ökonomischen Auswirkungen von Katastrophen	24
3.1 Klassifizierung der Auswirkungen von Katastrophen	24
3.2 Wirtschaftliche Analyse	27
3.2.1 Schadensmessung	27
4. Aspekte der Gefährdung der Flugsicherheit	29
4.1 Ursachen	29
4.2 Maßnahmen	41
4.2.1 Grundlagen der Flugverkehrskontrolle	41
4.2.2 Optimale Flugroutenplanung	47
4.2.3 Fehlertoleranz-Konzepte	49
5. Der Eyjafjallajokull als Anwendungsbeispiel	53
5.1 Der Eyjafjallajokull	53
5.1.1 Direkte Schäden	54
5.1.2 Luftraumsperrung	54
5.2 Auswirkung auf die deutsche Wirtschaft	57
5.2.1 Fluggesellschaften	58
5.2.2 Reiseveranstalter	62
5.3 Auswirkung auf die Volkswirtschaft	63
6. Statistiken	67
6.1 Flugzeugunfälle	68
6.2 Vergleich der häufigsten Ursachen	70
6.3 Sicherste Airlines	72
6.4 Vergleich der Verkehrsmittel	77
7. Zusammenfassung	79
8. Literatur- und Quellenverzeichnis	80

1. Einleitung



Darstellung 1.1: Umwelt des Systems Flugzeug

Wenn man sich für die Zukunft nur die zu erwartende Zunahme der Flugverkehrsdichte, den zunehmenden Verdrängungswettbewerb der vielen Airlines und der zu transportierenden "Massen" (s. "Airbus 380") vorstellt, dann wird deutlich, welche Ausmaße hier an Schadenswirkung für Menschen und Güter entstehen können. Desto wichtiger ist es, sich den Ursachen zu widmen, die hauptsächlich verantwortlich für solche Entwicklungen zu sein scheinen.

Jedes technische System und jedes Mensch-Maschine-System ist fehlerbehaftet. Fehlerfreie Systeme gibt es nicht. Insbesondere wegen der hohen Geschwindigkeiten sowie des Übergangs vom Luft- zum Bodenfahrzeug sind Flugzeuge potentiell unfallgefährdete technische Systeme.

Das Problem „Flugsicherheit“ zeichnet sich durch einen außerordentlich hohen Grad an Komplexität aus. Eine wichtige Kausalität ergibt sich dabei aus den vielschichtigen Wirkungen der Interaktion Mensch – Technik – Organisation.

International vergleichbare Untersuchungen zu Flugunfällen machen deutlich, dass sich die Relation von den ursprünglich technisch bedingten stark zu den menschlich bedingten Ursachenkomplexen verschoben hat.

Heute muss man davon ausgehen, dass fast 75 Prozent aller Flugzeugunfälle menschliche menschliches Versagen als Unfallursache ausweisen. Dagegen tragen Naturereignisse wie z.B. das Wetter einen deutlich geringeren Anteil von fast 13 Prozent.

Der Anteil der durch Wetterbedingungen verursachten Unfälle in der zivilen Luftfahrt hat sich in den letzten zwei Jahrzehnten mehr als verdreifacht. Waren im Zeitraum zwischen 1987 und 1996 nur ca. vier Prozent der Hauptunfallursachen wetterbedingt, so ist diese Zahl in der Dekade 1997 bis 2006 schon auf ca. 13 Prozent gestiegen. Die Gefahren des Wetters bedrohen die Luftfahrt relativ gesehen also immer stärker.

Diese Arbeit lässt sich in vier Abschnitte untergliedern. Der erste Teil dient dazu, die theoretischen Grundlagen zu legen, auf die bei der darauffolgenden Untersuchung zurückgegriffen werden kann.

Zunächst wird der Begriff der Katastrophe eingegrenzt und die ökonomischen Auswirkungen von Katastrophen klassifiziert. Danach wird die Messung und Bewertung der Auswirkungen eines Ereignisses betrachtet, besonders jene auf die Volkswirtschaft eines Landes.

Der zweite Teil beschäftigt sich mit dem Ausbruch des Eyjafjallajökull im Jahr 2010. Der zeitliche Ablauf, beginnend mit dem Ausbruch über die Bewegung der Aschewolke bis zu den Luftraumsperrungen, wird dargelegt. Es soll ein Überblick verschafft werden, wie viele Flüge, in welchem Zeitraum und in welchen Ländern betroffen waren. Da dies hier im Mittelpunkt des Interesses liegt, wird dabei speziell auf die Situation in Deutschland hingewiesen. Im dritten Teil der Arbeit folgt die konkrete Analyse der Auswirkungen des Ereignisses auf die deutsche Wirtschaft. Dabei werden zunächst die wirtschaftlichen Schäden deutscher Unternehmen untersucht und davon ausgehend auf die Auswirkungen des Vulkanausbruches auf die deutsche Volkswirtschaft geschlossen.

Der vierte Teil soll mithilfe von Statistiken und Zahlen einen konkreten Überblick über die Unfallursachen im Flugverkehr verschaffen.

2. Grundlagen

Um ein ausreichendes Maß an Sicherheit zu garantieren und um allgemein gültige Standards festzulegen, manifestieren Behörden ihre Anforderungen an Personen oder Unternehmen in Form von Verordnungen, Gesetzen oder Beschlüssen. Hierzu führt **EG-216 2008** in Bezug auf den Luftverkehr in der Europäischen Gemeinschaft aus:

Im Bereich der Zivilluffahrt sollte für die europäischen Bürger jederzeit ein einheitliches und hohes Schutzniveau gewährleistet sein; hierzu sind gemeinsame Sicherheitsvorschriften zu erlassen, und es ist sicherzustellen, dass Erzeugnisse, Personen und Organisationen, die in der Gemeinschaft im Umlauf bzw. tätig sind, diese Vorschriften sowie die geltenden Umweltschutzvorschriften einhalten.

Für die betroffenen Personen und Organisationen ist es wichtig festzustellen, welche Anforderungen für sie gelten und wo ihre Rechte und Pflichten liegen. Gesetzestexte können jedoch auf Grund ihrer spezifischen Schreibweise zunächst schwer verständlich wirken. Gelöst werden kann dieses Problem durch die Erarbeitung eines grundlegenden Verständnisses und ggf. Verwendung von Interpretationshilfen. Dieses Verständnis soll in Bezug auf die Anforderungen an ein *Unternehmen zur Führung der Aufrechterhaltung der Lufttüchtigkeit* im Folgenden vermittelt werden.

2.1 Begriffsdefinitionen

Flugsicherheit

Der Begriff Flugsicherheit umfasst sowohl die Theorie, Untersuchung und Einordnung von Flugunfällen als auch die Vermeidung von Flugunfällen durch Sicherheitsvorschriften, Kontrollen, Ausbildung und Training.

Von zunehmender Bedeutung ist ein spezieller Aspekt der Flugsicherheit, die Luftsicherheit, die sich mit der Sicherheit im Luftraum, also der Abwehr äußerer Gefahren im Luftverkehr, befasst. Als äußere Gefahren gelten z. B. Flugzeugentführungen, Sabotageakte und andere terroristisch motivierte Angriffe oder Eingriffe.

Flugsicherheit ist nicht mit Flugsicherung zu verwechseln.

Flugsicherung

Die Flugsicherung dient der sicheren, geordneten und flüssigen Abwicklung des Luftverkehrs (§ 27 c deutsches LuftVG). International sind die Organisationsformen sehr verschieden, insbesondere die Kooperation ziviler und militärischer Dienststellen. Die Gliederung und Kontrolle des Luftraums kann einerseits regional erfolgen, andererseits nach Flughöhe.

Luftsicherheit

Der Begriff Luftsicherheit bezieht sich im Bereich der zivilen Luftfahrt auf die Abwehr äußerer Gefahren. Als äußere Gefahren gelten insbesondere Flugzeugentführungen, Sabotageakte und andere, beispielsweise terroristisch motivierte Angriffe oder Eingriffe. Luftsicherheit ist streng zu trennen von Flugsicherung, die der sicheren Verkehrslenkung im Luftraum dient (Sonderpolizeifunktion). Im englischen Sprachgebrauch ist die Unterscheidung leichter: Dort steht in der Luftfahrt *Security* für *Luftsicherheit*, während *Safety* auf betriebliche und technische Gefahren hinweist.

Sicherheit

Sicherheit bezeichnet einen Zustand, der frei von unvermeidbaren Risiken der Beeinträchtigung ist oder als gefahrenfrei angesehen wird.

Mit dieser Definition ist *Sicherheit* sowohl auf ein einzelnes Individuum als auch auf andere Lebewesen, auf unbelebte reale Objekte oder Systeme wie auch auf abstrakte Gegenstände bezogen. Sicherheit bezeichnet die Eigenschaft eines Systems, weder Menschen, Sachen noch Umwelt zu gefährden.

2.2 Zuständigkeiten

Um die Flugsicherheit zu gewährleisten werden Unternehmen in der Luftfahrt von Behörden überwacht. Die Zuständigkeit richtet sich in der Regel nach dem Staat, indem das Unternehmen eingetragen ist. Dieses Unterkapitel gibt einen Überblick über die zuständigen Behörden für eine *Luftverkehrsgesellschaft*.



Darstellung 2.1: Instanzen für Sicherheit im Luftverkehr

Europäische Agentur für Flugsicherheit

Die oberste Zuständigkeit für *Luftverkehrsgesellschaften* aus Mitgliedsländern der europäischen Union besitzt nach **EASA.EU 2008a** die EASA. Ihr Ursprung liegt in der Verordnung (EG) Nr. 1592/2002 vom 15. Juli 2002, mit der sich das Europäische Parlament für die Festlegung gemeinsamer Vorschriften in der Zivilluftfahrt und die Gründung einer Europäischen Agentur für Flugsicherheit ausspricht.

Derzeit hat die EASA ihren Sitz in Köln. Ihr Ziel ist die Förderung höchstmöglicher gemeinsamer Sicherheits- und Umweltstandards in der Zivilluftfahrt. Zugleich bildet sie die Dachorganisation für die nationalen Luftfahrtbehörden der 27 EU-Mitgliedsstaaten sowie 4 der EASA beigetretenen nicht EU-Staaten.

(EASA.EU 2008b)

Die heutigen Hauptaufgaben der EASA sind in **EASA.EU 2008b** wie folgt definiert:

- **Vorschriftenerstellung:** Vorbereitung von Gesetzesvorschlägen auf dem Gebiet der Luftfahrt sowie technische Beratung für die Europäische Kommission und die Mitgliedstaaten;
- Durchführung von Inspektionen, Ausbildungs- und Standardisierungs-Programmen für eine einheitliche Umsetzung der europäischen Sicherheitsvorschriften in den Mitgliedstaaten;
- Musterzulassung luftfahrttechnischer Produkte (Flugzeuge, Triebwerke, Ausrüstungsteile);
- Genehmigung (und Aufsicht) von Entwicklungsbetrieben weltweit sowie von *Herstellungs- und Instandhaltungsbetrieben* im EU-Ausland;
- Sicherheitsgenehmigung für außereuropäische Airlines;
- Koordination des Gemeinschaftsprogrammes SAFA (Safety Assessment of Foreign Aircraft) hinsichtlich der Sicherheit außereuropäischen Fluggerätes auf Flughäfen innerhalb Europas;
- Datenerhebung, Analyse und Forschung zur Verbesserung der Flugsicherheit. Darüber hinaus soll die EASA in Zukunft bei der Vorschriftenerstellung der Sicherheitsstandards für Flughäfen sowie für Flugverkehrsmanagementsysteme eine zentrale Rolle spielen. Die nationalen Luftfahrtbehörden in den Mitgliedsländern nehmen vor allem operative Aufgaben wahr und sind für die Umsetzung der EASA-Vorschriften auf nationaler Ebene verantwortlich. Auf internationaler Ebene arbeitet die Agentur mit Partnerbehörden, wie zum Beispiel der Internationalen Zivilluftfahrt-Organisation (ICAO), der Federal Aviation Administration (FAA) sowie den Behörden aus Kanada, Brasilien, China, Israel und Russland zusammen.

Die Zusammenarbeit hat vor allem das Ziel, die Flugsicherheit weltweit zu verbessern und für eine Harmonisierung der Standards untereinander zu sorgen.
(EASA.EU 2008b)

In Verordnungen und Gesetzen wird die EASA in der Regel nicht direkt genannt, sondern mit „Agentur“ bezeichnet. Es ist daher zu beachten, dass sich dieser Begriff immer auf die EASA bezieht.

Luftfahrt-Bundesamt

Das Luftfahrt-Bundesamt (LBA) ist die Bundesoberbehörde für die Aufgaben der zivilen Luftfahrt in der Bundesrepublik Deutschland. Es wurde am 30. November 1954 gegründet und ging aus der "Vorläufigen Bundesstelle für Luftfahrtgerät und Flugunfalluntersuchung" (VBL) hervor. Mit Sitz in Braunschweig ist das LBA vor allem Prüfungs- und Zulassungsbehörde für Luftfahrzeuge und luftfahrzeugtechnische Erzeugnisse. Darüber hinaus liegen die Aufgaben in der Genehmigung und Überwachung von Luftfahrtbetrieben und Luftfahrtpersonal.

(Wikipedia 2008b)

Demnach liegt die Zuständigkeit, für die *Luftverkehrsgesellschaft*, in erster Linie beim LBA. Sollten Verordnungen die Genehmigung oder Anerkennung durch die „nationale Behörde“ erfordern, so ist dafür in Bezug auf die definierte *Luftverkehrsgesellschaft* das LBA zuständig. Bei *Luftverkehrsgesellschaften* anderer Mitgliedsländer ist dementsprechend die nationale Luftfahrtbehörde des jeweiligen Landes zuständig.

Deutscher Wetterdienst

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) mit Sitz in Offenbach/Main untersteht wie auch das Luftfahrt-Bundesamt und die Bundesanstalt für Flugsicherung dem Bundesminister für Verkehr. Die Anstalt "Deutscher Wetterdienst" wurde am 11. November 1952 errichtet.

Das Wetter als eine der wichtigsten Einflussgrößen für die Luftfahrt spielt bei den Bestrebungen nach Sicherheit und Wirtschaftlichkeit eine ausschlaggebende Rolle.

Aufgabe des DWD ist daher, die meteorologische Sicherung der Luftfahrt zu gewährleisten sowie einen Beitrag zur Wirtschaftlichkeit und Pünktlichkeit der Luftfahrt zu leisten. Hierzu dient der vom DWD durchgeführte Flugwetterdienst.

Insbesondere sind als Aufgaben zu nennen:

- Die Wetterberatung der Luftverkehrsteilnehmer, einschließlich der Bereitstellung entsprechenden Kartenmaterials,
- Information der Flugverkehrskontrollstellen über das Flugwetter und dessen Entwicklung,
- Die Durchführung des luftfahrtspezifischen Wetterbeobachtungs- und meldedienstes.

Um einen weltweit einheitlichen Service zu bieten und damit dem internationalen und interkontinentalen Charakter des Luftverkehrs gerecht zu werden, ist der Flugwetterdienst in einen internationalen Verbund eingegliedert.

Der Verbund umfasst weltweit ein Wetterbeobachtungsnetz, ein Wetterfernmeldesystem, ein Datenverarbeitungssystem, mehrere Wettervorhersage-Zentralen und die örtliche Flugwetterberatung.

2.3 Behördliche Anforderungen für die Lufttüchtigkeit

Allgemeines

M.A. 101 Geltungsbereich

Dieser Paragraph beschreibt den Geltungsbereich – Technische Anforderungen

Tabelle 2.3.1

Paragraph	Beschreibung
M.A. 101	Dieser Abschnitt gibt die zur Sicherstellung der Aufrechterhaltung der Lufttüchtigkeit zu ergreifenden Maßnahmen (einschließlich Instandhaltung) und die von Personen oder Unternehmen zu erfüllenden Bedingungen vor.

Nach Tabelle 2.3.1 teilt sich der Geltungsbereich des Abschnitts A in zwei Bereiche auf. Zum einen geht es um Maßnahmen, welche zur Sicherstellung der Aufrechterhaltung der Lufttüchtigkeit eines Luftfahrzeugs ergriffen werden müssen. Dies schließt auch die Instandhaltung mit ein. Der Begriff Maßnahme zielt in diesem Paragraphen auf eine oder mehrere Tätigkeiten hin, welche ausgeübt werden müssen.

Unter Aufrechterhaltung der Lufttüchtigkeit versteht man „alle Prozesse, durch die sichergestellt wird, dass das Luftfahrzeug die geltenden Anforderungen an die Lufttüchtigkeit erfüllt und sicher betrieben werden kann“.

Zusätzlich wird darauf aufmerksam gemacht, dass dies die Instandhaltung des Luftfahrzeugs mit einschließt. Als Instandhaltung werden „Maßnahmen zur Bewahrung und Wiederherstellung des Soll-Zustandes sowie zur Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes“ bezeichnet. Außerdem wird die Instandhaltung in die folgenden drei Bereiche gegliedert:

- Wartung
- Inspektion
- Instandsetzung

Definition der Wartung



Maßnahmen der **Wartung** :

Reinigen, Konservieren, Schmieren, Ergänzen, Auswechseln und Nachstellen

Darstellung 2.2: Definition der Wartung

Die Wartung dient dazu, „den bestehenden Abnutzungsvorrat eines Luftfahrtgeräts zu erhalten“. Weiterhin werden als Wartungsmaßnahmen aufgeführt:

„Reinigen, Konservieren, Schmieren, Ergänzen“. Demnach sind Inspektionen als „Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung eines Ist-Zustandes“ zu verstehen. Darüber hinaus wird deutlich darauf hingewiesen, dass eine Inspektion eine „Maßnahme zur reinen Informationsgewinnung“ ist und weder neuen Abnutzungsvorrat schafft noch bewahrt.

Im Gegensatz dazu versteht man unter Instandsetzung „Maßnahmen zur Wiederherstellung des Soll-Zustandes“. Bei diesen Maßnahmen, welche auch unter dem Begriff Reparatur bekannt sind, wird gezielt Abnutzungsvorrat neu erstellt. Instandhaltungstätigkeiten stellen daher Handlungen dar, die der Aufrechterhaltung oder Wiederherstellung der Lufttüchtigkeit dienen können.

Zuständigkeit

M.A. 201 Verantwortlichkeiten

Dieser Paragraph regelt die Verantwortlichkeiten für den Betrieb eines Luftfahrzeugs.

Tabelle 2.3.2

Paragraph	Beschreibung
M.A. 201	<p>Der Eigentümer ist für die Aufrechterhaltung der Lufttüchtigkeit</p> <p>a eines Luftfahrzeugs verantwortlich und hat vor jedem Flug sicherzustellen, dass:</p> <p>1 sich das Luftfahrzeug in einem lufttüchtigem Zustand befindet,</p> <p>2 die Betriebs- und Notausrüstung funktionstüchtig ist,</p> <p>3 das Lufttüchtigkeitszeugnis (ARC) seine Gültigkeit behält,</p> <p>4 die Instandhaltung nach dem genehmigtem Instandhaltungsprogramm durchgeführt wurde.</p> <p>b Bei angemieteten Luftfahrzeugen wird die Verantwortung des Eigentümers auf den Mieter übertragen, wenn:</p> <p>1-2 der Mieter im Eintragungsdokument genannt (1) oder im Mietvertrag angegeben (2) ist</p>

Aufrechterhaltung der Lufttüchtigkeit

M.A. 301 Aufgaben zur Aufrechterhaltung der Lufttüchtigkeit

Dieser Paragraph regelt die Aufgaben, welche zur Aufrechterhaltung der Lufttüchtigkeit des Luftfahrzeugs durchgeführt werden müssen.

Tabelle 2.3.3

Paragraph	Beschreibung
M.A. 301	<p>Die Aufrechterhaltung der Lufttüchtigkeit und die Betriebstüchtigkeit des Luftfahrzeugs müssen sichergestellt werden durch:</p> <ol style="list-style-type: none">1 die Ausführung von Vorflugkontrollen,2 die Korrektur von Mängeln oder Schäden, die die Betriebssicherheit des Luftfahrzeugs beeinflussen,3 die Durchführung sämtlicher Instandhaltungsarbeiten in Übereinstimmung mit dem genehmigtem Instandhaltungsprogramm,4 die Bewertung der Wirksamkeit des genehmigtem Instandhaltungsprogramm bei großen Flugzeugen oder gewerbsmäßiger Nutzung,5 die Befolgung aller zutreffenden Lufttüchtigkeitsanweisungen (LTA), betrieblichen Anweisungen, von der Agentur vorgeschriebenen Maßnahmen und von der Behörde als unmittelbare Reaktion auf ein Sicherheitsproblem erlassenen Maßnahmen,6 die Durchführung von Änderungen und Reparaturen in Übereinstimmung mit M.A. 304,7 die Festlegung von Entscheidungsgrundsätzen bei nicht zwingend durchzuführenden Änderungen oder Inspektionen,8 die Durchführung von Instandhaltungsflügen, falls erforderlich.

Die in Tabelle 2.3.3 Punkt (1) bis (8) beschriebenen Tätigkeiten haben direkten Einfluss auf die Lufttüchtigkeit des Luftfahrzeugs. Sie können in zwei Arten unterschieden werden, Tätigkeiten, welche unabhängig vom Luftfahrzeug durchgeführt werden (z.B. Bewertungstätigkeiten) und Tätigkeiten, welche am Luftfahrzeug durch-

geführt werden (z.B. Vorflugkontrollen). Die unabhängigen Tätigkeiten sind sowohl lokal als auch zeitlich unabhängig vom Luftfahrzeug.

Die Bewertungstätigkeiten sollten im regelmäßigen Abstand erfolgen, unabhängig davon wie oft das Luftfahrzeug eingesetzt wird.

Im Gegensatz dazu stehen die vom Luftfahrzeug abhängigen Tätigkeiten, sie sind sowohl lokal als auch zeitlich an das Luftfahrzeug gebunden. Die Durchführung dieser Tätigkeiten erfolgt am Luftfahrzeug, deren Fälligkeit ergibt sich aus den Vorgaben des Instandhaltungsprogramms in Zusammenhang mit den geleisteten Flugstunden, Flugzyklen oder abgelaufenen Kalendertagen.

Prüfung der Lufttüchtigkeit

Dieser Paragraph regelt die Aufgaben, welche bei der Prüfung der Lufttüchtigkeit durchgeführt werden müssen.

Tabelle 2.3.4

Paragraph	Beschreibung
M.A. 710	<p>a Um der Anforderung an eine Prüfung der Lufttüchtigkeit gemäß M.A.902 gerecht zu werden, muss die anerkannte CAMO eine vollständige dokumentierte Prüfung der Luftfahrzeugaufzeichnungen durchführen, um sich zu überzeugen, dass</p> <p>1 die Flugstunden und die zugehörigen Flüge für die Zelle, den Motor und den Propeller ordnungsgemäß aufgezeichnet wurden,</p> <p>2 das Flughandbuch für die Luftfahrzeugkonfiguration Gültigkeit hat und auf dem neuesten Stand ist,</p> <p>3 sämtliche für das Luftfahrzeug fällige Instandhaltung gemäß genehmigten Instandhaltungsprogramm durchgeführt wurde</p> <p>4 alle bekannten Mängel behoben oder, wenn zutreffend, auf eine festgelegte Weise gemeldet wurden,</p> <p>5 alle anzuwendenden Lufttüchtigkeitsanweisung durchgeführt und ordnungsgemäß aufgezeichnet wurden,</p> <p>6 alle Änderungen und Reparaturen, die an dem Luftfahrzeug durchgeführt worden sind, aufgezeichnet und genehmigt sind,</p> <p>7 alle in das Luftfahrzeug eingebauten lebensdauerbegrenzten Komponenten ordnungsgemäß gekennzeichnet und erfasst</p>

	wurden und ihre genehmigte Lebensdauer nicht überschritten haben,
8	alle Instandhaltungsarbeiten in Übereinstimmung mit diesem Teil freigegeben wurden,
9	der laufende Wägebericht die Konfiguration des Luftfahrzeugs wiedergibt und gültig ist,
10	das Luftfahrzeug dem neuesten von der Agentur genehmigten Änderungsstand seines Muster entspricht.
b	Das anerkannte Lufttüchtigkeitspersonal der CAMO muss eine physikalische Prüfung des Luftfahrzeugs durchführen. Nicht nach Teil-66 qualifiziertes Lufttüchtigkeitspersonal muss dabei von qualifiziertem Personal unterstützt werden.
c	Durch die physikalische Prüfung am Luftfahrzeug muss das Lufttüchtigkeitsprüfpersonal sicherstellen, dass:
1	alle erforderlichen Markierungen und Hinweisschilder ordnungsgemäß angebracht sind,
2	das Luftfahrzeug seinem genehmigten Flughandbuch entspricht,
3	die Luftfahrzeugkonfiguration mit der genehmigten Dokumentation übereinstimmt,
4	kein offensichtlicher Mangel festgestellt werden kann, der nicht gemäß M.A.404 aufgezeigt wurde,
5	keine Nichtübereinstimmungen zwischen dem Luftfahrzeug und der gemäß Absatz (a) dokumentierten Prüfung der Aufzeichnungen festgestellt werden können.
d	Abweichend von M.A.902(a) kann die Lufttüchtigkeitsprüfung um maximal neunzig Tagen ohne Beeinträchtigung der Kontinuität des Prüfungsverlaufs vorgezogen werden, so dass die Begehung während einer Instandhaltungskontrolle stattfinden kann.
e	Wurde die Prüfung der Lufttüchtigkeit ordnungsgemäß durchgeführt so wird eine Bescheinigung (EASA Formular 15b) oder

	<p>eine Empfehlung nach M.A.902 vom Lufttüchtigkeitspersonal ausgestellt.</p>
f	<p>Eine Kopie der für ein Luftfahrzeug ausgestellten oder verlängerten Bescheinigung über die Prüfung der Lufttüchtigkeit muss innerhalb von zehn Tagen an den Mitgliedstaat gesandt werden, in dem das Luftfahrzeug eingetragen ist.</p>
g	<p>Aufgaben im Rahmen der Prüfung der Lufttüchtigkeit dürfen nicht an Unterauftragnehmer vergeben werden.</p>
h	<p>Die zuständige Behörde ist von einem nicht eindeutigen Ergebnis der Prüfung der Lufttüchtigkeit zu informieren.</p>

3. Analyse der ökonomischen Auswirkungen von Katastrophen

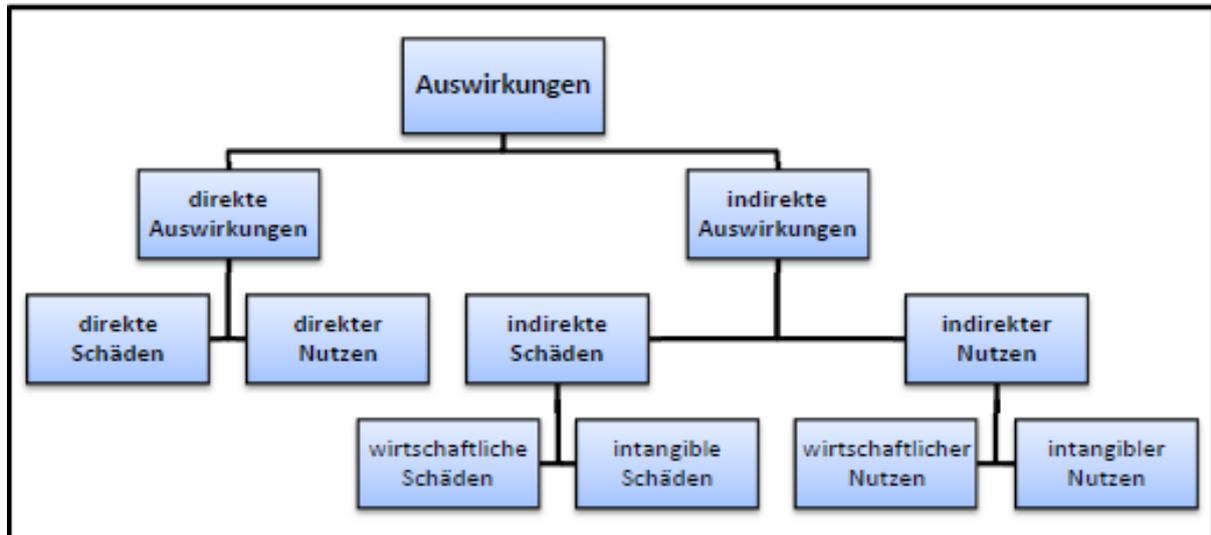
Die Ausführungen in diesem Kapitel bilden die theoretische Grundlage, mit deren Hilfe im weiteren Verlauf dieser Arbeit die Folgen des Vulkanausbruches für die deutsche Wirtschaft untersucht werden können. Einzelne Katastrophen und die verschiedenen Arten von katastrophalen Ereignissen unterscheiden sich teilweise deutlich untereinander, daher sollte auch die Analyse ihrer Auswirkungen dem speziellen Einzelfall angepasst werden. Gleichwohl wird in diesem Abschnitt darauf Wert gelegt, zunächst allgemein zu erläutern, welche Auswirkungen durch eine Katastrophe entstehen können und nur wenn nötig auf den Einzelfall des Eyjafjallajökull einzugehen. Zunächst werden dafür einige grundlegende Begriffe definiert. Wann spricht man von einer Katastrophe und welche Auswirkungen von Katastrophen lassen sich unterscheiden? Bei der Klassifizierung der Auswirkungen ist zu berücksichtigen, dass Katastrophen nicht ausschließlich negative Folgen verursachen. In der Regel entstehen neben den Schäden auch positive Effekte, also ein Nutzen, der jedoch der Größe nach in den meisten Fällen hinter den Schäden zurückbleibt. Im Vordergrund dieses Kapitels stehen die wirtschaftlichen Schäden. Gerade im Zusammenhang mit Katastrophen wird der Begriff Schaden nicht immer einheitlich verwendet. Daher wird im Folgenden erläutert, wie sich wirtschaftliche Schäden messen und bewerten lassen und welche Unterscheidung zwischen Schäden aus der Sicht von Unternehmen und Schäden für die Volkswirtschaft als Ganzes notwendig ist.

3.1 Klassifizierung der Auswirkungen von Katastrophen

Die Ständige Konferenz für Katastrophenvorsorge und Katastrophenschutz definiert eine Katastrophe als „ein Geschehen, das Leben oder Gesundheit zahlreicher Menschen, die Umwelt, erhebliche Sachwerte oder die lebensnotwendige Versorgung der Bevölkerung in ungewöhnlichem Maß gefährdet oder schädigt“.

Diese Definition ist sehr allgemein formuliert. Eine konkrete Definition des Begriffes Katastrophe ist mit Schwierigkeiten verbunden, was der Vielzahl an denkbaren katastrophalen Szenarien geschuldet ist. In der Wissenschaft und Politik wird der Katastrophenbegriff je nach Bedarf konkretisiert, untergliedert beziehungsweise von anderen Begriffen abgegrenzt. Gegenstand der Diskussion ist beispielsweise, ab welcher Anzahl von Verletzten oder Todesopfern oder ab welchem wirtschaftlichen Schaden von einer Katastrophe die Rede ist oder welche Voraussetzungen an das verursachende Ereignis zu setzen sind. Eine Möglichkeit der Untergliederung von Katastrophen ist die Differenzierung nach der Ursache. In dieser Arbeit liegt der Fokus vorrangig auf Katastrophen, die durch den Einfluss von Naturkräften hervorgerufen werden, diese lassen sich von solchen durch menschliches Wirken unterscheiden. Ein Naturereignis, wie zum Beispiel ein Vulkanausbruch, wird jedoch im Allgemeinen erst als Naturkatastrophe bezeichnet, wenn der Mensch dadurch auf erhebliche Weise zu Schaden kommt. Für die hier angestrebte Analyse der Auswirkungen eines Ereignisses ist es dagegen nicht relevant, ob dieses der formalen Definition einer Katastrophe genügt. Im Gegenteil, diese Arbeit soll hilfreich sein zu bewerten, inwieweit ein Schadensereignis wirtschaftlich katastrophale Auswirkungen hat.

Die Folgen einer Naturkatastrophe oder eines anderen Ereignisses lassen sich in direkte und indirekte Auswirkungen unterteilen. Die direkten Auswirkungen stehen in einem unmittelbaren kausalen Zusammenhang mit dem Schadensereignis. Die indirekten Auswirkungen dagegen werden lediglich mittelbar durch das Ereignis ausgelöst und können räumlich oder zeitlich getrennt davon auftreten. Des Weiteren lassen sich die Folgen einer Katastrophe in negative und positive Effekte unterteilen, also in Schäden beziehungsweise Nutzen.



Darstellung 3.1: Kategorisierung der Auswirkungen von Katastrophen

Direkte Schäden entstehen in der Regel zeitgleich mit dem Ereignis oder im Zeitraum kurz danach. Häufig auftretende direkte Schäden sind die Zerstörung oder Beschädigung von Gebäuden, Infrastruktur, Transportmitteln, Produktionsanlagen oder Warenlagern. „Unter einem direkten Nutzen sind alle positiven Effekte zu verstehen, die durch die Beseitigung des direkten Schadens ausgelöst werden.“ (Quelle: Nöthiger, C. / Elsasser, H. : Katastrophale Naturereignisse) Der direkte Nutzen entsteht folglich unter anderem bei Baufirmen, Handwerkern und anderen Unternehmen, die von Aufträgen zur Räumung oder Reparatur dieser Schäden profitieren. Als indirekte Schäden oder Folgeschäden werden Verluste bezeichnet, „die als Folge der durch ein Schadenereignis veränderten Bedingungen entstehen“. (Quelle: ebd.) Dementsprechend lässt sich der indirekten Nutzen als Ertrag durch die somit veränderte Situation definieren. Abhängig von der Art des Schadenereignisses entstehen indirekte Auswirkungen häufig erst im Zeitraum nach dem verursachenden Ereignis. Bei länger andauernden Ereignissen, wie beispielsweise Dürren, treten sie aber auch gleichzeitig auf. Für gewöhnlich wird ein Zeitrahmen von fünf Jahren nach dem auslösenden Ereignis festgelegt, in dem die indirekten Auswirkungen bewertet werden, obwohl der Großteil in den ersten zwei Jahren entstehen sollte.

Während direkte Auswirkungen naturgemäß in Geldeinheiten messbar sind, muss dies bei den indirekten Auswirkungen nicht im Allgemeinen gelten. Daher ist bei diesen zusätzlich eine Unterscheidung zwischen monetären und nicht monetären Auswirkungen möglich. Zu den monetären, also in Geldwert entstandenen oder bewertbaren, indirekten Folgen zählen hauptsächlich die wirtschaftlichen Auswirkungen. Daneben treten nicht monetäre Auswirkungen auf wie Trauer, Verunsicherung, Wut, aber auch beispielsweise die Stärkung der Solidarität innerhalb der

Bevölkerung. Diese werden auch als intangible Schäden beziehungsweise als intangibler Nutzen bezeichnet.

Unter wirtschaftlichen Auswirkungen sind Einflüsse zu verstehen, die ein Ereignis auf die Wirtschaft, also hauptsächlich auf die Unternehmen einer Volkswirtschaft ausübt, sofern sie nicht den direkten Auswirkungen zuzuordnen sind. Wirtschaftliche Auswirkungen entstehen zum einen durch eine Änderung der Einnahmen, also des Umsatzes, der betroffenen Unternehmen oder zum anderen durch eine Änderung der Kosten, das heißt Mehrkosten durch zusätzlich entstandene oder höhere Aufwendungen oder dementsprechend geringere Kosten.

Zu beachten ist jedoch, dass nicht alle Auswirkungen, die ein einzelnes Unternehmen als Schaden oder Nutzen wahrnimmt, dies auch auf volkswirtschaftlicher Ebene sind. Die Messung und Bewertung der wirtschaftlichen Auswirkungen ist teilweise mit Schwierigkeiten verbunden und wird im folgenden Unterpunkt näher betrachtet. Zunächst soll veranschaulicht werden, auf welche Art diese Auswirkungen entstehen und wie sie sich untereinander und von anderen Auswirkungen unterscheiden.

Umsatzausfälle können beispielsweise infolge eines Ausfalls der Produktion auftreten. Sind die Produktionsanlagen einer Fabrik zerstört, was ein direkter Schaden in der Höhe des Wertes dieser Anlagen darstellt, kann zusätzlich ein wirtschaftlicher Schaden entstehen. Bis die Produktionsanlagen wieder in Stand gesetzt sind, kann diese Fabrik nicht produzieren, wodurch ihr gegebenenfalls Umsatzerlöse durch den Verkauf der Waren entgehen. Produktionsausfälle können durch eine Vielzahl weiterer Faktoren verursacht werden. Denkbar sind fehlende Produktionsmittel, da Zulieferbetriebe beschädigt wurden oder Zerstörungen in der Infrastruktur, die Lieferwege oder zum Beispiel die Stromversorgung betreffen. Umsatzausfälle können darüber hinaus auch durch geringere Absatzmöglichkeiten hervorgerufen werden. Diese entstehen beispielsweise, wenn das Unternehmen beschädigt wird, das die produzierten Güter normalerweise abnimmt und diese daher nicht mehr benötigt oder durch das Fernbleiben der Kunden beispielsweise im Tourismusbereich. Neben Umsatzausfällen verursachen Mehrkosten wirtschaftliche Schäden. Die durch das Schadensereignis veränderte Situation kann dazu führen, dass sich Güter verteuern oder unerwartete Aufwendungen notwendig machen.

Gerade im Bereich der wirtschaftlichen Auswirkungen ergeben sich mitunter aber auch deutliche positive Effekte. Wirtschaftlicher Nutzen entsteht oftmals durch Substitutionseffekte. Dies geschieht, wenn von den wirtschaftlichen Verlusten eines Unternehmens ein anderes durch Steigerung des Umsatzes profitieren kann. Weitere positive Auswirkungen auf die Wirtschaft sind infolge des direkten Nutzens denkbar oder beispielsweise durch gesteigerte Attraktivität einer Region für Touristen.

Wirtschaftliche Schäden entstehen nicht nur durch die veränderten Bedingungen aufgrund direkter Schäden, sondern wiederum auch durch die indirekten Schäden selbst. Somit unterscheiden sich die wirtschaftlichen Auswirkungen untereinander erheblich was den Grad des kausalen Zusammenhangs bezüglich des eigentlichen Schadensereignisses angeht. Je entfernter dieser Bezug besteht, desto schwieriger gestaltet sich auch die eindeutige Quantifizierung, da der Einfluss anderer Effekte steigt. Daher erfolgt hier eine Einteilung der wirtschaftlichen Schäden bezüglich des Grads der Abhängigkeit vom Schadensereignis. Als primäre Auswirkungen oder Auswirkungen ersten Grades werden wirtschaftliche Effekte bezeichnet, die unmittel-

bar aus direkten Schäden des Ereignisses resultieren. Von sekundären Auswirkungen beziehungsweise Auswirkungen zweiten Grades wird gesprochen bei wirtschaftlichen Effekten, die als Folge der primären Auswirkungen eintreten beziehungsweise erst durch Einwirkung eines weiteren Effekts oder einer weiteren Bedingung entstehen. Kann beispielsweise ein Unternehmen nicht mehr produzieren, da die Firma zerstört wurde, die für diese Produktion die Vorprodukte herstellt, so entsteht dadurch ein wirtschaftlicher Schaden zweiten Grades. Selbiges gilt auch, wenn es bei einem Unternehmen zu Umsatzausfällen kommt, da der Abnehmer der Produkte vom direkten Schaden betroffen ist. Dementsprechend lassen sich Auswirkungen dritten, vierten und weiteren Grades bestimmen. Abhängig von der Größe des Schadensereignisses und der Auswirkungen kann abgewogen werden, bis zu welchem Grad die Betrachtung der wirtschaftlichen Schäden sinnvoll erscheint.

3.2 Wirtschaftliche Analyse

Das womöglich entscheidende Ziel bei der Analyse der Auswirkungen von Katastrophen ist die quantitative Beschreibung der entstandenen Schäden. Dies ist unumgänglich, um die Basis zu legen, auf deren Grundlage Entscheidungen getroffen werden können beispielsweise über staatliche Hilfsleistungen oder die Notwendigkeit der Ergreifung von Schutzmaßnahmen, um späteren Katastrophen vorzubeugen. Da diese Bewertung möglichst objektiv und vergleichbar zu gestalten ist, erfolgt die Messung der Schäden in Geldwert. Andere, möglicherweise aussagekräftigere Maßeinheiten wären der Verlust von volkswirtschaftlichem Nutzen oder von Wohlfahrt, diese lassen sich jedoch nur schwer mit den gerade genannten Kriterien vereinbaren.

3.2.1 Schadensmessung

In vielen Fällen werden nach einem Schadensereignis lediglich die direkten Schäden betrachtet. Diese sind zumeist an ein Objekt geknüpft, dessen Wert beziffert werden kann, wodurch es für gewöhnlich ohne große Schwierigkeiten möglich ist den Schaden zu bewerten. Obwohl die indirekten Schäden die direkten um ein Vielfaches übersteigen können, werden diese häufig vernachlässigt. Bei der Betrachtung der indirekten Schäden stehen die wirtschaftlichen Schäden aufgrund ihrer Quantifizierbarkeit im Vordergrund.

Die Messung insbesondere der wirtschaftlichen Schäden muss immer im Vergleich zu der Situation erfolgen, die ohne Eintritt des Schadensereignisses entstanden wäre. Die zeitweilige Unterbrechung der Produktion beispielsweise führt also nicht automatisch zu wirtschaftlichen Schäden in Höhe des Wertes der potenziell möglichen Produktionsmenge in dieser Zeit, sondern höchstens in Höhe des Wertes der Produktion, die ohne den Einfluss des Ereignisses realisiert worden wäre. Dies jedoch auch nur, wenn durch den Produktionsausfall tatsächlich Umsatzausfälle oder Mehrkosten verursacht werden. Können die Produktionsausfälle aufgearbeitet werden, zum Beispiel da die betroffene Produktionsanlage nur schwach ausgelastet ist, kann es sein, dass es trotz Unterbrechung der Produktion nicht zu wirtschaftlichen Schäden kommt. Auch andere Effekte auf die Wirtschaft, wie beispielsweise die aktuelle konjunkturelle Lage oder die Qualität einzelner Unternehmensentscheidungen, müssen herausgefiltert werden, um die tatsächlichen

Auswirkungen eines Ereignisses auf die Wirtschaft zu bewerten. Dabei ist es jedoch regelmäßig notwendig, Schätzungen beziehungsweise Spekulationen anzustellen, was den Verlauf der Wirtschaft betrifft, wenn das Schadensereignis nicht eingetreten wäre. Den negativen Auswirkungen in Form von Umsatzausfällen oder Mehrkosten stehen außerdem Effekte gegenüber, die diese ausgleichen oder zumindest abmildern. Ausgefallener Konsum kann unter Umständen nachgeholt werden, was sich positiv auf den späteren Umsatz eines Unternehmens auswirkt. Dadurch profitieren wiederum auch die sekundär und tertiär betroffenen Unternehmen. Daneben führen Umsatzausfälle zu weniger Produktion, was aber auch weniger Produktionskosten bedeuten kann.

Bisher wurden die wirtschaftlichen Schäden hauptsächlich aus der Sicht von Unternehmen betrachtet. Bei der Bewertung der Höhe des angefallenen Schadens, sollte jedoch zwischen Schäden für Unternehmen und Schäden für die Volkswirtschaft als Ganzes unterschieden werden. Auch wenn gerade von Unternehmen der Begriff Schaden häufig nicht einheitlich verwendet wird, wird hier der wirtschaftliche Schaden von Unternehmen in der Höhe bewertet, in der das Schadensereignis den Gewinn des Unternehmens mindert. Um den Schaden zu messen, den ein Ereignis auf eine gesamte Volkswirtschaft ausübt, sind jedoch andere Kennzahlen entscheidend. Eine bloße Aufsummierung der wirtschaftlichen Schäden der Unternehmen abzüglich der positiven Effekte ist folglich nicht ausreichend. Die Verflechtungen und die unterschiedlichen Akteure innerhalb der Volkswirtschaft müssen berücksichtigt werden, genauso wie die Beziehungen der Volkswirtschaft zum Ausland. Es ist notwendig, den Schaden des Ereignisses, wenn man so will, aus einer anderen Perspektive zu betrachten.

4. Aspekte der Gefährdung der Flugsicherheit

4.1 Ursachen

Nur sehr selten ist ein singuläres Ereignis für den Absturz einer Maschine verantwortlich, fast immer ist es eine Kombination aus mehreren Ursachen. Diese lassen sich in Gruppen unterteilen:

- **Menschliche Fehler:** Sie sind die häufigste Ursache. Dazu zählen nicht nur solche der Flugzeugbesatzung, sondern beispielsweise auch jene von Fluglotsen, Herstellungs- und Wartungspersonal sowie Managern der Luftfahrtindustrie bzw. der Fluggesellschaften.
- **Eingeschränkte Sicht:** Bei der überwiegenden Mehrheit der Flugzeugabstürze war die Sicht zum Zeitpunkt des Unfalls stark oder erheblich eingeschränkt.
- **Witterungsbedingte Einflüsse:** Hierzu zählen Einflüsse durch Starkregen, Hagelschlag, Stürme, Windscherungen sowie Auf- und Abwinde.
- **Technisches Versagen:** Technische Defekte zum Beispiel an den Primärstrukturen eines Fluggerätes oder Ausfall eines Triebwerkes.
- **Äußere Einflüsse:** Diese treten zum Beispiel nach einem Bombenanschlag oder nach Zusammenstößen auf.
- **Zusammenstöße in der Luft:** Hier ist vor allem Vogelschlag zu nennen, andere Zusammenstöße sind eher ein mögliches Ergebnis als eine Ursache.

Die häufig anzutreffende Befürchtung, der Ausfall sämtlicher Triebwerke, etwa infolge von Treibstoffmangel, führe zwangsläufig zu einem Absturz, trifft nicht zu. Flugzeuge sind generell auch ohne den Schub der Triebwerke flugfähig, müssen dann aber zur Geschwindigkeitserhaltung im Gleitflug Höhe abbauen.

Die wichtigsten Ursachen für einen wetterbedingten Unfall können sein:

- Starker Regen
- Aschewolken z.B. nach Vulkanausbrüchen
- Vereisungen
- Sandstürme
- Turbulenzen
- Windböen und Scherwinde
- Eingeschränkte Sicht z.B. durch Nebel
- Gewitter im Allgemeinen
- Blitzschläge im Besonderen

In den letzten 50 Jahren der Zivilluftfahrt sieht die Verteilung der wetterbedingten Unfälle wie folgt aus:

Unfallursache	aktuelles Beispiel	Zahl der Unfälle	Zahl der Toten
1. Geringe Sicht	Absturz der Scandinavian SAS MD-80 in Mailand am 08.10.2001 mit 110 Toten	74	2158
2. Scherwinde	Absturz der Sosoliso Airlines DC-9 in Nigeria am 10.12.2005 mit 108 Toten	66	1332
3. Vereisungen	Notlandung der Austrian Airlines Fokker 70 in München am 05.01.2004	132	1463
4. Turbulenzen		72	1443
5. Gewitter		16	660
6. Blitzschlag		14	460
7. starker Regen		8	163
8. Sandsturm		1	49
9. Aschewolken		2	0
Gesamt		385	7728

Angesichts der vielen Sommergewitter und der natürlichen Angst des Menschen vor Gewittern, haben wir im Folgenden diese Unfallursache genauer untersucht. Seit 1956 ereigneten sich in 50 Jahren ziviler Luftfahrt folgende größere Unfälle bzw. Zwischenfälle von Bedeutung:

Gewitter:

Datum	Airline	Flugzeug	Anzahl der Toten	Ort des Unfalls
29.03.1959	Indian Airlines	Douglas DC-3	24	Silchar, Indien
	Details: Beim Flug durch ein Gewitter wird die Maschine durch die Turbulenzen über die Belastungsgrenzen hinaus belastet und bricht. Es ist nicht geklärt, ob der Pilot alle nötigen Anweisungen zu Flügen in Turbulenzen angewendet hat.			
29.09.1960	United Arab ALs	Vickers Viscount	23	Elba, Italien
	Details: Auf dem Flug von Kairo nach Rom verliert die Besatzung der Maschinen in einem schweren Gewitter die Kontrolle über die Maschine			
07.05.1981	Austral	BAC 1-11	31	Buenos Aires, Argentinien
	Details: Beim Landeanflug verliert der Pilot aufgrund starken Gewitters die Kontrolle. Den Piloten trifft eine deutliche Mitschuld am Unfall, da der Fluglotse aufgrund des Wetters von einer Landung abriet.			
19.05.1993	SAM Colombia	Boeing 727	133	Medellin, Kolumbien
	Details: Durch schwere Gewitter wird die Navigation entscheidend erschwert, was dazu führt, dass die Maschine gegen den Mount Parama Frontino fliegt.			

22.06.2006	Pulkovo Aviation	Tupolew Tu-154	170	Nähe Donetsk, Ukraine
<p>Details: Auf dem Flug von Anapa nach St.Petersburg wird der Pilot vor einer Gewitterfront gewarnt. Die Crew beschließt daraufhin, das Gewitter zu überfliegen. Die Gewitterwolken ziehen sich aber bis zu einer Höhe von 15km und führen zu schweren Turbulenzen und verursachen schlussendlich den Strömungsabriss bei der Tupolew. Die Maschine lässt sich nicht mehr stabilisieren und stürzt auf ein Feld und brennt aus.</p>				

Blitzschlag:

Datum	Airline	Flugzeug	Anzahl der Toten	Ort des Unfalls
26.06.1959	TWA Lockheed	L-1649	68	Mailand, Italien
22.06.1962	Air France	Boeing 707	113	Guadeloupe
<p>Details: Aufgrund eines Gewitters kommt es zu Problemen mit dem Peilsender, infolge derer die Maschinen an den Ausläufern eines Hügels zerschellt.</p>				
12.08.1963	Air Inter	Vickers Viscount	20	Lyon, Frankreich
08.12.1963	Pan Am	Boeing 707	81	Elkton, USA
<p>Details: Während Explosionen in der linken Tragfläche auslöst, welche zum Steuerverlust führen. Die Wirkung die Maschine eine Warteschleife fliegt, schlägt ein Blitz ins Flugzeug einschlägt und des Faradayschen Käfigs war hierbei durch austretende Kerosindämpfe eingeschränkt. In der Folge wurden einige bauliche Veränderungen angeordnet, um solche Unfälle in Zukunft zu vermeiden (u.a. Blitzableiter in den Tragflächen)</p>				
24.12.1971	LANSA	Lockheed L-188	91	Puerto Inca
<p>Details: Durch einen Blitzschlag fängt der rechte Flügel Feuer und bricht von der Maschine ab.</p>				
08.02.1988	NFD (Nürnberger Flugdienst)	Metro	21	Mühlheim, Deutschland
<p>Details: Aufgrund eines Blitzschlags auf dem Flug von Hannover nach Düsseldorf fällt das Elektroniksystem an Bord aus und Teile des rechten Flügels brechen ab.</p>				
06.07.2001	Air Transat	Lockheed Tristar	0	Lyon, Frankreich
<p>Details: Nach einem Blitzschlag fallen einige Systeme an Bord aus und die Maschine muss nach Lyon zurückkehren.</p>				
10.10.2001	Flightline	Merlin IV	10	Columbretes
27.12.2002	Ocean Airlines	Let 410	1	Anjouan
04.12.2003	Kato Air	Dornier Do-228	0	Bodo Airport

Aus diesen Zahlen leitet sich direkt die Frage ab, wie sicher Fliegen im Gewitter wirklich ist. Grundsätzlich haben Piloten vor jedem Start und während jeden Fluges umfangreiche Wetterinformationen zur Verfügung. Zusätzlich werden die Piloten durch den Fluglotsen unterstützt. Dadurch wird es den Piloten möglich, Gewitter zu umfliegen. Gerade in Phasen wie Starts und Landung, bei denen Gewitter besonders gefährlich sind, werden diese Wetterphänomene besonders gemieden durch Verschiebung von Starts, Landung auf Ausweichflughäfen oder Verbleib in der Warteschleife. Während des Fluges verhält sich ein Flugzeug ähnlich wie ein Auto als Faradayscher Käfig. Die metallische Außenhülle des Flugzeugs verhindert, dass

der Blitz ins Innere dringt, obwohl bei einem Blitzschlag Stromstärken bis zu 200.000 Ampère und Spannungen von mehreren Megavolt erreicht werden. Die kanadische Transportbehörde TC in Ottawa sieht daher in dem spektakulärsten Phänomen eines Gewitters – dem Blitz – nur eine geringe Gefahr für den Flugverkehr. Als viel gefährlicher stuft TC die Gefahr ein, dass der Pilot durch einen Blitz kurzzeitig erblindet oder elektrische Geräte beschädigt werden könnten. Unfälle durch Blitzeinschläge seien aber sehr selten. Diese Tatsache wird auch bestätigt durch ein Experiment der NASA aus den 80er Jahren, in dem ein Jet insgesamt 1400 Gewittern und Blitzen ausgesetzt war und dabei 700 mal getroffen wurde, aber nie ernsthafte Schäden davon trug. Die Gefahr eines Elektronikschadens wurde bereits damals erkannt und weitere Sicherheitssysteme gegen Blitzschlag verpflichtend eingeführt. Laut Airbus wird jedes Flugzeug im Schnitt ein bis zweimal pro Jahr vom Blitz getroffen.

Trotzdem sei ein Gewitter gerade deswegen eine so große Gefahr für Flugzeuge, da es alle gefährlichen meteorologischen Phänomene beinhaltet, gibt Timothy Miner vom Flight Safety Magazine zu bedenken. Dazu zählen Vereisungen, starke Winde, Windböen, Scherwinde, Turbulenzen, kleine Tornados und schlechte Sicht. Laut Miner gehen die Gefahren sogar noch weiter, denn nicht nur Gewitter unmittelbar um das Flugzeug herum, sondern auch Gewitter am Zielflughafen können eine Gefahr darstellen, selbst wenn die Landung erst einige Minuten nach dem Unwetter erfolgt. Beispiel dafür ist der Unfall einer American Airlines Maschine am 1. Juni 1999, die nach einem schweren Gewitter in Little Rock landete und unter anderem wegen Aquaplanings auf der „überfluteten“ Runway über die Begrenzungen hinausschoss. 11 Menschen kamen dabei ums Leben.

Jack May vom National Weather Service in Kansas City stuft Gewitter als die Gefahr ein, die für alle Piloten und alle Flugzeugtypen gefährlich sei. Die schweren Auf- und Abwinde seien tödlich. Aus diesem Grund hat die American Meteorological Society 2005 zusammen mit der amerikanischen Luftfahrtbehörde FAA neue Messmethoden zur Voraussage von Gewittern auf der Basis von detaillierten Wetteraufzeichnungen aus über 13 Jahren erstellt.

Die Gefahr von Gewittern auf Streckenflügen besteht ganz klar nicht nur für private Flugzeugführer, sondern auch für große Passagiermaschinen, die traditionell in größeren Höhen fliegen. Maschinen wie die Boeing 747 fliegen in ca. 30.000 Fuß Höhe (~ 10.000 Meter). Laut Kelsey Curtiss von der Texas A&M University kann die Höhe von Gewitter über Land aber ca. 55.000 Fuß betragen und über dem Meer sogar 75.000 Fuß. Ein Überfliegen ist in solchen Fällen nicht mehr möglich. Zusätzlich gefährlich wird die Sache dadurch, dass besonders hohe Gewitterfronten mehr Energie speichern und damit auch stärker und heftiger ausfallen. Der Rat von der kanadischen Transportbehörde an Piloten fällt daher ganz klar aus: „Vermeiden Sie Starts und Landungen in Gewittern. Versuchen Sie nicht unter Gewittern hindurch zu fliegen, da hier besonders starke Turbulenzen und Scherwinde herrschen können.“

Voraussetzungen für schwere Gewitter

- Starke Luftströmungen zwischen Boden und großen Höhen
- Hohe Luftfeuchtigkeit am Bode
- Trockene Luft in großen Höhen
- Zusätzliche Faktoren wie Gebirge oder Kaltfronten

Bemerkungen

Grundsätzlich ist es immer sehr komplex, Unfälle auf nur eine Unfallursache zurückzuführen, da ein Unfall immer ein komplexes Zusammenspiel verschiedener Faktoren ist und zumeist erst durch das gleichzeitige Auftreten dieser Faktoren es zum Unfall kommt. So ereignete sich z.B. während des Unfalls der Air France Maschine 2005 in Toronto ein schweres Gewitter über dem Flughafen, aber trotzdem wird in den offiziellen Statistiken diese Ursache nicht als Hauptursache geführt. Daher sind die oben genannten Statistiken immer in Abhängigkeit der Definition der „Hauptursache“ zu sehen und können je nach Statistik leicht variieren.

Schutzeinrichtungen in Flugzeugen vor Gewittern

- Aluminium-Außenhaut: Aluminium als sehr guter Leiter verhindert das Eindringen der Energie des Blitzes in die Zelle und ermöglicht ein Abfließen in die Atmosphäre. Bei Flugzeugen aus Faserverbundwerkstoffen werden an der Außenhaut besonders gut leitende Fasern eingesetzt.
- Abschirmung, Erdung und Überspannungsschutz zum Schutz von Kabeln, Stromkreisen und Instrumenten. Diese Schutzmaßnahmen werden von den Luftfahrtbehörden abgenommen.
- Blitzableiter
- Doppler-Radar zur frühzeitigen Entdeckung von Gewitterfronten: Messung von Richtung und Geschwindigkeit von sich bewegenden Objekten.
- Nutzung umfangreicher Wetterdaten und internes Meldesystem bei besonders schweren Gewittern, so genannten „Supercells“.
- Mittlerweile arbeiten zum Beispiel Forscher der Friedrich-Schiller-Universität Jena daran, wie man schon das Entstehen von Blitzen verhindern kann. Sie wollen drohende Gewitter regelrecht vom Himmel absaugen. Mit einem drei Billionen Watt starken Laserstrahl verändern sie die Eigenschaften der Luft. Sie wird elektrisch leitfähig wie ein Draht. Nähert sich ein Gewitter, wollen die Forscher mit dem Laserstrahl eine Verbindung zur Wolke herstellen, durch die sich die Blitze entladen sollen. Ein aufwändiges Verfahren, das im Augenblick noch nicht praktikabel erscheint.

Nebel

Auch im unmittelbar bevorstehenden Herbst und Winter wird die Anzahl der Tage mit Nebel und Hochnebel wieder deutlich zunehmen. Leider führen die damit verbundenen Gefahren immer wieder zu tragischen Flugunfällen. Erinnerung wir uns an einige Unfälle aus dem Jahre 2004 (Quelle: Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung):

10. Januar 2004

Drei Minuten nach dem Start erhielt das Flugzeug Piper 28R201 in dichtem Nebel Bodenberührung in bergigem Gelände (Lucca [Italien]). Der Pilot und sein Fluggast fanden den Tod.

05. September 2004

Der Flugzeugführer einer Piper 34220T verlor beim Anflug auf Juist (Weser-Ems [NI]) in einer Nebelbank die Orientierung. Kurz darauf bekam das Flugzeug mit einem Tragflügel Wasserberührung. Das Flugzeug wurde zerstört, Personen wurden nicht verletzt.

18. September 2004

Bei tief stehender Sonne kam es in Schönhagen (Brandenburg) mit einer Socata TB9 zu einer harten Landung. Personen wurden nicht verletzt, das Flugzeug schwer beschädigt.

15. November 2004

Nach dem Start zu einem Flug nach Sichtflugregeln (VFR) auf dem Verkehrslandeplatz Egelsbach geriet das Flugzeug Cessna 152 nach Verlassen der Kontrollzone in ein örtliches Nebelfeld. Beim Versuch einer Umkehrkurve kam es zu einer Baumberührung. Der Pilot wurde tödlich verletzt, das Flugzeug zerstört. Diese Beispiele mahnen uns, sich immer wieder mit dem Wetterphänomen **Nebel** zu beschäftigen, um rechtzeitig die richtige Entscheidung treffen zu können. Von besonderer Bedeutung ist das für die Vorbereitung auf die Herbst- und Winterflug-saison.

Was verstehen wir überhaupt unter Nebel?

Nebel ist eine der Erdoberfläche aufliegende Wolke, bei der definitionsgemäß die Sichtweite kleiner als 1000m ist.

Von Nebel im meteorologischen Sinn spricht man also nicht, wenn die Sichtweite etwa infolge von Niederschlag (z.B. Schnee, Regen, Sprühregen) oder aufgewirbelten Schnee oder Staub bzw. Sand unter 1000m zurückgeht. Nebel besteht aus kleinsten Wassertropfchen (etwa 10 bis 40µm im Durchmesser), die in der Luft schweben und dadurch den extrem starken Sichtrückgang verursachen.

Möchte man im Nebel oder auch schon bei starkem Dunst durch das Einschalten von Scheinwerfern die Sichtweite verbessern, muss man eine Blendwirkung durch die Rückstreuung des Lichtes an den Nebeltröpfchen einkalkulieren. Nebeltröpfchen streuen das Licht nicht gleichmäßig nach allen Seiten. Der größte Teil des Lichtes wird nach vorn gestreut, ein kleinerer Teil zurück, aber genau dieser ruft eine starke Blendwirkung hervor. Wir kennen alle diese Erscheinung, wenn man beim

Autofahren im Nebel die Scheinwerfer aufblendet. Oft ist das rückgestreute Licht so grell, dass man sofort wieder abblenden muss. Auch beim Flug gegen die tief stehende Sonne kommt es durch die Vorwärtsstreuung zu extremer Sichtverschlechterung.

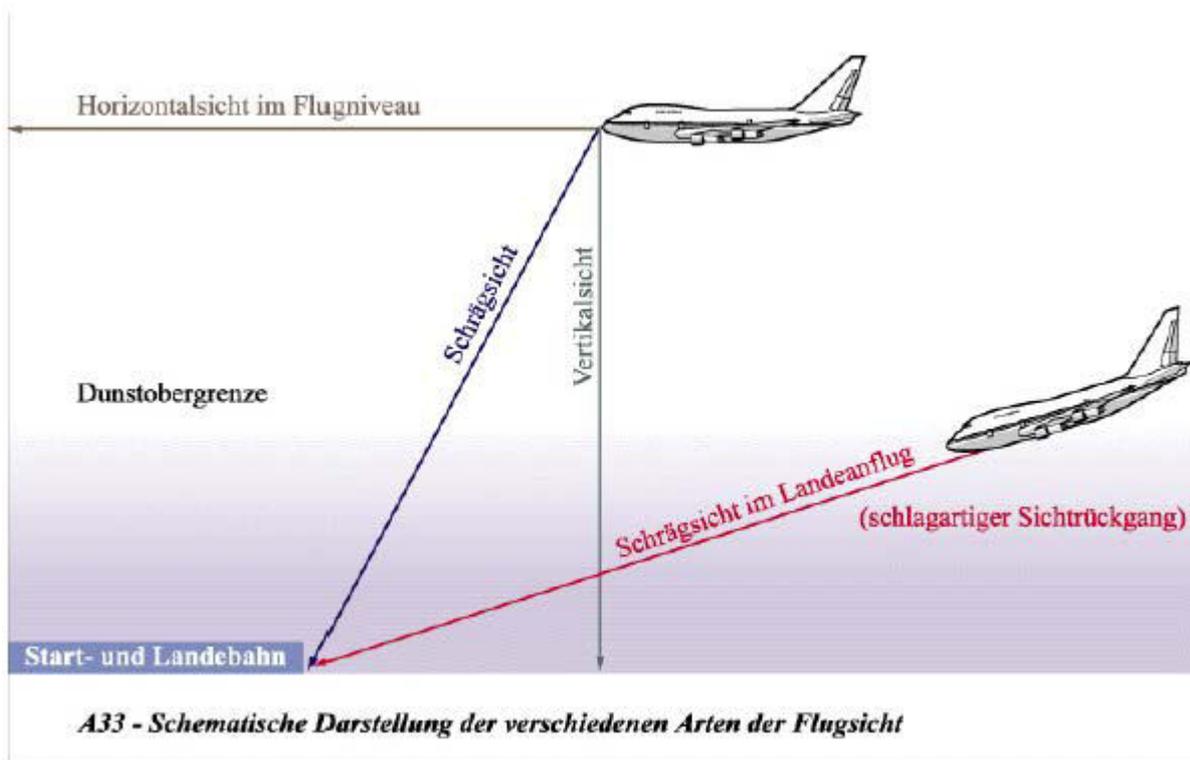
Welche Ursachen führen zum Sichtrückgang?

Komplizierte Sichtflugbedingungen können sehr verschiedene Ursachen haben. Die wesentlichsten sind:

Niederschlag: vor allem Schnee und Sprühregen führen zu markantem Sichtrückgang, meist gekoppelt mit absinkenden (tiefen) Wolkenuntergrenzen und im Spätherbst und Winter mit der zusätzlichen Gefahr von Flugzeugvereisung.

Aufgewirbelter Schnee, Staub oder Sand: das kann vor allem in Landeanflug kritisch werden, weil die Abfanghöhe visuell schlecht bestimmt werden kann (die Grenze zwischen Boden und Luftraum verschwimmt), häufig starke Turbulenz hinzukommt und außerdem die Gefahr besteht, dass Beschädigungen (bei Sand) an Triebwerk, Propeller und Flugzeugzelle entstehen können.

Zunahme der Luftfeuchtigkeit: das führt zunächst zum Aufquellen der Dunstpartikel in der Luft und bei Kondensation zur Ausbildung von Nebeltröpfchen, dann geht die Sichtweite rasch zurück, ggf. auch unter 1000m. Das ist die Ursache für die Entstehung von Nebel. Obwohl alle drei genannten Ursachen für das Fliegen, insbesondere für Start und Landung, eine große Gefahr darstellen können, wollen wir uns in diesem Beitrag etwas genauer mit dem Strahlungs- und Hochnebel, den wohl häufigsten Nebelarten, befassen. Ist man mit den physikalischen Vorgängen dieser Phänomene gut vertraut, dann wird man auch klügere und fundiertere Entscheidungen für oder gegen einen Start bzw. für oder gegen eine Landung auf einem Ausweichflugplatz treffen können. Die Erfahrung zeigt, wenn man ein Risiko kennt, richtig kalkuliert und psychisch darauf eingestellt ist, dann wird die damit verbundene Gefahrensituation deutlich besser beherrscht.



Darstellung 4.1: Auf dieser Abbildung sind die verschiedenen Arten der Flugsicht dargestellt. Man erkennt, dass Strahlungsnebel oberhalb der Inversion die Flugsicht nicht beeinträchtigt. Auch die Vertikalsicht und die steile Schrägsicht können noch ausreichend sein. Der extrem gefährliche Sichtrückgang ist im Landeanflug, beim Eintauchen in die Bodeninversion zu erwarten.



Darstellung 4.1.1: Dieses Foto zeigt einen Flug oberhalb der Bodeninversion bei dichtem Strahlungsnebel. Charakteristisch ist die scharfe Obergrenze des Nebels. Schon seltener sieht man die Wolkendurchbrüche durch die Inversion, die durch die aufgeheizte Luft von Kraftwerken verursacht werden.

Was ist an einem Tag mit erhöhter Bereitschaft zur Bildung von Strahlungs- oder Hochnebel vor einem Start bzw. während eines Fluges alles zu beachten?

1. Bei Nebelwetterlagen sollte man vor einem Start umfassende meteorologische Informationen einholen. Dazu gehören: Textvorhersagen, TAFs, METARs, GAFORs, insbesondere AIRMETs und SIGMETs, ergänzend, falls die Möglichkeit besteht, hoch aufgelöste Satellitenbilder über das Internet. Bei unaufschiebbaren Flügen sollte eine mündliche Beratung beim Flugwetterdienst eingeholt werden.

2. Ist nach der meteorologischen Analyse und Prognose die Bildung von Nebel und/oder Hochnebel wahrscheinlich, dann sollte ergänzend ins Kalkül gezogen werden:

- Ist auf der geplanten Flugstrecke bzw. am Landeort kürzlich Niederschlag gefallen oder ist der Untergrund feucht, dann ist mit einer forcierten Nebel bzw. Hochnebelbildung zu rechnen.
- Liegt der Landeort in einer Mulde, Senke, Flusstal o.ä. bzw. führt die Flugstrecke über solches Gelände, ist eher Nebel bzw. Hochnebel zu erwarten als auf Bergkuppen oder höher gelegenen Gelände. In der Nähe von Mulden und Senken besteht auch bei schwachem Wind die Gefahr plötzlicher Nebeleintritte. Wenn die Talränder bis zum Rand mit Nebel gefüllt sind, laufen sie über und der Nebel „überschwemmt“ relativ rasch die ganze Umgebung.
- Im Lee von Bergen oder Gebirgen bildet sich seltener Nebel oder Hochnebel. Häufig kann man die Föhnwindlücken geschickt nutzen. Aber Achtung, wenn sich plötzlich der Wind dreht oder einschlüft, dann ist die Föhnwindlücke schnell geschlossen und Sichtflugbedingungen sind schlagartig nicht mehr gegeben. Die Luvseiten begünstigen die Nebel und Hochnebelbildung und stellen somit eine erheblich größere Gefahr für das Fliegen dar.
- Nebel und Hochnebel haben einen ausgeprägten Tagesgang, der bei der Flugplanung unbedingt berücksichtigt werden sollte. Besonders zu beachten ist: Bei feuchtem Erdboden (starker Taubefall, nach Regen) setzt nach Sonnenaufgang durch die stärkere Verdunstung häufig zunächst eine Sichtverschlechterung (Nebelverdichtung) oder eine Hochnebelbildung ein, ehe eine Sichtverbesserung bzw. Nebelauflösung Realität wird. Diese Erscheinung wird oft unterschätzt und hat vor allem bei Starts bzw. Landungen kurz nach Sonnenaufgang schon häufig zu außerordentlich kritischen Situationen geführt.
- Die Feuersichten in der Nacht sind in der Regel besser als die Sichten am Tag. Bei einer Landung in der Morgendämmerung ist deshalb mit einer Verschlechterung der Sichtweite, bei einer Landung nach Sonnenuntergang mit einer Besserung zu rechnen.

- Hochnebel und Nebel sind eng an die Bodeninversion gekoppelt. Kann sich keine Bodeninversion bilden oder wird sie aufgelöst, dann wird es auch keinen Strahlungs- bzw. Hochnebel geben. Man muss allerdings beachten, dass Bodeninversionen keine seltene Erscheinung sind, sie kommen an etwa 70% aller Tage im Jahr vor.
- Strahlungsnebel kann sich nicht mehr bilden, wenn die mittlere Windgeschwindigkeit $> 8\text{m/s}$ ist.

Vogelschlag

Vogelschlag bezeichnet den Zusammenprall von Vögeln mit Objekten. Ebenso wie andere Lebewesen erkennen Vögel manchmal natürliche oder von Menschen erbaute Hindernisse in ihrem Flugraum (wie zum Beispiel Fensterscheiben, Lärmschutzwände und Stromleitungen) nicht, missinterpretieren sie oder schaffen es nicht, ihnen auszuweichen und kollidieren mit ihnen. Dies kann zu Verletzungen und zum Tod der Tiere führen. Die Schäden am Hindernis sind meist gering; jedoch kann Vogelschlag für Fahr- und besonders Flugzeuge zu ernststen Gefahrensituationen führen.

Vogelschlag an Luftfahrzeugen

Problem

Bilder von Flugzeugen nach einem Vogelschlag





Besondere Aufmerksamkeit kommt dem Problem des Vogelschlags in der Luftfahrt zu, wo weltweit jährlich ein Schaden von über einer Milliarde US-Dollar entsteht und die Flugsicherheit zum Teil erheblich gefährdet ist.

Geraten Vögel beispielsweise in die Triebwerke von Flugzeugen, in der Luftfahrt als Foreign Object Damage, (FOD) bezeichnet, kann ein Triebwerksausfall die Folge sein. Die Kollisionen mit Flugzeugen kommen während der Start- oder Landephase und Flughöhen unter etwa 3000 Meter vor. Ein Triebwerksausfall in so geringer Höhe ist besonders kritisch, da nur wenig Zeit für die Vorbereitung einer Notlandung bleibt.

- Das bekannteste deutsche Opfer eines Vogelschlags war der Tierfilmer Michael Grzimek, Sohn des bekannten Zoodirektors, Biologen und Naturfilmers Bernhard Grzimek, der am 10. Januar 1959 während der Dreharbeiten zu dem später Oscar-prämierten Film "Serengeti darf nicht sterben" verunglückte, weil sein Flugzeug mit einem Gänsegeier kollidierte.
- Die Notwasserung eines Airbus der US Airways im Hudson River in New York am 15. Januar 2009 wurde durch Vogelschlag in beiden Triebwerken ausgelöst. Alle 155 Personen an Bord konnten gerettet werden.

Moderne Triebwerke müssen eine Vogelschlag-Resistenz aufweisen. Ähnliches gilt für die Flugzeugstruktur, wo ein Vogelschlag nicht zu einer katastrophalen Flugsituation führen darf. Entsprechende Tests (oder durch Test validierte und verifizierte Analysen) für Turbine und Struktur eines Flugzeugs schreiben die Zulassungsbehörden wie EASA und FAA vor.

Vogelschlagvermeidung an Luftfahrzeugen

In Deutschland befasst sich der *Deutsche Ausschuss zur Verhütung von Vogelschlägen im Luftverkehr* (DAVVL) seit Mitte der 1960er Jahre mit diesem Problem. Er gibt unter anderem eine Vogelzugvorhersage heraus und verbreitet Vogelzugwarnungen, sog. **BIRDTAMs** (in Anlehnung an NOTAMs), die vom Amt für Geoinformationswesen der Bundeswehr herausgegeben werden. Dieses bietet Informationen zur Vogelschlaggefahr in einer Region auf der Basis von Radarvogelzugbeobachtungen. Der DAVVL gibt auch das Online-Journal „Vogel und Luftverkehr“ heraus und pflegt eine Liste schwerer, vogelschlagbedingter Flugunfälle.

Neben der Vorhersage und Vogelschlagwarnung dient hauptsächlich das Instrument des Biotopmanagements der Vogelschlagverhütung. Flughäfen und deren Umgebung werden dabei in einer Weise gestaltet, dass große, den Flugbetrieb gefährdende oder in großen Schwärmen auftretende Vogelarten ihre ökologischen Ansprüche an einen Lebensraum nicht erfüllt finden. Kleine, oft seltene Arten, die in der überwiegend durch industrialisierte Landwirtschaft geprägten Umwelt kaum noch eine Chance haben, finden dort hingegen einen geeigneten Lebensraum. Nur in Situationen, in denen das Biotopmanagement zur Sicherung der biologischen Flugsicherheit nicht hinreichend Wirkung zeigt, was unter Umständen nach Schneefall oder Mahd etc. der Fall sein kann, wird in Deutschland Vergrämungstechnik angewendet. Es handelt sich in der Regel um Pyrotechnik, die aus Signalrevolvern verschossen wird. Der erzeugte Knall vertreibt die Vögel. Im Gegensatz zu Nordamerika werden in Deutschland keine letalen Maßnahmen ergriffen, um das Vogelschlagproblem an Flughäfen zu lösen.

An großen Flughäfen im Ausland wird gelegentlich mit Hilfe von Greifvögeln und anderen Maßnahmen (Beschallung von Tonträgern mit Tierstimmen) versucht, das Terrain vogelfrei zu halten. Den Vögeln werden dort auch Möglichkeiten zum Brüten genommen (keine Sträucher oder Bäume).

Große Flugzeuge schalten unter 3000 Meter (10.000 ft) prinzipiell (auch tagsüber) die Landescheinwerfer an, um für Vögel (und andere Flugzeuge) besser sichtbar zu sein. Um einem entgegenkommendem Flugzeug zu entkommen, weichen Vögel nach unten im Sturzflug aus, da sie so wesentlich schneller die Höhe ändern können als im Steigflug. Zur Vermeidung von Vogelschlag sollte der Pilot (wenn die Reaktionszeit noch reicht) deshalb Vögeln nach oben oder zur Seite ausweichen. Mit einem horizontalen und vertikalem Radar und speziell entwickelter Software ist es möglich, alle Flugobjekte im Umkreis von ca. 6-8 NM automatisch zu erkennen. Die Software klassifiziert die Flugobjekte anhand ihres typischen Flugverhaltens und berechnet, ob die Flugrouten mit startenden oder landenden Flugzeugen auf Kollisionskurs sind. Die Messung der Reflektivität des Radars erlaubt es zudem, die in der Luft befindliche Masse zu messen. Da 10.000 Sperlinge genauso gefährlich für ein Flugzeug sein können wie 10 Wildgänse, kann dieses Risiko adäquat abgebildet werden. Die Radartechnik erlaubt es, Vogelschlagrisiken zu managen, was mit dem Begriff Operational Risk Management (ORM) in immer mehr Flughäfen Einzug hält.

Da besonders militärische Flugzeuge aufgrund des geringen Gleitfluganteils betroffen sind, sind Vogelschläge besonders für das Militär ein Problem.

4.2 Maßnahmen

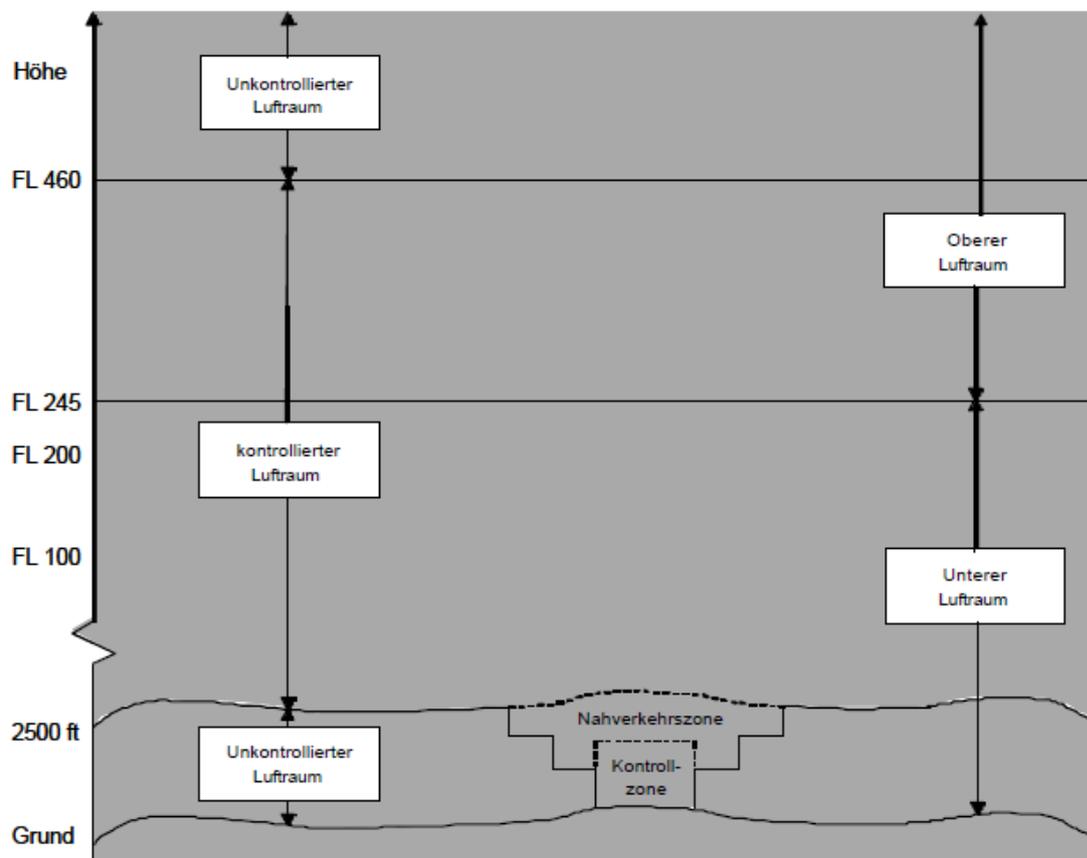
4.2.1 Grundlagen der Flugverkehrskontrolle

In diesem Kapitel werden grundlegende Begriffe, Abläufe und Organisationsstrukturen aus dem Bereich der Flugverkehrskontrolle erläutert. Die grundlegenden Organisationsstrukturen sind international abgestimmt, um eine sichere und reibungslose staatenübergreifende Verkehrsabwicklung zu ermöglichen. Bei einem Großteil des in diesem Bereich geltenden Rechts handelt es sich um internationale Gesetzgebung. Zudem ist davon auszugehen, dass für die geltende deutsche Gesetzgebung nationale Regelungen existieren.

Organisation des Luftraumes

Der Luftraum der Bundesrepublik Deutschland, wie auch jedes anderen Staates, ist ein dreidimensionales Gebilde. Die horizontalen Grenzen entsprechen dabei im Wesentlichen den geographischen Landesgrenzen. In vertikaler Richtung bildet die Erdoberfläche die Untergrenze des Luftraumes. Nach oben hin ist er nicht limitiert. Die vertikale Struktur des Luftraumes ist aufgeteilt in den unteren und den oberen Luftraum sowie den kontrollierten und den unkontrollierten Luftraum. Der untere Luftraum reicht von der Erdoberfläche bis Flugfläche 245, auch kurz als FL 245 bezeichnet. Der obere Luftraum schließt sich direkt darüber an und ist nach oben hin unbegrenzt. Innerhalb dieser Struktur gibt es von der Flugsicherung kontrollierte und unkontrollierte Luftraumbereiche. Der kontrollierte Bereich ist auch hier in horizontaler Ausdehnung im Wesentlichen identisch mit den geographischen Landesgrenzen. Es gibt jedoch Ausnahmen, wie z.B. in Süddeutschland. Im Grenzgebiet zur Schweiz ist die Kontrolle eines Teils des deutschen Luftraumes an die schweizerische Flugsicherung skyguide delegiert worden. Dieser Umstand erklärt auch die maßgebliche Beteiligung der schweizerischen Flugsicherung am Unfallgeschehen im Falle der Midair Collision bei Überlingen, obwohl sich der Unfall in deutschem Hoheitsgebiet ereignet hat.

Für die vertikale Ausdehnung des kontrollierten Luftraumes gilt in der Regel eine Untergrenze von 2500 ft über Grund. Eine Ausnahme bilden die Nahverkehrsbereiche, die sich unmittelbar an die Kontrollbereiche der Flugplätze anschließen, und die Kontrollbereiche selbst. Im Nahverkehrsbereich liegt die Untergrenze bei 1700 ft bzw. 1000 ft. über Grund. Im Kontrollbereich liegt die Untergrenze bei 0 ft über Grund. Die abweichenden Untergrenzen ergeben sich daraus, dass in den genannten Bereichen startende und landende Flugzeuge überwacht werden. Die Obergrenze für die vertikale Ausdehnung des kontrollierten Luftraumes liegt bei Flugfläche 460 (FL 460). Zudem ist der kontrollierte Luftraum weltweit gemäß den Bestimmungen der International Civil Aviation Organisation (ICAO) je nach angebotenen Kontroll-Dienstleistungen in die Luftraumklassen A bis G eingeteilt. Auf die Einteilungskriterien soll hier jedoch nicht weiter eingegangen werden. Alle Bereiche, die nicht innerhalb der vorgenannten horizontalen und vertikalen Grenzen für den kontrollierten Luftraum liegen bilden den unkontrollierten Luftraum. Dieser unterliegt nicht der Flugverkehrskontrolle durch die Flugsicherung. Darstellung 4.2 veranschaulicht für die vertikale Struktur des Luftraumes die bisher beschriebenen Zusammenhänge.



Darstellung 4.2: Vertikale Luftraumstruktur

Die Ermittlung der Flughöhen erfolgt mit Hilfe von barometrischen Höhenmessern. Einzelnen Luftdruckwerten können über den Normaldruckverlauf die zugehörigen Höhen zugeordnet werden. Während des Reiseflugs, in größeren Flughöhen also, wird die Höhe des Flugzeugs über Flugflächen bzw. Flight Level (FL) angegeben. Die Ermittlung der Flugflächen, genau genommen sind es Flächen gleichen Drucks, erfolgt über einen Höhenmesser im Flugzeug in der 1013,25 hPa Standard-einstellung. Der Anfangswert für die Höhenzählung liegt in dieser Einstellung bei 1013,25 hPa. Das Instrument misst nun den Luftdruck, der auf das Flugzeug wirkt, und ermittelt daraus unter Annahme der Gültigkeit der Normalatmosphärenangabe gibt nicht die tatsächliche Höhe über NN an, da die Ermittlung aufgrund der Annahme konstanter normierter Bedingungen (Normalatmosphäre) entstanden ist und nicht unter Einbezug der tatsächlichen atmosphärischen Bedingungen (wie z.B. Hochdruck- oder Tiefdruckzonen). Die Höheneinordnung in Form von Flugflächen ist jedoch trotzdem eindeutig, da alle auf einer Flugfläche befindlichen Flugzeuge in Bezug auf die aktuelle tatsächliche Atmosphäre denselben Messfehler machen. Während des An- und Abflugs wird die Flughöhe nicht mehr über Flugflächen angegeben. Die Höhenmessung erfolgt in der Nahverkehrs- und der Kontrollzone unter Einbezug der tatsächlich herrschenden atmosphärischen Bedingungen. Der Höhenmesser muss dazu in der sogenannten QNH-Einstellung betrieben werden. Der Anfangswert für die Höhenzählung bezieht sich in dieser Einstellung auf den Luftdruck in der Höhe NN, der über den in Flugplatzhöhe tatsächlich gemessenen Luftdruck ermittelt wird (QNH-Luftdruck). Vom tatsächlich gemessenen Flugplatzluftdruck wird dazu über den Normaldruckverlauf zunächst auf den in NN theoretisch

herrschenden Luftdruck zurückgerechnet. Aus dem so für den Luftdruck ermittelten Wert in NN lässt sich nun wiederum über den Normaldruckverlauf die tatsächliche Höhe des Flugzeugs über NN errechnen. Aus der Differenz zwischen Flugzeughöhe über NN und Flugplatzhöhe über NN ergibt sich die Höhe des Flugzeugs über Grund. Über den Normaldruckverlauf die theoretische Höhe über Normal Null (NN). Diese Höhenangabe gibt nicht die tatsächliche Höhe über NN an, da die Ermittlung aufgrund der Annahme konstanter normierter Bedingungen (Normalatmosphäre) entstanden ist und nicht unter Einbezug der tatsächlichen atmosphärischen Bedingungen (wie z.B. Hochdruck- oder Tiefdruckzonen). Die Höheneinordnung in Form von Flugflächen ist jedoch trotzdem eindeutig, da alle auf einer Flugfläche befindlichen Flugzeuge in Bezug auf die aktuelle tatsächliche Atmosphäre denselben Messfehler machen. Während des An- und Abflugs wird die Flughöhe nicht mehr über Flugflächen angegeben. Die Höhenmessung erfolgt in der Nahverkehrs- und der Kontrollzone unter Einbezug der tatsächlich herrschenden atmosphärischen Bedingungen. Der Höhenmesser muss dazu in der sogenannten QNH-Einstellung betrieben werden. Der Anfangswert für die Höhenzählung bezieht sich in dieser Einstellung auf den Luftdruck in der Höhe NN, der über den in Flugplatzhöhe tatsächlich gemessenen Luftdruck ermittelt wird (QNH-Luftdruck). Vom tatsächlich gemessenen Flugplatzluftdruck wird dazu über den Normaldruckverlauf zunächst auf den in NN theoretisch herrschenden Luftdruck zurückgerechnet. Aus dem so für den Luftdruck ermittelten Wert in NN lässt sich nun wiederum über den Normaldruckverlauf die tatsächliche Höhe des Flugzeugs über NN errechnen. Aus der Differenz zwischen Flugzeughöhe über NN und Flugplatzhöhe über NN ergibt sich die Höhe des Flugzeugs über Grund.

Innerhalb des kontrollierten Luftraumes fliegen die Luftfahrzeuge auf vorgeschriebenen Flugverkehrsstrecken. Der Verlauf der einzelnen Strecken wird von Funknavigationsanlagen, wie z.B. UKW-Drehfunkfeuern (VOR), vorgegeben. Die Flugverkehrsstrecken bzw. Luftstraßen werden von definierten Verbindungslinien zwischen bestimmten Funkfeuern gebildet. Jede dieser Strecken ist eindeutig benannt. Funknavigationsanlagen oder Funkfeuer sind Antennen, die elektromagnetische Signale aussenden. Diese werden von einer technischen Einheit im Flugzeug aufgenommen und die enthaltenen Informationen werden dem Piloten angezeigt. Mit Hilfe der Angaben kann sich der Pilot orientieren und seine Flugstrecke erkennen.

Flugsicherung und Flugverkehrskontrolle

Nach der Verordnung über die Betriebsdienste der Flugsicherung FSBetrV besteht die Aufgabe und der gesetzliche Auftrag der Flugsicherung in der Hauptsache darin, „Zusammenstöße zwischen Luftfahrzeugen in der Luft und auf den Rollfeldern der Flugplätze [zu] verhindern“ (§ 4 FSBetrV). Darüber hinaus sollen durch die Flugsicherung alle Maßnahmen ergriffen werden, die zur „wirtschaftlichen“ (§ 9 FSBetrV) sowie „sicheren, geordneten und flüssigen Abwicklung des Luftverkehrs“ (§§ 4, 12, 17 und 21 FSBetrV) notwendig sind. Außerdem hat die Flugsicherung die Aufgabe, die für die Durchführung des Such- und Rettungsdienstes zuständigen Stellen über notwendige Einsätze zu benachrichtigen und diese Stellen in ihrer Arbeit zu unterstützen (§ 15 FSBetrV). Innerhalb der Flugsicherung sind unterschiedliche Betriebsdienste für die Erfüllung der einzelnen Aufgaben verantwortlich [FSBetrV]:

- Flugverkehrskontrolle (§ 4ff FSBetrV)
- Fluginformationsdienst (§ 12ff FSBetrV)
- Flugalarmdienst (§ 15f FSBetrV)
- Flugberatungsdienst (§ 17ff FSBetrV)
- Flugfernmeldedienst (§ 21ff FSBetrV)

Für den Unfallhergang innerhalb des ausgewählten Beispielunfalls sind insbesondere Abläufe innerhalb des Bereichs der Flugverkehrskontrolle relevant. Deshalb wird nachfolgend nur näher auf den Flugsicherungsbetriebsdienst „Flugverkehrskontrolle“ eingegangen. Bei der Flugverkehrskontrolle oder auch Air Traffic Control (ATC) handelt es sich laut Verordnung über die Betriebsdienste der Flugsicherung um den Betriebsdienst der Flugsicherung, der insbesondere für die Verhinderung von Zusammenstößen zwischen Luftfahrzeugen bzw. zwischen Luftfahrzeugen und sonstigen Hindernissen und für die Sicherheit, Ordnung und Flüssigkeit des Luftverkehrs verantwortlich ist. Die Überwachung des Flugverkehrs erfolgt dabei von den unterschiedlichen Kontrollstellen aus: von den Flugplatz Kontrollstellen (z.B. in Saarbrücken), den An- und Abflugkontrollstellen (z.B. in Düsseldorf) und den Bezirkskontrollstellen (z.B. in Karlsruhe).

Flugplatzkontrolle

Sofern es sich um einen kontrollierten, d.h. innerhalb des Zuständigkeitsbereiches der Flugsicherung liegenden Flugplatz handelt, erfolgt die Flugplatzkontrolle durch einen oder mehrere Lotsen im Tower des jeweiligen Flugplatzes. Der zuständige Lotse überwacht und lenkt den Luftverkehr auf dem Flugplatz selbst und in der umliegenden Kontrollzone sowohl für Flüge nach Instrumentenflugregeln (IFR12-Flüge) als auch für Flüge nach Sichtflugregeln (VFR-Flüge). Dabei umfasst die Kontrollzone den unmittelbaren Nahbereich von ca. 10 km Umkreis um den Flugplatz. Die Flugplatzkontrollstelle, auch Aerodrome Control Tower (TWR) genannt, arbeitet eng mit der jeweiligen An- und Abflugkontrollstelle zusammen.

An- und Abflugkontrolle

Die An- und Abflugkontrollstellen (Approach Control Offices (APP)) sind zuständig für die Überwachung, Lenkung und Staffelung des an-, ab- und überfliegenden IFR-Flugverkehrs im Nahbereich von ca. 60 km um den Flughafen herum. Sobald die geforderten Abstände, Geschwindigkeiten und die Reihenfolge der Flugzeuge stimmen, werden die Anflüge von hier an die jeweilige Platzkontrolle übergeben. Umgekehrt übergibt die Flugplatzkontrollstelle den abfliegenden Verkehr an die An- und Abflugkontrolle. Diese leitet die Luftfahrzeuge auf ihre überregionalen Verkehrsstrecken und übergibt sie an die verantwortliche Bezirkskontrollstelle.

Bezirkskontrolle

Es existieren sowohl für den unteren und als auch für den oberen Luftraum Bezirkskontrollstellen, die auch als Area Control Center (ACC) bezeichnet werden. Die hier arbeitenden Lotsen sind für die großräumige Lenkung und Staffelung des IFR-Flugverkehrs auf nationalen und internationalen Flugverkehrsstrecken zuständig. In Deutschland gibt es für den unteren Luftraum fünf derartige Kontrollbezirke, für den oberen Luftraum sind es drei. Der von den Flugverkehrsleitern zu führende Luftverkehr besteht zum Großteil aus Streckenflügen, die die einzelnen Bezirke durchqueren. Es zählen aber auch An- und Abflüge, die an die An- und Abflugkontrollstellen übergeben bzw. von diesen übernommen werden, zum zu betreuenden Verkehr. Die Aufgaben werden sowohl in den An- und Abflugkontrollstellen als auch in den Bezirkskontrollstellen ausschließlich unter Zuhilfenahme von Radartechnik erfüllt.

Flugverkehrsleiter

In diesem Abschnitt wird erläutert, in welcher Form die Aufgaben der Flugsicherung innerhalb der bestehenden Organisationsstruktur erfüllt werden. Daher sollen die Aufgaben von und Anforderungen an die Flugverkehrsleiter und die zur Erfüllung dieser Anforderungen zur Verfügung stehenden Arbeitsmittel nachfolgend näher beleuchtet werden.

Grundvoraussetzung für die Verhinderung von Zusammenstößen und gefährlichen Annäherungen (Airproxes) zwischen Luftfahrzeugen ist die Einhaltung der sogenannten Staffelungsvorgaben. Auf den Begriff der Staffelung soll daher näher eingegangen werden. Bei den jeweils geltenden Staffelungsvorgaben handelt es sich um Mindestabstände zwischen Luftfahrzeugen, die unter allen Umständen eingehalten werden müssen. Es wird zwischen horizontaler und vertikaler Staffelung unterschieden. Die Vorgaben für die horizontale Staffelung liegen zwischen 2,5 und 10 NM. Die Werte für die vertikale Staffelung liegen zwischen 500 und 4000 ft. Die genauen Staffelungswerte sind von mehreren Faktoren abhängig, wie beispielsweise vom verwendeten Radarsystem, der Größe, Geschwindigkeit und Flughöhe der Flugzeuge, davon, ob es sich um Instrumentenflüge oder Sichtflüge handelt etc. Es ist die Hauptaufgabe der Flugverkehrsleiter, dafür Sorge zu tragen, dass die Staffelungsvorgaben eingehalten werden. Um die Einhaltung der Staffelungsvorgaben zu gewährleisten, müssen Lotsen die richtigen Entscheidungen zum richtigen Zeitpunkt treffen. Bewegen sich Flugzeuge aufeinander zu, müssen die Lotsen im Vorfeld einer Fluganweisung eine erhebliche Denkleistung erbringen. Für

die Entscheidung, welche Fluganweisung zu geben ist, müssen sie z.B. berücksichtigen, wie schnell und unter welchem Winkel sich die Flugzeuge nähern, welche Auswirkungen die Anweisung auf den übrigen Verkehr und die benachbarten Zuständigkeitsbereiche hat, welche Entscheidung unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten am günstigsten ist, ob die Entscheidung regelkonform ist, ob weitere Personen von der Anweisung zu unterrichten sind etc. Dafür haben sie bestenfalls zehn Minuten, im Schnitt jedoch ca. eine Minute Zeit und das für bis zu vier solcher möglichen Konfliktstellen.

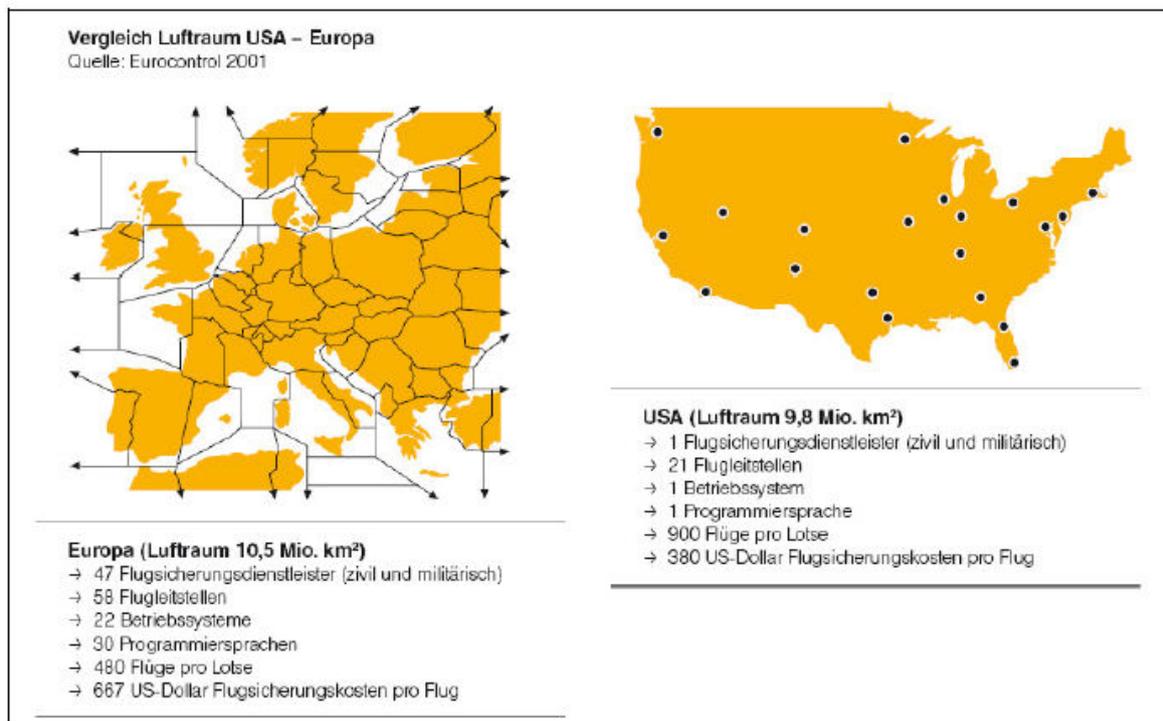
Zur Bewältigung dieser Aufgabe stehen den Radarlotsen, die fast ausschließlich in den An und Abflug- und den Bezirkskontrollstellen eingesetzt sind, an ihren Arbeitsplätzen unterschiedliche Hilfsmittel zur Verfügung. Das wichtigste unter ihnen ist das Radar.

Auf dem Radarbildschirm werden die im Überwachungsbereich des Flugverkehrsleiters fliegenden Luftfahrzeuge als digital erzeugte Computersymbole angezeigt. Sofern im Computersystem hinterlegt, erscheinen auch Rufzeichen der Maschine, Flughöhe und Geschwindigkeit auf dem Bildschirm. Zusätzlich zum Radarbild stehen dem Lotsen ca. 10 bis 15 Minuten bevor ein Luftfahrzeug in seinen Kontrollbereich einfliegt alle wichtigen Informationen über diesen Flug schriftlich auf einem Papierstreifen zur Verfügung. Neben dem Rufzeichen, der aktuellen und beantragten Flughöhe und der Geschwindigkeit zählen z.B. auch Informationen wie der Start- und Zielflughafen und die Route des Fluges, der Flugzeugtyp und die Gewichtskategorie sowie die voraussichtliche Überflugzeit zu den verfügbaren Angaben. Zur voraussichtlichen Überflugzeit sowie zu allen sonstigen Zeitangaben sei angemerkt, dass in allen Flugsicherungsstellen weltweit die gleiche Uhrzeit – die sogenannte koordinierte Weltzeit bzw. Universal Time Coordinated (UTC)¹⁶ – genutzt wird. Für die Bereitstellung des Informationsstreifens ist der Flugdatenassistent zuständig, der der jeweiligen Radarposition zugeordnet ist. Darüber hinaus wird der Radarlotse durch einen weiteren Lotsen, den sogenannten Koordinationslotsen, unterstützt. Er übernimmt die Koordination mit den angrenzenden Zuständigkeitsbereichen. Die Kontaktaufnahme mit anderen Kontrollbereichen erfolgt telefonisch über Direktleitungen. Bei Direktleitungen entfällt der Wahlvorgang, d.h. der Lotse wird per Knopfdruck automatisch verbunden. Im Regelfall ist jeder Radararbeitsplatz mit einem Radarlotsen und einem Koordinationslotsen besetzt.

Die vom Radarlotsen anhand der zuvor dargestellten Informationen, Hilfsmittel und Denkprozesse ermittelten Anweisungen dienen in erster Linie der Einhaltung der Staffelungsvorgaben. Die Anweisungen werden in Form von Freigaben über Sprechfunk an die Piloten der jeweiligen Flugzeuge übertragen. Freigaben sind Bewilligungen, die den Kurs oder die Flugstrecke vorschreiben oder eine Änderung der Flughöhe gestatten. Die Flugzeugführer bestätigen und wiederholen die erteilten Anweisungen. Dadurch ist für den Lotsen erkennbar, dass der Pilot die Anweisung richtig verstanden hat.

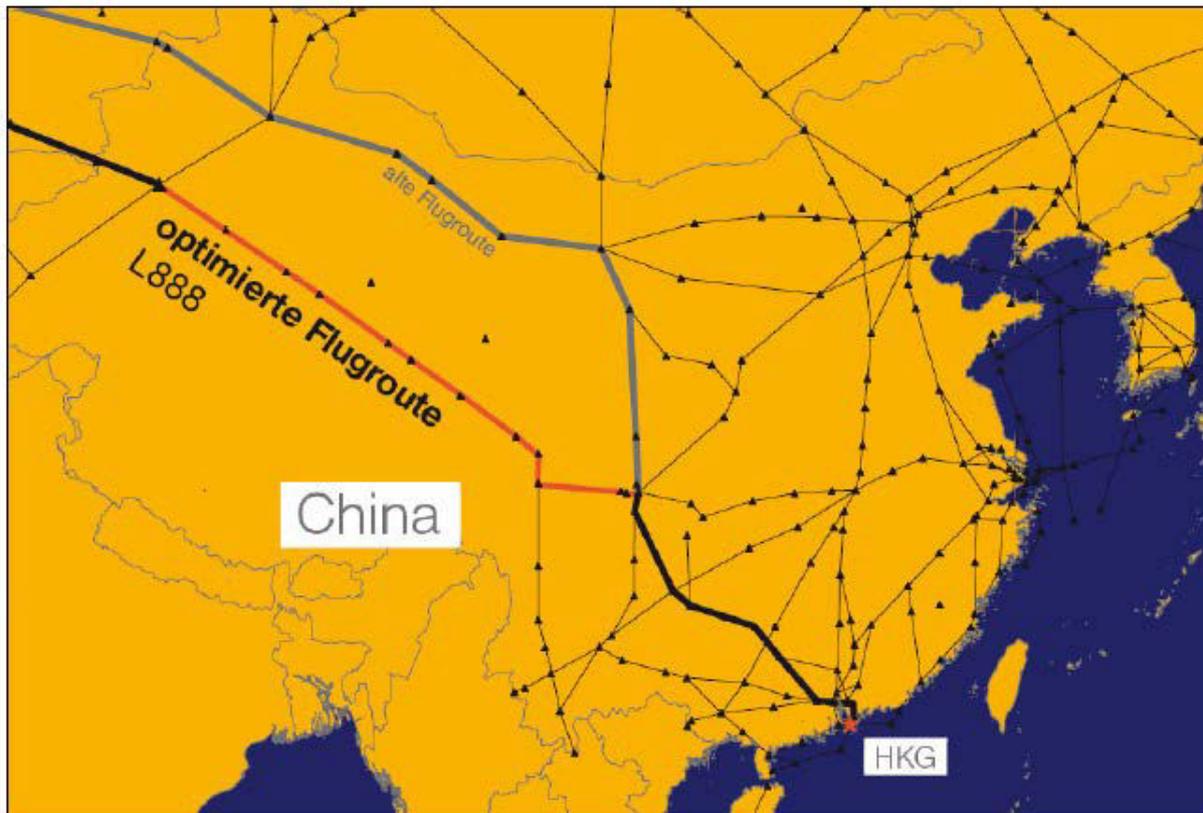
4.2.2 Optimale Flugroutenplanung

Steigende Umweltbelastungen infolge des ansteigenden Flugverkehrs sowie steigende Brennstoffpreise fordern mehr und mehr eine sparsame und umweltschonende Verkehrsführung, auch auf den Flughäfen. Infrastrukturverbesserungen am Boden und in der Luft eröffnen ein erhebliches Einsparpotenzial. Im IPCC Bericht von 1999 ist bereits festgestellt worden, dass Air Traffic Management und andere operative Maßnahmen den Kerosinverbrauch der Flugzeuge zwischen 8% und 18% senken können (**Lufthansa 2006**). Die größten Möglichkeiten bietet dabei eine verbesserte Nutzung der Lufträume.



Darstellung 4.3: Vergleich Luftraum USA – Europa (**Lufthansa 2006**)

Experten sehen dort ein Einsparpotenzial von 4% bis 6% bis 2020 (**Lufthansa 2006**). Gerade bei der Optimierung der europäischen Flugsicherung gibt es Handlungsbedarf. Die Fragmentierung der Kontrolle des europäischen Luftraums, siehe Darstellung 4.3, führt bei den Airlines zu Mehrkosten von mehr als zwei Milliarden Euro und zu rund zehn Millionen Tonnen unnötigen CO₂-Emissionen (**Lufthansa 2006**). Die Flugzeuge der Lufthansa zum Beispiel mussten im Jahr 2005 zusammen gerechnet über 420 Tage in Warteschleifen verbringen. Allein durch die Vermeidung derartiger Anflugverzögerungen hätte Lufthansa rund 110.000 Tonnen CO₂ weniger emittieren können. Dies entspricht dem Transport von mehr als 300.000 Urlaubern von Frankfurt nach Mallorca und zurück (**Lufthansa 2006**).



Darstellung 4.4: optimierte Flugroute nach Hongkong der Lufthansa (**Lufthansa 2006**)

Operative Maßnahmen sind optimierte Flugrouten und –geschwindigkeiten. Durch variable Fluggeschwindigkeiten lassen die Winde auf Langstreckenflügen besser ausnutzen und somit kann auf diese Weise der Kerosinverbrauch reduziert werden. Optimale, direktere Flugrouten weisen häufig ein Kraftstoffeinsparpotenzial auf. Durch eine direktere Hongkong–Route, siehe Darstellung 4.4, spart zum Beispiel die Lufthansa pro Flug neben Zeit auch Kerosin. Im Jahr 2005 konnten 1.800 Tonnen Kerosin durch die optimierte Routenplanung eingespart werden. Dies entspricht einer Vermeidung von 5.670 Tonnen CO₂ (**Lufthansa 2006**).

4.2.3 Fehlertoleranz-Konzepte

Die Entwicklung im Flugzeugbau ist durch das Streben nach höchster Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit gekennzeichnet. Die gegenwärtige Generation von zivilen Passagierflugzeugen wird ausgelegt für eine Lebensdauer von mindestens 20 - 25 Jahren und bis zu 90.000 Flügen. Es ist das Ziel moderner Auslegungsphilosophie, diese Gegensätze in höchster Vollendung am Flugzeug zu vereinen, wobei die Sicherheit die höchste Priorität hat. Derzeit entspricht das "damage tolerance concept" diesen Ansprüchen am besten. Von einer "damage toleranten"-Struktur wird gefordert, daß sie fehlerbehaftet die zu erwartenden Belastungen so lange erträgt, bis die Fehler durch eine geplante Inspektion oder einen nicht sicherheitsgefährlichen Funktionsausfall entdeckt und repariert werden können. Alle Fehler, die über dieser Toleranzgrenze liegen, müssen durch zerstörungsfreie Prüfverfahren sicher festgestellt werden. Hieraus wird der enge Zusammenhang zwischen Flugzeugauslegung, Wartungsphilosophie und zerstörungsfreier Prüftechnik deutlich.

Ein neuer Aspekt für die Zulassung ist das Auftreten von vielen kleinen Anrissen, z. B. in einer Längsnahtnietverbindung "widespread fatigue damage (WFD)". Eine neu erarbeitete Vorschrift behandelt diese Thematik. Sie fordert eine Bewertung der im Bauteil auftretenden Spannungen aus Entwurf und Fertigung. Es muss nachgewiesen werden, dass ein katastrophales Versagen durch Ermüdung, Korrosion oder einen zufälligen Unfallschaden während des Fluges ausgeschlossen werden kann. Die Fehlertoleranzbewertung ist auch die Grundlage für die Erstellung eines Struktur-Inspektions-Programms.

Die Hauptforderungen der Schadentoleranzbewertung sind:

- Abschätzen des Auftretens von "widespread fatigue damage"
- Identifikation von möglichen Schadensorten und deren Größe
- Schadenstoleranzanalyse und Versuche
- Festlegen des Inspektionsbeginns und der Intervalle

Folgende Forderungen sind die wesentlichen Unterschiede zu den bestehenden Vorschriften:

- Die Basis für die Ermittlung des Inspektionsbeginns muss eine Rißwachstumsanalyse und/oder Versuchsergebnisse für den jeweiligen Bauteilbereich sein.
- Mit den Ermüdungsstrukturversuchen (full-scale-test) muss nachgewiesen werden, dass WFD in dem vorgesehenen Betriebsleben des Flugzeuges nicht auftritt.

Konstruktionsprinzipien und Nachweismethoden

Die Anforderungen an eine Flugzeugstruktur sind in den verschiedenen Bereichen in bezug auf Funktion und Betriebssicherheit sehr unterschiedlich. Es müssen deshalb verschiedene Konstruktionsprinzipien angewendet werden, um eine schadens-tolerante Struktur zu erhalten. In bestimmten Bereichen wird auch noch das "safe life principle" angewendet.

Konstruktionsprinzip "safe life"

Vor 1960 wurden Flugzeuge nach diesem Prinzip ausgelegt. Nach den heutigen Vorschriften (JAR 25.571) darf nur noch das Fahrwerk nach diesem Prinzip konstruiert werden.

- **safe life:** Die Struktur hat eine sichere, limitierte Lebensdauer, die analytisch und experimentell mit einem relativ hohen Sicherheitsfaktor nachgewiesen wurde.

Eine Struktur, konstruiert in "safe life", hat nur einen Lastpfad, und es kann und darf sein, dass die detektierbare Risslänge schon im Bereich der kritischen Risslänge liegt. Für einen solchen Fall ist es nicht möglich, eine Inspektionsintervall zur Überwachung der Strukturintegrität zu definieren. Folglich kann der Bruch eines Strukturelementes zum kompletten Versagen einer "safe life" Struktur führen mit den entsprechenden Konsequenzen für das Flugzeug.

Konstruktionsprinzip "damage tolerant"

Bei diesem Prinzip geht man von der realistischen Annahme aus, daß jede Struktur fehlerbehaftet ist und Fehler bewußt toleriert werden, wenn sie eine festgelegte Größe nicht überschreiten. Die tolerierbare Fehlergröße ist von den verwendeten Werkstoffen, den Bauweisen und den Belastungen abhängig.

Bei der schadenstoleranten Konstruktion gibt es zwei Kategorien:

- einfacher Lastpfad
- mehrfacher Lastpfad.

Konstruktionen mit mehrfachen Lastpfaden werden in drei Untergruppen unterteilt:

- mehrfacher Lastpfad - nur von außen inspizierbar
- mehrfacher Lastpfad - nur ein komplett gerissener Lastpfad ist detektierbar
- mehrfacher Lastpfad - auch angerissene Lastpfade sind detektierbar.
- **fail safe:** Die Ausfallsicherheit der Struktur wird durch mehrere Lastpfade erreicht, so daß bei Ausfall eines oder mehrerer Lastpfade die verbleibenden Lastpfade die zu erwartenden Belastungen übernehmen können.

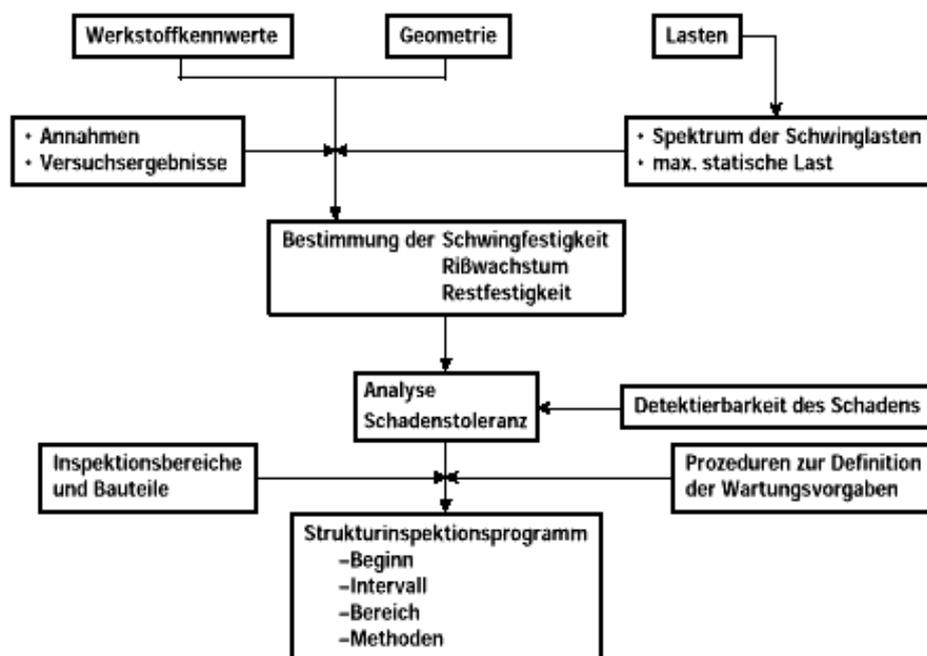
Die Fehler werden durch einfache generelle, visuelle Inspektionen mehr zufällig entdeckt. Die "fail safe" Bauweise ist mit adäquater Inspektion die Basis für die sogenannte "damage tolerant" Bauweise.

- **Damage-tolerance:** Ist die Fähigkeit einer fehlerbehafteten Struktur, die zu erwartenden Belastungen zu ertragen, bis die Fehler durch eine geplante Inspektion oder einen nicht sicherheitsgefährlichen Funktionsausfall entdeckt und repariert werden kann.

Entwicklung eines Strukturinspektions-Programms

Die Fakten für die Entwicklung eines Strukturinspektions-Programms werden in der Darstellung 4.5 gezeigt. Für jedes sicherheitsrelevante Bauteil (Strukturelement) ist diese Analyse durchzuführen. Folgende Daten sind für jedes zu inspizierende Bauteil festzulegen und in Handbüchern dem Betreiber zur Verfügung zu stellen.

Faktoren für die Entwicklung eines Strukturinspektions-Programms



Darstellung 4.5: Faktoren für die Entwicklung eines Strukturinspektions-Programms

- **Inspektionsbeginn:** Flugzeugalter oder Anzahl der Flüge bis zur ersten Inspektion
- **Inspektionsintervall:** Zeit oder Anzahl der Flüge zwischen den Inspektionen
- **Inspektionsbereich:** Detaillierte Beschreibung des Inspektionsbereiches und der Fehlerart und -lage
- **Inspektionsmethode:** Detaillierte Angaben in einer Inspektionsprozedur (Gerät, Justierung, Bewertungskriterien)

5. Der Eyjafjallajökull als Anwendungsbeispiel

Das Ereignis, dessen Auswirkungen in dieser Arbeit untersucht werden, ist der Ausbruch des Vulkans Eyjafjallajökull im Frühjahr 2010. Diese, wenn man so will, Katastrophe forderte glücklicherweise keine Todesopfer und richtete im Vergleich zu anderen Naturkatastrophen nur geringe direkte Schäden an. Die wirtschaftlichen Auswirkungen demgegenüber waren aufgrund der entstandenen Aschewolke jedoch enorm. Dieses Kapitel dient dazu, einen Überblick über die Geschehnisse dieses Frühjahres zu verschaffen und zu beleuchten, wie es zu der Situation kam, die zu diesen wirtschaftlichen Schäden führte. Wie und über welchen Zeitraum entstand und bewegte sich die Aschewolke? Warum kam es zu den Behinderungen im Luftverkehr? Wie viele Flüge und welche Länder waren in welchem Maße betroffen? Das sind die Fragen, die hier zunächst geklärt werden, bevor im nächsten Abschnitt der Fokus auf den Auswirkungen des Ausbruchs für die deutsche Wirtschaft liegt.

5.1 Der Eyjafjallajökull

Der Eyjafjallajökull ist ein Vulkanmassiv, das sich unter dem gleichnamigen Gletscher im Süden Islands befindet. Island liegt auf dem Mittelatlantischen Rücken, an der Grenze zweier tektonischer Platten, daher existiert dort eine Vielzahl aktiver Vulkan-systeme, deren Vulkane in regelmäßiger Häufigkeit ausbrechen. Die letzte Eruption des Eyjafjallajökull fand vor etwas weniger als 200 Jahren zwischen 1821 und 1823 statt. Seit der Besiedlung Islands sind drei solche Ausbruchsphasen aufgezeichnet. Bemerkenswert dabei ist, dass jedes Mal kurz nach dem Eyjafjallajökull auch der weitaus größere und für seine explosiven Ausbrüche bekannte Katla ausbrach.

Ausbruch im Jahr 2010

Vulkanausbrüche kündigen sich häufig durch eine Vielzahl nicht oder kaum spürbarer Erdbeben an, so auch beim Ausbruch des Eyjafjallajökull im Jahr 2010. Der Ausbruch begann in der Nacht vom 20. auf den 21. März 2010 an einem Nebenkrater. Die deutliche heftigere Eruption am Gipfelkrater begann am 14. April. Diese Eruption verlief explosiv. Der direkte Kontakt von Schmelzwasser des Gletschers mit dem aufsteigendem Magma führte zu heftigen Explosionen, durch die Gestein in winzige Partikel zertrümmert und in Form von vulkanischer Asche kilometerweit in die Luft geschleudert wurde. In den ersten drei Ausbruchstagen entstanden so 140 Millionen Kubikmeter Asche, die in Höhen bis über acht Kilometer emporstieg. Ab dem 18. April verlor der Ausbruch an Intensivität. Die Ascheförderung und die Höhe der Eruptionswolke gingen deutlich zurück, vermutlich da das Gletschereis um den Krater größtenteils geschmolzen war. Nachdem sich die Tätigkeit des Eyjafjallajökull beruhigt hatte, nahm sie ab Anfang Mai wieder spürbar zu. Am 4. und 5. Mai kam es erneut zu heftigen Explosionen und infolgedessen zu einer großen Aschewolke, die wieder Höhen von mehreren Kilometern erreichte. Danach reduzierte sich die Aktivität langsam auf ein Minimum. Am 24. Mai wurde der Eyjafjallajökull vom isländischen Wetterdienst und Wissenschaftlern der Universität von Island als untätig eingestuft.

Obwohl der Eyjafjallajökull eine große Menge vulkanischer Asche förderte, war der Ausbruch im Vergleich zu anderen Vulkanausbrüchen nicht überdurchschnittlich heftig. Jedoch führte die vorherrschende Wetterlage zu einer starken Ausbreitung der

Eruptionswolke. Während die schweren Bestandteile der Wolke zügig zurück auf den Boden fielen, erreichten die feinen Aschepartikel große Höhen. Der starke Wind (Jetstream), der zu dieser Zeit über Island herrschte, trieb die Wolke in südöstliche Richtung auf das europäische Festland zu. Die Aschewolke erreichte am 15. April, einem Donnerstag, zunächst Norwegen und Großbritannien und breitete sich dann in den folgenden Tagen über ganz Nord-, Mittel- und Osteuropa aus. In der darauffolgenden Woche nahm die Konzentration der vulkanischen Asche über Europa wieder deutlich ab, zum einen, da die Aschepartikel langsam zu Boden fielen, zum anderen, da sich die Wolke über einen sehr großen Raum verteilt hatte.

Zwischen dem 7. und 10. Mai erreichte erneut eine Aschewolke das europäische Festland. Dieses Mal breitete sie sich über Spanien und Südfrankreich bis nach Mitteleuropa aus.

5.1.1 Direkte Schäden

Die unmittelbaren Auswirkungen des Vulkanausbruches betrafen in erster Linie die Bewohner der umliegenden Gebiete im Süden Islands. Es kam zu Evakuierungen, durch Schmelzwasser entstandene Gletscherrläufe überfluteten Felder sowie Straßen und der Ascheniederschlag wurde wegen des darin enthaltenen Fluors zu einer Bedrohung für die Viehwirtschaft.

In Deutschland führte der Ausbruch des Eyjafjallajökull vordergründig zu keinen direkten Schäden. Weder durch den Ausbruch selbst noch durch die vulkanische Asche entstanden Schäden an materiellen Gütern, insbesondere nicht an Flugzeugen. Auch gesundheitliche Schäden können ausgeschlossen werden. Zwar gab es zu den Spitzenzeiten der Aschekontamination Warnungen der Weltgesundheitsorganisation und der britischen Gesundheitsbehörde besonders für Menschen mit Atemwegserkrankungen, jedoch bestand in Mitteleuropa aufgrund der geringen Konzentration der Asche in der Luft und der großen Höhe der Wolke keine Gefahr für die Gesundheit. Darüber hinaus ist durch den Ausbruch keine Auswirkung auf das Klima zu erwarten. Vulkanausbrüche haben in der Vergangenheit zwar schon zu Klimaveränderungen geführt, dazu muss aber eine große Menge Schwefeloxid die Stratosphäre erreichen. Die Eruptionswolke des Eyjafjallajökull war aber weder hoch noch schwefelhaltig genug, um klimatische Veränderungen zu bewirken.

5.1.2 Luftraumsperrung

Die Folgen des Ausbruchs reichten aufgrund der Bewegung der enormen Aschewolke gleichwohl bis weit über Island hinaus. Der Grund dafür ist, dass vulkanische Asche eine Gefahr für den Luftverkehr darstellt. Die möglichen Schäden an einem modernen Flugzeug beim Durchfliegen einer Aschewolke sind mannigfaltig.

Gelangt die Asche in die Brennkammer einer Turbine, kann dies zum Triebwerksausfall führen. Die Asche kann Kühlsysteme und Sensoren verstopfen. Außerdem wirkt sie wie ein Sandstrahlgebläse auf Cockpitscheiben, Tragflächen sowie Höhen- und Seitenleitwerke, da vulkanische Asche größtenteils aus sehr feinen Glaspartikeln besteht. Aschewolken werden vom Wetterradar nicht angezeigt und können vom Piloten nur schwer von gewöhnlichen Wolken unterschieden werden.

So kam es auch in jüngster Vergangenheit mehrfach zu gefährlichen Zwischenfällen. Bekanntheit erlangte der British Airways Flug am 24. Juni 1982 von London nach Neuseeland, der, nachdem alle vier Triebwerke ausgefallen waren, teilweise im Gleitflug Jakarta erreichte und dort landen konnte. Als Auslöser des Triebwerkausfalls stellte sich die Aschewolke des indonesischen Vulkans Gunung Galunggung heraus. Auch die Eruptionswolke des Eyjafjallajökull führte zu Beschädigungen an Flugzeugen, so am 15. April 2010 an zwei finnischen Kampffjets, sowie in den darauffolgenden Tagen an mehreren Kampfflugzeugen der NATO.

Um Gefahren für Menschen und Flugzeuge vorzubeugen, schlossen die von der Aschewolke betroffenen Staaten Teile ihrer Lufträume. Schon am Abend des 14. April begannen die Maßnahmen in Schottland und Norwegen, am nächsten Tag folgten Schweden, Finnland, weitere Teile Großbritanniens, Irland, Dänemark aber auch die Niederlande und Belgien. Im Laufe des 16. April wurde nach und nach auch der Luftraum über allen deutschen Flughäfen geschlossen, sowie in Teilen Frankreichs und weiten Teilen Osteuropas. Am 17. April folgten weitere Sperrungen, beispielsweise in Frankreich, Polen der Schweiz und Italien, womit an diesem und dem darauffolgenden Tag nahezu der komplette Luftraum über Europa gesperrt war, abgesehen von Gebieten im südlichsten Teil des Kontinents. Ab dem 19. April war es einigen Staaten möglich die Einschränkungen zu lockern oder aufzuheben. Deutschland begann am Abend des 20. April den Luftraum im Norden zu öffnen. Im Verlauf des 21. Aprils konnte der komplette deutsche Luftraum, sowie nahezu der komplette Luftraum Europas, wieder für Flüge freigegeben werden.

Zu beachten ist, dass es aufgrund der Bewegung der Aschewolke in den ersten acht Tagen nach dem 14. April 2010, aber auch darüber hinaus immer wieder zu kurzfristigen Öffnungen und Schließungen bestimmter Lufträume kam. Darüber hinaus wurden die Lufträume zumeist nur in bestimmten Höhen geschlossen, so dass Überflüge auch über geschlossene Lufträume möglich waren. Bemerkenswert ist auch, dass die Sperrungen nur für Flüge nach Instrumentenflugregeln (IFR-Flüge) galten. Somit wurden insbesondere in Deutschland kontrollierte Sichtflüge (CVFR-Flüge) auch zur Beförderung von Passagieren durchgeführt, welche teilweise als zu gefährlich kritisiert wurden. Zuständig für die Sperrung des deutschen Luftraums ist das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), welches nach dem Regelwerk der Internationalen Zivilluftfahrt-Organisation handelte, wonach „Freigaben für Flüge nach Instrumentenflugregeln in mit Vulkanasche kontaminierten Lufträumen untersagt“ werden sollen.

Zu den schwersten Behinderungen im Luftverkehr aufgrund des Ausbruchs des Eyjafjallajökull kam es zwischen dem 15. und dem 22. April. In diesen acht Tagen fielen ungefähr 104.000 Flüge im europäischen Luftraum aus, das sind 48 Prozent des in diesem Zeitraum erwarteten Luftverkehrs. Am Sonntag den 18. April waren es sogar 80 Prozent des für diesen Tag erwarteten Verkehrs. Diese 104.000 Flüge sollten schätzungsweise 10 Millionen Passagiere befördern. Darstellung 5.1 zeigt den Luftverkehr in Europa vor, während und nach den Beeinträchtigungen im April 2010.

Die am heftigsten betroffenen Staaten waren Finnland, Irland und Großbritannien, wo an jeweils fünf aufeinanderfolgenden Tagen mindestens 90 Prozent der Flüge storniert werden mussten. In Deutschland geschah dies an den drei Tagen zwischen dem 17. und dem 19. April. Innerhalb der betrachteten acht Tage fielen in Deutschland insgesamt 64 Prozent der erwarteten Flüge aus, was einer Anzahl von etwa 28.000 Flügen entspricht. Darstellung 5.2 zeigt die Flugausfälle europäischer Staaten in Prozent der erwarteten Flüge.

Ironischerweise blieb Islands Luftraum aufgrund der Lage des Eyjafjallajökull von Sperrungen größtenteils verschont, jedoch kam es auch hier zu Flugausfällen durch die Sperrungen im restlichen Europa und zu deutlich weniger Überflügen.

Auch im Mai 2010 kam es immer wieder zu Einschränkungen im Luftverkehr durch die Eruptionswolke des Eyjafjallajökull, insbesondere in Irland und Großbritannien. Am 8. Mai erreichte eine zweite große Aschewolke von Westen kommend das europäische Festland. Sperrungen des Luftraums gab es dadurch in Portugal, Spanien und Südfrankreich. Am folgenden Tag waren zusätzlich unter anderem Österreich, Italien und die Schweiz betroffen. Auch in Süddeutschland kam es zu Sperrungen, die jedoch noch am selben Tag aufgehoben werden konnten. Beeinträchtigungen dadurch gab es beispielsweise an den Flughäfen in Stuttgart und München. Insgesamt sind im Mai etwa 7000 Flüge aufgrund des Vulkanausbruches ausgefallen.

Die Kosten, die im Rahmen der Luftraumsperrungen entstanden sind, können als direkte Schäden eingeordnet werden. Gemeint sind administrativer Aufwand oder Kosten, welche für die Durchführung der Messflüge des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt angefallen sind. Aufgrund der schlechten Trennbarkeit von ohnehin entstandenen Kosten, nicht vorhandener Daten und geringen wirtschaftlichen Bedeutung, erfolgt hier kein Versuch der Quantifizierung dieser Schäden. Durch die Sperrung der Lufträume entstand eine Beeinträchtigung in der Luftfahrt und somit in einem Teil der deutschen Infrastruktur. Auch wenn damit unmittelbar keine monetären Kosten verbunden sind, kann dies als direkter Schaden bezeichnet werden. Ausgehend von diesem direkten Schaden sind indirekte also insbesondere wirtschaftliche Schäden in Deutschland entstanden, die im folgenden Kapitel untersucht werden.

5.2 Auswirkung auf die deutsche Wirtschaft

In diesem Kapitel werden die wirtschaftlichen Auswirkungen für einzelne Unternehmen beziehungsweise Unternehmensbereiche der deutschen Wirtschaft infolge der Luftraumsperrungen dargestellt und gegebenenfalls quantifiziert. Zunächst werden die Luftfahrtunternehmen betrachtet, diese sind als Anbieter im öffentlichen Verkehr primär von der Beeinträchtigung der Infrastruktur durch die Luftraumsperrungen betroffen. Danach werden die daraus resultierenden Einflüsse auf vom Luftverkehr abhängige Unternehmen untersucht, sowie weitere Auswirkungen, die infolge der Flugausfälle entstanden sind. Das Hauptaugenmerk der Analyse liegt auf den Umsatzänderungen der betroffenen Unternehmen.

Dennoch wird, wo dies möglich ist, auch auf die entstandenen Mehrkosten und Einsparungen eingegangen. Auch positive wirtschaftliche Effekte in Form von Umsatznachholung oder durch Substitutionseffekte werden berücksichtigt. Diese Untersuchung kann jedoch keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben.

Betrachtet werden erstrangig Unternehmensbereiche und Branchen, deren Betroffenheit klar ersichtlich ist. Allerdings gibt es gerade im Bereich der tiefer gehenden Auswirkungen einzelne Unternehmen, die von den Luftraumsperrungen in erhöhtem Maße betroffen waren, die aber aufgrund der geringen Betroffenheit der gesamten Branche oder fehlender Informationen nicht berücksichtigt werden.

Anschließend an diese Analyse aus Sicht einzelner Unternehmen oder Branchen werden die Auswirkungen aus volkswirtschaftlicher Perspektive betrachtet. Das Ziel dabei ist, die Folgen der Luftraumsperrungen anhand ihres Einflusses auf das deutsche BIP zu beschreiben. Dazu werden die Auswirkungen bei den zuvor betrachteten Unternehmen auf ihren Effekt auf die gesamtwirtschaftliche BWS hin untersucht. Ausgehend von dem Rückgang der BWS wird folgend der Einfluss auf das BIP bewertet und abschließend ein Vergleich mit anderen Studien zu den wirtschaftlichen Auswirkungen der Luftraumsperrungen angestellt.

Die zweite Aschewolke im Mai führte aufgrund ihrer Größe und Ausbreitung zu deutlich geringeren Störungen im Luftverkehr in Europa und speziell in Deutschland. Die wirtschaftlichen Auswirkungen dieser Wolke waren somit insbesondere für Deutschland vergleichsweise niedrig. Der Schwerpunkt dieser Untersuchung liegt daher auf den Auswirkungen der ersten, großen Aschewolke im April 2010.

5.2.1 Fluggesellschaften

Von den wirtschaftlichen Auswirkungen des Vulkanausbruches war primär der Teil der Luftfahrt betroffen, der Personen- oder Güterbeförderungen im Linien oder Gelegenheitsverkehr anbietet, also hauptsächlich die Fluggesellschaften. Zu beachten ist, dass es sich bei Fluggesellschaften mitunter um Tochterunternehmen großer Konzerne handelt, beispielsweise Reiseveranstalter oder Integrators. Zunächst werden hier die Auswirkungen auf die Fluggesellschaften als einzelne Unternehmen untersucht und erst im Folgenden, falls möglich und sinnvoll, die Auswirkungen auf den gesamten Konzern. Der Produktionswert aus Luftfahrtleistungen lag 2005 in Deutschland bei über 23 Mrd. Euro, das entspricht etwa 0,55 Prozent des gesamtwirtschaftlichen Outputs.

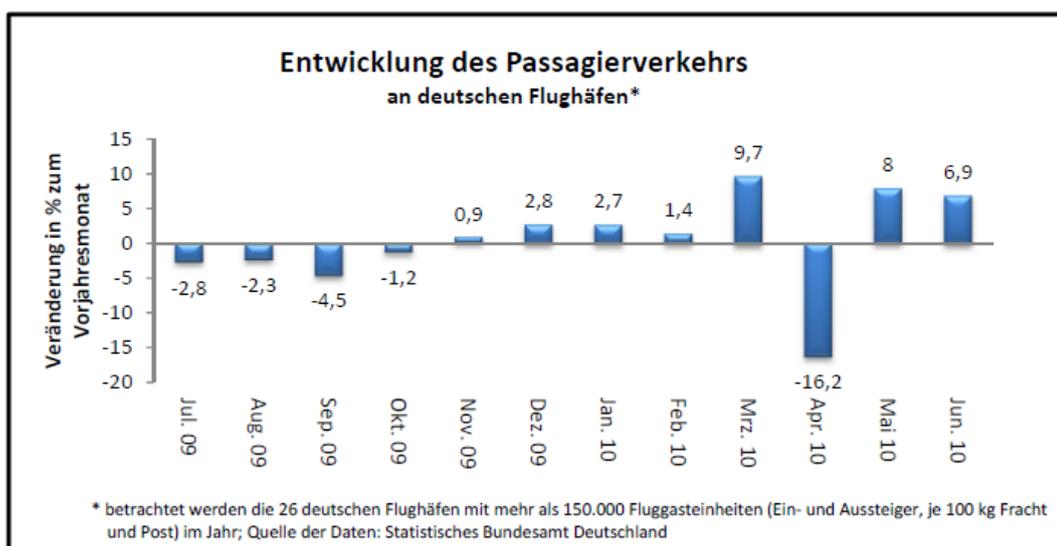
Durch die Luftraumsperrungen entstanden den Fluggesellschaften wirtschaftliche Schäden in Form von Umsatzausfällen. Fluggäste, deren Flug ausfiel oder erst erheblich verspätet stattfand, konnten ihre Flugtickets zurückgeben und sich den Preis erstatten lassen. Es herrschte Verunsicherung, da nicht von Anfang an klar war, wie lange die Luftraumsperrungen anhalten werden und welche Ziele betroffen sind. Somit kam es zu Buchungsausfällen, da potentielle Passagiere ihre Reise absagten, verschoben oder auf ein anderes Verkehrsmittel umstiegen. Auch im Bereich der Frachtbeförderung kam es zu Stornierungen. Transporte wurden häufig auf einen späteren Zeitpunkt verschoben oder sofern dies möglich und sinnvoll war auf andere Verkehrsmittel verlagert.

Darüber hinaus entstanden den Fluggesellschaften durch die Flugausfälle zusätzliche Kosten. Betroffene Passagiere, die ihren Flug nicht stornieren wollten, da sie sich beispielsweise fern ihrer Heimat befanden, hatten gegebenenfalls einen Anspruch auf Bezahlung ihrer Unterkunft und Versorgung bis sie ihre Reise fortsetzen konnten beziehungsweise auf die entstandenen Kosten anderer Verkehrsmittel. Zu den Kosten für Kunden- bzw. Passagierbetreuung, was auch erhöhte Auf-

wendungen für Service Center und ähnliches einschließt, kamen noch weitere. Das außerplanmäßige Abstellen von Flugzeuge verursachte Kosten, ebenso gestrandetes Personal. Die Wiederaufnahme des normalen Flugverkehrs ist logistisch kompliziert, dabei können Leerflüge oder Positionierungsflüge notwendig sein.

Deutschland ist nach Großbritannien in Europa das Land mit dem höchsten Passagieraufkommen. Deutsche Fluggesellschaften zählen was Umsatz und Passagierbeförderung angeht ebenfalls zu den größten Europas. Daher waren sie in besonderer Weise von den Flugausfällen betroffen. Um den Umsatzverlust der deutschen Fluggesellschaften zu quantifizieren, werden die Passagierzahlen an deutschen Flughäfen betrachtet. Diese können als Richtwert dienen, da sich hier zumeist die Drehkreuze und Heimatflughäfen der inländischen Fluggesellschaften befinden.

Im April 2010 wurden an deutschen Flughäfen 10,9 Mio. Passagiere befördert. Das sind 16,2 Prozent weniger als im April 2009. Dieser Einbruch geschah in einer Phase mit positivem Trend bezüglich der Entwicklung des Passagierverkehrs. Darstellung 5.3 zeigt die Entwicklung des Passagierverkehrs an deutschen Flughäfen im Vergleich zum Vorjahresmonat. Durch diese Betrachtung relativ zu den Vorjahresmonaten anstatt zum vorherigen oder folgenden Monat, werden die Zahlen weniger stark durch die saisonalen Schwankungen innerhalb eines Jahres beeinflusst. Im April 2009 wurden 13,0 Mio. Passagiere befördert. Rechnet man für den April 2010 anstatt mit einem Rückgang gegenüber dem Vorjahresmonat um 16,2 Prozent mit einer Steigerung von 7 Prozent, so erhält man eine erwartete Passagierbeförderung von etwa 13,9 Mio. (= 13,0 Mio. * (1 + 0,07)). Folglich lässt sich unter der Annahme, dass sich der positive Trend fortgesetzt hätte, der Passagierrückgang im April 2010 an deutschen Flughäfen auf ungefähr 3 Mio. Passagiere schätzen.



Darstellung 5.3 Entwicklung des Passagierverkehrs

Unterstützen lässt sich diese Zahl durch die Betrachtung der durchschnittlichen Passagierbeförderung eines gewerblichen Fluges in Deutschland. Diese lag sowohl 2009 als auch im ersten Halbjahr 2010 bei etwas über 90 Passagieren.

Bei 28.000 aufgefallenen Flügen allein in den ersten acht Tagen nach dem Ausbruch, also in der dritten Aprilwoche, ergibt das über 2,5 Mio. betroffene Passagiere.

Zu beachten ist allerdings, dass nicht alle Passagiere an deutschen Flughäfen auch von deutschen Fluggesellschaften befördert werden. Jedoch befördern diese auch Passagiere ohne die Berührung deutscher Flughäfen. Anhand der Entwicklung der Passagierzahlen der Lufthansa Passage Airline Gruppe ohne die großen ausländischen Tochterunternehmen Swiss, Austrian Airlines und BMI, lässt sich hier von einem Rückgang der Passagiere um circa 1,2 Mio. im Vergleich zur erwarteten Anzahl bei gleichbleibender Entwicklung ausgehen. Unter Einbeziehung dieser Tochterunternehmen wären es circa 1,8 Mio. Passagiere. Die zweitgrößte deutsche Fluggesellschaft Air Berlin gibt etwa 400.000 betroffene Kunden an zuzüglich Buchungsausfälle. Für die Anzahl der Passagierbeförderungen, die den deutschen Fluggesellschaften aufgrund der Aschewolke entgangen sind, scheint daher eine Schätzung von bis zu 2,5 Mio. Passagieren realistisch.

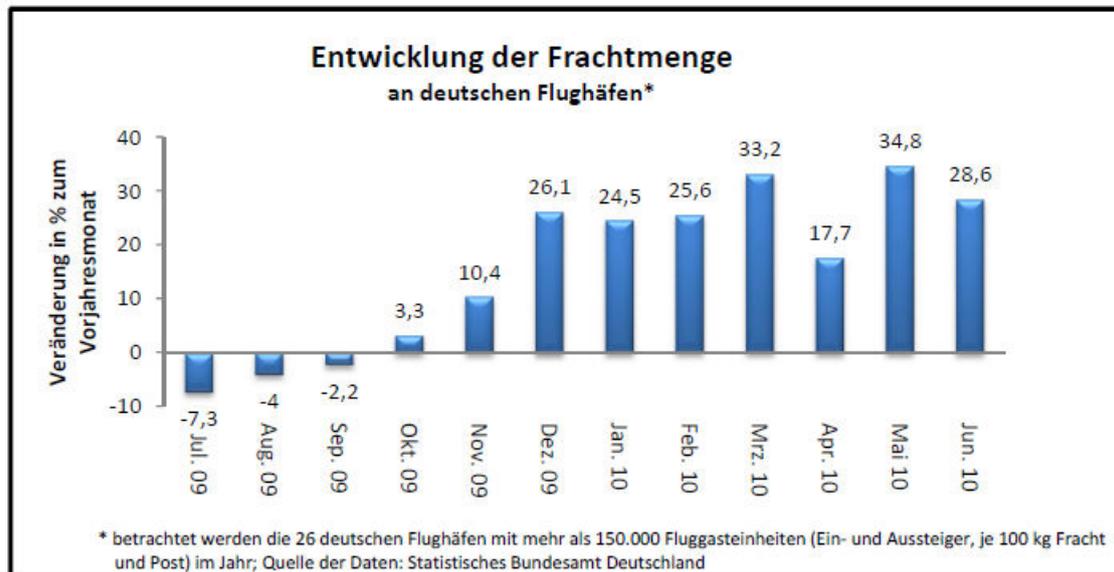
Der durchschnittliche Umsatz einer Fluggesellschaft pro Passagier ist zum einen abhängig vom Anteil der geflogenen Kurz-, Mittel- und Langstrecken, zum anderen vom Marktsegment. Lufthansa Passage als Vertreter des gehobenen Marktsegments hatte 2009 einen durchschnittlichen Umsatz von circa 205 Euro pro Passagier (11,4 Mrd. Euro Verkehrserlöse bei 55,5 Mio. Passagieren). Bei Air Berlin, das zumindest teilweise die Charakteristika einer sogenannten Billigfluggesellschaft (Low-Cost-Carrier) erfüllt, sind es etwa 100 Euro. Unter Berücksichtigung des höheren Marktanteils der Qualitäts-Fluggesellschaften gegenüber den Billig-Airlines, aber der höheren Betroffenheit der Kurz- und Mittelstrecken, wird ein durchschnittlicher Umsatz pro Passagier von 160 Euro angenommen (Aufrundung des arithmetischen Mittels).

Der Umsatzverlust der Fluggesellschaften im Bereich der Passagierbeförderung aufgrund des Vulkanausbruches beläuft sich daher auf geschätzte 400 Mio. Euro (2,5 Mio. Passagiere mal 160 Euro Umsatz pro Passagier). Da es sich bei den verwendeten Zahlen um Schätzungen handelt, kann durch Veränderung der Parameter eine mögliche Spannweite der Umsatzverluste aufgezeigt werden. Geht man von einem Passagierrückgang von 3 Mio. und einem Umsatz pro Passagier von 180 Euro aus, also vom "schlimmsten" anzunehmenden Fall, so errechnet sich ein Umsatzverlust von 540 Mio. Euro. Im "besten" Fall wären ein Passagierrückgang von 2 Mio. und ein Umsatz pro Passagier von 140 Euro anzunehmen, was einen Umsatzverlust in Höhe von 280 Mio. Euro bedeuten würde.

Hinzu kommen die Umsatzverluste im Bereich der Frachtbeförderung. Unter den ca. 104.000 in den ersten acht Tagen nach dem Ausbruch ausgefallenen Flügen in Europa waren etwa 2.900 reine Frachtflüge.

Die an deutschen Flughäfen transportierte Frachtmenge (einschließlich Post) lag im April 2010 bei 301.900 Tonnen. Auch hier geschah der Einbruch in einer Phase mit positiver Entwicklung. Darstellung 5.4 zeigt die Entwicklung der Frachtmenge an deutschen Flughäfen im Vergleich zum Vorjahresmonat. Unter der Annahme, dass sich der Trend gleichmäßig fortgesetzt hätte, liegt der Ausfall an transportierter Fracht bei ca. 30.000 Tonnen. Das hätte einer Steigerung um 30 Prozent gegenüber dem Vorjahresmonat entsprochen. Wiederum dient die Frachtmenge an deutschen

Flughäfen nur als Richtwert. Unter anderem aufgrund der starken Marktposition von Lufthansa Cargo und DHL Global Forwarding Freight lässt sich der Ausfall der deutschen Fluggesellschaften im Bereich Frachtbeförderung ähnlich wie im Passagiertransport auf bis zu 25.000 Tonnen schätzen.



Darstellung 5.4: Entwicklung der Frachtmenge

Das Verhältnis von Umsatz pro transportierter Tonne Fracht von Lufthansa Cargo lag 2009 bei circa 1185 Euro (1,8 Mrd. Euro Verkehrserlöse bei 1,519 Mio. Tonne Fracht). Bei DHL Global Forwarding Freight lag es im Bereich Luftfracht mit ungefähr 1060 Euro etwas darunter (3,957 Mrd. Euro Umsatz bei 3,734 Mio. Tonnen Fracht). Unter der Annahme eines durchschnittlichen Umsatzes pro transportierter Tonne Fracht von 1100 Euro, ergibt sich ein Umsatzverlust deutscher Fluggesellschaften von zusätzlich 27,5 Mio. Euro (25.000 Tonnen mal 1100 Euro pro Tonne). Auch hier wird durch eine Veränderung der Parameter eine Spannweite des Umsatzrückganges dargestellt. Im Falle von 30.000 Tonnen weniger Fracht und einem Umsatz pro Tonne von 1300 Euro, ergibt sich ein Umsatzverlust von knapp 40 Mio. Euro. Bei 20.000 Tonnen Frachtrückgang und 900 Euro Umsatz pro Tonne, errechnet sich der Umsatzrückgang auf weniger als 20 Mio. Euro.

Zusammengefasst sind den deutschen Fluggesellschaften somit durch den Ausbruch des Eyjafjallajökull schätzungsweise Umsätze in Höhe von über 400 Mio. Euro entgangen. Der Branchenverband International Air Transport Association (IATA) rechnet in einer Untersuchung mit einem Umsatzausfall der gesamten Branche von 1,7 Mrd. US-Dollar (etwa 1,22 Mrd. Euro), wovon 70 Prozent auf europäische Fluggesellschaften entfallen. Da es sich hierbei nach eigenen Angaben um eine konservative Schätzung handelt, lässt sich dies in der Größenordnung mit den hier ermittelten Werten für die deutschen Unternehmen vereinbaren. Gleiches gilt für die Schätzung der Association of European Airlines (AEA). Diese geht allein bei ihren Mitgliedern von einem Umsatzverlust von 850 Mio. Euro aus, wobei etwa die Hälfte aller ausgefallenen Flüge bei Mitgliedern der AEA angefallen ist. Insgesamt würde dies also einen Anteil der deutschen Fluggesellschaften am Umsatzverlust der gesamten Branche von etwa einem Viertel bedeuten.

Zu den Umsatzausfällen kommen zwar hohe, aber schwierig zu quantifizierende, zusätzlich entstandene Kosten. Die AEA schätzt die Kosten ihrer Mitglieder auf 198,1 Mio. Euro, wovon alleine 194 Mio. im Bereich Passagierbetreuung zu Buche stehen. Bei den Umsatzausfällen ist das Verhältnis zwischen der Schätzung für die Mitglieder der AEA und der für die deutschen Fluggesellschaften, welche hier erstellt wurde, etwa zwei zu eins. Übernimmt man dieses, kann man davon ausgehen, dass den deutschen Fluggesellschaften zusätzliche Kosten in Höhe von 100 Mio. Euro entstanden sind.

Es gab aber auch Einsparungen als Folge des geringeren Luftverkehrs, beispielsweise durch einen geringeren Verbrauch an Kerosin. Laut IATA ist eine ordentliche Schätzung nicht möglich, jedoch wird eine Einsparung an Kerosin in der Größenordnung von insgesamt 110 Mio. US-Dollar (knapp 79 Mio. Euro) angegeben. Kerosinkosten machen in etwa 25 Prozent der Kosten einer Fluggesellschaft aus. Fluggesellschaften weisen in der Regel einen hohen Anteil der Fixkosten an den Gesamtkosten auf, zum Beispiel durch die Finanzierung der Flugzeuge. Zu beachten ist dabei aber, dass aufgrund der Betriebspflicht auch flugabhängige Kosten, also unter anderem auch Treibstoffkosten oder Flughafengebühren, zu den Fixkosten gezählt werden. Da aber die Betriebspflicht zu Zeit der Luftraumsperrungen gerade nicht bestand, kann davon ausgegangen werden, dass somit neben den variablen Kosten auch ein Teil der eigentlichen Fixkosten eingespart wurde. Somit konnte das Ergebnis durch die geringeren Kosten zumindest teilweise kompensiert werden. Ausgehend von den Angaben der IATA lassen sich Einsparungen der deutschen Fluggesellschaften an Kerosin in Höhe von etwa 20 Mio. Euro und insgesamt im Bereich von 60 Mio. Euro vermuten. Nichtsdestoweniger wurden die Fluggesellschaften durch den Vulkanausbruch empfindlich getroffen. Erst recht, wenn man bedenkt, dass die Margen der Fluggesellschaften meist gering kalkuliert sind und die wirtschaftliche Situation durch das Krisenjahr 2009 und den vorherigen harten Winter ohnehin angespannt war. Addiert man Umsatzausfall und Mehrkosten abzüglich eingesparter Kosten, lässt sich somit ein entstandener Schaden von etwa 450 Mio. Euro für deutsche Fluggesellschaften annehmen.

5.2.2 Reiseveranstalter

Reiseveranstalter sind in besonderem Maße abhängig von den Luftfahrtleistungen der Fluggesellschaften. Laut Deutschem ReiseVerband (DRV) unternehmen die Deutschen pro Jahr 75,5 Mio. Urlaubsreisen, davon etwa ein Drittel mit dem Flugzeug. Somit entstanden bei den Reiseveranstaltern infolge der Luftraumsperrungen sekundäre wirtschaftliche Schäden, die folgend genauer betrachtet werden. Der Reisemarkt ist für die deutsche Wirtschaft von großer Bedeutung. Die Bürger keines anderen Landes geben jährlich mehr Geld für Auslandsreisen aus als die Deutschen. Der Umsatz deutscher Reiseveranstalter lag 2009 bei 20,8 Mrd. Euro, der Umsatz der Reisevertriebsstellen lag bei 19 Mrd. Euro.

In Deutschland gibt es eine hohe Anzahl an Reiseveranstaltern und Reisebüros. Mitunter handelt es sich dabei um internationale Großkonzerne, mit großen Tochterkonzernen und unzähligen regionalen Tochterunternehmen. Dadurch entsteht eine enge wirtschaftliche Verflechtung zwischen Reiseveranstaltern, Reisebüros, Hotelketten, Fluggesellschaften und anderen Unternehmen der Reisebranche. Dies erschwert die einzelne Aufgliederung der entstandenen Schäden der Reiseindustrie. Insbesondere besteht hier dadurch die Gefahr der Doppelzählung, da Schäden bei

einem Reiseveranstaltungskonzern betrachtet werden könnten, die in dieser Arbeit bereits bei der Untersuchung beispielsweise der Fluggesellschaften bewertet wurden.

Den Reiseveranstaltern entstand durch die Aschwolke ein Umsatzausfall hauptsächlich durch die Stornierungen von gebuchten Reisen. Darüber hinaus übernahmen viele die zusätzlich entstandenen Kosten für die Rückführung, Unterbringung und Betreuung ihrer gestrandeten Kunden, auch wenn sie dazu gesetzlich nicht verpflichtet waren. Für den Rücktransport wurden teilweise Sonderflüge gechartert und hunderte Busse eingesetzt, was mit hohen Kosten verbunden war. Durch die Koordination in dieser Ausnahmesituation stiegen daneben unter anderem auch die Personalkosten in Deutschland rapide.

Der DRV beziffert die Zahl der von den Luftraumsperrungen betroffenen Kunden deutscher Reiseveranstalter und Reisebüros auf über 230.000, darunter etwa 130.000 Kunden, die sich im Ausland befanden und nicht wie geplant zurückreisen konnten. Nach DRV Angaben, seien dadurch den Reiseveranstalter und Reisebüros ein Schaden von 110 Mio. Euro entstanden. Wobei vermutet wird, dass als Schaden hier der Einfluss auf den Gewinn gemeint ist. Das heißt die 110 Mio. Euro Schaden setzen sich aus zusätzlichen oder höheren Kosten und Umsatzverlusten zusammen, abzüglich der eingesparten Kosten in Verbindung mit dem Umsatzrückgang.

Bei der TUI Travel PLC entfiel der Schaden zu zwei Dritteln auf die Mehrkosten und zu einem Drittel auf entgangenen Gewinn durch den Umsatzrückgang, also Umsatzverluste abzüglich eingesparter Kosten. Unter der Annahme, dieses Verhältnis gelte für die gesamten deutschen Reiseveranstalter, sind also Mehrkosten in Höhe von über 70 Mio. Euro entstanden. Das Verhältnis von Umsatz zu Gewinn der TUI Travel PLC liegt bei drei zu eins. Um eine Gewinn von einem Euro zu erwirtschaften wird also ein Umsatz von drei Euro benötigt. Verwendet man das Verhältnis von Umsatz zu Gewinn der TUI Travel PLC stellvertretend für die deutsche Reisebranche, multipliziert man also den restlichen Schaden in Höhe von gut 35 Mio. Euro mit dem Faktor drei, um den Umsatzrückgang zu ermitteln. Der Umsatzausfall der deutschen Reiseveranstalter kann folglich auf 100 Mio. Euro geschätzt werden.

5.3 Auswirkung auf die Volkswirtschaft

Nun wird der Fokus von den deutschen Unternehmen auf die deutsche Wirtschaft als Ganzes verschoben. Im Folgenden werden die einzelnen wirtschaftlichen Schäden nochmals zusammengefasst und aus volkswirtschaftlicher Perspektive betrachtet. Das Hauptaugenmerk liegt insbesondere darauf, die Auswirkungen auf die BWS der gesamten Wirtschaft zu beschreiben und im Rahmen der Möglichkeiten zu quantifizieren. Darauf aufbauend werden somit die wirtschaftlichen Auswirkungen des Vulkanausbruches anhand des Einflusses auf das BIP der deutschen Volkswirtschaft bestimmt.

Die Umsatzausfälle der deutschen Fluggesellschaften wurden in der vorangegangenen Untersuchung auf über 400 Mio. Euro geschätzt. Diese generieren sich zum einen Teil aus dem Rückgang der Verkäufe an den Endkunden und zum anderen aus weniger erbrachten Vorleistungen für andere Unternehmen. Als vom Luftverkehr abhängige Unternehmen, wurden hier speziell die Reiseveranstalter betrachtet. Bei den Reiseveranstaltern wird von einem Umsatzausfall in Höhe von

etwa 110 Mio. Euro ausgegangen. Um den dadurch entstandenen Rückgang der BWS der Reiseveranstalter zu bestimmen, müssen die eingesparten Vorleistungen abgezogen werden, das heißt sie werden zu der durch die Umsatzaufälle geminderten BWS hinzuaddiert. Die eingesparten Kosten lassen sich auf circa 60 Mio. Euro schätzen. Aus volkswirtschaftlicher Sicht relevant sind dabei jedoch nur die Vorleistungen von den deutschen Fluggesellschaften und die Vorleistungen, die aus dem Ausland bezogen, also importiert werden. Die Einsparungen an Vorleistungen von den deutschen Fluggesellschaften müssen addiert werden, da diese bereits dort in den Rückgang der BWS einberechnet sind und daher sonst doppelt gezählt werden. Weitere inländische Vorleistungen sind volkswirtschaftlich nicht relevant, da sie die BWS anderer deutscher Unternehmen senken und somit die gesamtwirtschaftliche BWS nicht berühren. Zu bedenken ist dabei aber, dass falls die Erbringer dieser inländischen Vorleistungen dadurch selbst wiederum weniger Vorleistungen importieren müssen, somit doch ein positiver Effekt entstehen könnte. Fraglich ist nun wie hoch der Anteil ist, der hinzuaddiert werden sollte. Es wird vermutet, dass abgesehen von den Luftfahrtleistungen ein großer Teil der Vorleistungen der Reiseveranstalter im Ausland erbracht wird, beispielsweise durch Hotelübernachtungen oder Transporte im Ausland. Daher werden 30 Mio. Euro als realistisch betrachtet, die zur inländischen BWS wieder hinzugezählt werden. Ähnlich ist die Situation bei den Vorleistungen, welche bei den deutschen Fluggesellschaften eingespart wurden. Diese lassen sich ebenfalls auf einen Wert von ungefähr 60 Mio. Euro schätzen. Ein bedeutender Anteil daran, in der Größenordnung von etwa 20 Mio. Euro, sind Einsparungen infolge des geringeren Verbrauches von Kerosin, welches von den Fluggesellschaften zum Großteil importiert wird. Diese gesparten Kosten sowie weitere durch Vorleistungsimporte, beispielsweise Hotelübernachtungen der Flugzeugcrew im Ausland, sind also auf die durch die Umsatzaufälle der Fluggesellschaften geminderte BWS zu addieren, da sie die Importe senken und sich folglich positiv auf die inländische BWS auswirken. Zum Teil beziehen die Fluggesellschaften jedoch auch Vorleistungen von inländischen Unternehmen beispielsweise von den Flughafenbetreibern oder der Flugsicherung. Diese sind volkswirtschaftlich nicht relevant, werden also nicht zur BWS hinzuaddiert, da sie wiederum zu Umsatzaufällen bei den betreffenden Unternehmen führen. Es sei angenommen, dass etwa die Hälfte der eingesparten Kosten volkswirtschaftlich relevant ist und somit zur gesamtwirtschaftlichen BWS hinzuaddiert werden sollte. Die Umsatzaufälle der Dienstleister bezüglich Hilfs- und Nebentätigkeiten für den Luftverkehr wurden mit circa 60 Mio. Euro beziffert. Diese werden folglich gesamtwirtschaftlich nicht berücksichtigt, jedoch nur sofern sie bei den deutschen Fluggesellschaften angefallen sind, also zuvor nicht mildern berücksichtigt wurden.

Daneben enthalten sie aber auch Verlust an Umsatz, der durch geringere Nachfrage aus dem Ausland angefallen ist. Dies ist eine Minderung der Exporte und somit auch gesamtwirtschaftlich relevant. Es wird hier von einem Ausfall an BWS von etwa 30 Mio. Euro ausgegangen.

Bei der Betrachtung der zusätzlichen entstandenen oder höheren Kosten der Unternehmen, müssen zunächst die Personalkosten abgezogen werden. Diese stellen einen Bestandteil der BWS dar und sind daher volkswirtschaftlich neutral. Gerade bei den Reiseveranstaltern ist es nach Angabe des Deutschen Reiseverbands zu erhöhten Personalkosten gekommen, die also von den geschätzten 70 Mio. Euro abgezogen werden müssen. Davon abgesehen wirken sich alle gestiegenen Kosten negativ auf die gesamtwirtschaftliche deutsche BWS aus, die zu

Erhöhung der Importe geführt haben. Beispiele dafür sind Kosten durch die Kundenbetreuung im Ausland in Form von Übernachtungen oder Transporten der Fluggesellschaften oder Reiseveranstalter. Dagegen wirken sich Kosten, die im Inland angefallen sind wiederum volkswirtschaftlich neutral aus, beispielsweise ein erheblicher Teil der Kosten für zusätzlich durchgeführte Flüge. Jedoch muss auch hier berücksichtigt werden, dass es durch tiefer gehende Effekte dadurch zu mehr Import gekommen sein kann. Die in dieser Arbeit ermittelten zusätzlichen Kosten belaufen sich auf etwa 170 Mio. Euro. Davon wird ein Anteil von 70 Mio. Euro als volkswirtschaftlich neutral angesehen.

Zusammengefasst sind somit negative Auswirkungen auf die gesamte BWS Deutschlands in Höhe von circa 620 Mio. Euro entstanden. Diese Zahl ergibt sich aus den gesamten betrachteten Umsatzausfällen, also 400 Mio. Euro der Fluggesellschaften, 100 und weitere 30 Mio. Euro der Reiseveranstalter und weiterer Hilfs- und Nebentätigkeiten für den Luftverkehr, sowie bis zu 50 Mio. Euro durch die verlorene Produktivität. Abgezogen davon werden die volkswirtschaftlich relevanten, eingesparten Vorleistungen in Höhe von 60 Mio. Euro, hinzuaddiert werden aber die zu berücksichtigenden zusätzlichen Kosten von 100 Mio. Euro. Dies gesamte verlorene BWS muss nun noch um die dadurch nicht angefallenen Gütersteuern abzüglich der Gütersubventionen erweitert werden. Das System der Besteuerung insbesondere im Luftverkehr ist kompliziert. Es wird daher ein durchschnittlicher Wert aller Produktionsbereiche aus dem Jahr 2009 als Richtwert verwendet. Im Jahr 2009 betrug die Differenz zwischen gesamter BWS und BIP etwa 12 Prozent der BWS (2140,61 Mrd. Euro BWS bei einem BIP von 2397,10 Mrd. Euro). Damit lässt sich ein negativer Effekt als Folge der Luftraumsperrungen auf das BIP der Bundesrepublik von etwa 700 Mio. Euro schätzen. Das entspricht einem Anteil von nicht einmal 0,03 Prozent des BIPs von 2009 beziehungsweise etwas über 0,1 Prozent des tatsächlich erreichten BIPs im zweiten Quartal 2010 in Höhe von 616 Mrd. Euro. Diese Berechnung enthält allerdings nur die in dieser Arbeit betrachteten Wirtschaftsbereiche. Es ist nicht ausgeschlossen, dass in weiteren Bereichen nennenswerte Schäden entstanden sein können, die folglich hier nicht berücksichtigt wurden. Es sei jedoch auch darauf hingewiesen, dass die positiven Auswirkungen auf das BIP, die infolge der Substitution oder Nachholung entstanden sein könnten, nicht in diese Schätzung mit einbezogen wurden. Abschließend wird die hier erfolgte Arbeit in Zusammenhang mit anderen Untersuchungen zu diesem Thema gestellt. Die EU Kommission gibt in ihrer Untersuchung die ökonomischen Auswirkungen der einwöchigen Beeinträchtigungen im Luftverkehr nach dem Ausbruch des Eyjafjallajökull mit unter 0,1 Prozent des BIPs in dem betreffenden Quartal an. Es lässt sich vermuten, dass dabei vom BIP der Europäischen Union ausgegangen wird. Damit stehen sie nach eigenen Angaben im Einklang mit weiteren Quellen. Auch die in dieser Arbeit erfolgte Schätzung stimmt folglich in der Größenordnung damit überein, da hier die Auswirkungen für Deutschland bei leicht über 0,1 Prozent des deutschen BIPs lagen, die Bundesrepublik vermutlich aber auch heftiger betroffen war als andere insbesondere südeuropäische Mitgliedsstaaten. In der Studie von Oxford Economics wird der Einfluss des Ereignisses auf das BIP mit 5 Mrd. US-Dollar (knapp 3,7 Mrd. Euro) beziffert. Hierbei wird sich aber nicht nur auf das europäische BIP, sondern auf das BIP aller betroffenen Staaten bezogen. Der Anteil von Deutschland daran mit 700 Mio. Euro wäre weniger als ein Fünftel. Jedoch ist fraglich, in wie weit dieser direkte Vergleich zulässig ist, da unterschiedliche volkswirtschaftliche Effekte berücksichtigt werden müssen. Die Schätzung von Oxford Economics erscheint dennoch auf den ersten Blick gegenüber der hier

erhobenen in der Größenordnung etwas höher, jedoch hält sich die Abweichung in einem akzeptablen Rahmen. Die IATA schätzt die Kosten der Unterbrechung im Luftverkehr für die europäische und US-amerikanische Wirtschaft und der Fluggesellschaften auf 2,8 Mrd. US-Dollar (gut 2 Mrd. Euro). Dabei wird der Begriff der Kosten jedoch nicht genauer definiert, wodurch der Vergleich zu dieser Arbeit erschwert wird. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die in dieser Untersuchung erarbeitete Schätzung der volkswirtschaftlichen Auswirkungen des Vulkanausbruches sich durchaus mit anderen Arbeiten zu diesem Thema vereinbaren lässt.

6. Statistiken

Die Zahl der Toten bei Flugzeugunfällen ist 2010 im zweiten Jahr in Folge wieder gestiegen. Bei 49 Unfällen kamen 829 Menschen ums Leben - nach 766 Luftverkehrstoten 2009. Das geht aus der Sicherheitsbilanz 2010 des deutschen Unfalluntersuchungsbüros JACDEC hervor, die das Magazin für Zivilluftfahrt *Aero International* veröffentlicht hat. 2008 hatte es im zivilen Luftverkehr noch 598 Tote gegeben.

Europa bestätigte den Ruf der sichersten Luftfahrtregion der Welt. Weder in Europa noch in Nordamerika mit ihren stark verdichteten Lufträumen gab es im vergangenen Jahr nach JACDEC-Auswertung einen tödlichen Unfall im zivilen Luftverkehr.

Die Unfallbilanz des Jahres 2010 hat allerdings einen Schönheitsfehler: Da die JACDEC-Statistik nur den zivilen Luftverkehr umfasst, erscheint der Absturz des polnischen Präsidentenflugzeuges mit 96 Toten am 10. April 2010 nicht in dieser Bilanz, weil es ein militärischen Flug der polnischen Luftwaffe war. Zählt man diesen bis heute nicht restlos aufgeklärten Absturz einer russischen Tupolew TU-154M bei Smolensk dazu, gab es im Jahre 2010 bei 50 Flugzeugunfällen 925 Tote. Nicht erfasst werden in der Statistik auch Menschen, die am Boden bei Abstürzen starben.

Trotz dieses Anstiegs der Opferzahlen ist die internationale Luftfahrt bei weiter steigendem Verkehrsaufkommen nach wie vor weit von den Unfallbilanzen der 80er und 90er Jahre entfernt, als der jährliche Schnitt noch bei 1100 bis 1400 Luftverkehrstoten lag. In ganz schlimmer Erinnerung sind die Jahre 1985 mit 1810 und 1996 mit 2272 Toten. Günther Matschnigg, viele Jahre lang Vizepräsident der Internationalen Lufttransportvereinigung IATA, hat einmal vorgerechnet: "Ein Passagier, der jeden Tag einmal fliegt, müsste 4807 Jahre unterwegs sein, um in einen Unfall verwickelt zu werden."

Die drei schwersten Unfälle 2010

Wieder einmal bestätigte sich 2010, dass Fliegen in Schwellenländern und ärmeren Regionen der Welt sowie in Ländern mit schwacher Infrastruktur wesentlich gefährlicher ist. Die drei schwersten Unfälle des vergangenen Jahres untermauern diese Erkenntnis.

Am 22. Mai verunglückte eine Boeing 737 von Air India Express auf dem Flughafen von Bangalore: 158 Menschen kamen ums Leben, acht überlebten. Das Flugzeug setzte zu spät auf. Die Piloten versuchten noch, durchzustarten - jedoch zu spät. Der Jet schoss über die schwierige Bahn mit ihrem starken Gefälle hinaus und zerstückelte in einem Waldstück.

145 Passagiere und sechs Besatzungsmitglieder kamen ums Leben, als ein zehn Jahre alter Airbus A321 von Airblue am 28. Juli nördlich von Islamabad in Pakistan am Rande des Flughafens gegen die Ausläufer der Magalla-Hügelkette prallte. Die Piloten hatten einen ersten Landeanflug wegen extrem schlechten Wetters abgebrochen und gerieten beim zweiten Versuch außerhalb der vorgeschriebenen Anflugzone.

Am 12. Mai stürzte ein erst 2009 in Dienst gestellter Airbus A330-300 von Afriqiyah Airways in nächster Nähe des Flughafens Tripolis in Libyen ab. Als der von Johannesburg kommende zweistrahlige Jet zur Landung ansetzte, war die Sicht durch Sand und Dunst stark getrübt. Zudem hatte der Flughafen kein Instrumentenlandesystem (ILS), das die Piloten mit Bildschirm-Anzeigen unterstützt. Der Pilot versuchte offenbar, durchzustarten, das Flugzeug verlor jedoch rapide an Höhe und stürzte etwa 900 Meter vor der Landebahn ab. 101 Insassen kamen ums Leben, nur ein neunjähriger Junge überlebte. "

"Menschliches Versagen"

Aero International hebt hervor, dass sich bei diesen drei schwersten Unglücken, "die Ursachenszenarien gleichen, die allesamt auf menschliches Versagen deuten". Der schlimmste Flugunfall ereignete sich in Indien, einem Land, dessen Infrastruktur sich nach Einschätzung vieler Luftfahrterkenner am rasanten Wachstum der Vergangenheit zu verschlucken droht. Besonders Pakistan war 2010 ein Brennpunkt für Flugzeugunfälle. 181 Menschen starben hier an Bord von Flugzeugen. Indien folgt mit 158 Opfern. Keine Rolle spielte 2010 der Terrorismus in der Verkehrsluftfahrt.

6.1 Flugzeugunfälle

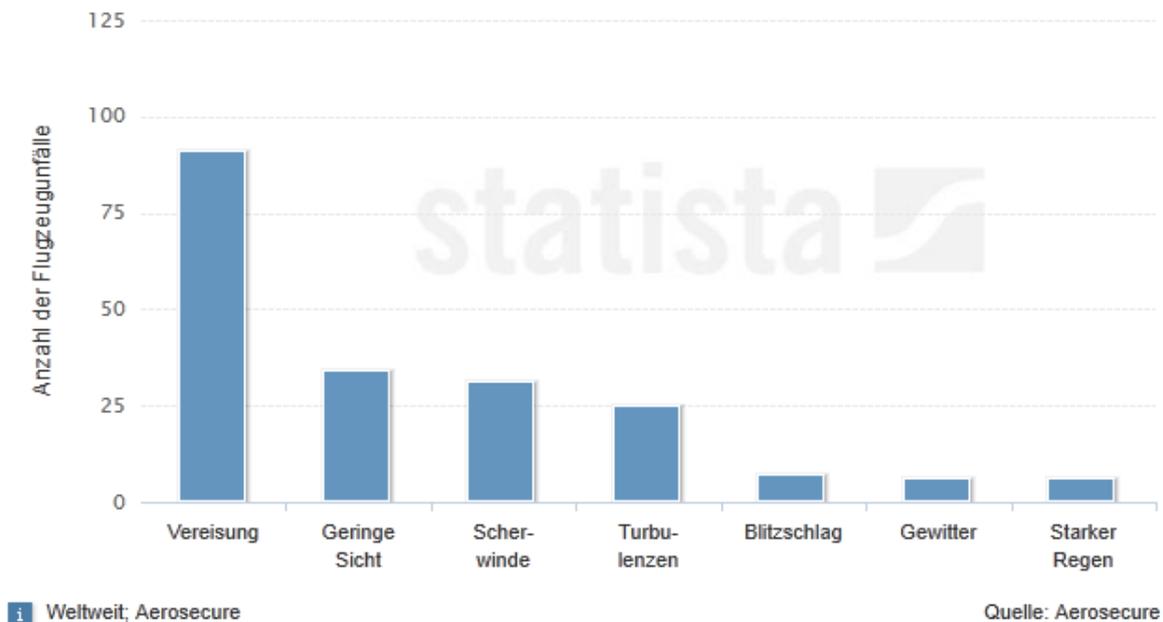
Statistische Erhebungen zum Unfallgeschehen im Flugverkehr - ohne den Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben - weisen zusammenfassend nachfolgendes Geschehen aus:

- Von 1958 bis 2001 wurden weltweit 630 Passagierflugzeuge im operativen Einsatz zerstört,
- Auffallend sind die plötzlichen, gravierenden Anstiege der „Total Losses“- Kurve (Totalverluste von Linienflugzeugen),
- Die Anstiege der Unfallzahlen sind immer nach der Neueinführung einer neuen Flugzeuggeneration, also nach markanten technischen Veränderungen der Flugzeuge (incl. Cockpit) zu verzeichnen,
- 1960 wurde die 1. Cockpit-Layout-Generation eingeführt (z.B. B707, DC8, Caravelle),
- 1965 folgte die 2. Cockpit-Layout-Generation (z.B. B727, DC9, F28),
- 1971 erfolgte die Einführung der "Early Widebodies" (z.B. B747-200, DC10, A300),
- 1983 stellte Airbus den A310 in den Liniendienst.
Mit diesem Flugzeug begann die Ära der „Glascockpits“, d.h. eine veränderte Art der Informationsaufbereitung der Cockpitinstrumente – überwiegend elektronisch per Computer / Anzeige in modifizierten Instrumenten alter Herkunft oder einfachen Kleinbildschirmen,
- 1986 wurde die 3. Cockpit-Layout-Generation mit der Bildschirmtechnik für fast alle Systeme eingeführt (z.B. B747-400, MD11, A310),
- 1988 revolutioniert Airbus mit der A320 den Markt. Linienflugzeuge werden in
großem Maßstab mit „Sidesticks“ ausgestattet, d.h. mit einer veränderten Art der Steuerung von Flugzeugen / Vektorsteuerung),
- Airbus prognostiziert die Entwicklung der Unfallzahlen bis 2017 gerade für die 3. Generation stark ansteigend.

Flugzeugabstürze mit den meisten Opfern

- 12. August 1985 Japan Airlines: 520 Opfer. Eine ausgebuchte Boeing 747 stürzt gegen einen Berghang. Ursache war eine nachlässig durchgeführte Reparatur eines Druckschotts, dessen Wiederaufbrechen das Höhenleitwerk und die Seitenrudder der Maschine abbrach. 4 Passagiere überleben.
- 12. November 1996 Saudi Arabian Airlines/Kasachstan Airlines: 349 Opfer. Eine Boeing 747 aus Delhi und eine Iljuschin-76, die ihre zugewiesene Flughöhe verlassen hat, kollidieren.
- 3. März 1974 Turkish Airlines: 346 Opfer. Eine DC-10 verunglückt kurz nach dem Start vom Flughafen Paris-Orly. Ursache ist vermutlich eine ursachengemäß verschlossene Frachtraumtür.
- 23. Juni 1985 Air India: 329 Opfer. Eine Boeing 747 stürzt nach einer Bombenexplosion in den Atlantik.
- 3. Juli 1988 Iran Air: 290 Opfer. Ein Airbus A300 wird durch das US-amerikanische Kriegsschiff USS Vincennes (CG-49) versehentlich abgeschossen.
- 25. Mai 1979 American Airlines: 271 Opfer. Eine DC-10 verliert während des Starts vom O'Hare International Airport ein Triebwerk und stürzt 30 Sekunden später ab. Außer den Insassen fallen dem Unglück zwei Menschen am Boden zum Opfer.
- 1. September 1983 Korean Airlines: 269 Opfer. Die sowjetische Luftwaffe schießt bei Sachalin eine vom Kurs abgekommene Boeing 747 ab, in der Annahme es handle sich um ein US-amerikanisches Spionageflugzeug (siehe Korean-Airlines-Flug 007).
- 26. April 1994 China Airlines: 264 Opfer. Ein Airbus A300 stürzt bei der Landung ab. Der Autopilot wurde versehentlich in den Modus für das Durchstarten geschaltet; die Piloten steuerten bei der Landung vergeblich dagegen. Sieben Passagiere überlebten.

6.2 Vergleich der häufigsten Ursachen



© Statista 2011

Darstellung 6.1: Flugzeugunfälle durch extreme Wetterbedingungen nach Unfallursache von 1977 bis 2006

Planecrashinfo.com zeichnet in der folgenden Tabelle chronologisch geordnet die Gründe für die Abstürze auf:

	1950er	1960er	1970er	1980er	1990er	2000er	Gesamt
Pilotenfehler	58%	57%	42%	44%	53%	46%	50%
Andere menschliche Fehler (etwa durch Fluglotsen oder schlechte Wartung)	0%	8%	9%	6%	8%	8%	6%
Wetterbedingte Abstürze	16%	10%	13%	15%	9%	9%	12%
Mechanisches Versagen	21%	20%	23%	21%	21%	28%	22%
Sabotage (inklusive Entführungen und Bombenanschlägen)	5%	5%	11%	13%	10%	9%	9%
andere Gründe	0%	2%	2%	1%	0%	1%	1%

Darstellung 6.2: Gründe für Flugzeugabstürze

Die Statistik erfasst etwa 1300 Unglücke mit mindestens zehn Todesopfern in den genannten Zeiträumen, für die eine Unglücksursache ermittelt werden konnte. Von der Verteilung hat sich über die Jahre wenig geändert: Rund die Hälfte der Abstürze sind auf Überforderung oder Fehlverhalten des Piloten zurückzuführen, gefolgt von technischen Defekte. Trotz der Warnungen vor internationalem Terrorismus geschehen mehr Abstürze aufgrund von schlechten Wetterlagen als durch terroristische Anschläge.

Faktor Mensch

Aus der Fehlerforschung in der Luftfahrt - hier speziell Untersuchungen der NASA - weiß man, dass 70 Prozent der Flugunfälle auf menschliches Fehlverhalten zurückzuführen sind. Dass Fehler passieren, ist unvermeidlich. So beträgt zum Beispiel die allgemeine Fehlerrate bei einer banalen Tätigkeit, etwa beim Ablesen von Instrumenten, bereits drei Promille, komplexer wird die Situation beispielsweise bei miteinander agierenden Personengruppen verschiedener Qualifikation, die entsprechende Geräteüberprüfungen vornehmen sollen. Hier beträgt die Fehlerquote, wenn keine schriftlichen Anweisungen Entsprechendes festlegen, bis zu 10 Prozent. Die allgemeine Fehlerrate bei Aktivitäten mit hohem Stresslevel, wenn gefährliche Ereignisse schnell aufeinander folgen, beträgt sogar bis zu 25 Prozent.

Grundsätzlich gilt: Die Gesamtleistung eines Teams ist gleich dem Produkt aller Einzelleistungen.

Je mehr Menschen miteinander, selbst auf höchstem Sicherheitsniveau, agieren, desto wahrscheinlicher wird es, dass ein Fehler geschieht. Je mehr Arbeitsschritte bzw. Verrichtungen geschehen, desto wahrscheinlicher wird es, dass ein Fehler passiert.

Eine der Konsequenzen aus der Fehlerforschung war in der Luftfahrt die verbindliche weltweite Einführung des Crew Resource Management (CRM), eines Trainingsprogramms, das den Cockpitbesatzungen die Limits menschlicher Leistungsstärken - wie Erschöpfung und Stress - sowie die Ursachen für Fehler nahe bringt. Dabei wird als Gegenmaßnahme eine entsprechende Fehlerkultur mit Grundfähigkeiten wie Führung, Beobachtung, Kommunikation und gegenseitiger Überprüfung sowie Entscheidungsfindung und Überprüfung mit Modifikation von geplanten Entscheidungen gelehrt. Die Ergebnisse bestätigen die Effektivität in Bezug auf die Änderung von persönlichen Einstellungen und dadurch verbesserter Sicherheit. Demnach sollten deshalb Organisationen mit einem hohen Zuverlässigkeitsdruck für sich vom Systemfehler-Modell ausgehen. Sie müssen damit rechnen, dass ein fehlerfreies Arbeiten nicht durchführbar ist und müssen wissen, dass Menschen nicht unter einem konstanten Stress mit Fehlererwartung arbeiten können. Deshalb sollten sie eine Fehlerkultur schaffen, die nicht darauf abzielt, einzelne Fehler zu verhindern, sondern die systemisch mit Fehlern "umgehen kann".

6.3 Sicherste Flugzeugtypen und Airlines

In die Bewertung der Flugunfallstatistik vom Jet Airliner Crash Data Evaluation Centre (Jacdec) kommen die Anzahl der Passagiere, geflogene Kilometer, Flugzeugverluste und Todesopfer nach Unfällen sowie unfallfreie Jahre und die Mitgliedschaft in internationalen Sicherheitsprogrammen zum Tragen.

Sicherste Airlines

Platz	Airline
1.	Qantas Airways Details: Die Jacdec-Statistik weist die 1920 gegründete australische Qantas als sicherste Airlines aus. Sie fliegt seit 50 Jahren ohne einen einzigen tödlichen Unfall. In letzter Zeit kam es zwar zu einigen Zwischenfällen, aber keiner mit tödlichem Ausgang. Zwischenfälle werden in der Statistik nicht gewertet.
2.	Finnair Details: Die 1923 gegründete finnische Airline fliegt seit 1963 unfallfrei und erreicht daher einen sehr guten zweiten Platz zwei in der Jacdec-Statistik.
3.	Air New Zealand Details: Die Airline aus Neuseeland landet auf Platz drei. Sie wurde bereits vor 70 Jahren gegründet und fliegt seit 30 Jahren unfallfrei. Der einzige schwere Unfall ereignete sich 1979 mit 257 Toten. Nach 30 Jahren wird er in der Jacdec-Statistik aber nicht mehr gezählt.
4.	TAP Portugal Details: Die portugiesische Airline wurde 1945 gegründet und fliegt hauptsächlich nach Südamerika. Dank ihres guten Sicherheitsstandards erreicht sie den vierten Platz der Jacdec-Statistik. Nur einen Unfall mit 131 Toten hatte die Airline bisher zu beklagen.
5.	Cathay Pacific Airways Details: Die Fluglinie aus Hongkong fliegt seit 38 Jahren unfallfrei und rangiert daher auf Platz fünf der Jacdec-Rangliste.
6.	All Nippon Airways Details: Die japanische Fluglinie verlor in den letzten zehn Jahren zwei Flugzeuge, dies aber außerhalb des Passagierbetriebs bei Trainings- und Wartungsunfällen. Trotzdem gilt sie als sehr sicher und landet auf Platz sechs der Jacdec-Statistik.

7.	<p>Air Berlin</p> <p>Details: Die deutsche, 1979 gegründete, Fluglinie landet auf Platz sieben der Jacdec-Statistik. Weder gab es an Bord einen tödlichen Unfall, noch wurde ein Flugzeug verloren.</p>
8.	<p>Virgin Atlantic</p> <p>Details: Die britische Airline wurde 1984 vom Milliardär Richard Branson gegründet und ist bisher ohne Unfall ausgekommen. Das gleiche gilt auch für die regionalen Ableger in den USA und Australien.</p>
9.	<p>Emirates</p> <p>Details: Auch mit der arabische Fluglinie fliegen Passagiere sicher. Sie belegt Platz neun der Jacdec-Statistik, da sie seit 15 Jahren ohne Absturz oder tödlichen Unfall bleibt.</p>
10.	<p>Transaero Airlines</p> <p>Details: Die russische Fluggesellschaft kommt bei der Flugunfallstatistik 2010 auf den zehnten Rang der sichersten Airlines. 1991 wurde sie gegründet und fliegt seither unfallfrei.</p>

Gefährlichste Airlines

Platz	Airline
1.	<p>TAM Linhas Aéreas</p> <p>Details: Die unsicherste Fluglinie ist - wie schon im letzten Jahr - die brasilianische TAM. 2007 raste ein Airbus in São Paulo über die Landebahn hinaus in ein Bürogebäude. 187 Menschen an Bord und zwölf am Boden starben. Aufgrund dieses Unfalls ist die größte Fluggesellschaft Brasiliens das Schlusslicht der Jacdec-Statistik.</p>
2.	<p>China Airlines</p> <p>Details: Die taiwanesishe Fluglinie zählt zu den unfallträchtigsten in Asien: Die Jacdec-Statistik verzeichnet 755 Todesopfer. 2002 kamen bei einem Absturz 225 Menschen ums Leben. 2007 wurde eine Katastrophe nur knapp verhindert, als eine Maschine nach der Landung Feuer fing.</p>
3.	<p>Gol Transportes Aéreos</p> <p>Details: Die brasilianische Fluggesellschaft wurde erst 2001 gegründet und findet sich schon auf dem drittletzten Platz der Jadece-Statistik wieder. Beim zweitschwersten Flugzeugunglück in der brasilianischen Geschichte kamen alle 154 Insassen ums Leben, als eine fast fabrikneue Boeing 737-800 mit einem Geschäftsreiseflugzeug kollidierte und in den Dschungel stürzte.</p>
4.	<p>Saudi Arabian Airlines</p> <p>Details: Schlecht schneidet auch die 1946 gegründete saudische Airline ab. 1996 starben bei einem Zusammenstoß mit einer Iljuschin der Air Kasachstan alle 349 Insassen beider Flugzeuge. Dieser Unfall wird als einer der größten Katastrophen der zivilen Luftfahrt bezeichnet.</p>
5.	<p>Garuda</p> <p>Details: Drei Abstürze gehen auf das Konto der indonesischen Fluglinie Garuda. Beim schwersten Unglück 1997 starben 234 Menschen. Jahrelang stand Garuda auf der Schwarzen Liste der EU, darf aber seit Anfang 2010 wieder in die EU einfliegen.</p>
6.	<p>Korean Air</p> <p>Details: Die südkoreanische Fluglinie hatte mehrere schwere Unfälle zu verzeichnen. 1983 wurde eine vom Kurs abgekommene Boeing 747 von</p>

	russischen Abfangjägern abgeschossen, alle 269 Insassen starben. Seit 1999 gab es kein schwerwiegendes Unglück mehr.
7.	<p>THY Turkish Airlines</p> <p>Details: Obwohl die 1933 gegründete türkische Fluglinie in den letzten Jahren mehrere Auszeichnungen erhielt, verhinderte eine Serie von tödlichen Unglücken im Inlandverkehr ein besseres Ranking. Beim letzten Absturz 2009 kamen in Amsterdam neun Menschen ums Leben.</p>
8.	<p>Thai Airways</p> <p>Details: Die thailändische Fluglinie fliegt seit 1960. In dieser Zeit kam es zu acht tödlichen Flugzeugunglücken mit insgesamt 428 Toten. Eine Unfallserie in den 90er Jahren führte dazu, dass der Sicherheitsindex stark anstieg.</p>
9.	<p>Philippine Airlines</p> <p>Details: Die asiatische Fluglinie mit Hauptsitz in Manila war in den letzten 30 Jahren in mehrere schwere Unfälle verwickelt, bei denen es 50 Tote zu beklagen gab. Seit 2010 stehen alle philippinischen Airlines wegen nicht ausreichenden Sicherheitsstandards auf der schwarzen Liste der EU und dürfen nicht in Europa landen.</p>
10.	<p>Skywest Airlines</p> <p>Details: Die amerikanische Regionalfluggesellschaft gehört zu den zehn Airlines, die die meisten tödlichen Unfälle seit 1980 zu verzeichnen hatten. 1987 und 1991 kam es zu schweren Abstürzen, bei denen viele Passagiere ums Leben kamen.</p>

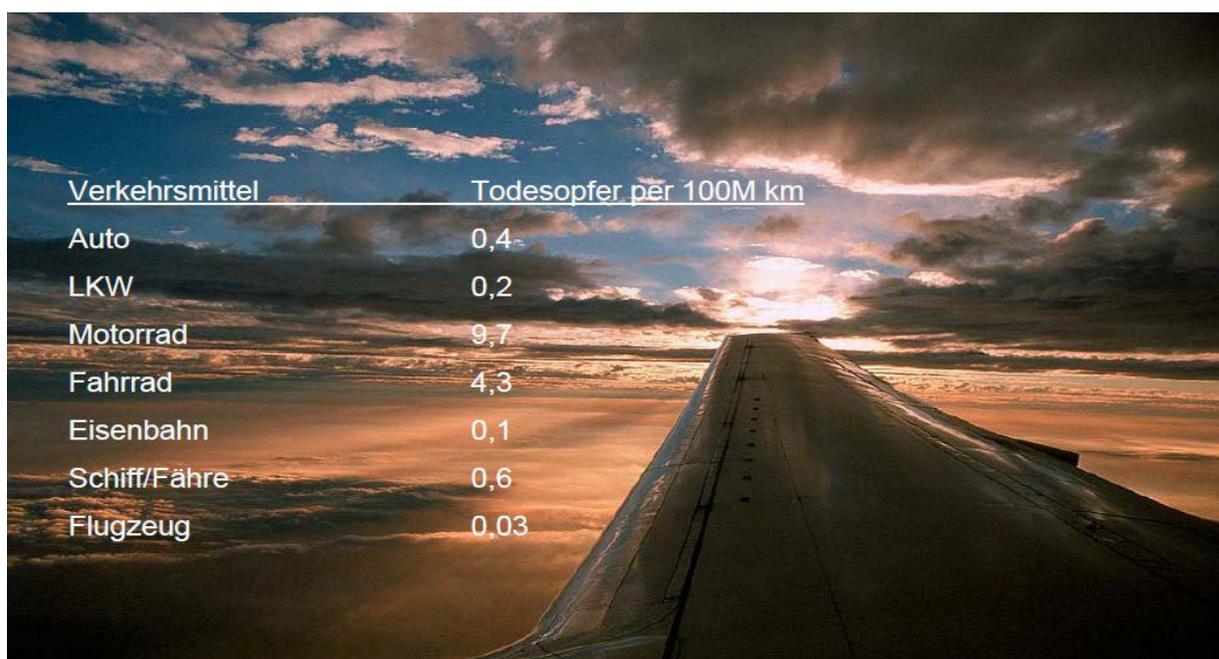
Welche Flugzeugtypen sind am sichersten?

Anhand der Daten der Statistik-Website www.airsafe.com zeigt der "Telegraph" eine Auflistung der gefährlichsten Flugzeugtypen, indem er die Zahl der Flüge durch die Zahl der tödlichen Unfälle teilt (Stand 31. Dezember 2008). Wegen ihrer relativ geringen Flugzahl schneidet die Concorde hier am schlechtesten ab: kommt im Schnitt auf 90.000 Flüge ein tödlicher Unfall. Bei den gängigen Verkehrsfliegern von Boeing und Airbus sind die Zahlen wesentlich beruhigender. Der Airbus A310, der nicht mehr gebaut wird, kommt im Schnitt auf einen tödlichen Unfall bei 540.000 Flügen, eine Boeing 747 auf einen Unfall bei 660.000 Flügen - diese beiden Flugzeugtypen sind statistisch gesehen die "Schlusslichter" der Hersteller. Flugzeuge vom Typ Airbus A320 etwa stürzen erst nach 5,21 Millionen Flügen ab, Boeing 757 erst nach 2,75 Millionen Flügen. Wer auf Nummer sicher gehen will, steigt in einen Airbus A340 oder A380 oder eine Boeing 717 oder 777. Diese Flugzeugtypen waren bislang nicht in tödliche Unfälle verwickelt.

Wo stürzen Flugzeuge am häufigsten ab?

Nach einer Studie der "International Air Transport Association" (IATA) aus dem Jahr 2007 scheinen Russland und andere ehemalige Sowjet-Staaten der unsicherste Ort zu Fliegen zu sein. Der Studie zugrunde liegen die Unfalldaten aus dem Jahr 2006. Die russische Unfallrate lag demnach bei 8,6 Unfällen auf eine Million Flüge. Das ist doppelt so hoch wie in Afrika und dreizehn Mal so hoch wie der weltweite Durchschnitt. Laut der Website Airdisaster.com soll die russische Aeroflot bislang in mehr als 100 Unfälle verwickelt worden sein. Auch bei planecrashinfo.com sind weit mehr als 100 Unfälle aufgeführt. Der "Telegraph" räumt allerdings auch mit einer Fliegerlegende auf: Im so genannten Bermuda-Dreieck verschwanden relativ gesehen nicht mehr Flugzeuge als andernorts auf der Welt.

6.4 Vergleich der Verkehrsmittel



<u>Verkehrsmittel</u>	<u>Todesopfer per 100M km</u>
Auto	0,4
LKW	0,2
Motorrad	9,7
Fahrrad	4,3
Eisenbahn	0,1
Schiff/Fähre	0,6
Flugzeug	0,03

Darstellung 6.3: Sicherheitsvergleiche unterschiedlicher Transportmittel

Kein Zweifel, der Flugverkehr nimmt dramatisch zu. Im Jahr 2007 sind laut der amerikanischen Flughafenvereinigung Airports Council International (ACI) weltweit über 4,65 Milliarden Menschen geflogen – im Vorjahr waren es noch 4,4 Milliarden. Einen großen Anteil daran hat der stark wachsende Billigflieger-Markt: In Deutschland fliegt bereits jeder Vierte mit einem Low-Cost-Carrier.

Experten glauben unverändert, dass der Flugverkehr jährlich weiter um fünf bis sechs Prozent zunehmen wird. Daran wird auch der von der EU-Kommission beschlossene Einbezug des Luftverkehrs in den Emissionsrechtehandel ab 2011 wenig ändern. Und auch die hohen Energiepreise werden nicht zu dramatischen Einbrüchen führen, denn selbst wenn derzeit die Airlines in den USA und in Europa unter Druck geraten, China und Indien befinden sich immer noch in starken Wachstumsphasen.

Doch trotz des schnell steigenden Flugverkehrs ist das Fliegen nicht unsicherer geworden. „Das Flugzeug ist unverändert ein extrem sicheres Verkehrsmittel. Es ist nicht nur relativ, sondern auch absolut im Langzeitvergleich sicherer geworden“, erklärt Asger Schubert von Barig, dem Board of Airline Representatives in Deutschland. Konkret: 2007 flogen 4,65 Milliarden Passagiere, aber nur 692 kamen dabei ums Leben.

Flugverkehr weltweit

Jahr	Passagiere	Unfälle insgesamt	Tote
2004	2,94 Mrd.	25	428
2005	3,23 Mrd.	26	1035
2006	3,65 Mrd.	20	855
2007	4,01 Mrd.	20	692
2008	4,17 Mrd.	23	502

Quelle: IATA

Darstellung 6.4: Der Flugverkehr zwischen 2004 und 2008

Im Vergleich zu anderen Verkehrssystemen sind Flugzeuge jedoch recht sichere Transportmittel. Das unterstreichen auch die Zahlen der IATA (International Air Transport Association). In den letzten zehn Jahren hat sich die Flugsicherheit stark verbessert und die Zahl der Unfälle hat sich fast halbiert. Ende 2007 lag die Quote der Flugzeugverluste bei 0,75 pro Millionen geflogener Flugstrecken (gezählt wird jede direkte Flugstrecke, Beispiel München – New York, wenn das Flugzeug in Frankfurt zwischenlandet, handelt es sich um zwei Flugabschnitte, fliegt es direkt um einen). Zum Vergleich: 1996 lag diese Quote noch bei 1,32.

Fliegen ist also, auch wenn es schwerfällt zu glauben, tatsächlich viel sicherer geworden.

7. Zusammenfassung

- Sicherheit im Luftverkehr ist eine vielschichtige Aufgabe, an der zahlreiche Instanzen beteiligt sind
- Trotz zunehmendem Luftverkehr Ziel der Verbesserung der Sicherheit
- Absolute Sicherheit nicht erreichbar
- Die Ausrüstungsindustrie kann über die Entwicklung von neuen Sicherheitssystemen einen wichtigen Beitrag leisten
- Technologischer Fortschritt ermöglicht die Entwicklung und Einführung neuartiger Systeme
- Die Aufgaben müssen im Dialog mit allen an Sicherheit im Luftverkehr beteiligten Instanzen gelöst werden

Sicherheit im Luftverkehr lässt sich langfristig gewährleisten, wenn alle sicherheitsrelevanten Aufgaben dauerhaft gelöst werden!

8. Literatur- und Quellenverzeichnis

LBA 2002 LUFTFAHRT – BUNDESAMT: *Rundschreiben des Luftfahrtbundesamts Nr. 25-35/02-0 : Instandhaltung (Line Maintenance) auf Außenstationen (Line Maintenance Stations)*, 2002. – URL: http://www.lba.de/cln_009/nn_53964/SharedDocs/download/Rundschreiben/SG25/RS-25-35-02-0,templated=raw,property=publicationFile.pdf

LBA 2009 URL: http://www.lba.de/cln_009/nn_307796/DE/Technik/LTA/LTA.html

LBA 2009 URL: http://www.lba.de/DE/Links/Links_BAF.html?nn=23054

LuftBO 2008 DEUTSCHER BUNDESTAG: *Betriebsordnung für Luftfahrtgerät (Luft-BO)* (idF v. 12.09.2008). – URL: <http://bundesrecht.juris.de/luftbo/BJNR002620970.html>

URL: <http://www.bundestag.de/dasparlament/2010/17/WirtschaftFinanzen/29450608.html>

Mensen 2007 MENSEN, Heinrich: *Planung, Anlage und Betrieb von Flugplätzen*. Berlin : Springer, 2007

Mensen 1989 MENSEN, Heinrich: *Moderne Flugsicherung Organisation, Verfahren und Technik*.

Schuberdt 2005 SCHUBERDT, Christian-Heinz: *Handbuch zur Flugunfalluntersuchung*.

Ruff, Ruck, Sedlmayr 1989 : *Sicherheit und Rettung in der Luftfahrt*.

REUSS 2011: *Jahrbuch der Luft- und Raumfahrt*.

Schäffer, D.: *Die Vulkanausbrüche am Eyjafjallajökull 2010*.

Rainer, A. / Schäffer, D.: *Der Verlauf des Ausbruchs am Eyjafjallajökull*.

Nürberger, M.: *Der Einfluss von Krisen und Katastrophen auf die demographische Struktur der betroffenen Regionen*.

Rohmert, W., 1983, *Formen menschlicher Arbeit*, in: Rohmert / Rutenfranz, (Hrsg.): *Praktische Arbeitsphysiologie*, 3. neu bearbeitete Auflage.

Bubb, H., 1992, *Menschliche Zuverlässigkeit, Sicherheit und Risikobeurteilung*, Zeitschrift Arbeitswissenschaft, Band 48, Heft 1.

Zimolong, B., 1990, *Fehler und Zuverlässigkeit*.

Pompl 2008 POMPL, Wilhelm: *Luftverkehr : Eine ökonomische und politische Einführung*. Berlin : Springer, 2008

Wikipedia URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Luftfahrzeug>

Wikipedia URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Luftfahrt-Bundesamt>

Wikipedia URL: [http://de.wikipedia.org/wiki/Verordnung_\(EG\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Verordnung_(EG))

Wikipedia URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Tätigkeit>

Wikipedia URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Voraussetzung>

Wikipedia URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Qualitätssicherung>

Wikipedia URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Qualität>

Wikipedia URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Verstoß>

Wikipedia URL: [http://de.wikipedia.org/wiki/Arbeitsprozess_\(Betriebswirtschaft\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Arbeitsprozess_(Betriebswirtschaft))

Wikipedia URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Flugsicherheit>

Wikipedia URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Luftverkehr>

Wikipedia URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Luftsicherheit>

Wikipedia URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Sicherheit>

Wikipedia URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Flugsicherung>

Sphynx URL: <http://www.sphynx.de/html/service.html>

Palverlag URL: <http://www.palverlag.de/flugangst-sicherheit.html>

Focus URL: <http://www.focus.de/reisen/fliegen/airline-sicherheit.html>

Spiegel 2011 URL: <http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/0,1518,433179,00.html>

3sat URL: <http://www.3sat.de/page/?source=/hitec/magazin/114138/index.html>

EG-1056 2008 DIE KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN: *Verordnung (EG) Nr. 1056/2008* (idF v. 27.10.2008). – URL: http://easa.europa.eu/ws_prod/g/doc/Regulation/reg_1056_2008/reg_1056_2008_EN.pdf

EG-1702 2003 DIE KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN: *Verordnung (EG) Nr. 1702/2003* (idF v. 24.09.2003). – URL: http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/site/en/oj/2003/l_243/l_24320030927en00060079.pdf

EG-2042 2003 DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT UND DER RAT DER EUROPÄISCHEN UNION: *Verordnung (EG) Nr. 2042/2003* (idF v. 20.11.2003). – URL: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/oj/2003/l_315/l_31520031128en00010165.pdf

EG-216 2008 DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT UND DER RAT DER EUROPÄISCHEN UNION: *Verordnung (EG) Nr. 216/2008* (idF v. 20.02.2008). – URL: http://easa.europa.eu/ws_prod/g/doc/Regulation/reg_216_2008/BR216_2008_DE.pdf

EG-707 2006 DIE KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN: *Verordnung (EG) Nr. 707/2006* (idF v. 08.05.2006). – URL: http://www.easa.europa.eu/ws_prod/g/doc/Regulation/reg_707_2006/reg_707_2006_DE.pdf