

# Untersuchungsbericht

## Identifikation

Art des Ereignisses:	Schwere Störung
Datum:	13. Dezember 2011
Ort:	Frankfurt/Main
Luftfahrzeuge:	1) Flugzeug 2) Flugzeug
Hersteller / Muster:	1) Airbus / A380-800 2) Airbus / A320-214
Personenschaden:	keiner
Sachschaden:	keiner
Drittschaden:	keiner
Informationsquelle:	Untersuchung durch BFU
Aktenzeichen:	BFU 5X013-11

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 Zivillufffahrt 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>Abkürzungen</b> .....	<b>5</b>
<b>Kurzdarstellung</b> .....	<b>6</b>
<b>1. Sachverhalt</b> .....	<b>7</b>
1.1 Ereignisse und Flugverlauf .....	7
1.2 Personenschaden .....	9
1.3 Schaden an den Luftfahrzeugen .....	9
1.4 Drittschaden .....	9
1.5 Angaben zu Personen .....	9
1.5.1 Flugbesatzung des A380-800 .....	9
1.5.2 Flugbesatzung des A320-214 .....	10
1.5.3 Platzverkehrslotse PLS .....	10
1.5.4 Platzverkehrslotse PLC .....	10
1.6 Angaben zu den Luftfahrzeugen .....	11
1.6.1 Airbus A380-800 .....	11
1.6.2 Airbus A320-214 .....	11
1.7 Meteorologische Informationen .....	12
1.8 Navigationshilfen .....	12
1.9 Funkverkehr .....	12
1.10 Angaben zum Flugplatz .....	13
1.11 Flugdatenaufzeichnung .....	13
1.12 Unfallstelle und Feststellungen am Luftfahrzeug .....	13
1.13 Medizinische und pathologische Angaben .....	13
1.14 Brand .....	13
1.15 Überlebensaspekte .....	14
1.16 Versuche und Forschungsergebnisse .....	14
1.17 Organisationen und deren Verfahren .....	14
1.17.1 Betriebsanweisung-Flugverkehrskontrolldienst (BA-FVD) .....	15
1.17.2 Betriebsanordnung (BAO) für den Tower Frankfurt/Main .....	16
1.17.3 Fehlanflugverfahren Piste 25L .....	20
1.17.4 Abflugverfahren Piste 25C .....	21
1.17.5 Sicherheitsbewertung durch die Flugsicherungsorganisation .....	22
1.17.6 Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (BAF) .....	23
1.18 Zusätzliche Informationen .....	24
1.19 Nützliche oder effektive Untersuchungstechniken .....	25

<b>2.</b>	<b>Beurteilung</b> .....	<b>29</b>
2.1	Allgemeines.....	29
2.2	Flugbetriebliche Aspekte.....	29
2.2.1	Airbus A380.....	29
2.2.2	Airbus A320.....	30
2.3	Flugsicherungsbetriebliche Aspekte.....	30
2.3.1	Arbeitsplatz PLS.....	31
2.3.2	Arbeitsplatz PLC .....	31
2.4	Spezifische Bedingungen.....	33
2.5	Sicherheitsmechanismen .....	33
2.6	Sicherheitsbewertung durch die Flugsicherungsorganisation .....	35
<b>3.</b>	<b>Schlussfolgerungen</b> .....	<b>36</b>
3.1	Befunde.....	36
3.2	Ursachen.....	38
<b>4.</b>	<b>Sicherheitsempfehlungen</b> .....	<b>39</b>
<b>5.</b>	<b>Anlagen</b> .....	<b>40</b>

## Abkürzungen

AAL	Above Aerodrome Level (Höhe über Flugplatzniveau)
AIP	Aeronautical Information Publication (Luftfahrthandbuch)
AMSL	Above Mean Sea Level (Höhe über Meeresniveau)
BAF	Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung
BAO	Betriebsanordnung
BFU	Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung
CAS	Calibrated Airspeed
hPa	Hektopascal
ICAO	International Civil Aviation Organization
KIAS	Knots Indicated Airspeed (angezeigte Fluggeschwindigkeit in Knoten)
QAR	Quick Access Recorder
SID	Standard Instrument Departure (Standard-Instrumenten-Abflugstrecke)
TCAS	Traffic Alert and Collision Avoidance System
TO/GA	Take-Off / Go-Around
VOR	Very High Frequency Omnidirectional Radio Range (VHF-Drehfunkfeuer)
WTC	Wake Turbulence Category (Wirbelschleppenkatgorie)

## Kurzdarstellung

Die Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung wurde einen Tag nach dem Ereignis von der Flugsicherungsorganisation darüber informiert, dass es am 13.12.2011 um 14:26 Uhr<sup>1</sup> beim Abflug eines am Flughafen Frankfurt/Main auf der Piste 25C gestarteten Airbus A320-214 (A320) zu einer Annäherung an einen Airbus A380-800 (A380) gekommen war, der die Landung auf der Piste 25L abgebrochen und ein Fehlanflugmanöver durchgeführt hat. Die größte Annäherung der beiden Flugzeuge betrug laut Radardaten 0,97 nautische Meilen (NM) horizontal bzw. ca. 200 ft vertikal. Die Staffelungsmindestwerte betragen 7 NM horizontal bzw. 1 000 ft vertikal. Die BFU klassifizierte das Ereignis als Schwere Störung und leitete eine Untersuchung ein.

Die Schwere Störung ist auf folgende Ursachen zurückzuführen:

Unmittelbare Ursachen:

- Die Startfreigabe für den A320 wurde erteilt, als die Landung des A380 auf der Parallelbahn noch nicht sichergestellt war.
- Es wurde kein Startabbruch angewiesen.
- Der fehlerhafte mentale Lösungsansatz des Lotsen führte dazu, dass das abfliegende Flugzeug angewiesen wurde, eine Kurve in Richtung des auf der Parallelbahn durchstartenden Flugzeuges zu fliegen.

Systemische Ursachen:

- Der erhöhte Koordinationsaufwand zwischen den Lotsen aufgrund der Arbeitsplatzorganisation (Towerarbeitsplätze) sowie die Organisation des Betriebes der Start- und Landebahnen hat zu der Staffelungsunterschreitung mit Annäherung an die Wirbelschleppes beigetragen.
- Die Vorgaben für die Lotsen zur Entzerrung von Abflügen auf der Piste 25C und Fehlanflügen der Piste 25L waren unzureichend.

---

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

# 1. Sachverhalt

## 1.1 Ereignisse und Flugverlauf

Ein aus Tokio kommender Airbus A380 befand sich im Anflug auf die Landebahn 25L des Flughafens Frankfurt/Main. Der für die Piste 25L zuständige Platzverkehrslotse PLS erteilte um 14:23:22 Uhr die Landefreigabe und informierte über den Wind aus 200° mit einer Geschwindigkeit von 17, im Maximum 25 Knoten.

Auf der parallel verlaufenden Piste 25C erhielt ein auf der Piste im Bereich der Landebahnschwelle stehender Airbus A320 um 14:25:30 Uhr vom Platzverkehrslotsen PLC die Startfreigabe zum Flug nach Moskau-Scheremetjewo mit den Worten: „ ... wind is two hundred one eight knots and two five knots, two five centre cleared for take off.“ Der Abflug sollte nach der Standard-Instrumentenabflugstrecke (SID) TO-BAK1M erfolgen (Anlage 1).

Zum Zeitpunkt der Startfreigabe für den A320 befand sich der A380 laut Radardaten über der Schwelle der Piste 25L. Laut Daten des Quick Access Recorders (QAR) des A380 betrug die Höhe bei Überflug der Landebahnschwelle 55 ft über Grund. Um 14:25:33 Uhr leitete die Besatzung des A380 selbstständig ein Durchstartmanöver ein. Laut vorliegenden Flugdatenaufzeichnungen war das Luftfahrzeug mit der Landeklappen- / Vorflügelstellung 3 (26°/23°) angefliegen. Die am Radarhöhenmesser angezeigte Höhe hatte sich bis auf null verringert und stieg danach wieder an. Die Fluggeschwindigkeit CAS lag bei 146 kt.

Die Besatzung des A320 begann laut QAR um 14:25:32 Uhr die Leistung der Triebwerke zu erhöhen. Um 14:25:43 Uhr erreichte die Drehzahl N1 der beiden Triebwerke ca. 88,5 %. Zwölf Sekunden nachdem der A380 den Fehlanflug begonnen hatte, um 14:25:45 Uhr, begann der Startlauf des A320 auf der Piste 25C.

Laut Daten des Rollfeldradars befand sich der A380 zu diesem Zeitpunkt ca. 900 m hinter der Landebahnschwelle 25L. Der Lotse PLS hatte das Durchstarten des A380 bemerkt und wies dessen Besatzung um 14:25:56 Uhr an: „... follow standard missed approach.“

Aus den QAR-Daten des A320 ging hervor, dass 26 Sekunden nach dem Beginn des Anrollens das Bugfahrwerk und weitere zwei Sekunden später die Hauptfahrwerke vom Boden abhoben. Die in den Flugdurchführungsunterlagen dokumentierte, berechnete Entscheidungsgeschwindigkeit  $v_1$  von 147 KIAS wurde laut QAR um 14:26:05 Uhr bzw. 35 Sekunden nach Erteilung der Startfreigabe überschritten. Die

QAR-Daten des A320 registrierten innerhalb der ersten etwa 30 Sekunden des Steigfluges einen Anstieg der Steigrate auf 4 656 ft/min.

Als der Lotse PLC auf den durchstartenden A380 aufmerksam wurde, forderte er um 14:26:18 Uhr die Besatzung des A320 auf: „... proceed on runway heading, proceed on runway heading three eighty from the southern runway has pulled up.“ Die Besatzung des A320 bestätigte diese Aufforderung. Der A320 befand sich zu diesem Zeitpunkt laut Radarhöhenmesser in einer Höhe von 296 ft über Grund.

Beide Flugzeuge befanden sich mit etwa parallelem Kurs im Steigflug, der A320 rechts versetzt hinter dem A380 fliegend, als sie sich um 14:26:53 Uhr laut Radardaten auf einen Minimalabstand von 0,97 NM horizontal und ca. 200 ft vertikal annähernten.

Um 14:27:00 Uhr sprach der Lotse PLS die A380-Besatzung an: „... turn left heading one eight zero ...“

Der Lotse PLC wies die Besatzung des A320 um 14:27:01 Uhr an: „... continue now in a left turn please.“ Die Besatzung bestätigte die Anweisung und das Flugzeug begann in südliche Richtung zu kurven. Um 14:27:27 Uhr forderte der Lotse die Besatzung des A320 auf: „... proceed on heading two seven zero, two seven zero please.“ Die Besatzung antwortete mit: „... right heading two seven zero.“

Der Lotse PLS forderte die A380-Besatzung um 14:27:35 Uhr auf, auf einen Steuerkurs von 070° zu kurven. Dies wurde bestätigt.

Beide Flugzeuge setzten ihre Flüge zu den jeweiligen Zielflughäfen fort.

Die Besatzung des A380 gab an, dass sie den Anflug abgebrochen habe, da aufgrund zu hohen Abfangens (Flare) und Windböen ein Aufsetzen innerhalb der Aufsetzzone nicht sichergestellt gewesen wäre. Während des Fehlanfluges hatte laut QAR-Daten das TCAS des A380 mit dem des A320 kommuniziert und dabei die Annäherung verfolgt.

Die A320-Piloten erklärten, dass es während des Fluges keine technischen Probleme gab. Der Start wurde mit TO/GA durchgeführt. Im Steigflug gab der Fluglotse Vektoren. Während des Starts und des Steigfluges gab es keinerlei TCAS-Informationen bzw. Kommandos.

Der Lotse PLS sagte aus, dass er den Fehlanflug des A380 bemerkt hatte, als sich der A320 schon im Startlauf befand. Im Weiteren habe er die Absicht gehabt, durch die Anweisung einer Linkskurve an den A380, den Abstand zu dem von der Piste

25C abfliegenden A320 zu vergrößern. Er habe dafür mit dem für die Startbahn 18 zuständigen Lotsen PLW die Koordination des Fehlanfluges durchführen müssen. Gleichzeitig habe er mit dem Lotsen PLC den Abflug des A320 koordinieren wollen, um diesen geradeaus fliegen zu lassen.

Der Lotse PLC gab an, nachdem er beobachtet hatte, dass der A380 mit „guter Steigrate“ durchstartete, er die A320-Besatzung anwies, „Runway Heading“ zu halten und eine Verkehrsinformation bezüglich des A380 erteilte. Als der A380 seiner Einschätzung nach ausreichend Höhe gewonnen hatte, habe er den A320 angewiesen, die Linkskurve einzuleiten, um die vorgesehene Abflugroute einzuhalten. Er habe dem am Arbeitsplatz rechts neben ihm sitzenden Lotsen PLS gesagt: „Ich dreh meinen nach links.“

Der Lotse PLS sagte aus, dass er verstanden habe, er solle sein Flugzeug nach links drehen.

Nachdem der Lotse PLC bemerkt hatte, dass auch der A380 in südliche Richtung drehte, habe er mit seiner neuen Kursanweisung an den A320 den Abstand beider Luftfahrzeuge vergrößern wollen.

## 1.2 Personenschaden

Keiner

## 1.3 Schaden an den Luftfahrzeugen

An den Flugzeugen entstand kein Schaden.

## 1.4 Drittschaden

Keiner

## 1.5 Angaben zu Personen

### 1.5.1 Flugbesatzung des A380-800

Der 53-jährige verantwortliche Luftfahrzeugführer (PIC) war im Besitz einer vom Luftfahrt-Bundesamt am 11.11.1983 erstmalig ausgestellten Lizenz für Verkehrsflugzeugführer (ATPL(A)), gültig bis 08.08.2014, mit der Musterberechtigung für Airbus A380, gültig bis 30.05.2012, sowie der Instrumentenflugberechtigung (IR). Sein me-

dizinisches Tauglichkeitszeugnis Klasse 1 war bis 30.05.2012 gültig. Er hatte eine Gesamtflugerfahrung von ca. 18 700 Stunden, davon ca. 400 Stunden auf dem Muster.

Der Copilot war 33 Jahre alt und besaß eine erstmalig am 12.06.2001 durch das Luftfahrt-Bundesamt (LBA) ausgestellte Lizenz für Verkehrsflugzeugführer (ATPL(A)). Sein medizinisches Tauglichkeitszeugnis Klasse 1, erstmalig am 08.12.1998 ausgestellt, war bis zum 30.04.2012 gültig. Die Gesamtflugerfahrung betrug ca. 7 500 Stunden, davon 602 Stunden auf A380.

### 1.5.2 Flugbesatzung des A320-214

Der 31-jährige verantwortliche Luftfahrzeugführer war im Besitz einer erstmalig am 10.09.2003 durch die Zivilluftfahrtbehörde der russischen Föderation ausgestellten Lizenz für Verkehrsflugzeugführer mit der Musterberechtigung A319/320/321. Seine Gesamtflugerfahrung betrug ca. 4 596 Stunden, davon etwa 1 770 Stunden auf dem Muster.

Der 31-jährige Copilot hatte eine erstmalig am 24.06.2006 durch die Zivilluftfahrtbehörde der russischen Föderation ausgestellte Lizenz für Verkehrsflugzeugführer mit der Musterberechtigung A319/320/321. Die Gesamtflugerfahrung betrug 1 450 Stunden, davon 1 231 Stunden auf dem Muster.

### 1.5.3 Platzverkehrslotse PLS

Der 25-jährige Platzverkehrslotse besaß eine Lizenz für Flugplatzkontrolle mit Radar einschließlich Fluginformationsdienst (FIS), ausgestellt durch das Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (BAF). Er hatte für den Tower Frankfurt die Berechtigungen für den Arbeitsplatz PLS und für weitere Lotsenarbeitsplätze.

Er war seit 2007 in der Flugsicherungsorganisation und seit April 2008 am Tower Frankfurt als Platzverkehrslotse tätig.

Der Lotse hatte um 14:00 Uhr den Dienst angetreten und befand sich zum Ereigniszeitpunkt seit vier Minuten am Arbeitsplatz.

### 1.5.4 Platzverkehrslotse PLC

Der 49-jährige Platzverkehrslotse besaß eine Lizenz für Flugplatzkontrolle mit Radar einschließlich Fluginformationsdienst, ausgestellt durch das BAF. Er hatte für den Tower Frankfurt die Berechtigungen für den Arbeitsplatz PLC und für weitere Lotsenarbeitsplätze.

Er war seit 1979 in der Flugsicherungsorganisation und seit 1996 am Tower Frankfurt als Platzverkehrslotse tätig.

Der Lotse hatte ebenfalls um 14:00 Uhr den Dienst angetreten und befand sich zum Ereigniszeitpunkt seit drei Minuten an seinem Arbeitsplatz.

## 1.6 Angaben zu den Luftfahrzeugen

### 1.6.1 Airbus A380-800

Das Verkehrsflugzeug A380-800 ist ein Tiefdecker, der von vier Strahltriebwerken angetrieben wird. Die Tragflächen haben eine Spannweite von 79,80 m.

Hersteller:	Airbus
Muster:	A380-800
Werknummer:	070
Baujahr:	2011
MTOM:	560 000 kg
MLM:	386 000 kg
Triebwerke:	Rolls-Royce Trent 970

Das Flugzeug war in Deutschland zum Verkehr zugelassen und wurde von einem deutschen Luftfahrtunternehmen betrieben.

Die Flugmasse (gross weight) zum Zeitpunkt des Durchstartens betrug 383 494 kg. Das Flugzeug war mit einem *Traffic Alert and Collision Avoidance System* (TCAS) ausgerüstet.

### 1.6.2 Airbus A320-214

Das Verkehrsflugzeug Airbus A320 ist ein zweistrahliger Tiefdecker. Das Flugzeug hat eine Spannweite von 34,10 m.

Hersteller:	Airbus
Muster:	A320-214
Werknummer:	2116
Baujahr:	2003

MTOM: 78 000 kg

Triebwerke: CFM 56

Das Flugzeug war auf den Bermudas zum Verkehr zugelassen und wurde von einem russischen Luftfahrtunternehmen betrieben.

Aus den Flugdurchführungsunterlagen ging hervor, dass die Startmasse des Flugzeuges 63 900 kg betrug. Das Flugzeug war mit TCAS ausgerüstet.

## 1.7 Meteorologische Informationen

Die Störung ereignete sich bei Tageslicht. Zum Zeitpunkt des Ereignisses herrschten Sichtwetterbedingungen (VMC).

Es lag eine bis 19:00 Uhr geltende Windwarnung für den Flughafen Frankfurt/Main vor. Darin wurde vor südlichem Wind mit Geschwindigkeiten zwischen 20 und 25 kt, im Maximum 35-40 kt gewarnt. Der Wind sollte sich im Laufe des Tages weiter verstärken.

Laut der Routinewettermeldung (METAR) von 13:50 Uhr (12:50 UTC) herrschten folgende Wetterbedingungen:

Wind: 200°/18 kt, Böen bis 28 kt

Bewölkung: 5-7 Achtel in 2 500 ft AAL, 5-7 Achtel in 2 800 ft AAL

Sicht: mehr als 10 km

Temperatur: 7 °C

Taupunkt: 5 °C

Luftdruck (QNH): 1 001 hPa

## 1.8 Navigationshilfen

Nicht betroffen.

## 1.9 Funkverkehr

Der Funkverkehr wurde aufgezeichnet und stand als Umschrift für die Untersuchung zur Verfügung.

Die A380-Besatzung stand mit dem Lotsen PLS über die Frequenz 119,900 MHz, die des A320 auf 118,775 MHz mit dem Lotsen PLC in Verbindung.

Der Tower Frankfurt verfügte nicht über eine Raumtonaufzeichnungsanlage im Sinne der Empfehlung in ICAO Annex 11.

## 1.10 Angaben zum Flugplatz

Der Flughafen Frankfurt/Main verfügt über drei parallel verlaufende Start- und Landebahnen in der Ausrichtung 069°/249°. Die in einem seitlichen Abstand von ca. 520 m verlaufenden Start- und Landebahnen 07R/25L und 07C/25C haben eine Länge von jeweils 4 000 m und eine Breite von 45 m bzw. 60 m. Die für Landungen verfügbare Piste 07L/25R ist 2 800 m lang und 45 m breit. Für Starts steht zudem die 4 000 m lange und 45 m breite Piste 18 zur Verfügung. Der Flughafenbezugspunkt liegt in einer Höhe von 364 ft AMSL.

## 1.11 Flugdatenaufzeichnung

Die Radardaten des Fluges wurden aufgezeichnet und standen der BFU zur Verfügung.

Beide Flugzeuge waren mit Cockpit Voice Recorder (CVR) und Flugdatenschreiber (FDR) ausgerüstet. Die Aufzeichnungen standen nicht zur Auswertung zur Verfügung.

Daten der Quick Access Recorder (QAR) beider Flugzeuge lagen der BFU für die Untersuchung der Schwere Störung vor.

## 1.12 Unfallstelle und Feststellungen am Luftfahrzeug

Nicht betroffen.

## 1.13 Medizinische und pathologische Angaben

Nicht betroffen.

## 1.14 Brand

Es entstand kein Brand.

## 1.15 Überlebensaspekte

Nicht betroffen.

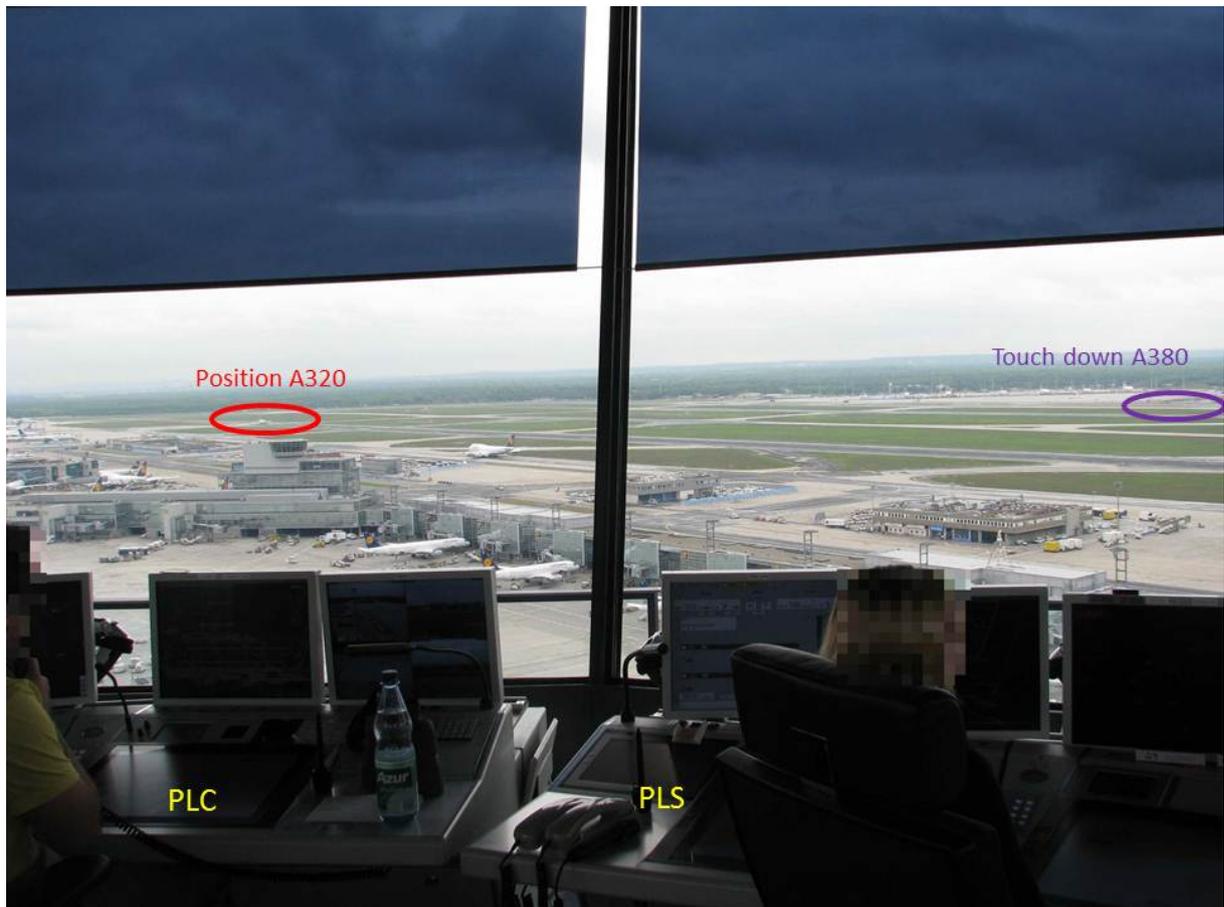
## 1.16 Versuche und Forschungsergebnisse

Nicht betroffen.

## 1.17 Organisationen und deren Verfahren

Etwa sieben Wochen vor dem Ereignis war am Flughafen Frankfurt/Main die im Nordwesten des Flughafengeländes neu gebaute Landebahn in Betrieb genommen worden.

Mit der Inbetriebnahme der Landebahn Nordwest (Piste 07L/25R) traten umfangreiche Änderungen auch in der Flugverkehrskontrolle in Kraft. Im Tower arbeiteten bis zu vier Platzverkehrslotsen. Der Betrieb auf den Pisten 07C/25C und 07R/25L wurde auf verschiedenen Funkfrequenzen von jeweils einem Platzverkehrsloten bearbeitet.



Lotsenarbeitsplätze PLC (links) und PLS (rechts)

Foto: BFU

Die Durchführung des Flugsicherungsbetriebes am Flughafen Frankfurt war in folgenden Vorschriften der Flugsicherungsorganisation geregelt:

- Betriebsanweisung-Flugverkehrskontrolldienst (BA-FVD)
- Betriebsanordnungen (BAO) als Ergänzung und örtliche Umsetzung der BA-FVD

### 1.17.1 Betriebsanweisung-Flugverkehrskontrolldienst (BA-FVD)

In der BA-FVD war unter anderem festgelegt, dass in Flugplatznähe Staffelungsmi-  
nima herabgesetzt werden können, wenn der Platzverkehrslotse für einen angemessenen Abstand zwischen den Luftfahrzeugen sorgt und alle beteiligten Luftfahrzeuge ständig beobachten kann.

Unter der Überschrift Staffelung bei Wirbelschleppen enthielt die BA-FVD Festlegungen zu Staffelungsmindestwerten zur Vermeidung der durch Wirbelschleppen verursachten Gefahren. Die Staffelungsmindestwerte waren für die jeweilige Gewichtsklasse (Heavy, Medium bzw. Light) des vorausfliegenden und des nachfolgenden Luftfahrzeuges vorgeschrieben.

Die für den Airbus A380 in und unterhalb FL100 geltenden Staffelungsmindestwerte waren wie folgt festgelegt:

Vorausfliegendes Lfz.	Nachfolgendes Lfz.	Staffelungsminima
A388 / HEAVY (kein A388)	A388	nicht erforderlich
A388	HEAVY (kein A388)	6 NM
A388	MEDIUM	7 NM
A388	LIGHT	8 NM

Diese Staffelungsmindestwerte waren anzuwenden unter anderem, wenn

- ein Luftfahrzeug sich direkt hinter einem vorausfliegenden Luftfahrzeug in derselben Flughöhe oder weniger als 1 000 ft darunter befindet,
- beide Luftfahrzeuge dieselbe Piste oder Parallelpisten, die weniger als 760 m voneinander entfernt sind, benutzen.

Die Staffelungsmindestwerte brauchten nicht angewendet zu werden, wenn

- der Luftfahrzeugführer des nachfolgenden Luftfahrzeuges erklärt hat, dass er das vorausfliegende Luftfahrzeug in Sicht hat und selbst für einen entsprechenden Abstand sorgt,
- der Luftfahrzeugführer des nachfolgenden Luftfahrzeuges auf Wirbelschleppenstaffelung verzichtet,
- das Gebiet, in dem Wirbelschleppen erwartet werden, nicht durchflogen wird.

### 1.17.2 Betriebsanordnung (BAO) für den Tower Frankfurt/Main

Es war in der BAO festgelegt, dass im 4-Pisten-Betrieb am Flughafen Frankfurt Starts grundsätzlich auf den Pisten 18 und 07C/25C und Landungen grundsätzlich auf den Pisten 07L/25R und 07R/25L erfolgen sollten.

## **5.4 Fehlanflugverfahren**

### **5.4.1 Im Falle eines Fehlanfluges**

- *unter den Bedingungen reduzierter Radarmindeststaffelung im Endanflug oder*
- *bei Anwendung herabgesetzter Staffelung in Flugplatznähe oder*
- *unter den Bedingungen des unabhängigen parallelen Abflugbetriebs*

*ist TWR für eine hieraus resultierende Staffelungsunterschreitung nicht verantwortlich. Es ist schnellstmöglich Staffelung nach BA-FVD zu erstellen.*

*Anmerkung: Eine Abweichung vom Standardfehlanflug kann jederzeit notwendig sein, um Staffelung herzustellen oder aufrecht zu erhalten. Eine Abweichung ist nicht notwendig um abfliegenden Verkehr zu bevorzugen. Sofern es die Verkehrslage gefahrlos erlaubt, kann davon Gebrauch gemacht werden. Grundsätzlich ist jedoch abfliegender Verkehr einem Standardfehlanflugverfahren unterzuordnen.*

*5.4.2 Ein Fehlanflug soll unter Nennung der Pistenbezeichnung vom zuständigen Lotsen umgehend und laut in der TWR-Kanzel ausgerufen werden.*

*[...]*

### **6.1.4 Abflüge RWY 25C mit südabdrehendem Kurs vs. Fehlanflüge RWY 25L**

*6.1.4.1 Ein Release muss zwischen den zuständigen Lotsen PLC und PLS nicht zwingend koordiniert werden, jedoch darf der Startlauf RWY 25C nicht begonnen werden, solange sich ein anfliegenderes LFZ innerhalb der markierten Tabuzone des Endanfluges 25L befindet.*

*6.1.4.2 Die Tabuzonenaufgabe allein ist kein Garant für ausreichende Staffelung im Falle eines Fehlanfluges RWY 25L. Zusammen mit den anderen zusätzlichen Instrumenten unter „Allgemeines“, ist sie lediglich als Mindestvoraussetzung anzusehen, um ggf. die erforderliche Radar- bzw. Wirbelschleppenstaffelung schnellstmöglich herstellen zu können.*

*[...]*

### **6.1.9 Abflüge RWY 18 vs. möglicher Fehlanflüge RWY 25L**

6.1.9.1 Wenn nach Einschätzung der verantwortlichen Platzverkehrslotsen aufgrund der Wetterlage mit vermehrten Fehlanflügen RWY 25L zu rechnen ist, müssen Abflüge von Piste 18 die verlängerte Pistenachse 25L passiert haben, bevor Anflüge die Schwelle 25L überfliegen.

[...]

### **6.4 Gleichzeitiger und in gleicher Richtung verlaufender Flugbetrieb auf den Parallelpisten**

#### **6.4.1 Anflüge**

Der unabhängige parallele Anflug ist die grundsätzliche Betriebsart für Anflüge. In Fällen in denen kein unabhängig paralleler Anflugbetrieb stattfindet, können die Regeln zur Herabsetzung der Staffelung in Flugplatznähe angewendet werden. Ein Überholen ist dann nur mit Einverständnis des vorausfliegenden Luftfahrzeuges zulässig.

#### **6.4.2 Abflüge**

6.4.2.1 Der gleichzeitige Start zweier Luftfahrzeuge von der Center- und Südpiste ist nur zulässig, wenn:

- die Wetterbedingungen eine Sichtverbindung zwischen beiden Luftfahrzeugen bis zur Einleitung einer IFR-Staffelung zulassen und
- Verkehrsinformationen an beide Luftfahrzeugführer erteilt werden und
- aufgrund der verwendeten Abflugstrecken (SID) weder eine Flugwegkreuzung, noch ein Zusammenlaufen der SIDs innerhalb 3 NM, noch ein paralleler Flugweg von mehr als 3 NM nach dem Start vorgegeben sind.

### **6.6 Wirbelschleppenstaffelung**

6.6.1 Es gelten die in der BA-FVD festgelegten Verfahren und Staffelungsmindestwerte. Sofern die Vorgaben eingehalten werden, können Luftfahrzeugführer auf diese Staffelungsmindestwerte verzichten oder erklären, dass sie bei

*Sichtkontakt zum vorausfliegenden Luftfahrzeug selbst für einen entsprechenden Abstand sorgen.*

*6.6.2 Bei Ausfall von Radar in der Platzkontrolle sind anstelle der vorgeschriebenen Entfernungswerte folgende zeitliche Mindestabstände einzuhalten:*

Start auf der selben bzw. parallelen Piste, oder Start RWY 18 nach Landung RWY 07R		
LFZ voraus	Nachfolger	Minimum
WTC M	WTC L	2 Min.
H	M / L	2
H	H	2
A388	M / L	3
A388	H	2

Start auf der derselben bzw. parallelen Piste und Nachfolger hat kürzere TORA		
LFZ voraus	Nachfolger	Minimum
WTC M	WTC L	3 Min.
H	M / L	3
H	H	2
A388	M / L	4
A388	H	2

Zeitliche Staffelung bei Radarausfall in der Platzkontrolle Quelle: Flugsicherungsorganisation

In der BAO waren die einzelnen Arbeitsplätze und die Aufgaben der Lotsen ausführlich beschrieben.

Für den Arbeitsplatz PLS war unter anderem festgelegt:

Der Zuständigkeitsbereich des Platzverkehrslotsen PLS umfasste im Luftraum hauptsächlich den An- und Abflugbereich der Südpiste innerhalb der Kontrollzone sowie den südöstlichen Bereich einschließlich Piste 07R/25L und Sektor Egelsbach. Am Boden war er unter anderem für die Piste 07R/25L und die angeschlossenen Rollbahnen zuständig.

Teil seiner Hauptaufgaben waren das Herstellen von Staffelung mit Radar bzw. angemessener Abstände nach Sicht gemäß örtlicher BAO und lokaler Absprache (LoA). Dazu gehörten auch die Kontrolle und Beobachtung des Luftraums und des

Rollfeldes nach Sicht und Radar sowie die Absprache mit den anderen Platzverkehrsleuten über die Verfahrensweise in allen staffelungsrelevanten Bereichen.

In seiner Rollenbeschreibung war die Abflugkoordination mit anderen betroffenen Platzverkehrsleuten, der militärischen Platzkontrollstelle Wiesbaden TWR, Langen Information oder Egelsbach Info als weitere Aufgabe festgelegt. Er war zuständig für die Staffelung und Abstandsgewährleistung untereinander und zum Verkehr der anderen Pisten nach Absprache mit den anderen zuständigen Platzverkehrsleuten. Bei Fehlanflügen bestand seine Aufgabe in deren Kontrolle, Überwachung sowie Koordination mit den anderen Platzverkehrsleuten und Langen Radar (EDDF APP) wegen sofort zu treffender Maßnahmen.

Für den Arbeitsplatz PLC waren unter anderem folgende Festlegungen getroffen:

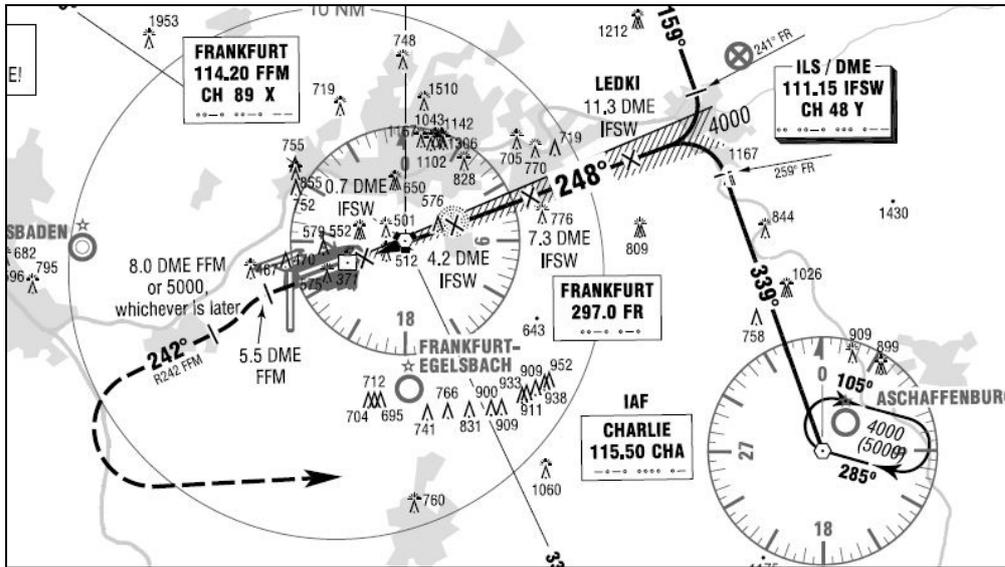
Der Platzverkehrsleut PLC war danach hauptsächlich zuständig für den Luftraum des An- und Abflugsektors der Piste 07C/25C innerhalb der Kontrollzone einschließlich der Piste. Am Boden umfasste sein Zuständigkeitsbereich die Piste 07C/25C und die angeschlossenen Rollbahnen, auf der Nordseite bis zur Zuständigkeitsgrenze zum Vorfeld und südlich bis zur Verbindungslinie der dortigen CAT-II/III-Rollhalte.

Eine seiner Hauptaufgaben war das Erstellen von Staffelung mit Radar nach der örtlichen BAO und die Absprache mit PLS und PLW über die Verfahrensweise in allen staffelungsrelevanten Bereichen.

Zu seinen Aufgaben gehörte die Erteilung von Startfreigaben für Abflüge 07C/25C nach IFR und VFR sowie die Staffelung des Verkehrs untereinander und zum Verkehr der anderen Pisten nach Absprache mit den anderen zuständigen Platzverkehrsleuten.

### 1.17.3 Fehlanflugverfahren Piste 25L

Das Standardfehlanflugverfahren für den Instrumenten-Landesystem-Anflug der Piste 25L sah vor, geradeaus den Steigflug durchzuführen bis zu einer Entfernung von 5,5 NM zum DVORTAC FFM, dann eine Linkskurve auf die Radiale 242 des DVORTAC FFM bis zu einer Entfernungsanzeige von 8,0 NM bzw. einer Höhe von 5 000 ft AMSL je nachdem welches später erreicht wird, danach eine Linkskurve in Richtung des VOR CHA.



Auszug Standardfehlanflug Piste 25L

Quelle: AIP

#### 1.17.4 Abflugverfahren Piste 25C

Im Zusammenhang mit der Inbetriebnahme der vierten Bahn am Flughafen Frankfurt/Main wurde für die Betriebsrichtung 25 die sogenannte Südumfliegung (Oberbegriff für Abflugstrecken von den Pisten 25 in nord- und nordwestliche Richtung) eingeführt, bei der abfliegende Luftfahrzeuge der Gewichtsklassen Medium (M) und Light (L) kurz nach Überflug der Piste 18 zunächst in südliche Richtung drehen sollen.

Die Standardabflugroute (SID) TOBAK1M sah vor, in Startrichtung zu steigen, bis zu einer Entfernung von 5,0 NM DME FFM bzw. 2,0 NM DME FRD oder einer Höhe von 800 ft je nachdem, welches später eintrifft. Danach sollte in einer Linkskurve mit maximal 185 KIAS bis auf einen Kurs über Grund (Track) von 195° gedreht und mit diesem Track bis zu einer Entfernungsanzeige von 10,1 DME FFM geflogen werden. An diesem Punkt sollte die Höhe 2 500 ft oder mehr betragen. Im Weiteren sollte dann in mehreren Rechtskurven zunächst in nordwestliche und dann in nordöstliche Richtung zum Bedarfsmeldepunkt TOBAK geflogen werden.

### 1.17.5 Sicherheitsbewertung durch die Flugsicherungsorganisation

Die Flugsicherungsorganisation hatte in Vorbereitung der Inbetriebnahme der vierten Bahn (Landebahn 07L/25R) in Frankfurt eine umfangreiche Sicherheitsbewertung des 4-Bahnen-Betriebes durchgeführt, die im Mai 2011 abgeschlossen wurde. Dabei wurden die für die verschiedenen Betriebszustände und -richtungen existierenden bzw. entstehenden Flugsicherheitsrisiken ermittelt und analysiert. Für verschiedene Risiken wurden Maßnahmen festgelegt, die der Risikoreduzierung dienen sollten. Diese Maßnahmen beinhalteten beispielsweise Verfahrensfestlegungen, Personalplanung und Training im Towersimulator.

Zu den analysierten Flugsicherheitsrisiken zählten u.a. auch Szenarien einer Annäherung von Luftfahrzeugen während eines Fehlanfluges auf der Piste 25L, während eines Abfluges von der Piste 25C unter Sicht- bzw. Instrumentenflugbedingungen, einer Annäherung zwischen Abflügen auf den Pisten 25L oder 25C und Abflügen von der Piste 18. Als Maßnahme zur Risikominimierung wurde beispielsweise festgelegt, dass ein Start auf der Piste 25C erst erfolgen soll, wenn der Anflug auf die Piste 25L aufgesetzt hat und/oder nachfolgender Verkehr nicht weniger als 6 NM entfernt ist. Diese sogenannte "no-fly zone" oder „Tabuzone“ wurde am Arbeitsplatz der Towerlotsen auf dem Bildschirm dargestellt. Dadurch sollte ein zeitlicher Versatz erreicht werden, der eine laterale Staffelung von 3 NM und/oder 1 000 ft vertikal gewährleistet. Mit dieser Maßnahme wurde die Klassifizierung von ursprünglich Klasse C (tolerierbar) auf D (akzeptabel) heruntergestuft. Im Rahmen der Sicherheitsbewertung wurde auch die Vorgabe einer festen Mindeststaffelung erwogen, jedoch aufgrund variabler Werte wie Wind und anderer Wetterbedingungen sowie verschiedener Luftfahrzeugmuster, und zugunsten einer flexibleren Möglichkeit der Anwendung und einer geringeren Kapazitätseinschränkung verworfen.

Auch die kreuzenden Abflugstrecken selbst wurden dabei als Risikofaktor herausgearbeitet. Dabei wurde beschrieben, dass *„[...] ein Großteil der Abflugstrecken von Piste 25C in den ersten 30 Sekunden nach dem Abheben die Fehlanflugstrecke der Piste 25L kreuzt oder sich an die der Piste 25R stark annähert. Kommt es zu einem Fehlanflug, geschieht dies zumeist ohne Vorwarnung und macht in dieser Konstellation das schnelle Eingreifen eines Lotsen erforderlich, um Staffelung zu Abflügen herzustellen. Da sich beide beteiligten Luftfahrzeuge zu dieser Zeit in kritischen Flugphasen befinden, sind die Optionen für Ausweichmanöver zudem begrenzt. Grundsätzlich sind für die Piloten ungeplante Manöver in diesen Flugphasen selbst ein Sicherheitsrisiko, wie sich bei der Bedrohungsanalyse herausstellte.“* Eine mögli-

che Entzerrung der Abflugstrecken der Piste 25C und der Fehlanflugstrecken der Anflüge der Pisten 25L und 25R wurden als effektive Maßnahme zur Risikominderung gesehen, aber in der Umsetzung nicht absehbar bezeichnet. In der Sicherheitsbewertung wurde das verbleibende Risiko mit Stufe C klassifiziert. Das bedeutete, dass das Risiko nur mit Zustimmung der übergeordneten betrieblichen Einheit getragen werden sollte.

Laut Sicherheitsbewertung war vorgesehen, im Frühjahr 2012 eine „*vollständige und systematische Überarbeitung der Sicherheitsbewertung oder Validierung*“ durchzuführen.

#### 1.17.6 Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (BAF)

Das am 9. August 2009 gegründete BAF gliederte sich in die Referate Wirtschaftsaufsicht; Sicherheitsaufsicht Flugsicherungsorganisationen und Flugsicherungspersonal, Sicherheitsaufsicht Flugsicherungstechnik, Luftraum, Flugverfahren und Recht sowie Zentrale Verwaltung.

Das Referat Sicherheitsaufsicht Flugsicherungsorganisationen und Flugsicherungspersonal des BAF verfügte über 14 Mitarbeiter und war für die Zertifizierung, das Berichts- und Meldewesen, den Bereich Notification of Change und die Air Proximity Evaluation Group (APEG) zuständig. Für den Bereich Aufsicht waren fünf Auditoren tätig.

Im Referat Luftraum, Flugverfahren und Recht wurden Flugverfahren festgelegt und als Rechtsverordnung erlassen.

Als Bestandteil ihres Sicherheitsmanagementsystems haben die Flugsicherungsorganisationen bei geplanten Änderungen in sicherheitsrelevanten Bereichen entsprechende Sicherheitsbewertungen zu erstellen und gegebenenfalls dem BAF vorzulegen. Die Sicherheitsbewertung der Flugsicherungsorganisation zum 4-Bahnen-Betrieb wurde dem BAF am 19.05.2011 vorgelegt. Die geplante sogenannte Südumfliegung am Flughafen Frankfurt/Main war ohne Auflagen genehmigt worden.

Laut BAF hatte die Flugsicherungsorganisation bis September 2012 noch keine Validierung seiner Sicherheitsbewertung aufgrund der Schwere Störung vorgelegt.

## 1.18 Zusätzliche Informationen

In den Flight Operations Briefing Notes, Ausgabe Wake Turbulence Awareness / Avoidance hat der Flugzeughersteller Airbus Informationen über die Entstehung und den Umgang mit Wirbelschleppen veröffentlicht.

*The main characteristics of aircraft wake vortices are:*

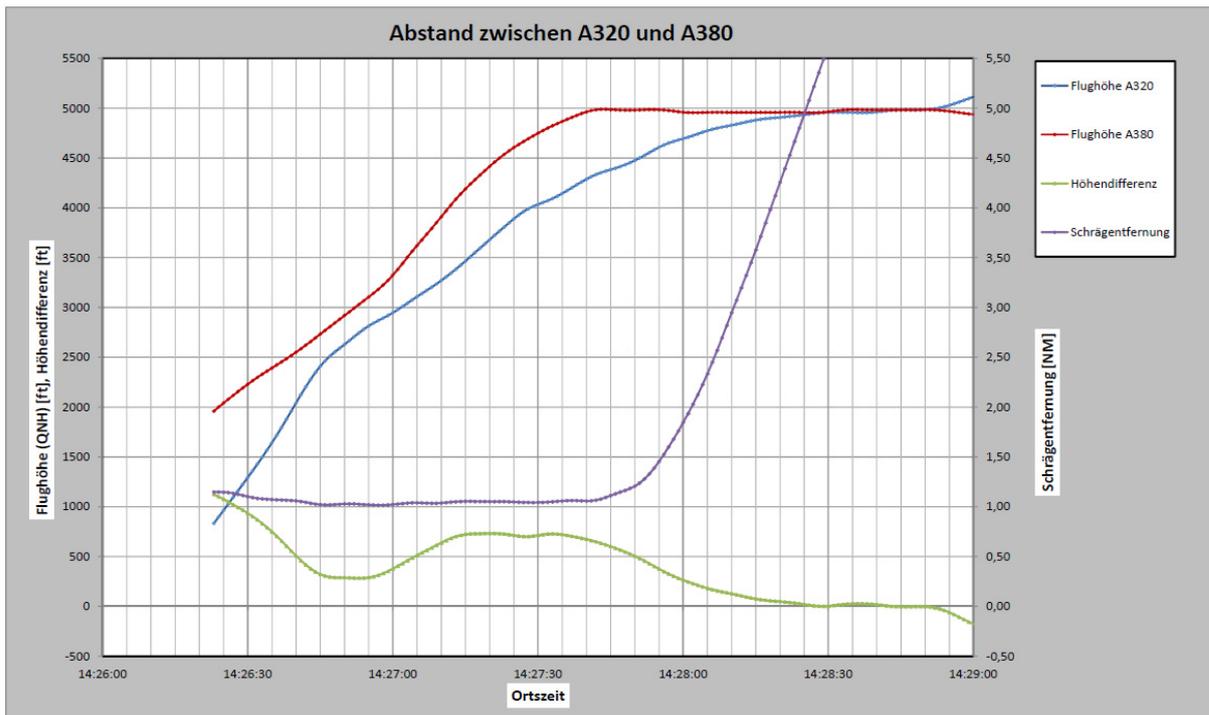
- *Sink rate: 300 to 500 feet/minute*
- *Stabilization at 500 to 900 feet under the aircraft at the origin of the vortices*
- *Lateral movement at 5 knots, when reaching the ground*
- *Life span:*
  - *Approximately 30 seconds, with a wind speed between 5 and 10 knots*
  - *Up to 85 seconds, when the wind speed is less than 5 knots*
  - *Up to 100 seconds in still air.*

Die Veröffentlichung enthielt auch Hinweise bezüglich der Vermeidung des Einfluges in Wirbelschleppen (Wake vortex avoidance strategy). Für den Start und die Steigflugphase waren die folgenden Punkte aufgeführt:

- *When the flight crew identifies the factors that increase the life span of wake turbulence, they should request a 2 to 3 minute delay in takeoff.*
- *If possible, the flight crew must ensure that the aircraft climbs above the leading aircraft trajectory. If not, the aircraft must remain upwind of the leading aircraft trajectory.*
- *Headings that may lead the aircraft to cross the preceding aircraft trajectory, behind and below the leading aircraft, should be avoided.*

## 1.19 Nützliche oder effektive Untersuchungstechniken

Zur Veranschaulichung wurden anhand der Radardaten die aus den Positions- und Höhenangaben resultierende vertikale und laterale Annäherung der beiden Flugzeuge grafisch dargestellt.



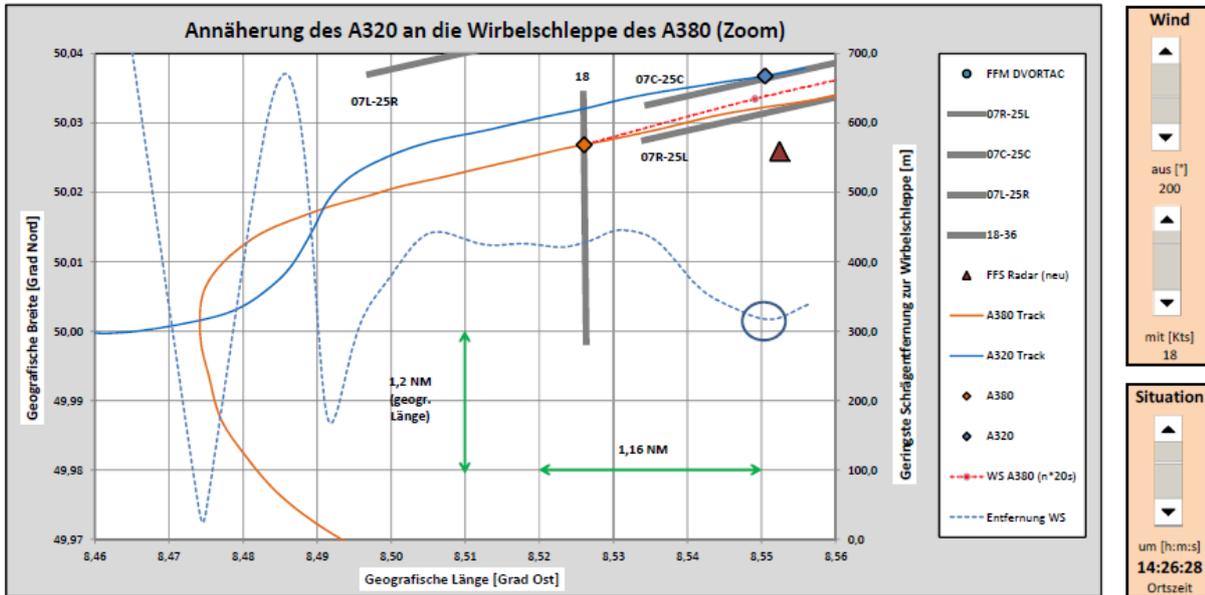
Abstände zwischen den Flugzeugen

Quelle: BFU

Die Radardaten zeigten, dass von 14:26:22 Uhr an der laterale Abstand der beiden im Steigflug befindlichen Flugzeuge sich bis auf etwa eine nautische Meile verringerte. Die Höhendifferenz der Luftfahrzeuge hatte zunächst mehr als 1 000 ft betragen und sich bis ca. 14:26:45 Uhr auf etwa 200 ft reduziert. Zehn Sekunden später begann die Höhendifferenz sich zu vergrößern und erreichte um 14:27:30 Uhr ca. 800 ft. Um 14:27:40 Uhr hatte der A380 eine Höhe von 5 000 ft AMSL erreicht. Ab diesem Zeitpunkt begann sich der laterale Abstand der Flugzeuge kontinuierlich zu vergrößern. Um 14:28:30 Uhr hatte der A320 die Flughöhe von 5 000 ft AMSL erreicht. Der horizontale Abstand zum A380 lag zu diesem Zeitpunkt bei ca. 5,5 NM.

Auf der Grundlage der Radardaten und der vorliegenden Windangaben wurden die Ausbreitung der Wirbelschlepe des A380 und die Annäherung des A320 berechnet und grafisch dargestellt.

Als um 14:26:28 Uhr der A380 die Startbahn 18 überflog, betrug der Abstand zwischen dessen Wirbelschlepe und dem A320 ca. 320 m.



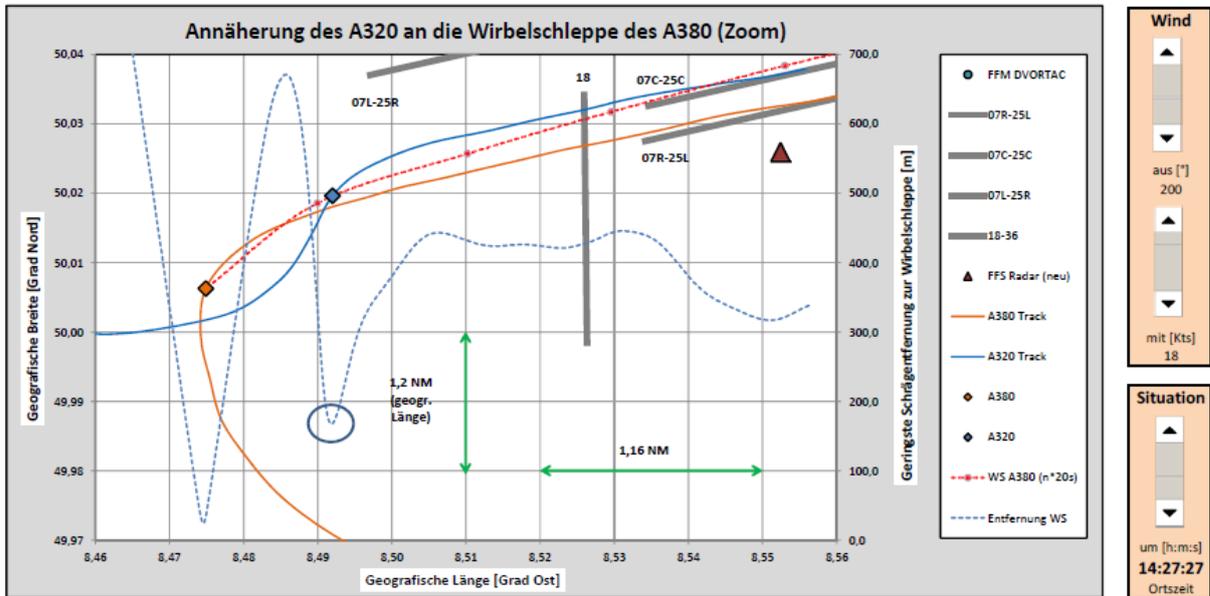
		Entstehungshöhe der Wirbelschlepe									
WS-Alter	0s	20s	40s	60s	80s	100s	120s	140s	160s	180s	
Entst. in [ft]	2155	1112	367	453	692	0	0	0	0	0	

Flughöhe [ft]		Distanz A320/A380	
A320	A380	1,13	NM
1160	2155	995	ft

Situation um 14:26:28 Uhr

Quelle: BFU

Um 14:27:27 Uhr, als beide Flugzeuge begonnen hatten in südliche Richtung zu kurven, verringerte sich der Abstand des A320 zur Wirbelschlepe des A380 auf etwa 180 m.



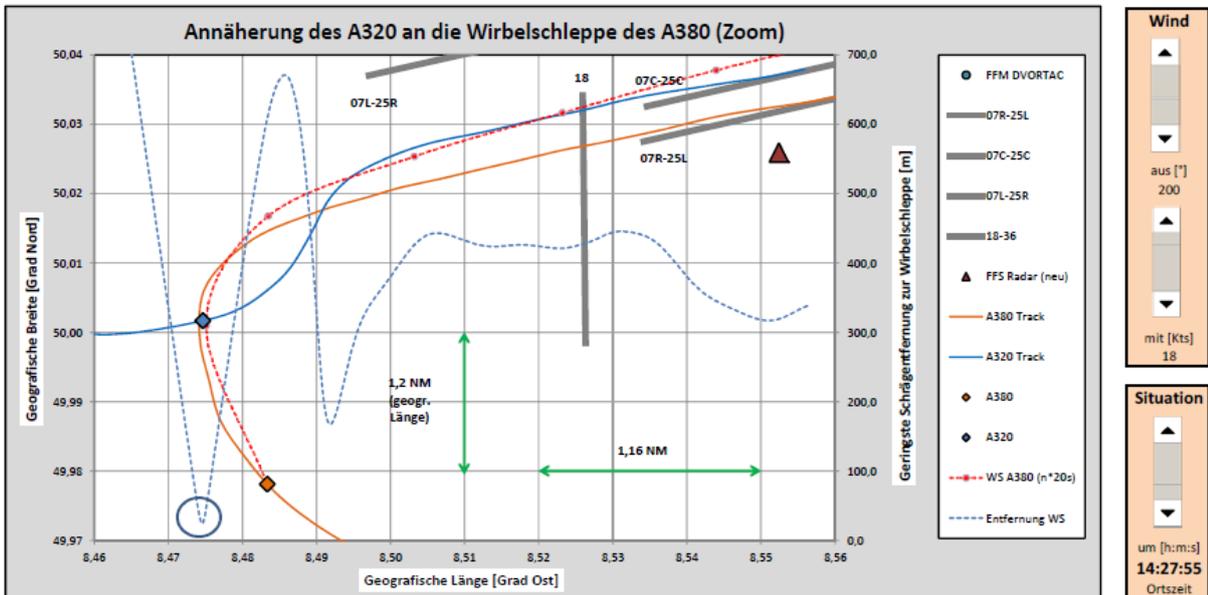
WS-Alter	Entstehungshöhe der Wirbelschlepe									
	0s	20s	40s	60s	80s	100s	120s	140s	160s	180s
Entst. in [ft]	4665	3735	2807	2117	1074	351	469	709	0	0

Flughöhe [ft]		Distanz A320/A380	
A320	A380	1,04	NM
3962	4665	703	ft

Situation um 14:27:27 Uhr

Quelle: BFU

Um 14:27:55 Uhr, als der A320 nach rechts in westliche Richtung kurvt, erreichte der Abstand zur Wirbelschlepe einen Wert von etwa 30 m.



		Entstehungshöhe der Wirbelschlepe									
WS-Alter	0s	20s	40s	60s	80s	100s	120s	140s	160s	180s	
Entst. in [ft]	4985	4867	4190	3105	2392	1495	609	361	598	0	

Flughöhe [ft]		Distanz A320/A380	
A320	A380		
4607	4985	1,45	NM
		377	ft

Situation um 14:27:55 Uhr

Quelle: BFU

## 2. Beurteilung

### 2.1 Allgemeines

Die beiden Flugzeuge hatten sich bis auf 0,97 NM horizontal und 200 ft vertikal angenähert. Damit waren die Mindeststaffelungswerte deutlich unterschritten. Aus Sicht der BFU ergab sich aus der Position der Flugzeuge zueinander in Verbindung mit der geringen Differenz der Fluggeschwindigkeiten keine unmittelbare Kollisionsgefahr.

Die Berechnungen der BFU zeigten jedoch, dass unter den herrschenden Wetterbedingungen für den A320 das Risiko eines Einfluges in die Wirbelschlepe des A380 bestand. Ein Einflug in die Wirbelschlepe eines Luftfahrzeuges kann zu plötzlichen Lageänderungen des einfliegenden Luftfahrzeuges bis hin zu einem Kontrollverlust führen. In der Steigflugphase beim Start bzw. Durchstarten sind die Luftfahrzeuge in der entsprechenden Landeklappen- und Vorflügelklappenstellung konfiguriert und befinden sich zudem in Bodennähe.

International gibt es ebenfalls Unfälle und Schwere Störungen in Verbindung mit Wirbelschleppen. Der BFU sind Fälle bekannt, bei denen Flugzeuge vergleichbarer Gewichtskategorie trotz Einhaltung der Staffelungskriterien in den Einfluss von Wirbelschleppen gerieten, die zu plötzlichen und deutlichen Fluglage- und Höhenänderungen führten.

### 2.2 Flugbetriebliche Aspekte

#### 2.2.1 Airbus A380

Aus Sicht der A380-Besatzung ergab sich unmittelbar vor dem Aufsetzen auf der Landebahn die Notwendigkeit, ein Durchstartmanöver einzuleiten. Die Entscheidung wurde damit begründet, dass ihr ein Aufsetzen innerhalb der Aufsetzzone nicht sichergestellt schien.

Die vom QAR aufgezeichneten Daten zeigten, dass das Flugzeug aufgesetzt hatte, bevor das Durchstarten eingeleitet wurde.

Die Masse des Flugzeuges lag geringfügig unterhalb der höchstzulässigen Landemasse (MLM). Mit der gewählten Konfiguration 3 waren die Landeklappen und Vorflügel (Flaps Slats) nicht voll ausgefahren.

### 2.2.2 Airbus A320

Fünfzehn Sekunden nachdem der Lotse mit der Erteilung der Startfreigabe begonnen hatte und zwölf Sekunden nachdem der A380 begonnen hatte in den Steigflug überzugehen, begann der A320 den Startlauf.

Die vorliegenden QAR-Daten zeigen, dass die Besatzung des A320 die Startfreigabe ohne besondere Zeitverzögerungen umsetzte und den Startlauf begann.

Für die Piloten des A320 bestand wegen der verschiedenen Frequenzen keine Möglichkeit, die Funksprüche zwischen der Besatzung des A380 und dessen Platzlotsen (PLS) mitzuhören.

Es ist wahrscheinlich, dass während des Startlaufes der steuernde Pilot nach außen in Richtung der Pistenmittellinie schaute und der andere Pilot auf die Anzeigen der Cockpitinstrumente fokussiert war. Ob einer der beiden während des Startlaufes den A380 wahrnahm, konnte nicht festgestellt werden. Den Piloten wäre bis zum Erreichen der Entscheidungsgeschwindigkeit  $V_1$ , etwa 20 Sekunden nach Beginn des Startlaufs, ein Startabbruch grundsätzlich jederzeit möglich gewesen. Ein solcher wurde durch den Lotsen jedoch nicht angeordnet und die Besatzung hatte auch von sich aus sich nicht für einen Startabbruch entschieden.

Die innerhalb der ersten 30 Sekunden nach dem Abheben des A320 erreichte Steigrate von maximal 4 656 ft/min war ein ungewöhnlich hoher Wert, der dazu beitrug, dass sich der Vertikalabstand der Flugzeuge in dieser Phase deutlich verringerte. Die Steigrate des A320 wurde danach wieder verringert.

Die Auswertung der QAR-Daten des A320 und die Aussagen der Besatzung zeigen, dass das Flugzeug nicht in die Wirbelschleppe des A380 eingeflogen ist.

## 2.3 Flugsicherungsbetriebliche Aspekte

Im Zeitraum des Ereignisses hatte der Tower Frankfurt ein eher geringes Verkehrsaufkommen zu bewältigen.

Sowohl der Lotse PLS als auch der Lotse PLC waren zum Zeitpunkt der Schwere Störung erst seit wenigen Minuten am Arbeitsplatz gewesen.

Aufgrund der Tatsache, dass der Tower Frankfurt nicht über eine Raumtonaufzeichnungsanlage verfügte, waren Ablauf, Art und Inhalt der Kommunikation und Koordination in der Platzkontrollstelle nicht in vollem Umfang nachvollziehbar. Die Rekonstruktion der Abläufe im Tower konnte daher allein auf Basis der Aussagen der Lotsen und der Funk- und Radaraufzeichnungen erfolgen. Eine technische Einrichtung zur Raumtonaufzeichnung gemäß der Empfehlung in ICAO Annex 11 hätte zur Klärung des Sachverhalts wesentlich beitragen können.

### 2.3.1 Arbeitsplatz PLS

Als der Lotse PLS durch den an Höhe gewinnenden und beschleunigenden A380 auf das Durchstartmanöver aufmerksam geworden war, forderte er dessen Besatzung auf, den Standard Missed Approach zu fliegen. Der entsprechende Funkspruch begann 23 Sekunden, nachdem der A380 begonnen hatte, durchzustarten. Laut BAO hätte er in der Platzkontrollstelle vernehmlich „*Missed Approach* Piste 25L“ ausrufen müssen, um die an den anderen Arbeitsplätzen tätigen Lotsen darauf aufmerksam zu machen. Der BFU liegen keine Aussagen vor, die einen solchen Ausruf belegen. Darüber hinaus war es seine Aufgabe, unverzüglich den Fehlanflug des A380 mit dem zuständigen Lotsen der kurze Zeit später zu überfliegenden Startbahn 18 und mit der Anflugkontrolle zu koordinieren.

In der Absicht, dadurch den Abstand zu dem abfliegenden A320 zu vergrößern, hatte der Lotse geplant, den A380 nicht gemäß Standardfehlanflugverfahren nach links zunächst auf die Radiale 242, sondern gleich weiter in südliche Richtung kurven zu lassen.

Die Worte des Lotsen PLC „ich dreh meinen nach links“ wurden von ihm missverstanden als Aufforderung sein Flugzeug, den A380 anzuweisen, nach links zu kurven. Dies stimmte auch mit seinem gedanklichen Modell zur Lösung des Konflikts überein.

Nach Ansicht der BFU war der Ansatz geeignet, schnell für einen sich stetig vergrößernden Abstand zwischen den Flugzeugen zu sorgen.

### 2.3.2 Arbeitsplatz PLC

Der Lotse PLC hatte den landenden A380 kurz vor dem Aufsetzen beobachtet und, weil er überzeugt war, dass dessen Landung erfolgreich verlaufen würde, sich wieder auf den startbereiten A320 konzentriert und diesem die Startfreigabe erteilt. Es ist

sehr wahrscheinlich, dass er seinen Blick dabei auf den A320 richtete, mit dessen Besatzung er über Funk kommunizierte. Dabei war ihm entgangen, dass der A380 währenddessen begonnen hatte, durchzustarten. Nach Angaben der Flugsicherungsorganisation ist ein Durchstartmanöver nach Überflug der Landbahnschwelle äußerst selten. Insofern ging der Lotse aufgrund seiner betrieblichen Erfahrung davon aus, dass das Flugzeug auch landen würde und verzichtete darauf weiter abzuwarten. Es ist wahrscheinlich, dass seine Motivation darin bestand, dem A320 einen zügigen Abflug zu ermöglichen.

Während des Startlaufs des A320 bis zum Abheben erfolgten keine Anweisungen des Lotsen.

Als der Lotse PLC die A320-Crew mit den Worten „... proceed on runway heading, proceed on runway heading three eighty from the southern runway has pulled up“ aufforderte den Pistenkurs zu halten, befand sich der A320 seit neun Sekunden in der Luft und hatte eine Höhe von 296 ft über Grund erreicht. Mit dieser Anweisung wollte er eine weitere Annäherung vermeiden und die A320-Crew auf den Verkehr aufmerksam machen. Mit der Wiederholung der Anweisung wollte der Lotse nach Ansicht der BFU die Dringlichkeit der Ausführung unterstreichen. Eine mögliche Begrenzung der Steigrate des A320 zog er nicht in Erwägung.

Als der A380 seiner Einschätzung nach ausreichend Höhe gewonnen hatte, wies er den A320 an, die Linkskurve einzuleiten, um die vorgesehene Abflugroute einzuhalten. Deswegen hatte er dem Lotsen PLS gesagt: „Ich dreh meinen nach links.“

Nach Meinung der BFU war dieser Lösungsansatz nicht geeignet, in kürzester Zeit Staffelung zwischen den Flugzeugen herzustellen. Zudem führte, da sich der A320 unterhalb befand, die Flugwegänderung zu einer Annäherung an den Bereich der Wirbelschleppe des A380 und zwar unabhängig davon, ob dieser seinerseits nach links kurven oder, wie vom Lotsen PLC gedacht, geradeaus fliegen würde.

Später korrigierte er seine Anweisung und forderte die A320-Crew auf, nunmehr nach rechts auf Steuerkurs 270° zu kurven. Er erklärte, dass er dies getan habe, als er bemerkte, dass auch der A380 in südliche Richtung kurvette. Zwischen der Aufforderung zur Linkskurve bis zur korrigierenden Anweisung vergingen jedoch 26 Sekunden. Es konnte nicht genau ermittelt werden, was der Lotse PLC während dieser Zeit tat, auch nicht, ob oder wie eine Kommunikation in der Platzkontrollstelle in dieser Phase stattfand. Der Zeitraum bis zur Korrektur war aus Sicht der BFU zu lang.

## 2.4 Spezifische Bedingungen

Im Zeitraum der Störung herrschte Tageslicht bei unterhalb der Wolken guten Sichtbedingungen. Die Wolkenuntergrenze der 5-7 Achtel Bewölkung lag bei 2 500 ft AAL, die der höheren Wolkenschicht bei 2 800 ft AAL. Daraus ergibt sich, dass die beiden Flugzeuge, kurz nachdem sie die Piste 18 überflogen hatten, sich in oder zwischen den Wolkenschichten befanden und daher für die Lotsen nicht direkt, also ohne auf das Radar zu blicken, sichtbar waren. Die Sicht aus dem Cockpit des A320 auf den A380 war in dieser Phase zumindest stark eingeschränkt. Zum Zeitpunkt der größten vertikalen und lateralen Annäherung befanden sich die beiden Flugzeuge in Wolken.

Der Wind kam quer zur Landerichtung aus südlichen Richtungen. Dies führte zu einem Versatz der Wirbelschleppe des A380 in nördliche Richtung und damit in Richtung der Piste 25C.

Die Struktur der als Südumfliegung bezeichneten Abflugverfahren dient nach Auffassung der BFU in erster Linie der Verringerung der Lärmbelastung der in Verlängerung der Startrichtung 25 liegenden, dicht besiedelten Bereiche. Sie führt dazu, dass Verkehrsflugzeuge bereits weniger als eine Minute nach dem Abheben kurven müssen. Daraus erwächst eine erhöhte Arbeitsbelastung der Piloten. Für die Lotsen stellt sich die Situation so dar, dass sie innerhalb sehr kurzer Zeit und auf engem Raum versuchen müssen, Staffelung zwischen einem unerwartet durchstartenden Flugzeug und abfliegenden Flugzeugen herzustellen. Zudem müssen sie mit mehreren Lotsen unverzüglich Koordinierungsgespräche führen.

Die Tatsache, dass sich die Abflüge 25C mit den Fehlanflügen 25L kreuzen, stellt für die Flugsicherheit aus Sicht der BFU ein systemisches Risiko in Form geringerer Fehlertoleranz dar. Dieses Risiko muss von den Lotsen durch erhöhte Aufmerksamkeit kompensiert werden. Der vorliegende Fall zeigt, dass durch Verzögerungen beim Erkennen eines Durchstartmanövers und eine spontane Fehlentscheidung des Lotsen in Verbindung mit dem Bestreben die Abflugroute einzuhalten eine Situation entstehen kann, die zu einer Annäherung zwischen den Luftfahrzeugen führt. Darüber hinaus ergeben sich aus einem möglichen Einflug in die Wirbelschleppe Risiken.

## 2.5 Sicherheitsmechanismen

Im Rahmen dieser Untersuchung sollen unter dem Begriff Sicherheitsmechanismen technische Systeme, Maßnahmen, Verfahren und Einrichtungen verstanden werden,

die Auswirkungen auftretender technischer oder menschlicher Fehler im Sinne der Wahrung der Flugsicherheit minimieren sollen.

Als sich der A320 noch am Boden befand, zwischen dem Einleiten des Durchstartmanövers des A380 um 14:25:33 Uhr und dem Erreichen der Geschwindigkeit  $v_1$ , stand ein Zeitraum von etwa 30 Sekunden zur Verfügung, in dem der vom Stillstand bis zum Abheben beschleunigende A320 die Geschwindigkeit  $v_1$  noch nicht erreicht hatte. In dieser Zeit hätte der Lotse die Startfreigabe zurücknehmen bzw. einen Startabbruch anweisen können. Nachdem der A320 die Geschwindigkeit  $v_1$  überschritten hatte, war ein Startabbruch nicht mehr zulässig und nicht mehr gefahrlos möglich.

Bezogen auf die Minderung der möglichen Auswirkungen von Fehlern wie des verspäteten Erkennens und fehlerhafter Anweisungen eines Lotsen sind auch standardisierte Abflug- bzw. Fehlanflugrouten grundsätzlich als Sicherheitsmechanismen zu betrachten. Im vorliegenden Fall führten die Trajektorien der Luftfahrzeuge jedoch wegen des kurz nach dem Start kreuzenden Verlaufs der Abflugrouten nicht zu divergierenden Flugwegen und waren daher nicht wirksam, um eine Annäherung bzw. einen möglichen Einflug in die Wirbelschleppe zu vermeiden.

Der Lotse ließ den A320 nach links kurven, obwohl der A380 ebenfalls nach links flog. Die Maßnahme des Lotsen PLC, diesen Fehler durch eine geänderte Kursanweisung an den A320 zu korrigieren, sollte dazu führen, dass dieser sich nicht weiter dem A380 annäherte. Der größere Zeitraum bis zur Korrektur führte jedoch dazu, dass der A320 erneut den Bereich hinter dem A380 durchflogen hatte, bevor er sich endgültig entfernte.

Eine für diese konkrete Situation standardisierte Vorgehensweise war nicht vorgesehen und wurde nicht trainiert. Damit wurde es dem Lotsen überlassen, einen spontanen Lösungsansatz zu finden.

Für die BFU wurde im Verlauf der Untersuchung deutlich, dass die Vermeidung von Fluglärm bei An- und Abflügen vom Verkehrsflughafen Frankfurt/Main von großer Bedeutung war. Obwohl übergeordnete Regelungen der Flugsicherungsorganisation eine sichere und geordnete Abwicklung des Flugverkehrs als Aufgabe der Flugverkehrskontrolldienste vorgegeben haben, sollte jedem Fluglotsen bewusst sein, dass im Zweifelsfalle Sicherheit Vorrang vor Lärmschutz haben muss.

Beide Flugzeuge waren mit TCAS ausgerüstet. Die Daten des QAR des A380 zeigen, dass der Flugweg des nachfolgenden A320 erfasst und die Annäherungsrate

beobachtet wurde. Die Bedingungen für eine Traffic Advisory oder Resolution Advisory waren nicht erfüllt.

## 2.6 Sicherheitsbewertung durch die Flugsicherungsorganisation

Die BFU ist der Ansicht, dass in der Sicherheitsbewertung wesentliche Faktoren dieser Schwere Störung bereits als Risiken erkannt und benannt wurden.

Das Nichterkennen des Fehlanfluges in einer sehr frühen Phase bzw. das verfrühte Erteilen der Startfreigabe ist auf eine Fehleinschätzung in Verbindung mit mangelhafter Aufmerksamkeitsverteilung zurückzuführen, wie in der Sicherheitsbewertung als mögliche Fehlerquelle benannt.

Auch wenn im Zeitraum der Schwere Störung das Verkehrsaufkommen generell eher gering war, zeigen die Abläufe doch, dass innerhalb kürzester Zeit bei den beteiligten Lotsen eine hohe Arbeitsbelastung entstand. Diese resultierte aus der Dynamik der Abläufe und des hohen Koordinationsaufwandes, der sich aus der Bahnkonstellation und den Besonderheiten der Abflüge ergab.

Die BFU ist jedoch der Überzeugung, dass bei der Festlegung der Abflüge und bei der Sicherheitsbewertung die Risiken, die sich aus Wirbelschleppen insbesondere von Großraumluftfahrzeugen und dem möglichen Einflug leichterer Luftfahrzeuge ergeben, nicht hinreichend berücksichtigt wurden.

Die BFU teilt die Einschätzung mit der Flugsicherungsorganisation, wonach die Entzerrung der Abflug- und Fehlanflugverfahren die sicherste und effizienteste Maßnahme wäre, um diese Konfliktpotenziale zu vermindern und den Lotsen mehr Zeit und Platz zu geben, etwaige Konfliktsituationen zu bewältigen und auftretende Arbeitsfehler in ihren Auswirkungen zu verringern.

Die Systematik des Sicherheitssystems, bestimmte erhöhte Risiken nur mit Zustimmung durch die übergeordnete betriebliche Einheit zu tolerieren, ist prinzipiell akzeptabel. Der vorliegende Fall zeigt nach Auffassung der BFU jedoch, dass Maßnahmen zur Entzerrung der Abflug- und Fehlanflugverfahren durchgeführt werden sollten, die zu einer Risikominderung führen.

## 3. Schlussfolgerungen

### 3.1 Befunde

- Die Piloten beider Flugzeuge besaßen die für die Flugdurchführung vorgeschriebenen Lizenzen und Berechtigungen.
- Es wurden keine Hinweise auf technische Mängel an den Luftfahrzeugen festgestellt.
- Die beiden Platzverkehrslotsen hatten die vorgeschriebenen Lizenzen und Berechtigungen.
- Die Untersuchung ergab keine Hinweise auf eine eventuelle Einschränkung der Leistungsfähigkeit bei den Piloten oder den Lotsen.
- Aufgrund der Einschätzung, dass ihr ein Aufsetzen innerhalb der Aufsetzzone nicht sichergestellt schien, entschloss sich die Besatzung des A380 unmittelbar vor dem Aufsetzen einen Fehlanflug durchzuführen. Das Flugzeug setzte kurzzeitig auf der Landebahn auf, bevor es in den Steigflug überging.
- Der für den A320 zuständige Lotse hatte den landenden A380 kurz vor dem Aufsetzen beobachtet und erteilte die Startfreigabe, obwohl der A380 noch nicht gelandet war.
- Den Piloten des A320 wäre bis etwa 20 Sekunden nach Beginn des Startlaufs ein Startabbruch grundsätzlich jederzeit möglich gewesen. Ein solcher wurde durch den Lotsen jedoch nicht angeordnet und die Besatzung hatte auch von sich aus sich nicht für einen Startabbruch entschieden.
- Für die Piloten beider Flugzeuge bestand wegen der verschiedenen Frequenzen keine Möglichkeit, die das jeweils andere Luftfahrzeug betreffenden Funkgespräche mitzuhören.
- Bis zu einer Höhe von 2 500 ft AAL befanden sich die Flugzeuge unterhalb der Wolken bei guten Sichtbedingungen. Im weiteren Verlauf befanden sie sich innerhalb bzw. zwischen Wolkenschichten.
- Die anfänglich hohe Steigrate des A320 von maximal 4 656 ft/min trug dazu bei, dass sich der Vertikalabstand der Flugzeuge in dieser Phase deutlich verringerte.

- Bei der Annäherung der beiden Flugzeuge bis auf 0,97 NM horizontal und 200 ft vertikal waren die vorgeschriebenen Mindeststaffelungswerte deutlich unterschritten.
- Aus der Position der Flugzeuge zueinander in Verbindung mit der geringen Differenz der Fluggeschwindigkeiten resultierte keine unmittelbare Kollisionsgefahr.
- Für den A320 bestand das Risiko eines Einfluges in die Wirbelschleppe des A380. Die Untersuchung ergab, dass der A320 sich bis auf ca. 30 m der Wirbelschleppe angenähert hatte, aber nicht in diese eingeflogen war.
- Die Maßnahme, abfliegende und durchstartende Flugzeuge durch eine zeitliche Staffelung zu separieren, wurde durch den Lotsen PLC bei der Erteilung der Startfreigabe nicht ausreichend umgesetzt.
- Ein Startabbruch wurde nicht angewiesen.
- Ein Verfahren für ein Szenario zur wirksamen Konfliktlösung, nach dem beide Flugzeuge in der Luft waren, war nicht vorgegeben. Der Lotse musste daher spontan entscheiden.
- Ein Verfahren, bei dem der Lotse das Einfliegen in eine Wirbelschleppe auch unter Inkaufnahme einer erhöhten Lärmbelastigung hätte vermeiden können, war nicht festgelegt.
- Auch wenn die Systematik des Sicherheitssystems, bestimmte erhöhte Risiken nur mit Zustimmung durch die übergeordnete betriebliche Einheit zu tolerieren, prinzipiell akzeptabel ist, sollten hier doch weitere Maßnahmen zur Entzerrung der Abflug- und Fehlanflugverfahren durchgeführt werden.
- Der Ablauf, die Art und der Inhalt der Kommunikation und Koordination in der Flugplatzkontrollstelle waren nicht in vollem Umfang nachvollziehbar. Eine technische Einrichtung zur Raumtonaufzeichnung gemäß der Empfehlung in ICAO Annex 11 hätte zur Klärung des Sachverhalts wesentlich beitragen können.

## 3.2 Ursachen

Die Schwere Störung ist auf folgende Ursachen zurückzuführen:

Unmittelbare Ursachen:

- Die Startfreigabe für den A320 wurde erteilt, als die Landung des A380 auf der Parallelbahn noch nicht sichergestellt war.
- Es wurde kein Startabbruch angewiesen.
- Der fehlerhafte mentale Lösungsansatz des Lotsen führte dazu, dass das abfliegende Flugzeug angewiesen wurde, eine Kurve in Richtung des auf der Parallelbahn durchstartenden Flugzeuges zu fliegen.

Systemische Ursachen:

- Der erhöhte Koordinationsaufwand zwischen den Lotsen aufgrund der Arbeitsplatzorganisation (Towerarbeitsplätze) sowie die Organisation des Betriebes der Start- und Landebahnen hat zu der Staffelungsunterschreitung mit Annäherung an die Wirbelschleppe beigetragen.
- Die Vorgaben für die Lotsen zur Entzerrung von Abflügen auf der Piste 25C und Fehlanflügen der Piste 25L waren unzureichend.

## 4. Sicherheitsempfehlungen

Die BFU hat folgende Sicherheitsempfehlungen herausgegeben:

### Empfehlung Nr.: 34/2012

Die Flugsicherungsorganisation sollte Maßnahmen entwickeln, wie der Koordinationsaufwand für den parallelen Betrieb der Pisten 07R/25L und 07C/25C, insbesondere für den Fall eines Fehlanfluges, verringert werden kann.

Dabei sollte auch untersucht werden, ob und gegebenenfalls unter welchen Bedingungen die an- und abfliegenden Flugzeuge auf den beiden Pisten 07C/25C und 07R/25L auf einer Frequenz bearbeitet werden können.

### Empfehlung Nr.: 35/2012

Das Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (BAF) sollte sicherstellen, dass die Flugsicherungsorganisation für den Verkehrsflughafen Frankfurt/Main Abflüge der Piste 25C und den Fehlanflug der Piste 25L durch Änderungen von Flugverfahren und/oder betrieblichen Verfahren entzerrt.

Dabei sollte insbesondere erreicht werden, dass den Lotsen mehr Zeit zur Verfügung steht, etwaige Annäherungen frühzeitig zu erkennen, um ausreichende vertikale und/oder horizontale Abstände zwischen den beteiligten Luftfahrzeugen herzustellen.

### Empfehlung Nr.: 36/2012

Auch wenn die Einhaltung von aus Lärmschutzgründen festgelegten An- und Abflugrouten eine hohe Bedeutung hat, sollte die Flugsicherungsorganisation für den Verkehrsflughafen Frankfurt/Main explizit festlegen, dass Flugverkehrslotsen bei besonderen betrieblichen Situationen davon abweichen und Entscheidungen zu Gunsten einer sicheren Flugführung treffen sollten. Solche Situationen sollten im Rahmen von Simulationen trainiert werden.

#### Empfehlung Nr.: 37/2012

Das Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (BAF) sollte sicherstellen, dass Flugsicherungsorganisationen in Verbindung mit deren Sicherheitsbewertungen Prozesse etablieren, mit denen die Einhaltung der Vorgaben zur Validierung gewährleistet werden. Es sollte sowohl eine Validierung nach sicherheitsrelevanten Ereignissen als auch nach festgelegten Zeitabständen erfolgen.

#### Empfehlung Nr.: 38/2012

Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) sollte Rechtsvorschriften für die Umsetzung der ICAO-Empfehlung im Annex 11, Chapter 3.3.3 erlassen. Mit dieser Rechtsgrundlage sollten Flugsicherungsorganisationen ihre Flugsicherungskontrollstellen dahingehend ausrüsten, dass mit geeigneten Maßnahmen die Aufzeichnung der Gespräche und Geräusche gewährleistet wird.

Untersuchungsführer: Johann Reuß

Mitwirkung: Jens Friedemann, Klaus Himmler

## 5. Anlagen

Standard-Instrumentenabflugstrecken der Pisten 25

Anlage 1: Standard-Instrumentenabflugstrecke

AIP GERMANY

AD 2 EDDF 5-7-7B  
Effective: 20 OCT 2011

STANDARD DEPARTURE CHART - INSTRUMENT (SID)	TRANSITION	ATIS DELIVERY (MM Call)	116,725	GROUND TOWER	121,200	FRANKFURT MAIN (NORTH) RWY 25L/25C FOXTROT/JULIETT/KILO/MIKE
	ALTITUDE 5000 VAR 1° E	APRON	121,900 121,700 121,850 121,850	LANGEN RADAR (N, NW) LANGEN RADAR (W)	116,775 119,900 120,150 126,125	

