



Schlussbericht der Eidgenössischen Flugunfall-Untersuchungskommission

über den Unfall

des Swissair-Flugzeuges SE-210 Caravelle III HB-ICV

am 4. September 1963

bei Dürrenäsch AG

Sitzung der Kommission

10. März 1965

S C H L U S S B E R I C H T

der Eidgenössischen Flugunfall-Untersuchungskommission
über den
Absturz des Swissair-Flugzeuges SE-210 Caravelle III HB-ICV
am 4. September 1963
bei Dürrenäsch AG

Vorbemerkungen:

Dieser Bericht entspricht in allen Teilen gemeinsamer Auffassung der Kommissionsmitglieder und der beiden Experten, die an der Beratung mitwirkten. Auch der Untersuchungsleiter, dessen Bericht von der Kommission in den wesentlichen Punkten als vollständig und schlüssig beurteilt wird, teilt diese Auffassung.

Nach ausdrücklicher Vorschrift hat sich dieser Bericht jeder rechtlichen Würdigung der festgestellten Sachverhalte zu enthalten; der Bericht nimmt daher Stellung weder zur Frage, ob einen der Beteiligten ein Verschulden treffe, noch zur Frage, ob einschlägige Rechtsnormen verletzt worden seien.

Die Empfehlungen der Kommission zur Verbesserung der Flugsicherheit, die sich aus der Auswertung der Untersuchungsergebnisse ergeben, sind in diesem Bericht nicht enthalten.

Alle Zeitangaben dieses Berichtes beziehen sich auf GMT und liegen eine Stunde vor der Lokalzeit MEZ (GMT 0600 = MEZ 0700). Alle Temperaturen sind in °C angegeben.

Inhaltsverzeichnis

- 0 . Z U S A M M E N F A S S U N G
- 1 . U N T E R S U C H U N G
 - 1.1. V O R U N T E R S U C H U N G
 - 1.2. K O M M I S S I O N S V E R F A H R E N
- 2 . E L E M E N T E
 - 2.1. B E T E I L I G T E
 - 2.1.1. B e s a t z u n g
 - 2.1.1.1. K o m m a n d a n t
 - 2.1.1.2. C o p i l o t
 - 2.1.1.3. K a b i n e n b e s a t z u n g
 - 2.1.2. F l u g g ä s t e
 - 2.1.3. B o d e n p e r s o n a l
 - 2.1.3.1. V o m D e p a r t e m e n t I I I d e r S w i s s a i r
 - 2.1.3.2. V o m D e p a r t e m e n t I V d e r S w i s s a i r
 - 2.1.3.3. V o m F l u g h a f e n b e t r i e b
 - 2.1.3.4. V o m E i d g e n ö s s i s c h e n L u f t a m t
 - 2.2. F L U G Z E U G H B - I C V " S C H A F F H A U S E N "
 - 2.2.1. A l l g e m e i n e s
 - 2.2.2. K o n s t r u k t i o n
 - 2.2.2.1. F a h r w e r k
 - 2.2.2.2. R u m p f s t r u k t u r
 - 2.2.2.3. H y d r a u l i k
 - 2.2.2.4. B r e m s e n
 - 2.2.3. L e b e n s l a u f
 - 2.2.3.1. A l l g e m e i n e s
 - 2.2.3.2. R a d N r . 3
 - 2.2.3.3. R a d N r . 4
 - 2.3. G E L Ä N D E

- 2.3.1. Flughafen Zürich-Kloten
- 2.3.2. Absturzstelle
- 2.4. WETTER
- 2.5. VORSCHRIFTEN
 - 2.5.1. Amtliche Vorschriften
 - 2.5.2. Swissair-Vorschriften
 - 2.5.2.1. Flugzeug-Flughandbuch (AFM)
 - 2.5.2.2. Flugbetriebshandbuch (FOM)
 - 2.5.2.3. Streckenhandbuch (RM)
 - 2.5.2.4. Trainings-Handbuch (TRM)
 - 2.5.2.5. Unterhalts-Handbuch (MAI)
 - 2.5.3. Andere Vorschriften
- 2.6. ORGANISATION
 - 2.6.1. Swissair
 - 2.6.2. Flughafen
 - 2.6.3. Eidgenössisches Luftamt
- 3 . F L U G V O R B E R E I T U N G E N U N D U N F A L L F L U G
 - 3.1. DIE BEREITSTELLUNG DES FLUGZEUGS
 - 3.2. DIE BEREITSTELLUNG DER BESATZUNG
 - 3.3. DIE BEREITSTELLUNG ZUM START 34
 - 3.4. FLUG UND ABSTURZ
- 4 . S C H Ä D E N
- 5 . S P A E T E R E F E S T S T E L L U N G E N
 - 5.1. TRÜMMERVERTEILUNG UND AEUSSERER ZUSTAND
 - 5.1.1. Verteilung
 - 5.1.1.1. Trümmer und Spuren auf der Startpiste
 - 5.1.1.2. Trümmer unter dem Flugweg
 - 5.1.1.3. Das Trümmerfeld an der Absturzstelle.
 - 5.1.2. Zustand
 - 5.1.2.0 Vorbemerkung

- 5.1.2.1. Leichteile
 - 5.1.2.2. Fahrwerk
 - 5.1.2.3. Tragflächen
 - 5.1.2.4. Rumpf
 - 5.1.2.5. Leit- und Steuerwerk
 - 5.1.2.6. Versorgungsanlagen
 - 5.1.2.7. Triebwerk
- 5.2. FLUGDATENSCHREIBER
- 5.2.0 Vorbemerkungen
 - 5.2.1. Rollphase
 - 5.2.2. Start
 - 5.2.3. Flug
- 5.3. DAS NEBELVERBLASVERFAHREN (FOG DISPERSAL)
- 5.4. DETAILLIERTE MATERIALUNTERSUCHUNGEN
- 5.4.1. Räder
 - 5.4.2. Reifen
 - 5.4.3. Erdungskabel
 - 5.4.4. Abblaspuren
 - 5.4.5. Bremssystem
- 5.5. MESSUNGEN - BERECHNUNGEN - FUNKTIONELLE VERSUCHE
- 5.5.1. Spannungsmessungen an der Felge
 - 5.5.2. Rollbremsversuche im Prüfstand
 - 5.5.3. Berechnung der Temperaturentwicklung bei gebremstem Rollen
 - 5.5.4. Rollbremsversuche auf der Piste
 - 5.5.5. Veränderung des Bremsspiels mit steigenden Temperaturen
 - 5.5.6. Felgenerhitzung durch Einpressen von Rillen
 - 5.5.7. Versuche mit Hydraulikschläuchen
 - 5.5.8. Brandversuche

6 . D I S K U S S I O N

6.0. ALLGEMEINES

6.1. UNFALLGESCHEHEN UND UNMITTELBARE URSACHEN

6.1.1. Der Bruch des Rades Nr.4

6.1.1.0. Grundlagen

6.1.1.1. Hypothese: Gewolltes Bremsen

6.1.1.2. Hypothese: Ungewolltes Bremsen

6.1.1.3. Zusammenfassung

6.1.2. Der Feuerausbruch an Bord

6.1.2.0. Grundlagen

6.1.2.1. Hypothese: Brandausbruch zufolge Bruch des Rades Nr.3

6.1.2.2. Hypothese: Brandausbruch als Nachwirkung des Bruches von Rad Nr.4

6.1.3. Der Absturz

6.2. MITTELBARE URSACHEN

6.2.0. Vorbemerkungen

6.2.1. Konstruktion, Materialwahl, Fabrikation

6.2.2. Betriebsvorschriften des Herstellers

6.2.3. Das Nebelverblasverfahren der Swissair

6.2.4. Das Verhalten weitererer Beteiligter

7 . S C H L U S S

0. Z U S A M M E N F A S S U N G

01. Am Mittwoch, den 4. September 1963, stand das Flugzeug SE-210 Caravelle HB-ICV der Swissair gegen 0600 auf dem Flughafen Zürich bereit zum Kursflug SR-306 Zürich-Genf-Rom. Neben der sechsköpfigen Besatzung unter dem Kommando des Flugkapitäns befanden sich 74 Fluggäste an Bord. Der dichte Nebel stellte den Abflug in Frage, und der Kommandant entschloss sich daher, die Verhältnisse auf der Piste 34 selbst zu erkunden. Nachdem er - streckenweise mit erheblicher Triebwerkleistung - die Piste hinunter- und dann über 1800 Meter zurück an die Pistenschwelle 34 gerollt war, startete er um 0613. Der Flug schien zunächst normal zu verlaufen doch bemerkten Bodenzeugen schon in der vierten Flugminute auf der linken Rumpfunterseite eine Feuererscheinung. Nach etwa sechseinhalb Minuten Flugzeit hatte das Flugzeug eine Höhe von gegen 2700 m/M erreicht, darauf begann es abzusinken und dann ziemlich rasch in einen steilen Stechflug und in eine weite Linkskurve überzugehen. Gleichzeitig lösten sich immer mehr Teile vom brennenden Flugzeug, das schliesslich um 0622 am Dorfrand von Dürrenäsch - rund 35 Kilometer vom Flughafen - zerschellte. Kurz vor dem Absturz hatte die Besatzung nach längerer Funkstille noch einen kurzen Notruf ergehen lassen. Nach dem Absturz wurden auf der Startpiste Teile der geborstenen Felge eines der acht Haupträder gefunden.

02. Durch den Absturz wurden alle achtzig Insassen getötet und das Flugzeug zerstört. Am Boden entstanden erhebliche Drittschäden.

03. Der Absturz ist auf die Zerstörung wichtiger Strukturteile durch das an Bord ausgebrochene Feuer zurückzuführen, dieses auf eine allgemeine Überhitzung der Bremsen vor dem Start. Das Rollmanöver vor dem Start, bei welchem der Pilot zeitweise mit erheblicher Triebwerkleistung rollte, wahrscheinlich um im Laufe der Rekognoszierung zugleich die Pistensicht zu verbessern, hat sicher wesentlich zu dieser Überhitzung beigetragen. Ob die zusätzlich notwendigen Wirkungen durch gewolltes oder ungewolltes Bremsen erzeugt wurden, liess sich nicht mehr ermitteln; mitwirkende Störungen oder Defekte im Bremssystem lassen sich nicht ganz ausschliessen, sind aber unwahrscheinlich und durch kein positives Indiz angezeigt.

04. Mit einem hohen Grad von Wahrscheinlichkeit wurde das Triebwerk in der Rollphase auf hohe Drehzahlen gebracht, ohne dass das Flugzeug vorher angehalten worden wäre. Dadurch unterschied sich das vom Bordkommandanten angewandte Verfahren in einem charakteristischen Punkt vom Nebelverblasverfahren, wie es früher in einem Handbuch der Swissair umschrieben und später noch im Umschulungskurs erläutert worden war. Ein sicherer Kausalzusammenhang zwischen diesem letzteren Verfahren und dem Unfall ist daher nicht nachzuweisen. Ein gewisser Einfluss ist aber wahrscheinlich, und noch wahrscheinlicher lässt sich annehmen, dass sich der Kommandant des Unfallflugzeuges auf eine reine Rekognoszierung beschränkt und damit den Unfall vermieden hätte, wenn jede Art der Nebelverblasung durch erhöhte Triebwerkleistung ausdrücklich verboten gewesen wäre. Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass ein solches Verbot insofern objektiv angezeigt gewesen wäre, als auch das bei der Swissair entwickelte Verfahren in Verbindung mit dem stets in Betracht zu ziehenden Notfall eines Startabbruchs nicht harmlos war. Es war aber in jener Zeit für die beteiligten Personen nicht ohne weiteres zu erkennen, dass mit diesem Verfahren die im Flugzeug-Flughandbuch nur allgemein umschriebenen Betriebsgrenzen des Bremssystems überschritten werden könnten und welche konkreten Gefahren daraus entstehen konnten.

05. Dem Eidgenössischen Luftamt wurde das Verfahren von der Swissair nicht vorgelegt, weil man es in guten Treuen nicht für vorlegungspflichtig hielt. In der Organisation der Aufsicht, die (in der beschränkten Perspektive der Unfalluntersuchung) unter den gegebenen Umständen in den Grundzügen nicht als unzumutbar bezeichnet werden kann, lag kein Element, welches das Verfahren auf eine andere Weise automatisch hätte zur Kenntnis des Luftamtes bringen müssen.

In Zürich wurde das Verfahren nicht so oft angewandt, dass es dem hier stationierten Beamten der Betriebsaufsicht bei normaler Aufmerksamkeit als Besonderheit hätte auffallen müssen. Hingegen hätte er anlässlich der Prüfung und Genehmigung anderer Vorschriften mindestens in einem Fall konkrete Veranlassung finden können, sich die Vorschriften, in deren Rahmen das Verfahren beschrieben war, vorlegen zu lassen, um sie im Sinne einer Stichprobe auf ihre Übereinstimmung mit den genehmigten

Basisvorschriften zu prüfen. Ein zwingender Anlass dazu bestand aber nicht, und ein Kausalzusammenhang dieser Unterlassung mit dem Unfall ist nicht nachzuweisen.

1. U N T E R S U C H U N G

1.1 VORUNTERSUCHUNG

1.1.1 Die Voruntersuchung wurde am Unfalltag eröffnet.

1.1.2 Die Voruntersuchung wurde in enger Fühlungnahme mit den zuständigen Behörden des Herstellerstaates geführt. Sie wurde intensiv unterstützt von den Unternehmungen, die an der Abklärung der Unfallursachen interessiert waren. Viele Spezialaufgaben wurden durch Experten bearbeitet.

1.1.3 Die Voruntersuchung wurde mit Zustellung des Untersuchungsberichtes vom 11. August 1964 an den Kommissionspräsidenten abgeschlossen am 20. August 1964.

1.2 KOMMISSIONSVERFAHREN

121. Im Zwischenverfahren wurden verschiedene Aktenergänzungen vorgenommen. Während des Zwischenverfahrens hielt die Kommission sechs vorbereitende Sitzungen ab.

122. Die öffentliche Schlussverhandlung der Kommission fand am 17./18. Februar 1965 in Aarau statt. Es wurden sieben Auskunftspersonen, acht Zeugen und neun Sachverständige einvernommen.

123. Zur Beratung und Beschlussfassung über den Schlussbericht trat die Kommission am 19. und 27. Februar, am 9. und 10. März sowie am 20. April 1965 zusammen. An der Beratung wirkten neben dem Untersuchungsleiter als Sachverständiger ein Dipl. Ing. und ein ehemaliger Flugkapitän und Caravelle-Kommandant mit.

2. E L E M E N T E

2.1 BETEILIGTE

2.1.1 Besatzung

2.1.1.1 Kommandant: † Jahrgang 1926

Führerausweis für Linienpiloten vom 19. September 1955, mit Eintragung für das Unfallmuster und Ausweis für Bordtelefonisten, gültig bis 2. Oktober 1963.

1933-1937 Primarschule in Wichtrach BE, 1937-1942 Sekundarschule in Münsingen BE, 1942-1945 Mechanikerlehre in der eidgenössischen Konstruktionswerkstätte in Thun.

Beginn der Flugschulung im Frühjahr 1946 als Pilotenanwärter der Fliegertruppe. Erwerb des Führerausweises für Privatpiloten auf Grund des Militärpilotenbrevets im Dezember 1949, des Führerausweises für Berufspiloten im März 1948, des Grades eines Flugkapitäns im August 1959.

1946 Mechaniker in der eidgenössischen Konstruktionswerkstätte in Thun, 1947 Flugzeugmechaniker bei der Fa. Aero Union in Grenchen, später Tätigkeit als Fluglehrer in Interlaken und Saanen. 1950 Kontrolleur und Werkpilot bei der Direktion der Militärflugplätze in Thun.

März 1954 Eintritt bei der Swissair als Verkehrspilotenaspirant, Dezember 1954 Copilot, Februar 1959 Bordkommandant auf CV-440 Metropolitan, Januar 1961 Streckenprüfpilot auf CV-440 Europa. November 1962/Februar 1963 Umschulung auf SE-210 Caravelle mit Qualifikation: "Above average. Ruhig, überlegt und bestimmt. Gründlich vorbereitet. Sehr interessiert. Fliegerisch fein, gute Übersicht. Eindeutige Befehlsgebung. Als Copilot speditiv." April 1963 Bordkommandant SE-210.

Gesamte Flugerfahrung bei der Swissair gegen 6100 Stunden, wovon 380:22 Stunden auf dem Unfallmuster, hiervon 246:23 Stunden als Kommandant. Ausserhalb der Swissair rund 1500 Flugstunden.

In den Akten sind aus dem Jahre 1947 eine Notlandung zufolge Motorpanne und eine Nachtlandung ohne Bewilligung verzeichnet. Beides auf Sportflugzeugen, sonst keine besonderen Vorkommnisse.

Während der letzten sechs Monate vor dem Unfall hatte der Kommandant bei der Swissair 309 Stunden absolviert, wovon 57:37 Stunden im Vormonat und 5:36 am 1. September. Vor dem Unfall hatte er zwei dienstfreie Tage.

Die Untersuchung ergab keine Anhaltspunkte für irgendwelche gesundheitlichen Störungen zur Zeit des Unfalls.

2.1.1.2 Copilot: † Jahrgang 1926

Führerausweis für Linienpiloten vom 17. März 1958, mit Eintragung für das Unfallmuster und Ausweis für Bordtelefonisten, gültig bis 11. Oktober 1963.

1933-1939 Primarschule, 1939-1942 Sekundarschule in Rickenbach ZH. 1942-1946 Feinmechanikerlehre in der Metallarbeiterschule Winterthur, 1947-1948 Feinmechaniker und Zeichner-Konstrukteur bei verschiedenen Firmen. 1948 Eintritt bei der Swissair als Bordfunger-Aspirant, 1949-1954 Bordfunger bei der Swissair.

Beginn der Flugschulung im Februar 1954 in einem Pilotenkurs der Swissair. November 1954 Bordfunger-Copilot, Dezember 1957 Kommandant DC-3, November 1958 Kommandant CV-440 Metropolitan. Sommer 1960 Umschulung auf DC-8. November 1962/Februar 1963 Umschulung auf SE-210 Caravelle mit Schlussqualifikation: "Average. Geschäftig, interessiert, pflichtbewusst..."

Gesamte Flugerfahrung als Pilot bei der Swissair etwas über 6000 Stunden, wovon 380:22 Stunden auf dem Unfallmuster.

Während der letzten sechs Monate vor dem Unfall hatte der Copilot 329 Stunden geflogen, wovon 74:30 Stunden im Vormonat. Vor dem Unfall hatte er drei dienstfreie Tage.

Die Untersuchung ergab keine Anhaltspunkte für irgendwelche gesundheitlichen Störungen zur Zeit des Unfalls.

2.1.1.3 Kabinenbesatzung:

- † Jahrgang 1938
- † Jahrgang 1933
- † Jahrgang 1939
- † Jahrgang 1940

2.1.2 Fluggäste

Die Details der 74 Fluggäste sind in Beilage 1 aufgeführt.

2.1.3 Bodenpersonal

2.1.3.1 Vom Departement III der Swissair:

- Jahrgang 1927
- Jahrgang 1927

2.1.3.2 Vom Departement IV der Swissair:

Jahrgang 1924

Jahrgang 1933

Jahrgang 1917

Jahrgang 1937

2.1.3.3 Vom Flughafenbetrieb:

Jahrgang 1928

Jahrgang 1937

2.1.3.4 Vom Eidgenössischen Luftamt:

Jahrgang 1910

2.2 FLUGZEUG HB-ICV "SCHAFFHAUSEN"

2.2.1 Allgemeines

Eigentümer und Halter: Swissair Schweiz. Luftverkehr
A.G., Zürich,

Muster: SE-210 Caravelle III, Werknr.
147, Baujahr 1962, mit zwei
Triebwerkeinheiten Rolls Royce
Avon RA-29-3 Mk,527 von je 5171
kg Standschub auf Meereshöhe.

Konstrukteur und Hersteller: Ste Sud Aviation,
Paris/Toulouse.

Charakteristik: Tiefdecker in
Ganzmetallbauweise mit Strahl-
triebwerk, dessen zwei
Einheiten vor dem Leitwerk
beidseitig am Rumpfheck
angebracht sind. 74
Fluggastsitze.

Verkehrsbewilligung vom 23. Oktober 1962, gültig bis 31.
Dezember 1964.

Höchstzulässiges Fluggewicht 46,000 kg, höchstzulässiges Lan-
degewicht 43,800 kg. Zulässiger Schwerpunktbereich, bezogen
auf die mittlere aerodynamische Flügeltiefe 25-39%.

Fluggewicht beim Start zum Unfallflug 44.635 kg, Schwerpunktlage 29,8%.

2.2.2 Konstruktion

2.2.2.1 Fahrwerk

Das Hauptfahrwerk umfasst zwei Gruppen, die je aus einer vertikalen Säule mit angelenkten Stossdämpfern und Kragarmen sowie je vier daran in Zweiertandem angeordneten Rädern bestehen. In Flugrichtung gesehen liegen die Räder Nr. 1-4 auf der linken die Räder Nr. 5-8 auf der rechten Seite. Zur linken Gruppe gehörig, liegt das Rad Nr.3 hinten aussen, das Rad Nr.4 hinten innen.

Jede Gruppe ist am Hinterholm des Flügelkastens befestigt und wird hydraulisch nach einwärts in ihren Fahrwerkschacht auf der Rumpfunterseite eingefahren. Die Schächte werden nach dem Einfahren durch Tore verkleidet. Der Abschluss ist nicht luftdicht.

Durch die Fahrwerkschächte führen Hydraulikleitungen aus Stahl sowie Brennstoffleitungen aus Leichtmetall, zum Teil durch Stahlbleche gegen die eingefahrenen Räder hin abgeschirmt.

In der Umgebung des Rades Nr.3 befindet sich eine Brennstoffleitung aus Peraluman, die zu einem Tankverbindungshahn führt und in welcher im Normalbetrieb der Brennstoff als Totwasser still steht.

2.2.2.2 Rumpfstruktur

Die beiden Fahrwerkschächte sind durch einen Zentraltunnel voneinander getrennt, der die unter dem Kabinenboden liegenden Teile der Rumpfunterseite miteinander verbindet. Diese gehört zur Druckkabine, die sich nach hinten bis zum Spant 60 erstreckt. Dahinter liegt der HeckEinstieg.

2.2.2.3 Hydraulik

Das hydraulische System besteht aus vier Teilsystemen, die durch Kennfarben unterschieden werden. Hauptsysteme sind blau und grün, Hilfssysteme gelb und rot.

Die ganze Anlage arbeitet mit Mineralöl Aeroshell Fluide 4 Mil 5606 A, das eine Selbstzündtemperatur von 270-280° besitzt.

2.2.2.4 Bremsen

2.2.2.4.1 Räder und Bremsen des Unfallmusters sind eine Konstruktion - in der spezifischen Ausführung als Typ C' bezeichnet - der Fa. Dunlop Rubber Co. Ltd., Coventry, in Lizenz hergestellt durch die Sté d'Exploitation des Materiels HISPANO-SUIZA, Bois-Colombes (Seine). Die Konstruktion wird in gleicher oder ähnlicher Ausführung auf einer grösseren Anzahl von anderen zivilen und von militärischen Flugzeugmustern verwendet.

2.2.2.4.2 Das Rad besteht aus dem Radkörper, dem Pneu und der Bremsvorrichtung:

- Der Radkörper umfasst die Nabe, die Felge und zehn Speichen. Die Felge weist auf einer Seite ein festes, auf der andern Seite ein aufschiebbares Felgenhorn auf. Als Werkstoff wird die Magnesiumlegierung Z5Z verwendet, eine hochfeste Mehrzwecklegierung mit nutzbaren Eigenschaften bis auf etwa 150°C.
- Der schlauchlose Pneu wird durch die Felgenhörner fixiert und durch den Innendruck an diese angepresst. Im Normalzustand beträgt der Druck in den hinteren Rädern 9.7 atü, in den vorderen Rädern 6,5 atü. Zur Füllung wird normalerweise Stickstoff verwendet.
- Die Bremsvorrichtung eines jeden Rades besteht aus zwei inneren und zwei äusseren Bremsscheiben (aus Kupfer mit Hartchrombelag), die mit dem Rad rotieren, aus nichtrotierendem Bremsgehäuse mit Druckplatten, Bremszylindern, Bremsbacken und Bremsbelägen, aus einem Blockierschutz (Maxaret) sowie aus dem hydraulischen System.

2.2.2.4.3 Das Drucköl wird den Bremsen aus dem hydraulischen System vom Flugzeugrumpf her über die Fahrwerksäule zugeführt. Die Einführung in den Radkörper eines jeden Rades erfolgt über drei flexible Leitungen, die zwischen den Räderpaaren frei und unverschalt im Luftstrom liegen.

2.2.2.4.4 Die Bremswirkung wird dadurch erzeugt, dass die festen Bremsbeläge seitlich an die rotierenden Bremsscheiben angepresst werden. Sie wird durch den Piloten normal ausgelöst

durch Drücken auf die Bremspedale, die mit den Seitenruderpedalen verbunden sind. In jeder Fahrwerkgruppe wird der Druck sowohl vom grünen Haupt- als vom roten Hilfssystem je über ein Steuerventil in die Bremszylinder eingeführt. Fällt das grüne Hauptsystem aus irgendeinem Grunde aus, so tritt automatisch das rote System an seine Stelle. Der Bremsdruck beider Systeme wird im Flugdeck durch je zwei Manometer für die linke und die rechte Fahrwerkgruppe angezeigt; die vier Manometer befinden sich rechts hinten über dem Sitz des Copiloten.

2.2.2.4.5 Auf dem Standplatz werden die Bremsen durch Betätigung eines Parkbremshebels über das rote Hilfssystem angepresst. Der Hebel - zugleich als Notbremshebel vorgesehen - befindet sich rechts am Steuerblock, der vor den beiden Pilotensitzen liegt. Er wird durch Einrasten in ein Zahnsegment betätigt, aus der vordersten Position 0 bis zur hintersten Position 9. In der Position 1 wird noch kein Bremsdruck erzeugt, sondern nur das rote System vorgewählt; erst in der Position 3 entsteht ein Bremsdruck von etwa 100-150 psi, der sich in den höheren Positionen stetig steigert. Der Raum beim Parkbremshebel wird in der Betriebspraxis von der Besatzung für das vorübergehende Ablegen der Kontrollliste benützt, wenn eine Kontrolle aus irgendeinem Grunde unterbrochen werden muss.

2.2.2.4.6 Besondere Vorrichtungen, durch welche die Besatzung die Temperaturentwicklung im Fahrwerk oder temperaturbedingte Pneudruckerhöhungen überwachen könnte, oder durch welche ein Abblasen bei überhitzten Felgen bewirkt würde, waren zur Zeit des Unfalls noch nicht vorhanden. Das Herstellerwerk arbeitete an einem System von Schmelzsicherungen, doch war dieses zur Zeit des Unfalls für den Radtyp C' noch nicht einbaureif. Andere Radtypen, die auf neueren Ausführungen der "Caravelle" verwendet werden, waren bereits mit solchen Sicherungen versehen.

2.2.2.4.7 Je zwischen den hinteren Räderpaaren der Hauptfahrwerkgruppen befindet sich ein Erdungskabel, das am Bremsträger an einem Halter befestigt ist und hinter den Rädern auf der Erde schleift.

2.2.3 Lebenslauf

2.2.3.1 Allgemeines

Das Unfallflugzeug wurde durch die Swissair am 19. Oktober 1962 vom Herstellerwerk übernommen und kurz darauf in Dienst gestellt.

Vor dem Start zum Unfallflug wies die Zelle 2282:50, die rechte Triebwerkeinheit 6536 und die linke Triebwerkeinheit 2875 Betriebsstunden auf. Die letzte 250-Stunden-Kontrolle (T-Check) war vor 35:25 Betriebsstunden am 30. August 1963 ausgeführt worden.

Die Eintragungen in den einschlägigen Büchern zeigen, dass die vorgeschriebenen Wartungs- und Unterhaltsarbeiten zu den vorgeschriebenen Terminen ausgeführt wurden. Grössere Störungen und Mängel waren nie aufgetreten; das Flugzeug war nie beschädigt worden.

2.2.3.2 Rad Nr.3

Das Rad Nr.3 trug die SAS-Nummer 210-326-219. Es war im Jahre 1960 entsprechend dem Typ C bei der Fa. Hispano-Suiza in Bois-Colombes bearbeitet worden aus einem Rohling, der von der Fa. Le Magnesium Industriel in Paris gegossen worden war. Die Kontrollpapiere weisen Materialkonformität sowie vorschriftsgemässe und zeichnungskonforme Herstellung aus. Das Abnahmeverfahren zeigte keine Besonderheiten.

Das Rad flog seit dem Sommer 1960 unter mehr als dreissigmaligem Wechsel auf Flugzeugen des SAS und der Swissair. Auf das Unfallflugzeug wurde es am 27. August 1963 eingebaut. Bis zum Unfall wies es rund 3300 Betriebsstunden und schätzungsweise 2800 Landungen auf.

Das Rad war im Frühjahr 1961 durch den Einbau stärkerer Bremscheiben auf den Typ C' umgebaut worden. Der Umbau stand im Zusammenhang mit der Erhöhung des zulässigen Abfluggewichtes der "Caravelle" und erfasste alle auf dem Muster verwendeten Räder. Er bestand im Wesentlichen aus dem Einbau dickerer Bremsscheiben.

Den vorhandenen Aufzeichnungen lassen sich keine Anhaltspunkte dafür entnehmen, dass das Rad vor dem Unfallflug irgendwelche im ordentlichen Unterhalt erkennbaren Mängel oder Defekte aufgewiesen hätte. Die letzte Sichtkontrolle anlässlich eines

Ausbaus wurde am 26. August 1963 ausgeführt; am folgenden Tag wurde das Rad in das Unfallflugzeug eingebaut.

Am Unfalltag war das Rad mit einem Pneu der Marke Kléber-Colombes ausgerüstet. Daten über die Vorgeschichte konnten nicht ermittelt werden, da darüber keine Aufzeichnungen geführt wurden.

2.2.3.3 Rad Nr. 4

Das Rad Nr.4 trug die SAS Nummer 210-326-49. Es war im Jahre 1960 entsprechend dem Typ C bei der Fa. Hispano-Suiza in Bois-Colombes bearbeitet worden aus einem Rohling, der von der Fa.Le Magnesium Industriel in Paris gegossen worden war. Die Kontrollpapiere weisen Materialkonformität sowie vorschriftsgemäße und zeichnungskonforme Herstellung aus. Die anlässlich der Eingangskontrolle bei der Fa.Hispano vorgenommene Prüfung eines gleichzeitig gegossenen Probestabes führte dazu, dass dieser bei einem Einschluss brach. Der Versuch wurde nach den anwendbaren Normen wiederholt. Die eigentliche Abnahme erfolgte - zusammen mit acht anderen Stücken derselben Schmelze - durch das Bureau Veritas. Dabei wurden Röntgenbilder erstellt und eines der Stücke zur Entnahme von Proben aufgeschnitten. Nachdem sich durchwegs befriedigende Ergebnisse zeigten, wurde die Abnahme durch das Bureau Veritas mit "dérogation mineure" ausgesprochen. Der Lebenslauf der sieben weiteren Räder weist keine Besonderheiten auf.

Nachdem das Rad Ende März 1960 erstmals in eine "Caravelle" eingebaut worden war, flog es unter vierzigmaligem Wechsel auf Flugzeugen der Air France, des SAS und der Swissair. In das Unfallflugzeug wurde es am 27. August 1963 eingebaut. Bis zum Unfall wies es rund 3400 Betriebsstunden und schätzungsweise 2900 Landungen auf (von den zur Zeit des Unfalls bei der Swissair verwendeten gleichen Caravelle-Rädern wiesen mehr als 70 eine höhere Betriebsstundenzahl auf).

Das Rad, seinerzeit als Typ C hergestellt, wurde Ende März 1961 auf den Typ C' umgebaut.

Den vorhandenen Aufzeichnungen lassen sich keine Anhaltspunkte dafür entnehmen, dass das Rad vor dem Unfallflug irgendwelche im ordentlichen Unterhalt erkennbaren Mängel oder Defekte aufgewiesen hätte. Die letzte Sicherheitskontrolle anlässlich

eines Ausbaus wurde am 26. August 1963 durchgeführt, und am nächsten Tag wurde das Rad in das Unfallflugzeug eingebaut. Am Unfalltag war das Rad mit einem Pneu der Marke Kléber-Colombes ausgerüstet. Daten über die Vorgeschichte konnten nicht ermittelt werden, da darüber keine Aufzeichnungen geführt wurden.

2.3 GELÄNDE

2.3.1 Flughafen Zürich-Kloten

Das Unfallgeschehen nahm seinen Anfang auf dem Flughafen Kloten. Das Flugzeug hatte seinen Standplatz vor dem rechten, nördlichen Flügel des Aufnahmegebäudes. Der Kopf der Piste 34, die eine Länge von 3700 Metern aufweist, ist mit dem Flugsteig durch den Rollweg 5 verbunden, der von der Südwestecke des Flugsteiges nach Süden führt. Von der gleichen Ecke aus führt der Rollweg 4 in westsüdwestlicher Richtung gegen die Piste 34, die er dann in einer Entfernung von 400 Metern vom Pistenkopf quert. In einer Entfernung von 1100 Metern vom Pistenkopf befindet sich die Kreuzung mit dem Rollweg 3 und der Bisenpiste (Konkordiaplatz), in einer solchen von 1300 Metern die Einmündung des Rollweges 7.

Die Rollstrecke vom Standplatz des Unfallflugzeugs über den Rollweg 4 auf die Piste 34 beträgt rund 1000 Meter, mit einer Höhendifferenz von -4,7 Metern.

Beim Start in Richtung 34 können unter anderem das Funkfeuer OZ und das Funkfeuer Rhein verwendet werden, die eine Entfernung von 5.5 und 11 km vom Pistenende aufweisen.

2.3.2 Absturzstelle

Die Absturzstelle liegt am Nordrand des Dorfes Dürrenäsch (AG), in unmittelbarer Nähe der ersten Häuser, 300 Meter vom Dorfzentrum, hart an der Strasse Dürrenäsch-Hallwil, rund dreieinhalb Kilometer vom Nordende des Hallwilersees.

Koordinaten 654.450/241.780, 559 m/M.

2.4 WETTER

2.4.1 Am Morgen des Unfalltages war die allgemeine Lage gekennzeichnet durch einen Hochdruckrücken über Mitteleuropa,

der sich von Südwesten her abbaute. Infolge Aufgleitens von Warmluft nahm die hohe Bewölkung zu, und am frühen Morgen bildeten sich ausgedehnte Fallnebel.

2.4.2 Der Flughafen Zürich lag am frühen Morgen des Unfalltages in dichtem Nebel, mit raschem örtlichem Wechsel der Sichtweiten. Der Beobachtungsposten Oberglatt, in 550 Meter Entfernung vom Pistenende 34, mass die folgenden Werte:

	<u>Um 0550:</u>	<u>um 0620:</u>
Pistensicht	60 m	300 m
Vertikalsicht	90 ft	100 ft
Wind	340/04 kt	windstill
Temperatur und Taupunkt	+ 8	+ 9
Luftdruck QNH	1018 mb	1018 mb

Der mobile Wetterbeobachter mass am Pistenkopf 34 die folgenden Pistensichtweiten:§

0500:	510 m	0600:	180 m
0550:	210 m	0632:	210 m

2.4.3 Die allgemeine Nebellage in den Tälern dauerte am Unfalltag von etwa vier bis acht Uhr und erstreckte sich über den Raum Kloten-Schaffhausen-Koblentz-Aaretal-Solothurn-Baldeggersee-Kloten, mit Obergrenze zwischen 550 und 600 m/M. Über dem Nebel lagen 2/8 Stratocumulus auf 3000 m/M und 4-6/8 Cirren auf 7000-8000 m/M.

2.4.4 Für die kritische Zeit wurden weder Turbulenz noch Vereisungsbedingungen gemeldet. Die Lufttemperatur und Feuchtigkeit wurden wie folgt angegeben:

in den Tälern	+ 9	100%
auf 1000 m/M	+ 12	75%
1500	+ 8	80%
2000	+ 4	80%
3000	- 3	90%
4000	- 5	15%
5500	- 16	10%

2.5 VORSCHRIFTEN

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf die Fassung, in welcher die betreffenden Vorschriften am Unfalltag in Kraft standen.

2.5.1 Amtliche Vorschriften

2.5.1.1 Die Prüfordnung für Luftfahrzeuge vom 31. Oktober 1953 enthält die folgenden Bestimmungen:

- Art.2.2: Die Luft- oder Betriebstüchtigkeitsprüfung wird als Erstprüfung (Artikel 7-9) oder als Nachprüfung (Artikel 10) durchgeführt.
- Art.5.2: Die Prüfungen können vereinfacht oder in Form blosser Stichproben vorgenommen werden, wenn die Unternehmungen über eine hierfür Gewähr bietende Betriebsorganisation verfügen.
- Art.9.1: Der Übernahmeprüfung ist ein Luftfahrtgerät unterworfen, das im Ausland gebaut, von einer vom Eidgenössischen Luftamt anerkannten ausländischen Prüfstelle nach bekannten Vorschriften luft- oder betriebstüchtig erklärt wurde und von ausreichenden Betriebsakten begleitet ist.
- .2 Die Übernahmeprüfung erstreckt sich auf die Zulassungsakten, die Betriebsakten, die Bauausführung, den Zustand, die Ausrüstung und die Betriebseigenschaften.
- Art. 14.1: Das Bestehen der Prüfung wird dem Gesuchsteller bescheinigt:
- a. Bei Luftfahrzeugen durch einen Prüfbericht, einen Lufttüchtigkeitsausweis und bei Erstprüfung durch die Genehmigung der Betriebsanleitung;
 - b. ...

2.5.1.2 Die Verfügung des Eidgenössischen Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartements vom 16. November 1962 über die Betriebsregeln für Luftfahrzeuge im gewerbsmässigen Luftverkehr enthält in Art. 1 die folgenden Begriffsbestimmungen:

- Flugbetriebs-Handbuch (FOM):

Zusammenstellung von Unterlagen, aus denen die Organisation und der Ablauf des Flugbetriebes, namentlich die Aufgaben des Flugbetriebspersonals sowie die von diesem anzuwendenden Verfahren hervorgehen.

- Luftfahrzeug-Flughandbuch (AFM):

Zum Lufttüchtigkeitsausweis gehörende Betriebsanleitungen, in denen die Grenzen festgelegt sind, innerhalb derer das Luftfahrzeug als lufttüchtig anzusehen ist, und die Anweisungen und Angaben enthalten, welche die Flugbesatzung für den sicheren Betrieb des Luftfahrzeuges benötigt.

- Luftfahrzeug-Unterhaltshandbuch:

Zusammenstellung von Unterlagen, aus denen die Organisation und der Ablauf des Luftfahrzeug-Unterhaltsbetriebes einer Flugbetriebsunternehmung, namentlich die Aufgaben des Unterhaltspersonals sowie die von diesem anzuwendenden Verfahren hervorgehen.

Ferner enthält die Verfügung die folgenden Bestimmungen:

Art. 4: Zum internen Betriebsreglement, das ... vor der Eröffnung des Betriebes der Genehmigung durch das Eidgenössische Luftamt bedarf, gehören namentlich die Vorschriften über die Organisation und Leitung des Betriebes, den Flugbetrieb und den Luftfahrzeugunterhalt. ...

Art. 5: Luftfahrzeuge sind so einzusetzen, dass die im Lufttüchtigkeitsausweis sowie in dem vom Eidgenössischen Luftamt genehmigten Luftfahrzeug-Flughandbuch und in den zugehörigen Unterlagen enthaltenen Lufttüchtigkeitsbedingungen für die gewerbsmässige Beförderung von

- Personen und Sachen erfüllt sind. ...
- Art. 16.3: Die im Flugbetriebs-Handbuch enthaltenen Vorschriften, Anleitungen und Weisungen sind laufend den jeweiligen Erfordernissen anzupassen. ... Ein Exemplar des Handbuches und der jeweiligen Änderungen sind dem Eidgenössischen Luftamt zuzustellen.
- .4 Das Eidgenössische Luftamt kann Änderungen des Flugbetriebs-Handbuches verfügen, wenn es solche aus Gründen der Betriebssicherheit als notwendig erachtet.
- Art. 79.3: Die im Luftfahrzeug-Unterhaltshandbuch enthaltenen Vorschriften, Anleitungen und Weisungen sind laufend den jeweiligen Erfordernissen anzupassen. ... Ein Exemplar des Unterhaltshandbuches und der zugehörigen Änderungen sind dem Eidgenössischen Luftamt zuzustellen.
- .4: Das Eidgenössische Luftamt kann Änderungen des Unterhaltshandbuches verfügen, wenn es solche aus Gründen der Betriebssicherheit notwendig erachtet.
- Art. 87: Im Flugbetriebs-Handbuch oder in dazugehörigen Unterlagen sind insbesondere folgende Punkte zu regeln:
- a. Pflichten des Flugbetriebspersonals, namentlich ...
 - b. Zusammensetzung der Flugbesatzung ...
 - c. Vorschriften über die Beladung ...
 - d. Verfahren bei Notfällen ...
 - e. Festlegung der Mindestflughöhen ...
 - f. Festlegung der Wettermindestbedingungen für jeden Flugplatz, der ...
 - g. ... usw. ...

- Art. 88: Im Luftfahrzeug-Unterhaltshandbuch oder in dazugehörigen Unterlagen sind insbesondere folgende Punkte zu regeln:
- a. Flugbereitstellungs- und Unterhaltsverfahren ...
 - b. Häufigkeit der Kontrollen und Überholungen.
 - c. ... usw. ...

2.5.1.3 Zwischen Frankreich und der Schweiz steht das Übereinkommen über Lufttüchtigkeitsausweise eingeführter Luftfahrzeuge vom 13. März 1961 seit dem 29. Dezember 1962 in Kraft; darin wird der Einfuhrstaat unter bestimmten Voraussetzungen verpflichtet, im Hinblick auf die Immatrikulation des Luftfahrzeugs in seinem Register den im Herstellerstaat ausgestellten Lufttüchtigkeitsausweis als gültig zu erklären oder auf Grund dieses Ausweises selbst einen neuen Ausweis auszustellen.

2.5.2 Swissair-Vorschriften

2.5.2.1 Flugzeug-Flughandbuch (AFM)

2.5.2.1.1 Grundlage für die internen Vorschriften der Swissair über den Betrieb der "Caravelle"-Flotte ist das vom Herstellerwerk abgegebene und nachgeführte "Manuel de vol de l'avion SE-210", genehmigt von der zuständigen französischen Aufsichtsbehörde, dem Secrétariat général à l'aviation civile et commerciale. Anlässlich der Übernahmeprüfung der ersten "Caravelles" der Swissair - z.B. HB-ICY - war das Handbuch vom Eidgenössischen Luftamt durchgesehen und genehmigt worden. Das Unfallflugzeug HB-ICV wurde übernommen nach einer Vereinfachung des Verfahrens, die Ende 1961 Platz gegriffen hatte, und das Luftamt vergewisserte sich jetzt nur noch darüber, dass das zugehörige Handbuch vorhanden war. Das Lufttüchtigkeitszeugnis vom 23. Oktober 1962 enthält die ausdrückliche Bestimmung, dass das Flugzeug nur im Rahmen des zugehörigen Flughandbuches als lufttüchtig zu betrachten sei.

2.5.2.1.2 Für ihren eigenen Gebrauch erstellte die Swissair (in Verbindung mit dem SAS) Flugzeug-Flughandbücher in englischer Sprache. Diese internen Ausgaben (Aeroplane Flight Manual/AFM)

tragen auf der ersten Seite den Vermerk:

"This Company Edition is not the official Aeroplane Flight Manual approved by the Civil Aviation Authorities as part of the Certificate of Airworthiness."

Im Allgemeinen gehen die Vorschriften der internen Ausgabe weiter ins Einzelne als jene des offiziellen Handbuches; der dort gezogene Rahmen wird aber in den Teilen, welche für die vorliegende Untersuchung wesentlich sind, nirgends überschritten.

2.5.2.1.3 Ein Verfahren zur Nebelverblasung ist im Handbuch nicht enthalten. Präzise Betriebsgrenzen für die Benützung der Bremsen beim Rollen werden nicht angeführt.

2.5.2.1.4 AFM 2.3.1 enthält die folgenden Rollvorschriften:

...

Both engines should be opened smoothly to approximately 5000 to 6000 RPM to initiate aircraft movement. Thereafter, taxiing should be continued with as low a power setting as possible at a constant speed to achieve the greatest possible fuel economy. Whenever possible, avoid engine RPM between 4500 to 5750, in order to increase service life of the compressor blades. Normally, use symmetric power. However, if a constant power of more than 4500 RPM is needed, asymmetric power can be used by advancing one engine to 6000 RPM or more and keeping the other engine below 4500 RPM ...

2.5.2.1.5 AFM 3.7.3, Blatt 7, enthält die folgende Vorschrift über die Benützung der Enteiseranlage im Rollen:

If fog or mist reduces the visibility to less than 1000 meters and OAT is below +5°C anti-icing must be used. During these conditions, a minimum RPM of 4500 shall be maintained

...

2.5.2.1.6 AFM 2.4.1 enthält die folgende Vorschrift über das Abbremsen der Räder vor dem Einfahren des Fahrwerks nach dem Start:

Before selecting gear up, the wheels shall be stopped ...

2.5.2.2 Flugbetriebshandbuch (FOM)

2.5.2.2.0 Das Flugbetriebshandbuch der Swissair wurde vom Eidgenössischen Luftamt nach Prüfung genehmigt am 1. März 1960. Spätere Änderungen wurden jeweils separat geprüft und genehmigt.

2.5.2.2.1 Die Einleitung zum Flugbetriebshandbuch enthält die folgenden Stellen:

...

By issuing the "Verfügung über die Betriebsregeln ..." ... the Federal Department of Post and Railways has specified in more detail the Standards and recommended practices of ICAO Annex 6.

The Flight Operations Manual (FOM) as well as the Route Manual (RM) and the respective Aeroplane Flight Manuals (AFM) contain the rules and regulations of the above mentioned "Verfügung" as well as other information affecting the operations of Swissair aircraft.

...

Additional permanent regulations and information are contained in the following Manuals:

Training Manual (TRM)

Communications Manual (COM)

...

Nothing in the manuals, however carefully outlined and precisely adhered to, can replace the exercise of good judgment in case of emergency or when conditions so dictate.

No regulations can be a Substitute for awareness.

2.5.2.2.2 FOM 2.1.1 enthält die folgende Bestimmung:

123. All other Company publications with the exception of those Manual Extracts which are distributed in the Handbooks and Working Copies shall be considered to serve for information, explanation or interpretation purposes only.

130. Instructions and detailed procedures for the technical Operation of the aircraft or pertaining

training matters especially are included in the TRM and respective AFM.

2.5.2.2.3 FOM 2.3.6 enthält die folgende Bestimmung über Wetterminima für Start und Landung:

102. Specific minima are established for each type of aircraft and are stated in the RM ...
103. The specified Company weather minima shall in no case be lower than the following values (ceiling/visual range):

For take-off

SE 210 -/200 Meters or Yards

For straight-in approach

SE 210 200 ft/800 ... 600... Meters or Yards

2.5.2.2.4 FOM 2.4.3 - revidierte Ausgabe Nr. 3 vom 27. Februar 1962, mit Genehmigungsvermerk des Adjunkten für Flugbetrieb des Eidgenössischen Luftamtes - enthält die folgende Bestimmung über das Verfahren mit Strahlflugzeugen vor dem Start;

300. TAXYING

- For detailed instructions ref TRM (use of brakes, nosewheel, lights, etc.)

...

400. CHECK BEFORE TAKE-OFF

- Before take-off, a careful aircraft check according to the Check List shall be performed (for detailed instructions ref AFM and TRM).

...

2.5.2.3 Streckenhandbuch (RM)

Im Streckenhandbuch wird für den Start mit der "Caravelle" vom Flughafen Zürich auf dem betreffenden Flughafenblatt eine Pistensicht von mindestens 200 Metern vorgeschrieben, für die Landung in geradem Anflug eine solche von 800 bzw. 600 Metern. Bis im Dezember 1961 hatte das Startminimum 400 Meter

betragen.

2.5.2.4 Trainings-Handbuch (TRM)

2.5.2.4.0 Für Ausbildungs- und Trainingszwecke führte die Swissair ein Trainings-Handbuch (TRM). Da man der Auffassung war, sich damit vollumfänglich im Rahmen der Bestimmungen des Flugbetriebs- und des Flugzeug-Flughandbuchs zu halten, hielt man es nicht für notwendig, das Handbuch dem Eidgenössischen Luftamt zur Genehmigung oder zur Kenntnisnahme einzureichen. Als ein Abschnitt dieses Handbuches wurden im November 1961 "Flight Training and Flying Procedures SE-210" erstellt. Im Begleitschreiben vom 14. Dezember 1961 wurde den Empfängern erklärt:

"Diese provisorische Ausgabe wird nicht korrigiert oder nachgeführt und gilt in keinem Falle als Weisung. Wo Diskrepanzen zum AFM festgestellt werden, bleibt der Text des AFM verbindlich."

Eine revidierte 2. Ausgabe folgte im November 1962. Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf sie.

2.5.2.4.1 TRM 10,1.5 enthält die folgenden Rollvorschriften:

- ...
- To Start the roll increase RPM slowly to 5500- 6000 RPM (...) and decrease RPM to approximately 4000-4500 as soon as the a/c definitely moves. Taxying RPM depends on surface slope and turns.
- ...
- Maintain a little higher taxi speed (20-30 kts) to save time if braking and r/w conditions permit. ...
- Reduce power at an early stage when slowing down. Use brakes only when necessary.
- ...
- Follow RPM limitations for ground operations whenever possible (accelerate with 6000, taxi on normally with 4000-4500 RPM).
- ...

2.5.2.4.2 Bezüglich Nebelverblasung enthält das Handbuch eine

leere Seite mit folgender Überschrift (zur Vorgeschichte s.52):

10.2.7 Fog dispersal take-off open

2.5.2.5 Unterhalts-Handbuch (MAI)

2.5.2.5.0 Das Unterhalts-Handbuch SE-210 wurde auf Grund der früheren Vereinbarungen über den Unterhalt der "Caravelles" vom SAS erstellt und später von der Swissair übernommen. Es umfasst zwölf Bände. Eine ausdrückliche Genehmigung des Eidgenössischen Luftamtes liegt nicht vor.

2.5.2.5.1 Das Gesamtsystem für den Unterhalt des Unfallmusters beruht auf folgenden Arbeiten (MAI 1-2-1):

A. Betriebskontrollen

- V-Check: Flugbereitschaftskontrolle vor jedem Start
- L-Check: Zwischenkontrollen nach jeder Zwischenlandung
- K-Check: Nachflugkontrolle auf gewissen Endstationen

B. Periodische Kontrollen

- T-Check: 250-Stunden-Kontrolle
- S-Check: 75-Stunden-Kontrolle

C. Überholung

Jedes Flugzeug wird im Laufe von vier Jahren jährlich in je einer von vier Zonen gründlich überholt, wobei die Arbeiten so verteilt werden, dass über die ganze Flotte verteilt jährlich ein repräsentativer Teil aller Strukturen und Systeme erfasst wird.

2.5.2.5.2 Im Rahmen dieses Systems ist insbesondere vor geschrieben:

- dass die Radkörper nach den ersten 800 Landungen nach jedem zweiten Pneuwechsel überholt, magnetisch auf Risse kontrolliert und dass sämtliche Felgen mit Rissen ausser Dienst gesetzt werden (dies in Verschärfung der Vorschriften des Herstellerwerks),
- dass nach jeder Landung die Bremsscheiben und das Bremsspiel kontrolliert werden,

- dass dieselbe Kontrolle, ausgedehnt auf die Abnutzung der Bremsscheibennocken, bei jedem Radwechsel ausgeführt wird,
- dass die Bremsscheiben auszuwechseln sind, wenn Schäden am Chrombelag, Risse, abgenützte Nocken, Rillen von mehr als 0.4 mm Tiefe oder eine Abnutzung von 32.5 auf weniger als 29.9 mm Dicke festgestellt wird.

2.5.3 Andere Vorschriften

Über die Bestimmung der Pistenhöchstsicht auf dem Flughafen Zürich besteht eine Weisung der Flugwetterzentrale vom 20. November 1961, die bezüglich der Piste 16 die folgenden Bestimmungen enthält:

"Kann der Beobachter von der Wetterbeobachtungsstation Oberglatt aus die RVR auf Piste 16 nicht mehr zuverlässig feststellen oder sinkt die RVR unter 800 m oder entstehen zufolge Nebelfeldern ungleiche, veränderliche Verhältnisse, so ersucht der Beobachter in Oberglatt den Dienstmeteorologen um Detachierung eines Beobachters mit Fahrzeug auf Piste 16. ...

Der auf Piste 16 detachierte Beobachter bestimmt QBA RVR halbstündlich um H+20 und H+50. Verändert sich jedoch die RVR innerhalb der ersten halben Stunde deutlich um ca. 100 m, so hat er unverzüglich Zwischenmeldung abzugeben. ..."

2.6 ORGANISATION

2.6.1 Swissair

2.6.1.1 Als das Unfallmuster bei der Swissair eingeführt wurde, waren der Abteilung Flugdienst des Departements III (Operation) unterstellt:

- der Chefpilot der Gesellschaft, ihm unterstellt unter anderem der Chefpilot Europa und ihm zugeteilt in beratender Funktion die Technischen Piloten,
- die Sektion Schule und Training, mit der Dienststelle Flugtraining, der unter anderem die Organisation und Durchführung der Umschulungskurse oblag,
- die Stabsstelle Flugtechnik.

2.6.1.2 Im Rahmen des Departements IV (Technik) obliegt der laufende Unterhalt der Flugzeuge der Abteilung Flugzeug-Unterhalt; der Sektion Flugzeugwartung Zürich bzw. der unterstellten "Wartung Kurzstrecken-Flugzeuge" obliegen in Zürich Wartung und Unterhalt der Caravelle-Flotte.

2.6.2 Flughafen

Auf dem Flughafen Zürich waren bei der Bereitstellung und beim Start des Unfallflugzeuges die folgenden Dienstzweige beteiligt:

- Flughafenverwaltung (Kanton Zürich) bzw. deren Verkehrsdienst, mit dem Begleitwagen für das Rollen des Unfallflugzeuges vom Standplatz auf die Piste,
- Flugwetterdienst (Eidgenossenschaft), mit der Beobachtung und Meldung der Pistensicht,
- Flugsicherung (Radio Schweiz A.G.) mit dem Funkverkehr im Rahmen ihrer Verkehrsleitungsaufgaben.

2.6.3 Eidgenössisches Luftamt

2.6.3.0 Die technische Aufsicht über Flugzeuge und Betrieb der Swissair - wie anderer Flugbetriebsunternehmer - wird von der Unterabteilung Flugbetrieb des Eidgenössischen Luftamtes ausgeübt. Sie beruht - auf der Basis der gegebenen Möglichkeiten - grundsätzlich darauf, dass vor allem das Vorhandensein von geeignetem Personal und Material sowie einer betriebsinternen Kontrollorganisation geprüft wird, während die Gestaltung des Betriebes im Rahmen bestimmter amtlicher Betriebsvorschriften grundsätzlich der Selbstverantwortung des Flugbetriebsunternehmers überlassen wird. Die Basisvorschriften, die im Flugbetriebshandbuch (FOM) und in den Flugzeug-Flughandbüchern (AFM) der einzelnen Muster enthalten sind, sind vorlagepflichtig; zusätzliche interne Detailanweisungen - die bei der Swissair einen erheblichen Umfang erreichen und laufend der Entwicklung angepasst werden - sind grundsätzlich nicht vorlagepflichtig.

2.6.3.1 Ein auf dem Flughafen Zürich stationierter Adjunkt für Flugbetrieb übt als Inspektor die laufende Operationsaufsicht aus. Dazu gehört unter anderem die Prüfung und Genehmigung von Änderungen des Flugbetriebshandbuches (FOM);

sie zielt wie die ursprüngliche Prüfung des Handbuches in seiner Gesamtheit vor allem darauf, ob dieses alles enthalte, was amtlich vorgeschrieben ist und ob der Inhalt mit den staatlichen Rahmenvorschriften übereinstimme - nicht aber auf die möglichen Auswirkungen im Einzelnen. Ob die genehmigten Grundsatzvorschriften eingehalten werden, wird vor allem durch periodische Kontrollen der vorgeschriebenen Aufzeichnungen über Flugplanung und Flugdurchführung geprüft. Im Übrigen beschränkt sich die Aufsicht auf Stichproben.

2.6.3.2 Die Sektion Flugmaterial - die ebenfalls einen Beamten auf dem Flughafen Zürich stationiert hat - führt die Aufsicht über die Lufttüchtigkeit der Flugzeuge, und zwar weniger unmittelbar als im Sinne einer Vorschriften- und Organisationsüberwachung. Die Aufsicht erstreckt sich unter anderem auf die Luftfahrzeug-Flughandbücher (AFM) sowie auf die Ausführung der vom Hersteller erlassenen Änderungsvorschriften. Bis zum November 1961 wurde anlässlich der Übernahmeprüfung auch bei den Verkehrsflugzeugen der Swissair das jeweiligen zugehörige Flughandbuch durchgesehen und genehmigt; später vergewisserte man sich - im Hinblick auf die eingehende Prüfung und Genehmigung durch den Herstellerstaat - nur noch darüber, dass das Flughandbuch vorhanden war.

2.6.3.3 Die Sektion Luftfahrtpersonal führt die Aufsicht über die Schulung, die Weiterbildung und die Tätigkeit des fliegenden Personals. Bezüglich der Schulung und Weiterbildung wird diese Aufsicht - abgesehen von der erstmaligen Prüfung der Voraussetzungen für die Erteilung der vorgeschriebenen Schulbewilligung und abgesehen von gelegentlichen Kursbesuchen - nicht unmittelbar und laufend ausgeübt, sondern besteht aus der Abnahme der für Fluglehrer und Flugschüler vorgeschriebenen Prüfungen und aus der jeweiligen Kontrolle der Voraussetzungen für die periodische Erneuerung der Ausweise.

3. FLUGVORBEREITUNGEN UND UNFALLFLUG

3.1 DIE BEREITSTELLUNG DES FLUGZEUGS

3.1.1 Am Dienstag, den 3. September 1963, wurde das Swissair-Flugzeug SE-210 Caravelle HB-ICV auf folgenden Kursen

eingesetzt (Gesamtflugzeit 6:59 h):

SR 242 Zürich-Wien
SR 241 Wien-Zürich
SR 043 Zürich-Genf
SR 146 Genf-Paris
SR 145 Paris-Zürich
SR 300 Zürich-Rom
SR 307 Rom-Genf
SR 307 Genf-Zürich

Die vorgeschriebenen Kontrollen wurden überall durchgeführt und ergaben keine nennenswerten Unstimmigkeiten.

3.1.2 Nach der Ankunft auf dem Flughafen Zürich wurde das Flugzeug für die Nachtstopkontrolle (K-Check) in den Hangar verbracht. Die Kontrolle wurde unter der Leitung und Mitwirkung des Schichtenführers und seines Stellvertreters ausgeführt und ergab keine besonderen Schwierigkeiten oder Unstimmigkeiten, auch nicht am Fahrwerk und an der hydraulischen Anlage. Die Haupträder Nr. 1, 5 und 6 wurden ausgewechselt. Die Einstellung der Radbremsen und der Zustand der Brems Scheiben wurden normal kontrolliert.

Um 0430 wurde das Flugzeug vom Traktorführer auf den Flugsteig geschleppt. Dabei zeigte sich ebenfalls nichts Auffälliges, namentlich wurden kein übermässiger Kraftbedarf zum Schleppen, keine Tendenz des Flugzeugs zum seitlichen Ausbrechen und keine Leckerscheinungen festgestellt.

3.1.3 Auf dem Flugsteig wurde die Startbereitschaft erstellt, wobei unter anderem auch die Betriebsstoffe aufgefüllt wurden. Dann führte der Mechaniker die Startbereitschaftskontrolle (V-Check) durch. Alles verlief normal.

3.2 DIE BEREITSTELLUNG DER BESATZUNG

3.2.1 Für den Kurs SR-306 Zürich-Genf-Rom waren als Flugbesatzung Flugkapitän und Copilot bestimmt, dazu eine vierköpfige Kabinenbesatzung.

3.2.2 Die Besatzung besammelte sich normal um ca. 0500 auf dem Flughafen und begann mit ihren Vorbereitungen. Die beiden

Piloten liessen sich vom Wetterdienst gemeinsam über die Wetterlage orientieren.

3.2.3 Nachher begaben sich die beiden Piloten noch kurz in das Personalbuffet. Dort trafen sie mit einem Flugkapitän zusammen, der ungefähr um die gleiche Zeit den Kurs SR-140 auf einer CV-440 "Metropolitan" zu übernehmen hatte. Über das Wetter oder über den Flug scheint dabei nicht gesprochen worden zu sein.

3.2.4 Im Anschluss daran liess sich Flugkapitän durch den Wetterdienst nochmals über die neuesten Daten orientieren. Etwa um 0540 befand sich die ganze Besatzung im Flugzeug.

3.2.5 Etwas später bestiegen 74 Fluggäste das Flugzeug.

3.3 DIE BEREITSTELLUNG ZUM START

3.3.1 Um 0552 erkundigt sich der Flugkapitän, dessen Vorbereitungen für den Kurs SR-140 inzwischen ebenfalls vorgeschritten sind, von seinem Flugzeug aus bei der Bodenverkehrsleitung nach der Sicht auf der Piste 16-34 und erhält die Daten 60 bzw. 210 Meter. Daraufhin schaltet sich die Besatzung des Flugzeugs HB-ICV ein, teilt mit, dass sie diese Daten aufgenommen hat, ersucht um einen Begleitwagen zur Führung auf die Piste 34 sowie um weitere Startinformationen. Die Verkehrsleitung meldet Luftdruck 1018 mb, Temperatur und Taupunkt +8°. Um 0600 ergänzt sie diese Angaben mit der neuesten Pistensichtmeldung von 180 Meter für Piste 34. Die Besatzung fragt nach der Sicht auf Piste 16 und erhält die Angabe 60 Meter. Daraufhin erkundigt sich die Besatzung, ob es absolut windstill sei und erhält die Antwort, es herrsche leichter Nordwind. Die Besatzung ersucht um präzise Angaben und erhält die Auskunft 1-2 Knoten. Es folgt die Anfrage:

"Chömer mal uf d'Pischte role, ufs 34 und zdurab und wieder zrugg go luege?"

Der Verkehrsleiter bewilligt dies. Inzwischen ist beim Flugzeug der Begleitwagen erschienen und das Flugzeug rollt an. Unterwegs gibt der Verkehrsleiter der Besatzung auf Anfrage hin den Abstand der Pistenrandfeuer mit 30 Meter bekannt. Um 0604 bewilligt er der Besatzung, hinter dem

Begleitwagen in die Piste 34 einzurollen. Um 0605 meldet die Besatzung:

"Mir rolle mal die halbi Pischte zdürab und nachher chömemer wider zrüg, ..."

Um 0607 meldet sie Standort bei der Kreuzung mit Piste 28, immer noch Richtung 34. Im Anschluss an den Sprechverkehr des Verkehrsleiters mit der Besatzung SR-140 stellt die Besatzung SR-306 der letzteren in Aussicht:

"We mer zrüg chöme, säge-nech wies usgseht, und nachäne chönned er eventuell unmittelbar nachäne starte."

Um 0609 meldet sie:

"Mer stelled also fescht, dass es schwademässige Näbel isch, mit unterschiedliche Bedingige, schtelewiis zimli guet und handcherum wider zimli ticki Bänk, und mir händ au der Iitruck, dass eusen Blaascht öppis gmacht hät bim uferolle." Auf eine Rückfrage des Verkehrsleiters folgt die Antwort: "Ja, jetzt heimer umkehrt, jetzt mälde mer ech wemmer schartbereit sind, vorussichtlich gömmer also."

Um 0611 meldet die Besatzung auf SR-140:

"..., mir benützed also die ganzi Pischte für de Schart, und du häsch e gueti Chance, hinder öis imene Tunel zscharte."

Nach den üblichen weiteren Rückfragen erteilt der Verkehrsleiter um 0612 die Bewilligung zum Start.

3.3.2 Im Laufe des Sprechverkehrs mit der Verkehrsleitung war von dieser (um 0603) vorsorglich auch das Ausflugverfahren nach dem Start auf der Piste 34 bekanntgegeben worden:

"For departure 34 you are cleared to Geneva via Rhine direct Willisau and climb to maintain flight level 150"

D.h. nach Überflug des Funkfeuers OZ weiter zum Funkfeuer Rhein bei Eglisau und von dort aus mit 225° über das Funkfeuer Willisau nach Genf. Mit Steigflug auf die Reiseflughöhe 15000 Fuss (ca. 4500 m/M). Die Steigflugstrecke führte somit über Oberweningen-Wettingen-Mellingen-Seon.

3.3.3 Der Fahrer des Begleitwagens hatte seinen Auftrag zur Führung des Flugzeugs HB-ICV etwa um 0600 erhalten und sich daraufhin sofort zum Flugzeug begeben. Unterwegs wurde er

angewiesen, den Rollweg 5 zu benützen. Durch den dichten Nebel verwirrt, bog er aber zu früh ab, benützte den Rollweg 4 und erreichte mit dem Flugzeug hinter sich die Piste 34 etwa 400 Meter nach der Pistenschwelle. Auf der Piste leitete er das Flugzeug noch in Pistenmitte und Startrichtung. Er hörte das Flugzeug während etwa 30-60 Sekunden in Startrichtung rollen, wobei ihm das Geräusch zwischen einem Start- und einem normalen Rollgeräusch zu liegen schien. Dann begab er sich auf den Flugsteig zurück.

3.3.4 Während des Rollens auf der Piste wurde das Flugzeug wie folgt von Zeugen wahrgenommen:

Um 0500 hatte sich eine Vermessungsequipe in Begleitung eines Beamten des Verkehrsdienstes in das Gebiet westlich von Bisen- und Instrumentenpiste begeben. Etwa 0615 befand sich die Gruppe in dichtem Nebel auf dem Rollweg 3 etwa 200 Meter westlich der Instrumentenpiste, d.h. etwa einen Kilometer von der Pistenschwelle 34 entfernt. Sie hörte nun Triebwerkgeräusche eines Strahlflugzeuges, das sich mit normal scheinender Drehzahl gegen die Pistenschwelle 16 bewegte. Nach einigen Minuten kam das Geräusch wieder in die Nähe. Der Leiter der Equipe erklärte als Zeuge:

"... hörten wir plötzlich das Aufheulen der Motoren wie zu einem Start. ... glaubten, dass das Flugzeug auf uns zukommen werde; die Lehrtochter verliess fluchtartig ihren Standort auf dem Rollweg. ... war es eindeutig in Bewegung. Der Bewegungsablauf konnte verglichen werden mit einem Start. ... Nachdem das Flugzeug die Kreuzung (Bisenpiste / Instrumentenpiste) passierte, nahm der Lärm ab, er war jedoch immer noch grösser als beim Rollen in Richtung 16 ... stärker als bei einem normalen Rollmanöver, Zwei-drei Minuten nach diesem Rollmanöver hörten wir deutlich, dass das Flugzeug nun zum Start ansetzte. Den Start beurteilte ich als normal ..."

Um die gleiche Zeit hatte sich ein Beamter des Wetterdienstes, mit seinem Dienstwagen zur Feststellung der Sichtverhältnisse auf die Instrumentenpiste begeben und befand sich nach 0600 am Rollweg 5, etwa 120 Meter südöstlich der Pistenschwelle 34. Er hörte längere Zeit starkes Triebwerkgeräusch. Als ihm der Lärm am stärksten schien und er deswegen die Fenster seines

Automobils schloss, sah er im Nebel aus der Richtung der Pistenschwelle einen Lichtschein, der ziemlich tief lag, etwa zwei Sekunden dauerte und Fussballgrösse zu haben schien. Das Flugzeug sah er nicht; ein besonderes Geräusch hörte er nicht.

3.3.5 Zur zeitlichen Entwicklung dieser Phase nach den Aufzeichnungen des Flugdatenschreibers s.52.

3.4 FLUG UND ABSTURZ

3.4.1 Um 0612 gab der Verkehrsleiter dem Flugzeug HB-ICV den Start frei. Etwa eine Minute später meldete die Besatzung bereits Standort über der Nebeldecke ("on top"), und auf Anfrage des Verkehrsleiters deren Höhe mit etwa 1600- 1700 Fuss über Meer. Kurz nach 0614 erkundigte sich die Besatzung nach der Bodentemperatur und erhielt diese und den Taupunkt mit +8° angegeben. Nach normalem weiteren Verkehr und einem Stillschweigen von etwa fünf Minuten folgte um 0621 plötzlich die Notmeldung: "Mayday mayday 306 no more ... no more ..."

3.4.2 Inzwischen war das Flugzeug wie folgt von Bodenzeugen wahrgenommen worden:

In der Gegend von Wettingen wurde etwas nach 0615 eine "Caravelle" von einem Piloten während etwa einer halben Minute beobachtet, ohne dass ihm etwas Besonderes aufgefallen wäre. Andere Verkehrsflugzeuge befanden sich um diese Zeit nicht im betreffenden Raume.

Etwas später wurde ein Zeuge, der sich mit seinem minderjährigen Sohn etwa zwei Kilometer östlich Othmarsingen befand, von diesem auf ein Verkehrsflugzeug aufmerksam gemacht, das Rauch ausstiess. Er bemerkte, dass das Flugzeug, das im Übrigen normal zu fliegen schien, auf der linken Seite einen weisslichen Rauchstreifen ausstiess, und wie dann plötzlich aus der Gegend der linken Flügelwurzel längs des Rumpfes eine Flamme austrat, die etwa die gleiche Länge aufwies wie das Flugzeug selbst und in der Folge bestehen blieb. Andere Zeugen bestätigten diese Aussagen.

Nach den Feststellungen der Zeugen setzte das brennende Flugzeug seinen Weg vorerst gradlinig und ohne Absinken fort. Zwischen Seon und Hallwilersee leitete es eine leichte Linkskurve ein und begann rasch an Höhe zu verlieren. Schliesslich

ging es in einen steilen Stechflug über und tauchte in dieser Lage in die Nebeldecke ein, die eine Obergrenze von etwa 600 m/M aufwies.

3.4.3 Um 0621 stürzte das Flugzeug in dichtem Nebel auf das offene Feld am Nordrand des Dorfes Dürrenäsch, wobei es in Tausende von Stücken zerbarst.

3.4.4 Für weitere Feststellungen bezüglich dieser Phase s.52 (Flugdatenschreiber) und 5.1.1.2 (Loslösen von Flugzeugteilen im Flug).

4. SCHÄDEN

4.1 Durch den Aufprall wurden die sechs Besatzungsmitglieder und 74 Fluggäste getötet.

4.2 Das Flugzeug, das mit Ausrüstung einen Wert von rund Fr. 14.500.000.- darstellte, wurde samt dem grössten Teil der Ladung zerstört.

4.3 Am Boden entstanden durch den Absturz und seine Folgen Drittschäden von fast Fr. 100.000.-.

5. SPÄTERE FESTSTELLUNGEN

5.1 TRÜMMERVERTEILUNG UND ÄUSSERER ZUSTAND

5.1.1 Verteilung

5.1.1.1 Trümmer und Spuren auf der Startpiste

5.1.1.1.1 An der Schwelle der Piste 34 wurden nach dem Absturz Bruchstücke des äusseren Felgenreifs von Rad Nr.4, ein Erdungskabel samt Halterung, ein Abblasfleck sowie kleinere Mengen von Hydrauliköl vorgefunden.

5.1.1.1.2 Die Startrollspur des Unfallflugzeuges war bis auf eine Entfernung von rund 1600 Meter von der Pistenschwelle sichtbar. Der genannte Abblasfleck befand sich zwischen den Rollspuren der beiden Räderpaare des linken Hauptwerks. Kurz nach dieser Stelle war die Rollspur mit Hydrauliköl durchsetzt. Auf der linken Spurhälfte wiederholten sich dann die öligen Walkabdrücke in regelmässigen Abständen von rund

140 cm über eine Strecke von rund 60 Metern.

5.1.1.1.3 Längs der Startrollspur wurden in einem Bereich von 1350-1700 Metern nach der Pistenschwelle Pneuteile von Rad Nr. 4 aufgefunden.

5.1.1.2 Trümmer unter dem Flugweg

5.1.1.2.1 Unter dem Flugweg wurde auf einer etwa zwölf Kilometer langen Strecke zwischen Mägenwil (3 ½ km WSW Mellingen) und Dürrenäsch eine grössere Anzahl von Bestandteilen des Unfallflugzeuges aufgefunden, die aus dem linken Fahrwerkschacht, vom Hinterteil der linken Tragfläche, von der Rumpfunterseite hinter der Flügelhinterkante und vom Heck stammten.

5.1.1.2.2 Die Verteilungsdichte dieser Trümmer nahm gegen die Absturzstelle ständig zu. Wichtige Teile der Bremsschirmanlage lagen fünf Kilometer, des statischen Verbandes im Rumpfheck drei Kilometer, der linken Landeklappe zwei Kilometer, der Hecktreppe 1.7 Kilometer vor der Absturzstelle.

5.1.1.3 Das Trümmerfeld an der Absturzstelle

5.1.1.3.1 Das vom Absturz stammende Trümmerfeld bildete ungefähr ein Rechteck von 400 Meter Länge und 230 Meter Breite. Auf etwa einem Drittel der Längsachse befand sich ein Krater von etwa 20 Meter Durchmesser und etwa sechs Meter Tiefe. Vom Mittelpunkt des Kraters führten zwei Gräben von je etwa 20 Meter Länge symmetrisch und diametral gegen Nordost und Südwest; in ihnen wurde vor allem Material von den beiden Flügeln vorgefunden. Irgendwelche Gleit- oder Schürfspuren in der Anflugrichtung fehlten.

5.1.1.3.2 Nach dem Absturz entstand ein intensiver Sekundärbrand, der über etwa 2 ½ Stunden anhielt.

5.1.1.3.3 Im Krater gruben sich einzelne Trümmerstücke bis auf etwa 10 Meter Tiefe unter den gewachsenen Boden ein. Auf dem Kratergrund befanden sich bei der Aufnahme der Bergungsarbeiten einige Tausend Liter eines Gemisches von Brennstoff und Wasser. Um den Krater herum lagen Tausende von grösseren und kleineren Trümmerstücken und Leichenteilen.

5.1.1.3.4 An der Absturzstelle wurde der grösste Teil aller Flugzeugtrümmer geborgen; Überreste der Flugzeuginsassen fanden sich ausschliesslich hier.

5.1.2 Zustand

5.1.2.0 Vorbemerkung

Insgesamt konnten etwa 90% der ganzen Flugzeugstruktur geborgen und den Baugruppen und Systemen zugeordnet werden; der Rest war nicht aufzufinden oder zufolge des Zerstörungsgrades nicht zu identifizieren. Die folgende Darstellung konzentriert sich auf jene positiven und negativen Befunde, welche für die Rekonstruktion des Ablaufs unmittelbar interessant und wesentlich sind.

5.1.2.1 Leichenteile

Sämtliche Flugzeuginsassen wurden durch den Aufprall so verstümmelt, dass nur noch Teile von Leichen geborgen werden konnten. An solchen Teilen und an Effekten konnten keine Spuren vorgefunden werden, die auf Verbrennungen oder Verletzungen vor dem Absturz hätten schliessen lassen.

5.1.2.2 Fahrwerk

5.1.2.2.1 Die linke Hauptfahrwerkgruppe zeigt im Gegensatz zur rechten Spuren eines starken Primärbrandes; solche Spuren zeigen sich auch an den meisten Trümmerteilen aus der Gegend des linken Fahrwerkschachtes.

5.1.2.2.2 Abgesehen von Rad Nr.4 und ausser von Rad Nr.3 konnten von allen Radfelgen wesentliche Teile an der Absturzstelle vorgefunden werden. Der Radkörper von Rad Nr.3 blieb unauffindbar; die Radachse zeigt Spuren eines starken Primärbrandes, die zwei einzig aufgefundenen und nicht unmittelbar zusammengehörigen Stücke des Felgenhorns an der Aussen- seite drei auffällige Rillen. Im Übrigen zeigen die Deformationen der aufgefundenen Radkörper ein Bild, das der Wirkung der Aufprallkräfte beim Absturz entspricht.

5.1.2.2.3 Im Gegensatz zu den übrigen Druckplattenträgern ist derjenige des Rades Nr.3 ausgeglüht und derjenige des Rades Nr.4 durch Brand geschwärzt. Die Druckplatte von Rad Nr.3

wurde nicht aufgefunden, die Druckplatte von Rad Nr.4 zeigt im Gegensatz zu den restlichen Druckplatten Spuren eines starken Brandes, ebenso die Bremsscheiben des Rades Nr.3 im Gegensatz zu den übrigen Bremsscheiben. Die Mitnehmernocken aller Bremsen sind im Allgemeinen nur schwach deformiert, hingegen weisen viele Bremsscheiben - mehr die inneren als die äusseren, aber ohne markanten Unterschied zwischen der linken und der rechten Hauptfahrwerkgruppe - starke Rillen auf. Die Bremsbeläge zeigen allgemein Spuren starker Beanspruchung in überhitztem Zustand. Die übrigen Teile des Bremssystems sind nur mehr unvollständig vorhanden und grösstenteils stark beschädigt. Anhaltspunkte für vorbestandene Mängel zeigen sich nirgends.

5.1.2.2.4 Die Reifen der linken Hauptfahrwerkgruppe sind stark zerrissen, während jene der rechten Gruppe relativ gut erhalten sind.

5.1.2.3 Tragflächen

An der linken Flügelwurzel befinden sich, von der Gegend des Fahrwerkschachtes ausgehend, Spuren eines starken Primärbrandes.

5.1.2.4 Rumpf

Trümmer aus dem hinteren Teil des Rumpfes zeigen Anzeichen eines starken Primärbrandes. 60 Anschnallgurtenschlösser wurden vorgefunden, alle in geschlossenem Zustand.

5.1.2.5 Leit- und Steuerwerk

Seitenflosse und Seitenruder zeigen auf der linken Seite Leichtmetallniederschläge bis über das Höhenleitwerk, d.h. auf eine Vertikalausdehnung von etwa vier Metern. Die Betätigungsspindeln der Landeklappen stehen auf Stellung 5°.

5.1.2.6 Versorgungsanlagen

5.1.2.6.1 Die Hydraulikölbehälter, die am Spant 60 befestigt sind, zeigen Spuren starker Raucheinwirkung vor dem Absturz.

5.1.2.6.2 Von den zwei unter dem Kabinenboden im Rumpheck eingebauten Wasserabscheidern der Klimaanlage zeigt der eine Spuren eines starken Brandes.

5.1.2.6.3 Die unter dem Kabinenboden befindlichen Teile der Enteisungsanlage zeigen im Gegensatz zu den darüber befindlichen Teilen Spuren eines starken Brandes.

5.1.2.7 Triebwerk

Die Deformationen der linken Einheit deuten auf geringe, jene der rechten Einheit auf hohe Drehzahl beim Aufschlag.

5.2 FLUGDATENSCHREIBER

5.2.1 Vorbemerkungen

Auf dem Unfallflugzeug war - wie auf der ganzen "Caravelle"-Flotte der Swissair - ein Flugdatenschreiber Fairchild eingebaut.

Der Schreiber zeichnet Geschwindigkeit, Flughöhe, Kurs und Vertikalbeschleunigung auf. Er ist primär für die Aufzeichnung der Flugdaten konstruiert; Geschwindigkeiten unter 50 km/h werden nicht zuverlässig aufgezeichnet.

Der Schreiber konnte an der Absturzstelle geborgen werden. Zuzfolge einer Bandbeschädigung brechen die Aufzeichnungen ab

- für die Geschwindigkeit um 0620:16
- für die Höhe um 0620:52
- für die Vertikalbeschleunigung von 0614:55 bis 0619:46

Alle Zeiten wurden auf die Bezugszeit berechnet, welche sich aus der Tonbandaufzeichnung der Startfreigabe um 0612:43 ergibt; der Beginn des Startlaufes wurde fünf Sekunden später angenommen.

Der Schreiber stand auf dem Unfallflugzeug schon mehrere Tage im Betrieb; auf dem gleichen Band waren auch die vorausgegangenen Flüge aufgezeichnet. Nachträglich wurden die Aufzeichnungen über vier Roll- und Startmanöver ausgewertet. Abgesehen von den Vertikalbeschleunigungen zeigte die Auswertung keine auffälligen Unterschiede zu den Aufzeichnungen unmittelbar vor dem Unfallflug.

5.2.2 Rollphase

0604 :10 Beginn des Anrollens, Rollen über Rollweg 4 auf
Piste 34

0604 :22 Eindrehen um 90° nach rechts auf Piste 34
 :37 Rollen auf Piste 34

0607 :25? (Funkmeldung: Jetzt simer grad bim 28, geng no
 Richtig 34!)

0608 :13 Beginn der Kehrtkurve nach links
 :46 Ende der Kehrtkurve, kein Halt, Zurückrollen
 auf Piste 34

0611 :55 Beginn der Kehrtkurve nach rechts an der
 Pistenschwelle

0612 :28 Starke momentane Vertikalbeschleunigung (+1.1/-
 0.8)

0612 :43 Ende der Kehrtkurve, Startfreigabe

In der Zeit zwischen 0608:46 und 0611:55 ist kein Aussetzen der kleinen Ausschläge für Vertikalbeschleunigungen und Kursänderungen festzustellen, das in der Regel mit einem Anhalten des Flugzeugs verbunden ist. Die Beschleunigungsausschläge sind für diese Zeit gelegentlich etwas stärker, als bei normalem Rollen zu erwarten wäre.

Aus den genannten Daten ergeben sich die Durchschnittsgeschwindigkeiten unmittelbar wie folgt:

- vom Standplatz auf Piste 34 (1000 m) 10 kt 18.5 km/h
- Rollen auf Piste 34 (1450 m) 13 kt 24.1 km/h
- Zurückrollen auf Piste 34 (1800 m) 18.5 kt 34.3 km/h

5.2.3 Start

0612 :43 Startfreigabe, Beginn des Startlaufs. Kurs konstant bei 340. Geschwindigkeit nimmt kontinuierlich zu auf 138.5 kt In der letzten Phase stärkere Vertikalbeschleunigungen

0613 :25 Abheben

5.2.4 Flug

0613 :25 Beginn des Startsteigflugs Kurs gegen 345. Geschwindigkeit nimmt etwas unregelmässig auf 160 kt zu Höhe nimmt kontinuierlich zu auf 1850

Fuss/M. Vertikalbeschleunigung unmittelbar nach dem Abheben +1.2/-1.8

0613 :45 (Funkmeldung: On top now)
 Kurs bleibt bei 345
 Geschwindigkeit steigt auf 165 kt, dann sinkt gegen 150 kt
 Höhe nimmt kontinuierlich zu auf 3000 Fuss/M (mittlere Steiggeschwindigkeit 1590 Fuss/min)

0615 :45 Kurswechsel auf 220 (über Aussenmarker)
 :55 Geschwindigkeit nimmt - etwas unregelmässig - zu auf 202 kt. Höhe kontinuierlich auf 6500 Fuss/M

0618 :31 Geschwindigkeit fällt zuerst langsam, dann rascher auf 155 kt. Höhe nimmt kontinuierlich zu auf 8600 Fuss/M

0619 :52 Geschwindigkeit steigt wieder gegen 175 kt (Bandriss) Höhe nimmt kontinuierlich zu auf 8780 Fuss/M

0620 :05 Höhe nimmt ab auf 8600 Fuss/M

0620 :43 Vertikalbeschleunigung zeigt Stromumschaltung. Höhe nimmt rascher ab

0620 :50 auf 7900 Fuss/M (Bandriss)

0621 :04 (Notruf: MAYDAY - MAYDAY)
 Beschleunigungsaufzeichnung bricht ab (Stromausfall)

5.3 DAS NEBELVEFBLASVERFAHREN (FOG DISPERSAL)

5.3.1 Im Winter 1960/61 bearbeitete ein Flugkapitän für die Sektion Schule und Training der Swissair das Trainings-Handbuch (TRM) für das Unfallmuster. Dabei beschäftigte er sich auch mit den Verfahren zur Nebelverblasung, die einzelne Swissairpiloten schon vorher individuell angewandt hatten. Sie hatten nach seinen Feststellungen bei Nebellagen das Flugzeug vor dem Start in Gegenrichtung aufgestellt und das Triebwerk während 10-15 Sekunden auf hohe Leistung gebracht; damit erreichten sie im Fall der "Caravelle" die Bildung eines Sichttunnels von etwa 500-800 Metern Länge, 40 Metern Breite

und etwa 10 Metern Höhe. Die minimal zulässige Pistensichtweite für den Start auf der "Caravelle" betrug damals noch 400 Meter. Der Flugkapitän sah den Hauptnachteil des bisher gelegentlich geübten Verfahrens darin, dass die Sicht nur auf einem Teil der Startstrecke verbessert wurde, während der weitere Bereich dann wieder im Nebel lag. Um diesen nicht unbedenklichen Nachteil zu beheben, kam er darauf, mehrere Tunnel hintereinander zu legen; da die Tunnel aber nach einigen Minuten wieder verschwinden, musste zwischen den einzelnen Halten mit erhöhter Geschwindigkeit gerollt werden. Die praktischen Versuche, die dabei angestellt wurden, galten in erster Linie der angestrebten Wirkung. Die Erwärmung der Bremsen wurde dabei nicht ausser Acht gelassen, aber man ging davon aus, dass die Bremsen insgesamt weniger beansprucht würden als durch eine Vollbremsung nach einer Landung und dass daher die für diesen Fall übliche Kontrolle der Felgentemperatur durch Handauflegen auch hier genüge; präzise Messungen und Nachrechnungen wurden nicht vorgenommen. Aufsichtsbehörde und Herstellerwerk wurden nicht begrüsst, da man der Auffassung war, sich ohnehin innerhalb der normalen Betriebsgrenzen zu bewegen; das Rollen mit erhöhter Drehzahl setzte man dem Fall des Rollens mit eingeschalteter Enteisierung, die Verlängerung der Rollstrecke und einige Halte dem Fall von Flughäfen mit kurvenreicher und unübersichtlicher Anrollstrecke gleich. Der Flugkapitän legte den Entwurf zu einer Verfahrensvorschrift, auf welchen er in der Folge gelangte, auch ein weiterer Flugkapitän, dem damaligen Technischen Piloten für SE-210, sowie verschiedenen Fluglehrern vor. Von keiner Seite scheinen irgendwelche Bedenken geäussert worden zu sein.

5.3.2 Als Ergebnis kristallisierte sich der folgende Text heraus:

FOG DISPERSAL TAKE-OFF

If ground fog persists with a runway visibility below the normal take-off minimum of 400 m, fog may be temporarily lifted with the following conditions:

- a) Visibility on the runway at least 100 m
- b) Wind speeds less than 3 kts (no obvious drifting of fog)

- c) Back track on the runway for at least 1000 m close to runway edge for take-off, RPM 6000-6500, brakes smoothly applied to avoid acceleration of aircraft.
- d) Stop twice on the way down (1/2 way + 100 m before take-off point), apply 7000-7500 RPM for 15", reduce power again to 6000 and start taxiing on.
- e) Assistance of ground van inspecting visibility increase is of utmost value,
- f) Start take-off as quick as possible. This fog dispersal procedure will provide a tunnel 40 m wide, 25 feet high, visibility 400-800 m, effective for 2-5 minutes.
- g) Warning: It must be stressed
 - that crosswind will close the tunnel again and
 - that careful use of brakes is necessary to avoid hot brakes on take-off

5.3.3 Dieser Text wurde unter Ziffer 10.2.7 in die "Flight Training and Flying Procedures SE-210" aufgenommen, welche als Teil des Trainings-Handbuches in einer ersten Ausgabe im November 1961 von der Sektion Schule und Training des Departements III an die "Caravelle"-Piloten verteilt wurden, nachdem sie auch dem Chefpiloten der Gesellschaft und dem Chef der Abteilung Flugdienst vorgelegt und erläutert worden waren. Eine Zustellung an das Eidgenössische Luftamt hielt man nicht für notwendig, da man auch diesen Teil nur für eine kondensierte Form der mündlichen Fluglehreranleitungen und als vollständig im Rahmen des Flugbetriebs- und des Flugzeug-Flughanabuchs liegend betrachtete.

5.3.4 Mit zunehmender Betriebserfahrung konnte in der Folge die Mindestpistensichtweite für den Start auf der "Caravelle" von 400 auf 200 Meter herabgesetzt werden; damit erfuhren die starthindernden Nebellagen eine erhebliche Verminderung, und das Verfahren verlor seine praktische Bedeutung als Hilfsmittel zur Hebung der Verkehrsregelmässigkeit. Da man sich aber noch nicht ganz über das weitere Vorgehen in diesem Punkt schlüssig war, wurde in der zweiten Ausgabe vom November 1962 die Ziffer 10.2.7 nur noch mit dem Titel und dem Vermerk

"open" angeführt, die ganze restliche Seite leer gelassen.

5.3.5 In dieser Form stand das Trainingshandbuch in Kraft, als der Umschulungskurs November 1962/Februar 1963 durchgeführt wurde, an welchem auch der beim Unfall beteiligte Kapitän und Copilot als Flugschüler teilnahmen. Anlässlich einer Theoriestunde kam der vortragende Flugkapitän, der als Fluglehrer eingesetzt war, auch auf das Nebelverblasverfahren zu sprechen. Ob er dies von sich aus tat oder auf die Frage eines Flugschülers, war nicht mehr zu ermitteln. Jedenfalls erklärte er das Verfahren. Die Notizen der Teilnehmer zeigen allgemeine Übereinstimmung in folgenden wesentlichen Punkten:

Verfahren: Rollen in Gegenrichtung zum Start mit 6000 t/min 2-3 mal Anhalten für 10-15 sec und Drehzahl auf 7500 t/min erhöhen

Voraussetzungen: Windstille, Sicht über 100 m

Warnung: Bremserhitzung!

Die Notiz des beim Unfall beteiligten Flugkapitäns lautete:

- bei Sicht grösser als 100 m wirksam
- Rollen mit ca. 6000 RPM! Bremsen! intermittend stops (10") mit 7500 RPM
- nur wenn kein Wind.

5.3.6 Zuverlässige Anhaltspunkte dafür, wie oft das Verfahren im Betrieb der Swissair angewandt wurde, stehen nicht zur Verfügung. Eine Meldepflicht nach Anwendung bestand nicht. Für die Geltungsdauer der Mindestsichtweite von 400 Metern, d.h. bis Ende 1961, wird von der Swissair selbst auf Grund der Wetterstatistiken eine Grössenordnung von 30-50 geschätzt. Die Fälle dürften sich weitgehend auf Abflüge am frühen Morgen konzentriert haben. Am 9. März 1961 führte ein Pilot das Verfahren auf dem Flughafen London, der eine verhältnismässig lange Anrollstrecke mit vielen Kurven aufweist, gleich zweimal hintereinander durch, weil ein leichter Wind den erzeugten Tunnel nach dem ersten Mal wieder zugeblasen hatte. Nach Reduktion der Mindestsichtweite für den Start auf 200 Meter dürfte das Verfahren nur noch vereinzelt angewandt worden sein. Defekte und besondere Vorfälle wurden im Zusammenhang mit diesem Verfahren vor dem Unfall nie festgestellt.

5.3.7 Beispiele für ähnliche Verfahren, die bei ausländischen Unternehmungen eingeführt worden wären, konnten nicht ermittelt werden. Die amerikanische Federal Aviation Agency teilte dem Untersuchungsleiter auf Anfrage hin mit:

"Fog dispersal procedures have been evaluated and used to a limited extent in commercial operations in the United States following World War II. However, this method of coping with fog conditions has not been used in this country for many years."

Die amerikanischen United Air Lines, die ebenfalls "Caravelle"- Flugzeuge betreiben, hatten am 10. Januar 1962 ein internes Rundschreiben folgenden Inhalts an ihre Piloten erlassen:

"The ingredients of sub-cooled fog must be ideally balanced within narrow limits to effect dispersal by mechanical means. The attempts to disperse fog by taxiing back and forth have been honest attempts to develop weather improvement. The results, however, have been an occasional perchance lifting but more often resulting in blown tires. In other words, taxiing with excess thrust that must be contained by wheel brakes generates nothing but heat and subsequent blown tires."

5.3.8 Zu Versuchen und Berechnungen s. 552-554.

5.4 DETAILLIERTE MATERIALUNTERSUCHUNGEN

5.4.1 Räder

5.4.1.1 Die Bruchstücke des auf der Startpiste gefundenen Felgenhorns von Rad Nr.4 zeigen ein interkristallines Bruchgefüge, das nur bei Temperaturen über 250° reproduziert werden konnte. Der Primärbruch muss in Bruchteilen einer Sekunde erfolgt sein, ohne sichtbare Verformungen. Irgendwelche Spuren abnormaler Krafteinwirkungen im Reifenbereich wurden nicht vorgefunden. An verschiedenen Bruch- und Oberflächen fanden sich Ablagerungen von verbranntem Hydrauliköl.

5.4.1.2 Die beiden Bruchstücke der Radfelge Nr.3 zeigen dasselbe interkristalline Bruchgefüge.

5.4.1.3 Eingehende mechanisch-technologische und metallographische Untersuchungen an Trümmerteilen von Radkörpern des Unfallflugzeugs und von Vergleichsstücken ergaben keinerlei Anhaltspunkte für Mängel oder Fehler von massgebender Bedeutung. Dasselbe gilt für die Röntgenaufnahmen der Gussrohlinge der Radkörper des Unfallflugzeugs.

5.4.1.4 Warmzugversuche zeigten einen ausgeprägten Abfall der Materialfestigkeit bei Erwärmung über 200°.

5.4.2 Reifen

5.4.2.1 Aus den Bruchstücken der auf der Startpiste gefundenen Reifenteile konnte ein vollständiger Randstreifen und 60% des anschliessenden Laufstreifens des Pneus von Rad Nr.4 zusammengesetzt werden. An der Wange des Randstreifens ist eine deutliche Reibspur mit einzelnen Gummiaufbrüchen und Teilen der Gewebereinlagen zu sehen.

5.4.2.2 Sämtliche Vorgefundenen Reifenteile wurden auf Explosionsmerkmale untersucht. Solche zeigen sich an den Reifen der Räder Nr. 1, 2 und 4. Die Reifenteile des Rades Nr.3 erlauben in diesem Punkt wegen starker Zerstörung keine Aussage mehr. Die Reifenteile der Räder Nr.5-8 (rechte Fahrwerkgruppe) zeigen keine solchen Merkmale.

5.4.2.3 Die an die Felgenhörner anliegenden Reifenwülste wurden auf Schäden durch übermässige Erhitzung untersucht. In ausgesprochener Art zeigten sich solche Schäden beim Rad Nr.4.

5.4.3 Erdungskabel

Am Erdungskabel, das samt seiner Halterung am Pistenkopf 34 aufgefunden worden war, wurde ein schwarzer angeschmolzener Klumpen von einigen Gramm Gewicht festgestellt. Aussehen, Blasenbildung und Verkokung weisen auf hohe thermische Beanspruchung bei Temperaturen von über 300°. Die Masse besteht aus halbwegs verschmortem und verkohltem Kautschuk, der mit einer Dichtungsmasse vermischt ist. Die Herkunft des Klumpenmaterials vom Flugzeug war nicht nachzuweisen.

5.4.4 Abblaspuren

Der Abblasfleck auf der Pistenschwelle setzte sich aus einer

Unzahl schwarzer Partikeln von meist weniger als 0.5 mm Durchmesser zusammen. Die mikroskopische und röntgenoptische Prüfung zeigte eindeutig, dass es sich um Pneugummiteilchen, die erhitzt auf die Piste ausgeschleudert worden waren, handelte. Textilgewebefasern konnten dabei nicht festgestellt werden.

5.4.5 Bremssystem

5.4.5.1 Das zentrale Bremssteuerventil ist im Innern frei von Verunreinigungen und Fremdkörpern, kein beweglicher Teil klemmt, keine Feder ist gebrochen.

5.4.5.2 Die Genauigkeit, mit welcher die Federzylinder zum Bremssteuerventil eingestellt waren, lässt sich nicht mehr prüfen, ein Federbruch nicht mit Sicherheit ausschliessen.

5.4.5.3 Die Bremszylinder des Rades Nr.4 wurden aufgeschnitten, sie zeigen ordnungsgemässen Zustand.

5.4.5.4 Die Stahlleitungen konnten nur teilweise zugeordnet werden. Einige sicher zum Bremssystem gehörige Leitungen wurden auf ihren inneren Zustand untersucht; sie erwiesen sich als nicht korrodiert. Anhaltspunkte für eine Verstopfung aus anderen Gründen bestehen nicht.

5.4.5.5 An den flexiblen Schläuchen konnte, soweit gefunden, in keinem Fall eine Quellung oder Erweichung der Innenseite festgestellt werden.

5.5 MESSUNGEN - BERECHNUNGEN - FUNKTIONELLE VERSUCHE

5.5.1 Spannungsmessungen an der Felge

Zur Beurteilung der Belastbarkeit des Rades wurde die Spannungsverteilung im Übergangsbereich zwischen Radtrommel und Felgenhorn mittels Dehnungsmessstreifen ermittelt und zwar bei Raumtemperatur und ruhender Belastung. Es wurde der Einfluss von Pneudruck, Vertikallast und Seitenlast untersucht. Die Hauptergebnisse sind die folgenden:

- Die Höchstbeanspruchungen treten tatsächlich in der Felgenhorn-Kehle an der Stelle der Bruchfläche des Unfallrades Nr. 4 auf, und zwar durchwegs und

ausgeprägt in der untersten Radpartie lotrecht über der Bodenkontaktfläche.

- Der Haupteinfluss stammt vom Pneudruck: Im Bereich normaler Betriebsdrücke bewirkt eine Drucksteigerung einen relativ weit stärkeren Anstieg der Spannung (z.B. um 43% bei Pneudruckzunahme um 25% von 8 auf 10 atü).
- Der Einfluss der Radlasten nimmt mit steigendem Pneudruck wesentlich zu.
- Die Auswirkung der Vertikallast ist verhältnismässig klein und führt erst in Kombination mit einer Seitenlast zu hohen Beanspruchungen.

5.5.2 Rollbremsversuche im Prüfstand

5.5.2.1 Um abzuklären, bei welchen durch Bremsung erzeugten Temperaturen das feste Felgenhorn vom Radkörper abgesprengt wird, wurde ein Prüfstand des Etablissement Aeronautique de Toulouse verwendet (der grösste seiner Art in Europa). Der Prüfstand besteht aus einem elektromotorisch angetriebenen Schwungrad von drei Meter Durchmesser, an welches ein Flugzeugrad angepresst werden kann. Zufolge beschränkter Antriebsleistung konnten die Versuche entweder nur mit reduzierter Bremsleistung oder in Form einzelner Bremsstösse durchgeführt werden

5.5.2.2 In mehrfach wiederholten Versuchen wurde das Felgenhorn auf eine Weise abgesprengt, die dem Vorgang beim Rad Nr.4 des Unfallflugzeugs auf der Piste weitgehend entsprochen haben dürfte: Die Absprengung erfolgte bei weissglühenden Bremsscheiben über den ganzen Felgenumfang explosionsartig mit scharfem Knall, wobei die Bruchstücke mit hoher Geschwindigkeit wegflogen. Im Augenblick der Sprengung betrug die Temperatur an der Wurzel des Felgenhorns 250-320° bei normalem Rollen. Das Absprengen konnte auch ohne Bodenlast im gleichen Temperaturbereich reproduziert werden. Nach dem Bruch begannen aus durchgeschlagenen Leitungen ausfliessendes Hydrauliköl sowie der freigelegte Reifenwulst zu brennen. Das Bruchgefüge war typisch interkristallin, und der Verlauf der Bruchfläche entsprach derjenigen des Unfallrades Nr.4.

5.5.2.3 Zahlreiche Vorversuche dienten der Messung der Wärmeentwicklung bei simulierten Landungen und bei gebremstem Rollen.

5.5.2.4 Die Versuche zeigten, dass die Räder bei gleichen hydraulischen Bremsdrücken verschieden stark gebremst werden. Die Unterschiede waren umso grösser, je geringer die Bremsdrücke waren.

5.5.3 Berechnung der Temperaturentwicklung bei gebremstem Rollen

5.5.3.1 Aus dem Temperaturverlauf, der bei den Prüfstandversuchen registriert worden war, konnte ermittelt werden, wie rasch bei den verschiedenen Temperaturen die Wärme aus den Bremsscheiben in den Radkörper überging. Damit konnte man die Erhitzung der Bremsscheiben und der Radkörper für verschiedene Hypothesen gebremsten Rollens längs dem Wege errechnen, den das Unfallflugzeug vor dem Start zurückgelegt hatte. Diese Berechnungen wurden von einem Dipl.Ing. vorgenommen.

5.5.3.2 Die Berechnungen ergaben insbesondere,

- dass die Felgentemperatur ihren Höchstwert je nach der Bremsung erst fünf bis fünfzehn Minuten nach dem Bremsvorgang erreicht,
- dass dieser Höchstwert das Mehrfache des Wertes betragen kann, der unmittelbar nach dem Bremsvorgang erreicht ist,
- dass die Felge bei der häufigsten Verteilung der Bremswirkung auf die acht Räder in den drei Minuten eines Nebelverblasverfahrens nach TRM nicht auf 250° aufgeheizt werden kann, wenn nicht bereits vorher die Bremsringe auf etwa 500°, die Felge auf etwa 80° vorgeheizt sind.

5.5.3.3 Die Rechnungsergebnisse für verschiedene, in den Vordergrund der Untersuchungen gerückte Hypothesen gebremsten Rollens sind für die beiden stärkst beanspruchten Räder in der Beilage 9 dargestellt. Dem Diagramm liegen die folgenden Annahmen zu Grunde:

- Anfangstemperatur der Felge + 30°,
- Gewicht der Bremsscheiben entsprechend dem höchstzulässigen Abnutzungsgrad,
- Triebwerkdrehzahlen wie eingezeichnet,
- Gesamttrollstrecke 4250 m (Weg des Unfallflugzeugs),
- Wärmeabgabe an die Umgebung vernachlässigt.

5.5.4 Rollbremsversuche auf der Piste

5.5.4.1 Am 11. November 1963 wurde von der Swissair in Anwesenheit des Untersuchungsleiters ein Rollbremsversuch durchgeführt, bei welchem eine "Caravelle" mit einem Gewicht, das dem Startgewicht des Unfallflugzeugs entsprach, unter minimaler Beanspruchung der Bremsen auf die Piste 34 rollte und dort über 1800 m gegen den Pistenkopf 34 hin ein simuliertes Nebelverblasverfahren mit zweimaligem Anhalten und einer Rolldrehzahl von 6000 t/min durchführte. Sofort anschliessend wurden an den zugänglichen inneren Bremsscheiben mit Kontaktpyrometern Temperaturen gemessen, die in der späteren Auswertung eine mittlere Temperaturerhöhung gegenüber der Anfangstemperatur von 190° zeigten (Minimum 80°, Maximum 235°). Entsprechende Messungen an den Felgen ergaben Werte von 10-20°.

5.5.4.2 Am 12. Januar 1965 demonstrierte die Swissair der Untersuchungskommission einen ähnlichen Versuch, diesmal aber mit drei Zwischenhalten und mit Ausführung der Messungen durch die EMPA. Die Auswertung zeigte für die zugänglichen inneren Bremsscheiben eine mittlere Temperaturerhöhung von 160° auf der linken Seite, von 290° auf der rechten Seite des Hauptfahrwerks, für die zugänglichen äusseren Bremsscheiben entsprechende Werte von 140° und 250°. Die Extremwerte waren 125° und 345°. Entsprechende Messungen an den Felgen ergaben Werte von 30-40°.

Beim gleichen Anlass wurde ein Rollversuch ausgeführt, bei welchem der Parkbremshebel leicht angezogen und dort belassen wurde. Für diese Stellung war vorher ein Bremsdruck von 100/150 psi reguliert worden. Dabei zeigte sich - auf dem leicht ansteigenden Rollweg 6 -, dass nach einer Strecke von gegen 700 m bzw. einer Zeit von rund zwei Minuten der

Bremsdruck am linken Hauptfahrwerk von 100 auf über 200 psi, am rechten Hauptfahrwerk von 150 auf über 250 psi angestiegen war und zur Aufrechterhaltung der Geschwindigkeit von rund 20 km/h die Triebwerkdrehzahl von 6300 bis auf 6700 t/min erhöht werden musste. Eine Wiederholung des Versuches auf horizontaler Rollstrecke zeigte ein grundsätzlich gleiches Bild. Derselbe Versuch zeigte, dass asymmetrische Bremsung ein gewisses Ausmass annehmen kann, ohne dass sie vom Piloten wahrgenommen wird.

5.5.5 Veränderung des Bremsspiels mit steigenden Temperaturen

Die Berechnung der Wärmedehnungen in den Bremsscheiben, Bremsbelägen und Bremsbacken während eines 10 Minuten dauernden gebremsten Rollens mit Endtemperaturen von 800° in den Bremsscheiben zeigte, dass trotz des geringen Bremsspiels von 1.05 mm ein Selbstklemmen der Bremsen unterhalb 700° bei richtiger Einstellung nicht zu erwarten ist.

5.5.6 Felgenerhitzung durch Einpressen von Rillen

In den Bruchstücken des festen Felgenhorns von Rad Nr.3 waren Rillen unbekannter Herkunft vorgefunden worden. Unter der Hypothese, dass sie während des ganzen Startlaufs durch Anpressen eines deformierten Teils - d.h. während 750 Rad-drehungen und 50 Sekunden - bewirkt worden sein könnten, wurden entsprechende Rekonstruktionsversuche auf einer Drehbank mit auf 100° vorgewärmten Felgen ausgeführt. Die Versuche zeigten, dass unter einer solchen Einwirkung eine Temperaturerhöhung bis 150° eintreten kann.

5.5.7 Versuche mit Hydraulikschläuchen

Es wurde versucht festzustellen, ob durch Knickung oder Korrosion verengte Durchlassquerschnitte das Zurückfliessen von Hydrauliköl aus den Bremszylindern in den Vorratsbehälter so stark behindern können, dass ein Restdruck verbleibt und ungewolltes Bremsen die Folge sein kann.

Vergleichsmessungen an einem Flugzeug, in welchem normale und stark verengte Hydraulikschläuche vor die Bremszylinder geschaltet waren, ergaben nur sehr geringe Unterschiede, d.h. auch bei starker Verengung eine Verlängerung der Bremszeit nur um wenige Sekunden.

5.5.8 Brandversuche

Durch einen Modellversuch in einem nachgeahmten Fahrwerk-schacht wurde abzuklären gesucht, ob ein mit einem halben Liter Hydrauliköl übergossener Fahrwerkreifen nach der Entzündung des Öls zu brennen beginnt und wie sich der weitere Verlauf des Brandes gestaltet. Die Versuchsergebnisse lassen darauf schliessen,

- dass sich Hydrauliköl an den Bremsscheiben entzünden kann, wenn diese wärmer als etwa 270° sind,
- dass bei kräftiger Luftzufuhr der Brand den übergossenen Reifen sofort und intensiv ergreift,
- dass bei entsprechender Luftströmung die vom brennenden Reifen erzeugte Wärme genügen kann, um Leitungen mit stillstehendem Brennstoff durchzuschmelzen, während normal durchflossene Leitungen zufolge der Durchflusskühlung auch in der Flammenzone intakt bleiben,
- dass unter der erzeugten Wärme auch der Radkörper zu schmelzen und zu brennen beginnt, was eine weitere kräftige Temperaturerhöhung zur Folge hat.

6. D I S K U S S I O N

6.0 ALLGEMEINES

6.0.1 Im tatsächlichen Unfallgeschehen stechen drei markante Ereignisse hervor, von denen im Sinne einer Arbeitshypothese angenommen werden darf, dass sie in einem inneren Zusammenhang stehen: Der Bruch des Rades Nr.4 unmittelbar vor dem Start, der Ausbruch des Feuers im Steigflug, und der Absturz. Der Versuch, das tatsächliche Geschehen und seine unmittelbaren Ursachen zu rekonstruieren (6.1), kann diese drei Ereignisse als Ausgangspunkte nehmen.

6.0.2 Darüber hinaus stellt sich die Frage nach mittelbaren Ursachen, und zwar vor allem mit Bezug auf Konstruktion, Materialwahl und Fabrikation (6.2.1), auf die Betriebsvorschriften des Herstellers (6.2.2), auf das Nebelverblasverfahren der Swissair (6.2.3) und auf das Verhalten weiterer Beteiligter (6.2.4). Mit den erstgenannten

drei Komplexen verbunden ist die Frage nach Einwirkungen aus der Organisation und Ausübung der amtlichen Aufsicht.

6.1 UNFALLGESCHEHEN UND UNMITTELBARE URSACHEN

6.1.1 Der Bruch des Rades Nr.4

6.1.1.0 Grundlagen

6.1.1.0.1 Die Untersuchungsergebnisse lassen die zuverlässige Feststellung zu, dass in der Kurve zum Eindrehen des Flugzeuges in Startrichtung das Felgenhorn von Rad Nr.4 geborsten ist und in unmittelbarer Folge der Pneu abgeblasen hat.

6.1.1.0.2 Der Zustand der Brems Scheiben und der Mitnehmernocken sowie der Bremsbacken nach dem Unfall lässt den Schluss zu, dass das Bremssystem vor dem Start durch ein leichtes bis mittleres, über längere Zeit andauerndes Bremsen überhitzt worden war, und die angestellten Versuche und Berechnungen zeigen, dass eine solche Überhitzung zu einem Radbruch der festgestellten Art führen kann.

6.1.1.0.3 Das führt unmittelbar auf die Frage, ob der Überhitzung ein gewolltes oder ungewolltes Bremsen zu Grunde lag, und in beiden Fällen auf die Frage nach der Ursache.

6.1.1.0.4 Der Klumpen am Erdungskabel, das auf der Piste aufgefunden wurde, lässt sich hinreichend erklären durch das Aufsammeln von Gummiabriebs- und Fugenmaterial von der Piste, das dann durch brennendes Hydrauliköl aufgeschmolzen wurde.

6.1.1.1 Hypothese: Gewolltes Bremsen

6.1.1.1.1 Hatte der Bordkommandant die Absicht sich auf eine bloße Erkundung der Pistenverhältnisse zu beschränken, oder wollte er eine eigentliche Nebelverblasung durchführen?

- Auf eine bloße Erkundungsabsicht könnte man aus dem Funkverkehr schliessen: Um 0600 gab er nur diese Absicht bekannt, um 0605 sprach er nur vom Weg, auf dem er rollen würde und um 0609 meldete er die Rekognoszierungsergebnisse (freilich verbunden mit einer Andeutung über die Blaswirkung); von weitergehenden Absichten sprach er nie, was doch im Laufe eines längeren Funkverkehrs nahegelegen hätte. Auch die

Nichtanwendung des erläuterten Verfahrens deutet in dieselbe Richtung. Keines dieser Elemente lässt aber einen eindeutigen Schluss zu.

- Auf eine eigentliche Nebelverblasungsabsicht könnte man aus der Wettersituation und aus dem Umstand schliessen, dass ein entsprechendes Verfahren bestand. Auf dieses Verfahren zugeschnitten scheint die um 0600 gestellte Frage nach absoluter Windstille und nach präzisen Windgeschwindigkeitswerten zu sein; schlüssig ist aber auch dieses Indiz nicht, denn die Frage kann auch nur zur Beurteilung der Entwicklungsaussichten gestellt worden sein. 0609 folgte im Rahmen der Rekognoszierungsergebnisse der Hinweis auf die Blaswirkung. Eine solche Wirkung braucht aber nicht primär angestrebt worden zu sein. 0611 war im Verkehr mit dem Flugzeug, das unmittelbar nachher starten würde, die Rede vom Sichttunnel - aber das dürfte sich eher auf die vorauszusehende Wirkung des Startlaufs bezogen haben.

Zusammenfassend: Es ist nicht zu belegen, aber auch nicht auszuschliessen, dass der Bordkommandant von Anfang an die Absicht hatte, die angekündigte Rekognoszierung zu einer eigentlichen Nebelverblasung zu machen.

6.1.1.1.2 Für die objektive Ausführung des Rollens auf der Piste ist zwischen Hin- und Rückweg wie folgt zu unterscheiden:

- Für den Hinweg kann eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 24 km/h ermittelt werden, die für ein Rollen im Nebel normal erscheint. Der Aussage des Begleitwagenfahrers lässt sich entnehmen, dass das Flugzeug mit einer verhältnismässig hohen Drehzahl wegrollte, der Aussage der auf dem Rollweg 3 befindlichen Zeugen, dass die Drehzahl an dieser Stelle wahrscheinlich nicht mehr erhöht war.
- Für den Rückweg zum Startpunkt lässt sich eine Durchschnittsgeschwindigkeit von gegen 35 km/h ermitteln, und den Aussagen der soeben genannten Zeugen ist zu entnehmen, dass das Flugzeug wenigstens an jener Stelle mit

erheblicher Triebwerkleistung rollte. Alle verfügbaren Indizien sprechen aber dagegen, dass das Flugzeug im Sinne des erläuterten Nebelverblasverfahrens wiederholt angehalten hätte. Auf dem Flugdatenschreiber hören die kleinen Ausschläge des Beschleunigungs- und Kursanzeigers nie auf. Eine Rollgeschwindigkeit für die Zwischenstrecken von 50-60 km/h, die sich daraus ergeben müsste, ist unter den gegebenen Sichtverhältnissen und nach den Geschwindigkeitsaufzeichnungen des Flugdatenschreibers unwahrscheinlich, und die Ohrenzeugen auf dem Rollweg 3 hatten nicht den Eindruck einer stillstehenden Lärmquelle.

Zusammenfassend: Das Flugzeug rollte auf dem Hinweg wenigstens zu Beginn mit verhältnismässig hoher Drehzahl; den Rückweg legte es mit zeitweise hohen Drehzahlen und mit grösster Wahrscheinlichkeit ohne Zwischenhalte zurück.

Das lässt nun einen Rückschluss auf eine - allenfalls auch erst unterwegs gefasste - Absicht des Bordkommandanten dahin zu, dass er

- einerseits nicht das im Umschulungskurs erläuterte Nebelverblasverfahren anwenden wollte,
- andererseits aber die aus der Rekognoszierung ohnehin zu erwartende Verbesserung der Pistensichtverhältnisse durch zeitweilige Erhöhung der Triebwerkleistung ohne Anhalten, aber unter Anwendung der Bremsen zu verstärken tendierte.

6.1.1.1.3 Liegt nun der Bruch des Rades Nr. 4 unter dem Einfluss einer Bremsüberhitzung allein während dieser Phase im Bereich des Möglichen oder Wahrscheinlichen? Die Auswertung der verfügbaren Versuchs- und Rechnungsergebnisse zeigt, dass dieses Rad im Streubereich das ungünstigste Rad gewesen und dass die kritische Felgentemperatur in der Wendekurve dann erreicht worden sein kann, wenn das Flugzeug auf dem ganzen Hin- und Rückweg mit Drehzahlen zwischen 6000 und 6500 t/min rollte. Das ist nach den verfügbaren Anhaltspunkten möglich, aber trotz allem nicht sehr wahrscheinlich.

6.1.1.1.4 Das führt auf die Frage, ob die Bremsen nicht schon während des Rollens vom Standplatz auf die Piste wesentlich erhitzt worden seien. Von normalen Bremsvorgängen kann dabei abgesehen werden, denn ihr Einfluss könnte nur unbedeutend

gewesen sein.

Nach der Wettersituation ist es ohne weiteres möglich, wenn auch nicht sehr wahrscheinlich, dass der Bordkommandant schon beim Wegrollen vom Standplatz die Enteisungsanlage eingeschaltet hatte. Das hätte ihn aber nach den massgebenden Vorschriften wohl daran gehindert, die Drehzahl unter 4500 absinken zu lassen, aber unter den gegebenen Verhältnissen nicht dazu gezwungen, über längere Wegstrecken auf beiden Triebwerkeinheiten eine Drehzahl von über 5750 t/min zu halten und entsprechende Beschleunigungen durch Bremsen zu verhindern.

Eher wahrscheinlich ist ein anderer Einfluss: Die Rollgeschwindigkeit kann rascher verändert und feiner gesteuert werden, wenn das Flugzeug bei verhältnismässig hoher Drehzahl an der Bremse gehalten wird, als wenn sie allein über die Drehzahl reguliert wird. Beim Rollen in unübersichtlichen Verhältnissen oder dicht hinter einem Begleitwagen liegt daher die vorübergehende Anwendung dieses Verfahrens nahe; das Flugzeug auf dem ganzen Weg vom Standplatz zur Piste so an der Bremse zu halten, entspricht hingegen keinem normalen Gefühl und Verhalten und ist daher auch im vorliegenden Fall nicht wahrscheinlich. Zeugenaussagen, die für diese Phase auf abnormal hohe Drehzahlen deuten, liegen nicht vor. Am ehesten vorstellbar ist der Fall eines dauernden leichten Schleifens in vermeintlicher Bremsbereitschaft im Nebel, möglicherweise auf das Rad beschränkt, dessen Bremsen am leichtesten ansprachen.

Eine gewisse Vorwärmung der Bremsen auf dem Weg vom Standplatz zur Piste ist wahrscheinlich. Um aber im Übrigen den Bruch bei den bekannten Daten aus den wahrscheinlichen Einflüssen des Rollens auf der Piste erklären zu können, müsste für diese Phase eine durchschnittliche Drehzahl auf beiden Triebwerkeinheiten von 6000 t/min angenommen werden. Das ist nicht ausgeschlossen, aber wenig wahrscheinlich.

6.1.1.1.5 Zusammenfassend lässt sich also folgendes feststellen

- Der Pilot hat auf der Piste mit grösster Wahrscheinlichkeit nicht das im Umschulungskurs erläuterte Nebelverblasverfahren angewandt, sondern die Pistensicht durch zeitweilige Erhöhung der

Triebwerkleistung ohne Anhalten zu verbessern gesucht.

- Die Bremsüberhitzung, die zum Bruch des Rades Nr.4 führte, kann aber allein durch die nachgewiesenen Elemente gewollten Bremsens nicht erklärt werden, sondern sie würde voraussetzen, dass der Bordkommandant die Bremsen auf dem ganzen Weg auf eine Art und Weise betätigt hat, die sich mit normalem Pilotengefühl nicht ohne weiteres vereinbaren lässt. Eine solche Betätigung ist möglich, aber nicht sehr wahrscheinlich.

6.1.1.2 Hypothese; Ungewolltes Bremsen

6.1.1.2.0 In Anbetracht der soeben angedeuteten Situation kann die Möglichkeit ungewollter Bremswirkungen, die auf funktionellen Störungen oder Defekten des Systems beruhen, nicht ausser Acht gelassen werden. Die denkbaren Fälle wurden in einem morphologischen Schema zu erfassen gesucht (in Anlehnung an eine Methode, die in der Voruntersuchung des parallel laufenden Falles HB-ICE entwickelt worden war). Der grösste Teil der darin aufgeführten Fälle kann schon deshalb ausgeschlossen werden, weil sie technisch nicht mit dem Bild des vorliegenden Falles übereinstimmen. Die übrigen Fälle wurden näher untersucht, soweit sie eine gewisse Wahrscheinlichkeit aufzuweisen schienen. Dies betrifft namentlich die folgenden.

6.1.1.2.1 Ungenaue Einstellung des Bremsspiels: Irgendein positiver Anhaltspunkt für ungenaue Einstellung zeigte sich nirgends. Bei richtiger Einstellung ist ein Selbstbremsen unterhalb einer Bremsscheibentemperatur von 700° nicht zu erwarten.

6.1.1.2.2 Ungewollte Wirkung der Parkbremse: Denkbar und im Betrieb aufgetreten ist sowohl der Fall, dass der Parkbremshebel vor dem Abrollen nicht ganz nach vorn geschoben als auch, dass er versehentlich wieder etwas nach hinten gezogen wird. Die Möglichkeit eines solchen Versehens kann nicht ausgeschlossen werden, ist aber für eine erhebliche Zeitdauer wegen des Warnlichtes nicht, wahrscheinlich. Würde dieses nicht funktionieren, so würde sich die Wirkung wahrscheinlich über die Erhöhung des Schubbedarfes bald einmal bemerkbar machen.

6.1.1.2.3 Korrosion von Hydraulikleitungen: Die Untersuchung des zu einem wesentlichen Teil aufgefundenen Trümmersmaterials ergab keine positiven Indizien, und die angestellten Durchflussversuche machen eine ungewollte Bremswirkung korrosionsverengter Leitungen über eine erhebliche Zeit sehr unwahrscheinlich.

6.1.1.2.4 Nabehbruch: Die Untersuchung ergab keine positiven Indizien. Austretendes und in Brand geratendes Lagerfett hätte keine wesentliche Temperaturerhöhung bewirken können.

Zusammenfassend: Störungen oder Defekte im Bremssystem lassen sich als mitwirkende Ursachen nicht ganz ausschliessen, sind aber unwahrscheinlich und durch kein positives Indiz angezeigt.

6.1.1.3 Zusammenfassung

Ein erheblicher Teil der Bremsüberhitzung, die für den Bruch des Rades Nr.4 kausal geworden ist, muss mit hoher Wahrscheinlichkeit auf gewolltes Bremsen durch den Bordkommandanten zurückgeführt werden. Ob die zusätzlich notwendigen Wirkungen durch gewolltes oder ungewolltes Bremsen erzeugt wurden, lässt sich nicht sagen:

- Für ungewolltes Bremsen fehlt jeder positive Anhaltspunkt, und es wird - als massgebende Ursache - dadurch noch unwahrscheinlicher, dass sich Bremsüberhitzung nicht nur auf einer, sondern auf beiden Fahrwerkseiten nachweisen lässt.
- Gewolltes Bremsen über die mit grösster Wahrscheinlichkeit nachgewiesenen Phasen hinaus ist nicht wahrscheinlich, aber doch eher vorstellbar, namentlich auch verbunden mit mehr oder weniger kontinuierlichem Schleifen in vermeintlicher Bremsbereitschaft schon hinter dem Begleitwagen und nachher im Nebel auf der Piste.

6.1.2 Der Feuersausbruch an Bord

6.1.2.0 Grundlagen

6.1.2.0.1 Das äussere Bild zeigt wenige Minuten nach dem Start einen raschen Übergang von einer weissen Rauchfahne auf ein

umfangreiches Feuer in der Gegend des linken Fahrwerkschachtes. Für die Erfassung der Ursachen sind die folgenden Elemente wesentlich:

- Die Versuche und Berechnungen zeigen, dass die Radfelgen ihre Höchsttemperaturen erst einige Minuten nach den zugrundeliegenden Bremsvorgängen erreichen.
- Die Trümmerbefunde lassen auf eine Primärbrandquelle im linken Fahrwerkschacht in der Gegend der Räder Nr.3 und 4 und auf eine Verbrennung des Rades Nr.3 in der Luft schliessen.
- Die Spurensicherung auf der Startpiste zeigt, dass im Zusammenhang mit dem Bruch des Rades Nr.4 schon zu Beginn des Startlaufs Hydrauliköl aus dem System ausgetreten und verbrannt sein muss.

6.1.2.0.2 Als Ursache des Brandausbruches an Bord kommt bei dieser Sachlage sowohl ein in der Luft zufolge Bremsüberhitzung selbständig eintretender Bruch des Rades Nr. 3 als auch eine Ausdehnung des bereits nach dem Bruch des Rades Nr.4 auf der Piste entstandenen Feuers in Frage. Die beiden Hypothesen, die sich gegenseitig nicht ausschliessen, sind im Folgenden näher zu prüfen.

6.1.2.0.3 Vorweg ist noch zu bemerken, dass die unmittelbar nach dem Start gestellte Rückfrage der Besatzung nach der Lufttemperatur mit den übrigen Daten nicht in eine eindeutige Beziehung gebracht und auch sonst nicht eindeutig erklärt werden kann. Eine brandbedingte Erhöhung der Kabinentemperatur kann für diesen Zeitpunkt noch nicht angenommen werden, die Startrollstrecke lag im Bereich normaler Streuung, und über der Nebeldecke war keine Vereisung mehr zu befürchten. Das Abdrehen schon über dem Funkfeuer OZ und die leichten Geschwindigkeitsschwankungen im ersten Teil des Steigflugs können nicht als auffällige Besonderheiten betrachtet werden.

6.1.2.1 Hypothese: Brandausbruch zufolge Bruch des Rades Nr.3

6.1.2.1.1 Die Trümmerbefunde lassen auf eine starke Beanspruchung des ganzen Bremssystems vor dem Start schliessen. Die Annahme, dass das Rad Nr.4 zu den aus statistischen Gründen überdurchschnittlich beanspruchten Rädern gehörte, schliesst

eine ähnliche Annahme für das Rad Nr.3 nicht aus. Dabei kann dessen Felge die kritische Temperatur sehr wohl erst während des Fluges erreicht haben. Gleichgültig, wann die Rillen gebildet wurden, die an den Felgentrümmern festgestellt wurden: die dabei entstehende Temperaturerhöhung brauchte für die weitere Entwicklung nicht mehr wesentlich ins Gewicht zu fallen, da die Ausgangstemperatur beim Start schon genügend hoch gewesen sein kann. Wann dann das Rad Nr.3 in der Luft genau geborsten ist, liess sich nicht mehr ermitteln. Doch ist der Zeitpunkt auch nicht sehr wesentlich.

6.1.2.1.2 Durch den Berstvorgang können, wie schon beim Bersten der Felge Nr.4, Betriebsstoffleitungen verletzt und es können sich die austretenden Betriebsstoffe an den erhitzten Bremsteilen entzündet haben. Das wäre dann der Ausgangspunkt für den Brand gewesen, der sich unter Luftzutritt entwickelt und weitere Nahrung in Pneu und Felge Nr.3 gefunden hat. So lässt sich erklären, weshalb die wenigen Reststücke des Rades Nr. 3 so starke Primärbrandspuren aufweisen. Die in der Nähe befindlichen Brennstoffleitungen können schon beim Bersten verletzt worden oder sie können - wie die angestellten Versuche zeigen - unter Einwirkung des Feuers durchgeschmolzen sein, zuerst im ungekühlten Totwasserbereich (s.2.2.2.1). Durch die Erhitzung, welche einerseits von innen durch die Bremswärme, andererseits von aussen durch das ausgebrochene Feuer erzeugt wurde, barsten mit der Zeit auch die Räder. Nr.1 und 2, wodurch weitere feuerbegünstigende Schäden entstehen mussten. In der Folge frass sich das brennstoffgenährte Feuer aus dem linken Fahrwerkschacht sowohl gegen die Rumpfaussenseite wie gegen innen durch und wurde damit auch gegen das Rumpfheck und die Leitwerkstruktur hin wirksam.

6.1.2.1.3 Diese Hypothese ist an sich möglich und bietet eine hinreichende Erklärung auch für den späteren Verlauf.

6.1.2.2 Hypothese: Brandausbruch als Nachwirkung des Bruches von Rad Nr.4

6.1.2.2.1 Die zweite Hypothese liegt in der Annahme, dass das Feuer, das durch den Bruch des Rades Nr.4 auf der Piste nachgewiesenermassen entstanden war, noch nicht ganz erloschen war, als das Fahrwerk eingefahren wurde. Es kann im Gegenteil

nach dem Abheben und unmittelbar vor dem Einfahren durch zusätzliches Hydrauliköl, das in diesem Zeitpunkt beim Abbremsen der frei drehenden Räder ausgetreten war, weitere Nahrung gefunden haben oder nach vorübergehendem Erlöschen von neuem entstanden sein.

6.1.2.2.2 Ein dergestalt in den Fahrwerkschacht eingeschlepptes Feuer konnte sich zunächst an den Pneus und dann an der Felge des Rades Nr.3 weiterentwickeln. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in der Luftströmung, die im Fahrwerkschacht während des Fluges herrscht, das untenliegende Rad Nr.3 der Einwirkung der Verbrennungsgase des darüber liegenden Rades Nr.4 besonders ausgesetzt gewesen sein muss. Mit der Zeit konnte sich dann dieselbe Situation ergeben wie bei einem unabhängig nachfolgenden Bruch der Radfelge Nr.3.

6.1.2.2.3 Ihre stärkste Stütze findet diese Hypothese im Verformungszustand der Felgenbruchstücke von Rad Nr.3, der ohne vorherige starke Brandeinwirkungen mit lokal konzentrierten Temperaturerhöhungen kaum erklärt werden kann. Da sie auch in den übrigen bekannten Daten eine hinreichende Grundlage besitzt und für sich allein ebenfalls eine hinreichende Erklärung des späteren Verlaufs ermöglicht, muss sie als wahrscheinlicher denn die Hypothese eines vom Bruch des Rades Nr.4 ganz unabhängigen Bruch des Rades Nr.3 betrachtet werden.

6.1.3 Der Absturz

6.1.3.1 Nachdem der Flug während der ersten fünf Minuten nach dem Start normal verlaufen zu sein scheint, zeigen sich im zunehmenden Geschwindigkeitsabfall nach 0618 die ersten deutlichen Wirkungen des Feuers auf die Flugleistungen und es ist anzunehmen, dass sich die Besatzung in dieser Phase auch einer ernstlichen Störung klar bewusst wurde und Erkennungs- und Abhilfsmassnahmen einleitete. Die zunächst gehaltene Funkstille lässt sich aus dieser Beschäftigung heraus ohne weiteres erklären. Im Zeitpunkt dieser Erkenntnis dürfte es objektiv für eine Rückkehr auf den Startflughafen ohne Rücksicht auf die dort herrschenden Sichtverhältnisse bereits zu spät gewesen sein. Dem Umstand, dass die Betriebsvorschriften für den Start geringere Sichtmindestwerte als für die Landung zulassen, kommt daher im vorliegenden Fall keine

kausale Bedeutung zu.

6.1.3.2 Die Aufzeichnungen des Flugdatenschreibers lassen erkennen, dass sich die Schwierigkeiten von 0620 an intensivierten. Der Kurs beginnt nach links auszuweichen, die Flughöhe rasch abzunehmen, und ein Umschaltvorgang lässt auf eine Störung des elektrischen Systems schließen. Unter Einwirkung des Feuers lösen sich Strukturteile in zunehmender Dichte vom Flugzeug. In dieser Phase werden vermutlich die Landeklappen etwas ausgefahren, um die Flugeigenschaften zu beeinflussen. Ob die linke Triebwerkeinheit gewollt stillgelegt wird oder in irgendeinem Zeitpunkt zufolge Unterbruch der Brennstoffzufuhr ausfällt, lässt sich nicht sagen. Der Notruf um 0621 ergeht jedenfalls in einem Zeitpunkt, in welchem die Besatzung ihre Bemühungen bereits als aussichtslos und die Katastrophe als unabwendbar erkannt haben muss.

6.1.3.3 Der endgültige Verlust der Steuerbarkeit zeigt sich ziemlich markant mit dem Übergang in den Stechflug in einer weiten Linkskurve an. Er kann auf drei Gründe zurückgeführt werden, die alle auf den Wirkungen des Feuers beruhen, über deren Reihenfolge und gegenseitiges Verhältnis aber nichts Bestimmtes mehr ausgesagt werden kann:

- Die Formsteifigkeit der Struktur des linken Flügels, des Rumpfhecks und des Steuerwerks muss unter der thermischen Belastung abgenommen und zu einer erheblichen Verschlechterung der Flugeigenschaften geführt haben.
- Mit der Struktur des linken Flügels muss das hydraulische System auf eine Art und Weise beschädigt worden sein, die zunächst zum Verlust der Quer-, dann aber auch der Höhen- und Seitensteuerung geführt haben kann.
- Mit den Zerstörungen im Rumpfheck muss die Fixierung des Höhenleitwerks auf eine Art und Weise beschädigt worden sein, welche die Höhensteuerung unwirksam machte.

6.1.3.4 Die Explosionserscheinungen beim Aufschlag sind sekundärer Natur und auf den Aufschlag selbst zurückzuführen,

d.h. auf die mechanischen Aufschlagwirkungen und auf die dabei aufgetretene Zerstäubung von Brennstoff zu einem wenigstens zonenweise explosionsfähigen Gasgemisch.

6.2 MITTELBARE URSACHEN

6.2.0 Vorbemerkungen

6.2.0.1 Die Frage nach den mittelbaren Ursachen eines Unfalls der vorliegenden Art erstreckt sich in der Regel auch auf menschliche Verhaltensweisen, die in Form eines Handelns oder Unterlassens als Ursache dann relevant werden, wenn sie von der Norm abweichen. D.h. von demjenigen, das man unter den gegebenen Umständen und im Hinblick auf die Gefahren, die sich im Unfall verwirklicht haben, erwartet hätte.

Ob eine solche Abweichung vorliege, wie sie aus den Umständen heraus zu erklären sei, ob die Gefahren objektiv erkennbar gewesen seien: das gehört zur Abklärung der Ursachen und Umstände eines solchen Falles. Ob hingegen in einer ursächlich relevanten Verhaltensweise zugleich ein Verschulden im Rechtssinne liege, das ist eine Rechtsfrage, zu welcher sich die Kommission nicht zu äussern hat.

6.2.0.2 Die Frage nach der Erkennbarkeit der Gefahr ist praktisch gleichbedeutend mit der Frage nach der seinerzeitigen Vorhersehbarkeit der nunmehr eingetretenen Folgen.

Ein objektives Urteil ist nur möglich, wenn man sich in einem gewissen Sinne von den Untersuchungsergebnissen freizumachen sucht: Die Untersuchung hat die wesentlichen Elemente erhoben und die Zusammenhänge erstellt; im kritischen Zeitpunkt vor dem Unfall aber waren einzelne Elemente überhaupt nicht bekannt, und was bekannt war, stand für die Beteiligten vielfach in einem anderen Kontext und in einer anderen Perspektive.

6.2.0.3 Mit Bezug auf das Fahrwerk und das Bremssystem moderner Verkehrsflugzeuge zeigen die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung deutlich, was vorher in dieser Klarheit für den Nichtspezialisten nicht ohne weiteres zu erkennen und ihm nicht ohne weiteres gegenwärtig war:

- dass nicht nur die beiden Grenzfälle kurzzeitiger intensiver Beanspruchung der Bremsen durch Startabbruch

und Landung auf kurzer Piste zu kritischen Zuständen führen können, sondern auch eine weniger intensive Rollbeanspruchung von längerer Dauer,

- dass solche kritischen Zustände nicht nur unmittelbar durch die Bremsung erzeugt in den Bremsteilen selbst eintreten können, sondern zufolge des Wärmetransportes und des dafür notwendigen Zeitbedarfes auch erst nach einigen Minuten in Teilen des umgebenden Systems,
- dass sich die Gefahr, die durch Überbeanspruchung des Bremssystems geschaffen wird, nicht nur in Schäden an den Bremsteilen und im Abblasen von Pneus auswirken kann, sondern auch in wesentlich weniger harmlosen Berstvorgängen am Radkörper selbst (wobei immerhin zu erwähnen ist, dass Informationen in dieser Richtung schon 1959 auch dem Nichtspezialisten zugänglich waren).

6.2.1 Konstruktion, Materialwahl, Fabrikation

6.2.1.1 Entwicklung und Ablauf des Unfallgeschehens sind stark mit der konstruktiven Gestaltung des Flugzeugmusters verknüpft. Für keinen massgebenden Teil lässt sich aber sagen, dass er nicht dem damaligen Stand der Entwicklung entsprochen oder dass der Änderungsdienst mit der Entwicklung nicht Schritt gehalten hätte. Das gilt namentlich auch für den Einbau von Schmelzsicherungen und für die Gestaltung des Fahrwerkschachtes.

6.2.1.2 Im Ablauf des Geschehens spielte die für den Radkörper gewählte Leichtmetalllegierung eine wesentliche Rolle: auch diese Materialwahl entsprach dem Stand der technischen Entwicklung. Dasselbe gilt für die Verwendung von Hydrauliköl mit verhältnismässig niedrigem Zündpunkt, die mit der Auslegung des Hydrauliksystems eng zusammenhing.

6.2.1.3 In der Fabrikation der Räder und Radteile scheinen die Konstruktionszeichnungen sowie die anwendbaren Vorschriften und Verfahren in jeder Hinsicht eingehalten worden zu sein. Die nach dem Unfall angestellten Untersuchungen zeigten keine Schwächen, die ausserhalb der Toleranzen gelegen hätten und für den Unfall kausal geworden wären.

6.2.2 Betriebsvorschriften des Herstellers

6.2.2.1 Die Betriebsvorschriften des Herstellers enthielten keine präzisen Daten und Kriterien für den Fall längerdauernder schwacher Beanspruchung des Bremssystems. Darin kann keine Lücke gesehen werden, die dem Stand der technischen Entwicklung vor dem Unfall widersprochen hätte.

6.2.2.2 Aus dem gleichen Grund kann auch nicht gesagt werden, dass eine solche Lücke vor der luftamtlichen Genehmigung der Betriebsvorschrift, die mit den ersten Flugzeugen des Unfallmusters in die Schweiz kam, hätte erkannt werden müssen oder dass sie als solche erkannt und beanstandet worden wäre, wenn die Betriebsvorschrift des Unfallflugzeugs einer materiellen Prüfung unterworfen worden wäre.

6.2.3 Das Nebelverblasverfahren der Swissair

6.2.3.1 Wie vorgängig nachgewiesen, entsprach das, was der Bordkommandant vor dem Start zum Unfallflug auf der Piste ausführte, mit grösster Wahrscheinlichkeit in einem wesentlichen und charakteristischen Punkt nicht dem Nebelverblasverfahren, wie es in die Swissair-Vorschrift TRM 1961 aufgenommen und im Umschulungskurs 1962/63 erläutert worden war. Ein sicherer Kausalzusammenhang zwischen diesem Verfahren und dem Unfall ist daher nicht nachzuweisen, sondern es kann nur folgendes gesagt werden:

- Die Notizen der Teilnehmer beweisen, dass das Verfahren im Umschulungskurs als positive, wenn auch nicht mehr sehr aktuelle Möglichkeit erläutert und aufgefasst wurde. Damit wurde eine grundsätzlich positive Einstellung der Kursleitung bekundet, die sich auf die Kursteilnehmer übertragen haben muss. Davon mag der Kommandant des Unfallflugzeugs am Morgen des Unfalltages beeinflusst gewesen sein, auch wenn er gar nicht das erläuterte Verfahren anwenden wollte.
- Auch nicht mit Sicherheit, aber doch mit erheblich höherer Wahrscheinlichkeit lässt sich annehmen, dass der Kommandant des Unfallflugzeugs sich auf eine reine Rekognoszierung beschränkt und damit den Unfall vermieden hätte, wenn jede Art der Nebelverblasung durch zu diesem Zweck erhöhte Triebwerkleistung

ausdrücklich verboten gewesen wäre.

Es stellt sich daher die Frage, ob die bei der Swissair angestellten Überlegungen nicht eher auf ein solches grundsätzliches Verbot als auf die Aufnahme eines Verfahrens in ein Handbuch bzw. auf dessen Erläuterung im Umschulungskurs hätten führen müssen.

6.2.3.2 Vorgängig ist zu den einzelnen Entwicklungsphasen folgendes zu bemerken:

- Durch das TRM 1961 wurde für den Flugbetrieb der Swissair ein einheitliches, aber bloss fakultativ anzuwendendes Verfahren geschaffen (Rolldrehzahl 6000-6500 t/min),
- durch die Revision 1962 wurde diese Einheitlichkeit aufgehoben oder doch in Frage gestellt,
- durch die Erläuterung im Umschulungskurs 1962/63 wurde sie wenigstens für die Kursteilnehmer insofern wieder hergestellt, als diese gegebenenfalls auf das Verfahren zurückgreifen konnten (Rolldrehzahl ca. 6000 t/min).

6.2.3.3 Die auf den Prüfstandversuchen (5.5.2) basierten Berechnungen (5.5.3) scheinen nicht übereinzustimmen mit den Ergebnissen der Rollbremsversuche auf der Piste (5.5.4)

Man muss aber die Unterschiede in den Grundlagen berücksichtigen:

- Die Prüfstandmessungen erfassten alle Bremsscheiben eines Rades, die Pistenmessungen nur die speichenseitige Aussenfläche der Bremsscheiben.
- Die Prüfstandversuche stellten eine Simulation dar, die in verschiedenen Punkten von der Wirklichkeit abweichen musste (z.B. in der Rollfläche und in den Abkühlungsbedingungen, während die Pistenversuche der Wirklichkeit insofern näher kamen.
- Die Prüfstandversuche wurden bis zum Bruch durchgeführt, mit entsprechender Konzentration auf den kritischen Bereich hoher Temperaturen, während sich die Pistenversuche auf die unteren Temperaturbereiche beschränkten.

- Den Prüfstandversuchen wurden Annahmen zugrunde gelegt, die in ihrem Zusammenwirken eher einem besonders ungünstigen Fall entsprachen, während die Pistenversuche mehr eine sozusagen abstrakte Idealform des Verfahrens zeigten.

Gestützt auf diese Unterschiede darf man mit einer gewissen Verallgemeinerung annehmen, dass auf die kritischen hohen Temperaturbereiche eher die Werte aus den Prüfstandversuchen und die darauf abgestellten Berechnungen, auf die unteren Temperaturbereiche eher die Werte aus den Pistenversuchen zutreffen dürften. Keine der beiden Gruppen darf aber verabsolutiert werden, keine kann die Wirklichkeit mit präzisen Zahlen wiedergeben, sondern jede kann nur mehr oder weniger grosse Bereiche geben, in welchen sich die wirklichen Vorgänge abspielen dürften.

6.2.3.4 Dies vorausgeschickt, ist nun in erster Linie festzuhalten, dass das Nebelverblasverfahren weder in der ursprünglichen noch in der späteren Form an die kritische Temperaturgrenze - von 250° an der Felge - heranführt, wenn es für sich allein betrachtet wird und wenn die Anwendungsstrecke - in vernünftiger Ausfüllung einer vorhandenen Lücke - auf 1200-1500 m beschränkt wird. Nach Berechnungen und Schätzungen die im Rahmen der Kommission ausgeführt wurden, ergibt sich daraus unter Berücksichtigung der vorhandenen Daten und Versuchsergebnisse für die überdurchschnittlich beanspruchten Räder bei normalen Randbedingungen (Aussentemperatur bis 10°, Flugzeuggewicht 44.5 t, ebene Rollstrecke):

- bei einer Rolldrehzahl von 6000 U/min und einer Rollstrecke von 1200 m eine Temperatur der Radfelge von 40-60°,
- bei einer Rolldrehzahl von 6500 U/min und einer Rollstrecke von 1500 m eine Temperatur der Radfelge von 60-100°.

6.2.3.5 Diese Betrachtungsweise ist aber nicht sehr realistisch, weil das Verfahren ja nie für sich allein angewandt wird, sondern immer im Kontext des Betriebes. Dafür sind namentlich die folgenden Überlegungen massgebend:

- Im Normalbetrieb wird das System vor der Anwendung des

Verfahrens vorgewärmt. Die Vorwärmung kann für eine Aussentemperatur bis zu 10° und für nicht sehr günstige, aber auch nicht ausserordentlich ungünstige Rollverhältnisse bei den stärker beanspruchten Rädern mit $50-100^{\circ}$ an den Bremscheiben angesetzt werden. Durch die Anwendung des Verfahrens mit einer Drehzahl von 6500 t/min ergibt sich, einschliesslich der Vorwärmungswirkung, unmittelbar vor dem Start eine Temperatur an den Radfelgen von $50-70^{\circ}$, die im Verlaufe der nächsten Minuten auf $100-130^{\circ}$ ansteigt. Das liegt noch gut unterhalb des kritischen Bereiches.

- Muss der Start auf einer zulässig kurzen Piste im letzten zulässigen Augenblick unter voller Beanspruchung der Bremsen abgebrochen werden, so ist auf Grund der nunmehr erreichten Vorwärmung durch Anrollen und Nebelverblasung mit einiger Wahrscheinlichkeit damit zu rechnen, dass die Bremswirkung stark unter den Wert abfällt, welcher zu den Annahmen für den Startabbruchfall gehört, und dass mindestens das am stärksten beanspruchte Rad noch im Laufe des Abbruchmanövers - das dann wahrscheinlich über das Pistenende hinausführt - oder unmittelbar darauf zu Bruch geht. Das Überrollen des Pistenendes kann für sich allein zu einem Brandausbruch führen, und diese Gefahr wird durch den Einfluss des zu erwartenden Radbruches noch wesentlich erhöht. Auf einer längeren Piste vermindert sich lediglich die Wahrscheinlichkeit des Überrollens; die Gefahr des Radbruchs bleibt.
- Der Fall, dass unmittelbar nach dem Start wieder gelandet werden muss, bietet keine Besonderheiten, denn er entspricht der Situation, die sich allgemein daraus ergeben kann, dass die Sichtmindestwerte für den Start tiefer liegen als für die Landung. Der Situation ist durch Sondervorschriften über die Planung von Ausweichmöglichkeiten Rechnung getragen (wobei gerade der vorliegende Fall zeigt, dass diese Vorschriften keine absolute Sicherheit bieten).

Zusammenfassend: Das Nebelverblasverfahren kann wohl isoliert und für sich allein, aber nicht im Hinblick auf einen stets in

Betracht zu ziehenden Startabbruch als objektiv ungefährlich betrachtet werden.

6.2.3.6 Hätten die mit dem Verfahren objektiv verbundenen Gefahren von den Personen, die sich damit bei der Swissair befassten, schon zur Zeit der Aufnahme in das Trainingshandbuch erkannt werden müssen? Für die Beantwortung scheinen die folgenden Punkte wesentlich:

- Die Entwicklung des Verfahrens stand einerseits unter dem Gesichtspunkt, dass durch Nebelverblasung die Regelmässigkeit des Verkehrs gehoben werden könnte, andererseits anscheinend unter dem Bestreben, bisher individuell angewandte Verfahren auf eine in den Wirkungen überprüfte Einheitsform zu bringen. Das erste ist kommerziell begründet, das zweite auch unter dem Gesichtspunkt der Betriebssicherheit aner kennenswert.
- Das Verfahren bezog sich auf verhältnismässig seltene Fälle. Es gab in jener Einführungszeit der Strahlflugzeuge Probleme, die praktisch viel dringender waren und auch unter dem Gesichtspunkt der Sicherheit viel komplexer und schwieriger scheinen mussten (z.B. jenes des gesamten Winterbetriebes),
- Ein klarer Widerspruch zu irgendeiner Betriebsvorschrift des Herstellerwerkes bestand nicht, und es bestehen keine Anhaltspunkte dafür, dass die Beteiligten nicht im guten Glauben gewesen wären, sich mit dem Verfahren innerhalb der Betriebslimiten des Flugzeugs zu halten,
- Die thermischen Wirkungen des Verfahrens blieben nicht unberücksichtigt. Bei der Erprobung wurde die entstandene Radwärme mit einer Methode kontrolliert, die wohl keine präzisen Werte ergab, aber im Unterhalt für die Kontrolle nach der Landung bereits eingeführt war und dort für die Feststellung übermässiger Erhitzung genügte; dazu wurden die Besatzungen auch in diesem Zusammenhang ausdrücklich auf die Notwendigkeit sorgfältiger Bedienung der Bremsen aufmerksam gemacht.
- Die mit dem Verfahren befassten Stellen waren Flugbetriebsfunktionäre, Fluglehrer und Piloten, nicht

Ingenieure; die immerhin vorhandenen technischen Kenntnisse mögen nach allgemeiner Erfahrung mehr die Neigung zu selbständiger Beurteilung auch technischer Probleme als die Kenntnis der eigenen Grenzen gefördert haben.

- In der departementsinternen Behandlung hatten - mit Ausnahme der Stabsstelle Flugtechnik - alle Stellen, die daran interessiert sein konnten, Gelegenheit zur Stellungnahme, und von keiner Seite (auch nicht vom Technischen Piloten) scheinen Bedenken gegen die Einführung geäußert worden zu sein.

Das alles vermag zu erklären, warum man auch keine Veranlassung sah, das Verfahren der Aufsichtsbehörde oder dem Herstellerwerk zu unterbreiten. Hätte man dies getan, so wäre die Überhitzungsfrage freilich mit hoher Wahrscheinlichkeit von Spezialisten in ihrer Bedeutung erkannt und genauer abgeklärt worden, und es darf mit einiger Wahrscheinlichkeit angenommen werden, dass dabei Bedenken zu Tage, getreten wären, die in der Folge zu einem Verbot geführt hätten.

Von Rückfragen bei anderen Unternehmungen, die ja ebenfalls in der Einführungsperiode der Strahlflugzeuge standen, waren wesentlich weiterführende Erkenntnisse nicht ohne weiteres zu erwarten. Ob der innerdepartementalen Selbstgenügsamkeit, mit welcher man hierauf verzichtete, nicht auch eine gewisse Tendenz zugrunde gelegen habe, ein wirtschaftlich interessantes Verfahren ohne Mitwirkung von aussen zu entwickeln, kann offen bleiben.

Zusammenfassend: Was durch die Untersuchung als objektiv ungenügend erwiesen ist, was im Rückblick als primitiv und unzulänglich erscheinen muss, zeigt sich in der damaligen Perspektive mindestens als gutgläubig und einfühlbar.

6.2.3.7 Dem Eidgenössischen Luftamt wurde das Verfahren von der Swissair aus den erwähnten Gründen nicht vorgelegt. Hätte es Anlass gehabt, auf andere Weise davon Kenntnis zu nehmen und es zu prüfen?

In seiner formellen Gestalt - als Bestandteil des Trainingshandbuches - wäre das Verfahren in den Zuständigkeitsbereich

der Sektion Luftfahrtpersonal gefallen. Die grundsätzlich indirekte Art, auf welche in diesem Bereich die Aufsicht ausgeübt wird, hätte aber bei pflichtgemässer Ausübung nicht unbedingt zur Kenntnisnahme von einer solchen Einzelvorschrift führen müssen.

Unter den gegebenen Umständen und bei den verfügbaren Mitteln kann diese Organisation der Aufsicht aus der - freilich sehr beschränkten - Perspektive des vorliegenden Falles in den Grundzügen nicht als unzweckmässig bezeichnet werden. Das gilt hier so gut wie für die andern Aufsichtsbereiche, die im vorliegenden Fall eine Rolle spielen (ob dabei auch alle einschlägigen Gesetzes- und Verordnungsbestimmungen eingehalten worden seien, ist von der Kommission gemäss Art.18.3/20.1 der Verordnung über die Flugunfalluntersuchungen nicht zu beurteilen).

Nach seiner tatsächlichen Bedeutung stellte das Verfahren indessen den Gegenstand nicht bloss einer Ausbildungsvorschrift, sondern vielmehr einer (fakultativ anzuwendenden) Betriebsnorm dar. Insoweit gehörte es in die Zuständigkeit des auf dem Flughafen stationierten Adjunkten für Flugbetrieb. Nun wurde es hier doch nicht so oft angewandt, dass es ihm bei normaler Aufmerksamkeit als Besonderheit hätte auffallen müssen. Hingegen wurde ihm die revidierte Ausgabe Nr.3 vom 27. Februar 1962 der Vorschrift 2.4.3 des Flugbetriebs-Handbuches der Swissair zur Genehmigung vorgelegt (252.24); daraus war nicht nur ersichtlich dass ein Trainingshandbuch bestand, sondern es wurde für die Rollvorschriften allgemein darauf verwiesen. Sein Vertrauen in die zuständigen Dienststellen der Swissair soll nicht als unangebracht bezeichnet werden und ein zwingender Anlass, der Sache sofort nachzugehen, bestand nicht. Gleichwohl kann man sich die Frage stellen, ob es nicht angezeigt gewesen wäre, wenn er sich im Sinne einer Stichprobe dieses Handbuch gelegentlich einmal hätte vorlegen lassen, um sich über den Inhalt jener Vorschriften und über deren Übereinstimmung mit den massgebenden Vorschriften der Flugzeug-Flughandbücher zu vergewissern.

Ob und wann eine solche Stichprobe dann in der Folge zu einem Verbot des Nebelverblasverfahrens geführt hätte, muss offen bleiben.

6.2.4 Das Verhalten weiterer Beteiligter

6.2.4.1 Wenn auch die Möglichkeit einer mitwirkenden technischen Ursache nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden kann, so liegt doch nicht der geringste Anhaltspunkt für ein damit verbundenes Versehen im Unterhaltsbetrieb der Swissair vor, namentlich nicht mit Bezug auf die Personen, welche in der Nacht und am Morgen vor dem Unfallflug am Flugzeug tätig waren.

6.2.4.2 Es liegt auch kein Anhaltspunkt dafür vor, dass das Verhalten des Begleitwagenfahrers, welcher das Flugzeug vor dem Unfallflug vom Standplatz auf die Piste begleitete, für den Unfall kausal geworden wäre, und zwar auch nicht durch den zeitweiligen Verlust der Orientierung und die Benützung eines andern als des ursprünglich ins Auge gefassten Rollweges.

6.2.4.3 Der kurze Feuerschein, welchen der am Pistenkopf befindliche Beamte des Wetterdienstes vor dem Start des Flugzeuges wahrnahm, war in der von ihm geschilderten Form eine eigenartige Erscheinung, die ihn zu einer sofortigen Meldung an die Verkehrsleitung hätte veranlassen können. Der Start hätte aber zufolge des Zeitverzuges dadurch nicht mehr verhindert werden können.

7. S C H L U S S

Die Untersuchungskommission gelangt zu folgendem Schluss: Der Absturz ist auf die Zerstörung wesentlicher Strukturteile durch ein Feuer zurückzuführen, das durch Überhitzung der Bremsen während der Rollphase entstanden war.

Dübendorf, den 10. März 1965.

Ausgefertigt am 17. März/20. April 1965.

Beilagen:

1. Fluggastliste
2. Roll- und Startphase
3. Flugweg
4. Fahrwerk
5. Räder Nr. 3 und 4
6. Radbremssystem
7. Ableitung der Bremswärme
8. Mutmassliche Brandausbreitung
9. Bremserhitzung bei verschiedenen Rollhypothesen
10. Möglichkeiten ungewollten Bremsens

HB-ICV 4.9.63 DÜRRENÄSCH	I
VERZEICHNIS DER FLUGGÄSTE	

1. Swissair Personal

Jahrgang	1916
Jahrgang	1922
Jahrgang	1909
Jahrgang	1920
Jahrgang	1932
Jahrgang	1920
Jahrgang	1924
Jahrgang	1932

2. Einwohner von Humlikon

Jahrgang	1907
Jahrgang	1912
Jahrgang	1901
Jahrgang	1919
Jahrgang	1905
Jahrgang	1917
Jahrgang	1937
Jahrgang	1901
Jahrgang	1891
Jahrgang	1901
Jahrgang	1906
Jahrgang	1911
Jahrgang	1910
Jahrgang	1914
Jahrgang	1919
Jahrgang	1919
Jahrgang	1922
Jahrgang	1913
Jahrgang	1916
Jahrgang	1929
Jahrgang	1926
Jahrgang	1933
Jahrgang	1911

Jahrgang	1914
Jahrgang	1915
Jahrgang	1923
Jahrgang	1927
Jahrgang	1930
Jahrgang	1917
Jahrgang	1924
Jahrgang	1903
Jahrgang	1909
Jahrgang	1910
Jahrgang	1915
Jahrgang	1905
Jahrgang	1907
Jahrgang	1928
Jahrgang	1927
Jahrgang	1924
Jahrgang	1924
Jahrgang	1919
Jahrgang	1920
Jahrgang	1936

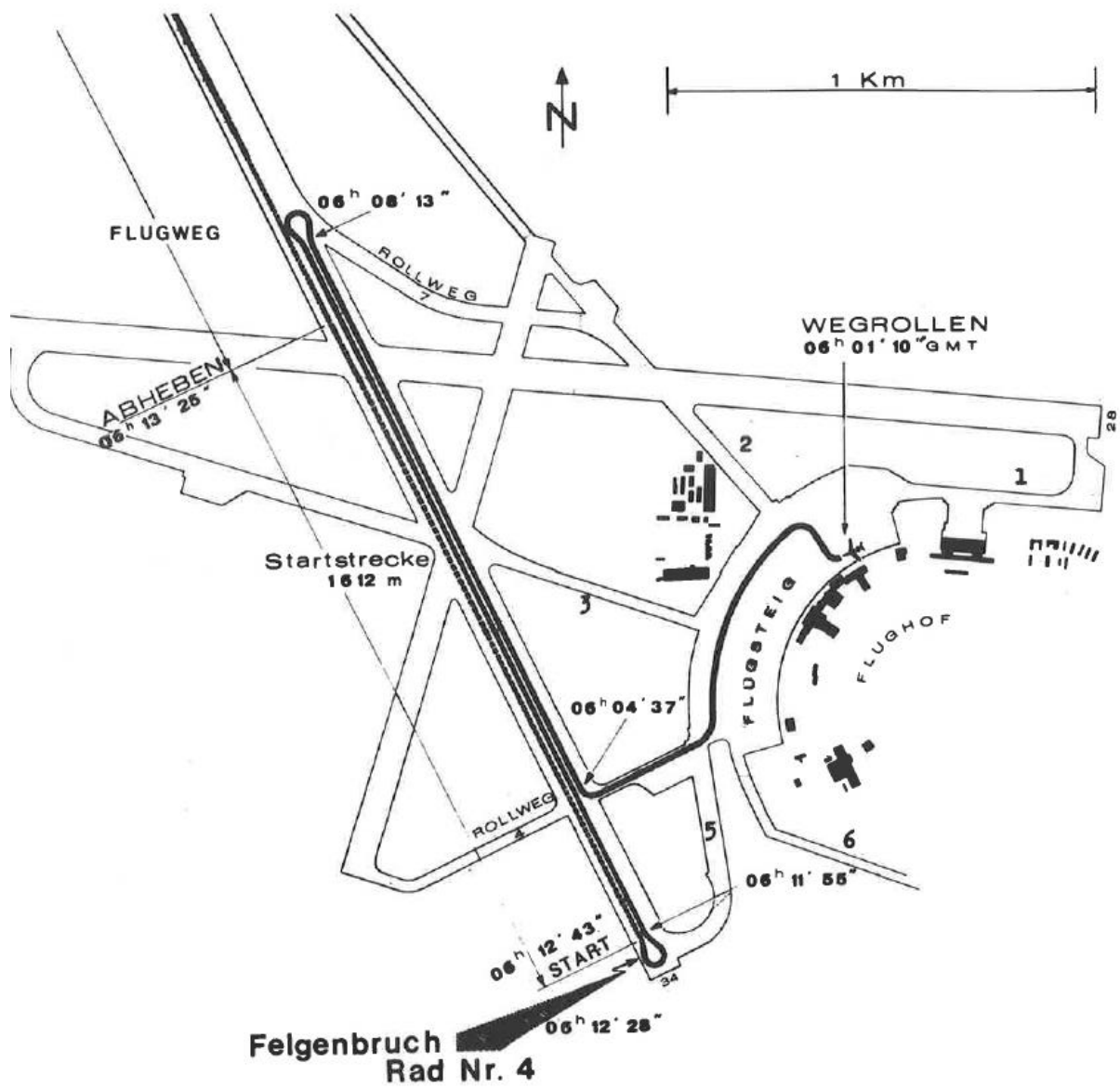
3. Übrige Schweizerbürger

Jahrgang	1930
Jahrgang	1926
Jahrgang	1914
Jahrgang	1907
Jahrgang	1900
Jahrgang	1899
Jahrgang	1927
Jahrgang	1908
Jahrgang	1911
Jahrgang	1935
Jahrgang	1921
Jahrgang	1902
Jahrgang	1910
Jahrgang	1932
Jahrgang	1935
Jahrgang	1934

4. Ausländer

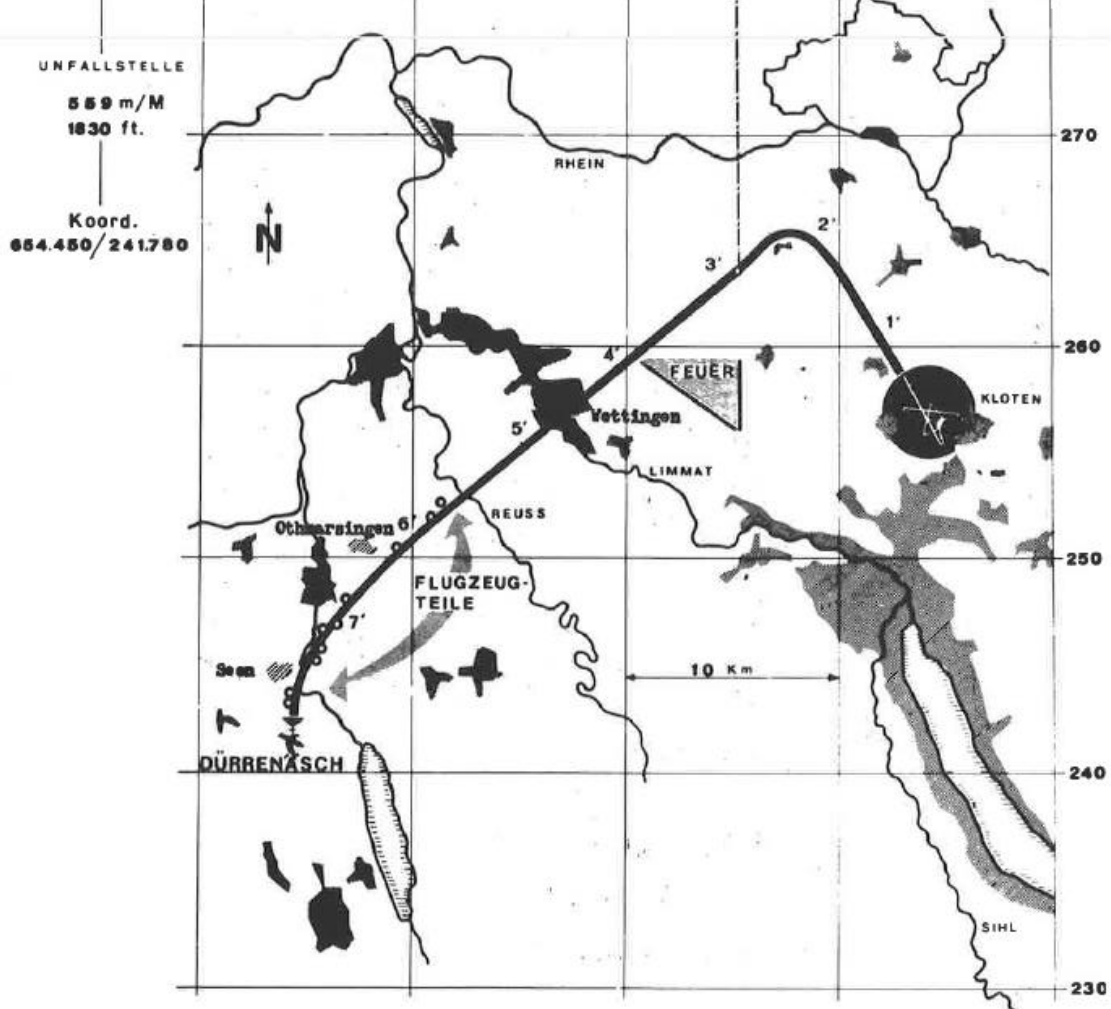
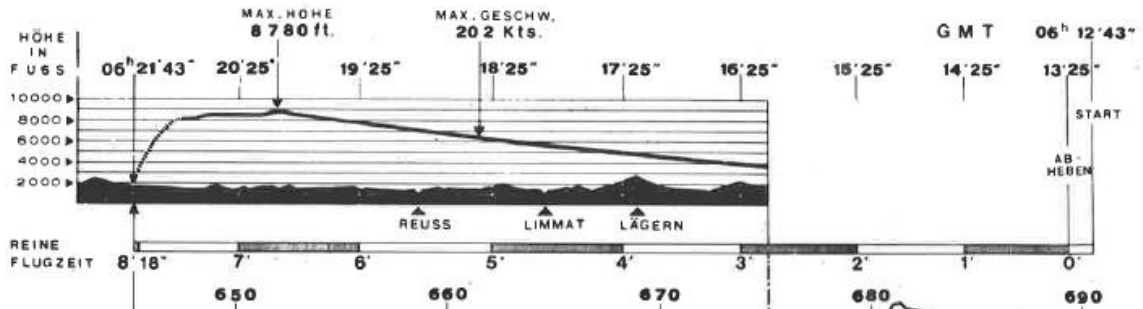
Jahrgang	1931	Ägyptischer Staatsangehöriger
Jahrgang	1917	Deutscher Staatsange- höriger
Jahrgang	1915	Britischer Staats- angehöriger
Jahrgang	1926	Bürger der USA
Jahrgang	1893	Israelische Staats- angehörige
Jahrgang	1926	Französischer Staats- angehöriger
Jahrgang	1935	Iranischer Staatsangehöriger

HB - ICV 4.9.1963 DÜRRENÄSCH	2
ROLL - & STARTPHASE	



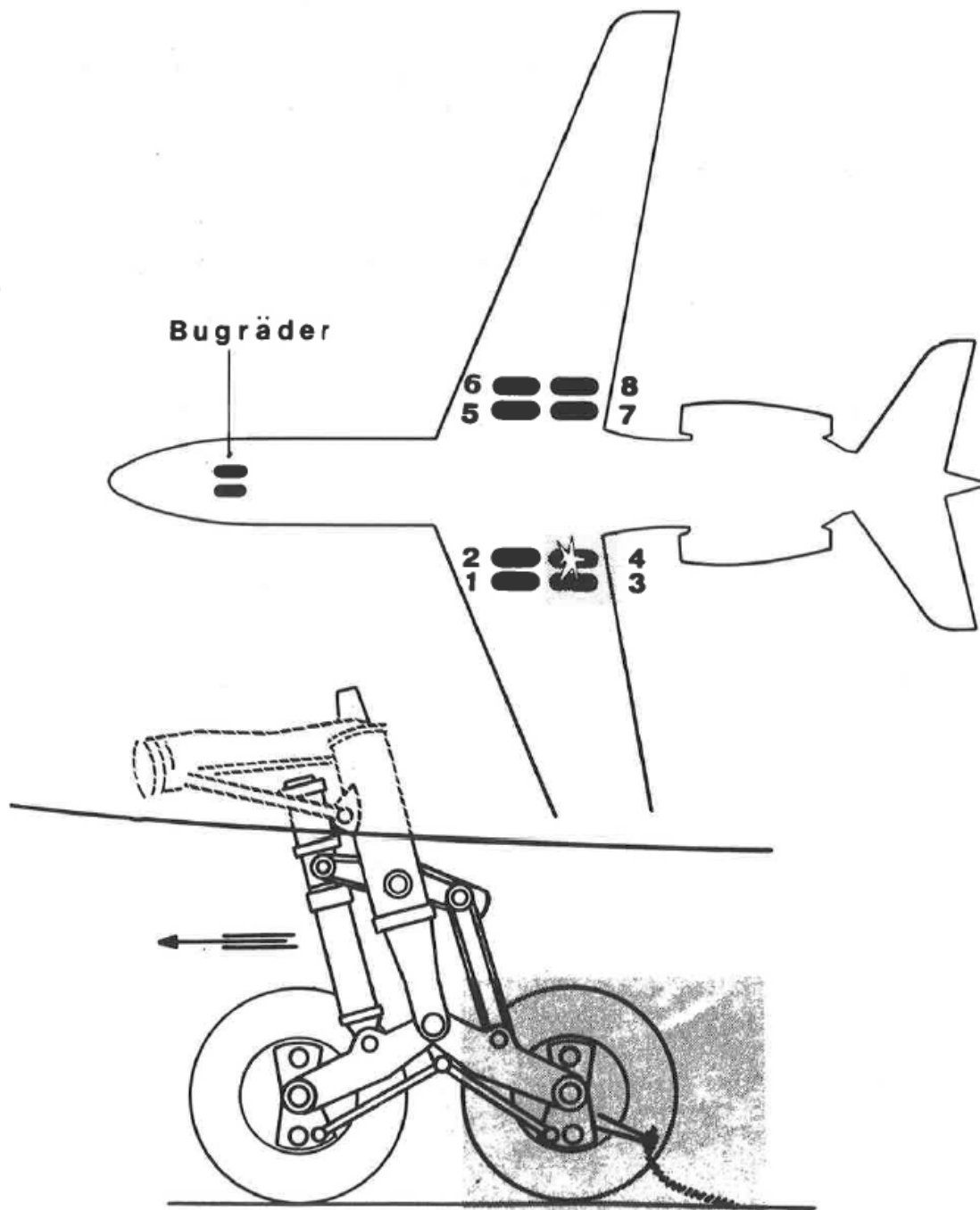
HB-ICV 4.9.1963 DÜRRENÄSCH FLUGWEG / BODENNEBEL

3

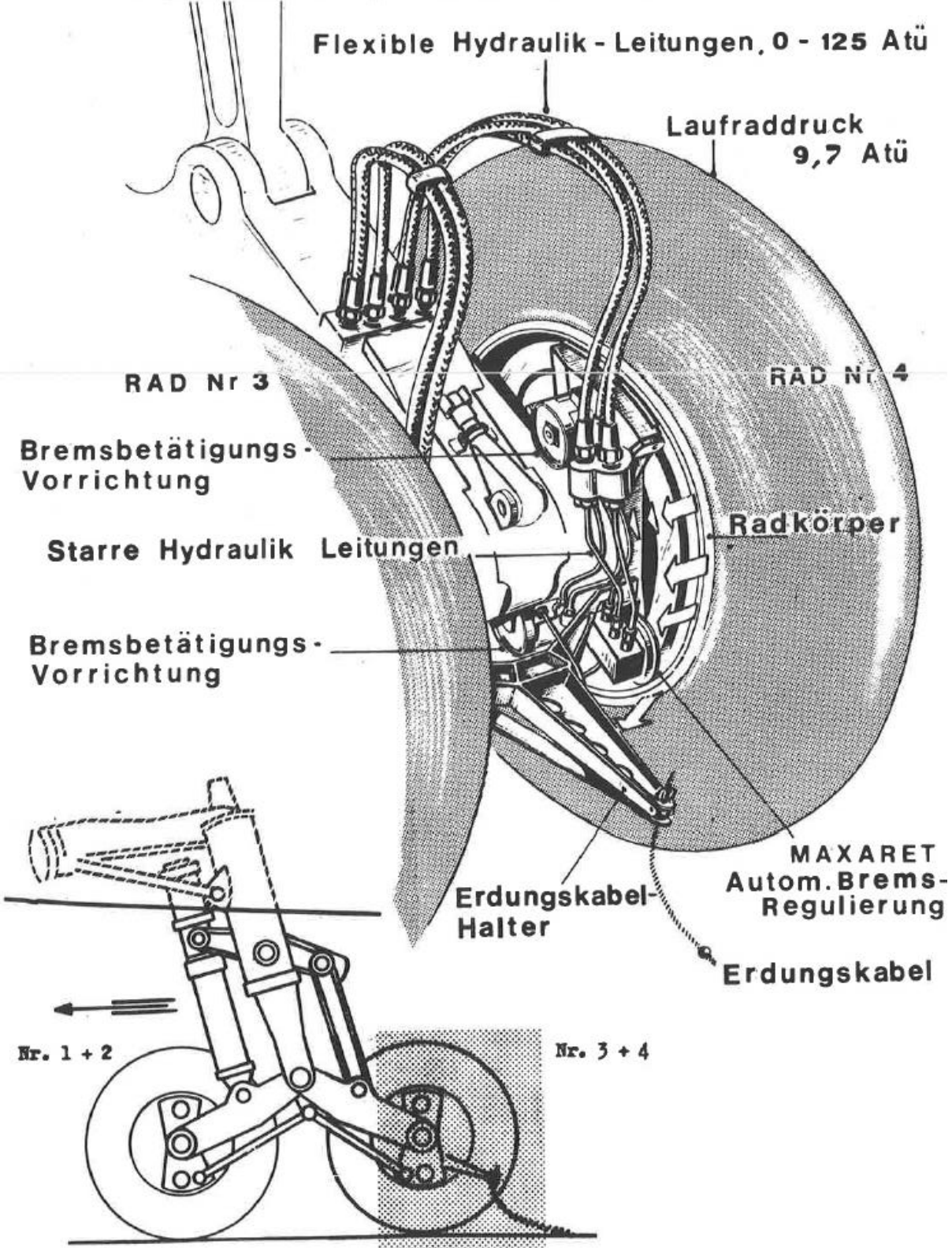


HB-ICV 4.9.1963 DÜRRENÄSCH
ANORDNUNG DES FAHRWERKS

4

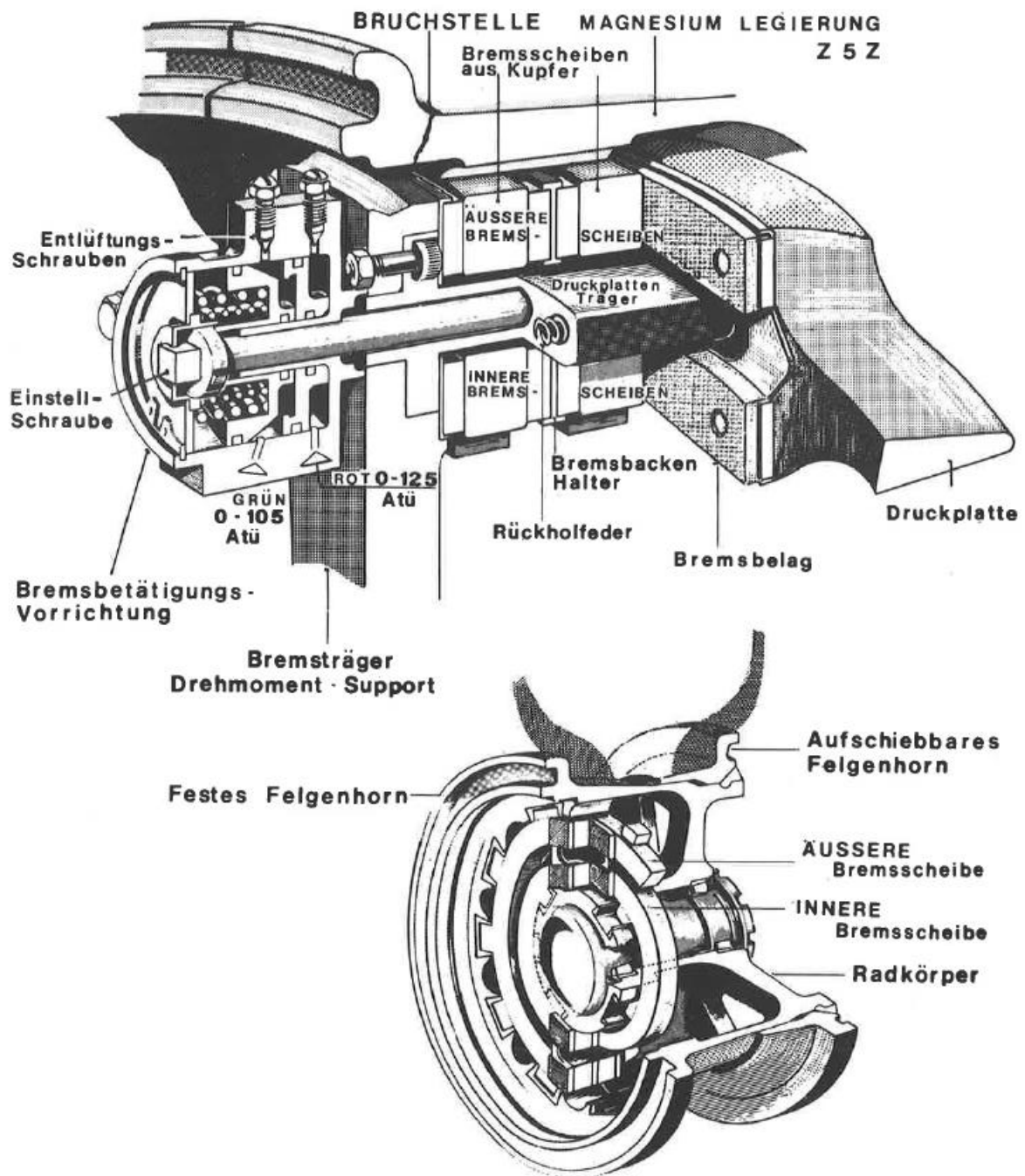


HB - ICV 4.9.1963 DÜRRENÄSCH	5
RÄDER NR. 3 + 4	



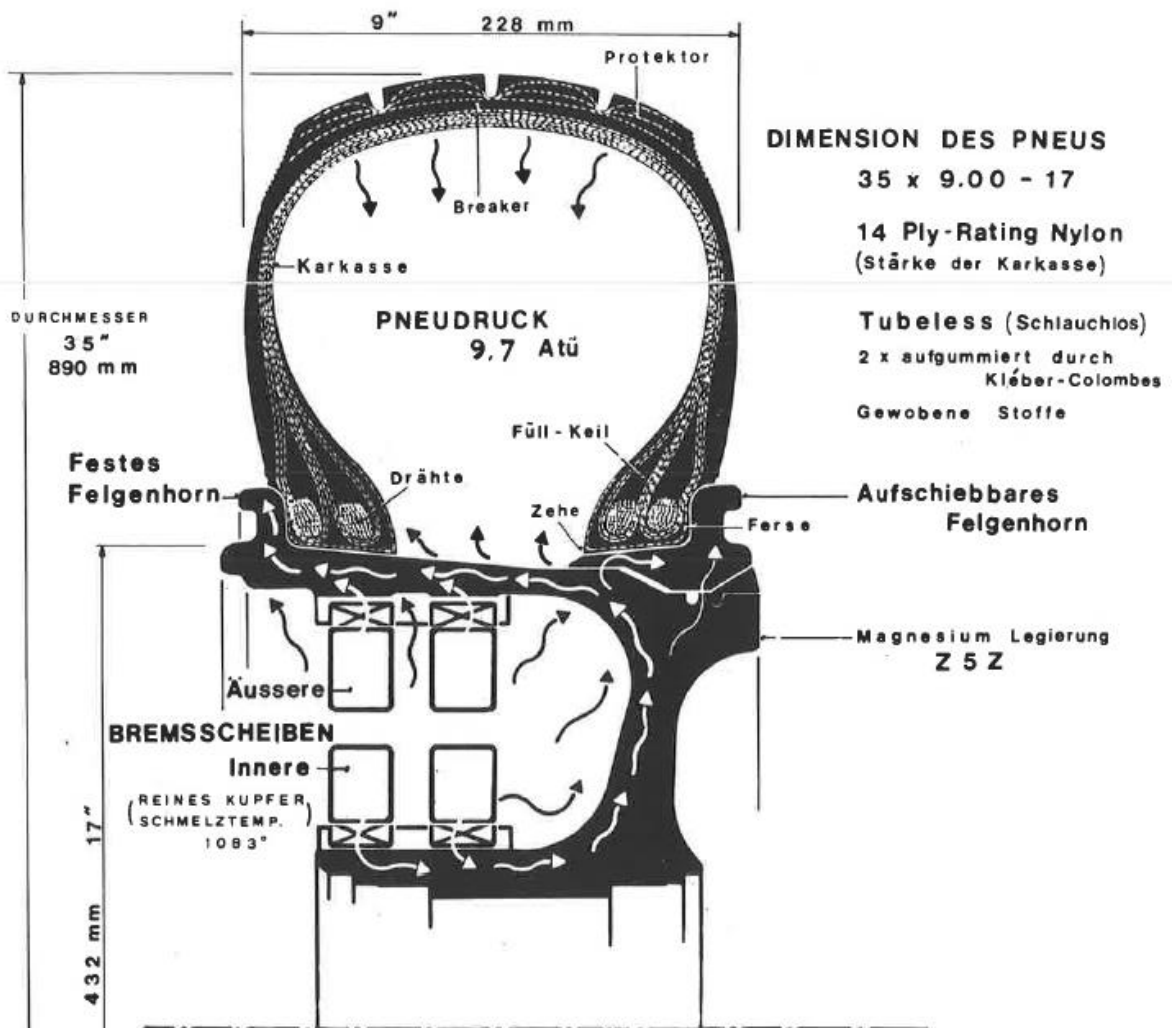
HB-ICV 4.9.1963 DÜRRENÄSCH
RAD BREMSSYSTEM

6



HB-ICV 4.9.1963 DÜRRENÄSCH ABLEITUNG DER BREMSWÄRME

7



DIMENSION DES PNEUS

35 x 9.00 - 17

14 Ply-Rating Nylon
(Stärke der Karkasse)

Tubeless (Schlauchlos)

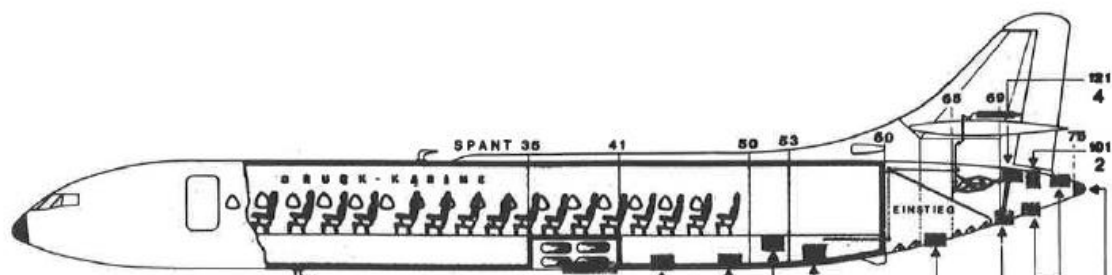
2 x aufgummiert durch
Kléber-Colombes
Gewobene Stoffe

- Karkasse : Gerippe des Pneus
- Breaker : Puffereinlage
- Protector : Gewebeverstärkung
- Drähte : Klaviersaitenstahldraht

HB-ICV 4.9.1963 DÜRRENÄSCH

MUTMASSLICHE
BRANDAUSBREITUNG

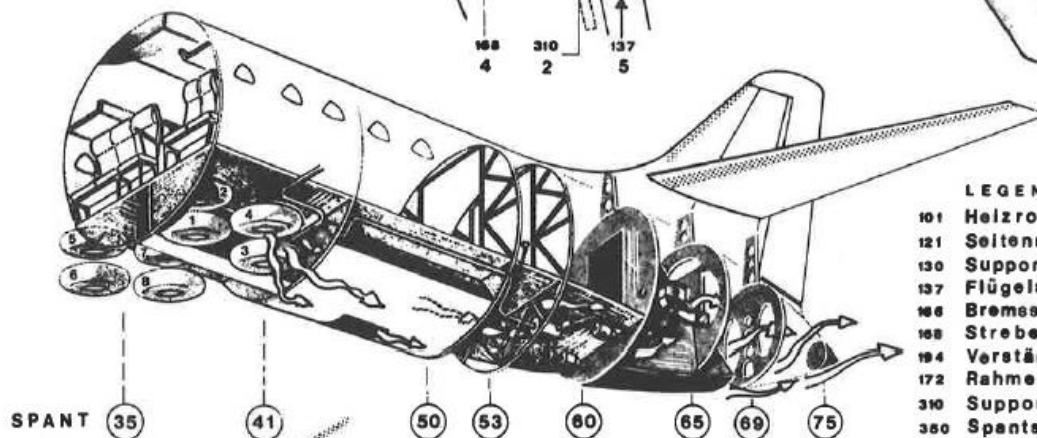
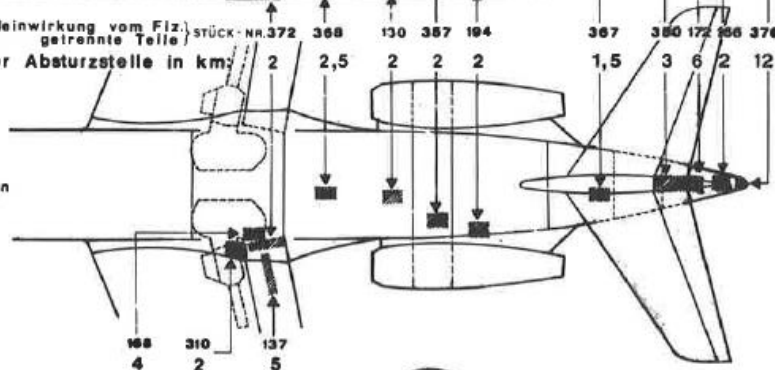
8



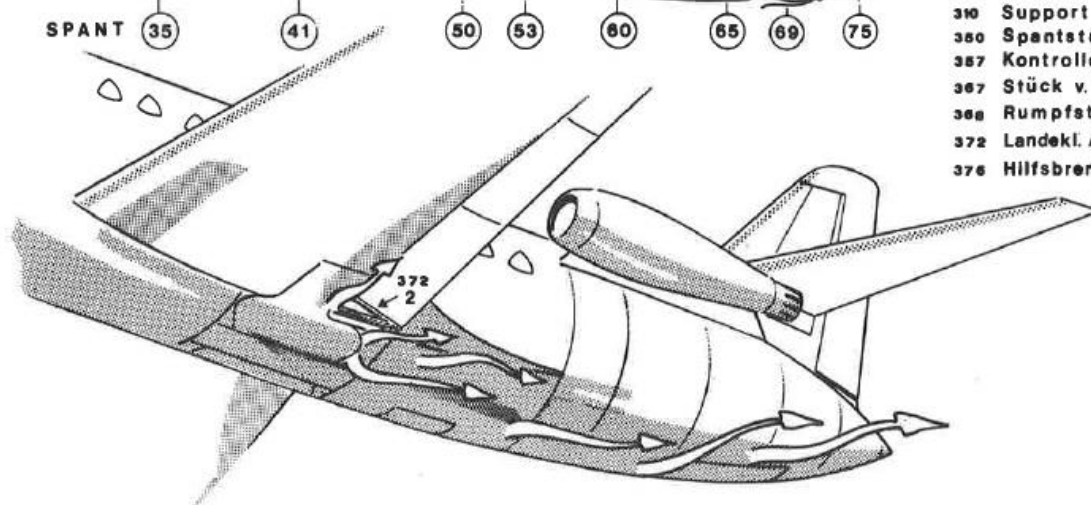
* Durch Brandeinwirkung vom Flz getrennte Teile
 Fundort vor Absturzstelle in km: 2 2,5 2 2 2 1,5 3 6 2 12

* Der bessern Übersichtlichkeit wegen ist hier nur eine Auswahl der auf dem Flugweg aufgefundenen & identifizierten Teile angedeutet worden

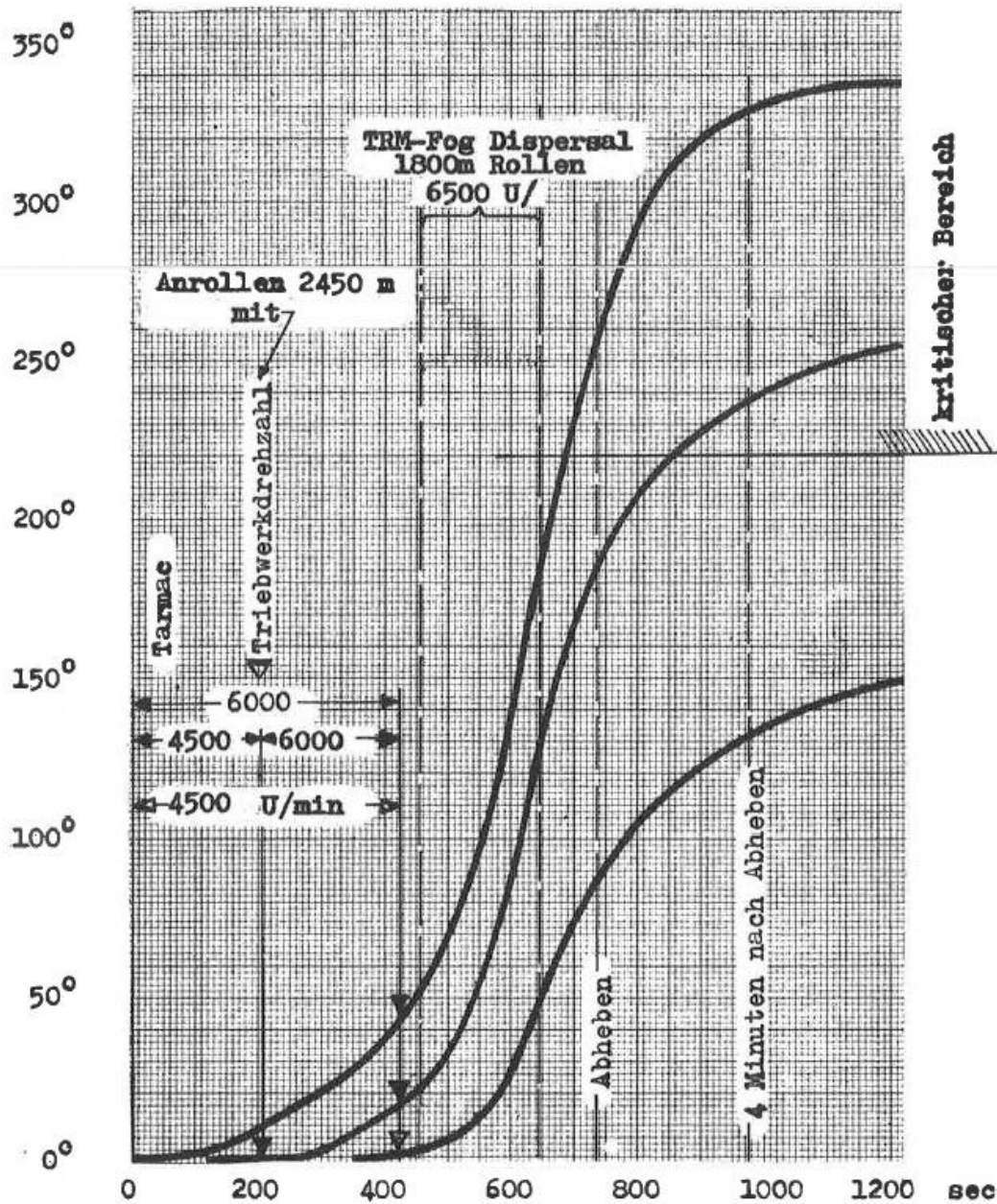
[Nr. Verzeichnis des Wissenschaftlichen Dienstes der Stadtpolizei Zürich]



- LEGENDE:
- 101 Heizrohr
 - 121 Seitenruderanzeige
 - 130 Support
 - 137 Flügelstück
 - 166 Bremschirm-Mech.
 - 168 Strobe
 - 194 Verstärkungsblech
 - 172 Rahmenstück
 - 310 Support
 - 350 Spantstück
 - 357 Kontrolldeckel
 - 367 Stück v. Treppe
 - 368 Rumpfstringer
 - 372 Landekl. Ausleger
 - 376 Hilfsbremschirm



Dargestellt ist der mittlere Temperaturzuwachs über die Einheit Felgentrommel + Speichen + Nabe an den ein bis zwei ungünstigsten Rädern.



Bremswirkung

- Keine Bremswirkung.
- ◐ Technisch möglich; sehr unwahrscheinlich; bei SWR nie vorgekommen.
- ◑ Technisch möglich; wenig wahrscheinlich; bei SWR nie vorgekommen.
- ◒ Technisch möglich, bei SWR in Einzelfällen vorgekommen.
- ◓ Technisch möglich, kommt öfters vor.
- 8 Höchstzahl der beeinflussten Räder (1/2/4/8)

Feuer am Fahrwerk

- △ Technisch möglich; nicht genug Hydrauliköl für kräftiges Feuer; kein brennbares Material in der Nähe.
- ▲ Technisch möglich; nicht genug Hydrauliköl für kräftiges Feuer; brennbares Material in der Nähe.
- ▲ Technisch möglich; ausreichende Nahrung für kräftiges Feuer.

kein

Dreieck Keine Feuergefahr.

Feststellbarkeit im Flugdeck

- An Instrumenten oder an Warnlampe (E: eventuell)
- ▣ Am Betätigungsmechanismus oder bei der Führung des Flugzeuges.
- Nicht feststellbar.
- F Fehlanzeige eines Instrumentes.

	verstellt	abgenutzt zu viel Spiel	verklemt	Feder gebrochen	andere Teile gebrochen	verengter Querschnitt	verschmutzt	Leck intern	Leck extern
Mechanik Pedale bis Bremssteuerventil	8 ◐ ◑ ◒ ◓	8 ◐ ◑	8 ◐ ◑ ◒ ◓	4 ◐ ◑ ◒ ◓	8 ◐ ◑	8 ◐ ◑ ◒ ◓	8 ◐ ◑ ◒ ◓		
Mechanik Parkbremshebel bis Bremssteuerventil	8 ◐ ◑ ◒ ◓	8 ◐ ◑	8 ◐ ◑ ◒ ◓	5 ◐ ◑	8		8 ◐ ◑ ◒ ◓		
Warnlicht zur Handbremse	◐ ◑ F				◐ ◑ F		◐ ◑ F		
Federzylinder zum Bremssteuerventil	4 ◐ ◑		4 ◐ ◑ ◒ ◓	4 ◐ ◑	4 ◐ ◑		4 ◐ ◑		
Bremssteuerventil Druck-Seite	4 ◐ ◑	4 ◐	4 ◐ ◑ ◒ ◓	4 ◐ ◑	4 ◐		4 ◐ ◑	4 ◐ ◑ ◒ ◓	4 ◐
Bremssteuerventil Rücklauf-Seite	◐ ◑	4 ◐	4 ◐ ◑ ◒ ◓	4 ◐	4 ◐		4 ◐ ◑	4 ◐	4 ◐
Druckreduzierventil	8 ◐ ◑	8 ◐ ◑	8 ◐ ◑	8 ◐ ◑	8 ◐ ◑		8 ◐ ◑	8 ◐	8 ◐
Systemwähler-Ventil	8 ◐ ◑	8 ◐ ◑	8 ◐ ◑	8 ◐ ◑	8 ◐ ◑		8 ◐ ◑	8 ◐ ◑	8 ◐
Comet - Relais			◐ ◑		◐ ◑				◐ ◑
Manometer			◐ ◑ F		◐ ◑		◐ ◑		◐ ◑
Stahlleitungen					4 ◐ ◑ ◒ ◓	4 ◐ ◑	4 ◐ ◑		4 ◐ ◑ ◒ ◓ ◔ ◕
Schläuche zw. Flügel und Federbein					4 ◐ ◑ ◒ ◓	4 ◐ ◑	4 ◐ ◑		4 ◐ ◑ ◒ ◓ ◔ ◕
Schläuche zw. Federbein und Wippe			2		2 ◐ ◑ ◒ ◓	2 ◐ ◑	2 ◐ ◑		2 ◐ ◑ ◒ ◓ ◔ ◕
Schläuche zw. Wippe und Bremsen			1		1 ◐ ◑ ◒ ◓	1 ◐ ◑	1 ◐ ◑		1 ◐ ◑ ◒ ◓ ◔ ◕
Maxaret Mech. Teil	1 ◐	1 ◐	1 ◐	1 ◐	1 ◐		1 ◐		
Maxaret Hydr. Teil	1 ◐ ◑	1 ◐	1 ◐	1 ◐	1 ◐ ◑		1 ◐ ◑	1 ◐	1 ◐ ◑
Bremse, mech. Teil ausg. untenstehende Positionen		1 ◐ ◑	1 ◐ ◑	1 ◐ ◑	1 ◐ ◑ ◒ ◓		1 ◐ ◑		
Bremszylinder		1 ◐ ◑	1 ◐ ◑	1 ◐ ◑	1 ◐ ◑ ◒ ◓		1 ◐ ◑	1 ◐ ◑	1 ◐ ◑ ◒ ◓
Zugbolzen zum Bremszylinder	1 ◐ ◑		1 ◐ ◑ ◒ ◓	1 ◐ ◑	1 ◐ ◑		1 ◐ ◑		
Bremsbeläge		1 ◐ ◑	1 ◐ ◑	1 ◐ ◑	1 ◐ ◑		1 ◐ ◑		
Bremsscheiben		1 ◐ ◑	1 ◐ ◑	1 ◐ ◑	1 ◐ ◑		1 ◐ ◑		