

# Untersuchungsbericht

## Identifikation

Art des Ereignisses: Schwere Störung

Datum: 09.08.2020

Ort: nahe Marl-Polsum

Luftfahrzeug 1: Flugzeug

Hersteller: Cessna Aircraft Company

Muster: Cessna 208B

Luftfahrzeug 2: Flugzeug

Hersteller: Cessna Aircraft Company

Muster: Cessna 172P

Personenschaden: keiner

Sachschaden: keiner

Drittschaden: keiner

Aktenzeichen: BFU20-0638-7X

## Kurzdarstellung

Nach dem Absetzen von Fallschirmspringern kam es während des Sinkfluges im Luftraum G zu einer Annäherung eines Absetzflugzeugs mit einem im Reiseflug befindlichen Flugzeug. Der geringste ermittelte Abstand betrug ca. 18 m horizontal und 30 ft vertikal. Beide Luftfahrzeuge flogen nach Sichtflugregeln (VFR).

## Sachverhalt

### Ereignisse und Flugverlauf

Das Absetzflugzeug Cessna 208B befand sich im Sinkflug zum Verkehrslandeplatz Marl-Loemühle. Im Flugzeug befand sich nur der verantwortliche Luftfahrzeugführer. Zuvor hatte er in Flugfläche (FL) 140 18 Fallschirmspringer abgesetzt.

Um 16:37 Uhr<sup>1</sup> erhielt der Pilot von Langen-Radar die Sinkflugfreigabe zum Verlassen des Luftraums C: “[...] descent to the west approved, QNH one zero one six.“ Um 16:38 Uhr erhielt der Pilot die Freigabe “[...] own navigation“. Um 16:39:37 Uhr meldete der Pilot: “[...] is clear of charlie“. Um 16:39:40 Uhr erhielt er die Freigabe zum Verlassen der Frequenz. Der Pilot gab an, dass er kein anderes Luftfahrzeug gesehen habe. Auch habe das eingebaute Kollisionswarnsystem (PowerFLARM) keine Warnung generiert. Von Langen-Radar habe er keine Verkehrsinformation bezüglich des anderen Luftfahrzeuges erhalten. Etwa 0,6 NM bzw. 8 Sekunden vor dem Passieren der beiden Luftfahrzeuge leitete der Pilot der Cessna 208B eine Linkskurve ein. Die Cessna 208 B befand sich zu diesem Zeitpunkt noch ca. 550 ft oberhalb der Cessna 172P. Die Sinkrate betrug ca. 4 000 ft/min und die Geschwindigkeit ca. 180 kt über Grund. Anschließend kreuzte die Cessna 208B den Flugweg der Cessna 172P von links nach rechts in annähernd gleicher Höhe.

Laut den zur Verfügung stehenden Radardaten flog die Cessna 208B zum Zeitpunkt der Annäherung in einer Linkskurve, mit einer Sinkrate von ca. 4 000 ft/min und einer Geschwindigkeit von ca. 180 kt über Grund.

Das andere Flugzeug, eine Cessna 172P, befand sich auf einem privaten Rundflug. Start- und Zielort war der Verkehrslandeplatz Borkenberge. Im Flugzeug befanden sich der verantwortliche Pilot sowie 3 Fluggäste. Der Pilot stand im Funkkontakt mit Langen-Information. Er gab an, dass sich das Flugzeug im Reiseflug mit einem Kurs von ca. 005°, mit einer Geschwindigkeit von 109 kt IAS, in 2 370ft AMSL befunden habe, als von links oben, hinter der A-Säule, ein sehr schnelles, rasant sinkendes anderes Luftfahrzeug auftauchte. Es habe sich in einer Linkskurve befunden. Er habe erkennen können, dass es sich um ein weißes Flugzeug einer Kategorie größer als die E-Klasse handelte. Nach seiner Einschätzung wäre es ohne ein Ausweichmanöver seinerseits innerhalb der nächsten 2 Sekunden zu einer Kollision gekommen. Die Horizontalentfernung habe bei der Sichtung ca. 20 m betragen, während

---

<sup>1</sup> Alle angegebenen Zeiten, soweit nicht anders bezeichnet, entsprechen Ortszeit

sich das andere Luftfahrzeug in gleicher Höhe befand. Er habe das Steuerhorn voll gezogen und voll nach links eingeschlagen. Dabei habe er den Sichtkontakt zu dem anderen Flugzeug verloren. Ein Ausweichmanöver des anderen Luftfahrzeuges habe er nicht beobachtet. Von Langen-Information habe er keine Verkehrsinformation bezüglich des anderen Luftfahrzeuges erhalten.

Die der BFU zur Verfügung stehenden Radardaten bestätigen die Beschreibung der Annäherung durch den Piloten. Demnach ereignete sich diese um 16:39:42 Uhr in einer Höhe von ca. 2 100 ft AMSL. Die Cessna 208B passierte die Cessna 172P von links nach rechts ca. 30 ft oberhalb in einer Entfernung von ca. 18 m.

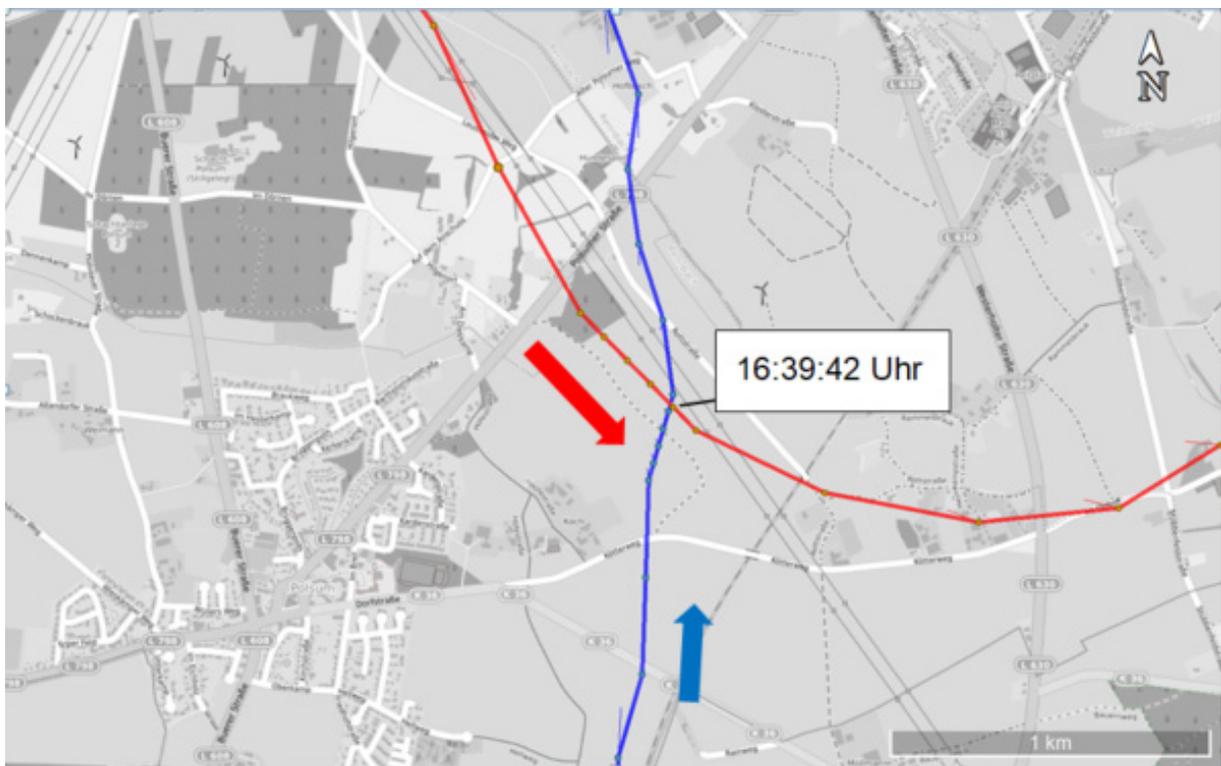


Abb. 1: Flugwege, Cessna 208B (rot), Cessna 172P (blau)

Quelle: Flugsicherungsunternehmen

Beide Flugzeuge setzten ihre Flüge anschließend planmäßig fort.

## Angaben zu Personen

### Pilot Cessna 208B

Der 30-jährige verantwortliche Pilot war im Besitz einer Lizenz für Berufspiloten (CPL(A)), erteilt durch die französische Direction générale de l'aviation civile, DGAC, Ausstellungsdatum: 27.01.2010, mit den folgenden Berechtigungen:

Cessna SET <sup>1</sup> (land)	gültig bis: 30.04.2021
Pilatus PC-6 SET	gültig bis: 30.06.2022
TBM SET	gültig bis: 30.04.2021
IR/SE <sup>2</sup>	gültig bis: 31.10.2021
SC7Skyvan	gültig bis: 31.10.2021
TBM SET SPO <sup>3</sup>	gültig bis: 28.02.2021

Er verfügte über ein flugmedizinisches Tauglichkeitszeugnis der Klasse 1, gültig bis zum 13.08.2021, und ein flugmedizinisches Tauglichkeitszeugnis der Klasse 2, gültig bis zum 13.08.2025. Er hatte eine Gesamtflugerfahrung von ca. 4 900 Stunden.

### Pilot Cessna 172P

Der 25-jährige verantwortliche Pilot war im Besitz einer Lizenz für Privatpiloten (PPL(A)), erteilt durch die Bezirksregierung Münster, Ausstellungsdatum: 18.02.2013, mit der folgenden Berechtigung:

SEP (land) PIC	gültig bis: 28.02.2023
----------------	------------------------

Er verfügte über ein flugmedizinisches Tauglichkeitszeugnis der Klasse 1 mit den Vermerken TML (Einschränkung der Gültigkeitsdauer des Tauglichkeitszeugnisses) und SIC (Besondere medizinische Untersuchungen), gültig bis zum 22.05.2021. Er hatte eine Gesamtflugerfahrung von ca. 319 Stunden.

---

<sup>1</sup> Single Engine Turbine

<sup>2</sup> Single Engine

<sup>3</sup> Single Pilot Operations

## Langen-Radar

### Radarlotse

Der 27-jährige Fluglotse war im Besitz einer Fluglotsenlizenz, ausgestellt durch das Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (BAF), gültig bis zum 01.03.2023. Er verfügte über ein medizinisches Tauglichkeitszeugnis der Klasse 3, gültig bis zum 24.07.2021.

Er gab an, dass das Verkehrsaufkommen hoch und ziemlich komplex gewesen sei. Zum Zeitpunkt des Ereignisses war der von ihm zu bearbeitende Sektor mit 2 weiteren zusammengelegt gewesen. Durch die Verkehrsmenge im kombinierten Sektor sei seine Aufmerksamkeit an vielen Stellen gebunden gewesen. Sein Hauptaugenmerk habe auf dem zu bearbeitenden IFR-Verkehr gelegen. Den Konflikt habe er erst bemerkt als der Pilot der Cessna 208B meldete, dass er unterhalb des Luftraumes C sei. Eine Verkehrsinformation habe er nicht mehr erteilt, da beide Luftfahrzeuge sich zu diesem Zeitpunkt bereits passierten.

### Fluginformationsspezialistin

Die 27-jährige Fluginformationsspezialistin war im Besitz eines Erlaubnisscheins für sonstiges Flugsicherungspersonal, ausgestellt durch das Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (BAF), gültig bis zum 20.10.2020. Sie verfügte über ein medizinisches Tauglichkeitszeugnis nach NfL II 78/01, gültig bis 03/2025.

Sie gab an, dass das Verkehrsaufkommen hoch und ziemlich komplex gewesen sei. Die Wetterlage im Nordosten des zu bearbeitenden Gebietes sei sehr gut gewesen. Daher habe sie etwa 25-30 Flugzeuge gleichzeitig auf der Frequenz gehabt. Südlich von Münster habe es starke Gewitter gegeben. Daher habe sie viele Informationen an Piloten geben müssen und es habe mehrere Nachfragen gegeben.

Die Cessna 172P sei von den Gewittern nicht betroffen gewesen. Sie habe auch die Cessna 208B auf dem Radarbildschirm gesehen. Diese habe sich zu diesem Zeitpunkt oberhalb von FL100 befunden. Der Pilot der Cessna 172P habe gemeldet, von der Sprungzone freizubleiben. Aufgrund dieser Information und des großen Höhenunterschiedes zwischen den beiden Luftfahrzeugen habe sie keinen Konflikt erwartet. Sie habe gesehen, dass der Kurs der Cessna 172P westlich an der Sprungzone vorbeiführte. Zu diesem Zeitpunkt sei die Cessna 208B unterhalb FL100 (ca. FL91) gewesen. Auch habe sie einem weiteren Piloten eine Verkehrsinformation geben müssen. Es habe weitere Nachfragen wegen des Wetters gegeben und die Besat-

zung eines anderen Luftfahrzeuges habe nicht auf ihre Funksprüche reagiert. Um ca. 16:40 Uhr habe der Pilot der Cessna 172P einen Near-Miss gemeldet.

## Angaben zu den Luftfahrzeugen

### Cessna Aircraft Company / Cessna 208B

Bei dem Flugzeugmuster handelt es sich um einen einmotorigen Schulterdecker mit Propellerturbinentriebwerk. Es wird als Passagier- und Frachtflugzeug eingesetzt. Die maximale Abflugmasse beträgt 3 969 kg.



Abb. 2: Sicht nach rechts vorne aus der Cessna 208B

Quelle: Halter des Luftfahrzeuges

Das betroffene Flugzeug, Baujahr 1993, hat die Werknummer 208B0358. Es ist in Deutschland zum Verkehr zugelassen, wird von einem deutschen Unternehmen betrieben und als Absetzmaschine für Fallschirmspringer eingesetzt.

Die Cessna 208B ist mit einem Kollisionswarnsystem (PowerFLARM) und einem fest installierten Anzeigegerät (Display V3+) ausgerüstet. Dieses System ist in der Lage, aufgrund von empfangenen Transponder- und FLARM-Signalen Warnungen vor anderen Luftfahrzeugen zu generieren und anzuzeigen.

Das Flugzeug verfügte über einen Transponder, welcher eingeschaltet war.



Abb. 3: Display V3+

Quelle: Handbuch Externes FLARM™ Display V3+

### Cessna Aircraft Company / Cessna 172P

Bei dem Flugzeugmuster handelt es sich um einen einmotorigen Schulterdecker mit Kolbenantrieb. Es bietet neben dem Piloten 3 Passagieren Platz. Die maximale Abflugmasse beträgt 1 089 kg.



Abb. 4: Sicht nach links vorne aus der Cessna 172P

Quelle: Halter des Luftfahrzeuges

Das betroffene Flugzeug, Baujahr 1981, hat die Werknummer 74204. Es ist in Deutschland zum Verkehr zugelassen und wird privat betrieben.

Die Cessna 172P verfügte nicht über ein Kollisionswarngerät.

Das Flugzeug verfügte über einen Transponder, welcher eingeschaltet war.

## Meteorologische Informationen

Nach Aussage des Piloten der Cessna 172P betrug die Flugsicht mehr als 10 km, der Himmel sei klar gewesen.

In der Routinewettermeldung (METAR) des Verkehrsflughafens Dortmund von 16:20 Uhr wurden folgende Bedingungen angegeben:

Bodenwind: variabel, 3 kt

Bodensicht: mehr als 10 km

Keine signifikante Bewölkung unterhalb 5 000 ft GND (CAVOK)

Temperatur: 34° C, Taupunkt: 14° C

QNH: 1 016 hPa

Die Sonne stand in Richtung 240 bis 250° in einem Winkel von 35 bis 40° über dem Horizont.

## Funkverkehr

Der Funkverkehr zwischen der Flugsicherungsstelle Langen und den beteiligten Luftfahrzeugen stand der BFU für die Untersuchung als Umschrift und Tondatei zur Verfügung.

## Angaben zum Luftraum

Die beteiligten Luftfahrzeuge befanden sich zum Zeitpunkt der Annäherung im Luftraum G in ca. 2 100 ft AMSL.

Der Luftraum G ist ein unkontrollierter Luftraum, d.h. es erfolgt keine Staffelung. Auf Anfrage wird Fluginformationsdienst bereitgestellt.

Im Luftraum G gelten folgende Mindestsichtflugbedingungen:

- oberhalb 3 000 ft AMSL oder 1 000 ft AGL: 5 km Flugsicht
- in/unterhalb 3 000 ft AMSL oder 1 000 ft AGL: 1,5 km Flugsicht (falls IAS max. 140 kt), 800 m für Drehflügler, Erdsicht
- Abstand zu den Wolken: oberhalb 3 000 ft AMSL oder 1 000 ft AGL: 1,5 km horizontal und 1 000 ft vertikal, in und unterhalb 3 000 ft AMSL oder 1 000 ft AGL: frei von Wolken
- Höchstgeschwindigkeit: 250 kt IAS

## Flugdatenaufzeichnung

Die Radardaten wurden der BFU durch das Flugsicherungsunternehmen zur Verfügung gestellt.

## Organisationen und deren Verfahren

### Internationale Zivilluftfahrtorganisation (ICAO)

Die ICAO regelt in Anhang 11 die Aufgaben der Flugverkehrskontrolle und des Fluginformationsdienstes. Flugverkehrskontrolle war darin wie folgt definiert (Chapter 1.): *A service provided for the purpose of [...] preventing collisions [...] between aircraft [...].*

Für den Luftraum G war folgendes festgelegt (Chapter 2.6.):

*IFR and VFR flights are permitted and receive flight information service if requested.*

Im ICAO Doc 4444 Procedures for Air Navigation Services – Air Traffic Management war folgendes ausgeführt:

#### *8.2. Collision hazard information*

*8.2.1 When an identified controlled flight is observed to be on a conflicting path with an unknown aircraft deemed to constitute a collision hazard, the pilot of the controlled flight shall, whenever practicable: a) be informed of the unknown aircraft, and if so requested by the controlled flight or if, in the opinion of the controller, the situation warrants, a course of avoiding action should be suggested; and b) be notified when the conflict no longer exists.*

## Europäische Union

Die Durchführungsverordnung (EU) Nr. 923/2012 definierte unter dem Punkt SERA.7001 die Aufgaben der Flugverkehrsdienste. Darin war unter anderem festgelegt, dass es die Aufgabe dieser Dienste ist, Zusammenstöße zwischen Luftfahrzeugen zu vermeiden.

Für den Luftraum G war folgendes festgelegt (SERA.6001):

[...]

*g) Klasse G. Es dürfen Flüge nach Instrumentenflugregeln und Flüge nach Sichtflugregeln durchgeführt werden und alle Flüge erhalten auf Anforderung Fluginformationsdienst. Alle Flüge nach Instrumentenflugregeln müssen in der Lage sein, eine*

*Flugfunk-Sprechfunkverbindung herzustellen. Für alle Flüge gilt eine Geschwindigkeitsbeschränkung von 250 kt IAS unterhalb 3 050 m (10 000 ft) über MSL, sofern die zuständige Behörde keine anderweitige Genehmigung für Luftfahrzeugmuster erteilt, die aus technischen oder Sicherheitsgründen diese Geschwindigkeit nicht beibehalten können. Eine Flugverkehrskontrollfreigabe ist nicht erforderlich.*

SERA.7002 dokumentierte zum Thema Kollisionsvermeidung folgendes:

*Information zu Kollisionsgefahren bei der Erbringung von Flugverkehrsdiensten auf der Grundlage der Flugüberwachung*

*a) Wenn beobachtet wird, dass sich ein identifizierter kontrollierter Flug auf einem Flugweg befindet, bei dem er mit einem unbekanntem Luftfahrzeug in Konflikt geraten kann, wodurch die Gefahr einer Kollision besteht, ist der Pilot des kontrollierten Fluges, soweit möglich,*

*1. über das unbekanntem Luftfahrzeug zu informieren und, auf Anforderung des Piloten oder wenn die Situation dies nach Auffassung des Fluglotsen erfordert, sind Ausweichmaßnahmen zu empfehlen; und*

*2. zu benachrichtigen, wenn der Konflikt nicht mehr besteht.*

## Flugsicherungsunternehmen

Die Betriebsanweisung Flugverkehrsdienste (BA-FVD) regelt den Betrieb innerhalb des Flugsicherungsunternehmens.

In der BA-FVD Kapitel 212.1 waren die Aufgaben der Flugverkehrsdienste aufgelistet:

[...]

*.11 Vermeidung von Zusammenstößen zwischen Luftfahrzeugen*

[...]

Hierfür standen dem Flugsicherungskontrollpersonal im Wesentlichen die folgenden Verfahren zur Verfügung (BA-FVD Lexikon):

### ***Flugverkehrskontrollanweisung (Air traffic control instruction)***

*Von der Flugverkehrskontrolle erteilte Anordnungen, durch die ein Luftfahrzeugführer aufgefordert wird, eine bestimmte Maßnahme zu ergreifen.*

**Verkehrsinformation (Traffic information)**

*Informationen, die von einer Flugverkehrsdienststelle erteilt werden, um einen Luftfahrzeugführer vor anderem bekannten oder beobachteten Verkehr zu warnen, der sich in der Nähe seines Standortes oder der geplanten Flugstrecke befindet, und ihm zu helfen, einen Zusammenstoß zu vermeiden.*

**Ausweichempfehlung (Traffic avoidance advice)**

*Die Empfehlung der Flugverkehrsdienststelle, in der Flugbewegungen angegeben werden, die einem Luftfahrzeugführer helfen, einen Zusammenstoß zu vermeiden.*

Zum Einsatz von Radar definierte die BA-FVD in Kapitel 421 folgendes:

*421.1 Radar ist von einer FVK-Stelle zu verwenden, um:*

- .11 Staffeln durchzuführen;*
- .12 Luftfahrzeuge zu überwachen und zu führen;*
- .13 den Ablauf des Flugverkehrs zu beschleunigen;*
- .14 Luftfahrzeugführer beim Umfliegen von Schlechtwettergebieten, beim Lösen von navigatorischen Problemen in besonderen Situationen und durch Erteilung von Verkehrsinformationen zu unterstützen.*

**Zusätzliche Informationen****Prinzip „See and Avoid“**

Das Projekt „Erkennbarkeit von Segelflugzeugen und kleinen motorisierten Luftfahrzeugen“ (BEKLAS, 2004) im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen hat sich ausführlich mit der Problematik des Erkennens von Segelflugzeugen und kleinen motorgetriebenen Luftfahrzeugen auseinandergesetzt. Im Abschlussbericht dieses Projektes heißt es:

*Der Luftverkehr basiert auf dem Grundprinzip des „See and Avoid“, [...]. Obwohl es aus den Anfangstagen der Fliegerei stammt, hat dieses Konzept bis heute Gültigkeit. Wie der Name schon besagt, ist es lebenswichtig, anderen Verkehr zu sehen und von anderem Verkehr gesehen zu werden, um Kollisionen vorzubeugen. Kernelement hier ist also die Fähigkeit des Piloten, andere Flugzeuge aufzufassen, Kurs und Geschwindigkeit abzuschätzen und daraus dann die für die Situation richtige Aktion abzuleiten.*

*Beobachtet man im Flug ein anderes fliegendes Objekt, so bewegt es sich normalerweise gegenüber dem Vordergrund (z.B. Instrumente, Streben etc.). Abhängig vom Winkel der beiden Kurspfade gibt es aber auch ein bestimmtes Geschwindigkeitsverhältnis, bei dem diese Bewegung nicht mehr wahrnehmbar ist und das beobachtete Objekt seine Position relativ zum Vordergrund nicht mehr ändert. Dieser Effekt wird als stehende Peilung bezeichnet. (BEKLAS, 2004)*

Sobald sich 2 Luftfahrzeuge auf Kollisionskurs befinden, liegt eine stehende Peilung vor.

*Die BEKLAS-Studie stellte weiterhin fest, dass die Sichtbarkeit von Flugzeugen im Luftraum überwiegend schlecht ist. Von allen Sichtbarkeiten von Flugzeugen ist diejenige am schlechtesten, die sich auf einem direkten, frontalen Kollisionskurs ergibt. Die Erwartungshaltung ist derjenige Faktor, der die Wahrnehmbarkeit wesentlich verbessern kann.*

## Auflösungsvermögen des Auges

In dem BEKLAS-Abschlussbericht wird das Auflösungsvermögen des menschlichen Auges folgendermaßen hergeleitet:

*Das menschliche Auge besteht aus einem zusammengesetzten Linsensystem, bei dem mehrere brechende Medien hintereinander geschaltet sind. Hornhaut, Kammerwasser, Linse und Glaskörper bilden als dioptrischer Apparat dieses Linsensystem und gewährleisten eine scharfe Abbildung von parallel einfallenden Lichtstrahlen auf der Netzhaut. Dabei trägt die Hornhaut mit 43 Dioptrien den größten Teil an der Gesamtbrechkraft von 58,8 Dioptrien des dioptrischen Apparates bei. Die normale Länge des Augapfels beträgt 24,3 mm. Die Bildkonstruktion aus achsenparallelen Lichtstrahlen und dem senkrecht auf die Hornhaut treffenden Zentralstrahl ergibt über das zusammengesetzte Linsensystem des Auges durch den 17 mm vor der Netzhaut liegenden Knotenpunkt ein umgekehrtes, verkleinertes, reelles Bild der Umwelt auf der Netzhaut. Ein Objekt von 18 cm Größe, aus einem Abstand von einem Meter betrachtet, ergibt nach dem Strahlensatz ein umgekehrtes Bild von 3,06 mm auf der Netzhaut ( $180 \text{ mm} / 1000 \text{ mm} = B / 17 \text{ mm}$ ). Dies entspricht einem Sehwinkel von  $10^\circ$ . Ein Sehwinkel von  $1^\circ$  entspricht dann ca. 0,3 mm auf der Netzhaut. Die Netzhaut des menschlichen Auges ist mit ca. 130 Millionen lichtempfindlichen Rezeptoren besetzt. Davon sind 7 Millionen Zapfenrezeptoren, die überwiegend an der Stelle des schärfsten Sehens in der 0,2 mm Durchmesser messenden „Fovea centralis“ konzentriert sind und das farbige Sehen vermitteln. Die restlichen*

ca. 123 Millionen Stäbchenrezeptoren, deren Konzentration von der Fovea centralis zur Peripherie der Netzhaut nur wenig abnehmen, vermitteln das Hell- /Dunkel-Sehen, sowie Bewegungsreize. Das Auflösungsvermögen der Netzhaut wird gemäß der üblichen Lehrmeinung folgendermaßen dargestellt:

Das retinale Auflösungsvermögen der Netzhaut von 1 Winkelminute (entspricht  $1/60$  Grad) entspricht der Trennung von zwei Punkten im Abstand von  $5 \mu\text{m}$  auf der Netzhaut. Der minimale Abstand der Zapfen in der Fovea centralis beträgt  $2,4 - 2,6 \mu\text{m}$ . Demnach können dort 2 Punkte als getrennt wahrgenommen werden, wenn sie 2 Zapfen erregen, zwischen denen ein weiterer Zapfen liegt. Danach liegt bei optimalen Voraussetzungen im optischen Apparat eines Piloten (Visus 1.0) die Auflösungsgrenze für Objekte in 1 km Entfernung bei  $0,294 \text{ m}$  Objektgröße (Objektgröße /  $1.000.000 \text{ mm} = 0,005 \text{ mm} / 17 \text{ mm}$ ).

Die Cessna 172P, mit einer Spannweite von ca. 10 m, wäre somit für den Piloten der Cessna 208B theoretisch ab einer Entfernung von ca. 33 km erkennbar gewesen.

Die Cessna 208B mit einer Spannweite von ca. 16 m, wäre somit für den Piloten der Cessna 172P theoretisch ab einer Entfernung von ca. 54 km erkennbar gewesen.

## Visuelle Wahrnehmbarkeit

Für die Erkennbarkeit eines Objektes ist dessen scheinbare Objektgröße maßgebend. In bisherigen Untersuchungen der BFU wird zur Ermittlung dieses Wertes die sichtbare Rumpflänge beziehungsweise die Spannweite des jeweiligen Luftfahrzeuges herangezogen. Ausgehend von diesen Werten und der Entfernung zum Objekt wird dessen scheinbare Größe (in Milliradian (mrad)) errechnet.

Dabei entspricht 1 mrad einer Länge von 1 mm auf einer fiktiven Windschutzscheibe, die 1 m vom Auge des beobachtenden Luftfahrzeugführers entfernt ist.

Als Grenzwert für ein Erfassen eines Zieles wird eine scheinbare Objektgröße von 2 mrad angesehen. Die scheinbare Objektgröße wächst im Verlauf der Annäherung in Form einer Exponentialfunktion an, d.h. das Objekt bleibt für einen längeren Zeitraum sehr klein und „blüht“ dann wenige Sekunden vor der Kollision auf (Blossom-Effekt).

Für die untersuchte Annäherung bedeutet dies folgendes:

Etwa 33 Sekunden vor der Annäherung, als sich die beiden Luftfahrzeuge zum ersten Mal aufeinander zu bewegten, betrug deren Schrägendifferenz ca. 2,45 NM.

Zu diesem Zeitpunkt hatte die Cessna 172P für den Piloten der Cessna 208B eine sichtbare Spannweite von ca. 10 m. Eine scheinbare Größe von 2 mrad hatte sie somit theoretisch bei einer Entfernung von ca. 2,7 NM.

Die 208B hatte für den Piloten der 172P eine sichtbare Spannweite von ca. 16 m. Eine scheinbare Größe von 2 mrad hatte sie somit theoretisch bei einer Entfernung von ca. 4,3 NM.

### Einschränkende Faktoren der visuellen Wahrnehmung

Die Erkennbarkeit von Luftfahrzeugen kann durch verschiedene Faktoren negativ beeinflusst werden. Dies sind zum Beispiel:

- Helligkeit
- Kontrast
- Sichtweiten
- Blendung oder
- Einschränkung des Sichtbereiches durch die Flugzeugstruktur

Ein weiterer limitierender Faktor, ist die bereits beschriebene sogenannte „Stehende Peilung“.

### Wahrnehmung und Reaktion

Gemäß verschiedenen Veröffentlichungen, wie z.B. FAA Advisory Circular 90-48C, beträgt die Zeit zwischen dem Sehen eines Objektes und dem Ausweichmanöver bis zu 12,5 Sekunden.

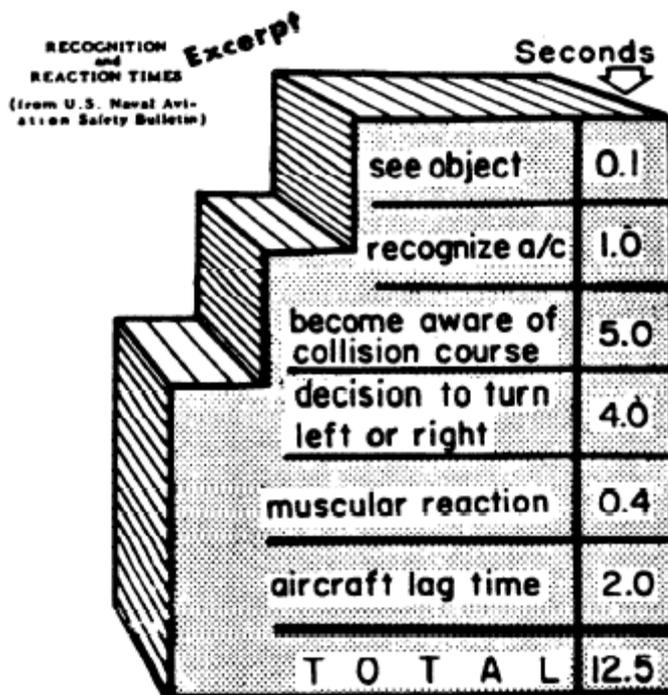


Abb. 5: Wahrnehmungs- und Reaktionszeiten

Quelle: Federal Aviation Administration

## Ausweichregeln

Die Durchführungsverordnung (EU) Nr. 923/2012 sah die folgenden Ausweichregeln vor:

### SERA.3210 Ausweichregeln

- a) Das Luftfahrzeug, das nicht auszuweichen hat, muss seinen Kurs und seine Geschwindigkeit beibehalten.
- b) Ein Luftfahrzeug hat einem anderen Luftfahrzeug, das erkennbar in seiner Manövrierfähigkeit behindert ist, auszuweichen.
- c) Ein Luftfahrzeug, das gemäß den nachstehenden Regeln verpflichtet ist, einem anderen Luftfahrzeug auszuweichen, hat es zu vermeiden, über, unter oder vor dem anderen Luftfahrzeug vorbeizufiegen, außer wenn es in ausreichendem Abstand vorbeifliegt und die Auswirkungen einer Wirbelschleppenturbulenz berücksichtigt werden.
  1. Annäherung im Gegenflug. Nähern sich zwei Luftfahrzeuge im Gegenflug oder nahezu im Gegenflug, haben beide, wenn die Gefahr eines Zusammenstoßes besteht, nach rechts auszuweichen.

2. Kreuzen der Flugrichtung. Kreuzen sich die Flugrichtungen zweier Luftfahrzeuge in nahezu gleicher Höhe, so hat das Luftfahrzeug, bei dem sich das andere Luftfahrzeug auf der rechten Seite befindet, auszuweichen; jedoch haben stets auszuweichen
- i) motorgetriebene Luftfahrzeuge, die schwerer als Luft sind, den Luftschiffen, Segelflugzeugen und Ballonen;
  - ii) Luftschiffe den Segelflugzeugen und Ballonen;
  - iii) Segelflugzeuge den Ballonen;
  - iv) motorgetriebene Luftfahrzeuge den Luftfahrzeugen, die andere Luftfahrzeuge oder Gegenstände erkennbar schleppen.
3. Überholen. Ein überholendes Luftfahrzeug ist ein Luftfahrzeug, das sich einem anderen Luftfahrzeug von rückwärts in einer Flugrichtung nähert, die einen Winkel von weniger als 70 Grad mit der Symmetrieebene des letzteren Luftfahrzeugs bildet, d. h. sich in einer solchen Position bezüglich des anderen Luftfahrzeugs befindet, dass bei Nacht weder die linken (backbordseitigen) noch die rechten (steuerbordseitigen) Positionslichter gesehen werden könnten. Ein Luftfahrzeug, das überholt wird, hat nicht auszuweichen oder seinen Kurs zu ändern, und das überholende Luftfahrzeug hat sowohl im Steigflug als auch im Sinkflug oder Horizontalflug den Flugweg des anderen zu meiden und seinen Kurs nach rechts zu ändern; dies gilt ungeachtet einer anschließenden Veränderung der relativen Position der beiden Luftfahrzeuge zueinander, bis das überholende Luftfahrzeug das andere ganz überholt und ausreichenden Abstand zu ihm hat.

[...]

## Kollisionswarnsystem der Flugverkehrskontrolle

Das Short Term Conflict Alert (STCA) dient der rechtzeitigen Warnung des Flugsicherungspersonals, wenn der Abstand zwischen 2 Luftfahrzeugen unterschritten ist (current alert), beziehungsweise in einer vordefinierten Zeit unterschritten sein wird (predicted alert). Die Darstellung erfolgt visuell auf dem Radarbildschirm und, bei manchen Systemen, zusätzlich akustisch.

Während der Untersuchung stellte sich heraus, dass bestimmte STCA-Warnungen nicht angezeigt wurden. Nach Aussage des Flugsicherungsunternehmens wurde die Darstellung dieser STCA-Warnungen konfigurationsbedingt unterdrückt, obwohl die

Transponder der betroffenen Luftfahrzeuge Signale gesendet haben. Ziel sei es, die Anzahl der STCA-Alarme in einem sinnvollen Rahmen zu halten. Wenn eine STCA-Warnung ausgegeben werde, würden die Labels der betroffenen Luftfahrzeuge größer und eingefärbt dargestellt, außerdem werde ein akustisches Signal generiert. Bei hohem VFR-Flugaufkommen wäre das Sichtgerät eines Lotsen mit diesen Darstellungen überfrachtet.

Außerdem sei die Wirksamkeit des Systems in Frage gestellt, wenn aufgrund von zu vielen Alarmen eine Art Abstumpfung eintreten würde. Man müsse daher bestimmte Code-Kombinationen unterdrücken, damit das STCA seiner originären Aufgabe gerecht werden könne. Das System war so konfiguriert, dass es nicht vor Annäherungen zwischen Luftfahrzeugen, welche einen FIS-Transpondercode und Luftfahrzeugen, welche einen Transpondercode für Absetzmaschinen abstrahlen warnt.

### Kollisionswarnsystem der Cessna 208B

Die aufgespielte Firmware-Version des Kollisionswarnsystems der Cessna 208B war am 31.05.2020 abgelaufen. Das letzte Firmware-Update (Version 6.6.3) hatte im Rahmen einer CAMO Inspektion am 05.03.2019 stattgefunden. Einen Tag vorher hatte der Hersteller die Version 6.6.7 veröffentlicht. Diese Version stellte eine Funktionstüchtigkeit bis zum 31.10.2020 sicher. Der Hersteller verweist auf seiner Homepage darauf, dass jedes FLARM-Gerät mindestens alle 12 Monate mit einer aktuellen Firmware versehen werden muss, da es sonst nicht funktioniert. Bis zum Ereignistag hatte der Hersteller noch 6 weitere Firmware-Updates herausgegeben.

Nach Aussage des Halters der Cessna 208B hatte die CAMO den Punkt FLARM zum Zeitpunkt der letzten Winterwartung noch nicht in das Wartungsprogramm aufgenommen. Darum wurde das erforderliche Firmware-Update nicht durchgeführt. Dies hatte zur Folge, dass die Datenkommunikation zwischen dem Haupt- und dem Anzeigegerät am Ereignistag unterbrochen und das System somit ohne Funktion war. Dies wird am Display V3+ durch ein Blinken der grünen Leuchtdioden RX, TX und GPS angezeigt.

Auf Nachfrage beim Piloten stellte sich heraus, dass ihm diese Form der Fehleranzeige nicht bekannt war. Im Normalbetrieb leuchten die Power-LED und die TX-LED dauerhaft. Die RX-LED leuchtet im Normalbetrieb nur auf, wenn sich andere Luftfahrzeuge im definierten Distanzbereich befinden. Die GPS-LED leuchtet im Normalbetrieb ebenfalls dauerhaft, wobei das Lichtsignal jede Sekunde einmal kurz unterbrochen wird.

## Beurteilung

### Ereignisse

Zum Zeitpunkt der Annäherung befand sich die Cessna 208B auf dem Rückflug nach Marl-Loemühle. Das Luftfahrzeug hatte dabei eine sehr hohe Sinkrate und Geschwindigkeit. Die Cessna 172P befand sich im Reiseflug.

### Individuelle Handlungen

Alle beteiligten Personen, die beiden Piloten als auch die Fluginformationsspezialistin und der Flugverkehrslotse, waren im Besitz der vorgeschriebenen Lizenzen und Berechtigungen. Es ergaben sich keine Hinweise auf physische oder psychische Beeinträchtigungen.

#### Pilot Cessna 208B

Der Pilot hatte nach dem Absetzen der Fallschirmspringer und erfolgter Freigabe durch den zuständigen Flugverkehrslotse den Luftraum C nach unten verlassen. Er befand sich ab diesem Zeitpunkt nicht mehr auf der Frequenz von Langen-Radar. Vor dem Verlassen des Luftraums C hatte er keine Verkehrsinformation über möglichen Konfliktverkehr erhalten. Den Sinkflug führte er mit einer sehr hohen Sinkrate durch.

Zusätzlich befand er sich die meiste Zeit im Kurvenflug. Durch das Flugprofil waren die Möglichkeiten einer optimalen Luftraumbeobachtung stark eingeschränkt. Außerdem erzeugte das Kollisionswarnsystem des Luftfahrzeuges keine Warnung vor der Cessna 172P. Es ist davon auszugehen, dass der Pilot die Erwartungshaltung hatte, eine Warnung zu erhalten, wenn sich anderer Verkehr in der Nähe befände. Dass das Gerät nicht funktionierte, war ihm nicht bewusst. Zudem kann ein PowerFLARM nur vor Verkehr warnen, welcher entweder ein FLARM-Signal oder ein Transponder-signal aussendet.

Etwa 8 Sekunden bzw. 0,6 NM vor der Annäherung leitete der Pilot eine Linkskurve ein. Ab diesem Zeitpunkt ist davon auszugehen, dass die Cessna 172P durch den Rumpf der Cessna 208B verdeckt war und sich somit in einem für den Piloten nicht einsehbaren Bereich befand. Ein an die Luftraumstruktur angepasster Sinkflug hätte die Möglichkeit eines rechtzeitigen Erkennens des anderen Luftfahrzeuges deutlich erhöht. Eine Blendwirkung durch die Sonne kann aufgrund des Sonnenstandes aus-

geschlossen werden. Da die Cessna 172P von rechts kam, wäre er ausweichpflichtig gewesen.

### Pilot Cessna 172P

Der Pilot flog kontinuierlich in gleichbleibender Höhe und mit gleicher Geschwindigkeit. Die Cessna 172P war nicht mit einem Kollisionswarnsystem ausgerüstet. Dies war luftrechtlich nicht vorgeschrieben. Der Pilot befand sich auf der Frequenz des Fluginformationsdienstes, erhielt jedoch keine Verkehrsinformation bezüglich der sich annähernden Cessna 208B.

Das andere Luftfahrzeug näherte sich mit einer sehr hohen Sinkrate etwa aus der 10-Uhr-Position von oben an. Es ist nicht auszuschließen, dass bis kurz vor der Annäherung die Cessna 208B durch die linke Strebe der Cockpitscheibe verdeckt war. Außerdem findet die Beobachtung des Luftraums eher im Bereich der Flughöhe statt, in der man sich befindet. Dass sich ein Luftfahrzeug mit einer derart hohen Sinkrate von oben annähert war für den Piloten der Cessna 172P nicht vorherzusehen. Eine Blendwirkung durch die Sonne kann aufgrund des Sonnenstandes ausgeschlossen werden.

### Wahrnehmung und Reaktion

Unter optimalen Bedingungen hätten die Piloten das jeweils andere Flugzeug theoretisch rechtzeitig sehen können.

Wie bereits im Abschnitt „Visuelle Wahrnehmbarkeit“ beschrieben, beziehen sich diese theoretischen Werte auf die sichtbaren Rumpflängen bzw. Spannweiten. Die sichtbare Rumpfhöhe ist generell jedoch erheblich kleiner. Es stellt sich somit die Frage, ob nicht der geringere Wert als maßgeblich für die Berechnung der theoretischen Erkennbarkeit herangezogen werden müsste.

Wenn man von sichtbaren Rumpfhöhen von ca. 100-200 cm ausgeht, wären die jeweiligen Flugzeuge erst bei einer Entfernung zwischen 0,027 und 0,54 NM für den jeweils anderen Piloten sichtbar gewesen. Dies wäre gleichzusetzen mit einer zur Verfügung stehenden Reaktionszeit von etwa 4,5 bis 9 Sekunden. Diese Zeit würde nicht mehr ausreichen, die Kollisionsgefahr rechtzeitig zu erkennen und ein entsprechendes Ausweichmanöver einzuleiten (Abb. 5).

## Flugsicherung

### Langen-Radar

Der zuständige Lotse arbeitete gemäß den geltenden Vorschriften des Flugsicherungsunternehmens. Er hatte dem Piloten der Cessna 208B die Freigabe erteilt, den Luftraum C nach unten zu verlassen. Da sein Hauptaugenmerk auf dem zu bearbeitenden IFR-Verkehr lag, bemerkte er den sich anbahnenden Konflikt erst, als es zu spät war, zu einer aktiven Kollisionsvermeidung beizutragen. Auf dem Lotsenarbeitsplatz wurden beide Luftfahrzeuge kontinuierlich angezeigt. Das Erteilen einer rechtzeitigen Verkehrsinformation wäre somit grundsätzlich möglich gewesen. Das am Arbeitsplatz installierte Kollisionswarnsystem (Short Term Conflict Alert (STCA)) warnte aufgrund der gewählten Konfiguration nicht vor der Annäherung. Wäre dies der Fall gewesen, hätte es die Aufmerksamkeit des Lotsen auf die Kollisionsgefahr lenken können. Dies hätte sehr wahrscheinlich dazu geführt, dass der Lotse eine Verkehrsinformation und/oder Ausweichempfehlung erteilt.

### Langen-Information

Die zuständige Fluginformationsspezialistin arbeitete gemäß den geltenden Vorschriften des Flugsicherungsunternehmens. Ihre Arbeitsbelastung war sehr hoch. Nach eigener Aussage hatte sie zwischen 25 und 30 Luftfahrzeuge gleichzeitig auf der Frequenz. Dieser Umstand alleine kann dazu führen, dass notwendige Verkehrsinformationen zur Kollisionsvermeidung nicht mehr zeitgerecht erteilt werden können. Aufgrund der Wetterlage und dadurch erhöhtem Informationsbedarf der Luftfahrzeugbesatzungen war sie zusätzlich belastet. Sie wurde ebenfalls nicht durch das STCA vor der Kollisionsgefahr gewarnt. Somit wurde auch ihre Aufmerksamkeit nicht auf die drohende Kollision gelenkt. Auch hier hätte eine nicht unterdrückte Warnung sehr wahrscheinlich dazu geführt, dass sie eine Verkehrsinformation und/oder Ausweichempfehlung erteilt.

## Organisationseinflüsse

### Verkehrsinformationen

Im Rahmen der Untersuchung einer Schweren Störung nahe des UKW-Drehfunkfeuers WALDA hatte die Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung eine Sicherheitsempfehlung an das Flugsicherungsunternehmen herausgegeben:

### *Empfehlung Nr. 01/2013*

*Das Flugsicherungsunternehmen sollte die internen Vorschriften für die Übermittlung von Verkehrsinformationen überarbeiten und sicherstellen, dass Verkehrsinformationen zur Gefahrenabwehr, unabhängig von der Luftraumkategorie und den Flugregeln, an die betroffenen Luftfahrzeuge übermittelt werden.*

Diese Empfehlung wurde bisher nicht umgesetzt.

Die Erteilung rechtzeitiger Verkehrsinformationen kann nur dann erfolgen, wenn das Flugsicherungspersonal auch die Möglichkeit hat, die Situation im zugewiesenen Luftraum jederzeit zu überblicken. Aufgrund des Arbeitspensums und der selektierten Unterdrückung des STCA war dies dem Lotsen und der Fluginformationsspezialistin zumindest deutlich erschwert. Eine rechtzeitige Verkehrsinformation und/oder Ausweichempfehlung hätte zur Konfliktvermeidung beitragen können.

## Sicherheitsmechanismen

### STCA

An beiden betroffenen Arbeitsplätzen stand STCA zur Verfügung. Hinweise auf Fehlfunktionen ergaben sich nicht. Allerdings war das System so konfiguriert, dass es nicht vor Annäherungen zwischen Luftfahrzeugen, welche einen FIS-Transpondercode und Luftfahrzeugen, welche einen Transpondercode für Absetzmaschinen abstrahlen warnt. Dies hatte zur Folge, dass dieses Sicherheitssystem dem betroffenen Flugsicherungspersonal nicht zur Verfügung stand. Die selektierte Unterdrückung von Warnungen vor Annäherungen von Luftfahrzeugen mit dem Ziel, die Anzahl der STCA-Alarme in einem „sinnvollen Rahmen“ zu halten, um die Darstellungsgeräte des Flugsicherungspersonals nicht zu überfrachten und einer Abstumpfung gegenüber Alarmen entgegenzuwirken ist nicht nachvollziehbar. Aufgabe des STCA ist es, das Flugsicherungspersonal bei der Vermeidung von Kollisionen zu unterstützen. Ein konfigurationsbedingtes Unterdrücken von Warnungen ist nicht zielführend und erhöht die Gefahr von Kollisionen.

### PowerFLARM

Das PowerFLARM der Cessna 208B war nicht einsatzbereit. Am 05.03.2019 installierte der Wartungsbetrieb eine Firmware-Version, welche einen Tag vorher vom Hersteller durch eine neuere Version ersetzt wurde. Die neuere Version hätte am Ereignistag eine Funktionstüchtigkeit des Systems sichergestellt. Während der darauf-

folgenden Winterwartung wurde kein Firmware-Update durchgeführt. Ein Pilot kann nicht wissen, wann das letzte Mal eine aktuelle Firmware aufgespielt wurde, insbesondere dann, wenn er nicht Halter des Luftfahrzeuges ist.

Dem Piloten wurde die Nichtfunktion der PowerFLARM durch das Blinken von 3 grünen LEDs angezeigt, wobei eine dieser LEDs (GPS) auch im Normalbetrieb im Sekundenabstand nicht leuchtet. Eine Fehlfunktion bzw. Nichtfunktion durch grüne Signale anzuzeigen ist nicht zielführend. Ein zusätzlicher Hinweis, ab wann das Gerät ohne Firmware-Update nicht mehr funktionieren wird, beispielsweise in Form eines Aufklebers wie bei Kohlenstoffmonoxidwarnern, wäre sinnvoll gewesen. Dem betroffenen Piloten war nicht bewusst, dass das System ohne Funktion war.

## Schlussfolgerungen

Die Schwere Störung, die Beinahekollision beider Luftfahrzeuge war auf folgende Ursachen zurückzuführen:

- Der Pilot der Absetzmaschine flog mit hoher Sinkrate und Geschwindigkeit durch den unkontrollierten Luftraum G. Dies hatte zur Folge, dass er das ohnehin mit Schwächen behaftete Verfahren „See and avoid“ noch eingeschränkter durchführen konnte. Er sah das andere Flugzeug zu keinem Zeitpunkt.
- Der Pilot der Cessna 172P sah die Absetzmaschine erst zum Zeitpunkt des Passierens. Eine Kollision hätte er, trotz seines Ausweichmanövers, aufgrund des zu späten Sichtkontaktes, sehr wahrscheinlich nicht verhindern können.

### Beitragende Faktoren

- Das Kollisionswarnsystem der Cessna 208B funktionierte, aufgrund veralteter Firmware nicht.
- Das STCA erfüllte seine Aufgabe, aufgrund der konfigurationsbedingten Unterdrückung von Alarmen in bestimmten Konstellationen, nicht.
- Die Piloten erhielten keine Verkehrswarnungen oder Informationen durch die Flugsicherung, obwohl zu beiden sowohl Radar- als auch Funkkontakt bestand.

- Ein Hinweis auf das Ablaufdatum der Firmware, und somit ein Hinweis, ab wann das Kollisionswarngerät PowerFLARM keine Warnungen mehr generieren würde, fehlte in der Cessna 208B.

## Sicherheitsempfehlungen

Die BFU hat folgenden Sicherheitsempfehlungen herausgegeben:

Empfehlung Nr.: 01/2021

Das Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung sollte die Umsetzung der an die Deutsche Flugsicherung GmbH gerichteten Sicherheitsempfehlung 02/2021 überwachen.

Empfehlung Nr.: 02/2021

Die Deutsche Flugsicherung GmbH sollte sicherstellen, dass das Short Term Conflict Alert (STCA) jederzeit in der Lage ist, vor Kollisionsgefahren zwischen Luftfahrzeugen, zu denen Radar- und Funkkontakt besteht, zu warnen. Eine Unterdrückung von relevanten Kollisionswarnungen muss vermieden werden.

Hinweis: Im Rahmen der Kommentierungsphase teilte das Flugsicherungsunternehmen der BFU mit, dass eine Alarmierung für den Gruppencode 0025 (PJE Absetzmaschinen) mittlerweile erfolgt.

Untersuchungsführer: Blanke

Mitwirkung: Schubert

Braunschweig, 02.10.2021

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

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

## Herausgeber

Bundesstelle für  
Flugunfalluntersuchung  
Hermann-Blenk-Str. 16

38108 Braunschweig

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

Mail [box@bfu-web.de](mailto:box@bfu-web.de)  
Internet [www.bfu-web.de](http://www.bfu-web.de)