

# Untersuchungsbericht

## Identifikation

Art des Ereignisses: Unfall

Datum: 28.08.2020

Ort: Arnsberg-Menden

Luftfahrzeug: Flugzeug

Hersteller: Cessna Aircraft Company

Muster: Cessna 401A

Personenschaden: Pilot und 2 Fluggäste schwer verletzt

Sachschaden: Luftfahrzeug schwer beschädigt

Drittschaden: Flurschaden

Aktenzeichen: BFU20-0721-CX

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 Zivilluftfahrt und dem Gesetz über die Untersuchung von Unfällen und Störungen beim Betrieb ziviler Luftfahrzeuge (Flugunfall-Untersuchungs-Gesetz - FIUUG) vom 26. August 1998 durchgeführt.

Danach ist das alleinige Ziel der 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

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

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

Inhalt	Seite
<b>Identifikation</b> .....	<b>1</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>5</b>
<b>Kurzdarstellung</b> .....	<b>9</b>
<b>1. Sachverhalt</b> .....	<b>10</b>
1.1 Ereignisse und Flugverlauf.....	10
1.2 Personenschaden.....	12
1.3 Schaden am Luftfahrzeug.....	12
1.4 Drittschaden.....	12
1.5 Angaben zu Personen.....	12
1.6 Angaben zum Luftfahrzeug.....	13
1.7 Meteorologische Informationen.....	15
1.8 Navigationshilfen.....	15
1.9 Funkverkehr.....	16
1.10 Angaben zum Flugplatz.....	16
1.10.1 Allgemeine Angaben.....	16
1.10.2 Feststellungen vor Ort.....	17
1.10.3 Betriebsgenehmigung des Flugplatzes.....	19
1.10.4 Bauliche Änderungen am Flugplatz.....	20
1.11 Flugdatenaufzeichnung.....	20
1.11.1 Auswertung der GPS-Daten des Unfallfluges.....	20
1.11.2 Auswertung weiterer Anflüge.....	21
1.12 Unfallstelle und Feststellungen am Luftfahrzeug.....	23
1.13 Medizinische und pathologische Angaben.....	27
1.14 Brand.....	27
1.15 Überlebensaspekte.....	27
1.16 Versuche und Forschungsergebnisse.....	28
1.17 Organisationen und deren Verfahren.....	28
1.17.1 Anflugverfahren des Piloten.....	28
1.17.2 Behördliche Aufsicht über Flugplätze.....	28
1.17.3 Aufsicht über den Flugplatz Arnsberg-Menden.....	29
1.18 Zusätzliche Informationen.....	30
1.18.1 Markierung von Flugplätzen – Nationale Festlegungen.....	30
1.18.2 Menschliche Faktoren.....	31
1.18.3 Stabilisierter Anflug.....	36
1.18.4 Rückhaltesysteme für Flugzeuginsassen – Energetische Betrachtung.....	39

1.19	Nützliche oder effektive Untersuchungstechniken.....	43
<b>2.</b>	<b>Beurteilung .....</b>	<b>44</b>
2.1	Allgemeines.....	44
2.2	Handlungen des Piloten .....	44
2.3	Spezifische Bedingungen.....	45
2.4	Sicherheitsmechanismen .....	48
2.5	Organisatorische Rahmenbedingungen.....	50
<b>3.</b>	<b>Schlussfolgerungen.....</b>	<b>51</b>
3.1	Befunde.....	51
3.2	Ursachen.....	53
<b>4.</b>	<b>Sicherheitsempfehlungen .....</b>	<b>54</b>
<b>5.</b>	<b>Anlagen .....</b>	<b>56</b>

## Abkürzungsverzeichnis

### Glossary of Abbreviations

AAL	Above Aerodrome Level	Höhe über dem Flugplatz
AD	Airworthiness Directive	Lufttüchtigkeitsanweisung
AFM	Airplane Flight Manual	Flughandbuch
AGL	Above Ground Level	über Grund
AIP	Aeronautical Information Publication	Luftfahrthandbuch
AMSL	Above Mean Sea Level	Über dem mittleren Meeresspiegel
ANSP	Air Navigation Service Provider	Flugsicherungsorganisation
AOM	Airplane Operating Manual	Flugbetriebshandbuch
AOPA	Aircraft Owners and Pilots Association	Verband der Allgemeinen Luftfahrt e.V.
ARC	Airworthiness Review Certificate	Bescheinigung über die Prüfung der Lufttüchtigkeit
ATC	Air Traffic Control	Flugverkehrskontrolle
ATIS	Automatic Terminal Information Service	Automatische Ausstrahlung von Lande- und Startinformationen
BFU	German Federal Bureau of Aircraft Accident Investigation	Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung
BZF	Restricted Flight Radiotelephone Operator's Certificate	Beschränkt gültiges Sprechfunkzeugnis für den Flugfunkdienst
CAS	Calibrated Airspeed	Kalibrierte Fluggeschwindigkeit
CAVOK	Ceiling And Visibility OK (for VFR flights)	Bewölkung und Sichtweiten in Ordnung (für Flüge nach VFR)
CTR	Control Zone	Kontrollzone
EASA	European Union Aviation Safety Agency	Europäische Agentur für Flugsicherheit
ELEV	Elevation	Ortshöhe über dem Meer
FAA	Federal Aviation Administration	US Luftfahrtbehörde
FCL	Flight Crew Licensing	
FDR	Flight Data Recorder	Flugdatenschreiber

FL	Flight Level	Flugfläche
ft	Feet	Fuß (1 Fuß = 0,3048 m)
ft/min	Feet per minute	Fuß pro Minute
g	acceleration due to Earth's gravity (9,81 m/s <sup>2</sup> )	Beschleunigung durch die Erdanziehungskraft (9,81 m/s <sup>2</sup> )
GA	General Aviation	Allgemeine Luftfahrt
GAFOR	General Aviation Forecast	Vorhersage für die Allgemeine Luftfahrt
GND	Ground	Grund
GPS	Global Positioning System	
GS	Ground Speed	Geschwindigkeit über Grund
HDG	Heading	Steuerkurs
IAS	Indicated Airspeed	Angezeigte Fluggeschwindigkeit
ICAO	International Civil Aviation Organisation	Internationale zivile Luftfahrtorganisation
IFR	Instrument Flight Rules	Instrumentenflugregeln
IMC	Instrument Meteorological Conditions	Instrumentenwetterbedingungen
IAS	Knots Indicated Airspeed	
kt	knot(s)	Knoten (1 kt = 1,852 km/h)
LBA	Federal Aviation Office (Germany)	Luftfahrt-Bundesamt
LDA	Landing Distance Available	Verfügbare Landestrecke
LDR	Landing Distance Required	Benötigte Landestrecke
LM	Landing Mass	Landemasse
LTA	Airworthiness Directive	Lufttüchtigkeitsanweisung
METAR	Aviation Routine Weather Report	Routine Wettermeldung für die Luftfahrt
MDA	Minimum Descent Altitude	Sinkflugmindesthöhe
ME	Multi Engine	
MEP	Multi Engine Piston	
MLM	Maximum Landing Mass	Maximale Landemasse
MPH	Miles per Hour	
MSA	Minimum Sector Altitude	Mindestsektorenhöhe über MSL
MSL	Mean Sea Level	Mittlerer Meeresspiegel
MTOM	Maximum T/O Mass	Maximale Startmasse

NfL	Publications of aviation authorities in Germany	Nachrichten für Luftfahrer
NM	Nautical Mile(s)	Nautische Meile(n)
NOTAM	Notice to Airmen	Ergänzende Informationen zur AIP
NTSB	National Transportation Safety Board	US Untersuchungsbehörde für Transportsicherheit
OPC	Operator Proficiency Check	
PAPI	Precision Approach Path Indicator	Präzisionsgleitwegbefeuerung
PIC	Pilot in Command	Verantwortlicher Luftfahrzeugführer
PL	Power Lever	Leistungshebel
POH	Pilot's Operating Handbook	
PPL	Private Pilot Licence	Privatpilotenlizenz
psi	pounds per square inch	(14,5 psi = 1 bar)
QFE	altimeter pressure setting to indicate height above aerodrome	
QNH	altimeter pressure setting to indicate altitude AMSL	Luftdruck in Meereshöhe
rpm	revolutions per minute	Umdrehungen pro Minute
RWY	Runway	Piste
SAR	Search and Rescue	
SEP	Single Engine Piston	
SOP	Standard Operating Procedure	Standard-Betriebsverfahren
SP	Single Pilot	
TAS	True Airspeed	Wahre Fluggeschwindigkeit
TAT	Total Aircraft Time	Gesamtflugzeit des Luftfahrzeugs
UTC	Universal Time Coordinated	
VASI	Visual Approach Slope Indicator	
V <sub>APP</sub>	Approach Speed	Anfluggeschwindigkeit
V <sub>CAS</sub>	Calibrated Air Speed	
V <sub>NE</sub>	Never exceed Airspeed	
V <sub>R</sub>	Rotation Speed	Rotationsgeschwindigkeit
V <sub>REF</sub>	Approach Reference Speed	

VS	Vertical Speed	Steig-/Sinkgeschwindigkeit
V <sub>TGT</sub>	Target Speed	Zielgeschwindigkeit im Landeanflug
V <sub>1</sub>	T/O Decision Speed	
V <sub>2</sub>	T/O Safety Speed	
VFR	Visual Flight Rules	Sichtflugregeln
VHF	Very High Frequency	Ultra Kurz Welle
VMC	Visual Meteorological Conditions	Sichtflugwetterbedingungen
VOR	VHF Omnidirectional radio Range	



## Kurzdarstellung

Die Bundestelle für Flugunfalluntersuchung (BFU) wurde am 28.08.2020 um 16:10 Uhr<sup>1</sup> durch die Rettungsleitstelle des Hochsauerlandkreises darüber informiert, dass ein zweimotoriges Flugzeug im Anflug auf den Flugplatz Arnsberg-Menden verunfallt sei. Die BFU entsandte ein dreiköpfiges Untersuchungsteam, das die Untersuchung an der Unfallstelle noch am selben Tag aufnahm.

Es wurde festgestellt, dass das Flugzeug während des Endanfluges in eine unkontrollierte Fluglage geriet und vor der Landebahn auf den Boden prallte. Die 3 Insassen erlitten schwere Verletzungen, das Flugzeug wurde schwer beschädigt.

Der Unfall ist darauf zurückzuführen, dass

- der Pilot den Anflugwinkel nicht durch Erhöhung der Triebwerksleistung korrigierte bzw. den Anflug nicht abbrach.
- der Pilot die Fluggeschwindigkeit während des Endanfluges nicht überwachte und das Flugzeug beim Abfangen in den überzogenen Flugzustand steuerte.

Zu dem Unfall hat beigetragen, dass

- der Anflug nicht stabilisiert war und nicht abgebrochen wurde.
- der Pilot die PAPI-Anzeige nicht beachtete, und die Überziehwarnung nicht wahrnahm.
- die Vielzahl der sich ständig verändernden Anflugparameter mit hoher Wahrscheinlichkeit die Grenzen der Leistungsfähigkeit des Piloten überschritt und in der Folge das Flugzeug nicht mehr zielführend gesteuert wurde.
- die Pistenmarkierungen nicht den vorgeschriebenen Standards entsprachen.

---

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

# 1. Sachverhalt

## 1.1 Ereignisse und Flugverlauf

Das Flugzeug startete mit dem Piloten und 2 Fluggästen an Bord um 15:41 Uhr vom Flugplatz Marl-Lohmühle aus zu einem VFR-Flug zum ca. 30 NM südöstlich gelegenen Flugplatz Arnsberg-Menden. Der Pilot sei nach eigenen Angaben auf dem Flugplatz Marl-Lohmühle von den beiden Luftfahrtinteressierten Personen angesprochen worden. Eine der beiden Personen sei ihm bekannt gewesen. In dem Gespräch habe der Pilot den Beiden spontan angeboten, sie auf dem Flug mitzunehmen. Einer der Fluggäste saß neben dem Piloten auf dem rechten Sitz, der andere auf dem Passagiersitz hinter dem Piloten.

Aus den Radaraufzeichnungen der Flugsicherungsorganisation ging hervor, dass das Flugzeug bis auf eine Reiseflughöhe von 2 200 ft AMSL stieg. Zehn Minuten nach dem Start nahm der Pilot Funkkontakt mit der Flugverkehrskontrollstelle des Flughafens Dortmund auf mit der Bitte, auf dem Weg nach Arnsberg die Kontrollzone des Flughafens Dortmund in südöstlicher Richtung, über den Meldepunkt WHISKEY in Richtung des Meldepunktes ECHO, durchfliegen zu dürfen. Um 15:52:14 Uhr antwortete der Platzverkehrsleiter: „[...] melden Sie WHISKEY und dann erwarten Sie Durchflug nach Arnsberg oder ECHO, wie Sie möchten, QNH eins null null eins“. Der Pilot bestätigte das QNH und den Einflugpunkt WHISKEY.

Um 15:55:22 Uhr meldete der Pilot das Erreichen des Meldepunktes WHISKEY in 2 200 ft AMSL. Der Lotse genehmigte den Durchflug der Kontrollzone nach Süden.

Aus den Flugwegdaten (GPS und Radar) ging hervor, dass das Flugzeug um 15:56 Uhr rechts in Richtung 120°, auf einen direkten Kurs nach Arnsberg kurvte. Um 15:59 Uhr befand sich das Flugzeug wieder außerhalb der Kontrollzone und der Lotse erteilte die Freigabe zum Verlassen der Frequenz.

Um 16:00 Uhr, etwa 2,5 NM westlich des Zielflugplatzes, kurvte das Flugzeug nach links in östliche Richtung. Etwa eine Minute später kreuzte das Flugzeug in einer Entfernung von 0,7 NM von der Landebahnschwelle, in einer Flughöhe von ca. 1 400 ft AAL mit östlichem Kurs die Anfluggrundlinie der Piste 23. Die Geschwindigkeit über Grund betrug dabei ca. 150 kt. Um 16:01:39 Uhr drehte das Flugzeug mit einer Linkskurve in Richtung des Endanfluges der Piste 23 ein. Während des Kurvenfluges hatte das Flugzeug eine Querneigung von 45°. Nachdem der Pilot die Kurve ausgeleitet hatte, erreichte das Flugzeug um 16:02:32 Uhr in einer Höhe von

ca. 1 500 ft AMSL (ca. 700 ft AAL), etwa 1 NM von der Landebahnschwelle entfernt, die Anfluggrundlinie (Abb. 1) und drehte in Landerichtung. Die Geschwindigkeit über Grund betrug dabei etwa 100 kt.

Im Verlauf der letzten 30 s des Endanfluges verringerte sich die Geschwindigkeit des Flugzeuges kontinuierlich. Dabei wurde ab 16:02:44 Uhr die Blue Line Speed<sup>2</sup> und 2 s später die Minimum Approach Speed unterschritten. Um 16:03:04 Uhr unterschritt die Geschwindigkeit auch den Wert für die Minimum Control Speed und um 16:03:15 Uhr die Überziehgeschwindigkeit für Landeklappen 30°. Das Flugzeug prallte mehr als 200 m vor der Landebahnschwelle an einem Hang auf den Boden.

Der Pilot erklärte gegenüber der BFU, dass er aus Richtung Dortmund kommend zunächst in südöstliche Richtung flog, und dann in einer Linkskurve direkt den Endanflug der Piste 23 ansteuerte. Während des Endanfluges habe er die Blue Line Speed von 117 mph (102 KIAS) gehalten. Er habe den Anfang der Landebahn zur Landung anvisiert und schließlich die Triebwerksleistung auf Leerlauf gezogen.

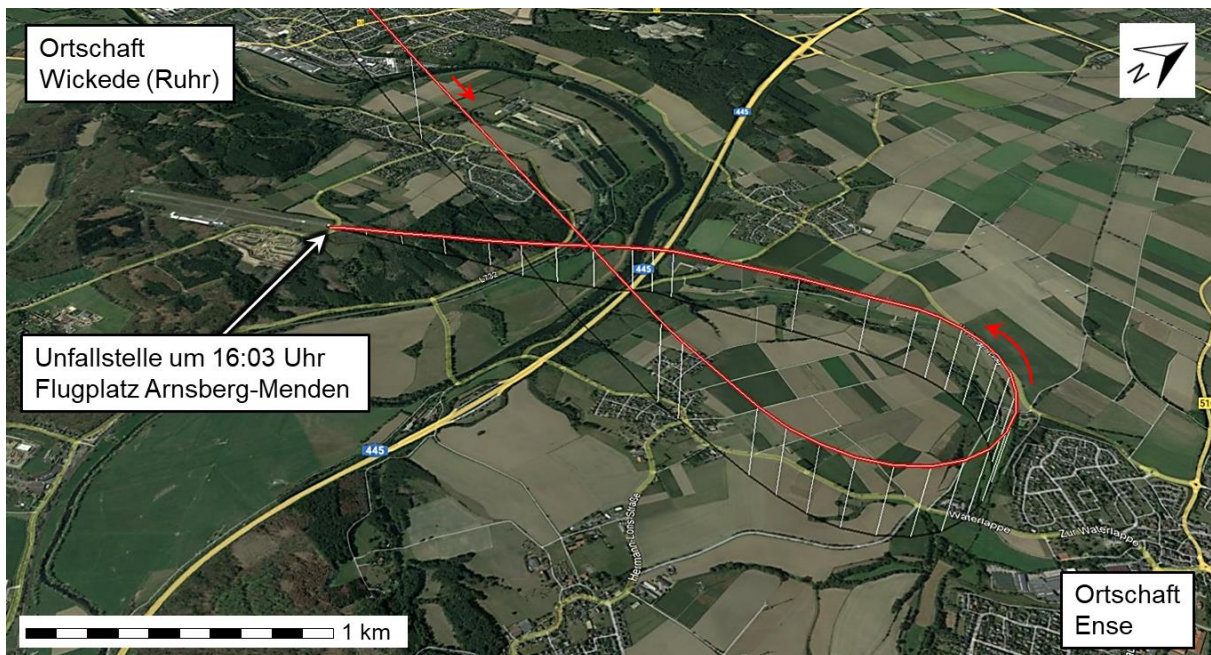


Abb. 1: Landeanflug anhand von GPS-Daten

Quelle: Google Earth™, Bearbeitung BFU

Nach Angaben des Flugleiters wehte der Wind während des Anfluges mit etwa 12 kt aus 230°. Ihm zufolge hatte das Flugzeug im Endanflug Fahrwerk und Landeklappen in ausgefahrener Stellung. Der Anflug habe normal ausgesehen. Er habe das

<sup>2</sup> Geschwindigkeit für die beste Steigrate bei einem ausgefallenen Triebwerk eines mehrmotorigen Flugzeuges.

Luftfahrzeug dann kurze Zeit nicht mehr beobachtet, um Eintragungen in den Computer vorzunehmen. Sein Kollege habe ihn dann angesprochen und auf die geringe Geschwindigkeit des Flugzeuges aufmerksam gemacht. Daraufhin habe der Flugleiter gesehen, dass das Flugzeug eine große Längsneigung nach oben hatte, durchsackte und nach unten aus seinem Sichtbereich verschwand.

Das Luftfahrzeug prallte auf den Boden, die 3 Insassen wurden schwer verletzt.

Der Flugleiter gab an, er habe den Piloten noch zweimal erfolglos über Funk gerufen und dann Alarm ausgelöst. Sein Kollege sei sofort mit anderen Helfern zur Unfallstelle gefahren.

## 1.2 Personenschaden

Verletzung	Besatzung	Passagiere	Gesamt im Luftfahrzeug	Sonstige
Tödlich	0	0	0	0
Schwer	1	2	3	0
Leicht	0	0	0	Nicht zutreffend
Keine	0	0	0	Nicht zutreffend
Gesamt	1	2	3	0

## 1.3 Schaden am Luftfahrzeug

Das Luftfahrzeug wurde schwer beschädigt.

## 1.4 Drittschaden

Es entstand Flurschaden.

## 1.5 Angaben zu Personen

Der 73-jährige Pilot war im Besitz einer Lizenz der Bundesrepublik Deutschland für Privatpiloten (PPL (A)) gemäß Teil FCL, ausgestellt am 15.09.2014 durch die Bezirksregierung Münster. In die Lizenz waren die Berechtigungen für mehrmotorige kolbengetriebene Flugzeuge (MEP (land)), sowie für einmotorige Flugzeuge (SEP (land)) und

die Nachtflugberechtigung eingetragen. Die letzte Befähigungsüberprüfung MEP (land) wurde am 11.08.2020 durchgeführt.

Sein flugmedizinisches Tauglichkeitszeugnis Klasse 2, ausgestellt am 05.08.2020, war bis zum 21.07.2021 gültig. In das Tauglichkeitszeugnis waren die Einschränkungen Korrektur für die eingeschränkte Sehschärfe in der Ferne, der Zwischendistanz und der Nähe (VML), die Einschränkung der Gültigkeitsdauer (TML) sowie das Erfordernis besonderer medizinischer Untersuchungen (SIC) eingetragen.

Nach Angaben des Piloten hatte er eine Gesamtflugerfahrung von etwa 6 300 Stunden. Aus den Aufzeichnungen zweier Flugbücher (Zeitraum März 1984 bis April 1988 sowie August 2017 bis Juli 2020), den Bordbüchern des Flugzeuges und den im Tablet-Computer des Piloten aufgezeichneten Flügen ging hervor, dass er etwa 500 Stunden auf dem Muster absolviert hatte. In den letzten 90 Tagen war er 14:09 Stunden auf dem Muster geflogen.

## 1.6 Angaben zum Luftfahrzeug

Das Flugzeug Cessna 401A ist ein zweimotoriger Tiefdecker in Metallbauweise mit einziehbarem Fahrwerk in Bugradanordnung und Normalleitwerk.

Hersteller:	Cessna Aircraft Company
Muster:	Cessna 401A
MTOM:	2 858 kg (6 300 lbs)
Leermasse:	1 914 kg (4 219 lbs)
Werknummer:	401A0046
Baujahr:	1969
Triebwerke:	Continental TSIO-520-E
Propeller:	McCauley 3AF32C87NR
Gesamtbetriebszeit:	4 568:20 Stunden, 5 945 Landungen

Das Flugzeug war über einen Sachwalter (Trustee) in den Vereinigten Staaten von Amerika zum Verkehr zugelassen und wurde vom Piloten betrieben. Der Eintragungsschein der Federal Aviation Administration (FAA) war bis zum 31.10.2023 gültig.

Laut Lebenslaufakte des Luftfahrzeuges wurde zuletzt am 17.06.2020 eine 100-Stunden-Kontrolle bei einer Betriebszeit von 4 560 Stunden durchgeführt. Am 18.06.2020 wurde die Annual Inspection durch einen Prüfer der FAA bescheinigt.

Die Sitze in Cockpit und Kabine waren mit Beckengurten, jedoch nicht mit Schultergurten ausgestattet.

Das Luftfahrzeug war auf der Oberseite der Tragflächen und auf beiden Seiten der Seitenflosse mit Vortex-Generatoren gemäß Supplemental Type Certification (STC) Nummer SA5900NM ausgestattet. Mit den installierten Vortex-Generatoren betrug die Überziehgeschwindigkeit bei einer Querneigung von 0° mit eingefahrenen Landeklappen und eingefahrenem Fahrwerk 85 MPH CAS (74 KIAS), mit Landeklappen 15° und ausgefahrenem Fahrwerk 82 MPH CAS (71 KIAS) sowie mit Landeklappen 45° und ausgefahrenem Fahrwerk 75 MPH CAS (65 KIAS).

Das Flugzeug war mit einer akustischen Überziehwarnanlage (Stall Warning Horn) ausgerüstet, die laut Flughandbuch (Owner's Manual) in allen Konfigurationen 5-10 MPH (4-9 KIAS) vor Erreichen der Überziehgeschwindigkeit ertönt.

Zur Zeit des Unfalls betrug die Masse des Flugzeuges inklusive des Kraftstoffs und der Insassen ca. 2 300 kg.

Die für das Flugzeugmuster erforderliche Landestrecke aus einer Höhe von 50 ft über der Schwelle betrug ca. 538 m (1 765 ft) (ohne Berücksichtigung des Windes).

Die Before Landing Checkliste enthielt die folgenden Punkte:

- |                                   |                                     |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 1. <i>Fuel selectors</i>          | <i>MAIN TANKS (FEEL FOR DETENT)</i> |
| 2. <i>Auxiliary fuel pumps</i>    | <i>ON</i>                           |
| 3. <i>Cowl flaps</i>              | <i>CLOSED</i>                       |
| 4. <i>Alternate air controls</i>  | <i>IN</i>                           |
| 5. <i>Mixtures</i>                | <i>FULL RICH</i>                    |
| 6. <i>Propellers</i>              | <i>FORWARD</i>                      |
| 7. <i>Flaps</i>                   | <i>DOWN 15° below 180 MPH CAS</i>   |
| 8. <i>Gear</i>                    | <i>DOWN below 160 MPH CAS</i>       |
| 9. <i>Flaps</i>                   | <i>DOWN 45° below 160 MPH CAS</i>   |
| 10. <i>Minimum approach speed</i> | <i>110 MPH IAS</i>                  |



## 11. Minimum control speed 95 MPH IAS

### 1.7 Meteorologische Informationen

Nach Angaben des Flugleiters herrschten am Flugplatz Arnsberg-Menden Sichtflugwetterbedingungen mit folgenden beobachteten Werten:

Wind:	230°, 10-15 kt, in 2 000 ft AMSL 240°, 20 kt
Bewölkung:	3-4 Achtel in 4 700 ft AMSL, 8 Achtel in 21 000 ft AMSL
Sicht:	mehr als 10 km
Temperatur:	19 °C
Taupunkt:	9 °C
Luftdruck (QNH):	1 002 hPa

Zur Unfallzeit herrschte Tageslicht, die Sonne stand in Richtung 191°, in einer Höhe von 47,5°.

### 1.8 Navigationshilfen

Am Flugplatz Arnsberg-Menden waren beide Landerichtungen zur Unterstützung anfliegender Luftfahrzeuge mit einer Gleitwinkelbefeuerung (Precision Approach Path Indicator (PAPI)) ausgestattet (Abb. 2). Die PAPI waren auf einen Gleitwinkel von 3° eingestellt. Nach Angaben des Flugleiters war das System während des Landeanfluges des Flugzeuges auf die Piste 23 eingeschaltet.

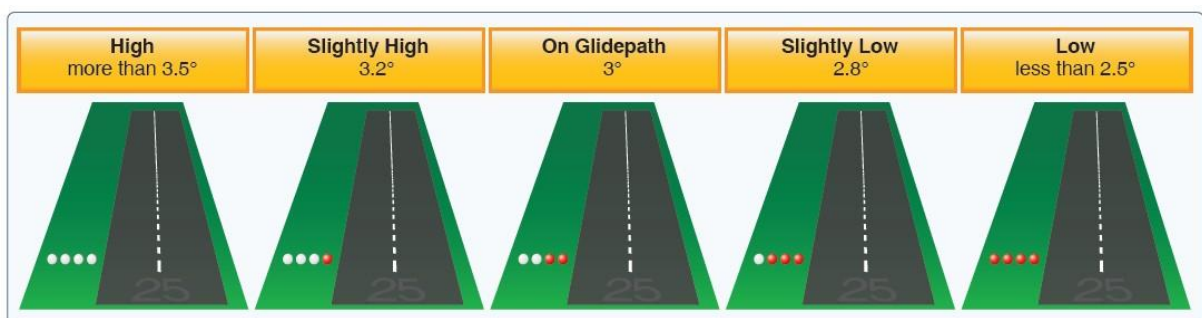


Abb. 2: PAPI-Anzeigen verschiedener Anflugwinkel

Quelle: FAA

Zur Navigationsunterstützung und als Back-Up-System war oberhalb des Instrumentenbretts in der Mitte der Windschutzscheibe des Flugzeuges ein Tablet-Computer mit

Navigationssoftware in einer fest installierten Halterung befestigt und an die Bordstromversorgung angeschlossen. Das Tablet war während des Fluges eingeschaltet und die Navigationssoftware aktiviert.

## 1.9 Funkverkehr

Der Funkverkehr zwischen dem Piloten und dem Flugleiter am Verkehrslandeplatz Arnsberg-Menden wurde nach Angaben des Flugleiters in deutscher Sprache geführt.

Der Flugplatz verfügte über eine Anlage zur Aufzeichnung des Flugfunkverkehrs. Nach Aussage der Landesluftfahrtbehörde in Düsseldorf wurde die Kommunikation zur Zeit des Unfalls aufgrund eines technischen Fehlers der Anlage nicht aufgezeichnet.

Der Funkverkehr zwischen der Flugsicherungskontrollstelle Dortmund Turm und dem Piloten wurde durch die Flugsicherungsorganisation aufgezeichnet und lag der BFU zur Auswertung vor.

## 1.10 Angaben zum Flugplatz

### 1.10.1 Allgemeine Angaben

Der Verkehrslandeplatz Arnsberg-Menden (EDLA) befindet sich etwa 3 NM nordwestlich von Neheim-Hüsten (Stadt Arnsberg). Er war für Flugzeuge bis zu einer höchstzulässigen Abflugmasse (MTOM) von 5,7 t und Hubschrauber bis 6 t MTOM zugelassen. Der Flugplatz liegt in einer Höhe von 778 ft AMSL auf einem Plateau.

Er war im Besitz eines Wirtschaftsunternehmens, das dort für den Werksverkehr unter anderem 3 Geschäftsreisejets stationiert hatte. Eines der 3 Flugzeuge verfügte über eine höchstzulässige Abflugmasse von mehr als 5,7 t. Nach Angaben der Bezirksregierung Münster hatte sie für den Betrieb dieses Flugzeuges eine entsprechende Ausnahmegenehmigung erteilt.

Für den Flugplatz war keine Platzrunde veröffentlicht. Er verfügte laut im Luftfahrthandbuch (AIP) veröffentlichter Flugplatzkarte (Abb. 3) zur Zeit des Unfalls über eine asphaltierte 920 m lange und 20 m breite Start- und Landebahn mit der Ausrichtung 048°/228°. Die Schwelle der Piste 23 lag in einer Höhe von 762 ft AMSL, die Pistenhöhe stieg innerhalb von etwa 700 m bis auf 794 ft AMSL an und fiel am Ende auf 793 ft AMSL ab. Die verfügbare Landestrecke (LDA) war auf der Flugplatzkarte mit 920 m angegeben. Zur Zeit des Unfalls war die Piste 23 in Betrieb.



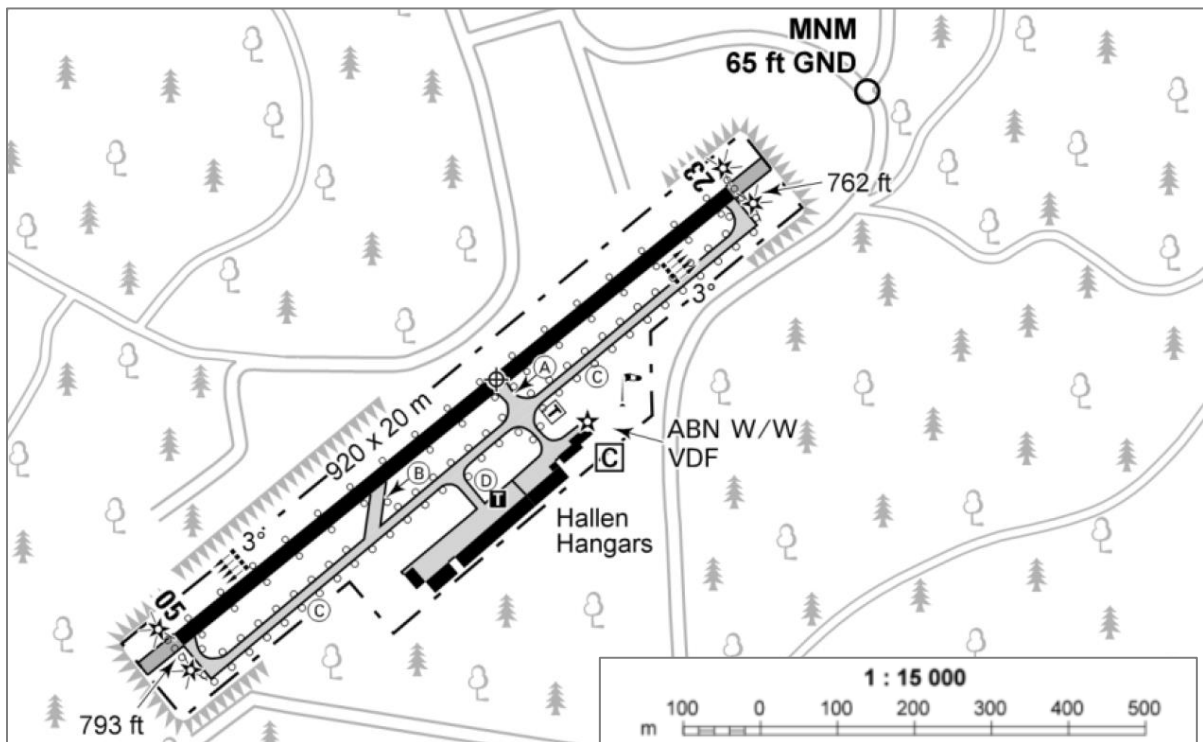


Abb. 3: Ausschnitt der zum Unfallzeitpunkt veröffentlichten Flugplatzkarte (Stand 07.06.2018)

Quelle: AIP

### 1.10.2 Feststellungen vor Ort

Bei der Untersuchung vor Ort dokumentierte die BFU den Zustand der Piste 23 (Abb. 4). Es wurde festgestellt, dass sich vor der Schwelle der Piste 05 zusätzlich ein etwa 80 m langer und 20 m breiter Asphaltstreifen befand, während vor der Schwelle der Piste 23 eine ca. 200 m lange und 20 bzw. 25 m breite asphaltierte Fläche war. Auf diesen Flächen waren mehrere Markierungen mit weißer Farbe aufgebracht worden. Zwischen der Landebahnschwelle der Piste 23 und einer 20 m x 15 m messenden weißen Fläche befanden sich mehrere weiße Mittellinienmarkierungen. Am nordöstlichen Ende der asphaltierten Fläche befand sich ein weiterer 25 m x 10 m großer weiß gestrichener Bereich (Abb. 5).

Nach Angaben des Flugplatzbetreibers waren diese Markierungen wie auch eine gelb lackierte Leichtmetallkonstruktion am Hang vor der Asphaltfläche und deren Befeurung angebracht worden (Abb. 5 und Abb. 6), um bei Anflügen als visuelle Referenz speziell in der Dämmerung und bei Nachtflügen zu dienen. Die Asphaltfläche sei nicht Bestandteil der Betriebsfläche des Flugplatzes gewesen. Die Metallkonstruktion sollte den steil ansteigenden Hang für Piloten besser kenntlich machen. Laut dem

Flugplatzbetreiber hatte man sich bezüglich der Markierungen am Beispiel verschiedener ausländischer Flugplätze orientiert.

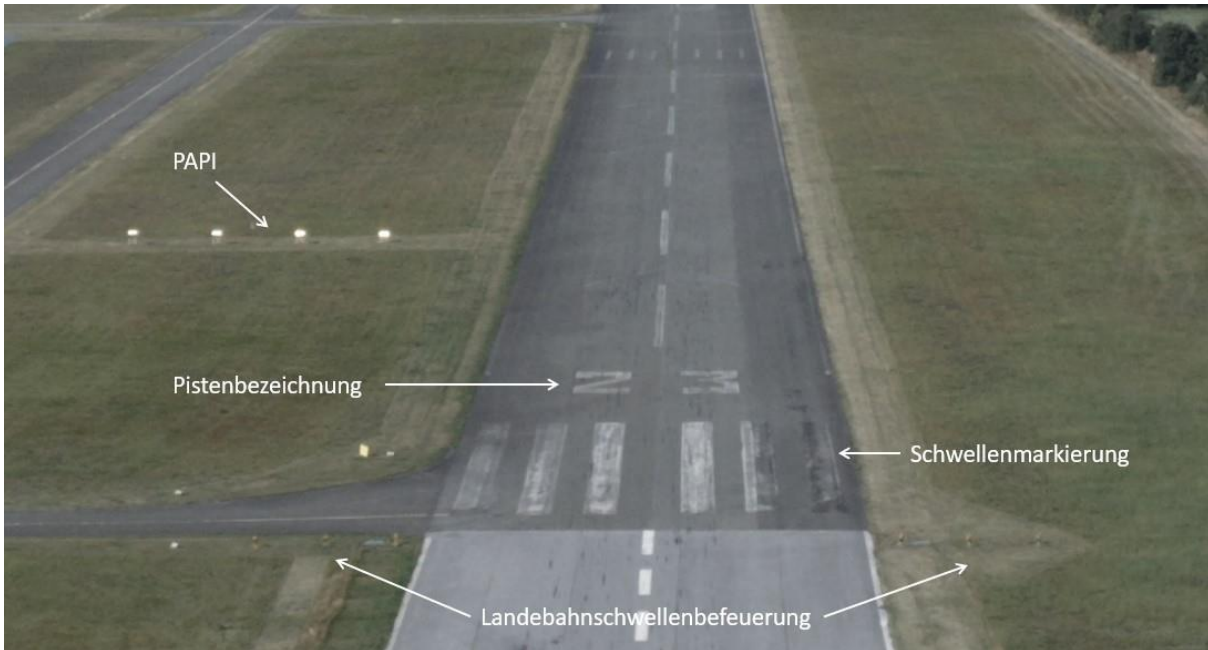


Abb. 4: Piste 23 – Markierungen und Befeuerung (Aufnahme vom 29.08.2020)

Quelle: BFU



Abb. 5: Farbmarkierungen vor der Piste 23 (Aufnahme vom 18.09.2020)

Quelle: Google Earth™, Bearbeitung BFU

Die der Schwelle der Piste 23 vorgelagerte Asphaltfläche war mit einer Befeuerung ausgestattet. An den Ecken des nordöstlichen Endes befanden sich 2 ungerichtete Befeuerungslampen. In Höhe der Mitte der weiß gestrichenen Fläche war je eine 90° zur Anflugrichtung auf die Mitte der Fläche ausgerichtete Befeuerungslampe installiert. Am nördlichen und südlichen Rand, etwa auf halber Länge der Asphaltfläche, befand sich je eine in den Anflugsektor der Piste 23 gerichtete Befeuerungslampe (Abb. 6).

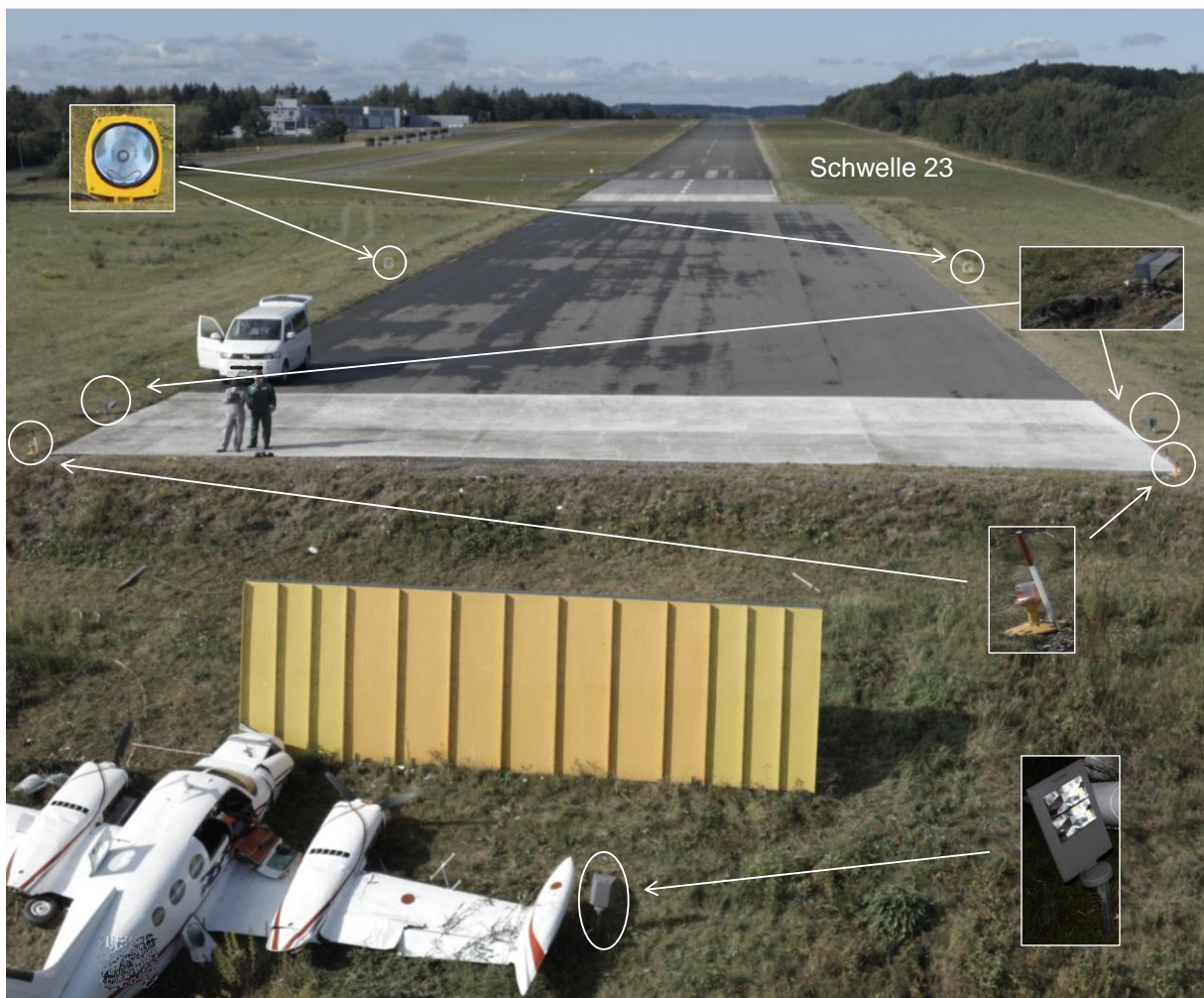


Abb. 6: Befeuerung vor der Piste 23 und Leichtmetallkonstruktion am vorgelagerten Hang

Quelle: BFU

### 1.10.3 Betriebsgenehmigung des Flugplatzes

Die erste Betriebsgenehmigung für den Flugplatz war im Januar 1970 durch die Bezirksregierung Münster erteilt worden. Im März 2009 hatte die Flugplatzgesellschaft bei der Bezirksregierung Münster einen Antrag auf Änderung der Genehmigung zur Anlage und zum Betrieb des Verkehrslandeplatzes Arnsberg-Menden gestellt.



Demnach sollte die Start- und Landefläche einschließlich Sicherheitsstreifen von 920 m x 80 m auf 1 175 m x 80 m verlängert, bzw. die Start- und Landebahn von 920 m x 20 m auf 1 055 m x 25 m erweitert werden. Diesen Antrag hatte die Bezirksregierung am 19.12.2013 genehmigt.

In der Genehmigung waren mehrere Auflagen erteilt, unter anderem:

[...]

*b. Die Flugbetriebsflächen des Flugplatzes sind zur Gewährleistung eines ordnungsgemäßen Betriebes nach den gemeinsamen Grundsätzen des Bundes und der Länder für die Markierung und Befeuerung von Flugplätzen im Sichtflugverkehr vom 18.02.2003 (NfL I-94/03) zu kennzeichnen.*

[...]

#### 1.10.4 Bauliche Änderungen am Flugplatz

Nach Erteilung der Genehmigung wurde östlich der Piste 23 zunächst die tiefer gelegene Fläche mit Erdreich aufgeschüttet, und anschließend asphaltiert. Eine Auswertung mehrerer Fotoaufnahmen (Google Earth) des Flugplatzes über die Jahre 2013-2020 zeigte, dass diese Arbeiten im Jahr 2016 abgeschlossen gewesen sind. Die Aufnahmen zeigten auch, dass die der Pistenschwelle vorgelagerte Asphaltfläche zunächst mit X-förmigen weißen Farbmarkierungen versehen war. Eine Google Earth Aufnahme von März 2019 zeigte die später zum Unfallzeitpunkt festgestellten Farbmarkierungen.

### 1.11 Flugdatenaufzeichnung

Das Flugzeug war nicht mit einem Cockpit Voice Recorder oder Flugdatenschreiber ausgerüstet. Dies war laut geltender luftrechtlicher Vorschriften nicht vorgeschrieben.

Der Flugweg des Luftfahrzeuges wurde durch die Radaranlagen der Flugsicherungsorganisation aufgezeichnet und stand der BFU zur Verfügung.

#### 1.11.1 Auswertung der GPS-Daten des Unfallfluges

Der Tablet-Computer des Piloten hatte GPS-Daten des Unfallfluges sowie einer Vielzahl weiterer Flüge gespeichert. Die BFU wertete diese Daten aus.

Abb. 7 zeigt die Draufsicht und das Vertikalprofil sowie die Werte der Geschwindigkeit über Grund vom Unfallflug. Zum Vergleich wurde in der unteren Abbildung des Vertikalprofils auch der 3°-Anflugwinkel des PAPI grafisch dargestellt.

Der aus den Daten ermittelte Kurvenradius betrug 500 m. Unter Berücksichtigung der Geschwindigkeit des Flugzeuges entspricht dies einer Querneigung von 45°.

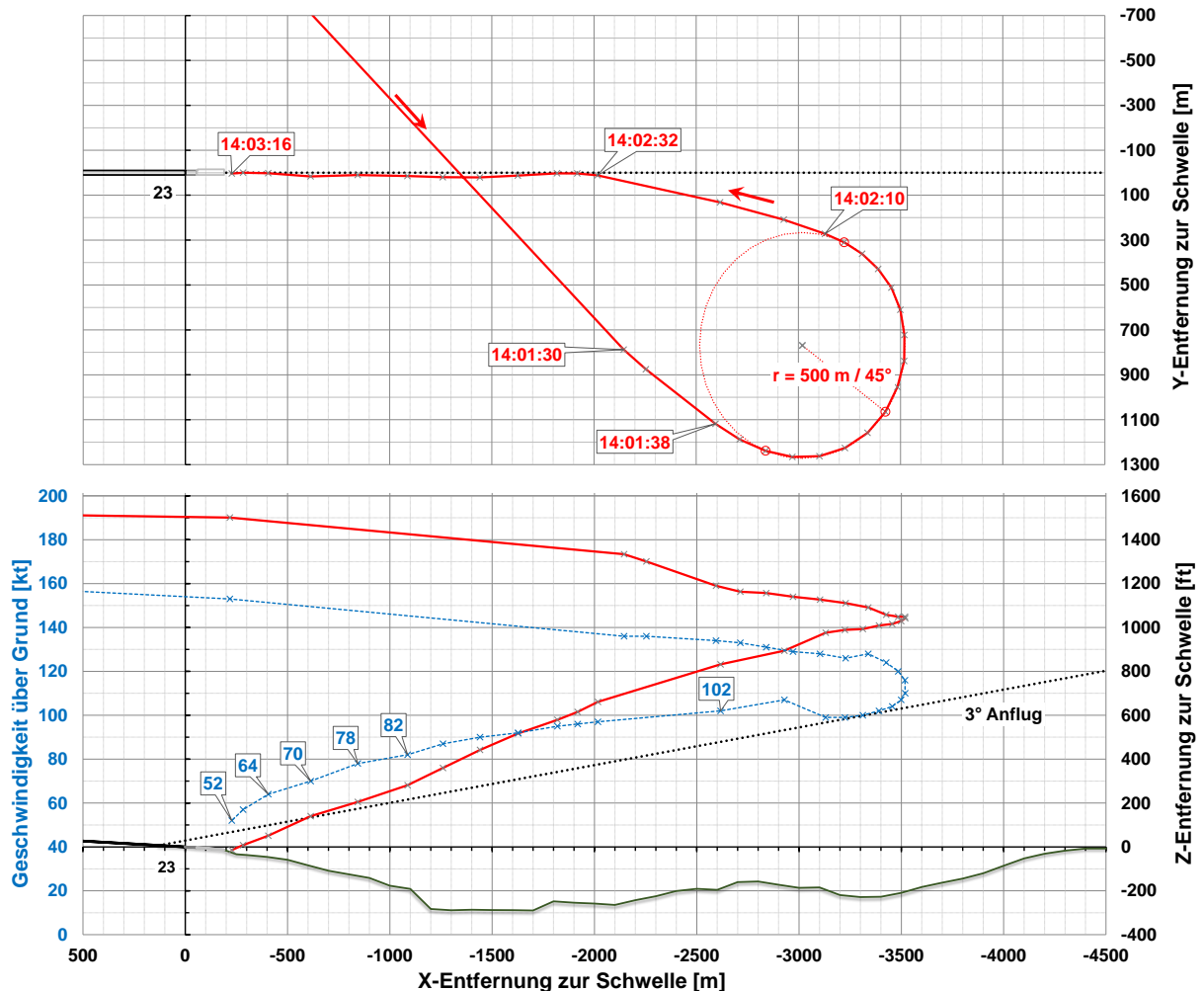


Abb. 7: Draufsicht und Vertikalprofil des Anfluges mit 3°-PAPI-Anflugwinkel und Geschwindigkeit über Grund

Quelle: BFU

### 1.11.2 Auswertung weiterer Anflüge

Der Vergleich des Unfallfluges mit den zwischen April und August des Jahres 2020 aufgezeichneten ebenfalls durch den Piloten durchgeführten, weiteren 6 Landungen auf der Piste 23 in Arnstberg-Menden zeigte, dass er den Flugplatz zweimal aus

westlicher Richtung, einmal aus Norden, und je zwei Mal aus nordöstlicher bzw. östlicher Richtung angesteuert hatte (Abb. 8).

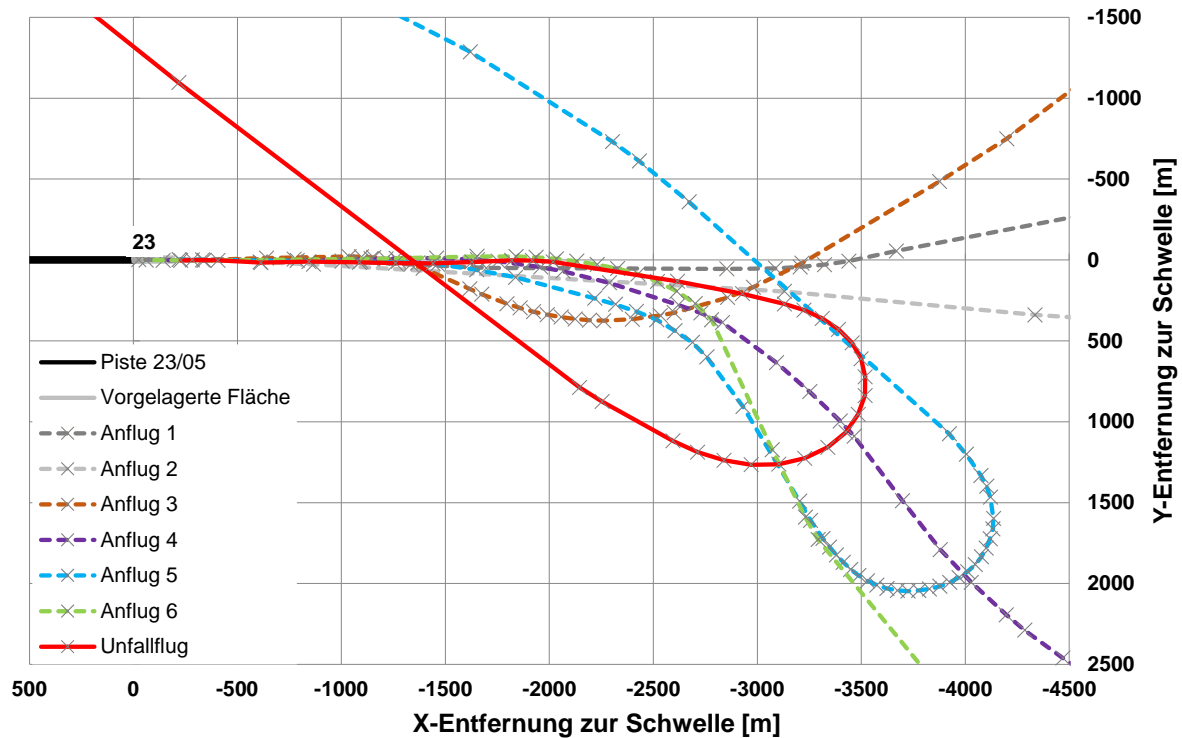


Abb. 8: Draufsicht der 6 Anflüge auf die Piste 23 in Arnsberg-Menden (Unfallflug in rot)

Quelle: BFU

Die Vertikalprofile der Flüge zeigen, dass das Flugzeug in 5 dieser Fälle im Endanflug zu kurz gekommen war (Abb. 9). Bei einer der 6 Landungen (Anflug 2) ist aufgrund eines dort fehlenden Messpunktes eine diesbezügliche Aussage nicht möglich.

Der Pilot gab gegenüber der BFU an, dass er bei diesen Flügen die Distanz von 530 m „vom Aufsetzpunkt der Verlängerung bis zum Abrollweg Mitte der Bahn“ für „kurze Landungen“ genutzt habe.

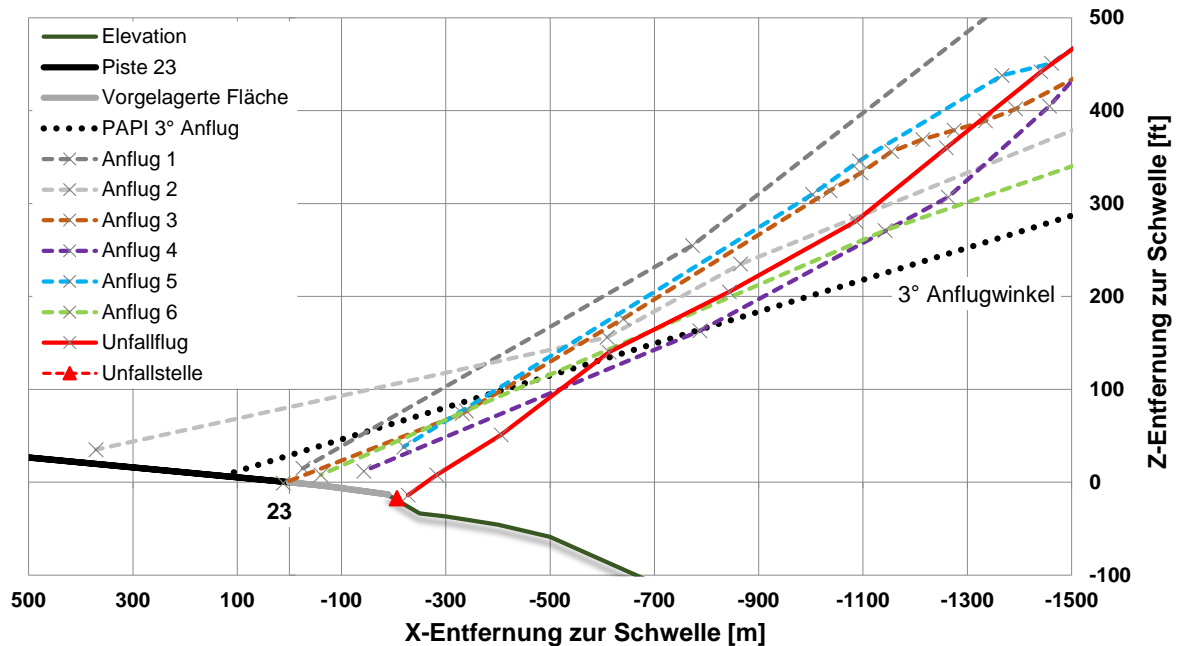


Abb. 9: Vertikalprofil der 6 Anflüge auf die Piste 23 in Arnstberg-Menden (Unfallflug in rot)

Quelle: BFU

Zum Vergleich analysierte die BFU auch Aufzeichnungen von Landungen, die der Pilot mit seinem Flugzeug auf der Piste 07 seines Heimatflugplatzes Marl-Loemühle – ebenfalls eine Landebahn mit versetzter Schwelle – durchgeführt hatte. Dabei wurde festgestellt, dass bei keiner der dortigen Landungen das Flugzeug vor der Landebahnschwelle aufsetzte.

## 1.12 Unfallstelle und Feststellungen am Luftfahrzeug

Die Unfallstelle befand sich auf der Anfluggrundlinie, etwa 225 m nordöstlich der Schwelle der Piste 23 unterhalb der auf einem Plateau liegenden asphaltierten Flugbetriebsfläche an einem mit etwa 15° ansteigenden Hang (Abb. 10).



Abb. 10: Unfallstelle mit Blick in südwestliche Richtung zur Piste 23

Quelle: BFU

Das Flugzeug war am Fuß des Hanges zuerst mit den Fahrwerken und der Rumpfunterseite aufgeprallt und nach einer Rutschstrecke von etwa 10 m hangaufwärts direkt vor einer dort installierten 10 m breiten und ca. 2,5 m hohen gelb lackierten Leichtmetallkonstruktion zum Stillstand gekommen. Dabei war es mit den beiden Beleuchtungen der Leichtmetallkonstruktion und einem Flugplatzschild kollidiert.

Die Rumpfunterseite des Flugzeuges wies, insbesondere im vorderen Bereich bis etwa auf Höhe der Tragflächenwurzeln, schwere Beschädigungen auf (Abb. 11). Am linken Propeller waren 2 Blätter, am rechten war ein Blatt nach hinten gebogen, die Welle war bei beiden Propellern gebrochen, die Drehebene der Propeller war um etwa 45° nach vorn geklappt und die Spinner waren beschädigt.

Die Fahrwerke waren gebrochen. Das Bugfahrwerk war in den Fahrwerksschacht gedrückt. Das linke Hauptfahrwerksbein einschließlich des abgetrennten Rades lag unterhalb der linken Triebwerksgondel. Das Rad des rechten Hauptfahrwerks war ebenfalls abgetrennt und lag etwa 2 m hinter der rechten Triebwerksgondel.





Abb. 11: Beschädigungen am vorderen Rumpf

Quelle: BFU

Die Oberseite der linken Tragfläche war etwa 2 m von der Tragflächenspitze entfernt über die gesamte Flügeltiefe bis zum Querruder gebrochen.

Das Höhenleitwerk wies keine Beschädigungen auf, die Spitze des Seitenruders mit dem Ausgleichsgewicht war nach links abgeknickt. Die Seitenrundertrimmung stand in Stellung neutral, die Höhenrundertrimmung leicht auf Nose Up.

Einer der Ersthelfer, ein Prüfer für Luftfahrtgerät, gab gegenüber der BFU an, dass er nach Eintreffen an der Unfallstelle das Geräusch der mit normaler Geschwindigkeit laufenden Kraftstoffpumpen in den Wingtip-Tanks gehört hatte. Durch das geöffnete linke Seitenfenster im Cockpit schaltete er Hauptschalter, Wechselstromgeneratoren und Zündmagnete aus. Anschließend habe er die Scheibe an der Einstiegstür eingeschlagen, um die Tür von innen entriegeln zu können. Der Helfer gab weiter an, dass er den linken Tankwahlhebel in die Stellung OFF gestellt und den Emergency Locator Transmitter (ELT) ausgeschaltet hatte. Beim rechten Tankwahlhebel sei dies nur bis in eine Mittelposition gelungen. Nachdem die Rettungskräfte eingetroffen waren, habe

er dann die Batterie abgeklemmt und anschließend überprüft, ob am Wrack Kraftstoff austritt. Dies sei nicht der Fall gewesen.

Der Fahrwerksbedienhebel stand in der Stellung DOWN. Der Landeklappenbedienhebel stand in Stellung 0°, die Anzeige in Stellung 30°. Am barometrischen Höhenmesser war ein Bezugsdruck von 1 001 hPa eingestellt.

Die Mittelkonsole mit Triebwerksbedienhebeln, Trimmung und Autopilotbedienteil war verformt und verdreht (Abb. 12). Das Höhenrudertrimmrad befand sich in leichter Nose-Up-Stellung. Die beiden Leistungshebel waren um etwa 60° nach links gebogen. Der linke Leistungshebel stand etwa 1 cm, der rechte ca. 3 cm vor dem hinteren Anschlag. Die beiden Propellerverstellhebel standen etwa 1 cm vor dem Anschlag für „große Steigung“, der Hebel am jeweiligen Propellerregler (Governor) der Triebwerke stand am Anschlag für „kleine Steigung“. Die Hebel für die Gemischeinstellung der Triebwerke standen ca. 1 cm vor dem hinteren Anschlag (Idle Cut Off (ICO)), während die zugehörige Mechanik an beiden Triebwerken am Anschlag für „Full Rich“ stand.



Abb. 12: Verdrehte Mittelkonsole mit Triebwerksbedienhebeln

Quelle: BFU

In den Kraftstoffspinnen beider Motoren wurde eine geringe Menge Kraftstoff vorgefunden. In den Filtern beider Throttle & Control Assemblies an den Triebwerken befand sich ebenfalls Kraftstoff.

Die akustische Überziehwarnanlage sowie der elektrische Antrieb der Landeklappen funktionierten bei einer probeweisen Aktivierung nach dem Unfall.

Aus den Tanks des Flugzeuges wurden je Tragfläche ca. 60 l Kraftstoff abgelassen.

### 1.13 Medizinische und pathologische Angaben

Die Flugzeuginsassen wurden durch den Aufprall lebensgefährlich verletzt. Jeder Insasse erlitt eine Kombination von Verletzungen, von denen entweder bereits eine, oder deren Kombination lebensbedrohlich sind (sog. Polytrauma). Führend waren hier komplexe Wirbelkörperbrüche (Berstungsfrakturen, u.a. Chance-Fraktur) im Übergang der Brust- auf die Lendenwirbelsäule im Sinne einer Flektions-, Distraktionsverletzung. Diese führten in einem Fall zu einer inkompletten Querschnittssymptomatik (Conus-Cauda-Syndrom) als neurologischem Ausfall. Zwei Insassen brachen sich zusätzlich das Brustbein, einer das Hüftgelenk. Beide vorne sitzenden Insassen erlitten beidseitige Rippenserienbrüche, jeweils mit therapiepflichtigen Pneumo-, respektive Hämatothoraces. Im Bereich des Gesichtsschädels trugen sie großflächige und komplexe Verletzungen von Knochen und Weichteilen, teilweise mit Schädigung von Hirnnerven, davon. Des Weiteren brachen sich beide vorne sitzenden Insassen das Sprunggelenk, bzw. den Mittelfuß.

### 1.14 Brand

Es gab keinen Hinweis auf ein Feuer im Fluge oder nach dem Aufprall.

### 1.15 Überlebensaspekte

Am Flugplatz waren mehrere Personen auf den Unfall aufmerksam geworden und über die Flugbetriebsflächen mit Fahrzeugen in Richtung Unfallstelle gefahren. Nach Angaben des Flugleiters waren sie innerhalb von 2 Minuten, also um 16:05 Uhr, vor Ort.

Die Helfer leisteten bis zum Eintreffen des Rettungsdienstes um 16:28 Uhr erste Hilfe, entfernten die hinteren Passagiersitze und schnitten seitliche Zugänge in den Flugzeugrumpf, um die Bergung der im Cockpit Sitzenden zu erleichtern.

Nach der Bergung wurden alle Insassen mit Rettungshubschraubern in verschiedene Krankenhäuser transportiert.

Nach Angaben des Flugleiters erhielt er nach dem Unfall einen Telefonanruf des-Such- und Rettungsdienstes (SAR), da dieser das ELT-Signal des verunfallten Flugzeuges empfangen hatte.

## 1.16 Versuche und Forschungsergebnisse

Nicht betroffen.

## 1.17 Organisationen und deren Verfahren

### 1.17.1 Anflugverfahren des Piloten

Der Pilot gab an, dass er während des Landeanfluges üblicherweise mit „Blue Line Speed“, d.h. mit 117 mph (102 KIAS) anflug. Die Landeklappen stellte er grundsätzlich auf 30° und fuhr sie bei Bedarf erst kurz vor dem Aufsetzen voll aus. Als Grund dafür gab er den hohen Widerstand der Spreizklappen dieses Flugzeuges an.

Er, als VFR-Pilot, flog normalerweise mit einem steileren Anflugwinkel als 3° an. Wenn an einem Flugplatz eine Anflugwinkelanzeige wie z.B. PAPI zur Verfügung stand, nutzte er diese lediglich zur Kontrolle, d.h. um den PAPI-Anflugwinkel nicht zu unterschreiten.

### 1.17.2 Behördliche Aufsicht über Flugplätze

Im Bundesland Nordrhein-Westfalen war das Verkehrsministerium als oberste Luftfahrtbehörde zuständig für die Aufsicht über den Flugbetrieb auf den Flughäfen Düsseldorf, Köln/Bonn und Münster/Osnabrück. Die Aufsicht über alle anderen Flugplätze war den Bezirksregierungen übertragen.

Die Bezirksregierung Münster hatte die Zuständigkeit für Genehmigung und Aufsicht über Flugplätze in den Regierungsbezirken Arnsberg, Detmold und Münster.

Im Zuständigkeitsbereich der Bezirksregierung Münster befanden sich:

- 4 Flughäfen,
- 11 Verkehrslandeplätze,
- 19 Sonderlandeplätze,

- 15 Segelfluggelände,
- 21 Hubschrauberlandeplätze,
- 9 Ballonstartplätze,
- 10 Ultraleichtfluggelände sowie
- ca. 140 Modellfluggelände.

An den 4 Flughäfen waren örtliche Luftaufsichtsstellen eingerichtet, die übrigen Flugplätze und Fluggelände wurden im Rahmen der überörtlichen Luftaufsicht bearbeitet. Zu den Aufgaben der überörtlichen Luftaufsicht gehörten auch regelmäßige Überprüfungen der Flugplätze vor Ort. Nach Angaben der Bezirksregierung Münster wurde jeder der 11 Verkehrslandeplätze im Durchschnitt etwa 30-mal pro Jahr von der überörtlichen Luftaufsicht besucht.

Bei diesen Kontrollen werden die Flugplätze auf den genehmigungskonformen Zustand hin überprüft. Dabei werden unter anderem der Zustand der Start- und Landebahn und der umgebende Sicherheitsstreifen, die Markierungen der Pisten, die Hindernisfreiheit, das Signalfeld, der Zustand des Windsacks und das Vorhalten des Feuer- und Rettungsschutzes überprüft. Jedoch wurden nicht all diese Punkte bei jedem Besuch überprüft, das Augenmerk läge auch auf der Durchführung des Flugbetriebs und der Kontrolle der Luftfahrzeuge und deren Besatzungen.

### 1.17.3 Aufsicht über den Flugplatz Arnsberg-Menden

Nach Angaben der Bezirksregierung Münster waren im Rahmen der Aufsicht über den Verkehrslandeplatz Arnsberg-Menden etwa dreimal im Monat Überprüfungen durchgeführt worden.

Zuletzt sei die überörtliche Luftaufsicht 14 Tage vor dem Unfall am Flugplatz gewesen. Dabei sei die Ausrichtung des Lande-T beanstandet worden.

Die Farbmarkierungen und Befeuerungen der den jeweiligen Pisten vorgelagerten asphaltierten Flächen des Flugplatzes seien der überörtlichen Luftaufsicht zwar bekannt gewesen, jedoch seien diese nicht beanstandet worden, da diese Flächen außerhalb der gewidmeten Flugbetriebsflächen lagen. Laut Bezirksregierung Münster sei die vorgelagerte Asphaltfläche lediglich als Backtrack-Fläche für am Flugplatz beheimatete Piloten gedacht gewesen. Die Befeuerung der vorgelagerten Fläche habe zur Markierung des Abhanges gedient. Der zum Unfallzeitpunkt bestehende bauliche Zustand habe seinerzeit einem Zwischenstand entsprochen insoweit, dass die Verlängerung



im Osten bereits in der Breite von 25 m hergestellt war, die bestehende Piste aber noch die ursprüngliche Breite von 20 m aufwies. Die für die Landung auf der Piste 23 maßgebliche Schwelle mit der PAPI befand sich an der ursprünglichen Position. Der Verlängerungsbereich habe zum Unfallzeitpunkt keine luftrechtliche Widmung und allenfalls den Charakter eines befestigten Streifens gehabt. Es sei entschieden worden, auf die Anbringung von Pistenmarkierungen zu verzichten.

Die am Hang installierte Leichtmetallkonstruktion und deren Befeuerung sei von der Bezirksregierung Münster ebenfalls nicht beanstandet worden, da diese Konstruktion außerhalb der Sicherheitsflächen des Verkehrslandeplatzes Arnsberg und unterhalb der Hangkante lag.

## 1.18 Zusätzliche Informationen

### 1.18.1 Markierung von Flugplätzen – Nationale Festlegungen

In den Nachrichten für Luftfahrer (NfL I 94/03) Gemeinsame Grundsätze des Bundes und der Länder über die Markierung und Befeuerung von Flugplätzen mit Sichtflugverkehr (vom 18.02.2003) waren auf den Standards und Empfehlungen im ICAO Annex 14 beruhende Festlegungen für die Markierung von Flugplätzen in Deutschland getroffen.

Darin waren unter anderem die Markierungen für befestigte Start- und Landebahnen sowie vorgelagerte Flächen festgelegt und detailliert beschrieben (Abb. 13). Demnach war eine versetzte Landebahnschwelle mit einem quer über die Piste verlaufenden weißen Streifen und der vorgelagerte Bereich mit Pfeilmarkierungen zu kennzeichnen.

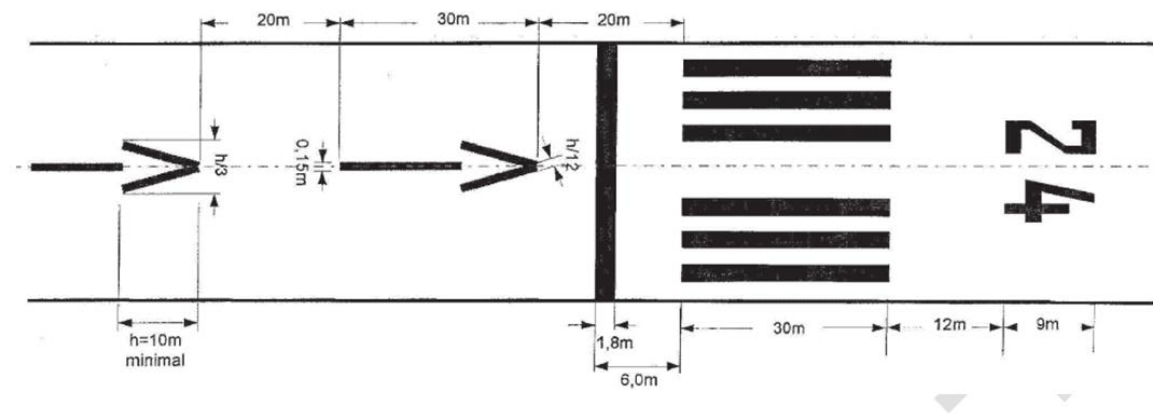


Abb. 13: Pistenmarkierung bei versetzter Schwelle gemäß NFL I 94/03

Quelle: NfL

Im Ergebnis der Untersuchung eines vergleichbaren Unfalls in Werneuchen (Brandenburg) im Jahr 2002 (Aktenzeichen BFU-AX002-02) hat die BFU eine mangelhafte Kennzeichnung/Markierung der Betriebs- bzw. Nichtbetriebsflächen des Flugplatzes als eine der systemischen Ursachen festgestellt.

## 1.18.2 Menschliche Faktoren

### 1.18.2.1 Informationsaufnahme und -verarbeitung

Während des Fliegens nehmen Piloten kontinuierlich viele unterschiedliche Informationen (visuell, akustisch, haptisch oder vestibulär) auf, filtern und verarbeiten diese, um sie schließlich in Handlungen umzusetzen. Indem Piloten Informationen aus der Umwelt aufnehmen, interpretieren und Vorhersagen über die Zukunft treffen (Antizipation), erstellen sie eine Art mentales Modell der Flugsituation (z.B. über Fluglage, Kurs, Position, vor allem in Relation zu Hindernissen oder anderen Luftfahrzeugen auf möglichem Kollisionskurs, Wettererscheinungen und Flugzeugeigenschaften sowie ihren eigenen Fähigkeiten), an das sie ihr Verhalten anpassen ("Situationsbewusstsein"<sup>3</sup>). An jeder Stelle dieses Informationsverarbeitungsprozesses können Fehler auftreten.

<sup>3</sup> Endsley, M. R. (1995a). Measurement of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Factors*, 37(1), 65-84. und Endsley, M. R. (1995b). Towards a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems. *Human Factors*, 37(1), 32-64.

Sogenannte Filter oder begrenzende Faktoren bestimmen, wie gut Piloten Umweltinformationen erkennen und verarbeiten können bzw. wie groß die Unterschiede zwischen der tatsächlichen und der wahrgenommenen Realität ausfallen<sup>4</sup>, z.B.:

- Physikalische Filter, wie Lärm, blendendes Sonnenlicht oder Sichtbehinderungen durch Flugzeugteile
- Wahrnehmungsfilter, wie menschliche Wahrnehmungsschwellen vor allem bei Nachtflügen oder beim Abschätzen von Abständen und Geschwindigkeiten entgegenkommender Luftfahrzeuge
- Kognitive Filter, wie Erfahrung, altersbedingte Einschränkungen, Erwartungen oder Motive, Aufmerksamkeitsverteilung, Ablenkung oder mentale Überlastung, v. a. bei gleichzeitiger Bearbeitung mehrerer Aufgaben – Multitasking<sup>5 6</sup>

Wenn wichtige Informationen nicht oder falsch in das mentale Modell der Situation aufgenommen oder darin fehlinterpretiert werden, weil beispielsweise relevante Hinweise übersehen werden, entstehen Wahrnehmungsfehler. Diese können wiederum zu fehlerhafter Handlungsplanung oder Zielsetzung führen. Unfallanalysen aus dem Straßenverkehr zeigen, dass die meisten Unfälle auf Erkennungs- und Entscheidungsfehler zurückzuführen sind<sup>7 8</sup>.

Piloten entwickeln aus allen früheren Anflügen und Landungen ein mentales Bild (Modell) eines stimmigen Endanflugs, das sie unbewusst bei jeder Landung abrufen und auf den aktuellen Landevorgang anwenden. In der Regel nutzen Piloten visuelle Anhaltspunkte, um zu erkennen, ob ein Anflug über, unter oder auf dem gewohnten Gleitpfad verläuft. Dazu gehören die scheinbare Form und Größe der Landebahn, der Abstand und die Größe der Landebahnmarkierungen, die relative Größe von Objekten in der Nähe, wie des Windsacks, von Fahrzeugen und Gebäuden, und die Art und Weise, wie sich Objekte im Verhältnis zueinander und zum Flugzeug bewegen. Diese und andere Hinweise vergleichen Piloten ständig mit ihrem mentalen Modell, um festzustellen, ob der Anflug erwartungsgemäß verläuft. Bei Abweichungen des aktuellen

---

<sup>4</sup> Rumar, K. (1985). The role of perceptual and cognitive filters in observed behavior. In: L. Evans & R. C. Sching (Eds.), *Human Behavior and Traffic Safety* (pp. 151-170). New York, USA: Plenum Press.

<sup>5</sup> Kahneman, D. (1973). *Attention and Effort*. Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice-Hall.

<sup>6</sup> Wickens, C. D. (2002). Multiple resources and performance prediction. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 3(2), 159-177.

<sup>7</sup> National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) (1995). *Synthesis report: examination of target vehicular crashes and potential ITS countermeasures* (Report No. DOT HS 808 263). Washington, DC, USA.

<sup>8</sup> Vollrath, M., Briest, S., & Drewes, J. (2006). *Ableitung von Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme aus Sicht der Verkehrssicherheit*. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Fahrzeugtechnik, F 60. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.



Anflugs vom Modell, nehmen Piloten entsprechende Anpassungen vor, indem sie beispielsweise die Leistungseinstellungen, die Fluglage oder den Steuerkurs korrigieren, die Landekonfiguration ändern, oder womöglich einen Fehlanflug durchführen.<sup>9</sup>

Eine ungewohnte Breite der Landebahn, auf-/absteigendes Gefälle, unregelmäßiges Gelände sowie andere Charakteristiken des Flugplatzes aber auch Lichtverhältnisse, Wetterbedingungen und Befehrerung können die visuelle Wahrnehmung stören und zu Täuschungen/Illusionen führen<sup>10 11</sup>. So kann eine ansteigende Piste bzw. vor ihr ansteigendes Gelände bei Piloten die visuelle Illusion bewirken, zu hoch anzufiegen bzw. einen zu steilen Anflugwinkel zu haben. Dadurch erhöhen Piloten womöglich die Sinkrate bzw. bemerken einen in Wirklichkeit zu flachen Anflugwinkel nicht. Daher empfiehlt es sich, weitere visuelle Hinweisreize zur Orientierung zu nutzen, wie z. B. eine Gleitwinkelbefehrerung (PAPI), sowie mentale Vorbereitung und Verständnis dieser möglicherweise auftretenden Umstände, um visuellen Illusionen weniger zu erliegen<sup>12</sup>.

### 1.18.2.2 Aufmerksamkeitsverteilung

Da das verfügbare Informationsangebot außerhalb und innerhalb des Flugzeuges die Kapazitätsgrenzen des visuellen Systems übersteigt, müssen Piloten immer selektieren und ihre Aufmerksamkeit auf die aktuell relevanten Objekte bzw. Ausschnitte des Wahrnehmungsfeldes richten. Nach dem "SEEV-Modell" (Saliency, Expectation, Effort, Value) von Wickens und Kollegen<sup>13</sup> erfolgt Aufmerksamkeitsverteilung entweder unwillkürlich bzw. reizgesteuert (*bottom-up*, z. B. durch Warntöne einer Überziehwarung) oder willentlich bzw. pilotengesteuert (*top-down*, z. B. beim bewussten Scannen der Cockpitinstrumente und des Luftraums). Die *Saliency* bzw. Auffälligkeit eines Reizes und der zur Informationsaufnahme notwendige *Aufwand* bestimmen die reizgesteuerte Verarbeitung von Informationen, während die *Erwartungen* der Piloten oder der bestimmten Informationen zugeschriebene *Wert* die pilotengesteuerte Verarbeitung beeinflussen.

Objekte können sich durch bestimmte Eigenschaften wie Farbe, Form oder Bewegung vom Hintergrund abheben und so dem Menschen schneller auffallen. Diese

<sup>9</sup> Watson, D. (XXXX). Illusions during the approach and landing. [http://www.pilotfriend.com/aeromed/medical/app\\_landing.htm#r](http://www.pilotfriend.com/aeromed/medical/app_landing.htm#r), 14.12.2022

<sup>10</sup> Flight Safety Foundation (FSF) (2000). *FSF Approach- and Landing Accident Reduction (ALAR) Briefing Note*, 5.3 – *Visual Illusions* (August-November 2000).

<sup>11</sup> AOPA (2022). AOPA Safety Letter – Fehler beim Landen (April, Heft Nr. 60). [https://aopa.de/wp-content/uploads/ASL\\_FEHLER\\_BEIM\\_LANDEN\\_Nr\\_60.pdf](https://aopa.de/wp-content/uploads/ASL_FEHLER_BEIM_LANDEN_Nr_60.pdf)

<sup>12</sup> Airbus (2005). Flight Operations Briefing Notes. Human Performance. Visual Illusions Awareness. <https://www.skybrary.aero/bookshelf/books/177.pdf>

<sup>13</sup> Wickens, C. D., Goh, J., Helleberg, J., Horrey, W. & Talleur, D. A. (2003). Attentional models of multi-task pilot performance using advanced display technology. *Human Factors*, 45(3), 360-380.

Erkenntnisse werden vor allem zur nutzerorientierten Gestaltung von Instrumenten und Warnsystemen genutzt. Da das Überziehen ein sehr kritischer Flugzustand ist, der sofortige Aufmerksamkeitszuwendung und Reaktion von Piloten erfordert, verwenden Überziehwarnungen häufig eindringliche Warntöne, um anstatt auf dem ohnehin schon ausgelasteten visuellen Sinneskanal (Sehen) mittels auditivem Kanal (Hören) eine erhöhte Dringlichkeit auszudrücken und den Piloten auch wirklich zu erreichen<sup>14</sup>.

Neben diesen positiven und beabsichtigten Effekten, können bestimmte Gestaltungsmerkmale jedoch auch negative, ablenkende Effekte haben. Wenn beispielsweise nicht flugrelevante oder vermeintlich relevant erscheinende Objekte (wie eine der Schwelle vorgelagerte Pistenmarkierung, die deutlich auffälliger und leichter aus dem Flugzeug zu sehen ist als die eigentliche Schwelle) die Aufmerksamkeit derart auf sich ziehen, dass der Pilot andere wichtige Umgebungsreize bzw. Hinweise (wie die eigentliche Schwelle oder eine PAPI) vernachlässigt. Insbesondere in beanspruchenden Situationen, wie z. B. beim Landevorgang, kann es zu einer tunnelartigen Aufmerksamkeitsverteilung mit häufig problematischen Auswirkungen kommen, sodass beispielsweise Warnungen nicht wahrgenommen werden oder das übliche visuelle Scannen der Instrumente und des Luftraums unterbleibt.

### **1.18.2.3      Potenzielle Einflüsse des Alterns auf fliegerische Fähigkeiten**

Mit dem natürlichen Alterungsprozess des Menschen verschlechtern sich häufig für das Fliegen wichtige Faktoren der psychophysischen Leistungsfähigkeit<sup>15</sup>, z. B.:

- Wahrnehmungsbeeinträchtigungen, z. B. durch reduziertes Hörvermögen (Funkverkehr) und Sehvermögen (eingeschränktes peripheres Sehen, verschlechtertes Nah- und Nachtsehen sowie Schwierigkeiten, den Fokus schnell zu wechseln)
- Muskuloskelettale Probleme: Kraftverlust, verminderte Beweglichkeit, früher einsetzende Ermüdung im Cockpit aufgrund von Hitze und Turbulenzen, Schwierigkeiten in der Feinmotorik wie beim Drücken kleiner Tasten
- Vermehrte Müdigkeit: Schlafumgebung, Arbeitsschicht, medizinische Bedingungen, Jetlag etc. beeinflussen die Müdigkeit stärker

---

<sup>14</sup> AOPA (2014). AOPA Safety Letter – Überziehen (Februar, Heft Nr. 12). [https://aopa.de/wp-content/uploads/12\\_ASL\\_Ueberziehen.pdf](https://aopa.de/wp-content/uploads/12_ASL_Ueberziehen.pdf)

<sup>15</sup> AOPA (2018). AOPA Safety Letter – Ältere Piloten (Oktober, Heft Nr. 39). [https://aopa.de/wp-content/uploads/39\\_ASL\\_Aeltere\\_Piloten.pdf](https://aopa.de/wp-content/uploads/39_ASL_Aeltere_Piloten.pdf)

- Erinnerungsvermögen: Probleme beim Merken von Höhenangaben, Transpondercodes und Funkfrequenzen (zusätzlich durch Müdigkeit beeinflusst)
- Probleme in der Aufmerksamkeitsverteilung, Informationsverarbeitung, bei der Problemlösung und Entscheidungsfindung sowie psychomotorischen Koordination

Generell sind altersbedingte Veränderungen individuell sehr unterschiedlich, verlaufen variabel und lassen sich schwer an einem bestimmten Alter festmachen<sup>16 17</sup>.

Untersuchungen und Erkenntnisse aus dem Straßenverkehr zeigen, dass vor allem Beeinträchtigungen des Sehens, Probleme mit der Aufmerksamkeitsverteilung und eine generelle Verlangsamung, insbesondere bei der Entscheidung, Planung und Ausführung von Handlungen, das Unfallrisiko älterer Fahrer beeinflussen<sup>18</sup>. Ebenso zeigen diverse Studien im Luftfahrtbereich, die von der Aircraft Owners and Pilots Association (AOPA) ausgewertet wurden<sup>19 20</sup>, dass mit zunehmender Gesamtflugerfahrung die Unfallraten generell sinken, aber gerade ältere Piloten bei geringer aktueller Flugzeit höhere Unfallraten aufweisen (v. a. bei weniger als 50 Stunden pro Jahr). Unabhängig vom aktuellen Alter ist es generell so, dass die Unfallrate mit zunehmendem Alter ansteigt, wenn Piloten unter 1 000 Stunden Gesamtflugerfahrung und weniger als 50 Stunden Flugzeit pro Jahr haben.

Diversen altersbedingten Veränderungen können Piloten in einem gewissen Rahmen mit (langjähriger) Erfahrung, Inübnunghaltung und Verhaltensänderungen begegnen. Beispielsweise können sie kürzere Streckenabschnitte oder insgesamt kürzere Flüge wählen, mehr Zeit dafür einplanen (v. a. bei IFR-Flügen), Copiloten zur Unterstützung mitnehmen, verkehrsreiche Lufträume und Zeiträume meiden, schönes bzw. ruhiges Flugwetter auswählen oder auch die persönlichen Minima an die aktuellen Fähigkeiten anpassen<sup>21</sup>. Außerdem können Piloten auch kontinuierlich versuchen ihre Fähigkeiten möglichst lange aufrecht zu erhalten, z. B. indem sie anspruchsvolle Situationen bzw.

---

<sup>16</sup> Schlag, B. (2008). Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter. Köln: TÜV Media.

<sup>17</sup> Tsang, P. S. (1997). Age and pilot performance. In R. A. Telfer & P. J. Moore. Aviation Training: Learners, Instruction and Organization, edited by. Aldershot: Avebury Aviation, S. 21-39.

<sup>18</sup> Vollrath, M. & Krems, J. (2011). Verkehrspsychologie. Ein Lehrbuch für Psychologen, Ingenieure und Informatiker. Stuttgart: Kohlhammer.

<sup>19</sup> AOPA (20XX). Aging and the general aviation pilot. Research and Recommendations. <https://www.aopa.org/-/media/Files/AOPA/Home/Pilot-Resources/Safety-and-Proficiency/Physiology/1302agingpilotreport.pdf>, 30.11.2022

<sup>20</sup> <https://www.aopa.org/training-and-safety/online-learning/safety-spotlights/aging-gracefully>

<sup>21</sup> [www.airsafetyinstitute.org/vfrcontract](http://www.airsafetyinstitute.org/vfrcontract)

Aufgaben intensiv üben, ihre Ausstattung für mehr Komfort und Sicherheit verbessern oder vermehrt technische sowie soziale Unterstützungsmöglichkeiten nutzen.

### 1.18.3 Stabilisierter Anflug

In einer Studie zur Minimierung von Anflug- und Landeunfällen stellt die Flight Safety Foundation (2000)<sup>22</sup> fest, dass nicht stabilisierte Anflüge (z. B. zu tiefe/langsame oder zu hohe/schnelle Anflüge) häufig zu Anflug- und Landeunfällen beitragen. Insbesondere haben Piloten dabei Schwierigkeiten in der Handhabung des Luftfahrzeugs (z. B. Kontrolle der Fluggeschwindigkeit, Höhe und Sinkrate), versuchen, anspruchsvolle Flugsicherungsfreigaben zu erfüllen, überstürzen den Anflug, verwenden Automatisierungssysteme unsachgemäß oder müssen ungünstige Windbedingungen bewältigen. Die Studie empfiehlt Piloten daher, sich ausreichend Zeit zu nehmen, den Anflug zu planen, vorzubereiten und stabilisiert durchzuführen.

Die IATA (2017)<sup>23</sup> weist in einer Studie zu stabilisierten Anflügen darauf hin, dass Anflug- und Landeunfällen häufig ein schlecht ausgeführter, nicht stabilisierter Anflug sowie ein Versäumnis durchzustarten vorausgeht. Gleichzeitig prägen jedoch sehr kurze Entscheidungszeiten, eine hohe Arbeitsbelastung und wenig Manövriermöglichkeiten die Anflugphase, insbesondere den Endanflug. Unter vielen weiteren, tragen beispielweise ein Verlust des Situationsbewusstseins, schlechte Sicht und optische Täuschungen, unzureichende Überwachung durch die Piloten sowie übermäßige Flughöhe und/oder Fluggeschwindigkeit (unzureichendes Energiemanagement) zu Beginn des Anfluges zu nicht stabilisierten Anflügen bei.

Ein stabilisierter Anflug bildet die Grundlage für eine gute Landung und ermöglicht Piloten optimale Bedingungen, um das Luftfahrzeug abzufangen, zu landen und rechtzeitig anzuhalten. Das Ziel eines stabilisierten Anfluges ist es, mit konstantem Gleitwinkel und konstanter Anfluggeschwindigkeit einen „anvisierten“ Zielpunkt auf der Piste zu erreichen. Piloten müssen das Flugzeug dafür in die richtige Konfiguration, Fluglage, Fluggeschwindigkeit, Leistungs-/Schubeinstellung und Sinkrate sowie in die richtige Position über der Landebahn bringen. Dazu sollte jedes dieser

---

<sup>22</sup> Flight Safety Foundation (FSF, 2000). *Approach and Landing Accident Reduction (ALAR) Tool Kit. 7.1 Stabilized Approach*. Flight Safety Digest, August-November. <https://flightsafety.org/toolkits-resources/past-safety-initiatives/approach-and-landing-accident-reduction-alar/alar-briefing-notes-in-english/>

<sup>23</sup> International Air Transport Association (IATA), International Federation of Air Line Pilots' Associations (IFALPA), International Federation of Air Traffic Controllers' Associations (IFATCA) & Civil Air Navigation Services Organisation (CANSO, 2017). *Unstable Approaches: Risk Mitigation Policies, Procedures and Best Practice*. <https://canso.org/publication/unstable-approaches-risk-mitigation-policies-procedures-and-best-practice-third-edition/>

Stabilisierungskriterien während des gesamten Endanflugs innerhalb eines bestimmten Rahmens liegen (u. a. abhängig vom Luftfahrzeugtyp, von meteorologischen Bedingungen und akzeptablen Sicherheitsmargen). Stabilisierte Anflüge verringern die Arbeitsbelastung im Cockpit, helfen Piloten, mögliche Abweichungen frühzeitig zu erkennen und bieten klare Anhaltspunkte für die Entscheidung zum Durchstarten.

Die Flight Safety Foundation<sup>24</sup> hat in einem „Tool Kit“ einige Empfehlungen zum visuellen Anflug bereitgestellt. Demzufolge sollten Piloten beim Eindrehen auf den Queranflug vermeiden, eine kontinuierliche Einflugkurve in Richtung Pistenschwelle zu fliegen und einen Querneigungswinkel von 30° nicht überschreiten. Bereits vor Erreichen des Endanflugs (je nach Entfernung zur Pistenschwelle) sollten Piloten die Landeklappen ausfahren, Seitenwindeffekte antizipieren und beginnen, die angestrebte Endanfluggeschwindigkeit einzunehmen. Es empfiehlt sich verfügbare, visuelle Referenzen, wie eine PAPI oder den Flugplatz umgebende Bäume bzw. Gebäude zum Abschätzen des Gleitpfadwinkels zu nutzen. Bei Erreichen von 500 ft AAL sollte das Flugzeug mit der Piste ausgerichtet (Tragflächen waagrecht – wings level) und die Endanfluggeschwindigkeit konstant sein. Ebenso sollten Piloten den Zielpunkt im Blick behalten, um zu vermeiden, versehentlich unter den Endanflugpfad abzusinken.

Des Weiteren empfiehlt beispielsweise die Flight Safety Foundation<sup>25</sup> das Luftfahrzeug bis 1 000 ft AAL in IMC und 500 ft AAL in VMC stabilisiert zu haben und gibt folgende Kriterien für einen stabilisierten Anflug vor:

1. *The aircraft is on the correct flight path;*
2. *Only small changes in heading/pitch are required to maintain the correct flight path;*
3. *The aircraft speed is not more than V REF + 20 knots indicated airspeed and not less than VREF ;*
4. *The aircraft is in the correct landing configuration;*
5. *Sink rate is no greater than 1,000 feet per minute; if an approach requires a sink rate greater than 1,000 feet per minute, a special briefing should be conducted;*

---

<sup>24</sup> Flight Safety Foundation (FSF, 2000). *Approach and Landing Accident Reduction (ALAR) Tool Kit. 7.4 Visual Approach*. Flight Safety Digest, August-November. <https://flightsafety.org/toolkits-resources/past-safety-initiatives/approach-and-landing-accident-reduction-alar/alar-briefing-notes-in-english/>

<sup>25</sup> Flight Safety Foundation (FSF, 2000). *Approach and Landing Accident Reduction (ALAR) Tool Kit. 7.1 Stabilized Approach*. Flight Safety Digest, August-November. <https://flightsafety.org/toolkits-resources/past-safety-initiatives/approach-and-landing-accident-reduction-alar/alar-briefing-notes-in-english/>

6. *Power setting is appropriate for the aircraft configuration and is not below the minimum power for approach as defined by the aircraft operating manual;*

7. *All briefings and checklists have been conducted;*

8. *Specific types of approaches are stabilized if they also fulfill the following: instrument landing system (ILS) approaches must be flown within one dot of the glideslope and localizer; a Category II or Category III ILS approach must be flown within the expanded localizer band; during a circling approach, wings should be level on final when the aircraft reaches 300 feet above airport elevation; and,*

9. *Unique approach procedures or abnormal conditions requiring a deviation from the above elements of a stabilized approach require a special briefing.*

*An approach that becomes unstabilized below 1,000 feet above airport elevation in IMC or below 500 feet above airport elevation in VMC requires an immediate go-around.*

Wenngleich das Konzept des stabilisierten Anflugs sich in der kommerziellen Verkehrsfliegerei entwickelt und etabliert hat, empfiehlt sich die Anwendung für alle Piloten (auch in der Allgemeinen Luftfahrt). Die European Union Aviation Safety Agency (EASA, 2020)<sup>26</sup> und die AOPA (2000)<sup>27</sup> sprechen sich generell für stabilisierte Anflüge aus, da sie die Arbeitsbelastung der Piloten reduzieren, das Situationsbewusstsein verbessern und ihnen helfen das Luftfahrzeug rechtzeitig zur Landung zu verlangsamen. Damit verhelfen sie den Piloten zu mehr Zeit Informationen zu verarbeiten und ihr Leistungsvermögen adäquat abzurufen, ohne, dass sie an die eigenen Grenzen kommen bzw. Überforderung erleben. Ebenso erlaubt ein stabilisierter Anflug mehr Kapazitäten, um mögliche Veränderungen, wie Windrichtung/-stärke, oder unerwartete Ereignisse zu erkennen und angemessen darauf zu reagieren. Auch die FAA empfiehlt der Allgemeinen Luftfahrt die Anwendung der Kriterien eines stabilisierten Anfluges und verweist darauf, dass ein Landeanflug mit einer konstanten Geschwindigkeit und einer konstanten Sinkrate die geringste Arbeitsbelastung für Piloten bedeutet.

---

<sup>26</sup> European Union Aviation Safety Agency (EASA, 2020). Sunny Swift: Stabilized approaches (Issue 23). <https://www.easa.europa.eu/downloads/116015/de>

<sup>27</sup> AOPA (2000). The Stabilized Approach – Just say no to unwieldy ATC requests on final. <https://www.aopa.org/news-and-media/all-news/2000/november/pilot/the-stabilized-approach>



Sollte ein Anflug in 500 ft AAL nicht stabilisiert sein (1 000 ft bei IFR-Flügen), wird empfohlen, durchzustarten<sup>28</sup>.

#### 1.18.4 Rückhaltesysteme für Flugzeuginsassen – Energetische Betrachtung

In Luftfahrzeugen der allgemeinen Luftfahrt lassen sich auch heute noch unterschiedliche Varianten von Rückhaltesystemen antreffen. Während diese bei älteren Luftfahrzeugen meistens aus Beckengurten bestanden, besitzen neuere Modelle Systeme aus Mehrpunkt-, oder Schultergurten, teilweise inklusive Airbags. Für den Zuständigkeitsbereich der US-registrierten Luftfahrzeuge legte die FAA bereits im Jahr 1969 im Rahmen des Amendments 23-7 to Part 23 im Kapitel 23.785 fest: „[...] (g) Each occupant must be protected from head injury by – (1) a safety belt and shoulder harness that will prevent the head from contacting any injurious object [...].“ Für Luftfahrzeuge, die ihre Musterzulassung vor dem 14.09.1969 erlangt hatten, hieß es weiter: „For those aircraft owners who would like to install shoulder harnesses in their own aircraft, FAA AC No. 43, 13-2, Chapter 9, Shoulder Harness Installations, contains the information necessary for an acceptable method of installation.“<sup>29</sup> In dem AC No. 43, 13-2, Chapter 9 wurde u. a. beschrieben, dass die Momentverteilung auf das Gurtzeug 60 % der entstandenen Energie über die Schultergurte und 40 % über die Beckengurte ableiten sollte, und dass das Gurtzeug Insassen gegen Kräfte von bis zu maximal 9 g horizontal effektiv schützen können musste. Für Luftfahrzeugmuster, die vor September 1969 zugelassen wurden, war dieser Wert um den Faktor 1,15 zu erhöhen.

FAR Part 23, Sec.23-561 beschrieb, dass ein Luftfahrzeug so konstruiert sein musste, dass es seine Insassen im Falle einer Notlandung gegen folgende auftretende Kräfte effektiv schützt: 9 g horizontal vorwärts, 1,5 g seitlich, 6 g vertikal positiv und 3 g vertikal negativ.

Das National Transportation Safety Board (NTSB, 1985) analysierte im Rahmen des „General Aviation Crashworthiness Projects“<sup>30</sup> 500 Unfälle mit Luftfahrzeugen der Allgemeinen Luftfahrt. Dabei kam es zu dem Schluss, dass die Verwendung von Schultergurten 88 % aller schweren und 20 % aller tödlichen Verletzungen verhindert hätte. Die entsprechenden Sicherheitsempfehlungen A85-122 bis -125, u. a. an die FAA

<sup>28</sup> Federal Aviation Administration (FAA, 2020). Fly Safe: Prevent Loss of Control Accidents. <https://www.faa.gov/newsroom/fly-safe-prevent-loss-control-accidents-35?newsId=95378>

<sup>29</sup> Federal Aviation Regulations; Amendment 23-7 to Part 23, Airworthiness Standards: Normal, Utility, and Acrobatic Category Airplanes (effective: September 14, 1969)

<sup>30</sup> NTSB (1985). General Aviation Crashworthiness Project: Phase Two – Impact Severity and potential injury prevention in general aviation accidents; NTSB/SR-85/01.

adressiert, schrieben die Installation von Schultergurten für alle Sitze in Luftfahrzeugmustern der allgemeinen Luftfahrt, die nach dem 12. Dezember 1986 zugelassen wurden, verbindlich vor. Ferner stellte das NTSB als Näherung fest, dass aufgrund der auftretenden Energien überlebende Unfälle in der Allgemeinen Luftfahrt in einem Bereich zwischen 45 kt bei 90° Aufschlagwinkel, 60 kt bei 45° Aufschlagwinkel und 75 kt bei 0° Aufschlagwinkel stattfanden.

Bereits im Jahr 1952 untersuchten De Haven und Mitarbeiter retrospektiv das Auftreten, die Verteilung und den Schweregrad von Verletzungen bei 800 Überlebenden von Unfällen in der Allgemeinen Luftfahrt.<sup>31</sup> Sie kamen dabei zu dem Ergebnis, dass sowohl die lebensgefährlichsten, als auch die häufigsten Verletzungen vor allem im Bereich des Kopfes und des Brustkorbes auftraten, was dadurch ausgelöst wurde, dass die Insassen, welche lediglich mit Beckengurten gesichert waren, durch die auftretenden Kräfte während des Aufpralls mit ihren Oberkörpern eine klappmesserartige Vorwärts-, Rückwärtsbewegung mit dem Becken als seitliche Drehachse vollzogen (Abb. 14). Hierdurch kollidierten sowohl Kopf als auch Oberkörper mit Teilen des Cockpits. Ferner kam es durch die Rotationsbewegung zu einer Überlastung einzelner Wirbelkörper im Übergang zwischen der, durch den Brustkorb relativ rigiden, Brustwirbelsäule und der flexiblen Lendenwirbelsäule, wodurch diese Wirbelkörper komprimiert wurden und an Vorder-, sowie Hinterkante zerbersten konnten. Verbreitert sich dieser zerborstene Wirbelkörper dabei geometrisch, so kann dies zur Kompression des sich in unmittelbarer Nähe im Wirbelkanal befindlichen Rückenmarks mit neurologischen Ausfällen im Sinne von Lähmungserscheinungen führen (Abb. 15).

---

<sup>31</sup> DeHaven, H. (1952). The Site, frequency and dangerousness of injury sustained by 800 survivors of light plane accidents. Dept. of Public Health and Preventive Medicine, Cornell University Medical College.



RESTRAINED HUMAN INJURY AREAS  
LIGHT AIRCRAFT CRASHES

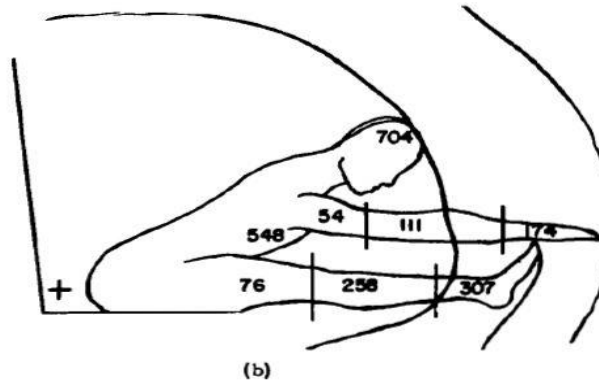


Abb. 14: Bewegung eines mit einem Beckengurt gesicherten Insassen beim Aufprall und Anzahl der aufgetretenen Verletzungen pro Körperareal  
Quelle: De Haven et al. (1952)

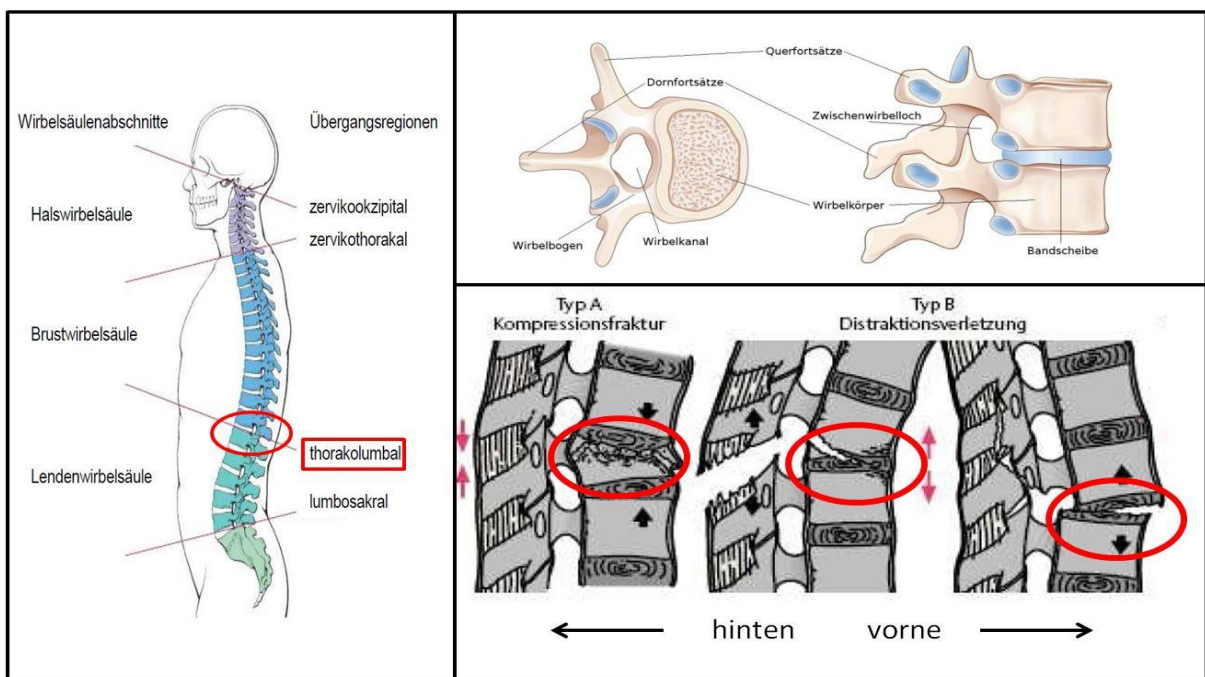


Abb. 15: Anatomie von Wirbelsäule und Wirbelkörper; Kompressions- und Distraktionsbrüche  
Quelle: Niedhard und Pfeil (2003), Thieme Verlag; Eysel und Förderer (2004), Thieme Verlag

Die Auswertung von aufgezeichneten Flugdaten, Zeugenbeobachtungen am Flugplatz und den Beschädigungen am Luftfahrzeug ergab, dass das Flugzeug mit hohem Anstellwinkel und hoher positiver Längsneigung in ansteigendes Gelände prallte und hierbei mit dem Hauptfahrwerk und den Rumpfteilen im Bereich des hinteren Türspants zuerst aufkam (Abb. 16). Hierdurch entstand im Moment des Aufpralls ein zusätzliches

Nickmoment der gesamten Flugzeugzelle, welches an die Insassen durchgeleitet wurde und die oben beschriebene „Klappmesserbewegung“ der mit Beckengurten in den Sitzen angeschnallten Insassen intensivierte.

Zur weiteren Bewertung der aufgetretenen Kräfte während des Aufpralls wurden diese durch die BFU grob orientierend für die horizontalen und vertikalen Anteile interpoliert. Hierbei ergaben sich Werte von ca. 6 g für die horizontale und ca. 2,5 g für die vertikale Komponente.

Die FAA veröffentlichte im Jahr 1972 einen Aerospace Medicine Tec Report mit dem Titel „The benefits of the use of shoulder harness in general aviation aircraft“ (FAA-AM-72-3). Hier stellte sie u.a. fest, dass ein adäquat mit Schultergurten angeschnallter Flugzeuginsasse Beschleunigungskräfte von 30 g bis 40 g in Flugzeuglängsachse und bis zu 20 g seitlich tolerierte, ohne schwere Verletzungen davonzutragen. Dementsprechend kamen die Autoren zu folgendem Schluss: „It is concluded that if shoulder harnesses were installed in general aviation aircraft, considerable benefit to the users of these harnesses would accrue.“

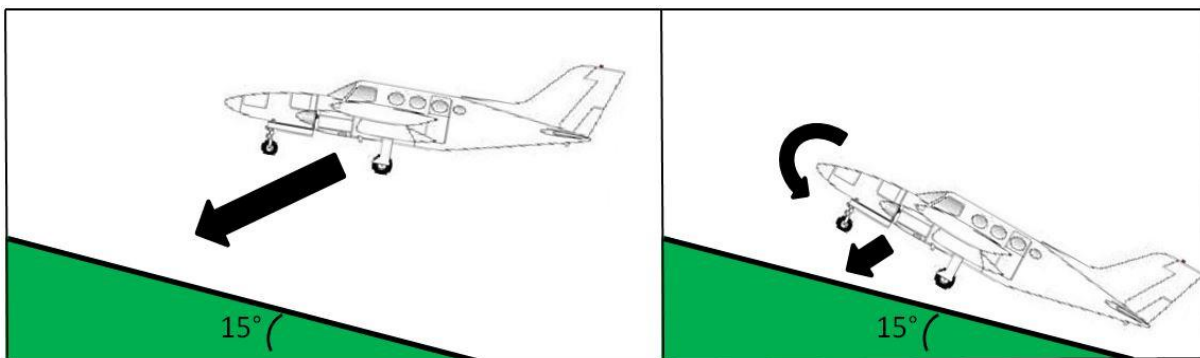


Abb. 16: Schematische Darstellung des Aufpralls des Flugzeuges und resultierendes Nickmoment des Rumpfes

Quelle: BFU

Ekman und Debacker veröffentlichten 2018 einen Artikel über die Überlebarkeit von Unfällen mit kommerziell betriebenen Verkehrsflugzeugen<sup>32</sup>. Darin etablierten sie das CREEP Akronym, um die Bewertung der Überlebarkeit zu vereinfachen. Die Buchstaben standen hierbei für die folgenden Einflussfaktoren auf die Überlebarkeit eines Unfalls in einem Verkehrsflugzeug:

<sup>32</sup> Ekman, S. K. & Debacker, M. (2018). Survivability of occupants in commercial passenger aircraft accidents. *Safety Science*, 104: 91-98.

- C = CONTAINER (blieb um den Insassen herum physikalisch ausreichend Überlebensraum in der Flugzeugzelle erhalten)
- R = RESTRAINT (war der Insasse angeschnallt und welche Art von Gurten wurde genutzt)
- E = ENVIRONMENT (war die Umgebung, in der der Unfall stattfand, überlebar (klimatisch, geographisch, politisch))
- E = ENERGY ABSORPTION (welche Aufprallenergien wirkten auf die Insassen und wie waren diese verteilt)
- P = POSTCRASH CONDITIONS (brach ein Feuer aus, wie lange dauerte es bis zum Eintreffen von Rettungskräften, wie war die medizinische Infrastruktur)

Obgleich dieser Bewertungsalgorithmus für die Anwendung bei Verkehrsflugzeugen entwickelt wurde, erlaubt er ebenfalls die Beurteilung der Überlebarkeit von Unfällen in der Allgemeinen Luftfahrt.

In Deutschland hat die Vorgängerin der BFU, die Flugunfalluntersuchungsstelle beim LBA, im Jahr 1993 in Auswertung verschiedener Unfälle eine Flugunfallinformation<sup>33</sup> mit dem Titel „Schultergurte können Lebensretter sein“ veröffentlicht. In dieser Veröffentlichung wurde Piloten bzw. Luftfahrzeughaltern unter anderem empfohlen, die vorhandenen Schultergurte zu benutzen bzw. sofern nicht vorhanden die Ausrüstung mit Schultergurten zu erwägen.

## 1.19 Nützliche oder effektive Untersuchungstechniken

Nicht betroffen.

---

<sup>33</sup> [https://www.bfu-web.de/DE/Publikationen/Flugsicherheitsinformationen/Berichte/V110%20-%20Flugunfall-info%20Schultergurte.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bfu-web.de/DE/Publikationen/Flugsicherheitsinformationen/Berichte/V110%20-%20Flugunfall-info%20Schultergurte.pdf?__blob=publicationFile&v=1)

## 2. Beurteilung

### 2.1 Allgemeines

Die Spuren am Wrack des Flugzeuges und an der Unfallstelle zeigen, dass das Luftfahrzeug ohne nennenswerte Querneigung im Sinkflug bei sehr geringer Vorwärtsfahrt aufgeprallt war. Die Beschädigungen am Flugzeug belegen zudem, dass das Flugzeug zur Zeit des Aufpralls an dem ansteigenden Hang eine deutliche Längsneigung nach oben hatte. Diese Fluglage entspricht der eines sogenannten Sackfluges.

Die Untersuchung ergab keine Hinweise auf unfallrelevante technische Mängel am Luftfahrzeug. Die Tatsache, dass die Überziehwarnanlage nach dem Unfall noch funktionierte, spricht dafür, dass sie mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit auch vor dem Aufprall des Flugzeuges funktionstüchtig war.

Die vorgefundene rückwärtige Stellung der beiden Leistungs- und Propellerverstellhebel sowie der beiden Hebel zur Gemischeinstellung der Triebwerke bildet nicht den Zustand vor dem Unfall ab, sondern ist vielmehr die Folge der Verformung des Quadranten beim Aufprall des Flugzeuges und dem Anprall der Insassen. Das ergibt sich aus den Feststellungen am Governor und der Mechanik der Gemischeinstellung beider Triebwerke, sowie dem unmittelbar an den Triebwerken vorgefundenen Kraftstoff.

### 2.2 Handlungen des Piloten

Die vorliegenden Flugwegdaten zeigen, dass der Pilot den Flugplatz anstelle über einen normalen Gegen- und Queranflug in den Endanflug zu fliegen mit östlichem Kurs die Anfluggrundlinie der Piste 23 kreuzte und anschließend eine Art Teardrop-Kurve in den Endanflug durchführte. Dieser persönlich gewählte Anflug beanspruchte die Leistungskapazitäten des Piloten in deutlich höherem Maße, als eine Standardplatzrunde. So musste er für die Steuerung des Luftfahrzeugs in relativ kurzer Zeit noch viel Geschwindigkeit abbauen, die Leistung zu den jeweiligen Konfigurationsänderungen anpassen, das Luftfahrzeug entsprechend trimmen und gleichzeitig den Radius der Teardrop-Kurve so steuern, dass er die Anfluggrundlinie trifft.

Aus der Aussage des Piloten und den Feststellungen am Wrack geht hervor, dass der Pilot die Landeklappen des Flugzeuges im Endanflug nicht vollständig, sondern lediglich auf etwa 30° ausgefahren hatte. Aus dieser Konfiguration resultierten ein etwas geringerer Widerstand sowie eine um ca. 3 kt höhere Überziehggeschwindigkeit des Flugzeuges.

Die Auswertung der Radar- und GPS-Daten des Fluges zeigt, dass während des Endanfluges, ab einer Entfernung von etwa 1 500 m von der Landebahnschwelle, das Flugzeug die Geschwindigkeit über Grund von 90 kt unterschritt. Unter Berücksichtigung des Gegenwindes von 12 kt unterschritt das Flugzeug damit zu diesem Zeitpunkt die „Blue Line Speed“ von 102 KIAS. Etwa ab dieser Entfernung begann das Gelände bis zur Landebahnschwelle der Piste 23 anzusteigen. Im Verlauf der weiteren etwa 34 s bis zum Aufprall verringerte sich die Fluggeschwindigkeit immer weiter und unterschritt bei einer Entfernung von 1 000 m vor der Schwelle etwa 80 kt über Grund, d.h. ca. 92 KIAS. Dies bemerkte der Pilot nicht. Die aufgezeichneten Daten zeigen ein kurzzeitiges Abflachen des Anflugwinkels bis auf etwa 3°, dieser wird jedoch dann wieder deutlich steiler. Das Abflachen des Anflugwinkels bei gleichzeitigem Rückgang der Geschwindigkeit spricht dafür, dass der Pilot dies mittels Ziehens am Höhenruder und ohne Leistungserhöhung der Triebwerke steuerte.

Ab etwa 14 Sekunden vor dem Aufprall, bei einer Geschwindigkeit von 70 kt über Grund (82 KIAS), befand sich das Flugzeug unterhalb des angezeigten 3°-Anflugwinkels der PAPI. Spätestens als das PAPI-System durch „vier Rote“ anzeigte, dass das Flugzeug viel zu tief war, hätte der Pilot die Triebwerksleistung erhöhen müssen, um noch die Pistenschwelle zu erreichen oder durchzustarten. Die Tatsache, dass er das „Auswandern“ des Zielpunktes auf der Landebahn nicht bemerkte, die Triebwerksleistung nicht erhöhte, während sich gleichzeitig die Geschwindigkeit immer weiter reduzierte, spricht dafür, dass der Pilot zumindest in dieser Phase die Asphaltfläche vor der eigentlichen Landebahnschwelle zur Landung anvisierte und währenddessen weder der PAPI-Anzeige noch der Fluggeschwindigkeit ausreichend Beachtung schenkte.

Die vorliegenden Daten der sich weiter reduzierenden Geschwindigkeit zeigen, dass sich das Flugzeug während der letzten etwa 8 s vor dem Aufprall in einem Geschwindigkeitsbereich befand, in dem die akustische Überziehwarnung des Flugzeugs mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit permanent aktiv war. Die aufgezeichneten Daten geben jedoch keinerlei Hinweis, dass der Pilot in den Sekunden bis zum Aufprall versucht hätte, den Anstellwinkel zu reduzieren und/oder die Triebwerksleistung zu erhöhen.

## 2.3 Spezifische Bedingungen

Der Pilot verfügte über eine große Flugerfahrung sowohl insgesamt als auch auf dem Muster. Er flog regelmäßig und hatte einen guten Übungsstand, auch zwischen März und August 2020 während der SARS-CoV-2-Pandemie. Die Tatsache, dass der Pilot

auf dem Flug spontan Fluggäste mitnahm, spricht dafür, dass er sich seiner fliegerischen Fähigkeiten sicher war und sich fit fühlte.

Die Kennzeichnungen und die Befeuerung der Asphaltflächen vor den Schwellen der Landebahn am Flugplatz Arnsberg-Menden waren nach Angaben des Flugplatzbetreibers installiert, um anfliegenden Piloten bei eingeschränkten Sichtbedingungen als Sichtreferenz zu dienen. Die Art der installierten Befeuerung dieser vorgelagerten Flächen sowie die entsprechenden Reifenabriebspuren vor der Pistenschwelle zeigen, dass die Asphaltfläche nicht nur als Backtrack-Fläche, sondern auch für Landungen genutzt wurde. Markierungen und Befeuerung entsprachen jedoch weder den Forderungen und Empfehlungen des ICAO Annex 14 noch den nationalen Regelungen. Die auf der vorgelagerten Asphaltfläche aufgebrachten großflächigen weißen Farbmarkierungen waren optisch wesentlich markanter als die deutlich älteren, verblassteren Markierungen der Schwelle und Pistenbezeichnung der Piste 23. Dies unterstreicht nach Ansicht der BFU, dass die Farbmarkierungen auf der vorgelagerten Fläche zu Verwechslungen und zur Ablenkung anfliegender Piloten führen konnten.

Die Auswertung der GPS-Daten zeigt, dass der Pilot bei 5 von 6 weiteren Anflügen auf die Piste 23 in Arnsberg-Menden zu kurz kam, während er bei Anflügen auf die Piste 07 seines Heimatflugplatzes nicht einmal vor der versetzten Landebahnschwelle aufsetzte. Die Aussage des Piloten, er habe bei diesen Landungen den ca. 530 m vom „Aufsetzpunkt der Verlängerung“ der Piste entfernten Rollweg A erreichen wollen zeigt, dass er die der Landebahnschwelle vorgelagerte Fläche als Flugbetriebsfläche interpretierte.

Die Tatsache, dass am Flugplatz Arnsberg-Menden das Gelände und die Landebahn in Anflugrichtung ansteigen, begünstigte eine mögliche, optische Illusion eines zu steilen Anflugwinkels. Möglicherweise trug dies dazu bei, dass der Pilot in den letzten ca. 14 s vor dem Aufprall nicht bemerkte, dass das Flugzeug zu tief war.

Das Unterschreiten der erforderlichen Fluggeschwindigkeit und das Überziehen sind in der Unfallstatistik vergleichsweise häufig auftretende Pilotenfehler. Im vorliegenden Fall verfügte der Pilot über große Erfahrung und Routine in der Bedienung seines Flugzeuges. Auf der anderen Seite lassen die Daten den Schluss zu, dass er im Endanflug über einen relativ langen Zeitraum (34 s) den Gleitwinkel durch Ziehen des Höhenruders und nicht mit einer Leistungserhöhung der Triebwerke steuerte.

Dies spricht dafür, dass er bei seiner Aufmerksamkeitsverteilung in dieser Phase das Scannen der Fluginstrumente, speziell der Fahrtmesseranzeige, vernachlässigte. Es



ist sehr wahrscheinlich, dass der Pilot stattdessen auf die Situation außerhalb seines Flugzeuges fokussiert war. Er verlor das Situationsbewusstsein, hatte möglicherweise mit optischen Täuschungen zu kämpfen und überwachte den Flugverlauf sowie die Instrumente unzureichend.

Auch die vor dem Aufprall insgesamt etwa 8 s lang ertönende akustische Überziehwarnung führte nicht zu einer erkennbaren Reaktion des Piloten. Dies zeigt auch die von den Zeugen beschriebene, große Längsneigung des Flugzeuges nach oben. Die laut Flugdaten weiter zurückgehende Fluggeschwindigkeit erreichte innerhalb von 4-5 s die Überziehggeschwindigkeit von etwa 68 KIAS. Obgleich das Flugzeug sich bereits in sehr geringer Höhe über Grund befand, wäre bis zu diesem Zeitpunkt, bei unverzüglichem Handeln des Piloten, der Strömungsabriss noch vermeidbar gewesen. Wahrscheinlich unterlag er einer tunnelartigen Aufmerksamkeitsverteilung, sodass er neben dem kritisch werdenden Anflugwinkel und der absinkenden Fluggeschwindigkeit auch den Warnton der Überziehwarnung nicht bemerkte. Obwohl der Pilot eine hohe Gesamtflugerfahrung besaß und auch in den letzten 90 Tagen häufig geflogen war, können auch altersbedingte Einschränkungen der Aufmerksamkeitsverteilung (Multitasking) und eine verlangsamte Reaktionsfähigkeit das Handeln des Piloten beeinträchtigt haben.

Zur Zeit des Unfalls herrschten sehr gute Sichtflugwetterbedingungen. Der Wind kam während des Anfluges direkt von vorn mit 12 kt. Die Wetterbedingungen hatten keinen ursächlichen Einfluss auf den Unfall.

Die beim Aufprall entstandenen Beschleunigungskräfte lagen aufgrund der Flugphase, des überzogenen Flugzustandes sowie der geringen Flughöhe in einem für Flugzeugunfälle niedrig-energetischen Bereich. Obwohl die Bestimmung der absoluten Zahlenwerte für die horizontal und vertikal wirkenden Kraftkomponenten durch die BFU aufgrund ungenauer Ausgangsdaten nur näherungsweise vorgenommen werden konnte, so lagen diese immer noch sicher in einem deutlich niedrigeren Bereich, als die von der FAA (1972) postulierten 30 g bis 40 g horizontal, ab denen bei mit Schultergurten angeschnallten Flugzeuginsassen Verletzungen zu erwarten gewesen wären. Diese Annahme wird auch durch die Tatsache unterstützt, dass sich die Sitze des Flugzeuges inklusive deren Halterungen, welche für Belastungen bis zu 9 g horizontal und 6 g positiv vertikal zertifiziert waren, noch in ihren Führungen befanden, funktionsfähig waren und sich nicht vom Flugzeug separiert hatten.



## 2.4 Sicherheitsmechanismen

Im Rahmen dieser Untersuchung werden unter dem Begriff Sicherheitsmechanismen technische Systeme, Maßnahmen, Verfahren und Einrichtungen verstanden, die die Auswirkungen auftretender technischer oder menschlicher Fehler im Sinne der Wahrung der Flugsicherheit minimieren sollen.

Wie oben beschrieben, zeigen Untersuchungen diverser Landeunfälle der Vergangenheit, dass Anflug- und Landeunfällen häufig ein nicht stabilisierter Anflug vorausgeht. Zur Vermeidung von Landeunfällen wurden als Hilfsmittel zur Entscheidungsfindung für Piloten Kriterien für einen stabilisierten Anflug entwickelt, deren Nichteinhaltung an einem sogenannten Safety Gate (1 000 ft AAL in IMC bzw. 500 ft AAL in VMC) zu einem Abbruch des Anfluges führen sollten. Luftfahrtunternehmen im gewerblichen Luftverkehr hatten dieses Verfahren als Standard eingeführt. Es ist jedoch grundsätzlich auch in der Allgemeinen Luftfahrt und für Single Pilot Operation anwendbar. Im vorliegenden Fall zeigen die Änderungen bei Anflugwinkel und -geschwindigkeit während des Endanfluges, dass der Pilot keinen stabilisierten Anflug durchgeführt hat. Dazu trug auch bei, dass der Pilot zuvor anstelle eines standardisierten Gegen- bzw. Queranfluges (Platzrunde) einen Flugweg wählte, der eine Kurve mit 45° Querneigung erforderte, um den Endanflug zu erreichen. Dies ließ ihm entsprechend weniger Zeit zur Konfiguration des Flugzeuges und Abarbeitung von Checklisten.

Die Daten über die weiteren Landeanflüge in Arnsberg-Menden auf die Piste 23 zeigen, dass der Pilot dort wiederholt Anflüge durchführte, die mehr oder weniger variierten und keinem standardisierten, platzrundenartigen Schema folgten. Sie zeigen auch, dass er das Konzept des stabilisierten Anfluges nicht angewandt hat.

Der wesentliche Vorteil eines stabilisierten Anfluges liegt darin, dass Piloten sich freie mentale Kapazität schaffen, um andere Informationen besser verarbeiten zu können, da der Anflug nur noch kleinste Korrekturmaßnahmen erfordert. Dies erlaubt Piloten auch dann einen Anflug sicher durchzuführen, wenn herausfordernde Situationsmerkmale (schlechter Tag, altersbedingt reduzierte Leistungsfähigkeit, usw.) eine Rolle spielen. Außerdem trägt ein immer wiederholter, standardisierter Anflug dazu bei, dass sich ein Übungseffekt einstellt, der es Piloten erlaubt, Abweichungen bzw. Unvorhergesehenes früher und zuverlässiger zu erkennen.

Grundsätzlich besteht als Sicherheitsmechanismus die Möglichkeit, einen missglückten Landeanflug abubrechen und Durchzustarten. Dazu müssen Piloten die Anflugparameter genau überwachen, korrigieren bzw. rechtzeitig und konsequent eine

Entscheidung zum Abbruch des Anfluges treffen. Obwohl zuerst die Anfluggeschwindigkeit, dann auch der Anflugwinkel nicht passte und ihm sein anvisierter Landefixpunkt zunehmend auswanderte, traf der Pilot diese wichtige Entscheidung nicht und setzte stattdessen den Anflug fort.

Das Flugzeug verfügte über eine akustische Überziehwarnanlage, die Piloten bei Annäherung an den kritischen Anstellwinkel rechtzeitig durch einen Warnton aufmerksam machen soll. Die Überziehwarnanlage war funktionsfähig, es gibt in den Aussagen des Piloten jedoch keine klaren Hinweise darauf, dass er die Warnung wahrgenommen bzw. darauf reagiert hätte.

Das allgemeingültige Verfahren für die Stall Recovery mit zweimotorigen Flugzeugen sah vor, zunächst den Anstellwinkel zu reduzieren bis die Überziehwarnung verstummt, dann eine eventuelle Querneigung zu beseitigen und schließlich vorsichtig die Triebwerksleistung (beide Triebwerke gleichmäßig) zu erhöhen.

Die Anwendung des CREEP Akronyms zur Analyse des Aufpralls hinsichtlich der Überlebbarkeit<sup>34</sup> ergibt, dass bei diesem Unfall bis auf den Punkt „Restraint“ alle weiteren Teilaspekte das Ergebnis positiv beeinflussten und damit zu einem für die Insassen positiven Ausgang beitrugen.

Die Tatsache, dass die Sitze des Flugzeuges lediglich mit Becken- nicht jedoch mit Schultergurten ausgestattet waren, begünstigte bei diesem Aufprall, trotz der insgesamt relativ niedrigen Aufprallenergien, die Entstehung schwerer Verletzungen deutlich.

Dieses gilt sowohl für die von allen Insassen erlittenen Brüche der Wirbelkörper im Übergang der Brust- auf die Lendenwirbelsäule, welche bei einem Insassen zu einer Lähmung im Sinne eines inkompletten Querschnitts führte, als auch für die anderen aufgetretenen Verletzungen, welche durch den Anprall von Oberkörper oder Kopf auf Teile der Flugzeugzelle oder deren Einrichtung entstanden. Der bei einem Insassen entstandene Bruch des knöchernen Beckens wurde mit hoher Wahrscheinlichkeit durch die Übertragung eines Großteils der aufgetretenen Energie vom Beckengurt auf die darunter liegenden knöchernen Strukturen des Beckens hervorgerufen.

Die Nutzung von kombinierten Becken- und Schultergurten hätte, wie in den Zertifizierungsvorschriften gefordert und nachgewiesen, zu einer besseren Verteilung der hier entstandenen Aufprallenergien auf die Körper der Insassen geführt und damit sowohl

---

<sup>34</sup> Ekman, S. K. & Debacker, M. (2018). Survivability of occupants in commercial passenger aircraft accidents. *Safety Science*, 104: 91-98.

punktueller Überlastungen einzelner knöcherner Strukturen, als auch den Anprall von Oberkörper und Kopf gegen Teile des Flugzeuges verhindert. Hierdurch wären die direkten Verletzungsfolgen für die Flugzeuginsassen mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit deutlich gemindert worden.

Eine eindeutige und klar erkennbare Kennzeichnung von Flugbetriebsflächen, insbesondere der Start- und Landebahnen, ist ein entscheidender Sicherheitsmechanismus für sichere Landeanflüge und somit zur Vermeidung von Unfällen. So muss die Landebahn für Piloten aus der Luft eindeutig erkennbar und von anderen Flächen, die nicht als Betriebsflächen vorgesehen sind, unterscheid- und abgrenzbar sein. Die Kennzeichnungen am Flugplatz Arnsberg-Menden entsprachen weder den Forderungen und Empfehlungen des ICAO Annex 14 noch den nationalen Regelungen.

## 2.5 Organisatorische Rahmenbedingungen

Über die Jahre hat der Flugplatzbetreiber am Flugplatz Veränderungen vorgenommen, wie die Vergrößerung der Flächen des Flugplatzes, das Bauwerk am Hang, die Befeuerung, sowie Farbmarkierungen. Im Laufe der Zeit unterschied sich der bauliche Zustand des Flugplatzes mehr und mehr von der Darstellung auf der Flugplatzkarte.

Diese Diskrepanz zwischen Realität und veröffentlichter Flugplatzkarte führte weder bei dem Flugplatzbetreiber noch bei der Aufsichtsbehörde zu Aktivitäten, eine Aktualisierung der Flugplatzkarte vornehmen zu lassen.

Die von den geltenden luftrechtlichen Vorgaben abweichenden Farbmarkierungen und Befeuerungen der vorgelagerten Flächen am Flugplatz Arnsberg-Menden waren seit Jahren vorhanden, wurden jedoch durch die Bezirksregierung Münster im Rahmen der Aufsicht nicht beanstandet. Die Bezirksregierung begründete dies gegenüber der BFU damit, dass diese Flächen außerhalb der gewidmeten Flugbetriebsflächen lagen.

Die mit weißer Farbe markierten Flächen am Rand der der jeweiligen baulichen Ausbaustufe des Flugplatzes entsprechenden asphaltierten Fläche in Kombination mit der Art der vor der Piste 23 installierten Befeuerung macht deutlich, dass diese Fläche auch zur Nutzung bei Landungen konzipiert war. Dafür spricht letztlich auch die ebenfalls befeuerte Leichtmetallkonstruktion an dem der Asphaltfläche vorgelagerten Hang.

## 3. Schlussfolgerungen

### 3.1 Befunde

- Der Pilot besaß die für die Flugdurchführung vorgeschriebene Lizenz und Berechtigung. Sowohl insgesamt als auch auf dem Flugzeugmuster hatte er viel Flugerfahrung.
- Die Untersuchung erbrachte keine Hinweise für eine akute gesundheitliche Beeinträchtigung des Piloten.
- Es wurden keine Hinweise auf unfallrelevante technische Mängel am Luftfahrzeug festgestellt.
- Die Masse des Luftfahrzeuges lag innerhalb des zulässigen Bereiches.
- Die Wetterbedingungen hatten keinen ursächlichen Einfluss auf den Unfall.
- Der Pilot wählte, anstelle eines Standardanfluges, einen Flugweg, der eine Kurve mit großer Querneigung erforderte, um in den Endanflug zu gelangen.
- Der Pilot befolgte nicht die Kriterien für einen stabilisierten Anflug. Der gewählte Anflug erforderte stattdessen kontinuierliche Eingriffe in die Steuerung zur Reduktion der Geschwindigkeit und Anpassung der Triebwerksleistung an Konfigurationsänderungen.
- Im kurzen Endanflug ließ der Pilot zu, dass durch seine Steuereingaben die geplante Anfluggeschwindigkeit (Blue Line Speed) unterschritten wurde und die Fluggeschwindigkeit, begünstigt durch mangelhaftes Beobachten der Fahrtmesseranzeige, sich immer weiter verringerte.
- Der Pilot konzentrierte seine Aufmerksamkeit sehr wahrscheinlich auf die der Piste vorgelagerte Fläche und bemerkte die rote PAPI-Anzeige nicht, als diese ein Unterschreiten des korrekten Anflugwinkels anzeigte. Er unterließ es, den Anflugwinkel durch Leistungserhöhung der Triebwerke zu korrigieren und zog stattdessen das Höhenruder.
- Der Pilot reagierte nicht auf die akustische Überziehwarnung und das Flugzeug geriet nachfolgend in den überzogenen Flugzustand.
- Die Spuren an der Unfallstelle und die Beschädigungen am Wrack zeigen, dass das Flugzeug mit großer Längsneigung auf den Boden prallte.

- Der Unfall war aufgrund der relativ geringen Aufprallenergie, überlebbar. Die Schwere der Verletzungen der Insassen wurde dadurch verstärkt, dass die Sitze des Flugzeuges lediglich mit Beckengurten ausgestattet waren. Durch kombinierte Becken- und Schultergurte hätten die Verletzungsfolgen deutlich vermindert werden können.
- Die zum Unfallzeitpunkt in der AIP veröffentlichte Flugplatzkarte entsprach bezüglich der der Piste 23 vorgelagerten Flächen seit Jahren nicht dem tatsächlichen baulichen Zustand.
- Die durch den Flugplatzbetreiber installierten Befeuerungen, Farbmarkierungen und Hinderniskennzeichnungen der Asphaltflächen vor den Schwellen der Landebahn am Flugplatz Arnsberg entsprachen weder den Forderungen und Empfehlungen des ICAO Annex 14 bzw. den nationalen Regelungen noch wurde dafür eine Genehmigung der zuständigen Landesbehörde beantragt.
- Die Abweichungen der Kennzeichnungen und Befeuerung am Flugplatz von den geltenden Regularien und die Diskrepanz zwischen baulichem Zustand und veröffentlichter Flugplatzkarte wurden durch die zuständige Luftfahrtbehörde im Rahmen der Aufsichtsführung über Jahre nicht beanstandet.
- Die auf den vorgelagerten Asphaltflächen aufgebrauchten großflächigen weißen Farbmarkierungen waren optisch wesentlich markanter als die Markierung der Schwelle der Piste 23 und geeignet die Aufmerksamkeit des Piloten beim Landeanflug abzulenken.

## 3.2 Ursachen

Der Unfall ist darauf zurückzuführen, dass

- der Pilot den Anflugwinkel nicht durch Erhöhung der Triebwerksleistung korrigierte bzw. den Anflug nicht abbrach.
- der Pilot die Fluggeschwindigkeit während des Endanfluges nicht überwachte und das Flugzeug beim Abfangen in den überzogenen Flugzustand steuerte.

Zu dem Unfall hat beigetragen, dass

- der Anflug nicht stabilisiert war und nicht abgebrochen wurde.
- der Pilot die PAPI-Anzeige nicht beachtete, und die Überziehwarnung nicht wahrnahm.
- die Vielzahl der sich ständig verändernden Anflugparameter mit hoher Wahrscheinlichkeit die Grenzen der Leistungsfähigkeit des Piloten überschritt und in der Folge das Flugzeug nicht mehr zielführend gesteuert wurde.
- die Pistenmarkierungen nicht den vorgeschriebenen Standards entsprachen.

## 4. Sicherheitsempfehlungen

Im Ergebnis der Untersuchung zweier anderer Unfälle (Aktenzeichen BFU18-0211-3X und BFUCX001-13) hat die BFU die folgende Sicherheitsempfehlung an die EASA gerichtet:

BFU SE Nr. 04/2020

The European Aviation Safety Agency (EASA) should amend the Safety Promotion for General Aviation to the effect that training material for Single Pilot Operation CRM and application of Safety Gates is provided for pilots.

Im März 2021 antwortete die EASA auf die Sicherheitsempfehlung wie folgt:

*The European Union Aviation Safety Agency's (EASA) Safety Promotion Plan for General Aviation (GA) has already identified the need to focus on pilot decision making in single pilot operations. A new Safety Promotion activity is being developed for launch in Q3 2021 to cover the key decision-making factors for GA pilots from take-off to landing. This intends to highlight the key decision-making points, and particular attention will also be paid to landing preparation, approach and touch-down. This material is planned to consist of videos, blog articles, guides and also a "serious game" to use the scientifically-proven approach of game-based learning to assist pilots in learning and improving their CRM and decision-making skills in a safe environment at no cost in order to help achieve maximum reach in the pilot community.*

*Status Open*

Die BFU hat die folgenden Sicherheitsempfehlungen herausgegeben:

01/2023

Die Flugplatzgesellschaft Arnsberg-Menden mbH sollte sicherstellen, dass die Markierungen und Befeuerungen mit denjenigen übereinstimmen, die in den gemeinsamen Festlegungen des Bundes und der Länder beschrieben sind.



02/2023

Die Flugplatzgesellschaft Arnsberg-Menden mbH sollte bei geplanten baulichen Änderungen bei gleichzeitigem Weiterbetrieb des Flugplatzes insbesondere die Übergangsphase vom alten zum neuen Zustand im Hinblick auf mögliche Gefahren analysieren und festgestellte Risiken durch geeignete Maßnahmen mindern.

03/2023

Die Bezirksregierung Münster, als zuständige Landesluftfahrtbehörde, sollte im Rahmen der örtlichen und überörtlichen Luftaufsicht sicherstellen, dass die Flugplätze in ihrem Zuständigkeitsbereich die luftrechtlichen Anforderungen für einen sicheren Flugbetrieb erfüllen.

Dabei sollte insbesondere sichergestellt werden, dass die Markierungen und Befeuerungen der Flugplätze im Zuständigkeitsbereich mit denen übereinstimmen, die in den gemeinsamen Festlegungen des Bundes und der Länder beschrieben sind.

04/2023

Die Bezirksregierung Münster sollte sicherstellen, dass in ihrem Zuständigkeitsbereich Flugplatzbetreiber bei geplanten baulichen Änderungen bei gleichzeitigem Weiterbetrieb eines Flugplatzes, insbesondere für die Übergangsphase vom alten zum neuen Zustand, mögliche Gefahren analysiert und festgestellte Risiken durch geeignete Maßnahmen gemindert werden.

05/2023

Das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) sollte die geltenden Standards bei der Beaufsichtigung von Flugplätzen durch die jeweiligen Landesluftfahrtbehörden überprüfen und sicherstellen, dass dabei ein bundesweit einheitlich hohes Niveau gewährleistet wird.

Dabei sollte das Hauptaugenmerk auf der eindeutigen Markierung und Befeuerung der Flugbetriebsflächen von Flugplätzen entsprechend der geltenden nationalen und internationalen Vorgaben liegen.

Untersuchungsführer: Jens Friedemann  
Untersuchung vor Ort: Uwe Berndt, Jens Friedemann,  
Dr. Susann Winkler  
Mitwirkung: George Blau, Dr. Thomas Harendza,  
Ekkehart Schubert, Dr. Susann Winkler

Braunschweig 25.10.2023

## 5. Anlagen

Keine.