

Untersuchungsbericht

5X003-0/08
März 2010

Identifikation

Art des Ereignisses: Schwere Störung
Datum: 01. März 2008
Ort: Hamburg
Luftfahrzeug: Verkehrsflugzeug
Hersteller Muster: Airbus / A320-211
Personenschaden: ohne Verletzte
Sachschaden: Luftfahrzeug leicht beschädigt
Drittsschaden: keiner
Informationsquelle: Untersuchung durch BFU

Untersuchungsbericht

5X003-0/08
März 2010

Identifikation

Art des Ereignisses: Schwere Störung
Datum: 01. März 2008
Ort: Hamburg
Luftfahrzeug: Verkehrsflugzeug
Hersteller Muster: Airbus / A320-211
Personenschaden: ohne Verletzte
Sachschaden: Luftfahrzeug leicht beschädigt
Drittsschaden: keiner
Informationsquelle: Untersuchung durch BFU

Die Untersuchung wurde in Übereinstimmung mit dem Gesetz über die Untersuchung von Unfällen und Störungen beim Betrieb ziviler Luftfahrzeuge (Flugunfall-Untersuchungsgesetz - 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.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen	1
Kurzdarstellung	3
1. Sachverhalt	4
1.1 Ereignisse und Flugverlauf.....	4
1.2 Personenschaden	7
1.3 Schaden am Luftfahrzeug	7
1.4 Drittschaden	7
1.5 Angaben zu Personen.....	7
1.5.1 Verantwortlicher Luftfahrzeugführer.....	7
1.5.2 Zweiter Luftfahrzeugführer	8
1.5.3 Platzverkehrsleitsin	8
1.5.4 Rollverkehrsleitsin	8
1.6 Angaben zum Luftfahrzeug	8
1.7 Meteorologische Informationen.....	12
1.8 Navigationshilfen.....	21
1.9 Funkverkehr	21
1.10 Angaben zum Flugplatz	21
1.11 Flugdatenaufzeichnung.....	22
1.12 Unfallstelle und Feststellungen am Luftfahrzeug	22
1.13 Medizinische und pathologische Angaben.....	23
1.14 Brand.....	23
1.15 Überlebensaspekte	23
1.16 Versuche und Forschungsergebnisse	24
1.17 Organisationen und deren Verfahren.....	24
1.17.1 Luftfahrtunternehmen.....	24
1.17.2 Flugsicherung.....	24
1.17.3 Deutscher Wetterdienst.....	24
1.18 Zusätzliche Informationen	27
1.18.1 Flugbetriebliche Unterlagen	27
1.18.2 Operationelle Anweisungen für die Besatzung	29
1.18.2.1 Operations Manual Part A (OM/A)	29
1.18.2.2 Operations Manual Part B (OM/B)	31
1.18.2.3 Operations Manual Part C (OM/C).....	31
1.18.2.4 Operations Manual Part D (OM/D).....	31
1.18.3 Operationelle Anweisungen aus der Dokumentation des Flugzeug-Herstellers	32
1.18.3.1 Flight Crew Operating Manual	32
1.18.3.2 Airbus A318/A319/A320/A321 Flight Crew Training Manual (FCTM)	33
1.18.3.3 Airbus A318/A319/A320/A321 FCOM-Bulletin No. 828/1	33
1.18.3.4 Airbus A318/A319/A320/A321 FCOM-Bulletin No. 827/1	34
1.18.3.5 Flight Operations Briefing Note (FOBN) "Landing Techniques Crosswind Landings"	34
1.18.4 Operationelle Grenzen für Landungen bei Seitenwind	36

1.18.4.1	FCOM Airbus A319/A320/A321	36
1.18.4.2	OM/B Quick Reference Handbook.....	36
1.18.4.3	Operating Manual (OM/A) (Starts- und Landungen bei Seitenwind)	36
1.18.5	Zulassung des Flugzeuges	36
1.18.5.1	Musterzulassung	37
1.18.6	Aufgaben Platzverkehrslotse	38
1.18.7	Lärminderungsverfahren am Flughafen Hamburg	39
1.19	Nützliche oder effektive Untersuchungstechniken.....	40
1.19.1	Analyse des Flugverlaufs durch den Flugzeug-Hersteller	40
1.19.2	Anonyme Befragung von Verkehrsflugzeugpiloten.....	44
2.	Beurteilung	46
2.1	Operationelle Aspekte und Flugverlauf.....	46
2.1.1	Analyse des Flugverlaufs aus operationeller Sicht	46
2.1.2	Bewertung der Ergebnisse des Flugzeug-Herstellers	48
2.2	Spezifische Bedingungen.....	48
2.2.1	Besatzung und Flugbetrieb	48
2.2.2	Fluglotsen.....	50
2.2.3	Entscheidungsfindungen.....	50
2.2.3.1	Antritt des Fluges	51
2.2.3.2	Wahl der Landerichtung	52
2.2.3.3	Abbrechen des Anfluges.....	52
2.2.3.4	Ausweichflughafen	53
2.2.3.5	Anflug und Landung auf der Piste 33.....	54
2.2.4	Designbedingtes Systemverhalten des Flugzeuges (Control Laws)	54
2.2.5	Wetter.....	55
2.3	Sicherheitsmechanismen	57
2.3.1	Angaben des Luftfahrtunternehmens zu Landungen bei Seitenwind	58
2.3.2	Angaben des Flugzeugherstellers zu Landungen bei Seitenwind	58
2.3.3	Nachweisführung im Rahmen der Musterzulassung (Bauvorschriften).....	59
2.3.4	Beschreibung der Landetechniken bei Seitenwind durch den Flugzeughersteller	60
2.3.5	Beschreibung der Landetechniken bei Seitenwind durch das Luftfahrtunternehmen	61
2.4	Organisatorische Aspekte	62
3.	Schlussfolgerungen.....	63
3.1	Befunde	63
3.2	Ursachen	67
4.	Sicherheitsempfehlungen	67
5.	Anlagen	72

Abkürzungen

FM	Flughandbuch	Flight Manual
AIP	Luftfahrthandbuch	Aeronautical Information Publication
AMDAR		Aircraft Meteorological Data Relay
AOC	Luftverkehrsbetreiberzeugnis	Air Operator Certificate
ATIS	Automatische Informationsdurchsage	Automatic Terminal Information Service
ATPL(A)	Lizenz für Verkehrspiloten	Airline Transport Pilot License (Aeroplane)
BA-FVK	Betriebsanweisung für den Flugverkehrskontrolldienst	Manual of Operations for the Air Traffic Control Service
BAO	Betriebsanordnung	Company Directive for the Air Traffic Control Service
BFU	Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung	Federal Bureau of Aircraft Accident Investigation
CPL(A)	Lizenzen für Berufspiloten (Flugzeuge)	Commercial Pilot Licence (Aeroplane)
CRM		Crew Resource Management
CTR	Kontrollzone	Control Zone
CVR		Cockpit Voice Recorder
DFDR	Digitaler Flugdatenschreiber	Digital Flight Data Recorder
DWD	Deutscher Wetterdienst	German Meteorological Service Provider
EASA	Europäische Agentur für Flugsicherheit	European Aviation Safety Agency
ELAC		Elevator-Aileron-Computer
EU-OPS	Europäisches Regelwerk	European Regulation
FAC		Flight-Augmentation-Computer
FCOM		Flight Crew Operating Manual
FCTM		Flight Training Crew Manual
FIR	Fluginformationsgebiet	Flight Information Region
FIUUG	Flugunfalluntersuchungsgesetz	

FL	Flugfläche	Flight Level
FM	Flughandbuch	Flight Manual
FOBN		Flight Operating Briefing Notes
GAMET	Gebietswettervorhersage	Area Forecast for Low Level Flights
IDVS	Informationsdatenverarbeitungssystem	
ILS CAT-II/III	Instrumentenlandesystem Betriebsstufe II/III	Instrument Landing System Category II/III
JAR 25	Vorschrift für die Zulassung von Verkehrsflugzeugen (CS 25)	Airworthiness Standards for Large Aircraft (CS 25)
JAR-OPS 1	Betriebsvorschriften für die gewerbemäßige Beförderung in Flugzeugen (heute: EU-OPS)	Standards for the Operation of Commercial Transportation by Aeroplane
LGCIUs		Landing Gear Control Interface Unit
LOC / GS	Localizer / Glideslope	Landekurs / Gleitweg
MCC		Multi Crew Concept
METAR	Routinewettermeldungen	Aviation Routine Weather Report
OM/A	Betriebshandbuch, Teil A	Operations Manual Part A
OM/B	Betriebshandbuch, Teil B	Operations Manual Part B
OM/C	Betriebshandbuch, Teil C	Operations Manual Part C
OM/D	Betriebshandbuch, Teil D	Operations Manual Part D
PF	Luftfahrzeugführer am Steuer	Pilot Flying
PNF		Pilot non Flying
RWY	Piste	Runway
SEC	Spoiler-Steuerung	Spoiler Elevator Computer
SIGMET	Signifikante Wetterinformation	Significant Meteorological Information
TAF	Flugplatzwettervorhersage	Aerodrome Forecast
UIR	Oberes Fluginformationsgebiet	Upper Flight Information Region
VOLMET-System	Wetterinformation für Luftfahrzeuge im Flug	Meteorological Information for Aircraft in Flight

Kurzdarstellung

Die Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung (BFU) wurde am 01. März 2008 um 16:30 Uhr¹ durch den Flughafen Hamburg informiert, dass ein Airbus A320 bei der Landung mit der linken Tragfläche Bodenkontakt hatte. Das Ereignis wurde nach dem Gesetz über die Untersuchung von Unfällen und Störungen bei dem Betrieb ziviler Luftfahrzeuge (FIUUG) als Schwere Störung klassifiziert und untersucht.

Der Airbus A320 war am 1. März 2008 aufgrund der Auswirkungen des Sturmtiefs „Emma“ mit einer Verspätung von ungefähr eineinhalb Stunden um 12:31 Uhr¹ in München mit 132 Fluggästen und fünf Besatzungsmitgliedern zu einem Linienflug nach Hamburg gestartet. Mit der über ATIS verbreiteten Wetterinformation und der Windangabe 23 kt aus 280°, in Böen bis 37 kt entschied sich die Besatzung im Reiseflug für einen Anflug auf die in Betrieb befindliche Piste 23. Die Angabe des Windes wurde während des Landeanfluges durch die Platzverkehrslotsin mehrfach aktualisiert. Unmittelbar vor dem Aufsetzen wurden der Wind mit 33 kt aus 300° und Böen bis 47 kt übermittelt. Während des Decrab-Verfahrens war kein signifikanter Einfluss durch Böen gegeben.

Der Anflug wurde zunächst mit dem Autopiloten und unterhalb 940 ft über Grund manuell durch die Copilotin gesteuert.

Nach dem Aufsetzen mit dem linken Fahrwerk hob das Flugzeug wieder ab und erreichte unmittelbar danach eine abrupte Schräglage mit Bodenberührung des äußeren Endes der linken Tragfläche. Die Besatzung führte ein Durchstartverfahren durch und das Flugzeug wurde mit Radarführung auf den Gegenanflug der Piste 33 geführt und landete um 13:52 Uhr. Keiner der Insassen des Flugzeuges wurde bei dem Ereignis verletzt. Am Flugzeug entstand ein Schaden an der linken Tragfläche.

Die Schwere Störung bei der Landung des Flugzeuges bei signifikantem Seitenwind ist auf folgende unmittelbare Ursachen zurückzuführen:

- Durch eine von der Besatzung unerwartete abrupte Querlage kam es beim Aufsetzen des Flugzeuges zu einer Berührung der Tragfläche mit dem Boden.
- Bei einer im Endanflug vom Tower gemeldeten Windangabe mit Böen bis 47 kt wurde der Anflug fortgesetzt. Bei Berücksichtigung der Angabe *maximum crosswind demonstrated for landing* wäre ein Durchstarten angemessen gewesen.

Folgende systemische Ursachen haben zu der Schwere Störung geführt:

- Die Angabe *maximum crosswind demonstrated for landing* war im Operating Manual (OM) und im Flight Crew Operating Manual (FCOM), Vol. 3, nicht definiert und missverständlich beschrieben.)
- Die Landetechnik für Landungen bei Seitenwind war in der Standarddokumentation für das Flugzeug nicht eindeutig beschrieben.
- Die eingeschränkte Wirksamkeit der Quersteuerung war nicht bekannt.

¹ Alle angegebenen Zeiten, soweit nicht anders bezeichnet, entsprechen Ortszeit

1. Sachverhalt

1.1 Ereignisse und Flugverlauf

Der Airbus A320 befand sich mit 132 Fluggästen und fünf Besatzungsmitgliedern auf einem Linienflug von München nach Hamburg. Der in München für 10:35 Uhr geplante Abflug verzögerte sich aufgrund Eisregens um fast zwei Stunden. Die Wettersituation über Deutschland wurde durch das Sturmtief „Emma“ bestimmt. Das Sturmtief war in den der Besatzung vorliegenden Wetterunterlagen mit Windgeschwindigkeiten mit Böen bis zu 55 kt aus westlicher Richtung beschrieben.

Nach Angaben der Besatzung verlief der Reiseflug ohne besondere Ereignisse. Sie informierte sich über das aktuelle Wetter am Zielflughafen Hamburg sowie an den Verkehrsflughäfen Frankfurt und Berlin-Tegel.

Um 13:17:29 Uhr nahm die Besatzung während des Sinkfluges auf Flugfläche (FL) 80 Funkkontakt mit Bremen Radar auf. Der Fluglotse teilte der Besatzung nach der Identifizierung des Flugzeuges „... radar contact, information Whiskey, ILS two three“, mit. Nach einer Anweisung, die Geschwindigkeit auf 250 kt zu reduzieren, wurde das Flugzeug im weiteren Verlauf mit Radarvektoren und Sinkfluganweisungen in Richtung des Endanfluges geführt.

In einem internen Koordinationsgespräch zwischen Tower Hamburg und Bremen Radar um 13:23:16 Uhr teilte die Lotsin im Tower mit, dass der Wind jetzt aus 290° komme und wenn jemand die Piste 33 benutzen wolle, diese Landerichtung angeboten werden könne.

Um 13:27:48 Uhr gab der Lotse die Freigabe für einen ILS-Anflug auf die Piste 23. Auf Bitten des Lotsen übermittelte die Besatzung um 13:29:31 Uhr den im Flugzeug angezeigten Wind von 310° mit 60 kt. Nach den Aufzeichnungen des Cockpit Voice Recorders (CVR) diskutierte die Besatzung zu diesem Zeitpunkt über die Windsituation und der Kapitän brachte zum Ausdruck, dass bei diesem Wetter ein Durchstarten durchaus möglich werden könnte und auch kein Problem sein sollte.

Um 13:29:56 Uhr erfolgte ein Frequenzwechsel zu Hamburg Tower und die Besatzung meldete: „...established ILS runway two three.“ Die Platzverkehrslotsin gab die Windinformation: „... wind three hundred two eight knots gusting four seven knots.“ Als sich der Kapitän nach der „Durchstartrate“ erkundigte, gab die Lotsin diese mit ungefähr fünfzig Prozent in den letzten zehn Minuten an und ergänzte, dass der Wind aus 300° mit 28 – 47 kt komme. Die Piste 33 wurde von ihr als mögliche Option für einen Folgeanflug angeboten. Der verantwortliche Luftfahrzeugführer brachte zum Ausdruck, dass er zunächst einen Anflug auf die Piste 23 versuchen werde. Die Platzverkehrslotsin übermittelte um 13:32:01 Uhr mit der Landefreigabe für die Piste 23 den Wind mit 290°, 29 kt, in Böen 47 kt.

Nach dem Ausfahren des Fahrwerks und dem Setzen der Landeklappen („Flaps FULL“) hatte die Besatzung beim Überflug des Voreinflugzeichens (Outer Marker) die Landepiste in Sicht.

Der Anflug wurde bis 940 ft über Grund mit eingeschaltetem Autopiloten und Autothrust durchgeführt, danach übernahm die für diesen Flug als Pilotin am Steuer eingeteilte Copilotin die manuelle Steuerung des Flugzeuges.

Nach Wahrnehmung des Kapitäns verlief der Endanflug den Umständen entsprechend sehr stabil und kontrolliert. Ungefähr beim Überqueren der Schwelle der Landepiste gab er der Pilotin am Steuer Hinweise in Bezug auf die Sinkrate und die Triebwerksleistung. Nach seiner Auffassung waren beide Parameter stabil und der Vorhaltewinkel schien ihm passend.

Kurz vor dem Aufsetzen, nachdem die Copilotin das Flugzeug mit dem Seitenruder in Landerichtung ausgerichtet hatte, wurde nach Darstellung der Besatzung die rechte Tragfläche angehoben. Die linke Tragfläche bewegte sich entsprechend nach unten. Eine Videoaufnahme (Anlage 1) dokumentiert eine Bodenberührung, die von der Besatzung nicht wahrgenommen wurde.

Der Flugdatenschreiber hat um 13:33:33 Uhr das Aufsetzen mit dem linken Hauptfahrwerk aufgezeichnet. Um 13:33:35 Uhr wurde ein Rollwinkel von 23° nach links registriert. (s. Abschnitt Flugdatenschreiber und Anlage 5).

Auf dem CVR waren um 13:33:33 Uhr und zwei Sekunden später ein zweites Mal Geräusche des Aufsetzens zu hören. Nach dem zweiten Aufsetzgeräusch gab die Copilotin das Kommando zum "Go-Around". Sie betätigte die Leistungshebel der Triebwerke. Der verantwortliche Flugzeugführer übernahm mit der Ansage "Go-Around – I have control" die Steuerung und führte nach dem Drücken des "Takeover Pushbutton" das Durchstartverfahren durch.

Die Platzlotsin wies daraufhin einen Frequenzwechsel auf 124,22 MHz und einen Standard Missed Approach an. Der Kapitän übergab die Steuerung wieder an die Copilotin und informierte mit einer Ansage die Fluggäste.

Um 13:34:55 Uhr sprach die Besatzung des A320 Bremen-Radar an und erhielt im weiteren Verlauf Steigfluganweisungen und Radarvektoren. Etwa drei Minuten später informierte der Radarlotse die Besatzung über die Beobachtung einer auf dem Vorfeld stehenden Embraer-Besatzung, dass der Airbus dem Anschein nach mit der Tragfläche den Boden berührt hätte. Es sei jedoch bei einer Überprüfung der Landebahn nichts gefunden worden. Der Lotse erteilte um 13:42:22 Uhr die Freigabe für einen Localizer-DME-Anflug auf die Piste 33.

Die Airbus-Besatzung meldete sich um 13:45:24 Uhr erneut auf der Towerfrequenz im Anflug auf die Piste 33 und erhielt von der Lotsin die Windangabe 300°/27 Maximum 50 kt. Um 13:46:46 Uhr erteilte die Lotsin die Landefreigabe für die Piste 33 zusammen mit der Windinformation 300°/33 Maximum 50 kt.

Jeweils um 13:48:29, 13:49:08, 13:50:06 und 13:50:29 Uhr teilte die Lotsin der Besatzung erneut die Windwerte (300°/33 Maximum 50, 290°/32 Maximum 49, 290°/28 Maximum 49 und 290°/27 Maximum 49 kt) mit.

Der A320 landete um 13:52 Uhr auf der Piste 33. Personen wurden nicht verletzt. Das Flugzeug war am linken Tragflächenende beschädigt.

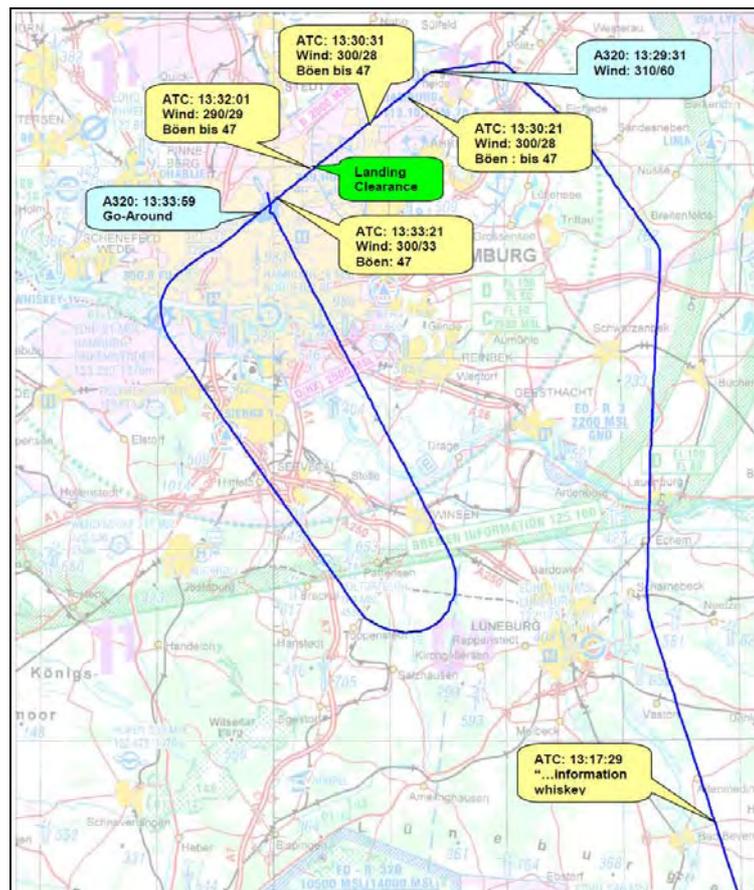


Abbildung 1: Flugweg mit Windinformationen

Quelle: BFU

Flugvorbereitung

Das vorbereitete Flugzeug wurde in Düsseldorf von der Besatzung übernommen. Es war gemäß "Supplementary Procedure Handling of A/C on the ramp in strong wind" betankt und mit Ballast beladen worden.

Beide Besatzungsmitglieder haben der BFU gegenüber zum Ausdruck gebracht, dass ihnen die Wettersituation über Deutschland am 1. März 2008 durch die Windwarnung des Deutschen Wetterdienstes (DWD) über die Medien am Tag zuvor bewusst und ein wesentlicher Bestandteil der persönlichen Flugvorbereitung gewesen sei.

Die Vorbereitung des Flugabschnittes von München nach Hamburg wurde nach Aussage der Besatzung zu großen Teilen in München am Boden durchgeführt. Man habe die Windsituation in Hamburg analysiert, die tendenziell für die Landepiste 23 mit Instrumentenlandesystem (LOC/GS) gesprochen habe.

Nach den Ausführungen der Besatzung wurden auf dem Flugabschnitt von Düsseldorf nach München im Anflug auf München die Möglichkeiten der Landeklappenstellungen ausführlich besprochen und man sei dabei zu dem Ergebnis gekommen, dass bei der herrschenden Wettersituation die Stellung "Flaps FULL" zu bevorzugen sei. Die Argumentation für diese Konfiguration sei auch für den Anflug auf Hamburg herangezogen worden.

Crew Coordination / Crew Resource Management (CRM)

Die Besatzung hatte am 1. März 2008 ihren ersten gemeinsamen Einsatztag. Beide Piloten waren am frühen Morgen von Frankfurt nach Düsseldorf angereist, um den ersten Flugeinsatz von Düsseldorf nach München anzutreten.

Der Kapitän führte bei der Befragung durch die BFU aus, dass ihm eine hohe Leistungsfähigkeit der Besatzung bei der Durchführung des Fluges sehr wichtig gewesen sei. Er habe deshalb im Sinne des CRM versucht, eine offene und gleichberechtigte Kommunikation herzustellen. Die Zusammenarbeit mit der Copilotin sei von Anfang an völlig unkompliziert gewesen. Er habe sie als selbstbewusste Copilotin mit guter Selbsteinschätzung gesehen, die sich nicht scheuen würde, Gedanken zu äußern, Hinweise zu geben und Hinweise von anderen auch anzunehmen.

Der Kapitän führte den Streckenabschnitt von Düsseldorf nach München als steuernder Pilot durch. Die Besatzung einigte sich darauf, dass die Copilotin beim anschließenden Flug von München nach Hamburg die Steuerung übernehmen sollte. Im Gespräch mit der BFU begründete der Kapitän das Festhalten an der vorbesprochenen Rollenverteilung mit seiner Intention, die Ressourcen der Besatzung auf dem Flug nach Hamburg optimal zu nutzen, da er den Anflug auf Hamburg durchaus als anspruchsvoll eingestuft habe. Die Copilotin hätte sowohl auf dem Flug von Düsseldorf nach München als auch nach Hamburg seinen Eindruck bestätigt, dass sie jederzeit die manuelle fliegerische Kontrolle abgeben bzw. ein Durchstartverfahren einleiten würde, falls der Anflug nicht stabil oder außerhalb entsprechender Parameter verlaufe. Als verantwortlicher Flugzeugführer und PNF (Pilot Non Flying) habe er mit dieser Festlegung mehr Kapazität für die Flugsicherung, das Beobachten des Flugzeugverhaltens, die Wetterentwicklung und Überwachung vorhalten können.

Auch habe man vorher noch einmal vereinbart, durch frühzeitiges Geben von Hinweisen sowie den Abgleich von Wahrnehmungen sich gegenseitig zu unterstützen.

1.2 Personenschaden

Bei dem Ereignis wurde niemand verletzt.

1.3 Schaden am Luftfahrzeug

Das Flugzeug wurde leicht beschädigt.

1.4 Drittschaden

Es entstand kein Drittschaden.

1.5 Angaben zu Personen

1.5.1 Verantwortlicher Luftfahrzeugführer

Der 39-jährige verantwortliche Luftfahrzeugführer war im Besitz einer Lizenz für Verkehrspiloten (ATPL(A)), ausgestellt nach den Regelungen JAR-FCL deutsch. Er war berechtigt, die Muster Airbus A318/319/320/321 als verantwortlicher Luftfahrzeugführer zu führen. Er war lizenziert für Flüge nach

Instrumentenflugregeln und Landungen nach Kategorie III (CAT III). Seine Gesamtflugerfahrung betrug 10 203 Stunden, davon wurden 4 123 Stunden auf dem Muster A320 geflogen.

Er war am Ereignistag acht Stunden im Dienst und hatte vorher 47 Stunden dienstfrei.

1.5.2 Zweiter Luftfahrzeugführer

Die 24-jährige zweite Luftfahrzeugführerin war im Besitz einer Lizenz für Berufspiloten (CPL(A)), ausgestellt nach den Regelungen JAR-FCL deutsch. Sie war berechtigt, die Muster Airbus A318/319/320/321 als Copilotin zu fliegen. Sie war lizenziert für Flüge nach Instrumentenflugregeln und Landungen nach Kategorie III (CAT III). Ihre Gesamtflugerfahrung betrug 579 Stunden, davon wurden 327 Stunden auf dem Muster A320 geflogen.

Sie war am Ereignistag acht Stunden im Dienst und hatte vorher mehr als 60 Stunden dienstfrei.

1.5.3 Platzverkehrslotsin

Die 39-jährige Fluglotsin war im Besitz eines Erlaubnisscheins für Fluglotsen mit der Berechtigung zur Durchführung der Flugplatzkontrolle mit Radar einschließlich Fluginformationsdienst (FIS). Sie war seit 1992 in der Unternehmensniederlassung Hamburg tätig und hatte die Zulassung für die Arbeitsplätze PL1/2 sowie PB.

Sie hatte am Ereignistag um 12:25 Uhr ihren Dienst angetreten. Zuvor hatte die Lotsin mehr als 48 Stunden dienstfrei.

1.5.4 Rollverkehrsotsin

Die 27-jährige Lotsin hatte einen Erlaubnisschein für Fluglotsen mit der Berechtigung zur Durchführung von Flugplatzkontrolle mit Radar einschließlich FIS. Sie war seit dem Jahr 2001 in der Niederlassung Hamburg tätig und besaß die Zulassung für die Arbeitsplätze PL1/2 und PB.

Sie hatte am Ereignistag um 12:25 Uhr ihren Dienst angetreten. Zuvor hatte die Lotsin mehr als 48 Stunden dienstfrei.

1.6 Angaben zum Luftfahrzeug

Der Airbus A320 ist das Basismodell der A320-Familie, zu der auch die beiden Modelle A318 und A319 mit kürzerem Rumpf sowie die gestreckte Version A321 gehören.

Die Musterzulassung (Type Certificate) wurde im Jahr 1988 durch die französische Luftfahrtbehörde Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) erteilt.

Bei dem betroffenen Flugzeug handelt es sich um einen Airbus A320-211, Baujahr 1992. In dieser Version hat das Flugzeug eine Länge von 37,57 m und eine Spannweite von 34,10 m. Mit einem maximalen Startgewicht von 73 500 kg ist das Flugzeug bei dem Luftfahrtunternehmen mit 150 Sitzplätzen ausgestattet.

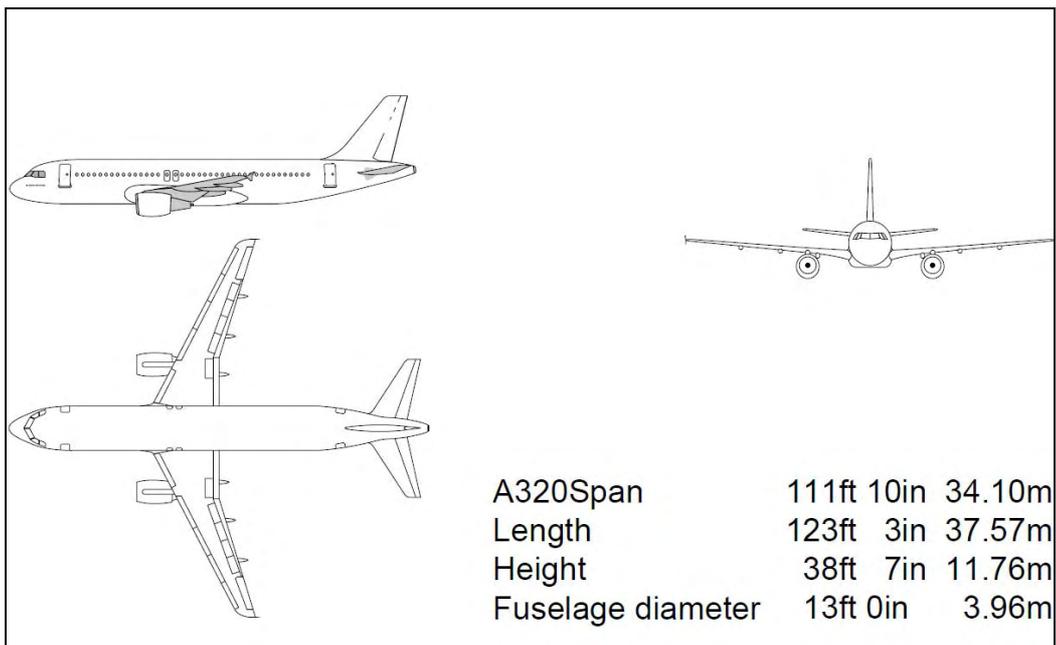


Abbildung 2: Drei-Seiten-Ansicht Airbus A320

Quelle: Airbus

Das zweistrahlige Mittelstreckenflugzeug ist als Tiefdecker ausgelegt und verfügt über ein nach vorn einziehbares Bugfahrwerk und zwei in Richtung zum Rumpf hin einziehbare Hauptfahrwerke. Die Fahrwerke sind mit Zwillingssreifen und gasunterstützten hydraulischen Stoßdämpfern ausgerüstet.

Die Steuerung basiert auf einem „Fly By Wire“-System, d.h. alle Steuerflächen (Höhenruder, Horizontal-Stabilizer, Querruder und Spoiler) außer Seitenruder, werden elektrisch gesteuert und hydraulisch betätigt. Die Hydraulikaktuatoren für das Seitenruder werden vom Piloten mechanisch angesteuert oder elektrisch vom FAC zur Yaw-Compensation. Außerdem ist ein mechanisches Backup-System für Seitenruder und Horizontal-Stabilizer vorhanden. Für die Primärsteuerung des Flugzeuges stehen sieben Computer zur Verfügung:

- zwei Elevator-Aileron-Computer (ELAC), verantwortlich für Höhenruder- und Querrudersteuerung sowie zur Steuerung des Stabilizers
- drei Spoiler-Elevator-Computer (SEC), verantwortlich für Spoiler-Steuerung und in Bereitschaft für die Höhenruder- und Horizontal-Stabilizer-Steuerung
- zwei Flight-Augmentation-Computer (FAC), verantwortlich für die elektrische Seitenruderkontrolle

Sidesticks

Zwei nicht mechanisch miteinander verbundene Sidesticks im Cockpit ermöglichen die manuelle Eingabe von Steuerbefehlen durch die Besatzung. Die Steuereingaben am Sidestick werden in elektrische Signale umgewandelt und an die entsprechenden Computer weitergeleitet. Bei gleichzeitigem Auslenken beider Sidesticks werden die Signale der Sidesticks arithmetisch addiert und begrenzt durch den maximal möglichen Ausschlag eines einzelnen Sidesticks.

Wenn ein Flugzeugführer die Steuerung des Flugzeuges übernehmen will, muss er den „Takeover Pushbutton“ an seinem Sidestick drücken. Lässt er ihn innerhalb von 30 Sekunden los, sind beide Sidesticks wieder gleichberechtigt und die Steuersignale beider Sidesticks werden wieder addiert. Hält er ihn länger als 30 Sekunden gedrückt, schaltet die Priorität fest auf diesen um. Erst durch erneutes Drücken des „Takeover Pushbutton“ auf der anderen Seite kann diese Priorität wieder aufgehoben werden.

Control Laws

Die Control Laws beschreiben die Art und Weise, wie die Flugsteuerungs-Computer die Befehle zur Steuerflächen-Verstellung verarbeiten und diverse Überwachungs- und Schutzfunktionen zur Anwendung kommen. Im operationellen Sinne werden unterschieden: Normal Law, Alternate Law und Direct Law.

1. Normal Law ist während des gesamten Fluges aktiv, wenn keine gravierenden Systemstörungen innerhalb der Flugsteuerung vorliegen. Alle Schutzfunktionen (Loadfactor Limitation, Pitch Attitude Protection, High Angle of Attack Protection, High Speed Protection and Bank Angle Protection) sind aktiv.

Im Normal Law wird durch Eingabe am Sidestick vertikal ein "G-Load Demand" und lateral eine Rollrate kommandiert.

2. Alternate Law wird aktiviert, wenn bestimmte Systemstörungen innerhalb der Flugzeugsteuerung vorliegen oder Systeme gestört sind, die für die Flugzeugsteuerung Daten liefern. Das Flugzeug ist voll manövrierfähig unter Wegfall einiger Schutzfunktionen.

Im Alternate Law wird durch Eingabe am Sidestick vertikal ein "G-Load Demand" kommandiert, während lateral ein direkter Zusammenhang von Sidestickeingabe und Steuerflächenausschlag besteht.

3. Direct Law wird aktiviert, wenn gravierende Systemstörungen innerhalb der Flugzeugsteuerung vorliegen oder Systeme gestört sind, die für die Flugzeugsteuerung Daten liefern. Das Flugzeug ist steuerbar unter Wegfall aller Schutzfunktionen. Es besteht ein direkter Zusammenhang zwischen Sidestick-Input und Ausschlag der Steuerflächen.

Durch die Control Laws gibt es je nach Flugphase unterschiedliche Flight Modes (Abbildung 3).

Im Normal Law hängen die Voraussetzungen für die Umschaltung in die einzelnen Modi in der vertikalen Steuerung (Drehung um die Querachse, Pitch) und horizontalen Steuerung (Drehung um die Längs- und Hochachse, lateral) von verschiedenen Bedingungen ab. Auch sind nicht alle Schutzfunktionen in allen Modi vorhanden.

In der Pitch-Steuerung sind im Flight Mode alle Schutzfunktionen aktiv, während sie sich im Flare Mode auf den High-Angle-of-Attack-Schutz reduzieren und im Ground Mode keine mehr vorgesehen sind.

In der Lateral-Steuerung ist im Flight Mode die Bank Angle Protection aktiv, die im Ground Mode deaktiviert wird.

Das lateral Control Law beinhaltet eine Turn Coordination mit Roll und Yaw Demand.

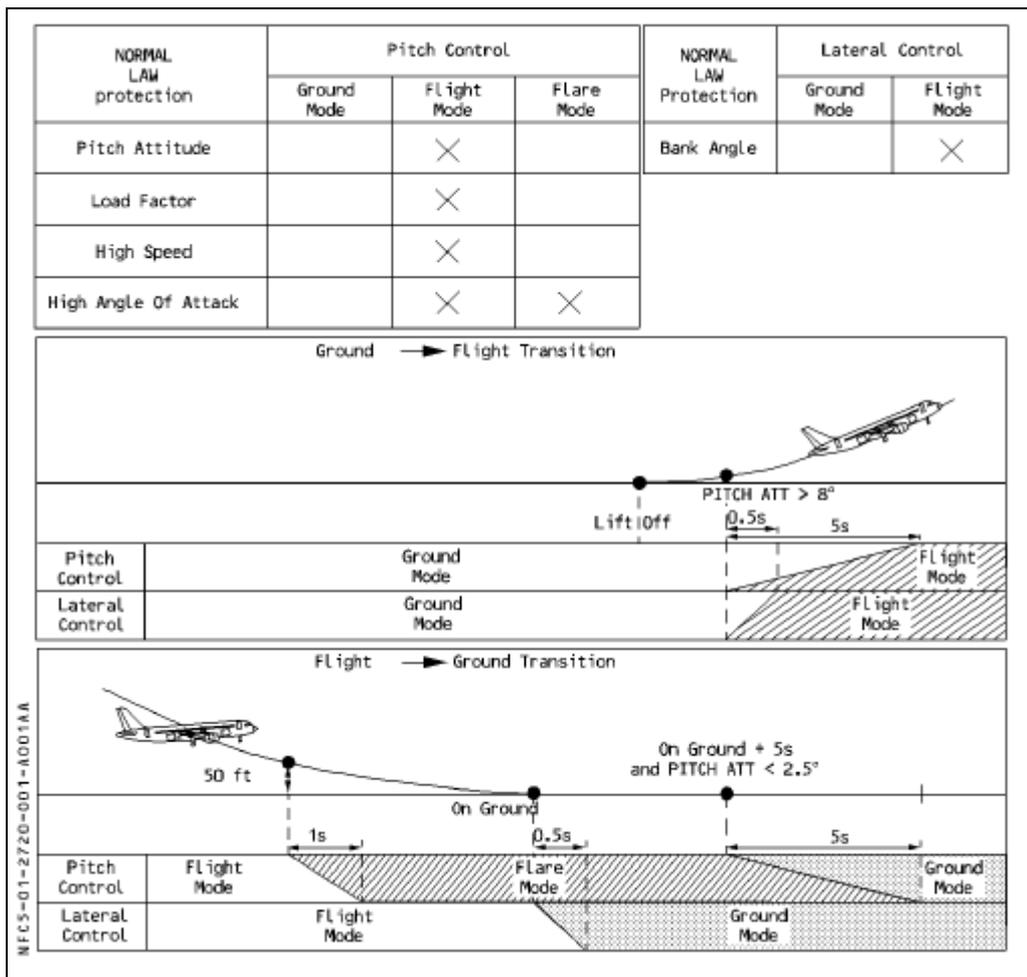


Abbildung 3: Flight Control Normal Laws

Quelle: FCOM A320

Umschaltung bei der Landung (Flight/Ground Transition)

Bei der Landung schaltet das Flugzeug im Normal Law in der Pitch-Steuerung nach einer vorgegebenen Logik vom Flight Mode in den Flare Mode und dann in den Ground Mode um.

In der Lateral-Steuerung erfolgt im Normal Law die Umschaltung vom Flight Mode direkt in den Ground Mode.

Für die Umschaltung vom Flight Mode in den Ground Mode in der Lateral-Steuerung ist ein Ground-Signal erforderlich, das im ELAC (Elevator and Aileron Computer) erzeugt wird. Das Ground-Signal wird bei folgenden Voraussetzungen erzeugt:

- Ein Fahrwerk wird durch beide LGCIUs (Landing Gear Control Interface Unit) als ausgefahren und belastet erkannt und die durch den Radiohöhenmesser gemessene Höhe über Grund ist kleiner als 50 ft,

oder

- die Ground Spoiler sind ausgefahren und die durch den Radiohöhenmesser gemessene Höhe über Grund ist kleiner als 50 ft,

oder

- das linke und rechte Hauptfahrwerk wird jeweils durch LGCIU 1 und LGCIU 2 als ausgefahren und belastet erkannt,

oder

- das linke und rechte Hauptfahrwerk werden mindestens durch eine LGCIU als ausgefahren und belastet erkannt und die durch den Radiohöhenmesser gemessene Höhe über Grund ist kleiner als 50 ft.

Wenn der zuständige ELAC festgestellt hat, dass das Flugzeug sich am Boden befindet, wechselt das System innerhalb von 0,5 Sekunden von Lateral Flight Mode in Lateral Ground Mode. Damit führen die Eingaben am Sidestick zu einer direkten Steuerung der Querruder und Rollspoiler. Die Rückkopplung für die computergesteuerte Bewegung der Querruder und Rollspoiler wird aufgehoben.

Die Wirksamkeit der Querruder einschließlich der Rollspoiler 2, 3 und 4 ist bei Geschwindigkeiten von über 80 kt um die Hälfte reduziert.

Im Direct Law sind die im Normal Law vorhandenen Schutzfunktionen (Loadfactor Limitation, Pitch Attitude Protection, usw.) deaktiviert.

Nach dem Start bzw. nach einer abgebrochenen Landung geht die vertikale Steuerung des Flugzeuges innerhalb fünf Sekunden bei einem Anstellwinkel (Pitch) größer als 8° in den Flight Mode über. Danach sind alle Schutzfunktionen wieder aktiv.

Im Verlauf der Untersuchung hat der Hersteller angegeben, dass das System bereits beim Aufsetzen mit einem Hauptfahrwerk vom Flight Mode in den Ground Mode umschaltet und die Wirksamkeit der Quersteuerung um die Hälfte reduziert wird.

Windberechnung durch das Air Data Inertial Reference System

Die Windgeschwindigkeit und –richtung wird im Air Data Inertial Reference System berechnet und auf dem Navigationsdisplay (ND) im Cockpit angezeigt. Laut Angabe des Flugzeug-Herstellers ist diese Windinformation bei Windgeschwindigkeiten unter 50 kt und bei Landungen mit Einfluss durch Seitenwind ungenau und operationell nicht verwertbar.

1.7 Meteorologische Informationen

Für die Untersuchung der Schweren Störung hat der Deutsche Wetterdienst (DWD) im Auftrag der BFU eine amtliche flugmeteorologische Auskunft erteilt.

Wetterlage und Wetterentwicklung

Nach Auskunft des DWD lag der Flugweg des Airbus A320 im Einflussbereich eines kräftigen Tiefdruckwirbels, der sich im Tagesverlauf unter Intensivierung zum Orkantief von den Färöer Inseln in Richtung Südschweden verlagerte. Das zugehörige rasch okkludierende Frontensystem hatte gegen 07:00 Uhr bereits die Mitte Deutschlands erreicht. Mit Passage der Okklusion traten in der Nordhälfte Deutschlands bereits am frühen Morgen verbreitet kräftige Schauer- und Gewitterzellen auf, wobei der Bodenwind in Böen dabei stellenweise auch Windstärke 10 bis 12 erreichte. Auf der Rückseite der Okklusion wurde mit einer lebhaften vorherrschend nordwestlichen Höhenströmung labil geschichtete Meeresluft herangeführt, in der im Tagesverlauf wiederholt Schauerstaffeln auftraten.

Um 13:20 Uhr meldete die Wettermeldestelle Hamburg-Fuhlsbüttel (EDDH) bei einer horizontalen Sichtweite am Boden von 9 km noch einen leichten Regenschauer (-SHRA) sowie eine Hauptwolkenun-

tergrenze in 1 400 ft AGL. Gegen 13:50 Uhr betrug die horizontale Sichtweite am Boden 8 km und die Hauptwolkenuntergrenze lag in 2 000 ft AGL.

Windverhältnisse zum Ereigniszeitpunkt

Bodenwind

Die Windverhältnisse am Boden wurden durch Messsysteme (Anemometer) des DWD im Bereich der Schwellen der Pisten 15 und 23/33 gemessen und im 10-Sekunden-Takt gespeichert.

Die im Bereich der Schwellen der Pisten 23/33 und 15 am 01.03.08 in der Zeit zwischen 13:31:00 Uhr und 13:35:00 Uhr gemessenen Windwerte sind in den Anlagen 2 und 3 dargestellt.

Gegen 13:33:40 Uhr wurde am Anemometer-Standort im Bereich der Schwelle 23/33 Bodenwind aus 299° mit einer mittleren Windgeschwindigkeit von 32 kt (hier: 2-Minuten-Mittelwerte) registriert. Gegen 13:34:00 Uhr wurden unveränderte Windverhältnisse (Windrichtung 299 Grad) registriert.

Während der letzten 10 Minuten vor dem Ereignis lag die Schwankungsbreite des Bodenwindes (Extremwerte) zwischen 268 Grad (Minimum) bzw. 323 Grad (Maximum). In diesem Zeitraum erreichte die höchste Windspitze 47 kt.

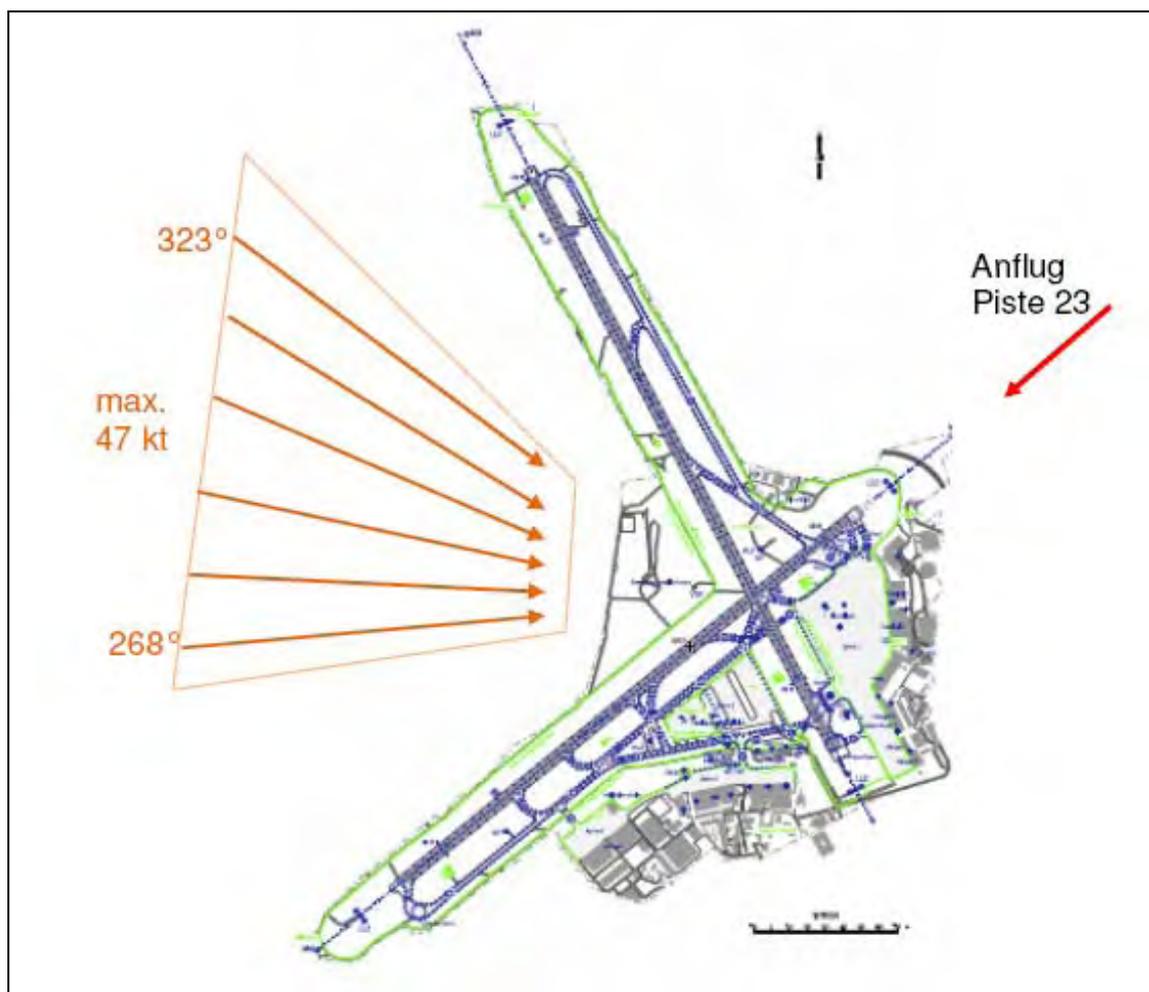


Abbildung 4: Bodenwind während der letzten 10 Minuten vor dem Aufsetzen

Quelle: BFU, Grafik AIP

Höhenwind und Turbulenz

Aus den AMDAR-Sondierungen (Aircraft Meteorological Data Report) von 15:15 Uhr (Bremen) und 15:38 Uhr (Hamburg), die als repräsentativ für die Höhenwindverhältnisse zum Zeitpunkt der Störung anzusehen waren, ließ sich für die bodennahen Luftschichten im Höhenbereich von etwa 500 m Normalnull (NN) ein Höhenwind aus 290 Grad bis 300 Grad mit Windgeschwindigkeiten von 23 m/s (ca. 46 kt) bzw. 24 m/s (ca. 48 kt) nachweisen.

Bereitstellung von Messdaten für das Flugsicherungsunternehmen

Am Verkehrsflughafen Hamburg werden vom DWD die aufbereiteten Messwerte der Anemometer (Schwelle 23/33 sowie 15) über fest installierte Modemstrecken flughafenintern dem Flugsicherungsprovider bereitgestellt. In definierten Formaten werden alle 10 Sekunden die für die Anflug- und Platzkontrolle erforderlichen Flugplatzwetterdaten aktualisiert und zur Verfügung gestellt. Dabei handelte es sich um folgende Datensätze:

- gleitende 2-Minuten-Mittelwerte der Windrichtung und Windgeschwindigkeit
- maximale links- und rechtsdrehende Windrichtung (Extremwerte) der letzten 10 Minuten
- minimale und maximale Windgeschwindigkeit (Windspitzen) der letzten 10 Minuten



Abbildung 5: Anzeige der Windwerte im Tower

Foto: BFU

Zum Zeitpunkt der Störung wurden ein Bodenwind aus 300 Grad mit einer mittleren Windgeschwindigkeit von 32 kt (Windrichtung und Windgeschwindigkeit sind 2-Minuten-Mittelwerte) sowie Windspitzen bis 47 kt an die Flugplatzkontrollstelle des Flugsicherungsunternehmens übermittelt.

Meteorologische Flugvorbereitung

Am Ereignistag standen für eine meteorologische Flugvorbereitung nach Angaben des DWD grundsätzlich zur Verfügung:

- METAR (gültig zur Zeit der Flugvorbereitung)
- Flugplatzwettervorhersagen (TAFs)
- Gebietswettervorhersage (GAMET)
- SIGMET-Meldungen
- Flugplatzwetterwarnungen

Während des Fluges standen über das digitale Datenfunksystem ACARS (Aircraft Communications Addressing and Reporting System) das aktuelle Wetter durch METARs, die Flugplatzwettervorhersagen TAFs sowie Sigmet-Meldungen im Cockpit zur Verfügung.

Flugplatzwettervorhersagen

Aus der Flugplatzwettervorhersage, gültig für den Zeitraum von 11:00 Uhr (10:00 UTC) bis 20:00 Uhr (19:00 UTC), (Ausgabezeit 10:00 Uhr (09:00 UTC)), war ersichtlich, dass ein Bodenwind aus 280 Grad mit einer mittleren Windgeschwindigkeit von 25 kt prognostiziert wurde. Dabei wurden Windspitzen bis 45 kt erwartet.

Zeitweise (TEMPO) wurde für den Zeitraum von 12:00 Uhr bis 18:00 Uhr ein Bodenwind aus 290 Grad mit einer mittleren Windgeschwindigkeit von 30 kt erwartet. Zusätzlich wurden Windspitzen bis 55 kt prognostiziert.

```
TAF EDDH 010900Z 011019 28025G45KT 9999 SCT015 BKN025 TEMPO 1019 3000 SHRAGS  
BKN008CB TEMPO 1117 29030G55KT=
```

Gebietswettervorhersage (GAMET)

GAMET sind Gebietswettervorhersagen für die Luftfahrt in niedrigen Höhen (Area forecast for low-level flights). Sie beschreiben das Auftreten oder das erwartete Auftreten festgelegter gefährlicher Streckenwettererscheinungen sowie deren räumliche und zeitliche Entwicklung und geben Hinweise auf Wetterlage und Wetterentwicklung in einem Fluginformationsgebiet (FIR). Grundlage für die Erstellung und Verbreitung von Gebietswettervorhersagen im GAMET-Format sind die Richtlinien und Empfehlungen im Annex 3 der ICAO. Eine GAMET besteht aus zwei Abschnitten:

- Abschnitt 1 (SECN 1) enthält Informationen für Flüge in niedrigen Höhen über potentiell gefährliche Streckenwettererscheinungen und dient gleichzeitig zur Unterstützung für die Herausgabe von AIRMET.
- Abschnitt 2 (SECN 2) enthält weitere zusätzliche Wetterinformationen, die für Flüge in niedrigen Höhen relevant sein können. Dazu zählen unter anderem Druckzentren und Fronten mit ihrer erwarteten Verlagerung und Entwicklung PSYS (pressure systems)

In der Gebietswettervorhersage für das FIR Bremen (GAMET), gültig für den Zeitraum von 10:00 Uhr (09:00 UTC) bis 16:00 Uhr (15:00 UTC), wurde unterhalb FL50 mäßige bis starke Turbulenz prognostiziert sowie Vereisung (moderate) oberhalb 1 500-2 000 ft, isolierte CBs und ein Trog.

```

Gebietswettervorhersage für das FIR Bremen für den 01.03.2008, gültig von
09.00 UTC bis 15.00 UTC

2008030108000000800000001040200803010847FADL41 EDZH
FADL41 EDZH 010800
EDWW GAMET VALID 010900/011500 EDZH-
BREMEN FIR W OF E011 BLW FL100
SECN I
SFC WSPD: 35-40 KT NW-PART COT MAR
          12/15 45 KT NW-PART MAR
SIGWX   : ISOL TS
MT OBSC : ABV 1500 FT AMSL
SIG CLD : ISOL CB 1500 FT AGL/XXX
ICE     : MOD ABV FZLVL
TURB    : MOD TO SEV BLW FL050
SIGMET APPLICABLE: AT TIME OF ISSUE NO.3
SECN II
PSYS    : 12 L 964 HPA S-SWEDEN MOV SE WKN
          12 TROUGH LINE DENMARK-NETHERLANDS MOV SE NC
          12 OCCLUSION LINE S-SWEDEN - LITHUANIA - E-POLAND -
          SWITZERLAND MOV SE NC
WIND/T  : 2000 FT AMSL 290/60KT PS01
          FL050         300/65KT MS05
          FL100         300/65KT MS13
CLD     : BKN/OVC CU/SC/AC 1500-3000 FT AMSL/XXX
FZLVL   : 09/12 2500 FT AMSL
          12/15 1500-2000 FT AMSL
MNM QNH : 09/11 972 HPA
          11/13 973 HPA
          13/15 975 HPA
CHECK GAFOR (VIS AND CLD BASE), AIRMET AND SIGMET-INFORMATION =
-----TI12
2008030108000000800000000912200803010847FADL41 EDZE
FADL41 EDZE 010800
EDWW GAMET VALID 010900/011500 EDZE-
BREMEN FIR E OF E011 BLW FL100
SECN I
SIGWX:   LOC TS
SIG CLD: BKN ST 800/1500 FT AGL
          LOC CB 2000 FT AMSL/XXX
TURB:    MOD/SEV BLW FL050 NC

SIGMET APPLICABLE: No.03
SECN II
PSYS    : 12 L 964 HPA S-SWEDEN MOV SE WKN
          12 TROUGH LINE DENMARK-NETHERLANDS MOV SE NC
          12 OCCLUSION LINE S-SWEDEN - LITHUANIA - E-POLAND -
          SWITZERLAND MOV SE NC
WIND/T  : 2000 FT AMSL 270/55KT PS02
          FL050         290/70KT MS04
          FL100         290/65KT MS14
CLD:    BKN SC 1500-3000 FT AMSL/XXX
FZLVL:  09/12 3000 FT AMSL
          12/15 2000 FT AMSL
MNM QNH : 09/11 972 HPA
          11/13 972 HPA
          13/15 972 HPA
CHECK GAFOR (VIS AND CLD BASE), AIRMET AND SIGMET-INFORMATION=

```

Abbildung 6: Gebietswettervorhersage für FIR Bremen

Quelle: DWD

Wetterwarnungen

Im Rahmen des Flugwetterdienstes werden durch den DWD für die Luftfahrt verschiedene Warnungen herausgegeben. Dabei handelt es sich um AIRMET- bzw. SIGMET-Meldungen sowie um Flugplatzwetterwarnungen.

AIRMET-Meldungen

Bei AIRMET-Meldungen handelt es sich um Warnungen für die Luftfahrt, die über potentiell gefährliche Wettererscheinungen informieren, die die Sicherheit des Luftverkehrs beeinträchtigen können (AIRMET Information). Sie werden von den Flugwetterüberwachungsstellen (Meteorological Watch Office (MWO)) für die zugeordneten FIRs herausgegeben. Sie beschreiben in Kurzform das Auftreten oder das erwartete Auftreten festgelegter Streckenwettererscheinungen sowie deren räumliche und zeitliche Entwicklung in einem FIR.

Grundlage für die Herausgabe von AIRMET-Meldungen sind die Richtlinien und Empfehlungen der ICAO, Annex 3 und der ICAO-Luftfahrtsplan für die Region Europa (EUR ANP). AIRMET-Meldungen werden für den unteren Luftraum (bis FL100 bzw. FL150) erstellt, wenn bestimmte meteorologische Erscheinungen auftreten oder vorhergesagt werden und diese im Abschnitt 1 der jeweils gültigen Gebietswettervorhersage (GAMET) nicht vorhergesagt wurden. Die Kriterien (z.B. mäßige Turbulenz) für die Herausgabe einer AIRMET-Meldung sind im Annex 3, Anhang 5 der ICAO festgelegt.

Ein AIRMET wurde für den Zeitraum des Fluges nicht herausgegeben.

SIGMET-Meldungen

SIGMET-Meldungen sind Warnungen für die Luftfahrt und informieren über potentiell gefährliche Wettererscheinungen, die die Sicherheit des Luftverkehrs beeinträchtigen können (Significant Meteorological Information). Sie werden von den Flugwetterüberwachungsstellen für die zugeordneten Fluginformationsgebiete (FIR/UIR) oder Kontrollbezirke im FIR/UIR herausgegeben. Sie beschreiben in Kurzform das Auftreten oder das erwartete Auftreten bestimmter, als signifikant festgelegter Streckenwettererscheinungen sowie deren räumliche und zeitliche Entwicklung in einem FIR.

Grundlage für die Herausgabe von SIGMET-Meldungen sind die Richtlinien und Empfehlungen der ICAO im Annex 3 und der ICAO-Luftfahrtsplan für die Region Europa (EUR ANP). Bei bestimmten Kriterien, z.B. starker Turbulenz (beobachtet oder erwartet), ist gemäß ICAO Annex 3 eine SIGMET-Meldung herauszugeben.

Für das FIR Bremen wurde um 9:47 Uhr, gültig für den Zeitraum von 10:00 Uhr bis 14:00 Uhr, erneut eine SIGMET-Meldung (SIGMET 04) herausgegeben.

EDWW BREMEN FIR SEV TURB FCST BLW FL050, STNR, NC =

Gegen 13:30 Uhr wurde die bestehende Warnung mit der Herausgabe einer neuen SIGMET-Meldung bis 18:00 Uhr verlängert.

Flugplatzwetterwarnungen

Für internationale Verkehrs- bzw. Regionalflughäfen werden durch die Luftfahrtberatungszentralen des DWD Flugplatzwetterwarnungen für den jeweiligen Zuständigkeitsbereich herausgegeben (Aerodrome Weather Warning). Diese Warnungen vor signifikanten Wettererscheinungen an dem betroffenen Flughafen dienen der Sicherung parkender und abgestellter Luftfahrzeuge sowie von Flughafeneinrichtungen und sollen grundsätzlich dem Tower, der Flugwetterwarte, der Flughafengesellschaft, den Flughafendiensten sowie den Fluggesellschaften zur Verfügung stehen. Grundlage einer Herausgabe sind die Richtlinien und Empfehlungen des Annex 3 der ICAO und der ICAO-Luftfahrtsplan für die Region Europa (EUR ANP).

Am 01.03.2008 wurde von der Luftfahrtberatungszentrale Nord (Hamburg) für die internationalen Verkehrsflughäfen in Hannover (EDDV), Bremen (EDDW) und Hamburg (EDDH) eine Flugplatzwetterwarnung, gültig für den Zeitraum von 07:05 Uhr (06:05 UTC) bis 19:00 Uhr herausgegeben.

```

2008030106000000800000000760200803010613WWDL39 EDDH
WWDL39 EDDH 010600
EDZH Flugplatzwetterwarnung, gueltig 010605/011800 UTC fuer EDDH
EDZH Aerodrome Weather Warning, valid 010605/011800 UTC for EDDH

                S T U R M / G A L E                - WARNUNG / - WARNING
fuer / for:
Flughafen Hamburg (03)

Starker Wind aus West bis Nordwest mit 25 bis 30 KT und Boeen um 45
KT, nachmittags um 55 KT.

Strong wind from west to northwest with gusts 25 to 30 KT, gusts
around 45 KT, during afternoon around 55 KT.

ausgegeben von der LBZ Nord / issued by LBZ Nord
01.03.2008 , 06.03 UTC

```

Abbildung 7: Flugplatzwetterwarnung

Quelle: DWD

Routinewettermeldungen (METAR) der Wettermeldestelle Hamburg-Fuhlsbüttel (EDDH)

In den Routinewettermeldungen erfolgt eine Aussage über die herrschenden Flugwetterbedingungen an einem Flughafen (Aviation Routine Weather Report). Durch eine angehängte Landewetterprognose (TREND) erfolgt zusätzlich eine Aussage über die zu erwartenden Flugwetterbedingungen, wobei die Landewetterprognose zeitlich auf zwei Stunden begrenzt ist.

METAR-Meldungen der internationalen Verkehrsflughäfen werden täglich rund um die Uhr zu den Beobachtungsterminen H (volle Stunde) + 20 Minuten und H+50 Minuten erstellt.

Die Routinewettermeldungen der Wettermeldestelle Hamburg-Fuhlsbüttel (EDDH) für den Zeitraum von 09:20 UTC bis 12:50 UTC lagen der BFU vor.

Aus der Routinewettermeldung der Wettermeldestelle Hamburg-Fuhlsbüttel von 13:20 Uhr (12.20 UTC) war ersichtlich, dass bei leichtem Regenschauer (-SHRA) der Bodenwind aus 290 Grad mit einer mittleren Windgeschwindigkeit (10-Minuten-Mittelwert) von 28 kt wehte. Dabei wurden Windspitzen von 48 kt gemeldet. In der Landewetterprognose (TREND) wurden zeitweise (TEMPO) eine Zunahme der mittleren Windgeschwindigkeit auf 35 kt und Windspitzen bis 55 kt prognostiziert. Die mittlere Windrichtung wurde unverändert mit 290 Grad angegeben.

```

METAR EDDH 011220Z 29028G48KT 9000 -SHRA FEW011 BKN014 07/05 Q0984 TEMPO
29035G55KT 4000 SHRA BKN008=

```

Die Wettermeldungen der Wettermeldestelle Hamburg-Fuhlsbüttel konnten während des Fluges über das automatische VOLMET-System des DWD bzw. über das automatische ATIS-System der Deutschen Flugsicherung abgerufen werden.

Inhalt der ATIS-Meldung W und X (gültig 11:50 UTC bis 12:20 UTC) waren:

```

01 N EDZZATIS\x0a
-ATIS W RWY: 23 23 TL: 70 SR: 0607 SS: 1658 \x0d\x0a
-METAR 011150 EDDH 28023G37KT 9999 \x0d\x0a
-A: B: C: A: B: C: \x0d\x0a
-FEW013 BKN017 08/06 \x0d\x0a
-983 \x0d\x0a
-TEMPO 28025G45KT 4000 SHRA BKN008 \x0d\x0a
-COMMENTS: \x0d\x0a
-EXPECT ILS APCH RWY 23 \x0d\x0a
-\x0d\x0a
-\x0d\x0a

```

Abbildung 8: ATIS W

Quelle: DFS

```

01 N EDZZATIS\x0a
-ATIS Y RWY: 23 33 TL: 70 SR: 0607 SS: 1658 \x0d\x0a
-METAR 011220 EDDH 29028G48KT 9000 \x0d\x0a
-A: B: C: G: F: E: \x0d\x0a
--SHRA FEW011 BKN014 07/05 \x0d\x0a
-984 \x0d\x0a
-TEMPO 29035G55KT 4000 SHRA BKN008 \x0d\x0a
-COMMENTS: \x0d\x0a
-EXPECT ILS APCH RWY 23 \x0d\x0a
-\x0d\x0a
-\x0d\x0a

```

Abbildung 9: ATIS Y

Quelle: DFS

```

01 N EDZZATIS\x0a
-ATIS Z RWY: 23 33 TL: 70 SR: 0607 SS: 1658 \x0d\x0a
-METAR 011220 EDDH 29028G48KT 9000 \x0d\x0a
-A: B: C: G: F: E: \x0d\x0a
--SHRA FEW011 BKN014 07/05 \x0d\x0a
-984 \x0d\x0a
-TEMPO 29035G55KT 4000 SHRA BKN008 \x0d\x0a
-COMMENTS: \x0d\x0a
-EXPECT ILS APCH RWY 23 \x0d\x0a
-\x0d\x0a
-RWY 33 AVBL FOR LDG \x0d\x0a

```

Abbildung 10: ATIS Z

Quelle: DFS

Zusätzliche Erläuterungen des DWD

Der DWD hat im Rahmen der Untersuchung zu Fragestellungen des Untersuchungsteams aus flugmeteorologischer Sicht Stellung bezogen und erläuternde Hintergrundinformationen gegeben.

Entstehung von Böen

Infolge Bodenreibung der Grenzschicht wird der Wind in den tieferen Schichten gebremst. Durch die Reibungskraft ändert sich Windrichtung und –geschwindigkeit. Böen resultieren aus der turbulenten Durchmischung der Grenzschicht, vereinfacht dargestellt sind es „heruntergewaschene“ Luftpakete aus

der Höhenströmung. Diese haben Richtung und Geschwindigkeit. In erster Näherung kann man sagen, dass der Betrag der Böen etwa dem 1,5-fachen Betrag des mittleren Bodenwindes entspricht. Bei Starkwind- und Sturmweatherlagen und „halbwegs“ gleichmäßigem Gelände entspricht die Richtung der kräftigen Böen etwa der Richtung des Höhenwindes oberhalb der Grenzschicht. Auf der Nordhalbkugel ergibt sich eine Drehung von ca. 10-20° im Uhrzeigersinn zur mittleren Windrichtung. Die Annahmen gelten nicht für orographisch stark gegliedertes Gelände und synoptische Wettererscheinungen wie beispielsweise Gewitter- oder Thermikwetterlagen, Frontdurchgänge usw.

In der AIP (AIP GEN 3.5 Anlage 3) ist hinsichtlich der Angabe von Böen folgender Hinweis veröffentlicht:

Abweichungen von der mittleren Windgeschwindigkeit (Böen) sind durch ein vorangestelltes „G“ gekennzeichnet, die Angabe erfolgt wie bei 1.1.1.2. Böen werden gemeldet, wenn im Mitteilungszeitraum die maximale Windgeschwindigkeit (höchste Windspitze) die mittlere Windgeschwindigkeit um mindestens 10 kt überschreitet. Zur Ermittlung der höchsten Windspitze wird das 3-Sekunden-Mittel der Windgeschwindigkeit verwendet. Eine Richtungsangabe ist bei Böen nicht vorgesehen. [...]

Häufigkeit von Wetterlagen mit hohen Windgeschwindigkeiten am Verkehrsflughafen Hamburg

Der DWD stellte folgende Übersicht über die monatliche Zahl der Tage mit Windgeschwindigkeiten (Tageswindspitze größer/gleich 41 Knoten, Sturm nach Beaufort Skala) zur Verfügung:

Jahr	Summe	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.
1993	15	9	1	1							1		3
1994	13	3	1	6	1					1		1	
1995	12	5	2	3	1			1					
1996	3										2	1	
1997	5		3		1				1				
1998	7		1	1							3		2
1999	7		2									1	4
2000	10	4	2	1		1					1		1
2001	2				1	1							
2002	11	2	5	1		1					2		
2003	4				2		1						1
2004	5	1	1	2								1	
2005	6	2	1		1								2
2006	2												2
2007	9	6		1			1					1	
2008	8	2	2	3					1				

Abbildung 11: Monatliche Zahl der Tage mit einer Tageswindspitze ≥ 41 kt

Quelle: DWD

Festlegungen in ICAO Annex 3 hinsichtlich AIRMET und GAMET

Im Annex 3 war AIRMET wie folgt definiert:

"Information issued by a meteorological watch office concerning the occurrence or expected occurrence of specified en-route weather phenomena which may affect the safety of low-level aircraft operations and

which was not already included in the forecast issued for low-level flights in the flight information region concerned or sub-area thereof."

Im Kapitel 7 *SIGMET and AIRMET information, aerodrome warnings and wind shear warnings* war zur Herausgabe von AIRMET festgelegt:

„...AIRMET information shall give a concise description in abbreviated plain language concerning the occurrence and/or expected occurrence of specified en-route weather phenomena, which have not been included in Section I of the area forecast for low-level flights issued in accordance with Chapter 6, Section 6.6 and which may affect the safety of low-level flights, and of the development of those phenomena in time and space."

In Kapitel 6 *Forecasts* war unter dem Punkt 6.6 *Area Forecast for low level flights* festgelegt, dass die GAMET-Vorhersage *„... in support of the issuance of AIRMET information..."* d.h. als Ergänzung zur Herausgabe von AIRMET Informationen dienen sollten.

Zu den in Kapitel 9 des Annex 3 aufgeführten Wetterinformationen, die Piloten und Luftfahrzeugbetreibern zur Verfügung zu stellen waren, gehörte unter anderem auch die AIRMET-Information.

1.8 Navigationshilfen

Für Anflüge auf die Piste 23 nach Instrumentenflugregeln (IFR) stand ein Instrumentenlandesystem ILS CAT-II/ III zur Verfügung. Für Instrumentenanflüge auf die Piste 33 waren ein LOC/DME-Anflug sowie ein RNAV (GPS)-Anflug veröffentlicht.

1.9 Funkverkehr

Es bestand Sprechfunkkontakt zwischen dem Flugzeug und Bremen Radar sowie mit der Platzverkehrskontrolle des Verkehrsflughafens Hamburg. Die Gespräche wurden auf einen Datenträger aufgezeichnet und standen der BFU für die Untersuchung zur Verfügung.

1.10 Angaben zum Flugplatz

Der Flughafen Hamburg befindet sich ca. 8,5 km nördlich des Stadtzentrums. Er liegt innerhalb einer bis in eine Höhe von 2 500 ft MSL reichenden Kontrollzone (CTR). Der Flughafen verfügt über eine in den Richtungen 049°/229° verlaufende 3 250 m lange und 45,8 m breite Start- und Landebahn sowie eine 3 666 m lange und ebenfalls 45,8 m breite Start- und Landebahn mit der Ausrichtung 152°/332°. Beide Bahnen sind asphaltiert.

Für die Piste 23 beträgt die veröffentlichte verfügbare Landestrecke (LDA) 3 094 m, die der Piste 33 liegt bei 3 220 m.

1.11 Flugdatenaufzeichnung

Cockpit Voice Recorder

Das Flugzeug war mit einem Cockpit Voice Recorder (CVR) FA 2100 des Herstellers L3Com ausgerüstet.

Der CVR hat eine Aufzeichnungsdauer von 30 Minuten für vier getrennte Kanäle und von zwei Stunden bei zusammengeschalteten Kanälen. Der für die Untersuchung relevante Teil der Gespräche war im Speicher für die Zwei-Stunden-Aufzeichnung, d.h. die Gespräche des Kapitäns und der Copilotin waren auf einem Kanal zusammengefasst.

Der CVR wurde im Flugschreiberlabor der BFU ausgelesen; von den aufgezeichneten Gesprächen wurde eine Umschrift erstellt.

Digital Flight Data Recorder

Das Flugzeug war mit einem Digital Flight Data Recorder (DFDR) F1000 des Herstellers Fairchild ausgerüstet. Der DFDR zeichnet insgesamt 327 Parameter über einen Zeitbereich von 25 Stunden auf.

Der DFDR wurde im Flugschreiberlabor der BFU ausgelesen. Die grafische Darstellung der für die Beschreibung des Ereignisses bedeutenden Parameter ist als Anlage 5 beigefügt.

Nach den Aufzeichnungen des DFDR driftete das Flugzeug in 75 ft über Grund nach links. Mit einer Steuereingabe am Sidestick führte die Copilotin das Flugzeug um 10° nach rechts.

In 50 ft über Grund bewegte die Copilotin den Sidestick nach links. Die Seitenrudderpedale wurden innerhalb der folgenden fünf Sekunden bis auf 28° nach links bewegt.

Der Kapitän betätigte in 15 ft über Grund den Sidestick um 4,5° nach rechts. Die Sidestick-Eingabe der Copilotin wechselte von links nach rechts. Anschließend setzte das Flugzeug bei einem Rollwinkel von 4° nach links mit dem linken Fahrwerk um 13:33:33 Uhr kurzzeitig auf.

Der Rollwinkel erhöhte sich mit dem Wiederabheben des Fahrwerks auf 23° nach links. Kapitän und Copilotin gaben einen vollen Ausschlag mit den Sidesticks nach rechts und die Seitenrudderpedale wurden auf 14° nach rechts betätigt. Das rechte Querruder bewegte sich bis auf 6° nach oben und das linke Querruder nahm eine Stellung von 15° nach unten ein. Die rechten Roll-Spoiler wurden auf 8° ausgefahren.

Um 13:33:35 Uhr setzte das linke Hauptfahrwerk bei einer Geschwindigkeit von 144 kt, einem Rollwinkel nach links von 23° und einem Anstellwinkel von 1,5° ein zweites Mal auf. Die Copilotin stellte beide Schubhebel auf maximalen Schub (TOGA) und leitete das Durchstartverfahren ein. Der Kapitän übernahm die Steuerung und drückte um 13:33:38 Uhr den Übernahmeknopf am linken Sidestick.

1.12 Unfallstelle und Feststellungen am Luftfahrzeug

Ungefähr 450 m hinter der Schwelle 23 berührte das Flugzeug mit dem linken Tragflächenende die asphaltierte Piste.

Bei der Berührung mit dem Boden wurden der äußere Bereich der linken Tragfläche (Wing Tip Fence), der Vorflügel Nr. 5 und die Führungsschienen Nr. 11 und 12 der Vorflügel beschädigt. Vor der Wiederinbetriebnahme des Flugzeuges wurden diese Komponenten ausgetauscht.

Im Rahmen der Instandsetzungsmaßnahmen wurden zusätzliche Inspektionen der Flugzeugstruktur, der Steuerflächen sowie des Hauptfahrwerkes durchgeführt. Es wurden hierbei keine Beanstandungen festgestellt, die auf das Landeereignis zurückzuführen waren.

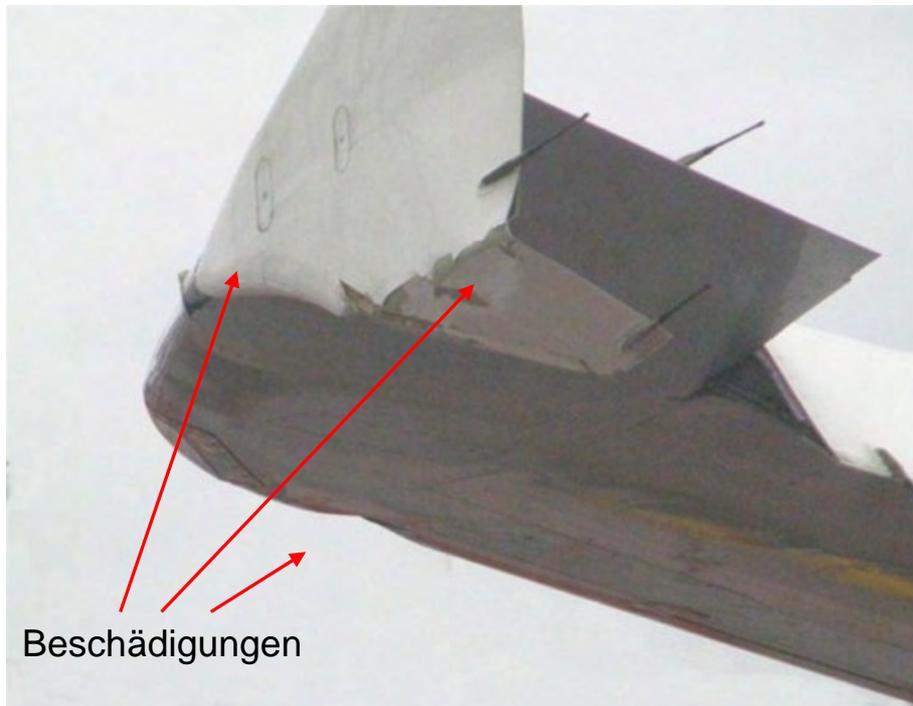


Abbildung 12: Beschädigungen im Bereich der linken Tragfläche

Quelle: BFU

1.13 Medizinische und pathologische Angaben

entfallen

1.14 Brand

Ein Brand ist nicht entstanden.

1.15 Überlebensaspekte

entfallen

1.16 Versuche und Forschungsergebnisse

Der Flugzeug-Hersteller hat Versuche mit einem für die Entwicklung von Flugzeugen und Flugzeugsystemen vorgesehenen Simulator (Iron Bird) durchgeführt. Die Inhalte und Ergebnisse sind unter 1.19 beschrieben.

1.17 Organisationen und deren Verfahren

1.17.1 Luftfahrtunternehmen

Das Flugzeug wurde in einem Luftfahrtunternehmen gemäß Verordnung (EG) Nr. 1008/2008 betrieben. Im Luftverkehrsbetreiberzeugnis (AOC) waren zum Zeitpunkt des Ereignisses insgesamt 248 Verkehrsflugzeuge eingetragen, davon 83 Airbus A319/A320/A321.

1.17.2 Flugsicherung

Das Flugsicherungsunternehmen übt die Flugverkehrskontrolle für Streckenflüge in Deutschland aus und ist insgesamt an 16 internationalen Flughäfen und über eine Tochterfirma an neun Regionalflughäfen für die Flugplatzkontrolle zuständig.

Es war für den Streckenflug von München nach Hamburg und für den Anflug auf den Flughafen Hamburg verantwortlich.

Die Verantwortlichkeiten und Verfahren für die Durchführung der Flugsicherungsdienste waren in der Betriebsanweisung für den Flugverkehrskontrolldienst (BA-FVK) und in Betriebsanordnungen (BAO) geregelt.

1.17.3 Deutscher Wetterdienst

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) ist als nationaler meteorologischer Dienst der Bundesrepublik Deutschland mit seinen Wetter- und Klimainformationen im Rahmen der Daseinsvorsorge tätig. Dazu gehören die meteorologische Sicherung der Luft- und Seeschifffahrt und das Warnen vor meteorologischen Ereignissen, die für die öffentliche Sicherheit und Ordnung gefährlich werden können.

Im Rahmen des gesetzlich geregelten Auftrages ist der DWD in Deutschland für die Durchführung des Flugwetterdienstes zuständig.

Organisatorisch wird der Flugwetterdienst im Geschäftsbereich Wettervorhersage des DWD in der Abteilung Flugmeteorologie geleistet. Der Abteilung Flugmeteorologie sind auch die Luftfahrtberatungszentralen zugeordnet.

Flugwetterberatungs- und Dokumentationsdienst

Laut Luftfahrthandbuch Deutschland (AIP Germany GEN 3.5) ist die Durchführung des Flugwetterberatungsdienstes Aufgabe der Luftfahrtberatungszentralen. Der Informations- und Dokumentationsausgabedienst wurde zum Zeitpunkt des Ereignisses von den Flugwetterwarten an sieben internationalen Verkehrsflughäfen durchgeführt. Die Beratung erfolgte nach örtlicher Vereinbarung in mündlicher und/oder schriftlicher Form.

Die Ausgabe der Dokumentation erfolgt an den Ausgabestellen der Flugwetterwarten und beinhaltet

- Flughafenwettervorhersagen für Start- Ziel- und Ausweichflughäfen
- Vorhersagekarten des Streckenwetters (signifikantes Wetter, Höhenwinde und Temperaturen, Tropopausenhöhen, Maximalwind)
- Sonstige Unterlagen nach Vereinbarung

Es bestand die Möglichkeit, für Kurzstreckenflüge vereinfachte tabellarische Darstellungen oder Wetterübersichten auszugeben.

Flugwetterdatendienst

Aus dem Betriebshandbuch für den Flugwetterdienst des DWD geht hervor, dass der Flugwetterdatendienst zur Erfüllung der Anforderungen gemäß ICAO Annex 3 der Bereitstellung von flugmeteorologischen Daten und Unterlagen für Piloten und Flugsicherungsdienste dient.

Produkte des Flugwetterdatendienstes:

- Dokumentationsmappe
- INFOMET-Dienst
- Fax-Abruf-Service
- Telefon-Ansagedienste (für VFR-Flüge)

Die als Dokumentationsmappe (gemäß ICAO Annex 3, Chapter 9) bezeichneten Zusammenstellungen der auf Papier ausgedruckten flugmeteorologischen Informationen dienen Piloten und den Beauftragten der Luftfahrtunternehmen zur Flugvorbereitung und Durchführung von Flügen. Dokumentationsmappen werden in den Flugwetterwarten entweder direkt an den Luftfahrtkunden oder an Personen übergeben, die mit der Abholung beauftragt wurden. Alternativ werden die in der Dokumentationsmappe enthaltenen Karten in Kopie für die Luftfahrtkunden bereitgelegt.

Dokumentationsmappe

Der Inhalt der Dokumentationsmappe richtet sich nach den Forderungen der ICAO, Annex 3, Chapter 9 und besteht aus:

- Vorhersagekarten für Höhenwind und Höhentemperatur für Standard-Druckflächen
- SWC, einschließlich Informationen über Tropopause und Maximum-Wind
- SIGMETs für die gesamte Flugroute
- Wenn verfügbar, Warnhinweise auf tropische Zyklonen und Vulkanasche für die gesamte Flugroute
- Wenn verfügbar, Vorhersagekarten über die Verlagerung von Vulkanasche für die gesamte Flugroute
- TAFs für Abflug- Ziel- und Ausweichflughäfen
- METARs (mit TREND) für Abflug- Ziel- und Ausweichflughäfen
- AIRMETs für Low-Level-Flüge

INFOMET – Dienst (Briefing)

Laut Betriebshandbuch für den Flugwetterdienst des DWD findet das in ICAO Annex 3, Chapter 9, 9.3 genannte Briefing im Sinne der Erläuterung bzw. der ausführlichen Besprechung der Informationen, die in der Dokumentationsmappe enthalten sind, in der Realität an den Flugwetterwarten des DWD nicht mehr statt. An die Stelle des Briefings ist der INFOMET-Dienst getreten. Dieser dient der Planung und Durchführung von Flugvorhaben jeglicher Art (VFR-Flüge, IFR-Flüge, Segelflüge, Ballonfahrten usw.). Der vom Personal der Flugwetterwarten in der Regel telefonisch durchgeführte INFOMET-Dienst soll den Flugwetterberatungsdienst der Luftfahrtberatungszentralen (LBZ) von einfachen Anfragen entlasten.

Der INFOMET-Dienst ist ein telefonischer Auskunftsdienst des DWD, über den aktuelle Wettermeldungen, Flugwettervorhersagen und –berichte sowie Wetterwarnungen für die Luftfahrt übermittelt werden.

Im INFOMET-Dienst können folgende Informationen übermittelt werden:

- METAR/SPECI
- TAF
- SYNOP
- GAFOR
- AIRMET
- SIGMET
- GAMET
- AIR-REPORT/SPECIAL AIR-REPORT
- PIREP
- Flugplatzwetterwarnungen
- Flugwetterübersichten
- Segelflugwetterberichte
- Ballonwetterberichte
- 3-Tages-Prognose
- Beschreibung von Wetterradarbildern
- Beschreibung von Wettersatellitenbildern
- Beschreibung von grafischen Produkten

Fax-Abruf-Service

Dieser dient sowohl als Ausfallsicherung für den zentralen Fax-Server als auch der Versorgung von Kunden bei speziellen Anforderungen. Der lokale Fax-Abruf-Service zählt zu den vom DWD angebotenen Selbstbriefing-Methoden für Luftfahrtkunden.

Der Fax-Abruf-Service beinhaltet das IFR-Standardprogramm

- Kurztafs Mitteleuropa, alle verfügbaren deutschen und schweizerischen TAFs sowie weitere ausgewählte TAFs nach Kundenanforderung.
- Significant Weather Chart (WAFC London) FL100-450
- Wind/Temperature Chart FL100/180/240/300/340/390 EUR
- GAMETs der fünf deutschen Meteorological Watch Offices (MWO)

Datenversorgung des Luftfahrtunternehmens

Laut Betriebshandbuch für den Flugwetterdienst des DWD wurde das betroffene Luftfahrtunternehmen über zwei Datenleitungen zentral vom DWD in Offenbach aus versorgt. Über den Rechnerverbund standen „alle für die Flugplanung und Flugdurchführung notwendigen Flugwetterbeobachtungen, Warnungen und Vorhersageprodukte zur Verfügung“.

Tochtergesellschaften des Unternehmens waren mit dem System pc_met ausgerüstet. Vorhersagekarten und TAF-Zusammenstellungen konnten durch das Luftfahrtunternehmen vom Fax-Server abgerufen werden.

Die auf lokaler Ebene notwendige Versorgung war zwischen den zuständigen Luftfahrtberatungszentralen und den Stationsleitern vor Ort zu regeln. Über den Umfang und Inhalt dieser Vor-Ort-Versorgung war eine Vereinbarung abzuschließen; die lokalen Sendepläne waren entsprechend zu ergänzen.

Datenversorgung anderer Luftfahrtunternehmen und Handlingdienste

Es war festgelegt, dass sich Luftfahrtgesellschaften oder die von ihnen beauftragten Handlingdienste in der Regel bei den Flugwetterwarten mit den für die Flugdurchführung notwendigen Unterlagen versorgten. Es wurden aber auch zunehmend die vom DWD angebotenen Selfbriefing-Systeme in Anspruch genommen.

1.18 Zusätzliche Informationen

1.18.1 Flugbetriebliche Unterlagen

Mit der Entwicklung des Flugzeuges hat der Flugzeug-Hersteller ein Flight Manual (FM) erstellt, das Bestandteil der Musterzulassung war und durch die Zulassungsbehörde genehmigt wurde. Basierend auf diesem Flight Manual wurde vom Hersteller des Flugzeuges das Flight Crew Operating Manual (FCOM) als Beschreibung und Betriebsanweisung für Luftfahrtunternehmen und deren Besatzungen herausgegeben.

Das Luftfahrtunternehmen hat die Inhalte des FCOMs in das nach JAR-OPS geforderte Operating Manual (OM/A – OM/D) übernommen und diese aufgrund spezifischer Aspekte im Unternehmen mit Änderungen und Ergänzungen versehen. Das OM wurde durch das Luftfahrt-Bundesamt genehmigt.

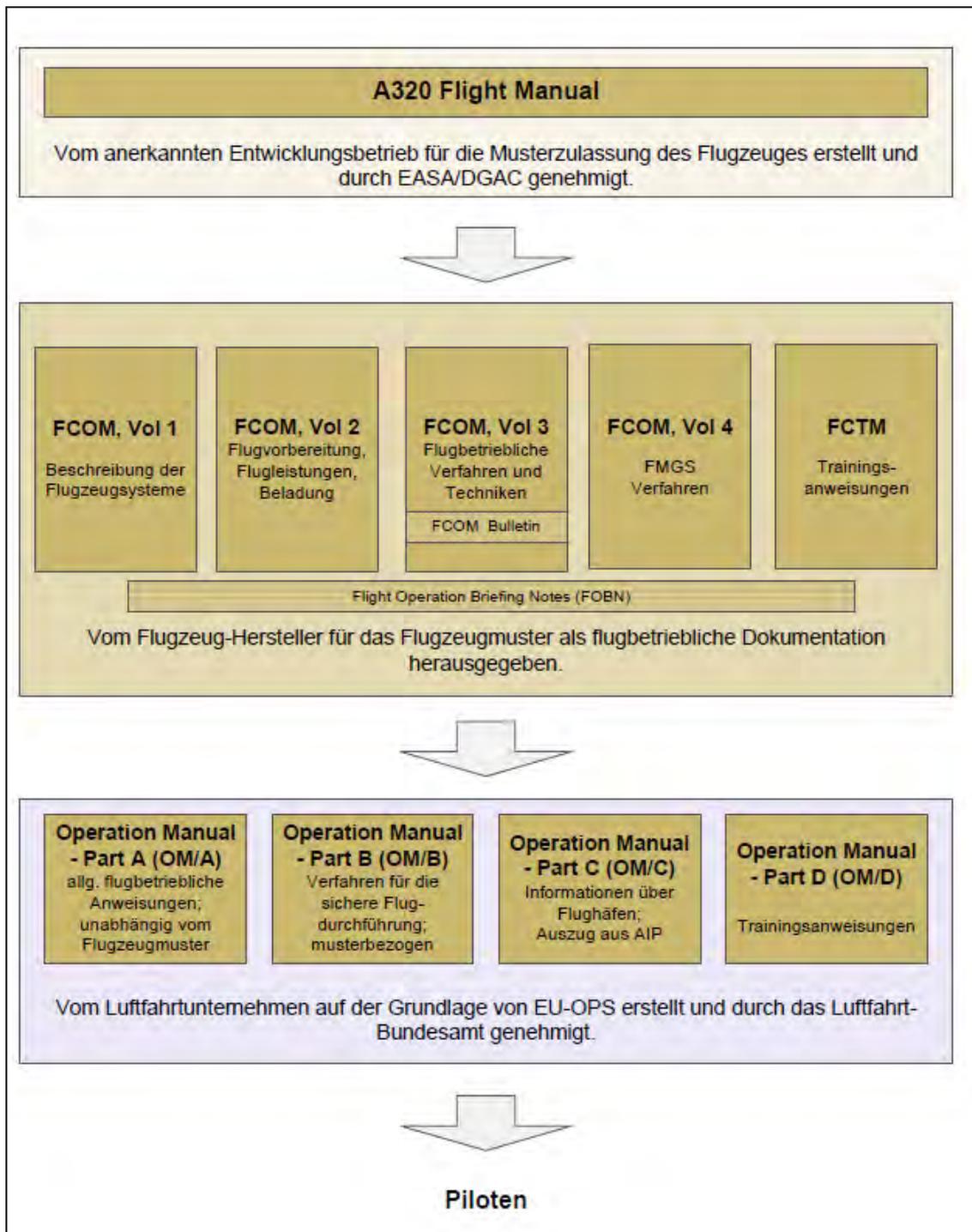


Abbildung 13: Flugbetriebliche Unterlagen

Quelle: BFU

Ergänzende Informationen zu Inhalten des FCOMs kommunizierte der Flugzeug-Hersteller mit FCOM-Bulletins. Für das Muster Airbus A318/A319/A320/A321 wurden mehrere FCOM-Bulletins mit Themen aus den Bereichen flugbetriebliche Verfahren, Systembeschreibungen sowie Flugleistungen veröffentlicht. Nach Angaben des Flugzeug-Herstellers sollten FCOM-Bulletins im Abschnitt 3 des FCOMs aufgenommen werden.

Mit Flight Operations Briefing Notes (FOBN) hat der Flugzeug-Hersteller Flugzeugbesatzungen, Trainingspersonal und anderes flugbetriebliches Personal über spezielle und aktuelle operationelle Aspekte informiert. Die Inhalte der FOBNs waren nicht musterbezogen ausgerichtet und nach Angabe des Flugzeug-Herstellers nicht als Bestandteil der musterbezogenen flugbetrieblichen Dokumentation vorgesehen.

1.18.2 Operationelle Anweisungen für die Besatzung

1.18.2.1 Operations Manual Part A (OM/A)

Aufgaben und Verantwortlichkeiten des Kommandanten

Die Aufgaben und Verantwortlichkeiten des Kapitäns waren im OM/A des Luftfahrtunternehmens im Kapitel 1.12 festgelegt. Dabei war die Umsetzung des Multi Crew Conceptes (MCC) hinsichtlich der Einteilung PF/PNF wie folgt beschrieben:

[...]

“He organizes the work of the flight deck team in accordance with the principles according to OM/A 8.3.3 Multi Crew Concept (MCC) and determines who performs the duties of PF and PNF.

He sets priorities and makes his decisions giving priority to safety and consideration to economy, passenger comfort and punctuality.

As far as the flight operation allows, the commander shall contribute to expanding the experience and knowledge of the flight crew. That includes giving the copilot, under his supervisions, the opportunity to independently plan and execute route-legs.

Whenever the commander, considering all relevant factors and circumstances, deems a take-off, approach or landing critical, he shall perform this portion of the flight as PF. Furthermore, whenever it appears to be called for in the interest of safety, he shall personally take over the control of the aeroplane, respectively give timely corrective comments and, if needed, take corrective action in the case of deviations from orderly flight execution.

The commander shall check that the flight crew members are properly qualified prior to commencing a low visibility take-off in an RVR of less than 150 m (category A, B and C aeroplanes) or 200 m (category D aeroplanes) or a CAT II/III approach. Principally this qualification is assured by the procedures of training and licensing and the scheduling department.”

[...]

Eine Rollenverteilung bzw. Zuweisung der Funktionen PF (pilot flying) und PNF (pilot non flying) war als Anweisung nicht festgelegt. Eine Ausnahme galt bei Flügen unter reduzierten Sichtverhältnissen sowie bei kritischen Starts, Anflügen und Landungen.

Im alltäglichen Mittelstrecken-Flugbetrieb wurde häufig ein Verfahren praktiziert, wonach der Kapitän für den ersten Flugabschnitt die Funktion als PF übernahm, danach wurde von Flugabschnitt zu Flugabschnitt gewechselt. Abweichungen davon ergaben sich in bestimmten Ausbildungsphasen oder bei Abflügen auf den Heimatflughäfen. Bei der Rollenverteilung für die Abflüge an den Heimatflughäfen wurde darauf geachtet, dass jeder Pilot möglichst viele verschiedene Flughäfen anfliegen konnte.

Crew Resource Management

Die Nutzung der Ressourcen sowie die Zusammenarbeit im Cockpit war im OM/A, Kapitel 8.3.2 und 8.3.3 wie folgt festgelegt:

8.3.2 Crew Resource Management (CRM)

CRM is defined as the utilisation of all available human, informational and equipment resources towards the effective performance of a safe and efficient flight.

CRM is an active process by crew members to identify significant threats to an operation, communicate them to each other and to develop and take measures to avoid or minimize the risk.

CRM skills provide a primary line of defence against threats to safety that exist in the aviation system and against human errors and its consequences.

The basic performance of flight crew (OM/A 8.3.1 Flight Procedures) has been defined, so as to include all CRM skills required by JAR-OPS (EU-OPS) and JAR-FCL.

8.3.3 Multi Crew Concept (MCC)

The Multi Crew Concept (MCC) regulates the organization of work and task sharing on the flight deck.

The objectives are as follows:

- *full availability of the PF for the primary task of flying the aeroplane*
- *clearly defined and balanced workload distribution*
- *mutual information, supervision and support to achieve a maximum of redundancy.*

Das Luftfahrtunternehmen hatte in Ergänzung der CRM- und MCC-Regelungen im OM/A eine Broschüre herausgegeben, in der für die Arbeit im Cockpit die folgenden drei Kompetenzbereiche definiert waren:

- Technical Competence
- Procedural Competence
- Interpersonal Competence

Mit der interpersonellen Kompetenz war die optimale Zusammenarbeit im Cockpit unter Nutzung aller Ressourcen beschrieben, wie sie durch die CRM-Philosophie vorgegeben war.

Diese war durch die Elemente

- Communication
- Leadership and Teamwork
- Workload Management
- Situation Awareness and Decision Making

beschrieben.

Wahl der geeigneten Landepiste

Eine Hilfe für die Entscheidungsfindung zur Auswahl der geeigneten Piste war im OM/A im Abschnitt 8.3.4.5 mit dem unten stehenden Text getroffen:

“For take-off and landing the runway which gives the optimum safety margin under prevailing conditions should be used, regarding all relevant factors (e.g. contamination, approach and landing aids, local conditions, preferential runway as described in OM/C)”.

1.18.2.2 Operations Manual Part B (OM/B)

Landetechniken bei Seitenwind

Im OM/B des Luftfahrtunternehmens war im Kapitel 2 unter

- 2. Normal Procedures
- 2.3 Procedures & Techniques
- 2.3.30 Background Information on A320 Family Operation

folgende Textpassage zur Landetechnik bei Seitenwind aufgeführt:

Landing

[...]

"Crosswind Landings are conventional. The preferred technique is to use the rudder to align the aircraft with the runway heading, during the flare, while using lateral control to maintain the aircraft on the runway centreline. The lateral control mode does not change until the wheels are on the ground, so there is no discontinuity in the control laws. The aircraft tends to roll gently in the conventional sense as drift decreases, and the pilot may have to use some normal cross control to maintain roll attitude.

In strong crosswind conditions, small amounts of lateral control may be used to maintain the wings level. This lateral stick input must be reduced to zero at first main landing gear touchdown. Even during an approach in considerable turbulence, the control system resists the disturbances quite well without pilot inputs. In fact, the pilot should try to limit his control inputs to those necessary to correct the flight path trajectory and leave the task of countering air disturbances to the flight control system."

[...]

Aircraft Handling on the Roll-Axis

[...]

"Use of rudder, combined with roll inputs, should be avoided, since this may significantly increase the pilot's lateral handling tasks. Rudder use should be limited to the "de crab" maneuver in case of crosswind, while maintaining the wings level, with the sidestick in the roll axis."

1.18.2.3 Operations Manual Part C (OM/C)

Für Hamburg war keine Einschränkung bezüglich der Wahl der Landepiste publiziert.

1.18.2.4 Operations Manual Part D (OM/D)

Im OM/D, Training Syllabus des Luftfahrtunternehmens, wurden drei Möglichkeiten der Seitenwindlandung angesprochen:

- *"Wing-Low"-Methode*
- *"Crab-Angle"-Methode*
- *Kombination der beiden Methoden*

Unser Limit beträgt auf trockener und nasser Bahn 30 kt. Die höchste von Airbus erflogene CWC liegt bei 33 kts mit gusts von 38 kt. (Alle Werte gelten für manuelle Landungen) Einschränkungen ergeben sich durch eine reduzierte Braking Action (Wet, Contaminated – s. QRH) oder „One Reverser Inop“.

Unsere „Fly by wire“-Flugzeuge lassen sich mit einer Kombination aus Wing-Low- und Crab-Angle-Methode am einfachsten und sichersten landen.

Wie wird das Flugzeug decrabbed?

Die Nase des Flugzeugs wird mit einem ruhigen und relativ langsamen Rudderinput parallel zur Centerline gezogen. Das Rudder wird durch den Fuß zunächst nur „druckbeaufschlagt“ und entsprechend dem optischen Eindruck „Flugzeuglängsachse entsprechend parallel zur RWY Centerline“ immer weiter durchgedrückt. Wenn „die Richtung stimmt“, wird das Rudder dann gehalten: der Pilot hat für diese Seitenwindlandung eine neue Neutralstellung für seine Rudderpedals gefunden. Von dieser ausgelenkten Referenzstellung ausgehend korrigiert er mit kleinen Ausschlägen.

Gleichzeitig wird ein kleiner Aileron Input in den Wind gegeben, um tendenziell zuerst mit dem luvseitigen Hauptfahrwerk aufzusetzen. Der Input geschieht meist instinktiv, aber zu beachten ist, dass mit dem Sidestick Ausschlag roll rate demand gesteuert wird.

Zu erwarten ist, dass der Rudderausschlag nach Touchdown mit abnehmender Speed zunächst größer, später mit Einsetzen der Seitenführungskraft des Nose Gears wieder kleiner wird. Unter 130 kts wird mit dem Rudder auch das Nosegear ausgelenkt.

Wann beginnt das Decrabben?

Es kommt darauf an: Generell ist es auf trockener Bahn nicht sinnvoll, mit deutlichem Crab aufzusetzen. Das Flugzeug würde sich ruckartig mit spürbarem Yawmoment „geradeziehen“. Dies führt zu erhöhter Materialbelastung (Zelle und Reifen) und wird auch von den Fluggästen unangenehm empfunden. Ein kleiner Restcrab (bis zu 50%) kann vom Piloten während der Derotation auf Null gebracht werden. Zum Decrab geht man bei ca. 50 ft schon mal „auf Druckpunkt“ und beginnt direkt nach Einleiten des Breaks, die Flugzeugnase parallel zur Centerline zu ziehen. Durch gleichzeitigen Sidestickinput „in den Wind“ wird ein Hochkommen der luvseitigen Wing verhindert (d.h. hier also crosscontrol). Bei Maingear Touchdown braucht das Flugzeug noch nicht zu 100% decrabbed zu sein, das kontinuierliche langsame Abbauen des großen Crabangles braucht eben seine Zeit. Sollte bei T/D des Nosegear noch ein „Restcrab“ vorhanden sein, wird die Nase eben am Boden geradegezogen. Auf keinen Fall darf weder das Main Gear noch das Nose Gear in einem Flare absichtlich in der Luft gehalten werden, um Zeit fürs Decrabben zu gewinnen. Dann lieber mit Restcrab landen.

Häufige Fehler:

- zu frühes Decrabben
- zu schnelles und zu frühes Decrabben, was Aufschaukeln um die Längs- und Hochachse zur Folge hat
- am Boden den Rudderinput herausnehmen
- das Flugzeug zu hoch flaren

1.18.3 Operationelle Anweisungen aus der Dokumentation des Flugzeug-Herstellers

1.18.3.1 Flight Crew Operating Manual

Der Flugzeug-Hersteller hat auf der Basis des Flight Manuals (FM) für das Flugzeugmuster Airbus A320 das Flight Crew Operating Manual (FCOM), Volume 1 bis Volume 4, und das Flight Crew Training Manual (FCTM) als flugbetriebliche Dokumentation für Luftfahrtunternehmen und Piloten des Flugzeuges herausgegeben.

Die Landetechnik bei Seitenwind war im FCOM A319/A320/A321, Volume 3, Kapitel 3.04.27, unter *Supplementary Techniques* beschrieben.

"Crosswind Landings are conventional. The preferred technique is to use the rudder to align the aircraft with the runway heading, during the flare, while using lateral control to maintain the aircraft on the runway centreline(Refer to SOP 3.03.22). The lateral control mode does not change until the wheels are on the ground, so there is no discontinuity in the control laws. The aircraft tends to roll gently in the conventional sense as drift decreases, and the pilot may have to use some normal cross control to maintain roll attitude.

Even during an approach in considerable turbulence, the control system resists the disturbances quite well without pilot inputs. In fact, the pilot should try to limit his control inputs to those necessary to correct the flight path trajectory and leave the task of countering air disturbances to the flight control system."

[...]

1.18.3.2 Airbus A318/A319/A320/A321 Flight Crew Training Manual (FCTM)

In der Ausgabe März 09/07, 02.160, wurden als Anleitung für das Training die Landetechniken wie folgt beschrieben:

FINAL APPROACH

- *In crosswind conditions, a crabbed-approach should be flown.*

FLARE

The objectives of the lateral and directional control of the aircraft during the flare are:

- *To land on the centerline*
- *and, to minimize the loads on the main landing gear.*

During the flare, rudder should be applied as required to align the aircraft with the runway heading. Any tendency to drift downwind should be counteracted by an appropriate input on the sidestick.

In the case of a very strong cross wind, the aircraft may be landed with a residual drift (maximum 5°) to prevent an excessive bank (maximum 5°)

Consequently, combination of the partial de-crab and wing down techniques maybe required.

1.18.3.3 Airbus A318/A319/A320/A321 FCOM-Bulletin No. 828/1

Als Ergänzung zum FCOM hat der Flugzeug-Hersteller mit dem FCOM-Bulletin No. 828/1 im Juni 2004 auf die Steuerung des Flugzeuges um die Hochachse und Benutzung des Seitenruders hingewiesen.

Es wurden folgende Empfehlungen (Operational Recommendations) gegeben:

"In order to avoid exceeding structural loads on the rudder and vertical stabilizer, the following recommendations must be observed.

1. The rudder is designed to control the aircraft in the following circumstances:

1.1 In normal operations, for lateral control:

- *During the takeoff roll, when on ground, especially in crosswind conditions.*
- *During landing flare with crosswind, for decrab purposes.*
- *During the landing roll, when on ground.*

In these circumstances, large and even rapid rudder inputs may be necessary to maintain control of the aircraft.

Rudder corrections should always be applied as necessary to obtain the appropriate aircraft response”.

Das FCOM-Bulletin 828/1 war im OM/B des Luftfahrtunternehmens, Kapitel 2.3.40, aufgelistet und im Wortlaut unverändert übernommen worden.

1.18.3.4 Airbus A318/A319/A320/A321 FCOM-Bulletin No. 827/1

Mit dem im Juni 2004 herausgegebenen FCOM-Bulletin wurden operationelle Hinweise für einen stabilen Anflug gegeben. Unter anderem wurde Folgendes empfohlen:

Before flare height, heading corrections should only made with roll. As small bank angles are possible and acceptable close to the ground, only small heading changes can be envisaged. Otherwise, a go-around should be initiated.

Use of rudder, combined with roll inputs, should be avoided, since this may significantly increase the pilot’s lateral handling tasks. Rudder use should be limited to the “de-crab” maneuver in case of crosswind, while maintaining the wings level, with the sidestick in the roll axis. (Refer to the FCOM’s SOP, for Crosswind Landing Techniques).

Hinweis:

Das FCOM-Bulletin 827/2 war erstellt, aber vom Flugzeug-Hersteller noch nicht veröffentlicht worden.

Der zweite Abschnitt (Use of rudder ...) wurde als ergänzende Beschreibung für Landungen bei Seitenwind in das OM/B (Abschnitt 2.2.30) aufgenommen.

1.18.3.5 Flight Operations Briefing Note (FOBN) “Landing Techniques Crosswind Landings”

In dem im April 2006 veröffentlichten FOBN hat der Flugzeug-Hersteller Landetechniken bei Anflügen mit Seitenwind beschrieben und Hintergrundinformationen zu diesem Thema gegeben.

Hinsichtlich der Beschreibungen der Landetechniken wurden die Phasen

- Final Approach und
- Flare

unterschieden.

Für die Phase Final Approach war folgende Technik beschrieben:

“Figure 1 shows that depending on the recommendations published in the aircraft-operating manual, the final approach under crosswind conditions may be conducted:

With wings-level (i.e., applying a drift correction in order to track the runway centerline, this type of approach is called a crabbed approach [Airbus recommended technique]), or

With a steady sideslip (i.e., with the aircraft fuselage aligned with the runway centerline,

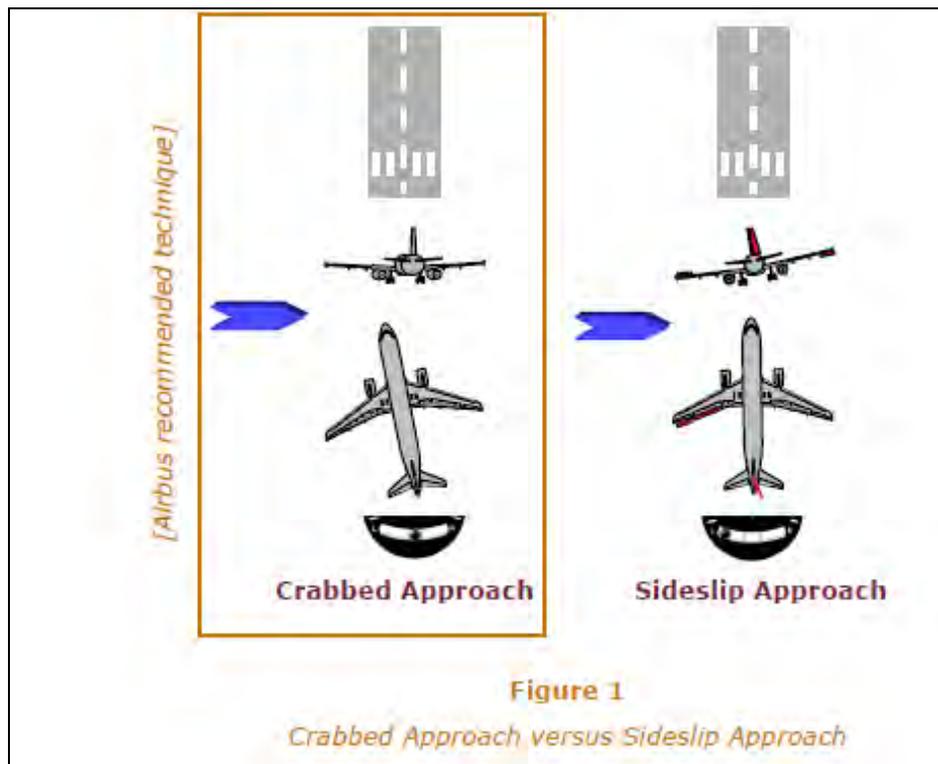


Abbildung 14: Auszug aus dem FOBN

Quelle: Airbus

Airframe manufacturers consider the following factors when recommending a wings-level or a steady-side-slip approach:

- Aircraft geometry (i.e., pitch attitude and bank angle limits for preventing tail strike, engine nacelle contact or wingtip contact)
- Ailerons (roll) and rudder (yaw) authority
- Crosswind component

This Flight Operations Briefing Note focuses on the wings-level / crabbed approach technique, recommended by Airbus, to discuss the associated flare and decrab techniques depending on the crosswind component.”

Für die Flare-Phase war die Landetechnik wie folgt empfohlen:

“The objectives of the lateral control of the aircraft during the flare are to land on the centerline, and to minimize the loads on the main landing gear.

During the flare, rudder should be applied as required to align the aircraft with the runway heading. Any tendency to roll downwind should be counteracted by an appropriate input on the sidestick (or control column, as applicable).

In the case of a very strong crosswind, the aircraft may be landed with a residual drift / crab angle (maximum 5°) to prevent an excessive bank (maximum 5°). Consequently, combination of the partial decrab and wing down techniques may be required.”

[...]

1.18.4 Operationelle Grenzen für Landungen bei Seitenwind

1.18.4.1 FCOM Airbus A319/A320/A321

Im FCOM für die Flugzeugmuster Airbus A319/A320/A321 des Flugzeugherstellers waren im Kapitel OPERATING LIMITATIONS folgende Werte dokumentiert (Anlage 7):

- *Wind for takeoff and landing:*
- *Maximum crosswind demonstrated for takeoff: 29 knots gusting up to 38 knots*
- *Maximum crosswind demonstrated for landing: 33 knots gusting up to 38 knots*

1.18.4.2 OM/B Quick Reference Handbook

Im OM/B Chapter Limitations sowie Quick Reference Handbook des Luftfahrtunternehmens, war unter *Wind Limitation* für *Crosswind* dokumentiert (Anlage 8):

Crosswind:

- *The maximum crosswind (dry and wet) is:*
- *For takeoff and manual landing: 30 kt*

Note: Max. demonstrated crosswind is:

- *for stabilized conditions: takeoff: 29 kt, landing: 33 kt*
- *gust (takeoff and landing): 38 kt*

1.18.4.3 Operating Manual (OM/A) (Starts- und Landungen bei Seitenwind)

Im OM/A des Luftfahrtunternehmens war im Abschnitt 8.3.4.5.2 zum Thema Seitenwind folgende Festlegung getroffen:

“The steady crosswind and gust component for take-off and landing must not exceed the values specified in OM/B and OM/C. Where no gust limit is specified, gust exceeding crosswind limitations must be considered whenever judged operationally significant.”

1.18.5 Zulassung des Flugzeuges

Für das Flugzeug Airbus A320 hat der Hersteller im Rahmen der Nachweisführung für die Musterzulassung Landungen bei einem maximalen Seitenwind von 33 kt, mit Böen bis zu 38 kt als *maximum crosswind demonstrated for landing* nachgewiesen.

1.18.5.1 Musterzulassung

Im Rahmen der Musterzulassung des Airbus A320 waren durch den Entwicklungsbetrieb die Vorgaben der Bauvorschriften JAR 25 (Change 10) sowie FAR 25 hinsichtlich Landungen bei Seitenwind nachzuweisen. Zum Zeitpunkt der Zulassung war die Bauvorschrift JAR 25 gültig, die später durch die Vorschrift CS 25 der European Aviation Safety Agency (EASA) ersetzt wurde. Die Forderungen für die Nachweisführung für Landungen bei Seitenwind sind nach Angabe der EASA inhaltlich unverändert geblieben. Folgende Vorgaben waren maßgeblich:

CS 25.21 Proof of compliance

(f) In meeting the requirements of CS 25.105(d), 25.125, 25.233 and 25.237, the wind velocity must be measured at a height of 10 metres above the surface, or corrected for the difference between the height at which the wind velocity is measured and the 10-metre height.

CS 25.233 Directional stability and control

(a) There may be no uncontrollable groundlooping tendency in 90° cross winds, up to a wind velocity of 37 km/h (20 kt) or 0.2 VSR0 (Reference Stall Speed in the Landing Configuration), whichever is greater, except that the wind velocity need not exceed 46 km/h (25 kt) at any speed at which the aeroplane may be expected to be operated on the ground. This may be shown while establishing the 90° cross component of wind velocity required by CS 25.237.

CS 25.237 Wind velocities

(a) The following applies:

(1) A 90° cross component of wind velocity, demonstrated to be safe for take-off and landing, must be established for dry runways and must be at least 37 km/h (20 kt) or 0.2 VSR0, whichever is greater, except that it need not exceed 46 km/h (25 kt).

Ausführungsanweisungen (Flight Test Guide Material)

Für die Anwendung und Umsetzung der oben genannten Bauvorschriften waren Ausführungsanweisungen festgelegt, die auch für heutige Musterzulassungen noch gültig sind.

Nach diesen Anweisungen war eine Festlegung und Beschreibung der nachgewiesenen Seitenwindkomponente für Starts und Landungen als *demonstrated* oder *limiting* Wert möglich.

Eine Seitenwindkomponente im Sinne der Mindestanforderungen nach CS 25.237 konnte als *demonstrated* Wert beschrieben werden, der im Flight Manual mit der Bedeutung einer „Information“ aufgenommen werden sollte.

Alternativ konnte nach den Ausführungsanweisungen ein *limiting* Wert definiert werden, wenn dieser als Mindestanforderung nach CS 25.237 nachgewiesen war. Diese Größe sollte als *limiting* Wert im Kapitel Betriebsgrenzen des Flugzeuges im FM beschrieben werden.

Für die Nachweisführung waren drei Starts und drei Landungen bei einer 90°-Seitenwindkomponente von mindestens 20 kt oder 0,2 V_{SR0} gefordert. Bei einer Landung war ein Abbremsen des Flugzeuges bis zum Stillstand notwendig. Unter diesen Testbedingungen hatte der Pilot die Steuerbarkeit und das Verhalten des Flugzeuges – wenn möglich auch bei böigen Windsituationen – zu beurteilen. Das Flugzeug musste bei diesem Test zufriedenstellend und ohne besondere Fähigkeiten des Piloten steuerbar sein.

Für beide Nachweisführungen sollte laut Beschreibung der Ausführungsanweisung der Wind bei Starts bis 50 ft Höhe über Grund und bei Landungen unterhalb 50 ft zeitgenau gemessen und aufgezeichnet werden. Das Verfahren sah eine Messung der Seitenwindkomponente in 10 m Höhe über Grund vor, wobei eine rechnerische Korrektur bei einer anderen Höhe der Messeinrichtung erlaubt war.

In Absprache mit der Zulassungsbehörde konnte auch die vom Tower übermittelte Windinformation als Grundlage für die Nachweisführung verwendet werden.

Nach Angabe des Flugzeug-Herstellers wurde bei der Zulassung des Airbus A320 ein höherer messtechnischer Aufwand betrieben als durch die Zulassungsbehörden gefordert. Die Nachweisführung wurde von der BFU im Detail nicht geprüft.

Als Ergebnis der Nachweise für die Zulassung wurde für das Flugzeugmuster Airbus A320 ein Wert von 38 kt (gust included) als *maximum crosswind demonstrated for landing* festgelegt und im Flight Manual im Kapitel *Performance, General*, dokumentiert (Anlage 6).

1.18.6 Aufgaben Platzverkehrslotse

Funktion und Tätigkeit des Platzverkehrslotsen waren in der Betriebsanweisung für den Flugverkehrskontrolldienst (BA-FVK) unter Pkt. 221 aufgeführt.

Die Funktion des Platzverkehrslotsen umfasst die Durchführung der Flugverkehrsdienste für folgenden Verkehr:

- *startende und landende Luftfahrzeuge*
- *Luftfahrzeuge auf dem Landebereich*

Der Platzverkehrslotse hat grundsätzlich folgende Tätigkeiten durchzuführen:

- *Beobachtung aller sichtbaren Flugbewegungen auf und in der Umgebung des Flugplatzes sowie von Luftfahrzeugen, Fahrzeugen und Personen auf dem Rollfeld*
- *Ermittlung der für die sichere und zügige Abwicklung des Flugplatzverkehrs notwendigen Freigaben und Anweisungen an Luftfahrzeuge durch Sprechfunk oder optische Zeichen, z.B.:*
 - *Anweisungen zur Herstellung einer Start- und Landefolge*
 - *Anweisungen zum Abflugpunkt zu rollen*
 - *Start- und Landefreigaben*

Übermittlung von Informationen, die für die sichere, geordnete und flüssige Durchführung von Flügen erforderlich sind, z.B.:

- *zu beachtende örtliche Verkehrsinformationen*
- *Wetterinformation*

Zusätzliche Tätigkeiten, sofern örtlich nicht anders geregelt:

- *Festlegung der Betriebspiste*
- *Alarmierung der Rettungseinheiten*
- *Schaltung der Flugplatzbefeuerung*
- *Aufrechterhaltung enger Verbindung mit dem verantwortlichen Vertreter der Flughafengesellschaft, insbesondere hinsichtlich der täglichen Inspektionen der Bewegungsfläche, der Flugplatzbefeuerung und der Hindernismarkierung.*

1.18.7 Lärminderungsverfahren am Flughafen Hamburg

Als Bestandteil der Betriebsanordnung (BAO) des Flugsicherungsunternehmens waren Lärminderungsverfahren für den Flughafen Hamburg festgelegt (BAO-FVK Nr. 02/95).

Im Abschnitt 2 *Wahl und Nutzung der Start- und Landepisten* war vermerkt, dass die Festlegung der Betriebsstart-/Betriebslandepiste – nach Abstimmung mit dem Wachleiter – durch den PL1 erfolgt. Weiter war unter dem Punkt 2.2 für den Zeitraum 0600 – 2100 UTC (bzw. 0500 – 2000 UTC während der Sommerzeit) festgelegt, dass die Kombination „Starts Piste 33 – Landungen Piste 05 oder Piste 23“ grundsätzlich Vorrang vor anderen Kombinationen hatte. Vor diesem Hintergrund galt, dass als Betriebsstart- und Betriebslandepiste die Kombination zu wählen ist, deren Verlauf sich der Windrichtung am stärksten annähert, wenn nicht aufgrund anderer Faktoren eine andere Haupt- Start- oder Landerichtung vorzuziehen ist.

Im Unterpunkt 2.2.1.1 wurde auf folgendes Diagramm (Anlage 1 der BAO) verwiesen:

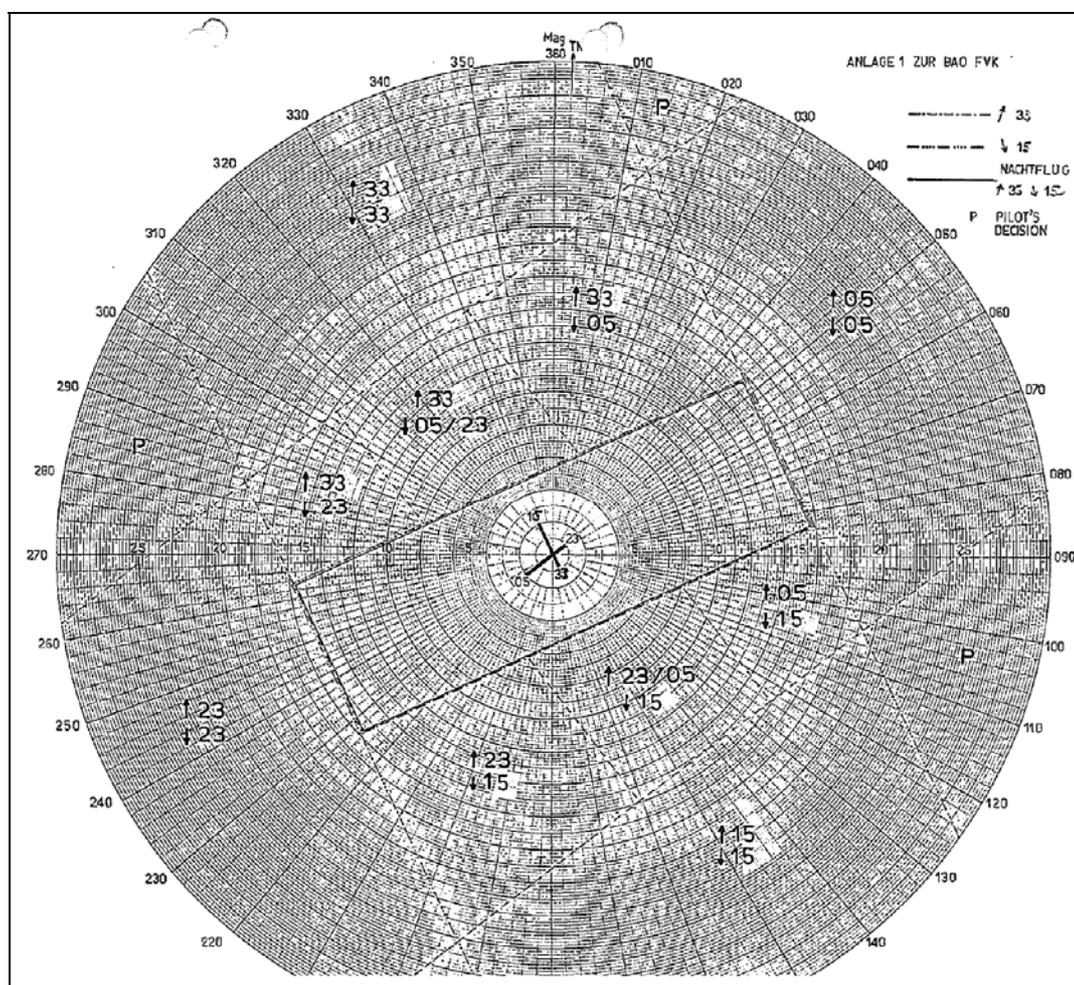


Abbildung 15: Diagramm für die Festlegung der Betriebspiste

Quelle: DFS

Unter dem Punkt 2.2.2 war festgehalten, dass von dem Grundsatz nach 2.2 abgewichen werden kann, wenn die Verkehrslage oder Gründe der Verkehrssicherheit – insbesondere Witterungs- und Pistenverhältnisse – dies erfordern. Unterpunkt 2.2.2.1 enthielt die Festlegung Starts auf Piste 15 und Landungen auf Piste 33 seien nur zuzulassen, wenn die Luftverkehrssicherheit – insbesondere Witterungs- und Pistenverhältnisse – dies fordern. Im darauf folgenden Punkt 2.2.3 der BAO hieß es: Fordert ein Luftfahrzeugführer eine andere als die Betriebsstart- oder –landepiste an, so ist diese zuzuweisen.

1.19 Nützliche oder effektive Untersuchungstechniken

1.19.1 Analyse des Flugverlaufs durch den Flugzeug-Hersteller

Der Flugzeug-Hersteller Airbus wurde im Rahmen der Untersuchung der Schweren Störung gebeten, auf Basis der FDR-Rohdaten eine zweite, von der BFU-Auswertung unabhängige, Beschreibung des Flugverlaufs in der Landephase zu erstellen.

Zielsetzungen waren:

- Das Verhalten des Flugzeuges und die durch die Besatzung getätigten Steuereingaben aus der Sicht des Flugzeug-Herstellers zu beschreiben.
- Die tatsächlichen Windverhältnisse in der Landephase unterhalb 200 ft über Grund bis zum Aufsetzen aus dem Verhalten des Flugzeuges herzuleiten.

Da die Messung des aktuellen Windes an Flughäfen, wie unter Punkt 1.7 beschrieben, nur eine durchschnittliche Windrichtung und Stärke liefert, war diese für die Untersuchung nicht ausreichend aussagefähig. Deshalb sollte mithilfe der umfangreichen Datensammlung des Flugzeug-Herstellers versucht werden, über das Flugverhalten des Flugzeuges in Verbindung mit den Steuereingaben am Sidestick, auf die aktuelle Windrichtung und Stärke zu schließen.

Der Flugzeug-Hersteller hat diese Auswertung mithilfe eines speziellen Computerprogramms erstellt, die Ergebnisse in Form einer Power-Point-Präsentation dargestellt und der BFU sowie Vertretern des Flugzeug-Halters zur Verfügung gestellt.

Rekonstruktion des Flugweges und Beschreibung der Ereignisse

Der Flugzeug-Hersteller hat die Landung in einzelne Flugphasen eingeteilt und den folgenden Hergang rekonstruiert:

1. Zwischen 100 ft und 50 ft über Grund
 - Eine Windböe ließ das Flugzeug nach links abdriften
 - Die Copilotin gab eine Steuerbewegung am Sidestick nach rechts
 - Das Flugzeug nahm eine Querlage von 10° nach rechts ein
2. Ab 50 ft bis kurz vor dem Aufsetzen
 - Die Copilotin gab eine Steuerbewegung am Sidestick nach links
 - Gleichzeitig wurde das Seitenruder nach links ausgeschlagen
 - Die Querlage des Flugzeuges wechselte von 10° rechts auf 4° nach links
 - Die Copilotin begann mit der Abfangphase, der Anstellwinkel erhöhte sich von 0° auf 5°
 - Kurz bevor das linke Hauptfahrwerk den Boden berührte wurden die Schubhebel auf Leerlauf gestellt und der Kapitän gab eine Steuerbewegung am Sidestick nach rechts

3. Moment des Aufsetzens

- Das linke Hauptfahrwerk berührte den Boden bei einer Querlage von 4° nach links
- Die horizontale Beschleunigung betrug $0,17g$ nach rechts, die vertikale Beschleunigung $1,68g$
- Das Seitenruder wurde auf ca. drei Viertel des Vollausschlags nach links ausgeschlagen, dabei erreichte die Winkelgeschwindigkeit um die Hochachse (Yaw Rate) ungefähr 6° pro Sekunde.

4. Zwischen Aufsetzen des linken Hauptfahrwerkes und der Bodenberührung der linken Tragflächenspitze

- Querlage des Flugzeuges nach links nahm zu
- Der Kapitän und die Copilotin gaben gemeinsam eine Steuerbewegung an beiden Sidesticks nach rechts
- Die Querlage des Flugzeuges erreichte 23° nach links, wodurch die linke Tragflächenspitze den Boden berührte
- Das Seitenruder wurde ca. ein Drittel nach rechts ausgeschlagen

5. Durchstartverfahren

- Beide Schubhebel wurden nach vorn auf TOGA geschoben
- Die Querlage des Flugzeuges wechselte von 23° links auf 10° nach rechts
- Der Vollausschlag der beiden Sidesticks nach rechts wechselte auf 14° nach links beim Kapitän und 4° nach links bei der Copilotin
- 3 Sekunden nach dem Einleiten des Durchstartverfahrens übernahm der Kapitän die Priorität der Steuerung durch Drücken des „Take Over PB“
- Die Stellung der Landeklappen und Vorflügel wurde auf Config 3 zurückgefahren, kurz danach wurde das Fahrwerk eingefahren

Berechnung der Windvektoren

Bei der Berechnung der Windvektoren wurde zuerst der Abschnitt zwischen 150 ft und 44 ft betrachtet. Das Ergebnis wurde mit der nachfolgenden Grafik beschrieben.

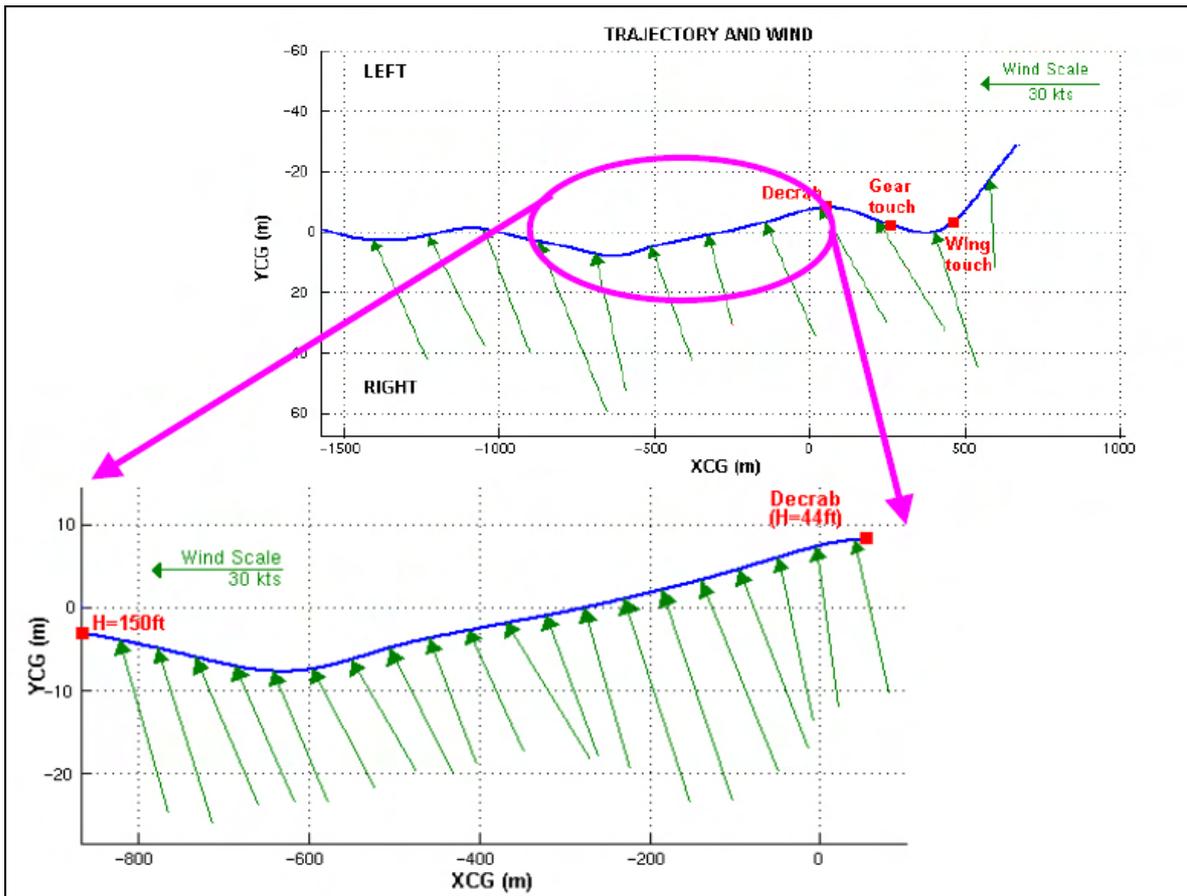


Abbildung 16: Grafik zur Darstellung der Windvektoren

Quelle: Airbus

Erläuterung der Grafik:

Die horizontale Nulllinie stellt die Landebahnmittellinie dar, die blaue Linie symbolisiert den Flugweg. Auf der unteren waagerechten Skala ist die Entfernung zur Landebahnschwelle angegeben. Auf dieser Darstellung ist eine Windzunahme ca. 200 m vor der Landebahnschwelle zu erkennen. Das Flugzeug wird nach links versetzt und befindet sich über der Schwelle ca. 8 m links der Landebahnmittellinie.

Mit einer weiteren Grafik wurde der Wind während des Decrabverfahrens dargestellt.

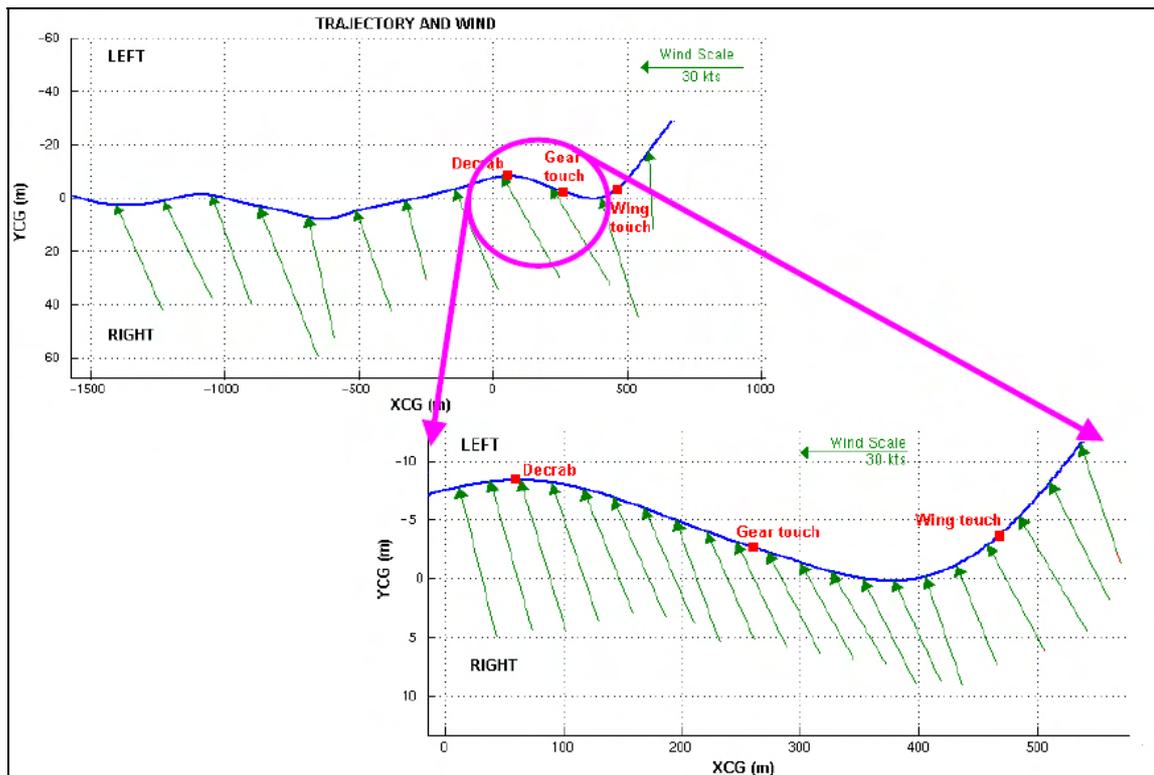


Abbildung 17: Darstellung des Windes während des Decrabverfahrens

Quelle: Airbus

Das Decrabverfahren wurde etwa 60 m nach Passieren der Landebahnschwelle in einer Höhe von 44 ft eingeleitet.

Der Flugzeug-Hersteller hat aus der Analyse der Daten und der Simulation folgende Ergebnisse zusammengefasst.

- Windbedingungen
 - Gegenwindkomponente 12,5 kt, Böen bis 24 kt
 - Seitenwindkomponente 30 kt, Böen bis 40 kt
 - Es gab keine signifikanten Böen während des Decrabverfahrens
- Eine Windböe in ca. 100 ft Höhe versetzte das Flugzeug nach links, dem wurde durch eine Steuereingabe durch die Copilotin entgegengewirkt.
- Das Decrabverfahren wurde in ca. 50 ft Höhe eingeleitet. Der Sidestick war nach links ausgelenkt, während das Seitenruder nach links ausgeschlagen war. Mit dem Aufsetzen des linken Hauptfahrwerks erhöhte sich der Ausschlag des Seitenruders nach links.
- Im Moment des Aufsetzens des linken Hauptfahrwerks wechselte die Lateral-Steuerung von Flight Law in Ground Law.

Nach der Beurteilung des Flugzeug-Herstellers wäre die Berührung der linken Tragflächenspitze mit dem Boden zu verhindern gewesen, wenn ein etwas früherer koordinierter Roll-input am Sidestick, verbunden mit weniger Seitenruderausschlag nach links erfolgt wäre.

Begründet wurde diese Aussage mit folgender Grafik:

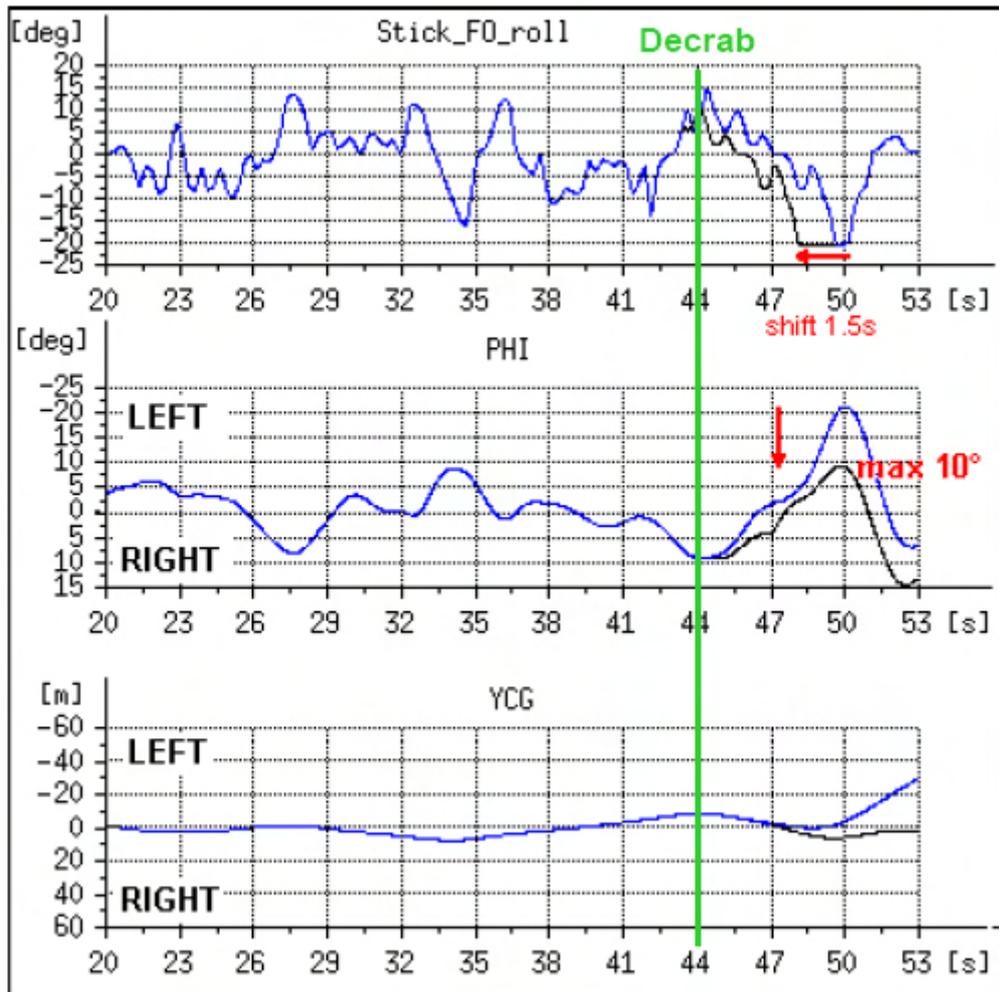


Abbildung 18: Verschiebung des Roll-inputs um 1,5 Sekunden

Quelle: Airbus

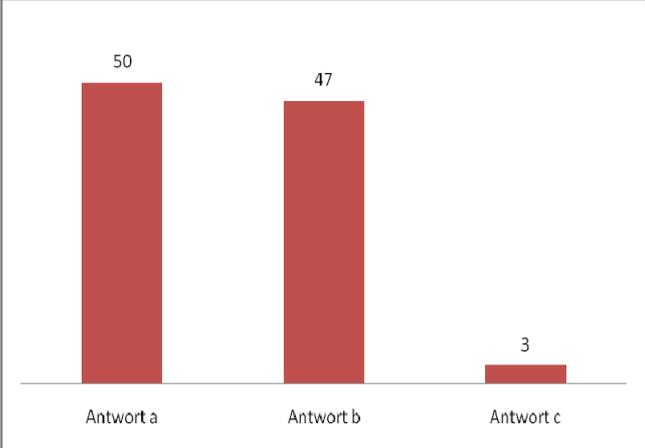
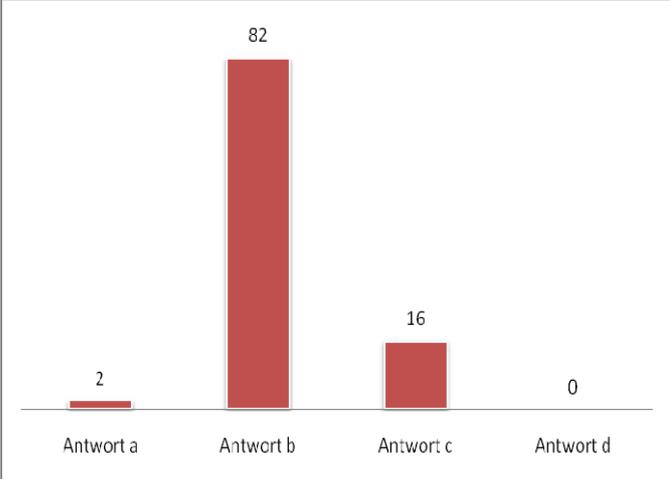
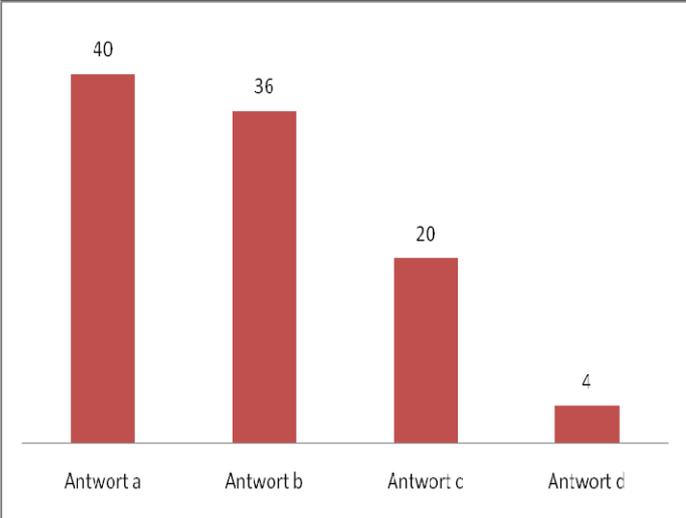
In der Grafik, Abbildung 18, hat Airbus den Roll-input am Sidestick der Copilotin um 1,5 Sekunden nach vorn verschoben, dadurch ergibt sich rechnerisch eine maximale Querlage von 10° nach links (mittlere Grafik).

1.19.2 Anonyme Befragung von Verkehrsflugzeugpiloten

Bestandteil der Untersuchung war eine anonyme Befragung von 81 aktiven Verkehrsflugzeugpiloten aus fünf verschiedenen Luftfahrtunternehmen. Mit der Umfrage sollte ein Eindruck gewonnen werden, wie der in den Handbüchern für Piloten dokumentierte Begriff *maximum demonstrated crosswind* in der praktischen Umsetzung verstanden und interpretiert wird.

Die Umfrage wurde mithilfe eines Fragebogens von Mitarbeitern der BFU durchgeführt. Die angesprochenen Piloten haben die Fragen spontan beantwortet.

Es wurden die folgenden drei Fragen mit vorgegebenen Antwortmöglichkeiten gestellt. Dabei ergab sich die in den Diagrammen dargestellte Verteilung der Antworten.

<p>Frage 1: Welche praktische Bedeutung hat für Sie der im OM/B angegebene Wert für „maximum demonstrated crosswind“ im praktischen Flugbetrieb?</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Dieser Wert ist ein Limit. b) Dieser Wert ist ein Richtwert. c) Ich bin mir im Moment nicht sicher. 	 <p>Diagramm 1: Prozentuale Verteilung der Antworten auf Frage 1</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Antwort</th> <th>Prozent</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Antwort a</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>Antwort b</td> <td>47</td> </tr> <tr> <td>Antwort c</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table>	Antwort	Prozent	Antwort a	50	Antwort b	47	Antwort c	3		
Antwort	Prozent										
Antwort a	50										
Antwort b	47										
Antwort c	3										
<p>Frage 2: „Maximum demonstrated crosswind“ ist der</p> <ul style="list-style-type: none"> a) maximale Wert für die Steuerbarkeit bei Seitenwindlandung (Authority der Steuerflächen). b) maximale Wert, der während der Zulassung aufgrund der Wetterbedingungen erfolgen werden konnte. c) maximale Wert, der nach den Flugversuchen als repräsentativer Wert für Linienpiloten bestimmt worden ist. d) Ich bin mir im Moment nicht sicher. 	 <p>Diagramm 2: Prozentuale Verteilung der Antworten auf Frage 2</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Antwort</th> <th>Prozent</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Antwort a</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Antwort b</td> <td>82</td> </tr> <tr> <td>Antwort c</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>Antwort d</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Antwort	Prozent	Antwort a	2	Antwort b	82	Antwort c	16	Antwort d	0
Antwort	Prozent										
Antwort a	2										
Antwort b	82										
Antwort c	16										
Antwort d	0										
<p>Frage 3: Für das Flugzeug ist als „maximum demonstrated crosswind“ 33 kt gust 38 angegeben. Die Crosswind-Komponente (gust) für einen Anflug beträgt 40 kt. Es gilt:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Man darf landen, wenn man die Gusts als nicht operationell relevant einschätzt. b) Man darf nicht landen, da operationelle Grenzen des Flugzeugs überschritten werden. c) Gusts spielen bei der Berechnung des Crosswinds keine Rolle, nur der steady Wind zählt d) Ich bin mir im Moment nicht sicher. 	 <p>Diagramm 3: Prozentuale Verteilung der Antworten auf Frage 3</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Antwort</th> <th>Prozent</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Antwort a</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Antwort b</td> <td>36</td> </tr> <tr> <td>Antwort c</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Antwort d</td> <td>4</td> </tr> </tbody> </table>	Antwort	Prozent	Antwort a	40	Antwort b	36	Antwort c	20	Antwort d	4
Antwort	Prozent										
Antwort a	40										
Antwort b	36										
Antwort c	20										
Antwort d	4										

2. Beurteilung

Bei dem Flug von München nach Hamburg handelte es sich um einen Linienflug eines Luftfahrtunternehmens, der nach den luftrechtlichen Vorgaben des Regelwerkes JAR-OPS 1 (heute EU-OPS) durchgeführt wurde. Damit war ein Sicherheitsstandard gegeben, der die sichere Durchführung eines Fluges auch bei außergewöhnlichen Wettersituationen gewährleisten sollte.

Im Mittelpunkt der Untersuchung des als Schwere Störung klassifizierten Ereignisses stand die Klärung der Frage, warum das Flugzeug bei der Landung mit der linken Tragflächenspitze den Boden berühren konnte. In diesem Zusammenhang wurden auch mittelbare Einwirkungen auf das Ereignis, wie Feststellung und Übermittlung der Wetterinformationen, Verhalten des Flugzeuges bei Anflügen und Landungen mit Einfluss durch Seitenwind, flugbetriebliche Verfahren, Ausbildungs- und Trainingsverfahren sowie Entscheidungsfindungen der Besatzung und des Luftfahrtunternehmens analysiert.

Bei dieser Landung mit starkem und böigem Seitenwind handelte es sich um ein hochdynamisches und fliegerisch anspruchsvolles Manöver.

Die Untersuchung hat gezeigt, dass nicht eine einzige Fehlhandlung von beteiligten Personen, eine Fehlfunktion des Flugzeuges oder eine Unzulänglichkeit in der Organisation zu der Berührung der Tragfläche mit dem Boden geführt hat, sondern eine Kombination mehrerer Faktoren.

2.1 Operationelle Aspekte und Flugverlauf

2.1.1 Analyse des Flugverlaufs aus operationeller Sicht

Aus operationeller Sicht war der Anflug bis etwa 8 Sekunden vor dem Aufsetzen stabil. Die vom Flugdatenschreiber aufgezeichneten Parameter und die Videoaufzeichnung zeigten keine nennenswerte Querlage des Flugzeuges. Bis zu einer Höhe von ca. 80 ft über Grund (Radiohöhenmesser) war kein Seitenruderausschlag notwendig und das Querruder wurde auch nur wenig betätigt.

Wie auf den Videoaufnahmen vorangegangener Anflüge ebenfalls zu beobachten war, wurde das Flugzeug im weiteren Flugverlauf durch Windeinfluss nach links versetzt. Die Copilotin reagierte darauf mit einer Sidestickeingabe nach rechts. Bis zum Erreichen von 50 ft über der Landebahnschwelle veränderte sich der Kurs um 10° nach rechts. Diese Korrektur war angemessen, um das Flugzeug zur Landebahnmittellinie zurückzuführen.

Diese Korrektur musste nun reduziert werden, um mit dem passenden Windvorhaltewinkel der Mittellinie weiter zu folgen und einen Versatz nach rechts zu vermeiden. Die Copilotin bewegte den Sidestick folgerichtig nach links, bis sich das Flugzeug in ca. 20 ft ohne Querlage annähernd über der Mittellinie befand. Parallel dazu betätigte sie das linke Seitenruderpedal zunehmend nach links, um die Flugzeugnase zur Landebahnrichtung zurückzuführen (ca. 70% Pedalauslenkung innerhalb von 5 Sekunden bis zum ersten Aufsetzen). Durch die Dynamik um die Hoch- und Längsachse veränderte sich die Querlage im weiteren Verlauf bis zum Aufsetzen nach links.

Zwischen 30 ft und 25 ft über Grund wurde der Abfangbogen durch die Copilotin situationsgerecht eingeleitet.

Auf die zunehmende Querlage nach links ab 20 ft reagierte der Kapitän mit einer Sidestickeingabe nach rechts. Im selben Zeitraum wechselte die Copilotin ihre Sidestickeingabe von links nach rechts.

Das Flugzeug setzte kurz hinter dem 1000-ft-Punkt in der Aufsetzzone, ca. 2 m links der Mittellinienbeheizung, mit einer linken Schräglage von 4° und einem Vorhaltewinkel von 2° mit dem linken Hauptfahrwerk auf, wobei die Ruderpedale zurückgeführt wurden.

Die Drehung um die Hochachse bewirkte eine Erhöhung des Auftriebs am rechten Tragflügel sowie eine Verringerung des Auftriebs am linken Tragflügel. Dieses führte trotz Sidestickeingabe der Copilotin nach rechts zu einem unbeabsichtigtem Aufsetzen des windabgewandten Fahrwerks. Vorgesehen war eine Landung ohne Querlage (wings level). Dafür spricht auch die korrekte rechte Sidestickbewegung vor dem Aufsetzen, die vom Kapitän am Sidestick intuitiv unterstützt wurde (dual input).

Das Flugzeug drehte sich nach dem Aufsetzen um weitere 5° nach links um die Hochachse. Das linke Hauptfahrwerk hob wieder ab. Das rechte Fahrwerk hatte zu keinem Zeitpunkt Bodenberührung. Auftriebsvernichtende Hilfsmittel (partial spoiler extension) waren nicht aktiv, weil die Bedingungen dafür nicht gegeben waren.

In den nächsten Sekunden erreichte das Flugzeug eine Schräglage von ca. 23° nach links trotz vollem Ausschlag beider Sidesticks nach rechts und rechtem Seitenruder. Das Umschalten in Ground Law begrenzte die erwartete Wirksamkeit der Steuereingaben um die Flugzeuglängsachse. Das linke Fahrwerk setzte erneut auf. Etwa gleichzeitig kam es zu der Bodenberührung mit der linken Tragflächenspitze.

Aufgrund der hohen Rollrate des Flugzeuges entschied sich die Copilotin situationsgerecht zum Durchstarten und leitete das entsprechende Manöver ein. Sie stellte beide Schubhebel auf maximalen Schub (TOGA) und rief verfahrensgemäß „Go-around“ aus. Der Kapitän bestätigte und übernahm mit „Go-around – I have control“ die Steuerung.

In den folgenden 5 Sekunden driftete das Flugzeug nach links schiebend in Form einer Pendelbewegung von 23° Querlage +-nach links bis 15° Querlage nach rechts bis über die Landebahnbegrenzung. Die Verdriftung endete, als sich der Rumpf über dem linken Pistenrand befand. Das aufgewirbelte Wasser zeigte im Video den sich verstärkenden Abgasstrahl durch Erhöhung der Triebwerksleistung. Die Höhe wurde dabei mit 2 ft aufgezeichnet. Der Kapitän stabilisierte die Fluglage und das Flugzeug ging über der linken Landebahnhälfte in einen zunächst langsamen Steigflug über.

Aus Sicht der BFU war diese kurze Zeitspanne gekennzeichnet durch eine komplexe und komprimierte Ereignisdichte. Die Entscheidung für den „Go-around“ in dieser Situation sowie dessen Durchführung waren professionell, folgerichtig und korrekt.

Auch kommt die BFU zu der Auffassung, dass die Pilotin am Steuer aufgrund der gewählten Landetechnik die Flugzeugnase entsprechend in die Landerichtung drehen musste, um das Flugzeug ohne bzw. mit kleinem Vorhaltewinkel aufzusetzen. Diese Landetechnik war in Übereinstimmung mit den beschriebenen Vorgaben des Herstellers und den Trainingsvorgaben des Luftfahrtunternehmens.

Beim Ausrichten des Flugzeuges in die Richtung der Landepiste (Decrab) musste sie das Seitenruder mit ca. 70% des Vollausschlages benutzen. Dieser Wert ergab sich durch den Vorhaltewinkel vor dem Aufsetzen. Bei Landungen mit Seitenwind besteht ein Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit des Flugzeuges, der Seitenwindintensität und der Position des Flugzeuges zur Landebahnmittellinie.

Die Betätigung des Seitenruders kann außerdem durch den für sie ungewohnten Gierwinkel des Flugzeuges beim Aufsetzen auf die Landepiste beeinflusst worden sein. Es ist nicht auszuschließen, dass die Pilotin am Steuer beim Aufsetzen aus ihrer Sitzposition die rechte Seitenbegrenzung der Piste direkt vor sich wahrgenommen hatte und durch die Betätigung des Seitenruders ein Verlassen des Flugzeuges über den rechten Rand der Landepiste intuitiv verhindern wollte.

Abgesehen vom gleichzeitigen Eingreifen des Kapitäns bei der Landung wurden bereits während des Endanfluges in 110 ft, 100 ft und 75 ft kurzzeitige rechte Sidestickausschläge von der linken Seite aus aufgezeichnet. Diese waren zwar kaum quantifizierbar, aber analog zu den Sidestickeingaben der Copilotin. Es kann davon ausgegangen werden, dass diese Eingaben nicht bewusst induziert wurden, weil es dem Standardverfahren des Betreibers auf diesem Flugzeugmuster entsprach, dass der PNF (pilot not flying) während des Starts und Landeanfluges den Sidestick locker umfasst, um jederzeit

übernahmebereit zu sein. Gleichzeitig nutzte er die ebenfalls am Sidestick eingebaute Funksprechtaste, um Anweisungen der Flugsicherung zu bestätigen.

2.1.2 Bewertung der Ergebnisse des Flugzeug-Herstellers

Der durch den Flugzeug-Hersteller auf Basis der Flugschreiberdaten rekonstruierte Flugverlauf und die Beschreibung der Steuereingaben durch die Besatzung stimmten im Wesentlichen mit den Feststellungen der BFU überein.

Die durch die Simulation und Berechnungen ermittelten Windbedingungen wurden im Rahmen der Untersuchung als zusätzliche Fakteninformationen verwendet. Damit konnte die BFU davon ausgehen, dass die tatsächliche Seitenwindkomponente bei 30 kt mit Böen bis 40 kt lag. Der Fakt, dass es keine signifikanten Böen während des Decrab-Verfahrens gab, lässt vermuten, dass das Flugzeug nicht durch einen direkten Einfluss von außen in die ungewöhnliche und kritische Fluglage geraten war.

Die koordinierte Cross-Control-Steuereingabe im klassischen Sinne durch eine gleichzeitige, entgegengesetzte Betätigung von Quer- und Seitenruder war hier gegeben.

In diesem speziellen Fall wäre jedoch die Querruderbetätigung zeitlich versetzt vor der Seitenruderbetätigung nötig gewesen.

Die in Abbildung 18 (s.44) als Beispiel dargestellte Grafik des Flugzeug-Herstellers zeigt, dass der Roll-input am Sidestick der Copilotin zeitlich um 1,5 Sekunden nach vorn verschoben eine maximale Querlage von 10° nach links ergeben hätte und damit eine Berührung der linken Tragfläche mit dem Boden vermieden worden wäre. Aus praktischer Sicht eines Piloten kann diese Bewertung jedoch in Frage gestellt werden. Ein Zeitabschnitt in der Größenordnung von 1,5 Sekunden wäre bei manueller Steuerung eines Flugzeuges durch den Piloten nur schwer koordinierbar und zeitgenau umzusetzen. Weiterhin ist anzumerken, dass eine Reduzierung der Querlage auf maximal 10° im konkreten Fall die Bodenberührung verhindert hätte, aber als eine durch den Piloten nicht beabsichtigte Lageänderung in der Flugphase kurz vor dem Aufsetzen des Flugzeuges auch vermieden werden sollte. Jegliches ungewollte Abkippen des Flugzeuges nach links war inakzeptabel.

Die Bewertung des Flugzeug-Herstellers, dass mit der Simulation bei einer zeitlich früheren Querruderbetätigung ein Abkippen der Tragfläche bis zum Boden verhindert werden konnte, ist plausibel und für die BFU nachvollziehbar

Dennoch ist die BFU der Meinung, dass der zeitlich optimal koordinierte Roll-input am Sidestick sowie auch die angemessene Bewegung des Seitenruders bei einer Seitenwindlandung nur durch eine passende Landetechnik erreichbar ist, die entsprechend dokumentiert und trainiert werden müsste.

2.2 Spezifische Bedingungen

2.2.1 Besatzung und Flugbetrieb

Beide Piloten waren für die Durchführung des Fluges lizenziert und qualifiziert.

Der Kapitän als verantwortlicher Luftfahrzeugführer verfügte mit einer Gesamtflugerfahrung von über 10 000 Flugstunden und über 4 000 Stunden auf dem Muster Airbus A320 über eine hohe Flugerfahrung.

Die Flugerfahrung der Copilotin mit 579 Stunden insgesamt und 327 Stunden auf dem Muster Airbus A320 war als niedrig zu bewerten, jedoch ihrem Lebensalter und der beruflichen Laufbahn entsprechend. Durch die Ausbildung zur Pilotin für die kommerzielle Luftfahrt in einem Ab-Initio-Ausbildungsprogramm

sowie durch die nahtlos daran anschließende typenspezifische Ausbildung für das Muster Airbus A320 mit den dazu gehörigen Überprüfungsflügen im Simulator und auf dem Flugzeug war sie nicht nur formal befähigt, sondern auch aus praktischer Sicht in der Lage, das Flugzeug im täglichen Flugbetrieb zu fliegen. Sie war zum Zeitpunkt des Ereignisses eine Pilotin mit kompetent abgeschlossener Ausbildung für den Einsatz im Linienflugbetrieb.

Die Zusammensetzung der Cockpit-Besatzung war in Übereinstimmung mit den unternehmensinternen Regelungen und Verfahren sowie den luftrechtlichen Vorgaben. Sicherheitsrelevant waren die qualifizierte Grundausbildung, die abgeschlossene Ausbildung auf dem Muster Airbus A320 sowie die für alle Piloten vorgesehenen Überprüfungsflüge im Linienflugbetrieb. Das Gefälle hinsichtlich der Flugerfahrung zwischen dem Kapitän und der Copilotin war nicht ungewöhnlich und hatte grundsätzlich keinen negativen Einfluss auf die sichere Durchführung des Fluges.

Die Piloten hatten Erfahrungen mit Landungen bei Seitenwind aus der Flugausbildung und aus dem Linienbetrieb. Der Kapitän besaß durch seine langjährige Flugpraxis auch Erfahrung mit stärkerem Seitenwind, während es für die Copilotin die erste Landung unter diesen Bedingungen war. Das Wettergeschehen mit dem Einfluss durch außergewöhnlich starke Böen war für beide Besatzungsmitglieder eine Ausnahmesituation. Weder in der Ausbildung zum Verkehrsflugzeugführer noch bei Trainings- und Überprüfungsflügen im Flugsimulator wurden vergleichbare Situationen der Wirklichkeit entsprechend gezielt geübt. Landungen bei verschiedenen Seitenwindeinflüssen konnten im Simulatortraining nur einen begrenzten Zeitraum einnehmen, da diese nur ein Teilaspekt des Trainings sein sollten. Andere Übungen, wie zum Beispiel Not- und Ausnahmesituationen durch Systemausfälle usw., gehörten ebenso zum Trainingsprogramm. Darüber hinaus waren die Simulatoren technisch nur bedingt in der Lage, vergleichbare Seitenwindsituationen im bodennahen Bereich wirklichkeitsgetreu darzustellen.

Die Besatzung hatte sich bereits bei der Vorbereitung des Fluges mental auf die vorhergesagte Wettersituation eingestellt. Sowohl die Wetterberichterstattung in den Medien mit allgemeinen Windwarnungen sowie die vorliegenden aktuellen Wetterbeschreibungen und Vorhersagen des flugmeteorologischen Dienstes trugen dazu bei, dass die Piloten auf den Flug gut vorbereitet waren. Die konkrete Windsituation wurde während des Fluges durch beide Besatzungsmitglieder mehrfach thematisiert und diskutiert. Durch die Betankung aufgrund der Wettersituation entstand kein zeitlicher Druck für eine baldige Landung. Mit der Betankung hätte das Flugzeug zu einem Ausweichflugplatz oder auch wieder nach München zurückfliegen können.

Es standen die Standardinformationen über das Wetter zur Verfügung. Nach Auffassung der BFU hat der Kapitän den Einfluss des Seitenwindes sowie die möglichen Auswirkungen der Böen auf die Steuerbarkeit des Flugzeuges in der Phase nach dem kurzzeitigen Aufsetzen unterschätzt.

Bei der Bewertung bleibt zu berücksichtigen, dass der Anflug bei einer Seitenwindinformation mit Böen bis zu 47 kt nicht abgebrochen wurde.

Die Untersuchung hat gezeigt, dass die Piloten das designbedingte Verhalten der Flugzeugsteuerung im bodennahen Bereich bei Einfluss durch Seitenwind nicht kennen konnten. Ob sich die Piloten bei einer Risikobewertung mit Berücksichtigung des der Besatzung nicht bekannten Systemverhaltens des Flugzeuges in dieser Windsituation sowie der möglichen Auswirkungen der Böen schon vorher für ein Durchstarten entschieden hätten, ließ sich nicht klären. Die BFU ist der Ansicht, dass ein entsprechendes Wissen wahrscheinlich Einfluss auf die Entscheidung gehabt hätte.

Bis zu einer Höhe von 20 ft war der Anflug stabil und bot fliegerisch keinen Grund zum Durchstarten.

Die Arbeitsbelastung im Anflug auf die Landepiste 23 und während des Durchstartens sowie dem zweiten Anflug war für beide Besatzungsmitglieder hoch. Die Copilotin musste sich in ihrer Funktion als Pilotin am Steuer (PF) auf die manuelle Steuerung des Flugzeuges konzentrieren. Die Aufzeichnungen des Cockpit Voice Recorders ließen erkennen, dass sie während der Anflüge zumindest kurzzeitig fast alle mentalen Reserven für weitere Handlungen und Entscheidungen ausschöpfte. Der Kapitän hat während der Anflüge die Handlungen der Copilotin und das Verhalten des Flugzeuges überwacht. Dabei hat er die Co-

pilotin im Rahmen der Arbeitsteilung im Cockpit unterstützt, in ihren Handlungen bestätigt, Ratschläge gegeben und motiviert.

Aus den Aufzeichnungen war zu erkennen, dass der Kapitän der Copilotin eine sichere Landung zutraute. Über grundsätzliche Dinge, wie zum Beispiel über eine geeignete Landetechnik, wurde nicht diskutiert. Die Copilotin hat eine Landemethode mit "wings-level" und "Decrab", wie im Handbuch (OM/B) für Bedingungen bei Seitenwind beschrieben, umgesetzt.

Der Kapitän hat bei der Befragung durch die BFU seine Entscheidungen nahezu ausschließlich mit den durch das CRM vorgegebenen Kriterien begründet. Er hat im Sinne der CRM-Philosophie die Zusammenarbeit im Cockpit unter Nutzung aller Ressourcen angestrebt und sich dabei in der Rolle des überwachenden Piloten (monitoring pilot) gesehen.

Die vom Luftfahrtunternehmen vorgegebenen und im OM/A 8.3.2 als Anspruch und Verpflichtung beschriebenen Kriterien für die Erledigung der Aufgaben im Cockpit waren Grundlage für seine Handlungen.

Durch die Aufzeichnungen des Cockpit Voice Recorders wurde belegt, dass die für das CRM beschriebenen Elemente

- Communication
- Leadership and Teamwork
- Workload Management
- Situation Awareness and Decision Making

umgesetzt wurden.

Mit den CRM-Vorgaben war die Entscheidung des Kapitäns, den Anflug von der Copilotin durchführen zu lassen, nachvollziehbar. Hinsichtlich der Vorgaben im OM/A 1.6.1 wäre die Landung aus der Sicht der BFU dennoch aufgrund der vorhergesagten Wettersituation als kritisch zu bewerten gewesen. Grund hierfür war, dass der vorhergesagte Wind eine Landung im Bereich des im OM/B angegebenen *maximum. demonstrated crosswind* Wertes bedingen würde. Wäre der Kapitän zu dieser Einschätzung gekommen, hätte er die Landung selbst durchführen müssen.

2.2.2 Fluglotsen

Die beiden Lotsinnen besaßen die vorgeschriebenen Lizenzen und Berechtigungen. Entsprechend der Festlegungen übermittelte die Platzlotsin während des Anfluges des A320 mehrfach über Funk die im Tower auf dem Informationsdatenverarbeitungssystem (IDVS) angezeigten Windwerte an die Besatzung.

2.2.3 Entscheidungsfindungen

Die Durchführung des Fluges war aufgrund der nicht alltäglichen Wettersituation durch wichtige Entscheidungsprozesse geprägt. Die Besatzung hatte Entscheidungen rational und teilweise spontan zu treffen, deren Folgen für die Sicherheit der Fluggäste und Besatzungsmitglieder von bedeutender Relevanz waren. Im Rahmen der Untersuchung wurden folgende Entscheidungsfindungen näher analysiert:

- Antritt des Fluges
- Wahl der Landerichtung
- Abbrechen des Anfluges
- Ausweichflughafen
- Anflug- und Landung auf der Piste 33

Dabei wurden die Entscheidungsgrundlagen, Handlungsalternativen und Randbedingungen in Betracht gezogen.

2.2.3.1 Antritt des Fluges

Vor Beginn des Fluges in München standen der Besatzung die üblichen Wetterinformationen (METAR, TAF, SIGMET, etc.) für eine Entscheidungsfindung zur Durchführbarkeit des Fluges nach Hamburg zur Verfügung.

Die um 10:35 Uhr – dem Zeitpunkt des geplanten Abfluges – vorliegende Routinewettermeldung METAR von 10:20 Uhr wies auf den vorherrschenden Wind aus 280° mit 25 kt in Böen 45 kt hin, die veröffentlichte TAF stellte eine Zunahme des Windes auf bis zu 45 kt in Böen in Aussicht. Mit diesen Informationen und der METAR-Meldung zur tatsächlichen Abflugzeit um 11:50 Uhr, die auch auf einen Wind bis 45 kt in Böen hinwies, konnte die Besatzung davon ausgehen, dass die Landung am Zielflughafen nicht gesichert sein würde und folglich auch ein Flug zum Ausweichflughafen in Betracht kommen könnte.

Zudem musste die Besatzung mit einer zeitweiligen Verschlechterung (TEMPO) der Windsituation rechnen, da die Flugplatzwettervorhersage (TAF) für den gesamten Nachmittag eine temporäre Zunahme der Windgeschwindigkeiten auf 30 kt mit Böen bis zu 55 kt zeigte.

Aus diesen Wetterinformationen und einer vom DWD herausgegebenen SIGMET-Meldung für das FIR Bremen war schon vor Antritt des Fluges erkennbar, dass der Wind in den zeitweiligen Böen den im OM/B, Kapitel Limitations angegebenen Wert *maximum crosswind demonstrated for landing* möglicherweise überschreiten würde.

Eine Flugplatzwetterwarnung wies ebenfalls auf starken Wind aus West bis Nordwest mit Windgeschwindigkeiten von 25 bis 30 kt und Böen auf um 45 kt sowie nachmittags um 55 kt hin. Diese lag der Besatzung nicht vor, da sie nicht zum Standard-Briefing-Paket gehörte. Sie war nach den Vorgaben der ICAO nicht vorgesehen.

Die Besatzung hat sich für einen Antritt des Fluges entschieden. Sie hatte dabei die Option, den Flug jederzeit aufgrund der Entwicklung der Wettersituation abubrechen oder auch den geplanten Ausweichflughafen anzufliegen. Diese Vorgehens- und Entscheidungsweise war in dem Luftfahrtunternehmen üblich und aus Sicht des Untersuchungsteams auch akzeptabel.

Bei einer Interpretation des im FCOM dokumentierten Wertes *maximum crosswind demonstrated for landing* als Betriebsgrenze für das Flugzeug und bei Berücksichtigung der Tatsache, dass bei der Übermittlung der Windinformationen für Böen keine Richtung angegeben wird (AIP GEN 3.5 Anlage 3), wäre eine Landung auf keiner Piste bei den vorhergesagten 55 kt zulässig gewesen.

Mit der vereinfachten Betrachtung, wonach der Wind in einer Böe im Vergleich zu der Richtung des Bodenwindes in unseren Breiten um 10-20° nach rechts dreht, wäre bei den Windinformationen nach METAR und TAF für den Anflug auf die Piste 23 eine Seitenwindkomponente zu berücksichtigen gewesen, die über dem für das Flugzeug angegebenen Wert *maximum crosswind demonstrated for landing* gelegen hätte.

Trotzdem wäre es möglich gewesen, den Flug nach Hamburg unter diesen Voraussetzungen anzutreten. Bei einer Landung auf der Piste 33 war bei dieser Betrachtung die Seitenwindkomponente niedriger.

Aus der Sicht der BFU hat der Kapitän als verantwortlicher Flugzeugführer seine Entscheidung aber nicht in diesem Sinne getroffen, da er den Wert *maximum crosswind demonstrated for landing* nicht als flugbetriebliche Grenze oder Betriebsgrenze für das Flugzeug gesehen hat. Die Information über Auswirkungen der Böen bei einer solchen Wettersituation war in der Verkehrsfluffahrt allgemein nicht ausreichend bekannt.

Eine Unterstützung aufgrund der besonderen Wettersituation bei der Entscheidungsfindung vor dem Antritt des Fluges und auch während des Fluges durch das operationelle Management im Luftfahrtunternehmen gab es für die Besatzung nicht.

Bei einer Risikobewertung durch das operationelle Management hätten auch die Wetterinformationen aus dem MAB-Bericht Hamburg und die vom DWD veröffentlichte Gebietswettervorhersage GAMET berücksichtigt werden können. Mit der detaillierten Beschreibung der Wetterlage und den Auswirkungen im unteren Luftraum und im Bereich des Bodens wäre die Risikosituation möglicherweise deutlicher geworden.

2.2.3.2 Wahl der Landerichtung

Die Landebahn 23 war durch die Platzverkehrslotsin der Flugsicherung nach den in der Betriebsanweisung für den Flugverkehrskontrolldienst (BA-FVK) und den in der Betriebsanordnung (BAO) dokumentierten Kriterien als Betriebspiste festgelegt.

Die Entscheidung für die Wahl der Landepiste lag in der Verantwortung des verantwortlichen Luftfahrzeugführers. Er hat sich für einen Anflug auf die Landebahn 23 entschieden, obwohl ihm von der Flugsicherung auch die Landebahn 33 als Alternative angeboten wurde. Die Copilotin hat er in die Entscheidungsfindung mit eingebunden.

Wesentliche Grundlagen für diese Entscheidungsfindung waren die zur Verfügung stehenden Windinformationen und die im Kapitel *Operating Limitations* des OM/B A319/A320/A321 dokumentierten Werte, die mit „*maximum crosswind demonstrated for landing 33 knots gusting up to 38 knots*“ angegeben waren.

Aufgrund der allgemeinen Wettersituation hat die Besatzung im Reiseflug von München nach Hamburg mehrfach die ATIS von Hamburg mit den aktuellen Wetterdaten eingeholt, um die aktuelle Wetterentwicklung zu verfolgen. Eine wesentliche Entscheidungsgrundlage für die Wahl der Piste 23 war die ATIS "W" von 12:50 Uhr. Danach wehte der Wind aus 280° mit 23 kt, in Böen bis 37 kt, bei guter Sicht, die sich nur zeitweise auf vier Kilometer vermindern sollte. Die für die Anflugvorbereitung eingeholte ATIS-Information "W" gab den Hinweis, dass bei gleich bleibender Windrichtung (280°) die Stärke zeitweise auf 25 kt mit Böen bis 45 kt ansteigen könne und dass der ILS-Anflug auf die Piste 23 in Betrieb sei.

Die Wahl der Landerichtung 23 war aufgrund der zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Windinformation folgerichtig. Ein Anflug auf die Landepiste 33 hätte bei der Windinformation nach ATIS "W" die gleiche Seitenwindkomponente von der linken Seite ergeben.

Auch die Tatsache, dass für die Piste 33 nur ein Nichtpräzisionsanflugverfahren veröffentlicht war, rechtfertigte die Entscheidung für die Piste 23. Ein Anflug auf die Piste 23 hätte ohne vertikale Flugführung erfolgen müssen, da das Flugzeug für GPS-Anflüge nicht ausgerüstet und zugelassen war.

Im Reiseflug und bei Vorbereitung der Entscheidung für die Landerichtung konnte die Besatzung von der Angabe ATIS "W" ausgehen, die für Piste 23 einen Wind aus 280° mit 23 kt sowie Böen bis 37 kt vorhersagte. Damit lagen die Windwerte unterhalb der im OM/B dokumentierten Werte. Unter diesen Voraussetzungen war die Entscheidung nachvollziehbar.

2.2.3.3 Abbrechen des Anfluges

Die Besatzung hat sich unter Nutzung aller bekannten und vorliegenden Informationen für den ILS-Anflug auf die Piste 23 entschieden.

Der Hinweis in der Information ATIS "W", dass die Windstärke zeitweise auf 25 kt mit Böen bis zu 45 kt ansteigen könne, hätte die Entscheidung für die Landung – auf der Piste 23 – jedoch in Frage stellen können. Die Besatzung hat die im OM/B angegebenen Werte *33 knots gusting up to 38 knots* nicht als flugbetriebliche Grenze gesehen und damit den Anflug begonnen.

Die nächste ATIS "Y" von 13:20 Uhr meldete zwar Wind aus 290° mit 28 kt, in Böen bis 48 kt, zeitweise 35 kt mit Böen bis 55 kt, wurde aber von der Besatzung nicht mehr aufgenommen, da sich das Flugzeug bereits unter Radarführung auf dem Gegenanflug für die Piste 23 befand. Auch die folgende, von der Routine abweichende ATIS "Z", die sich von der vorangegangenen ATIS "Y" nur dahingehend unter-

schied, dass neben dem zu erwartenden ILS-Anflug 23 nun auch die Piste 33 für Landungen zur Verfügung stehe, wurde nicht wahrgenommen.

Aus den vom Tower im Endanflug auf Piste 23 übermittelten Windinformationen 300°/28 kt mit Böen bis 47 kt, 290°/29 kt mit Böen bis 47 kt und 300°/33 kt mit Böen bis 47 kt wurde deutlich, dass im gesamten Endanflug Böen oberhalb der *maximum crosswind demonstrated for landing* im OM/B veröffentlichten Werte für Böen (38 kt) auftreten würden.

Aus der Nachfrage nach der Durchstartrate bei der Platzverkehrsslotsin, die mit 50% beantwortete wurde, schließt die BFU, dass der Kapitän den Anflug bzw. die Landung als anspruchsvoll werten musste. Er entschied sich für einen Anflugversuch mit der Option, zu jedem Zeitpunkt ein Durchstartverfahren einzuleiten. In der letzten Phase des Anfluges hatte der Wind auf 300° gedreht, sodass nunmehr auf der Piste 33 günstigere Windverhältnisse herrschten.

Nach Meinung der BFU hätte beim Approach Briefing festgelegt werden müssen, wann und bei welchem Seitenwind ein Durchstartverfahren eingeleitet werden muss. Unter der Voraussetzung, dass die Besatzung die Angabe *demonstrated crosswind for landing* für das Flugzeug als Grenzwert betrachtet hätte, wäre vor der Landung ein Durchstartverfahren die Folge gewesen, da der vom Tower übermittelte Wind zu hoch war. So wurde im Approach Briefing nur von der Möglichkeit eines Go-Arounds gesprochen, ohne die Bedingungen festzulegen, ähnlich wie bei einem Schlechtwetteranflug bei Erreichen des Minimums ein Go-Around eingeleitet werden muss.

Die BFU geht davon aus, dass die Besatzung den im OM/B und FCOM im Kapitel Limitations angegebenen Wert *maximum crosswind demonstrated for landing* nicht als vorgegebene Betriebsgrenze für das Flugzeug oder als betriebliche Grenze interpretiert hat. Auch wurde nicht berücksichtigt, dass der angegebene Wert für Böen nicht der Windrichtung des 2-Minuten-Mittelwindes (z.B. 290°/29 kt) zuzuordnen war, sondern der Lehre nach in unseren Breiten um etwa 20° nach rechts versetzt sein konnte und der höchste Wert der letzten 10 Minuten ist. Da bei der geplanten Landung der Seitenwind von rechts kam, war die Seitenwindkomponente auf die Böen bezogen durch diesen Umstand erhöht. Begründet wurde diese Schlussfolgerung durch die Aussage des Kapitäns, dass nach seiner Wahrnehmung der Einfluss durch Böen höher als erwartet und vorhergesagt gewesen sei. Auch sei das Flugzeug im Nachhinein gesehen in der Nähe der Betriebsgrenzen gewesen.

Für eine Bewertung im Rahmen der Untersuchung waren folgende Aspekte relevant:

- Für ein Einbeziehen der gemeldeten Windspitzen in die Entscheidungsfindung über die Durchführung des Anfluges war deren Vergleich mit den Vorgaben des Luftfahrtunternehmens (OM/B) bzw. des Flugzeug-Herstellers (FCOM) erforderlich.
- Dabei kamen aus Sicht der BFU grundsätzlich drei Varianten in Frage:
 1. Die Betrachtung allein des Zahlenwerts der Geschwindigkeit der Böen.
 2. Die Annahme einer Richtung aus der die Böen auftreten gleich der Richtung des Bodenwinds.
 3. Die Annahme einer Richtung der Böen aus Richtung des Bodenwinds plus 10-20° (auf der Nordhalbkugel).

Bei allen drei Varianten lag die Geschwindigkeit der Böen bzw. deren Querwindkomponente zwischen 41 und 48 kt und damit deutlich oberhalb des Wertes von 38 kt.

2.2.3.4 Ausweichflughafen

Als Ausweichflughafen war im Flugplan der Flughafen Billund (Dänemark) angegeben. Billund war mit einer Landepiste mit der Ausrichtung 09/27 bei der vorherrschenden Wettersituation mit Wind aus Richtung West bis Nordwest als Ausweichmöglichkeit geeignet.

Aus der Befragung der Besatzung sowie aus den Aufzeichnungen des CVR ging hervor, dass während des Fluges ein Ausweichen nach Billund nicht in Betracht gezogen wurde. Aufgrund der ausreichenden Betankung in Düsseldorf (Sturmbetankung), wären sie eher nach Süddeutschland ausgewichen. Die Besatzung stand in Bezug auf den vorhandenen Kraftstoff nicht unter Zeitdruck.

Die BFU geht davon aus, dass die Besatzung die Windsituation als nicht so kritisch eingeschätzt hat, als dass man nicht einen Anflug versuchen könnte. Die Besatzung schätzte die Landung jedoch als anspruchsvoll ein und ging von einer erhöhten Wahrscheinlichkeit eines Durchstartverfahrens aus, was sie auch beim Approach-Briefing ausführlich besprochen hat.

2.2.3.5 Anflug und Landung auf der Piste 33

Nach dem Durchstartverfahren auf der Piste 23, entschloss sich die Besatzung auf der Piste 33 zu landen, da aufgrund des drehenden Windes die Bedingungen dort jetzt günstiger erschienen. Außer Betracht gelassen hat die Besatzung allerdings die Böen, die inzwischen auf über 40 kt zugenommen hatten und damit auch für diesen Anflug bei Betrachtung der Böen ohne Richtung außerhalb der Angabe *max. demonstrated crosswind* limitations lagen.

Mit den übermittelten Windwerten während des Anfluges auf Piste 33 (300°/ 33 Maximum 50, 290°/ 32 Maximum 49, 290°/28 Maximum 49 und 290°/27 Maximum 49 Knoten) lag der angegebene Zahlenwert für die Böen erneut immer deutlich oberhalb von 38 kt. Bei Berücksichtigung der verschiedenen gemeldeten Bodenwindrichtungen (300 bzw. 290°) und Annahme einer Richtung der Böen ergaben sich Querkomponenten zwischen 8,7 kt und 31,5 kt, d.h. Werte deutlich unterhalb von 38 kt.

Anflug und Landung führte auch hier die Copilotin durch, die sich bewusst war, dass auch diese Landung sehr anspruchsvoll sein würde und ihre Bedenken gegenüber dem Kapitän zum Ausdruck brachte. Aus den Aufzeichnungen des Cockpit Voice Recorders ist für die BFU der Eindruck entstanden, dass sie es lieber dem Kapitän überlassen hätte, die Landung durchzuführen. Nachdem er ihr seine Unterstützung zugesichert hatte, akzeptierte sie, die Landung durchzuführen.

2.2.4 Designbedingtes Systemverhalten des Flugzeuges (Control Laws)

Bei dem Ereignis wurde das Verhalten des Flugzeuges in der Lateral-Steuerung (Steuerung um die Längsachse) durch den Übergang vom Flight Mode in den Ground Mode beim Aufsetzen des linken Hauptfahrwerkes bestimmt. Im Moment der Bodenberührung durch das linke Hauptfahrwerk wurde von beiden LGCIUs dieses als ausgefahren und belastet erkannt. Weiterhin hatte der Radarhöhenmesser zu diesem Zeitpunkt eine Höhe über Grund von kleiner 50 ft festgestellt.

Damit waren alle Voraussetzungen für den Übergang vom Flight Mode zum Ground Mode gegeben, sodass das System in der Lateral-Steuerung vom Flight zum Ground Mode umschalten konnte.

Das System war so konzipiert, dass in der lateralen Steuerung im Ground Mode die Wirksamkeit der Quersteuerung des Flugzeuges in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit (> 80 kt) um die Hälfte reduziert wurde. Bestätigt wurde dieses auch durch die aufgezeichneten Parameter des FDR, wonach die Querruderausschläge auf ca. die Hälfte des Vollausschlages begrenzt wurden.

Die vorher wirksame Yaw-Compensation war nicht mehr aktiv.

Nach Ansicht der BFU hat diese Systemauslegung dazu beigetragen, dass das Flugzeug in die ungewollte und unvorhergesehene Querneigung geraten war, bzw. die Situation durch Gegensteuern nicht verhindert werden konnte. Über die Aktivierung des Sensors am linken Hauptfahrwerk (Ground Sensor) wurde dem System ein Flugzustand signalisiert, in dem sich das Flugzeug noch nicht befand. Das System schaltete in der lateralen Steuerung in den Ground Mode, obwohl es sich noch in der Luft befand. Damit entstand ein nicht eindeutiger Zustand der Systemfunktionalität. Die BFU beurteilt diese Situation als sicherheitsrelevant.

Bei der Beurteilung der flugbetrieblichen Dokumentation wurde festgestellt, dass die Beschreibung im FCOM *“The lateral control mode does not change until the wheels are on the ground, so there is no discontinuity in the control laws.”* nicht zutreffend war. Die Untersuchung des Ereignisses hat gezeigt, dass eine Umschaltung der Control Laws bereits nach dem Aufsetzen mit einem Hauptfahrwerk erfolgt.

Die Aktivierung der Groundspoiler hätte das Aufsetzen beider Hauptfahrwerke am Boden vorausgesetzt.

Operationelle Auswirkungen

Es kann davon ausgegangen werden, dass das einseitige Aufsetzen mit dem linken Fahrwerk nicht beabsichtigt war. Dafür sprechen die korrekten Reaktionen am Sidestick vor dem Aufsetzen.

Nachdem das Flugzeug den Bodenkontakt wieder verloren hatte und plötzlich eine Querneigung nach links bis 23° einnahm, reagierten die Copilotin und auch der Kapitän unverzüglich mit vollen Sidestickausschlägen nach rechts, wobei auch die Seitenruderpedale bis auf 14° nach rechts bewegt wurden. Das Seitenruder wurde möglicherweise intuitiv als Unterstützung betätigt, weil sich das Flugzeug auf die linke Landebahnbegrenzung zubewegte und die Sidestickeingaben keine sichtbare Wirkung entfalteten. Die Wirkung war nicht wie von den Piloten erwartet. Mit den Aufzeichnungen des Flugdatenschreibers wurde nachgewiesen, dass sich das rechte Querruder nur bis auf 6° nach oben und das linke Querruder bis auf 15° nach unten bewegte und die rechten Roll-Spoiler lediglich bis auf 8° ausfuhren. Der Grund dafür war die bereits erwähnte Systemauslegung der Quersteuerung, wonach sich die Steuerung bereits im Ground Law befand und der Ausschlag der Steuerflächen infolge der Logik des Flight Control Systems begrenzt war.

Der Hersteller begründete die Systemauslegung damit, dass es ohne eine Reduzierung der Wirksamkeit der Steuerflächen zu einem durch den Piloten hervorgerufenen Aufschaukeln des Flugzeuges bei der Landung kommen könnte (Pilot Induced Oscillation). Die BFU kann diese Begründung nachvollziehen, bemängelt jedoch, dass diese Logik bzw. Systembeschreibung in keinem Handbuch beschrieben und somit auch den Piloten sowie den Trainingsabteilungen nicht bekannt war.

Bei Landungen mit starkem Seitenwind, sieht die BFU in der beschriebenen Systemauslegung eine designbedingte Schwäche, speziell im Übergangsbereich vom Flight Mode zum Ground Mode, wenn das Flugzeug nach dem Aufsetzen den Bodenkontakt wieder verliert. Diese Situation ist bei Landungen mit Seitenwind nicht ungewöhnlich. Um eine Eindeutigkeit in der Lateral-Steuerung, d.h. Flight Mode in der Luft und Ground Mode am Boden, zu gewährleisten, wäre ein gleichzeitiges Aufsetzen beider Hauptfahrwerke eine zwingende Voraussetzung. Im praktischen Flugbetrieb wird sich diese Forderung insbesondere bei Landungen bei Seitenwind nicht immer realisieren lassen. Auch würde das gleichzeitige Aufsetzen mit beiden Fahrwerken im Widerspruch zu der vom Flugzeug-Hersteller nach dem Vorfall beschriebenen Landetechnik bei Seitenwind stehen.

2.2.5 Wetter

Wettervorhersagen

Am Ereignistag wurden die von der ICAO im Annex 3 vorgeschriebenen Produkte durch den DWD erstellt und standen Luffahrtkunden grundsätzlich zur Verfügung.

Die Verkehrszentrale (Dispatch) des Luffahrtunternehmens leitete die Zusammenstellungen flugmeteorologischer Informationen gemäß ICAO Annex 3, Chapter 9 an die Besatzung zur meteorologischen Flugvorbereitung weiter.

Die Vorhersagen (Flugplatzvorhersage TAF und Gebietswettervorhersage GAMET) stimmten im Wesentlichen mit den tatsächlichen Wetterbedingungen zum Zeitpunkt der Störung überein. Die in den

Flugplatzwettervorhersagen TAF prognostizierte Windgeschwindigkeit von zeitweilig 55 kt lag noch deutlich oberhalb der zum Ereigniszeitpunkt tatsächlich herrschenden.

Die im Zeitraum zwischen Flugvorbereitung und Störungszeitpunkt gültige Gebietswettervorhersage GAMET für die FIR Bremen unterhalb FL100 enthielt – zusätzlich zu den in Abschnitt I aufgeführten Informationen über potentiell gefährliche Streckenwettererscheinungen – in Abschnitt II PHYS Details zum Drucksystem, wie dessen Lage und Bewegungsrichtung (*12 Uhr UTC, Tief 964 hPa südlich Schweden südostwärts ziehend, abschwächend, 12 Uhr UTC Trog Dänemark-Niederlande südostwärts ziehend, keine Änderung, 12 Uhr UTC Okklusion südlich Schweden – Litauen – östlich Polen – Schweiz, südostwärts ziehend keine Änderung*). Laut DWD werden AIRMETs nur ausgegeben, wenn eine oder mehrere Wettererscheinungen auftreten, die nicht im Routine-GAMET vorhergesagt sind. Für den Zeitraum des Fluges waren die entsprechenden Informationen in dem GAMET veröffentlicht, daher wurde durch den DWD kein AIRMET herausgegeben.

Die Besatzung verfügte nicht über die Informationen aus der GAMET-Vorhersage.

Aufgrund der vom DWD als stark eingeschätzten bodennahen Turbulenz wurden SIGMETs um 0900 und 1229 herausgegeben.

Während die Tochtergesellschaften mit dem System pc_met ausgerüstet waren, nutzte das Luftfahrtunternehmen zum Zeitpunkt des Ereignisses das System nicht. Auch Faxabruf bzw. INFOMET-Dienst wurden am Ereignistag nicht in Anspruch genommen.

Nach Ansicht der BFU wäre ein Zugriff der Besatzungen auf Wetterdaten hilfreich, die die in ICAO Annex 3, Chapter 9 genannten Wetterinformationen ergänzen. Für die Bereitstellung z.B. von GAMET-Vorhersagen spricht aus Sicht der BFU zum einen die Tatsache, dass die Besatzung nur so bestimmte in Abschnitt I aufgeführte Warnhinweise für die Flugabschnitte unter FL100 (FL150) erhält. Zum anderen könnte nach Auffassung der BFU für die Besatzungen auch die in Abschnitt II enthaltene Detailbeschreibung zum Drucksystem eine gute Unterstützung bei der Entscheidungsfindung sein.

Die Festlegungen im OM/A des Unternehmens sahen generell vor, dass die Besatzungen auf Anforderung ein Briefing eines Flight Operation Officer (FOO) erhalten konnten. Darüber hinaus war für den Fall einer Taifun- bzw. Hurrikan-Gefahr ein persönliches bzw. telefonisches Briefing vorgeschrieben. Aus Sicht der BFU wäre bei extremen Wetterbedingungen die Möglichkeit in Erwägung zu ziehen, eine Wetterberatung durch den zuständigen Wetterdienst anzubieten.

Als Grund, warum die Besatzung nicht über die Informationen aus der GAMET-Vorhersage verfügte, sieht die BFU einen Widerspruch im Annex 3 der ICAO.

AIRMET-Warnungen und GAMET-Vorhersagen sind im Sinne des Annex 3 als meteorologische Produkte für den unteren Luftraum bis FL100/FL150 vorgesehen. Spezielle Zielgruppen sind für AIRMET und GAMET nicht festgelegt. Von Piloten wird GAMET häufig als ein allein für die General Aviation vorgesehenes Vorhersageprodukt verstanden. Ähnlich wird AIRMET wahrgenommen. Aus Sicht der BFU sind jedoch AIRMET-Warnungen bzw. GAMET-Vorhersagen, SECN I für alle Luftverkehrsteilnehmer, die den betroffenen Luftraum durchfliegen, relevant. Während AIRMET-Meldungen in Chapter 9 als Bestandteil der Unterlagen für die meteorologische Flugvorbereitung aufgeführt sind, zählen GAMET-Vorhersagen nicht zu den aufgeführten Unterlagen. Das kann dazu führen, dass es zu einem Verlust wichtiger meteorologischer Informationen kommt.

Eine Herausgabe von AIRMET auf den Fall einzuschränken, dass die Wettererscheinungen im GAMET SECN I noch nicht vorhergesagt wurden, erfordert nach Ansicht der BFU Vorgaben, mit denen sichergestellt wird, dass der Inhalt der GAMET-Vorhersage allen Piloten bekannt ist. Dies ließe sich dadurch erreichen, dass die GAMET-Vorhersage zu den im ICAO Annex 3 in Chapter 9 aufgeführten meteorologischen Informationen hinzugefügt wird.

Wind

Aus der Übersicht für den Flughafen Hamburg über die monatliche Anzahl der Tage mit Windgeschwindigkeiten von 41 Knoten oder mehr (Sturm) ergibt sich, dass in den Jahren 1993 bis 2007 durchschnittlich 7,4 Tage pro Jahr derartige Windgeschwindigkeiten herrschten. Im Jahr 2008 war dies bis einschließlich des 01.03.2008 an fünf Tagen der Fall. Die am Ereignistag herrschenden Windbedingungen waren somit zwar signifikant, jedoch nicht ungewöhnlich.

Böen

Wie im Annex 3 der ICAO vorgegeben und in der AIP im Kapitel GEN 3.5, Anlage 3, veröffentlicht, erfolgt bei der Angabe von Böen generell keine Richtungsangabe. Es ist nachvollziehbar, dass aufgrund der Definition der Böen und der im Annex 3 beschriebenen Messmethode eine genaue Angabe der Richtung nicht möglich ist.

Die im Abschnitt 2.2.3.3 aufgeführten drei Varianten, wie die Piloten die Angabe der Böen bei der Landung am Ereignistag interpretieren konnten, gelten allgemein. Nach Auffassung des Untersuchungsteams sind alle genannten Varianten hinsichtlich der Umsetzung für den praktischen Flugbetrieb bei Landungen mit starkem Seitenwind problematisch.

Die Betrachtung allein des Zahlenwertes der Geschwindigkeit der Böen ist insofern praxisfremd, dass bei jeder Angabe von Böen davon ausgegangen werden müsste, dass diese Böen bei der Landung auch als Rückenwind auftreten können. Da Böen erst jenseits von 10 kt gemeldet werden, würde damit jede Böenangabe eine Landung ausschließen, weil diese sicherheitshalber als Rückenwind einkalkuliert werden müsste.

Die Annahme einer Richtung, aus der die Böen auftreten, gleichzusetzen mit der Richtung des Bodenwindes ist aus der Sicht der Flugmeteorologie und der Methodik der Messung nicht richtig. Der vom Tower übermittelte Wind stellt immer einen 2-Minuten-Mittelwind dar. Wird ein Böenwert übermittelt, so ist dieser der stärkste gemessene Wind im vorausgegangenen 10-Minuten-Fenster. Böen entstehen, sofern sie nicht mit synoptischen Wettererscheinungen in Zusammenhang stehen oder orografisch bedingt sind, durch Luftverwirbelungen in der vertikalen Ebene. Obwohl die Bestimmung der Richtung von Böen auf diese Art und Weise im täglichen Flugbetrieb von vielen Piloten praktiziert wird, ist die Methode insbesondere bei Sturm- und Starkwindwetterlagen in Frage zu stellen.

Die Annahme einer Richtung der Böen aus der Richtung des Bodenwindes plus 10-20° ist ebenfalls für die Umsetzung im Flugbetrieb wenig praktikabel, weil diese Regel nur für die Nordhalbkugel und nicht für orografisch stark gegliedertes Gelände, Gewitter- und Thermikwetterlagen sowie Frontdurchgänge gilt. Die Piloten können über diese Randbedingungen, wie zum Beispiel die orografischen Gegebenheiten auf den Flughäfen, nicht immer informiert sein.

In Ermangelung konkreter Hinweise zu dem Umgang mit Böen ist es weltweit gängige Praxis, Böen im praktischen Flugbetrieb mit der Hauptwindrichtung anzunehmen.

Die BFU bewertet die Thematik der Handhabung von Böen für den praktischen Flugbetrieb als nicht ausreichend geklärt und für die Luftfahrzeugführer nicht praxissgerecht aufbereitet.

2.3 Sicherheitsmechanismen

Sicherheitsmechanismen sind Maßnahmen, mit denen ein System vor den Folgen technischer und/oder menschlicher Fehler geschützt wird. Der Mensch handelt in diesem System nicht allein, sondern ist ein Element in einem komplexen sozio-technischen System.

Bei der Analyse der Schwere Störung wurden die Betriebsgrenzen des Flugzeuges, die Angaben zu Landungen bei Seitenwind in der Flugzeugdokumentation sowie die durch den Flugzeughersteller und den Betreiber des Flugzeuges vorgegebenen Landetechniken als wesentliche Sicherheitsmechanismen betrachtet und bewertet.

2.3.1 Angaben des Luftfahrtunternehmens zu Landungen bei Seitenwind

Für die Piloten waren die Angaben im OM/A OM/B und OM/C bindende Handlungsanweisungen. Bezüglich flugbetrieblicher Grenzen für Landungen bei Einfluss durch Seitenwind hatte das Luftfahrtunternehmen eine allgemein gültige Anweisung getroffen.

Die Formulierung "*The steady crosswind and gust component for take-off and landing must not exceed the values specified in OM-B and OM-C. Where no gust limit is specified, gust exceeding crosswind limitations must be considered whenever judged operationally significant.*" wurde durch die Besatzung nicht als flugbetriebliche Grenze interpretiert.

Die Tatsache, dass bei der anonymen Befragung von über 80 Piloten ca. die Hälfte der Befragten den im OM/B angegebenen Wert *maximum demonstrated crosswind* als einen Grenzwert (Limit) betrachtet hat und die andere Hälfte der Befragten diese Angabe als Richtwert bewertet hat, zeigt der BFU, dass hier Aufklärungsbedarf besteht. Auch die Verteilung der Antworten auf die Frage 3, ob eine Landung bei einer Böenangabe von 40 kt durchgeführt werden darf, verdeutlichte die Unsicherheit der Piloten bei der Anwendung und Interpretation der Angabe *maximum demonstrated crosswind*.

Eine mögliche Erklärung für die Unsicherheit in dem Umgang mit der Angabe *maximum demonstrated crosswind* sieht die BFU in der Art der Darstellung im OM/B. Hier wurde die Angabe 33 kt gust 38 kt mit dem Hinweis *maximum demonstrated crosswind for landing* versehen, war aber in dem Kapitel *Operating Limitations*, analog zum FCOM, einsortiert.

Eine Erklärung oder Definition für den verwendeten Begriff *maximum demonstrated crosswind for landing* war nicht gegeben.

2.3.2 Angaben des Flugzeugherstellers zu Landungen bei Seitenwind

Der Flugzeughersteller hat mit dem Flight Crew Operating Manual (FCOM) und mit dem Flight Crew Trainings Manual (FCTM) die flugbetrieblichen Vorgaben, Betriebsanweisungen und Beschreibungen für das Flugzeugmuster festgelegt. Diese Inhalte waren für das Luftfahrtunternehmen Grundlage für die Erstellung der nach EU-OPS geforderten Operating Manuals OM/A bis OM/D.

Hinsichtlich der operationellen Grenzen für Landungen bei Seitenwind hat der Flugzeughersteller die Werte

"Wind for takeoff and landing:

Maximum crosswind demonstrated for takeoff: 29 knots gusting up to 38 knots

Maximum crosswind demonstrated for landing: 33 knots gusting up to 38 knots"

im FCOM, Vol 3, im Kapitel *Operating Limitations* dokumentiert.

Diese Beschreibung und Zuordnung im FCOM wurde von dem Luftfahrtunternehmen für das Operating Manual OM/B übernommen und war damit auch die Informationsgrundlage für die Piloten sowie für Trainingsabteilungen des Flugzeugmusters.

Aus Sicht der BFU hat der im FCOM nicht definierte oder näher beschriebene Begriff *maximum crosswind demonstrated for landing* zu den unterschiedlichen Interpretationen und Missverständnissen geführt. Begünstigt wurde die Fehlinterpretation durch den Hinweis "demonstrated" bei der Angabe *33 knots gusting up to 38 knots*, obwohl diese Angabe im Kapitel *Operational Limitations* platziert war.

Durch den Eintrag im FCOM war nicht eindeutig, dass es aus der Sicht des Flugzeugherstellers lediglich eine Information über einen während der Musterzulassung erfliegenen (demonstrierten) Wert handelte. Die Begründung des Flugzeugherstellers, dass der Betreiber des Flugzeuges für seine Rahmenbedingungen und Einsatzspektren des Flugzeuges einen unternehmensinternen flugbetrieblichen Grenzwert festlegen sollte, ist nicht deutlich kommuniziert worden und war auch nicht Bestandteil einer luftrechtlichen Regelung. Der Eintrag im FCOM war abweichend von der Darstellung im Flight Manual.

Im Flight Manual (FM), das u.a. Grundlage für Angaben im FCOM sein sollte, war im Kapitel *Performance, General*, die Angabe *maximum demonstrated crosswind at takeoff and landing: 38 kt (gust included)* mit dem Hinweis *“This value is not considered limiting“*.

Das Argument des Flugzeug-Herstellers, dass der Betreiber des Flugzeuges einen Maximalwert für den Seitenwind bei Starts und Landungen in eigener Verantwortung im OM/B festlegen sollte, ist insofern nachvollziehbar, dass damit sowohl auf die operationellen Aspekte als auch auf den möglicherweise unterschiedlichen Ausbildungs- und Qualifikationsstand der Besatzungen Rücksicht genommen werden kann.

Von Nachteil waren die unterschiedlichen Beschreibungsformen der Angaben bei Landungen mit Seitenwind innerhalb der Airbus-Flotte sowie innerhalb der Baureihen eines Flugzeugmusters. So wurde der Wert beim Airbus A320 mit *33 kt, gust 38* angegeben, während dieser für den Airbus A 340 mit *40 kt including gust* beschrieben wurde.

2.3.3 Nachweisführung im Rahmen der Musterzulassung (Bauvorschriften)

Die Untersuchung der Schwere Störung und die damit verbundene anonyme Umfrage bei lizenzierten Verkehrsflugzeugführern hat gezeigt, dass die in den Standard-Handbüchern FCOM und OM/B dokumentierte Angabe *maximum crosswind demonstrated for landing* unterschiedlich interpretiert und missverstanden werden konnte. Die Tatsache, dass etwa die Hälfte der Befragten mit dieser Angabe einen Grenzwert und die andere Hälfte einen Richtwert verbunden haben, deutete auf ein erhebliches Informationsdefizit hin. Auch die Antworten auf die Frage der Entscheidungsfindung bei der Angabe von Böen begründeten Aufklärungsbedarf.

Die unterschiedlichen Beschreibungen und Erklärungen in den verschiedenen Betriebs- und Trainingsunterlagen bei dem Luftfahrtunternehmen und auch bei dem Flugzeug-Hersteller waren unter anderem auf eine unzureichende Definition und nicht ausreichende Erklärung des Begriffs *maximum crosswind demonstrated for landing* in den Bauvorschriften und in den Ausführungsanweisungen zurückzuführen.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde nicht im Detail nachvollzogen, wie der Flugzeug-Hersteller für das Flugzeugmuster A320 den Nachweis für den Wert *maximum crosswind demonstrated for landing* tatsächlich geführt hat. Der Flugzeug-Hersteller hat erläutert, dass die Nachweisführung mit einem höheren messtechnischen Aufwand erfolgte, als durch die Bauvorschriften und dem *Flight Test Guide Material* gefordert gewesen sei.

Dennoch sieht die BFU bei dieser Thematik ein grundlegendes Problem in den Bauvorschriften sowie in den entsprechenden Ausführungsanweisungen. Die Wahl, einen Wert für die maximale Seitenwindkomponente als *demonstrated* oder *limiting* nachzuweisen und darzustellen, hat zu Irritationen in der Umsetzung und Anwendung beigetragen. Ein Wert, der im Rahmen der Musterzulassung als *demonstrated* nachgewiesen wurde, erschien im FCOM im Kapitel Limitation. Die Situation, dass für einige Flugzeugmuster die maximale Seitenwindkomponente als nicht zu überschreitender Grenzwert ausgelegt und bei anderen Flugzeugmustern lediglich als demonstrierter Wert dokumentiert war, hat bei den befragten Linienpiloten zu unterschiedlichen Interpretationen geführt.

Mit dem Ereignis wurde die sicherheitsrelevante Bedeutung der maximalen Seitenwindkomponente deutlich. Problematisch war nach Ansicht der BFU auch die Angabe „33 kt mit Böen bis zu 38 kt.“ Nach

den Bauvorschriften war diese Form der Beschreibung möglich, obwohl bei der Nachweisführung gar nicht sichergestellt sein musste, dass Böen in dieser Höhe auch tatsächlich aufgetreten sind. Die Definition von Böen sowie die Messmethode dafür ließen, insbesondere bei der Übermittlung des Windes durch den Tower, sicherheitsrelevante Ungenauigkeiten zu. Böen unter 10 kt würden zum Beispiel bei dieser Methode gar nicht übermittelt und berücksichtigt werden. Eine Festlegung 33 kt (mittlerer Wind) mit Böen bis zu 38 kt (einschließlich Böen) wäre damit unter Umständen wenig praxisgerecht.

Für Unklarheiten bei den Piloten haben auch die verschiedenen Varianten der Beschreibung der *maximum crosswind demonstrated for landing* bei den verschiedenen Mustern innerhalb der Airbus-Familie gesorgt. So wurden die Werte für einige Flugzeugmuster als Doppelwert (mittlerer Wind und Böen) und für andere Flugzeugmuster als Einzelwert (mittlerer Wind einschließlich Böen) angegeben (Anlage 10). Beide Formen der Darstellung waren nach den Bauvorschriften zulässig.

2.3.4 Beschreibung der Landetechniken bei Seitenwind durch den Flugzeughersteller

Bei dieser Landung mit starkem und böigem Seitenwind handelte es sich um ein hochdynamisches und fliegerisch anspruchsvolles Manöver. Unter diesen Bedingungen war es unabdingbar, dass eine vom Flugzeug-Hersteller vorgegebene Landetechnik für das Flugzeug in allen Beschreibungen der flugbetrieblichen Dokumentation einheitlich, umfassend sowie klar und deutlich festgelegt und dargestellt war.

Die Festlegung der Landetechnik bei Seitenwind sollte auch die Grundlage für das Training der Besatzungen bilden. Da insbesondere Landungen bei sehr starkem und extrem böigem Seitenwind im praktischen Linienflugbetrieb nicht täglich vorkommen, war die klare Beschreibung der Landetechnik von wesentlicher Bedeutung. Daher sollte die in der flugbetrieblichen Dokumentation des Flugzeuges (FCOM) beschriebene Landetechnik mit der Beschreibung in den Trainingsunterlagen (FCTM) inhaltlich übereinstimmen.

Gleiches galt für alle weiteren Veröffentlichungen, wie FCOM-Bulletin, FOBNs und sonstige Dokumentationen. Darüber hinaus waren die Beschreibungen im FCOM und im FCTM für den Betreiber des Flugzeuges die Basis für die Erstellung der Anweisungen in den Operations Manuals OM/B und OM/D.

Die Untersuchung hat gezeigt, dass die Beschreibung der Landetechnik hinsichtlich der Anwendung der verschiedenen Methoden (crab-angle, sideslip oder eine Kombination) in den flugbetrieblichen Dokumenten FCOM, FCTM, FCOM-Bulletins und FOBN nicht einheitlich und zum Teil widersprüchlich war.

Beispielsweise war der Einsatz des Seitenruders unterschiedlich beschrieben. Im FCOM-Bulletin No. 827/1 stand der Hinweis

- *“Use of rudder, combined with roll inputs, should be avoided, since this may significantly increase the pilot’s lateral handling tasks. Rudder use should be limited to the “de-crab” maneuver in case of crosswind, while maintaining the wings level, with the sidestick in the roll axis.”*

Im FCOM Bulletin No. 828/1 war zur Benutzung des Seitenruders Folgendes ausgesagt:

- *[...]*
- *During landing flare with crosswind, for decrab purposes.*
- *During the landing roll, when on ground.*

In these circumstances, large and even rapid rudder inputs may be necessary to maintain control of the aircraft.”

Die Betätigung des Seitenruders war im vorliegenden Fall insofern von Bedeutung, da der Flugzeug-Hersteller bei der Analyse der Steuereingaben festgestellt hat, dass die Steuereingaben mit dem

Seitenruder zu heftig und abrupt gewesen seien. Diese Feststellung stand im Widerspruch zu den Beschreibungen in einigen flugbetrieblichen Unterlagen.

Nach Ansicht der BFU war sowohl im FCOM als auch im FCTM – und in der Folge auch im OM/B – eine Landetechnik bei Einfluss durch Seitenwind beschrieben, die für starken Seitenwind weniger geeignet war. Diese Landemethode, mit Rumpflängsachse in Landebahnrichtung und Wings Level, führte bei Seitenwind größer 20 kt zum Abdriften des Flugzeuges von der Landebahnmittellinie.

In den Flight Operation Briefing Notes (FOBNs) war eine Methode für Landungen bei starkem Seitenwindeinfluss beschrieben, die bei der Landung in Hamburg angemessen gewesen wäre. In dem FOBN wurde empfohlen, bei Seitenwind größer 20 kt, die Tragfläche leicht (5°) auf der Windseite hängen zu lassen und zusätzlich einen Vorhaltewinkel von ca. 5° beizubehalten, um ein Abdriften des Flugzeuges zu verhindern sowie zu gewährleisten, dass das Flugzeug zuerst mit dem Wind zugewandten Hauptfahrwerk aufsetzt. Dieses Verfahren war jedoch im FCOM nicht zu finden. Die Beschreibung im FOBN war klar und konkret, stand aber im Widerspruch zu den Beschreibungen in der sonstigen flugbetrieblichen Dokumentation. Das FOBN war nicht allen Piloten bekannt, es hatte in der Bedeutung der flugbetrieblichen Dokumentation nur informativen Charakter.

Der Flugzeug-Hersteller hat nach dem Vorfall in Hamburg und einer Diskussion mit dem Luftfahrtunternehmen und der BFU die Beschreibung der Landetechnik bei Seitenwind überarbeitet und die Absicht erklärt, diese in alle relevanten flugbetrieblichen Dokumente zu übernehmen (Anlage 10).

2.3.5 Beschreibung der Landetechniken bei Seitenwind durch das Luftfahrtunternehmen

Die nach EU-OPS geforderten und durch die Genehmigungs- und Überwachungsbehörden genehmigten Operation Manuals (OM) waren von wichtiger und herausragender Bedeutung für den Betrieb der Luftfahrzeuge im Luftfahrtunternehmen. Für die Flugzeugbesatzungen galten sie als musterbezogene und verbindliche Arbeitsanweisungen mit der Beschreibung von Verfahren für die sichere Flugdurchführung. Dazu gehörte auch die Beschreibung der Landetechnik bei Landungen mit Seitenwind.

Die Untersuchung hat gezeigt, dass die Beschreibung der Landetechnik bei Seitenwind im OM/B und OM/D nicht komplett in Übereinstimmung mit den Beschreibungen in der Dokumentation des Flugzeug-Herstellers war. Auch zwischen den Beschreibungen im OM/B und OM/D gab es Unterschiede.

So wurde bei der Beurteilung der flugbetrieblichen Dokumentation des Luftfahrtunternehmens festgestellt, dass die Anweisungen

- *"In strong crosswind conditions, small amounts of lateral control may be used to maintain the wings level."*
- *"This lateral stick input must be reduced to zero at first main landing gear touchdown."*

im OM/B dokumentiert waren, wogegen diese Anweisungen im FCOM, Vol 3, des Flugzeug-Herstellers nicht aufgeführt waren.

Die BFU geht davon aus, dass die Umsetzung der Anweisung *"This lateral stick input must be reduced to zero at first main landing gear touchdown"* zu einer noch größeren Querneigung des Flugzeuges geführt hätte, wenn die Flugzeugbesatzung sich bei der im Sachverhalt beschriebenen Landung an diese Anweisung gehalten hätte..

Die oben genannte Anweisung war nach den Recherchen der BFU Bestandteil des A320-FCOM 3, Revision 38. Mit der folgenden Revision wurde die Anweisung durch den Flugzeug-Hersteller aufgehoben. Das OM/B wurde in dieser Hinsicht nicht geändert.

Andere im OM/B erwähnte Anweisungen basieren auf FCOM-Bulletins, aus denen einzelne Abschnitte oder Sätze übernommen wurden.

Aus den vorliegenden Unterlagen war nicht umfassend nachvollziehbar, welche FCOM-Bulletins oder Auszüge daraus in das OM/B übernommen wurden. Auch die Hintergründe und Begründungen für die Änderungen des OM/B waren nicht nachvollziehbar.

Im OM/B war, wie auch im FCOM, eine Landetechnik beschrieben, die für Landungen bei starkem Seitenwind weniger geeignet war. Diese Landemethode, mit Rumpflängsachse in Landebahnrichtung und *wings level*, führte bei Seitenwind größer 20 kt zum Abdriften des Flugzeuges von der Landebahnmittellinie.

Im Trainingssyllabus des OM/D hatte das Luftfahrtunternehmen eine Landemethode mit *wings low* und *crabbed approach* beschrieben. Diese wäre für die Landung bei starkem Seitenwind besser geeignet gewesen.

Obwohl diese Landetechnik nicht im OM/B dokumentiert war, wurde diese nach Angabe des Luftfahrtunternehmens im Simulator gelehrt und trainiert.

Nach Meinung der BFU war es im Sinne einer sicheren Flugdurchführung nicht sinnvoll, dass Piloten sich selbst aus den verschiedenen Landemethoden, die an unterschiedlichen Stellen der Dokumentation standen, die aus ihrer Sicht vermeintlich passende Methode aussuchen konnten.

2.4 Organisatorische Aspekte

Die Wettersituation am Ereignistag war signifikant und stellte Anforderungen an die Flugbesatzung, die über das übliche Maß eines Routinefluges hinausgingen. Andererseits war die Wettersituation nicht so ungewöhnlich, dass sie als ein unvorhersehbares Ereignis bewertet werden sollte.

Die Cockpit-Besatzung hatte für die Vorbereitung und Durchführung des Fluges außer der Anweisung *Handling of airplane on the ramp in strong wind conditions* keine situationsbezogenen Entscheidungshilfen. Auch gab es keine Organisationseinheit in dem Luftfahrtunternehmen, das aufgrund der besonderen Wettersituation in Deutschland und Europa den Besatzungsmitgliedern eine spezialisierte Beratung anbot oder aus der zentralen Sicht und Verantwortung des Unternehmens Entscheidungen traf.

Eine spezielle Beratung oder eine Organisationseinheit, die über das Maß der Verantwortung des verantwortlichen Flugzeugführers hinaus, unternehmensweite Entscheidungen treffen konnte, war weder durch luftrechtliche Regularien noch durch unternehmensinterne Festlegungen vorgesehen.

Aus der Sicht der BFU hat das Ereignis gezeigt, dass beispielsweise folgende infrastrukturelle Maßnahmen in dem Luftfahrtunternehmen zur sicheren Durchführung des Fluges hätten beitragen können:

- Definition extremer Wettersituationen (z.B. Bodenwind mit Böen > xx kt, Taifun, Starkregen usw.)
- Bereitstellung erweiterter Wetterunterlagen (z.B. GAMET, MAB,)
- Bestimmung weiterer Ausweichflughäfen
- zusätzliche Dispatch Leistungen (auch während des Fluges)
- Einrichtung eines spezialisierten Teams (MET, ATC, OPS) bei extremen Wettersituationen
- Einrichtung einer Entscheidungsebene für unternehmensweite Entscheidungen (temporäre Einstellung des Flugbetriebes für Flugzeuge des Unternehmens, Annullierung von Flügen)
- Operationelle Regelungen für extreme Wettersituationen (Kapitän ist PF, ...)

3. Schlussfolgerungen

3.1 Befunde

Flugverlauf

- Der Anflug war bis etwa 20 ft über Grund stabil. Die Eingaben am Sidestick waren bei Windeinfluss folgerichtig.
- Der Abfangbogen wurde zwischen 30 ft und 25 ft über Grund situationsgerecht eingeleitet.
- Das Flugzeug setzte ca. 2 m links von der Mittellinie mit einer linken Schräglage von 4° bei einem Vorhaltewinkel von 2° mit dem linken Hauptfahrwerk auf.
- Das linke Hauptfahrwerk hob wieder ab. Das rechte Fahrwerk hatte zu keinem Zeitpunkt Bodenberührung.
- Das Flugzeug erreichte eine Schräglage von ca. 23° nach links trotz vollem Ausschlag beider Sidesticks nach rechts und rechtem Seitenrudder.
- Das linke Fahrwerk setzte erneut auf und es kam zur Bodenberührung mit der linken Tragfläche.
- Aufgrund der hohen Rollrate leitete die Copilotin einen Go-around ein.
- Nach einer Simulation und Berechnung des Flugzeug-Herstellers gab es keine signifikanten Böen während des Decrabverfahrens.

Besatzung und flugbetriebliche Aspekte

- Die Besatzung war für die Durchführung des Fluges lizenziert und qualifiziert.
- Der Kapitän hatte durch seine langjährige Flugpraxis Erfahrung mit stärkeren Seitenwindsituationen.
- Für die Copilotin war es auf dem Flugzeugmuster Airbus A320 die erste Landung mit so hohem Einfluss durch Seitenwind.
- Das Wettergeschehen mit dem Einfluss durch außergewöhnliche Böen war für beide Besatzungsmitglieder eine Ausnahmesituation.
- Vergleichbare Situationen konnten weder in der Ausbildung noch bei Trainings- und Überprüfungsflügen im Flugsimulator der Wirklichkeit entsprechend geübt werden.
- Die Besatzung hatte sich bei der Vorbereitung des Fluges mental auf die Wettersituation eingestellt.
- Mit der vorhandenen Kraftstoffmenge bestand für die Besatzung kein zeitlicher Druck für eine baldige Landung.
- Es standen im Rahmen der Flugvorbereitung und während des Anfluges die üblichen Informationen über das Wetter zur Verfügung.
- Die Piloten konnten das spezifische Systemverhalten der Flugzeugsteuerung bei der Landung mit böigem Seitenwind nicht kennen und daher nicht in ihre Entscheidung einbeziehen.
- Die Arbeitsbelastung war im Anflug auf die Piste 23 und während des Durchstartens für beide Besatzungsmitglieder sehr hoch. Die Copilotin schöpfte während der Anflüge zumindest zeitweise nahezu alle mentalen Reserven für zusätzliche Handlungen und Entscheidungen aus.
- Die Copilotin hat sich für eine Landemethode mit "Wings-Level" und "Decrab" entschieden. Diese Landetechnik war im OM/B für Landungen bei Seitenwind beschrieben.

- Der Kapitän hat seine Handlungsweise im Cockpit und seine Entscheidungsgründe nahezu ausschließlich mit Vorgaben durch die CRM-Philosophie begründet, die durch das Luftfahrtunternehmen vorgegeben waren.
- Die vom Luftfahrtunternehmen definierten Elemente der interpersonellen Competence (CRM) wurden angewendet und umgesetzt.
- Eine Bewertung der Landung als „kritische Landung“ im Sinne der Beschreibung im OM/A 1.6.1 wäre angemessen gewesen. Insofern hätte der Kapitän die Landung als steuernder Pilot (PF) selbst durchführen müssen.
- Bei einer im Endanflug vom Tower gemeldeten Seitenwindangabe mit Böen bis 47 kt wurde der Anflug fortgesetzt. Bei Berücksichtigung der Angabe *max. demonstrated crosswind for landing* wäre ein Durchstarten angemessen gewesen.
- Bis ca. 20 ft über Grund sah die Besatzung durch den Verlauf des Anflugs keinen Anlass, diesen abubrechen.
- Ausgelöst durch die hohe Querneigung in Bodennähe wurde das Durchstartverfahren unverzüglich eingeleitet.

ATC

- Die Lotsinnen besaßen die für die Ausübung ihres Dienstes vorgeschriebenen Lizenzen und Berechtigungen.

Flugzeug (Laterale Steuerung)

- Die Lateral-Steuerung des Flugzeuges schaltete nach dem ersten Aufsetzen mit dem linken Hauptfahrwerk vom Flight Mode in den Ground Mode, obwohl sich das Flugzeug wieder in der Luft befand.
- Konzeptionell war das Flugzeug so ausgelegt, dass die Wirksamkeit der Steuerung um die Längsachse nach Aufsetzen des ersten Hauptfahrwerks auf ca. die Hälfte des Vollausschlages reduziert war.
- Die reduzierte Wirkung der Steuerung war in der Systembeschreibung der lateralen Steuerung nicht dokumentiert und den Piloten sowie den Trainingsabteilungen nicht bekannt.
- Das Systemverhalten des Flugzeuges trug dazu bei, dass das Flugzeug bei dem Landeanflug in eine für die Piloten nicht gewollte und unvorhergesehene Fluglage kam bzw. die Bodenberührung mit der Tragfläche nicht mehr zu verhindern war.

Manuals und Musterzulassung

- Die Besatzung hat die im OM/A formulierte Handlungsanweisung "*The steady crosswind and gust component for take-off and landing must not exceed the values specified in OM/B and OM/C. Where no gust limit is specified, gust exceeding crosswind limitations must be considered whenever judged operationally significant.*" nicht als flugbetriebliche Grenze interpretiert. Die Böen wurden als nicht limitierender Faktor angesehen.
- Die Befragung von Verkehrsflugzeugführern hat gezeigt, dass die Angaben im OM/A für Landungen bei Seitenwind sehr unterschiedlich interpretiert werden und ein erhebliches Informationsdefizit über den Begriff *maximum crosswind demonstrated for landing* besteht.
- Im OM/B und im FCOM, Vol 3, war die Angabe „33 kt gusting up to 38 kt“ als *maximum crosswind demonstrated for landing* bezeichnet, aber im Kapitel *Operating Limitations* platziert.
- Im FM war die Angabe *33 knots gusting up to 38 knots* als *demonstrated* gekennzeichnet und mit der Bedeutung einer „Information“ dokumentiert.
- Im FM und im FCOM war der Begriff *maximum crosswind demonstrated for landing* nicht definiert bzw. erläutert.
- Das Luftfahrtunternehmen hatte für das Flugzeugmuster A320 keinen dezidierten Böen-Grenzwert für Landungen bei Seitenwind festgelegt.
- Die Ausführungsanweisungen für die Bauvorschriften *CS 25.233 (Directional stability and control)* und *CS 25.237 (Wind velocities)* ließen sowohl den Nachweis eines Grenzwertes (limit) als auch eines Richtwertes (*demonstrated*) zu.
- Nach den Ausführungsanweisungen für die Bauvorschriften war die Angabe *demonstrated* mit der Bedeutung einer „Information“ zu kennzeichnen.
- Die Ausführungsanweisungen für die Bauvorschriften für die Ermittlung der Grenz- bzw. Richtwerte für Landungen bei Seitenwind ließen eine Nachweismethode zu, die nicht in allen Fällen den tatsächlichen Einfluss durch Seitenwind berücksichtigen konnte.
- Für die verschiedenen Muster innerhalb der Airbus-Familie wurden die Werte für *maximum crosswind demonstrated* auf unterschiedliche Art und Weise dargestellt (mittlerer Wind und Böen, mittlerer Wind einschließlich Böen).

Landetechniken

- Die Beschreibung der Landetechnik für Landungen bei Seitenwind hinsichtlich der verschiedenen Methoden (*crab-angle*, *sideslip* oder eine Kombination) war in den flugbetrieblichen Dokumenten FCOM, FCTM, FCOM Bulletins und FOBN nicht einheitlich und zum Teil widersprüchlich.
- Die im FCOM beschriebene Landetechnik für Landungen bei Seitenwind war bei starkem Seitenwind weniger geeignet, weil es dabei zu einem Abdriften des Flugzeuges kommen konnte.
- Der Einsatz des Seitenruders bei Landungen mit Einfluss durch Seitenwind war in den flugbetrieblichen Unterlagen des Flugzeug-Herstellers unterschiedlich beschrieben.
- In einem Flight Operation Briefing Note (FOB) war eine Methode für Landungen bei starkem Seitenwind beschrieben, die für die Landung in Hamburg angemessen gewesen wäre.

- Die Flight Operation Briefing Note war nicht Bestandteil der offiziellen flugbetrieblichen Dokumentation.
- Die Beschreibung der Landetechnik bei Landungen mit Einfluss von Seitenwind im OM/B und OM/D des Luftfahrtunternehmens war nicht in allen Punkten in Übereinstimmung mit den Angaben im FCOM des Flugzeug-Herstellers.
- Es gab Unterschiede in den Beschreibungen der Landetechnik zwischen OM/B und OM/D.
- Die im OM/D beschriebene Landemethode mit *wings low* und *crabbed approach* wäre für die Landung bei starkem Seitenwind besser geeignet gewesen.
- Im Simulator wurde die im OM/D beschriebene Landemethode gelehrt und trainiert.

Wetter

- Die für die meteorologische Flugvorbereitung vorgeschriebenen Wetterinformationen waren vom DWD erstellt und standen grundsätzlich zur Verfügung.
- Die zum Ereigniszeitpunkt herrschenden Wetterbedingungen stimmten im Wesentlichen mit den vorhergesagten Werten überein.
- Die Windbedingungen am Ereignistag waren signifikant aber nicht ungewöhnlich.
- Die gemeldeten Windspitzen wurden nicht als limitierender Faktor bei der Entscheidungsfindung über eine Fortsetzung des Landeanfluges angesehen.
- Eine Richtungsangabe für Böen ist bei Übermittlung der Windinformationen nicht vorgesehen.
- Die Angabe eines Böenwertes (ohne Richtungsangabe) lässt für Piloten unterschiedliche Interpretationen zu.
- Aufgrund nicht eindeutiger Formulierungen im Annex 3 der ICAO hat die Besatzung die meteorologische Information der GAMET-Vorhersage nicht erhalten.

Organisatorische Aspekte

- Die Besatzung hatte trotz der signifikanten Wettersituation keine zusätzliche situationsbezogene Entscheidungshilfe.
- Im Luftfahrtunternehmen war keine Organisationseinheit eingerichtet, die die Besatzung aufgrund der besonderen Wettersituation speziell beriet und aus der zentralen Sicht und Verantwortung des Unternehmens Entscheidungen traf.
- Eine spezielle Beratung oder Organisationseinheit im Luftfahrtunternehmen für besondere Wettersituationen war weder durch luftrechtliche Regularien gefordert noch durch unternehmensinterne Regelungen gegeben oder vorhanden.

3.2 Ursachen

Die Schwere Störung bei der Landung des Flugzeuges bei signifikantem Seitenwind ist auf folgende unmittelbare Ursachen zurückzuführen:

- Durch eine von der Besatzung unerwartete abrupte Querlage kam es beim Aufsetzen des Flugzeuges zu einer Berührung der Tragfläche mit dem Boden.
- Bei einer im Endanflug vom Tower gemeldeten Windangabe mit Böen bis 47 kt wurde der Anflug fortgesetzt. Bei Berücksichtigung der Angabe *maximum crosswind demonstrated for landing* wäre ein Durchstarten angemessen gewesen.

Folgende systemischen Ursachen haben zu der Schwere Störung geführt:

- Die Angabe *maximum crosswind demonstrated for landing* war im Operating Manual (OM) und im Flight Crew Operating Manual (FCOM), Vol. 3, nicht definiert und missverständlich beschrieben.
- Die Landetechnik für Landungen bei Seitenwind war in der Standarddokumentation für das Flugzeug nicht eindeutig beschrieben.
- Die eingeschränkte Wirksamkeit der Quersteuerung war nicht bekannt.

4. Sicherheitsempfehlungen

Die BFU hat am 20.03.2009 folgende Sicherheitsempfehlungen an den Hersteller des Flugzeuges herausgegeben:

Empfehlung Nr.: 12/2009

Der Flugzeug-Hersteller sollte sicherstellen, dass die neu beschriebene Landetechnik (März 2009) unverzüglich in die flugbetriebliche Dokumentation für das Flugzeugmuster Airbus A318/A319/A320/A321 übernommen wird. Die Beschreibung im FCOM, FCTM, in den FCOM-Bulletins, FOBNs und in allen anderen Dokumenten sollte einheitlich, klar und deutlich sowie frei von Widersprüchen sein.

Empfehlung Nr.: 13/2009

Falls die Umsetzung der Empfehlung 12/09 aus redaktionellen Gründen und aufgrund feststehender Änderungsverfahren für die einzelnen flugbetrieblichen Dokumente nicht ohne Zeitverzug möglich ist, sollte der Flugzeug-Hersteller alle Betreiber des Flugzeugmusters Airbus A318/A319/A320/A321 ohne Zeitverzug in geeigneter Form über den Vorfall und die geplanten Änderungen informieren.

Die BFU hat am 20.03.2009 folgende Sicherheitsempfehlungen an das Luftfahrtunternehmen herausgegeben:

Empfehlung Nr.: 14/2009

Es sollte sichergestellt werden, dass die Beschreibung der Landetechnik bei Seitenwind im Operations Manual, Part B (OM/B), Kapitel 2, mit den Vorgaben und Beschreibungen des Flugzeug-Herstellers übereinstimmt.

Bei Ergänzungen und Hintergrundinformationen zur Beschreibung der Landetechnik bei Seitenwind, die nicht im FCOM des Flugzeug-Herstellers dokumentiert sind, sollte ein Arbeitsprozess mit dazugehörigem Qualitätssicherungsverfahren beschrieben werden und zur Anwendung kommen, der die Plausibilität und Korrektheit der Anweisung sicherstellt sowie Widersprüche zu Anweisungen und Beschreibungen des Flugzeug-Herstellers prüft.

Empfehlung Nr.: 15/2009

Es sollte dafür gesorgt werden, dass die Beschreibung der Landetechnik bei Landungen mit Seitenwind im Operations Manual, Part D (OM/D), nicht im Widerspruch zu den Beschreibungen im OM/B steht.

Das Luftfahrtunternehmen hat der BFU mit Schreiben vom 7. April 2009 mitgeteilt, dass die Sicherheitsempfehlungen Nr. 14/2009 und Nr. 15/2009 umgehend umgesetzt werden.

Die BFU hat am 20.03.2009 folgende Sicherheitsempfehlung an das Luftfahrt-Bundesamt herausgegeben:

Empfehlung Nr. 16/2009

Das Luftfahrt-Bundesamt sollte sicherstellen, dass bei deutschen Luftfahrt-Unternehmen ein Maximalwert für Seitenwind bei Starts und Landungen festgelegt ist.

Dazu sollte im Rahmen der flugbetrieblichen Aufsicht in allen Luftfahrtunternehmen geprüft werden, wie die in den Handbüchern der verschiedenen Flugzeug-Hersteller und Flugzeugmuster angegebenen Werte für *maximum crosswind demonstrated* umgesetzt und interpretiert werden.

Gegebenenfalls sollte auf Basis von EU-OPS 1.015 eine betriebliche Anweisung erteilt werden, die die Festlegung eines Maximalwertes für Seitenwind bei Starts und Landungen fordert.

Die BFU hat nach Abschluss der Untersuchung folgende Sicherheitsempfehlungen herausgegeben:

Empfehlung Nr.: 01/2010

Der Flugzeughersteller sollte für das Flugzeugmuster A320 und Baureihen eine Analyse durchführen, mit dem Ziel, dass die Logik für die Umschaltung Flight Mode/Ground Mode der Lateral-Steuerung nur dann in den Ground Mode schaltet, wenn das Flugzeug auch tatsächlich am Boden ist.

Dabei sollte die überarbeitete Landetechnik bei starkem Seitenwind berücksichtigt werden und es sollte sichergestellt sein, dass durch eine Änderung vorhandene Systemfunktionalitäten für andere Situationen nicht eingeschränkt oder ausgeschlossen werden.

Empfehlung Nr.: 02/2010

Der Flugzeughersteller sollte als Übergangsmaßnahme (vor der Umsetzung der Sicherheitsempfehlung 01/2010) für das Flugzeugmuster A320 und Baureihen die Systembeschreibungen für die Lateral-Steuerung des Flugzeuges in den flugbetrieblichen Unterlagen (FCOM usw.) und Trainingsanweisungen mit einem Hinweis ergänzen, dass es bei der Landung des Flugzeuges unter bestimmten Voraussetzungen zu einem reduzierten Ausschlag der Steuerflächen für die Steuerung um die Längsachse kommen kann.

Die Erklärung in der Systembeschreibung der Logik für die Umschaltung von Flight Mode in Ground Mode im FCOM, "*The lateral control mode does not change until the wheels are on the ground, so there is no discontinuity in the control laws.*" sollte korrigiert werden.

Empfehlung Nr.: 03/2010

Der Flugzeug-Hersteller sollte im Flight Crew Operating Manual (FCOM) sowie in allen anderen flugbetrieblichen Anweisungen und Informationen für das Flugzeugmuster Airbus A320 und Baureihen die Angabe *maximum crosswind demonstrated for landing* aus dem Kapitel Operating Limitations herausnehmen und an anderer Stelle platzieren.

Es sollte in der flugbetrieblichen Dokumentation des Flugzeug-Herstellers der Hinweis gegeben werden, dass dieser Wert den Charakter einer „Information“ hat.

Der Flugzeug-Hersteller sollte sich entscheiden, diese Angabe für alle Flugzeugmuster einheitlich zu beschreiben. *Maximum crosswind demonstrated for landing* sollte entweder als Doppelwert (mittlerer Wind und Böen) oder als Einzelwert (mittlerer Wind einschließlich Böen) beschrieben wird.

Betreibern des Flugzeuges sollte der Hersteller empfehlen, einen Grenzwert für Landungen bei Seitenwind festzulegen.

Empfehlung Nr.: 04/2009

Die EASA sollte die Ausführungsanweisungen zu den Bauvorschriften CS 25.233 (*Directional stability and control*) und CS 25.237 (*Wind velocities*) überarbeiten und den Begriff *maximum crosswind demonstrated for landing* definieren und erläutern. Es sollte sichergestellt werden, dass dieser Wert den Charakter einer „Information“ hat und in allen betrieblichen Anweisungen für das Flugzeug einheitlich beschrieben werden.

Es sollte darauf hingewiesen werden, dass der Betreiber des Flugzeuges einen operativen Grenzwert (limit) für seinen spezifischen Flugbetrieb festlegt.

Die Angabe sollte für alle Flugzeugmuster nur als Einzelwert (mittlerer Wind einschließlich Böen) oder als Doppelwert (mittlerer Wind und Böen) dargestellt werden.

Empfehlung Nr.: 05/2010

Die EASA sollte eine Ergänzung zur Verordnung (EG) Nr. 859/2008 (EU-OPS) initiieren, die für den Betrieb von Zivilflugzeugen zum Zwecke der gewerblichen Beförderung durch Luftfahrtunternehmen bei extremen Wettersituationen spezielle Verfahrensweisen fordert.

Neben Festlegungen und situationsbezogenen Entscheidungshilfen sollten Luftfahrtunternehmen eine Organisationseinheit nachweisen, die bei definierten (extremen) Wettersituationen die Flugzeugbesatzungen sowohl bei der Flugvorbereitung als auch bei der Flugdurchführung unterstützt und gegebenenfalls Entscheidungen trifft, ob ein Zielflughafen angefliegen wird oder ein Flug aus Wettergründen annulliert wird.

Dabei sollte die Entscheidungsbefugnis des verantwortlichen Luftfahrzeugführers unberührt bleiben.

Empfehlung Nr.: 06/2010

Die EASA sollte einen Forschungsauftrag an ein geeignetes Institut (DLR, Universität oder ähnliche Einrichtung) erteilen, um zu klären, welche Messverfahren für die Erfassung von Böen im bodennahen Bereich auf Flughäfen geeignet sind und wie die ermittelten Daten der Böen einschließlich der Richtung als Windinformationen für Piloten aufbereitet und kommuniziert werden sollten. Mit dem Ergebnis sollte ein Verfahren zur Standardisierung und Aufnahme in luftrechtliche Vorschriften eingeleitet werden.

Empfehlung Nr.: 07/2010

Die Internationale Zivilluftfahrt-Organisation (ICAO) sollte zur Gewährleistung einer optimalen Versorgung der Flugzeugbesatzungen im gewerblichen Luftverkehr mit Informationen für die flugmeteorologische Flugvorbereitung die Vorgaben im Annex 3 dahingehend ergänzen, dass das meteorologische Produkt GAMET, ebenso wie AIRMET, im Chapter 9 als Bestandteil für die flugmeteorologische Flugvorbereitung aufgeführt wird.

Braunschweig, 02. März 2010

Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung

Im Auftrag

Johann Reuß

Untersuchungsführer

An der Untersuchung haben folgende Mitarbeiter mitgewirkt:

Fachgruppe Operations / Human Factors: Lothar Müller / Karsten Severin

Fachgruppe Airport / ATC / Meteorologie: Jens Friedemann

Fachgruppe Daten: George Blau

5. Anlagen

- Anlage 1: Auszug aus der Videoaufnahme
- Anlage 2: Gemessene Windwerte Anemometer Piste 15
- Anlage 2: Gemessene Windwerte Anemometer Piste 23 und 33
- Anlage 3: Errechnete Seitenwindkomponenten
- Anlage 4: Übermittelte Windwerte und errechnete Windkomponenten
- Anlage 5: FDR-Daten
- Anlage 6: Flight Manual (Maximum demonstrated crosswind at takeoff and landing)
- Anlage 7: FCOM (Maximum demonstrated crosswind at takeoff and landing)
- Anlage 8: OM/B (Maximum demonstrated crosswind at takeoff and landing)
- Anlage 9: Maximum demonstrated crosswind at takeoff and landing innerhalb der Airbus-Familie
- Anlage 10: Geänderte Beschreibung der Landetechnik bei Seitenwind

Anlage 1



Auszug aus der Videoaufnahme

Quelle: H. Beati

Anlage 2

Zeit	Wind 10min Extremwerte			Wind 2min Mittelwerte		
	Windrichtung zwischen (°)		Windgeschwindigkeit min. (kt)	Windgeschwindigkeit max. (kt)	Windrichtung (°)	Windgeschwindigkeit (kt)
13:31:00	323	268	18	47	296	27
13:31:10	323	268	18	47	295	37
13:31:20	323	268	18	47	294	27
13:31:30	323	268	18	47	292	28
13:31:40	323	268	18	47	293	29
13:31:50	323	268	18	47	294	29
13:32:00	323	268	18	47	295	29
13:32:10	323	268	18	47	294	30
13:32:20	323	268	18	47	25	31
13:32:30	323	268	18	47	295	32
13:32:40	323	268	18	47	296	32
13:32:50	323	268	18	47	297	33
13:33:00	323	268	18	47	298	33
13:33:10	323	268	18	47	299	33
13:33:20	323	268	18	47	299	33
13:33:30	323	268	18	47	300	33
13:33:40	323	268	18	47	299	32
13:33:50	323	268	18	47	300	32
13:34:00	323	268	18	47	299	32
13:34:10	323	268	18	45	300	32
13:34:20	323	268	18	45	300	32
13:34:30	323	268	18	45	300	32
13:34:40	323	268	18	45	299	32
13:34:50	323	268	18	45	299	31
13:35:00	323	268	18	45	298	32

Vom Anemometer im Bereich der Schwellen der Pisten 23 und 33 am 01.03.08 in der Zeit zwischen 13:31:00 Uhr und 13:35:00 Uhr gemessene Windwerte.

Anlage 3

Zeit	Wind 10min Extremwerte				Wind 2min Mittelwerte	
	Windrichtung zwischen (°)		Windgeschwindigkeit min. (kt)	Windgeschwindigkeit max. (kt)	Windrichtung (°)	Windgeschwindigkeit (kt)
13:31:00	338	242	8	38	294	21
13:31:10	338	242	8	38	292	22
13:31:20	338	242	8	38	291	22
13:31:30	338	242	8	38	293	22
13:31:40	338	242	8	38	295	22
13:31:50	338	248	8	38	296	21
13:32:00	338	248	8	38	297	21
13:32:10	338	248	8	38	297	20
13:32:20	338	248	8	38	295	21
13:32:30	338	248	8	38	293	22
13:32:40	338	248	8	38	290	23
13:32:50	338	248	8	43	288	24
13:33:00	338	248	8	43	289	24
13:33:10	338	248	8	43	289	24
13:33:20	338	248	8	43	290	25
13:33:30	338	248	8	43	292	24
13:33:40	338	248	8	43	291	26
13:33:50	338	248	8	43	290	26
13:34:00	338	248	8	43	290	27
13:34:10	338	248	8	43	290	28
13:34:20	338	248	10	43	290	28
13:34:30	338	248	18	43	291	27
13:34:40	338	248	18	43	292	27
13:34:50	338	248	18	43	294	26
13:35:00	338	248	18	43	294	26

Vom Anemometer im Bereich der Schwelle der Piste 15 hat am 01.03.08 in der Zeit zwischen 13:31:00 Uhr und 13:35:00 Uhr gemessene Windwerte.

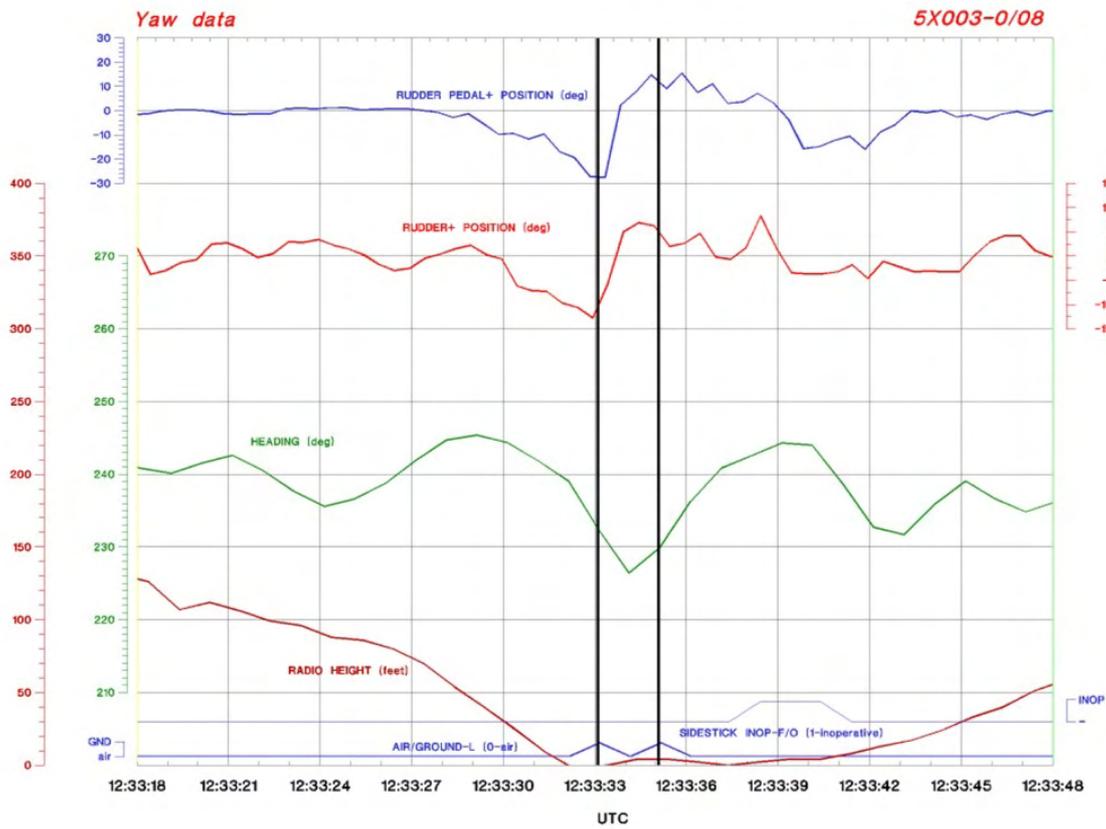
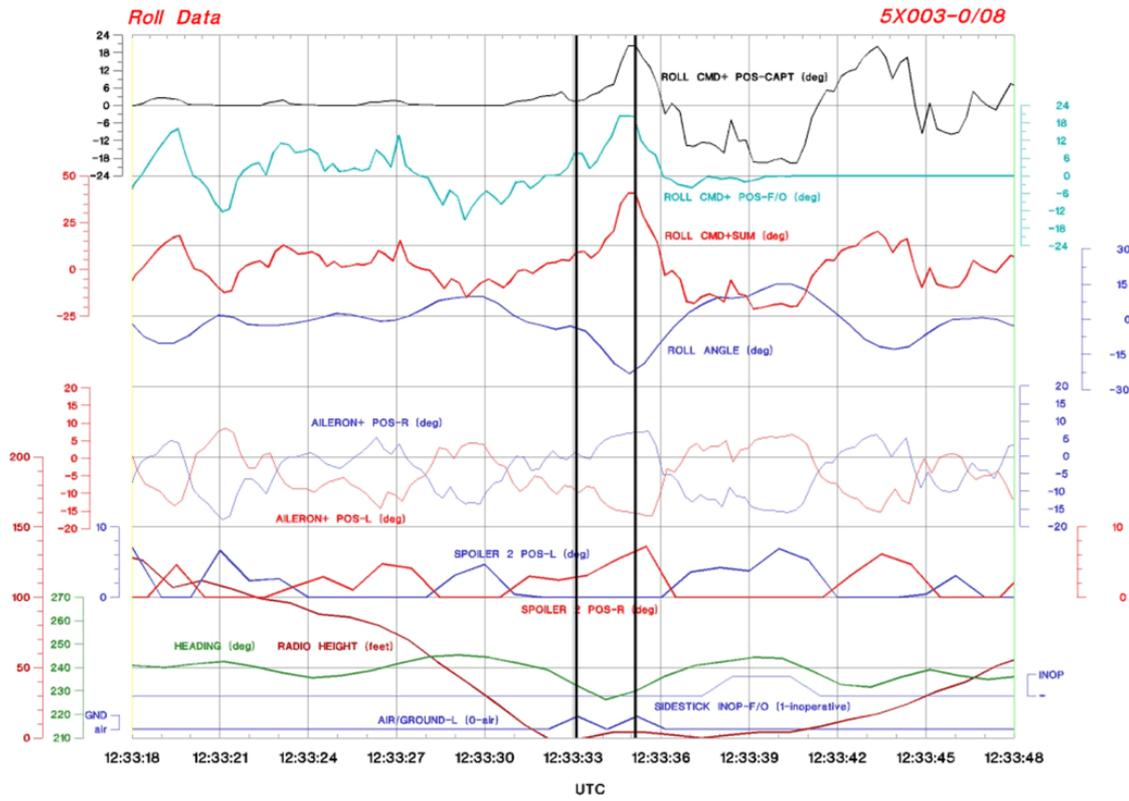
Quelle	Windangabe	Piste	Wind relativ zur Piste	Wind von vorn	Seitenwindkomponente	Böen ¹	Böen ²	Böen ³
ATIS "W"	280/23 Böen bis 37 kt	23	50°	15 kt	18 kt	37 kt	28 kt	32-35 kt
ATIS "W"	280/23 Böen bis 37 kt	33	50°	15 kt	18 kt	37 kt	28 kt	24-19 kt
ATIS "Y" 13:20 Uhr	290/28 Böen bis 48 kt	23	60°	14 kt	24 kt	48 kt	42 kt	45-48 kt
ATIS "Y" 13:20 Uhr	290/28 Böen bis 48 kt	33	40°	21 kt	18 kt	48 kt	31 kt	24-16 kt
Tower 13:30:21 Uhr	300/28 Böen bis 47 kt	23	70°	10 kt	26 kt	47 kt	44 kt	46-47 kt
Tower 13:30:21 Uhr	300/28 Böen bis 47 kt	33	30°	24 kt	14 kt	47 kt	24 kt	16-8 kt
Tower 13:32:01 Uhr	290/29 Böen bis 47 kt	23	60°	15 kt	25 kt	47 kt	41 kt	44-46 kt
Tower 13:32:01 Uhr	290/29 Böen bis 47 kt	33	40°	23 kt	19 kt	47 kt	30 kt	24-16 kt
Tower 13:33:21 Uhr	300/33 Böen bis 47 kt	23	70°	11 kt	31 kt	47 kt	44 kt	46-47 kt
Tower 13:33:21 Uhr	300/33 Böen bis 47 kt	33	30°	29 kt	17 kt	47 kt	24 kt	16-8 kt
Airbus Windmodell		23		13 kt	30 kt	40 kt		
Tower 13:48:29 Uhr	300/33 Böen bis 50 kt	33	30°	29 kt	16 kt	50 kt	25 kt	17-9 kt
Tower 13:49:08 Uhr	290/32 Böen bis 49 kt	33	40°	25 kt	21 kt	49 kt	31 kt	25-17 kt
Tower 13:50:06 Uhr	290/28 Böen bis 49 kt	33	40°	21 kt	18 kt	49 kt	31 kt	25-17 kt
Tower 13:50:29	290/27 Böen bis 49 kt	33	40°	21 kt	17 kt	49 kt	31 kt	25-17 kt

Böen¹: Betrachtung der Böen ohne Richtungsangabe

Böen²: Annahme einer Richtung aus der die Böen auftreten gleich der Richtung des Bodenwindes

Böen³: Annahme einer Richtung der Böen aus der Richtung des Bodenwindes plus 10-20° (nur auf der Nordhalbkugel anwendbar)

Übermittelte Windwerte und errechnete Windkomponenten



Grafische Darstellung relevanter FDR-Daten

Quelle: BFU

 A318/319/320/321 FLIGHT MANUAL	PERFORMANCE GENERAL	5.01.00 P 03	
		01 MAR 08	REF 10

AIRPLANE CONFIGURATION

The performance has been established in the following configuration :

	Slats / Flaps	Engine thrust	Remarks
Takeoff	1 + F 2 3	Takeoff thrust	Ground spoilers armed. <u>Dry runway</u> Acceleration stop distance made using only wheel brakes, brakes supplied by green hydraulic system, antiskid ON and ground spoilers. <u>Wet runway</u> Acceleration stop distance made using only wheel brakes, brakes supplied by green hydraulic system, antiskid ON, ground spoilers and with or without thrust reversers.
En-route	0	Maximum continuous	
Go around	2 3	Go around thrust taking Mach number into account.	
Landing	3 FULL		Landing distances established with brake pedals depressed upon main landing gear touch down, brakes supplied by green hydraulic system, antiskid ON and using ground spoilers.

- AIR CONDITIONING may be ON or OFF
- WING ANTI ICE or ENG ANTI ICE may be ON or OFF

Note : For normal operation, use of thrust reversers is recommended.

R

MAXIMUM DEMONSTRATED CROSSWIND AT TAKEOFF AND LANDING
 At takeoff and landing : 38 kt (gust included)
 This value is not considered limiting.

Maximum demonstrated crosswind for takeoff and landing im FM

Quelle: Airbus

A319/A320/A321 <small>FLIGHT CREW OPERATING MANUAL</small>	OPERATING LIMITATIONS	3.01.20	P 3
	GENERAL LIMITATIONS	SEQ 110	REV 39

AIRPORT OPERATIONS

- Runway slope (mean) ± 2 %
- Runway altitude 8000 feet
- Nominal runway width 45 meters
- Wind for takeoff and landing :
 - Maximum crosswind demonstrated for takeoff . . . 29 knots gusting up to 38 knots*
 - Maximum crosswind demonstrated for landing . . . 33 knots gusting up to 38 knots*
 - Maximum tailwind for takeoff 15 knots
 - Maximum tailwind for landing 10 knots
- * : Maximum crosswind values have been demonstrated with flight controls in normal law, as well as in direct law with and without yaw damper.
- Wind for passenger / cargo door operation :
 - Maximum wind for passenger door operation : 65 knots
 - Maximum wind for cargo door operation : 40 knots (or 50 knots, if the aircraft nose is oriented into the wind, or the cargo door is on the leeward side).

The cargo door must be closed, before the wind speed exceeds 65 knots.

DLH MEN 0062-0162 0200-0208 02E7-0401

Operating Limitations im FCOM A319/A320/A321

Quelle: Airbus

A320
6 MAY 05 OPS 9
OM Part B, QRH
Approved Operating Manual

WIND LIMITATIONS

- **Headwind:**
Maximum for automatic approach, landing and rollout 30 kt
- **Tailwind:**
Maximum for takeoff and landing (dry and wet runway) 10 kt
Maximum for takeoff and landing on contaminated runway. 5 kt
Note: For takeoffs at Frankfurt airport RWY 18 only, a maximum tailwind component of 15 kt is allowed.
- **Crosswind:**
The maximum crosswind (dry and wet) is:
- for takeoff and manual landing 30 kt
*Note: Max. demonstrated crosswind is:
- for stabilized conditions: Takeoff: 29 kt, Landing: 33 kt
- gust (takeoff and landing): 38 kt*
- for automatic approach, landing and rollout. 20 kt
- **Recommended max. crosswind for contaminated runways:**

reported braking action	reported runway friction coefficient	maximum crosswind	equivalent runway condition
good	≥ 0.40	25 kt	dry, damp, wet
good/medium	0.39 - 0.36	20 kt	
medium	0.35 - 0.30	15 kt	slush, dry snow
medium/poor	0.29 - 0.26	10 kt	
poor	≤ 0.25	5 kt	dry snow, wet snow, standing water with risk of hydroplaning

- **Passenger Cabin and Cargo Doors Operation:**
Maximum wind for passenger door opening 65 kt
Maximum wind for cargo door opening 40 kt

Operating Manual Part B, Quick Reference Handbook

Quelle: Luffahrtunternehmen

Aircraft	Flight Manual
A318/319/320/321 Certification: A319/320/321	MAXIMUM DEMONSTRATED CROSSWIND <ul style="list-style-type: none"> • Stabilized conditions Take-off 29 kt Landing 33 kt • gust (T/O and LD) 38 kt
A318/319/320/321 Certification: A318	MAXIMUM DEMONSTRATED CROSSWIND AT TAKEOFF AND LANDING <ul style="list-style-type: none"> • At takeoff: 39 kt(gust included) • At landing: 38,5 kt (gust included) These values are not considered limiting.
A330 Certification: A330	MAXIMUM DEMONSTRATED CROSSWIND AT TAKEOFF AND LANDING <ul style="list-style-type: none"> • stabilized conditions: 32 kt (T/O and LD) • gust: 40 kt (T/O and LD) These values are not considered limiting.
A340 Certification: A340-200/-300	MAXIMUM DEMONSTRATED CROSSWIND AT TAKEOFF AND LANDING <ul style="list-style-type: none"> • stabilized conditions: 27 kt • gust (T/O and LD): 33 kt These values are not considered limiting.
A340 Certification: A340-500/-600	WIND SPEED LIMITS The maximum tail wind component is 10 kt The maximum crosswind component for takeoff is 35 kt (stabilized and gust) MAXIMUM DEMONSTRATED CROSSWIND AT LANDING At Landing: 37 kt (gust included) This value is not considered limiting.

Max. demonstrated crosswind at takeoff and landing innerhalb der Airbus-Familie

Quelle:BFU

FCTM - Normal Operation – Landing – Flare

LATERAL AND DIRECTIONAL CONTROL

FINAL APPROACH

In crosswind conditions, a crabbed-approach wings-level should be flown with the aircraft (cockpit) positioned on the extended runway centerline until the flare.

FLARE

The objectives of the lateral and directional control of the aircraft during the flare are:

- To land on the centerline
- And, to minimize lateral the loads on the main landing gear.

The recommended de-crab technique is to use:

- The rudder to align the aircraft with the runway heading during the flare
- Be prepared.....

and

- The roll control, if needed, to maintain the aircraft on the runway centerline.

Any tendency to drift downwind should be counteracted by an appropriate lateral (roll) input on the sidestick.

In the case of a strong cross wind, the aircraft may be landed with a residual drift (up to about 5°) to prevent an excessive bank.

Depending on crosswind value, this may result in touching down with some bank angle into the wind (hence with the upwind landing gear first).