

# Studie

über

Annäherungen und Kollisionen

von Luftfahrzeugen

im deutschen Luftraum

2010 - 2015

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	Seite
<b>Abkürzungen .....</b>	<b>4</b>
<b>Kurzdarstellung .....</b>	<b>7</b>
<b>1. Ausgangssituation .....</b>	<b>8</b>
1.1 Zielsetzung .....	8
1.2 Bestandsaufnahme.....	9
1.2.1 Lufträume.....	9
1.2.2 Luftraumnutzer.....	13
1.2.3 Flugaufkommen .....	15
1.2.4 Sicht- und Instrumentenflug und das Prinzip „See and Avoid“ .....	15
1.2.5 Luftrechtliche Vorgaben zur Kollisionsvermeidung .....	18
1.2.6 Technische Hilfsmittel zur Kollisionsvermeidung .....	25
1.2.7 Flugsicherheitsinformationen der FUS und BFU.....	31
1.2.8 Flugsicherheitsmitteilungen des LBA .....	31
1.3 Meldung und Untersuchung von Ereignissen .....	31
1.3.1 Vorgaben für Meldungen und Klassifizierung von Ereignissen .....	31
1.3.2 Gemeldete Annäherungen und Kollisionen von 2010 bis 2015.....	33
1.3.2.1 Kurzdarstellung der Ereignisse von 2010 bis 2015 .....	36
1.3.2.2 Ausrüstung der Luftfahrzeuge und Verkehrsinformation.....	48
1.4 Bisherige Maßnahmen und Empfehlungen.....	50
1.4.1 Studien und Publikationen zu „See and Avoid“ .....	52
1.4.2 Empfehlungen der Studien und Publikationen .....	53
<b>2. Auswertung.....</b>	<b>57</b>
2.1 Luftraumstruktur und Flugverkehrskontrollverfahren .....	57
2.2 Annäherungen und Kollisionen.....	59
2.3 Prinzip „See and Avoid“ .....	61
2.4 Technische Möglichkeiten zur Kollisionsvermeidung.....	63
2.5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen anderer Publikationen .....	65
<b>3. Schlussfolgerungen .....</b>	<b>66</b>
<b>4. Sicherheitsempfehlungen.....</b>	<b>67</b>

## Abkürzungen

ACAS	Airborne Collision Avoidance System
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance- Broadcast
AMSL	Above Mean Sea Level
AOPA	Aircraft Owners and Pilots Association
ATC	Flugverkehrskontrollstellen
ATSB	Australian Transport Safety Bureau
BA-FVD	Betriebsanweisung Flugverkehrsdienste
BAZL	Bundesamt für Zivilluftfahrt
BEA	Bureau d'Enquêtes et d'Analyses
BEKLAS	Erkennbarkeit von Segelflugzeugen und kleinen motorisierten Luftfahrzeugen
BFU	Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
CAA	Civil Aviation Authority
CAS	Commercial Air Service
CAT	Commercial Air Transport
CS	Certification Specifications
DAeC	Deutscher Aero Club e.V.
DFS	Deutsche Flugsicherung GmbH
DULV	Deutscher Ultraleichtflugverband e.V.
EASA	European Aviation Safety Agency
ECCAIRS	European Coordination Centre for Accident and Incident Reporting Systems
EGAST	European General Aviation Safety Team
EHS	Enhanced Surveillance
FAA	Federal Aviation Administration

FAF	Final Approach Fix
FIUUG	Gesetz über die Untersuchung von Unfällen und Störungen bei dem Betrieb ziviler Luftfahrzeuge
FSAV	Verordnung über die Flugsicherungs-ausrüstung
FUS	Flugunfalluntersuchungsstelle
GA	Allgemeine Luftfahrt / General Aviation
GND	Grund
GPS	Global Positioning System
ICAO	International Civil Aviation Organization
IFR	Instrument Flight Rules / Instrumentenflugregeln
ISM-Band	Industrial, Scientific and Medical - (Frequenz)Band
LBA	Luftfahrt-Bundesamt
LuftVO	Luftverkehrs-Ordnung
NfL	Nachrichten für Luftfahrer
RA	Resolution Advisory
RAFIS	Radar unterstützter Fluginformationsdienst
RMZ	Radio Mandatory Zone
SERA	Standardised European Rules of the Air
SRD-Band	Short Range Devices - (Frequenz)Band
SSR	Secondary Surveillance Radar
STCA	Short Term Conflict Alert
TA	Traffic Advisory
TAS	True Airspeed
TCAS	Traffic Alert and Collision Avoidance System
TMZ	Transponder Mandatory Zone
TSB	Transportation Safety Board of Canada
UAV	Modellflugzeuge und Drohnen



UL                    Ultraleichtflugzeug  
VFR                  Visual Flight Rules / Sichtflugregeln

## Kurzdarstellung

In der Studie wurden Annäherungen und Kollisionen von Luftfahrzeugen, die sich im deutschen Luftraum im Zeitraum 2010 bis 2015 ereigneten, betrachtet. Bei insgesamt 490 der BFU gemeldeten Ereignissen kam es zu 15 Unfällen, 31 Schweren Störungen und acht Störungen mit insgesamt 19 tödlich, zwei schwer und 15 leicht verletzten Personen.

Aufgrund rechtzeitiger Verkehrswarnungen durch die Flugverkehrskontrolle oder durch bordeigene Kollisionswarngeräte und rechtzeitigem Sehen und Ausweichen („See and Avoid“) wurde der Großteil der Meldungen seitens der BFU als ein „nicht weiter untersuchungswürdiges“ Ereignis klassifiziert.

Der Großteil der Schweren Störungen geschah im IFR-VFR-Mischverkehr, der in der heutigen Luftraumstruktur vor allem im Luftraum E stattfindet.

Die Unfälle ereigneten sich im VFR-Reiseflug und im VFR-Platzverkehr.

Bei den Schweren Störungen und Unfällen versagte das Grundprinzip „See and Avoid“.

Im Rahmen der Studie wurden auch zahlreiche ausländische Untersuchungen und Publikationen über Annäherungen und Kollisionen von Luftfahrzeugen einschließlich der daraus resultierenden Empfehlungen ausgewertet.

Es konnte festgestellt werden, dass sich durch die konsequente Nutzung der bereits heute zur Verfügung stehenden technischen Mittel das Kollisionsrisiko in Lufträumen, in denen kontrollierter IFR-Verkehr und unkontrollierter VFR-Verkehr zeitgleich stattfindet, deutlich verringern würde. Ebenfalls könnte die heutige Luftraumstruktur „known“- und „unkown“-Verkehr sicher trennen.

Auch könnte mit entsprechender kompatibler Kollisionswarnausrüstung aller Verkehrsteilnehmer die Kollisionsgefahr im VFR-Reiseflug und im VFR-Platzverkehr, reduziert werden.

Als Ergebnis der Studie gibt die BFU zwei Sicherheitsempfehlungen heraus. Die Sicherheitsempfehlungen beziehen sich auf die Erkennbarkeit eines Konfliktverkehrs, sowohl für die Flugverkehrskontrolle, als auch für bordeigene Kollisionswarngeräte.

# 1. Ausgangssituation

## 1.1 Zielsetzung

Der Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung (BFU) werden seit Jahren Annäherungen von Luftfahrzeugen im deutschen Luftraum gemeldet. Diese Meldungen reichen von Beobachtungen Dritter, über Meldungen involvierter Besatzungsmitglieder oder der Flugverkehrskontrolle bis hin zu meldepflichtigen AIRPROX-Ereignissen.

Neben Annäherungen ereignen sich wiederkehrend Kollisionen von Luftfahrzeugen im Reiseflug und im Platzverkehr, mit zumeist schwerwiegendem Personenschaden.

Aus diesem Grund hat die BFU entschieden, das Thema im Rahmen einer Studie auf Grundlage der Verordnung (EU) Nr. 996/2010 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Untersuchung und Verhütung von Unfällen und Störungen zu betrachten. Inhalt der Studie ist eine Bestandsaufnahme der Rahmenbedingungen und Meldungen, sowie eine Zusammenfassung der Erkenntnisse vergleichbarer Studien und Feststellungen über Sicherheitsdefizite aus Untersuchungen von Unfällen und Schweren Störungen:

- Bestandsaufnahme der Rahmenbedingungen
  - Luftraumstruktur in Deutschland,
  - Nutzer der Lufträume und Flugaufkommen,
  - IFR- und VFR-Flugregeln und das Prinzip "See and Avoid",
  - luftrechtliche Vorgaben zur Kollisionsvermeidung,
  - technische Hilfsmittel zur Kollisionsvermeidung,
  - Flugsicherheitsinformationen der BFU und des LBA,
- Meldungen an die BFU im Zeitraum 2010 bis 2015
- Ergebnisse und Empfehlungen vergleichbarer Studien und Publikationen
- Auswertung
- Empfehlungen



## 1.2 Bestandsaufnahme

Die Gefahr einer ungewollten Annäherung bzw. Kollision von Luftfahrzeugen wurde seit Beginn der Luftfahrt und der Konzentration von mehreren Luftfahrzeugen in einem begrenzten Raum - spätestens seit der ersten erfassten Kollision vom 3. Oktober 1910 während des „Milano Circuito Aereo Internazionale“ - erkannt.

Wie die nachfolgende Übersicht zeigt, wurde stetig mit vielfältigen Maßnahmen, Regeln, Verfahren, Luftraumstrukturen und technischen Lösungen versucht, der Kollisionsgefahr entgegen zu wirken.



Gefahren und entsprechende Maßnahmen zur Kollisionsvermeidung

Quelle: UK AIRPROX Board

### 1.2.1 Lufträume

#### Internationale Regelungen

Die Internationale Zivilluftfahrt-Organisation (International Civil Aviation Organization (ICAO)) hat im Anhang 2 (Rules of the Air) und im Anhang 11 (Air Traffic Services) Richtlinien und Empfehlungen u.a. für eine Luftraumstruktur, für die Flugverkehrskontrolle, für Regelungen des Sicht- und Instrumentenfluges und für Verfahren zur Kollisionsvermeidung herausgegeben.

Die Unterscheidung der Lufträume erfolgt hauptsächlich durch den Umfang der Kontrolle (kontrollierter/unkontrollierter Luftraum) und operationalen Empfehlungen wie Höchstgeschwindigkeit, Mindestsichtweiten (Flug- und Bodensicht), Erdsicht und minimale Wolkenabstände für den Durchflug des jeweiligen Luftraums.

Die Kontrolle der Lufträume soll durch Flugverkehrskontrollstellen (ATC) erfolgen. Diese können, müssen aber nicht, durch Radar unterstützt werden.

APPENDIX 4. ATS AIRSPACE CLASSES — SERVICES PROVIDED AND FLIGHT REQUIREMENTS						
<i>(Chapter 2, 2.6 refers)</i>						
Class	Type of flight	Separation provided	Service provided	Speed limitation*	Radio communication requirement	Subject to an ATC clearance
A	IFR only	All aircraft	Air traffic control service	Not applicable	Continuous two-way	Yes
	IFR	All aircraft	Air traffic control service	Not applicable	Continuous two-way	Yes
B	VFR	All aircraft	Air traffic control service	Not applicable	Continuous two-way	Yes
	IFR	IFR from IFR IFR from VFR	Air traffic control service	Not applicable	Continuous two-way	Yes
C	VFR	VFR from IFR	1) Air traffic control service for separation from IFR; 2) VFR/VFR traffic information (and traffic avoidance advice on request)	250 kt IAS below 3 050 m (10 000 ft) AMSL	Continuous two-way	Yes
	IFR	IFR from IFR	Air traffic control service, traffic information about VFR flights (and traffic avoidance advice on request)	250 kt IAS below 3 050 m (10 000 ft) AMSL	Continuous two-way	Yes
D	VFR	Nil	IFR/VFR and VFR/VFR traffic information (and traffic avoidance advice on request)	250 kt IAS below 3 050 m (10 000 ft) AMSL	Continuous two-way	Yes
	IFR	IFR from IFR	Air traffic control service and, as far as practical, traffic information about VFR flights	250 kt IAS below 3 050 m (10 000 ft) AMSL	Continuous two-way	Yes
E	VFR	Nil	Traffic information as far as practical	250 kt IAS below 3 050 m (10 000 ft) AMSL	No	No
	IFR	IFR from IFR as far as practical	Air traffic advisory service; flight information service	250 kt IAS below 3 050 m (10 000 ft) AMSL	Continuous two-way	No
F	VFR	Nil	Flight information service	250 kt IAS below 3 050 m (10 000 ft) AMSL	No	No
	IFR	Nil	Flight information service	250 kt IAS below 3 050 m (10 000 ft) AMSL	Continuous two-way	No
G	VFR	Nil	Flight information service	250 kt IAS below 3 050 m (10 000 ft) AMSL	No	No

\* When the height of the transition altitude is lower than 3 050 m (10 000 ft) AMSL, FL 100 should be used in lieu of 10 000 ft.

Luftraumklassifizierung nach ICAO

Quelle: Auszug ICAO Anhang 11

## Europäische Regelungen

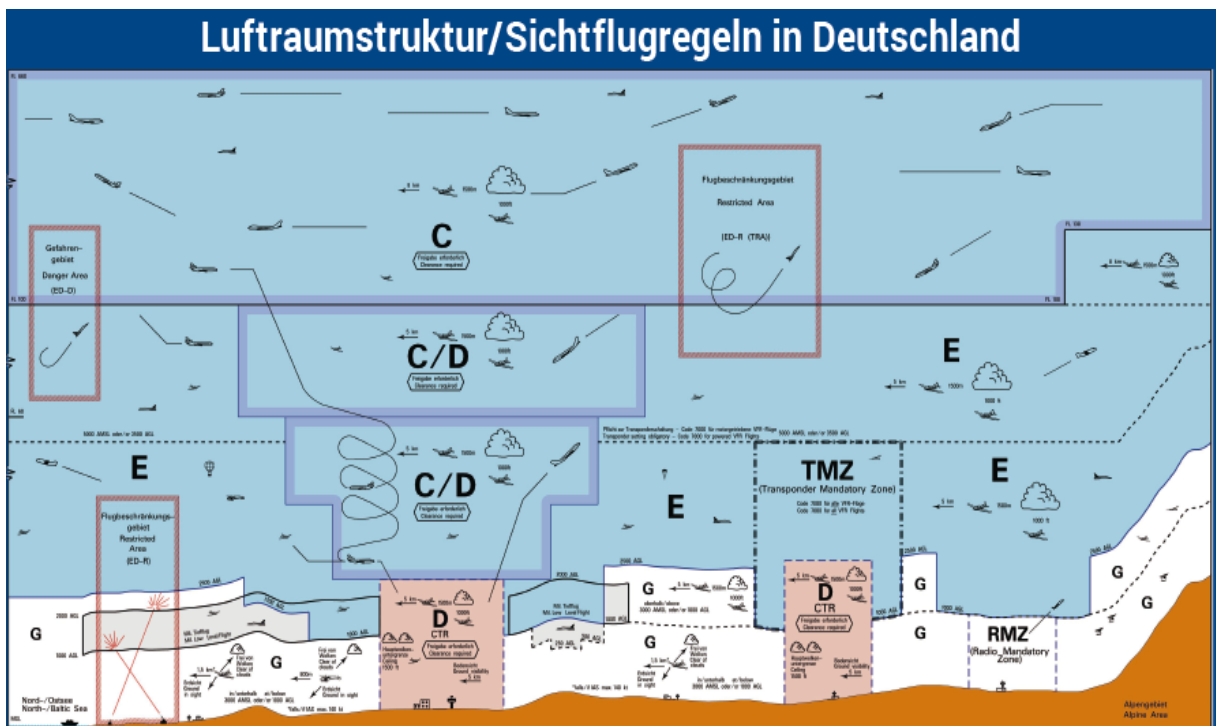
Die Durchführungsverordnung (EU) Nr. 923/2012 der Kommission vom 26. September 2012 zur Festlegung gemeinsamer Luftverkehrsregeln und Betriebsvorschriften legte in Abschnitt 6 des Anhangs und in Anlage 4 eine

europaweit einheitliche Luftraumklassifizierung (Standardised European Rules of the Air (SERA)) fest. Nach in Kraft treten der Durchführungsverordnung zum 5. Dezember 2014 wurden diese Klassifizierungen auch für Deutschland verbindlich.

### Deutsche Regelungen

Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) legt in Deutschland die Luftraumstruktur fest. Die Deutsche Flugsicherung GmbH (DFS) wurde seitens des BMVI beauftragt, die in Zusammenhang mit der Luftraumstruktur anfallenden Aufgaben durchzuführen und in Abstimmung mit dem BMVI die jeweiligen Luftraumänderungen vorzubereiten.

Das BMVI erarbeitete, beginnend ab 1997, einen Luftraumkriterienkatalog, der jährlich fortgeschrieben und überprüft wird. Unter Berücksichtigung der Interessen der verschiedenen Nutzergruppen (gewerbliche Luftfahrt, militärische Luftfahrt, Allgemeine Luftfahrt und Luftsport, Betreiber von Verkehrs- und Regionalflughäfen, Verkehrslandeplätzen, Sonderlandeplätzen und Segelfluggeländen) wurden durch den Luftraumkriterienkatalog allgemeingültige Kriterien zur Einführung, Überarbeitung und Aufhebung von Lufträumen, insbesondere in der Umgebung von Flugplätzen mit IFR-Verkehr, festgelegt.



Luftraumstruktur in Deutschland

Quelle: DFS

Nach Auffassung des BMVI ist die Anzahl der IFR-Starts und Landungen an einem Flugplatz ein maßgebendes Kriterium, um den an- und abfliegenden IFR-Verkehr durch besondere Luftraummaßnahmen zu schützen. Weiterhin beinhaltet die Auffassung, dass sich ein sicherer IFR-VFR-Mischflugbetrieb im Luftraum Klasse E allein nach dem Prinzip „See and Avoid“ bei steigendem Verkehrsaufkommen nicht gewährleisten lässt.

Ausgehend von der Anzahl der jährlichen IFR-Starts und Landungen wurden alle Flugplätze mit IFR-Verkehr in sechs Kategorien eingeteilt und zum Teil besondere Luftraummaßnahmen erlassen.

Kategorie	Anzahl IFR-Starts / Landungen pro Jahr	Luftraummaßnahme
1	< 10.000	Keine, über D (CTR) Luftraum E oder RMZ hinausgehende Maßnahme
2	ca. 10.000 - 30.000	TMZ, ggf. RMZ oder RMZ/TMZ
3	ca. 30.000 - 50.000	Luftraum D (nicht CTR) bis FL 60 und ggf. TMZ, und/oder RMZ von FL60 bis FL 100
4	ca. 50.000 - 100.000	Luftraum C bis FL 60 und Luftraum D (nicht CTR) oder TMZ und/oder RMZ von FL 60 bis FL 100
5	ca. 100.000 - 150.000	Luftraum C bis FL 60 und Luftraum D (nicht CTR) von FL 60 bis FL 100
6	> 150.000	Luftraum C bis FL 100

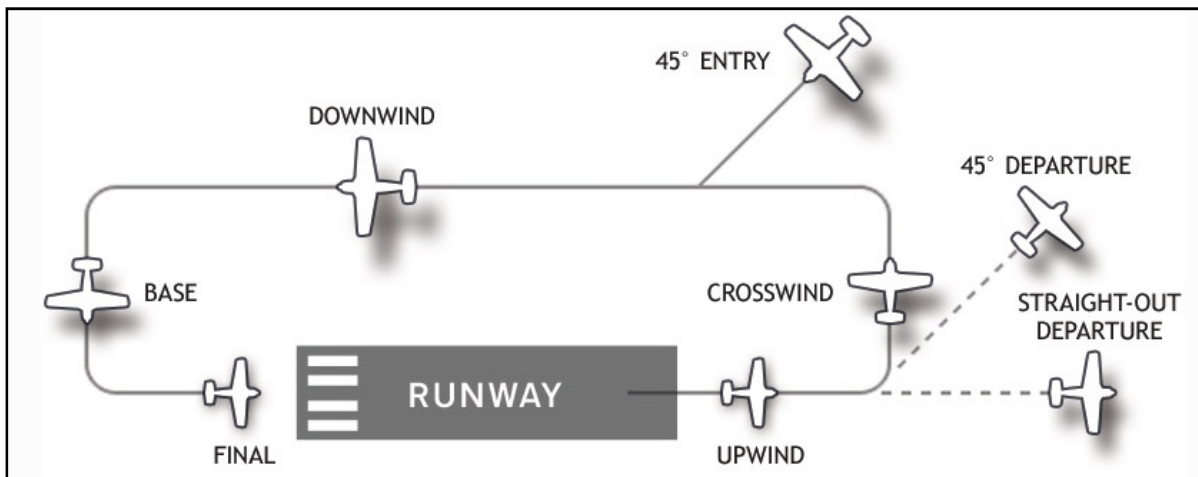
Kriterien der Klassifizierung für Luftraummaßnahmen

Quelle: BMVI

### VFR-Platzverkehr

Die Platzrunde ist ein standardisiertes An- und Abflugverfahren für Flüge nach Sichtflugregeln (VFR). Sie dient z. B. der Einleitung eines sicheren Landeanfluges, aber auch dem Schutz lärmempfindlicher Gebiete rund um den Flugplatz. In Deutschland gibt es spezielle Anflugkarten, auf denen der Flugweg sowie die Flughöhe in der Platzrunde angegeben sind. An Flugplätzen mit gemischtem

Segelflug-, Ultraleichtflug- und Motorflugverkehr existieren häufig mehrere Platzrunden gleichzeitig. Im Ausland gilt meist die Standard-Platzrunde nach ICAO.



Übersicht Standard-Platzrunde

Quelle: FAA

Der Pilot kann von der Platzrunde abweichen, wenn es die sichere Führung des Flugzeuges verlangt (z. B. Konfliktverkehr, Wetterbedingungen, Leistungsvermögen des Flugzeuges).

Platzrunden werden nur bei unkontrollierten Flugplätzen festgelegt und veröffentlicht.

An unkontrollierten Flugplätzen sollte der Pilot eine Positionsmeldung je Platzrundenabschnitt zur Information des an- und abfliegenden Verkehrs und ggf. weiteren Verkehrs in der Platzrunde senden (siehe z.B. Flugunfallinformation V 129 „Richtige Positionsangaben“, FUS, 1995).

## 1.2.2 Luftraumnutzer

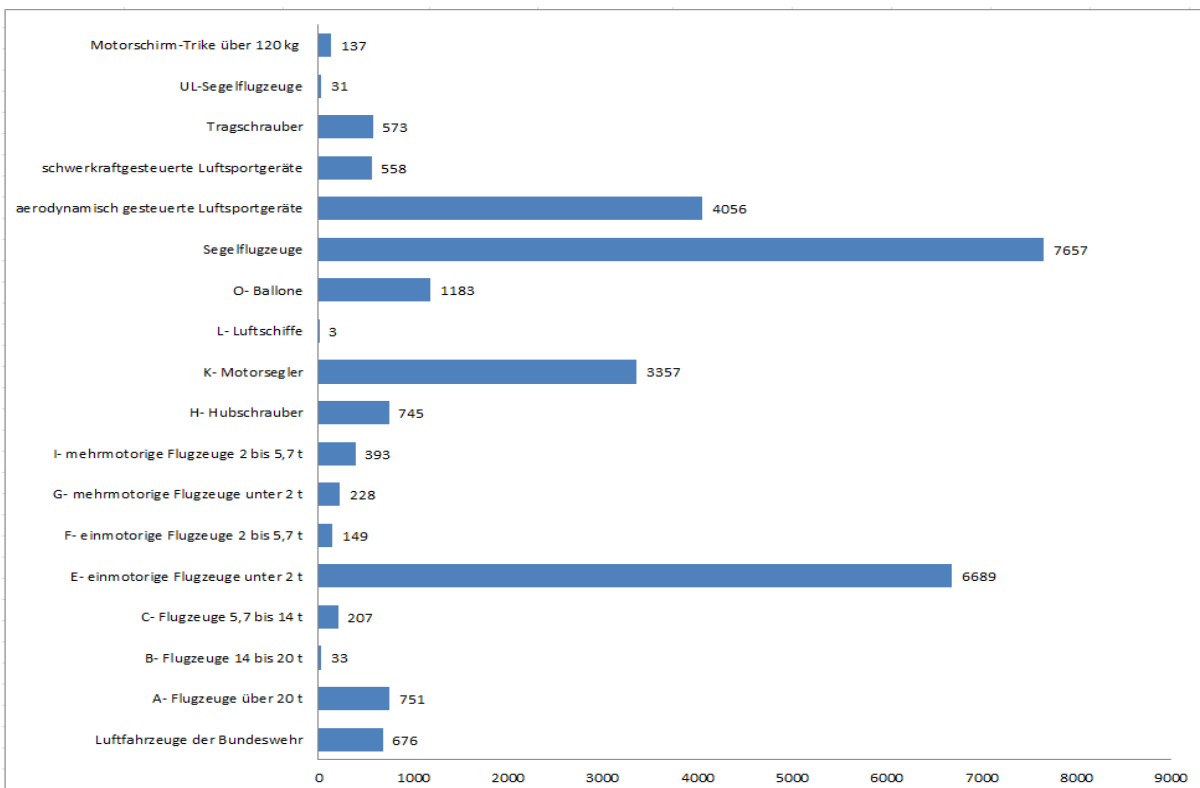
Der Luftraum über Deutschland wird von einer Vielzahl von verschiedenen Nutzern befliegen. Hierbei treffen zum Teil stark abweichende Interessen, Flugleistungsparameter, aber auch finanzielle Möglichkeiten der Halter bzw. Piloten aufeinander.

Im Einzelnen sind dies die gewerbliche Verkehrsfluffahrt für den Personen- und Gütertransport im Liniendienst mit großen Verkehrsflugzeugen (Commercial Air Transport (CAT)), der gewerbliche Flugbetrieb und der sogenannte Werksverkehr im ad-hoc-Einsatz mit Geschäftsreiseflugzeugen (Business Aviation), der gewerbliche Flugbetrieb mit Flugzeugen und Hubschraubern für eine Vielzahl von

Tätigkeitsfeldern (Polizei, Luftrettung, Personentransport, Arbeitsflug, Luftwerbung, Flugausbildung, usw.), die militärische Nutzung und die private Nutzung durch den Luftsport (Allgemeine Luftfahrt). Hinzu kommen der Aufstieg von Wetterballons, Betrieb von Flugmodellen und der Betrieb unbemannter ziviler und militärischer Flugobjekte (Drohnen (UAV)).

Besonders in der Allgemeinen Luftfahrt und im Luftsport ist das Spektrum der Nutzung und der Fluggeräte sehr groß. Es reicht vom IFR-Flugverkehr mit mehrmotorigen Flugzeugen über den VFR-Flugverkehr mit Motorflugzeugen, Segelflugzeugen und Luftsportgeräten aller Art, bis hin zum Fallschirmspringen und Modellflugbetrieb.

Nach Angaben des Luftfahrt-Bundesamt (LBA), des Deutschen Aero Club e.V. (DAeC), des Deutschen Ultraleichtflugverbandes e.V. (DULV) und der Bundeswehr waren in Deutschland im Jahr 2014 insgesamt 21 395 zivile Luftfahrzeuge, 4 087 aerodynamisch gesteuerte Luftsportgeräte, 695 schwerkraftgesteuerte Luftsportgeräte, 548 Tragschrauber und 676 militärische Luftfahrzeuge registriert.



Registrierte Luftfahrzeuge und Luftsportgeräte (2014)

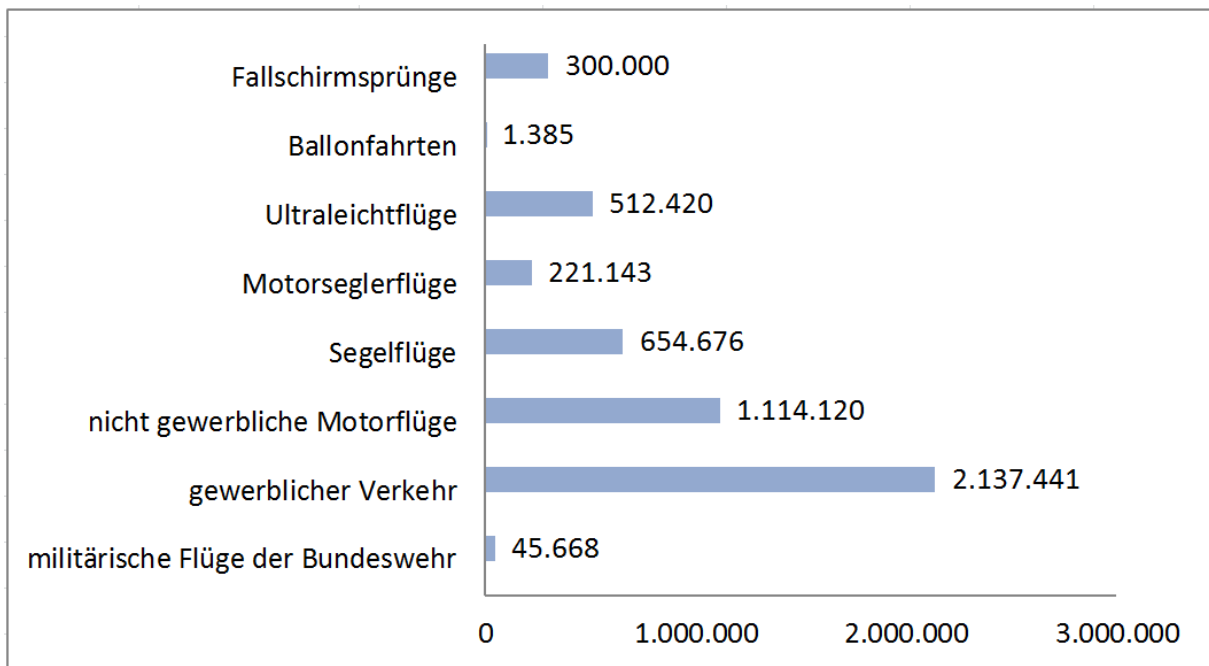
Grafik: BFU

### 1.2.3 Flugaufkommen

Verallgemeinert kann der Luftverkehr in Flüge nach Sichtflug- oder Instrumentenflugregeln und nach gewerblichen oder nichtgewerblichen (privaten) Flügen unterschieden werden.

Nach Angaben des Bundesamts für Statistik, der Bundeswehr und des Deutschen Fallschirmsportverband e.V. wurden im Jahr 2014 ca. 4,6 Millionen Flüge und ca. 300.000 Fallschirmsprünge durchgeführt.

Hinzu kommen zahlenmäßig nicht erfasste unbemannte zivile und militärische Flugobjekte (Wetterballone, Flugmodelle und vermehrt Drohnen (UAVs)).



Flugaufkommen und Fallschirmsprünge (2014)

Grafik: BFU

### 1.2.4 Sicht- und Instrumentenflug und das Prinzip „See and Avoid“

Sichtflug (VFR) wird vor allem in der Allgemeinen Luftfahrt in geringeren Höhen im unkontrolliertem Luftraum G und in den kontrollierten Lufträumen D und E, mit Kleinflugzeugen und Luftsportgeräten durchgeführt, aber auch bei militärischen Tiefflügen. Gewerbsmäßige Flüge mit größeren Verkehrsflugzeugen und die Business-Aviation werden in der Regel als Instrumentenflug (IFR) durchgeführt.

## Sichtflug

Die Grundsätze des Ablaufs von Sichtflügen sind in den sogenannten Sichtflugregeln (Visual Flight Rules (VFR)) festgelegt. Typischerweise findet ein Flug nach Sichtflugregeln statt, ohne dass die Flugverkehrskontrolle eine Staffelung zu anderem Flugverkehr vornimmt. Es gilt das Prinzip „See and Avoid“ („Sehen und Ausweichen“). Folglich ist die Beobachtung des Luftraums eine der wichtigsten Aufgaben des Piloten. Dies gilt insbesondere für den Flugbetrieb im Nahbereich eines Flugplatzes und in der Platzrunde mit erhöhter Verkehrsdichte.

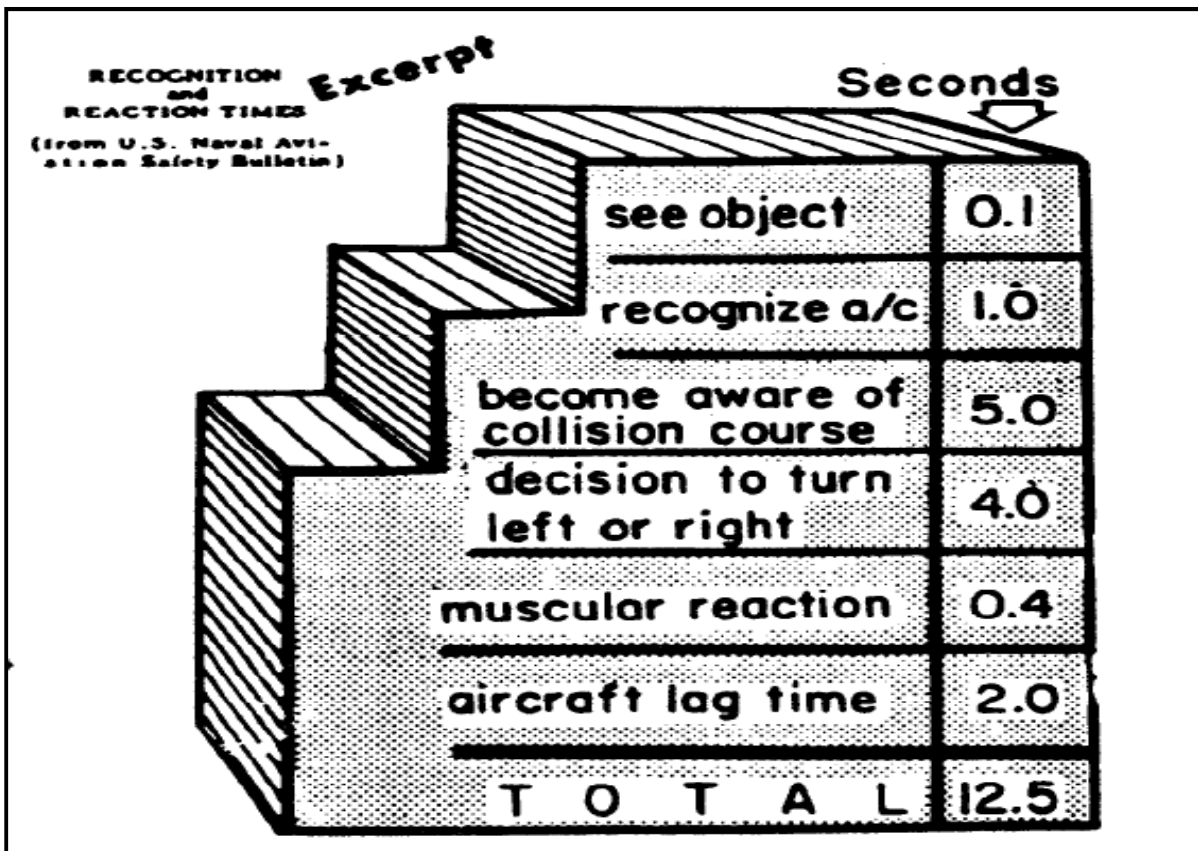
Die FAA definiert "See and Avoid" wie folgt (FAA-Regulation 14 CFR Part 91.113 (b):  
*"When weather conditions permit, regardless of whether an operation is conducted under instrument flight rules or visual flight rules, vigilance shall be maintained by each person operating an aircraft so as to see and avoid other aircraft. When a rule of this section gives another aircraft the right-of-way, the pilot shall give way to that aircraft and may not pass over, under, or ahead of it unless well clear."*

*"See and Avoid" requires the application of: Effective visual scanning, the ability to gather information from radio transmissions from ground stations and other aircraft, Situational Awareness, and the development of good airmanship."*

„See and Avoid“ unterliegt vielfachen Einschränkungen, wie z.B. Helligkeit, Kontraste, konstruktionsbedingte Sichteinschränkungen aus dem Cockpit, Annäherungswinkel und –geschwindigkeiten, persönliche Sehleistung und Reaktionszeit.

Als Beispiel wird hier die Reaktionszeit vom Erkennen einer Annäherung bis zur Ausweichreaktion dargestellt:





Reaktionszeit vom Erkennen bis zur Ausweichbewegung

Quelle: US Navy

## Instrumentenflug

Instrumentenflug ist in Deutschland grundsätzlich nur im kontrollierten Luftraum (Klassen C, D, E) vorgesehen. Für Start und Landung gelten festgelegte An- und Abflugverfahren. An Flugplätzen ohne Flugverkehrskontrolle, umgeben vom unkontrollierten Luftraum G, wurden für vereinzelte IFR An- und Abflüge Gebiete mit Funkkontaktverpflichtung (Radio Mandatory Zone, RMZ) eingerichtet. Die RMZs ersetzen seit dem 11. Dezember 2014 die vormals in Deutschland bestehenden Lufträume F.

## Mischverkehr

In kontrollierten Lufträumen, vor allem in den Lufträumen E und D, kommt es zum Mischverkehr zwischen VFR- und IFR-Verkehr. Hierbei ist zu beachten, dass zwar Fluglotsen den IFR-Verkehr staffeln, jedoch in der Regel nicht IFR- von VFR-Verkehr separieren. Zumal der Flugweg des VFR-Verkehrs im Luftraum E dem Lotsen in aller

Regel nicht bekannt ist und er auch nicht an den Lotsen gemeldet werden muss. Für einen ausreichenden Abstand zu anderen Luftfahrzeugen, die gemäß VFR fliegen, und für die Kollisionsvermeidung ist der Pilot, der nach IFR fliegt ebenso wie der VFR-Pilot, selbst verantwortlich.

Die DFS weist in ihrer Information an IFR-Piloten aus dem Jahr 2016 nochmals darauf hin: *IFR Flüge haben im Luftraum E kein generelles Vorflugrecht! Es gelten die Ausweichregeln gem. LuftVO. Das Vorflugrecht von Segelflugzeugen, Hängegleitern, Gleitsegeln, Ballonen und Schleppverbänden ist zu beachten. Dies gilt nicht nur, wenn der IFR Flug auf Radarführung ist, sondern auch dann, wenn sich der IFR Flug auf einem IFR Verfahren, z.B. einer SID oder STAR befindet. Um eine gefährliche Annäherung (sog. Airprox) zu verhindern, ist von der SID oder der STAR abzuweichen und ATC zu unterrichten.*

### 1.2.5 Luftrechtliche Vorgaben zur Kollisionsvermeidung

Zahlreiche luftrechtliche Vorschriften enthalten Vorgaben, Maßnahmen und Regeln zur Kollisionsvermeidung im Luftverkehr. Folgend werden einige in relevanten Auszügen aufgeführt.

#### **Luftverkehrs-Ordnung**

Basierend auf den Empfehlungen und Richtlinien der ICAO gab in der Vergangenheit (bis Ende 2014) die Luftverkehrs-Ordnung (LuftVO) Regeln für Piloten und den Betrieb jeglicher Luftfahrzeuge in Deutschland vor. Die LuftVO ergänzte das deutsche Luftverkehrsgesetz.

Die LuftVO galt für alle am Luftverkehr teilnehmenden Luftfahrzeuge, auch für Modellflugzeuge und Drohnen (UAVs). Neben den allgemeinen Regeln für Sicht- und Instrumentenflug waren vielfältige Vorgaben unter anderem auch zur Vermeidung von Annäherungen und Kollisionen erlassen worden:

- § 12 Vermeidung von Zusammenstößen
- § 13 Ausweichregeln
- § 14 Wolkenflüge mit Segelflugzeugen und Luftsportgeräten
- § 17 Von Luftfahrzeugen zu führende Lichter
- § 22 Flugbetrieb auf einem Flugplatz und in dessen Umgebung
- § 26b Standortmeldungen

- § 28 Flüge nach Sichtflugregeln in den Lufträumen mit der Klassifizierung B bis G
- § 32 Flüge nach Sichtflugregeln über Wolkendecken
- Anlage 3 (zu §§ 31 und 37) Halbkreis-Flughöhen
- Anlage 4 (zu § 10 Abs. 2 LuftVO) Luftraumklassifizierung und Flugverkehrsdienste

### **Durchführungsverordnung (EU) Nr. 923/2012**

Aufgrund der europäischen Harmonisierung der luftrechtlichen Vorgaben gilt heute die Durchführungsverordnung (EU) Nr. 923/2012. Damit wurden Teile der LuftVO ersetzt und mit Wirkung zum 6. November 2015 geändert. In Bezug auf die Vermeidung von Zusammenstößen wurden folgende Regelungen erlassen:

#### *SERA.3201 Allgemeines*

*Die Bestimmungen dieser Verordnung entheben den verantwortlichen Piloten eines Luftfahrzeugs nicht von seiner Verpflichtung, Maßnahmen zur Vermeidung eines Zusammenstoßes zu ergreifen, einschließlich Ausweichmanövern zur Vermeidung von Zusammenstößen, die auf Ausweichempfehlungen eines Kollisionsverhütungssystems beruhen*

- *SERA.3205 Annäherung*
- *SERA.3210 Ausweichregeln*
- *SERA.3215 Von Luftfahrzeugen zu führende Lichter*
- *SERA.3225 Flugbetrieb auf einem Flugplatz und in dessen Umgebung*
- *SERA.5005 Sichtflugregeln*
- *SERA.6001 Klassifizierung der Lufträume*
- *SERA.6005 Anforderungen an die Kommunikation und an SSR-Transponder*
- *Zone mit Funkkommunikationspflicht (RMZ)*
- *Zone mit Transponderpflicht (TMZ)*
- *SERA.7001 Allgemeines — Aufgaben der Flugverkehrsdienste*
- *Die Aufgaben der Flugverkehrsdienste sind: a) Vermeidung von Zusammenstößen zwischen Luftfahrzeugen; [...]*

- SERA.8005 Betrieb des Flugverkehrskontrolldienstes

*Die von Flugverkehrskontrollstellen erteilten Freigaben haben eine Staffelung zu gewährleisten 1. zwischen allen Flügen in Lufträumen der Klassen A und B; 2. zwischen Flügen nach Instrumentenflugregeln in Lufträumen der Klassen C, D und E; 3. zwischen Flügen nach Instrumentenflugregeln und Flügen nach Sichtflugregeln in Lufträumen der Klasse C; 4. zwischen Flügen nach Instrumentenflugregeln und Sonderflügen nach Sichtflugregeln; 5. zwischen Sonderflügen nach Sichtflugregeln, sofern von der zuständigen Behörde nichts anderes vorgeschrieben ist; als Ausnahme davon kann auf Anforderung des Piloten eines Luftfahrzeugs und mit Zustimmung des Piloten des anderen Luftfahrzeugs und vorbehaltlich dementsprechender Vorschriften der zuständigen Behörde für die in Buchstabe b aufgeführten Fälle in Lufträumen der Klassen D und E eine Freigabe für einen Flug erteilt werden, sofern bei diesem eine eigene Staffelung für einen bestimmten Teil des Flugs unter 3 050 m (10 000 ft) während des Steig- oder Sinkflugs am Tag unter Sichtwetterbedingungen beibehalten wird.*
- SERA.8010 Staffelungsmindestwerte
- SERA.8025 Standortmeldungen
- SERA.9005 Umfang des Fluginformationsdienstes

*b) Der für Flüge erbrachte Fluginformationsdienst muss zusätzlich zu den in Buchstabe a genannten Informationen die Bereitstellung von Informationen über Folgendes einschließen: [...] 2. Kollisionsgefahren für Luftfahrzeuge, die in Lufträumen der Klassen C, D, E, F und G betrieben werden [...]*
- Anlage 3 Tabelle der Reiseflughöhen

## **Verordnung über die Flugsicherungs-ausrüstung der Luftfahrzeuge (FSAV)**

### **§ 3 Flugsicherungs-ausrüstung für Flüge nach Instrumentenflugregeln**

*[...] 4. einem Sekundärradar-Antwortgerät (Transponder), das für den Abfragemodus A mit 4 096 Antwortcodes und für den Abfragemodus C mit automatischer Höhenübermittlung ausgestattet ist. Spätestens ab dem 31. März 2004 für neue Luftfahrzeuge und ab dem 31. März 2005 für alle Luftfahrzeuge ist die Mode-S-Technik gemäß dem gültigen internationalen Standard (mindestens Level 2 mit SI Code und Elementary Surveillance ELS Funktionalität) erforderlich. Für alle*

*Luftfahrzeuge, die eine höchstzulässige Startmasse von mehr als 5.700 Kilogramm aufweisen oder mit einer wahren Eigengeschwindigkeit (True Airspeed, TAS) von mehr als 250 Knoten betrieben werden, ist ab dem 31. März 2007 zusätzlich die Funktionalität Enhanced Surveillance (EHS) gefordert; [...]*

*7. einem Kollisionsschutzsystem (Airborne Collision Avoidance System - ACAS II) gemäß dem gültigen internationalen Standard (mindestens TCAS II mit Software Change 7), soweit es sich um turbinengetriebene Flugzeuge mit mehr als 30 Sitzplätzen oder mit einer höchstzulässigen Startmasse von mehr als 15.000 Kilogramm handelt. Ab 1. Januar 2005 gilt dies auch für turbinengetriebene Flugzeuge mit mehr als 19 Sitzplätzen oder mit einer höchstzulässigen Startmasse von mehr als 5.700 Kilogramm.*

#### *§ 4 Flugsicherungs-ausrüstung für Flüge nach Sichtflugregeln*

*[...] (5) Für folgende Flüge nach Sichtflugregeln müssen Luftfahrzeuge mit einem Sekundärradar-Antwortgerät (Transponder) ausgerüstet sein:*

- 1. Flüge in Lufträumen der Klassen C sowie D (nicht Kontrollzone),*
- 2. Flüge in Lufträumen mit vorgeschriebener Transponderschaltung (Transponder Mandatory Zone - TMZ),*
- 3. Flüge bei Nacht im kontrollierten Luftraum,*
- 4. Flüge mit motorgetriebenen Luftfahrzeugen, ausgenommen in der Betriebsart Segelflug, oberhalb 5 000 Fuß über NN oder oberhalb einer Höhe von 3 500 Fuß über Grund, wobei jeweils der höhere Wert maßgebend ist.*

#### **Durchführungsverordnung (EU) Nr. 1207/2011 und Durchführungsverordnung (EU) Nr. 1028/2014 der Kommission vom 26. September 2014 zur Änderung der Durchführungsverordnung (EU) Nr. 1207/2011**

*Festlegung der Anforderungen an die Leistung und die Interoperabilität der Überwachung im einheitlichen europäischen Luftraum.*

*Artikel 1, Gegenstand: In dieser Verordnung werden Anforderungen an die Systeme, die zur Bereitstellung von Überwachungsdaten beitragen, ihre Komponenten und zugehörigen Verfahren festgelegt, um die Harmonisierung der Leistung, die Interoperabilität und die Effizienz dieser Systeme innerhalb des europäischen Flugverkehrsmanagementnetzes sowie für Zwecke der zivil-militärischen Koordinierung zu gewährleisten.*

## **Betriebsanweisung Flugverkehrsdienste (BA-FVD), Auszüge:**

### *212 AUFGABEN DER FLUGSICHERUNGSDIENSTE*

#### *212.1 Die Aufgaben der Flugverkehrsdienste sind:*

- .11 Vermeidung von Zusammenstößen zwischen Luftfahrzeugen;*

### *213 ZUSTÄNDIGKEITEN*

- .11 Der Flugverkehrskontrolldienst ist zu erbringen für:*

- .111 alle Flüge nach Instrumentenflugregeln in Lufträumen der Klassen A, B, C, D und E;*

- .112 alle Flüge nach Sichtflugregeln in Lufträumen der Klasse B, C und D;*

- .113 alle Sonderflüge nach Sichtflugregeln;*

- .114 den gesamten Flugplatzverkehr auf kontrollierten Flugplätzen.*

*213.3 Für die Kontrolle aller Luftfahrzeuge innerhalb eines bestimmten Luftraumes (Zuständigkeitsbereich / Kontrollsektor) ist jeweils nur eine Flugverkehrskontrolstelle verantwortlich. Die Kontrolle über ein Luftfahrzeug oder mehrere Luftfahrzeuge kann jedoch einer anderen Flugverkehrskontrolstelle übertragen werden, wenn dies zwischen den Beteiligten koordiniert wurde.*

### *328 STAFFELUNG BEI WIRBELSCHLEPPEN*

*328.4 In den Fällen, in denen die Flugverkehrskontrolle keinen Einfluss auf die Führung des Luftfahrzeugs nimmt (z.B. VFR-Flüge), sind - soweit möglich - Hinweise auf eventuelle Gefahren, die von anderen Luftfahrzeugen ausgehen können, zu erteilen :*

- .41 Durch Angabe des Luftfahrzeugmusters, des Standorts und ggf. der Flughöhe, z.B. wenn sich das nachfolgende Luftfahrzeug in der Platzrunde befindet und als Landenummer 2 vorgesehen ist;*

*oder*

- .42 durch die Sprechgruppe VORSICHT WIRBELSCHLEPPEN, z.B. wenn ein Luftfahrzeug hinter einem Luftfahrzeug der höheren Gewichtsklasse startet.*

### *428 ACAS / TCAS VERFAHREN*

*428.1 Die Verfahren zur Durchführung der Flugverkehrskontrolle für Luftfahrzeuge mit ACAS / TCAS sind die gleichen wie für Luftfahrzeuge ohne ACAS / TCAS.*

*Insbesondere die Kollisionsvermeidung, die Herstellung einer angemessenen Staffelung und die Information, die eventuell im Hinblick auf Konfliktverkehr und mögliche Ausweichbewegungen zur Verfügung gestellt werden, entsprechen den normalen Flugsicherungsverfahren und dürfen die von der ACAS/TCAS-Ausrüstung abhängigen Fähigkeiten des Luftfahrzeugs nicht einbeziehen.*

#### **428.3 Verfahren:**

*.31 Der Lotse sollte damit rechnen, dass im Falle einer ACAS/TCAS Ausweichempfehlung (RA) der Luftfahrzeugführer dieser RA unverzüglich zu folgen und diese wie vorgegeben auszuführen hat, es sei denn, dadurch würde die Sicherheit des Luftfahrzeuges gefährdet.*

*.32 Wenn ein Luftfahrzeugführer ein durch eine ACAS/TCAS-Ausweichempfehlung (RA) bedingtes Manöver meldet:*

*.321 darf der Lotse nicht versuchen, den Flugweg eines Luftfahrzeuges zu ändern, das auf eine Ausweichempfehlung reagiert;*

*.322 darf der Lotse dem betreffenden Luftfahrzeug solange keine Freigabe oder Anweisung erteilen, bis der Luftfahrzeugführer meldet, dass er zu den Bedingungen der zugewiesenen Freigabe oder Anweisung zurückkehrt;*

*.323 hat der Lotse dies durch Verwendung des Ausdrucks ROGER zu bestätigen;  
und*

*.324 sollte Verkehrsinformationen erteilen, wenn dies als notwendig erachtet wird.*

#### **430 STAFFELUNG**

##### **431 ALLGEMEINE VERFAHREN**

**431.2 Die von Flugverkehrskontrollstellen erteilten Freigaben haben eine Staffelung zu gewährleisten:**

*a) zwischen allen Flügen in Lufträumen der Klassen A und B;*

*b) zwischen Flügen nach Instrumentenflugregeln in Lufträumen der Klassen C, D und E;*

*c) zwischen Flügen nach Instrumentenflugregeln und Flügen nach Sichtflugregeln in Lufträumen der Klasse C;*

d) zwischen Flügen nach Instrumentenflugregeln und Sonderflügen nach Sichtflugregeln;

e) zwischen Sonderflügen nach Sichtflugregeln.

#### 473 VFR-FLÜGE IM LUFTRAUM DER KLASSE C UNTER FL 100 SOWIE IM LUFTRAUM DER KLASSE D (nicht Kontrollzone)

473.4 VFR-Flügen im Luftraum der Klasse C sind zu erteilen:

.41 Verkehrsinformationen über VFR-Flüge

und

.42 Ausweichempfehlungen auf Anfrage.

473.5 VFR-Flügen im Luftraum der Klasse D (nicht Kontrollzone) sind zu erteilen:

.51 Verkehrsinformationen über IFR-Flüge

und

.52 Verkehrsinformationen über VFR-Flüge.

#### 513 RADARFLUGINFORMATIONSDIENST

513.1 Durch Radar unterstützter Fluginformationsdienst (RAFIS) für militärische Flüge nach Sichtflugregeln. [...]

513.3 Neben den Tätigkeiten des allgemeinen Fluginformationsdienstes hat RAFIS folgende zusätzliche Tätigkeiten durchzuführen: [...]

.32 Verkehrsinformationen sind zu erteilen, wenn die Gefahr eines Zusammenstoßes entstehen könnte;

.33 Ausweichempfehlungen sind zu erteilen, wenn der Luftfahrzeugführer den gemeldeten Verkehr nicht in Sicht hat;

#### 541 VERKEHRSINFORMATIONEN AUFGRUND VON RADARINFORMATIONEN

541.1 Im Rahmen des Fluginformationsdienstes sollen, soweit möglich, Verkehrsinformationen verbreitet werden. [...]

Anmerkung 1: Dies gilt auch in Lufträumen, in denen grundsätzlich nicht mit unbekanntem Flügen zu rechnen ist.

541.2 Verkehrsinformationen aufgrund von Radarinformationen sind genau und anschaulich zu verbreiten. Sie sollen enthalten:



- .21 Eine kurze Beschreibung des betreffenden Flugziels;*
- .22 Azimut des Flugziels nach Uhrzeigerstellung;*
- .23 Entfernung des Flugziels;*
- .24 allgemeine Richtung, in die sich das Flugziel bewegt;*
- .25 weitere Angaben, falls bekannt oder erkennbar.*

*541.3 Einem Luftfahrzeugführer können Ausweichmaßnahmen vorgeschlagen werden. Hierbei sind grundsätzlich die Ausweichregeln zu beachten.*

### **Unbemannte Luftfahrzeuge, Drohnen**

Für den Betrieb von Drohnen im deutschen Luftraum wurden von Seiten des BMVI und der DFS luftrechtliche Regelungen und Hinweise u.a. zum Schutz vor Annäherungen und Kollisionen mit bemannten Luftfahrzeugen veröffentlicht:

- NfL I 281 / 13
- NfL 1-437-15
- Kurzinformation des BMVI über die Nutzung von unbemannten Luftfahrtsystemen, 2014
- Information der DFS zu Flugmodellen und Drohnen, 2015

Die EASA erarbeitet derzeit europaweit geltende luftrechtliche Vorgaben für den Betrieb von Drohnen ('Prototype' Commission Regulation on Unmanned Aircraft Operations, Stand 22.08.2016). Eine EASA 'Drone Collision'-Task Force wurde eingerichtet. Diese veröffentlichte am 04.10.2016 einen Final Report bzgl. der möglichen Gefahren einer Kollision mit einer Drohne und den möglichen Auswirkungen auf die Lufttüchtigkeit eines Luftfahrzeugs.

### **1.2.6 Technische Hilfsmittel zur Kollisionsvermeidung**

#### **Radar und Transponder**

Für Verkehrsinformationen und Verkehrslenkung stützt sich die deutsche Flugverkehrskontrolle heutzutage im Wesentlichen auf Sekundärradarinformationen und den Empfang von Transpondersignalen. Zur Kollisionsvermeidung sind die Center der DFS mit einem bodenseitigen Konfliktwarnsystem (short term conflict alert, STCA) ausgerüstet. Es ermittelt auf Basis der aus Sekundärradardaten

erzeugten Flugspuren (tracks) bevorstehende oder bestehende Konfliktsituationen zwischen zwei Luftfahrzeugen. Von STCA generierte Warnungen werden an den Lotsenarbeitsplätzen optisch und akustisch ausgegeben.

Primär-Radaranlagen finden heutzutage in der deutschen zivilen Flugverkehrskontrolle nahezu keine Anwendung mehr. Flugzielerkennung bedarf daher der Aussendung eines Transpondersignals.

Funktionsweise, Auszug BEKLAS-Studie, 2004:

*Das Primär-Radar („nicht-kooperativ“) sendet Radarstrahlen aus und wertet die von Objekten reflektierten Strahlen aus. Damit werden (fast) alle Objekte im Beobachtungsvolumen erfasst. Allerdings werden zunächst auch stehende Objekte wie Berge oder Häuser dargestellt. Um diese zu unterdrücken, werden beim Eintreffen der reflektierten Signale mit Hilfe der Doppler-Verschiebung bewegte Ziele herausgefiltert und nur diese dem Fluglotsen auf seinem Radarschirm dargestellt.*

*Die zweite Variante ist das Sekundärradar („Secondary Surveillance Radar“, SSR; „kooperativ“). Dieses arbeitet in Kombination mit dem Primärradar, sendet aber aktiv Abfragen auf einem speziellen Abfragekanal (1 030 MHz) in das Beobachtungsvolumen mit aus. Diese „Abfragen“ können von Transpondern an Bord von Luftfahrzeugen empfangen werden. Diese Transponder antworten auf die Abfrage auf einem zweiten, dem Antwortkanal (1 090 MHz).*

*Es gibt verschiedene Transponder-Modi. Mode S zeichnet sich dadurch aus, dass jeder Transponder eine weltweit einmalige 24-Bit-Adresse bekommt. Damit sind knapp 17 Millionen unterschiedliche Adressen möglich. Weiterhin ist ein großer Vorteil der Mode S - Technologie, dass außer der Transponder-Kennung und der Höhe des Flugzeuges weitere Daten übertragen werden können.*

Mehrere Hersteller haben Transponder inklusive ADS-B Abstrahlung entwickelt, die aufgrund ihres geringen Gewichts und der geringen Stromaufnahme für Segelflugzeuge mit Batteriebetrieb geeignet sind.

### **Airborne Collision Avoidance System (ACAS)**

Turbinengetriebene Flugzeuge mit mehr als 19 Sitzplätzen oder mit einer höchstzulässigen Startmasse von mehr als 5 700 Kilogramm müssen seit 2005 mit einem Kollisionsschutzsystem (Airborne Collision Avoidance System) ausgerüstet sein.

Funktionsweise, Auszug BEKLAS-Studie 2004:

*Das Grundprinzip der ACAS-Geräte besteht darin, dass von dem System benachbarte Flugzeuge, die mit Sekundärradar-Transpondern ausgerüstet sind, verfolgt werden. Es ist also ebenfalls ein sog. „kooperatives System“. Die Transponder werden ungefähr sekundlich abgefragt, so dass sich aus der Abfrage-Antwort-Laufzeit die Schrägentfernung und aus dem Antwortinhalt die barometrische Höhe des abgefragten Flugzeuges ergibt. Das System schätzt die Entwicklung einer Situation ab und gibt dem Piloten eine Verkehrsanzeige („Traffic Advisory“, TA) oder Ausweichempfehlung („Resolution Advisory“, RA).*

### **Traffic Alert and Collision Avoidance System (TCAS)**

*Das US-System TCAS ist das einzige derzeit auf dem Markt verfügbare Airborne Collision Avoidance System.*

*Es existieren eine Reihe von Revisionen des TCAS-Systems:*

*TCAS I: Dieses Gerät gibt dem Piloten eine Verkehrsanzeige aus, die ihn bei der Sichtentdeckung unterstützen soll. Die Reichweite liegt bei ca. 6 NM.*

*TCAS II: Im Gegensatz zu TCAS I gibt dieses System nicht nur eine Verkehrsanzeige aus, sondern zusätzlich vertikale Ausweichempfehlungen. Ist an Bord beider beteiligten Luftfahrzeuge TCAS vorhanden, werden die Ausweichempfehlungen über die eindeutige Kennung der Mode S - Transponder koordiniert*

*TCAS III: Zusätzlich werden auch horizontale Ausweichempfehlungen gegeben. Es wird ebenfalls ein Mode S - Transponder benötigt.*

*Research conducted by the Lincoln Laboratory during traffic alert and collision avoidance system (TCAS) flight testing showed that a pilot alerted to the presence of other aircraft visually acquired the other aircraft in 57 of 66 cases; the median range of visual acquisition was 1.4 nautical miles (nm). In cases where the pilot was not alerted to the presence of the other aircraft, visual acquisition of the other aircraft was achieved in only 36 of 64 encounters; in the successful encounters, the median acquisition range dropped to 0.99 nm. These studies showed that verbal guidance as to where to look increased the acquisition probability for the pilots and found that a pilot who had been alerted to the presence of another aircraft was eight times more likely to see the aircraft than was a pilot who had not been alerted.*

## **Automatic Dependent Surveillance - Broadcast (ADS-B)**

Automatic Dependent Surveillance - Broadcast (ADS-B) ist ein kooperatives System, bei dem jedes beteiligte Luftfahrzeug halbsekündlich auf 1 090 MHz GPS-basiert digitale Daten versendet. Diese Daten können sowohl von entsprechenden Bodenstationen (z.B. ATC) als auch von anderen beteiligten Luftfahrzeugen empfangen werden. Mit entsprechenden Anzeigegeräten im Cockpit können u.a. ähnlich einem TCAS Verkehrsinformationen und Ausweichempfehlungen generiert werden.

*FreeFlight Systems: With ADS-B, the Air Traffic Control (ATC) system becomes a giant wireless network where aircraft are the "clients" and ground stations are wireless access points. Each aircraft equipped with the required WAAS GPS and an ADS-B datalink radio that automatically shares its precise position with ATC and other aircraft, and "sees" nearby traffic via the network. The network also can share weather and other data with aircraft equipped with an optional ADS-B receiver.*

In mehreren Ländern (z.B. Amerika, Australien, Kanada, Europa) basiert die zukünftige Verkehrsüberwachung und Verkehrslenkung (NextGen) auf der ADS-B Technologie.

## **FLARM**

FLARM-Kollisionsvermeidungssysteme werden seit 2004 vertrieben. Diese Geräte wurden ursprünglich für Segel- und Gleitflugzeuge entwickelt, finden heute aber auch in anderen Bereichen der Allgemeinen Luftfahrt Anwendung. Nach Angaben des Herstellers sind heute weltweit mehr als 25 000 FLARM-Geräte im Einsatz.

FLARM beruht auf dem kooperativen Austausch digitaler Daten über Funk, ähnlich wie ADS-B. FLARM-Geräte bestimmen die eigene Position und erstellen eine Prädiktion über den zukünftigen Flugweg. Dieser wird über einen digitalen, verschlüsselten Funkkanal ausgestrahlt. Die verwendete Frequenz liegt im lizenzfreien SRD- bzw. ISM-Band. Zueinander nahe FLARM-Geräte empfangen diese Daten und vergleichen die Flugwege hinsichtlich gefährlicher Annäherungen. Bei einem Zusammenstoßrisiko wird in beiden Flugzeugen gewarnt. Zusätzlich zur Verhinderung von Kollisionen zwischen Flugzeugen kann FLARM auch vor Hindernissen warnen. Neuere FLARM-Geräte, die auf der PowerFLARM-Technologie basieren, beinhalten optional einen ADS-B- und Transponder-Empfänger (SSR) Mode-C/S.

FLARM ist nicht kompatibel mit TCAS, d.h. es werden keine Luftfahrzeuge mit FLARM-Aussendung auf Kollisionswarngeräten der Verkehrsluftfahrt angezeigt.

### Verkehrsanzeige- und Warnsysteme

Mehrere Avionik-Hersteller bieten heute Verkehrsanzeige- und Warnsysteme speziell für die Allgemeine Luftfahrt an. Diese Geräte sind meist in der Lage Transpondersignale, ADS-B-Nachrichten, und FLARM-Informationen zu empfangen, auszuwerten und auf einem Display im Cockpit anzuzeigen. Eine Ausweichempfehlung, ähnlich einem TCAS II, erteilen diese Geräte nicht.

### Farbmarkierungen

Unter dem Begriff „Farbmarkierungen“ sind Markierungen zu verstehen, die temporär (z. B. Klebefolien) oder permanent (z. B. Lackierungen) an Luftfahrzeugen angebracht sind. Meistens sind es farblich zur Grundlackierung des Luftfahrzeuges abgesetzte Flächen zum Zwecke der Kontrasterhöhung.



Auffällige Farbgestaltung an einem motorisierten Segelflugzeug



Foto: A. Schleicher Flugzeugbau

Nach NfL-II 26/83 und NfL-II 64/88 kann bei Flugzeugen, deren Höchstmasse 600 kg nicht überschreitet oder die kein Bordnetz oder keine für den Dauerbetrieb einer Warnanlage ausreichende Stromversorgung haben, bei Motorseglern und bei Segelflugzeugen anstelle einer Warnlichtanlage eine Farbkennzeichnung an der Ober- und Unterseite der Flügelenden, dem Rumpfbug und beiderseitig am oberen Ende des Seitenleitwerks erfolgen. [...] Die Warnfarbe ist so zu wählen, dass sich unter Berücksichtigung des Grundfarbtons des Luftfahrzeugs eine optimale Sichtbarkeit ergibt. [...] Bei Segelflugzeugen, die in einem weißen bis hellgelben

*Gesamtfarbtönen gehalten sind, und die nur für Flüge von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang verwendet werden, kann auf die Anbringung der Farbkennzeichnung verzichtet werden. [...]*

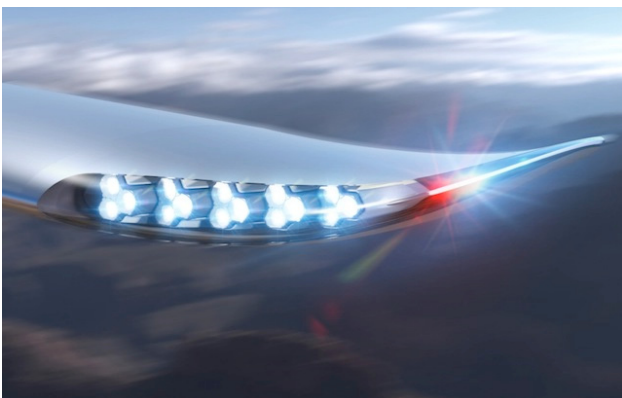
In einer Untersuchung der Cranfield University, Centre for Aeronautics, England, konnte im August 2000 ein signifikanter Effekt von Farbfolien an Flugzeugflächen nicht nachgewiesen werden. Im Jahre 2002 wurden die Versuche mit Spiegelfolien zunächst auf den Tragflächen, anschließend auf den Quer- und Seitenrudern von Motorseglern wiederholt. Bei der Anbringung der Folien auf den festen Flugzeugteilen (Tragflächen) gab es, wie bei den vorangegangenen Versuchen, keine signifikanten Unterschiede. Bei den Versuchen mit Spiegelfolien auf beweglichen Flugzeugteilen (Ruderflächen) konnte der präparierte Motorsegler dagegen früher erkannt werden.

### **Zusammenstoß-Warnlichtanlagen**

In der Bau- und Zulassungsvorschrift CS 23 für motorgetriebene Luftfahrzeuge sind in CS 23.1401 - Anti-collision light system - die Anforderungen an eine Zusammenstoß-Warnlichtanlage festgelegt.

In der Bau- und Zulassungsvorschrift CS 22 für Segelflugzeuge und Motorsegler wird in CS 22.1385 gefordert: *If external lights are to be installed they must be approved.* Generell gefordert werden Zusammenstoß-Warnlichtanlagen nicht.

Nach NfL-II 26/83 und NfL-II 64/88 benötigen Segelflugzeuge und Motorsegler keine Zusammenstoß-Warnlichtanlagen für Flüge zwischen Sonnenaufgang und Sonnenuntergang. Dennoch rüsten einige Betreiber ihre Segelflugzeuge mit energiesparenden LED-Zusammenstoßwarnlichtern aus.



LED-Technologie an Luftfahrzeugen



Quelle: Cirrus, DG Flugzeugbau

### 1.2.7 Flugsicherheitsinformationen der FUS und BFU

Aufgrund der jahrzehntealten Problematik hat die FUS, bzw. nach 1998, die BFU in der Vergangenheit mehrere Flugsicherheitsinformationen herausgegeben:

1983	V 18	Zusammenstöße bei Sichtflügen
1986	V 54	Zusammenstoß Segelflugzeug - Hängegleiter
1995	V 129	Richtige Positionsangaben
1995	V 136	Zusammenstöße von Segelflugzeugen
1995	V 138	Verantwortlichkeiten bei VFR-Flügen in Kontrollzonen
2000	V 158	Vermeidung von Zusammenstößen bei Flügen nach Sichtflugregeln
2006	V 167	IFR/VFR - konfliktfreies Miteinander im Luftraum E
2011	V 176	IFR/VFR-Flugverkehr im Luftraum E, verständnisvolles Miteinander

### 1.2.8 Flugsicherheitsmitteilungen des LBA

Das LBA gab folgende Flugsicherheitsmitteilungen heraus:

1976	fsm 4/76	Einschalten des Landescheinwerfers, Minderung von Zusammenstoß- und Vogelschlaggefahr
1994	fsm 1/94	„Sehen und Vermeiden“, das Erkennen von Zusammenstoßgefahren im Sichtflug

## 1.3 Meldung und Untersuchung von Ereignissen

Der Auftrag für die Untersuchung von Unfällen, Schweren Störungen und Störungen durch die Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung ergibt sich aus dem ICAO Anhang 13, der Verordnung (EU) Nr. 996/2010 und dem Gesetz über die Untersuchung von Unfällen und Störungen bei dem Betrieb ziviler Luftfahrzeuge (FIUUG) in Verbindung mit der Luftverkehrs-Ordnung (LuftVO).

### 1.3.1 Vorgaben für Meldungen und Klassifizierung von Ereignissen

Die Anzeige von Flugunfällen und Schweren Störungen erfolgt nach § 7 LuftVO (ehemals § 5 LuftVO), wonach der verantwortliche Luftfahrzeugführer, ein

Besatzungsmitglied oder der Halter des Luftfahrzeugs unverzüglich der Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung u. a. Beinahezusammenstöße, respektive gefährlichen Begegnungen (Luftfahrzeugannäherung) zu melden hat (siehe Anhang FIUUG oder VO (EU) Nr. 996/2010: Beispiele für Schwere Störungen: *Fastzusammenstoß, bei dem ein Ausweichmanöver erforderlich war oder eine gefährliche Situation eingetreten ist oder ein Ausweichmanöver angemessen gewesen wäre [...]*).

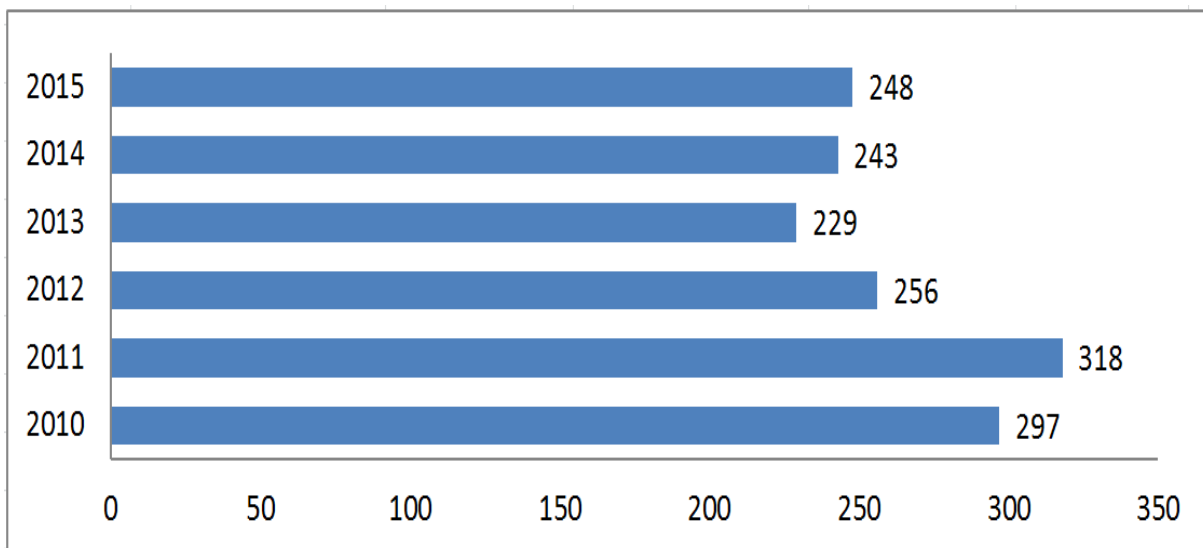
Definitionen nach Betriebsanweisung Flugverkehrsdienste (BA-FVD):

*Staffelungsunterschreitung (Infringement of separation): Räumliche und zeitliche Annäherung von Luftfahrzeugen, die eine Verletzung festgelegter Staffelungsmindestwerte darstellt.*

*Luftfahrzeugannäherung (Aircraft Proximity): Eine Situation, in der ein Luftfahrzeugführer oder Flugsicherungspersonal der Ansicht war, dass die Sicherheit der beteiligten Luftfahrzeuge aufgrund ihres Abstandes sowie der relativen Standorte und Geschwindigkeit hätte gefährdet sein können.[...]*

Die Staffelung von Luftfahrzeugen erfolgt durch Flugsicherungsstellen (ATC Provider) mit Hilfe von Radar-, Höhenstaffelungs-, oder konventionelle Verfahren. Hierfür sind in den Betriebsanweisungen Mindestwerte festgelegt.

Nach Angaben des Bundesaufsichtsamts für Flugsicherung (BAF) wurden in den Jahren 2010 bis 2015 insgesamt 1 591 Staffelungsunterschreitungen erfasst:



Anzahl dem BAF gemeldeter Staffelungsunterschreitungen

Grafik BFU



Staffelungsunterschreitungen und Luftfahrzeugannäherungen stellen immer eine potenzielle Gefährdung der Sicherheit dar, erfüllen aber nicht in allen Fällen den Tatbestand einer Schwere Störung oder eines Unfalls im Sinne des Flugunfalluntersuchungsgesetzes (FIUUG) bzw. der Verordnung (EU) Nr. 996/2010. Während der Tatbestand eines Unfalls eindeutig definiert ist, ergibt sich für die Klassifizierung einer Schwere Störung ein Ermessensspielraum.

Eine Schwere Störung ist definiert als ein Ereignis beim Betrieb eines Luftfahrzeuges dessen Umstände darauf hindeuten, dass sich beinahe ein Unfall ereignet hätte. Als Hilfestellung zur Anwendung dieser Definition sind im Gesetzesanhang Beispiele für Schwere Störungen aufgeführt. Unter anderem beinhaltet die Auflistung der Beispiele Beinahezusammenstöße und gefährliche Begegnungen.

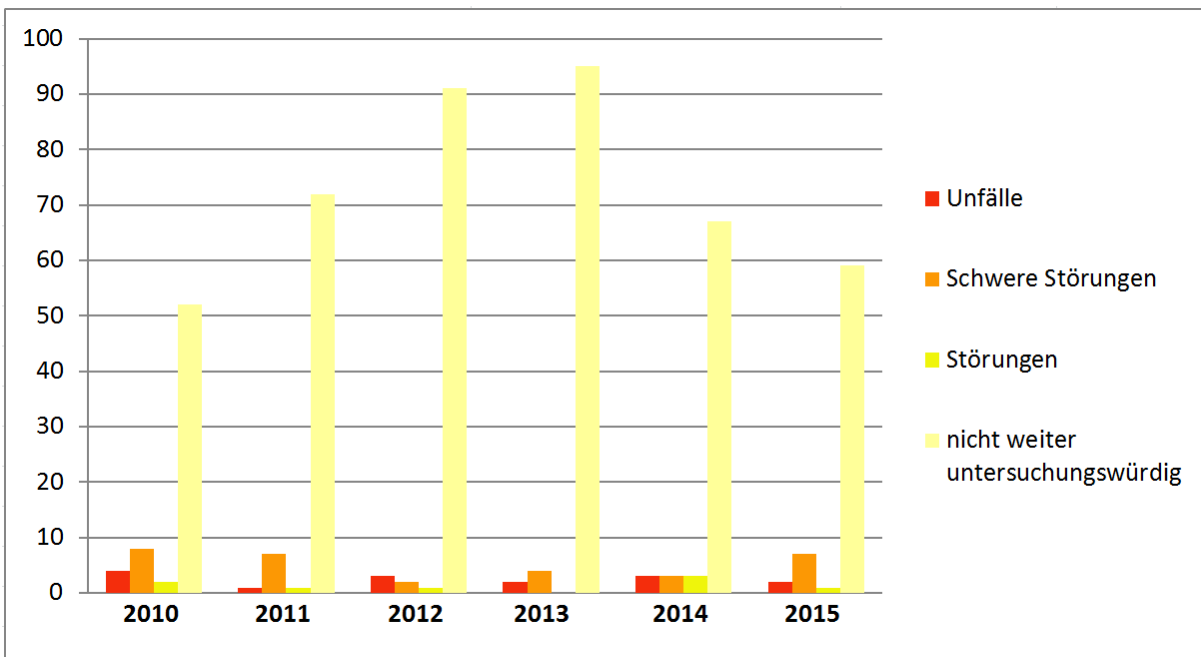
Vor diesem luftrechtlichen Hintergrund ergibt sich, dass ATC-Ereignisse durch die BFU untersucht werden, wenn sie den Tatbestand eines Unfalls oder einer Schwere Störung erfüllen. Untersuchungen durch das Flugsicherungsunternehmen im Sinne der internen Qualitätskontrolle sowie Untersuchungen durch Aufsichtsbehörden (z.B. BAF) oder andere Gremien (z.B. APEG) bleiben davon unberührt.

### 1.3.2 Gemeldete Annäherungen und Kollisionen von 2010 bis 2015

Im Zeitraum von 2010 bis 2015 erhielt die BFU insgesamt 490 Meldungen über Annäherungen, Nearmiss, Zusammenstöße, Staffelungsunterschreitungen, TCAS-Ereignisse, MIDAIRS, AIRPROXE, Beinahezusammenstöße und Kollisionen von Luftfahrzeugen.

Nach Klassifizierung der BFU ergaben sich für diesen Zeitraum 15 Unfälle, 31 Schwere Störungen, acht Störungen und 436 „nicht weiter untersuchungswürdige“ Ereignisse.

Insgesamt wurden bei den Unfällen 19 Personen tödlich, zwei Personen schwer und 15 Personen leicht verletzt.

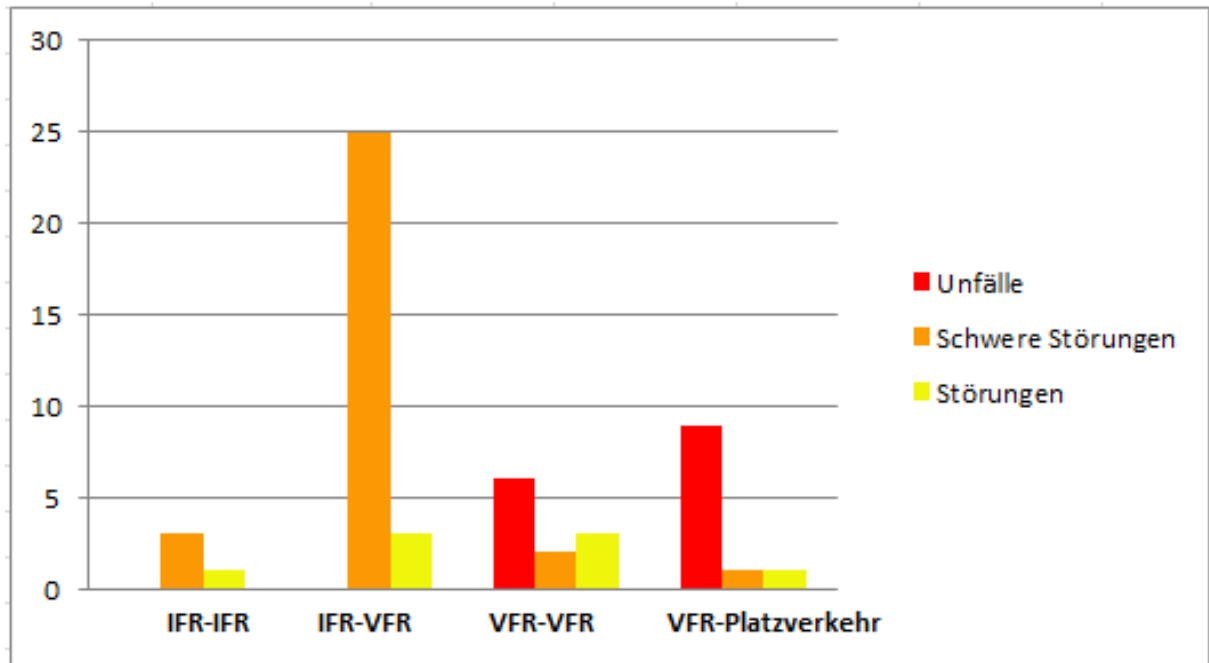


Verteilung der gemeldeten Ereignisse

Grafik: BFU

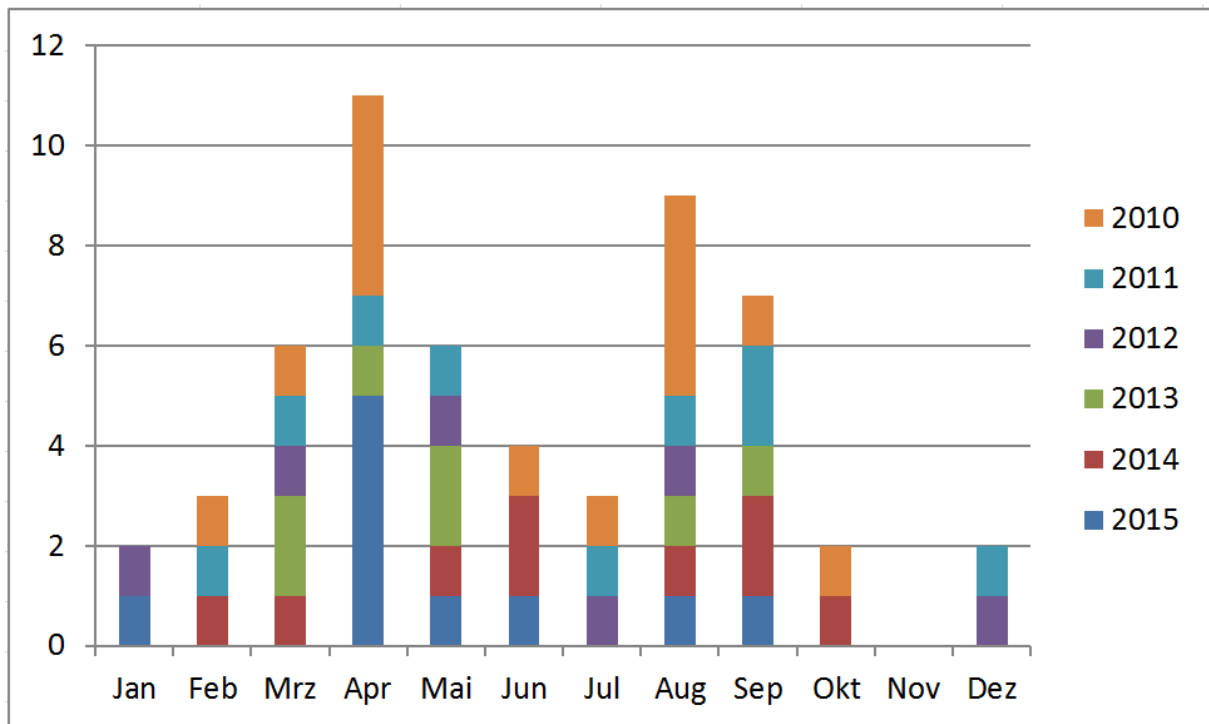
Die gemeldeten Ereignisse ließen sich aufteilen in Annäherungen bzw. Kollisionen von Luftfahrzeugen, die in den Betriebsarten IFR-IFR, IFR-VFR, VFR-VFR operierten oder sich im VFR-Platzverkehr befanden.

Im Jahr 2015 erhielt die BFU sieben Meldungen über Annäherungen eines Luftfahrzeugs zu einer Drohne.



Verteilung der Ereignisse zwischen 2010 und 2015 nach Betriebsart

Grafik: BFU

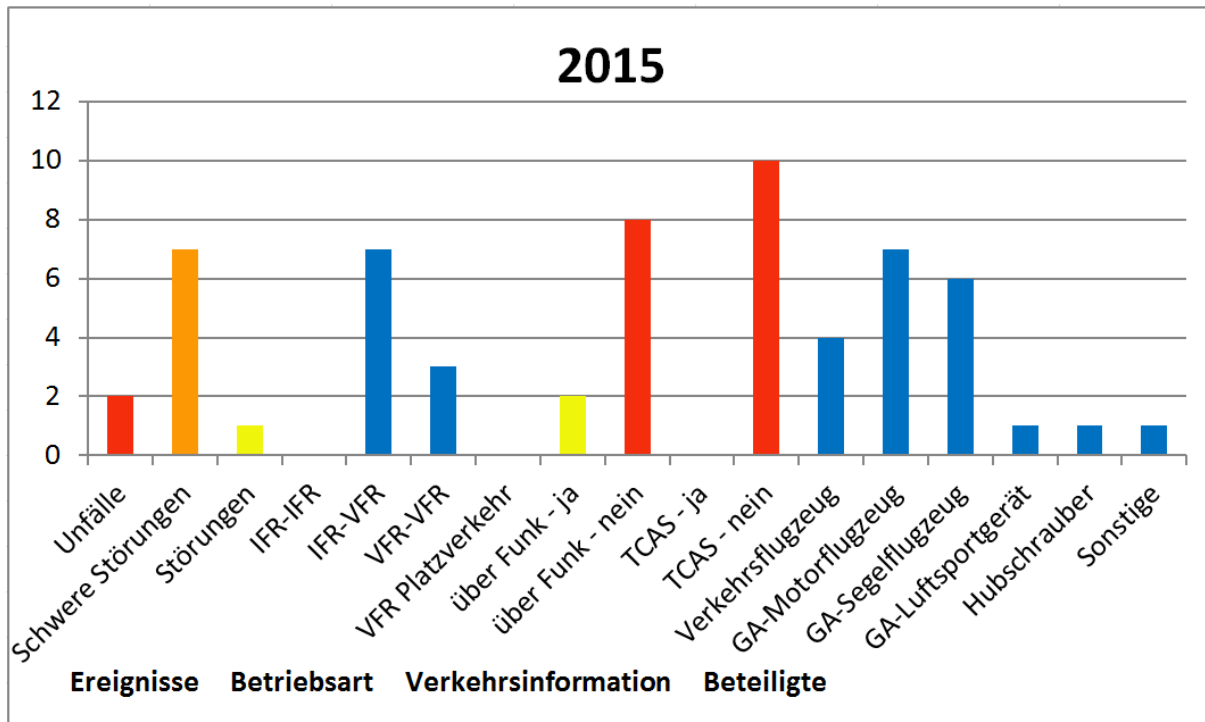


Verteilung der Ereignisse zwischen 2010 und 2015 im Jahresverlauf

Grafik: BFU

### 1.3.2.1 Kurzdarstellung der Ereignisse von 2010 bis 2015

Im Folgenden werden die Unfälle, Schwere Störungen und Störungen anhand der Kurzbeschreibungen aus dem European Coordination Centre for Accident and Incident Reporting Systems (ECCAIRS)-Datensatz der Jahre 2010 bis 2015 vorgestellt.



#### Unfälle (2):

- In der Nähe von Sandstedt kam es zu einer Kollision zwischen einer Cessna 172 R und einer Piper PA 28. Die Cessna stürzte ab. Die Piper konnte notlanden.
- Nahe Kaiserslautern kam es während eines Flugzeugschlepps zu einer Kollision zwischen einer Socata MS 963 und einem Segelflugzeug Rolladen Schneider LS 4.

#### Schwere Störungen (7):

- Im Anflug auf den Flughafen Stuttgart kam es zu einer Annäherung eines Airbus A319 mit einem Segelflugzeug. Den geringsten Abstand beschrieb die Besatzung des Airbus mit ca. 0,5 nautischen Meilen (NM).
- Nahe Bergheim kam es bei einem Ausbildungsflug nach Instrumentenflugregeln (IFR) im Luftraum E zu einer Annäherung zwischen

einer Cessna 172 RG und einem unbekanntem Segelflugzeug. Die Besatzung der Cessna beschrieb den geringsten Abstand mit ca. 40 bis 60 Meter.

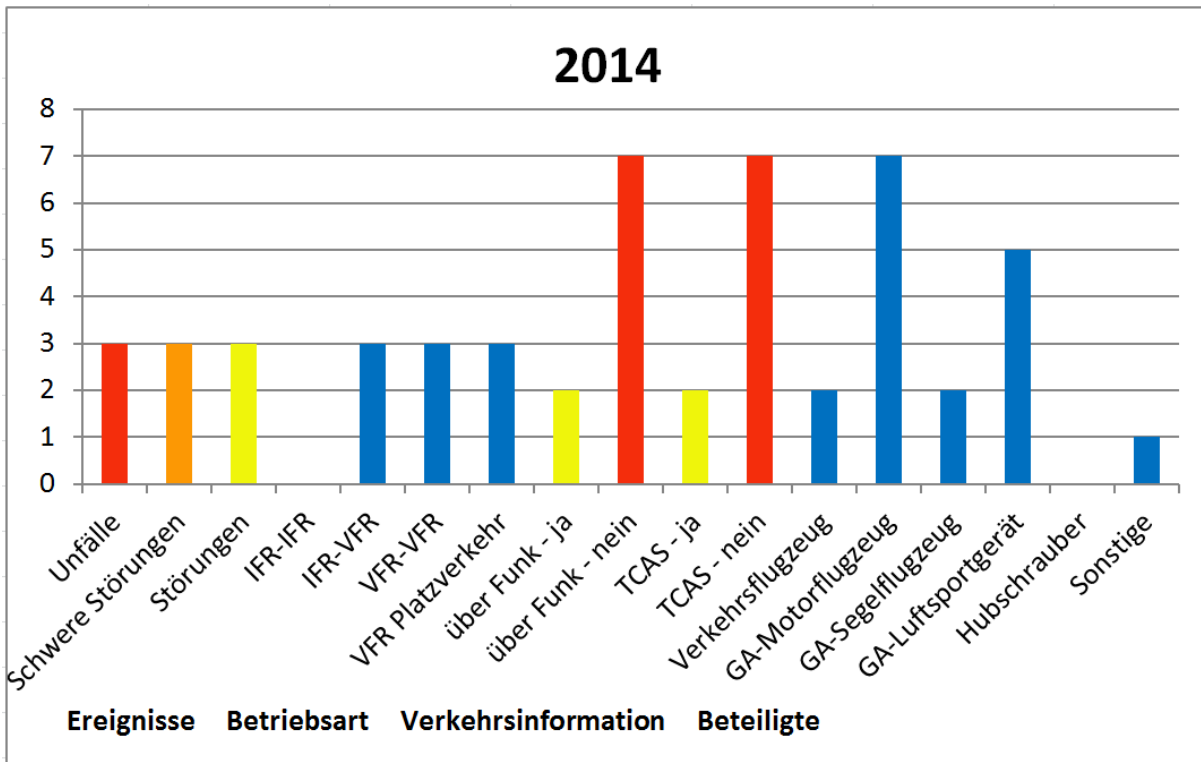
- Eine Boeing B737-800 befand sich auf einem Flug von Antalya nach Nürnberg. Beim Sinkflug auf den Verkehrsflughafen Nürnberg kam es im Luftraum E zu einer gefährlichen Annäherung mit einem unbekanntem Segelflugzeug. Der geringste Abstand wurde durch die Besatzung der Boeing mit ca. 100 bis 150 Meter horizontal und 150 bis 200 Fuß vertikal beschrieben.
- Im Abflugbereich der Piste 14 des Flughafens Westerland (Luftraumklasse E) kam es zu einer Annäherung zwischen einer nach Sichtflugregeln (VFR) fliegenden Piper PA 46 und einer nach Instrumentenflugregeln fliegenden PA 34. Der geringste Abstand betrug 0,246 NM horizontal und 100 Fuß (ft) vertikal.
- Im Anflug auf Paderborn (Luftraumklasse E) kam es in 5 000 Fuß AMSL zu einer Annäherung zwischen einer Falcon 2000 und einem unbekanntem Segelflugzeug. Die Besatzung der Falcon 2000 schätzte den Lateralabstand mit ca. 500 Metern in gleicher Höhe ein.
- Während des Sinkfluges eines nach Instrumentenflugregeln operierenden Airbus A320 in Richtung des Flugplatzes Memmingen kam zu einer Annäherung mit einem Segelflugzeug. Die Besatzung des A320 leitete eine Ausweichbewegung ein. Der geringste gemessene Lateralabstand betrug laut Radardaten 0,247 NM.
- Nahe Bottrop kam es im Luftraum C kurz hintereinander zu zwei Annäherungen zwischen einer Piper PA 28 und einem Ultraleichtflugzeug, Ikarus C42. Der geringste Abstand zwischen den beiden Luftfahrzeugen betrug bei der ersten Annäherung 0,153 NM horizontal und 300 Fuß vertikal. Bei der zweiten Annäherung betrug der geringste Abstand 0,414 NM auf gleicher Höhe.

#### Störungen (1):

- Bei einem Krankentransportflug nahe Löchgau flog ein unbekanntes Modellflugzeug sehr dicht an einem Eurocopter EC135 Helikopter vorbei.

#### „Nicht weiter untersuchungswürdige“ Ereignisse:

- 59 Meldungen über sonstige Annäherungen



#### Unfälle (3):

- Im Landeanflug auf Münster-Telgte kollidierte das Flugzeug D4 Fascination mit dem Schleppseil einer anfliegenden TL 96 Sting. Die D4 Fascination geriet anschließend in eine unkontrollierte Fluglage, prallte auf den Boden und brannte aus.
- Im Anflugsektor des Flugplatz Koblenz-Winningen kam es zu einem Zusammenstoß zwischen einem Segelflugzeug Schleicher Ka8B und einem Ultraleichtflugzeug (UL) Z 602 XL. Das Gesamtrettungsgerät des ULs wurde ausgelöst und beide Luftfahrzeuge schwebten ineinander verkeilt zu Boden.
- Nahe Olsberg-Elpe kam es bei einer Abfangübung zu einer Kollision zwischen einem zivil registrierten Learjet 35 A, und einem Eurofighter. Der Learjet stürzte daraufhin ab, der schwer beschädigte Eurofighter landete auf dem Militärflugplatz Nörvenich.

#### Schwere Störungen (3):

- In der Kontrollzone des Militärflugplatzes Ingolstadt-Manching kam es zu einer Annäherung zwischen einer nach Instrumentenflugregeln fliegenden Socata

TB20 und einer nach Sichtflugregeln fliegenden Scheibe SF 25 C. Der geringste Lateralabstand betrug gemäß Radaraufzeichnungen ca. 0,09 NM. Der geringste Vertikalabstand betrug nach Zeugenaussagen ca. 10 Fuß.

- Nach Aussage des Piloten eines Tragschraubers Autogyro Cavalon wurde dieser im Gegenanflug der Piste 16 des Flugplatzes Speyer von der im Sinkflug befindlichen Piper PA 28R mittig überflogen. Den Abstand gab er mit ca. 15 Metern oberhalb an. Circa 50 Meter vor ihm sei die Piper bereits unterhalb seiner Flughöhe gewesen. Die Besatzung der Piper bemerkte das Überfliegen nach eigenen Angaben nicht. Beide Luftfahrzeuge landeten anschließend sicher auf der Piste 16.
- Innerhalb der Kontrollzone des Verkehrsflughafens Nürnberg (D(CTR)) kam es zur Annäherung zwischen einer nach Instrumentenflugregeln fliegenden AVRO RJ100 und einer nach Sichtflugregeln fliegenden FK9. Der geringste Abstand betrug ca. 0,07 NM horizontal und ca. 200 Fuß vertikal.

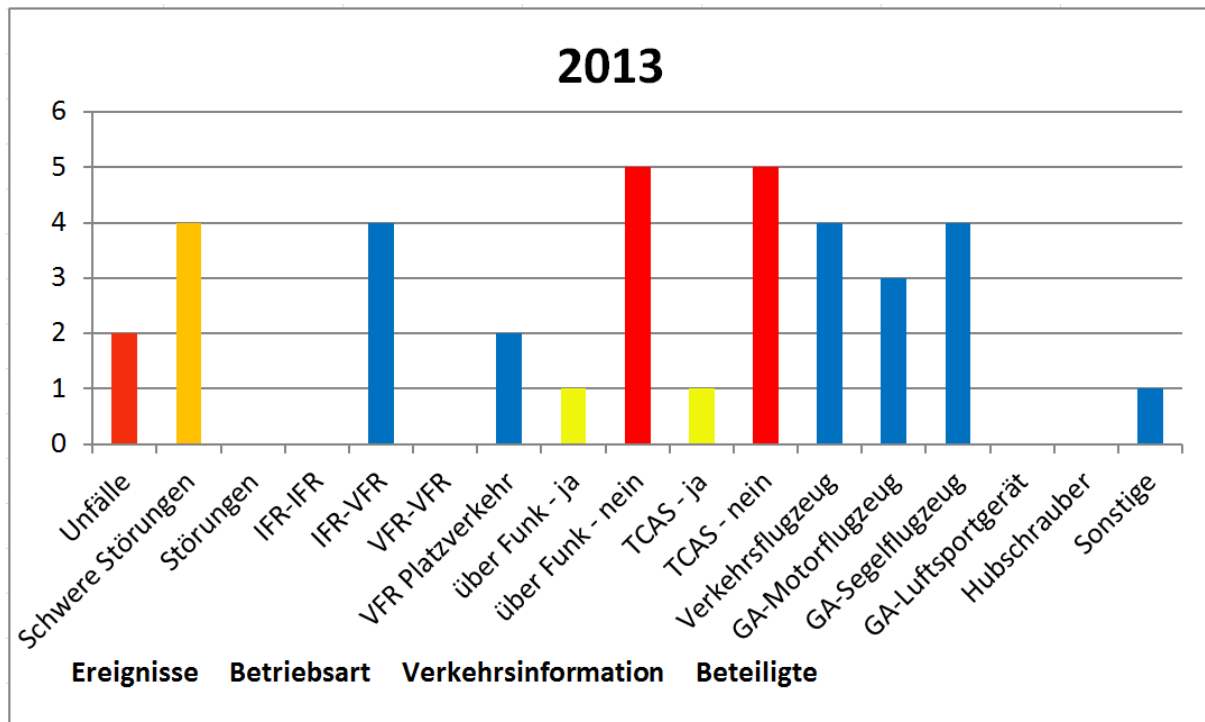
#### Störungen (3):

- Ein Motorflugzeug Mooney M20J kreuzte die Flugbahn eines Segelflugzeugs G103 Twin Astir im Windenstart am Flugplatz Schwarzheide-Schipkau. Der geringste Abstand wurde vom Segelflugpiloten mit ca. 20-30 m angegeben. Das Motorflugzeug habe sich zuvor unbemerkt und schnell aus südlicher Richtung genähert. Laut Radardaten und Angaben des Motorflugpiloten erfolgte der Überflug des ca. 270 Fuß AMSL hoch gelegenen Flugplatzes in einer Höhe von ca. 1 700 Fuß AMSL. Beim Überflug bemerkten Segelflugpilot und Flugleitung des Flugplatzes das Motorflugzeug, das danach seinen Flugweg ohne erkennbare Reaktion des Piloten fortsetzte. Dieser hatte nach eigenen Angaben das Segelflugzeug nicht bemerkt. Auf dem rechten vorderen Sitz des Motorflugzeuges befand sich die Frau des Piloten. Sie habe ihn während des Überfluges auf ein startendes Segelflugzeug hingewiesen, dass sie in ihrer 2-3-Uhr-Position dicht unter ihnen wahrgenommen hatte, bevor es unter der rechten Tragfläche aus ihrem Sichtfeld verschwand.
- Nahe Memmingen im Steigflug reduzierte der Pilot eines Verkehrsflugzeuges entsprechend der TCAS RA die Steigrate, um einem nach VFR fliegenden Flugzeug auszuweichen.

- In der Platzrunde des Flugplatzes Essen Mühlheim kam es zu einer Annäherung zwischen einer Cessna 152 und einer Socata TB 20.

„Nicht weiter untersuchungswürdige“ Ereignisse:

- 76 Meldungen über sonstige Annäherungen



Unfälle (2):

- Am Flugplatz Eschwege-Stauffenbühl kollidierte ein ASK 13 Segelflugzeug mit dem Schleppseil eines gerade in Gegenrichtung an der Winde gestarteten Segelflugzeugs und stürzte zu Boden.
- Am Flugplatz Kempten Durach kam es in der Platzrunde, im Bereich der Queranflugkurve, zu einem Zusammenstoß einer Cessna F172 mit einer Diamond DV 20. Die Cessna F172 kam aus dem Gegenanflug und flog mit einer Linkskurve in den Queranflug. Die DV 20 flog im Bereich der Queranflugkurve in die Platzrunde ein. Nach einer Ausweichbewegung der DV 20 nach rechts kam es zur Kollision mit der Cessna F172. Die Cessna stürzte zu Boden und der Pilot der DV 20 konnte das Luftfahrzeug notlanden.



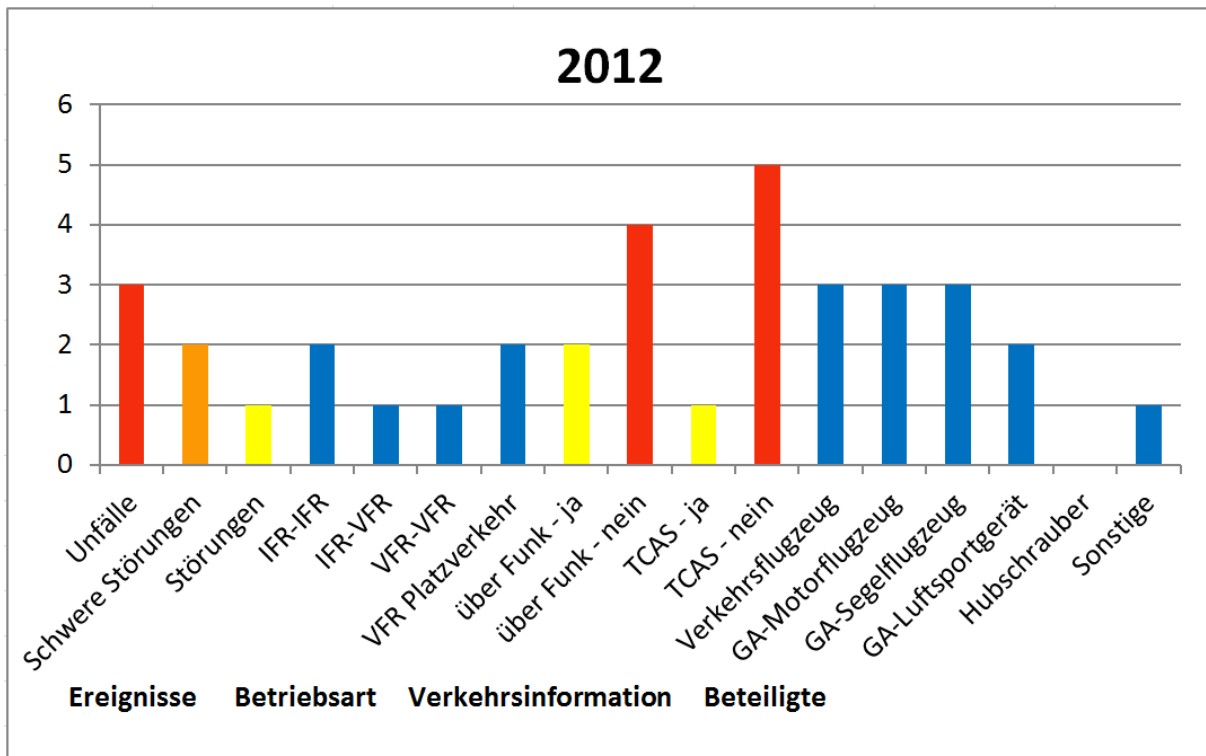
#### Schwere Störungen (4):

- Während des Anflugs eines Airbus A320 auf die Piste 24 des Flughafens Dortmund kam es im Luftraum D(HX) in einer Flughöhe von 2 500 ft AMSL zu einer Annäherung mit einem unbekanntem Segelflugzeug. Nach Aussage der Besatzung des Airbus befand sich das Segelflugzeug auf gleicher Höhe in einem Abstand von 100 bis 150 Metern links des eigenen Flugweges.
- Während des Anfangsanfluges kam es im Luftraum C des Verkehrsflughafens Zürich-Kloten in 6 800 Fuß zu einer Annäherung zwischen einem Avro RJ 100 und einem Gleitschirm. Nach Aussage der Besatzung des RJ 100 betrug der geringste Abstand ca. 50-100 Meter horizontal und 50-100 Fuß vertikal.
- Innerhalb des Luftraumes der Klasse E, ca. 10 NM östlich des Regionalflughafens Frankfurt-Hahn, kam es zu einer Annäherung zwischen einer nach Instrumentenflugregeln fliegenden Boeing 737 und einem unbekanntem Segelflugzeug. Der geringste Lateralabstand betrug gemäß Radaraufzeichnung 0,1 NM. Die Besatzung der Boeing 737 beschrieb die Höhendifferenz mit ca. 100 Fuß.
- Ca. 15 NM westlich von Mannheim kam es zu einer Annäherung zwischen einer nach Instrumentenflugregeln fliegenden Embraer EMB-505 und einer nach Sichtflugregeln fliegenden Cessna 177 RG. Der geringste Abstand betrug 0,1 NM horizontal und 300 Fuß vertikal.

Störungen: Keine

„Nicht weiter untersuchungswürdige“ Ereignisse:

- 101 Meldungen über sonstige Annäherungen



#### Unfälle (3):

- Die Piper PA 32 befand sich auf einem privaten Flug von Stadtlohn nach Aschaffenburg. Während des Reisefluges kollidierte das Flugzeug mit einer Robin DR 400-180, die auf einem privaten Flug von Koblenz nach Reichelsheim unterwegs war. Beide Flugzeuge prallten auf einen Acker.
- Am Segelfluggelände Waldeck Mühlberg kam es zur Kollision zwischen einem landenden PZL SZD 51 Junior Segelflugzeug und einem startenden MTOsport Tragschrauber im Anfangsbereich der Betriebspiste.
- Nahe des Flugplatzes Melle-Grönegau stieß das Segelflugzeug Schempp-Hirth Discus bT während des Sinkflugs mit einem kurz zuvor gestarteten Ultraleichtflugzeug Tecnam P 92 zusammen. Der Pilot des Segelfluges verließ das Luftfahrzeug mit einem Rettungsfallschirm. Das Ultraleichtflugzeug landete auf dem Startflugplatz.

#### Schwere Störungen (2):

- Ein Diamond DA 40 Flugzeug befand sich im Abflug nach Instrumentenflugregeln vom Flugplatz Neubrandenburg im Steigflug. Dabei kam es zu einer Annäherung mit einem entgegenkommenden, im Sinkflug

befindlichen Militärflugzeug Panavia 200 (Tornado), welches ebenfalls nach IFR flog. Der geringste Abstand betrug 0,7 NM horizontal und 400 Fuß vertikal.

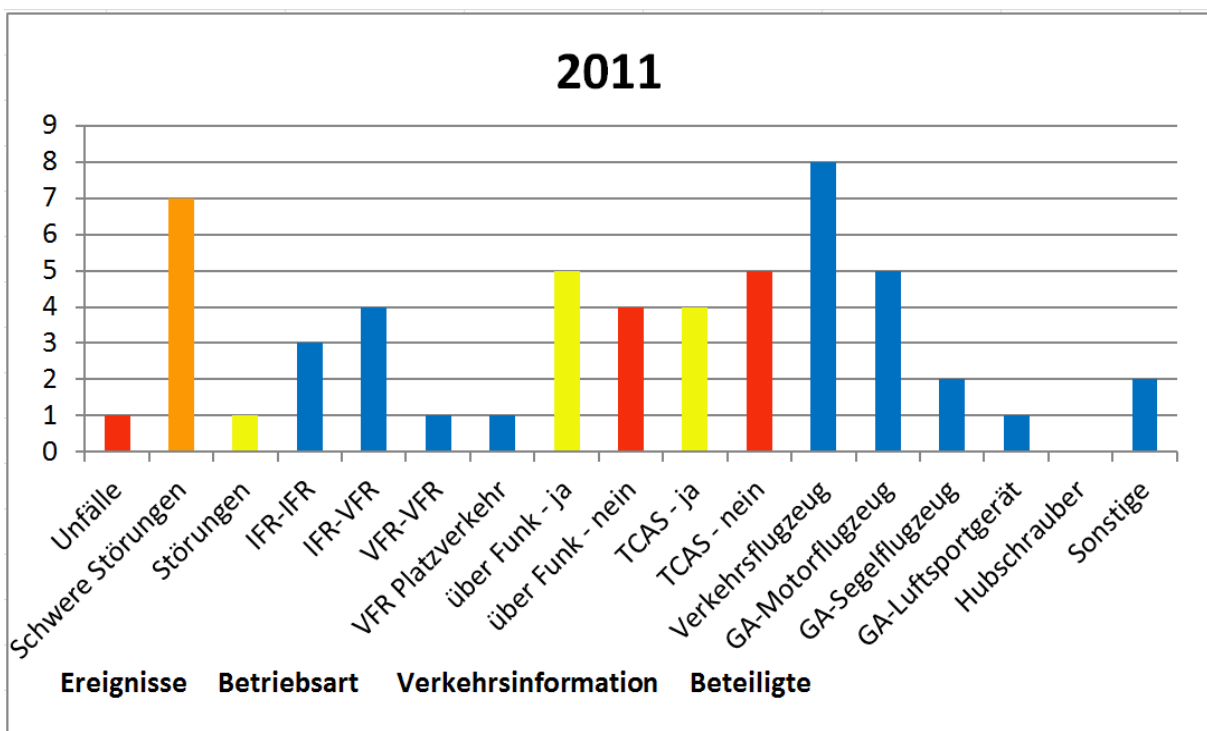
- Ein nahe Hannover im Steigflug befindlicher Airbus A319 und eine im Horizontalflug befindliche ATR 42 näherten sich auf 1,9 NM horizontal und 200 Fuß vertikal.

Störungen (1):

- Während des Sinkfluges eines nach Instrumentenflugregeln operierenden Airbus A340 auf die Piste 14 in Zürich kam zu einer Annäherung mit einem unbekanntem Segelflugzeug. Die Besatzung des A340 leitete eine Ausweichbewegung ein.

„Nicht weiter untersuchungswürdige“ Ereignisse:

- 97 Meldungen über sonstige Annäherungen



#### Unfälle (1):

- Während des Windenstarts eines G 102 Astir 77 CS Segelflugzeugs kam es zu einem Zusammenstoß mit einem Ultraleichtflugzeug Remos GX über dem Flugplatz Saarmund.

#### Schwere Störungen (7):

- Beim Abflug eines in Frankfurt/Main auf der Piste 25C gestarteten Airbus A320-214 kam es zu einer Annäherung mit einem Airbus A380-800, der die Landung auf der Piste 25L abgebrochen hatte und ein Fehlanflugmanöver durchführte. Die größte Annäherung der Flugzeuge betrug laut Radardaten 0,97 NM horizontal und ca. 200 Fuß vertikal. Die Staffelungsmindestwerte betragen horizontal 7 NM bzw. 1 000 Fuß vertikal.
- Nahe Donzdorf kollidierte ein Schempp-Hirth Duo Discus Segelflugzeug mit einem Gradient Avax II Gleitschirm beim gemeinsamen Thermiksegelflug.
- Eine nach Instrumentenflugregeln im Warteverfahren von Augsburg fliegende Cessna 172 und eine nach Sichtflugregeln fliegende Mooney M20R passierten sich in einer Entfernung von ca. 0,09 NM in annähernd gleicher Höhe. Die Annäherung erfolgte im Luftraum E.
- Nahe Frankfurt/Main meldete die Besatzung eines British Aerospace 146-200 eine Annäherung mit einem unbekanntem zylindrischen Flugobjekt in gleicher Höhe. Den geschätzten Lateralabstand gab sie mit 50 bis 100 m an. Das Objekt habe eine Länge von 15-20 m und einen Durchmesser von ein bis zwei Metern gehabt.
- Während des Sinkfluges eines Airbus A320-200 auf den Endanflugpunkt für den Instrumentenanflug der Piste 24 des Verkehrsflughafens Dortmund kam es im Luftraum E zu einer Annäherung mit einer Cessna 525A. Der geringste Abstand betrug 0,2 NM horizontal und 400 Fuß vertikal.
- Eine Piper PA-46-500 TP befand sich kurz nach dem Abflug von Flugplatz Mainz-Finthen auf der Frequenz von Langen-Radar im Steigflug. Auf kreuzendem Steuerkurs flog eine Cirrus SR-20 und die im Kontakt mit Langen-Information stand. Die Flugzeuge passierten sich in derselben Höhe mit einem Abstand von 0,06 NM.

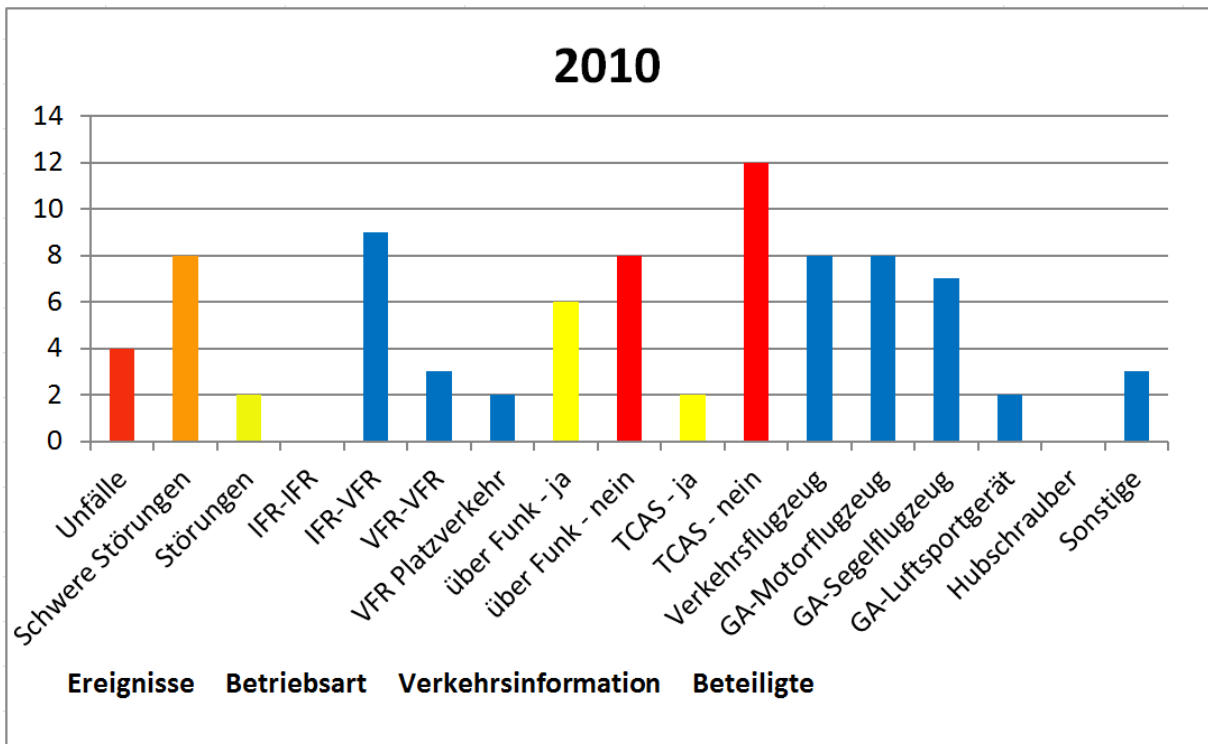
- Nahe Frankfurt/Main flog eine Antonov AN-124 in FL320 in westlicher Richtung. Ein Airbus A380 flog in FL330 in entgegengesetzter Richtung, gefolgt von einer Boeing B747-400 in ca. 20 NM Abstand. Eine Minute nach Passieren des A380 verlor die AN-124 zunächst innerhalb 15 Sekunden 200 Fuß Höhe und stieg dann während weiterer 15 Sekunden um 700 ft. Danach kam es zu einer Annäherung an die B747-400. In der AN-124 wurde eine TCAS RA "ADJUST VERTICAL SPEED ADJUST" generiert. Alle drei Flüge wurden planmäßig fortgesetzt.

Störungen (1):

- Während des Landeanfluges einer MD-11 auf die Piste 25C am Flughafen Frankfurt/Main befand sich eine Boeing B777 im Startlauf. Die Besatzung der MD-11 entschied sich durchzustarten. Beim Durchstartvorgang kam es zu einer Annäherung zwischen beiden Flugzeugen auf ca. 1 700 Meter.

„Nicht weiter untersuchungswürdige“ Ereignisse:

- 81 Meldungen über sonstige Annäherungen



#### Unfälle (4):

- Nahe Wangau kollidierten bei einem Formationskunstflug die zwei beteiligten Flugzeuge (Extra EA300L und XtremeAir XP-30).
- Am Flugplatz Winzeln-Schramberg kollidierten im Landeanflug eine Cessna F152 und ein Segelflugzeug DG 300 in ca. 100 m Höhe. Beide Luftfahrzeuge konnten sicher gelandet werden.
- Am Flugplatz Schweinfurt kollidierte beim Ausrollen nach der Landung ein Segelflugzeug ASK 13 mit einem zuvor gelandeten Segelflugzeug Ka6CR.
- Nahe Utscheid kollidierten während des Thermiksegelfluges kollidierten zwei Segelflugzeuge (ASK 18 und G 103 Twin Astir).

#### Schwere Störungen (8):

- Im Anflug nach Radarvektoren auf den Flughafen Lübeck-Blankensee kam es zu einer Annäherung zwischen einem nach Instrumentenflugregeln fliegenden Airbus A320-233 und einem nach Sichtflugregeln fliegenden Flugzeugschleppverband, bestehend aus einer Grob G 109 B und einer ASG 27-18 E. Der geringste Abstand betrug ca. 0,02 NM horizontal und 400 Fuß vertikal.
- Während des Anfluges auf den Regionalflughafen Frankfurt-Hahn kam es zur Annäherung einer Boeing B737-800 an zwei Schleicher ASW 20L Segelflugzeuge. Der geringste Abstand betrug 0,17 NM horizontal und 509 Fuß vertikal.
- Während des Anfluges auf den Flughafen Bremen kam es zu einer Annäherung zwischen einer Boeing B737-800 und einem unbekanntem Segelflugzeug. Der geringste Abstand betrug 0,36 NM horizontal. Der geringste Vertikalabstand betrug, nach Aussage der Besatzung der B737, ca. 200 Fuß.
- Nahe Eisenach näherten sich eine im Reiseflug nach Instrumentenflugregeln fliegende Cirrus SR 22 und eine im Steigflug befindliche nach Sichtflugregeln fliegende Mitsubishi Mu2 auf 0,28 NM horizontal und 100 Fuß vertikal an.
- Während eines Manövers bei der Luftbetankung kam es zu einer ungewöhnlichen Annäherung beider Luftfahrzeuge. Der Flugdatenschreiber (FDR) wurde bei der BFU ausgelesen.

- Ein Airbus A320 befand sich im Endanflug auf die Piste 08R am Verkehrsflughafen München. Dabei kam es zu einer Annäherung zu einer Cessna 177RG, die nach VFR flog. Die größte Annäherung betrug 0,2 NM bei 400 Fuß Höhenunterschied.
- Beim Einkurven einer Boeing B737-500 auf den Endanflug für die Piste 07 des Flughafens Stuttgart kam es zu der Annäherung mit einem Comco Ikarus C42. Der geringste Abstand betrug 1,0 NM horizontal und 300 Fuß vertikal.
- Nahe Friedrichshafen kam es im Luftraum E kam es zu einer Annäherung zwischen einem unbekanntem Luftfahrzeug der Allgemeinen Luftfahrt und einem DHC8 Verkehrsflugzeug.

#### Störungen (2):

- Eine Bombardier DHC8 befand sich im Sinkflug für den Instrumentenlande-Anflug auf die Piste 24 in Friedrichshafen. Dabei kam es zu einer Annäherung mit einem nach Sichtflugregeln fliegenden Ultraleichtflugzeug Comco Ikarus C42. Der geringste Abstand betrug 0,06 NM horizontal und 500 Fuß vertikal.
- Nahe Lechfeld kam es innerhalb des Luftraumes E zu einer Annäherung zwischen einer Boeing B737-800 und einer Formation Tornados, welche Luftbetankung durchführten. Die Besatzung der B737-800 folgte einer TCAS-RA und sank um 700 ft. Der geringste Abstand in gleicher Höhe betrug 2,48 NM. Der geringste Horizontalabstand betrug 1,28 NM bei einem Höhenunterschied von 600 Fuß. Die Flugzeugbesatzungen hatten untereinander Sichtkontakt.

#### „Nicht weiter untersuchungswürdige“ Ereignisse:

- 66 Meldungen über sonstige Annäherungen

### 1.3.2.2 Ausrüstung der Luftfahrzeuge und Verkehrsinformation

Im Rahmen der Untersuchungen der BFU wurde jeweils geprüft ob seitens des Radars ein short term conflict alert (STCA) ausgelöst oder in wie weit die jeweilige Annäherung von bordeigener Ausrüstung (Transponder, ACAS, FLARM etc.), oder von außen seitens der Flugverkehrskontrolle erkannt wurde und ob eine Verkehrsinformation oder Ausweichempfehlung über Funk ggf. eine Kollision verhindert hat

#### **Ereignisse IFR-IFR**

Bei den vier Schweren Störungen und Störungen von Luftfahrzeugen, die nach IFR betrieben wurden, waren jeweils Transponder und, bis auf eine Ausnahme, ACAS vorhanden. In allen Fällen erfolgte eine Verkehrsinformationen durch den Lotsen.

#### **Ereignisse IFR-VFR**

Bei den 25 Schweren Störungen und drei Störungen von Luftfahrzeugen, von denen eines nach IFR und eines nach VFR betrieben wurde, waren häufig nur einseitig Transponder und - außer wenn Verkehrsflugzeuge involviert waren - keine ACAS-Geräte vorhanden. Verkehrsinformationen des Lotsen erfolgten in 12 Fällen. Bei 10 Fällen waren Segelflugzeuge ohne Transponderabstrahlung, unsichtbar für die Flugverkehrskontrolle und ACAS, involviert. Insgesamt ereigneten sich 18 Annäherungen im Luftraum E.



2015						
Flugphase	Ort	Flugregeln	Luftraum	Beteiligte Luftfahrzeuge	ATC-Info	TCAS TA/RA
Anflug	Stuttgart	IFR-VFR	Luftraum C/E	Verkehrsflugzeug - Segelflugzeug	nein	nein
Ausbildung	Bergheim	IFR-VFR	Luftraum E	Motorflugzeug - Segelflugzeug	nein	nein
Anflug	Nürnberg	IFR-VFR	Luftraum E	Verkehrsflugzeug - Segelflugzeug	nein	nein
Abflug	Westerland	IFR-VFR	Luftraum E	Motorflugzeug - Motorflugzeug	ja	nein
Anflug	Paderborn	IFR-VFR	Luftraum E	Verkehrsflugzeug - Segelflugzeug	nein	nein
Anflug	Memmingen	IFR-VFR	Luftraum E	Verkehrsflugzeug - Segelflugzeug	nein	nein
Reiseflug	Bottrop	IFR-VFR	Luftraum C	Motorflugzeug - Ultraleichtflugzeug	ja	nein
2014						
Anflug	Manching	IFR-VFR	Luftraum D	Motorflugzeug - Motorsegler	nein	nein
Steigflug	Memmingen	IFR-VFR	Luftraum E	Verkehrsflugzeug - Motorflugzeug	unbekannt	ja
Anflug	Nürnberg	IFR-VFR	Luftraum D	Verkehrsflugzeug - Ultraleichtflugzeug	ja	ja
2013						
Anflug	Dortmund	IFR-VFR	Luftraum D	Verkehrsflugzeug - Segelflugzeug	nein	nein
Anflug	Zürich	IFR-VFR	Luftraum C	Verkehrsflugzeug - Gleitschirm	nein	nein
Anflug	Frankfurt-Hahn	IFR-VFR	Luftraum E	Verkehrsflugzeug - Segelflugzeug	nein	nein
Reiseflug	Mannheim	IFR-VFR	Luftraum C	Verkehrsflugzeug - Motorflugzeug	ja	nein
2012						
Anflug	Zürich	IFR-VFR	Luftraum C	Verkehrsflugzeug - Segelflugzeug	nein	nein
2011						
Anflug	Augsburg	IFR-VFR	Luftraum E	Motorflugzeug - Motorflugzeug	nein	nein
Anflug	Frankfurt Main	IFR-VFR	Luftraum C	Verkehrsflugzeug - unbekannt	nein	nein
Anflug	Dortmund	IFR-VFR	Luftraum E	Verkehrsflugzeug - Motorflugzeug	ja	ja
Abflug	Mainz-Finthen	IFR-VFR	Luftraum E	Motorflugzeug - Motorflugzeug	ja	nein
2010						
Anflug	Lübeck	IFR-VFR	Luftraum E	Verkehrsflugzeug - Motorflugzeug	ja	ja
Anflug	Friedrichshafen	IFR-VFR	Luftraum E	Verkehrsflugzeug - Ultraleichtflugzeug	ja	ja
Anflug	Frankfurt-Hahn	IFR-VFR	Luftraum E	Verkehrsflugzeug - Segelflugzeug	nein	nein
Anflug	Bremen	IFR-VFR	Luftraum E	Verkehrsflugzeug - Segelflugzeug	ja	nein
Reiseflug	Eisenach	IFR-VFR	Luftraum E	Motorflugzeug - Motorflugzeug	ja	nein
Anflug	München	IFR-VFR	Luftraum C	Verkehrsflugzeug - Motorflugzeug	ja	ja
Anflug	Stuttgart	IFR-VFR	Luftraum C	Verkehrsflugzeug - Ultraleichtflugzeug	ja	ja
Anflug	Friedrichshafen	IFR-VFR	Luftraum E	Verkehrsflugzeug - Motorflugzeug	nein	nein
Reiseflug	Lechfeld	IFR-VFR	Luftraum E	Verkehrsflugzeug - Militärflugzeug	unbekannt	ja

Störungen und Schwere Störungen IFR-VFR zwischen 2010 und 2015

Quelle: BFU

## Ereignisse VFR-VFR

Bei den sechs Unfällen, zwei Schweren Störungen und drei Störungen mit Luftfahrzeugen, die nach VFR betrieben wurden, waren häufig Transponder vorhanden, jedoch keinerlei Kollisionswarngeräte. Ebenso befanden sich die Luftfahrzeuge nicht im Kontakt mit einer Flugverkehrskontrollstelle. Somit erfolgte in

keinem Fall eine entsprechende Verkehrsinformation über Funk oder durch bordeigene Mittel.

### **Ereignisse VFR-Platzverkehr**

Bei den neun Unfällen, einer Schweren Störung und einer Störung mit Luftfahrzeugen, die nach VFR im Platzverkehr betrieben wurden, waren häufig Transponder vorhanden, jedoch keine Kollisionswarngeräte. In keinem Fall kam es zu einer geeigneten Verkehrsinformation über den möglichen Konfliktverkehr.

## **1.4 Bisherige Maßnahmen und Empfehlungen**

Annäherungen und Kollisionen von Luftfahrzeugen geschehen weltweit.

Nach Angaben der Europäischen Agentur für Flugsicherheit (EASA) kam es zwischen 2006 und 2011 zu 82 Kollisionen von Luftfahrzeugen mit einer Abflugmasse von weniger als 2 250 kg in Europa.

Laut einer Studie des Bureau d'Enquêtes et d'Analyses (BEA) ereigneten sich in Frankreich zwischen 1989 und 1999 insgesamt 17 Kollisionen.

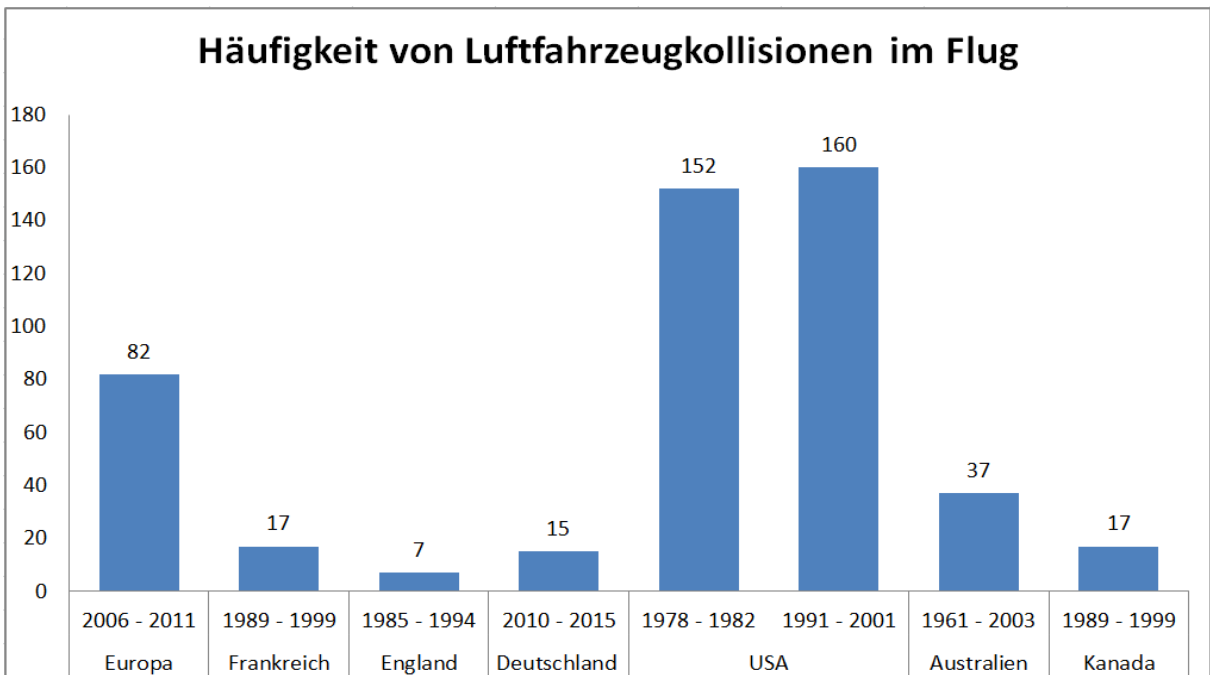
In einer Betrachtung aller tödlichen Unfälle der Allgemeinen Luftfahrt zwischen 1985 und 1994 der britischen Civil Aviation Authority (CAA) wurden 7 Luftfahrzeugkollisionen erfasst.

Nach Angaben der Federal Aviation Administration (FAA) kam es zwischen 1978 und 1982 zu 152 Kollisionen und zwischen 1991 und 2000 im Durchschnitt jährlich zu 16 Kollisionen in den USA.

Laut einer Studie des Australian Transport Safety Bureau (ATSB) ereigneten sich in Australien 37 Kollisionen von Luftfahrzeugen der Allgemeinen Luftfahrt im Zeitraum von 1961 bis 2003.

Nach Angaben des Transportation Safety Board of Canada (TSB) kam es zwischen 1989 und 1999 zu 17 Kollisionen.

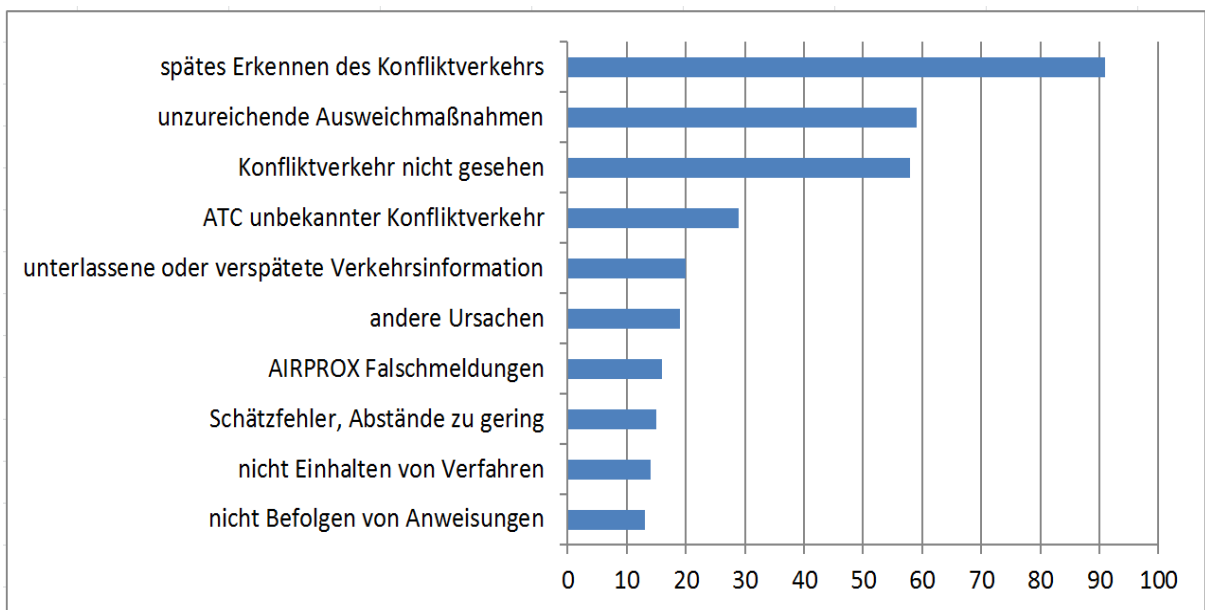
Der Großteil der Kollisionen ereignete sich bei Tageslicht mit guten Sichtflugbedingungen sowie im Platzverkehr.



Zusammenfassung von Kollisionen im Flug weltweit

Grafik: BFU

Das britische AIRPROX BOARD fasste im Jahresbericht 2014 die Ursachen für Annäherungen im britischen Luftraum wie folgt zusammen:



Ursachen von Annäherungen im Flug

Grafik: AIRPROX Board / BFU



- IFR Pilot Info 01/2016, Luftraum E DFS 2016
- VFR Pilot Info 02/2016, Luftraum E DFS 2016
- VFR Pilot Info 'Luftraumstruktur' 2016 DFS 2016

#### 1.4.2 Empfehlungen der Studien und Publikationen

Die Ergebnisse der Untersuchungen, Studien und Informationen für Piloten ähneln sich sehr. Exemplarische Auszüge:

##### **ATSB**

Recommendation R20040015

*The CAA should take into account the limitations of see-and-avoid when planning and managing airspace and should ensure that unalerted see-and-avoid is never the sole means of separation for aircraft providing scheduled services.*

Recommendation R20040016

*In light of the serious limitations of the see-and-avoid concept, the CAA should continue to closely monitor the implementation of TCAS in the US and should consider the system for Australia.*

Recommendation R20040020

*Pilots should recognise that they cannot rely entirely on vision to avoid collisions. Consequently, they should attempt to obtain all available traffic information, whether from Air Traffic Services or a listening watch, to enable them to conduct a directed traffic search.*

##### **EGAST Operational Techniques**

Kapitelüberschriften mit entsprechenden Ausführungen: *Check Yourself, Plan Ahead, Clean Windows, Night Flying, Adhere to Procedures, Avoid Crowded Airspace, Compensate for Blind Spots, Equip to be Seen (Lights, Transponder, Colour), Talk and Listen, Traffic Detection Systems, Make use of all information, Use all available Eyes*

## **AOPA Tactics**

*Plan your flight, Equip yourself (Radio, Transponder), Educate your passengers, Communicate, Use sunglasses, Observe proper procedures, Improve your visibility, Scan traffic, Use aircraft lights*

## **BAZL Empfehlungen für die visuelle Luftraumüberwachung**

*Head-down Zeiten im Cockpit auf ein absolutes Minimum beschränken.*

*Mitfliegende um Mithilfe bei der visuellen Luftraumüberwachung bitten.*

*Ablenkung durch mitgeführte technologische Geräte (Mobiltelefon, Tablet Computer, GPS-Handgeräte, etc.) vermeiden.*

*Zusätzliche Geräte nicht an der Cockpitscheibe anbringen um das Blickfeld nicht einzuschränken.*

*Geeignete Methoden für die visuelle Luftraumüberwachung anwenden, z.B. EGAST.*

*Kopf bewegen um den Blickwinkel der Augen zu erweitern und z.B. den von Brillenrändern oder Cockpitverstrebnungen verdeckten Teil des Luftraums visuell erfassen zu können.*

*Augen für räumliches und deutliches Sehen (Nah-/Fernanpassung) trainieren.*

*Einhalten der vorgeschriebenen Minimalsicht, Wolkenabstände, Mindestflughöhen und Geschwindigkeiten.*

*Ständige Bereitschaft, den Flugweg anzupassen oder auszuweichen beim plötzlichen Auftauchen eines Luftfahrzeuges aus den Wolken, einem engen Tal, über einem Bergkamm, etc.*

*Einschalten des Transponders auch unterhalb 7000ft AMSL (Code 7000) um von ATC erkannt zu werden, denn ATC traffic info an IFR-Flüge erhöht die Chancen, ein Luftfahrzeug auf Kollisionskurs zu erkennen um das 8-fache.*

*Beim Überfliegen von regionalen Flugplätzen Mithören des Sprechfunks anderer Verkehrsteilnehmer und wiederholt Blindmeldungen (Position, Flughöhe, Absicht) auf der Flughafenfrequenz absetzen.*

*Im Funkverkehr stets Standard Phraseologie verwenden um von Mithörenden leicht verstanden zu werden.*

*Lichter einschalten um besser gesehen zu werden.*

*Einschalten von an Bord vorhandenen Hilfsmitteln zur Reduzierung gefährlicher Annäherungen (ACAS, TAS, Transponder, FLARM, FLOICE, etc.).*

### **EASA Research Recommendations**

*To develop a technical standard for collision warning systems in the field of general aviation.*

*To develop common procedures and requirements for operation of one or more system solutions in uncontrolled airspace. A safety leaflet could support the harmonization of system solutions and procedures.*

*Safety monitoring will remain as difficult as today, but a large equipage with avoidance systems, this may support surveys of situations EASA and National Aviation Authorities could then more easily analyse in more detail commonalities of hazards and causal factors related to See and Avoid, develop specific Safety Performance Indicators (SPIs), and then also monitor how these SPIs evolve in Europe.*

*Training material shall be developed that cover not only the safety benefits for the users but also the limitations and human factor issues such as the potential over-reliance on the equipment.*

### **Eurocontrol**

*This collision risk between IFR CAT and VFR GA aircraft could also be reduced by creating a 'Known' traffic environment in the vicinity of aerodromes. This could be accomplished using the following options:*

*a) Mandate carriage and operation of SSR transponders for all flights within all classes of CAS. This would ensure interoperability with current and future ATC surveillance systems and ACAS within CAS around aerodromes. [...]*

*b) Implement mandatory SSR transponder carriage zones for all flights in the uncontrolled airspace around airports. This could be implemented permanently across the board, selectively in the areas of highest risk, or temporarily using the FUA concept. The dimensions of these zones would be dependent on the activity and flight profiles of the IFR CAT operating at the particular aerodromes. [...]*

c) Mandate the carriage and operation of SSR transponders on all aircraft in all airspace classes. Baseline interoperability between all categories of aircraft would then be assured irrespective of airspace class or flight profile.

d) With sub-paragraphs (b) and (c) above, safety and situational awareness could be further enhanced by the availability of TIS data for VFR aircraft not equipped with TCAS. Furthermore, use of the Mode S 1090 Extended Squitter functionality would facilitate the future implementation of ADS-B. When combined with multilateration techniques, these facilities could be particularly useful at lower altitudes and in other areas where surveillance radar coverage is not ideal.

e) Guarantee the provision Air Traffic Services to VFR aircraft and encourage the use of these services in high risk airspace.

The collision risk between two VFR GA aircraft in uncontrolled airspace could be reduced as follows:

a) Improve the effectiveness of 'See and Avoid' techniques and the visibility of aircraft.

b) Improve the situational awareness through better promulgation, notification and information flow about activity to permit 'routes to avoid' to be planned. The availability of TIS for GA and, in the future, ADS-B for all flights could also be extremely beneficial but widespread SSR carriage would be needed on all GA aircraft for this to be an effective solution for this scenario.

c) Encourage voluntary equipage with technology developments such as FLARM for use between GA aircraft.

## **DFS, Tipps für VFR Flüge im Luftraum E**

*Nutzen Sie den Fluginformationsdienst.*

*Achten Sie in der Nähe von Flughäfen auf IFR Verkehr, besonders im Bereich der verlängerten Anfluggrundlinien. Luftfahrzeugen im Endteil des Landeanfluges und landenden Luftfahrzeugen ist auszuweichen.*

*Beharren Sie nicht auf Ihr Vorflugrecht! Die Sicht aus dem Cockpit von Verkehrsflugzeugen ist nicht vergleichbar mit der aus dem Cockpit von kleineren Flugzeugen. Auch ist ein Verkehrsflugzeug für Sie leichter zu erkennen als umgekehrt.*



*Weichen Sie rechtzeitig und großräumig aus, Wirbelschleppen eines Verkehrsflugzeugs sind unsichtbar aber sehr gefährlich.*

*Fliegen Sie auch unterhalb A5000 ft (3500 ft GND) mit Transponder. Dadurch sind Sie auf dem Radar des Lotsen erkennbar, er kann Verkehrsinformationen an den Piloten des Verkehrsflugzeuges erteilen. Zusätzlich kann das bordeigene TCAS der Verkehrsflugzeuge Ausweichenweisungen generieren.*

## 2. Auswertung

### 2.1 Luftraumstruktur und Flugverkehrskontrollverfahren

Die Luftraumstruktur in Deutschland richtet sich nach den internationalen Empfehlungen und Vorgaben der ICAO, der Europäischen Union, sowie nationalen Regelungen.

Die Verfahren der deutschen Flugverkehrskontrolldienste richten sich nach internationalen Vorgaben. Die Ausstattung der Radaranlagen in Bezug auf Kollisionswarnung (Short Term Conflict Alert - STCA) entspricht den heute üblichen Standards.

Das Luftraumsystem, bestehend aus kontrollierten und unkontrollierten Lufträumen, mit Kontrollzonen, Radio Mandatory Zones und Transponder Mandatory Zones, versucht dem Grundsatz des § 1 Luftverkehrsgesetz (LuftVG) „*Die Benutzung des Luftraums durch Luftfahrzeuge ist frei [...]*“ und vielen Interessengruppen gerecht zu werden.

In Lufträumen C, D und E unterhalb FL 100 finden zur selben Zeit Flüge nach Instrumentenflugregeln und Flüge nach Sichtflugregeln statt. Hierbei besteht im Luftraum C keine Geschwindigkeitsbegrenzung für den IFR-Verkehr. In den Lufträumen D und E können Geschwindigkeiten bis zu 250 Knoten IAS (Militärflugzeuge dürfen unter bestimmten Bedingungen schneller fliegen) vom IFR- und VFR-Verkehr genutzt werden. Es ist nicht unüblich, dass der IFR-Verkehr hierbei wechselnd in- und außerhalb Wolken fliegt („in and out“) oder durch Wolken schichten steigt oder sinkt. Gleichzeitig nutzen VFR-Luftfahrzeuge zum Teil ohne Transponderabstrahlung luftrechtskonform größere Wolkenlücken im Steig- oder Sinkflug oder fliegen im Reiseflug nahe unterhalb oder oberhalb („on top“) von Wolken schichten.

Die bestehenden Luftraummaßnahmen des BMVI ermöglichen dem IFR-Flugverkehr prinzipiell bei einem Ab- bzw. Anflug eines Verkehrsflughafens mit hohen IFR Start- und Landezahlen bis in FL 100 in einem sogenannten „known-environment“, sowohl von Seiten der Flugverkehrskontrolle als auch von Seiten bordeigener Kollisionswarngeräte, zu operieren.

Bei Starts und Landungen von weniger frequentierten Flugplätzen, häufig durchgeführt von sogenannten Low-Cost-Carriern, bei Werksverkehr mit Geschäftsreiseflugzeugen oder im Rahmen von Charterflügen, muss der IFR-Flugverkehr im Steig- bzw. Sinkflug den Luftraum E durchqueren oder verbleibt durchgehend im Luftraum E. Hierbei kommt es zum IFR-VFR-Mischverkehr, in dem jede Besatzung, jeder Pilot, selbst für die Separierung und Kollisionsvermeidung nach dem Prinzip „See and Avoid“ verantwortlich ist. Untersuchungen von Annäherungen haben wiederholt gezeigt, dass dies den Besatzungen des kontrollierten IFR-Verkehrs nicht bewusst bzw. bekannt war. Zusätzlich bestehen in vielen Cockpits von Verkehrsflugzeugen erhebliche Sichteinschränkungen, die eine Luftraumbeobachtung erschweren oder in bestimmten Blickwinkeln unmöglich machen.

Die Vorgehensweise des BMVI, Luftraummaßnahmen an Flugplätzen mit IFR-Verkehr allein anhand von Start- und Landezahlen zu bestimmen, verringert zwar die Wahrscheinlichkeit einer Kollision zwischen IFR und VFR operierenden Luftfahrzeugen, das potentielle Risiko mit möglicherweise schwerwiegenden Folgen besteht besonders an den niederfrequentierten Flugplätzen weiter. Auch an Flugplätzen mit Luftraummaßnahmen zum Schutz des IFR-Verkehrs, z.B. mit einer TMZ, kam es wiederholt zu Schweren Störungen, da der IFR-Verkehr frühzeitig für den Sinkflug unterhalb 5 000 Fuß AMSL oder das Anflugverfahren seitlich, noch außerhalb z.B. der TMZ freigegeben wurde. In diesem Zusammenhang sollte die Flugverkehrskontrolle Freigaben mit entsprechend steilen Ab- bzw. Anflugprofilen erteilen, damit diese ab 5 000 Fuß AMSL und tiefer innerhalb der Luftraummaßnahme stattfinden.

Wenn Funkkontakt besteht, sollen seitens der Flugverkehrskontrolle bei erkannter Zusammenstoßgefahr unterstützend Verkehrsinformationen erteilt werden. Da jedoch bis zu einer Flughöhe von 5 000 Fuß AMSL und für Segelflugzeuge bis FL 100 keine Ausrüstungs- und Nutzungspflicht für Transponder besteht, ist ein

erheblicher Anteil der Luftfahrzeuge im Luftraum E für die Flugverkehrskontrolle unsichtbar („unknown“) und eine Verkehrsinformation nicht möglich.

Der Luftraum E ist in Deutschland bis FL 100 bzw. FL 130 das Grundelement der Luftraumstruktur. Dieser Luftraum kann ohne Freigabe oder Funkkontakt zu einer Flugverkehrskontrollstelle von jedem VFR-Piloten genutzt werden, solange die Vorgaben für Flugsichten und Abständen zu den Wolken eingehalten werden. Aus Sicht der BFU ist es irreführend, diesen Luftraum, in dem „known“- auf „unknown“-Verkehr ohne Einflussmöglichkeit einer Flugverkehrskontrolle aufeinander trifft, als kontrolliert zu bezeichnen. Dies bewirkt ein falsches, heutzutage nicht begründetes, Sicherheitsgefühl, auch wenn diese Bezeichnung den internationalen Vorgaben entspricht.

## 2.2 Annäherungen und Kollisionen

Über die Jahre wurden der BFU regelmäßig Staffelungsunterschreitungen, Annäherungen, beinahe Zusammenstöße und Kollisionen von Luftfahrzeugen gemeldet. Bei den Meldungen an die BFU fiel auf, dass wenn Verkehrsflugzeuge und Flugzeuge der Allgemeinen Luftfahrt involviert waren, i.d.R. die Verkehrsflugzeugbesatzungen die Annäherungen gemeldet haben. Dies mag daran liegen, dass der Pilot des anderen beteiligten Verkehrs die Kollisionsgefahr geringer beurteilte, da er z.B. das größere Verkehrsflugzeug früher in Sicht hatte oder aber an der Meldekultur in der nicht gewerblichen Luftfahrt bzw. im Luftsport.

Die FUS / BFU hat durch Untersuchungsberichte und durch Flugsicherheitsinformationen schwerpunktbezogen die Problematik, die bestehenden Gefahren, mögliche Maßnahmen und Empfehlungen publiziert. Auch das LBA hat entsprechende Flugsicherheitsmitteilungen veröffentlicht.

Die Ereignisse und die Anzahl der Meldungen, Schweren Störungen und Unfälle sind vergleichbar mit Zahlen aus Studien anderer europäischer Länder, den USA, Kanada und Australien. Die Empfehlungen dieser Publikationen sind auf Deutschland übertragbar.

Die Schweren Störungen und Unfälle der Jahre 2010 bis 2015 lassen sich nach den Betriebsarten der beteiligten Luftfahrzeuge gruppieren: IFR-IFR, IFR-VFR, VFR-VFR, und VFR-Platzverkehr.

## **IFR-IFR**

Die Auswertung der Ereignisse zeigt, dass es aufgrund der luftrechtlich geforderten Ausstattung mit Transpondern, ggf. zusätzlich mit ACAS-Geräten und der vorgeschriebenen Überwachung und Verkehrslenkung durch die Flugverkehrskontrolle zu keiner Kollision kam. Trotz des hohen Verkehrsaufkommens mit mehr als 12 Millionen IFR-Flügen in Deutschland in den letzten sechs Jahren erfasste die BFU nur drei Schwere Störungen und eine Störung. Der Großteil der Meldungen wurde von Seiten der BFU als „nicht weiter untersuchungswürdig“ klassifiziert, da es rechtzeitig zu einer Verkehrswarnung und Ausweichenweisung seitens ATC oder seitens bordeigener ACAS-Geräte kam. Dennoch zeigen die vielen AIRPROX-, ACAS- und Staffelungsunterschreitungs meldungen, und nicht zuletzt ein Unfall, wie die Kollision zweier Verkehrsflugzeuge am 1. Juli 2002 nahe Überlingen, dass eine Kollisionsgefahr latent besteht und dieser proaktiv entgegen gewirkt werden muss.

## **IFR-VFR**

Die Untersuchungen zeigten, dass es bei Mischverkehr im Steig- und Sinkflug durch den Luftraum E bzw. im An- und Abflug im Luftraum D zu Annäherungen zwischen einem nach IFR operierenden Verkehrsflugzeug und einem gemäß VFR operierenden Luftfahrzeug der Allgemeinen Luftfahrt kam. In diesen Fällen strahlten die VFR-Luftfahrzeuge - völlig luftrechtskonform - nur zu einem geringen Anteil Transpondersignale ab und sie standen im Luftraum E nur zum Teil in Funkkontakt mit der Flugverkehrskontrolle. Somit entfiel bei 15 der 28 Annäherungen die Möglichkeit einer Verkehrsinformation durch die Flugverkehrskontrolle oder einer Warnung und Ausweichempfehlung seitens bordeigener Kollisionswarngeräte. Für die Staffelung und Kollisionsvermeidung waren die Piloten selbst verantwortlich. Sowohl der Verkehrsluftfahrzeugführer im Instrumentenflug als auch der Pilot des anderen Luftfahrzeugs mussten sich ausschließlich auf das Verfahren „See and Avoid“ verlassen. Gerade Segelflugzeuge ohne Transponder sind aufgrund ihrer schlanken Silhouetten, in der Regel weißen Lackierungen mit schlechter Kontrastwirkung trotz guter Wetterbedingungen und Tageslicht visuell kaum zu erkennen. Dieses Problem verschärft sich dahingehend, dass Segelflugzeuge auch oberhalb von 5 000 Fuß AMSL ohne Transponder und somit „unsichtbar“ (unknown) für Flugverkehrskontrolle, Radar und TCAS, betrieben werden dürfen.

Untersuchungen im Zusammenhang mit der Einführung von ACAS haben gezeigt, dass ein gewarnter Pilot, sei es durch Verkehrsinformation über Funk oder Kollisionswarngerät, ein anderes Luftfahrzeug mit einer erheblich größeren Wahrscheinlichkeit und in einer größeren Entfernung erkennt, als ein Pilot, der sich ausschließlich auf die visuelle Luftraumbeobachtung verlassen muss.

Der Verzicht auf eine Transponderabstrahlung ist technisch heutzutage meist nicht mehr nötig. Mehrere Hersteller bieten entsprechende leichte, kleine und energiesparende Transponder an. Transponder Mandatory Zones (TMZ) belegen heute schon, dass eine entsprechende Ausrüstung möglich und nützlich ist und zur Erhöhung der Sicherheit aller Nutzer des Luftraums beiträgt.

Nach Auffassung der BFU wäre mit entsprechender Ausrüstung ein maximaler Gewinn für die Flugsicherheit im gesamten Luftraum E zu erzielen.

### **VFR-VFR und VFR-Platzverkehr**

Bei den untersuchten Ereignissen waren weder bordeigene Kollisionswarngeräte vorhanden noch Verkehrsinformationen über Funk gegeben worden, die ggf. vor der Annäherung oder Kollision rechtzeitig hätten warnen können. Das Prinzip „See and Avoid“ geriet in diesen Fällen aus ganz unterschiedlichen Gründen an seine Grenzen.

In Bezug auf die Ereignisse im VFR-Platzverkehr ereigneten sich diese im unkontrollierten Luftraum G, außerhalb der Zuständigkeit der Flugverkehrskontrolle. Häufig wurde der mögliche Sicherheitsgewinn durch genaue Positionsangaben über Funk an die Luftaufsicht/Flugleitung oder an andere Piloten im Platzverkehr, konzentriertes Mithören des Funkverkehrs, Nutzung aller Lichter des Luftfahrzeugs und die Einhaltung von Platzrundenverfahren nicht vollumfänglich genutzt.

In zahlreichen Veröffentlichungen wurden die sich daraus ergebenden Risiken und konkreten Gefahren beschrieben und Empfehlungen zur Verringerung der Kollisionsgefahr ausgesprochen.

## **2.3 Prinzip „See and Avoid“**

Das Projekt „Erkennbarkeit von Segelflugzeugen und kleinen motorisierten Luftfahrzeugen“ (BEKLAS, 2004) im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen hat sich ausführlich mit der Problematik des Erkennens

von Segelflugzeugen und kleinen motorgetriebenen Luftfahrzeugen auseinandergesetzt. Im Abschlussbericht dieses Projektes heißt es: *„Der Luftverkehr basiert auf dem Grundprinzip des „See and Avoid“, im deutschen oft als „sehen und gesehen werden“ übersetzt. Obwohl es aus den Anfangstagen der Fliegerei stammt, hat dieses Konzept bis heute Gültigkeit. Wie der Name schon besagt, ist es lebenswichtig, anderen Verkehr zu sehen und von anderem Verkehr gesehen zu werden, um Kollisionen vorzubeugen. Kernelement hier ist also die Fähigkeit des Piloten, andere Flugzeuge aufzufassen, Kurs und Geschwindigkeit abzuschätzen und daraus dann die für die Situation richtige Aktion abzuleiten.“*

Zitat DG Flugzeugbau: *Rausschauen, das Einhalten der Verhaltensregeln sowie Warnmarkierungen sind unabdinglich, können aber Zusammenstöße nicht verhindern: Kollisionen treten geometrisch bedingt genau dann auf, wenn sich Objekte in stehender Peilung bewegen. Das andere Flugobjekt bewegt sich damit nicht, es wird nur langsam grösser. Unser Sehapparat ist für diese langsame Veränderung nicht ausgelegt.*

Gerade Segelflugzeuge können aufgrund ihrer Bauart und Größe nur sehr spät visuell aufgefasst werden. BEKLAS, 2004: *„Die beste Sichtbarkeit liegt dann vor, wenn das Seitenruder mit dem Rumpf oder, bei entsprechenden Schräglagen, die Flächentiefe einfallendes Sonnenlicht reflektieren kann und als große Fläche imponiert. Leider kommt diese Ansicht aber beim stationären Kreisflug kaum vor. Bedingt durch eine Kreiszeit von ca. 20-30 Sekunden bleiben pro Perspektive weniger als 5 Sekunden. Wenn bei einer durchschnittlichen Rumpfbreite von 62,4 cm die Entfernung mehr als 3,2 km beträgt, dann ist bei einer Punktsehschärfe von 1,5 der Rumpf nicht mehr erkennbar, sondern nur noch die Flächentiefe (Die durchschnittliche Flächentiefe an der Wurzel bei 9 verschiedenen Kunststoff-Einsitzern beträgt 92 cm ). Bei weiter zunehmender Entfernung, d.h. mehr als 4,7 km verschwindet auch die Flächentiefe. Dann kann evtl. nur noch das Aufblitzen der Tragflächen in der Sonne als überschwelliger Reiz wahrgenommen werden (ähnlich einer Spinnwebe, die sich nur an ihrer Reflexion zu erkennen gibt, ansonsten unsichtbar zu sein scheint). Diese Reflexionen sind jedoch im Schatten und unter einer Wolke nicht vorhanden.“* Geht man von einer Geschwindigkeit von 250 Knoten IAS aus, bleiben der Besatzung eines Verkehrsflugzeuges in diesem Fall knapp 37 Sekunden um eine Kollision zu vermeiden. Da ein kreisendes Segelflugzeug diesen Optimalfall aber immer nur für einen kurzen Zeitraum darstellt kann sich diese Zeitspanne erheblich verkürzen.

Nach Auffassung der BFU bleibt das Prinzip "See and Avoid" eine grundlegende Verhaltensregel. "See and Avoid" ist aber bereits heute und unter Beachtung der Wachstumsprognosen für den gewerblichen Luftverkehr (Personentransport und Geschäftsreiseverkehr) vor allem im Luftraum E als alleiniges Mittel zur Kollisionsvermeidung als nicht mehr zeitgemäß anzusehen.

In Bezug auf die vermehrt vorkommenden Drohnen muss „See and Avoid“ als ungenügend angesehen werden. Besonders für tiefliegende Polizei- und Rettungshubschrauber und zum Teil für an- und abfliegenden Verkehr stellen Kollisionen mit Drohnen eine neu entstandene Gefahr (neben Vogelschlägen) dar.

## 2.4 Technische Möglichkeiten zur Kollisionsvermeidung

Die moderne Technik bietet eine Reihe unterschiedlicher technischer Lösungen zur Konfliktverkehrserkennung, sowohl für eine rechtzeitige bodengebundene als auch bordeigene Verkehrswarnung, an.

Mittels Primär-Radar könnte die Flugverkehrskontrolle reflektierende Luftziele erfassen. Aufgrund vielfacher Einschränkungen und Fehlreflektionen wird jedoch heute im Wesentlichen nur das Sekundärradar, für die Erfassung von Luftfahrzeugen mit Transponderabstrahlung, genutzt. Daher bleiben im Luftraum E bis in eine Flughöhe von 5 000 Fuß AMSL viele Luftraumnutzer und Segelflugzeuge sogar oberhalb 5 000 Fuß AMSL unerkant (unknown traffic). Eine Verkehrsinformation über Konfliktverkehr oder gar Ausweichempfehlung ist daher häufig nicht möglich. Die Ausstattung der Radaranlagen mit einem bodenseitigen Konfliktwarnsystem (Short Term Conflict Alert – STCA) ist in diesem Falle nutzlos.

Im Hinblick auf zukünftige Luftverkehrsregelungsmaßnahmen (u.a. VO (EU) 1207/2011), die in Europa bisher im Wesentlichen den Instrumentenflug mit größeren Luftfahrzeugen betreffen, werden mehr und mehr ADS-B Informationen zur Flugverkehrskontrolle genutzt. Doch auch die Nutzung von ADS-B Bodenstationen seitens der Flugverkehrskontrolle ist in Bezug auf die Kollisionsgefahrvermeidung weiterhin lückenhaft, solange nicht alle Nutzer des jeweiligen Luftraums ein entsprechendes ADS-B-Signal senden.

Kollisionswarngeräte (ACAS) sind heute in der Verkehrsluftfahrt unbestritten eine nützliche Flugsicherheitsausrüstung eines Flugzeugs, zusätzlich zur Flugverkehrsüberwachung und dem Grundprinzip „See and Avoid“. Diese Geräte

können jedoch nur vor möglichen Gefahren warnen und ggf. Ausweichempfehlungen erteilen, wenn diese erkannt werden können („known traffic“). Dies bedingt heute in der Regel, dass ein möglicher Konfliktverkehr ein Transponder- oder ADS-B-Signal abstrahlt.

Für die Allgemeine Luftfahrt haben mehrere Avionik-Hersteller Kollisionswarner entwickelt. Die Kollisionswarner könnten auf andere Luftverkehrsteilnehmer, die ein Transponder-, ADS-B- oder FLARM-Signal abstrahlen, hinweisen und somit „See and Avoid“ unterstützen. Die Verbreitung ist aber bisher noch gering. Eine luftrechtliche Verpflichtung zur Ausrüstung eines Luftfahrzeugs der Allgemeinen Luftfahrt im Sichtflugbetrieb zusätzlich zu einem Transponder mit einem entsprechenden Kollisionswarner besteht nicht.

FLARM-Kollisionsvermeidungssysteme im Segelflug wurden infolge vielfacher Kollisionen beim gemeinsamen Kreisen im thermischen Aufwind und Hangsegelflug entwickelt. Viele Segelflugzeughalter haben, ohne eine entsprechende luftrechtliche Forderung, ihre Segelflugzeuge mit FLARM-Geräten ausgerüstet. Damit können die Segelflugpiloten vor anderen Segelflugzeugen, die auch mit FLARM ausgestattet sind und zum Teil (mit Power FLARM-Technik) vor anderem Verkehr, der ein Transponder- oder ADS-B-Signal ausstrahlt, gewarnt werden. Sie selbst bleiben aber aufgrund fehlender Kompatibilität unsichtbar für die Kollisionswarngeräte (ACAS) der Verkehrsluftfahrt.

Heutige Transponder incl. ADS-B Abstrahlung für zukünftige Verkehrsregelungskonzepte sind für nahezu jede Art von Luftfahrzeug erhältlich. Mehrere Hersteller bieten Geräte mit geringen Gewichten, geringem Stromverbrauch und möglichen Batteriebetrieb an. Der Verzicht auf eine Transponderausrüstung im Vergleich zu dem Kollisionsrisiko mit einem Verkehrsflugzeug ist aus Sicht der BFU heutzutage nicht mehr vertretbar.

Moderne Lampentechnologien ermöglichen es heutzutage energiesparend die Erkennbarkeit von Zusammenstoßwarnlampen, Positionslampen, Blitzlichtern und Landescheinwerfern zu verbessern. Bei der Nutzungsdauer der Luftfahrzeuge wird es jedoch Jahre bis Jahrzehnte dauern, bis diese die bisherigen externen Beleuchtungseinrichtungen mit Glühbirnen in größerem Maße ersetzt haben werden.



## 2.5 Schlussfolgerungen und Empfehlungen anderer Publikationen

Die zahlreichen Untersuchungen, Studien, Schriften und Flugsicherheitsinformationen beschreiben immer wieder das gleiche Problem: „[...] *mid-air collisions can occur in all phases of flight and at all altitudes. However, nearly all mid-air collisions occur in daylight and in excellent visual meteorological conditions, mostly at lower altitudes where most VFR flying is carried out. Because of the concentration of aircraft close to aerodromes, most collisions occurred near aerodromes when one or both aircraft were descending or climbing, and often within the circuit pattern.*”

Die Publikationen beschreiben nahezu gleichlautend dieselben Ursachen für Annäherungen und Kollisionen von Luftfahrzeugen im Sichtflug:

- Grenzen der Leistungsfähigkeit des menschlichen Auges
- Nichtsehen des Konfliktverkehrs (sowohl Pilot als auch Flugverkehrskontrolle)
- Spätes Erkennen des Konfliktverkehrs
- Nicht ausreichendes, verspätetes Ausweichmanöver
- Verspätete oder ungenaue Verkehrsinformation
- Fehleinschätzungen der beteiligten Piloten
- Missachtung von Regeln und Verfahren

Die Empfehlungen zur Vermeidung von Annäherungen und Kollisionen ähneln sich inhaltlich oder sind sogar gleichlautend. Grundlegend wird empfohlen, das Prinzip „See and Avoid“ durch technische Maßnahmen zu unterstützen. Vorausschauendes Handeln und die Nutzung aller Informationen (Verkehrsinformationen über Funk) sind weitere wichtige Grundbausteine.

In Bezug auf die Gefahr einer Kollision eines Verkehrsflugzeuges (IFR-Betrieb) mit einem Luftfahrzeug der Allgemeinen Luftfahrt (VFR-Betrieb) fordern alle:

*[...] This collision risk between IFR Commercial Air Transport (CAT) and VFR General Aviation (GA) aircraft could also be reduced by creating a ‘Known’ traffic environment in the vicinity of aerodromes.*

*[...] Ensure that unalerted see-and-avoid is never the sole means of separation for aircraft providing scheduled services*

*[...] Mandate carriage and operation of SSR transponders for all flights within all classes of Commercial Air Service (CAS).*

*[...] Improve the situational awareness through better promulgation, notification and information flow about activity to permit 'routes to avoid' to be planned. The availability of TIS for GA and, in the future, ADS-B for all flights could also be extremely beneficial but widespread SSR carriage would be needed on all GA aircraft for this to be an effective solution for this scenario.*

*[...] Einschalten von an Bord vorhandenen Hilfsmitteln zur Reduzierung gefährlicher Annäherungen (ACAS, TAS, Transponder, FLARM, FLOICE, etc.).*

Sowohl heutige Transponder als auch ADS-B Technologien wären geeignet „See and Avoid“ zu unterstützen.

### 3. Schlussfolgerungen

In der Studie wurden Annäherungen und Kollisionen von Luftfahrzeugen, die sich im deutschen Luftraum im Zeitraum 2010 bis 2015 ereigneten, betrachtet. Bei insgesamt 490 der BFU gemeldeten Ereignissen kam es zu 15 Unfällen, 31 Schweren Störungen und acht Störungen mit insgesamt 19 tödlich, zwei schwer und 15 leicht verletzten Personen.

Aufgrund rechtzeitiger Verkehrswarnungen durch die Flugverkehrskontrolle oder durch bordeigene Kollisionswarngeräte und rechtzeitigem Sehen und Ausweichen („See and Avoid“) wurde der Großteil der Meldungen seitens der BFU als ein „nicht weiter untersuchungswürdiges“ Ereignis klassifiziert.

Der Großteil der Schweren Störungen ereignete sich im IFR-VFR-Mischverkehr, der in der heutigen Luftraumstruktur vor allem im Luftraum E stattfindet.

Die Unfälle ereigneten sich im VFR-Reiseflug und im VFR-Platzverkehr.

Bei den Unfällen und Schweren Störungen hatte das Grundprinzip „See and Avoid“ versagt.

Technische Hilfsmittel wie Zusammenstoßwarnlicht, kontrastreiche Lackierungen, teilweise vorhandene Transponder-, ADS-B- oder FLARM-Abstrahlung oder Funkkontakt zur Flugverkehrskontrolle reichten nicht aus, da mindestens eines der beteiligten Luftfahrzeuge technisch für das andere Luftfahrzeug oder für die Flugverkehrskontrolle und visuell für die Besatzung unsichtbar bzw. „unknown“ war.

Durch die konsequente Nutzung der bereits heute zur Verfügung stehenden technischen Mittel (Abstrahlung von Transponder- bzw. ADS-B-Signalen) würde sich das Kollisionsrisiko in Lufträumen, in denen kontrollierter IFR-Verkehr und unkontrollierter VFR-Verkehr zeitgleich stattfinden, deutlich verringern. Mit einer Aufhebung der Befreiung der Transponderabstrahlung für die Betriebsart Segelflug oberhalb 5 000 Fuß AMSL bzw. 3 500 Fuß GND könnte deutschlandweit ab dieser Flughöhe ein nahezu ausnahmsloses „known-traffic-environment“ für die Flugverkehrskontrolle und für bordeigene Kollisionswarngeräte erreicht werden. Auch könnte unterhalb 5 000 Fuß AMSL bzw. 3 500 Fuß GND durch freiwillige Inbetriebnahme der Transponder ein Sicherheitsgewinn erreicht werden. Zusätzlich könnten heutige Luftraummaßnahmen „known“- und „unknown“-Verkehr unterhalb 5 000 Fuß AMSL bzw. 3 500 Fuß GND sicher trennen. Aus Sicht der BFU sollten kommerzielle Flüge nach Instrumentenflugregeln mit Luftfahrzeugen über 5,7 t Abflugmasse bzw. mehr als 19 Sitzplätzen nur von Flugplätzen mit durchgängigen Luftraummaßnahmen vom Boden bis 5 000 Fuß AMSL bzw. 3 500 Fuß GND erfolgen.

Auch könnte mit entsprechender kompatibler Kollisionswarnausrüstung aller Verkehrsteilnehmer die Kollisionsgefahr im VFR-Reiseflug und im VFR-Platzverkehr, auch in „unknown“-Luftraumklassen (derzeit Luftraum E und G), reduziert werden.

Die zahlreichen Publikationen zu diesem Thema kommen zu den gleichen Ergebnissen und Empfehlungen.

Die möglichen Gefahren, die sich aus dem Betrieb von Drohnen ergeben, können derzeit von Seiten der BFU noch nicht abgeschätzt werden.

## 4. Sicherheitsempfehlungen

Sicherheitsempfehlung Nr. 02/2017

Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) sollte die bestehende Ausnahme in Bezug auf den Verzicht einer Transponderabstrahlung für die Betriebsart Segelflug oberhalb 5 000 Fuß AMSL bzw. 3 500 Fuß GND nach der Verordnung über die Flugsicherungs-ausrüstung der Luftfahrzeuge (FSAV) aufheben.

#### Sicherheitsempfehlung Nr. 03/2017

Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) sollte sicherstellen, dass Flüge des kommerziellen Lufttransports nach Instrumentenflugregeln mit Luftfahrzeugen größer 5,7 t Abflugmasse bzw. mehr als 19 Sitzplätzen nur in Lufträumen erfolgen, in denen die Flugverkehrskontrolle jederzeit in der Lage ist, Verkehrsinformationen und Ausweichempfehlungen bezüglich aller sonstigen im selben Luftraum operierenden Luftfahrzeuge zu erteilen sowie bordeigene und bodengebundene Kollisionsschutzsysteme (ACAS und STCA) vor drohenden Kollisionen warnen können.

Untersuchungsführer:

Axel Rokohl

Mitwirkung:

Christian Blanke,

Jens Eisenreich,

Braunschweig den 17. Januar 2017