



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST
Service suisse d'enquête de sécurité SESE
Servizio d'inchiesta svizzero sulla sicurezza SISI
Swiss Transportation Safety Investigation Board STSB

Schlussbericht Nr. 2325 der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST

über den schweren Vorfall (Fastkollision)

zwischen dem Verkehrsflugzeug Fokker 50, OO-VLF,
betrieben durch Vlaamse Luchttransportmaatschappij
N.V. (VLM) unter dem Flugplankennzeichen VLM 22TX

und dem Flugzeug Piper PA-28RT-201T,
eingetragen als OK-ELL,

vom 21. April 2016

rund 10 NM nordöstlich des Flughafens
Friedrichshafen (EDNY), Deutschland

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST
3003 Bern
Tel + 41 58 466 33 00, Fax +41 58 466 33 01
info@sust.admin.ch
www.sust.admin.ch

Allgemeine Hinweise zu diesem Bericht

Dieser Bericht enthält die Schlussfolgerungen der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle (SUST) über die Umstände und Ursachen des vorliegend untersuchten schweren Vorfalls.

Gemäss Artikel 3.1 der 10. Ausgabe des Anhangs 13, gültig ab 18. November 2010, zum Abkommen über die internationale Zivilluftfahrt vom 7. Dezember 1944 sowie Artikel 24 des Bundesgesetzes über die Luftfahrt ist der alleinige Zweck der Untersuchung eines Flugunfalls oder eines schweren Vorfalls die Verhütung von Unfällen oder schweren Vorfällen. Die rechtliche Würdigung der Umstände und Ursachen von Flugunfällen und schweren Vorfällen ist ausdrücklich nicht Gegenstand der Sicherheitsuntersuchung. Es ist daher auch nicht Zweck dieses Berichts, ein Verschulden festzustellen oder Haftungsfragen zu klären.

Wird dieser Bericht zu anderen Zwecken als zur Unfallverhütung verwendet, ist diesem Umstand gebührend Rechnung zu tragen.

Die deutsche Fassung dieses Berichts ist das Original und daher massgebend.

Alle Angaben beziehen sich, soweit nicht anders vermerkt, auf den Zeitpunkt des schweren Vorfalls.

Alle in diesem Bericht erwähnten Zeiten sind, soweit nicht anders vermerkt, in koordinierter Weltzeit (*Coordinated Universal Time* – UTC) angegeben. Für das Gebiet der Schweiz galt zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls die mitteleuropäische Sommerzeit (MESZ) als Normalzeit (*Local Time* – LT). Die Beziehung zwischen LT, MESZ und UTC lautet:

LT = MESZ = UTC + 2 h.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	6
Überblick	6
Untersuchung	7
Kurzdarstellung	7
Ursachen	8
Sicherheitsempfehlungen und Sicherheitshinweise	8
1 Sachverhalt	9
1.1 Vorgeschichte und Verlauf des schweren Vorfalls	9
1.1.1 Allgemeines	9
1.1.2 Vorgeschichte	9
1.1.3 Verlauf des schweren Vorfalls	10
1.1.4 Ort und Zeit des schweren Vorfalls	14
1.2 Angaben zu Personen	14
1.2.1 OO-VLF	14
1.2.1.1 Kommandant	14
1.2.1.2 Copilot.....	15
1.2.2 OK-ELL	15
1.2.3 Mitarbeiter der Flugsicherung	15
1.2.3.1 Flugverkehrsleiter RE	15
1.2.3.1.1 Allgemeines	15
1.2.3.1.2 Ausbildung und Werdegang	16
1.2.3.2 Flugverkehrsleiter RC	16
1.2.3.2.1 Allgemeines	16
1.2.3.2.2 Ausbildung und Werdegang	16
1.2.3.3 Platzverkehrsleiter 1	16
1.2.3.3.1 Allgemeines	16
1.2.3.3.2 Ausbildung und Werdegang	16
1.2.3.4 Platzverkehrsleiter 2	17
1.2.3.4.1 Allgemeines	17
1.2.3.4.2 Ausbildung und Werdegang	17
1.3 Angaben zu den Luftfahrzeugen	17
1.3.1 VLM 22TX.....	17
1.3.1.1 Allgemeines	17
1.3.1.2 Verkehrswarn- und Kollisionsverhinderungssystem.....	17
1.3.2 OK-ELL	19
1.4 Meteorologische Angaben	19
1.4.1 Allgemeine Wetterlage	19
1.4.2 Wetter am Ort und zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls	19
1.4.3 Astronomische Angaben	19
1.5 Navigationshilfen	19
1.6 Kommunikation	19
1.7 Angaben zum Flughafen und Luftraum	20
1.7.1 Flughafen Friedrichshafen	20
1.7.2 Luftraumstruktur.....	20
1.7.3 Zuständigkeiten	21
1.7.3.1 Allgemeines	21
1.7.3.2 Platzverkehrsleitstelle Friedrichshafen	21
1.7.3.3 Luftraum über dem Bodenseegebiet	21

1.7.4	Anflugverfahren in Friedrichshafen.....	21
1.7.4.1	Instrumentenanflüge	21
1.7.4.2	Sichtanflugkarte	22
1.7.5	Luftfahrtausstellung „AERO Friedrichshafen“	22
1.7.6	Publikationen zur AERO Friedrichshafen	23
1.7.6.1	Allgemeines	23
1.7.6.2	Dokumentation für den IFR-Verkehr	23
1.7.6.3	Dokumentation für den VFR-Verkehr	23
1.8	Flugschreiber	24
1.8.1	VLM 22TX.....	24
1.8.1.1	Flugdatenschreiber	24
1.8.1.2	Sprach- und Geräuschaufzeichnungsgerät	24
1.8.2	OK-ELL	24
1.8.3	Downlink Mode S.....	25
1.9	Versuche und Forschungsergebnisse.....	25
1.9.1	TCAS-Analyse	25
1.10	Angaben zu verschiedenen Organisationen und deren Führung	27
1.10.1	Skyguide	27
1.10.1.1	Dienstleistungsauftrag der Skyguide	27
1.10.1.2	Sektor ARFA im Allgemeinen	27
1.10.1.3	Sektor ARFA während der Veranstaltung „AERO Friedrichshafen“	27
1.10.1.4	Arbeitsalltag	28
1.10.1.5	Bodenseitiges Konfliktwarnsystem	29
1.10.2	Austro Control GmbH	29
1.10.2.1	Zuständigkeit	29
1.10.2.2	Arbeitsplatzausrüstung	29
1.10.2.3	AERO Friedrichshafen.....	29
1.10.2.4	Interne Koordination zwischen den beiden Platzverkehrsleitern	30
1.10.3	Koordination zwischen ARFA und der Platzverkehrsleitstelle.....	30
1.11	Zusätzliche Angaben	31
1.11.1	Weitere schwere Vorfälle in der Region Friedrichshafen (EDNY).....	31
1.11.2	Begegnungen im Luftraum der Klasse Echo	32
1.12	Nützliche oder effektive Untersuchungstechniken.....	32
2	Analyse	33
2.1	Technische Aspekte.....	33
2.2	Menschliche und betriebliche Aspekte.....	33
2.2.1	Verlauf des schweren Vorfalls	33
2.2.2	Luftraumstruktur um den Flughafen Friedrichshafen	35
2.2.3	Flugverkehrsleitung	36
2.2.3.1	ARFA	36
2.2.3.2	Platzverkehrsleitstelle	36
2.2.3.3	Koordination zwischen ARFA und der Platzverkehrsleitstelle.....	37
3	Schlussfolgerungen.....	38
3.1	Befunde.....	38
3.1.1	Technische Aspekte	38
3.1.2	Besatzungen und Mitarbeiter der Flugsicherung.....	38
3.1.3	Verlauf des schweren Vorfalls	38
3.1.4	Rahmenbedingungen	40
3.2	Ursachen.....	40

4	Sicherheitsempfehlungen, Sicherheitshinweise und seit dem schweren Vorfall getroffene Massnahmen	41
4.1	Sicherheitsempfehlungen.....	41
4.1.1	Betriebskonzept während der Luftfahrmesse.....	41
4.1.1.1	Sicherheitsdefizit.....	41
4.1.1.2	Sicherheitsempfehlung Nr. 541	42
4.2	Sicherheitshinweise	42
4.3	Seit dem schweren Vorfall getroffene Massnahmen	42

Zusammenfassung

Überblick

Luftfahrzeug 1

Eigentümer	Jetstream Aviation Capital, Miami Florida
Halter	Vlaamse Luchttransportmaatschappij N.V. (VLM), Antwerpen, Belgien
Hersteller	Fokker Aircraft B.V., Amsterdam, Niederlande
Luftfahrzeugmuster	F27 Mk050, Marketingbezeichnung „Fokker 50“
Eintragsstaat	Königreich Belgien
Eintragszeichen	OO-VLF
Flugnummer	VG 322
Flugplankennzeichen	VLM 22TX
Funkrufzeichen	<i>Rubens Two Two Tango Xray</i>
Flugregeln	Instrumentenflugregeln (<i>Instrument Flight Rules – IFR</i>)
Betriebsart	Linienflug
Abflugort	Berlin-Tegel (EDDT), Deutschland
Bestimmungsort	Friedrichshafen (EDNY), Deutschland

Luftfahrzeug 2

Eigentümer	Satiko s.r.o., Brno, Tschechische Republik
Halter	Icarus Aviation Group s.r.o., Brno, Tschechische Republik
Hersteller	Piper Aircraft Inc., Vero Beach, USA
Luftfahrzeugmuster	Piper PA-28RT-201T (Marketingbezeichnung „Turbo Arrow“)
Eintragsstaat	Tschechische Republik
Eintragszeichen	OK-ELL
Funkrufzeichen	<i>Oscar Kilo Echo Lima Lima</i>
Flugregeln	Sichtflugregeln (<i>Visual Flight Rules – VFR</i>)
Betriebsart	Privat
Abflugort	Brno-Tuřany (LKTB), Tschechische Republik
Bestimmungsort	Friedrichshafen (EDNY), Deutschland

Ort Rund 10 NM nordöstlich des Flughafens Friedrichshafen (EDNY), über deutschem Hoheitsgebiet

Datum und Zeit 21. April 2016, 08:14:54 UTC

Flugsicherungsstelle Bezirksleitstelle Zürich, Regionalsektor ARFA¹

Luftraum Klasse Echo

Geringster Abstand der beiden Luftfahrzeuge Horizontal: 0.5 NM, vertikal: 100 ft

Vorgeschriebene Mindeststaffelung IFR- zu VFR-Verkehr: Keine Verkehrsinformationen werden soweit möglich erteilt.

Airprox-Kategorie ICAO Kategorie A

¹ Sektor ARFA: Area Control Center Regionalsektor Friedrichshafen (EDNY) und St. Gallen-Altenrhein (LSZR).

Untersuchung

Der schwere Vorfall ereignete sich am 21. April 2016 um 08:14:54 UTC. Die Meldung traf am 25. April 2016 um 08:01 UTC von der belgischen Untersuchungsbehörde, der *Air Accident Investigation Unit* (AAIU), bei der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle (SUST) ein. Nach Vorabklärungen, wie sie für diese Art von schweren Vorfällen üblich sind, wurde die Untersuchung am 26. April 2016 eröffnet.

Die SUST meldete den schweren Vorfall den Behörden von Belgien, Deutschland und der Tschechischen Republik, die je einen bevollmächtigten Vertreter ernannten, der an der Untersuchung mitwirkte. Da es sich um einen Luftraum über Deutschland handelte, der von der schweizerischen Flugsicherung Skyguide bewirtschaftet wurde (*delegated services*), delegierte Deutschland die Untersuchung an die Schweiz.

Für die Untersuchung standen folgende Grundlagen zur Verfügung:

- die Aufzeichnungen des Sprechfunkverkehrs und der Radardaten;
- die gespeicherten *Quick Access Recorder* (QAR) ;
- die Aussagen von Besatzungsmitgliedern und Flugverkehrsleitern.

Die Beschaffung der Unterlagen beim für die Platzverkehrsleitung des Flughafens Friedrichshafen zuständigen Flugsicherungsdiensteanbieter (*Air Navigation Service Provider – ANSP*) erwies sich als beschwerlich.

Der Schlussbericht wird von der SUST veröffentlicht.

Kurzdarstellung

Am 21. April 2016, dem zweiten Tag der Luftfahrtmesse „AERO-Friedrichshafen“, rief der Pilot des Motorflugzeugs vom Muster Piper PA-28RT-201T, mit dem Eintragungszeichen OK-ELL und drei Passagieren an Bord, um 08:03:27 UTC erstmals auf der Frequenz 120.075 MHz der Platzverkehrsleitstelle Friedrichshafen (EDNY) zur Landung auf. Er meldete, soeben Kempten passiert zu haben und im Begriff zu sein, auf 4000 ft QNH abzusinken.

Bei der Platzverkehrsleitstelle des Flughafens Friedrichshafen waren zwei Arbeitsplätze mit der Bezeichnung *VFR-Pick-up* bzw. *PL Main* besetzt. Der Pilot der OK-ELL wurde nach dem Erstaufwurf vom Platzverkehrsleiter *VFR Pick-up* angewiesen, direkt den Wegpunkt OSCAR nordwestlich des Flughafens anzufliegen und dabei ausserhalb der Kontrollzone (*Control Zone – CTR*) zu verbleiben.

Rund vier Minuten später trat die Besatzung des Verkehrsflugzeuges Fokker 50 mit dem Flugplankennzeichen VLM 22TX und 33 Passagieren an Bord zum ersten Mal in Kontakt mit dem Flugverkehrsleiter *Radar Executive Controller* (RE) der Anflugleitstelle. Dieser erteilte in der Folge Sink- und Kursanweisungen in der Absicht, die VLM 22TX mittels eines rechten Queranflugs (*base*) auf einen Punkt auf der verlängerten Achse in rund 11 NM von der Pistenchwelle für einen Instrumentenanflug auf die Piste 24 zu führen.

Als sich die OK-ELL rund 20 NM östlich des Flughafens auf einer Höhe von 4000 ft AMSL befand, wurde der Pilot vom Platzverkehrsleiter *VFR Pick-up* angewiesen, zum Endanflug (*final*) der Piste 24 zu fliegen.

Um 08:12:49 UTC erhielt die Besatzung der VLM 22TX vom Flugverkehrsleiter RE die Sinkfreigabe auf 5000 ft QNH. Dieser Freigabe folgte rund eine halbe Minute später die Anweisung, auf einen Steuerkurs von 150 Grad zu drehen für den Queranflug (*base*), verbunden mit einer Sinkfreigabe auf 4000 ft QNH.

Nach vorgängiger Übergabe an den Kollegen am Arbeitsplatz *PL Main* meldete sich der Pilot der OK-ELL um 08:13:44 UTC auf der Frequenz 134.300 MHz im langen Endanflug (*long final*)

für die Piste 24. Der Platzverkehrsleiter PL *Main* wies den Piloten der OK-ELL um 08:13:58 UTC an, nach rechts in Richtung Wegpunkt OSCAR zu fliegen und ausserhalb der CTR zu bleiben.

Um 08:14:06 UTC löste der Alarm des bodenseitigen Konfliktwarnsystems (*Short Term Conflict Alert* – STCA) zwischen der VLM 22TX und der OK-ELL aus, worauf der Flugverkehrsleiter RE zehn Sekunden später, um 08:14:16 UTC, der Besatzung der VLM 22TX eine erste Verkehrsinformation (*traffic information*) betreffend den ihm unbekanntem VFR-Flug (*unknown traffic*) gab, gefolgt von einer zweiten um 08:14:37 UTC.

Trotz der guten Sichtwetterbedingungen war die Sicht aus dem Cockpitfenster der VLM 22TX aufgrund des Sonnenstandes beeinträchtigt gewesen, weshalb die Besatzung nur auf der Anzeige des Verkehrswarn- und Kollisionsverhinderungssystems (*Traffic Alert And Collision Avoidance System* – TCAS) das Zielobjekt auf gleicher Höhe erkennen und verfolgen konnte. In der Folge entschied sich der Kommandant für eine Ausweichkurve um 90 Grad nach rechts.

Ungefähr gleichzeitig meldete der Pilot der OK-ELL nach einer vorausgehenden *traffic information* Sichtkontakt zur Fokker 50.

Während des Ausweichmanövers der VLM 22TX, kreuzten sich die beiden Flugzeuge auf einer Höhe von ungefähr 4000 ft AMSL. Die geringste Annäherung betrug um 08:14:54 UTC horizontal 0.5 NM und vertikal 100 ft.

Die beiden Flugzeuge setzten ihren Landeanflug ohne weitere Ereignisse fort.

Ursachen

Der schwere Vorfall bestand aus einer gefährlichen Annäherung zweier anfliegenden Flugzeuge im Luftraum der Klasse Echo am Tag einer Luftfahrtmesse, bei dem das Verkehrsflugzeug unter Instrumentenflugregeln in Kontakt mit der Anflugleitstelle stand, während das Leichtflugzeug unter Sichtflugregeln mit der Platzverkehrsleitstelle Funkkontakt hatte.

Die gefährliche Annäherung entstand durch das Zusammenwirken folgender Faktoren in chronologischer Reihenfolge:

- Das Betriebskonzept für den gleichzeitigen Anflug von Verkehr nach Sicht- und Instrumentenflugregeln während der Luftfahrtmesse barg systemische Risiken.
- Die Besatzungen der beiden Flugzeuge standen nicht mit der gleichen Verkehrsleitstelle in Funkkontakt.
- Innerhalb des Platzverkehrsleitdienstes wurde die Führung des nach Sichtflugregeln anfliegenden Leichtflugzeuges mangelhaft koordiniert.
- An Bord des Verkehrsflugzeuges wurde durch das Verkehrswarn- und Kollisionsverhinderungssystem aufgrund eines lateralen Ausweichmanövers kein Ausweichbefehl ausgegeben.
- Die Verkehrsinformation seitens des Platzverkehrsleitdienstes an den Piloten des Leichtflugzeuges erfolgte zu spät.
- Beide Besatzungen erlangten späten Sichtkontakt zum jeweils anderen Flugzeug.

Die geltende Klassifizierung des Luftraums, in dem die gefährliche Annäherung stattgefunden hat, trug zur Entstehung des schweren Vorfalls bei.

Sicherheitsempfehlungen und Sicherheitshinweise

Mit diesem Schlussbericht wird eine Sicherheitsempfehlung ausgesprochen.

1 Sachverhalt

1.1 Vorgeschichte und Verlauf des schweren Vorfalles

1.1.1 Allgemeines

Der Linienflug VLM 22TX wurde nach Instrumentenflugregeln (*Instrument Flight Rules – IFR*) durchgeführt. Während des gesamten Fluges war der Kommandant als fliegender Pilot (*Pilot Flying – PF*) und der Copilot als assistierender Pilot (*Pilot Monitoring – PM*) eingesetzt.

Der Flug des Luftfahrzeuges OK-ELL wurde nach Sichtflugregeln (*Visual Flight Rules – VFR*) durchgeführt.

Die Bewirtschaftung der Lufträume in der Region Friedrichshafen ist auf mehrere Flugsicherungsdienstleister (*Air Navigation Service Provider – ANSP*) aufgeteilt: Die Deutsche Flugsicherung (DFS) hat Skyguide mit den Flugsicherungsdiensten für den Luftraumsektor über deutschem Hoheitsgebiet um die Kontrollzone (*Control Zone – CTR*) Friedrichshafen herum betraut (*service delegation*). Austro Control GmbH (ACG) ist jedoch für den Flugverkehrsleitdienst innerhalb der CTR Friedrichshafen und die zugehörigen Verfahren zuständig. Das deutsche Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (BAF) hat die Aufsicht über die zivilen Flugsicherungsorganisationen in Deutschland inne.

Bei der Flugsicherung Skyguide war die Verkehrsdienststelle *Zurich Arrival* mit dem Sektor ARFA² am schweren Vorfall beteiligt. ARFA betreut die IFR-An- und Abflüge des Flughafens Friedrichshafen über deutschem Hoheitsgebiet sowie des Regionalflugplatzes St. Gallen-Altenrhein (LSZR) über schweizerischem Hoheitsgebiet.

Bei der Flugsicherung ACG waren in der Platzverkehrsleitstelle des Flughafens Friedrichshafen zwei Arbeitsplätze am schweren Vorfall beteiligt.

Der schwere Vorfall ereignete sich über deutschem Hoheitsgebiet im Luftraum der Klasse Echo (vgl. Kapitel 1.7.2).

Vom 20. bis 23. April 2016 fand die jährlich wiederkehrende Luftfahrtmesse „AERO-Friedrichshafen“ statt (vgl. Kapitel 1.7.5).

Weder an den Anlagen der Flugsicherung noch an den beiden Luftfahrzeugen lagen technische Einschränkungen vor.

1.1.2 Vorgeschichte

Die im Vorfeld zur Veranstaltung „AERO-Friedrichshafen“ publizierten temporären Weisungen im Luftfahrthandbuch (*Aeronautical Information Publication Supplement – AIP SUP*) für IFR- und VFR-Verkehr bezüglich der Luftfahrtmesse enthielten detaillierte Beschreibungen zu betrieblichen Einschränkungen und Rahmenbedingungen für den An- und Abflugverkehr des Flughafens Friedrichshafen (vgl. Kapitel 1.7.6). Die dazugehörigen *Notice to Airmen* (NOTAM) wurden zeitgerecht publiziert. Während der Messe war eine vorherige Genehmigung (*Prior Permission Required – PPR*) sowohl für den VFR- als auch für den IFR-Verkehr erforderlich; ausgenommen waren planmässige Linien- und Charterflüge, VFR-Abflüge sowie An- und Abflüge von Hubschraubern.

Die Flugverkehrsleiter (FVL) am Arbeitsplatz ARFA wurden für diesen Anlass vorgängig in einem eintägigen Auffrischkurs (*refresher*) im Simulator mit starkem Verkehrsaufkommen (*Heavy Traffic Refresher*) geschult (vgl. Kapitel 1.10.1.3).

² Sektor ARFA: *Area Control Center* Regionalsektor Friedrichshafen (EDNY) und St. Gallen Altenrhein (LSZR).

Gleichzeitig wurden sie mit den aussergewöhnlichen Verfahren des Zweimann-Betriebskonzeptes (*two-man-OPS*) sowie den Vorgaben der dazugehörigen Pflichtenhefte (vgl. Kapitel 1.10.1.3) vertraut gemacht.

Der diensthabende Radarverkehrsleiter (*Radar Executive Controller* – RE) bewertete sowohl das Verkehrsaufkommen als auch die Komplexität zum Zeitpunkt des schweren Vorfalles zwischen mittel und hoch. Der Koordinator (*Radar Coordinator Controller* – RC) teilte diese Auffassung und fügte hinzu, dass der Einsatz im Vergleich zu seinem letzten Einsatz an der „AERO-Friedrichshafen“ im Jahre 2014 arbeitsintensiver gewesen sei.

Das Motorflugzeug vom Muster Piper PA-28RT-201T, eingetragen als OK-ELL, führte einen privaten VFR-Flug vom Flugplatz Brno-Tuřany (LKTb) nach Friedrichshafen (EDNY) durch. An Bord des Flugzeuges befanden sich neben dem Piloten drei Passagiere. Im Rahmen der üblichen Flugvorbereitungen waren ihm aufgrund der NOTAM die betrieblichen Rahmenbedingungen für den An- und Abflugverkehr anlässlich der Messe auf dem Flughafen Friedrichshafen bekannt (vgl. Kapitel 1.7.6). Im Verlauf des schweren Vorfalls stand der Pilot der OK-ELL zunächst mit der Platzverkehrsleitstelle Friedrichshafen mit der internen Arbeitsplatzbezeichnung *VFR-Pick-up* auf der Frequenz 120.075 MHz und danach mit dem Platzverkehrsleiter mit der internen Arbeitsplatzbezeichnung *PL Main* auf der Frequenz 134.300 MHz in Kontakt.

Der Linienflug der belgischen Fluggesellschaft VLM-Airlines von Berlin-Tegel (EDDT) nach Friedrichshafen wurde mit dem Verkehrsflugzeug Fokker 50, mit Eintragungszeichen OO-VLF, unter dem Funkrufzeichen *Rubens Two Two Tango Xray* durchgeführt. An Bord des Verkehrsflugzeuges befanden sich zwei Piloten, ein Kabinenbesatzungsmitglied und 33 Passagiere. Im Verlauf des schweren Vorfalls stand die Besatzung der VLM 22TX mit ARFA auf der Frequenz 119.925 MHz in Kontakt.

1.1.3 Verlauf des schweren Vorfalls

Am 21. April 2016 rief der Pilot der OK-ELL um 08:03:27 UTC erstmals auf der Frequenz 120.075 MHz der Platzverkehrsleitstelle Friedrichshafen auf. Der Pilot meldete, dass er soeben Kempten passiert habe und im Begriff sei, auf 4000 ft QNH abzusinken. Der Pilot der OK-ELL wurde durch den Platzverkehrsleiter *VFR Pick-up* angewiesen, direkt den Wegpunkt OSCAR (vgl. Abbildung 1) anzufliegen und wurde gefragt, ob er für die Landung die Hartbelagspiste wünsche. Darauf antwortete der Pilot, dass er direkt auf den Endanflug der Piste 24 zusteuern werde. Der Platzverkehrsleiter korrigierte diese Meldung prompt und teilte dem Piloten mit, dass er nördlich der CTR-Friedrichshafen zu verbleiben habe. Diese Anweisung quittierte der Pilot der OK-ELL korrekt.

Um 08:07 UTC flog die VLM 22TX, dem Standard-Anflugverfahren (*Standard Arrival Route* – STAR) GARMO 1P folgend, in den Zuständigkeitsbereich des Sektors ARFA ein. Nach dem ersten Kontakt mit dem Flugverkehrsleiter RE um 08:07:50 UTC wurde die Besatzung angewiesen, auf Flugfläche (*Flight Level* – FL) 90 zu sinken und auf einen Steuerkurs (*Heading* – HDG) von 135 Grad zu drehen. Die Absicht des Flugverkehrsleiters RE war es, die Fokker 50 mit dieser Kursanweisung auf einen Punkt auf der verlängerten Achse in rund 11 NM von der Pistenschwelle 24 zu führen. Auf seiner Radaranzeige (*radar display*) aktivierte er für dieses Flugzeug die Anzeige des Geschwindigkeitsvektors (*speed vector*), die ihm dessen aktuelle Richtung in Form eines Striches anzeigt.

Etwa zwei Minuten später, um 08:08:58 UTC, bekam die Besatzung der VLM 22TX die Freigabe, auf 6000 ft QNH abzusinken, zusammen mit der Information, dass aus dieser Position noch etwa 35 NM bis zur Landung zu erwarten seien. Nach

weiteren zwei Minuten wurde VLM 22TX durch den Flugverkehrsleiter RE angewiesen, auf HDG 120° zu drehen.

Die Radaraufzeichnungsdaten zeigten zu diesem Zeitpunkt mehrere VFR-Etiketten³ im Nord-Nordwesten des Flughafens Friedrichshafen, vereinzelt Etiketten verstreut im Osten und Süden des Flugplatzes St. Gallen-Altenrhein (LSZR) und drei weitere VFR-Etiketten zwischen 14 und 17 NM im Bereich des Endanfluges des Instrumentenlandesystems (*Instrument Landing System* – ILS) der Piste 24. Diese drei VFR-Etiketten zeigten unterschiedliche Flugrichtungen und jeweils eine Höhe unterhalb von 4000 ft über dem mittleren Meeresspiegel (*Above Mean Sea Level* – AMSL) an.

Der Pilot der OK-ELL wurde um 08:09:33 UTC und ein zweites Mal um 08:09:48 UTC vom Platzverkehrsleiter VFR *Pick-up* angewiesen, über den Wegpunkt ETREM⁴ zum Endanflug (*final*) der Piste 24 zu fliegen. Dabei wurde der Name ETREM vom FVL beide Male buchstabiert. Zu diesem Zeitpunkt befand sich die OK-ELL rund 20 NM östlich des Flughafens auf einer Höhe von 4000 ft AMSL. Diese Anweisung wurde vom Piloten der OK-ELL rund 20 Sekunden später mit "*turning final 24 OLL*" bestätigt.

Um 08:12:49 UTC erhielt die Besatzung der VLM 22TX vom Radarverkehrsleiter RE die Sinkfreigabe auf 5000 ft QNH. Dieser Freigabe folgte rund eine halbe Minute später die Anweisung, auf HDG 150° zu drehen für den Queranflug (*base*), verbunden mit einer Sinkfreigabe auf 4000 ft QNH. Diese Freigaben wurden von der Besatzung korrekt zurückgelesen. Ungefähr gleichzeitig befand sich eine VFR-Etikette eines Flugzeuges rund 12 NM im Bereich des Endanfluges der ILS 24, mit angedeuteter südwestlicher Flugrichtung und einer Höhenangabe, die von 3800 ft auf 3700 ft AMSL abnahm. Hierbei handelte es sich um die OK-ELL, die um 08:13:25 UTC vom Platzverkehrsleiter VFR *Pick-up* an seinen Kollegen am Arbeitsplatz PL *Main* auf die Frequenz 134.300 MHz übergeben wurde, auf der sich der Pilot um 08:13:44 UTC im langen Endanflug (*long final*) anmeldete.

In der Zeit zwischen dem Erstaufwurf der Besatzung der VLM 22TX um 08:07:50 UTC und der Anweisung um 08:13:26 UTC war der Flugverkehrsleiter RE mit zwei abfliegenden Luftfahrzeugen von St. Gallen-Altenrhein, einem abfliegendem Linienverkehrsjet von Friedrichshafen und zwei anfliegenden Luftfahrzeugen nach Friedrichshafen beschäftigt. Eine mögliche Konfliktsituation zwischen einem Abflug von St. Gallen-Altenrhein und einem von Friedrichshafen wurde durch ihn frühzeitig gelöst.

Zwischen der Anflugleitstelle ARFA und der Platzverkehrsleitstelle fand keine Koordination (*tower check*) betreffend des IFR-Anfluges der VLM 22TX statt (vgl. Kapitel 1.10.3).

Der Platzverkehrsleiter PL *Main* wies den Piloten der OK-ELL um 08:13:58 UTC an, nach rechts in Richtung Wegpunkt OSCAR zu fliegen und ausserhalb der CTR zu bleiben. Diese Meldung wurde vom Piloten der OK-ELL korrekt zurückgelesen und auf dem Radarplot ist um 08:14:10 UTC eine deutliche Rechtskurve der VFR-Etiketts auf einer Höhe von 3900 ft AMSL in Richtung Nordwesten erkennbar.

Der Flugverkehrsleiter RE stand in Kontakt mit einem anderen Luftfahrzeug, als um 08:14:06 UTC der Alarm des *Short Term Conflict Alert* (STCA) zwischen der VLM 22TX und der OK-ELL auslöste (vgl. Kapitel 1.10.1.5). Um 08:14:16 UTC gab

³ Radar-Etiketten enthalten Informationen und sind dem Flugzeugsymbol angehängt.

⁴ ETREM: ein GPS-Wegpunkt für die Flächennavigation (*Area Navigation* – RNAV), der auch als Endanflugpunkt des ILS-Anfluges auf Piste 24 in Friedrichshafen definiert ist (vgl. Abbildung 5 in Kapitel 1.7.4).

sei die Sicht aus dem Cockpitfenster aufgrund des Sonnenstandes beeinträchtigt gewesen.

Der Radarplot zeigt um 08:14:42 UTC eine erste Kursänderung der VLM 22TX nach rechts. Gleichzeitig erfolgte eine Kursänderung der OK-ELL nach links, gefolgt von einer Kursänderung nach rechts vier Sekunden später. Wie der Flugverkehrsleiter RE später angab, wurde er von der Linkskurve des VFR-Verkehrs überrascht, weil der Geschwindigkeitsvektor unerwartet für kurze Zeit in Richtung der VLM 22TX zeigte. Für den Flugverkehrsleiter RE war mit den bisher festgestellten Höhen- und Kursschwankungen des betroffenen VFR-Verkehrs (vgl. Abbildung 1) weder eine verlässliche Kursanweisung noch eine Sinkfreigabe für VLM 22TX möglich, da das Flugzeug sich bereits auf der Führungsmindeshöhe (*Minimum Vectoring Altitude* – MVA) von 4000 ft AMSL befand.

Um 08:14:48 UTC sowie zwei Sekunden später zeigen die Aufzeichnungen am Arbeitsplatz des Flugverkehrsleiters RE, dass der Sprechfunkknopf (*push-to-talk button*) für kurze Zeit gedrückt wurde.

Die Annäherung konnte von der Besatzung der VLM 22TX weiterhin auf dem TCAS-Display beobachtet werden, ohne dass der VFR-Verkehr visuell erkennbar war. In der Folge entschied sich der Kommandant für eine Ausweichkurve um 90° nach rechts.

Ungefähr gleichzeitig, um 08:14:50 UTC, erteilte der Platzverkehrsleiter PL *Main* dem Piloten der OK-ELL folgende *Traffic Information* betreffend die VLM 22TX: „OKELL traffic is a Fokker 50 on, eh, being established on the ILS a moment ahead of you“. Wenige Sekunden später meldete der Pilot der OK-ELL Sichtkontakt.

Während dem Ausweichmanöver der VLM 22TX kreuzten sich die Flugwege der beiden Flugzeuge auf einer Höhe von 4000 ft AMSL (vgl. Abbildung 1). Die geringste Annäherung betrug um 08:14:54 UTC horizontal 0.5 NM und vertikal 100 ft.

Um 08:15:05 UTC gab der Kommandant der VLM 22TX über Funk bekannt, ein Ausweichmanöver geflogen und dabei einen einmotorigen Tiefdecker im Vorbeiflug gesehen zu haben. Nach seiner Schätzung befand sich der VFR-Verkehr auf Kollisionskurs und die geringste Distanz der beiden Luftfahrzeuge habe etwa 300 bis 500 m betragen.

Gemäss der Wahrnehmung des Kommandanten der VLM 22TX hat die eingeleitete Rechtskurve einen Zusammenstoss verhindert.

Der Copilot gab später an, dass er den VFR-Verkehr zu keinem Zeitpunkt gesehen habe. Er habe erst anhand der Reaktion des Kommandanten die Ernsthaftigkeit der Situation wahrgenommen. Die Besatzung beobachtete auf dem TCAS während der 90°-Rechtskurve eine Höhenangabe von +100 ft.

Der Pilot der OK-ELL gab an, die Unterseite der zwischen 500 ft und 1000 ft höher geschätzten Fokker 50 erblickt zu haben und schätzte den horizontalen Abstand zu ihr auf rund einen Kilometer.

Nach diesen Ereignissen meldete der Kommandant der VLM 22TX, dass der Konflikt gelöst sei (*clear of conflict*). Der Flugverkehrsleiter RE erteilte die Freigabe für den ILS-Endanflug auf die Piste 24 und übergab die VLM 22TX nach Abschluss der Radardienste an die Platzverkehrsleitstelle Friedrichshafen. Der Anflug und die Landung der VLM 22TX erfolgten ereignislos.

Der weitere Verlauf des Fluges der OK-ELL war ereignislos und die Landung erfolgte rund 10 Minuten später auf der Piste 24 in Friedrichshafen.

Nach der Landung nahm der Kommandant der VLM 22TX mit dem *Operational Control Center* (OCC) der Fluggesellschaft telefonisch Verbindung auf und verlangte die Sicherung des Sprach- und Geräuschaufzeichnungsgeräts (*Cockpit Voice Recorder – CVR*), damit der Vorfall untersucht werden könne.

Als der CVR auf Verlangen der SUST durch die *Air Accident Investigation Unit* Belgiens angefordert wurde, hiess es, dass dieser bereits überschrieben sei. Aus der nachgereichten schriftlichen Antwort seitens der Fluggesellschaft ging hervor, dass zu diesem Zeitpunkt kein anderer CVR zur Verfügung gestanden habe und der Nachmittagsflug hätte annulliert werden müssen. Im Weiteren war man der Meinung, dass der CVR keine sachdienlichen Informationen liefern würde, da der Funkverkehr nicht aufgezeichnet werde.

1.1.4 Ort und Zeit des schweren Vorfalls

Geographische Position	Rund 10 NM nordöstlich des Flughafens Friedrichshafen (EDNY), über deutschem Hoheitsgebiet
Datum und Zeit	21. April 2016, 08:14:54 UTC
Beleuchtungsverhältnisse	Tag
Koordinaten	N 047° 46' 55.30" E 009° 42' 58.00" (WGS84)
Höhe über Meer	4000 ft AMSL

1.2 Angaben zu Personen

1.2.1 OO-VLF

1.2.1.1 Kommandant

Person	Niederländischer Staatsangehöriger, Jahrgang 1976	
Lizenz	Verkehrspilotenlizenz für Flugzeuge (<i>Airline Transport Pilot Licence Aeroplane – ATPL(A)</i>) nach der Europäischen Agentur für Flugsicherheit (<i>European Aviation Safety Agency – EASA</i>), ausgestellt durch die Zivilluftfahrtbehörde der Niederlande	
Ausbildung bezüglich ACAS ⁵	Grundausbildung am 17. November 2000	
Flugerfahrung	Gesamthaft	7000 h
	Auf dem Vorfallmuster	6500 h
	Während der letzten 90 Tage	122 h
	Davon auf dem Vorfallmuster	122 h

Alle vorliegenden Angaben deuten darauf hin, dass der Kommandant seinen Dienst ausgeruht und gesund antrat. Es liegen keine Hinweise vor, dass zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls Ermüdung eine Rolle gespielt hat.

⁵ ACAS: Die Bezeichnung des grundlegenden Konzepts dieses Kollisionsverhinderungssystems lautet *Airborne Collision Avoidance System* (ACAS). Die internationale Zivilluftfahrtorganisation (*International Civil Aviation Organization – ICAO*) verwendet diesen Begriff bei der Festlegung der Normen, welche die Anlage erfüllen muss. Das *Traffic Alert and Collision Avoidance System* (TCAS) ist eine konkrete Umsetzung dieses Konzepts.

1.2.1.2	Copilot		
	Person	Niederländischer Staatsangehöriger, Jahrgang 1987	
	Lizenz	Berufspilotenlizenz für Flugzeuge (<i>Commercial Pilot Licence Aeroplane – CPL(A)</i>) nach EASA, ausgestellt durch die Zivilluftfahrtbehörde der Niederlande	
	Ausbildung bezüglich ACAS	Grundausbildung am Februar 2015 Innerhalb VLM Airlines (<i>refresher</i>): 5. April 2016	
	Flugerfahrung	Gesamthaft	750 h
		Auf dem Vorfallmuster	550 h
		Während der letzten 90 Tage	170 h
		Davon auf dem Vorfallmuster	170 h

Alle vorliegenden Angaben deuten darauf hin, dass der Copilot seinen Dienst ausgeruht und gesund antrat. Es liegen keine Hinweise vor, dass zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls Ermüdung eine Rolle gespielt hat.

1.2.2	OK-ELL		
	Person	Tschechischer Staatsangehöriger, Jahrgang 1971	
	Lizenz	CPL(A) nach EASA, ausgestellt durch die Zivilluftfahrtbehörde der Tschechischen Republik	
	Ausbildung bezüglich ACAS	Keine	
	Flugerfahrung	Gesamthaft	831:55 h
		Auf dem Vorfallmuster	47:00 h
		Während der letzten 90 Tage	88:35 h
		Davon auf dem Vorfallmuster	05:10 h

Alle vorliegenden Angaben deuten darauf hin, dass der Pilot seinen Flug ausgeruht und gesund antrat. Es liegen keine Hinweise vor, dass zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls Ermüdung eine Rolle gespielt hat.

1.2.3	Mitarbeiter der Flugsicherung		
1.2.3.1	Flugverkehrsleiter RE		
1.2.3.1.1	Allgemeines		
	Funktion	Sektor ARFA, <i>Radar Executive Controller (RE)</i>	
	Person	Französischer Staatsangehöriger, Jahrgang 1980	
	Arbeitstage vor Vorfalltag	20. April 2016, 05:30 – 13:00 UTC: ARFA Sektor	
	Dienstbeginn Vorfalltag	05:30 UTC	
	Simulationstraining	18. April 2016, 07.00 – 15.30 UTC: ARFA-Simulation (<i>Heavy Traffic Refresher</i>)	
	Lizenz	Ausweis für Flugverkehrsleiter (<i>Air Traffic Controller Licence</i>) basierend auf Richtlinie 2011/805 der Europäischen Gemeinschaft, ausgestellt durch das BAZL	

Alle vorliegenden Angaben deuten darauf hin, dass der Flugverkehrsleiter seinen Dienst ausgeruht und gesund antrat. Es liegen keine Hinweise vor, dass zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls Ermüdung eine Rolle spielte.

1.2.3.1.2 Ausbildung und Werdegang

Die Lizenzierung am Arbeitsplatz ARFA erfolgte im Februar 2015 und der Flugverkehrsleiter leistete seinen ersten Einsatz an der Veranstaltung „AERO Friedrichshafen“. Er gab an, damals ‚gute Erfahrungen‘ gemacht zu haben.

1.2.3.2 Flugverkehrsleiter RC

1.2.3.2.1 Allgemeines

Funktion	Sektor ARFA, <i>Radar Coordinator Controller (RC)</i>
Person	Schweizerischer Staatsangehöriger, Jahrgang 1977
Arbeitstage vor Vorfalldag	20. April 2016, Ruhetag
Dienstbeginn Vorfalldag	05:30 UTC
Simulationstraining	18. April 2016, 07.00 – 15.30 UTC: ARFA-Simulation (<i>Heavy Traffic Refresher</i>)
Lizenz	Ausweis für Flugverkehrsleiter (<i>Air Traffic Controller Licence</i>) basierend auf Richtlinie 2011/805 der Europäischen Gemeinschaft, ausgestellt durch das BAZL

Alle vorliegenden Angaben deuten darauf hin, dass der Flugverkehrsleiter seinen Dienst ausgeruht und gesund antrat. Es liegen keine Hinweise vor, dass zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls Ermüdung eine Rolle spielte.

1.2.3.2.2 Ausbildung und Werdegang

Die Lizenzierung am Arbeitsplatz ARFA erfolgte im Dezember 2013.

1.2.3.3 Platzverkehrsleiter 1

1.2.3.3.1 Allgemeines

Funktion	<i>Aerodrome Control (ADC), PL Main</i>
Person	Deutscher Staatsbürger, Jahrgang 1961
Arbeitstage vor Vorfalldag	19. und 20. April 2016
Dienstbeginn Vorfalldag	07:00 UTC (Nachweis ab 07:20 UTC)
Lizenz	Fluglotsenlizenz, ausgestellt durch das Bundesaufsichtamt für Flugsicherung (BAF) nach den Vorgaben der Verordnung (EU) Nr. 805/2011, in Übereinstimmung mit den ICAO-Standards

Alle vorliegenden Angaben deuten darauf hin, dass der Flugverkehrsleiter seinen Dienst ausgeruht und gesund antrat. Es liegen keine Hinweise vor, dass zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls Ermüdung eine Rolle spielte.

1.2.3.3.2 Ausbildung und Werdegang

Der Platzverkehrsleiter verfügt über rund 15 Jahre Erfahrung mit Arbeitseinsätzen während der AERO Friedrichshafen.

1.2.3.4 Platzverkehrsleiter 2

1.2.3.4.1 Allgemeines

Funktion	<i>Aerodrome Control (ADC), VFR Pick-up</i>
Person	Keine Angaben ⁶
Arbeitstage vor Vorfalldag	18., 19. und 20. April 2016
Dienstbeginn Vorfalldag	05:40 UTC (Nachweis ab 06:00 UTC)
Lizenz	Gemäss Angaben der Austro Control GmbH war die Gültigkeit gegeben und wurde 2016 um ein Jahr verlängert mit allen Berechtigungen für den Flughafen Friedrichshafen (EDNY) (ohne Einschränkungen)

1.2.3.4.2 Ausbildung und Werdegang

Der Platzverkehrsleiter verfügt über rund 15 Jahre Erfahrung mit Arbeitseinsätzen während der AERO Friedrichshafen.

1.3 Angaben zu den Luftfahrzeugen

1.3.1 VLM 22TX

1.3.1.1 Allgemeines

Luftfahrzeugmuster	F27 Mk050, Marketingbezeichnung „Fokker 50“
Charakteristik	Zweimotoriges Regionalflugzeug mit Propellerturbinenantrieb, ausgeführt als freitragender Schulterdecker in Ganzmetallbauweise mit Einziehfahrwerk in Bugradanordnung
Eigentümer	Jetstream Aviation Capital, Miami Florida
Halter	Vlaamse Luchttransportmaatschappij N.V. (VLM), Antwerpen, Belgien
Relevante Ausrüstung	TCAS Type: Honeywell TPU 67B Software-Standard: TCAS 7.1 Transponder Mode S

1.3.1.2 Verkehrswarn- und Kollisionsverhinderungssystem

Die Fokker 50, eingetragen als OO-VLF, wurde ursprünglich nach ihrer Auslieferung im Jahre 1991 ohne Verkehrswarn- und Kollisionsverhinderungssystem betrieben, da zu diesem Zeitpunkt derartige Systeme noch nicht vorgeschrieben waren. Gemäss den Angaben der Luftfahrtgesellschaft wurde dieses Flugzeug im Jahre 1998 vom damaligen Betreiber der Maschine mit einem Einbau eines derartigen Systems modifiziert.

⁶ Mehrmalige Anfragen seitens der SUST blieben unbeantwortet.



Abbildung 2: Cockpit der Fokker 50. Der gelbe Pfeil zeigt auf den Einbauort des Variometers des Kommandanten. Dasjenige des Copiloten wird durch dessen Steuersäule überdeckt.

Die Anzeige des Verkehrswarn- und Kollisionsverhinderungssystem wird auf einem kombinierten Instrument des Variometers (*Integrated Vertical Speed Indicator – IVSI*) ermöglicht. Solche Anzeigen sind im Cockpit anstelle der vorhandenen VSI jeweils rechts des Bildschirms für Navigationsdaten (*Navigation Display – ND*) beim Kommandanten und des Copiloten eingebaut (vgl. Abbildung 2).



Abbildung 3: Prinzip-Darstellung eines kombinierten Variometers mit Anzeige für Verkehrswarn- und zur Kollisionsverhinderung. Die relativen Höhenangaben anderer Luftfahrzeuge, die mit einem Höhen übermittelnden Transponder ausgerüstet sind, erfolgen in Hektotfuss. Links unten erscheint die Anzeige „TA only“ (blau), falls sich das TCAS im reduzierten Modus *traffic advisories only* befindet.

Wird an Bord einer Fokker 50 ein Ausweichbefehl (*Resolution Advisory – RA*) ausgegeben, muss die Besatzung die Fluglage des Flugzeuges derart ändern, dass die resultierende Vertikalgeschwindigkeit im Variometer in den grünen Bereich zu liegen kommt. Im Beispiel von Abbildung 3 würde dies zu einem Steigflug zwischen 1500 und 2000 ft/min führen.

Das Flugzeug OK-ELL konnte aufgrund seiner Transpondersignale vom TCAS der OO-VLF erkannt werden. Der vor dem Flug durchgeführte TCAS-Test war erfolgreich.

1.3.2	OK-ELL	
	Luftfahrzeugmuster	Piper PA-28RT-201T, "Turbo-Arrow IV"
	Charakteristik	Einmotoriges, viersitziges Kleinflugzeug mit Kolbenmotorantrieb, ausgeführt als freitragender Tiefdecker in Ganzmetallbauweise mit Einziehfahrwerk in Bugradanordnung
	Eigentümer	Satiko s.r.o., Brno, Tschechische Republik
	Halter	Icarus Aviation Group s.r.o., Bmo, Tschechische Republik
	Ausrüstung	Keine Ausrüstung zur Vermeidung von Kollisionen Transponder Mode S

1.4 Meteorologische Angaben

1.4.1 Allgemeine Wetterlage

Eine flache Hochdruckbrücke erstreckte sich vom Nordatlantik über Deutschland nach Südosteuropa. Sie wurde in der Höhe durch einen schmalen Rücken gestützt.

1.4.2 Wetter am Ort und zum Zeitpunkt des schweren Vorfalles

Das Wetter war trocken und sonnig. Über dem Bodenseeraum lag Dunst mit einer Obergrenze um 3000 ft AMSL. Über dem Dunst herrschte eine Sichtweite um 60 km. Am Boden betrug die meteorologische Sicht 25 km.

Wetter/Wolken	CAVOK ⁷
Sicht	60 km
Wind	190 Grad 6 kt
Temperatur/Taupunkt	10° / 1°C
Druck (QNH)	1023 hPa, Druck reduziert auf Meereshöhe, berechnet mit den Werten der ICAO-Standardatmosphäre
Gefahren	Keine

1.4.3 Astronomische Angaben

Beleuchtungsverhältnisse	Tag
Sonnenstand	Azimet: 117 Grad Elevation: 37 Grad

1.5 Navigationshilfen

Alle betroffenen Navigationshilfen standen zum Zeitpunkt des schweren Vorfalles uneingeschränkt zur Verfügung.

1.6 Kommunikation

Die Kommunikation wickelte sich in englischer Sprache und ohne technische Schwierigkeiten ab.

⁷ CAVOK: *ceiling and visibility okay*, d.h. keine Wolken unterhalb 5000 ft oder unterhalb der höchsten *minimum sector altitude* (MSA), wenn diese höher ist als 5000 ft, kein *Cumulonimbus CB* oder *towering cumulus CTU* auf jeglicher Höhe.

1.7 Angaben zum Flughafen und Luftraum

1.7.1 Flughafen Friedrichshafen

Der Flughafen liegt am Bodensee, rund 4 km nordöstlich der Stadtgrenze von Friedrichshafen.

Die Piste 24 ist mit einem Instrumentenlandesystem (ILS) der Kategorie (CAT) III ausgerüstet. Im Zeitpunkt des Vorfalles standen 2150 m Pistenlänge für eine Landung zur Verfügung.

1.7.2 Luftraumstruktur

Die Kontrollzone (*Control Zone – CTR*) rund um den Flughafen Friedrichshafen schützt den an- und abfliegenden Verkehr vom Boden bis zu einer Höhe von 4500 ft AMSL. Dieser Luftraum ist der Klasse Delta zugeordnet. Hierin wird IFR-Verkehr untereinander gestaffelt und erhält Verkehrsinformationen über VFR-Verkehr. Der VFR-Verkehr wird nicht gestaffelt und erhält lediglich Verkehrsinformationen über anderen Verkehr.

Weiter bestehen in Friedrichshafen zwei *Transponder Mandatory Zone (TMZ)*, die der Luftraumklasse Echo zugewiesen sind (vgl. Abbildung 4):

- EDNY A: Sie reicht von 1000 ft *Above Ground Level (AGL)* bis FL 100;
- EDNY B: Sie ist weiter gefasst und reicht von 1700 ft AGL bis FL 100.

In der deutschen Luftraumklasse Echo sind die VFR-Bedingungen wie folgt definiert:

- Maximale Geschwindigkeit unterhalb 10 000 ft: 250 Knoten;
- Mindestsicht: 8 km;
- Distanz zu den Wolken: vertikal: 300 m; horizontal: 1500 m.

Im Luftraum der Klasse Echo kann der VFR-Verkehr Informationen empfangen, wenn dieser mit einem *Flight Information Service (FIS)* in Funkkontakt steht und die Situation es zulässt.

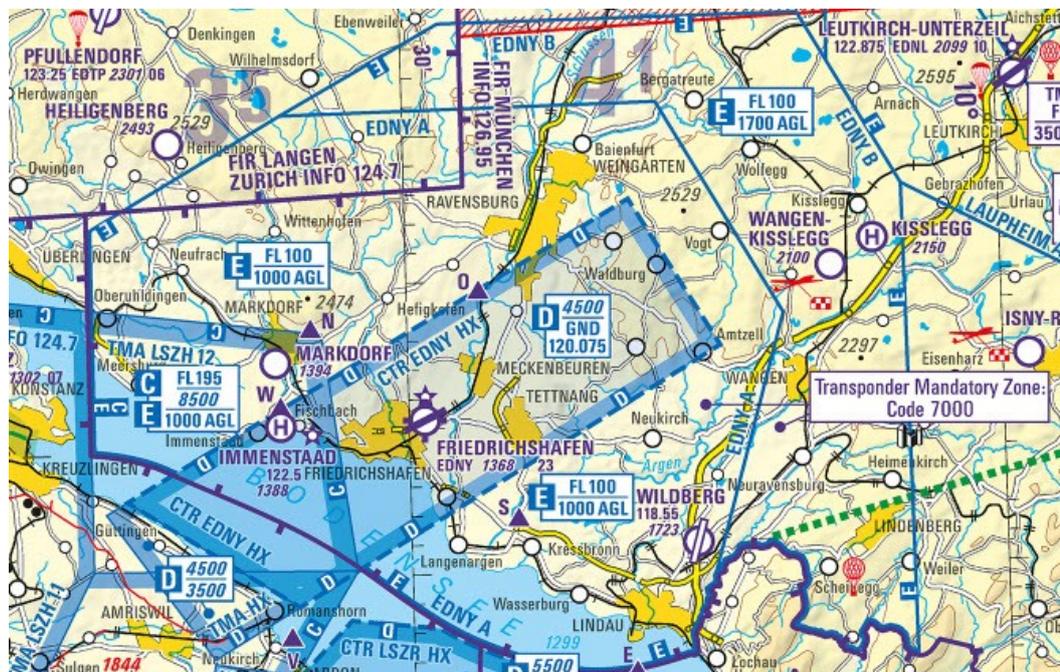


Abbildung 4: Luffahrtkarte der Schweiz und Liechtenstein vom 31. März 2016 mit den beiden *Transponder Mandatory Zone (TMZ)* EDNY A und EDNY B. Quelle: Bundesamt für Landestopografie Swisstopo

1.7.3 Zuständigkeiten

1.7.3.1 Allgemeines

Die Zuständigkeiten für die Platzverkehrsleitstelle des Flughafens Friedrichshafen und den Luftraum über dem Bodenseegebiet werden unter verschiedenen Flugsicherungsanbietern aufgeteilt.

1.7.3.2 Platzverkehrsleitstelle Friedrichshafen

Der österreichische Flugsicherungsdiensteanbieter (*Air Navigation Service Provider* – ANSP) Austro Control GmbH (ACG) ist zuständig für die Platzverkehrsleitstelle Friedrichshafen.

Zwischen Austro Control und Skyguide besteht eine Vereinbarung (*Letter of Agreement*), welche die Verfahren und Zuständigkeiten zwischen der Platzverkehrsleitstelle Friedrichshafen, dem Sektor ARFA, der Anflugleitstelle *Zurich Approach* und der Bezirksleitstelle (*Area Control Center* – ACC) Zürich regelt.

1.7.3.3 Luftraum über dem Bodenseegebiet

Für den Luftraum ARFA über deutschem Hoheitsgebiet besteht eine Vereinbarung zwischen der Deutschen Flugsicherung GmbH (DFS) und Skyguide.

In dieser Vereinbarung wird Skyguide mit dem Flugverkehrsleit-, Informations- und Alarmdienst beauftragt. Die Luftraumstrukturen, deren Klassifizierung und die gültigen Verfahren werden von der DFS festgelegt.

1.7.4 Anflugverfahren in Friedrichshafen

1.7.4.1 Instrumentenanflüge

Die Anflugroute des ILS-Anfluges auf die Piste 24 führt vom Anfangsanflugwegpunkt MOKOP bis zum Erreichen der CTR-Grenze durch den Luftraum der Klasse Echo. Dies trifft auch bei einem Anflug unter Radarführung durch Kursanweisung (*vectoring*) durch die Flugverkehrsleitung zu.

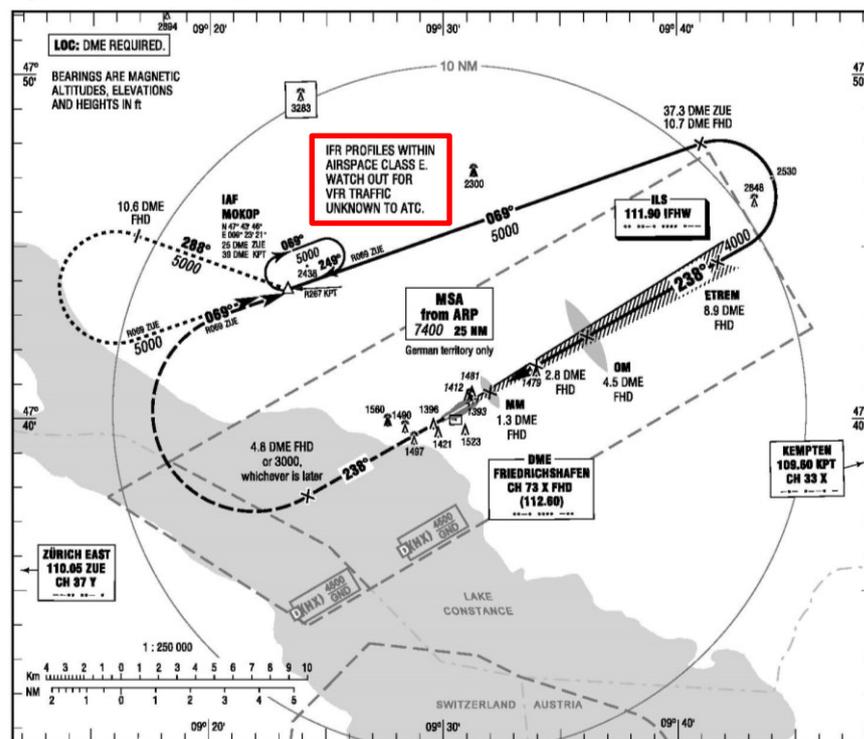


Abbildung 5: ILS-Anflug auf die Piste 24 in Friedrichshafen gemäss dem AIP-Deutschland mit einem Vermerk (rot eingerahmt), dass der Anflug teils durch den Luftraum der Klasse Echo führt und entsprechend mit unbekanntem VFR-Verkehr zu rechnen ist.

Der Luftraum der Klasse Echo wird als kontrollierter Luftraum bezeichnet, weil hierin eine Flugverkehrskontrollfreigabe für den IFR-Verkehr erforderlich ist und dieser gegenüber anderem IFR-Verkehr gestaffelt wird. Dem IFR-Verkehrsteilnehmer werden Informationen über VFR-Verkehr nur übermittelt, wenn Angaben vorliegen und die Situation eine Verkehrsinformation (*traffic information*) zulässt. Eine Mindeststaffelung zwischen IFR- und VFR-Verkehr ist im Luftraum der Klasse Echo nicht vorgesehen. Ausweichempfehlungen an IFR-Verkehr werden nur auf Anforderung der Besatzung übermittelt.

1.7.4.2 Sichtanflugkarte

Die Sichtanflugkarte des Flughafens Friedrichshafen, wie sie in der AIP-Deutschland publiziert ist, enthält definierte Flugrouten zu den VFR-Meldepunkten OSCAR, NOVEMBER, WHISKEY und SIERRA. Ebenso ist eine maximale Flughöhe von 3000 ft AMSL für den Ein- und Ausflug vorgegeben (vgl. Abbildung 6). Die An- und Abflüge über die Meldepunkte NOVEMBER und SIERRA erfolgen ungefähr senkrecht zur Pistenachse.

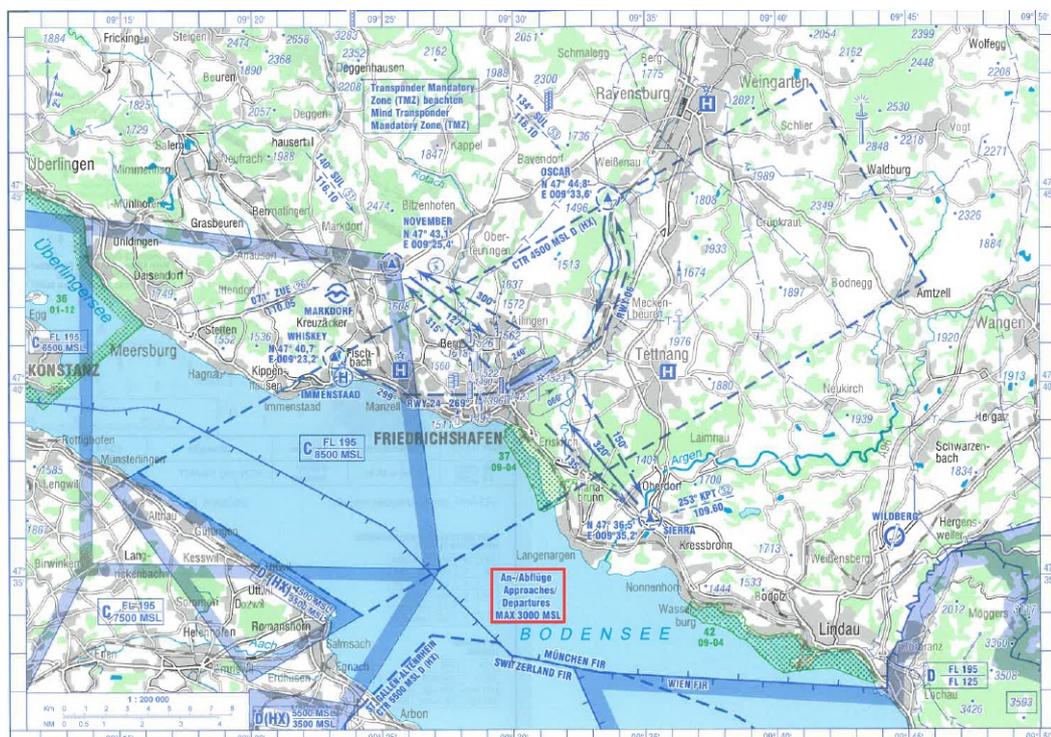


Abbildung 6: Sichtanflugkarte des Flughafens Friedrichshafen gemäss dem AIP-Deutschland mit einer maximalen Flughöhe von 3000 ft AMSL für An- und Abflüge (rot eingrahmt)

1.7.5 Luftfahrt Ausstellung „AERO Friedrichshafen“

Die „AERO Friedrichshafen“ ist eine Fachmesse für die Allgemeine Luftfahrt und findet jährlich auf dem Messegelände sowie dem angrenzenden Flughafen Friedrichshafen statt. Im Jahr 2016 wurde die Ausstellung vom 20. bis 23. April 2016 durchgeführt.

Eine vorherige Genehmigung (*Prior Permission Required – PPR*) war während der Veranstaltung „AERO Friedrichshafen“ sowohl für den VFR- als auch für den IFR-Verkehr erforderlich. Ausgenommen waren planmässige Linien- und Charterflüge, VFR-Abflüge sowie An- und Abflüge von Hubschraubern. Zur Entlastung von Friedrichshafen konnten auch die umliegenden Flugplätze Markdorf und Mengen angefliegen werden. Diese Nachbarplätze forderten keine PPR.

1.7.6 Publikationen zur AERO Friedrichshafen

1.7.6.1 Allgemeines

Die Deutsche Flugsicherung (DFS) publizierte für die Luftfahrtausstellung „AERO Friedrichshafen“ per 31. März 2016 das AIP SUP IFR 07/16 (vgl. Kapitel 1.7.6.2) und per 14. April 2016 das AIP SUP VFR 07/16 (vgl. Kapitel 1.7.6.3) mit detaillierten Angaben, Rahmenbedingungen und Empfehlungen zur bevorstehenden Luftfahrtmesse.

Ein *Notice to Airmen* (NOTAM) betreffend Durchführung der Veranstaltung „AERO Friedrichshafen“ wurde ordnungsgemäss publiziert.

Auf dem Informationsblatt der DFS „*VFR Pilot Info 01/2016 Luftraum E*“ wird neben Fakten und Empfehlungen für die Benutzung des Luftraumes Echo auch ausdrücklich festgehalten, dass IFR-Flüge kein generelles Vorflugrecht haben, auch dann nicht, wenn sich der IFR-Flug unter Radarführung befindet.

1.7.6.2 Dokumentation für den IFR-Verkehr

In der eine Seite umfassenden Dokumentation „AERO 2016 in Friedrichshafen (EDNY)“ werden die PPR-Regelung, -Ausnahmen und -Erteilung, die temporär gültigen Verfahren mit Flugregelwechsel von VFR- zu IFR-Flugregeln oder umgekehrt und die mögliche Ablehnung einer Flugverkehrskontrollfreigabe beschrieben.

Zusätzlich werden die Piloten auf die erhöhte Anzahl von VFR-Flügen von und nach Friedrichshafen aufmerksam gemacht: *„Während des Instrumentenanfluges und/oder Instrumentenabfluges von/nach EDNY müssen Piloten aufgrund einer zu erwartenden hohen Anzahl von VFR-Flügen von/nach EDNY bei Sichtflugwetterbedingungen (Visual Meteorological Conditions – VMC) ständig den Luftraum beobachten (Prinzip „Sehen und Kollisionen vermeiden“).“*

1.7.6.3 Dokumentation für den VFR-Verkehr

Die während der „AERO Friedrichshafen“ gültigen AIP-Unterlagen bestehen aus acht Seiten: Die ersten vier davon sind mit Verfahren, PPR, An- und Abflug-Regelungen in deutscher und englischer Sprache verfasst. Zwei weitere Seiten sind je mit einer Karte für das Betriebskonzept Piste 24 und Piste 06 versehen. Eine Karte zeigt detailliert die Kursrichtungen zu den VFR-Meldepunkten OSCAR, NOVEMBER, WHISKEY und SIERRA an. Die letzte Seite zeigt eine Bodenkarte mit den während der „AERO Friedrichshafen“ gültigen Informationen an.

Aus diesen Unterlagen geht hervor, dass bei Pistenbetriebsrichtung 24 die Anflüge auf die Hartbelagpiste über den Pflichtmeldepunkt OSCAR erfolgen mit der Empfehlung, dem rot schraffierten Einflugkorridor zu folgen (vgl. Abbildung 7). Die Sprechfunkverbindung mit der Platzverkehrsleitstelle ist spätestens zehn Minuten vor Erreichen von OSCAR aufzunehmen, jedoch nicht später als beim Überflug der in der Karte eingezeichneten Linie mit einem Radius von 18 NM um den Platzreferenzpunkt. Die CTR ist bei Annäherung an die Pflichtmeldepunkte weiträumig zu umfliegen.

Der Anflug zu den Pflichtmeldepunkten wird in einer Flughöhe von nicht mehr als 4000 ft AMSL empfohlen, NOVEMBER, WHISKEY und OSCAR dürfen nicht oberhalb von 3000 ft AMSL überflogen werden.

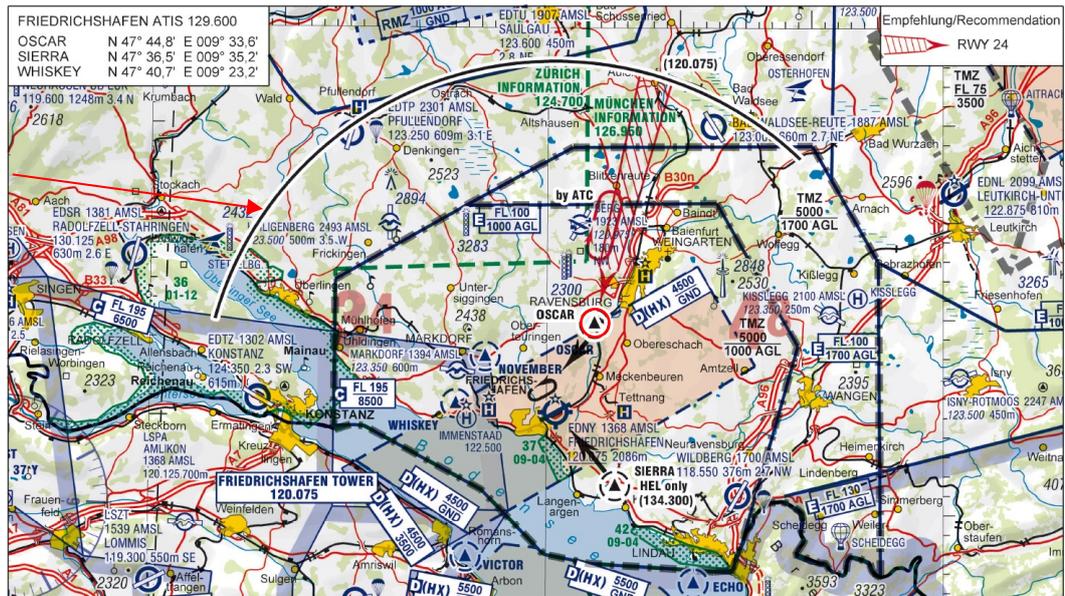


Abbildung 7: VFR-Karte gemäss der Publikation AIP SUP VFR 07/16 vom 14. April 2016, gültig vom 18. April bis zum 24. April 2016, mit eingezeichnetem Kreisbogen in der Entfernung von 18 NM um EDNY (roter Pfeil) und dem VFR-Anflugkorridor zum Pflichtmeldepunkt OSCAR (roter Kreis hervorgehoben durch die SUST)

1.8 Flugschreiber

1.8.1 VLM 22TX

1.8.1.1 Flugdatenschreiber

Der Flugdatenschreiber (*Flight Data Recorder – FDR*) war zwischenzeitlich überschrieben und stand der Untersuchung nicht mehr zur Verfügung. Es stand lediglich eine Aufzeichnung des *Quick Access Recorder (QAR)* zur Verfügung. Dabei handelt es sich um ein Gerät, das wesentliche Parameter aufzeichnet, die von der Fluggesellschaft zur Überwachung des Flugbetriebs und zu Unterhaltszwecken genutzt werden.

1.8.1.2 Sprach- und Geräuschaufzeichnungsgerät

Das Sprach- und Geräuschaufzeichnungsgerät (*Cockpit Voice Recorder – CVR*) war zwischenzeitlich überschrieben und stand der Untersuchung nicht mehr zur Verfügung.

Direkt nach der Landung in Friedrichshafen wollte der Kommandant den CVR für eine mögliche Untersuchung sicherstellen lassen. Ein Verantwortlicher für Technik des Flugbetriebs liess dies nicht zu, weil gemäss dessen Angaben die OO-VLF in der Folge am Nachmittag des 21. April 2016 nicht mehr für den Liniendienst zur Verfügung gestanden hätte und dafür nicht schnell genug ein Ersatzgerät hätte organisiert werden können. Weiter war diese Person auch der Meinung, dass das CVR-Gerät die Gespräche des Sprechfunkverkehrs sowieso nicht aufgezeichnet hätte. In der Folge standen der Untersuchung die Aufzeichnung der Gespräche der Flugbesatzung sowie die Geräusche im Cockpit betreffend TCAS nicht zur Verfügung, wodurch eine detaillierte Faktengrundlage verloren ging.

Nach den Vorgaben der Mindest-Ausrüstungs-Liste (*Minimum Equipment List – MEL*) ist der Betrieb der OO-VLF bis zu 8 weiteren Flügen und bis zu 72 Stunden ohne Einschränkungen möglich, bis die Aufzeichnungen des CVR sichergestellt sind. Weiter muss während dieser Zeitspanne der FDR zur Verfügung stehen.

1.8.2 OK-ELL

Nicht eingebaut, nicht vorgeschrieben.

1.8.3 Downlink Mode S

Im Verlauf des schweren Vorfalls wurden keine *downlink messages* betreffend Ausweichbefehle (*Resolution Advisory – RA*) aufgezeichnet.

1.9 Versuche und Forschungsergebnisse

1.9.1 TCAS-Analyse

Anhand der vorliegenden Aufzeichnungen der Mehrfachradarerfassung (*Multi Radar Tracking – MRT*) alle 4 Sekunden wurde geprüft, ob das an Bord der VLM 22TX eingebaute TCAS im Verlauf der gefährlichen Annäherung nach den Spezifikationen reagiert hatte.

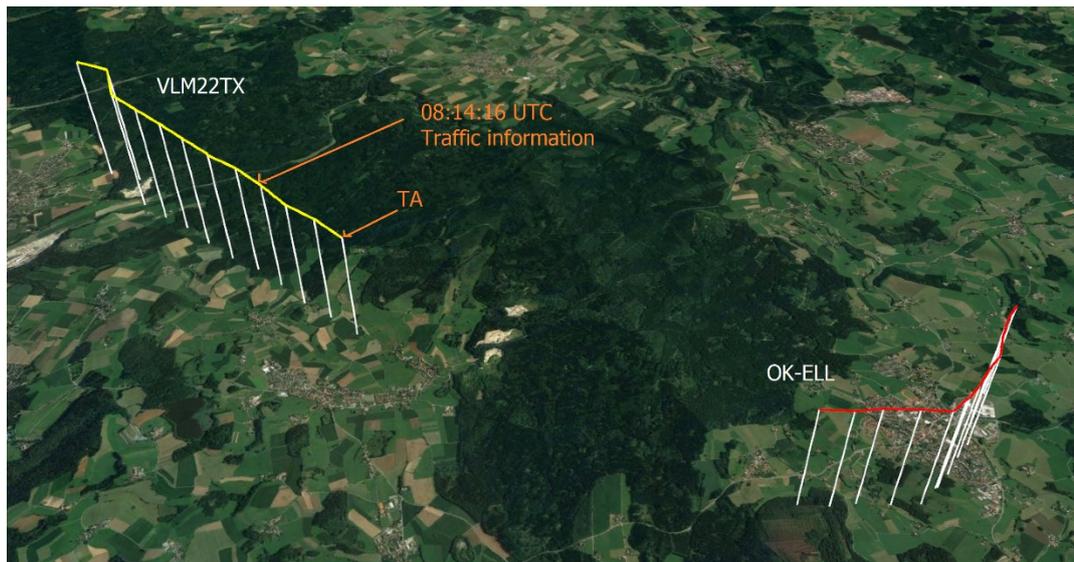


Abbildung 8: Annäherung der beiden Flugzeuge anhand der MRT-Aufzeichnungen alle 4 Sekunden sowie die Auslösung eines Verkehrshinweises (*Traffic Advisory – TA*) um etwa 08:14:27 UTC (orange), dargestellt in Google-Earth

Anhand der Radaraufzeichnungen liessen sich in Bezug auf die Annäherung zwischen den beiden Flugzeugen folgende Schlussfolgerungen ableiten:

- Beide Flugzeuge flogen mit nahezu konstanter Geschwindigkeit auf ungefähr gleichbleibender Höhe. Die daraus resultierende Laufzeit (*time-to-go – TAU*) zum Punkt der nächsten Annäherung (*Closest Point of Approach – CPA*) war durch das TCAS an Bord der VLM 22TX mit der nötigen Genauigkeit bestimmbar.
- Bei den vorliegenden Flughöhen um 4000 ft AMSL wurde die Höhe über Grund von 1500 ft AGL nie unterschritten. In diesem Höhenband betrug die Empfindlichkeitsstufe (*Sensitiv Level – SL*) für die Laufzeit (TAU) bis zum Auslösen eines Verkehrshinweises (*Traffic Advisory – TA*) 25 s, diejenige bis zum Auslösen eines Ausweichbefehles (*Resolution Advisory – RA*) 15 s.
- Im Verlauf der Annäherung der beiden Flugzeuge auf gleicher Höhe zum CPA betrug die berechnete Vorlaufzeit in der Vertikalen (*Prediction Time – $t_{pred,Z}$*) weniger als 15 Sekunden.
- Die berechnete Vorlaufzeit in der Horizontalen (*Prediction Time – t_{pred}*) zum CPA nahm im Verlauf der Annäherung stetig ab (vgl. Abbildung 9) und unterschritt zeitweilig auch die Schwellenwerte (*tau*) für eine TA (orange Horizontale) bzw. eine RA (rote Horizontale).
- An Bord der VLM 22TX waren folglich die Bedingungen auf Basis der berechneten Vorlaufzeit für die Ausgabe einer TA zwischen 08:14:27 UTC und

08:14:55 UTC bzw. einer RA zwischen 08:14:41 UTC und 08:14:54 UTC gegeben.

- Im Verlauf der Annäherung nahm die berechnete horizontale Fehldistanz (*Horizontal Miss Distance* – HMD) fortwährend ab, unterschritt jedoch den Schwellenwert (DMOD⁸) von 0.2 NM für die Ausgabe einer RA nicht (vgl. Abbildung 10).
- Der CPA erfolgte um 08:14:54 UTC, als sich die beiden Flugzeuge bereits auf divergierenden Trajektorien befanden. Der Abstand betrug dabei horizontal 0.5 NM, vertikal 100 ft.

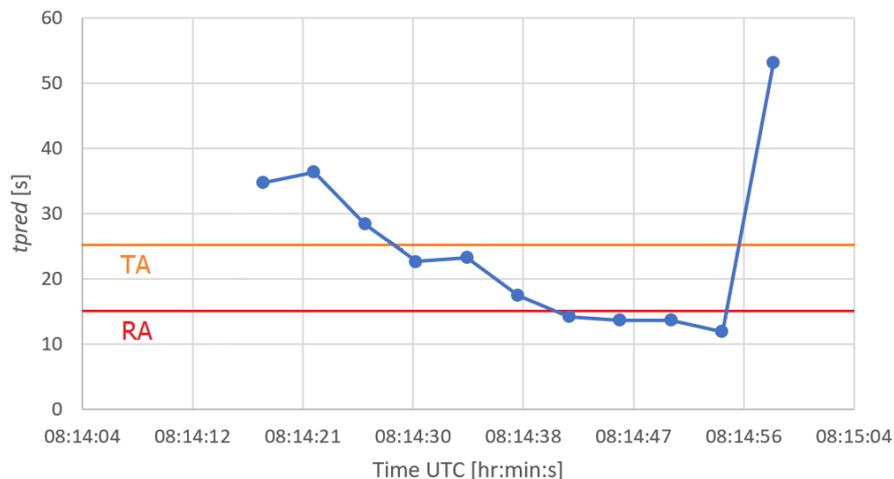


Abbildung 9: Berechnete Vorlaufzeit (*Prediction Time* – t_{pred}) zum CPA in der Horizontalen im Verlauf der Annäherung zwischen den beiden Flugzeugen mit den beiden Schwellenwerte (τ) für eine *Traffic Advisory* (TA, orange Horizontale) bzw. für eine *Resolution Advisory* (RA, rote Horizontale).

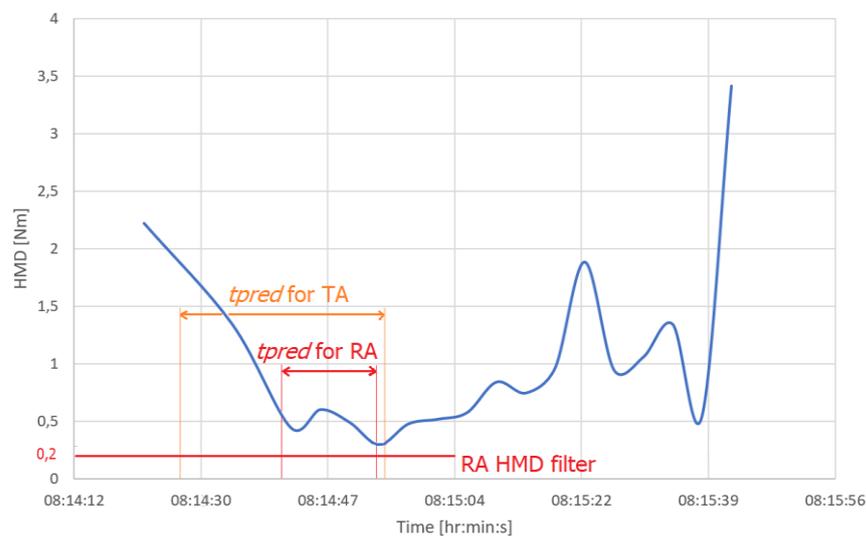


Abbildung 10: Horizontale Fehldistanz (*Horizontal Miss Distance* – HMD) im Verlauf der Annäherung zwischen den beiden Flugzeugen mit dem Schwellenwert für eine *Resolution Advisory* (RA, rote Horizontale) von 0.2 NM sowie die Zeitspanne, in der die Bedingung für die TCAS-Ausgabe einer TA (t_{pred} for TA) bzw. eine RA (t_{pred} for RA) erfüllt waren.

⁸ DMOD: *Distance Modification*, Distanzmodifikation: In gewissen Situationen (z.B. zwei parallel fliegende Flugzeuge) ist die Gefahrenerkennung alleine aufgrund der Annäherungsrate nicht zielführend, da bereits eine geringe Kursänderung des anderen Flugzeuges plötzlich eine hohe Annäherungsrate zur Folge hätte und somit keinen Spielraum für eine rechtzeitige Warnung lassen würde. Dieses Problem wurde mit dem DMOD-Konzept gelöst, deren höhenabhängige SL-Werte sich nur auf den physischen Abstand zwischen den beiden Flugzeugen beziehen und einen Alarm auslösen ungeachtet von der Zeit bis zur Kollision oder der Annäherungsrate.

1.10 Angaben zu verschiedenen Organisationen und deren Führung

1.10.1 Skyguide

1.10.1.1 Dienstleistungsauftrag der Skyguide

Skyguide besitzt einen Service-Auftrag (*service delegation*) für den Luftraum um den Flughafen Friedrichshafen, der nicht mit einer Luftraum-Delegation (*airspace delegation*) zu verwechseln ist.

Ungeachtet der *service delegation* bleibt die Verantwortung über die Standard-Anflugverfahren (*Standard Arrival Route – STAR*) sowie über die Standardinstrumentenabflugroute (*Standard Instrument Departure – SID*) des Flughafens Friedrichshafen, die Zuweisung der Luftraumklassifizierungen um dessen CTR sowie das Publizieren der Verfahren während der Luftfahrtausstellung „AERO Friedrichshafen“ bei den deutschen Behörden.

1.10.1.2 Sektor ARFA im Allgemeinen

Die Bewirtschaftung der An- und Abflüge nach IFR auf den beiden Flugplätzen St. Gallen-Altenrhein und Friedrichshafen inkl. dem Transitverkehr und den Spezialflügen innerhalb des Sektors ARFA wird im Normalfall durch einen Flugverkehrsleiter gewährleistet.

Ein Grossteil der Arbeit besteht in der Koordination des IFR-Verkehrs mit den Platzverkehrsleitstellen von Friedrichshafen und St. Gallen-Altenrhein und den angrenzenden Sektoren, also Zürich Approach/Departure, Langen/Stuttgart, München Lech/Füssen und der schweizerischen militärischen Einsatzzentrale.

Konfliktpotenzial besteht in der gegenseitigen Abhängigkeit der An- und Abflugrouten der beiden Flugplätze. Dies erfordert eine zeitliche Staffelung, welche die unterschiedlichen Geschwindigkeiten und Steigraten der beteiligten Luftfahrzeuge berücksichtigen muss.

1.10.1.3 Sektor ARFA während der Veranstaltung „AERO Friedrichshafen“

Die FVL werden durch Skyguide jährlich auf dieses Ereignis vorbereitet. Sie durchlaufen im Rahmen des Zweimann-Betriebskonzeptes (*two-man-OPS*) vorgängig ein eintägiges Simulationstraining mit einem dichten und hohen Verkehrsvolumen. Die Grundlage der Simulationsübungen beruht auf den gemachten Erfahrungen während der AERO vom Vorjahr und berücksichtigt die jährlich steigende Anzahl Flugbewegungen.

Die beiden Arbeitsplätze des *Radar Executive Controller* und des *Radar Coordinator Controller* sind technisch gleich ausgerüstet.

Eine Dienstanweisung (*Service Order – SO*) O 2016-015E wurde für die internen Abläufe innerhalb der Skyguide per 06. April 2016 publiziert und enthielt Richtlinien und Vereinbarungen zur praktischen Umsetzung.

Hierin wurde festgehalten, dass während der „AERO Friedrichshafen“ zusätzliche Arbeitsschichten eingeplant würden, um den erhöhten Anforderungen und Verkehrsaufkommen Rechnung zu tragen.

Das Pflichtenheft des *Radar Coordinator Controller* wird ebenfalls in der SO beschrieben und lautet wie folgt:

„3.5.2.1 ARFA Radar Coordinator duties

RC ARFA shall carry out the following tasks:

- *monitor the traffic situation (safety assistant);*
- *monitor the ARFA frequency;*

- *prepare flight strips; and*
- *assist RE ARFA whenever needed, for example:*
 - o *monitor airspace E for possible unknown VFR traffic;*
 - o *coordination with Friedrichshafen [EDNY] TWR⁹, St. Gallen-Altenrhein [LSZR] TWR, Zurich APP/DEP, Munich ACC and Langen ACC (e.g. TWR check);*
 - o *radar coordination with other sectors; or*
 - o *carry out, receive and forward revisions, expedite CLR [Clearance], diversions, OIR [Operational Incident Report] and approval requests.”*

Der Radar Executive Controller bleibt gemäss Pflichtenheft die allein verantwortliche Person. Ihm obliegt unverändert die Dienstleistung der Flugsicherung für den gesamten ARFA Sektor. Sein Pflichtenheft ist im ATMM II Lower, Section 1, § 1.1 Tasks ARFA ATCO beschrieben:

“Within his AoR [Area of Responsibility], the ARFA ATCO [Air Traffic Control Officer] is responsible for:

- *Providing Air Traffic Service to all aircraft under his responsibility;*
- *Issuing route clearance if appropriate;*
- *Recording clearances issued to a flight by means of paper control strips and electronic entries (SKYVISU¹⁰ / CALM¹¹);*
- *Obtaining the necessary releases from adjacent units;*
- *Conducting the necessary coordination with adjacent units, ACC sectors, Zurich APP, EDNY/LSZR TWR and FIC¹²/Delta¹³ including revisions, expedite clearances and approval requests;*
- *Recording the coordination in SKYVISU and on the paper control strips;*
- *Verifying the correct transmission of estimates and revisions by FDPZ¹⁴ and, if necessary, perform these tasks manually;*
- *Providing approval or delay, if deemed necessary, for special requests which impact AoR ARFA (e.g. firing, photo flight), to the requesting party;*
- *Coordinating requests that affect AoR TWR LSZR/EDNY with the respective TWR, prior providing the approval or delay, if deemed necessary, to the requesting party;*
- *Using best judgement to support an aircraft in a state of emergency;*
- *If ARFA Coordinator is unmanned, ARFA RE takes over ARFA Coordinator tasks.”*

1.10.1.4 Arbeitsalltag

Um seinen Auftrag erfüllen zu können, muss der Radar Executive Controller die Reichweite des Radarbildes fortwährend den verschiedenen Aufgaben anpassen. Eine Gesamtübersicht mit grosser Reichweite wird beispielsweise für zeitgerechte Koordinationsgespräche oder für die Konzepterstellung der anstehenden An- und

⁹ TWR: tower, Kontrollturm

¹⁰ SKYVISU: Visuelle Darstellung des Luftraums auf dem Radarbildschirm

¹¹ CALM: Computer Assisted Approach and Landing Management

¹² FIC: Flight Information Centre, Fluginformationszentrale

¹³ der Bezirksleitstelle (Area Control Center – ACC) Zürich zugehöriger Sektor

¹⁴ FDPZ: Flight Data Processing Zurich zur Aufdatierung eines aktiven Flugplans

Abflüge eingestellt. Einen kleineren Bereich benutzt der FVL für die Radarführung eines Luftfahrzeuges, um dieses auf die ILS zu führen oder um präzise Eingaben am Radar zu tätigen.

In der Praxis aktiviert der *Radar Executive Controller* die Funktion Geschwindigkeitsvektor (*speed vector*) beim IFR-Verkehr unter seiner Führung und erhält damit eine zusätzliche visuelle Hilfe betreffend Zeit und Richtung "seiner" IFR-Luftfahrzeuge. Mit dem vorangelegenen *speed vector* sind ausgeprägte Kursschwankungen besonders gut erkennbar.

Der VFR-Verkehr ist berechtigt, sich innerhalb des Luftraums Echo ohne Freigabe und Funkkontakt frei zu bewegen und steht deshalb nicht mit dem ARFA-Sektor in Verbindung. Die *Transponder Mandatory Zone* (TMZ) EDNY-A und -B um den Flughafen Friedrichshafen bedingen einzig die Transponderpflicht für den VFR-Verkehr. Die Etiketten des VFR-Verkehrs werden am Radar in blassgelber Farbe, lediglich mit einem „V“, Geschwindigkeit und Höhe dargestellt. An Schönwettertagen und während der Luftfahrtmesse "AERO Friedrichshafen" ist eine Ansammlung von mehreren VFR-Flugzeugen in einem begrenzten Gebiet unausweichlich und mit dieser eingeschränkten Etiketten-Anordnung kann die visuelle Überladung des Radarbildes verhindert werden.

Der *Radar Coordinator Controller* ist hauptsächlich mit Koordinationsgesprächen beschäftigt und nicht durchgehend auf seinen Sektor fixiert.

1.10.1.5 Bodenseitiges Konfliktwarnsystem

Das bodenseitige Konfliktwarnsystem (*Short Term Conflict Alert – STCA*) spricht an, wenn systemdefinierte, vertikale oder laterale Mindestabstände zwischen zwei Luftfahrzeugen unterschritten werden, unabhängig davon, ob der FVL mit den beteiligten Piloten in Kontakt steht oder nicht. Die Zeitspanne zum *Closest Point of Approach* (CPA) kann, je nachdem wie die Flugwege der beiden Flugzeuge verlaufen und wie hoch deren Geschwindigkeit ist, zwischen 5 und 70 Sekunden betragen. Mehrere kurz aufeinander folgende Warnungen des STCA zwingen den Flugverkehrsleiter zu entscheiden, welcher Konflikt vorrangig behandelt werden muss, um anschliessend den Piloten die notwendige Verkehrsinformation (*traffic information*) zu übermitteln.

1.10.2 Austro Control GmbH

1.10.2.1 Zuständigkeit

Der österreichische Flugsicherungsdiensteanbieter (*Air Navigation Service Provider – ANSP*) Austro Control GmbH (ACG) ist zuständig für die Platzverkehrsleitstelle Friedrichshafen.

1.10.2.2 Arbeitsplatzausrüstung

Der Tower Arbeitsplatz ist unter anderem am Datenkommunikationsnetzwerk für Flugpläne (*Aeronautical Telecommunications Network – AFTN*) angeschlossen, das die aktuellen Flugplandaten liefert. Zusätzlich wird die Luftverkehrslage an einem Bildschirm (*air situation display*) zu Planungszwecken dargestellt (vgl. Kapitel 1.10.3). Ein Alarm des STCA wird nur optisch in Form von roten Etiketten ausgegeben.

1.10.2.3 AERO Friedrichshafen

Die beiden Flugverkehrsleiter der Austro Control wurden über die Verfahren während der „AERO Friedrichshafen“ und deren Praxistauglichkeit befragt.

Es stellte sich anhand ihrer Antworten heraus, dass die Spezialverfahren während der Flugmesse zur Erzielung eines einheitlichen Verkehrsflusses wünschenswert

sind, diese jedoch nicht allen Piloten bekannt sind. Die Verfahren seien praxisfreundlich und ermöglichten einen frühen Kontakt mit anfliegenden Piloten. Dank den Verfahren könnten Empfehlungen für einen einheitlichen Verkehrsfluss ausgesprochen werden.

Bei geringer Verkehrsbelastung würden die Flugwege als Dienstleistung gegenüber den Kunden abgekürzt, um Flugzeit zu sparen.

Auch die Freigabe nach dem Wegpunkt ETREM sei für VFR-Verkehr nichts Ungeöhnliches und bei einem Grossteil der anfliegenden VFR-Piloten bekannt, obwohl dieser nicht auf der Sichtanflugkarte eingezeichnet ist. Der Wegpunkt werde während der „AERO Friedrichshafen“ häufig, während der übrigen Zeit selten benutzt.

Dem Piloten wird bei Notwendigkeit und freier Kapazität eine Verkehrsinformation übermittelt, wenn dieser in Konflikt zu einem IFR An- oder Abflug unter der Kontrolle vom Sektor ARFA steht.

Die Aufzeichnungen des Sprechfunkverkehrs des VFR *Pick-up* und PL *Main* zeigen zeitweise stark ausgelastete Frequenzen und unterstreichen das grosse Verkehrsaufkommen während der Luftfahrtmesse AERO Friedrichshafen. Unter diesen Umständen wird in der Praxis gelegentlich auch der *tower check* für den ganzen Tag aufgehoben (vgl. Kapitel 1.10.3).

1.10.2.4 Interne Koordination zwischen den beiden Platzverkehrsleitern

Anflüge über den Wegpunkt OSCAR erfolgen nach vorgängiger Übergabe an den Flugverkehrsleiter PL *Main*. Direktanflüge erfolgen vor Erteilung der entsprechenden Freigabe an den Piloten in enger Absprache zwischen den beiden Platzverkehrsleitern PL *Main* und VFR *Pick-up*.

Die der SUST vorliegenden Aufzeichnungen enthielten keine Koordinationsgespräche über die beteiligten Flugzeuge.

1.10.3 Koordination zwischen ARFA und der Platzverkehrsleitstelle

Im *Letter of Agreement* (LoA) zwischen „Austrocontrol - Friedrichshafen Tower und Skyguide Swiss Air Navigation Services Ltd. – ACC/APP¹⁵ Zurich and ARFA“ wird beschrieben, wie die Platzflugverkehrsleiter das Radar benutzen dürfen:

“B.1.6 TWR may use Radar in Aerodrome control for information purposes only. TWR may provide separation by applying procedural control or visual reduction of separation minima in the vicinity of the aerodrome and is responsible for following functions:

- *Support of pilots, especially in case of loss of orientation or emergency;*
- *Separation between IFR departures;*
- *Separation between IFR departures and coordinated IFR arrivals ("tower check");*
- *Separation between special VFR flights;*
- *Separation between special VFR flights and IFR flights;*
- *Immediate action for separating missed approaches from other controlled flights and inform ARFA accordingly;*
- *Immediate action to prevent a possible separation minimum infringement and inform ARFA accordingly.”*

¹⁵ ACC: Area Control Center, APP: Approach and Departure Control

Der oben erwähnte "*tower check*" ist der Überbegriff für ein Koordinationsgespräch zwischen dem Flugverkehrsleiter am Arbeitsplatz ARFA und dem Platzverkehrsleiter mit dem folgenden vorgeschriebenen Inhalt:

"B.2.5 ARFA shall inform TWR by a TWR-check, latest 10NM [final], on:

- Call Sign;
- Intentions, if other than ILS for landing;
- Any other relevant information."

Die praxistaugliche Umsetzung des *tower checks* findet, gemäss Rücksprache bei Skyguide, normalerweise zwischen 15 und 30 NM *final* der in Betrieb stehenden Piste statt.

Eine weitere Gegebenheit aus der Praxis ist die Aufhebung des *tower checks* jeweils am Morgen durch den Platzverkehrsleiter Friedrichshafen für den ganzen Tag. Dieses Vorgehen wird als vorbeugende Massnahme einer möglichen, zeitweiligen Überlastung am jeweiligen Arbeitsplatz während der Luftfahrtmesse erklärt, da die erhöhte Anzahl Flugbewegungen in der Regel auch eine erhöhte Anzahl Koordinationsgespräche hervorrufen.

1.11 Zusätzliche Angaben

1.11.1 Weitere schwere Vorfälle in der Region Friedrichshafen (EDNY)

In den letzten zehn Jahren wurde von der Deutschen Bundesstelle für Flugunfalluntersuchungen (BFU) ein schwerer Vorfall vom 8. August 2010 in der Region Friedrichshafen untersucht. Dabei kamen sich ein nach IFR fliegendes Verkehrsflugzeug des Modells Bombardier DHC8-314 mit einem Motorflugzeug des Typs Ikarus C42 bis auf eine Distanz von horizontal 0.06 NM und vertikal 500 ft nahe. In der folgenden Tabelle sind weitere schwere Vorfälle aufgeführt, die sich ebenfalls im Jahr 2016 ereignet haben.

08.05.2016	BER600L vs. HB-3152 Das Verkehrsflugzeug der Fluggesellschaft Air Berlin erhielt während dem ILS-Anflug auf die Piste 06 zweimal eine RA des TCAS zu einem unbekanntem Flugzeug (HB-3152). Die beiden Flugzeuge kreuzten sich im Abstand von horizontal 1.4 NM und vertikal 100 ft.
07.06.2016	SUI360 vs. HB-PIX Im ILS-Anflug auf die Piste 24 wurde die Besatzung der Swiss Air Force mit einer <i>traffic information</i> auf einen unbekanntem VFR-Verkehr (HB-PIX) aufmerksam gemacht. Die beiden Flugzeuge kreuzten sich im Abstand von horizontal 0.8 NM und vertikal 175 ft.
23.06.2016	THY2ER vs. D-EMDT Die Besatzung des Verkehrsflugzeuges der Turkish Airlines meldete einen Ausweichbefehl in Bezug auf das Privatflugzeug (D-EMDT). Dieses war während dem Vorfall mit <i>Flight Information Service</i> (FIS) in Kontakt. Die beiden Flugzeuge kreuzten sich im Abstand von horizontal 1.4 NM und 475 ft vertikal.
03.07.2016	SXS4HU vs. D-EDGS Der Platzverkehrsleiter Friedrichshafen informierte den Flugverkehrsleiter am Arbeitsplatz ARFA über einen unbekanntem VFR-Verkehr (D-EDGS), der sich südlich der ILS befand und auf das

	Verkehrsflugzeug der Fluggesellschaft SunExpress im Endanflug zusteuerte. Dieses meldete in der Folge einen Ausweichbefehl. Die beiden Luftfahrzeuge kreuzten sich im Abstand von horizontal 0.4 NM und 200 ft vertikal.
--	--

1.11.2 Begegnungen im Luftraum der Klasse Echo

Der Sektor ARFA registrierte seit dem 23. April 2011 im Luftraum der Klasse Echo über deutschem Hoheitsgebiet wiederkehrend Annäherungen zwischen kontrollierten IFR und nicht kontrollierten VFR-Flügen. Dazu führt die Skyguide eine Liste meldepflichtiger Ereignisse, die der SUST zur Verfügung gestellt wurde:

Jahr	Total Meldungen	Davon während der AERO Friedrichshafen
2011	206	-
2012	119	0
2013	99	4
2014	81	1
2015	84	8
2016	46	4

Tabelle 1: Jährliche Anzahl Annäherungen zwischen IFR- und VFR-Verkehr im Sektor ARFA sowie während Luftfahrtmesse „AERO Friedrichshafen“ (seit 23. April 2011)

1.12 Nützliche oder effektive Untersuchungstechniken

Keine

2 Analyse

2.1 Technische Aspekte

Es liegen keine Anhaltspunkte für vorbestehende technische Mängel vor, die den schweren Vorfall hätten verursachen oder beeinflussen können.

Wie die Analyse der MRT-Aufzeichnungen (vgl. Kapitel 1.9.1) belegt, waren im Verkehrswarn- und Kollisionsverhinderungssystem (*Traffic Alert and Collision Avoidance System* – TCAS) an Bord der VLM 22TX die Bedingungen für die Ausgabe eines Verkehrshinweise (*Traffic Advisory* – TA) zwischen 08:14:27 UTC und 08:14:55 UTC bzw. eines Ausweichbefehles (*Resolution Advisory* – RA) zwischen 08:14:41 UTC und 08:14:54 UTC gegeben.

Demgegenüber wurde die horizontale Fehldistanz (*Horizontal Miss Distance* – HMD) zwischen den beiden Flugzeugen im Verlauf der Annäherung von 0.2 NM für eine RA (vgl. rote Horizontale in Abbildung 10) nie unterschritten, weshalb im vorliegenden Fall keine RA ausgegeben worden war. Die Analyse lässt also darauf schliessen, dass das TCAS an Bord der VLM 22TX nach den Spezifikationen reagiert und die Höhe über Grund keine Rolle gespielt hatte.

2.2 Menschliche und betriebliche Aspekte

2.2.1 Verlauf des schweren Vorfalls

Nach dem Erstaufwurf des Piloten der OK-ELL um 08:03:27 UTC auf der Frequenz 120.075 MHz der Platzverkehrsleitstelle Friedrichshafen, wurde er durch den Platzverkehrsleiter VFR *Pick-up* angewiesen, direkt den Wegpunkt OSCAR (vgl. Abbildung 1) anzufliegen. Dies entsprach den betrieblichen Vorgaben, wie sie während der Luftfahrtmesse Gültigkeit hatten (vgl. Kapitel 1.7.6.3).

Rund sechs Minuten später, um 08:09:33 UTC und ein zweites Mal um 08:09:48 UTC, wurde der Pilot der OK-ELL vom Platzverkehrsleiter VFR *Pick-up* angewiesen, in Richtung Wegpunkt ETREM dem Endanflugpunkt des ILS-Anfluges der Piste 24, zu fliegen (vgl. Abbildung 5). Nach vorgängiger Übergabe an den Kollegen am Arbeitsplatz PL *Main* meldete sich der Pilot der OK-ELL auf der Frequenz 134.300 MHz im langen Endanflug (*long final*) für die Piste 24. Dieser wiederum wies den Piloten der OK-ELL an, nach rechts und wieder in Richtung Wegpunkt OSCAR zu fliegen und dabei ausserhalb der CTR zu bleiben. Diese erneute Kursänderung in nördliche Richtung hatte zur Folge, dass die OK-ELL auf der beibehaltenen Flughöhe von rund 4000 ft QNH auf die VLM 22TX im rechten Queranflug (*base*) zuflog und somit die CTR-Friedrichshafen nicht weiträumig umflog, wie es den betrieblichen Vorgaben während der Luftfahrtmesse entsprochen hätte (vgl. Kapitel 1.7.6.3). Dadurch wurde eine wesentliche Voraussetzung für die Entstehung der gefährlichen Annäherung geschaffen.

Die Besatzung der VLM 22TX stand zu diesem Zeitpunkt mit dem Flugverkehrsleiter RE des Sektors ARFA auf einer anderen Frequenz in Kontakt und konnte somit die Anweisungen an die OK-ELL nicht mitverfolgen. Dies galt ebenso für den Flugverkehrsleiter RE, der laut eigenen Angaben von der Linkskurve der OK-ELL um 08:14:42 UTC überrascht wurde (vgl. Abbildung 1), als der Geschwindigkeitsvektor (*speed vector*) unerwartet für kurze Zeit in Richtung der VLM 22TX zeigte. Mit den vorgängig festgestellten Höhen- und Kursschwankungen dieses VFR-Verkehrs war aus seiner Sicht weder eine verlässliche Kursanweisung noch eine Sinkfreigabe an die VLM 22TX möglich, da sich das Verkehrsflugzeug bereits auf der Führungsmindesthöhe (*Minimum Vectoring Altitude* – MVA) von 4000 ft AMSL befand. Diese Höhen- und Kursschwankungen bestätigten sich in den Radar-Aufzeichnungen der OK-ELL (vgl. Abbildung 1). Zudem wäre eine erneute Steiganweisung an die Besatzung der VLM 22TX zu diesem Zeitpunkt sehr ungewöhnlich gewesen.

Die sich verschärfende Situation mit der daraus entstandenen Verunsicherung des Flugverkehrsleiters RE spiegelt sich auch im Inhalt der Funksprüche um 08:14:16 UTC bzw. um 08:14:37 UTC, worin er zweimal zu einer Ausweichenweisung ansetzte, die letztlich mit einer Verkehrsinformation an die Besatzung der VLM 22TX endete. Die darin übermittelte Richtungsangabe "one o'clock" entsprach dabei der Darstellung, wie sie sich auf dem Bildschirm vor ihm präsentierte, allerdings aus dem Blickwinkel der OK-ELL und nicht der VLM 22TX. Der kurzzeitig gedrückte Sprechfunkknopf um 08:14:48 UTC bzw. um 08:14:50 UTC, nur wenige Sekunden vor der geringsten Annäherung der beiden Flugzeuge, galt ebenfalls der Absicht, eine nützliche Anweisung zu übermitteln.

Der Flugverkehrsleiter RC am Sektor ARFA nahm sowohl den STCA-Alarm um 08:14:06 UTC als auch die nachfolgende Übermittlung der *traffic information* an VLM 22TX durch den Flugverkehrsleiter RE wahr. Ersterer war jedoch infolge der weiteren Koordinationsgespräche mit dem Platzverkehrsleiter von St. Gallen-Altenthein anderweitig beschäftigt. Dies dürfte erklären, warum ihm die falsche Richtungsangabe betreffend den unbekanntem VFR-Verkehr in der ersten Verkehrsinformation um 08:14:16 UTC nicht aufgefallen war.

Die Angaben bezüglich des Sonnenstandes (vgl. Kapitel 1.4.3) lassen erkennen, warum die Besatzung der VLM 22TX während des Queranfluges (*base*) von der Sonne geblendet wurde, als sie versuchte, den auf Kollisionskurs befindlichen Verkehr (*conflicting traffic*) auszumachen. Es ist daher nachvollziehbar, dass sie anhand der Verkehrsinformationen (*traffic information*) sowie mittels der TCAS-Anzeige die Situation im Auge behielt. Dennoch ist festzuhalten, dass aufgrund der geringen Azimut-Auflösung des TCAS die Darstellung der Verkehrssituation, insbesondere auf einem IVSI (vgl. Abbildung 3), begrenzt ist. Im Weiteren hat sich in der Praxis gezeigt, dass die Annäherung eines *conflicting traffic* in Bezug auf die eigene Flugzeugposition häufig fehlinterpretiert wird. Beispielweise präsentiert sich eine rechtwinklige Annäherung zweier Luftfahrzeuge im Horizontalflug auf dem TCAS-Anzeige der beteiligten Luftfahrzeuge als Annäherung unter einem Winkel von 45 Grad.

Während die Besatzung weitere Anweisungen durch den Flugverkehrsleiter erwartete, wurde an Bord der VLM 22TX um etwa 08:14:53 UTC vom TCAS ein Verkehrshinweis (*Traffic Advisory – TA*) ausgegeben. Beide Besatzungsmitglieder rechneten in der Folge mit einem vertikalen TCAS-Ausweichbefehl (*Resolution Advisory – RA*). Wie die MRT-Aufzeichnungen ergaben, blieb im vorliegenden Fall eine RA konform zum HMD-Konzept aus, da nach Einleiten der Rechtskurve um 08:14:42 UTC, als noch vor der Ausgabe einer TA, der RA-Schwellenwert von 0.2 NM nie unterschritten wurde.

Für die Besatzung war die Wahl einer Rechtskurve in Richtung des Flughafens Friedrichshafen naheliegend, allerdings verlor sie dadurch die Möglichkeit, die OK-ELL auf einer Position zwischen elf und zwölf Uhr zu sichten (vgl. Abbildung 8). Mit Blick auf die Azimut-Ungenauigkeit und der häufigen Fehlinterpretation des *conflicting traffic* bergen Ausweichmanöver anhand der TCAS-Anzeige grundsätzlich hohe Risiken. Im vorliegenden Fall wurde damit der TCAS-Ausweichbefehl des zugrundeliegenden Sicherheitsnetzes unterdrückt.

Erschwerend zu den Sichtbedingungen kam für beide Besatzungen hinzu, dass sich in der Zeitspanne von 08:14:10 UTC bis 08:14:42 UTC die beiden Flugzeuge unter einem konstanten Winkel (stehende Peilung) aufeinander zubewegten, d. h. aus dem Blickwinkel der Piloten blieb die Position des jeweils anderen Flugzeuges unverändert, wie anhand der engen, parallelen Verbindungslinien in Abbildung 1 gut zu erkennen ist. Es ist daher nicht weiter erstaunlich, dass der Pilot der OK-ELL das Verkehrsflugzeug erst spät mit Einleiten der Rechtskurve wahrnahm, wodurch

die stehende Peilung durchbrochen wurde und sich die Fokker 50 ihm mit einer grösseren Silhouette zeigte. Dies zeigt, dass die Verkehrsinformation seitens des Flugverkehrsleiters PL *Main*, um 08:14:50 UTC, also nur vier Sekunden vor der geringsten Annäherung, zu spät erfolgte.

2.2.2 Luftraumstruktur um den Flughafen Friedrichshafen

In Mischlufträumen der Klasse Echo sind Annäherungen zwischen IFR- und VFR-Verkehr möglich, da die Luftfahrzeuge in diesem Luftraum nicht voneinander gestaffelt werden (vgl. Kapitel 1.7.4). Dies ist unabhängig davon, ob der IFR-Verkehr bis zur CTR-Grenze – im Fall des ILS-Anflugs auf die Piste 24 – den vollständigen Anflug vom IFR-Wegpunkt MOKOP gemäss AIP fliegt (vgl. Abbildung 5), oder ob dies, wie im vorliegenden Fall, unter Radarführung erfolgt.

Die beiden *Transponder Mandatory Zone* (TMZ) (vgl. Abbildung 4) um den Flughafen Friedrichshafen machen VFR-Verkehr nicht nur für die mit Radar ausgestatteten Verkehrsleitstellen sichtbar, sondern legen auch den Grundstein für das Sicherheitsnetz des auf das Transponder-Signal ausgelegten *Airborne Collision Avoidance System* (ACAS).

Allerdings ist hiermit noch nicht gewährleistet, dass der VFR-Verkehr auch in Funkkontakt mit einer Verkehrsleitstelle steht. Mehrheitlich ist IFR- und VFR-Verkehr im gemeinsamen Luftraum der Klasse Echo unterwegs, ohne dass die beteiligten Besatzungen voneinander wissen. Die Tatsache, dass der Pilot der OK-ELL mit der Platzverkehrsleitstelle in Funkkontakt stand, änderte nichts an diesem Sachverhalt, da die Funksprüche zwischen der Besatzung VLM 22TX und dem Sektor ARFA auf einer anderen Frequenz erfolgten.

Die Folge davon ist das erhöhte Risiko legaler, unkontrollierter Annäherungen (*legal encounters*). Während im Jahr 2011 beinahe täglich eine Annäherung registriert wurde, fiel die Zahl der Annäherungen zusehends ab bis auf eine Rate von rund einer Begegnung alle acht Tage im Jahr 2016 (vgl. Kapitel 1.11.2). Auch wenn die absolute Zahl der Annäherungen jährlich einen Rückgang verzeichnen konnte, so bleibt unter den vorgenannten Voraussetzungen der Luftraumklasse Echo das Risiko einer Kollision in der Luft weiterhin bestehen. Bemerkenswert ist die Anzahl solcher Annäherungen während der viertägigen Luftfahrtmesse „AERO Friedrichshafen“, die in den Jahren 2015 und 2016 deutlich über den durchschnittlichen Raten lag.

Die vorliegend untersuchte gefährliche Annäherung macht deutlich, dass das Prinzip *see and avoid* zur Kollisionsvermeidung bei hohem Mischverkehr trotz TCAS und Verkehrsinformationen an seine Grenzen stösst.

Die Möglichkeit, den VFR-Verkehr quer zur Piste über die VFR-Meldepunkte NOVEMBER und SIERRA für den An- und Abflug zu bündeln, erlaubt im Normalbetrieb eine geographische Segregation vom IFR-Verkehr auf die beiden Pisten 06 und 24 (vgl. Abbildung 6). Ebenso wird der VFR-Verkehr nahe der CTR durch die Begrenzung der Flughöhe auf 3000 ft AMSL für den Ein- und Ausflug vertikal vom IFR-Verkehr gestaffelt, da dieser den Gleitweg der ILS-Anflüge nicht unter 4000 ft AMSL anschneidet.

Gemäss der speziell für die Luftfahrtmesse publizierten Sichtanflugkarte erfolgen bei Betriebsrichtung 24 die Anflüge auf die Hartbelagpiste über den Pflichtmeldepunkt OSCAR, wobei dem empfohlenen, rot schraffierten Einflugkorridor gefolgt werden soll (vgl. Abbildung 7). Dies hat zur Folge, dass der VFR-Verkehr wohl auf einer Einflugachse kanalisiert wird, dieser jedoch beim Anflug aus südöstlicher Richtung die Anflugachse kreuzen muss. Die Anflughöhe zu den Pflichtmeldepunkten von nicht mehr als 4000 ft AMSL ist eine Empfehlung und entspricht der

MVA in diesem Sektor (vgl. Abbildung 1). Mit Blick auf eine fehlende Flughöhenbegrenzung im Bereich des Einflugkorridors sowie ausserhalb der CTR ist daher gerade bei IFR-Anflügen im rechten Queranflug (*base*) auf die Piste 24 mit einer erhöhten Konzentration an Mischverkehr zu rechnen, was ein systemisches Sicherheitsdefizit darstellt.

Die Vorgabe, frühzeitig mit der Platzverkehrsleitstelle Kontakt aufzunehmen (vgl. 18 NM Radius in vgl. Abbildung 7), ist wiederum sinnvoll, da der Erstaufwurf deutlich früher als im Normalfall erfolgt und somit die Einflussmöglichkeiten der Flugverkehrsleitung gegenüber dem täglichen Normalbetrieb erweitert werden.

Eine weitere Gefahr der nur für die Luftfahrtmesse per NOTAM in Kraft gesetzten Verfahren liegt darin, dass diese zu Verunsicherung der Verkehrsteilnehmer führen können oder gar unbeachtet bleiben, wie von den beiden Platzverkehrsleitern bestätigt wurde.

2.2.3 Flugverkehrsleitung

2.2.3.1 ARFA

Skyguide plante jeweils für die Luftfahrtmesse „AERO Friedrichshafen“ zusätzliche Schichten ein und führte jährlich wiederkehrende Schulungen im Simulator durch, bei denen der erhöhte Arbeitsaufwand, die risikobehaftete Veränderung und die ungewohnte Arbeitsaufteilung für die Zeit der Luftfahrtmesse trainiert wurde. Dies ist grundsätzlich sinnvoll. Trotzdem stellt der Einsatz während der Luftfahrtmesse für die betroffenen Flugverkehrsleiter eine markante Umstellung gegenüber der Routinearbeit dar.

Das umfangreiche Pflichtenheft des Flugverkehrsleiters RC sieht unter anderem vor, nebst der Überwachung der ARFA-Frequenz und der Verkehrssituation gleichzeitig die notwendigen Koordinationsgespräche mündlich oder via Telefon zu tätigen (vgl. Kapitel 1.10.1.3). Diese im Pflichtenheft geforderten Aufgaben können jedoch bei hoher Arbeitsbelastung von einer Person nicht vollständig erfüllt werden. Dies wurde insofern verdeutlicht, als dem Flugverkehrsleiter RC die falsche Richtungsangabe seines Kollegen Flugverkehrsleiter RE betreffend den unbekanntem VFR-Verkehr in der ersten Verkehrsinformation an die Besatzung der VLM 22TX um 08:14:16 UTC nicht aufgefallen war. Das Ziel, den Flugverkehrsleiter RE am Arbeitsplatz als *safety assistant* permanent zu überwachen, wurde im vorliegenden Fall verfehlt.

2.2.3.2 Platzverkehrsleitstelle

Grundsätzlich werden im Luftraum der Klasse Echo Verkehrsinformationen (*traffic information*) nur soweit als möglich erteilt. Während verkehrintensiven Zeiten kommen Annäherungen zwischen IFR- und VFR-Verkehr im Randgebiet der CTR öfters vor und gehören somit zum normalen Tagesgeschäft des Platzverkehrsleiters. Wie im vorliegenden Fall zeigt sich, dass eine Verkehrsinformation an die Beteiligten nicht immer rechtzeitig übermittelt werden kann. Folglich entfällt seitens des Platzverkehrsleitdienstes dieses Sicherheitsnetz ohne weitere Schutz- oder Handlungsmöglichkeit.

Des Weiteren sind Luftfahrtmessen immer mit erhöhtem Arbeitsaufwand und Verkehr verknüpft. Darum wurde die Platzverkehrsleitstelle auf zwei Platzverkehrsleiter bzw. auf zwei verschiedene Frequenzen aufgeteilt. Diese Arbeitsaufteilung und die Frequenzentlastung sind sinnvoll, erfordern jedoch einen erhöhten Koordinationsaufwand unter den beiden Platzverkehrsleitern.

Die seitens des Flugverkehrsleiters PL *Main* erteilte Verkehrsinformation nur vier Sekunden vor der geringsten Annäherung zeigt, dass der sich anbahnende Konflikt erst spät erkannt wurde. Es ist nicht bekannt, wie und wann die beiden beteiligten Platzverkehrsleiter den Flugweg des Privatflugzeuges OK-ELL koordiniert haben. Die zweifach revidierten Anweisungen, die OK-ELL zuerst nach OSCAR, dann direkt nach ETREM und letztendlich wieder nach OSCAR umzuleiten, lässt eine nicht ausreichende interne Koordination erkennen.

Diese letzte Kursanweisung in nördliche Richtung, ohne dabei Einfluss auf die Flughöhe der OK-ELL zu nehmen, hatte zur Folge, dass die beiden Flugzeuge auf ungefähr gleicher Flughöhe auf einander zuflogen.

Ungeachtet des hohen Verkehrsaufkommens erscheint im Weiteren fraglich, ob unter dem Aspekt des Kundendienstes gegenüber dem ausländischen VFR-Piloten die Anweisung, direkt zum IFR-Wegpunkt ETREM zu fliegen, sinnvoll war, zumal dieser auf der VFR-Karte nicht eingezeichnet war.

2.2.3.3 Koordination zwischen ARFA und der Platzverkehrsleitstelle

Vor der Frequenzübergabe eines Luftfahrzeuges vom Sektor ARFA der Verkehrsdienststelle *Zurich Arrival* zur Platzverkehrsleitstelle des Flughafens Friedrichshafen oder umgekehrt wird intern ein Koordinationsgespräch durchgeführt, das die vorgeschriebenen notwendigen Informationen und Angaben enthalten muss (vgl. Kapitel 1.10.3). Dieser *tower check* betrifft einzig den an- und abfliegenden IFR-Verkehr, da der VFR-Verkehr im Luftraum der Klasse Echo lediglich Verkehrsinformationen empfangen kann, wenn dieser mit einem *Flight Information Service* (FIS) in Funkkontakt steht und die Situation es zulässt (vgl. Kapitel 1.7.2).

Die Aufhebung des *tower check* hatte im vorliegenden Fall somit keine aufschiebende Wirkung auf die Anflugsequenz der beiden beteiligten Flugzeuge. Mit seiner Aufhebung seitens des Platzverkehrsleitdienstes wurde die Anzahl der Koordinationsgespräche reduziert, was die Arbeitsbelastung verringert.

Auch wenn der Platzverkehrsleitdienst mit dem *tower check* auf eine zusätzliche Möglichkeit, den Konflikt frühzeitig zu erkennen, verzichtete, stand ihm anhand des Flugplanes der VLM 22TX im Datenkommunikationsnetzwerk sowie der Luftverkehrslage auf dem *air situation display* (vgl. Kapitel 1.10.2.2) die Information über den bevorstehenden IFR-Anflug permanent zur Verfügung.

3 Schlussfolgerungen

3.1 Befunde

3.1.1 Technische Aspekte

- Das Verkehrsflugzeug war zum Verkehr nach IFR zugelassen.
- Das Motorflugzeug war zum Verkehr nach VFR zugelassen.
- Die Untersuchung ergab keine Anhaltspunkte für vorbestehende, technische Mängel, die den schweren Vorfall hätten beeinflussen können.
- Das Verkehrswarn- und Kollisionsverhinderungssystem (*Traffic Alert and Collision Avoidance system* – TCAS) an Bord des Verkehrsflugzeuges reagierte nach den zugrundeliegenden Spezifikationen und gab im Verlauf der Annäherung zwischen den beiden Flugzeugen nur einen Verkehrshinweis (*Traffic Advisory* – TA) aus.

3.1.2 Besatzungen und Mitarbeiter der Flugsicherung

- Die Piloten an Bord der beiden Flugzeuge besaßen die für den Flug notwendigen Ausweise.
- Es liegen keine Anhaltspunkte für gesundheitliche Beeinträchtigungen der Piloten während des Vorfalles vor.
- Die Flugverkehrsleiter besaßen die für die Ausübung ihrer Tätigkeit notwendigen Ausweise.
- Es liegen keine Anhaltspunkte für gesundheitliche Beeinträchtigungen der Flugverkehrsleiter zum Zeitpunkt des schweren Vorfalles vor.

3.1.3 Verlauf des schweren Vorfalles

- Am 21. April 2016 rief der Pilot des Motorflugzeuges vom Muster Piper PA-28RT-201T, mit dem Eintragungszeichen OK-ELL und drei Passagieren an Bord, um 08:03:27 UTC erstmals auf der Frequenz 120.075 MHz der Platzverkehrsleitstelle Friedrichshafen (EDNY) zur Landung auf.
- Daraufhin wurde er vom Platzverkehrsleiter VFR *Pick-up* angewiesen, direkt den Wegpunkt OSCAR nordwestlich des Flughafens anzufliegen und dabei ausserhalb der Kontrollzone (*Control Zone* – CTR) des Flughafens Friedrichshafen zu verbleiben.
- Rund vier Minuten später, um 08:07:50 UTC, trat die Besatzung des Verkehrsflugzeuges Fokker 50 mit dem Flugplankennzeichen VLM 22TX und 33 Passagieren an Bord, zum ersten Mal in Kontakt mit dem Flugverkehrsleiter *Radar Executive Controller* (RE) des Sektors ARFA und erhielt in der Folge Sink- und Kursanweisungen mittels eines rechten Queranflugs (*base*) auf einen Punkt auf der verlängerten Achse in rund 11 NM von der Pisten-schwelle 24 für einen ILS-Anflug.
- Als sich die OK-ELL rund 20 NM östlich des Flughafens auf einer Höhe von 4000 ft AMSL befand, wurde der Pilot um 08:09:33 UTC und ein zweites Mal um 08:09:48 UTC vom Platzverkehrsleiter VFR *Pick-up* angewiesen, über den Wegpunkt ETREM zum Endanflug (*final*) der Piste 24 zu fliegen.
- Um 08:12:49 UTC erhielt die Besatzung der VLM 22TX vom Flugverkehrsleiter RE die Sinkfreigabe auf 5000 ft QNH. Dieser Freigabe folgte rund eine halbe Minute später die Anweisung, auf einen Steuerkurs von 150 Grad zu

drehen für den Queranflug (*base*), verbunden mit einer Sinkfreigabe auf 4000 ft QNH.

- Um 08:13:25 UTC wurde die OK-ELL vom Platzverkehrsleiter VFR *Pick-up* an seinen Kollegen am Arbeitsplatz PL *Main* auf die Frequenz 134.300 MHz übergeben.
- Zwischen der Anflugleitstelle ARFA und der Platzverkehrsleitstelle fand keine Koordination (*tower check*) betreffend des IFR-Anfluges der VLM 22TX statt.
- Der Pilot der OK-ELL rief um 08:13:44 UTC auf der Frequenz 134.300 MHz im langen Endanflug (*long final*) für die Piste 24 auf.
- Der Platzverkehrsleiter PL *Main* wies den Piloten der OK-ELL um 08:13:58 UTC an, nach rechts in Richtung Wegpunkt OSCAR zu fliegen und ausserhalb der CTR zu bleiben.
- Um 08:14:06 UTC löste der Alarm des *Short Term Conflict Alert* (STCA) zwischen der VLM 22TX und der OK-ELL aus.
- In der Zeitspanne von 08:14:10 UTC bis 08:14:42 UTC bewegten sich die beiden Flugzeuge unter einem konstanten Winkel (stehende Peilung) aufeinander zu.
- Der Flugverkehrsleiter RE erteilte um 08:14:16 UTC der Besatzung der VLM 22TX eine erste Verkehrsinformation (*traffic information*) betreffend den ihm unbekanntem VFR-Flug (*unknown traffic*), gefolgt von einer zweiten um 08:14:37 UTC. Dabei handelte sich um die OK-ELL.
- Der Flugverkehrsleiter RC nahm sowohl den STCA-Alarm als auch die nachfolgende Übermittlung der *traffic information* an VLM 22TX durch den Flugverkehrsleiter RE wahr und wandte sich um 08:14:23 UTC einem weiteren Koordinationsgespräch mit dem Platzverkehrsleiter von St. Gallen-Altenthein zu.
- Um etwa 08:14:27 UTC wurde an Bord der VLM 22TX ein Verkehrshinweis (*Traffic Advisory – TA*) ausgegeben.
- Die Besatzung der VLM 22TX konnte keinen Sichtkontakt zur OK-ELL herstellen; die Sicht aus dem Cockpit war in dieser Phase durch den tiefen Sonnenstand beeinträchtigt.
- Die Besatzung konnte anhand der TCAS-Anzeige auf dem kombinierten Variometer das Zielobjekt auf gleicher Höhe erkennen und verfolgen.
- Um 08:14:50 UTC erteilte der Platzverkehrsleiter PL *Main* dem Piloten der OK-ELL eine *traffic information* betreffend die VLM 22TX.
- Die Besatzung der VLM 22TX rechnete mit einem TCAS-Ausweichbefehl (*Resolution Advisory – RA*), der jedoch als Folge eines horizontalen Ausweichmanövers nach rechts ausblieb.
- Während des Ausweichmanövers kreuzten sich die beiden Flugzeuge auf einer Höhe von 4000 ft AMSL. Die geringste Annäherung betrug um 08:14:54 UTC horizontal 0.5 NM und vertikal 100 ft.
- Aufgrund des Ausweichmanövers konnte der Pilot der OK-ELL das Verkehrsflugzeug erkennen.
- Die beiden Flugzeuge setzen den Landeanflug ohne weitere Ereignisse fort.

3.1.4 Rahmenbedingungen

- Es herrschten gute Sichtflugwetterbedingungen.
- Der tiefe Sonnenstand beeinträchtigte die Sicht aus dem Cockpit des Verkehrsflugzeuges.
- Vom 20. bis 23. April 2016 fand die „AERO Friedrichshafen“, eine Fachmesse für die Allgemeine Luftfahrt auf dem Messegelände sowie dem angrenzenden Flughafen Friedrichshafen (EDNY) statt.
- Die Deutsche Flugsicherung (DFS) publizierte für die „AERO Friedrichshafen“ per 31. März 2016 und per 14. April 2016 detaillierte Angaben, Rahmenbedingungen und Empfehlungen zur Luftfahrtmesse.
- Darin enthalten ist eine Sichtenflugkarte für den VFR-Verkehr gemäss der Publikation AIP SUP VFR 07/16 vom 14. April 2016 mit Gültigkeit vom 18. April 2016 bis zum 24. April 2016.
- Der Platzverkehrsleitdienst wird von Austro Control GmbH, der Sektor ARFA von Skyguide geführt.
- Während der „AERO Friedrichshafen“ wurde die Platzverkehrsleitstelle auf zwei Arbeitsplätze aufgeteilt, den PL *Main* und VFR *Pick-up* mit je einer eigenen Frequenz.
- Aufgrund des hohen Verkehrsaufkommens war der Sektor ARFA von zwei Flugverkehrsleitern besetzt, einem *Radar Executive Controller* (RE) und einem *Radar Coordinator Controller* (RC).

3.2 Ursachen

Der schwere Vorfall bestand aus einer gefährlichen Annäherung zweier anfliegenden Flugzeuge im Luftraum der Klasse Echo am Tag einer Luftfahrtmesse, bei dem das Verkehrsflugzeug unter Instrumentenflugregeln in Kontakt mit der Anflugleitstelle stand, während das Leichtflugzeug unter Sichtflugregeln mit der Platzverkehrsleitstelle Funkkontakt hatte.

Die gefährliche Annäherung entstand durch das Zusammenwirken folgender Faktoren in chronologischer Reihenfolge:

- Das Betriebskonzept für den gleichzeitigen Anflug von Verkehr nach Sicht- und Instrumentenflugregeln während der Luftfahrtmesse barg systemische Risiken.
- Die Besatzungen der beiden Flugzeuge standen nicht mit der gleichen Verkehrsleitstelle in Funkkontakt.
- Innerhalb des Platzverkehrsleitdienstes wurde die Führung des nach Sichtflugregeln anfliegenden Leichtflugzeuges mangelhaft koordiniert.
- An Bord des Verkehrsflugzeuges wurde durch das Verkehrswarn- und Kollisionsverhinderungssystem aufgrund eines lateralen Ausweichmanövers kein Ausweichbefehl ausgegeben.
- Die Verkehrsinformation seitens des Platzverkehrsleitdienstes an den Piloten des Motorflugzeuges erfolgte zu spät.
- Beide Besatzungen erlangten späten Sichtkontakt zum jeweils anderen Flugzeug.

Die geltende Klassifizierung des Luftraums, in dem die gefährliche Annäherung stattgefunden hat, trug zur Entstehung des schweren Vorfalls bei.

4 Sicherheitsempfehlungen, Sicherheitshinweise und seit dem schweren Vorfall getroffene Massnahmen

4.1 Sicherheitsempfehlungen

Nach Vorgabe des Anhangs 13 der internationalen Zivilluftfahrtorganisation (*International Civil Aviation Organisation – ICAO*) sowie Artikel 17 der Verordnung (EU) Nr. 996/2010 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Oktober 2010 über die Untersuchung und Verhütung von Unfällen und Störungen in der Zivilluftfahrt und zur Aufhebung der Richtlinie 94/56/EG richten sich alle Sicherheitsempfehlungen, die in diesem Bericht aufgeführt sind, an die Aufsichtsbehörde des zuständigen Staates, der darüber zu entscheiden hat, inwiefern diese Empfehlungen umzusetzen sind. Gleichwohl sind jede Stelle, jeder Betrieb und jede Einzelperson eingeladen, im Sinne der ausgesprochenen Sicherheitsempfehlungen eine Verbesserung der Flugsicherheit anzustreben.

Die schweizerische Gesetzgebung sieht in der Verordnung über die Sicherheitsuntersuchung von Zwischenfällen im Verkehrswesen (VSZV) bezüglich Sicherheitsempfehlungen folgende Regelung vor:

„Art. 48 Sicherheitsempfehlungen

¹ Die SUST richtet die Sicherheitsempfehlungen an das zuständige Bundesamt und setzt das zuständige Departement über die Empfehlungen in Kenntnis. Bei dringlichen Sicherheitsproblemen informiert sie umgehend das zuständige Departement. Sie kann zu den Umsetzungsberichten des Bundesamts zuhanden des zuständigen Departements Stellung nehmen.

² Die Bundesämter unterrichten die SUST und das zuständige Departement periodisch über die Umsetzung der Empfehlungen oder über die Gründe, weshalb sie auf Massnahmen verzichten.

³ Das zuständige Departement kann Aufträge zur Umsetzung von Empfehlungen an das zuständige Bundesamt richten.“

Die SUST veröffentlicht die Antworten des zuständigen Bundesamtes oder von ausländischen Aufsichtsbehörden unter www.sust.admin.ch und erlaubt so einen Überblick über den aktuellen Stand der Umsetzung der entsprechenden Sicherheitsempfehlung.

4.1.1 Betriebskonzept während der Luftfahrtmesse

4.1.1.1 Sicherheitsdefizit

Am zweiten Tag der Luftfahrtmesse „AERO Friedrichshafen“, dem 21. April 2016, kam es zwischen einem Verkehrsflugzeug unter Radarführung für einen Anflug auf die Piste 24 und einem Leichtflugzeug nach Sichtflugregeln, das von Südosten her anfliegend in Kontakt mit der Platzverkehrsleitstelle stand, zu einer gefährlichen Annäherung im Luftraum der Klasse Echo, rund 10 NM nordöstlich des Flughafens Friedrichshafen (EDNY) auf einer Höhe von 4000 ft AMSL. Die geringste Annäherung betrug dabei horizontal 0.5 NM und vertikal 100 ft.

Mit den Vorgaben der speziell für die Luftfahrtmesse publizierten Sichtanflugkarte erfolgen bei Betriebsrichtung 24 Anflüge auf die Hartbelagpiste über den Pflichtmeldepunkt OSCAR nördlich des Flughafens mit der Empfehlung, dem Einflugkorridor nicht höher als 4000 ft AMSL zu folgen. Dies hat zur Folge, dass der VFR-Verkehr beim Anflug aus südöstlicher Richtung die Pistenachse kreuzen muss.

Ferner ist mit Blick auf eine fehlende Flughöhenbegrenzung im Bereich des Einflugkorridors sowie ausserhalb der CTR-Friedrichshafen bei gleichzeitig stattfindenden IFR-Anflügen über einen rechten Queranflug (*base*) auf die Piste 24 mit einer erhöhten Konzentration an Mischverkehr nordöstlich des Flughafens zu rechnen.

Die Möglichkeit, den VFR-Verkehr quer zur Piste über die VFR-Meldepunkte NOVEMBER und SIERRA für den An- und Abflug zu bündeln, wie es im Normalbetrieb vorgesehen ist, erlaubt eine geographische Segregation vom IFR-Verkehr auf die beiden Pisten 06 und 24. Ebenso wird der VFR-Verkehr nahe der CTR durch die Begrenzung der Flughöhe auf 3000 ft AMSL für den Ein- und Ausflug vertikal vom IFR-Verkehr gestaffelt, da dieser den Gleitweg der ILS-Anflüge nicht unter 4000 ft AMSL anschneidet.

Die Bewirtschaftung der Luftraumstruktur um den Flughafen Friedrichshafen, die auf verschiedene Flugsicherungsdiensteanbieter (*Air Navigation Service Provider – ANSP*) aufgeteilt ist, deren Gliederung in Zuständigkeiten, auferlegte Dienste, Rechte und Pflichten, enthält viele Schnittstellen. Diese erschweren oder verunmöglichen gar ein rasches Umsetzen praxisorientierter Verfahren.

Die SUST erkennt daher in den betrieblichen Vorgaben sowie in der der speziell für die Luftfahrtmesse publizierten Sichtanflugkarte systemische Risiken.

4.1.1.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 541

Das Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (BAF) sollte zusammen mit der Deutschen Flugsicherung (DFS), Skyguide und Austro Control GmbH prüfen, inwiefern das Betriebskonzept während der Luftfahrtmesse verbessert werden kann.

4.2 Sicherheitshinweise

Keine

4.3 Seit dem schweren Vorfall getroffene Massnahmen

Keine

Dieser Schlussbericht wurde von der Kommission der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST genehmigt (Art. 10 lit. h der Verordnung über die Sicherheitsuntersuchung von Zwischenfällen im Verkehrswesen vom 17. Dezember 2014).

Bern, 10. Juli 2018

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle