



Vier Minuten nach dem Triebwerksausfall bei einer Boeing 777 sieht das beschädigte Triebwerk eigentlich ganz friedlich aus. Der Schein täuscht. Das Triebwerk brennt im hinteren Teil immer noch und lässt sich nicht löschen. **NTSB Timeline**

Engine Fire über Denver

DIE CREW MACHT OFT DEN UNTERSCHIED, OB ES GUT AUSGEHT

Am Beispiel eines schweren Triebwerksausfalls über Denver möchte ich zeigen, dass selbst schwere Zwischenfälle gut ausgehen können, wenn eine besonnene, gut geschulte Crew im Cockpit sitzt. Der Unfall zeigt zudem, dass es auch bei modernen Triebwerken immer wieder Probleme bei Fertigung, Wartung und Überholung geben kann. Und zu guter Letzt: Es gibt immer noch etwas, das man besser machen kann.

Engine Fire!

Es war früher Nachmittag am 20. Februar 2021, als United Airlines Flug 328 in Denver,

Colorado, startete. Es war eine Boeing 777 mit 239 Personen an Bord auf dem Flug nach Honolulu, Hawaii. Der Kapitän war Pilot Flying auf diesem Flug.

Der Steigflug erfolgte – wie üblich – mit reduzierter Climb Power. Weil zwischen 13.000 Fuß und FL 230 Moderate Turbulence vorhergesagt war, erhöhte die Crew in 12.500 Fuß die Steigleistung. Fünf bis sieben Sekunden später hörte man auf dem Cockpit Voice Recorder einen gewaltigen Knall. Gleichzeitig wurde auf dem Flightrecorder ein „uncommanded engine shutdown“ des rechten Triebwerks aufgezeichnet. Kurz danach ging im Cockpit die Feuerwarnung los.

Die Crew erklärte einen Emergency und arbeitete der Reihe nach mehrere Checklisten ab, darunter natürlich auch die Engine Fire Checklist. Obwohl wie vorgesehen der Fire Handle gezogen wurde und beide Löschflaschen abgeschossen wurden, ging die Feuerwarnung nicht aus. Es wurde eine schnelle Rückkehr nach Denver geflogen. Obwohl die Maschine weit über dem Maximum Landing Weight war, entschied der Kapitän aus Zeit- und natürlich aus Sicherheitsgründen, keinen Treibstoff abzulassen.



Ein Foto vom Boden aus aufgenommen: Drei Minuten nach dem Triebwerksausfall brennt das Triebwerk immer noch. (NTSB Timeline)

Was ist passiert?

Die Boeing 777 war mit zwei Pratt & Whitney (P&W) PW4077 ausgerüstet. Jedes Triebwerk hat einen Maximalschub von ca. 36,3 Tonnen. Der Fandurchmesser beträgt 2,85 m. Und eines dieser riesigen Fan-Blades war gebrochen. Ich habe in meinem Artikel „A380-Unfall über Singapore“ (*Pilot und Flugzeug* 2023-09 und 2023-10) ausführlich über die Zulassungskriterien moderner Strahltriebwerke berichtet. Um einen katastrophalen Unfall zu verhindern, müssen diese Triebwerke so konstruiert sein, dass eine abgebrochene Fan-Schaukel auch bei Startleistung das Triebwerk nicht durchschlagen darf. Die Schaukel muss vom Triebwerk aufgehalten (contained) werden. Dass das funk-

tioniert, muss der Hersteller mit einem sog. Blade-out-Test bei voller Startleistung demonstrieren.

Das „Containment“ der Schaukel hat bei diesem Triebwerksausfall funktioniert. Die bei hoher Leistung gebrochene Fan-Schaukel wurde im Triebwerk aufgefangen. So konnten keine Teile den Rumpf oder die Tragfläche durchschlagen. Allerdings zerlegte sich das Triebwerk durch die gewaltige Unwucht größtenteils: Die Cowling ist weggefliegen, die Reverserpanels und alle möglichen äußeren Teile. Entlang des Flugwegs der Maschine zurück nach Denver regneten die Trümmer über einer Fläche von 16 Hektar auf die Stadt und einen Park herunter. Ein Fahrzeug wurde getroffen und ein Gebäude beschädigt. Verletzt wurde zum Glück niemand.



FBO + 11 Minuten (FBO = Fan Blade Out). Kurz danach erlosch im Cockpit die Fire Warnung – aber nicht das Feuer ...

NTSB Timeline

Eine gute Crew wird nicht erwähnt

Nach dem Motorausfall flog die Crew ein weites Pattern zurück nach Denver, landete und stoppte 21 Minuten nach dem Motorausfall sicher am Ende der Runway 26 (3.660 Meter lang). Die Crew stellte das verbliebene linke Triebwerk ab und die Feuerwehr ertränkte das rechte 40 Minuten lang mit Wasser und Löschschaum. Dann wurde das Flugzeug von der Bahn geschleppt. Die Passagiere konnten über Treppen aussteigen und wurden mit Bussen zum Terminal gebracht. Außer am Triebwerk entstanden auch am Rumpf Schäden durch herumfliegende Trümmerstücke.

Im NTSB-Bericht wurden die Aktionen der Crew mit keinem Wort kommentiert. Das ist immer ein gutes Zeichen. Ich erinnere mich gut, dass wir ähnliche Szenarien sowohl auf Boeing 737 als auch auf dem A380 im Simulator trainiert habe: Ein Quick Return bei maximalem Startgewicht. Ich denke, dass so etwas auch bei United zum Programm gehörte.

Es tut gut auch mal zu lesen, dass alles gut gegangen ist, weil eine Crew einfach das gemacht hat, was erforderlich war. Und das exakt nach den Verfahren. Und in guter Zusammenarbeit im Cockpit. Es muss ab und zu erwähnt werden: Auch schwierige Notfälle lassen sich durch normale, gut geschulte Piloten beherrschen.

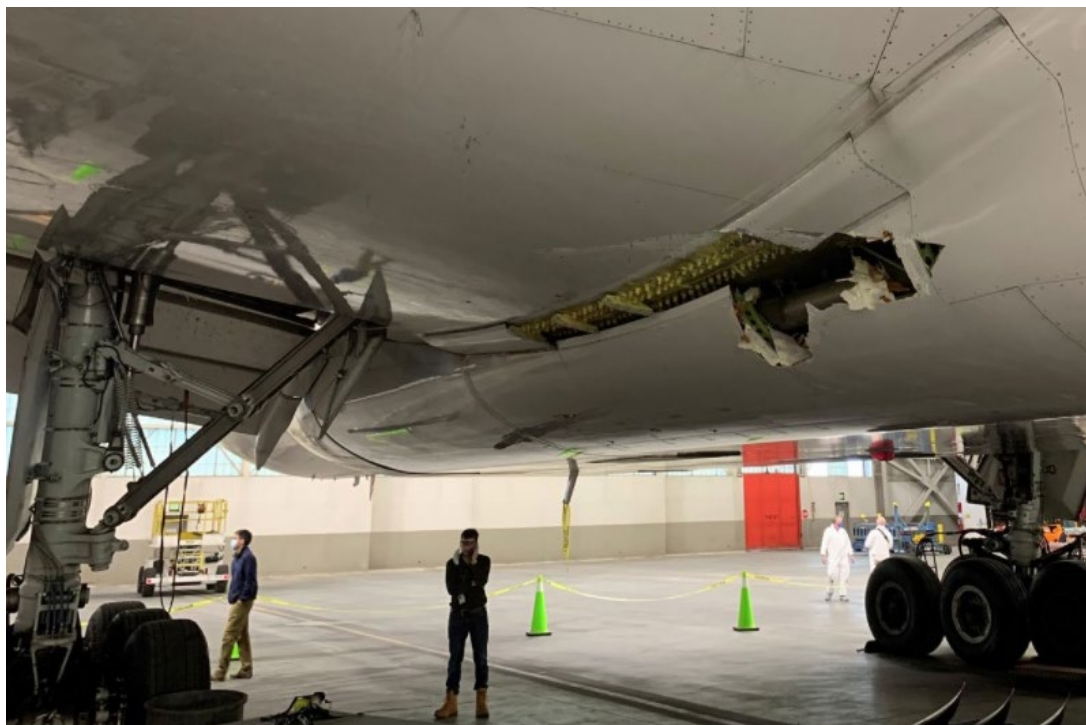
Das NTSB ermittelt

Das NTSB lief unmittelbar nach dem Unfall zu Hochtouren auf. Bei denen klingelten alle Alarmglocken. Denn der United Unfall war das vierte Fan-Blade-out-Event bei einem P&W PW4077 Triebwerk. Ein Ereignis, das eigentlich so gar nicht hätte passieren dürfen. Immerhin hat der Hersteller ein aufwendiges Inspektionsprogramm aufgelegt, das Schäden an den Fan-Blades erkennen sollte, bevor sie sich im Flugbetrieb auswirken.

Außerdem verhielt sich das Triebwerk nach dem Fan-Blade-out-Event ganz anders, als nach den Zulassungskriterien erlaubt war. Werfen wir also mal einen Blick auf das Fan-Blade und die Schäden am Triebwerk, die nach dem „Fan-Blade-out“ entstanden waren.

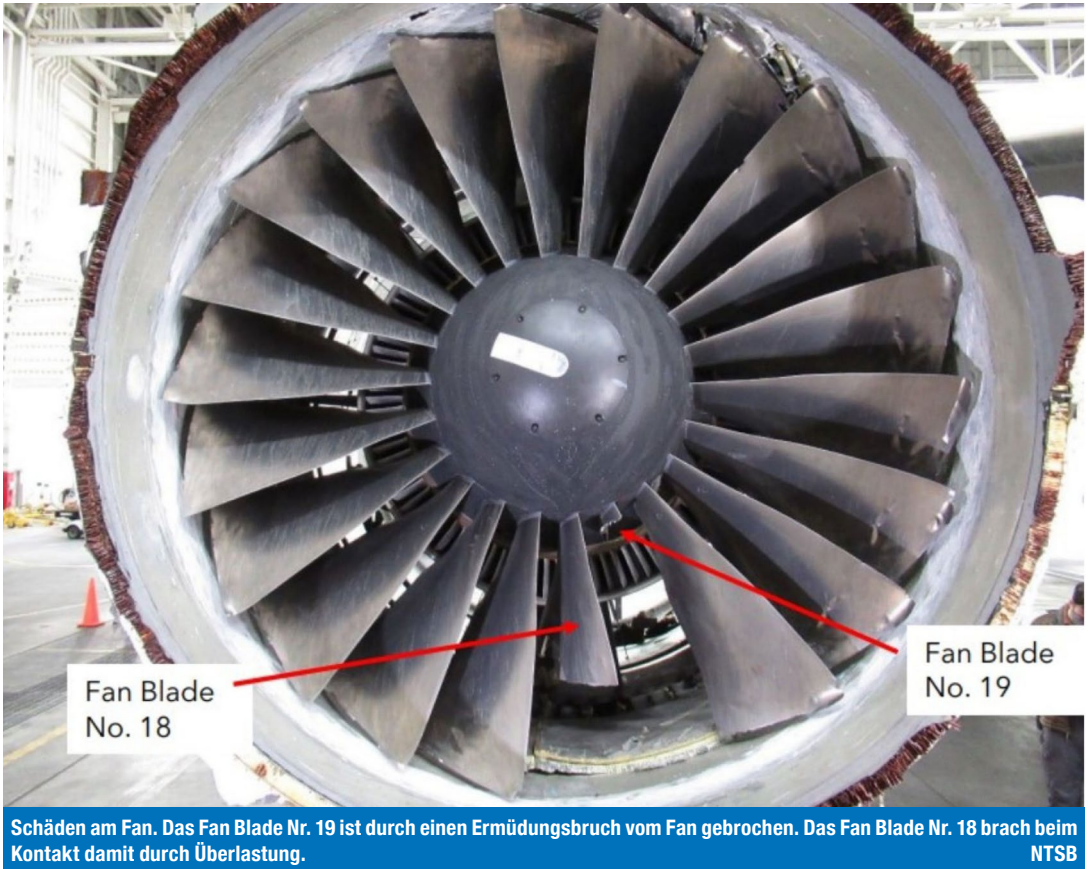
Die Inspektionsverfahren für die Fan-Schaufeln

Moderne Strahltriebwerke bleiben heute sehr lange am Flugzeug. Um Schäden zu erkennen, bevor sie sich auswirken, gibt es zwei bewährte Methoden. Zum einen das Inflight Monitoring. Dabei werden sämtliche Triebwerksdaten in Realtime überwacht und über Satellit an die Maintenance übertragen. Dabei werden weit mehr Daten übertragen, als von den Piloten im Cockpit abrufbar sind. So kann z.B. Verschleiß von Turbinenschaufeln durch langsame Erhöhung der EGT und Änderung anderer Triebwerksparameter überwacht und Maßnahmen eingeleitet werden, bevor das Triebwerk im Betrieb ausfällt.



Durch herumfliegende Trümmerteile des Motors wurde auch der Rumpf der United Airlines B777 beschädigt.

NTSB



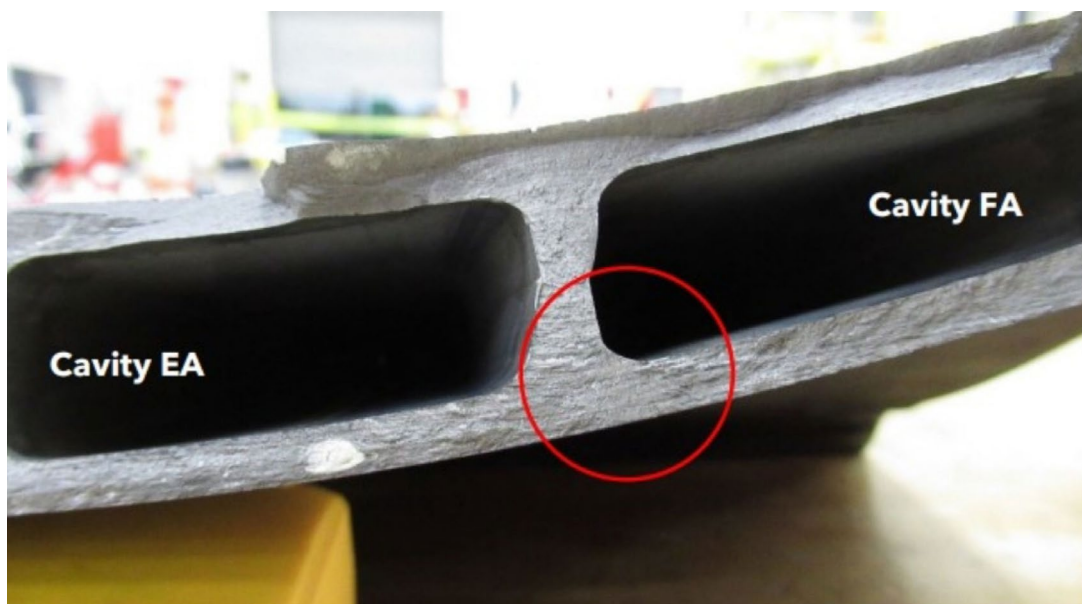
Die zweite Methode ist die Inspektion und Überholung von Bauteilen, die nach bestimmten Wartungsintervallen erfolgen.

Beginnende Haarrisse in den Fan-Schaufeln z.B. können nur durch solche Inspektionen entdeckt werden. Pratt & Whitney hat für die Fan-Blades eine Überholung alle 6.500 Cycles (also i.d.R. alle 6.500 Flüge) vorgeschrieben. Die Fan-Schaufeln können so lange weiterverwendet werden, wie sie ohne Mängel diese Inspektionen durchlaufen. Das gebrochene Fan-Blade bei dem Unfallflug war zusammen mit den anderen aus diesem Blade-Set bereits zweimal durch die Überholung gegangen. Einmal 2014 und dann

nochmal 2016. Die letzte Überholung der Fan-Blades erfolgte 2.979 Cycles vor dem Versagen.

Von dem gebrochenen Fan-Blade #19 wurde ein Stück im Trümmerfeld unter dem Flugweg gefunden, das mit der Teilenummer identifiziert werden konnte.

Eine metallurgische Untersuchung der Bruchstelle ergab, dass das Blatt entlang eines offenbar schon länger vorhandenen Ermüdungsbruchs (Haarriss) gebrochen war. Im Blatt fand man auch weitere Haarrisse. Bevor das NTSB überhaupt fertig ermittelt hat, wurde daher per emergency airworthin-



Bruchstelle des Fan Blades Nr. 19. Es wurde ein Haarriss gefunden, der auf Materialermüdung zurückgeführt werden konnte. An einer Stelle wurde ein Problem bei der Fertigung identifiziert, das zu einem engeren Radius im Material als vorgesehen geführt hatte. In Folge erhöhte sich der Stress in dem Bereich um 30 %. Die Lebensdauer (fatigue life) verringerte sich in Folge um 50 %. NTSB

ess directive für alle mit diesem Triebwerk ausgerüstete Boeing 777 ein Flugverbot verhängt. Vor dem nächsten Flug musste eine einmalige Fan-Blade-Inspection durchgeführt werden.

Bei der Überholung eines Fan-Blades wird zunächst eine Schutzschicht auf der Schaufel entfernt. Dann wird das Blatt einer fluorescent penetrant inspection (Farbeindringprüfung) unterzogen. Damit können im UV-Licht Haarrisse an der Oberfläche sichtbar gemacht werden. In einem weiteren Schritt wird das Blatt visuell auf andere Schäden überprüft. Da die Fan-Blades hohl sind, können Risse in den Hohlräumen so nicht entdeckt werden. Pratt & Whitney hat daher ein patentiertes Verfahren entwickelt, das auch diese Risse erkennt: die sog. thermal acoustic imaging (TAI) inspection. Dabei

wird die Turbinenschaufel mit Schallwellen beaufschlagt, die die Schaufel zu Schwingungen anregen. In Haarrissen im Inneren kommt es durch höhere Reibung zu Erwärmung, die im Infrarotbild sichtbar gemacht werden kann.

Die computergestützte Auswertung der IR-Bilder erfordert viel Erfahrung. Wird ein Defekt erkannt, wird das Teil aussortiert. Manchmal gibt es jedoch einen unklaren Befund, wie ein Schatten auf dem Bild einer CT-Untersuchung beim Arzt. Für so einen Fall war ein Verweis an einen anderen Ingenieur, ein Team Review und eventuell ein anderes Untersuchungsverfahren vorgesehen. Bei der nochmaligen Auswertung der Bilder der letzten Inspektion wurde ein solcher unklarer Befund festgestellt, doch es konnten keine Unterlagen für einen Team

Review oder eine andere Untersuchung gefunden werden.

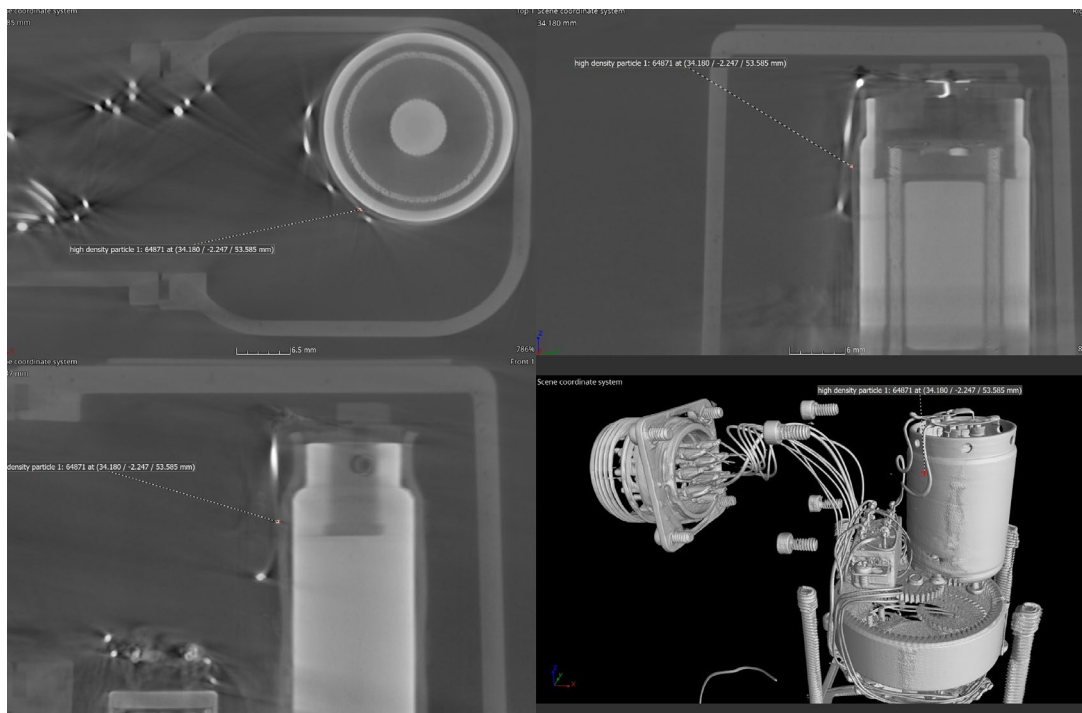
Infolge der angeordneten Untersuchungen an den anderen Triebwerken wurden weitere Haarrisse gefunden, die die Inspektionsintervalle in Frage stellten. Nach Wiederinbetriebnahme der Triebwerke wurden daher die Inspektionsintervalle von 6.500 auf 1.000 Cycles reduziert.

Schäden am Triebwerk nach dem Fan-Blade-out-Event

Durch die gewaltige Unwucht nach dem Verlust des Fan-Blades brachen beim Run-down nach der automatischen Not-Abschaltung Teile der Halterung der Triebwerks-

verkleidung. Mit einer raschen Kettenreaktion warf das Triebwerk die aerodynamische Einlassverkleidung des Motors sowie sämtliche Triebwerksverkleidungen ab. Ein Vorgang, den die Zulassungskriterien eigentlich nicht erlauben. Bei dem spektakulären, millionen-teuren Fan-Blade-out-Test war das nicht passiert. Das initial gebrochene Teil war jedoch bei der Zulassung des Triebwerks aus Metall gewesen, in späteren Triebwerksversionen jedoch aus CFK, also aus kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff. Hier wurde eine Modifikation des Triebwerks vorgeschrieben.

In der Zerstörungskaskade von vorne nach hinten wurden auch die Reverser abgerissen



Um dem Versagen des Engine Driven Pump (EDP) Shutoff Valve auf die Spur zu kommen, wurde das Hydraulikventil mit 12.609 Computertomografie (CT)-Aufnahmen digitalisiert. In den daraus gewonnenen 3D Rekonstruktionen konnten die für das Versagen des Ventils verantwortlichen Fremdkörper identifiziert werden. Am Ende wurde das Ventil nicht modifiziert, sondern es wurden Wartungsintervalle eingeführt, um die Funktion regelmäßig zu prüfen.

NTSB

und regneten auf die Stadt hinunter – ebenfalls nach der Zulassung für diesen „Fehler“ nicht zulässig. Ein weiterer Schaden – die Zerstörung aller Bolzen am sog. K-Flansch – erlaubten heißen Triebwerksgasen den Austritt aus dem Inneren des Motors, eine Zündquelle für ein Feuer außerhalb des Bereiches, den die Feuerlöscher erreichen konnten. Der lose K-Flansch löste zudem die Main Accessory Gearbox; der daran befestigte Servo Fuel Heater schlug mit Gewalt gegen den Fuel Oil Cooler und wurde so leck geschlagen. Treibstoff unter hohem Druck trat aus und wurde von den 540 °C heißen Triebwerksgasen entzündet. Das Feuer löste die Feuerwarnung im Cockpit aus. Zwar stoppte die Treibstoffzufuhr mit dem Abstellen des Triebwerks und der Betätigung des Engine Fire Switch, aber Hydrauliköl aus einer ebenfalls leckgeschlagenen Leitung verhinderte das Erlöschen des Feuers. Das Feuer breitete sich im Triebwerk aus und zerstörte nach ca. sechs bis neun Minuten eine Barriere im Bereich der Schubumkehr, die nach den Zulassungskriterien einem Feuer für 15 Minuten hätte standhalten müssen. Zudem wurde das Fire Detection System so beschädigt, dass die Feuerwarnung erlosch, obwohl das Feuer weiter brannte.

Das NTSB fand später das Hydraulic Shutoff Valve geöffnet vor, das mit der Betätigung des Engine Fire Switches eigentlich hätte schließen müssen. Als Grund für das Versagen des Ventils fand man Verunreinigungen an den Bürsten des Valve Motors. Alle diese Erkenntnisse führten zu umfangreichen Veränderungen am Triebwerk. So wurden Bauteile verstärkt und Testintervalle für das Schließen des Hydraulic Shutoff Valves eingeführt.

Warum solche Unfälle für Piloten von Interesse sind

Unfälle wie dieser zeigen, dass gravierende Systemausfälle auch bei den modernsten Strahltriebwerken vorkommen können. Zwar sind die Zeiten vorbei, als für das „beste dreimotorige Flugzeug“, die Lockheed Super Constellation, an jeder Station ein Ersatztriebwerk vorgehalten wurde. Echte Triebwerksausfälle schulten damals regelmäßig besser als jede Simulator-Session. Heute dürfen sich die Piloten nicht der Illusion hingeben, dass die moderne Technik schwerwiegende Probleme verhindern kann. Auch die Statistik hilft nicht viel: Selbst das zuverlässigste Triebwerk kann grade auf Ihrem Flug ausfallen, auch im ungünstigsten Moment.

Weil das aber in der Regel nicht so häufig passiert, ist regelmäßiges Training im Simulator besonders wichtig. Und nicht nur das: Auch die mentale Vorbereitung vor jedem Flug sollte immer die Möglichkeit eines Triebwerksausfalls mitberücksichtigen. Das kommt vor allem zum Tragen, wenn schlechtes Wetter im Spiel ist. Was machen Sie, wenn die SID frei von Wetter ist, jedoch die Engine-out-Abflugstrecke voller Gewitter steht?

Man kann immer etwas besser machen

Warum kann man etwas von Kollegen lernen, auch wenn alles super gelaufen ist? Zum einen natürlich, weil es nichts gibt, was man nicht noch besser machen könnte. Und zum anderen aber, weil es vielleicht auch Glück war, dass bei einem Zwischenfall wie diesem nicht Schlimmeres passiert ist. Ich

möchte daher auf zwei Aspekte hinweisen, über die man im stillen Kämmerlein mal nachdenken sollte: Die Wahl der Runway bzw. des Flughafens für die Landung nach einem Notfall und die Wahl des Flugweges nach schweren Schäden am Flugzeug.

Die Wahl der Runway und des Flughafens bei Notfällen

Interessanterweise wird bei den Airlines beim Departure Briefing exakt der Flugweg besprochen, der nach einem Triebwerksausfall beim Takeoff geflogen werden soll. Das macht auch Sinn, denn häufig ist nur entlang dieser Strecke die Hindernisfreiheit garantiert. Aber wie geht es danach weiter? Das wird nicht gebrieft. Und zwar deshalb, weil es viel zu viele Möglichkeiten gibt, wie danach weiter verfahren werden kann.

Wenn es brennt, wie in diesem Fall, wird man nirgends anders hinfliegen wollen. Es kann aber sein, dass das Wetter gar keine sichere Rückkehr zulässt (z.B. Start mit starkem Gegenwind und auf dem Endanflug der Runway steht ein dickes Gewitter).

Früher sind wir immer davon ausgegangen, bei einem Triebwerksausfall wieder am Abflugflughafen zu landen. Das ist aber eher dem Simulator-Training geschuldet. Wenn man im Simulator erst noch lange drüber diskutieren würde, wo man landen sollte, geht wertvolle Trainingszeit verloren.

Tatsächlich sollte – außer in Notfällen wie diesem in Denver – erst mal in sicherer Höhe und auf einem sicheren Flugweg ein FORDEC gemacht werden:

FORDEC

- Facts
- Options
- Risks & Benefits
- Decision
- Execution
- Check

Man sieht: Wenn man gleich von Anfang an sagt: „Wir fliegen zurück!“, dann hat man schon drei wichtige Punkte dieser Methode zur strukturierten Entscheidungsfindung übersprungen. Und zwar ohne alle Fakten zu kennen, ohne sich die Optionen anzusehen und ohne Abwägung möglicher Risiken. Aus diesem Grund sind wir in den letzten Jahren meiner fliegerischen Tätigkeit auf dem Airbus A380 dazu übergegangen, bei Abnormals – und dazu gehört bei einem viermotorigen Flugzeug ein „einfacher“ Engine Failure – erst mal in Ruhe der SID und der ATC-Freigabe zu folgen. Das entspannt ungemein. Der erste Punkt „Fly the Aircraft“ ist damit schon mal abgehakt. Nun kann man sich dem Abnormal Procedure widmen. Wenn Zeit ist, kann man ATC auf das Problem hinweisen. Aber das triggert sofort die Frage: „What are your intentions?“ Also die Frage nach einer Decision, wenn wir noch bei der Checkliste sind und noch nicht mal mit dem „F“ von FORDEC angefangen haben. Es bietet sich an, diese Frage erst mal mit „Standby“ zu beantworten.

So vorzugehen hat sich bewährt. Wir hatten schon Situationen trainiert (ohne Triebwerksausfall), da sah es nach dem Start in Frankfurt wegen eines Abnormals nach einer notwendigen Rückkehr aus. Aber nach gründlichem FORDEC und Rücksprache mit der Technik über Satphone wurde dann hin-

ter Köln entschieden, den Flug über den Atlantik fortzusetzen.

Wie passt das zu dem Vorfall in Denver? Die Crew hätte bei einem nicht so gravierenden Problem sicher ein gründliches FORDEC gemacht. Soll man nun, wenn's brennt, einfach auf FORDEC verzichten und einfach wieder landen? Das wäre ein Shortcut, der u.U. hohe Risiken birgt, wie man an dem unüberlegten Quick Return und Crash des Aeroflot Superjet in Moskau 2019 sehen konnte.¹

Für einen Quick Return empfiehlt es sich, vor jedem Start bereits ein kurzes FORDEC zu machen, auch wenn man noch gar nicht alle Fakten kennen kann, z.B.:

Facts:

1. Wenn man sofort zurückkehrt, ist man möglicherweise weit über dem Maximum Landing Weight und benötigt eine lange Landestrecke.

1) Siehe dazu mein Artikel „Superjet – Anatomie eines Flugunfalls“ Teil 1 und 2, [Pilot und Flugzeug](#) 2019-10 und 11

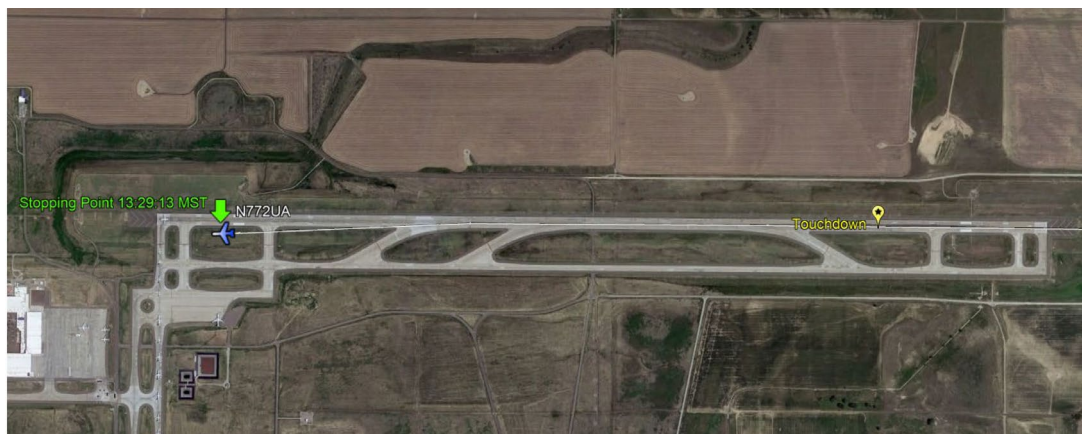
2. Das Wetter ist schon bekannt.
3. Die ATIS ist bekannt mit der Runway in Use.
4. Das Runway Layout und die Bahn-längen sind bekannt.

Options:

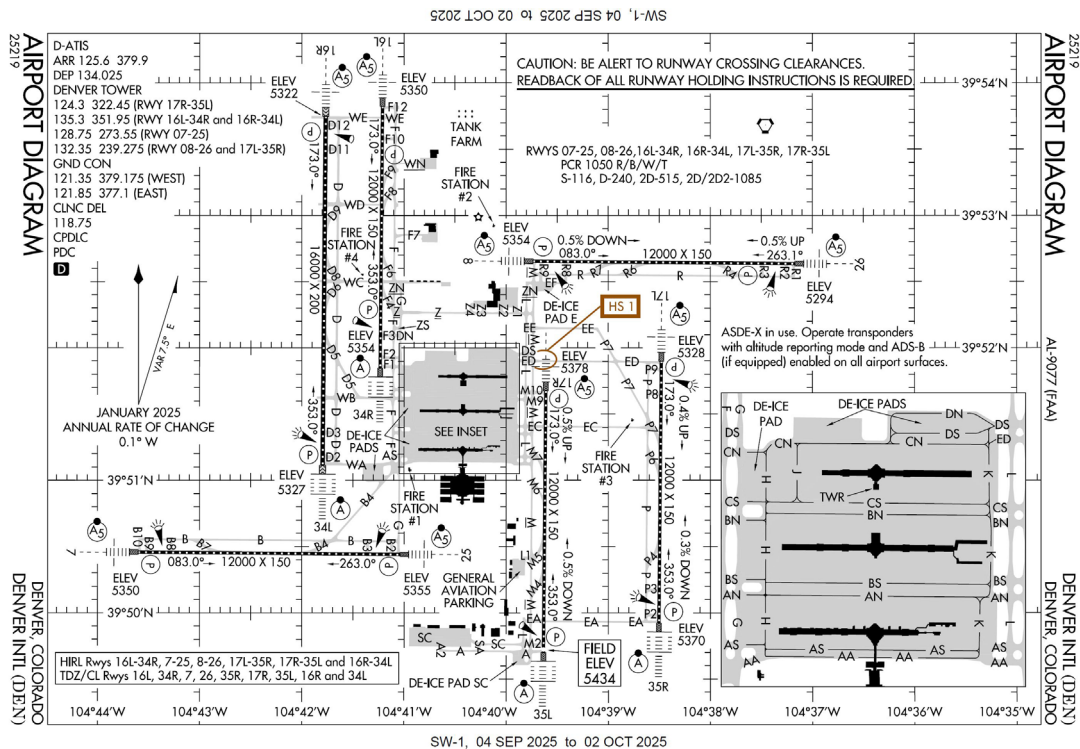
1. Die Runway auf der ATIS
2. Die längste Runway
3. Die breiteste Runway

Risks & Benefits

1. Ist die ATIS Runway die sicherste Variante?
2. Die ATIS Runway ist seitens ATC die einfachste Variante.
3. Die längste Runway würde u.U. den ganzen Verkehr durcheinanderbringen.
4. Die längste Runway hätte den besten Stop-Margin.
5. Bei der breitesten Runway kommt die Feuerwehr besser ans Flugzeug.



21 Minuten nach dem Fan-Blade-out-Event kam die Boeing 777 nahe dem Ende der Bahn zum Stillstand. Wie man im Simulator öfter sehen kann, wird eine Overweight-Landung eher lang, denn ein hartes Aufsetzen kann man sich nicht erlauben. Hier setzte die Maschine nahe dem Ende der Touchdown Zone auf. Eine 1.200 Meter längere Landebahn hätte es gegeben, diese wurde von der Crew aber nicht genutzt. NTSB



Denver Airport Diagram. Die mit 4.877 Metern längste Runway wurde von der United Crew nicht genutzt.

FAA

Was könnte nach diesen Überlegungen für den Denver-Fall die beste (sicherste) Decision sein? Das Wetter war VFR mit 10 Meilen Sicht, der Wind 180° mit 5 Knoten, die Temperatur 13 °C, Denver, der „mile-high-airport“, hat eine Platzhöhe von 5.404 Fuß, was im Anflug zu einer hohen TAS und Ground Speed und damit zu einer langen Landestrecke führen würde.

Die United Crew ist ein klassisches rechteckiges Pattern geflogen. Offenbar hat sie sich für die ATIS Runway entschieden oder die von ATC angebotene Bahn einfach akzeptiert. Wäre eine andere Runway sicherer gewesen? Gelandet ist die B777 auf der Bahn 26 (3.657 Meter lang, 45 Meter breit). Seitenwind 5 Knoten, minimaler Tailwind.

Denver hat aber noch eine längere Bahn, die Runway 16R (4.877 Meter lang, 60 Meter breit). 5 Knoten Gegenwind, kein Seitenwind. Diese Runway 16R hätte ich bevorzugt. Man muss aber wissen, dass so ein Request großen Aufruhr bei ATC auslöst. Unter Umständen muss bis zur sicheren Landung der Anflugverkehr auf die 26 unterbrochen werden. Aber das ist ein ATC-Problem. Denn mit dem Mayday Call macht die Crew auch darauf aufmerksam, dass von der Emergency Authority Gebrauch gemacht wird. Das ermöglicht es den Piloten, die sicherste Variante zu wählen, nicht die für den normalen Verkehr beste.

Ein einziges Mal habe ich so einen Request gemacht. Und gesehen, dass es funktioniert.

Man muss nur klarmachen, was man will. Das war mit einer Boeing 737 im Anflug auf Rom. Wir hatten einen zeitkritischen medizinischen Notfall an Bord. Neben der Runway auf dem Taxiway wartete bereits eine Treppe und ein Notarztswagen. Ich hatte einen Straight-in-Anflug verlangt, gegen die ATIS-Landerichtung. Zack, wurde der Verkehr beiseite gevectored und wir waren am Boden. Das hat den Verkehr nur minimal beeinträchtigt, aber dem Patienten sehr geholfen.

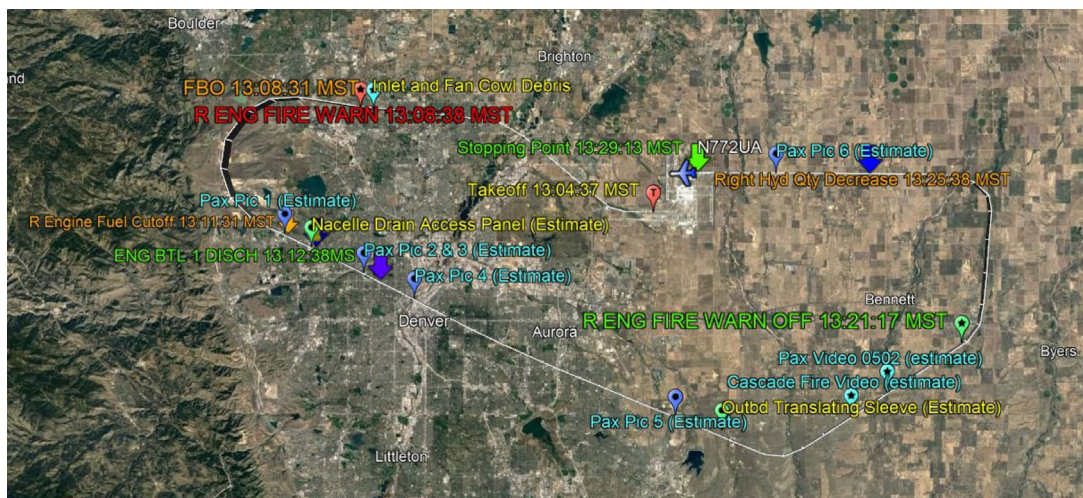
Scheuen Sie sich also nicht, im Notfall die Runway zu requesten, die am sichersten für das Problem ist. Die United 777-Crew in Denver hat Glück gehabt. In der Vergangenheit hat es immer wieder Vorfälle gegeben, bei denen sich der Status der Maschine nach schweren Schäden im weiteren Verlauf deutlich verschlechtert hat. Schlimmstes Beispiel ist der Absturz der brennenden Concorde in Paris, wo in schneller Reihenfolge ein System nach dem anderen ausgefallen ist. Auch bei der United 777 hat sich ein weiterer Systemfehler von der Crew unbemerkt angekündigt. Kurz vor der Landung hat das Feuer aufgehört, weil es keine Hydraulikflüssigkeit mehr gab. Das zugehörige Hydrauliksystem war dadurch ausgefallen. Mit unerwarteten Verschlechterungen muss man rechnen, wenn man überlegt, eine längere Runway abzulehnen.

Sollte man solche Überlegungen auch bei Flügen der Allgemeinen Luftfahrt anstellen? Auf jeden Fall. Es geht ja nicht nur um die Wahl der Runway, sondern auch um die Wahl des Flugplatzes. Ich möchte dazu ein Beispiel aus meiner Flugschulzeit bringen (1979, Phoenix Arizona).

Wir waren auf einem Team-Flug, zwei Flugschüler, mit einer Beechcraft Baron unterwegs von Litchfield (heute Phoenix-Goodyear) nach Kingman, Arizona. Ein Platz mit vielen Runways, aber damals so tot wie die Wüste drumherum. Als wir das Fahrwerk ausfahren, blieb ein Main Landing Gear Light auf ROT. Nicht gut. Wir fuhren das Fahrwerk ein und wieder aus, probierten die Manual Gear Extension, ohne Erfolg. Jetzt wollten wir doch nicht mehr in Kingman landen, weil sich im Funk niemand meldete. Was nun? Wir wussten, dass andere Baron Crews aus unserem Lehrgang in dieselbe Richtung unterwegs waren. Also flogen wir Richtung Needles, California. Das war ein Platz am Colorado River, den wir kannten. Außerdem gab es dort eine Flight Service Station. Über Funk konnten wir tatsächlich zwei Lehrgangskollegen in ihrer Baron erreichen und wir verabredeten uns über der Needles VOR im Holding Pattern für einen visuellen Gear Check (Ich weiß bis heute nicht, wie dicht die damals unter uns geflogen sind, um nachzusehen). Das Fahrwerk sah normal aus. Wir landeten anschließend – nach der anderen Baron – in Needles. Das Fahrwerk hielt.

Die Kollegen flogen weiter und wir waren gegroundet, bis eine andere Baron mit Fluglehrer und Mechaniker kam. Mit dem anderen Flugzeug sind wir dann zurückgeflogen ...

Diese Geschichte hatte ich früher oft erzählt. Aber erst 30 Jahre später hat ein Kollege gefragt: „Warum seid ihr nicht einfach von Kingman nach Litchfield zurückgeflogen?“ Homepage, Platz mit Feuerwehr und Maintenance! Das war eine gute Frage, die zeigt,



Oben: Der gewählte Flugweg nach der Explosion führte mit brennendem Triebwerk mitten über Downtown Denver ...
Unten: Ein verbranntes Thrust Reverser Panel. Eines der vielen Triebwerksteile, die über viele Meilen verstreut unter dem Flugweg der Boeing 777 gefunden wurden. **NTSB**



dass wir kein vollständiges FORDEC gemacht hatten (den Begriff kannten wir

damals noch nicht). 30 Jahre lang hat niemand diese Frage gestellt, obwohl alle Kol-

legen in derselben Gegend fliegen gelernt hatten.

Die Wahl des Flugweges bei gravierenden Schäden am Flugzeug

Hatte die United Crew Glück gehabt, dass die Runway-Länge für die Landung ausgereicht hat, so hatten auch die Menschen in Denver selbst Glück gehabt, dass niemand bei dem Unfall zu Schaden oder gar ums Leben gekommen ist.

Die Crew hat es so gemacht, wie es meist im Simulator gehandhabt wird. Mit einem Feuer an Bord empfiehlt sich eine schnelle Rückkehr. Also wird die Crew wahrscheinlich nach einem Vektor zum Final gefragt haben. Und ATC wird es wahrscheinlich so gemacht haben wie immer: Auf einem üblichen, dem normalen Pattern entsprechenden Track. Beide – Crew und ATC – haben jedoch einen Punkt übersehen. Der gewählte Flugweg führte mitten über Downtown Denver, über dichtbesiedelte Stadtviertel. Dabei verlor das Flugzeug ständig Teile, die Menschen hätten töten können. Nur zufällig wurde niemand getroffen.

Als Pilot sollte man sich immer darüber im Klaren sein, wo entlang des Flugwegs die großen Ballungszentren liegen. Das ist nicht immer einfach, denn auf den IFR-Karten sind die Stadtzentren selten eingezeichnet. Dennoch gehört deren Lage zur Situational Awareness auch bei IFR-Flügen. Bei schweren Schäden und bei Feuer an Bord sollte man einen Überflug unbedingt vermeiden.

In Denver hätte ein Abdrehen nach Norden den Überflug des Stadtzentrums vermieden

und die Maschine gleichzeitig zum Endanflug auf die längste Landebahn geführt.

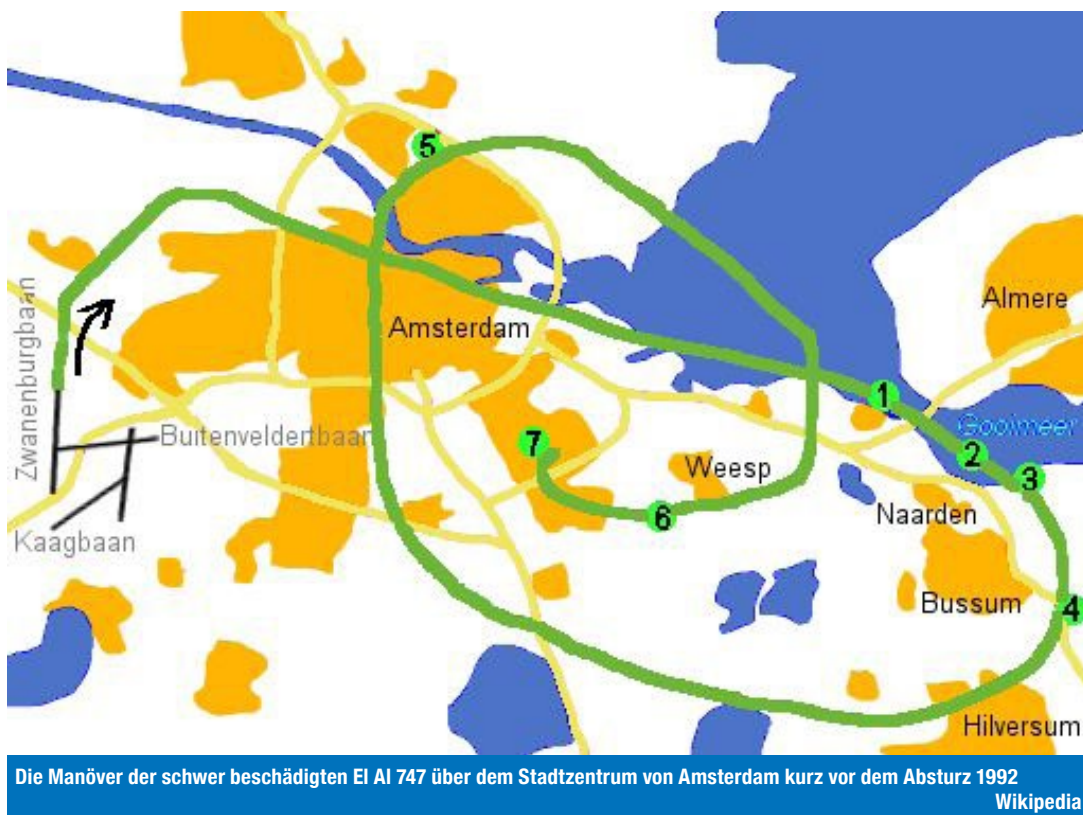
Ein Ignorieren solcher Vorsichtsmaßnahmen kann auch zur Katastrophe führen. So geschehen 1992, als ein El Al Boeing-747-Frachter in einen Wohnblock in Amsterdam stürzte. Die Maschine hatte im Abflug zwei Triebwerke auf der rechten Seite verloren. Die Tragfläche – unbemerkt von der Crew – war so beschädigt, dass im Anflug die Vorflügel nicht ausfuhren. Die Maschine kippte über die rechte Tragfläche ab und stürzte in ein Wohngebiet.

Nach dem doppelten Triebwerksausfall, verbunden mit weiteren Systemausfällen, hatte die Maschine im Anflug das Stadtzentrum von Amsterdam überquert. Beim zweiten Überflug von dicht besiedeltem Gebiet ereignete sich der tödliche Stall. Alle vier Crewmitglieder kamen ums Leben sowie 43 Personen in dem getroffenen Wohnblock. Zudem gab es zahlreiche Verletzte am Boden.

Das Netherlands Aviation Safety Board hatte in seinen Final Accident Report insgesamt zehn Safety Recommendations veröffentlicht. Eine davon lautete:

„Expand the training of pilots and ATC personnel to include the awareness that in the handling of emergency situations not only the safety of airplane/passengers but also the risk to third parties especially residential areas should be considered.“

Leider hat diese Empfehlung wie so viele andere Sicherheitsempfehlungen keinen Eingang in das Pilotentraining bei den Airlines gefunden. Daher möchte ich an dieser Stelle



dringend empfehlen, sich über dieses Thema grundsätzlich Gedanken zu machen.

Militärpiloten sind bei diesem Thema sensibilisierter. Es gibt sogar Berichte über Piloten, die ihr Leben verloren haben, weil sie zuerst versucht haben, bewohntes Gebiet zu vermeiden, bevor sie ausgestiegen sind. Über ein ganz knapp ausgegangenes Ereignis dieser Art habe ich in meiner Biografie von Dick Rutan berichtet.² Über seinen Anflug mit schwer beschädigtem Triebwerk hatte ich dort geschrieben:

„Immer noch im strömenden Regen bekam er in 800 Fuß Bodensicht und sah

eine kleine Ortschaft vor sich, als das Triebwerk explodierte. Er nahm die Nase hoch, wählte noch schnell etwas Querrudertrimm nach links und schoss sich raus. Das Letzte, was er im Cockpit sah, war ein Meer von roten Warnlichtern. Dann hing er an seinem Fallschirm klatschnass in den Bäumen ...“

Hier stellt sich wieder die Frage, ob das Thema für die Allgemeine Luftfahrt relevant ist, vor allem für kleine einmotorige Flugzeuge. Auf jeden Fall!

Auch für Segelflieger ist das Thema von Bedeutung. Ich möchte dazu von einem schweren Flugunfall während meiner Segelflieger-Zeit berichten. 1976 fand sich einer

2) Dick Rutan 1938–2024: Vietnam Veteran, Testpilot, Rekordflieger
(*Pilot und Flugzeug* 2024-06)



Absturzstelle der EI Al 747 in Amsterdam 1992

Jos Wiersema / Wikipedia

meiner jungen Fliegerfreunde in seiner Ka 8 an der dem Flugplatz abgewandten Seite der Ortschaft viel zu tief wieder. Er hoffte, den Platz noch erreichen zu können, aber das gelang nicht. An einer Straßenlaterne wurde ein Großteil einer Tragfläche abgetrennt, das Flugzeug stürzte unkontrollierbar in die Gärten am Ortsrand. Zum Glück überlebte unser Freund ohne schwere Verletzungen.

Segelflieger befinden sich öfter in der Situation, entscheiden zu müssen, ob sie eine Ortschaft oder ein Waldgebiet sicher überfliegen können. Hier ist es unbedingt erforderlich, auf Nummer sicher zu gehen. Wenn nur die geringsten Zweifel bestehen, dass man sicher darüber hinwegkommt, sollte man drumherum fliegen. Auch wenn das bedeutet, dass eine Außenlandung erforderlich wird. Sogar dann, wenn eine Außenlandung in beengtem oder vielleicht sogar ungeeignetem Gelände nötig wird. Denn eine „Landung“ in einer Ortschaft oder in einem

Wald dürfte die größeren Risiken mit sich bringen.

Ich selbst konnte diese Überlegungen schon damals während des 50 km Überlandflugs für meine Segelflugglizenz von Hangelar nach Aachen Merzbrück anstellen: Vor mir lag ein ausgedehntes Waldgebiet, bei dem ich mir nicht sicher war, ob ich hoch genug für einen Überflug war. Eine Freigabe durch die Kontrollzone von Nörvenich wurde mir verweigert. Daher flog ich auf der Suche nach Aufwind vor dem Waldgebiet hin und her, bis eine Außenlandung auf einem Acker erforderlich wurde (hat trotzdem gereicht: die 50 km hatte ich geschafft).

Doch nun zu denselben Überlegungen bei einmotorigen Flugzeugen, wenn der Motor unzuverlässig arbeitet. Mir fällt dazu Mannheim ein, wo der Anflug auf die Bahn 09 über das dicht bebaute Stadtzentrum, über Gewerbegebiete und eine vollständig mit

Fahrdrähten verspannte Eisenbahnanlage führt. Aus dieser Richtung bin ich mit meiner Arrow oft angefliegen. Bei einer Motorstörung, das hatte ich mir fest vorgenommen, hätte ich den Anflug nicht fortgesetzt, sondern die Gegend entlang des Rheins verlassen. In der Hoffnung, freies Gelände oder einen anderen Flugplatz erreichen zu können. (Übrigens hatte ich in meiner Arrow immer Schwimmwesten dabei, man weiß ja nie ...)

Es gibt dazu ein tragisches Beispiel. Am 31. Mai 2025 fand sich eine erfahrene 71-jährige Bonanza-Pilotin im Anflug auf Mönchengladbach offenbar mit einer Motorstörung konfrontiert. Über Langen hatte sie einen Notruf abgesetzt. Im langen Endanflug auf Mönchengladbach flog sie in ein Wohnhaus am Ortsrand von Kleinenbroich. Dabei kam sie

selbst sowie eine 84-jährige Hausbewohnerin ums Leben.

Es gibt Meldungen, der Pilotin sei die Sicht – wahrscheinlich durch Öl auf der Scheibe – beeinträchtigt gewesen. Das könnte den Flugweg auf den Ort zu erklären. Denn, falls sie noch Sicht nach rechts oder links gehabt hatte, hätte sie bis wenige Sekunden vor dem Crash gesehen, dass sie über freien Feldern flog.

Sollte Ihnen also z.B. bei einem Ölverlust die Sicht nach vorne versperrt sein, so ist es nicht so wichtig, den Gleitweg so lange wie möglich zu strecken. Viel wichtiger ist es, zu wissen, welches Gelände vor einem liegt. Das lässt sich unter Umständen durch S-Kurven feststellen, oder durch einen Slip. Auch wenn dadurch der Widerstand erhöht und der mögliche Flugweg verkürzt wird.



Blick auf Mannheim und die Bahn 09 hinter dem Stadtzentrum aus 2.000 Fuß

Google Earth Pro



Eine Beechcraft B36TC Bonanza kollidierte im Anflug auf Mönchengladbach mit einem Wohnhaus in Kleinenbroich. Rings herum wären freie Äcker für eine Außenlandung gewesen. Foto: Feuerwehr Korschenbroich

Auch die Piloten der Air India 171³ hätten mit einem Blick aus dem 787 Cockpit (Fluglage 8° Nose up) möglicherweise die Kollision mit den Gebäuden verhindern können. Gleich links davon war eine Strecke mit unbebautem Gelände. Wahrscheinlich war jedoch der Stresslevel im Cockpit so hoch, dass die Piloten mit den Augen im Cockpit waren, um den Restart der Triebwerke zu beobachten.

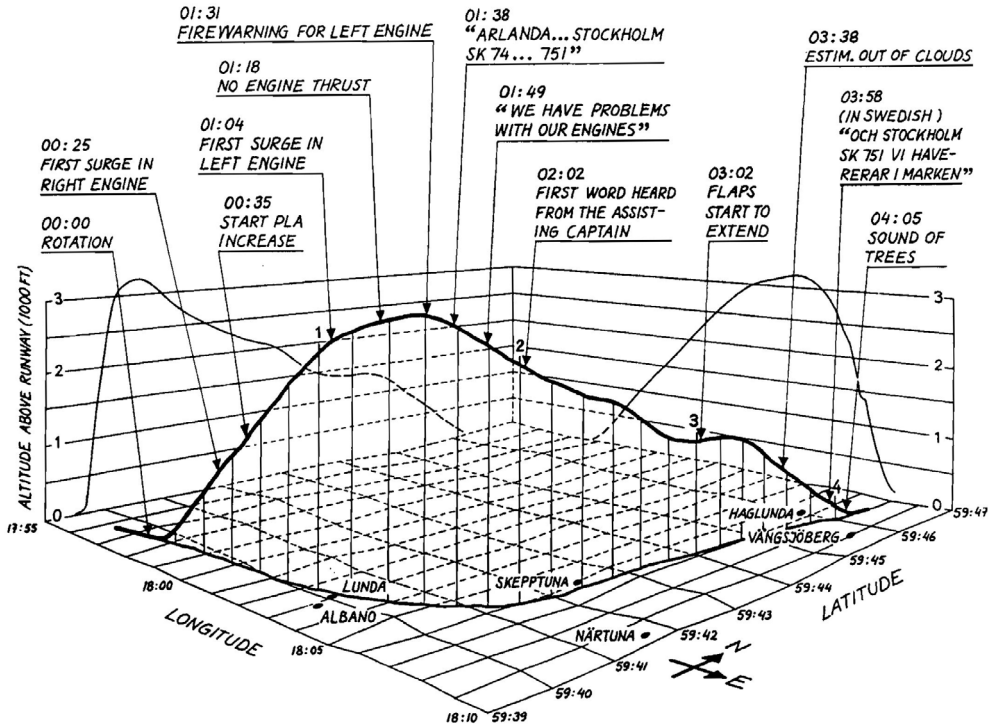
Eine kontrollierte Außenlandung auf freiem Gelände vergrößert die Überlebenswahr-

scheinlichkeit der Insassen enorm und verringert mögliche Opfer am Boden.

Eines der eindrucksvollsten Beispiele dafür lieferte der Unfall der SAS Douglas DC-9-81 (MD-81) am 27. Dezember 1991. Kurz nach dem Start in Stockholm waren beide Triebwerke ausgefallen. Der kurze Flug – zunächst in IMC – ist ein Musterbeispiel von „Fly the Aircraft!“. Alles andere wurde hier zurückgestellt. Ein mitreisender SAS-Kapitän eilte ins Cockpit und unterstützte die Crew. Seine Hilfe und die ruhigen Handlungen des Kapitäns trugen wesentlich dazu bei, dass so viele Menschen den Unfall überlebten.

3) Siehe dazu mein Artikel „Air India 171 Crash – mehr Fragen als Antworten“, Pilot & Flugzeug 2025-09

Flight path



Der kurze Flugweg der SAS MD-81 vom Start bis zur Außenlandung

Swedish Board of Accident Investigation

Der Kapitän auf dem Jumpseat forderte den Kapitän (Pilot Flying) mehrmals auf: „Look straight ahead.“ Und dieser machte genau das. Er flog das Flugzeug und stellte alles andere zurück. Erst unterhalb von 1.000 Fuß kam die Maschine aus den Wolken und der Kapitän fand sich über den verschneiten schwedischen Wäldern wieder. Das SHK, das Swedish Board of Accident Investigation, beschrieb diesen letzten Flugabschnitt wie folgt:

„When the aircraft was entirely clear of the cloud at 300 to 250 Meters (980 to 820 ft) the captain judged that a large field far to the right could not be reached. Instead he chose to attempt an

emergency landing in a field more or less in his direction of flight, northeast of Stockholm/Arlanda. During the Approach to the field the captain corrected his heading about 25° to the right to avoid houses further on in the intended direction of the landing.“

Siebzehn Sekunden vor dem Aufprall fragt der Erste Offizier „Shall we get the gear down?“ Kapitän Holmberg vom Jumpseat aus antwortete: „Yes, gear down, gear down.“⁴ 15 Sekunden später hörte man auf

4) Der Callout war korrekt: „Gear Down“ ist bei Verkehrsflugzeugen die richtige Konfiguration bei einer Forced Landing.



Das Wrack der SAS MD-81 nach der Außenlandung bei Stockholm. Die Unfalluntersuchung hat noch nicht begonnen, da sind schon Leute dabei, den Schriftzug „Scandinavian“ zu übermalen ...

Foto: TT News Agency via admiralcloudberg.medium.com

dem Cockpit Voice Recorder den Lärm des Kontakts mit den ersten Bäumen.

Kapitän Rasmussen am Steuer landete die Maschine in den Wald vor einer engen Schneise, das Flugzeug zerbrach dabei in drei Teile und kam im Schnee zum Stillstand. Es gab acht Schwer- und 84 Leichtverletzte. Alle 129 Insassen überlebten das Unglück. Unter dem Flugweg der SAS MD-81 wurden mehr als 500 Triebwerksteile gefunden. Und das waren nur etwa 30 % der fehlenden Teile. Allein das zeigt, wie wichtig es ist, nach schweren Störungen – wenn möglich – den Überflug von bebautem Gelände zu vermeiden.

Fazit

Der Triebwerksbrand der United Airlines 777 hat gezeigt, dass auch so ein gravierender Vorfall von einer ganz normalen Cockpit-Crew sicher beherrscht werden kann. Voraussetzung dafür ist natürlich gutes Training der Besatzung.

Glück gehabt hat die United Crew, dass die Landebahnlänge eben so ausgereicht hat. Daher ist es wichtig, sich mehr mit dem Thema Runway Selection auseinanderzusetzen. Bei Notfällen, die nicht zeitkritisch sind, ist möglicherweise ein anderer Flugplatz eine bessere Alternative. In England

haben Unfallanalysen ergeben, dass Crews der Allgemeinen Luftfahrt sich aus Kostengründen gescheut haben, im Notfall z.B. einen Verkehrsflugplatz anzufliegen. Daher wurde in UK das sog. Strasser Scheme entwickelt. Das ist eine Liste von Flughäfen, die auf (ihre sonst horrenden) Landegebühen verzichten, wenn ein Flugzeug der GA den Platz wegen eines Emergency, als Alternate oder für eine Sicherheitslandung anfliegt. Aber auch hier bei uns sollten Kostenüberlegungen bei der Suche nach einem guten Notlandeplatz keine Rolle spielen.

Bei gravierenden Schäden am Flugzeug sollten sowohl die Crews als auch ATC darauf achten, dass dichtbesiedeltes Gebiet möglichst nicht überflogen wird. Darauf wurde erstmals 1992 in einer Sicherheitsempfehlung hingewiesen. Dieses Thema wird aber leider im Training bei den Airlines vernachlässigt.

Für die GA mit einmotorigen Flugzeugen erhöht es die eigenen Überlebenschancen, wenn man bei Motorstörungen nicht über dichte Siedlungsgebiete oder Wälder fliegt. Und das auch dann, wenn so die Landebahn nicht mehr zu erreichen ist und eine Außenlandung nötig wird ...

 peter.klant@pilotundflugzeug.de

Einige Quellen:

- [1] Aircraft Condition Monitoring System (ACMS) Skybrary; skybrary.aero/articles/aircraft-condition-monitoring-system-acms

- [2] NDI Process Failures Preceded B777 PW4077 Engine FBO; (NDI – Non Destructive Inspection, FBO – Fan Blade Out); aerossurance.com/safety-management/2020/aerossurance.com/safety-management/ndi-failures-b777-pw4077-fbo/
- [3] B772, vicinity Denver, USA, 2021 SKYbrary Aviation Safety; skybrary.aero/accidents-and-incidents/b772-vicinity-denver-usa-2021
- [4] United Airlines Flight 328 Boeing 777 Engine Failure; NTSB Project Summary: Aviation Investigation (25 Dateien, darunter der Final Accident Report); data.nts.gov/Docket/?NTSBNumber=DCA21FA085
- [5] 747 Crash Amsterdam 1992; Aviation Safety Network; asn.flightsafety.org/wikibase/325426
- [6] Final Accident Report; asn.flightsafety.org/reports/1992/19921004_B742_4X-AXG.pdf
- [7] SAS Crash Stockholm Arlanda 1991 Final Accident Report; tinyurl.com/SAS-Crash-1991-Final-Report
- [8] Drama in the Snow: The crash of Scandinavian Airlines flight 751; Medium – Admiral Cloudberg, Jul 29, 2023; tinyurl.com/SAS-Crash-1991