

# Upset, ein Begriff, der alle ins Trudeln bringt

## TEIL 2

**I**m ersten Teil dieses Aufsatzes haben wir uns mit dem Trudeln beschäftigt und sind der Frage nachgegangen, ob es sinnvoll ist, unter dem Oberthema „Upset“ die Privatpilotenausbildung in Europa um Trudelübungen zu erweitern. Dabei ist unbeantwortet geblieben, was „Upset“ eigentlich meint und ob wir diesen Begriff brauchen. Dieser Frage soll in diesem zweiten Teil nachgegangen werden.

Der Terminus „Upset“ ist in der Allgemeinen Luftfahrt bisher nahezu unbekannt. In dem für die Allgemeine Luftfahrt maßgebenden „Handbook of Aeronautical Knowledge“<sup>1</sup> der FAA findet man zu diesem Stichwort nichts. Es gibt auch kein Fachbuch dazu. Wer sich schlau machen will, ist auf das Internet angewiesen und findet dort eine lebhaftere, aber eher verwirrende Diskussion. Irritierend ist dabei vor allem, dass im Internet gar nicht erklärt wird, wie es zu diesem Begriff kam und warum man ihn braucht.

Deshalb wird zunächst der Frage nachgegangen, wann dieser Begriff entstanden ist und

welche flugphysikalischen Unfallursachen ihn geprägt haben. Dabei zeigt sich, dass es konstruktive Schwächen und Unerfahrenheit mit Flügen in großen Höhen waren, die zu Beginn des Jet-Zeitalters zu Unfällen führten und den Begriff geprägt haben.

In den 1990er-Jahren ist der Begriff wieder im Zusammenhang mit Flugunfällen aufgetaucht, die nicht auf konstruktiven Schwächen beruhten, sondern offensichtlich darauf, dass Piloten Schwierigkeiten hatten, Verkehrsflugzeuge jenseits normaler Betriebsbedingungen per Hand zu fliegen. Betroffen registrierten Verantwortliche, dass die Flugphysik entweder nicht verstanden oder nicht befolgt wurde. Schnell konzipierten Airlines Trainingsprogramme, die Piloten befähigen sollten, z. B. eine Boeing oder einen Airbus aus der Rückenfluglage zu recovern.

In der Folge wurden diese Programme kodifiziert und von den Luftfahrtbehörden implementiert. Mit der NPA 2015-13 hat auch die EASA einen Implementierungsvorschlag vorgelegt. Diese Implementierung ist jedoch misslungen. Wie zu zeigen sein wird, sind die Trainingsprogramme voller flugphysikalischer Fehler. Insbesondere zeigt

1) FAA-H-8083-25A

sich, dass der „Stall“ nicht verstanden wurde. Trotz aller Beteuerungen, dass der Stall vom Anstellwinkel abhängt, wird eine Upset-Definition vorgestellt, die den Stall als Funktion von Speed & Attitude definiert. Wie peinlich! Die flugphysikalische Bedeutung von hohen Anstellwinkeln für die Flugstabilität wird überhaupt nicht thematisiert!

Das Problem liegt also nicht bei den Piloten, sondern im Ausbildungssystem. Offensichtlich verwalten Airlines und Luftfahrtbehörden ein Theorieverständnis, das flugphysikalisch inkorrekt ist. Ohne eine sorgfältige Revision dieses Fehlverständnisses wird man Ausbildungsfehler perpetuieren und mentale Modelle in den Köpfen der Piloten erzeugen, die in schwierigen Situationen zu Unfällen führen. Das ist die These, die diesem Aufsatz zugrunde liegt.

Im Unterschied zum ersten Teil dieses Aufsatzes, bei dem ich das Trudeln als anschaulichen Gegenstand hatte, ist der zweite Teil leider theoretischer aufgebaut. Das liegt einfach daran, dass der Gegenstand dieses Teils Trainingsprogramme und Luftfahrtschriften sind. Ich habe mich zwar bemüht, meine Argumentation durch Beispiele anschaulich zu machen und wäre da auch gerne mehr in die Tiefe gegangen, aber das hätte schnell den Rahmen eines Zeitschriftenaufsatzes gesprengt. Ich hoffe, es dennoch für die Leser ausreichend verständlich machen zu können.

### **Upset-Genesis**

Entstanden ist der Terminus „Upset“ wohl aus dem Begriff „Jet Upset“, der in den

1960er-Jahren aufkam, als mit dem „Jet-Zeitalter“ neue Verkehrsflugzeuge auf den Markt kamen, die mit Strahltriebwerken, gepfeilten Flügeln und verstellbaren Höhenflossen ausgestattet waren. Bei diesen Jets häuften sich nach kurzer Zeit Unfälle, die die Luftfahrt von Propellerflugzeugen bisher nicht kannte. Geradezu typisch wurden in dieser Zeit Unfälle, bei denen diese modernen Jets aus großer Flughöhe in einen steilen Sinkflug übergingen und in „nose-up attitude“ aufschlugen. Bei den Unfallanalysen schälten sich dann drei Unfallursachen heraus:

- Q-Corner in großen Flughöhen,
- Deep Stall, eine Abschattung des Höhenleitwerks durch Verwirbelungen,
- Trimmversagen bei Extremstellung der verstellbaren Höhenflosse.

### **Q-Corner**

„Q-Corner“<sup>2</sup> bezeichnet ein Phänomen, das in großen Flughöhen zum Problem werden kann: Da mit der Höhe die Luftdichte abnimmt, muss nach der Auftriebsformel die Geschwindigkeit und/oder der Auftriebsbeiwert erhöht werden, um den Auftriebsverlust durch die dünnere Luft auszugleichen. Damit steigt die Stall-Speed mit zunehmender Höhe als TAS<sup>3</sup> an. Gleichzeitig verringert sich die maximale Manövergeschwindigkeit, die in größeren Flughöhen nicht mehr durch die mechanische Festigkeit von Flügel und Leitwerk, sondern von der zulässigen Machzahl begrenzt wird. Denn auch bei Flugzeugen, die

2) Bekannter als „Coffin Corner“

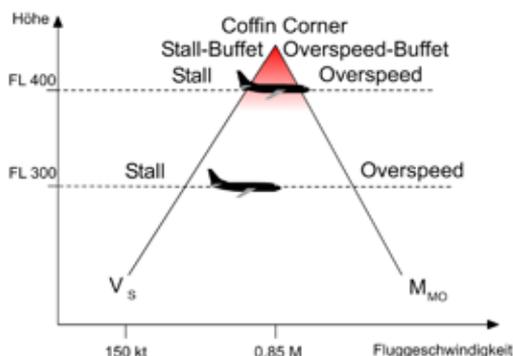
3) True Air Speed

für den Unterschallbereich ausgelegt sind, entstehen Strömungsgeschwindigkeiten im Überschallbereich, weil Tragflächenprofile die Eigenschaft haben, die Luftströmung auf der Oberseite des Flügels zu beschleunigen. Damit kann auch bei Unterschallflugzeugen die Luftströmung auf der Oberseite Überschallgeschwindigkeit erreichen.

Mit Erreichen der Schallgeschwindigkeit verändert sich dann die Aerodynamik eines Flugzeugs: Verdichtungsstöße auf der Oberseite des Flügels erzeugen ein starkes Buffeting, der Luftwiderstand steigt stark an und der Auftriebsschwerpunkt verschiebt sich irregulär. Diese Effekte können die Flugstabilität eines Flugzeugs dramatisch verändern und außer Kontrolle bringen. Gefürchtet ist in diesen Situationen der „Tuck-under Effekt“, bei dem das Flugzeug schlagartig die Nase herunternimmt und in den Sinkflug übergeht. Um diese Situationen zu vermeiden, werden Verkehrsflugzeuge<sup>4</sup> für eine kritische Machzahl ausgelegt, die deutlich unterhalb der Schallgeschwindigkeit liegt. Die klassische Boeing B737 hatte zum Beispiel eine kritische Machzahl von 0.74 was bedeutet, dass der Quotient aus TAS/LSS<sup>5</sup> nie den Wert 0.74 überschreiten sollte.

Schallgeschwindigkeit ist aber keine feste Größe, sondern eine Funktion der Temperatur! Da mit zunehmender Flughöhe auch die Lufttemperatur sinkt, sinkt die Schallgeschwindigkeit mit der Flughöhe. Deshalb fliegen Airliner ab einer bestimm-

ten Flughöhe<sup>6</sup> nicht mehr nach der absoluten Fluggeschwindigkeit, sondern nach der relativen Fluggeschwindigkeit bezogen auf die jeweilige Schallgeschwindigkeit. In der Flugerprobung werden diese Betriebsgrenzen in der Höhe als „Maximum Operating Mach Number“ (MMO)<sup>7</sup> erflogen und festgelegt.



Quelle: Wikipedia

Damit entsteht die Situation, dass mit zunehmender Flughöhe die Mindestgeschwindigkeit zunimmt und die Maximalgeschwindigkeit abnimmt. Der Spielraum zwischen aerodynamisch „zu langsam“ und aerodynamisch „zu schnell“ wird immer enger. Bei den Dienstgipfelhöhen moderner Jets liegen zwischen diesen Grenzen manchmal weniger als 10 kt. Da reicht eine Turbulenz oder eine hektische Ruderbewegung, um ein Flugzeug zu destabilisieren, und es bedarf einer umsichtigen und gefühlvollen Steuerung, damit ein Flugzeug in dieser Situation nicht außer Kontrolle gerät. Dieses Phänomen wird als „Coffin Corner“ bezeichnet.

4) Der Begriff „Verkehrsflugzeuge“ wird hier gleichbedeutend mit „Large Aeroplanes“ im Sinne der CS-25 verwandt.

5) Local Speed of Sound

6) Diese Höhe wird „Crossover-Altitude“ genannt.

7)  $M_{MO}$  ist nicht identisch mit der (aerodynamischen) kritischen Machzahl, weil bei der  $M_{MO}$  noch Festigkeitsgrenzen berücksichtigt werden.

Ab einer bestimmten Flughöhe gerät jedes Flugzeug in die „Coffin Corner“, aber die damit verbundene Gefahr war den Piloten zu Beginn des Jetzeitalters nicht bewusst, weil konventionelle Propellerflugzeuge gar nicht in diesen Höhen-/Geschwindigkeitsbereich kamen.

In der Folge haben Konstrukteure mit aerodynamischen Änderungen den Tuck-under Effekt entschärft oder mit der Entwicklung superkritischer Tragflügelprofile die Grenzen nach oben verschoben. Ferner haben die Fluggesellschaften die operationell maximalen Flughöhen so weit abgesenkt, dass im Normalbetrieb in Flughöhen geflogen wird, die einen größeren Spielraum bieten. Q-Corner ist demzufolge heute nicht mehr so ein Thema wie in den 1960er-Jahren.

Dennoch wird gerne übersehen, dass die Stabilität moderner Flugzeuge weniger aerodynamischen Verbesserungen als vielmehr verbesserten Flugsteuerungssystemen zu verdanken ist. Moderne Autopiloten sind in der Lage, ein Flugzeug auch in großen Höhen präzise im zulässigen Bereich zu halten. Sobald aber diese Systeme ausfallen und manuelle Steuerung notwendig ist, sind die Piloten schnell überfordert. Das zeigt die Unfallstatistik.

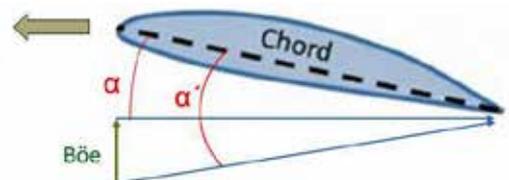
Liest man die zugehörigen Unfallberichte, merkt man schnell, dass die Piloten wohl deshalb falsch reagiert haben, weil sie einfache Sätze der Aerodynamik nicht verstanden haben oder man ihnen Aerodynamik falsch beigebracht hat. Ich befürchte sogar, dass die Ursache bei den Syllabi für die Ausbildung liegt. Denn auch in den umfangreichen Dokumenten, die Hersteller, Behörden und Verbände zum Thema „Upset Prevention

& Recovery Training“ (UPRT) herausgegeben haben, werden z. B. die wichtigen flugphysikalischen Konstruktionsprinzipien der Vertikaldämpfung und der Rolldämpfung gar nicht behandelt. Ich will meinen Unmut darüber kurz erläutern:

### Vertikaldämpfung & Rolldämpfung

Jeder Pilot weiß, dass ein Flugzeug für den unbeschleunigten Horizontalflug einen Auftrieb braucht, der genau der Gewichtskraft entspricht. Dies gilt für jeden Moment des Flugs. Weiter gilt, dass bei gegebener Luftdichte und gegebener Geschwindigkeit der Auftrieb eine Funktion des Anstellwinkels ist. Über den Anstellwinkel verändert man den Auftriebsbeiwert und damit den Auftrieb. Da Sie das alle wissen, lade ich Sie zu einem Gedankenexperiment ein und frage Sie, was passiert, wenn das Flugzeug von einer Vertikalböe kurzzeitig heruntergedrückt wird?

Die Antwort ist sehr einfach: Durch die Vertikalböe erhöht sich die Gewichtskraft des Flugzeugs, weil zu der Gewichtskraft durch die Masse des Flugzeugs die Kraft der Böe hinzukommt. Damit ist das Gewicht größer als der Auftrieb, und das Flugzeug beginnt zu sinken. Dieses Sinken wiederum erhöht den Auftrieb, weil durch das Sinken eine vertikale Luftkraft auf das Flugzeug wirksam wird, die den Winkel des „relativen Windes“ vergrößert. Das ist einfache Trigonometrie.



**Auswirkung einer Vertikalböe auf den Anstellwinkel**

Mit der Änderung des Einfallswinkels des „relativen Windes“ erhöht sich durch die Böe der Anstellwinkel von  $\alpha$  auf  $\alpha'$ , und das führt zu einer Erhöhung des Auftriebs. Auftrieb und Gewicht sind wieder im Gleichgewicht – der Böeneffekt läuft aus! Das ist das Prinzip der vertikalen Dämpfung, das ständig dafür sorgt, dass Gewicht und Auftrieb balanciert bleiben und keine der beiden Kräfte länger die Oberhand bekommt.

Ähnliches gilt für die Rolldämpfung: Dreht sich ein Flugzeug um die Längsachse, erhöht sich der Anstellwinkel des niedergehenden Flügels, während der Anstellwinkel des hochgehenden Flügels verringert wird. Auch dies ist Ergebnis einer einfachen Vektoraddition, deren Ergebnis eine Richtungsänderung des „relativen Windes“ ist, die zu einer Veränderung des Auftriebs führt. Auch hier führt der resultierende aerodynamische Effekt dazu, dass die Drehwirkung ausläuft – also gedämpft wird. Der Anstellwinkel und seine Fähigkeit, sich schnell ändern zu können, führen also dazu, dass er dynamisch eine wichtige Stabilisierungsfunktion hat. Die anderen Komponenten der Auftriebserzeugung – Luftdichte, Geschwindigkeit und Flügelfläche – kommen dafür gar nicht in Frage, weil man die gar nicht so flink ändern kann.

Auch ist unmittelbar einsichtig, dass diese Dämpfung umso energischer wirkt, je steiler der Auftriebsbeiwert mit dem Anstellwinkel ansteigt. Verändert sich der Auftriebsbeiwert stark mit dem Anstellwinkel, werden auch schon bei kleinen Winkeländerungen Luftkräfte wirksam, die eine Störung positiv dämpfen. Ändert sich dagegen der Auftriebsbeiwert bei Änderungen des Anstellwinkels nur wenig, wird auch die Dämpfung schwächer aus-

fallen. Wird der Auftriebsbeiwert bei zunehmendem Anstellwinkel gar geringer, verkehrt sich die positive Dämpfung sogar in eine negative Dämpfung. Die Dämpfung hängt also von der Form der Auftriebspolare ab und davon, in welchem Winkelbereich des Anstellwinkels sich das Flugzeug befindet.

Damit können wir uns dem Stall-Problem nähern: Wenn der kritische Anstellwinkel überschritten ist, sinkt der Auftriebsbeiwert mit zunehmendem Anstellwinkel, und die positive Dämpfung verkehrt sich in eine negative Dämpfung. Drückt also die Böe jenseits des kritischen Anstellwinkels auf das Flugzeug, wird der Auftrieb nicht mehr automatisch erhöht, sondern es wird sogar noch Auftrieb „abgelassen“, um die Sinkbewegung zu beschleunigen.

Damit sieht man, dass dem Zusammenhang von kritischem Anstellwinkel, Auftriebspolare und Flugstabilität eine hohe Bedeutung zukommt. Solange Anstellwinkel und Auftriebsbeiwert positiv korrelieren, stabilisieren sie die Fluglage. Wenn sich ein Flugzeug aber dem kritischen Anstellwinkel nähert, lässt diese Stabilisierung nach und verkehrt sich später in das Gegenteil.

Das ist das eigentliche Problem des Stalls, das viel zu wenig Beachtung findet. Flugzeuge werden meist so konstruiert, dass sie unterhalb des kritischen Anstellwinkels aerodynamisch stabil oder zumindest indifferent sind. Jenseits dieses kritischen Anstellwinkels funktioniert diese eingebaute aerodynamische Stabilität leider nicht mehr. Die Bedeutung des kritischen Anstellwinkels besteht also darin, dass er den Umschlagpunkt markiert, an dem eine

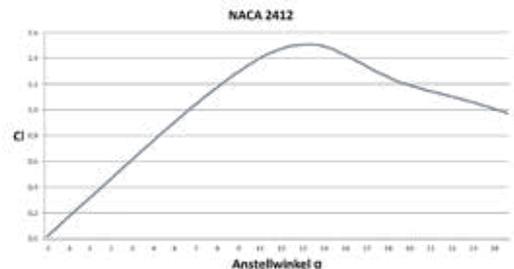
positive aerodynamische Regelung negativ wird. Die verbreitete Vorstellung vom Stall besagt, nach Überschreiten des kritischen Anstellwinkels würde die Strömung abreißen und das Flugzeug dann auftriebslos zu Boden „stürzen“. Dies ist einfach falsch: Es gibt praktisch kein Profil in der Luftfahrt, bei dem der Auftriebsbeiwert jenseits des kritischen Anstellwinkels abrupt auf den Wert null fällt – der Auftriebsbeiwert wird lediglich geringer.

Der Auftriebsverlust jenseits des kritischen Anstellwinkels ist aber nicht das eigentliche Problem; viel gefährlicher sind die Instabilität und der zunehmende Kontrollverlust jenseits des kritischen Anstellwinkels. Das grausige Video des Unfalls der B747 in Bagram ist ein Lehrbeispiel dafür: Die Boeing 747 verliert zunächst ihre Flugstabilität, erst dann geht sie in den Sinkflug.<sup>8</sup>

Die Mär vom plötzlichen Strömungsabriss ist wohl auch ein Grund dafür, dass viele Piloten sich so schwertun, den High-speed Stall zu verstehen. Es geht eben nicht um die Geschwindigkeit, sondern es geht um den Verlust der Steuerfähigkeit, der diese Situationen so gefährlich macht. Wer nur auf Speed und Attitude fixiert ist, wird den Stall nie verstehen. Ein Flugzeug, das mit 150kt und 0° Pitch unterwegs ist, ist damit noch nicht sicher aus dem Stall! Wenn dieses Flugzeug mit 6.000 ft/min sinkt, hat es einen Anstellwinkel von mindestens 18°. Das kann man durch eine einfache trigonometrische Rechnung leicht nachvollziehen. Mit diesem Anstellwinkel ist das Flugzeug wahrscheinlich nicht nur mitten im Stall, sondern auch in einer Situation, wo die Sinkrate unge-

dämpft weiter ansteigt – egal wo der Power-Lever steht!

Das gilt es zu verstehen – und das erklärt auch, warum es so ungemein wichtig ist, das Stall-Recovery nicht zu verzögern! Wenn man erst mal im Sinkflug ist, gibt es keine Dämpfung mehr und es wird viel schwerer, zu recovern. Wenn ich das den Piloten erzähle, ernte ich nur ungläubiges Staunen. Dabei ist es nur Physik!



#### Auftriebspolare einer C172

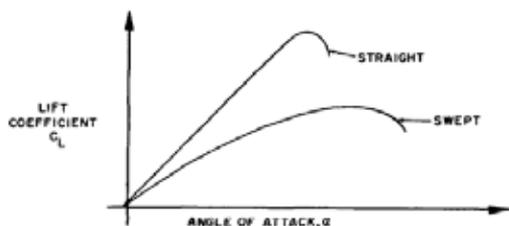
Die zur Illustration beigefügten Polare des Profils einer C172 zeigen deutlich, dass der Auftriebsbeiwert anfangs mit dem Anstellwinkel linear ansteigt, um ab einem Anstellwinkel von 12° abzufallen und nach einem Peak bei 13,5° langsam abzufallen. Es gibt noch viel flachere Profile, bei denen ein kritischer Anstellwinkel als „Peak“ kaum auszumachen und der zugehörige „G-break“ bei der Erprobung nur durch empfindliche Messgeräte nachweisbar ist.<sup>9</sup>

Bei diesen Profilen hat man einen breiten Anstellwinkelbereich, in dem sich der Auftriebsbeiwert kaum ändert. Nach dem Bild des Auftriebszusammenbruchs wären sie angenehmer als das Profil einer C172,

8) <https://www.youtube.com/watch?v=uljO0sKBDDw>

9) Thomas D., Praktische Aerodynamik, 11/2000, S. 16

weil da der Auftriebsbeiwert nur sehr langsam sinkt. Tatsächlich sind sie im Handling schwieriger, weil sie bei hohen Anstellwinkeln weniger stabil sind. Insbesondere Flugzeuge mit gepfeilten Tragflächen haben durchweg flache Verläufe der Auftriebsbeiwerte. Der Auftrieb soll bei solchen Flugzeugen über die Geschwindigkeit und nicht über den Anstellwinkel kommen. Der Flügel ist auf Effizienz bei hohen Geschwindigkeiten optimiert.



### Verlauf Auftriebskoeffizient nach Flügelform<sup>10</sup>

Begeben wir uns mit diesem Wissen einmal gedanklich in die Höhen der Coffin Corner. Die Luft ist hier dünn und deshalb sind Flugzeuge in diesen Höhen mit relativ hohen Anstellwinkeln unterwegs, um die fehlende Luftdichte für die Auftriebserzeugung auszugleichen. Trainingskapitäne sprechen gern davon, dass in diesen Höhen die Ruder „more responsive“ sind, weil die Luftdichte geringer ist. Aber Sie wissen jetzt, dass die Ruder nicht „more responsive“ sind, weil die Luft dünn ist, sondern weil bei den hohen Anstellwinkeln die Dämpfungswirkung nachgelassen hat. Hören Sie nicht mehr auf den Trainingskapitän! Stellen Sie sich nun vor, dass Sie dieses zunehmend instabile Flugzeug per Hand durch Turbulenzen

steuern müssen und dabei ein schmales Geschwindigkeitsband von 10kt einhalten müssen. Jede Nick- und Rollbewegung birgt die Gefahr, dieses Band zu verlassen und in einen Bereich zu kommen, wo starkes Schütteln anzeigt, dass man entweder zu langsam oder zu schnell geworden ist. Das wiederum kann so irritierend sein, dass man die Kontrolle über das nun schwer zu steuernde Flugzeug verliert.

Diese Erfahrungen macht man selten, weil in diesen Höhen normalerweise Autopiloten steuern. Moderne Autopiloten können auch mit komplexen Flugsituationen fertig werden. Wer aber Gelegenheit hat, in diesen Höhen den Autopiloten einmal abzuschalten, wird schnell merken, dass das Flugzeug zunächst leicht, dann immer stärker um Roll- und Nickachse schwingt, und es wird mühsam, das per Hand auszusteuern. Meist ist das Grund genug, den Autopiloten wieder einzuschalten, weil man den Passagieren keine Irritationen zumuten will. In der Essenz sind das Kontrollverluste, die Piloten mit wenig Erfahrung in manueller Steuerung im Ernstfall überraschen. Leider wird „Vertical Damping“ in Stall-Nähe in keinem der umfangreichen amtlichen Dokumente zur UPRT angesprochen, obwohl der Unfall der AF447 gezeigt hat, wie schnell eine nervöse manuelle Steuerung ein Flugzeug in großer Höhe destabilisieren kann. Dies zu ignorieren ist eigentlich unverständlich!

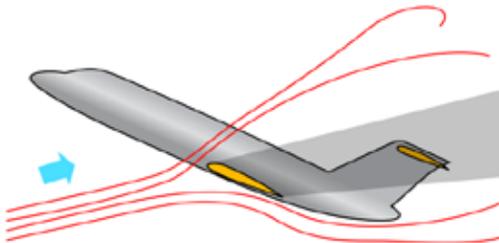
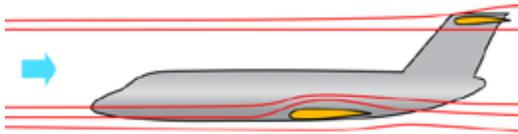
### **Deep Stall**

Der Deep Stall<sup>11</sup> ist ein Flugzustand, bei dem das Höhenleitwerk durch verwirbelte

10) Vergleich gerade Flügel vs. Pfeilflügel. Nach Hurt H.H., Aerodynamics for Naval Aviators, BN Publishing, 2012, S. 228

11) Auch „Super-Stall“ genannt

Luft vom Tragflügel so abgeschattet wird, dass es seine Ruderwirksamkeit verliert, und eine Steuerung um die Querachse nicht mehr möglich ist. Betroffen sind davon vor allem Flugzeuge mit gepfeilten Flügeln und T-Leitwerk.

**Deep Stall**

Quelle: Wikipedia

T-Leitwerke haben den aerodynamischen Vorteil, dass im Reiseflug das Höhenruder nicht durch Leewellen der Tragflügel beeinträchtigt wird. Damit wird das Höhenruder effizienter, deshalb kann es kleiner ausgelegt werden und der Reiseflug wird ruhiger (Bild oben). Bei hohen Anstellwinkeln kann ein T-Leitwerk nun durch Leewellen so abgeschattet werden, dass es keine Wirkung hat. Der Pilot hat dann keine Chance, den Anstellwinkel durch Höhenrudereinsatz zu reduzieren (Bild unten). Das Flugzeug ist in dieser Lage „locked“ und sinkt nose-up dem Boden entgegen, bis es dort zerschellt.

Solche Unfälle passierten Anfang der 1960er-Jahre. Damals kamen T-Leitwerke in Mode und mit der de Havilland Trident, der BAC 111, der Boeing 727 und der McDonnell Douglas DC-9 kamen gleich vier neue Verkehrsflugzeuge mit dieser Leitwerks-

konfiguration auf den Markt. Eine BAC 111 kam im Oktober 1963 während der Erprobung in den Deep Stall und stürzte ab. Weitere Unfälle folgten und führten zu aerodynamischen Modifikationen wie zur verbindlichen Einführung des Stick-Shakers, um Piloten vor hohen Anstellwinkeln zu warnen. Man ist später auch wieder zu konventionellen Leitwerken zurückgekehrt, weil bei diesen eine solche Gefahr nicht besteht.

### **Trimmversagen**

Mit dem Auftreten der Jet-Verkehrsflugzeuge in den 1960er-Jahren wurden auch verstellbare Höhenflossen modern. Durch die Anordnung beweglicher Höhenflossen spart man sich Trimmruder am Höhenruder und damit schädlichen Widerstand. Man trimmt mit der ganzen Höhenflosse. In Zeiten, wo Flugstrecken wachsen, zählt jeder aerodynamische Effizienzgewinn. Deshalb sind verstellbare Höhenflossen in dieser Kategorie heute Standard.

**Verstellbare Höhenflosse einer Embraer 170**

Quelle: Wikipedia

In der Anfangsphase des Einsatzes dieser Bauform wurde jedoch eine ganze Reihe von Unfällen dadurch verursacht, dass die Trimmung bis zum Anschlag lief und dort ver-

klemmte.<sup>12</sup> Diese extreme Trimmstellung beeinträchtigte die Steuerbarkeit des Flugzeugs um die Querachse so sehr, dass Crews nicht mehr imstande waren, die Fluglage mit dem Höhenruder per Hand auszusteuern. Sie stürzten ab. Diese technischen Unzulänglichkeiten der Trimmsteuerung hat man konstruktiv in den Griff bekommen. Sie sind aber im kollektiven Gedächtnis der Piloten immer noch präsent: Viele Trainingskapitäne und SOPs warnen davor, in ungewöhnlichen Fluglagen die Trimmung zu bedienen. Man solle sie zunächst mit dem Steuerhorn aussteuern. Erstaunlich! Denn es liegt eigentlich nahe, ein Flugzeug, das „out-of-trim“ ist, erst einmal auszutrimmen.

Damit sind die Ursachenbündel, die in den 1960er-Jahren zu vermehrten Abstürzen und zur Prägung des Begriffs „Jet Upset“ geführt haben, ausreichend beschrieben. Die Analyse zeigt, dass die Ursachen im Wesentlichen darin lagen, dass technologisches Neuland betreten wurde und dass noch nicht genug Erfahrung damit vorlag. Durch operationelle und technische Verbesserungen sind Upsets wieder in den Hintergrund getreten.

### ***Upset seit den 1990er-Jahren***

Ende der 1990er-Jahre wurde deutlich, dass die bei Airlines führende Unfallursache „LOC-I“<sup>13</sup>-Unfälle waren. Sie hatten mittlerweile CFIT<sup>14</sup> als Unfallursache überholt.<sup>15</sup>

12) z.B. Trans Canada Airlines Flight 831 im Nov. 1963 oder Eastern AirLines Flight 304 im Feb. 1964

13) Loss of Control in Flight

14) Controlled Flight Into Terrain

15) RAeS, Aeroplane Upset Recovery Training,

Im Unterschied zu den Unfällen der 1960er basierten diese Unfälle nicht mehr auf technischen Mängeln oder Unerfahrenheit von Herstellern/Airlines, sondern vielfach auf menschlichem Versagen. Verantwortliche registrierten mit Sorge, dass Unfälle deshalb passierten, weil Piloten die Gesetze der Flugphysik nicht kannten oder nicht ernst nahmen.



**B-52 kurz vor dem Aufschlag**

Quelle: Wikipedia

Dazu gehörte nicht nur der schlimme Unfall der B-52 auf der Farchild Air Force Base am 24. Juni 1994, bei dem der Pilot Bud Holland offensichtlich glaubte, Testosteron könne flugphysikalische Gesetze aushebeln, sondern auch die Unfälle „Colgan Air Flight 3407“ oder „Air-France-Flight 447“, bei denen die Piloten nach Ausfall des Autopiloten planlos am Höhenruder zogen, um der drohenden Absturz-Gefahr zu entkommen.

Auch der just veröffentlichte Unfallbericht zum „AirAsia Flight 8501“ vom 28. Dezember 2014 offenbart, dass ein schlichter Autopilotenausfall durch eine korrodierte Lötstelle eine erfahre-

ne Crew so durcheinanderbrachte, dass sie volle neun Sekunden (!) nicht bemerkte, dass das Flugzeug mittlerweile 54° Schräglage hatte. Als der Pilot die Schräglage schließlich bemerkte, fiel ihm erst einmal nicht mehr ein, als am Stick zu ziehen!

In diese Kategorie von Unfällen gehört auch der Asiana-Airlines Flight 214 nach San Francisco, bei dem es drei ausgebildete Kapitäne bei bestem Wetter nicht hinbekamen, einen zu hoch angesetzten Sichtanflug zu managen.

Diese Unfälle nähren den Verdacht, dass Airlinerpiloten zu viel mit dem Autopiloten fliegen und zu wenig manuelle Flugerfahrung sammeln! Sobald die Systeme ausfallen, sind Piloten überfordert. Es gibt also Qualifikationsdefizite.

In der Folge drängte der NTSB die FAA, schärfere Regeln zu erlassen. Als die FAA zögerte, begannen US-amerikanische Fluglinien, eigene Trainingsprogramme aufzulegen. Eine Arbeitsgruppe aus Vertretern der großen Flugzeughersteller, Airlines und Verbänden legten 1998 die erste Version eines „Airplane Upset Recovery Training Aid“ (AURTA)<sup>16</sup> vor. Der Begriff „Upset“ war wiedergeboren!

Das AURTA-Package war nach dem Geschmack von Trainings-Managern, weil es ein Manual mit Theorie, zugehörigen PowerPoint-Folien und einen Fragebogen

als Wissenstest für Seminarteilnehmer enthielt. Damit hat man alles, was man für einen Groundcourse braucht. Ferner enthält es „Templates“ für Simulatorübungen, einschließlich detaillierter Musterprozeduren zum Recovery definierter Upset-Szenarios. Mit diesem Material bekommen Instruktoren und Trainees genaue Handlungsanweisungen, wie man beispielsweise die Fluglage einer auf dem Rücken fliegenden Boeing 777 in nose-up Position einwandfrei identifiziert und recovers.



### Sinnvolles Upset-Szenario?<sup>17</sup>

Nach diesem AURTA-Package sind viele Verkehrspiloten ausgebildet worden, und das Package ist und war auch Vorlage für spätere Manuals der ICAO<sup>18</sup> sowie für die FAA-Programme<sup>19</sup> zum Thema „Upset“.

Ab 12. März 2019 müssen alle Part 121 Air Carrier in den USA UPRT Trainingsprogramme für ihre Piloten anbieten, und auch die ICAO

16) „Airplane Upset Recovery Training Aid – Industry Solutions for Large Swept-Wing Turbofan Airplanes Typically Seating More Than 100 Passengers“, Revision 2, November 2008. Im Folgenden „AURTA-Package“ genannt.

17) [http://ec.europa.eu/research/innovationunion/ic2011/index\\_en.cfm?pg=project\\_details&project=supra](http://ec.europa.eu/research/innovationunion/ic2011/index_en.cfm?pg=project_details&project=supra)

18) ICAO Doc 10011 AN/506, Manual on Aeroplane Upset Prevention and Recovery Training, 2014

19) FAA: AC 120-111 vom 14.04.2015

empfiehlt ihren Mitgliedern, UPRT in die Ausbildung von MPL und CPL(A) Piloten einzuführen.<sup>20</sup> Von PPL(a) oder LAPL(A) ist hier nicht die Rede, denn die Autoren des AURTA-Package stellen in ihrem Vorwort fest, dass dieses Package für Verkehrsflugzeuge mit mehr als 100 Sitzen geschrieben wurde. Von Propellerflugzeugen ist keine Rede. Deshalb kennt auch keiner in der Allgemeinen Luftfahrt den Begriff „Upset“.

### **UPRT mit Simulatoren?**

Sowohl die FAA wie auch die ICAO haben ihre Programme und Empfehlungen auf praktisches Flugtraining mit Simulatoren (FSTD) ausgelegt. Damit sind sie wohl der Kraft des Faktischen gefolgt, weil Trainingsmanager von großen Airlines stolz darauf verweisen, dass sie bereits Tausende von Piloten mit FSTDs erfolgreich trainiert haben. Die Frage ist nur: Sind Simulatoren dafür geeignet? Die FAA wie die ICAO halten sich in dieser Frage bedeckt, empfehlen allen „Operators“, diese Frage mit den Herstellern sorgfältig zu prüfen, und verweisen darauf, dass Simulatortraining die sicherste Form des Trainings sei.<sup>21</sup>

Letzteres ist zwar richtig, trifft aber nicht das Problem! Es geht ja nicht primär um die Sicherheit der Trainees, sondern darum, ob ein Pilot sein Verkehrsflugzeug im Falle eines „Upsets“ sicher recovern kann. Es geht also darum, ob das im Simulator Gelernte auf die Wirklichkeit transferiert werden kann. Ausgerechnet Captain William Wainwright, Chef-Testpilot von Airbus, bezweifelt

das!<sup>22</sup> Wainwright war Mitglied der AURTA-Arbeitsgruppe. Er beschreibt freimütig, dass er sich gegen die Trainingsmanager mit seinen Bedenken nicht durchsetzen konnte. Er argumentiert, dass ein Simulator nur so gut sei, wie die Daten, auf denen er beruht – und dass es für diese Flugzustände einfach keine validen Daten gebe, weil solche Daten bei der Flugerprobung nicht erfolgen werden! Er führt sogar aus, dass Testpiloten nicht daran denken würden, sich absichtlich in unkontrollierte Flugzustände zu begeben, um Daten für Simulatoren zu gewinnen. Bündig schließt er:

*... training should stop at the stall warning.*

*They [Simulators] are ‘virtual’ aircrafts and they should not be used to develop techniques at the edges of the flight envelope.*

*This is work for test pilots and flight test engineers using their knowledge gained from flight testing the ‘real’ aircraft.<sup>23</sup>*

Dieser Ansicht kann ich mich nur anschließen! Ich empfinde es als erschreckend, dass der Rat dieses Mannes nicht gehört wurde. Allein die Tatsache, dass ein Chef-Testpilot von Airbus seinen Dissens veröffentlicht, zeigt das Ausmaß seiner Frustration.

### **UPRT mit Military-Trainern?**

Auf diese prinzipielle Schwäche von Simulatoren zielen auch Angebote – vor allem in den USA –, mit Military-Trainern wie einer

20) ICAO, ebenda S. I-3

21) AURTA-Package, Revision 2, Seite 3.3ff.

22) Wainwright W., Airplane Upset Recovery – A Test Pilot’s Point of View, FAST No. 20, S. 19ff

23) ebenda S. 22

Douglas A4 Skyhawk, einer Aero L-39 oder einer North American P-51 Recoveries aus ungewohnten Fluglagen zu üben. Es macht sicherlich Spaß, mit solchen Flugzeugen ein Recovery aus der Rückenlage zu üben, und man wird natürlich sehr viel mehr Gefühl und Verständnis für die dabei auftretenden G-Kräfte bekommen als im Simulator. Das ist sicherlich alles gut und richtig. Es soll auch nicht bezweifelt werden, dass man so etwas mit Militärflugzeugen gut trainieren kann. Aber ist das Gelernte auf Verkehrsflugzeuge übertragbar?

Verkehrsflugzeuge sind nicht für den Dogfight konzipiert, sondern für den effizienten Transport von Passagieren. Verkehrsflugzeuge haben deshalb eine viel höhere Massenträgheit und eine viel geringere Festigkeit. Da müsste erst mal der Nachweis erbracht werden, dass solche Manöver mit Verkehrsflugzeugen überhaupt möglich sind. Diesen Nachweis gibt es aber nicht, weil er in den Bauvorschriften nicht vorgesehen ist.

Um nicht missverstanden zu werden: Ich wehre mich nicht dagegen, dass Airlinerpiloten auf Militärflugzeugen oder mit Kunstflugzeugen Erfahrungen in aerodynamischen Grenzbereichen sammeln. Das ist richtig und wichtig, weil diese Erfahrungen wertvoll sind und man sie weder im Simulator noch im Linienbetrieb machen kann. Ich bin sogar der tiefen Überzeugung, dass Airlinerpiloten regelmäßig segelfliegen sollten, damit sie die Basics der Fliegerei nicht verlernen. Je breiter und vielseitiger ihre fliegerische Erfahrung ist, desto besser.

Ich stimme auch jedem zu, dass eine breite fliegerische Erfahrung hilfreich sein kann, um

mit ungewohnten Situationen fertig zu werden. Dafür gibt es viele Beispiele.<sup>24</sup> Aber man kann das nicht trainieren! Wer glaubt, mit der Erfahrung einer Kunstflugmaschine einen Airbus oder eine Boeing recovern zu können, der hat die Mentalität von Bud Holland mit seiner B-52.

Solange z. B. Airbus-Testpiloten nicht nachgewiesen haben, dass man einen A320 aus einer Rückenlage recovern kann, und solange sie dafür kein Procedure entwickelt haben, kann man so etwas für einen A320 nicht trainieren. Darin liegt der Denkfehler, auf den Captain William Wainwright, der Chef-Testpilot von Airbus hingewiesen hat! Wenn es einem Piloten dennoch gelingt, ist das Glück und nicht Ergebnis von Training.

Aus meiner Sicht ist der ganze praktische Ansatz ein Denkfehler. Nehmen wir Colgan Air Flight 3407: Flugkapitän Marvin Renslow zog die Dash 8 nach Ausfall des Autopiloten auf eine Pitch-Attitude von 18°,<sup>25</sup> weil er wohl gelernt hatte, dass man durch Ziehen Höhe gewinnt. Flugphysikalisch korrekt geriet die Dash 8 in einen Stall und stürzte mit einem Bank-Angle von 105° ab. Als Konsequenz legt man nun Programme auf, wie man eine Bank-Lage von 105° mit einem Verkehrsflugzeug recovers. Macht das Sinn? Wenn ein Pilot nicht verstanden hat, dass der „Elevator“ kein Elevator ist und dass man durch pures Ziehen keine Höhe gewinnt, dann wird dieser Pilot auch kaum begreifen, wie die Aerodynamik der Messerfluglage aus-

24) z.B. die Segelfluglandung der B767, Air Canada Flight 143, am 27.07.1983 oder die Notwasserung von Cpt. Sullenberger auf dem Hudson River 2009

25) NTSB, Accident Report AAR-10/01, S. 82

sieht. Wäre es da nicht einfacher und besser, die Bezeichnung „Elevator“ zu revidieren, um Missverständnisse zu vermeiden? Und wäre es nicht besser, sich auf die Stall-Vermeidung zu konzentrieren, statt „Recovern aus der Messerfluglage“ zu üben?

### **Upset = UA = LOC?**

Da wir immer noch nicht herausgefunden haben, was „Upset“ eigentlich bedeutet, versuchen wir es mal mit der Theorie: In dem umfangreichen Theorieteil des AURTA-Package, das die Royal Aeronautical Society als „Bibel“ bezeichnet, sollte dazu doch was zu finden sein. Es gibt in dieser „Bibel“ auch ein Kapitel dazu,<sup>26</sup> in dem ausgeführt wird, dass in der Fliegerei neben „Upset“ Begriffe wie „Unusual Attitude“ (UA) oder „Loss Of Control“ (LOC) im Umlauf seien, aber man sich entschlossen habe, „airplane upset“ als einheitlichen Begriff zu wählen. Damit endet aber auch schon jede Begründung. Sind das also äquivalente Begriffe?

Unwahrscheinlich! Denn „Unusual Attitude“ kennt man von der IFR-Ausbildung, wo der Lehrer den Flugschüler bittet, die Augen zu schließen; dann absichtlich wild um alle Achsen turnt, um dem Schüler das Flugzeug in einer durchaus ungewöhnlichen Fluglage zu übergeben. Der Schüler soll dabei lernen, nicht seinem sensuellen Lagegefühl zu folgen, sondern anhand der Instrumente zu erkennen, in welcher Fluglage er sich befindet – und ein geeignetes Recovery einzuleiten. Die Szenarien sind entweder ein drohender Stall (nose-up) oder ein drohender Spiralsturz

(nose-down). Da diese Szenarien unterschiedliche Recovery-Procedures erfordern, gilt es, die Fluglage richtig zu erkennen und nicht dem Vertigo<sup>27</sup> auf den Leim zu gehen.

Besteht hierfür ein Verbesserungsbedarf? Kaum! „Unusual Attitude“ ist eine eingeführte und bewährte Übung, die angehenden IFR-Piloten deutlich machen soll, wie wichtig es ist, den Instrumenten und nicht dem Gefühl zu vertrauen. Dazu muss man lernen, die Instrumente richtig zu interpretieren, und wissen, wo die Gefahren beim Stall und wo die Gefahren beim Spiralsturz liegen. Ein Recovern aus der Rückenlage bringt für diesen Zweck keinen Trainingsgewinn – oder habe ich da was übersehen?

Unverständlich ist ebenso, warum „Unusual Attitude“ (UA) gleichbedeutend mit „Loss of Control“ (LOC) sein soll. Ein Stall ist ein „Loss of Control“-Flugzustand, aber der Spiralsturz NICHT! Beim Spiralsturz bleibt das Flugzeug steuerbar. Die Gefahr des Spiralsturzes liegt darin, dass man die Festigkeitsgrenzen des Flugzeugs überschreitet. Das sind verschiedene Dinge! Warum man diese Unterschiede begrifflich gleichsetzen will, wird leider nicht erläutert. Was nun der Begriff „Upset“ in diesem Konzept soll, bleibt erst recht unklar.

Im Verlauf des Kapitels findet man doch noch eine Definition zu „Upset“. Ist das des Rätsels Lösung? Mal sehen: „Upset“ ist dort so definiert:

*While specific values may vary among airplane models, the following uninten-*

26) AURTA-Package, S. 2-1

27) Räumliche Desorientierung durch Fehlreize des Innenohrs

*tional conditions generally describe an airplane upset:*

- *Pitch attitude greater than 25 deg, nose up.*
- *Pitch attitude greater than 10 deg, nose down.*
- *Bank angle greater than 45 deg.*
- *Within the above parameters, but flying at airspeeds inappropriate for the conditions.*<sup>28</sup>

Diese Definition hat eine steile Karriere gemacht: ICAO, FAA oder Flight Safety Foundation haben diese Definition wörtlich übernommen und loben, dass es nun endlich eine klare und präzise Definition gebe.

Ist das so? Natürlich sollte ein Flugkapitän alarmiert sein, wenn sein PFD<sup>29</sup> einen Pitch von mehr als 25° zeigt. Aber für einen Kunstflieger ist das keine besondere Fluglage, sofern die Eingangsgeschwindigkeit und Sicherheitsmindesthöhe für das beabsichtigte Manöver stimmen. Es kommt nicht auf den Pitch, sondern auf die Energie an!<sup>30</sup> Umgekehrt sollte sich ein Pilot einer vollbeladenen C150 nicht auf der sicheren Seite fühlen, wenn er mit 20° Pitch einen längeren Steigflug versucht. Denn das wird schiefgehen.

Auch wird ein Flugschüler, der mit seinem Fluglehrer Airwork macht, nicht ver-

stehen, warum er ab einer Schräglage von 45° alarmiert sein soll. Schulflugzeuge sind für Schräglagen bis mindestens 60° zugelassen.<sup>31</sup> Für welche Flugzeuge soll denn diese Upset-Definition gelten? Denn auch für die Kategorie „Großflugzeuge“ kann die Definition keine Allgemeingültigkeit beanspruchen, weil z. B. Airbus für sein Protection-Konzept andere Werte zugrunde legt. Wir haben es also mit einer Definition mit unbekanntem Gültigkeitsbereich zu tun. Solche Definitionen sind nutzlos.

Es kommt noch schlimmer: Die FAA schreibt in ihrem Advisory Circular zu Upset Prevention and Recovery Training „a stall is by definition an upset“<sup>32</sup> und die ICAO sekundiert sogar noch:

*Finally, it is important to understand that there is a relationship to the definitions of ‘stall’ and ‘upset’. Although not all aeroplane upset occurrences involve an aerodynamic stall, an unintentional stall is indeed a form of upset even though it may not meet the pitch and bank attitude upset parameters. This is because during a stall the aeroplane meets the upset criteria of being at an inappropriate airspeed for the conditions.*<sup>33</sup>

Hallo!? Hatten wir uns nicht darauf geeinigt, dass der Stall nicht von der Geschwindigkeit, sondern vom kritischen Anstellwinkel abhängt? Hatten wir uns nicht darauf geeinigt, dass ein Stall in jeder Fluglage und bei je-

28) AURTA-Package, S. 2-1

29) Primary Flight Display

30) Dieser entscheidende Hinweis, dass es auf die Energie ankommt und dass hohe Pitch-Werte die Gefahr rapider Änderungen im Energiestatus bergen, fehlt in der AURTA-Bibel völlig. Der Leser erfährt mit der Definition nur, dass das Grenzen sind, aber nicht, warum und wo die Gefahr lauert.

31) Normalflugzeuge sogar bis 90° siehe CS-23, 23.3

32) FAA, AC 120-111, S. 1

33) ICAO, Manual on Aeroplane Upset Prevention and Recovery Training, 2014, S. 1-1

der Geschwindigkeit auftreten kann? Ist schon vergessen, dass der Irrglaube, der Stall hänge von der Geschwindigkeit ab, unzählige Opfer gekostet hat? Und nun wird dieser Irrglaube noch einmal von höchster Stelle bestätigt!? Da ist schon atemberaubend!



**AirAsia 8501: Attitude recovered**

**Quelle: KNKT, Aircraft Accident Investigation Report, Airbus A320-216 PK-AXC, 2015, S. 56**

Solche Definitionen sind schlimm:<sup>34</sup> Piloten richten sich natürlich nach solchen Vorgaben und glauben, dass sie einem Stall entgehen, wenn sie jenseits der Stall-Geschwindigkeit und in horizontaler Fluglage fliegen. Im jüngst veröffentlichten Unfallbericht zum AirAsia Flug 8501 kann man nachlesen, dass es der Crew ab 29.000ft gelungen war, Pitch & Bank um 0° zu halten – bei einer Fluggeschwindigkeit von 140kt–170kt.<sup>35</sup>

Wenn man die Piloten dieses Unglücksflugs geschult hat, nur auf Speed und Attitude zu achten, werden sie wahrscheinlich in 29.000ft gedacht haben, die Situation reconvert zu haben. Sie hatten eine Speed von

170kt, einen Rollwinkel von -2° und einen Pitch von 0°. Nach der obigen Definition wäre das kein „Upset“ mehr und auch kein Stall. Aber sie waren im Stall und realisierten offensichtlich nicht, dass ihr Anstellwinkel 41,1° betrug. Sie konnten es auch nicht wissen, weil der Airbus keine Anstellwinkelanzeige hat. Aber dafür hätten sie wissen müssen, dass der Stall nicht von Speed & Attitude, sondern vom Anstellwinkel abhängt.

Auch im Fall des Air-France-Flug 447 bemühten sich die Piloten, den Airbus A330 horizontal zu halten, und waren sich offensichtlich gar nicht bewusst, dass sie sich in einem fürchterlichen Stall befanden. Auch das steht im Unfallbericht zum Nachlesen.<sup>36</sup>

34) Es ist auch nicht nachvollziehbar, warum die AURTA-Autoren bei ihrer Definition so viel Wert auf das Merkmal „unintentional“ legen. Unintentional bedeutet im Deutschen „unbeabsichtigt“ oder gar „irrtümlich“ und entspricht etwa dem, was wir „fahrlässig“ nennen. Die Flugphysik schert sich aber nicht darum, ob jemand etwas irrtümlich oder absichtlich falsch macht.

35) KNKT, Aircraft Accident Investigation Report, Airbus A320-216; PK-AXC, 2015

Es geht also nicht um dumme Piloten, sondern um dumme Ausbildungssysteme. Wer fehlerhafte Trainingsprogramme vorschreibt, wird Fehler von Piloten provozieren. Institutionen, die Gefährdungen durch den Stall und Gefährdungen durch den Spiralsturz

36) BEA, Final Report Flight AF447, 2012, S. 181

in einen Begriff quetschen wollen, verlieren ebenso an Autorität, wie Personen und Institutionen, die die Aerodynamik des Stalls nicht wirklich verstanden haben.<sup>37</sup> Da hilft auch nicht, dass mehr als 100 Airlines dieses Programm unterstützen und begeistert danach trainieren. Es geht hier nicht um Mehrheiten, sondern um Physik!

Wir erinnern uns, dass jahrelang gerade professionelle Checker sehen wollten, dass man einen Stall mit Antriebsleistung und ohne Höhenverlust recovers. „Balls to the Wall“ war die Devise! Verheerende Unfälle haben erzwungen, dass Hersteller „New Stall Recovery Procedures“<sup>38</sup> herausgegeben haben, die den Anstellwinkel in den Vordergrund bringen. Warum eigentlich „new“? Flugphysikalisch war das nie neu! Seit Beginn der Fliegerei weiß man, dass der Stall eine Funktion des Anstellwinkels ist! Neu war das vielleicht für Checker und Trainingskapitäne, die andere Procedures gelernt haben.

Insofern muss man davon ausgehen, dass auch der Begriff „Upset“ keine Erfolgsgeschichte einleiten wird. Nach der bisherigen Analyse ist „Upset“ ein hohler Begriff ohne stringente flugphysikalische Begründung. So etwas kann auf Dauer nicht bestehen.

---

37) Natürlich wird der Stall stellenweise auch korrekt definiert. Aber es fehlt eben die Stringenz. Das nährt den Verdacht, dass Theorie nicht als Quelle von Verständnis, sondern lediglich als Nachweis für Leistungsanforderungen verstanden wird. Aber damit schafft man leere Hülsen.

38) Lesceu X., Update on stall procedure, Vortrag 17<sup>th</sup> Performance and Operations Conference in Dubai May 2011

## ***Upset und die EASA***

Mit der NPA 2015-13 ist UPRT auch in Europa angekommen. Erwartungsgemäß setzt sich die EASA aber nicht mit dem Upset-Konzept auseinander, sondern konvertiert das bestehende Material einfach in neue Ausbildungsregeln und Stichwortlisten für Ausbildungssyllabi. Daraus ergeben sich Änderungen und weitere terminologische Ungenauigkeiten, die aber hier nicht weiter verfolgt werden sollen, weil es dann notwendig würde, den ohnehin schon eher theoretisch angelegten Aufsatz noch weiter theoretisch zu vertiefen. Das will ich den Lesern nicht zumuten.

Aber ich möchte ein Politikum ansprechen: In seinem Aufsatz zu *Airplane Upset Recovery* schreibt Airbus Chef-Testpilot Wainwright, dass sich alle Mitglieder der Arbeitsgruppe einig waren, dass das AURTA-Package nicht für „protected Fly-By-Wire aircrafts“ gedacht ist.<sup>39</sup> Tatsächlich hat sich Airbus bei der Entwicklung ihrer Flugzeuge mit Betriebszuständen an den Rändern der Flight-Envelope auseinandergesetzt und eine „Operational Philosophy“ sowie „Protections“ entwickelt, die den Piloten helfen sollen, auch in Ausnahmefällen in sicheren Flugbetriebsgrenzen zu bleiben. Dazu gehören eine „Bank Angle Protection“, eine „High Speed Protection“, eine „Load Factor Protection“, eine „High Pitch Attitude Protection“ sowie eine „High Angle-of-Attack Protection“. Deshalb vertritt Airbus auch die Meinung, dass UPRT für moderne Airbusse nicht notwendig sei.<sup>40</sup>

---

39) Wainwright W., a.a.O., S. 18

40) AIRBUS, FCTM A318-A321, July 2008, S. 15

Die Operational Philosophy und ihre System-Protections legen dabei andere Maßstäbe und Parameter als das AURTA Package an.<sup>41</sup> Die Konzepte und Bezugssysteme sind also nicht deckungsgleich. Davon steht aber weder etwas im AURTA-Package noch in der NPA der EASA. Aus der Sicht der Amerikaner ist das verständlich: Warum sollen sie propagieren, dass Airbus Flugzeuge entwickelt hat, die Piloten so schützen, dass ein besonderes Training nicht nötig ist? Von der EASA hätte man allerdings erwarten können, dass sie sich damit auseinandersetzt!

Airbus ist der größte und wichtigste Flugzeughersteller in Europa. Airbus-Produkte sind europäische Technologie und Ergebnis europäischer Ingenieurskunst. Da hätte man schon erwarten können, dass die EASA sich mit Airbus zusammensetzt und sich erklären lässt, warum man die Systeme so designed hat und warum man diese Parameter gewählt hat. Dann hätte man abwägen können, ob man den Nordamerikanern folgt oder europäische Philosophien unterstützt. Das gilt nicht nur für das praktische Training, sondern auch für Theoriesyllabi: Wenn sich Airbus zu diesem Thema schon engagiert hat, wenn hochqualifizierte Ingenieure dazu Wissen und Erfahrung gesammelt haben, dann sollte sich das doch in der theoretischen Ausbildung von Flugzeugführern wiederfinden!

Was ist das für eine europäische Luftfahrtbehörde, die so etwas nicht wahrnimmt? Wozu haben wir dann eine europäische Luftfahrtbehörde? Dann kann die EASA sich doch gleich in die FAA eingliedern lassen.

41) So greift die Bank Angle Protection je nach Flugzustand zwischen 45° und 67° Bank.

## **EASA & EU-Sprachen**

Werden wir konkret: Wenn die EASA ihren Zeitplan einhält, werden die neuen Regeln 2017 gültig. Ein Ausbildungsleiter einer PPL-Flugschule muss also schon bald überlegen, wie er „Upset“ in sein Ausbildungsprogramm einbaut. Wenn er dann im Wörterbuch nachschaut, was sich hinter dem englischen Begriff „Upset“ verbirgt, wird er Vokabeln wie „Verstimmung“, „Ärger“ und „Aufregung“ finden. „Stomach upset“ meint gar „Magenverstimmung“.

Je nach Gusto wird ein Ausbildungsleiter dann die Idee haben, einen Psychologen zu suchen, der einen Kurs zur Stressbewältigung macht oder einen Fliegerarzt bitten, was zur Behandlung von Magenstörungen im Flugzeug zu sagen. Ist doch nicht unwahrscheinlich? Woher soll er wissen, was die EASA meint?

Damit sind wir bei einem neuen Problem: Solange „Upset“ sich nur an Profis richtete, konnte man mutmaßen, dass Profis wissen, was sich dahinter verbirgt. Nun will die EASA „Upset“ auch für Amateure einführen. Wer soll das übersetzen? Denn es gibt bisher keine Übersetzung ins Deutsche!

Fragt man dazu die EASA, bekommt man ein Schulterzucken und die Antwort, man habe wichtigere Probleme als die Übersetzung in die europäischen Amtssprachen. Aber diese Antwort ist zu einfach und zeigt, dass die EASA ein wichtiges Problem gar nicht auf dem Schirm hat! Deklinieren wir das durch:

Wer grenzüberschreitend als Pilot tätig sein will, muss Englisch können. Das fordern die

Regeln.<sup>42</sup> Wer aber in Deutschland bleibt, muss kein Englisch können. Und viele Piloten bleiben in ihrem Fliegerleben in Deutschland. Ist ja auch legitim.

Wenn die EASA sich auf Englisch als interne Arbeitssprache einigt, dann ist das ihr gutes Recht. Denn als europäische Agentur mit Beschäftigten aus allen EU-Ländern braucht man eine gemeinsame Referenzsprache. Wer kein Englisch kann, kann bei dieser Behörde nicht arbeiten. Aber man muss ja auch nicht bei der EASA arbeiten.

Die Entscheidung der EASA, Englisch als interne Arbeitssprache zu wählen, bedeutet jedoch nicht, dass Englisch damit automatisch die Arbeitssprache von Piloten in Europa ist. Im Gegenteil! Typischerweise wird an deutschen Flugschulen Deutsch gesprochen, an französischen Flugschulen Französisch, an italienischen Flugschulen Italienisch etc. Man braucht auch kein Englisch zu können, um das Fliegen zu lernen oder zu lehren! Europäische Staaten haben ihre eigenen Begriffstraditionen: Es gibt Lehrbücher und Schulungsmaterialien in der Landessprache. Und das ist kein Nachteil. Ein gut geschriebenes Lehrbuch in der Landessprache ist allemal besser als eine schlechte Übersetzung! Wer Englisch nicht genügend beherrscht, ist sogar auf eine korrekte Übersetzung angewiesen. Und er hat ein Recht darauf, weil er ja keine Alternative hat.

Es hat sich jedoch in der Fliegerei eingebürgert, dass jemand, der Englisch kann, irgendetwas als professioneller, besser und in-

ternationaler angesehen wird. Gut Englisch zu können ist unter Piloten prestigeträchtig. Wir kennen die Piloten, die stolz heraushängen lassen, dass sie Proficiency Level 6 haben, also so gut wie „Native Speaker“ sind. Es hat zeitweise einen richtigen Run gegeben, diesen Eintrag zu bekommen.

Natürlich ist es von Vorteil, gut Englisch zu können, weil viele Texte nur in englischer Sprache verfügbar sind und man dadurch eine größere Auswahl an Literatur hat. Aber es ist falsch, daraus den normativen Anspruch abzuleiten, dass jeder gut Englisch können müsse.

Man erkennt damit die Realität: Es gibt keine einheitliche Fliegersprache in der Europäischen Union. In der Europäischen Union gibt es 24 Amtssprachen – also auch 24 Fliegersprachen. Wie die ZEIT berichtete, sprechen nur 2,1 % der Arbeitnehmer in Deutschland verhandlungssicher Englisch.<sup>43</sup> Bei Piloten mag der Anteil größer sein – aber auf 90 % und mehr kommen wir auch nicht. In anderen europäischen Ländern sieht es noch schlechter aus. Es mag reichen, eine einfache Unterhaltung zu führen, ein Essen zu bestellen oder die Sprachgruppen des Funkverkehrs zu beherrschen, aber den Level eines „Native Speaker“ in Englisch erreichen wohl nur ganz ganz wenige. Wo es um sprachliche Höchstleistungen geht, ist man in der Muttersprache immer besser als in einer Fremdsprache.

Diese Erkenntnis haben wir in der Wissenschaft schon hinter uns: In den 1980er-Jah-

42) <http://www.icao.int/safety/lpr/Pages/Language-Proficiency-Requirements.aspx>

43) <http://www.zeit.de/karriere/beruf/2013-06/studie-englisch-kenntnisse-berufstaetige>

ren begann es sich einzubürgern, Englisch zu sprechen, wenn auch nur ein ausländischer Kollege anwesend war. Englisch wurde in kürzester Zeit zur Kongresssprache der Wissenschaft und man kam gar nicht umhin, in englischer Sprache zu publizieren, wenn man als Wissenschaftler etwas gelten wollte. Aber es zeigte sich bald, dass diese Entwicklung für den wissenschaftlichen Fortschritt nicht nur förderlich war. Wissenschaftlerkollegen, die in ihrer Muttersprache bedeutende Beiträge geliefert hatten, publizierten auf Englisch sprachlich so erbärmlich, dass nur noch Gemeinplätze zu verstehen waren. Deshalb ist man heute in der Frage, ob Englisch internationale Wissenschaftssprache sein soll, sehr viel nüchterner geworden.<sup>44</sup> Man braucht nur einmal auf ein Seminar der EASA oder einer anderen EU-Institution zu gehen, um festzustellen, auf welchem mäßigem Niveau dort Englisch gesprochen wird.

Es ist auch nicht so, dass Englisch = international ist. Wenn ich als Sohn eines Italieners und einer spanischen Mutter an der deutsch-französischen Grenze aufgewachsen bin und alle vier Sprachen gelernt habe, bewege ich mich in Mitteleuropa als Pilot sicherlich international sprachsicherer, als wenn ich nur Englisch kann. Internationalität ist Vielfalt, nicht Einfalt der Sprachen. Das ist keine Nationaltümelei, sondern der grundlegende Lehrsatz der Sprach- und Kulturwissenschaften. Firmen wie Airbus bekennen ganz offen dazu, dass der Erfolg ihrer Ingenieurskunst in der kulturellen Vielfalt

44) Osel J., Wer Leser will, muss auf Englisch schreiben, SZ vom 27.06.2014

begründet ist.<sup>45</sup> Und Sprache ist wesentlicher Bestandteil von Kultur.<sup>46</sup> Wir tun uns keinen Gefallen, wenn wir Piloten, Mechaniker und Verwaltungsangestellte dazu zwingen, eine Sprache zu nutzen, der sie nicht mächtig sind und die sie nicht zu beherrschen brauchen. Ich möchte nicht wissen, wie viele Montage- und Wartungsfehler passiert sind, weil Wartungspersonal Wartungsanweisungen nicht richtig verstanden hat und sich nicht getraut hat, das zuzugeben. Ähnliches gilt für Piloten.

Bevor ich weiter ausschweife, will ich versuchen, das Thema eher nüchtern auf den Punkt zu bringen: Wenn Englisch die alleinige Amtssprache Europas wäre, wäre es berechtigt, dass die EASA ihre Ergebnisse nur in englischer Sprache publiziert. Mit ihrem Desinteresse, Texte in die europäischen Amtssprachen zu übersetzen, verstößt die EASA aber gegen die Charta der Grundrechte der EU, die in Artikel 22 verlangt, die sprachliche Vielfalt in der EU zu respektieren.<sup>47</sup> Sie handelt auch nicht in Übereinstimmung mit der Europäischen Maschinenrichtlinie oder mit den Grundsätzen des Arbeitsschutzrechts, die verlangen, dass Informationen adressatengerecht und damit an das Sprachniveau der Adressaten anzupassen ist. Ein Pilot oder Mechaniker, der kein Englisch kann, kann verlangen, dass notwendige und vor allem sicherheitsrelevante Informationen in seiner

45) Krause-Nehring C., Die Airbus-Kultur. Eine kulturelle und politische Analyse des Flugzeugbaus bei Airbus unter besonderer Berücksichtigung der deutsch-französischen Beziehungen., Diss. Passau 2008

46) Deutscher G., Im Spiegel der Sprache: Warum die Welt in anderen Sprachen anders aussieht, dtv 2012

47) [http://www.europarl.de/de/europa\\_und\\_sie/europa\\_vorstellung/grundrechtecharta.html](http://www.europarl.de/de/europa_und_sie/europa_vorstellung/grundrechtecharta.html)

Muttersprache gegeben werden.<sup>48</sup> Das ist die Rechtslage in Europa!



Quelle: Europäische Kommission<sup>49</sup>

Es ist auch nicht Aufgabe der nationalen Luftfahrtbehörden, die Publikationen der EASA zu übersetzen. Nach den Konstruktionsregeln der EU werden Vorgaben der EU nur dann national rechtswirksam, wenn sie in die jeweiligen Landessprachen übersetzt werden.<sup>50</sup> Wenn die EU das mit ihren Institutionen nicht kann, braucht man sie nicht mehr. Dann müssen die nationalen Behörden eben wieder in den jeweiligen Landessprachen Rechtsvorschriften erlassen.

***Die EASA ist in Europa noch  
nicht angekommen!  
Was folgt nun daraus?***

Auch wenn mir das gerade angeschnittene Thema sehr am Herzen liegt, muss ich zugeben, dass es uns in der aktuellen Frage, was „Upset“ bedeutet, nicht weiterhilft. Nach Hunderten von Seiten, die ich zu diesem

Thema gelesen habe, und nach Vergleich vieler Quellen traue ich mir am Ende des Artikels aber ein Urteil zu:

1. Zunächst sollte man weiter zwischen Berufspiloten und Privatpiloten unterscheiden, weil sie sehr unterschiedliche Betriebsbedingungen haben.

2. Berufspiloten sollten unter dem Titel „Airwork für Airlinerpiloten“ regelmäßig üben, Flugzeuge per Hand zu steuern, und dies für Flugsituationen, die außerhalb des Normalbereichs liegen. „Airwork“ ist dafür ein eingeführter Begriff. Für Theorieausbildung würde ich den Titel „Flying at the Edges of the Flight-Envelope“ vorschlagen. Dazu kann ich mir Theoriesyllabi vorstellen, die auf Flugdynamik bei hohen Anstellwinkeln ausgerichtet sind und besonders Flugstabilität und Massenträgheit thematisieren. Natürlich muss der Stall ausführlich behandelt werden. Wenn der Stall nicht verstanden ist – geht gar nichts! Dazu braucht man aber keine neuen Begriffe, sondern muss nur die vorhandenen Ausbildungsmaterialien durchforsten, ob sie stringent und fehlerfrei sind und ob sie für das Verständnis dieser Flugsituationen vollständig sind. Auch Airbus wird sich entschließen müssen, in ihren FCTMs<sup>51</sup> die Aussage zu korrigieren, dass man durch Ziehen des Sticks bis zum Anschlag maximalen Lift erzeugt. Bei allem Respekt vor den Protection Systems – die Flugphysik hebeln sie nicht aus! Und falsche mentale Modelle in den Köpfen von Piloten führen irgendwann zu Unfällen.

48) S. BGI 578, Dez. 2012, S. 18

49) Stand 2012

50) Szukala A., Das Implementationssystem europäischer Politik, Wiesbaden 2012

51) Flight Crew Training Manual, Chapter 01, S. 17

Kurz: Man braucht keine neuen Begriffe, man muss nur endlich die Theorieschwächen und Fehler in den bestehenden Ausbildungsunterlagen und Regularien bereinigen!

3. Auch würde ich mir wünschen, dass bei der Ausbildung von Berufspiloten mehr Wert darauf gelegt wird, Verständnis von flugphysikalischen Zuständen zu vermitteln, statt darauf abzuheben, vorgegebene Procedures einzuhalten. Dabei ist es besonders wichtig, den Unterschied zwischen Stall und „approach-to-stall“ zu lehren. Piloten müssen intellektuell und sinnlich erfahren, dass das normale Recovery-Procedure im entwickelten Stall nichts taugt und dass ein großes Verkehrsflugzeug viele tausend Fuß Höhe braucht, um aus einem entwickelten Stall zu recovern. Wer das verstanden hat, denkt nicht mehr primär über geeignete Recovery Procedures nach, sondern sieht zu, dass er solche Situationen wenn irgend möglich vermeidet. Das kann man mit Simulatoren vermitteln – unabhängig davon, ob sie das wirklich originalgetreu für ein Muster abbilden. Es geht ja um Vermeidung und wann diese nicht mehr möglich ist.

4. Die Zunft der Experten bei den Luftfahrtbehörden muss endlich akzeptieren, dass man den Anstellwinkel nicht aus Speed, Attitude, Power und Configuration ableiten kann.<sup>52</sup> Der Anstellwinkel bestimmt sich allein aus dem Winkel zum relativen Wind und dieser relative Wind ist unsichtbar! Deshalb braucht man zwingend ein Instrument, um den Anstellwinkel zu wissen. Die Zunft muss auch lernen, mit dem Anstellwinkel umzuge-

52) Wie das schlimmerweise wieder in der NPA 2015-13 auf S. 59 steht.

hen: Der Anstellwinkel ist kein abgeleiteter Parameter, sondern der primäre Parameter für die Stabilität und Kontrollierbarkeit eines Flugzeugs. Wer das nicht weiß oder es gar leugnet, ist eigentlich fluguntauglich.

5. Natürlich sollte auch die Aus- und Weiterbildung von Privatpiloten verbessert werden. Aber nicht durch neue Begriffe, sondern durch mehr Sorgfalt. Ausbildungsleiter sollten die Ausbildungsmaterialien danach durchforsten, ob irgendwo von „Auftriebszusammenbruch“ die Rede ist und solche Stellen durch eine flugphysikalische Erklärung ersetzen. Auch sollte man Flugschülern beibringen, dass ein Höhenruder kein Höhenruder ist.<sup>53</sup> Wer das begriffen hat, ist schon einen großen Schritt weiter.

In der praktischen Flugausbildung von Privatpiloten sollte ebenfalls viel Wert auf ausreichend Airwork gelegt werden. In den dafür vorgesehenen Übungen<sup>54</sup> sollten die verschiedenen Facetten des Stalls gelehrt werden und es sollte demonstriert werden, dass der Stall bei jeder Geschwindigkeit und in allen Fluglagen auftreten kann. Aber Vorsicht: Das Stall-Verhalten kann da wesentlich aggressiver ausfallen! Ausrotten muss man auch die noch bei Fluglehrern verbreitete Meinung, man könne einen Stall ohne Höhenverlust recovern. Das ist das falsche Bild!

Auch ist es wichtig, die Flugphysik des Spiralsturzes ausreichend zu vermitteln und die Bedeutung der oberen Geschwindig-

53) Siehe dazu Höhenruder und AoA, Pilot und Flugzeug Heft 2014/03 und 04

54) Übung 10 und 11 des Syllabus. Siehe AMC and GM Part-FCL vom 15.12.2011, S. 175ff.

keitsgrenzen zu lehren.<sup>55</sup> Auch wäre es sinnvoll, die Übung 19 „Basic instrument flight“ um den Punkt „Unusual Attitude“ zu erweitern. Denn viele Schlechtwetterunfälle von VFR-Piloten passieren, weil diese abweichende Fluglagen nach Instrumenten nicht erkennen und recovern können.

Die Förderung der fliegerischen Weiterbildung ist auch für Privatpiloten wichtig. Piloten sollten sich regelmäßig einem Flugsicherheits-training unterziehen, und Behörden und Versicherungen sollten Anreize schaffen, an solchen Trainings teilzunehmen.<sup>56</sup> Auch eine Kunstflugberechtigung ist eine gute Maßnahme, weil man die flugphysikalischen Grenzen besser kennenlernt. Wichtig ist aber, dass solche Kurse professionell durchgeführt werden, und wichtig ist auch, die erlernten Fähigkeiten zu erhalten. Lernen ist ein dauernder Prozess, in dem neue Fähigkeiten erworben und alte Fähigkeiten aufgefrischt werden müssen. Deshalb ist der Ansatz der EASA verfehlt, bei Privatpiloten nur an der Grundausbildung zu schrauben.

6. Den Begriff „Upset“ sollte man dagegen beiseite lassen. Upset ist ein Modewort ohne flugphysikalische Prägnanz und Fundierung und wurde wohl von Menschen geprägt, die

**Die Zunft der Experten bei den Luftfahrtbehörden muss endlich akzeptieren, dass man den Anstellwinkel nicht aus Speed, Attitude, Power und Configuration ableiten kann. Der Anstellwinkel bestimmt sich allein aus dem Winkel zum relativen Wind – und dieser relative Wind ist unsichtbar! Deshalb braucht man zwingend ein Instrument, um den Anstellwinkel zu wissen.**

wenig Ahnung von Flugphysik haben, aber lauten Aktionismus lieben.

Wer nur auf Speed & Attitude fixiert ist, die Physik des Stalls aber nicht verstanden hat und bei G-Belastungen nur die Insassen sieht, aber die gesamte Festigkeitslehre ausblendet, kann keine Autorität beanspruchen.<sup>57</sup> Flugzeugbau und Flugführung sind Ergebnis von Wissen und nicht von Meinungen. Wer dieses Wissen nicht hat, sollte sich raushalten. Die NPA 2015-13 liefert jedenfalls kein überzeugendes Argument, warum man den Begriff „Upset“ braucht und warum er für Privatpiloten der EU gelten sollte.

 [Bernd.Hamacher@pilotundflugzeug.de](mailto:Bernd.Hamacher@pilotundflugzeug.de)

55) Übung 15 des Syllabus, a.a.O.

56) In den USA gewähren Versicherungen Teilnehmern von Flugsicherheitstraining Rabatte.

57) Für diese Beurteilung gibt es zahlreiche Fundstellen in der NPA 2015-13, die ich mit der CRT innerhalb der Kommentierungsfrist einzeln und detailliert kommentiert habe. Das wollte ich aus Platzgründen hier nicht noch einmal ausbreiten.