

# Studie zur Flugsicherheit von Luftsportgeräten

- Analyse von Unfällen und Störungen mit  
Luftsportgeräten in Deutschland in den Jahren  
2000-2019 -

Die Studie wurde in Übereinstimmung mit der Verordnung (EU) Nr. 996/2010 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Oktober 2010 über die Untersuchung und Verhütung von Unfällen und Störungen in der Zivilluftfahrt und dem Gesetz über die Untersuchung von Unfällen und Störungen beim Betrieb ziviler Luftfahrzeuge (Flugunfall-Untersuchungs-Gesetz - FIUUG) vom 26. August 1998 durchgeführt.

Danach ist das alleinige Ziel der Studie die Verhütung künftiger Unfälle und Störungen. Die Studie dient nicht der Feststellung des Verschuldens, der Haftung oder von Ansprüchen.

#### Herausgeber

Bundesstelle für  
Flugunfalluntersuchung

Hermann-Blenk-Str. 16  
38108 Braunschweig

Telefon 0 531 35 48 - 0  
Telefax 0 531 35 48 - 246

Email: [box@bfu-web.de](mailto:box@bfu-web.de)

Internet: [www.bfu-web.de](http://www.bfu-web.de)

## Inhalt

<b>Abkürzungen .....</b>	<b>5</b>
<b>Kurzdarstellung .....</b>	<b>7</b>
<b>1. Ausgangssituation .....</b>	<b>8</b>
1.1 Zielsetzung und Methodik der Studie .....	8
1.2 Aufgaben und Arbeitsweise der BFU .....	10
1.3 Stand der Luftverkehrssicherheit in Deutschland .....	13
1.4 Meldung von Ereignissen .....	15
1.4.1 Meldung von Unfällen und Schweren Störungen .....	15
1.4.2 Vorschrift zur Meldung von Ereignissen in der Zivilluftfahrt .....	17
1.5 Aktivitäten der BFU in den Jahren 2000-2019 .....	17
1.5.1 Untersuchungen .....	18
1.5.2 Berichte .....	18
1.5.3 Sicherheitsempfehlungen .....	18
1.5.4 Sicherheitsmaßnahmen .....	21
1.5.5 Flugsicherheitsarbeit .....	21
1.6 Bestandsaufnahme .....	23
1.6.1 Hängegleiter .....	23
1.6.2 Gleitsegel .....	25
1.6.3 Sprungfallschirme .....	26
1.6.4 Ultraleichtubschrauber .....	27
1.6.5 Tragschrauber .....	28
1.6.6 Aerodynamisch und gewichtskraftgesteuerte Ultraleichtflugzeuge .....	28
1.6.7 Ereigniszahlen bezüglich Ultraleichtflugzeuge, Trag- und Ultraleichtubschrauber .....	29
<b>2. Untersuchte Unfälle und Schwere Störungen mit Luftsportgeräten .....</b>	<b>32</b>
2.1 Betriebsart .....	34
2.2 Betriebsphasen .....	35
2.2.1 Erste Betriebsphase .....	35
2.2.2 Zweite Betriebsphase .....	36
2.3 Ereigniskategorien .....	37
2.3.1 Unkontrollierte Fluglage .....	39
2.3.2 Flugbetrieb in geringer Höhe .....	40
2.3.3 System-/Bauteilversagen oder -störung .....	41
2.3.4 Luftfahrzeugannäherung/(Beinahe-)Kollision im Flug .....	43
2.4 Art des Luftsportgerätes .....	44

2.5	Betrachtungen zu Masse und Schwerpunktlage der untersuchten Ultraleichtflugzeuge und Tragschrauber.....	45
2.5.1	Anzahl der Insassen.....	45
2.5.2	Bauvorschriften .....	45
2.5.3	Zuladung von Ultraleichtflugzeugen .....	47
2.5.4	Luftzerleger .....	51
2.6	Insassen der untersuchten Luftfahrzeuge .....	51
2.6.1	Verantwortliche Luftfahrzeugführer .....	51
2.6.2	Lizenzen und Berechtigungen der verantwortlichen Piloten.....	52
2.6.3	Flugerfahrung der verantwortlichen Piloten.....	53
2.6.4	Weitere Luftfahrzeuginsassen.....	54
2.7	Medizinische und pathologische Angaben, Suizide.....	55
2.8	Wetterbedingungen .....	55
2.9	Rettungsgerät.....	56
2.9.1	Auslöser des Rettungsgeräts .....	57
2.9.2	Umstände der Auslösung des Rettungsgeräts.....	58
2.9.3	Komplikationen bei der Auslösung des Rettungsgeräts .....	59
2.10	Gefahren an der Unfallstelle.....	61
2.10.1	Gefahren durch nicht ausgelöste Rettungsgeräte.....	61
2.10.2	Gefahren durch verbrannte Kohlefaser .....	61
2.11	Human Factors Betrachtung.....	63
2.11.1	Human Factors Analysis and Classification System .....	65
2.11.2	HFACS Ebene 1: Sicherheitskritische Handlungen .....	68
2.11.3	HFACS Ebene 2: Sicherheitskritische Vorbedingungen.....	74
2.11.4	HFACS Ebene 3: Sicherheitskritische Aufsicht .....	79
2.11.5	HFACS Ebene 4: Organisatorische Einflüsse .....	82
2.12	Häufigste Ereigniskategorien und ihre HFACS.....	85
2.12.1	Unkontrollierte Fluglage .....	85
2.12.2	Flugbetrieb in geringer Höhe.....	86
2.12.3	System-/Bauteilversagen oder -störung .....	87
2.12.4	Luftfahrzeugannäherung/(Beinahe-)Kollision im Flug .....	87
2.12.5	Zusammenfassende Übersicht .....	89
<b>3.</b>	<b>Schlussfolgerungen.....</b>	<b>91</b>
<b>4.</b>	<b>Sicherheitsempfehlungen .....</b>	<b>95</b>
<b>5.</b>	<b>Anlagen .....</b>	<b>97</b>

## Abkürzungen

ACAS	Airborne Collision Avoidance System
AMSL	Above Mean Sea Level
ATC	Flugverkehrskontrollstellen
BeauftrV	Verordnung zur Beauftragung von Luftsportverbänden
BFU	Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
CFIT	Controlled Flight Into or toward Terrain
CFK	Kohlefaserverstärkter Kunststoff
DAeC	Deutscher Aero Club e.V.
DESTATIS	Deutsches Statistik-Informationssystem des Statistischen Bundesamts
DFV	Deutscher Fallschirmsport Verband e.V.
DHV	Deutscher Hängegleiter Verband e.V.
DULV	Deutscher Ultraleichtflugverband e.V.
EASA	European Aviation Safety Agency
ECCAIRS	European Coordination Centre for Accident and Incident Reporting Systems
EPAS	European Plan for Aviation Safety
FIUUG	Gesetz über die Untersuchung von Unfällen und Störungen bei dem Betrieb ziviler Luftfahrzeuge
FUS	Flugunfalluntersuchungsstelle beim Luftfahrt-Bundesamt
F-POST	Fire/Smoke (Post-Impact)
GA	Allgemeine Luftfahrt / General Aviation
GASP	Global Aviation Safety Plan
GPAS	German Plan for Aviation Safety
GPS	Global Positioning System

HFACS	Human Factors Analysis and Classification System
ICAO	International Civil Aviation Organization
IMC	Instrument Meteorological Conditions (Instrumentenwetterbedingungen)
LALT	Low Altitude Operation
LBA	Luftfahrt-Bundesamt
LOC-I	Loss of Control-Inflight
LSG	Luftsportgerät
LSG-B	Luftsportgeräte-Büro
LuftVO	Luftverkehrs-Ordnung
MAC	Airprox/TCAS Alert/Loss of Separation/Near Midair Collisions/Midair Collisions
MTOM	Maximum Take-off Mass
SCF-NP	System/Component Failure or Malfunction (Non-Powerplant)
SCF-PP	System/Component Failure or Malfunction (Powerplant)
SD	Standardabweichung
SERA	Standardised European Rules of the Air
SMS	Safety Management System
SSP	State Safety Programme
UL	Ultraleichtflugzeug
VFR	Visual Flight Rules / Sichtflugregeln
V <sub>NE</sub>	Höchstzulässige Geschwindigkeit, die nie überschritten werden darf

## Kurzdarstellung

Im Rahmen dieser Studie wurden Daten zu Unfällen und Schweren Störungen mit Luftsportgeräten (LSG) in der Bundesrepublik Deutschland ausgewertet, die die Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung (BFU) in dem 20 Jahre umfassenden Zeitraum von 2000-2019 untersucht hat. Bei den in diesem Zeitraum insgesamt 148 von der BFU untersuchten Ereignissen mit LSG handelte es sich um 138 Unfälle und 10 Schwere Störungen. Bei diesen Ereignissen kamen insgesamt 144 Personen ums Leben, 44 wurden schwer und 8 leicht verletzt.

Die Studie ist eine Ergänzung zu den veröffentlichten Untersuchungsberichten. Dabei wurden die Untersuchungsberichte selbst und die der BFU zu den Fällen insgesamt vorliegenden Daten detailliert analysiert und Schwerpunkte bzw. Häufungen herausgearbeitet. Jedes Ereignis wurde bezüglich der Bereiche Mensch-, Technik- und Umgebungsfaktoren anhand von mehr als 200 verschiedenen Parametern analysiert.

Mit dieser Studie sollten Gemeinsamkeiten und Unterschiede, ursächliche und beitragende Faktoren sowie Umstände analysiert, klassifiziert und beschrieben werden, die zu den jeweiligen Unfällen und Schweren Störungen geführt haben.

Als Ergebnis der Studie gibt die BFU 4 Sicherheitsempfehlungen heraus. Diese Sicherheitsempfehlungen richten sich an das Bundesministerium für Digitales und Verkehr sowie das Luftfahrt-Bundesamt und zielen unter anderem auf die Entwicklung eines effektiven Safety Management Systems im Bereich LSG als auch auf die Entwicklung von Maßnahmen zur Verringerung der Anzahl tödlicher Unfälle in diesem Bereich und auf einen verbesserten Schutz von Rettungskräften an der Unfallstelle ab.

# 1. Ausgangssituation

Mit der Gründung der Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung (BFU) 1998 wurde in Deutschland in Umsetzung der Forderungen der Richtlinie 94/56/EWG des Europäischen Rates eine unabhängige Sicherheitsuntersuchungsstelle für die zivile Luftfahrt geschaffen. Die Aufgaben und Schwerpunkte der Arbeit der BFU wurden dabei gesetzlich geregelt. Als Hauptschwerpunkt wurde die Untersuchung von Unfällen und Schweren Störungen in der gewerblichen Luftfahrt bestimmt. Unfälle mit Luftsportgeräten (LSG) sollten laut Gesetz – von Ausnahmen abgesehen – durch die BFU nicht untersucht werden. Die Ausnahmen, bei denen sich die BFU für eine Untersuchung entscheiden kann, sind im Gesetz als diejenigen Ereignisse definiert, bei denen „bedeutende Erkenntnisse für die Sicherheit in der Luftfahrt erwartet“ (FIUUG § 3 (4) b) werden. Über die Jahre hat die BFU Kriterien entwickelt, nach denen eine Entscheidung zur Einleitung einer Untersuchung von Ereignissen mit LSG erfolgt. In den zurückliegenden mehr als 2 Jahrzehnten wurden und werden eine Reihe von Unfällen und Schweren Störungen mit LSG untersucht und die dabei gewonnenen Erkenntnisse in entsprechenden Berichten veröffentlicht.

## 1.1 Zielsetzung und Methodik der Studie

Mit dieser Sicherheitsstudie auf Grundlage der Verordnung (EU) Nr. 996/2010<sup>1</sup> des europäischen Parlaments und des Rates über die Untersuchung und Verhütung von Unfällen und Störungen in der Zivilluftfahrt sollen Meldungen und Ergebnisse von durch die BFU untersuchten Einzelereignissen zusammengefasst und bewertet werden. Ziel der BFU mit der Herausgabe dieser Studie ist es, Luftfahrtbehörden des Bundes und der Länder, Verbände und Organisationen sowie interessierte Personen dabei zu unterstützen, Maßnahmen zu treffen, die die Flugsicherheit im Bereich der LSG erhöhen und zukünftige Unfälle vermeiden helfen. Dies soll durch eine umfassende statistische Auswertung von Unfällen und Schweren Störungen mit LSG erreicht werden, zusätzlich zu den im jeweiligen Fall veröffentlichten Berichten.

Für diese Studie wurden die folgenden Datenquellen genutzt:

- BFU-Ereignisdatenbank (European Coordination Centre for Accident and Incident Reporting Systems – ECCAIRS)

---

<sup>1</sup> Regulation (EU) No 996/2010 of the European Parliament and of the Council of 20 October 2010 on the investigation and prevention of accidents and incidents in civil aviation, Aktuelle konsolidierte Version: 11/09/2018, <http://data.europa.eu/eli/reg/2010/996/oj>



- Abschluss- und Zwischenberichte der BFU
- BFU-Untersuchungsakten und ggf. Interviews mit dem Untersuchungsführer
- BFU-Meldungstagebuch
- Akten des Luftsportgerätebüros (LSG-B)
- Akten des Deutschen Ultraleichtflug Verbandes (DULV)
- Sicherheitsberichte mit Statistiken des Deutschen Hängegleiter Verbandes (DHSV)
- Sicherheitsberichte mit Statistiken des Deutschen Fallschirmsportverbandes (DFV)
- Statistiken des Statistischen Bundesamtes (DESTATIS)

Diese Studie bezieht sich auf die Auswertung von Daten der Ereignisse mit LSG, die sich in Deutschland im Zeitraum von 2000-2019 ereigneten. Die BFU wählte diesen 20-jährigen Zeitraum, um eine möglichst große Datenbasis an Unfällen und Schwere Störungen mit LSG zu betrachten. Um die Entwicklung der Anzahl von Unfällen mit LSG im Zeitraum 2000-2019 besser einordnen zu können, hat die BFU zum Vergleich die in den Jahren 1988-1997 durch die Flugunfalluntersuchungsstelle beim Luftfahrt-Bundesamt (FUS) erfassten Unfallzahlen mit LSG aufgeführt.

Für die Erarbeitung dieser Studie wurde eine Arbeitsgruppe aus Unfalluntersucherinnen und -untersuchern gebildet, die langjährige Erfahrung in der Unfalluntersuchung, im Fliegerischen und im Luftsportgerätebereich sowie in statistischer Auswertung und Human Factors Expertise vereinten, um bedeutsame Parameter bezüglich der Ereignisse mit LSG für die Datenabfrage zu identifizieren, zu definieren und in einer Tabelle zu erfassen. Für jeden einzelnen Datensatz eines Unfalls bzw. einer Schwere Störung wurden insgesamt 206 Parameter festgelegt und erfasst. Der Datensatz zu jedem Ereignis (bzw. LSG und Insassen) umfasste dabei 100 Parameter aus den 3 Bereichen:

- Mensch (z.B. Alter, Flugerfahrung, Lizenzen, Körpergewicht, Verletzungen)
- Technik (z.B. Bauweise, MTOM, Schaden, Rettungsgerät)
- Umgebungsfaktoren (z.B. Wetter, Sicht, Betriebsphase, Brand)

Zusätzlich wurden zur tiefergehenden (auch systemischen) Betrachtung menschlicher Faktoren in Anwendung des Human Factors Analysis and Classification System (HFACS)-Modells pro Datensatz 106 Human Factors bezogene Parameter erfasst.

Die Arbeitsgruppe diskutierte und bewertete gemeinsam zielgerichtet jeden Einzelfall, sowohl anhand des Abschlussberichts als auch tiefergehender mittels BFU-interner Fallakten. Anschließend übertrug sie diese Bewertungen anhand der insgesamt 206 Parameter in eine Gesamtübersicht, um sie quantifizieren und vergleichen zu können. Die weitere Datenauswertung erfolgte innerhalb der Arbeitsgruppe mit Hilfe einer Statistik- und Analyse-Software.

## 1.2 Aufgaben und Arbeitsweise der BFU

Die BFU ist eine Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV). Sie hat die Aufgabe, Unfälle und Schwere Störungen beim Betrieb von zivilen Luftfahrzeugen zu untersuchen und nach Möglichkeit deren Ursachen zu ermitteln, mit dem Ziel, zukünftige Unfälle zu verhüten. Rechtsgrundlagen sind die Verordnung (EU) Nr. 996/2010 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Oktober 2010 über die Untersuchung und Verhütung von Unfällen und Störungen in der Zivilluftfahrt sowie das Gesetz über die Untersuchung von Unfällen und Störungen bei dem Betrieb ziviler Luftfahrzeuge (Flugunfall-Untersuchungs-Gesetz – FIUUG) vom 26. August 1998<sup>2</sup>.

Nach Artikel 1 der Verordnung (EU) Nr. 996/2010 und § 3 FIUUG ist das alleinige Ziel der Untersuchung die Verhütung künftiger Unfälle und Störungen. Die Untersuchung dient nicht der Feststellung des Verschuldens, der Haftung oder von Ansprüchen. Die Rechtsgrundlagen in § 3 FIUUG beinhalten unter anderem folgende Definitionen:

### **Unfall**

*Ein Ereignis beim Betrieb eines Luftfahrzeugs vom Beginn des Anbordgehens von Personen mit Flugabsicht bis zu dem Zeitpunkt, zu dem diese Personen das Luftfahrzeug wieder verlassen haben, wenn hierbei:*

*1. eine Person tödlich oder schwer verletzt worden ist*

- an Bord eines Luftfahrzeugs oder*
- durch unmittelbare Berührung mit dem Luftfahrzeug oder einem seiner Teile, auch wenn sich dieser Teil vom Luftfahrzeug gelöst hat, oder*

---

<sup>2</sup> Gesetz über die Untersuchung von Unfällen und Störungen bei dem Betrieb ziviler Luftfahrzeuge (Flugunfall-Untersuchungs-Gesetz - FIUUG), Zuletzt geändert durch Art. 153 G v. 20.11.2019, <https://www.gesetze-im-internet.de/fluug/>

- *durch unmittelbare Einwirkung des Turbinen- oder Propellerstrahls eines Luftfahrzeugs, es sei denn, dass der Geschädigte sich diese Verletzungen selbst zugefügt hat oder diese ihm von einer anderen Person zugefügt worden sind oder eine andere von dem Unfall unabhängige Ursache haben, oder dass es sich um Verletzungen von unbefugt mitfliegenden Personen handelt, die sich außerhalb der den Fluggästen und Besatzungsmitgliedern normalerweise zugänglichen Räume verborgen hatten, oder*

2. *das Luftfahrzeug oder die Luftfahrzeugzelle einen Schaden erlitten hat und*

- *dadurch der Festigkeitsverband der Luftfahrzeugzelle, die Flugleistungen oder die Flugeigenschaften beeinträchtigt sind und*
- *die Behebung dieses Schadens in aller Regel eine große Reparatur oder einen Austausch des beschädigten Luftfahrzeugbauteils erfordern würde;*

*es sei denn, dass nach einem Triebwerkschaden oder Triebwerkausfall die Beschädigung des Luftfahrzeugs begrenzt ist auf das betroffene Triebwerk, seine Verkleidung oder sein Zubehör, oder dass der Schaden an einem Luftfahrzeug begrenzt ist auf Schäden an Propellern, Flügelspitzen, Funkantennen, Bereifung, Bremsen, Beplankung oder auf kleinere Einbeulungen oder Löcher in der Außenhaut, oder*

3. *das Luftfahrzeug vermisst wird oder nicht zugänglich ist.*

### **Schwere Störung**

*Ein Ereignis beim Betrieb eines Luftfahrzeugs, dessen Umstände darauf hindeuten, dass sich beinahe ein Unfall ereignet hätte [...].*

### **Störung**

*Ein anderes Ereignis als ein Unfall, das mit dem Betrieb eines Luftfahrzeugs zusammenhängt und den sicheren Betrieb beeinträchtigt oder beeinträchtigen könnte.*

### **Tödliche Verletzung**

*Eine Verletzung, die eine Person bei einem Unfall erlitten hat und die unmittelbar bei dem Unfall oder innerhalb von 30 Tagen nach dem Unfall ihren Tod zur Folge hat.*

### **Schwere Verletzung**

*Eine Verletzung, die eine Person bei einem Unfall erlitten hat und die*

- 1. einen Krankenhausaufenthalt von mehr als 48 Stunden innerhalb von 7 Tagen nach der Verletzung erfordert oder*
- 2. Knochenbrüche zur Folge hat (mit Ausnahme einfacher Brüche von Fingern, Zehen oder der Nase) oder*
- 3. Risswunden mit schweren Blutungen oder Verletzungen von Nerven, Muskeln oder Sehnensträngen zur Folge hat oder*
- 4. Schäden an inneren Organen verursacht hat oder*
- 5. Verbrennungen zweiten oder dritten Grades oder von mehr als fünf Prozent der Körperoberfläche zur Folge hat oder*
- 6. Folge einer nachgewiesenen Aussetzung gegenüber infektiösen Stoffen oder schädlicher Strahlung ist.*

Im § 3 FIUUG Zweck und Gegenstand der Untersuchung ist festgelegt:

*(1) Unfälle und Störungen unterliegen einer Untersuchung mit dem ausschließlichen Zweck, nach Möglichkeit die Ursachen aufzuklären, mit dem Ziel, künftige Unfälle und Störungen zu verhüten. § 18 Abs. 4 und 5 bleibt unberührt.*

*(2) Die Untersuchungen dienen nicht der Feststellung des Verschuldens, der Haftung oder von Ansprüchen.*

*(3) Der Untersuchung unterliegen alle Unfälle und schweren Störungen, die sich beim Betrieb folgender Luftfahrzeuge ereignet haben:*

- alle Flugzeuge während ihres Betriebs in einem Luftfahrtunternehmen,*
- Flugzeuge mit einer Höchstmasse über 2 000 kg während ihres Betriebs außerhalb eines Luftfahrtunternehmens,*
- Drehflügler,*
- Luftschiffe,*
- Ballone.*

*(4) Unfälle und schwere Störungen von*

*a) Flugzeugen mit einer Höchstmasse bis 2 000 kg, wenn sich der Unfall oder die Störung nicht während des Betriebs in einem Luftfahrtunternehmen ereignet hat, und von Segelflugzeugen und Motorseglern werden nur dann untersucht, wenn die Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung hiervon neue Erkenntnisse für die Sicherheit in der Luftfahrt erwartet;*

*b) anderen als den in Absatz 3 und unter Buchstabe a genannten Luftfahrzeugen können untersucht werden, wenn die Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung hiervon bedeutende Erkenntnisse für die Sicherheit in der Luftfahrt erwartet.*

### 1.3 Stand der Luftverkehrssicherheit in Deutschland

In der Bundesrepublik Deutschland wird, wie auch in anderen Staaten, seit vielen Jahrzehnten daran gearbeitet, die Flugsicherheit zu gewährleisten und zu erhöhen. An dieser Arbeit sind auf der proaktiven Seite – also bevor sich ein Unfall ereignet – Zulassungs- und Aufsichtsbehörden, Luftsportverbände, Interessenvertretungen und Gewerkschaften, Flugschulen, Vereine u.v.m. beteiligt. Auf der anderen Seite – also nach einem Unfall oder einer schweren Störung – ist es eine wichtige staatliche Aufgabe, die aus Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse zu veröffentlichen, zu verarbeiten und in Verbesserungen des Systems Luftfahrt umzuwandeln.

Um trotz der erreichten Fortschritte die Flugsicherheit weltweit noch weiter zu erhöhen, hat die Internationale Zivilluftfahrt Organisation (ICAO) unter anderem den Annex 19 Safety Management herausgegeben. Auf der Grundlage des ICAO Annex 19 sind die Mitgliedsstaaten verpflichtet, im Rahmen des Safety Managements staatliche Luftverkehrssicherheitsprogramme und -pläne zu erarbeiten. Diese Vorgaben wurden auch durch die Europäische Union und deren Mitgliedsstaaten umgesetzt.

Für Deutschland wurde erstmalig im Jahr 2020 ein Luftverkehrssicherheitsprogramm<sup>3</sup> herausgegeben. Dieses nationale Luftverkehrssicherheitsprogramm ist definiert als „Satz an Regelungen und Maßnahmen, um die stetige Verbesserung der Sicherheit im Luftverkehr auf nationaler Ebene zu gewährleisten“. In dem Luftverkehrssicherheitsprogramm wird der Luftsport als ein wesentlicher Teil der Luftfahrt in Deutschland bezeichnet und darauf verwiesen, dass dieser eine große Bedeutung bei der Schwerpunktsetzung des Deutschen Luftverkehrssicherheitsprogramms hat. Die Luftsportverbände würden daher in die

<sup>3</sup> <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/LF/state-safety-programm-deutschland.html>

Arbeiten einbezogen und eine mögliche Erweiterung der Pflichten der Beauftragten mit Blick auf die Vorgaben des ICAO Annex 19 und die Meldung sicherheitsrelevanter Ereignisse soll Gegenstand des Deutschen Plans für Luftverkehrssicherheit (German Plan for Aviation Safety – GPAS<sup>4</sup>) werden.

In dem vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr im Januar 2022 veröffentlichten GPAS Kapitel Sicherheitsziele ist als Planziel die stetige Verbesserung der Sicherheit im Luftverkehr benannt. In den 5 daraus abgeleiteten Unterzielen sind unter anderem die Identifikation, Bewertung und Minimierung von Luftfahrtrisiken, und der Austausch über sicherheitsrelevante Ereignisse in allen Bereichen der Luftfahrt, sowie die Förderung der Sicherheitskultur und der Umsetzung entsprechender Maßnahmen im Luftsport aufgeführt. Die Förderung von Sicherheitsmanagementsystemen und der Sicherheitskultur in der Allgemeinen Luftfahrt sowie die Förderung eines gemeinsamen Verständnisses des „Faktors Mensch“ zählen zu den im GPAS beschriebenen, aus den Aufgaben als EU-Mitgliedsstaat resultierenden Maßnahmen.

Im GPAS Kapitel Betriebliche Themen sind 6 Ereigniskategorien aufgelistet, die überwiegend auf den im Global Aviation Safety Plan (GASP<sup>5</sup>) der ICAO aufgeführten Hochrisikokategorien basieren und daher primär maßgeblich für den gewerblichen Luftverkehr mit Luftfahrzeugen sind:

1. Airprox/TCAS Alert/Loss of Separation/Near Midair Collisions/Midair Collisions (MAC) – Kollision in der Luft
2. Ground Collision (GCOL) – Kollision am Boden
3. Loss of Control-Inflight (LOC-I) – Kontrollverlust während des Fluges
4. Runway Excursion (RE) – Abkommen von der Piste
5. Runway Incursion (RI) – Eindringen in den Schutzbereich der Piste
6. Controlled Flight Into or toward Terrain (CFIT) – Unbeabsichtigte Kollision eines Luftfahrzeugs mit Gelände, Wasser oder Hindernissen, ohne dass ein Kontrollverlust erkennbar war

---

<sup>4</sup> [https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/LF/deutscher-plan-fuer-luftverkehrssicherheit-pdf.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/LF/deutscher-plan-fuer-luftverkehrssicherheit-pdf.pdf?__blob=publicationFile)

<sup>5</sup> <https://www.icao.int/safety/GASP/Pages/GASP-Doc.-10004.aspx>

## 1.4 Meldung von Ereignissen

### 1.4.1 Meldung von Unfällen und Schweren Störungen

Die Meldung von Unfällen und Schweren Störungen ist unter Verweis auf die Verordnung (EU) Nr. 996/2010 bzw. das FIUUG auf nationaler Ebene in der Luftverkehrs-Ordnung (LuftVO)<sup>6</sup> wie folgt geregelt:

#### *§ 7 Meldung von Unfällen und Störungen*

*(1) Der verantwortliche Luftfahrzeugführer hat Unfälle ziviler Luftfahrzeuge im Sinne von Artikel 2 Nummer 1 der Verordnung (EU) Nr. 996/2010 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Oktober 2010 über die Untersuchung und Verhütung von Unfällen und Störungen in der Zivilluftfahrt und zur Aufhebung der Richtlinie 94/56/EG (ABl. L 295 vom 12.11.2010, S. 35) in der jeweils geltenden Fassung, die sich im Hoheitsgebiet der Bundesrepublik Deutschland ereignet haben, unverzüglich der Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung zu melden. Falls der Luftfahrzeugführer nicht in der Lage ist, muss ein anderes Besatzungsmitglied die Meldung nach Satz 1 machen oder, sofern keines der anderen Besatzungsmitglieder dazu in der Lage ist, der Halter des Luftfahrzeugs. Die Meldepflicht nach Satz 1 gilt auch für Unfälle deutscher Luftfahrzeuge außerhalb der Bundesrepublik Deutschland und für Unfälle ausländischer Luftfahrzeuge, die zur Zeit des Ereignisses von deutschen Luftfahrtunternehmen betrieben werden. Die Meldepflicht gilt nicht für Luftsportgeräte.*

*(2) Der verantwortliche Luftfahrzeugführer hat schwere Störungen im Sinne von Artikel 2 Nummer 16 der Verordnung (EU) Nr. 996/2010, die sich bei dem Betrieb ziviler Flugzeuge, Drehflügler, von Ballonen und Luftschiffen im Hoheitsgebiet der Bundesrepublik Deutschland ereignet haben, unverzüglich der Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung zu melden. Die Meldepflicht nach Satz 1 gilt auch für schwere Störungen außerhalb der Bundesrepublik Deutschland beim Betrieb deutscher Luftfahrzeuge und ausländischer Luftfahrzeuge, die zur Zeit des Ereignisses von deutschen Luftfahrtunternehmen betrieben werden.*

---

<sup>6</sup> Luftverkehrs-Ordnung (LuftVO) vom 29.10.2015, [https://www.gesetze-im-internet.de/luftvo\\_2015/BJNR189410015.html](https://www.gesetze-im-internet.de/luftvo_2015/BJNR189410015.html)

(3) Erhalten die Luftaufsichtsstellen, die Flugleitungen auf Flugplätzen, die Flugsicherungsdienststellen oder beteiligte Personen nach Artikel 2 Nummer 11 der Verordnung (EU) Nr. 996/2010 Kenntnis von einem Unfall oder einer schweren Störung, so sind sie ungeachtet der Absätze 1 und 2 verpflichtet, den Unfall oder die schwere Störung unverzüglich der Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung zu melden.

(4) Meldungen nach den Absätzen 1 bis 3 sollen enthalten:

1. den Namen und den derzeitigen Aufenthalt des Meldenden,
2. den Ort und die Zeit des Unfalls oder der schweren Störung,
3. die Art, das Muster sowie das Kenn- und das Rufzeichen des Luftfahrzeugs,
4. den Namen des Halters des Luftfahrzeugs,
5. den Zweck des Flugs, den Start- und den Zielflugplatz,
6. den Namen des verantwortlichen Luftfahrzeugführers,
7. die Anzahl der Besatzungsmitglieder und Fluggäste,
8. den Umfang des Personen- und Sachschadens,
9. Angaben über beförderte gefährliche Güter,
10. eine Darstellung des Ablaufs des Unfalls oder der schweren Störung.

Der Halter des Luftfahrzeugs ist verpflichtet, auf Verlangen der Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung zur Vervollständigung der Meldung innerhalb von 14 Tagen einen ausführlichen Bericht auf zugewandtem Formblatt vorzulegen.

(5) Die Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung ist befugt, die Daten nach Absatz 4 zu erheben, zu speichern und zu nutzen, soweit dies für ihre Aufgabenerfüllung im Zusammenhang mit der Untersuchung und Verhütung von Unfällen und Störungen in der Zivilluftfahrt im Einzelfall erforderlich ist. Sie hat die Daten nach Absatz 4 unverzüglich zu löschen, wenn sie zur Erfüllung der Aufgaben nach Satz 1 nicht mehr erforderlich sind.

(6) Pflichten zur Abgabe von Meldungen an das Luftfahrt-Bundesamt und an andere Luftfahrtbehörden auf Grund anderer Vorschriften oder Auflagen bleiben unberührt.

(7) Unfälle und Störungen bei dem Betrieb von Luftsportgeräten hat der Luftsportgeräteführer unverzüglich dem nach § 31c des Luftverkehrsgesetzes



*Beauftragten schriftlich oder elektronisch zu melden. Absatz 1 Satz 2 und die Absätze 4 und 5 gelten entsprechend.*

#### 1.4.2 Vorschrift zur Meldung von Ereignissen in der Zivilluftfahrt

Zusätzlich zu den seit Jahrzehnten national bestehenden Meldepflichten bezüglich Unfälle und Schwere Störungen an die BFU, bzw. im Bereich der LSG an die Luftsportverbände, wurde vor einigen Jahren in der Europäischen Union ein weiteres Meldesystem etabliert. Gemäß Verordnung (EU) Nr. 376/2014 über die Meldung, Analyse und Weiterverfolgung von Ereignissen in der Zivilluftfahrt sollen für die Sicherheit der Zivilluftfahrt relevante Informationen gemeldet, erfasst, gespeichert, geschützt, ausgetauscht, verbreitet und analysiert werden. Diese Verordnung gilt für Ereignisse und andere sicherheitsbezogene Informationen, die von der Verordnung (EU) Nr. 2018/1139 des Europäischen Parlaments und des Rates erfasste zivile Luftfahrzeuge betreffen.

Diese Verordnung gilt jedoch nicht für Ereignisse und andere sicherheitsbezogene Informationen, die unbemannte Luftfahrzeuge betreffen, für die gemäß Artikel 56 Absätze 1 und 5 der Verordnung (EU) Nr. 2018/1139 keine Zulassung/kein Zeugnis bzw. keine Erklärung erforderlich ist, sofern das Ereignis oder die anderen sicherheitsbezogenen Informationen, die diese unbemannten Luftfahrzeuge betreffen, keine schwere oder tödliche Verletzung von Personen betreffen und keine anderen Luftfahrzeuge als unbemannte Luftfahrzeuge betroffen sind. Die Mitgliedstaaten können diese Verordnung auch auf Ereignisse und andere sicherheitsbezogene Informationen anwenden, die von der Verordnung (EU) Nr. 2018/1139 nicht erfasste Luftfahrzeuge betreffen. In Deutschland sind LSG von Meldungen nach der Verordnung (EU) Nr. 376/2014 ausgenommen.

### 1.5 Aktivitäten der BFU in den Jahren 2000-2019

Nachdem eine Ereignismeldung an die BFU erfolgt ist, versucht die BFU generell ein möglichst umfassendes Bild über den Vorfall zu bekommen, um entscheiden zu können, inwieweit eine Untersuchung eingeleitet wird. Zum Abschluss einer Untersuchung veröffentlicht die BFU ihre Erkenntnisse in einem Bericht. Stellt sie im Laufe der Untersuchung ein Sicherheitsdefizit fest, wird eine Sicherheitsempfehlung herausgegeben. Erkenntnisse aus den Untersuchungen werden als Teil der Flugsicherheitsarbeit in Vorträgen oder Veröffentlichungen verbreitet.

### 1.5.1 Untersuchungen

In den Jahren 2000-2019 untersuchte die BFU insgesamt 5 667 Unfälle und Schwere Störungen, davon 148 (2,6 %) Ereignisse mit LSG (Abb. 1). Von den insgesamt 707 tödlichen Unfällen entfielen wiederum 101 (14,2 %) auf LSG.

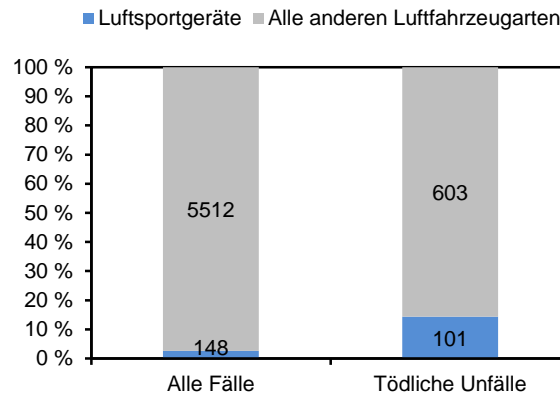


Abb. 1: Untersuchte Unfälle und Schwere Störungen insgesamt und tödliche Unfälle

Quelle: BFU

### 1.5.2 Berichte

Im betrachteten Zeitraum veröffentlichte die BFU insgesamt 1 004 Abschlussberichte zu Untersuchungen, davon 125 (12,4 %) Untersuchungsberichte zu Unfällen oder Schweren Störungen mit Beteiligung von LSG. Außerdem wurden insgesamt 1 036 Status- bzw. Zwischenberichte in den monatlichen BFU-Bulletins veröffentlicht, davon 88 (8,5 %) zu Ereignissen mit LSG.

### 1.5.3 Sicherheitsempfehlungen

In der europäischen Verordnung (EU) Nr. 996/2010 sowie in der nationalen Rechtsvorschrift FIUUG ist der Begriff der Sicherheitsempfehlung definiert.

Verordnung (EU) Nr. 996/2010

*Artikel 2 Begriffsbestimmungen*

*Für die Zwecke der vorliegenden Verordnung bezeichnet der Ausdruck*

*[...]*

*15. „Sicherheitsempfehlung“ einen Vorschlag zur Verhütung von Unfällen und Störungen, den eine Sicherheitsuntersuchungsstelle auf der Grundlage von Informationen macht, die sich während einer Sicherheitsuntersuchung ergeben*

*haben oder aus anderen Quellen, wie Sicherheitsstudien, stammen, mit dem Zweck der Verhütung von Unfällen und Störungen;*

[...]

FIUUG

*§2 Begriffsbestimmung*

*Im Sinne dieses Gesetzes bedeutet:*

[...]

*Sicherheitsempfehlung*

*Vorschlag zur Verhütung von Unfällen und Störungen, den die Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung auf der Grundlage von Informationen unterbreitet, die sich während der Untersuchung ergeben hatten.*

[...]

In dem Zeitraum 2000-2019 gab die BFU insgesamt 284 Sicherheitsempfehlungen heraus, davon 33 (12 %) speziell mit Bezug auf LSG (Abb. 2).

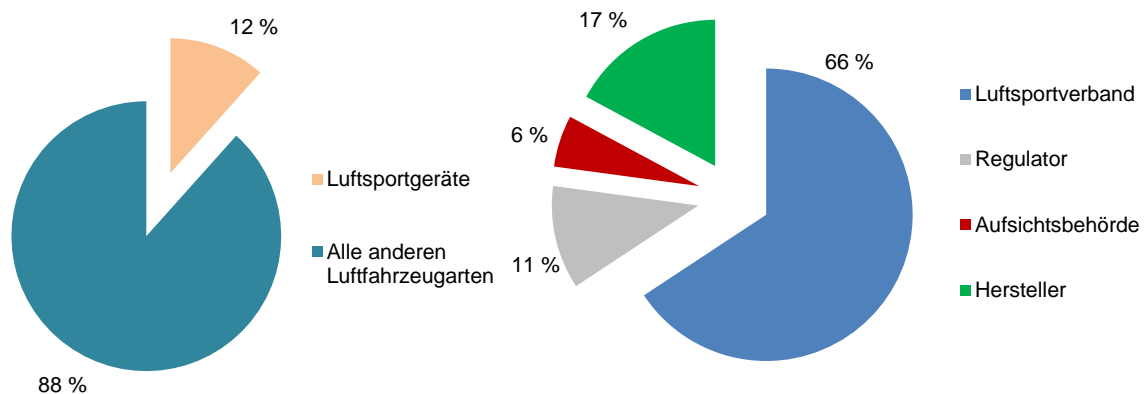


Abb. 2: Sicherheitsempfehlungen bezüglich Luftsportgeräten (links) und deren Adressaten (rechts) Quelle: BFU

1.5.3.1 Adressaten der Sicherheitsempfehlungen

Die Identifizierung des Adressaten, der die Beseitigung eines erkannten Sicherheitsdefizits gewährleisten kann, ist eine wesentliche Aufgabe im Zusammenhang mit der Herausgabe von Sicherheitsempfehlungen. Abbildung 2 (rechts) zeigt, dass sich zwei Drittel aller im fraglichen Zeitraum herausgegebenen

Sicherheitsempfehlungen bezüglich LSG an die beauftragten Luftsportverbände richteten, weitere 17 % gingen an die Hersteller des jeweiligen LSG.

### 1.5.3.2 Themenbereiche der Sicherheitsempfehlungen

Der mit deutlichem Abstand größte Anteil der Sicherheitsempfehlungen der BFU sah eine Überprüfung der Lufttüchtigkeit des betroffenen Musters vor (37 %). Zusammen mit den Empfehlungen hinsichtlich technischer Änderungen (18 %) und der außerordentlichen Nachprüfung (3 %) machten diese muster- bzw. luftfahrzeugbezogenen Empfehlungen mehr als die Hälfte (58 %) aller herausgegebenen Sicherheitsempfehlungen zu LSG aus. Die Verbesserung von Verfahren für die Durchführung technischer Prüfungen umfasste mit 18 % ebenfalls einen großen Anteil der Sicherheitsempfehlungen (Abb. 3).

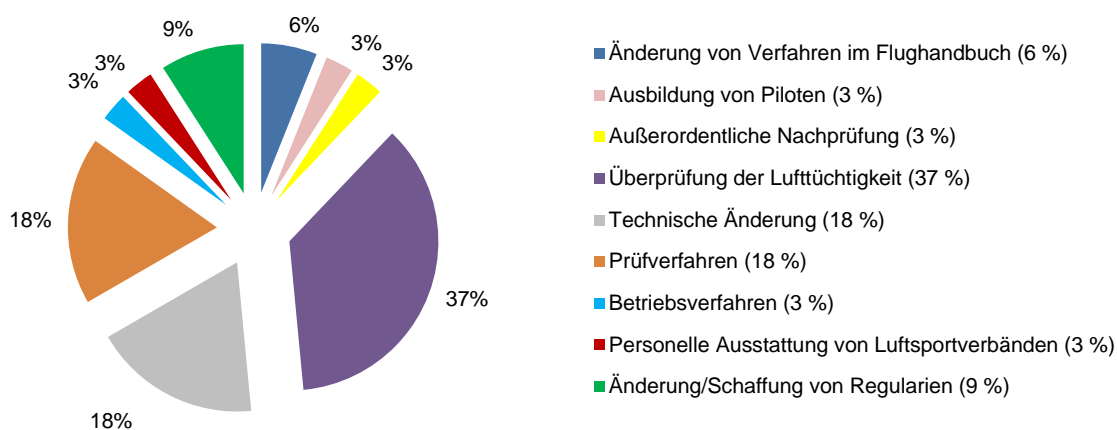


Abb. 3: Themenbereiche der BFU-Sicherheitsempfehlungen bezüglich Luftsportgeräte

Quelle: BFU

### 1.5.3.3 Zeitpunkt der Herausgabe der Sicherheitsempfehlungen

Im Verlauf der Untersuchung eines Unfalls oder einer Schwere Störung bestehen für den Zeitpunkt der Herausgabe einer Sicherheitsempfehlung grundsätzlich 2 Möglichkeiten. Eine Herausgabe am Ende der Untersuchung, also zusammen mit dem Untersuchungsbericht, oder während der noch laufenden Untersuchung als sogenannte Sofortmaßnahme. Für die diesbezügliche Entscheidung sind maßgeblich der Zeitpunkt der Feststellung eines bestimmten Sicherheitsdefizits, die Schwere der aus einem Fortbestehen des erkannten Sicherheitsdefizits resultierenden Konsequenzen, sowie die Dringlichkeit der Maßnahmen zur Risikominderung. Von den 33 Sicherheitsempfehlungen bezüglich LSG gab die BFU 27 (82 %) zum Ende der jeweiligen Untersuchung und 6 (18 %) während der laufenden Untersuchung heraus.

Letztere betrafen in 5 Fällen die vorläufige Stilllegung des betroffenen Musters und in einem Fall betriebliche Beschränkungen.

#### 1.5.3.4 Umsetzung der Sicherheitsempfehlungen

Von den im Zeitraum 2000-2019 herausgegebenen 33 Sicherheitsempfehlungen mit Bezug zu LSG wurden 28 (85 %) umgesetzt. Drei Sicherheitsempfehlungen (9 %) wurden teilweise umgesetzt und 2 (6 %) nicht (Abb. 4).

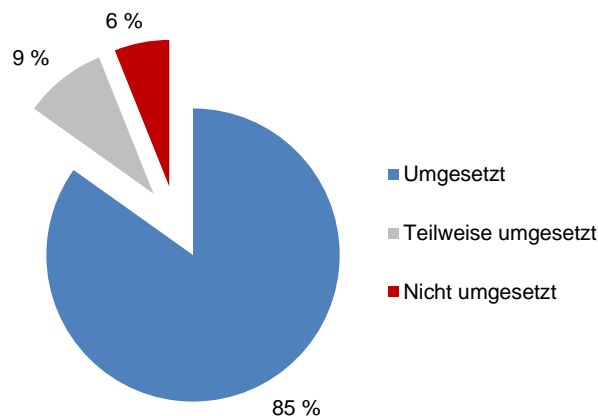


Abb. 4: Umsetzung der Sicherheitsempfehlungen bezüglich Luftsportgeräte 2000-2019

Quelle: BFU

#### 1.5.4 Sicherheitsmaßnahmen

Mit dem Begriff Sicherheitsmaßnahme sind Maßnahmen gemeint, die z.B. durch Luftsportverbände oder Hersteller umgesetzt werden, bevor bzw. ohne dass die BFU eine entsprechende Sicherheitsempfehlung herausgegeben hat. Dies können Maßnahmen wie beispielsweise Lufttüchtigkeitsanweisungen (LTA), Service Bulletins (SB), Technische Mitteilungen (TM) oder Sicherheitsmitteilungen sein. Durch die Luftsportverbände und Hersteller sind im fraglichen Zeitraum eine Anzahl von Sicherheitsmaßnahmen angeordnet bzw. umgesetzt worden, ohne dass die BFU dabei involviert war. Genaue Zahlen liegen der BFU diesbezüglich nicht vor. Im Zusammenhang mit den Untersuchungen der BFU wurden durch die Luftsportverbände bzw. die Hersteller in 21 Fällen (14,2 %) mindestens eine Sicherheitsmaßnahme angeordnet bzw. umgesetzt.

#### 1.5.5 Flugsicherheitsarbeit

Im betrachteten Zeitraum hat die BFU jährlich routinemäßig Statistiken für die Zivilluftfahrt erarbeitet und veröffentlicht. Auf Anfragen von Politik, Luftfahrt- und

anderen Behörden, Luftsportverbänden, Fachzeitschriften, Bildungseinrichtungen, Medien usw. wurden spezielle Datenauswertungen bezogen auf verschiedene Luftfahrzeugarten, Betriebsarten, Ereigniskategorien oder Betriebsphasen nach Bedarf erarbeitet und zur Verfügung gestellt. Intern führte die BFU regelmäßig Datenauswertungen durch, etwa um die Unfallschwerpunkte eines gerade abgelaufenen Jahres zu bestimmen und beispielsweise mit dem 5-Jahres-Durchschnitt zu vergleichen. Diese Informationen unterstützen BFU-Referenten bei Flugsicherheitsvorträgen und anderen Veranstaltungen. Die BFU stellt regelmäßig Informationen und Referenten für die Aus- und Fortbildung von Fluglehrern, Prüfern für Luftfahrtgerät, Feuerwehren, Polizei und anderen Organisationen zur Verfügung.

Die BFU arbeitete bis zu dessen Auflösung im Jahr 2009 mit dem Büro Flugsicherheit des Deutschen Aero Club e.V. (DAeC) und dessen 7 Flugsicherheitsinspektoren (FSI) zusammen. Das Büro Flugsicherheit war mehr als 5 Jahrzehnte in allen Bereichen der Allgemeinen Luftfahrt aktiv. Im Rahmen dieser Zusammenarbeit informierte die BFU die FSI regelmäßig über Untersuchungsergebnisse, Erkenntnisse aus aktuellen Unfällen und Schweren Störungen und diskutierte Flugsicherheitsentwicklungen auch bezüglich der LSG. Laut dem letzten veröffentlichten Jahresbericht des Büros Flugsicherheit hielten die FSI im Jahr 2008 314 Flugsicherheitsvorträge für die Allgemeine Luftfahrt (GA) mit insgesamt 10 200 teilnehmenden Piloten. In den Jahren nach der Auflösung des Büros Flugsicherheit des DAeC hat die BFU durch ihre Mitarbeiter zwar verstärkt Flugsicherheitsvorträge für den Bereich der Allgemeinen Luftfahrt gehalten (Abb. 5, links), eine mit den FSI vergleichbare Reichweite jedoch nicht erzielen können.



Abb. 5: Beispiel Flugsicherheitsvortrag (links) und Messestand der BFU (rechts)

Quelle: BFU

Die BFU war im betrachteten Zeitraum regelmäßig auf verschiedenen Luftfahrtmessen mit einem Stand vertreten, um den Informationsaustausch mit interessiertem Publikum sicherzustellen, Fragen zu beantworten und Flugsicherheitserkenntnisse zu vermitteln (Abb. 5, rechts).

## 1.6 Bestandsaufnahme

Zu den LSG gehören Hängegleiter, Gleitsegel und Sprungfallschirme, ultraleichte Tragschrauber, Ultraleicht-hubschrauber sowie aerodynamisch und gewichtskraftgesteuerte Ultraleichtflugzeuge (UL). Gemäß der Verordnung zur Beauftragung von Luftsportverbänden (BeauftrV) sind der Deutscher Aero Club e.V. (DAeC), der Deutsche Ultraleichtflugverband e.V. (DULV), der Deutsche Hängegleiterverband e.V. (DHV) und der Deutsche Fallschirmsportverband e.V. (DFV) für verschiedene Aufgaben im Bereich der LSG zuständig. Dazu zählen Muster- und Verkehrszulassung von Ultraleichtflugzeugen, -hubschraubern und -tragschraubern (nur DAeC und DULV), des Weiteren die Erteilung von Erlaubnissen und Berechtigungen für Luftfahrtpersonal, die Erteilung der Erlaubnis für die Ausbildung sowie die Aufsicht über den Betrieb von LSG. Im Folgenden werden die einzelnen LSG sowie die entsprechenden Unfallstatistiken dargestellt.

### 1.6.1 Hängegleiter

Hängegleiter sind fußstartfähige, ein- oder zweiseitige, nichtmotorisierte zumeist gewichtskraftgesteuerte LSG. Sie verfügen über ein Hauptgestell, Segellatten und eine Stoffbespannung. Laut DHV wird in Deutschland seit Mitte der 1970er Jahre mit Hängegleitern geflogen. Der BFU liegen keine Informationen hinsichtlich der Anzahl der durch den DHV geprüften Hängegleiter-Muster, der stückgeprüften Hängegleiter und der Anzahl der Lizenzinhaber vor.



Die BFU wertete die entsprechenden Veröffentlichungen des DHV der Jahre 2000-2019 hinsichtlich der Unfallzahlen aus (Abb. 6). Die statistischen Daten ergeben eine Gesamtzahl von 564 Unfällen mit Hängegleitern in dem 20-jährigen Zeitraum der Studie, davon 58 tödliche Unfälle. Im Jahresdurchschnitt ereigneten sich 28 ( $SD^7 = 7$ ) Unfälle mit Hängegleitern, davon durchschnittlich 3 tödliche pro Jahr.

<sup>7</sup> Standardabweichung (Standard Deviation – SD) misst, wie weit eine Reihe von Zahlen von ihrem Durchschnittswert abweicht.

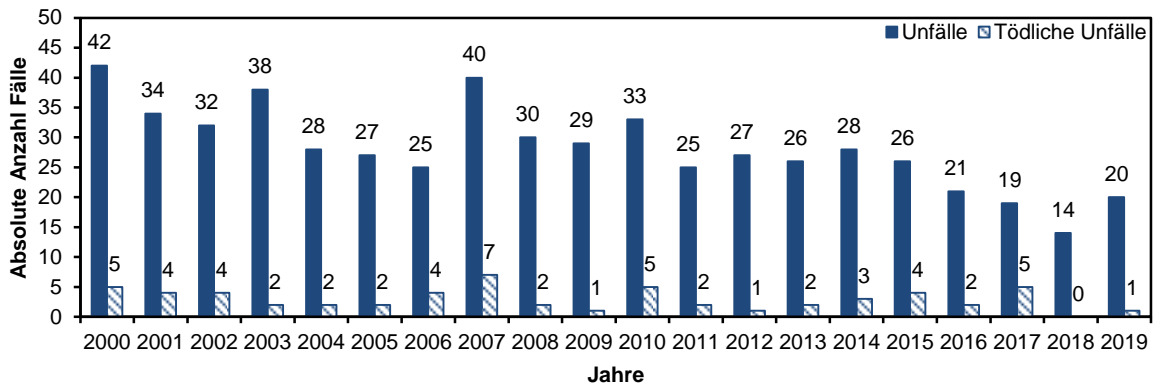


Abb. 6: Unfallzahlen Hängegleiter 2000-2019 im In- und Ausland

Quelle: DHV, Bearbeitung BFU

Zur besseren Einordnung der aktuellen Zahlen wurden Unfallzahlen des 10-Jahreszeitraums 1988-1997 herangezogen. Zu dieser Zeit galten für Unfälle mit LSG in Deutschland dieselben Meldepflichten und -adressaten wie für alle anderen zivilen Luftfahrzeuge. Die durch die Flugunfalluntersuchungsstelle beim Luftfahrt-Bundesamt (FUS, Vorgänger der BFU vor deren Gründung 1998) erfassten Unfälle mit Hängegleitern der Jahre 1988-1997 zeigen insgesamt 401 Unfälle, davon 54 mit tödlichem Ausgang (Abb. 7). Daraus ergibt sich für diesen Zeitraum eine durchschnittliche Anzahl von 40 Unfällen (SD = 11) und davon durchschnittlich 5 tödliche Unfälle pro Jahr.

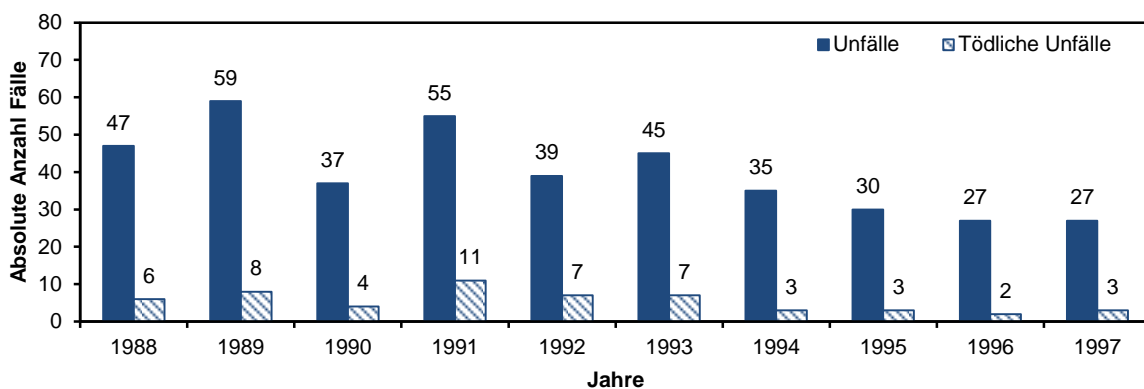


Abb. 7: Unfallzahlen Hängegleiter in den Jahren 1988-1997 im In- und Ausland

Quelle: FUS, Bearbeitung BFU



## 1.6.2 Gleitsegel

Gleitsegel (Gleitschirme, Paragliders) sind ein- oder zweisitzige, nichtmotorisierte, fußstartfähige LSG, die über eine textile, stauluftgefüllte Tragfläche verfügen. Nach den Angaben des DHV wird seit dem Jahr 1987 in Deutschland mit Gleitsegeln geflogen. Der BFU liegen keine Informationen hinsichtlich der Anzahl der durch den DHV geprüften Gleitsegelmuster, der stückgeprüften Gleitsegel oder der Lizenzinhaber vor.



Die BFU wertete die entsprechenden Veröffentlichungen des DHV der Jahre 2000-2019 hinsichtlich der Unfallzahlen von Gleitsegeln aus (Abb. 8). Die Statistiken des DHV zeigten im fraglichen Zeitraum insgesamt 4 006 Unfälle mit Gleitsegeln, davon 182 mit tödlichem Ausgang. Daraus ergibt sich ein Mittelwert von 200 Unfällen im Jahr (SD = 34) bzw. bei den tödlichen Unfällen ein Durchschnitt von 9 Unfällen jährlich.

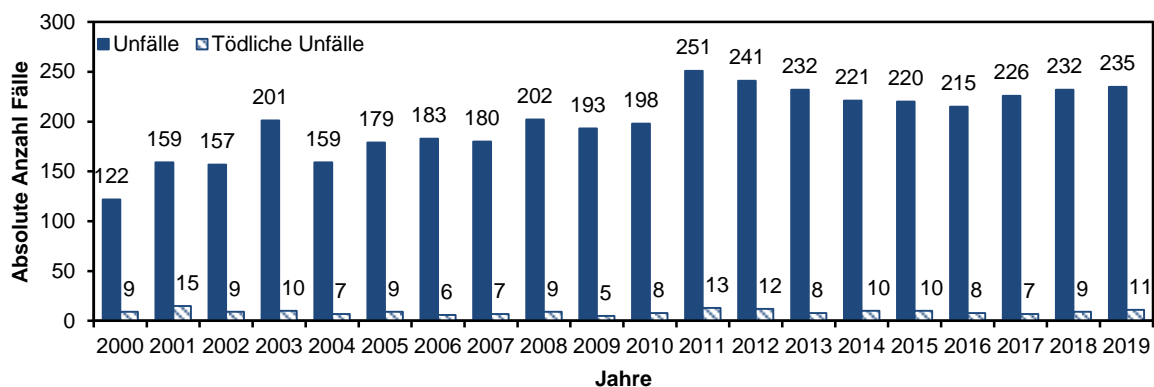


Abb. 8: Unfallzahlen Gleitsegel 2000-2019 im In- und Ausland

Quelle: DHV, Bearbeitung BFU

In den Jahren 1988-1997 registrierte die FUS insgesamt 545 Unfälle mit Gleitsegeln, davon 30 tödliche (Abb. 9). Die Durchschnittswerte betragen somit 55 Unfälle (SD = 12) bzw. 3 tödliche Unfälle pro Jahr.

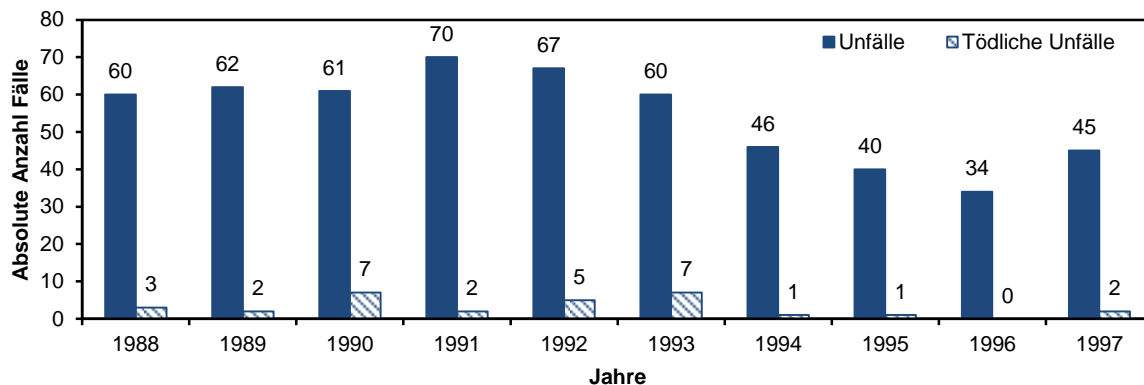


Abb. 9: Unfallzahlen Gleitsiegel in den Jahren 1988-1997 im In- und Ausland

Quelle: FUS, Bearbeitung BFU

### 1.6.3 Sprungfallschirme

Ein Sprungfallschirm ist ein Luftsportgerät, das nach dem Absprung aus Luftfahrzeugen bzw. von künstlichen oder natürlichen Erhebungen aktiviert wird, um den freien Fall von ein bis zwei Personen durch Erhöhung des Luftwiderstandes bzw. durch dynamischen Auftrieb zu verringern. Mittels Steuerleinen können der Flugweg und die -geschwindigkeit beeinflusst werden. Laut LSG-B waren dort 2 177 Personen als Lizenzinhaber für Sprungfallschirme eingetragen, während der DFV 21 833 erfasste.



Abb. 10 zeigt die Unfallzahlen für Sprungfallschirme für den Zeitraum 2000-2019 basierend auf den Veröffentlichungen des DFV. Demzufolge ereigneten sich im fraglichen Zeitraum insgesamt 1 803 Unfälle, davon 109 tödliche. Dies entspricht durchschnittlich 90 (SD = 16) Sprungfallschirmunfällen und 5 tödlichen pro Jahr.

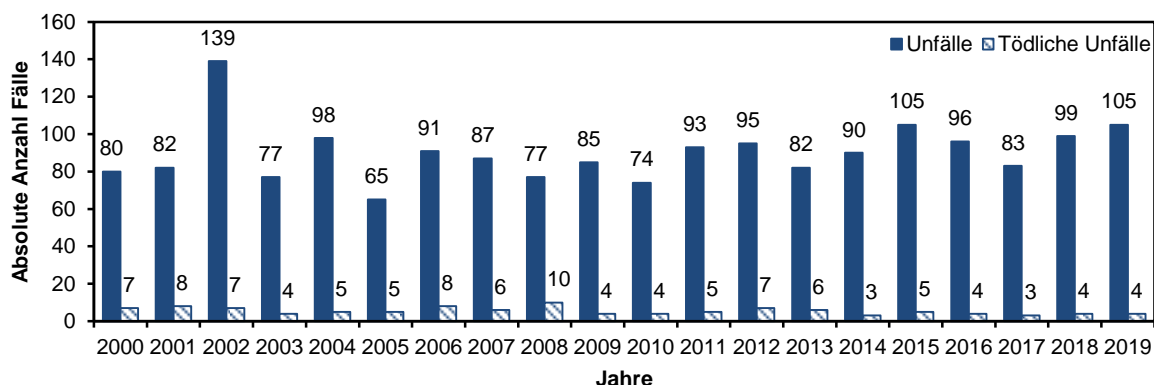


Abb. 10: Unfälle mit Sprungfallschirmen 2000-2019 in Deutschland

Quelle: DFV, Bearbeitung BFU

Der 10-Jahreszeitraum 1988-1997 zeigt zum Vergleich insgesamt 450 Unfälle mit Sprungfallschirmen, davon 61 mit tödlich Verletzten (Abb. 11). Daraus ergeben sich für diesen Zeitraum durchschnittlich 45 Unfälle mit Sprungfallschirmen (SD = 9) pro Jahr, durchschnittlich 6 davon tödlich.

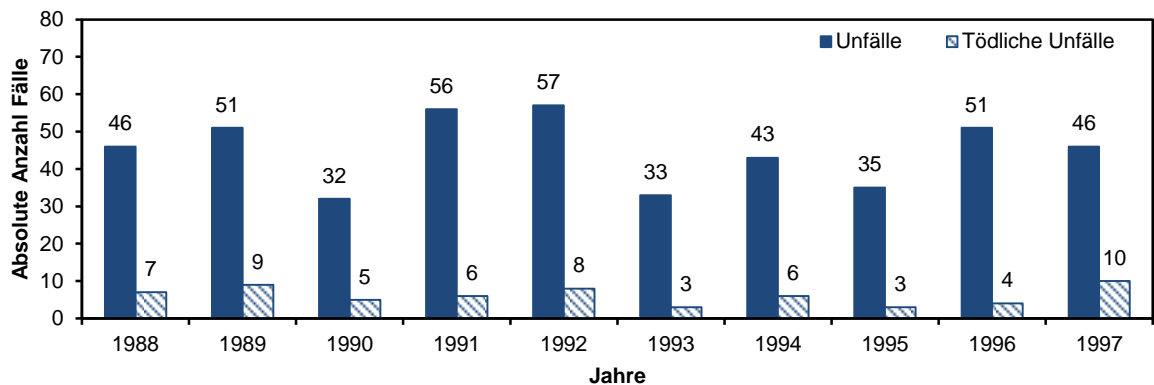
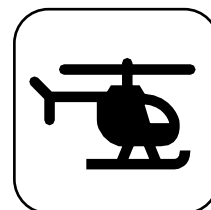


Abb. 11: Unfallzahlen mit Sprungfallschirmen 1988-1997 im In- und Ausland

Quelle: FUS, Bearbeitung BFU

### 1.6.4 Ultraleichtubschrauber

Ultraleichtubschrauber sind ein- oder zweisitzige Hubschrauber, deren höchstzulässige Abflugmasse 450 kg (seit dem Jahr 2019 600 kg, mit Schwimmern 650 kg) nicht überschreitet. Zuständige Luftsportverbände für Ultraleichtubschrauber sind seit dem Jahr 2016 das LSG-B und der DULV.



Nach Angaben des DULV sind 2 Muster von Ultraleichtubschraubern zugelassen. Insgesamt 6 Ultraleichtubschrauber hatten Ende 2019 eine durch das LSG-B oder den DULV erteilte Verkehrszulassung. Laut LSG-B verfügten 24 Personen zum Ende des Jahres 2019 über eine Lizenz für Ultraleichtubschrauber. Im betrachteten Zeitraum wurden der BFU keine Flugunfälle oder Schwere Störungen mit Ultraleichtubschraubern in Deutschland gemeldet.

### 1.6.5 Tragschrauber

Tragschrauber (Gyrocopter) sind ein- oder zweisitzige, motorisierte Drehflügler bei denen zur Auftriebserzeugung der Rotor durch Luftströmung angetrieben und mittels Druckpropeller der Vortrieb hergestellt wird. Laut Jahresbericht des LSG-B hatten am 31.12.2019 neun Tragschrauber eine Musterzulassung und 603 Tragschrauber waren durch den DULV oder das LSG-B zum Verkehr zugelassen (Abb. 12). Ende 2019 waren 1 932 Personen Inhaber einer durch LSG-B oder DULV erteilten Lizenz für Tragschrauberpiloten.

### 1.6.6 Aerodynamisch und gewichtskraftgesteuerte Ultraleichtflugzeuge



Ultraleichtflugzeuge sind ein- oder zweisitzige motorisierte LSG, die je nach Art der Steuerung in aerodynamisch (dreiachs-) gesteuerte und in gewichtskraftgesteuerte UL unterschieden werden. Nach Angaben des LSG-B im Jahresbericht 2019 waren zum Ende des Jahres 2019 158 Muster aerodynamisch gesteuerter UL zugelassen (Abb. 12). Zu

der Anzahl musterzugelassener schwerkraftgesteuerter UL liegen der BFU keine Angaben vor.

Ende des Jahres 2019 hatten insgesamt 4 210 aerodynamisch gesteuerte UL eine Verkehrszulassung durch das LSG-B oder den DULV (Abb. 12). Zusätzlich waren 24 leichte LSG (aerodynamisch gesteuert) und 20 Motorschirme durch das LSG-B zum Verkehr zugelassen. Abb. 12 zeigt die Entwicklung der Anzahl in Deutschland zum Verkehr zugelassener aerodynamisch gesteuerter UL und Tragschrauber in den Jahren 2003-2019. Mit Ende des Jahres 2019 hatten DULV und LSG-B insgesamt 21 611 Inhaber einer UL-Lizenz erfasst.

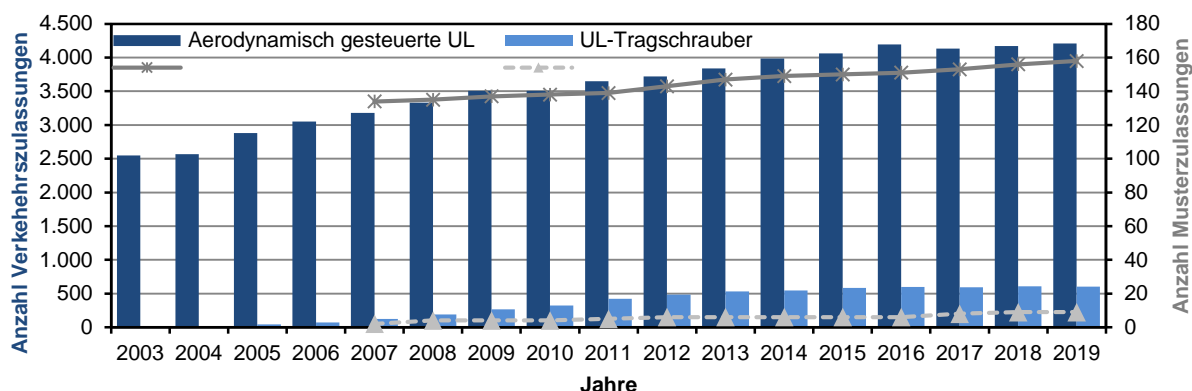


Abb. 12: Verkehrs- und Musterzulassungen (durch den DAeC) von aerodynamisch gesteuerten

Ultraleichtflugzeugen und Tragschraubern 2003-2019

Quelle: DAeC/DULV/LSG-B, Bearbeitung BFU

### 1.6.7 Ereigniszahlen bezüglich Ultraleichtflugzeuge, Trag- und Ultraleichtschrauber

Die Ermittlung der Ereigniszahlen zu Ultraleichtflugzeugen, Trag- und Ultraleichtschraubern für den fraglichen Zeitraum gestaltete sich für die BFU äußerst schwierig und aufwändig. Weder das LSG-B des DAeC noch der DULV erfassten bzw. veröffentlichten seit 1999 Unfallstatistiken für ihre Bereiche.

Die BFU erhielt in dem 20-Jahres-Zeitraum Meldungen zu Ereignissen mit Ultraleichtflugzeugen und Tragschraubern von Luftfahrzeughaltern, Piloten, der Polizei usw., ohne dass eine diesbezügliche Meldepflicht an die BFU bestanden hätte. Diese Meldungen wurden gezählt, waren jedoch nicht in allen Fällen einem konkreten Luftsportgerät oder einer Ereignisart zuzuordnen bzw. als Unfall oder Schwere Störung klassifizierbar. Die Ereignisse, die die BFU untersuchte, wurden entsprechend der üblichen Regeln zugeordnet.

In einem weiteren Schritt bat die BFU das LSG-B des DAeC und den DULV, ihre Akten mit den Ereignismeldungen für den fraglichen Zeitraum zur Verfügung zu stellen. Diese Akten wurden nach Ereignissen in Deutschland und im Ausland unterschieden, die inländischen Ereignisse von Hand ausgezählt und hinsichtlich eventueller Mehrfachmeldungen abgeglichen. Abb. 13 zeigt das Ergebnis dieses Datenabgleichs. Für den 20-jährigen Zeitraum lagen den beiden Luftsportverbänden bzw. der BFU insgesamt 1 894 Ereignismeldungen zu UL und Tragschraubern vor, davon 140 tödliche Unfälle. Dies entspricht einem Jahresdurchschnitt von 95 (SD = 21) Ereignissen bzw. durchschnittlich 7 tödlichen Unfällen pro Jahr.

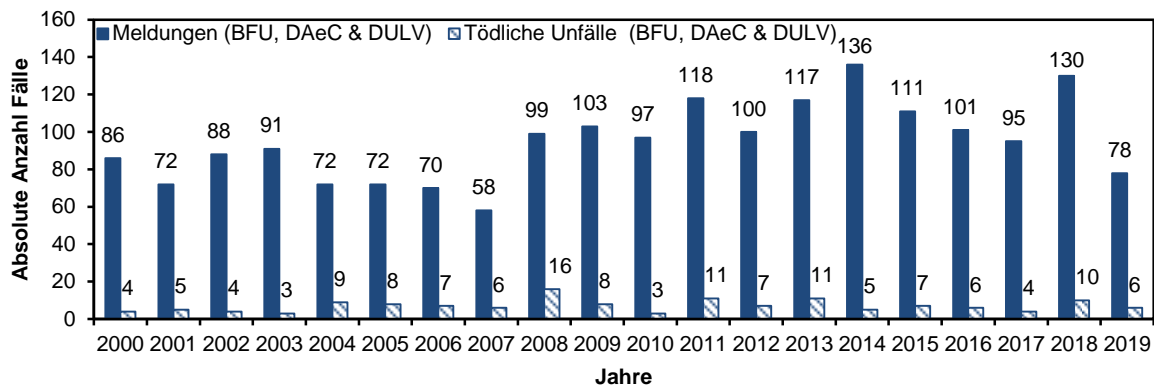


Abb. 13: Anzahl der Ereignismeldungen 2000-2019 bei DAeC, DULV und BFU

Quelle: BFU

Abb. 14 zeigt den Versuch der BFU, für den Zeitraum 2000-2019 eine jährliche Unfallrate tödlicher Unfälle je 100 000 Flüge mit UL und Tragschraubern in Deutschland darzustellen. Ausgangspunkt dafür war zum einen die Anzahl der tödlichen Unfälle, die zum überwiegenden Teil auch der BFU gemeldet wurden, ergänzt um wenige tödliche Unfälle, die ausschließlich den Verbänden bekannt waren. Die BFU ist der Überzeugung, dass diese Zahlen recht verlässlich die Gesamtzahl der tödlichen Unfälle mit UL und Tragschraubern in Deutschland im fraglichen Zeitraum abbilden. Bei den Bewegungszahlen griff die BFU auf die durch DESTATIS erfassten und veröffentlichten Zahlen der Starts von nicht gewerblich betriebenen UL zurück, da DESTATIS gewerbliche Flüge von UL nicht erfasst. Da die große Mehrheit der UL ohnehin nicht gewerblich betrieben werden (Kapitel 2.1), sollte diese Unschärfe keinen allzu großen Effekt auf die Datenauswertung haben, jedoch berücksichtigt werden.

Diese Berechnung ergab für den 20-Jahreszeitraum einen Mittelwert von 1,4 (SD = 0,6) tödliche Unfälle mit UL in Deutschland pro 100 000 Starts. Zum Vergleich seien die von der EASA (European Aviation Safety Agency) im Aviation Safety Review 2021<sup>8</sup> veröffentlichten Unfallraten der Jahre 2016-2020 für tödliche Unfälle mit nichtgewerblich betriebenen kleinen Flugzeugen mit einer höchstzulässigen Abflugmasse (MTOM) von unter 5,7 t (5-Jahresdurchschnitt 0,53 tödliche Unfälle pro 100 000 Flüge) und für Segelflugzeuge (5-Jahresdurchschnitt 1,1 tödliche Unfälle pro 100 000 Flüge) genannt.

<sup>8</sup> <https://www.easa.europa.eu/downloads/130515/en>

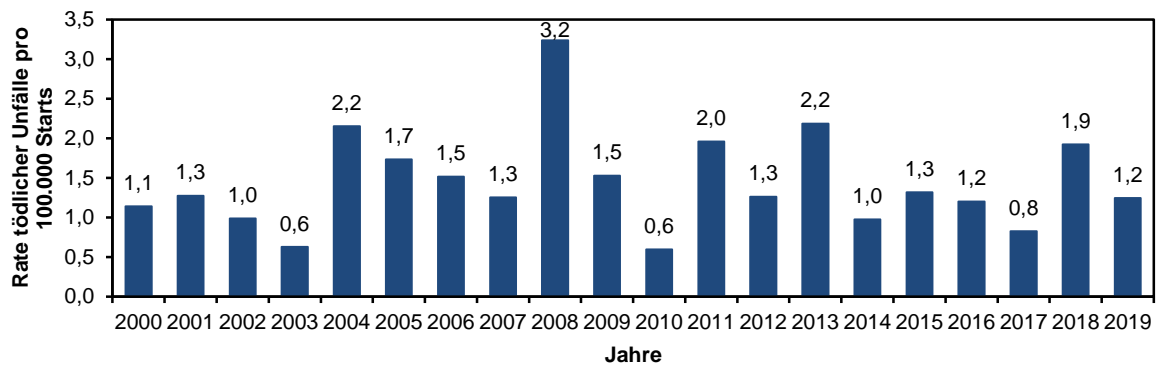


Abb. 14: Rate tödlicher Unfälle von DAeC, DULV und BFU pro 100 000 Starts 2000-2019

Quelle: BFU

Im 10-Jahres-Vergleichszeitraum 1988-1997 wurden durch die FUS insgesamt 217 Unfälle mit UL registriert, davon 62 tödliche Unfälle (Abb. 15). Daraus resultierten für diesen Zeitraum Werte pro Jahr von durchschnittlich 22 Unfällen mit UL (SD = 4), durchschnittlich 6 davon tödlich (SD = 3).

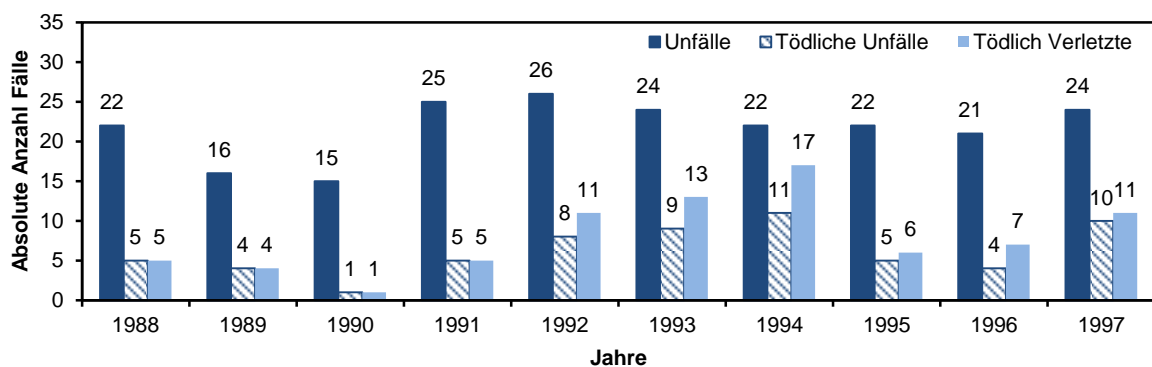


Abb. 15: Unfälle mit UL in den Jahren 1988-1997 im In- und Ausland

Quelle: FUS, Bearbeitung BFU

## 2. Untersuchte Unfälle und Schwere Störungen mit Luftsportgeräten

Die BFU untersuchte für den Zeitraum 2000-2019 Ereignisse, an denen 148 LSG beteiligt waren. Von den 148 analysierten LSG waren 101 LSG (68,2 %) an einem tödlichen Unfall, 24 (16,2 %) an einem Unfall mit Schwerverletzten und 5 (3,4 %) an Ereignissen mit Leichtverletzten sowie 18 (12,2 %) ohne Verletzte beteiligt. Bei zwei der 148 LSG, die an einem tödlichen Unfall (Kollision im Fluge) beteiligt waren, überlebten deren Piloten jeweils den Unfall schwerverletzt bzw. unverletzt, während die Insassen des anderen Luftfahrzeuges ums Leben kamen.

Bei allen untersuchten Ereignissen mit LSG kamen insgesamt 144 Personen bei 99 tödlichen Unfällen mit 101 beteiligten LSG, ums Leben, 44 Personen wurden schwer und 8 leicht verletzt. Im betrachteten Zeitraum klassifizierte die BFU 138 Ereignisse als Unfälle (93 %) und 10 als Schwere Störungen (7 %).

Die nachfolgenden Grafiken geben Auskunft über die Ereigniszeit aufgeschlüsselt nach Jahr (Abb. 16), Monat (Abb. 17), Wochentag (Abb. 18) und Uhrzeit (Abb. 19) der Ereignisse insgesamt sowie der tödlichen Unfälle. Bezüglich der Grafik in Abb. 16 muss noch einmal betont werden, dass diese nicht als Übersicht über die Gesamtanzahl der Unfälle und Schwere Störungen mit LSG, die sich in den jeweiligen Jahren ereignet haben, fehlinterpretiert werden darf. Die Grafik zeigt lediglich die von der BFU untersuchten Ereignisse in diesem Zeitraum.

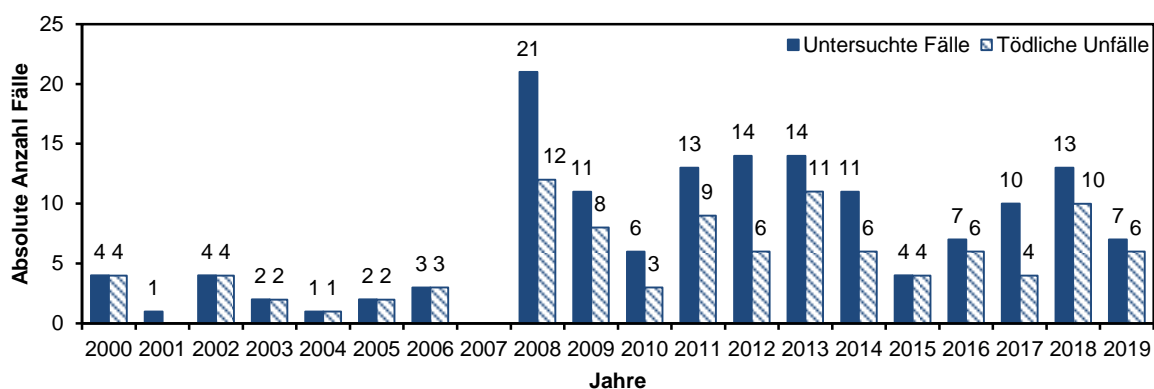


Abb. 16: Durch die BFU untersuchte Ereignisse mit Luftsportgeräten in den Jahren 2000-2019

Quelle: BFU



Abb. 17 verdeutlicht, dass in dem untersuchten 20-Jahreszeitraum die Monate November bis Februar die geringste und die Monate August, September und Mai die größte Anzahl von untersuchten Ereignissen mit LSG umfassten.

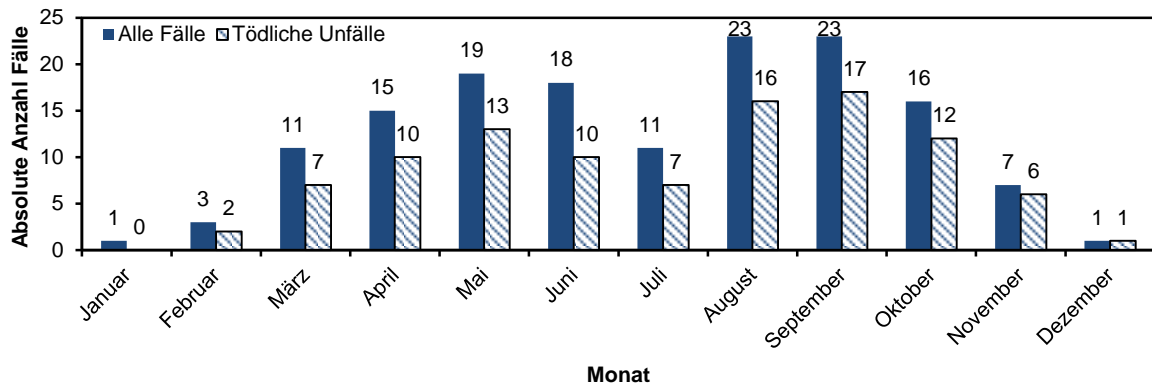


Abb. 17: Monatliche Verteilung für alle untersuchten Fälle und tödlichen Unfälle

Quelle: BFU

Die Verteilung nach Wochentagen (Abb. 18) zeigt, dass knapp die Hälfte der untersuchten Ereignisse insgesamt wie auch der tödlichen Unfälle sich am Wochenende (Samstag, Sonntag) ereignete.

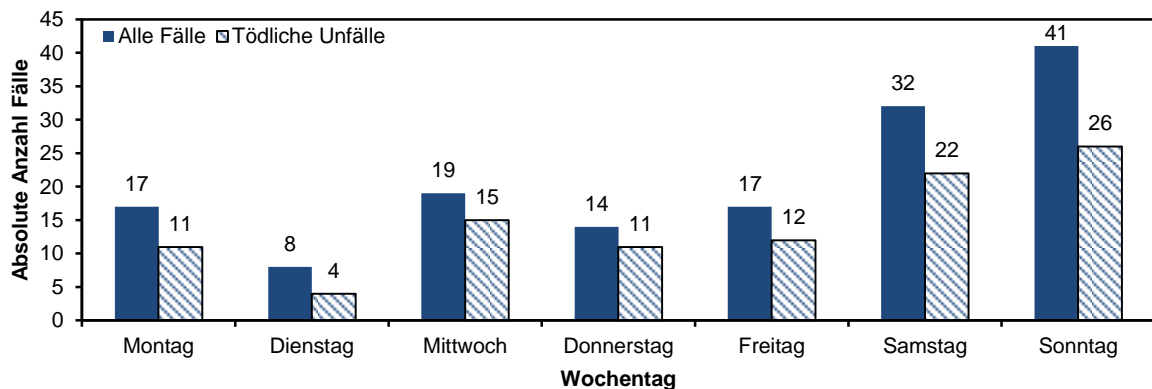


Abb. 18: Verteilung über die Wochentage für alle untersuchten Fälle und tödlichen Unfälle

Quelle: BFU

Der Auswertung ergab, dass die untersuchten Ereignisse insgesamt als auch die tödlichen Unfälle überwiegend in der zweiten Tageshälfte geschahen (Abb. 19).

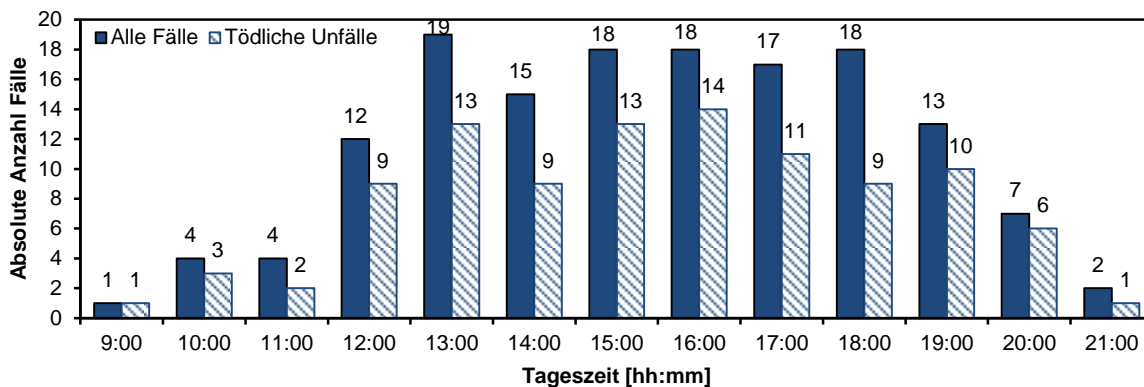


Abb. 19: Tageszeiten, zu denen die untersuchten Ereignisse stattfanden (stündlich aufgerundet) Quelle: BFU

## 2.1 Betriebsart

Bezogen auf die Betriebsart der LSG ergab die Auswertung der Daten (Abb. 20), dass sich der mit 87 % überwiegende Anteil der untersuchten Ereignisse während privater Flüge ereignete (86 % tödliche Unfälle). In 7 % der von der BFU untersuchten Ereignisse (7 % tödliche Unfälle) kam es während der Ausbildung von Luftsportgeräteführern und in 6 % (7 % tödliche Unfälle) während des gewerblichen Betriebes zu Unfällen bzw. Schweren Störungen.



Abb. 20: Ereignisse (links) und tödliche Unfälle (rechts) mit Luftsportgeräten nach Betriebsart Quelle: BFU

Ungeachtet dessen, dass der Anteil von Ereignissen mit gewerblich betriebenen LSG im betrachteten Zeitraum gering war, richtete die BFU dennoch diesbezüglich vor mehr als 10 Jahren folgende Sicherheitsempfehlung an das BMDV:

Nr. 05/2011:

*Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) sollte luftrechtliche Festlegungen treffen, die gewerblichen Personentransport mit Luftsportgeräten nur zulassen, wenn ein hohes Niveau der Flugsicherheit, vergleichbar dem gewerblichen Personentransport, z. B. mit Flugzeugen, sichergestellt werden kann.*

## 2.2 Betriebsphasen

Die BFU analysierte die untersuchten Ereignisse hinsichtlich der Betriebsphasen, in der sich das Luftsportgerät befand. Jedes der Ereignisse wurde anhand der Datendefinitionsstandard<sup>9</sup> der ECCAIRS-Datenbank mindestens einer Betriebsphase zugeordnet. Nach Lage des individuellen Falles waren teils mehrere Phasen zuordenbar, z.B.:

Beispiel 1: In der Landephase setzte das Luftfahrzeug hart auf.

Beispiel 2: Das Luftfahrzeug befand sich in der Phase des Anfangssteigfluges als sich die Kabinentür öffnete, bei der anschließenden Umkehr zum Flugplatz kam es in der Phase des Endanfluges zu einem Kontrollverlust.

### 2.2.1 Erste Betriebsphase

Die nachfolgende Grafik (Abb. 21) gibt einen Überblick über die Anzahl und den prozentualen Anteil der verschiedenen Betriebsphasen, in denen sich das Luftsportgerät zu Beginn des Ereignisses befand. Dabei werden die Ereignisse insgesamt, als auch die tödlichen Unfälle abgebildet.

Wie Abb. 21 zeigt, geschah ein Ereignis beim Rollen zur Bahn. Zu den 37 Ereignissen in der Startphase (25,0 %, 21,8 % tödliche Unfälle) zählen 28 Ereignisse im Anfangssteigflug und 9 während des Steigfluges. Der größte Anteil der Ereignisse mit insgesamt 45 (30,4 %) und 30 (29,7 %) bei den tödlichen Unfällen begann in der Phase des Reisefluges. Darunter fiel neben dem reinen Reiseflug auch jeweils ein Ereignis im Sinkflug, im Warteflug und im Steigflug auf Reiseflughöhe. In der Phase des „Manövrierens“ begannen insgesamt 30 Fälle (20,3 %), 25 (24,8 %) der tödlichen Unfälle. Dazu zählten 27 (18,2 %) Ereignisse im Tiefflug. Bei den tödlichen Unfällen bildete diese Betriebsphase des „Manövrierens“ den zweitgrößten Anteil.

<sup>9</sup> <https://skybrary.aero/sites/default/files/bookshelf/1814.pdf>

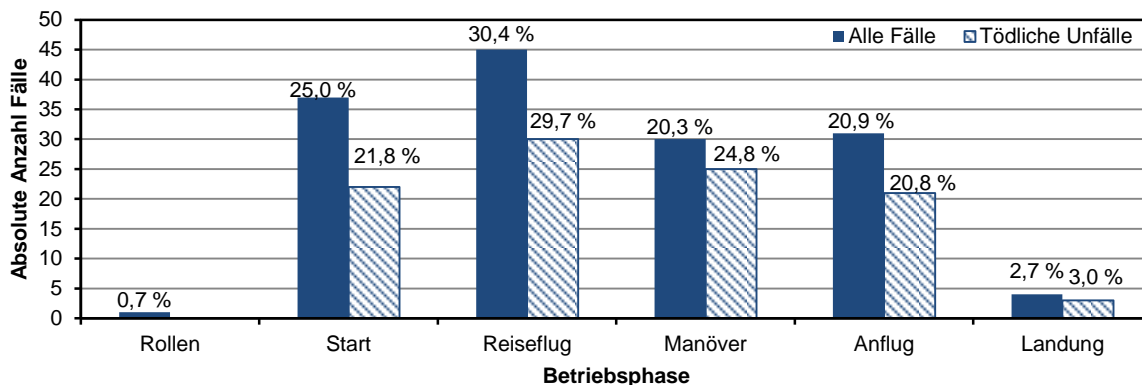


Abb. 21: Betriebsphase zu Beginn des Ereignisses (absolut in Balken, prozentuell in Zahlenwerten) Quelle: BFU

In der Anflugphase traten 31 Fälle auf, d.h. 20,9 % aller Ereignisse (20,8 % tödliche Unfälle). Darunter fielen 5 Fälle im Gegenanflug, einer im Queranflug und 17 im Endanflug auf Flugplätze mit und ohne vorgegebene Platzrunde sowie 7 Fälle während Fehlanflügen bzw. während des Durchstartens.

In der Landephase begannen 4 Ereignisse (2,7 % aller Fälle, 3,0 % tödliche Unfälle), einschließlich Abfangen und Aufsetzen sowie nach dem Aufsetzen abgebrochener Landungen mit Durchstarten. Der im Vergleich mit anderen Unfallauswertungen (z.B. EASA Aviation Safety Review 2021) hohe Anteil an Ereignissen in der Phase des Reisefluges sowie der geringe Anteil an Ereignissen bei der Landung resultiert sicher zum Teil aus der Besonderheit der Meldepflichten bezüglich LSG gegenüber den anderen Bereichen der Luftfahrt und der Tatsache, dass die BFU überwiegend folgenschwere Ereignisse mit LSG untersucht.

## 2.2.2 Zweite Betriebsphase

In 23 von 148 Fällen (16 %) war das Ereignis zusätzlich zur ersten durch eine zweite Betriebsphase charakterisiert. Bei 22 dieser Fälle handelte es sich um einen Unfall, ein Fall wurde als Schwere Störung klassifiziert. Bei dieser Schwere Störung kam es in der Betriebsphase des Thermikkreisens zu einer Kollision eines Gleitsegels mit einem Segelflugzeug, wobei das Gleitsegel teilweise einklappte. Dessen Pilot blieb bei der darauffolgenden Notlandung ohne Verletzungen.

Bei 2 Unfällen kam es in der Phase des Anfangssteigfluges zu einem Triebwerksausfall, bzw. einer Triebwerksstörung, in einem Fall gefolgt von der Endanflugphase zu einer Notlandung ohne Triebwerksleistung, in einem weiteren Fall

geriet das UL daraufhin im Steigflug in eine unkontrollierte Fluglage. In einem weiteren Fall löste sich im Anfangssteigflug ein Teil einer Triebwerksverkleidung, der Pilot versuchte daraufhin eine Umkehrkurve zurück zum Startflugplatz zu fliegen, wobei das UL in eine unkontrollierte Fluglage geriet.

Bei insgesamt 4 Unfällen mit Ausgangspunkt in der Reiseflugphase, fiel in 2 Fällen in dieser Phase das Triebwerk aus und es kam jeweils in der anschließenden Phase des Anfluges zur Notlandung außerhalb eines Flugplatzes zu einem Unfall.

Bei 12 Unfällen, die in der Phase des Anfluges bzw. der Landung begannen, kam es zu einem Folgeereignis in der Phase des Anfangssteigfluges nach dem Durchstarten.

## 2.3 Ereigniskategorien

Im Ergebnis einer Untersuchung ordnet die BFU jedes Ereignis mindestens einer bestimmten Ereigniskategorie zu und gibt sie, zusätzlich zu einer Fülle anderer Daten, in die Ereignisdatenbank ein. Die ICAO gibt diese mehr als 30 Ereigniskategorien für eine weltweit einheitliche Verwendung und Auswertbarkeit der durch die ICAO-Mitgliedsstaaten erfassten Daten vor (Anlagen). Nach Lage des Falles werden auch mehrere Ereigniskategorien pro Fall vergeben, z.B.:

Beispiel 1: Bei der Landung setzte das Luftfahrzeug hart auf (Abnormal Runway Contact (ARC)).

Beispiel 2: Das Luftfahrzeug flog aufgrund eines Navigationsfehlers (Navigation Error (NAV)) in die Kontrollzone eines Flughafens ein, anschließend kam es zu einer Annäherung mit einem dort abfliegenden Flugzeug (Airprox/TCAS Alert/Loss of Separation/Near Midair Collisions/Midair Collisions (MAC)).

Beispiel 3: Bei einem Luftfahrzeug kam es zu einem Triebwerksausfall (System/Component Failure or Malfunction (Powerplant) (SCF-PP)), anschließend zu einem Kontrollverlust während des Fluges (Loss of Control-Inflight (LOC-I)) und nach dem Aufprall geriet es in Brand (Fire/Smoke (Post-Impact) (F-POST)).

Die Auswertung aller untersuchten Unfälle und Schweren Störungen mit LSG (Abb. 22, Abkürzungserläuterung in Kapitel 5 Anlagen) zeigt, dass die Ereigniskategorie unkontrollierte Fluglage (LOC-I) mit insgesamt 98 Fällen (66,2 %) den größten Anteil ausmacht. Danach folgen die Ereigniskategorien Brand nach dem Aufprall (F-POST) mit 36 Fällen (25,0 %) und Betrieb in geringer Flughöhe (LALT) mit 29 Fällen (19,6 %).

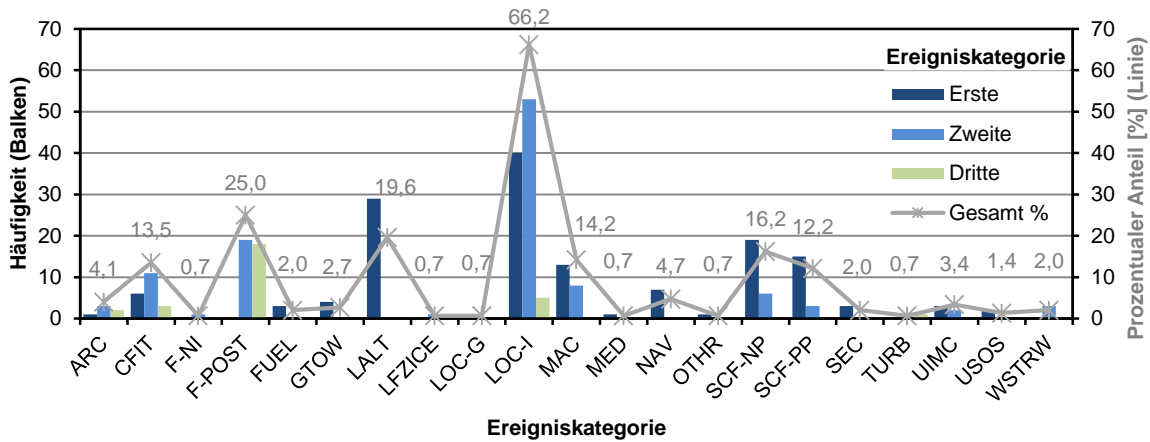


Abb. 22: Ereigniskategorien untersuchter Ereignisse mit Luftsportgeräten 2000-2019

Quelle: BFU

Abb. 23 zeigt die Ereigniskategorien bezogen auf tödliche Unfälle. Der Anteil der unkontrollierten Fluglagen (LOC-I) liegt hier bei insgesamt 76 Fällen (75 %) gefolgt von 34 mit F-POST (35 %) und 26 mit LALT (26 %). Ereignisse, bei denen das Luftfahrzeug in eine unkontrollierte Fluglage gerät, enden häufig tödlich.

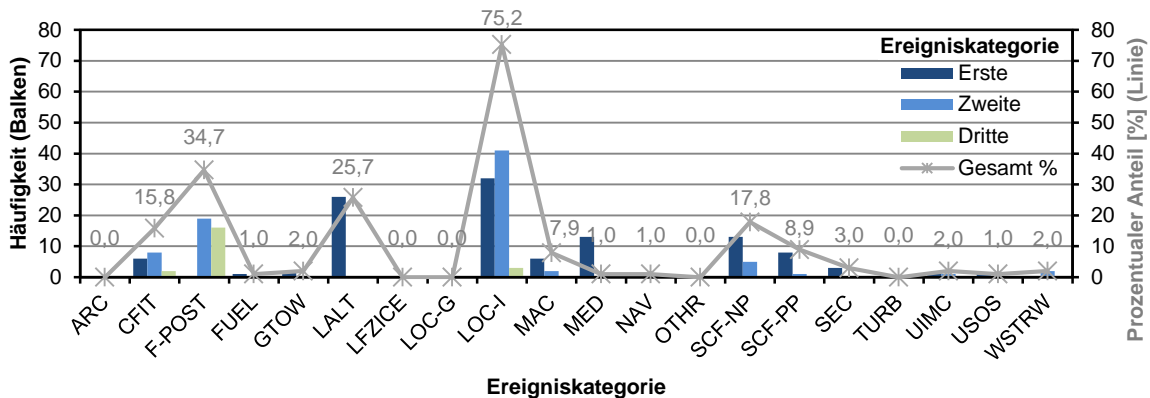


Abb. 23: Ereigniskategorien der untersuchten tödlichen Unfälle mit Luftsportgeräten 2000-2019

Quelle: BFU

Abb. 24 zeigt die häufigsten Kombinationen aus erster und zweiter Ereigniskategorie bei den untersuchten Ereignissen mit LSG. Die zweite Ereigniskategorie ist dabei farbkodiert über der jeweils ersten Ereigniskategorie dargestellt, z.B.:

Beispiel 1: Bei 7 Fällen mit zunächst navigatorischen Problemen (NAV), kam es anschließend zur Annäherung/Kollision mit anderen Luftfahrzeugen (MAC).

Beispiel 2: In 12 Fällen, in denen zuerst das Triebwerk ausfiel, Leistung verlor oder andere Triebwerksprobleme (SCF-PP) auftraten, folgte in 4 Fällen ein Einflug ins Gelände (CFIT) und in 8 Fällen ein Kontrollverlust im Fluge (LOC-I).

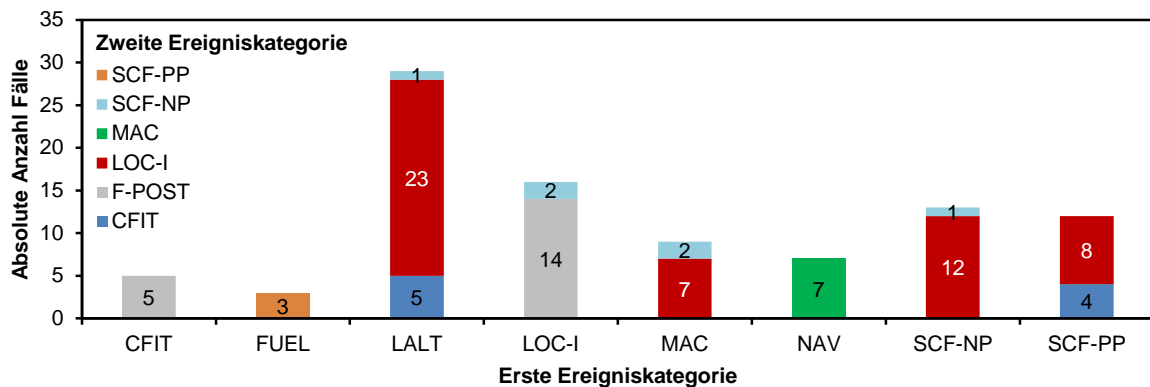


Abb. 24: Häufigste Kombinationen aus erster Ereigniskategorie mit farbkodierter zweiter Ereigniskategorie über alle untersuchten Ereignisse mit Luftsportgeräten 2000-2019

Quelle: BFU

In 29 Fällen (20 %) wurde eine dritte Ereigniskategorie festgestellt. In 18 (64 %) dieser Fälle handelte es sich um die Ereigniskategorie Aufschlagbrand (F-POST). Im Weiteren werden die häufigsten Ereigniskategorien näher betrachtet.

### 2.3.1 Unkontrollierte Fluglage

Die Ereigniskategorie Verlust der Kontrolle im Fluge (Loss of Control-Inflight (LOC-I)) zählt in der gesamten Luftfahrt zu den Kategorien mit der höchsten Anzahl tödlicher Unfälle. Dabei handelt es sich um Ereignisse, bei denen die Flugbesatzung nicht in der Lage war, die Kontrolle über das Luftfahrzeug zu behalten und es dadurch unbeabsichtigt zu einer extremen Abweichung vom geplanten Flugweg kam (Abb. 25).

Bei allen durch die BFU untersuchten Ereignissen mit LSG hatten die unkontrollierten Fluglagen (LOC-I) sowohl insgesamt als auch als erste Ereigniskategorie den größten Anteil. In 40 der insgesamt 98 Fälle mit LOC-I (41 %) trat dies als erste Ereigniskategorie ein. Von diesen 98 Fällen endeten 76 Fälle (78 %) tödlich, 15 (15 %) mit schwer Verletzten, 3 (3 %) mit leicht Verletzten und 4 (4 %) ohne Verletzte. Dabei kamen insgesamt 107 Menschen ums Leben, 31 wurden schwer und 4 leicht verletzt. Alle 98 LOC-I Fälle involvierten verschiedenste LSG, von 7 Tragschraubern über ein schwerkraftgesteuertes UL, ein leichtes LSG und ein Gleitsegel hin zu 88 aerodynamisch gesteuerten UL.



Abb. 25: Fotosequenzen eines tödlichen Unfalls mit Kontrollverlust (Abkippen und Trudeln) nach hochgezogener Umkehrkurve in niedriger Höhe  
 Quelle: Überwachungskamera Flugplatz

Bei mindestens der Hälfte aller LOC-I-Fälle war die Schwerpunktlage des Luftfahrzeuges innerhalb des zulässigen Bereichs, bei 41 % konnte sie nicht ermittelt werden. Bei 7 % der LOC-I-Fälle war der zulässige Schwerpunktbereich nach hinten überschritten, bei 1 % nach vorne. Somit war in 8 % aller Fälle mit Kontrollverlust war dem Piloten ein Ausleiten einer unkontrollierten Fluglage durch eine nachteilige Schwerpunktlage erschwert. In 14 Fällen, in denen das Luftsportgerät in eine unkontrollierte Fluglage geratenen war, entstand nach dem Aufprall ein Brand.

Bei den tödlichen Unfällen, umfasste die Ereigniskategorie unkontrollierte Fluglage (LOC-I) mit insgesamt 76 Fällen auch den größten Anteil (als erste Ereigniskategorie in 32, als zweite in 40 und als dritte in 3 Fällen). Bei diesen 76 tödlichen Unfällen mit Kontrollverlust verloren 107 Menschen ihr Leben, 10 erlitten schwere Verletzungen.

### 2.3.2 Flugbetrieb in geringer Höhe

Die Ereigniskategorie Flugbetrieb in geringer Höhe (Low Altitude Operations (LALT)) umfasst Ereignisse in Zusammenhang mit absichtlichem Fliegen in Bodennähe (außer



bei Start oder Landung). Dazu zählt beispielsweise das Manövrieren in geringer Höhe um Wohnhäuser oder Sehenswürdigkeiten herum, die sogenannte „Besucherkurve“. Die Standardised European Rules of the Air (SERA) legen unter Absatz SERA.5005 (f) Mindestflughöhen fest. Diese dürfen nur bei Starts und Landungen sowie, falls erforderlich, betriebsartenbedingt von Segelflugzeugen, Hängegleitern und Gleitschirmen unterschritten werden. Über Städten, anderen dicht besiedelten Gebieten und Menschenansammlungen im Freien beträgt die Mindesthöhe 300 m (1 000 ft) über dem höchsten Hindernis im Umkreis von 600 m, in allen übrigen Fällen 150 m (500 ft) über Grund.

In 29 Fällen, bei denen Betrieb in geringer Flughöhe die erste Ereigniskategorie war, gerieten die LSG dabei in 23 Fällen in eine unkontrollierte Fluglage (LOC-I), 5-mal kollidierten sie mit dem Boden oder einem Hindernis (CFIT, Abb. 26) und einmal kam es zu einem Bauteilversagen (SCF-NP). In diese Fälle waren 5 Tragschrauber, ein schwerkraftgesteuertes UL, ein leichtes Luftsportgerät und 69 aerodynamisch gesteuerte UL verwickelt. Bis auf 3 Fälle, verliefen alle Ereignisse tödlich. Dabei starben 40 Menschen, 9 erlitten schwere Verletzungen.



Abb. 26: Hindernisberührung eines UL mit einer 20-kV-Überlandleitung in etwa 9 m Höhe, ein Leitungsmast war abgebrochen und ein weiterer beschädigt (herunterhängende Kabel im Hintergrund) Quelle: BFU

### 2.3.3 System-/Bauteilversagen oder -störung

Die Ereigniskategorie System-/Bauteilversagen oder -störung (SCF) unterteilt sich in 2 Unterkategorien, je nachdem, ob das Bauteil oder System zum Triebwerk,

einschließlich Propeller, Getriebe, Anbauteile und Triebwerkssteuerung, gehört (System/Component Failure or Malfunction (Powerplant (SCF-PP)) oder es sich um ein anderes Bauteil oder System des Luftfahrzeuges handelt (System/Component Failure or Malfunction (Non-Powerplant) (SCF-NP)). Insgesamt gab es 42 SCF-Fälle, davon 18 mit Bezug zum Triebwerk (SCF-PP) und 24 ohne (SCF-NP).

### **Ausfall/Störung von Triebwerken bzw. Triebwerkskomponenten**

Bei den insgesamt 18 Fällen mit SCF-PP kamen 12 Menschen ums Leben, 13 wurden schwer und einer leicht verletzt. Diese Fälle betrafen ein leichtes Luftsportgerät und 17 aerodynamisch gesteuerte UL. Bei 10 der 18 Unfälle geriet das Ultraleichtflugzeug anschließend in eine unkontrollierte Fluglage (LOC-I).

In insgesamt 11 Fällen trat ein Triebwerksausfall, bei 5 Fällen ein Leistungsverlust auf. In einem Fall brach ein Propellerblatt, in einem anderen Fall öffnete sich die Triebwerksverkleidung jeweils mit nachfolgendem Kontrollverlust im Fluge. Bei 6 der 11 Fälle stellte die BFU Wartungsmängel am Triebwerk, Propeller oder der Kraftstoffanlage fest, bei 2 Unfällen stand der Triebwerksausfall in Zusammenhang mit unzureichendem Kraftstoffmanagement des Piloten.

### **System- oder Bauteilversagen/-störung (außer Triebwerk)**

Von den durch die BFU untersuchten Ereignissen gab es insgesamt 24 Fälle, bei denen es zu einem Versagen, einem Ausfall, einem Bruch oder Verlust von Bauteilen des Luftsportgerätes (SCF-NP) kam. Bei diesen 24 Fällen mit SCF-NP kamen 24 Menschen ums Leben, 5 wurden schwer und einer leicht verletzt. In diese Fälle waren 2 Tragschrauber, 2 schwerkraftgesteuerte UL und 21 aerodynamisch gesteuerte UL verwickelt.

In 2 Fällen trat das Bauteilversagen nach einer Kollision mit einem anderen Luftfahrzeug auf. In 13 Fällen brach das Tragwerks (Abb. 27), 5-mal öffnete sich die Kabinenhaube bzw. die Kabinentür oder ging verloren, 2-mal brach das Höhenleitwerk/-ruder, 2-mal war das Querruder betroffen (Verlust einmal des Massenausgleichsgewichts mit anschließendem Tragwerksbruch, einmal des QR-Dämpfers), einmal traten Risse im Rumpf auf und einmal schlug der Rotor in die Kabine des Tragschraubers.



Abb. 27: Tragwerksbruch eines Ultraleichtflugzeuges im Fluge

Quelle: Polizei, Bearbeitung BFU

### 2.3.4 Luftfahrzeugannäherung/(Beinahe-)Kollision im Flug

Die Ereigniskategorie Luftfahrzeugannäherung/Kollision im Flug (MAC) umfasst sowohl tatsächliche Kollisionen als auch gefährliche Annäherungen zwischen Luftfahrzeugen. Der Deutsche Plan für Luftverkehrssicherheit legt diese Ereigniskategorie als einen der Schwerpunkte für die Flugsicherheitsarbeit in Deutschland fest. Von den im betrachteten Zeitraum untersuchten Ereignissen entfielen 19 auf die Ereigniskategorie MAC. Zehn davon wurden als Schwere Störungen klassifiziert, 9 als Unfälle 11 tödlich und 3 schwer Verletzten. An den 19 MAC-Ereignissen waren insgesamt 21 LSG beteiligt, darunter 2 Tragschrauber, ein Gleitsegel, und 18 aerodynamisch gesteuerte Ultraleichtflugzeuge. Als Konfliktpartner waren neben 2 LSG, auch andere Luftfahrzeugarten beteiligt, in 6 Fällen Verkehrsflugzeuge, einmal ein Flugzeug mit 2-5,7 t MTOM, in 4 Fällen ein Flugzeug mit 2 t MTOM (eines davon in Luftraum E nach IFR fliegend) und in 6 Fällen ein Segelflugzeug (Abb. 28).

Die 6 Annäherungen zwischen UL und Verkehrsflugzeugen ereigneten sich in 2 Fällen im Luftraum C und in 4 Fällen im Luftraum D (Kontrollzone) von 4 verschiedenen Flughäfen. Die geringsten Abstände zwischen den beteiligten Luftfahrzeugen betragen zwischen 0,07 NM und 1 NM lateral bzw. 0 ft und 600 ft vertikal. In allen 6 Fällen kam es zu Navigationsfehler der UL-Piloten sowie mangelhafter Kommunikation zwischen UL-Piloten und Flugsicherung. In einem der 6 Annäherungen erfasste das Radar der Flugsicherung lediglich Primärziele (ohne Höheninformation) des UL und das zu einem

Zeitpunkt, als sich die größte Annäherung bereits ereignet hatte. In den anderen 5 Fällen verfügten die UL über funktionierende Transponder und waren somit auf dem Radar der Flugsicherung und für das Airborne Collision Avoidance System (ACAS) an Bord der Verkehrsflugzeuge sichtbar. In diesen 5 Fällen generierte das ACAS eine Ausweichempfehlung (Resolution Advisory (RA)) im Cockpit der Verkehrsflugzeuge.



Abb. 28: Kollision eines Segelflugzeuges und eines Ultraleichtflugzeuges im Landeanflug

Quelle: Zeuge

Im Zusammenhang mit einer Annäherung von LSG an wesentlich größere und schwerere Luftfahrzeuge, wie z.B. Verkehrsflugzeuge, besteht neben der eigentlichen Kollisionsgefahr auch das Risiko, aufgrund eines Einfluges in deren Wirbelschlepe (Wake Turbulence), in eine unkontrollierte Fluglage zu geraten, oder das Luftsportgerät strukturell zu überlasten.

Bei 7 der 9 MAC-Unfälle war das Luftsportgerät nicht mit einem Kollisionswarngerät ausgerüstet. In einem dieser Fälle hatte lediglich das eine UL ein solches Gerät, nicht jedoch das andere UL.

Die BFU veröffentlichte zur MAC-Problematik im Jahr 2017 eine „Studie über Annäherungen und Kollisionen von Luftfahrzeugen im deutschen Luftraum 2010-2015“<sup>10</sup>. Diese Studie verdeutlicht zum einen die Grenzen des Prinzips See and Avoid bei der Kollisionsvermeidung und unterstreicht zum anderen den Nutzen von Transpondern und Kollisionswarnsystemen.

## 2.4 Art des Luftsportgerätes

Wie Abb. 29 zeigt, entfielen 130 (88 %) der durch die BFU untersuchten Ereignisse mit LSG auf aerodynamisch gesteuerte UL und 12 (8 %) auf Tragschrauber. Die restlichen

<sup>10</sup> [www.bfu-web.de/DE/Publikationen/Statistiken/Tabellen-Studien/Tab2017/Studie\\_AIRPROX\\_2017.pdf](http://www.bfu-web.de/DE/Publikationen/Statistiken/Tabellen-Studien/Tab2017/Studie_AIRPROX_2017.pdf)

6 Fälle (4 % Sonstige) umfassten Fallschirme, Gleitsegel, leichte LSG, und schwerkraftgesteuerte UL.

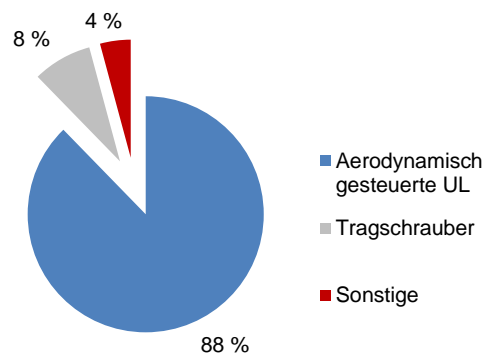


Abb. 29: Durch die BFU untersuchte Ereignisse mit Luftsportgeräten nach Luftfahrzeugart

Quelle: BFU

## 2.5 Betrachtungen zu Masse und Schwerpunktlage der untersuchten Ultraleichtflugzeuge und Tragschrauber

### 2.5.1 Anzahl der Insassen

An Bord der insgesamt 148 LSG waren 225 Insassen. In 71 LSG (48 %) war der Pilot alleiniger Insasse, während in 77 (52 %) 2 Personen an Bord waren. Im fraglichen Zeitraum untersuchte die BFU 72 Unfälle mit aerodynamisch gesteuerten Ultraleichtflugzeugen, bei denen 2 Insassen an Bord waren. Im Weiteren wurden diese Unfälle bezogen auf Masse und Schwerpunktlage näher ausgewertet.

### 2.5.2 Bauvorschriften

Bei diesen 72 Ultraleichtflugzeugen waren 28 verschiedene Hersteller und 39 verschiedene Muster bzw. Baureihen vertreten. In den verschiedenen Bauvorschriften waren unter anderem Festlegungen zu MTOM, Mindestgeschwindigkeit  $V_{SO}$ , Zuladung (Personen bzw. Kraftstoff) und Bestimmung der Leermasse des UL getroffen (Tab. 1).

Tab. 1: Vorgaben zu Massen und anderen Betriebsgrenzen in den Bauvorschriften für Ultraleichtflugzeuge in Deutschland im Vergleich

Quelle: Bauvorschriften

Bauvorschrift	BFU 84	BFU 10/95*	LTF-UL 2003	LTF-UL 2019
UL Art	Ultraleichtflugzeuge insgesamt	Ultraleichtflugzeuge insgesamt	Aerodynamisch gesteuerte UL	Aerodynamisch gesteuerte UL
Inkrafttreten	Oktober 1984	Oktober 1995	Januar 2003	Januar 2019
MTOM	Abschnitt A §2	Kapitel A 2.	LTF-UL 1	LTF-UL 1
	Einsitzig 115 kg Rüstmasse Zweisitzig 150 kg Rüstmasse	450 kg	Einsitzig 300 kg Zweisitzig 450 kg	600 kg (650 kg mit Schwimmern)
	Rettungsgerät: keine Angaben	Rettungsgerät: keine Angaben	(+ pauschal max. 22,5 kg Rettungsgerät)	Incl. Rettungsgerät
Mindestgeschwindigkeit $V_{so}$	Abschnitt A §2 ≤ 45 km/h bei 110 kg Zuladung ≤ 50 km/h bei max. Zuladung	Kapitel A 2. ≤ 65 km/h	LTF-UL 1 ≤ 65 km/h	LTF-UL 1 ≤ 83 km/h
Zuladung Insassen	Abschnitt B §7 90 kg (einsitzig) 180 kg (zweisitzig)	Kapitel B I. 3. (2) mind. 70 kg (einsitzig) mind. 140 kg (doppelsitzig)	LTF-UL 25 mind. 100 kg (einsitzig) mind. 170 kg (doppelsitzig)	LTF-UL 25 mind. 110 kg (einsitzig) mind. 200 kg (doppelsitzig)
Zuladung Kraftstoff	Voller Kraftstoffvorrat	Kraftstoff für mind. 30 min Reiseflug bei max. Dauerleistung des Triebwerks	Kraftstoff für mind. 30 min Reiseflug bei max. Dauerleistung des Triebwerks	Kraftstoff für mind. 60 min Reiseflug bei max. Dauerleistung des Triebwerks
Leermassenbestimmung durch Wägung	Abschnitt B §8 [...] ohne andere leicht entfernbar Teile der Beladung [...]	Kapitel B I. 4. [...] ohne andere leicht entfernbar Teile der Beladung [...]	LTF-UL 29 [...] inkl. Rettungsgerät [...] ohne andere leicht entfernbar Teile der Beladung [...]	LTF-UL 29 [...] inkl. Rettungsgerät [...] ohne sonstige Zuladung [...]

\*Anmerkungen:

- 1) Insassenmasse sollte nicht kleiner als 90 kg angesetzt werden
- 2) Es sollte die max. Kraftstoffzuladung und evtl. zusätzliche Ausrüstung berücksichtigt werden (Massezuwachs durch Ausrüstungsänderung, Reparaturen beachten).

Die Auswertung nach der Zulassungsbasis ergab, dass von den 72 verunfallten UL 3 Luftfahrzeuge auf Grundlage der Bauvorschrift BfU84, 16 der BfU95 und 53 der LTF-UL2003 zugelassen waren (Abb. 30, links). Wie Abb. 30 (rechts) zeigt, war eine größere Anzahl der UL zunächst auf Basis etwa der BfU84 zugelassen und später ergänzend nach BFU95 bzw. LTF-UL2003. Keines der im untersuchten Zeitraum verunfallten UL war auf der Grundlage der Anfang 2019 in Kraft getretenen Bauvorschrift LTF-UL2019 zugelassen.

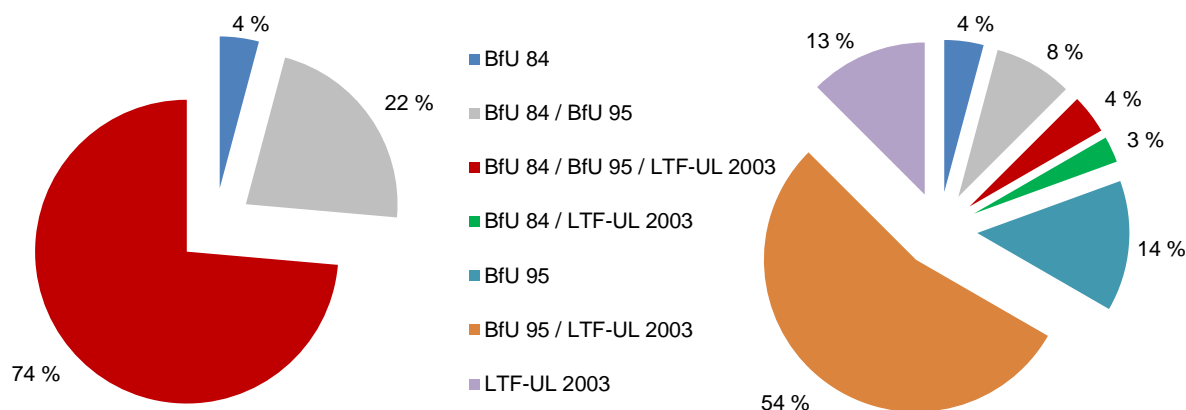


Abb. 30: Übersicht über die Zulassungsstandards der 72 verunfallten UL mit 2 Insassen

Quelle: BFU

Von den 72 verunfallten aerodynamisch gesteuerten UL mit 2 Insassen hatten 3 der nach BfU84 zugelassenen UL ein MTOM von 350 kg, 360 kg bzw. 400 kg. Von den 16 nach BfU95 zugelassenen UL betrug das MTOM in 14 Fällen 450 kg und in 2 Fällen 472,5 kg. Von den 53 nach Bauvorschrift LTF-UL2003 zugelassenen UL, hatten 2 ein MTOM von 450 kg und 51 ein MTOM von 472,5 kg. An keinem der 72 im fraglichen Zeitraum untersuchten Unfälle war ein UL mit 600 kg MTOM beteiligt.

### 2.5.3 Zuladung von Ultraleichtflugzeugen

Die Differenz zwischen der MTOM und der Leermasse ergibt die maximal zulässige Zuladung eines Luftfahrzeugs, die sich wiederum aus der Masse der Insassen inklusive Bekleidung, des Kraftstoffs und mitgeführten Gepäcks sowie der Zusatzausrüstung (z.B. Tablet, Hand-held GPS, Schwimmwesten o.ä.) zusammensetzt. Das abgebildete Beispiel für Bekleidung und Ausrüstung eines Piloten (Abb. 31) zeigt, dass sehr schnell einige Kilogramm pro Person zusammenkommen können, die zusätzlich zum Körpergewicht in die Masseberechnung einbezogen werden müssen. In den folgenden drei Unterkapiteln werden Betrachtungen der 72 Unfälle hinsichtlich der Feststellungen zu Kraftstoffmasse bezogen auf Flugdauer und Kraftstoffverbrauch, zur zulässigen Zuladung unter Berücksichtigung der höchstzulässigen Abflugmasse sowie zur Schwerpunktlage angestellt. Detaillierte Angaben zum festgestellten Körpergewicht der Insassen finden sich in den Kapiteln 2.6.1 und 2.6.4.



Abb. 31: Beispielhafte Bekleidung und Ausrüstung eines UL-Piloten – Gesamtmasse: ca. 10 kg Quelle: BFU

### 2.5.3.1 Flugdauer bis zum Ereignis

Die BFU wertete die untersuchten Ereignisse mit LSG hinsichtlich der Flugdauer bis zum Eintritt des Ereignisses aus. Wie Abb. 32 zeigt, betrug die Flugdauer bis zum Ereignis bei ca. 70 % aller Ereignisse sowohl für alle Fälle als auch nur für aerodynamisch gesteuerte UL mit 2 Insassen an Bord maximal 30 min. Durchschnittlich dauerte der Flug bis zum Ereignis ungefähr 28 min (SD = 37 min, Median<sup>11</sup> 14 min) bzw. 30 min (SD = 40 min, Median 15 min). Ausgehend von den Forderungen der Bauvorschriften und unter Berücksichtigung der aus den Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse zur Flugdauer bis zum Ereignis und der Masse mitgeführter Ausrüstung wurden im Folgenden typische Kraftstoffverbräuche mit Blick auf die Zuladung betrachtet.

<sup>11</sup> Messwert, der eine Menge genau in der Mitte teilt. Im Vergleich zum Mittelwert/Durchschnitt wird er nicht durch einen kleinen Anteil extrem großer oder kleiner Werte verzerrt und bietet daher eine bessere Darstellung eines "typischen" Wertes.



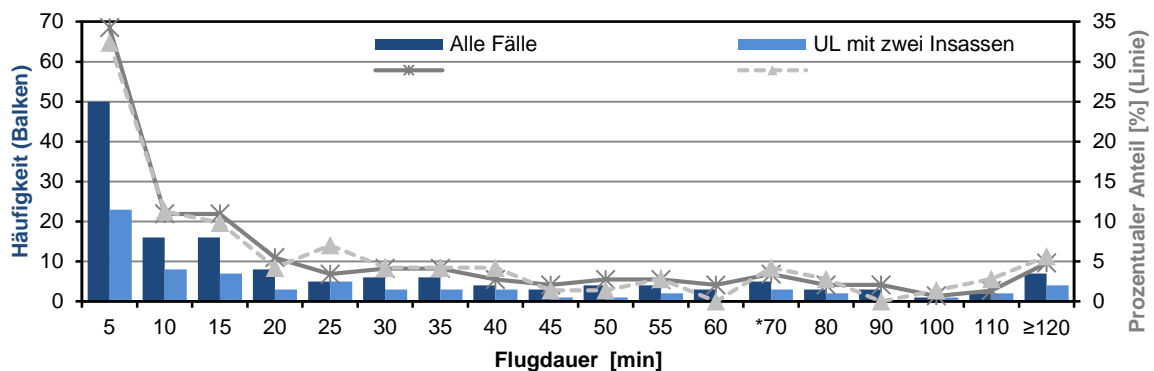


Abb. 32: Übersicht über die Flugdauer bis zum Ereignis

Quelle: BFU

### 2.5.3.2 Kraftstoff

Der Kraftstoffbedarf oder Verbrauch motorisierter LSG unterscheidet sich deutlich je nach Luftfahrzeugmuster bzw. eingebautem Triebwerk. Unter maximaler Dauerlast liegt der Verbrauch eines Rotax 912 UL (80 PS) beispielsweise bei ca. 22,5 l pro Stunde, der eines Rotax 912 ULS (100 PS) bei ca. 25 l pro Stunde. Bei einem spezifischen Gewicht von 0,75 kg pro Liter MoGas entspricht das ca. 16,88 kg bzw. 18,75 kg pro Stunde. Gemäß Bauvorschrift LTF-UL2003, die für drei Viertel der durch die BFU untersuchten UL maßgeblich war, galt die Forderung nach einer Kraftstoffmenge für mindestens 30 min maximaler Dauerlast, d.h. für die o.g. Motoren mindestens 8,4-9,4 kg Kraftstoff.

Abb. 33 zeigt eine Übersicht über 67 von 72 untersuchten UL-Unfällen mit 2 Insassen, für die der BFU Angaben zur Leermasse des Luftfahrzeuges vorlagen. Die Leermasse stellte die BFU im Rahmen der Unfalluntersuchung entweder per Wägung fest oder entnahm sie dem für das UL vorliegenden Wägebericht. Die MTOM entstammt dem Kennblatt des Musters. Abb. 33 stellt die Anzahl der UL über der zulässigen Zuladung<sup>12</sup> dar. Dabei boten 75 % der UL weniger als die geforderte Zuladung (Abb. 33, außerhalb des grün hinterlegten Bereichs). Lediglich 17 (25 %) der 67 UL wiesen die von der Bauvorschrift geforderten 175 kg oder mehr als Zuladung auf (Abb. 33, innerhalb des grün hinterlegten Bereichs). Der kleinste Wert für die zulässige Zuladung betrug 114 kg, der Durchschnitt 163 kg, der Maximalwert 204 kg. Nach Meinung der schränkt BFU diese geringe zulässige Zuladung von vornherein die

<sup>12</sup> Differenz zwischen MTOM und Leermasse des jeweiligen UL.

Möglichkeiten für UL-Halter und Piloten ein, ihr UL innerhalb der Betriebsgrenzen zu betreiben, wenn 2 Insassen mitfliegen sollten.

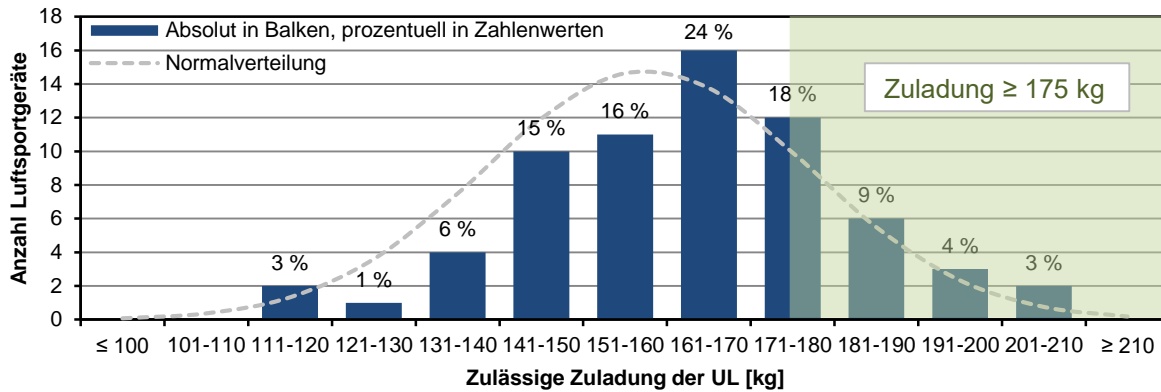


Abb. 33: Zulässige Zuladung der 67 untersuchten UL mit zwei Insassen und bekannter Leermasse Quelle: BFU

### 2.5.3.3 Flugmasse und Schwerpunktage

Von den 67 Ereignissen der in Abb. 33 beschriebenen Unfälle war das aerodynamisch gesteuerte UL in 50 (75 %) Fällen überladen. Die zulässige Zuladung der 50 überladenen UL betrug durchschnittlich 156 kg (SD = 17 kg), der geringste Wert lag bei 114 kg, der höchste bei 183 kg. Diese Auswertung zeigt, dass 88 % aller überladenen UL weniger als die von der Bauvorschrift geforderte zulässige Zuladung von 175 kg boten. In 7 Fällen war das UL bereits ohne getankten Kraftstoff überladen.

In den 50 Fällen, bei denen das UL überladen war, hatten die verantwortlichen Piloten im Durchschnitt ein Körpergewicht von 90 kg (SD = 16 kg). Die Spanne reichte dabei von 62 kg bis 150 kg. Die zweite Person an Bord hatte ein Körpergewicht von durchschnittlich 78 kg (SD = 14 kg), der geringste Wert betrug 20 kg (ein Kind) und der Höchstwert 110 kg. Ausgehend von diesen Durchschnittsgewichten beider Insassen ergibt sich eine Summe von 168 kg, was nur knapp 7 kg unter der laut Bauvorschrift geforderten zulässigen Zuladung von 175 kg liegt und weder Kraftstoff noch Gepäck beinhaltet.

In 9 der 50 Unfälle mit überladendem UL (18 %) ergab die Untersuchung einen Flugmassenschwerpunkt außerhalb des zulässigen Bereichs. Dabei war 8-mal die hintere Grenze der höchstzulässigen Schwerpunktage überschritten, 1-mal die vordere.

## 2.5.4 Luftzerleger

Der Begriff Luftzerleger (In-flight Break-up) bezeichnet im Rahmen dieser Studie einen Unfall, bei dem das Trag- oder Leitwerk des Luftfahrzeuges versagte, entweder gefolgt von oder als Folge einer unkontrollierten Fluglage. Luftzerleger umfassen somit eine Teilmenge der Ereigniskategorie SCF-NP, jedoch ohne Kabinentürverlust o.ä. Von den insgesamt 16 Luftzerlegern waren 14 aerodynamisch gesteuerte und 2 schwerkraftgesteuerte UL von 13 verschiedenen Herstellern betroffen. Neun der UL (56 %) waren mit einer Flugmasse zwischen 10 und 81 kg oberhalb der MTOM überladen (Abb. 34). Bei mehreren dieser Unfälle waren jedoch die an Bord befindliche Kraftstoffmenge bzw. das Insassengewicht nicht zu ermitteln, so dass eine unbekannte Masse noch hinzukam und die Überladung eventuell noch größer ausfiel.

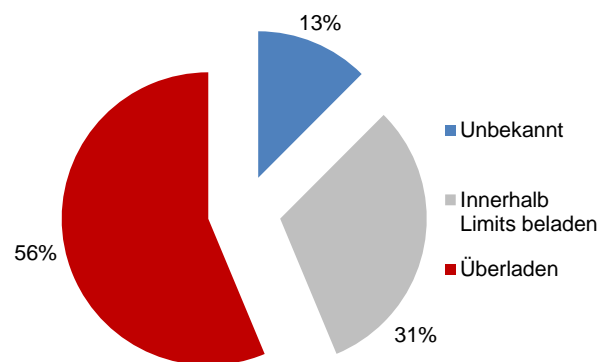


Abb. 34: Überladung bei Luftzerlegern

Quelle: BFU

Die BFU stellte in 6 der 16 Fälle von Luftzerlegern konstruktive Mängel und in einem Fall Fertigungsmängel am Luftfahrzeug fest. In insgesamt 4 Fällen fanden sich Vorschädigungen an dem Luftfahrzeug. In 2 der Fälle wurde die  $V_{NE}$  des Luftfahrzeuges überschritten, in weiteren 2 Fällen geriet das UL in eine unkontrollierte Fluglage, bevor das Tragwerk versagte.

## 2.6 Insassen der untersuchten Luftfahrzeuge

### 2.6.1 Verantwortliche Luftfahrzeugführer

Die Auswertung ergab, dass bis auf einen Fall alle verantwortlichen Piloten männlich waren. Das Lebensalter der Piloten lag zwischen 18 und 79 Jahren (Durchschnittswert 53 Jahre, SD = 12 Jahre). Wie Abb. 35 zeigt, war etwas mehr als ein Drittel der Piloten

maximal 50 Jahre alt (37 %), ein zweites Drittel zwischen 50 und 60 Jahren (33 %), während nahezu ein letztes Drittel 60 Jahre und älter war (30 %).

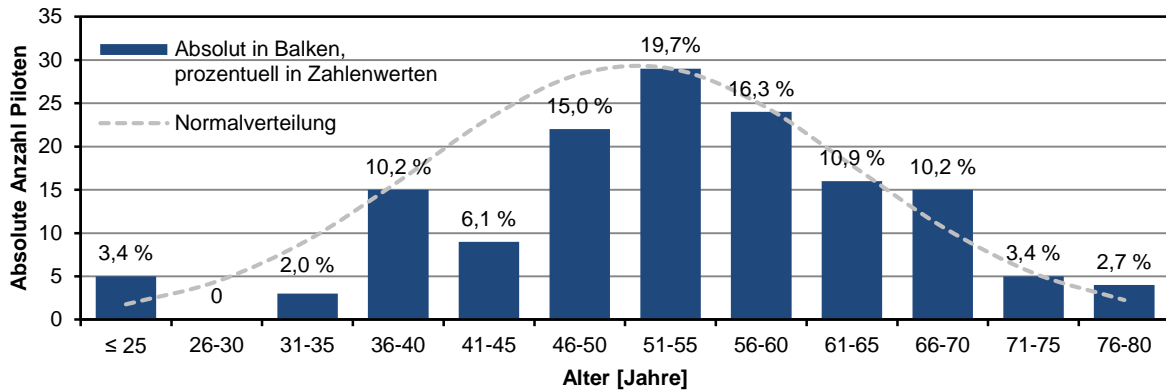


Abb. 35: Verteilung des Lebensalters der Piloten bei Ereignissen mit LSG

Quelle: BFU

Das Körpergewicht der Piloten (Abb. 36) lag zwischen 62 und 150 kg. Daraus ergab sich ein Durchschnittswert von 85,6 kg (SD = 13,1 kg).

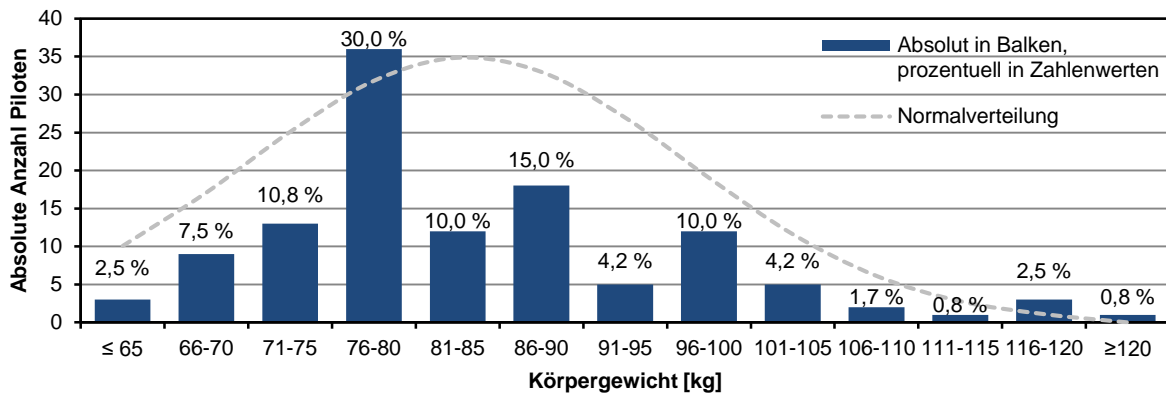


Abb. 36: Verteilung des Körpergewichts der Piloten bei Ereignissen mit LSG

Quelle: BFU

### 2.6.2 Lizenzen und Berechtigungen der verantwortlichen Piloten

Von den verantwortlichen Piloten der LSG besaßen 63 (43 %) Personen neben der für das aerodynamisch gesteuerte Ultraleichtflugzeug keine weitere Lizenz (Abb. 37). Sechs der verantwortlichen Piloten (4 %), hatten zusätzlich zu der Lizenz für Luftsportgeräteführer eine Lizenz für Berufspiloten/Verkehrsluftfahrzeugpiloten

(CPL/ATPL), 54 (36 %) für Privatpiloten (PPL), und 4 (3 %) für gewichtskraftgesteuerte UL oder für Hängegleiter.

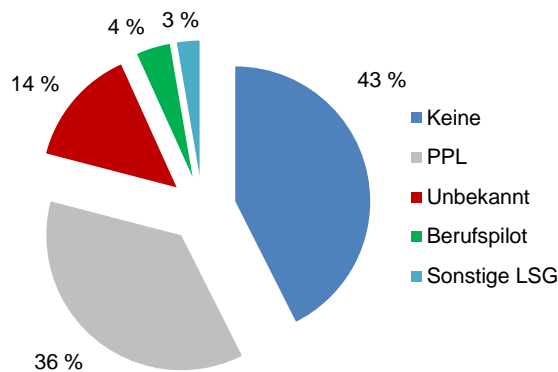


Abb. 37: Weitere Lizenzen der Piloten

Quelle: BFU

In 2 der Fälle, in denen sich ein Fluggast an Bord befand, besaßen die verantwortlichen Piloten nicht die für die Mitnahme von Personen vorgeschriebene Passagierflugberechtigung. Im Zeitraum 2000-2019 gab es 4 Fälle, bei denen die Piloten kein gültiges flugmedizinisches Tauglichkeitszeugnis hatte.

### 2.6.3 Flugerfahrung der verantwortlichen Piloten

Die 118 verantwortlichen Piloten aller untersuchten Ereignisse, bei denen die Gesamtflugerfahrung bekannt war, hatten durchschnittlich eine Gesamtflugerfahrung von 808 h (SD = 1 773 h), wobei das Minimum bei 23 h (ein Flugschüler) und das Maximum bei 12 575 h lag. Aufgrund der Tatsache, dass der Mittelwert für die Flugerfahrung durch einige wenige sehr erfahrene Piloten verzerrt wird, wurde zusätzlich der Median errechnet. Der Median der Gesamtflugerfahrung lag nur bei 282 h, was bedeutet, dass 50 % aller Piloten weniger als 282 h Gesamtflugerfahrung hatten. Mehr als ein Viertel (27 %) der 118 Piloten hatte sogar nur eine Gesamtflugerfahrung von 100 h oder weniger. Abb. 38 gibt einen Überblick, wie sich die bekannten Flugerfahrungen insgesamt und für die LSG-Klasse verteilen. Die durchschnittliche Flugerfahrung für die LSG-Klasse umfasste 295 h (SD = 415 h, Median 100 h). Ungefähr die Hälfte der 118 Piloten hatte eine Klassenflugerfahrung von 100 h oder weniger. Die Flugerfahrung auf dem betroffenen Muster des LSG betrug durchschnittlich 84 h (SD = 118 h), der Median lag bei 45 h.

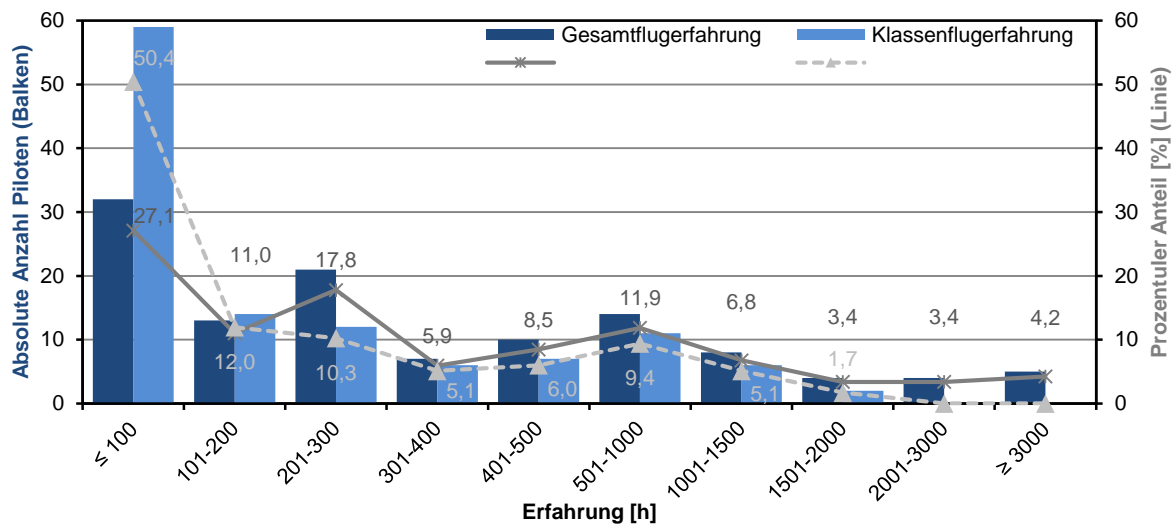


Abb. 38: Gesamt- und LSG-Klassenerfahrung der 118 Lizenzinhaber mit bekannter Erfahrung

Quelle: BFU

Die Gesamtflugerfahrung der 60 Piloten, die nur Lizenzinhaber für Ultraleichtflugzeuge und keine anderen Luftfahrzeuge waren, war für 54 Piloten bekannt. Sie lag zwischen 30 und 2 000 Flugstunden mit einem Durchschnittswert von 331 h (SD = 452 h, Median 129 h). Fast die Hälfte (44 %) besaßen 100 h Flugerfahrung oder weniger auf UL, während 70 % der Piloten 300 h oder weniger aufwiesen. Die Flugerfahrung auf dem betroffenen Muster betrug durchschnittlich 96 h (SD = 123 h, Median 54 h).

#### 2.6.4 Weitere Luftfahrzeuginsassen

Bei mehr als der Hälfte der Ereignisse befanden sich 2 Personen an Bord des LSG, das heißt bei insgesamt 77 Fällen aller 148 Ereignisse (52 %) und 55 Fällen aller 101 tödlichen Unfälle (55 %). In 21 Fällen (27 %) besaß der zweite Insasse des Luftfahrzeuges nachweisbar fliegerische Erfahrung, in 56 Fällen (73 %) nicht.

Bei den weiteren Insassen handelte es sich in 20 Fällen um weibliche, in 53 Fällen um männliche Personen. In 2 Fällen lagen keine Informationen über das Geschlecht der Person vor, in weiteren 2 Fällen handelte es sich um Kinder. Das Körpergewicht der zweiten mitfliegenden Person lag bei Frauen zwischen 49 kg und 92 kg (Durchschnitt 67 kg) und das der Männer zwischen 67 kg und 110 kg (Durchschnitt 83 kg).

Laut Mikrozensus 2017 des Statistischen Bundesamtes (DESTATIS) beträgt in der erwachsenen, deutschen Bevölkerung das durchschnittliche Körpergewicht einer Frau 69 kg und das eines Mannes 85 kg.

## 2.7 Medizinische und pathologische Angaben, Suizide

Zu den 99 tödlichen Unfällen lagen der BFU Obduktionsgutachten von 71 Piloten sowie 35 weiteren Insassen vor. In 7 Fällen (9 %) ergaben sich aus dem Obduktionsgutachten für die Ursachen des Unfalls relevante medizinische oder toxikologische Befunde bzw. Hinweise auf Vorerkrankungen der Piloten. Bei 71 der verstorbenen Piloten und 34 der getöteten Insassen wurde Polytrauma<sup>13</sup> als Todesursache festgestellt. Somit verstarben von insgesamt 144 tödlich verletzten Personen 73 % an Polytrauma. In 2 Fällen, in denen die Piloten überlebten, wurden unfallrelevante Vorerkrankungen festgestellt. Bei der Untersuchung tödlicher Unfälle mit LSG durch die BFU ergaben sich in 3 Fällen (3 %) klare Hinweise auf ein Suizidgeschehen. Diese 3 Fälle sind in der Human-Factors-Auswertung hinsichtlich der Vorbedingungen für Sicherheitskritische Handlungen (psychischer Zustand des Piloten) enthalten.

## 2.8 Wetterbedingungen

Im Rahmen der Untersuchung von Unfällen und Schweren Störungen erfasst die BFU routinemäßig auch Daten zu den bei einem Ereignis herrschenden und/oder vor dem Ereignisflug vorhergesagten Wetterbedingungen. Wenn erforderlich, holt sie für die Untersuchung eines Ereignisses beim Deutschen Wetterdienst flugmeteorologische Auskünfte oder ein spezielles flugmeteorologisches Gutachten ein. Von den im fraglichen Zeitraum untersuchten Ereignissen mit LSG lagen in 131 Fällen (89 %) sehr gute Sichtflugbedingungen mit horizontalen Sichtweiten von mehr als 10 km vor. Bei den meisten der untersuchten Ereignisse wiesen die Wetterbedingungen/-erscheinungen, wie z.B. Wolkenuntergrenzen, Windrichtung/-geschwindigkeit sowie Temperatur keine Besonderheiten auf, nur in insgesamt 48 Fällen (32 %). Dazu zählten z.B. Seiten- oder Rückenwind bei Start oder Landung, eine eventuelle Sonnenblendung bezogen auf die Flug-/Blickrichtung (Abb. 39), kräftige Windböen oder Vereisungsbedingungen. In 30 dieser Fälle beurteilte die BFU die besonderen Wettererscheinungen als ursachenrelevant/beitragend, z.B. räumliche Desorientierung bei schlechter Sicht oder Überziehen bei stark böigem Wind. Lediglich insgesamt 7 (5 %) der Ereignisse standen in Zusammenhang mit einem Einflug des LSG in Instrumentenwetterbedingungen (IMC).

---

<sup>13</sup> Mehrfachverletzungen, die jede für sich genommen oder in Kombination zum Tod eines Menschen führen.



Abb. 39: Beispiel für eine Sichtbeeinträchtigung durch Sonnenblendung

Quelle: Zeuge

## 2.9 Rettungsgerät

Für den Betrieb in Deutschland müssen Ultraleichtflugzeuge, Hängegleiter und Gleitsegel mit einem Rettungsgerät (Rettungssystem) ausgerüstet sein. Aus den Festlegungen in der Betriebsordnung für Luftfahrtgerät (LuftBO) § 3 (2) ergibt sich:

*Luftsportgeräte dürfen nur mit einem zugelassenen Rettungsgerät betrieben werden. Luftsportgeräteführer und Fluggast müssen einen geeigneten Kopfschutz zur Abwehr von Verletzungen bei Unfällen oder sonstigen Störungen tragen. Der Beauftragte kann Ausnahmen zulassen. [...]*

Im Falle von UL ist das Rettungsgerät fest mit dem Luftfahrzeug verbunden, so dass laut Bauvorschrift für Rettungsgeräte bei einer Auslösung Insassen und Luftfahrzeug gemeinsam mit einer Sinkgeschwindigkeit von maximal ca. 7,5 m/s zu Boden gebracht werden sollen. Die Entfaltungshöhe beträgt demnach mindestens ca. 80 m. In den durch die BFU untersuchten UL waren Rettungsgeräte 7 verschiedener Hersteller verbaut. Ein Rettungsgerätehersteller war 50-mal, ein anderer 29-mal vertreten. In 18 der Fälle lagen der BFU keine Informationen über Hersteller und/oder Muster des Rettungsgeräts vor. Weitere 4 Hersteller waren 10-, 8-, 2- bzw. 1-mal vertreten.

Im betrachteten 20-Jahres-Zeitraum waren bei den 138 durch die BFU untersuchten Unfällen mit UL in 123 Fällen ein Rettungsgerät eingebaut. In 14 Fällen war kein Rettungsgerät eingebaut, da es sich um ein ausländisch zugelassenes UL oder eine



Luftfahrzeugart handelte, für die in Deutschland ein solches Gerät nicht vorgeschrieben war (z.B. Tragschrauber, UL-Hubschrauber). In 51 (41 %) dieser 123 verunfallten LSG mit eingebautem Rettungsgerät wurde dieses ausgelöst, in 69 LSG (56 %) nicht. Bei 3 weiteren Fällen blieb die Auslösung ungeklärt, da beispielsweise das Wrack in der See verschollen war. In den Akten des DULV fanden sich 9 weitere Fälle, bei denen das Rettungsgerät des UL offenbar erfolgreich ausgelöst worden war. Die BFU bezog diese Fälle jedoch nicht in diese Auswertung ein, da ihr nicht ausreichend Detailinformationen darüber vorlagen.

### 2.9.1 Auslöser des Rettungsgeräts

In den 51 von der BFU untersuchten Fällen, bei denen das Rettungsgerät ausgelöst wurde, erfolgte die Auslösung in 26 Fällen (51 %) durch Piloten (Abb. 40), in 10 Unfällen (20 %) durch den Aufprall des UL und einmal (2 %) durch ein Strukturversagen im Fluge. In 14 Fällen (28 %) mit ausgelöstem Rettungsgerät kam es beim oder nach dem Aufprall des Luftfahrzeuges zu einem Brand. Aufgrund des Zerstörungsgrades des Wracks durch die Brandeinwirkung war in diesen Fällen nicht mit hinreichender Sicherheit feststellbar, ob das Rettungsgerät durch die Brandeinwirkung, den Aufprall oder den Piloten ausgelöst worden war. Diese Fälle fasst Abb. 40 unter „unklarer Auslöser“ zusammen. In 3 Fällen war der Auslösegriff des Rettungsgeräts noch durch den Sicherungsstift blockiert (Abb. 41).

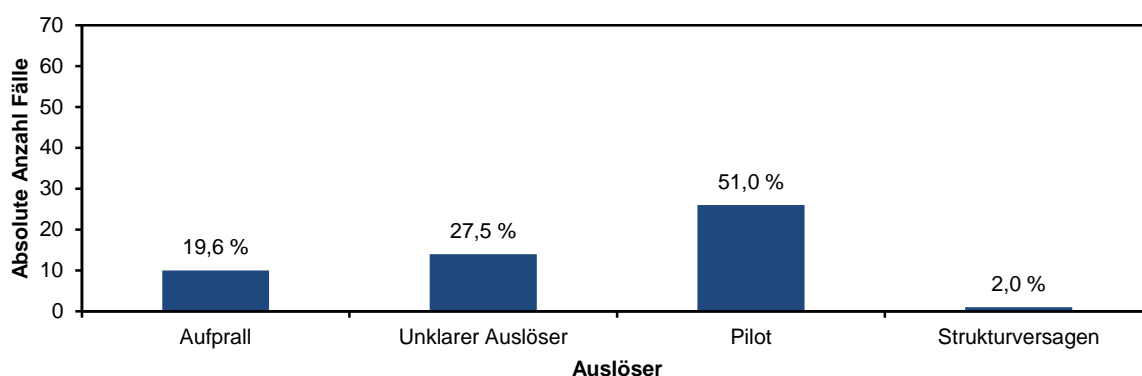


Abb. 40: Auslöser des Rettungsgeräts (Absolute Zahlen in Balken, Prozente darüber)

Quelle: BFU



Abb. 41: Mit Stift gesichertes Rettungsgerät bei einem verunfallten UL

Quelle: BFU

## 2.9.2 Umstände der Auslösung des Rettungsgeräts

Die BFU betrachtete 26 Ereignisse hinsichtlich der genauen Umstände näher, bei denen der Pilot das Rettungsgerät aktivierte und unterschied diese Fälle zunächst nach den häufigsten Ereigniskategorien, die die Piloten zu einer Aktivierung veranlassten, sowie abschließend nach den Betriebsphasen bei Auslösung.

In 18 Fällen aktivierten Piloten das Rettungsgerät, nachdem das UL in eine **unkontrollierte Fluglage (LOC-I)** geraten war. Diese 18 LOC-I Fälle traten 4-mal nach einer Kollision im Fluge (MAC), je 3-mal während des Betriebes in geringer Flughöhe (LALT) oder im Zuge eines Bauteilversagens (SCF-NP) und 1-mal aufgrund von Triebwerksproblemen (SCF-PP) auf. Bei wiederum 3 der 18 Fälle waren wetterbedingte Ereignisse ausschlaggebend für den Kontrollverlust des Piloten (2-mal Windscherung, 1-mal Einflug in IMC).

In insgesamt 8 Fällen aktivierten Piloten das Rettungsgerät, nachdem das UL zuvor ein **Bauteilversagen (SCF-NP)** erlitten hatte. Bei 6 dieser 8 Fälle handelte es sich um einen Bruch des Tragwerkes, je 1-mal brach das Höhenleitwerk bzw. es entstanden Risse am Rumpf des UL.

In 4 Fällen aktivierten Piloten das Rettungsgerät nach einer **Kollision mit einem anderen Luftfahrzeug (MAC)**. Wie der in Abb. 42 dargestellte Unfall zeigt, konnte ein Rettungsgerät sogar beide kollidierte Luftfahrzeuge, die ineinander verkeilt waren, abgebremst zu Boden tragen, sodass die beiden Insassen des UL und der Pilot des Segelflugzeuges nur leichte Verletzungen davon trugen.



Abb. 42: Rettungsgerätauslösung nach Kollision von UL und Segelflugzeug im Endanflug

Quelle: Polizei

Die Betrachtung der Betriebsphase des UL, in der Piloten das Rettungsgerät aktivierten, zeigte, dass dies in 12-mal während des Reisefluges, 6-mal während des Manövrierens, 5-mal in der Anflug- und 3-mal in der Startphase geschah.

### 2.9.3 Komplikationen bei der Auslösung des Rettungsgeräts

Von den 26 Aktivierungen des Rettungsgeräts durch Piloten kam es in fast zwei Drittel der Fälle (17, d.h. 65 %) zu Komplikationen bei der Öffnung der Fallschirmkappe. In der Hälfte der Fälle (13 der 26 Fälle) befand sich das UL bei der Aktivierung in einer zur vollständigen Öffnung des Fallschirms zu geringen Höhe über Grund (Abb. 43). In weiteren 8 Fällen (31 %) ergab die Untersuchung, dass es während der Öffnungsphase zu einer Berührung mit Bauteilen des UL kam oder Einbaufehler wurden festgestellt, sodass sich der Rettungsschirm nicht vollständig entfalten konnte (Abb. 44).



Abb. 43: Auslösung des Rettungsgeräts in geringer Höhe

Quelle: Zeuge



Abb. 44: Fehlöffnung eines Rettungsgeräts

Quelle: BFU

Bei den 26 Unfällen mit piloteninduzierter Rettungsgerätauslösung kamen insgesamt 28 Personen ums Leben, 7 Menschen wurden schwer und 4 leicht verletzt. Insgesamt blieben 4 Personen dabei ohne Verletzungen. Diese zunächst hoch erscheinende Verletzungsrate bei piloteninduzierter Auslösung des Rettungsgeräts muss jedoch vor dem Hintergrund betrachtet werden, dass Ereignisse mit weniger schwerwiegenden Folgen nicht der BFU zu melden waren bzw. nicht durch sie untersucht wurden. Daher geben die diesbezüglichen Zahlen kein vollständiges Bild piloteninduzierter Auslösungen des Rettungsgeräts wieder.

## 2.10 Gefahren an der Unfallstelle

Unfallstellen von Luftfahrzeugen sind grundsätzlich gefährliche Orte. Gefahren resultieren unter anderem aus Bränden oder durch die Entzündung von Kraftstoff, durch scharfe Kanten, pathogene Erreger und Substanzen, herunterfallende Wrackteile aus Baumwipfeln und beschädigte Strukturen (z.B. Gebäude).

### 2.10.1 Gefahren durch nicht ausgelöste Rettungsgeräte

Bei 67 Unfällen mit schwer beschädigtem oder zerstörtem Luftsportgerät wurde das vorhandene Rettungsgerät nicht ausgelöst. Dies stellte für die Ersthelfer an der Unfallstelle ein erhöhtes Risiko dar, welches unter anderem daraus resultierte, dass der Aufprall auf den Boden die Zelle des Luftfahrzeuges verformte. Dadurch könnte wiederum das Aktivierungskabel des Rettungsgeräts vorgespannt und der Raketenmotor kurz vor der Aktivierung sein. Über die Jahre war zu verzeichnen, dass Hersteller von Rettungsgeräten Schulungsmaterial erarbeitet und veröffentlicht, Behörden und Verbände Schulungen für Feuerwehr und Polizei unterstützt und durchgeführt haben. Einerseits ist festzustellen, dass ein Teil dieses Personals besser über die Gefahren, die aus den in Ultraleichtflugzeugen und einigen Flugzeugen vorhandenen Rettungsgeräten resultieren, informiert und hinsichtlich geeigneter Maßnahmen zur Risikominderung geschult ist. Zum anderen besteht immer noch Bedarf an entsprechender Fortbildung, um flächendeckend ein einheitliches Verständnis für die Risiken und den Umgang mit Rettungsgeräten zu erreichen.

### 2.10.2 Gefahren durch verbrannte Kohlefaser

Im betrachteten Zeitraum kam es in 38 (28 %) der 138 Unfälle mit LSG zu einem Brand des Luftfahrzeuges. In 10 (26 %) dieser Fälle mit Brandentwicklung waren im Luftfahrzeug Teile aus Kohlefaser (CFK) verbaut, was bei Bruch sehr scharfkantige

Bruchkanten ausbildet. Bei einer Brandeinwirkung von ca. 20 min oder länger bei Temperaturen von mehr als 650 °C entstehen kleinste Fasern, die aufgewirbelt und – da sie aufgrund ihrer Größe (3 µm x 5 µm) lungengängig sind – eingeatmet werden können (Abb. 45). Nach Brandeinwirkung freiliegendes CFK-Gewebe erfordert für Rettungskräfte (Feuerwehr) und Unfalluntersucher zusätzliche Schutzausrüstung und -maßnahmen (Abb. 46).



Abb. 45: Verbrannte Kohlefaser (mikroskopische Aufnahme)

Quelle: ICAO<sup>14</sup> Circular Hazard Manual



Abb. 46: Schutzausrüstung an der Unfallstelle mit durch Brand zerstörten CFK-Bauteilen

Quelle: BFU

<sup>14</sup> ICAO (2008). Hazards at Aircraft Accident Sites (Cir 315).

## 2.11 Human Factors Betrachtung<sup>15161718</sup>

Menschen sind sowohl Quelle von Sicherheitsrisiken als auch integraler Bestandteil zur Erkennung und Vermeidung dieser. Menschliche Faktoren oder Human Factors (HF) befassen sich mit der Anwendung dessen, was wir über Menschen, ihre Fähigkeiten, Eigenschaften und Grenzen wissen sowie mit der Gestaltung der von ihnen verwendeten Arbeitsmittel, der Umgebung, in der sie agieren, und der von ihnen ausgeführten Aufgaben. HF sollten für einen sicheren Betrieb immer berücksichtigt werden, unabhängig davon, ob es sich um die Flug- und Kabinenbesatzung, das Flughafenpersonal, das Wartungspersonal oder andere Luftfahrtfachleute handelt.

Das Verhältnis zwischen der Aufgabenanforderung und den körperlichen sowie geistigen Fähigkeiten der Menschen, die an sie gestellten Anforderungen zu bewältigen, bestimmt den Erfolg bzw. wie sicher, effektiv und effizient ein System funktioniert (Task-Capability-Interface-Model von Fuller, 2000<sup>19</sup>). Solange die menschlichen Fähigkeiten die Aufgabenanforderung übersteigen, bleibt die Situation unter Kontrolle. Wie viel Aufgabenschwierigkeit Menschen zu einem bestimmten Zeitpunkt akzeptieren, z.B. bei welchen Wetterbedingungen sie fliegen, hängt auch von motivationalen Aspekten, wie der subjektiven Risikobewertung der Situation ab. Hingegen werden menschliche Fehler wahrscheinlicher, wenn die Aufgabenanforderungen höher sind als die menschlichen Fähigkeiten, eine Situation sicher zu bewältigen, oder wenn die Aufgabenanforderungen generell hoch sind, wie in plötzlich auftretenden kritischen Situationen.

Zur Bewältigung von Aufgaben sammeln, filtern und verarbeiten Menschen kontinuierlich Informationen aus ihrer Umgebung, um geeignete Handlungsmöglichkeiten zu entwickeln, abzuwägen und die beste Handlung auszuwählen sowie entsprechend auszuführen. Dabei wird ein mentales Modell der aktuellen Situation entwickelt ("Situationsbewusstseinskonzept" von Endsley, 1995<sup>20</sup>). Es gibt jedoch immer Filter oder begrenzende Faktoren, sodass Menschen anfällig für

---

<sup>15</sup> Wiegmann, D. A., & Shappell, S. A. (2003). A human error approach to aviation accident analysis: The human factors analysis and classification system. Burlington, VT: Ashgate Publishing, Ltd.

<sup>16</sup> Shappell, S. A., & Wiegmann, D. A. (2000). The Human Factors Analysis and Classification System – HFACS. Final Report (DOT/FAA/AM-00/7). <https://skybrary.aero/sites/default/files/bookshelf/1481.pdf>

<sup>17</sup> <https://skybrary.aero/articles/human-factors-analysis-and-classification-system-hfacs>

<sup>18</sup> ICAO (2021). Manual on Human Performance (HP) for Regulators (Doc 10151). <https://www.icao.int/safety/OPS/OPS-Section/Pages/HP.aspx>

<sup>19</sup> Fuller, R. (2000). The task-capability interface model of the driving process. *Recherche Transports Sécurité*, 66, 47-59.

<sup>20</sup> Endsley, M. R. (1995). Towards a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Factors*, 37(1), 32-64.

Fehler und unerwünschtes Verhalten sind: physische (Lärm, blendendes Sonnenlicht und Sichtbehinderungen), perzeptive (Wahrnehmungsschwellen/-täuschungen, räumliche Desorientierung) und kognitive (unangemessene Erwartungen, Erfahrung oder Motive, Aufmerksamkeitsverteilung, mentale Überlastung; Rumar, 1985<sup>21</sup>).

Zudem variieren menschliche Fähigkeiten sowohl intraindividuell als auch interindividuell sehr stark. Niemand kann immer das gleiche Leistungsniveau erreichen und es hängt von der Tageszeit ab. Menschliche Leistung kann sich beispielsweise durch Krankheit, Langeweile, Stress oder Müdigkeit verschlechtern. Trotz aller Einschränkungen sind Menschen mit guter Unterstützung in der Lage, neue Situationen zu meistern und ihre Fähigkeiten an die Anforderungen eines komplexen und dynamischen Umfelds anzupassen. Anpassungsfähigkeit ist eine menschliche Eigenschaft, die das Funktionieren des globalen Luftverkehrssystems ermöglicht.

Außerdem interpretieren Menschen Situationen unterschiedlich. Sie erfüllen Aufgaben auf eine Weise, die ihnen zu diesem Zeitpunkt sinnvoll erscheint. Im Nachhinein ist es oft leicht zu erkennen, wie Entscheidungen und Handlungen zu unerwünschten Ergebnissen führten und wie dieses hätten vermieden werden können, aber zum Zeitpunkt der Entscheidung oder Handlung, erschien sie dieser Person angemessen. Die unbeabsichtigten Folgen waren unbekannt und möglicherweise nicht vorhersehbar. Menschliche Handlungen müssen daher im Kontext betrachtet und aus der Perspektive des Einzelnen zum Zeitpunkt der Handlung verstanden werden. Als Teil eines Systems stehen Menschen in ständiger Interaktion mit anderen Menschen, Technologien und der Umwelt. Obwohl jeder Mensch anders ist und in gewisser Weise unberechenbar sein kann, besitzen alle Menschen die Fähigkeit, Ziele zu verstehen, Risiken abzuschätzen und Kompromisse einzugehen. Dies erlaubt Menschen in einem so komplexen Arbeitsumfeld, wie der Luftfahrt, insgesamt akzeptable Lösungen bzw. Wege der Aufgabenbewältigung zu finden ("Risikohomöostase-Theorie" von Wilde, 1982<sup>22</sup>; "Null-Risiko-Theorie" von Näätänen & Summala, 1974<sup>23</sup>; "Komfortzonenmodell" von Summala, 2007<sup>24</sup>).

---

<sup>21</sup> Rumar, K. (1985). The role of perceptual and cognitive filters in observed behavior. In: L. Evans & R. C. Sching (Eds.), *Human Behavior and Traffic Safety* (pp. 151-170). New York, USA: Plenum Press.

<sup>22</sup> Wilde, G. J. S. (1982). The theory of risk homeostasis: Implications for safety and health. *Risk Analysis*, 2, 209-225.

<sup>23</sup> Näätänen, R. & Summala, H. (1974). A model for the role of motivational factors in drivers' decision-making. *Accident Analysis and Prevention*, 6(3-4), 243-261.

<sup>24</sup> Summala, H. (2007). Towards understanding motivational and emotional factors in driver behaviour: Comfort through satisficing. In P. Cacciabue (Ed.), *Modelling driver behaviour in automotive environments: Critical issues in driver interactions with intelligent transport systems* (pp. 189-207). London: Springer-Verlag.



### 2.11.1 Human Factors Analysis and Classification System

Das Human Factors Analysis and Classification System (HFACS, Wiegmann & Shappell, 2003) wurde ursprünglich für die US Air Force zur Untersuchung und Analyse menschlicher Faktoren in der Luftfahrt entwickelt. Es basiert auf dem Schweizer Käse-Modell (Reason, 1990<sup>25</sup>) und bietet verschiedene, mehrdimensionale Perspektiven auf menschliche Faktoren der Flugsicherheit. Das HFACS-Modell ermöglicht in der Unfalluntersuchung, Störungen auf allen Ebenen eines Systems zu ermitteln, die zu einem (Beinahe-)Unfall beigetragen bzw. die Sicherheit im Einzelfall negativ beeinflusst haben. Eine rückblickende Auswertung mehrerer Ereignisse der letzten Jahre kann wiederkehrende Trends und Probleme bzgl. menschlicher Leistung und Systemmängeln aufzeigen. Dadurch können Schwachstellen erkannt und gezielt datengestützte Maßnahmen zur Verringerung von Unfall- und Verletzungsraten ergriffen werden.

Darüber hinaus bietet HFACS eine Struktur zur systematischen Überprüfung und Analyse von Unfall- und Sicherheitsdaten, die menschliche Beiträge zu einem Ereignis, einschließlich tiefer, zugrundeliegender Faktoren für sicherheitskritisches Verhalten analysiert. Das Modell kann dabei zur Kategorisierung und Quantifizierung von Ereignissen und beitragenden, menschlichen Faktoren genutzt werden, sowohl im Einzelfall als auch zur Entwicklung besserer Unfalldatenbanken, um die Gesamtqualität und Zugänglichkeit von Unfalldaten zu menschlichen Faktoren zu verbessern. So lassen sich beispielsweise gemeinsame Trends innerhalb einer Organisation, indem man die psychologischen Ursachen aktiver, Sicherheitskritischer Handlungen oder latente Bedingungen vergleicht, die diese Handlungen innerhalb der Organisation ermöglicht haben. Die Identifizierung dieser gemeinsamen Trends hilft bei der Ermittlung und Priorisierung von Bereichen, die ein Eingreifen innerhalb einer Organisation erforderlich machen. Das HFACS-Rahmenwerk ist somit ein praktisches Instrument zur Unterstützung des Untersuchungsprozesses, zur Durchführung gezielter Schulungen und zur Umsetzung von Präventionsmaßnahmen.

Das HFACS-Modell (Abb. 47) ist in 4 Ebenen unterteilt, wobei die unterste Ebene der Sicherheitskritischen Handlungen bei der Analyse eines Falls zuerst betrachtet wird. Wird ein aktiver Fehler und/oder Verstoß aufgedeckt und entsprechend kategorisiert, wird die nächsthöhere Ebene der Vorbedingungen für Sicherheitskritische Handlungen analysiert, um mit jedem Schritt tiefer in das dahinter liegende System

---

<sup>25</sup> Reason, J. (1990). Human Error. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Sicherheitskritischer Aufsicht oder sogar Organisatorischer Einflüsse auf oberster Ebene vorzudringen.

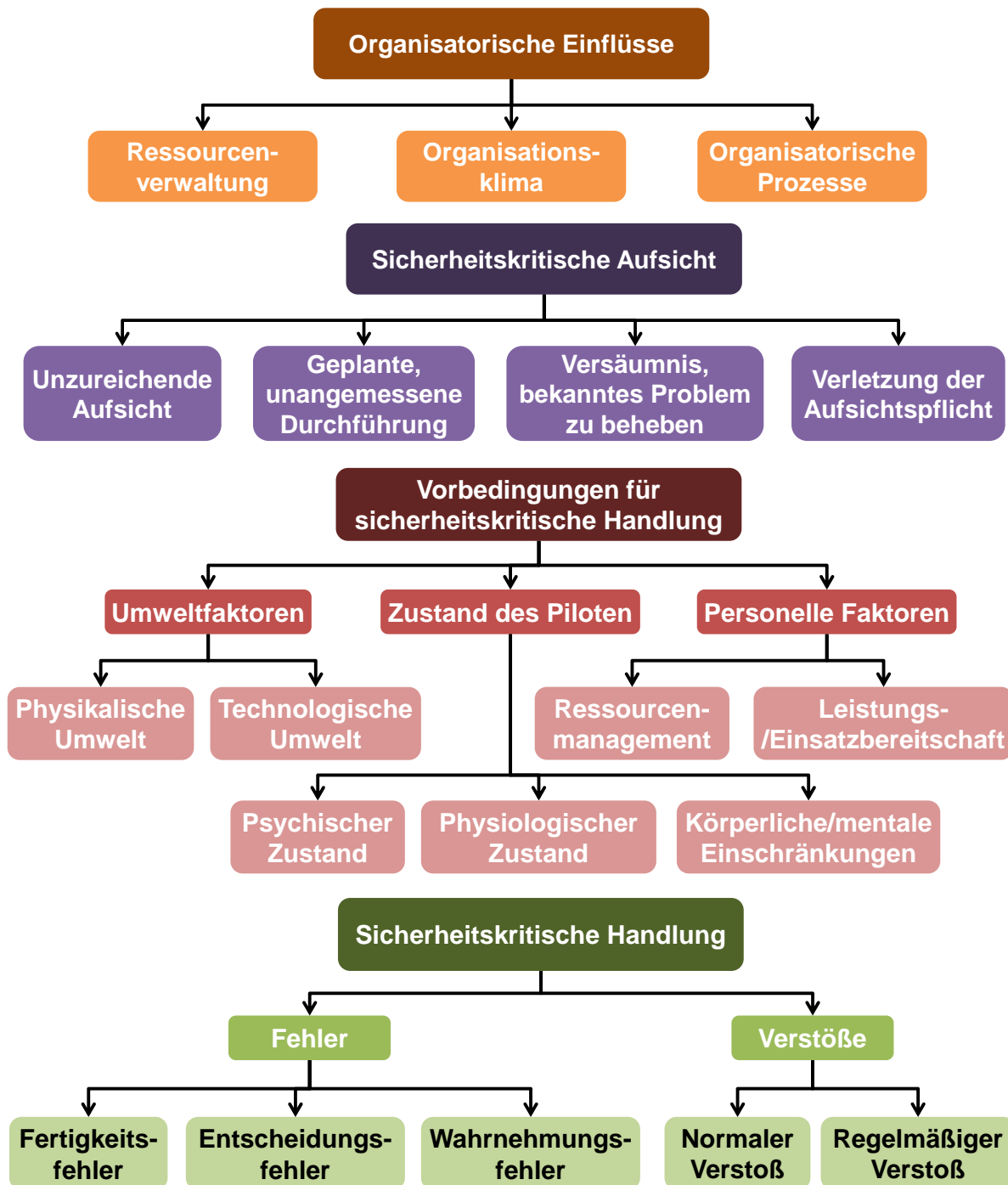


Abb. 47: Übersicht HFACS-Modell

Quelle: Wiegmann & Shappell (2003), Bearbeitung BFU

Obwohl in der Allgemeinen Luftfahrt, insbesondere bei LSG, nicht immer eine Flugbetriebsorganisation vorhanden ist, hat die Untersuchung der Fälle und die Auswertung der Daten auch in diesem Bereich eine Reihe relevanter Faktoren festgestellt. Beispielsweise gab es Haltergemeinschaften, Vereine, Luftsportverbände sowie Aufsichtsbehörden, die mehr oder weniger direkt Sicherheitskritische Handlungen ermöglichten bzw. teils sogar begünstigten.

Die Anwendung von HFACS als übergeordnetes Datenanalyseinstrument, ergänzend zu den Ergebnissen der Einzelfalluntersuchung in Untersuchungsberichten war für die BFU eine relativ neue Methode. Ziel der BFU war es, damit zusätzliche Erkenntnisse zu relevanten menschlichen Faktoren zu gewinnen. Die Entscheidung zur Nutzung des HFACS-Modells fiel auch deswegen, da bereits anderen Organisationen wie z.B. die FAA (Federal Aviation Administration of the U.S. Department of Transportation) und die EASA es verwenden und es daher den Vorteil einer besseren Vergleichbarkeit der Ergebnisse bietet. Die BFU beabsichtigt, HFACS auch für zukünftige Studien zum Unfallgeschehen anderer Luftfahrzeugklassen der Allgemeinen Luftfahrt zu verwenden.

Bei der Analyse der Unfälle und Schweren Störungen mit LSG im Rahmen dieser Studie in Bezug auf menschliche Faktoren fand die BFU in 93 % aller Fälle (92 % bei tödlichen Unfällen) mindestens eine Sicherheitskritische Handlung und in 80 % aller Fälle bzw. tödlichen Unfälle mindestens eine Vorbedingung für diese Sicherheitskritischen Handlungen (Abb. 48). Dies verdeutlicht die große Bedeutung menschlicher Faktoren bei Unfällen und Schweren Störungen und zeigt zugleich, dass tiefergehende Analysen notwendig sind, um zu verstehen, warum diese Sicherheitskritischen Handlungen auftreten und welche Faktoren diese begünstigen. Das Verstehen der Vorbedingungen und anderen Einflussfaktoren ermöglicht wiederum die Entwicklung von Maßnahmen für die zukünftige Unfallverhütung. In fast einem Viertel aller Fälle (22 %) bzw. einem Fünftel tödlichen Unfälle (20 %) wurde eine Sicherheitskritische Aufsicht festgestellt (Abb. 48). In 14 % aller Fälle bzw. tödlichen Unfälle ließen sich die Sicherheitskritischen Handlungen sogar bis zur höchsten Stufe der Organisatorischen Einflüsse nachvollziehen, was eine starke Verkettung einzelner Einflüsse zeigt, die offenbar systemischer Natur waren.

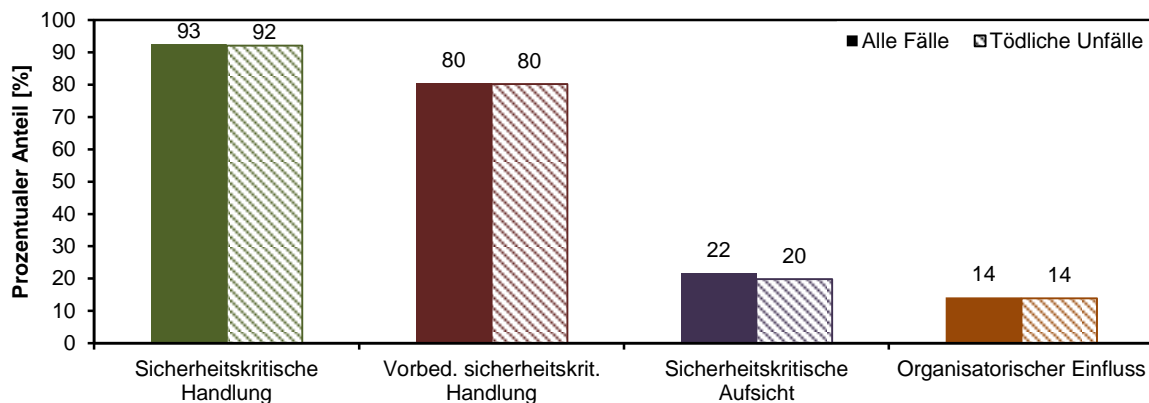


Abb. 48: Anteil Fälle mit mindestens einer Zuordnung eines Faktors des HFACS-Modells

Quelle: BFU

### 2.11.2 HFACS Ebene 1: Sicherheitskritische Handlungen<sup>26</sup>

Die Ebene der Sicherheitskritischen Handlungen (Unsafe Acts) ist in 2 Kategorien unterteilt – Fehler sowie Verstöße –, die wiederum sind in Unterkategorien unterteilt sind (Abb. 49). Während Verstöße eine vorsätzliche Missachtung von Regeln und Vorschriften darstellen, sind Fehler unbeabsichtigte Verhaltensweisen.

#### Fehler (Error)

- **Fertigkeitsbasierter Fehler (Skill-based error):** tritt ohne großes Nachdenken beim Ausführen regelmäßiger, hoch geübter Handlungen, oft aufgrund von Vergesslichkeit, Unaufmerksamkeit oder individueller Flugtechnik auf (z.B. Aufmerksamkeitsverteilung, Checklistenpunkte auslassen, schlechte Gewohnheiten)
- **Entscheidungsfehler (Decision Error):** tritt auf, wenn das Verhalten oder die Handlungen wie beabsichtigt ablaufen, der gewählte Plan sich aber als unzureichend erweist, um den gewünschten Endzustand zu erreichen (z. B. Überschreiten der Fähigkeiten, regelbasierte Fehler, ungeeignete Verfahren)
- **Wahrnehmungsfehler (Perception Error):** tritt auf, wenn die sensorische Informationsaufnahme beeinträchtigt ist, sodass eine Entscheidung auf der Grundlage falscher Informationen getroffen wird

<sup>26</sup> Nach <https://skybrary.aero/articles/human-factors-analysis-and-classification-system-hfacs>

### Verstöße/Regelübertretungen (Violations)

- **Normaler Verstoß (Normal Violation):** stellt einen Einzelfall dar, der weder typisch für den Piloten ist noch regelmäßig von der Aufsicht geduldet wird
- **Regelmäßiger Verstoß (Routine Violation):** begeht der Pilot regelmäßig, was von der zuständigen Aufsichtsbehörde toleriert wird



Abb. 49: Klassifizierung Sicherheitskritischer Handlungen

Quelle: HFACS, Bearbeitung BFU

### Fälle mit Sicherheitskritischen Handlungen

Die Datenanalyse ergab, dass nur in 11 (7 %) der 148 Fälle (8 (8 %) der 101 tödlichen Unfälle) keine Sicherheitskritischen Handlungen vorlagen. Somit stellte die BFU in 137 (92 %) aller Fälle (93 (92 %) tödliche Unfälle) mindestens eine Sicherheitskritische Handlung fest. In 81 % aller Fälle (120 Fälle, 81 (80 %) tödliche Unfälle) traten mehr als eine Sicherheitskritische Handlung bzw. in 72 % aller Fälle (106 Fälle, 70 (69 %) tödliche Unfälle) sogar mehr als 2 Sicherheitskritische Handlungen pro Ereignis auf, bis hin zu einem Fall mit bis zu 10 Sicherheitskritischen Handlungen verschiedenster Art. Dies zeigt, dass es sich bei sicherheitskritischen Situationen meist um eine Kombination von Faktoren handelt und es selten den einen Fehler/Verstoß bzw. die eine Ursache gibt.

### Alle Sicherheitskritischen Handlungen

Die Auswertung fand über alle 148 Fälle insgesamt 465 Sicherheitskritische Handlungen (330 Fehler, 135 Verstöße). In den 101 untersuchten Datensätzen der 99 tödlichen Unfälle gab es 305 Sicherheitskritische Handlungen (209 Fehler, 96 Verstöße). Über die Summe aller verzeichneten Sicherheitskritischen Handlungen insgesamt betrachtet (einschließlich mehrfachen Auftretens einer Fehlerkategorie pro Fall, Abb. 50, Tab. ), zeigt sich, dass sowohl insgesamt als auch bei den tödlichen

Unfällen ungefähr die Hälfte aller Sicherheitskritischen Handlungen Fertigungsfehler waren (insgesamt: 220, tödliche Unfälle: 151, Abb. 50 und Tab. 2). An zweiter Stelle, mit fast einem Fünftel aller Sicherheitskritischen Handlungen bezogen auf die Gesamtzahl der Ereignisse bzw. auf tödliche Unfälle lagen die normalen Regelübertretungen/Verstöße (insgesamt: 87, tödliche Unfälle: 151) gefolgt von Entscheidungsfehlern (insgesamt: 66 (14 %), tödliche Unfälle: 37 (12 %)), regelmäßigen Verstößen (insgesamt: 48 (10 %), tödliche Unfälle: 35 (11 %)) und schlussendlich Wahrnehmungsfehlern (insgesamt: 44 (10 %), tödliche Unfälle: 21 (7 %), Abb. 50, Tab. 2).

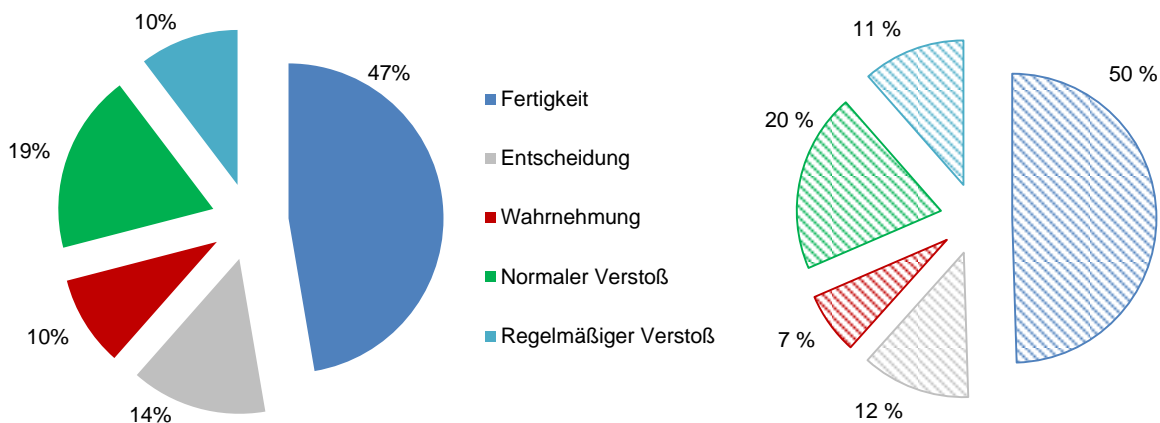


Abb. 50: Prozentuale Verteilung aller Sicherheitskritischen Handlungen auf die Unterkategorien für alle Ereignisse (links) und tödlichen Unfälle (rechts) Quelle: BFU

### 2.11.2.1 Fehler

#### Fälle mit Fehlern

Die Datenanalyse ergab, dass nur in 18 (12 %) der 148 Fälle bzw. in 14 (14 %) der 101 tödlichen Unfälle keine Fehler nachweisbar waren. Somit wurde in 130 (88 %) aller Fälle (87 (86 %) tödliche Unfälle) mindestens eine fehlerhafte Handlung des Piloten festgestellt. In 74 % aller Fälle (109 Fälle, 73 (72 %) tödliche Unfälle) traten mehr als ein Fehler bzw. in 44% aller Fälle (65 Fälle, 39 (39%) tödliche Unfälle) sogar mehr als 2 Fehler pro Ereignis auf, bis hin zu 3 Fällen mit bis zu 6 Fehlern verschiedenster Art. Wie Abb. 51 zeigt, war bei drei Viertel sowohl aller Fälle als auch aller tödlichen Unfälle mindestens ein Fertigungsfehler (111 von 148 Fällen bzw. 74 von 101 tödlichen Unfällen), bei ungefähr einem Drittel mindestens ein Entscheidungsfehler (49 von 148 Fällen bzw. 30 von 101 tödlichen Unfällen) und bei einem Viertel aller Fälle sowie 16 % der tödlichen Unfälle mindestens ein Wahrnehmungsfehler zu finden.

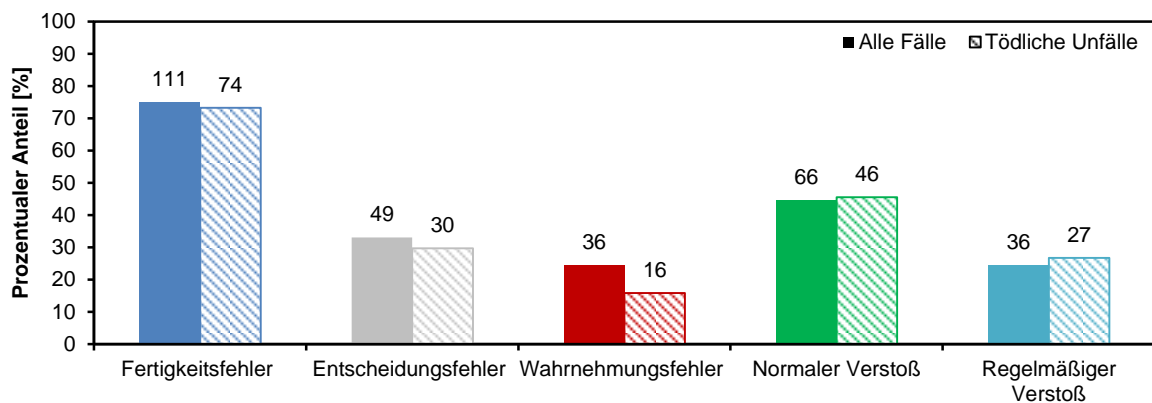


Abb. 51: Alle Ereignisse bzw. tödlichen Unfälle mit mindestens einer Sicherheitskritischen Handlung (Prozentualer Anteil in Balken, absolute Anzahl Fälle darüber in Zahlenwerten)

Quelle: BFU

## Alle Fehler

Wie Tab. 2 zeigt, waren die häufigsten Fertigungsfehler sowohl über alle Fälle als auch tödliche Unfälle Steuerfehler im Fluge sowie Strömungsabriss, wobei beide meist zusammen auftraten, vor allem wenn der Pilot nach dem Strömungsabriss die Kontrolle über das Luftfahrzeug nicht wiedererlangte. Gemeinsam machten diese beiden Fehler zwei Drittel aller Fertigungsfehler aus, gefolgt von Problemen beim „See and Avoid“, mangelhafter fliegerischer Technik und Störungen beim visuellen Scannen.

Ein Überschreiten der (Piloten-)Fähigkeiten, unzureichende Flugvorbereitung oder eine unangemessene Wahl des Flugweges waren die häufigsten Entscheidungsfehler. Als mit Abstand häufigste Wahrnehmungsfehler traten Probleme bei der visuellen Wahrnehmung auf, gefolgt von Fehleinschätzungen bzw. Missinterpretationen von Distanzen, Flughöhen, Freigaben und Geschwindigkeiten sowie des Wetters und räumliche Desorientierung/Schwindel (Tab. 2).

Tab. 2: Übersicht über alle Fehler

Quelle: BFU

Fehler	Alle Fälle: 330		Tödliche Fälle: 207	
	Anzahl	Anteil [%]	Anzahl	Anteil [%]
<b>Fertigkeitsfehler</b>	<b>220</b>	<b>66,7</b>	<b>149</b>	<b>72,0</b>
Strömungsabriss/Trudeln	67	30,5	60	39,7
Flugzeugkontrolle	71	32,3	57	38,3
Probleme beim „Sehen und Ausweichen“	20	7,9	6	4,0
Mangelhafte fliegerische Technik bzw. „Airmanship“	14	6,4	5	3,3
Störung beim visuellen Scannen (der Instrumente)	11	5,0	5	3,3
Ausgelassener Schritt auf Checkliste	10	4,5	5	3,3
Ausgelassener Verfahrensschritt	9	4,1	4	2,6
Sonstige	18	9,4	7	5,5
<b>Entscheidungsfehler</b>	<b>66</b>	<b>20,0</b>	<b>37</b>	<b>17,9</b>
Die Fähigkeiten (des Piloten) übersteigend	18	27,3	12	32,4
Unzureichende Flugvorbereitung	13	19,7	7	18,9
Auswahl des Flugweges	12	18,2	7	18,9
Ungeeignetes Manöver bzw. Verfahren	9	13,6	6	16,2
Sonstige	14	21,2	5	13,5
<b>Wahrnehmungsfehler</b>	<b>44</b>	<b>13,3</b>	<b>21</b>	<b>10,1</b>
Visuelle/auditive Wahrnehmung	22	50,0	11	52,4
Fehleinschätzung von Entfernung, Höhe, Freigabe, Geschwindigkeit	11	25,0	5	23,8
Fehleinschätzung des Wetters	6	13,6	3	14,3
Räumliche Desorientierung / Schwindel	5	11,4	2	9,5

### 2.11.2.2 Verstöße

Wie oben beschrieben, ist ein Verstoß eine vorsätzliche Missachtung von Vorgaben/Regeln, die das HFACS-Modell in normale Verstöße, die als Ausnahme gelten, und regel-/routinemäßige Verstöße unterscheidet. Im Rahmen dieser Studie bewertete die BFU Verstöße nur dann als regelmäßig, wenn die Untersuchung des Ereignisses klare Belege für deren Regelmäßigkeit ergab. Alle anderen Regelübertretungen wurden als Ausnahmen (Normaler Verstoß) angenommen.

#### Fälle mit Verstößen

Bei fast zwei Dritteln (89 Fällen) aller 148 untersuchten Datensätze (60 %) wurde mindestens ein Verstoß festgestellt. Wie Abb. 51 zeigt, trat in 66 dieser Fälle mindestens eine Verstoß ohne nachweisliche Regelmäßigkeit auf, aber in 36 dieser Fälle (24 % insgesamt, 40 % aller Verstöße) ergab die Untersuchung klare Belege



dafür, dass mindestens ein routinemäßiger Verstoß vorlag, teilweise auch zusätzlich zu den bereits gefundenen normalen Verstößen. Lediglich in 59 Fällen (40 %) bzw. in 35 tödlichen Unfällen (35 %) gab es keine Verstöße irgendeiner Art.

Bei den tödlichen Unfällen war der Anteil an Fällen mit Verstößen noch etwas höher. Von den analysierten 101 Datensätzen tödlicher Unfälle wiesen 66 Fälle (65 %) mindestens einen Verstoß auf. In 46 der 66 tödlichen Unfälle mit Verstößen (46 % tödliche Unfälle, 70 % aller Verstöße) gab es mindestens einen Verstoß ohne nachweisliche Regelmäßigkeit, während bei 27 der 66 tödlichen Unfälle (27 % tödliche Unfälle, 41 % aller Verstöße) mindestens einer der Verstöße wiederholt auftrat (Abb. 51). In 24 % aller Fälle (35 Fälle, 25 (25 %) tödliche Unfälle) lag mehr als ein Verstoß bzw. in 6 % aller Fälle (9 Fälle, 5 (5 %) tödliche Unfälle) sogar mehr als 2 Verstöße pro Ereignis vor, bis hin zu 2 Fällen mit bis zu 4 Verstößen.

### Alle Verstöße

Wie Tab. 3 zeigt, handelte es sich bei den normalen Verstößen ohne Regelmäßigkeit am häufigsten um das Überschreiten der Betriebsgrenzen des Luftfahrzeuges (insbesondere Überladung), gefährliche Flugmanöver (in niedriger Höhe) und die Missachtung bekannter Verfahren. Bei den regelmäßigen Verstößen wurden auch am häufigsten die Betriebsgrenzen des Luftfahrzeuges überschritten, gegen Anordnungen, Vorschriften oder SOPs verstoßen oder ein Luftfahrzeug mit bekannten Mängeln betrieben.

Tab. 3: Übersicht über alle Verstöße

Quelle:BFU

Verstoß/Regelübertretung	Alle Fälle: 135		Tödliche Fälle: 96	
	Anzahl	Anteil [%]	Anzahl	Anteil [%]
<b>Normaler Verstoß</b>	<b>87</b>	<b>64,4</b>	<b>61</b>	<b>63,5</b>
Überschreiten der Betriebsgrenzen des Luftfahrzeuges	43	49,4	30	49,2
Gefährliche Flugmanöver (in niedriger Höhe)	18	20,7	15	24,6
Missachtung bekannter Verfahren	8	9,2	2	3,3
Unnötiges Risiko akzeptiert	6	6,9	6	9,8
Sonstige	12	13,8	8	13,1
<b>Regelmäßiger Verstoß</b>	<b>48</b>	<b>35,6</b>	<b>35</b>	<b>36,5</b>
Überschreiten der Betriebsgrenzen des Luftfahrzeuges	12	25,0	12	34,3
Verstöße gegen Anordnungen, Vorschriften, SOPs	12	25,0	7	20,0
Betrieb mit bekannten Mängeln am Luftfahrzeug	9	18,8	4	11,4
Gefährliche Flugmanöver (in niedriger Höhe)	6	12,5	5	14,3
Sonstige	9	18,8	7	20,0

### 2.11.3 HFACS Ebene 2: Sicherheitskritische Vorbedingungen<sup>27</sup>

Die Ebene der Vorbedingungen für Sicherheitskritische Handlungen (Preconditions for Unsafe Acts) ist in 3 Kategorien mit weiteren Unterkategorien aufgeteilt, welche die Vorgehensweisen, Bedingungen und Handlungen des Piloten beeinflussen und zu menschlichen Fehlern oder sicherheitskritischen Situationen führen können (Abb. 52).

#### **Umweltfaktoren (Environmental Factors)**

- **Physikalische Umgebung (Physical Environment):** sowohl unmittelbare Umgebungsbedingungen (z.B. Wetter, Flughöhe, Gelände) als auch das Arbeitsumfeld (z. B. Hitze, Vibration, Beleuchtung, Giftstoffe)
- **Technologisches Umfeld (Technological Environment):** eine Vielzahl von Design- und Automatisierungsaspekten, einschließlich des Designs von Instrumenten und Bedienelementen, Anzeige-/Schnittstelleneigenschaften, Checklistenlayouts und Aufgabenfaktoren

#### **Zustand des Piloten (Condition of Operator)**

- **Psychischer Zustand (Mental State):** mentaler Zustand, der die Leistung beeinträchtigt (z. B. Stress, geistige Ermüdung, Motivation, Einstellung)
- **Physiologischer Zustand (Physiological State):** medizinischer/physiologischer Zustand, der die Leistung beeinträchtigt (z. B. körperliche Ermüdung, Erkrankungen, Hypoxie)
- **Körperliche/mentale Einschränkungen (Physical/Mental Limitations):** Mangelnde körperliche oder geistige Fähigkeiten zur Situationsbewältigung, die sich auf die Leistung auswirken (z.B. Sehschwäche, unzureichende Reaktionszeit)

#### **Personelle Faktoren (Personnel Factors)**

- **Ressourcenmanagement (Crew Resource Management):** Kommunikation, Koordination, Planung und Zusammenarbeit (z. B. mit Besatzungsmitgliedern, Gästen, anderen Piloten, Lotsen)
- **Leistungs-/Einsatzbereitschaft (Personal Readiness):** außerdienstliche Aktivitäten, die für eine optimale Arbeitsleistung erforderlich sind (z.B. die Einhaltung von Ruhezeiten für die Besatzung, Alkoholbeschränkungen und andere außerdienstliche Vorschriften)

---

<sup>27</sup> Nach <https://skybrary.aero/articles/human-factors-analysis-and-classification-system-hfacs>

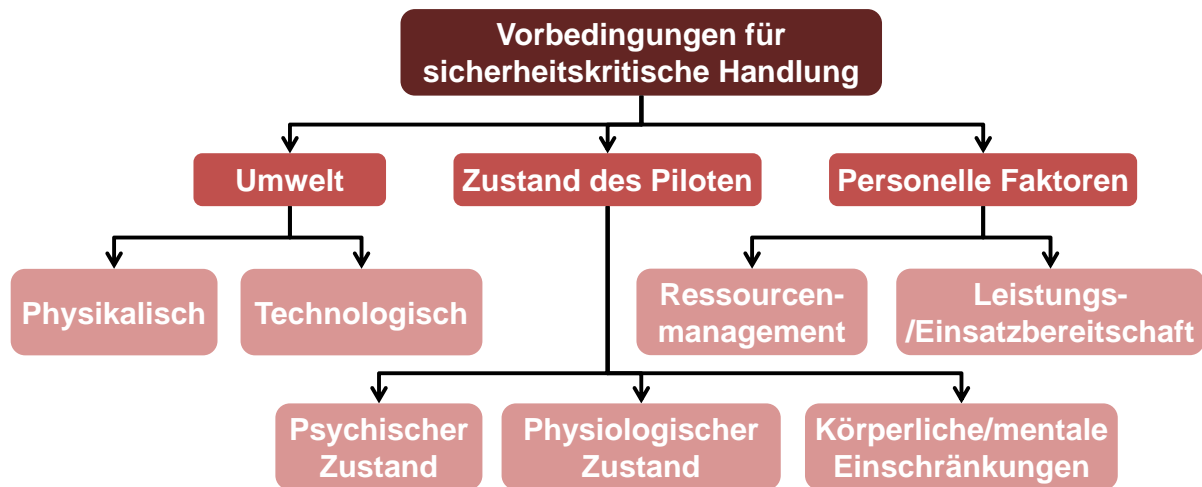


Abb. 52 Klassifizierung der Vorbedingungen für Sicherheitskritische Handlung Quelle: HFACS, Bearbeitung BFU

### Fälle mit Sicherheitskritischen Vorbedingungen

Die Datenanalyse ergab, dass nur in 29 (20 %) von 148 Fällen (20 (20 %) von 101 tödlichen Unfällen) keine Sicherheitskritischen Vorbedingungen vorlagen. Hingegen stellte die BFU in 119 (80 %) Fällen (81 (80 %) tödlichen Unfällen) mindestens eine und in 85 (57 %) Fällen (55 (55 %) tödlichen Unfällen) mindestens 2 Sicherheitskritische Vorbedingung fest, in 43 (29 %) Fällen (27 (27 %) tödlichen Unfällen) sogar 3-6 Sicherheitskritische Vorbedingungen pro Fall. Dies zeigt, dass Untersuchungen nicht nur aktive Fehler oder Verstöße betrachtet, sondern viel tiefer gehen sollten. Derartige Vorbedingungen stellen ein Risiko für weitere Fehler oder Verstöße dar.

Wie Abb. 53 zeigt, war bei mehr als der Hälfte sowohl aller Fälle als auch aller tödlichen Unfälle mindestens eine Vorbedingung des psychischen Pilotenzustands gegeben (83 von 148 Fällen bzw. 57 von 101 tödlichen Unfällen). In je etwa einem Drittel war mindestens ein physikalischer Umweltfaktor (49 Fälle bzw. 31 tödliche Unfälle) oder eine personelle Vorbedingung in der Leistungs-/Einsatzbereitschaft des Piloten beiträgend (44 Fälle bzw. 29 tödliche Unfälle). Bei fast einem Fünftel aller Fälle sowie tödlichen Unfälle war eine Vorbedingung der technologischen Umwelt zu finden (26 Fälle bzw. 18 tödliche Unfälle).

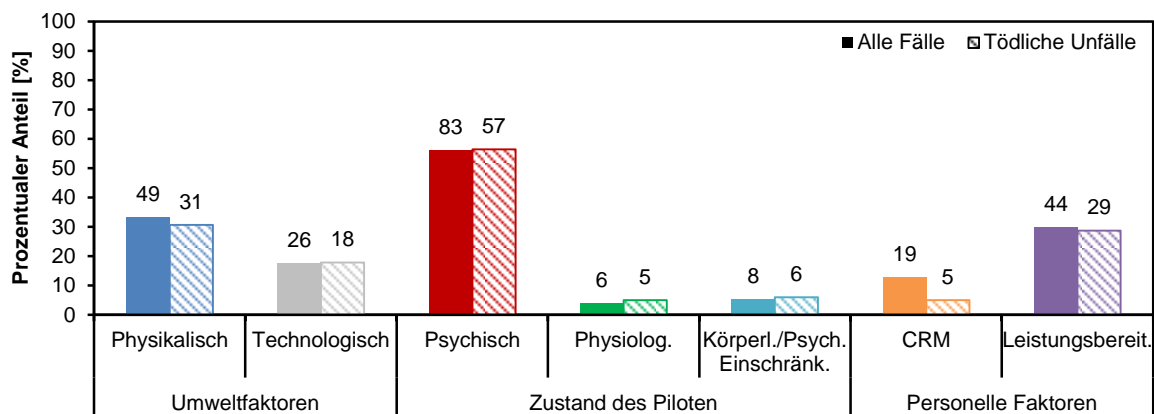


Abb. 53: Alle Ereignisse bzw. tödlichen Unfälle mit mindestens einer Sicherheitskritischen Vorbedingung

(Prozentualer Anteil in Balken, absolute Anzahl Fälle darüber in Zahlenwerten)

Quelle: BFU

### Alle Sicherheitskritischen Vorbedingungen

Insgesamt wurden bei den 148 Fällen 281 Sicherheitskritische Vorbedingungen festgestellt. Bei den untersuchten 101 Datensätzen der 99 tödlichen Unfälle gab es 176 Sicherheitskritische Vorbedingungen (Tab. 4). Betrachtet man die Summe aller Sicherheitskritischen Vorbedingungen (einschließlich mehrfachen Auftretens einer Vorbedingungskategorie pro Fall), so zeigt sich, dass 111 (40 %) der Sicherheitskritischen Vorbedingungen mit dem psychischen Zustand der Piloten, 55 (20 %) mit der physikalischen Umwelt und 48 (17 %) mit der Einsatzbereitschaft der Piloten zusammenhängen (Abb. 54, links).

Bei den tödlichen Unfällen führte der psychische Zustand der Piloten mit 72 Fällen (41 %) ebenfalls die Sicherheitskritischen Vorbedingungen an, gefolgt von der physikalischen Umwelt mit 36 Fällen (21 %) und der Einsatzbereitschaft der Piloten mit 32 Fällen (18 %) an dritter Stelle (Abb. 54, rechts). Dabei zeigt sich, dass der Zustand des Piloten sowohl in allen Fällen als auch bei den tödlichen Unfällen mit fast der Hälfte den größten Anteil an Sicherheitskritischen Vorbedingungen einnimmt. Mit jeweils etwa einem Drittel folgen die Umweltfaktoren und etwa ein Viertel entfällt auf die personelle Faktoren (Abb. 54, Tab. 4).

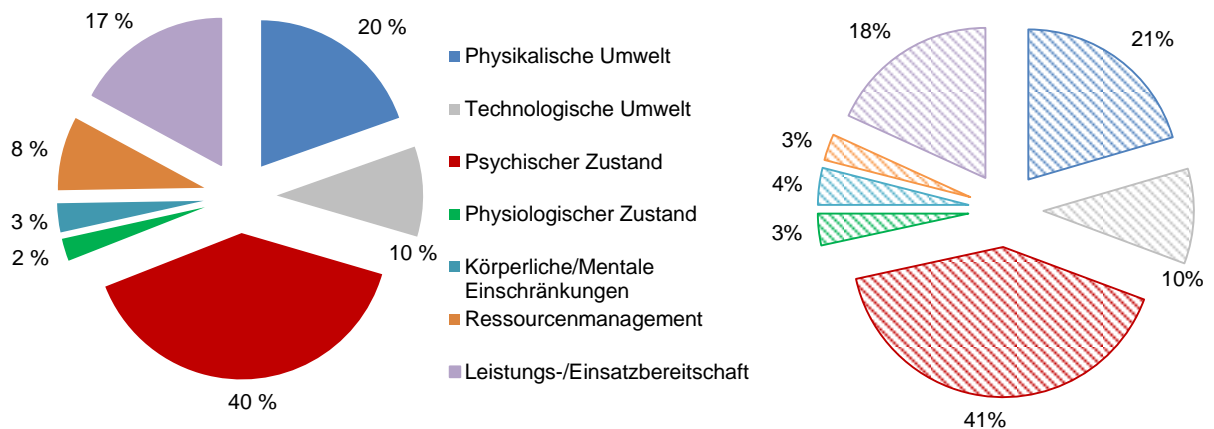


Abb. 54: Prozentuale Verteilung auf die Unterkategorien Sicherheitskritischer Handlungen über alle Ereignisse (links) und tödlichen Unfälle (rechts) Quelle: BFU

Wie Tab. 4 zu den Sicherheitskritischen Vorbedingungen zeigt, waren die Sicherheitskritischen Vorbedingungen der physikalischen Umwelt meist vor allem das Wetter, die Flughöhe und das Gelände, während als technologische Umweltfaktoren vor allem die Wartung und das Design von Ausrüstung/Steuerungselementen ins Gewicht fielen. Was den Zustand des Piloten betrifft, so war vor allem der psychische Zustand mit Phänomenen wie übersteigertem Selbstbewusstsein, Verlust des Situationsbewusstseins und Stress sowie unzureichende Flugüberwachung/Vigilanz von Bedeutung. Als personelle Vorbedingungen galten bei der Leistungs-/Einsatzbereitschaft meist ein Mangel an Erfahrung oder mangelhafte Risikoeinschätzung als sicherheitskritisch, während beim Ressourcenmanagement vor allem mangelhafte Kommunikation innerhalb bzw. zwischen Besatzung und Flugleitung/Flugsicherung häufig war. Tab. 4 fasst alle gefundenen Sicherheitskritischen Vorbedingungen im Detail zusammen.

Tab. 4: Übersicht aller Vorbedingungen für Sicherheitskritische Handlungen

Quelle:BFU

Vorbedingungen für Sicherheitskritische Handlungen	Alle Fälle: 282		Tödliche Fälle: 176	
	Anzahl	Anteil [%]	Anzahl	Anteil [%]
<b>Umweltfaktoren</b>	<b>83</b>	<b>29,4</b>	<b>54</b>	<b>30,7</b>
<b>Physikalisch</b>	<b>55</b>	<b>19,5</b>	<b>36</b>	<b>20,5</b>
Wetter	25	45,5	15	41,7
Flughöhe	18	32,7	12	33,3
Gelände	12	21,8	9	25,0
<b>Technologisch</b>	<b>28</b>	<b>10,0</b>	<b>18</b>	<b>10,2</b>
Wartung	14	50,0	10	55,6
Design von Ausrüstung / Steuerungen	6	21,4	3	16,7
Verkehrsführung im Flugplatzbereich	4	14,3	3	16,7
Sonstige	4	14,3	2	11,1
<b>Zustand des Piloten</b>	<b>128</b>	<b>45,6</b>	<b>85</b>	<b>48,3</b>
<b>Psychischer Zustand</b>	<b>112</b>	<b>39,9</b>	<b>72</b>	<b>40,9</b>
Übersteigertes Selbstvertrauen	33	29,5	27	37,5
Verlust des Situationsbewusstseins	22	19,6	10	13,9
Stress	17	15,2	9	12,5
Unzureichende Flugüberwachung/Wachsamkeit	11	9,8	6	8,3
Tunnelartige Aufmerksamkeitsverteilung	8	7,1	5	6,9
Selbstgefälligkeit	8	7,1	5	6,9
Sonstige	13	11,6	10	13,9
<b>Physiologischer Zustand</b>	<b>7</b>	<b>2,5</b>	<b>6</b>	<b>3,4</b>
Rausch	3	42,9	3	50,0
Medizinische Krankheit	4	57,1	3	50,0
<b>Körperliche/Mentale Einschränkungen</b>	<b>9</b>	<b>3,2</b>	<b>7</b>	<b>4,0</b>
Handlungsunfähigkeit (Incapacitation)	3	33,3	3	42,9
Unzureichende Erfahrung für Komplexität der Situation	2	22,2	1	14,3
Unzureichende Reaktionszeit	2	22,2	1	14,3
Mangelndes fliegerisches Geschick	2	22,2	2	28,6
<b>Personelle Faktoren</b>	<b>71</b>	<b>25,3</b>	<b>37</b>	<b>21,0</b>
<b>Ressourcenmanagement</b>	<b>23</b>	<b>8,2</b>	<b>5</b>	<b>2,8</b>
Mangelhafte Kommunikation innerhalb / zwischen Besatzung und ATC	17	73,9	5	100,0
Fehlinterpretation von Funksprüchen	2	8,7	0	0,0
Unzureichende Ressourcennutzung	2	8,7	0	0,0
Unzureichendes Briefing	1	4,3	0	0,0
Mangelnde Zusammenarbeit	1	4,3	0	0,0
<b>Leistungs-/Einsatzbereitschaft</b>	<b>48</b>	<b>17,1</b>	<b>32</b>	<b>18,2</b>
Mangel an Erfahrung	25	52,1	16	50,0
Regelmäßige, mangelhafte Risikoeinschätzung	19	39,6	13	40,6

### 2.11.4 HFACS Ebene 3: Sicherheitskritische Aufsicht<sup>28</sup>

Die Ebene der Sicherheitskritischen Aufsicht (Unsafe Supervision) wird in 4 Kategorien unterteilt (Abb. 55).

#### **Unzureichende Beaufsichtigung (Inadequate Supervision)**

Nachlässigkeit von Aufsichtspersonen, ihren Mitarbeitern ausreichend Erfolgchancen, Anleitung, Schulung, Führung, Aufsicht oder Anreize zu bieten, um die Aufgaben sicher und effizient auszuführen

#### **Geplante, unangemessene Durchführung (Planned Inappropriate Operations)**

Arbeitsabläufe, die normalerweise, außer in Notfällen, nicht akzeptabel sind (z. B. Risikomanagement, Zusammenstellung der Besatzung, Arbeitstempo)

#### **Versäumnis, bekanntes Problem zu beheben (Failure to Correct Known Problem)**

Unvermindertes Fortbestehen der Aufsichtsbehörde bekannter Mängel (z. B. kein Melden sicherheitskritischer Tendenzen, Einleiten von Gegenmaßnahmen oder Beheben von Sicherheitsrisiken)

#### **Verletzung der Aufsichtspflicht (Supervisory Violations)**

Aufsichtspersonen missachten vorsätzlich bestehende Regeln und Vorschriften (z. B. Nichtdurchsetzung von Regeln und Vorschriften, Zulassen unnötiger Risiken, unzureichende/gefälschte Dokumentation)

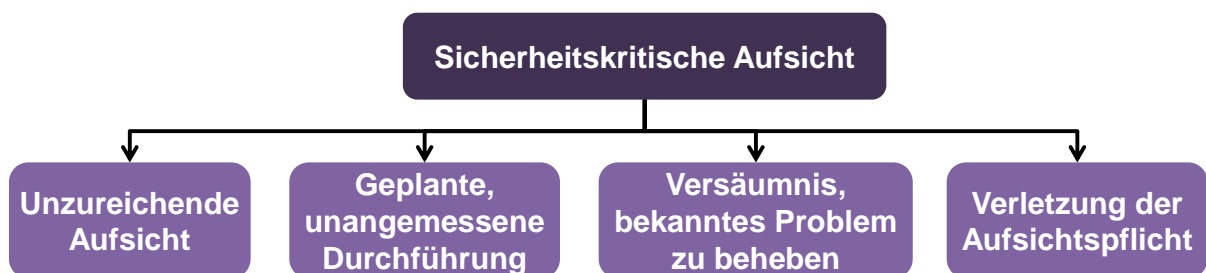


Abb. 55: Klassifizierung Sicherheitskritischer Aufsicht

Quelle: HFACS, Bearbeitung BFU

### **Fälle mit Sicherheitskritischen Aufsichten**

Die untersuchten Unfälle und Schweren Störungen mit LSG ergaben in einer Reihe von Fällen Mängel im Bereich der Aufsicht. Dies betraf insbesondere Organisationen wie Haltergemeinschaften, Vereine, Flugschulen oder Verbände. Überwiegend waren

<sup>28</sup> <https://skybrary.aero/articles/human-factors-analysis-and-classification-system-hfacs>

jedoch Einzelpersonen (Pilot gleich Halter) anstelle von Organisationen betroffen, so dass der Aufsichtsbereich nicht zu untersuchen war. Es ist außerdem festzustellen, dass Untersuchungen im Bereich der Allgemeinen Luftfahrt (einschließlich LSG) organisatorische Aspekte erst in den letzten Jahren stärker berücksichtigten und auch zukünftig verstärkt betrachten werden.

Die Datenanalyse ergab, dass in 116 (78 %) Fällen (81 (80 %) tödlichen Unfällen) keine Sicherheitskritischen Aufsichten vorlagen. Hingegen stellte die BFU in 32 (22 %) Fällen (20 (20 %) tödlichen Unfällen) mindestens eine Sicherheitskritische Aufsicht, in 13 (9 %) Fällen (7 (7 %) tödlichen Unfällen) mindestens 2 und einmal sogar 3 fest. Wie Abb. 56 zu den einzelnen Unterkategorien Sicherheitskritischer Aufsichten zeigt, war bei 13 % aller Fälle und 14 % tödlicher Unfälle mindestens eine unzureichende Aufsicht gegeben (19 von 148 Fällen bzw. 14 von 101 tödlichen Unfällen). Bei 12 % aller Fälle und 7 % tödlicher Unfälle war mindestens eine Verletzung der Aufsichtspflicht beiträgend (17 von 148 Fällen bzw. 7 von 101 tödlichen Unfällen), während geplante, unangemessene Durchführung und Versäumnis, bekannte Probleme zu beheben eher selten vorkamen.

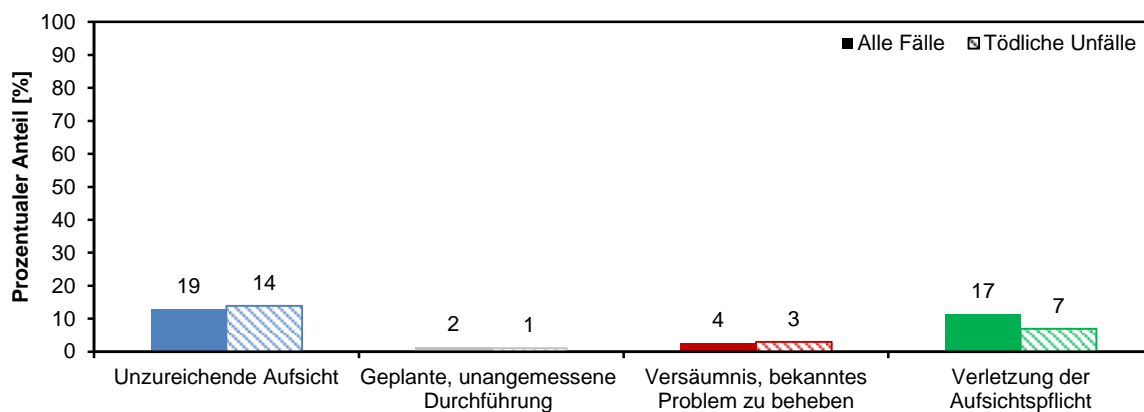


Abb. 56: Alle Ereignisse bzw. tödlichen Unfälle mit mindestens einer Sicherheitskritischen Aufsicht (Prozentualer Anteil in Balken, absolute Anzahl Fälle darüber in Zahlenwerten) Quelle: BFU

### Alle Sicherheitskritischen Aufsichten

Insgesamt stellte die BFU bei den 148 Fällen 46 Sicherheitskritische Aufsichten fest. Bei den untersuchten 101 Datensätzen zu den 99 tödlichen Unfällen waren es 27 Sicherheitskritische Aufsichten (Tab. 5). Betrachtet man die Summe aller verzeichneten Sicherheitskritischen Aufsichten insgesamt (einschließlich mehrfachen Auftretens einer Sicherheitskritischen Aufsichtskategorie pro Fall), so sind je 43,5 %



(20 Fälle) Sicherheitskritischer Aufsichten auf unzureichende Aufsicht und Verletzung der Aufsichtspflicht zurückzuführen, 9 % (4 Fälle) auf geplante, unangemessene Durchführung sowie 4 % (2 Fälle) auf Versäumnis bekannte Probleme zu beheben (Abb. 57, links). Bei den tödlichen Unfällen führte ebenfalls unzureichende Aufsicht mit 55 % (15 Fälle) die Sicherheitskritischen Aufsichten an, gefolgt von Verletzung der Aufsichtspflicht mit 30 % (8 Fälle) und geplante, unangemessene Durchführung (3 Fälle) sowie Versäumnis bekannte Probleme zu beheben mit 11 % (1 Fall) an dritter Stelle (Abb. 57, rechts).

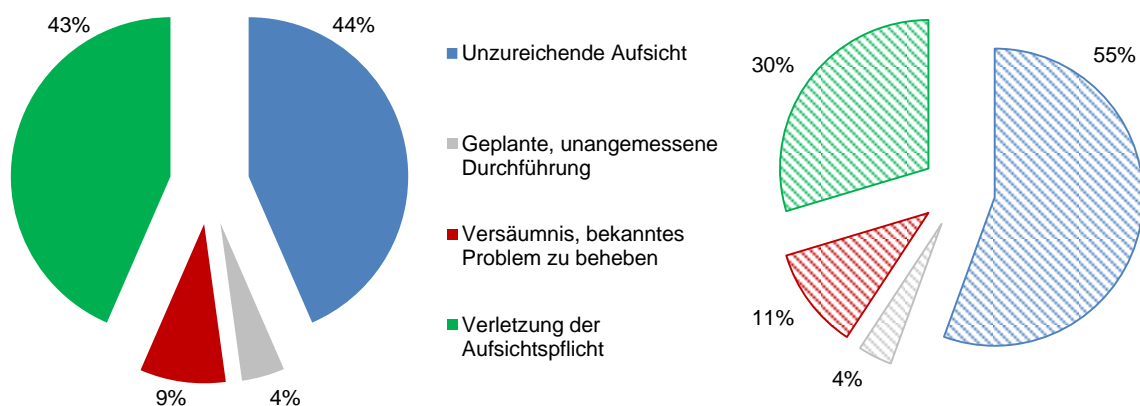


Abb. 57: Prozentuale Verteilung auf die Unterkategorien Sicherheitskritischer Aufsicht über alle Ereignisse (links) und tödlichen Unfälle (rechts) Quelle: BFU

Wie Tab. 5 zu den Sicherheitskritischen Aufsichten zeigt, wurde als unzureichende Aufsicht meist ein Verlust aufsichtsrechtlichen Situationsbewusstseins sowie unzureichende professionelle Anleitung/Aufsicht festgestellt, während bei der Verletzung der Aufsichtspflicht vor allem unzureichende Durchsetzung von Regeln und Vorschriften sowie die Verletzung von Verfahren ins Gewicht fielen. Tab. 5 fasst alle vorgefundenen Sicherheitskritischen Aufsichten im Detail zusammen.

Tab. 5: Übersicht aller Sicherheitskritischen Aufsichten

Quelle: BFU

Sicherheitskritische Aufsicht	Alle Fälle: 46		Tödliche Fälle: 27	
	Anzahl	Anteil [%]	Anzahl	Anteil [%]
<b>Unzureichende Aufsicht</b>	<b>20</b>	<b>43,5</b>	<b>15</b>	<b>55,6</b>
Verlust aufsichtsrechtlichen Situationsbewusstseins	12	60,0	9	60,0
Unzureichende professionelle Anleitung/Aufsicht	5	25,0	3	20,0
Mangelnde Nachverfolgung von Qualifikationen	2	10,0	2	13,3
Mangelnde Nachverfolgung von Leistung	1	5,0	1	6,7
<b>Geplante, unangemessene Durchführung</b>	<b>2</b>	<b>0,7</b>	<b>1</b>	<b>1,2</b>
Versäumnis, ausreichenden Rahmen f. Briefing bereitzustellen	1	50	0	0,0
Verletzung der Aufsichtspflicht	1	50	1	100,0
<b>Versäumnis, bekanntes Problem zu beheben</b>	<b>4</b>	<b>1,4</b>	<b>3</b>	<b>3,6</b>
Versäumnis, Sicherheitsrisiko zu beheben	3	75	2	66,7
Versäumnis, unangemessenes/risikoreiches Verhalten zu korrigieren/identifizieren	1	25	1	33,3
<b>Verletzung der Aufsichtspflicht</b>	<b>20</b>	<b>7,1</b>	<b>8</b>	<b>9,5</b>
Unzureichende Durchsetzung von Regeln und Vorschriften	7	35	0	0,0
Verletzung von Verfahren	6	30	5	62,5
Gefälschte Dokumentation	4	20	3	37,5
Unzulängliche Dokumentation	3	15	0	0,0

### 2.11.5 HFACS Ebene 4: Organisatorische Einflüsse<sup>29</sup>

Die Ebene der Organisatorische Einflüssen (Organisational influences) unterteilt sich in 3 Kategorien (Abb. 58).

#### **Ressourcenverwaltung (Resource Management)**

Entscheidungsfindung auf Organisationsebene bzgl. Zuweisung und Erhaltung von Betriebsmitteln (z.B. Personelle/monetäre Ressourcen, Ausrüstung/Einrichtungen)

#### **Organisationsklima (Organisational Climate)**

Arbeitsatmosphäre innerhalb der Organisation (z.B. Struktur, Politik, Kultur)

#### **Organisatorische Prozesse (Organisational Process)**

Organisatorische Entscheidungen und Regeln, die die täglichen Aktivitäten innerhalb einer Organisation bestimmen (z. B. Abläufe, Verfahren, Aufsicht)

<sup>29</sup> Nach <https://skybrary.aero/articles/human-factors-analysis-and-classification-system-hfacs>

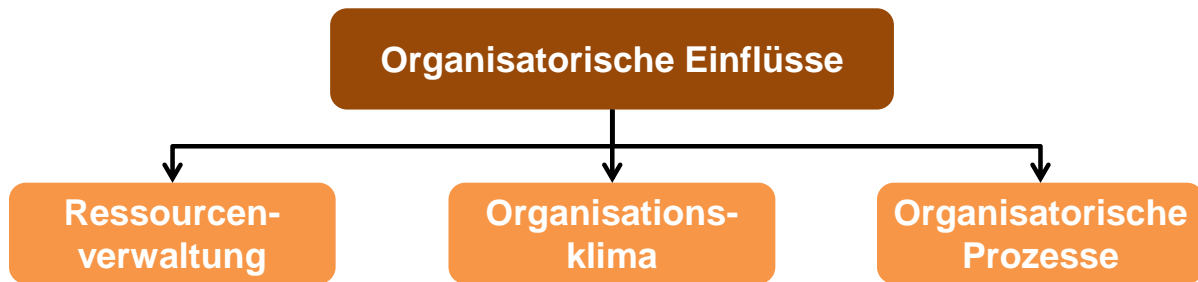


Abb. 58: Klassifizierung Organisatorischer Einflüsse

Quelle: HFACS, Bearbeitung BFU

### Fälle mit Organisatorischen Einflüssen

Die Datenanalyse ergab, dass in 127 (86 %) Fällen (87 (86 %) tödlichen Unfällen) keine Organisatorischen Einflüsse vorlagen. Hingegen stellte die BFU in 21 (14 %) Fällen (14 (14 %) tödlichen Unfällen) mindestens einen Organisatorischen Einfluss, in 7 (5 %) Fällen (7 (7 %) tödlichen Unfällen) mindestens 2 und in 2 tödlichen Unfällen sogar 3 fest. In Bezug auf die Unterkategorien Organisatorischer Einflüsse, war bei 7 % aller Fälle und 9 % der tödlichen Unfälle mindestens ein Einfluss der Ressourcenverwaltung gegeben (10 von 148 Fällen bzw. 9 von 101 tödlichen Unfällen). Bei je 8 % aller Fälle und tödlicher Unfälle war mindestens ein organisatorischer Prozess beitragend (12 von 148 Fällen bzw. 8 von 101 tödlichen Unfällen), während Einflüsse des Organisationsklimas eher selten vorkamen (3 %).

### Alle Organisatorischen Einflüsse

Insgesamt stellte die BFU über alle 148 Fälle 30 Organisatorische Einflüsse fest. Bei den untersuchten 101 Datensätzen zu den 99 tödlichen Unfällen waren es 23 Organisatorische Einflüsse (Tab. 6). Betrachtet man die Summe aller verzeichneten Organisatorischen Einflüsse insgesamt (einschließlich mehrfachen Auftretens einer Kategorie Organisatorischer Einflüsse pro Fall), so zeigt sich, dass je 12 (40 %) der Organisatorischen Einflüsse auf Ressourcenverwaltung und organisatorische Prozesse entfallen sowie 6 (20 %) auf das Organisationsklima (Abb. 59, links). Bei den tödlichen Unfällen führte die Ressourcenverwaltung mit 11 Fälle (48 %) die Organisatorischen Einflüsse an, gefolgt von den organisatorischen Prozessen mit 8 Fällen (35 %) und dem Organisationsklima mit 4 Fällen (17 %, Abb. 59, rechts).

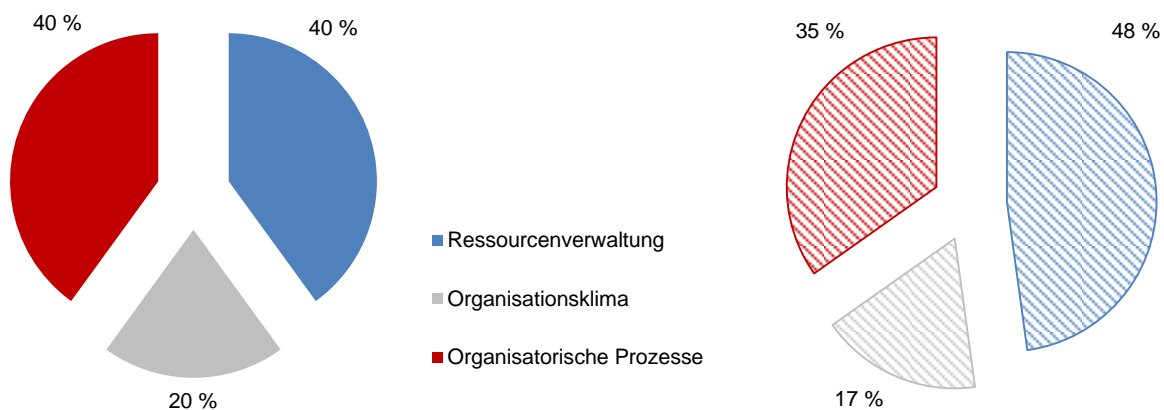


Abb. 59: Prozentuale Verteilung auf die Unterkategorien organisatorischer Einflüsse über alle Ereignisse (links) und tödlichen Unfälle (rechts) Quelle: BFU

Wie Tab. 6 zu den Organisatorischen Einflüssen zeigt, bestand der Einfluss der Ressourcenverwaltung meist in der Bereitstellung ungeeigneter Ausrüstung, der Einfluss der organisatorischen Prozesse meist in der unzureichenden Überwachung/Überprüfung von Ressourcen, Klima und Prozessen durch das Management, während der Einfluss des Organisationsklimas vor allem in der Organisationkultur lag. Tab. 6 fasst alle vorgefundenen Organisatorischen Einflüsse im Detail zusammen.

Tab. 6: Übersicht aller Organisatorischen Einflüsse

Quelle: BFU

Organisatorische Einflüsse	Alle Fälle: 30		Tödliche Fälle: 23	
	Anzahl	Anteil [%]	Anzahl	Anteil [%]
<b>Ressourcenverwaltung</b>	<b>12</b>	<b>40,0</b>	<b>11</b>	<b>47,8</b>
Bereitstellung ungeeigneter Ausrüstung	6	50,0	6	54,5
Schlechte/s Flugzeug-/Flugzeugcockpit-Design/Konstruktion	3	25,0	2	18,2
Hintergrund-Überprüfungen	2	16,7	2	18,2
Versäumnis, bekannte Konstruktionsfehler zu korrigieren	1	8,3	1	9,1
<b>Organisationsklima</b>	<b>6</b>	<b>19,4</b>	<b>4</b>	<b>16,7</b>
Organisationskultur/Unternehmensklima	3	50,0	1	25,0
Sonstige	3	50,0	1	25,0
<b>Organisatorische Prozesse</b>	<b>12</b>	<b>40,0</b>	<b>8</b>	<b>34,8</b>
Überwachung / Überprüfung v. Ressourcen, Klima und Prozessen zur Gewährleistung sicherer Arbeitsumgebung	7	58,3	4	50,0
Verfahren / Anweisungen zu Verfahren	2	16,7	2	25,0
Sonstige	3	25,0	2	25,0

## 2.12 Häufigste Ereigniskategorien und ihre HFACS

Dieses Kapitel betrachtet die häufigsten Ereigniskategorien und ihre ursächlichen, menschliche und beitragenden Faktoren oder Umstände mittels HFACS.

### 2.12.1 Unkontrollierte Fluglage

In der häufigsten Ereigniskategorie, unkontrollierte Fluglage (LOC-I), fand die BFU vor allem Fertigungsfehler (insgesamt: 189) und Verstöße (insgesamt: 79). In 91 % aller 98 Fälle von unkontrollierter Fluglage, war mindestens ein Fertigungsfehler (90 Fälle), in 29 % ein Entscheidungsfehler (28 Fälle) und in 11 % ein Wahrnehmungsfehler (11 Fälle) sowie in 61 % mindestens ein Verstoß (60 Fälle) festzustellen (Abb. 60).

Fehler bei der Steuerung des Flugzeugs im Fluge (69 aller LOC-I-Fälle, 70 %) und Strömungsabriss/Trudeln (67 Fälle, 68 %) traten meist gemeinsam auf. Beide machten mehr als zwei Drittel aller Fertigungsfehler dieser Ereigniskategorie aus, gefolgt von mangelhaftem „Airmanship“ (13 Fälle, 13 %), ausgelassenen Verfahrens- bzw. Checklisten-Schritten (je 8 Fälle, 8 %) sowie Fehlern im visuellen Scannen (7 Fälle, 7 %). Als Entscheidungsfehler (insgesamt: 34) überschritten Piloten meist ihre Fähigkeiten (17 aller LOC-I-Fälle, 17 %) und führten ungeeignete Manöver/Verfahren (6 Fälle, 6 %) durch. Während bei den insgesamt 14 Wahrnehmungsfehlern zumeist Fehler in der visuellen/auditiven Wahrnehmung (7 Fälle, 7 %) von Bedeutung waren.

Als Verstoß stellte die BFU in 37 Fällen (38 % aller LOC-I-Fälle) ein Überschreiten der zugelassenen Betriebsbereiche des Luftfahrzeugs (meist Überladung) fest, darunter 10 (10 %) regelmäßige Verstöße. Außerdem kam es in 19 Fällen (19 %) zu gefährlichen Manövern (Unterschreiten der Sicherheitsmindesthöhe), in 7 Fällen (7 %) zu Betrieb des Luftfahrzeugs mit Mängeln und in je 5 Fällen (5 %) zu Verstößen gegen Anordnungen, Vorschriften, SOPs bzw. zum Eingehen unnötiger Risiken.

In 81 % aller Fälle (80 Fälle) von unkontrollierter Fluglage war zudem eine Sicherheitskritische Vorbedingung gegeben, meist im Bereich des Pilotenzustands (43 aller LOC-I-Fälle, 53 %; Abb. 61). Hierzu zählten vor allem Selbstüberschätzung der Piloten (27 Fälle, 28 %), Stress (11 Fälle, 11 %), Verlust des Situationsbewusstseins (9 Fälle, 9 %) sowie tunnelartige Aufmerksamkeitsverteilung (6 Fälle, 6 %), unzureichende Flugüberwachung/Wachsamkeit und Selbstgefälligkeit (je 5 Fälle, 5 %). Zu den Vorbedingungen der Personellen Faktoren (34 Fälle, 35 %) gehörten vorwiegend mangelnde Flugerfahrung (22 Fälle, 22 %) und Risikobewertung (12 Fälle, 12 %). Sicherheitskritische Aufsicht trat in 25 LOC-I-Fällen (26 % aller LOC-I-Fälle) auf. Am häufigsten war mit 9 Fällen (9 %) der Verlust des aufsichtsrechtlichen

Situationsbewusstseins. Zudem waren in 13 % der Fälle Organisatorische Einflüsse auf der höchsten HFACS Ebene verantwortlich, wie schlechte/s Flugzeug-/Cockpit-Design/Konstruktion oder die Bereitstellung ungeeigneter Ausrüstung.

### 2.12.2 Flugbetrieb in geringer Höhe

In der Ereigniskategorie, Flugbetrieb in geringer Höhe (LALT), kam es meist zu Verstößen und Fertigungsfehlern. In 86 % aller 29 Fälle von Flugbetrieb in geringer Höhe, war mindestens ein Fertigungsfehler (25 Fälle), in 35 % (10 Fälle) ein Entscheidungsfehler (vor allem Überschreiten der eigenen Fähigkeiten) und in 14 % (4 Fälle) ein Wahrnehmungsfehler sowie in 93 % (27 Fälle) mindestens ein Verstoß festzustellen (Abb. 60).

Nicht jeder Flug in geringer Höhe führt zu einem Unfall, allerdings steigt bei Unterschreitung der Sicherheitsmindesthöhe das Risiko, dass schon kleine fliegerische Fehler oder eine weitere fehlende Sicherheitsbarriere die Situation eskalieren lassen. So kann beispielsweise Überziehen in Bodennähe häufig nicht mehr rechtzeitig behoben werden, da der Abstand zum Boden oder zu Hindernissen nicht ausreicht, um wieder Fahrt aufzuholen. Ist das Luftfahrzeug zudem noch falsch beladen oder überstieg das Tiefflug-Manöver ohnehin schon die Fähigkeiten des Piloten, kann Flugbetrieb in geringer Höhe zum Verhängnis werden. Außerdem muss das Rettungsgerät rechtzeitig, d.h. in entsprechender Höhe aktiviert werden, damit es als „Sicherheitsnetz“ fungieren kann. In 86 % aller LALT-Fälle wurde die Mindestflughöhe unterschritten. Bei mindestens 4 dieser Fälle (14 %) lag nachweislich eine Regelmäßigkeit dieser Tiefflug-Manöver vor, beispielsweise durch Videodokumentation oder Radardaten früherer Flüge.

In 93 % aller Fälle von Flugbetrieb in geringer Höhe war zudem mindestens eine Sicherheitskritische Vorbedingung gegeben (27 Fälle), am häufigsten im Bereich des psychischen Pilotenzustands (23 aller LALT-Fälle, 79 %, Abb. 61). In 19 der 29 LALT-Fälle (66 %) trat Selbstüberschätzung der Piloten auf. Zu den 11 Vorbedingungen der Leistungs-/Einsatzbereitschaft (38 %) zählten vor allem unzureichende Erfahrung, Übung oder eine bereits bestehende Gewohnheit mangelnder Risikoeinschätzung. Sicherheitskritische Aufsicht lag in 6 Fällen (21 %) vor, z. B. wiederholt, absichtlich und über längere Zeit in Bodennähe durchgeführte Ausbildungsflüge, die dem Flugschüler ein schlechtes Vorbild gaben und der Ausbildungsbetrieb dies auch nicht abstellte.

### 2.12.3 System-/Bauteilversagen oder -störung

In der Ereigniskategorie, System-/Bauteilversagen oder -störung (SCF-PP und SCF-NP), waren Verstöße (insgesamt: 36) und Fertigungsfehlern (insgesamt: 28) am häufigsten. In 24 (57 %) aller 42 Fälle von Bauteilversagen, war mindestens ein Fertigungsfehler, in 10 (24 %) ein Entscheidungsfehler und in 7 (17 %) ein Wahrnehmungsfehler sowie in 23 (55 %) mindestens ein Verstoß zu finden (Abb. 60).

Fehler bei der Kontrolle des Flugzeugs im Fluge (11 Fälle, 26 %) und Strömungsabriss/Trudeln (10 Fälle, 24 %) machten den Großteil der Fertigungsfehler aus, gefolgt von mangelhaftem „Airmanship“ (8 Fälle, 19 %) und ausgelassenen Verfahrensschritten (8 Fälle, 19 %). Die Verstöße betrafen meist den Betrieb eines Luftfahrzeugs mit Überladung (15 (36 %) der SCF-Fälle) oder mit bekannten Mängeln (6 Fälle, 14 %). In 8 Fällen (19 %) wurde ein Verfahrens-/Checklistenschritt ausgelassen bzw. in 9 Fällen (22 %) war die Überprüfung laut Checkliste unzureichend, wie z.B. das sachgemäße Verschließen der Kabinenhaube/-tür.

Sicherheitskritische Vorbedingungen gab es in 29 Fällen von System-/Bauteilversagen oder -störung (69 % aller SCF-Fälle), mit 57 % vor allem bei den Umweltfaktoren (technologisch 45 %, physikalisch 21 %, Abb. 61), darunter mit 11 Fällen (27 %) meist Wartungsprobleme. Sicherheitskritische Aufsicht lag in 12 SCF-Fällen (29 % aller SCF-Fälle) vor, insbesondere wurde die Aufsichtspflicht verletzt (7 Fälle (17 %)) oder die Aufsicht war unzureichend (5 Fälle (12 %)). Beispielsweise war die professionelle Anleitung/Betreuung von Flugschüler durch Fluglehrer unzureichend und die Einhaltung von Verfahren wurde nicht durchgesetzt. Zudem waren in 29 % der Fälle Organisatorische Einflüsse der höchsten HFACS Ebene beitragend, wie Bereitstellung ungeeigneter Ausrüstung, unzureichende Überwachung/Überprüfung von Ressourcen, Klima und Prozessen sowie schlechte/s Flugzeug-/Cockpit-Design.

### 2.12.4 Luftfahrzeugannäherung/(Beinahe-)Kollision im Flug

In der Ereigniskategorie, Luftfahrzeugannäherung/(Beinahe-)Kollision im Flug (MAC, 19 Fälle, 21 beteiligte Piloten bzw. LSG), kam es meist zu Fertigungsfehlern (insgesamt: 27) und Wahrnehmungsfehlern (insgesamt: 19, Abb. 60). Bei 15 (71 %) aller 21 beteiligten Piloten traten im Rahmen der Annäherung fertigungs-basierte Fehler (Kapitel 2.11.2.1) auf. Bei dem Großteil der Piloten (14 Piloten, 52 %) funktionierte das Prinzip „See and Avoid“ nicht ausreichend. Dazu trugen vor allem mangelhafte Luftraumbeobachtung Stress und Umgebungsfaktoren bei. Wahrnehmungsfehler traten bei 17 der 21 Piloten (81 %) auf. So wurde der Konfliktpartner häufig gar nicht

oder zu spät gesehen, seine Höhe und Bewegungsrichtung falsch eingeschätzt, der warnende Funkspruch nicht gehört oder die Piloten verloren die generelle Orientierung bzw. das Situationsbewusstsein. Bei 7 (33 %) Piloten war mindestens ein Verstoß und bei 6 (29 %) mindestens ein Entscheidungsfehler für das MAC-Ereignis beiträgend.

Sicherheitskritische Vorbedingungen gab es in 19 (91 %) aller MAC-Fälle (Abb. 61). Bei 16 der insgesamt 21 Piloten stellte die BFU mangelhafte Kommunikation zwischen Piloten und anderen Beteiligten als ereignisrelevant fest (76 % Ressourcenmanagement). Dazu gehörten beispielsweise unzureichende bzw. ungenaue Positionsmeldungen der Piloten oder Verkehrsinformationen von Bodenstellen, die zu Missverständnissen führten oder es fand gar keine Kommunikation statt. Bei 15 der Piloten (71 %) wurde der psychische Zustand des Piloten als Sicherheitskritische Vorbedingungen identifiziert, so verloren beispielsweise je 9 Piloten (43 %) ihr Situationsbewusstsein oder zeigten unzureichende Wachsamkeit bei der Flugüberwachung, tunnelartige Aufmerksamkeitsverteilung (4 Piloten, 19 %) oder waren gestresst (3 Piloten, 14 %).

Bei 9 (43 %) der an MAC-Ereignissen beteiligten LSG war mindestens eine Sicherheitskritische Vorbedingung in der physikalischen Umwelt gegeben. Obgleich alle MAC-Ereignisse unter Sichtflugwetterbedingungen (VMC) stattfanden, beeinflusste das Wetter die Wahrnehmung von 5 (24 %) Piloten. Einer dieser LSG-Piloten musste seinen Flugweg wegen lokal schlechten Wetters ändern, bei weiteren 4 Piloten kam es zu Sichtbeeinträchtigungen durch Sonnenblendung. Bei 4 weiteren Piloten (19 %) waren andere Umgebungsbedingungen bei der Wahrnehmung des Konfliktpartners abträglich, wie Sicht einschränkung durch Bewuchs und Hindernisse in geringer Flughöhe, konstruktiv bedingte Sichteinschränkungen beispielsweise bei der Sicht nach oben in einem Schulterdecker oder durch die menschliche Anatomie begrenzte Sichtmöglichkeiten auf ein sich von hinten annäherndes Luftfahrzeug.

Sicherheitskritische Aufsicht bei 6 beteiligten Piloten (29 %) vor. Die Flugleitung spielt bei Annäherungen eine wichtige Rolle, da sie ein mentales Modell des gesamten Verkehrs in Flugplatznähe hat und auf riskante Annäherungen hinweisen kann. Aus verschiedenen Gründen war dies aber nicht immer der Fall oder dem Flugplatz fehlten Verfahren zum Mischbetrieb verschiedener Luftfahrzeugklassen bzw. sie wurden nicht eingehalten. So gab es sogar sicherheitskritische Organisatorische Einflüsse der obersten HFACS Ebene bei 3 Piloten (14 %). In 2 Fällen wurden die Verfahren für Mischflugbetrieb am Flugplatz weder auf Risiken analysiert noch entsprechend angepasst und einmal waren die diesbezüglichen Vereinbarungen unzureichend.



## 2.12.5 Zusammenfassende Übersicht

Zusammenfassend zeigt die HFACS-Analyse der häufigsten Ereigniskategorien, ähnlich wie die Betrachtung aller Fälle, dass Fertigungsfehler und Verstöße den größten Anteil an Sicherheitskritischen Handlungen auf der niedrigsten HFACS-Ebene einnehmen. Abb. 60 stellt die häufigsten Ereigniskategorien mit den entsprechenden Anteilen an Sicherheitskritischen Handlungen und Abb. 61 mit den entsprechenden Anteilen an Sicherheitskritischen Vorbedingungen dar.

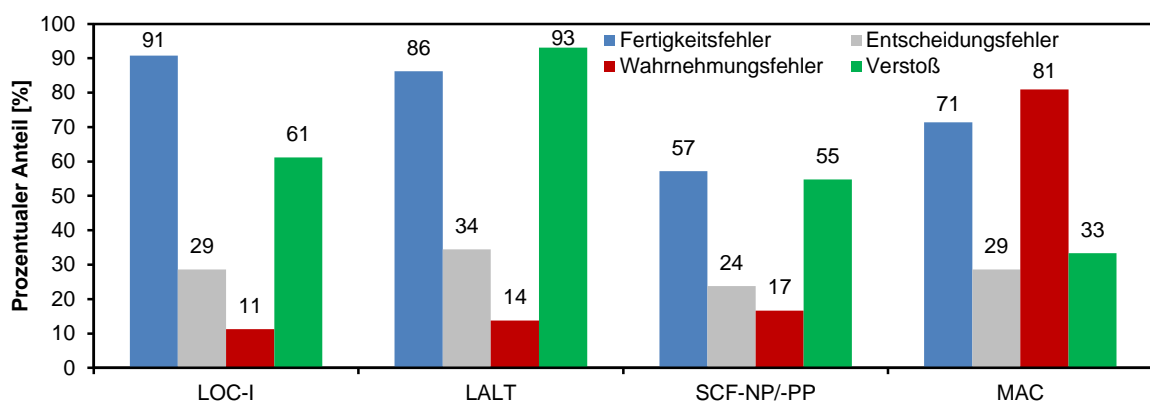


Abb. 60: Fälle mit mindestens einer Sicherheitskritischen Handlung pro Ereigniskategorie

Quelle: BFU

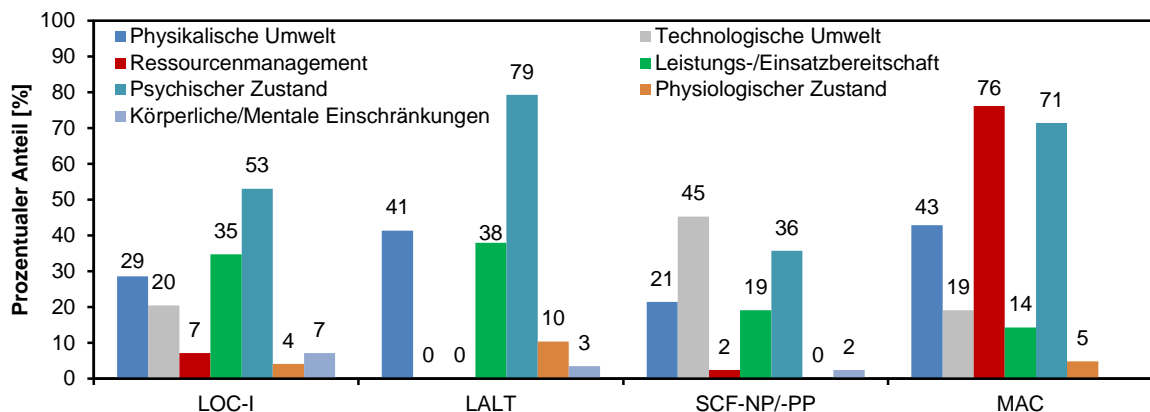


Abb. 61: Fälle mit mindestens einer Sicherheitskritischen Vorbedingung pro Ereigniskategorie

Quelle: BFU

Die in dieser Studie mittels HFACS-Analyse herausgearbeiteten Faktoren zeigen das Zusammenspiel von Human Factors, weiteren Faktoren des Flugbetriebes und der Umwelt bei der Entstehung eines Flugunfalls. Die Studie fand Belege für Sicherheitskritische Handlungen, Vorbedingungen für Sicherheitskritische Handlungen und andere Umstände, die zu Unfällen oder Schweren Störungen

beitragen. Es fanden sich Defizite in der Sicherheitskultur und Hinweise auf ein fehlendes oder mangelhaftes Safety Management System (SMS). Gleichzeitig zeigt die Studie, dass Analysemodelle, wie das HFACS-Modell, das Herausarbeiten von Sicherheitsdefiziten und die Erarbeitung von entsprechenden Sicherheitsmaßnahmen hilfreich unterstützen können.

Die in der Allgemeinen Luftfahrt tätigen Organisationen sollten ihre Bemühungen auf die Entwicklung einer Sicherheitskultur konzentrieren. Dabei sollte ein SMS aufgebaut werden, das der Komplexität und den Möglichkeiten der Allgemeinen Luftfahrt angemessen ist. Ein wesentlicher Faktor für die Akzeptanz bei den Piloten und für die Umsetzung der Sicherheitskultur liegt auch in der Vorbildfunktion der Funktionsträger wie z.B. Fluglehrer, Vereinsvorstände, Luftfahrzeugprüfer und anderer.

### 3. Schlussfolgerungen

Im Rahmen dieser Studie hat die BFU alle über einen Zeitraum von 20 Jahren (2000-2019) untersuchten Unfälle und Schweren Störungen mit LSG (überwiegend aerodynamisch gesteuerte UL) statistisch ausgewertet und mit Hilfe des HFACS-Modells zusätzlich analysiert. Im Ergebnis dieser Studie kommt die BFU zu folgenden Schlussfolgerungen:

#### **Unfallzahlen**

- Die beiden Luftsportverbände, DFV und DHV, erfassten Unfallzahlen und veröffentlichten über Jahre umfangreiche Aktivitäten ihrer Flugsicherheitsarbeit (Vorträge, Statistiken usw.).
- DAeC und DULV führten im betrachteten Zeitraum keine Übersicht über Ereigniszahlen oder die Schwere der ihnen gemeldeten Unfälle und Schweren Störungen in ihrem Zuständigkeitsbereich. Die Verbände werteten die eingegangenen Meldungen weder systematisch aus noch unterschieden sie beispielsweise nach den betroffenen LSG (UL, Tragschrauber usw.). Beiden Verbänden war daher eine faktenbasierte Bewertung des Unfallgeschehens in ihrem Zuständigkeitsbereich nicht möglich.

#### **Bewegungszahlen**

- Der DFV erfasste neben den Unfallzahlen auch die Anzahl der absolvierten Fallschirmsprünge pro Jahr.
- Von den anderen Luftsportverbänden konnte die BFU keine vergleichbaren Bewegungszahlen finden.
- Für den nichtgewerblichen Betrieb von UL errechnete die BFU auf Basis von durch DESTATIS erfassten Bewegungszahlen und der Anzahl der von der BFU untersuchten tödlichen Unfälle eine Unfallrate pro 100 000 Flüge.
- Wie in anderen Bereichen der Allgemeinen Luftfahrt auch, lagen keine Angaben zu den pro Jahr absolvierten Flugstunden mit LSG vor. Zudem war für den untersuchten Zeitraum keine valide Angabe der Gesamtzahl der Unfälle und Schweren Störungen und deren Unterscheidung z. B. nach aerodynamisch oder gewichtskraftgesteuerten UL, Tragschraubern bzw. Ultraleichtschraubern möglich. Daher konnte die BFU keine genaue, auf entsprechende Daten gestützte Berechnung des Unfallrisikos bezogen auf absolvierte Flüge durchführen.

## **Betriebsphasen**

- Die von der BFU untersuchten Unfälle und Schweren Störungen mit LSG ereigneten sich überwiegend in der Phase des Reisefluges sowohl insgesamt als auch bei tödlichen Unfällen, gefolgt von der Startphase (alle Ereignisse) bzw. der Phase des Manövrierens (bei tödlichen Unfällen).

## **Häufige Ereigniskategorien**

- Die Mehrheit der durch die BFU untersuchten Unfälle mit LSG waren Unfälle in der Ereigniskategorie Kontrollverlust während des Fluges (LOC-I), welche auch weltweit als eine der Hochrisikokategorien für tödliche Unfälle gilt.
- Aus den Daten der Studie ergibt sich, dass der Flugbetrieb von LSG in geringer Flughöhe (LALT) ebenfalls ein hohes Unfallrisiko birgt. Im Fall einer unkontrollierten Fluglage besteht die Gefahr, dass diese bis zum Aufprall auf den Boden weder erfolgreich beendet noch das Rettungsgerät rechtzeitig ausgelöst werden kann.
- In der Ereigniskategorie Luftfahrzeugannäherung/(Beinahe-)Kollision im Flug (MAC) zeigten sich auch bei LSG die in der Luftfahrt allgemein bekannten Schwächen des Prinzips „See and Avoid“. Die Verwendung funktionierender Transponder bzw. Kollisionswarngerät trägt wesentlich dazu bei, dass die Flugsicherung und die Piloten rechtzeitig vor drohenden Kollisionen gewarnt werden können.

## **Massenbetrachtungen**

- Die bei den Untersuchungen ermittelten Körpergewichte der Insassen entsprachen im Durchschnitt den Durchschnittswerten von DESTATIS.
- Bei einem durchschnittlichen Gewicht eines deutschen Mannes von 85 kg, wäre ein LSG mit 2 männlichen Insassen bereits ohne Kraftstoff oder Gepäck in 66 % der Fälle überladen.
- Sowohl bei der Herstellung, als auch bei Stück- und Nachprüfung sollte genau auf die Massenbestimmung geachtet werden.
- Die Erhöhung der MTOM auf 600 kg für aerodynamisch gesteuerte UL in der LTF-UL 2019 sollte tatsächlich für die Insassen zur Verfügung stehen und nicht durch den Einbau zusätzlicher „Gadgets“ zunichte gemacht werden.

## **Piloten**

- Die verantwortlichen Piloten der im Rahmen der Studie betrachteten Fälle waren überwiegend männlich. Zwei Drittel waren 50 Jahre oder älter.
- Fast die Hälfte der Piloten verfügte über keine weitere Pilotenlizenz, während über ein Drittel zusätzlich eine Privatpilotenlizenz (PPL) besaß.
- Die Hälfte aller Piloten hatte eine Gesamtflugerfahrung von weniger als 282 h, über ein Viertel (27 %) nur 100 h oder weniger. Die Flugerfahrung auf dem betroffenen Muster des LSG lag bei der Hälfte der Piloten unter 54 h.

## **Rettungsgerät**

- Das Rettungsgerät wurde bei 41 % aller untersuchten, verunfallten LSG ausgelöst.
- In der Hälfte dieser Fälle löste der Pilot das Rettungsgerät aus, meist nach einem Kontrollverlust, Bauteilversagen oder einer Kollision im Fluge. In fast zwei Drittel dieser Fälle traten Komplikationen beim Öffnen der Fallschirmkappe auf, vorwiegend aufgrund einer für die vollständige Öffnung bereits zu geringen Flughöhe bei der Auslösung, oder aufgrund von einbaubedingten Problemen.

## **Gefahren an der Unfallstelle**

- Neben der zunehmenden Verwendung von Bauteilen aus Kohlefaserverbundwerkstoffen in der Konstruktion von LSG und den daraus resultierenden Risiken geht gerade von nicht aktivierten Rettungssystemen eine für Helfer nicht unerhebliche Gefahr aus. Diesen Gefahren sollte weiter mit Informations-, Ausbildungs- und Schutzmaßnahmen begegnet werden.

## **Datenanalyse mittels HFACS-Modells**

- Die Analyse der Unfälle und Schwere Störungen mit LSG in Bezug auf menschliche Faktoren ergab in fast allen Fällen (93 %) mindestens eine Sicherheitskritische Handlung und in drei Viertel aller Fälle (80 %) mindestens eine Vorbedingung für diese Sicherheitskritischen Handlungen. In fast einem Viertel aller Fälle (22 %) wurden mindestens eine Sicherheitskritische Aufsicht sowie in 14 % aller Fälle Organisatorische Einflüsse gefunden. Dies veranschaulicht die bedeutende Rolle, die menschliche Faktoren bei der Entstehung von sicherheitskritischen Bedingungen und Handlungen spielen und wo im Sinne der Flugsicherheit besonderer Handlungsbedarf besteht.

- Maßnahmen zur Förderung der Flugsicherheit für den Bereich der untersuchten LSG sollten schwerpunktmäßig auf eine Reduktion fertigkeitbasierter Fehler, wie Überziehen und anderer Steuerfehler, sowie auf eine Verringerung der Anzahl von Regelverstößen abzielen.

### **Allgemeine Schlüsse und Ausblick**

- Auf Basis der Datenauswertung kommt die BFU zu dem Ergebnis, dass für eine Verringerung der Anzahl tödlicher Unfälle im Bereich der LSG eine Reduzierung der Ereignisse mit Kontrollverlust im Fluge (LOC-I) entscheidend ist. Hierauf sollten aus Sicht der BFU alle in diesem Bereich tätigen Akteure den Schwerpunkt von Flugsicherheitsmaßnahmen legen.
- Die BFU ist der Überzeugung, dass eine Einführung bzw. Fortentwicklung eines speziell auf den Bereich der LSG zugeschnittenen SMS dazu beitragen kann, die Flugsicherheit weiter zu erhöhen.
- Aus Sicht der BFU ist das Ziel einer Verbesserung der Flugsicherheit nur mit zusätzlichen Anstrengungen zur Entwicklung der Sicherheitskultur auf allen Ebenen im Luftsportverband, in der Flugschule, im Verein bis hin zu privaten Haltern zu erreichen.
- Die aus der Erstellung dieser Studie gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen veranlassen die BFU, dieses Konzept fortzuführen.

## 4. Sicherheitsempfehlungen

Die BFU hat im Ergebnis dieser Studie folgende Sicherheitsempfehlungen an das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) gerichtet:

### **Sicherheitsempfehlung Nr. 07/2022**

Zur Entwicklung eines datenbasierten Gefährdungs- und Risikomanagements für den Betrieb von Luftsportgeräten sollte das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) sicherstellen, dass alle beauftragten Luftsportverbände Meldungen über Unfälle und Störungen erfassen, regelmäßig auswerten und veröffentlichen.

### **Sicherheitsempfehlung Nr. 08/2022**

Das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) sollte sicherstellen, dass die beauftragten Luftsportverbände Maßnahmen zur Förderung der Flugsicherheit für den Bereich dieser Luftsportgeräte entwickeln, die zu einer Reduzierung der Anzahl der tödlichen Unfälle führen.

Die Maßnahmen der für Ultraleichtflugzeuge und Tragschrauber zuständigen Luftsportverbände DAeC und DULV sollten unter anderem die folgenden Schwerpunkte beinhalten:

- Reduktion fertigungsbasierter Fehler wie Überziehen und anderer Steuerfehler
- Verringerung der Anzahl von Regelverstößen

### **Sicherheitsempfehlung Nr. 09/2022**

Das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) sollte zur Unterstützung von Rettungskräften bei der Gefahrenabwehr an Unfallstellen von Ultraleichtflugzeugen die Entwicklung eines effektiven Informationssystems fördern.

Mit einem solchen Informationssystem soll erreicht werden, dass Rettungskräfte schneller über spezifische von einem Luftsportgerät ausgehende Gefahren informiert sind und angemessene Schutzmaßnahmen ergreifen können.

Die für das Informationssystem notwendigen musterbezogenen Daten und Informationen sollten durch Luftfahrzeughersteller dem zuständigen Luftsportverband regelmäßig gemeldet und damit das System aktualisiert werden.

Die BFU hat die folgende Sicherheitsempfehlung an das Luftfahrt-Bundesamt herausgegeben:

**Sicherheitsempfehlung Nr. 10/2022**

Das Luftfahrt-Bundesamt (LBA) sollte im Rahmen seiner Aufsichtspflicht über die beauftragten Luftsportverbände sicherstellen, dass diese ein effektives und effizientes Safety Management System einrichten und Maßnahmen zur Förderung der Sicherheitskultur entwickeln.

Untersuchungsführung:

Jens Friedemann, Dr. Susann  
Winkler

Mitwirkung:

Roger Knoll, Frank Stahlkopf

Braunschweig, 18.11.2022



## 5. Anlagen

Anlage 1 Übersicht über die Ereigniskategorien<sup>30</sup>

### **AVIATION OCCURRENCE CATEGORIES**

ABNORMAL RUNWAY CONTACT (ARC)

ABRUPT MANEUVER (AMAN)

AERODROME (ADRM)

AIRPROX/TCAS ALERT/LOSS OF SEPARATION/NEAR MIDAIR  
COLLISIONS/MIDAIR COLLISIONS (MAC)

ATM/CNS (ATM)

BIRD (BIRD)

CABIN SAFETY EVENTS (CABIN)

COLLISION WITH OBSTACLE(S) DURING TAKEOFF AND LANDING (CTOL)

CONTROLLED FLIGHT INTO OR TOWARD TERRAIN (CFIT)

EVACUATION (EVAC)

EXTERNAL LOAD RELATED OCCURRENCES (EXTL)

FIRE/SMOKE (NON-IMPACT) (F-NI)

FIRE/SMOKE (POST-IMPACT) (F-POST)

FUEL RELATED (FUEL)

GLIDER TOWING RELATED EVENTS (GTOW)

GROUND COLLISION (GCOL)

GROUND HANDLING (RAMP)

ICING (ICE)

LOSS OF CONTROL-GROUND (LOC-G)

LOSS OF CONTROL-INFLIGHT (LOC-I)

LOSS OF LIFTING CONDITIONS EN ROUTE (LOLI)

LOW ALTITUDE OPERATIONS (LALT)

---

<sup>30</sup> <https://www.icao.int/SAM/Documents/2017-SSP-GUY/CICTT%20Occurrence%20Category.pdf>

MEDICAL (MED)

NAVIGATION ERRORS (NAV)

OTHER (OTHR)

RUNWAY EXCURSION (RE)

RUNWAY INCURSION (RI)

SECURITY RELATED (SEC)

SYSTEM/COMPONENT FAILURE OR MALFUNCTION (NON-POWERPLANT)  
(SCF-NP)

SYSTEM/COMPONENT FAILURE OR MALFUNCTION (POWERPLANT) (SCF-PP)

TURBULENCE ENCOUNTER (TURB)

UNDERSHOOT/OVERSHOOT (USOS)

UNINTENDED FLIGHT IN IMC (UIMC)

UNKNOWN OR UNDETERMINED (UNK)

WILDLIFE (WILD)

WIND SHEAR OR THUNDERSTORM (WSTRW)