

Menschliches Leistungsvermögen und Grenzen im Kunstflug

Kunstflug ist Fliegen im Grenzbereich, hinsichtlich der Flugmechanik, der Belastbarkeit des Kunstflugzeugs und auch der physischen Belastbarkeit des Piloten. Welches sind die besonderen physischen Belastungen, denen der Pilot im Kunstflug ausgesetzt ist?

1. Beschleunigungskräfte

Zuerst ein wenig Physik:

Bei jeder Änderung der Flugbahn z.B. Kurvenflug oder Abfangen tritt die Fliehkraft in Erscheinung, weil sich die bewegte Masse aufgrund ihrer Trägheit tangential zur Richtungsänderung weiter bewegen will. Kraft ist bekanntlich Masse \times Beschleunigung und da die Masse, d.h. hier die des Piloten, ja konstant bleibt, drückt man einfachheitshalber die Fliehkraft durch die jeweils auf den Piloten einwirkende Beschleunigung aus.

Auf eine Masse in Ruhe im Schwerfeld der Erde wirkt die Erdbeschleunigung $g = 9,81 \text{ m/s}^2$. Wird nun diese Masse in einer Kreisbahn bewegt, so kommt die zur Fliehkraft gehörende Querschleunigung hinzu und die resultierende Gesamt-Beschleunigung wird in Vielfachen der Erdbeschleunigung ausgedrückt.

Wirkt auf die Masse z.B. die dreifache Erdbeschleunigung, so sind das 3g.

Wie wirken Beschleunigungskräfte auf den menschlichen Körper?

Ein Pilot, der z.B. eine Steilkurve mit einer Beschleunigung von 3g fliegt, "wiegt" das Dreifache seines Gewichts in Ruhe. Somit wiegt auch sein Blut das Dreifache und der Kreislauf hat Mühe, dieses "schwere" Blut weiterhin zu den Organen fördern. Wenn sich das Gehirn des Piloten oben befindet, ist unter diesen Bedingungen die Versorgung des Gehirns mit Blut und somit Sauerstoff besonders erschwert. Das Gehirn hat aber nur eine Sauerstoffreserve für wenige Sekunden. Wenn nun der Kreislauf die G-Belastung über eine längere Zeitspanne nicht mehr voll kompensieren kann, fallen bestimmte Funktionen des Gehirns wegen Sauerstoffmangel aus.

Dies betrifft jene Beschleunigungen, bei denen die Kraft vom Kopf in Richtung der Füße wirkt. Weil das der normalen Position im Flug entspricht, heisst sie "positive G-Belastung" oder kurz "positive G".

Wirkt die Kraft dagegen von den Füßen in Richtung Kopf spricht man von "negativen G".

Die Gehirnfunktion, die als erste durch Sauerstoffmangel beeinträchtigt wird, ist das Sehen. Die Schwelle, ab der Sehstörungen auftreten, ist individuell sehr unterschiedlich. Die Fähigkeit des Kreislaufs, G-Belastungen zu kompensieren, ist aber auch in hohem Masse abhängig von der Tagesform des jeweiligen Piloten. Zum Beispiel Müdigkeit, Kater nach übermässigem Alkoholgenuss oder niedriger Blutzucker können die G-Toleranz drastisch reduzieren. Genauso setzen Erkrankungen wie Erkältungen oder Infektionen die G-Toleranz stark herab.

Die Begriffe "Grey-Out" und "Blackout" hat wohl jeder schon gehört. Wenn die G-Belastung allmählich ansteigt, wie z.B. bei einem simulierten Flug in der Zentrifuge, geht wegen zunehmendem Sauerstoffmangel zuerst das Farbsehen verloren, ein Effekt, der z.B. auch durch ungenügende Sauerstoffversorgung beim Höhenflug auftritt. Einige Probanden berichten bei solchen Versuchen auch von "Tunnelblick", d.h. fortschreitender Einengung des Gesichtsfelds bei zunehmenden positiven G.

Blackout ist der plötzliche völlige Sehverlust durch positive G. Weil im Kunstflug der Anstieg der G-Belastung über die Zeit meist schnell erfolgt, tritt ein Grey-Out selten auf, der rasch einsetzende Blackout ist eher die Regel. Sobald aber die Belastung wieder reduziert wird, kommt das Sehvermögen sowohl beim Grey-Out als auch Blackout nahezu unverzüglich zurück.

Was können wir gegen vorzeitigen Blackout beim Kunstflug tun?

Zu allererst müssen wir, wenn wir Kunstflug machen wollen, völlig gesund sein. Bereits ein harmloser Schnupfen reicht, um unsere Kunstflugtauglichkeit in Frage zu stellen. Abgesehen von der reduzierten G-Toleranz, besteht bei einer Erkältung das Risiko einer Blockade des Mittelohrs bei den für den Kunstflug typischen schnellen Höhenänderungen. Selbstverständlich lassen wir auch die Finger vom Kunstflug, wenn wir einen "Hangover" haben oder uns sonst nicht fit fühlen.

Die Militärflyer tragen zum Schutz gegen vorzeitigen Blackout "Anti-G-Hosen". Diese haben eingearbeitete Luftkammern, die abhängig von der Beschleunigung aufgeblasen werden und das Blut aus den unteren Extremitäten und dem Bauch nach oben Richtung Kopf drücken. Einen ähnlichen Effekt können wir auch durch Pressatmung oder durch das, wie es bei den Jagdfliegern heisst, "M-one-Maneuver" erreichen. Dazu spannen wir die Bauchmuskeln an und atmen nur stossweise aus. Zugleich macht man sich im Sitz "klein" und zieht den Kopf ein soweit es geht, ohne die Sicht nach aussen zu verlieren. Mit etwas Übung kann man damit die Grenze zum Blackout um bis zu +2g nach oben verschieben. In jedem Fall aber ist eine gute Allgemeinkondition die beste Vorsorge gegen vorzeitigen Blackout.

Eine weitaus grössere Gefahr als der Blackout ist der viel weniger bekannte G-LOC. Die Abkürzung steht für "G-force induced Loss of Consciousness", also durch G-Kräfte ausgelöste Bewusstlosigkeit. Wenn der durch die G-Kräfte verursachte Sauerstoffmangel im Gehirn eine bestimmte Schwelle unterschreitet, wird der Pilot ohnmächtig. Diesem Phänomen wurde im Militär wenig Aufmerksamkeit geschenkt, bis die Amerikaner in den 1970ern Jagdflugzeuge einführten, die im Kurvenflug bis etwa 9g ohne Fahrtverlust halten konnten. Die Untersuchung einer Reihe von unerklärlichen Abstürzen, darunter auch den eines sehr erfahrenen Testpiloten, der für eine Airshow trainierte, ergab, dass die Piloten plötzlich das Bewusstsein verloren hatten. In der zivilen Kunstfliegerei jedoch wurde dieses Problem schon früher beschrieben. Die britische Kunstflug-Legende Neil Williams schildert in seinem Ende der 1960er geschriebenen Buch "Loopings und Turns" einige haarsträubende Episoden, bei denen G-LOC eine Rolle spielte.

Bei Zentrifugentests mit einer grösseren Anzahl Probanden zeigte sich, dass bei manchen Personen der G-LOC bereits bei ca. +3g auftrat, sobald die Belastung über einen Zeitraum von mehr als etwa 15 Sekunden anhielt. Aber auch kurzzeitige hohe G-Belastungen können zum G-LOC führen, wenn der Anstieg der Beschleunigung so rasch erfolgt, dass der Kreislauf keine Zeit hat, sich auf die Belastung einzustellen. Im Gegensatz zum Blackout, der bei Nachlassen der Belastung quasi sofort verschwindet, kann es beim G-LOC bis etwa 45 Sekunden dauern, bevor der Pilot das Bewusstsein wieder erlangt. Deshalb ist der G-LOC für uns Kunstflieger eine potenziell tödliche Gefahr. Zumindest ein tödlicher Unfall bei der Segelkunstflugschulung in der Schweiz ist nur durch G-LOC erklärbar: Der Kunstflugschüler flog die in der "traditionellen" Schweizer Kunstflugprüfung verlangte Steilspirale solo, leitete aber nach den verlangten drei Umgängen den Steilkreis nicht aus bis zum Aufschlag. Auf wiederholte Anrufe im Funk reagierte er nicht. Angesichts der Tatsache, dass bei dieser Übung +3g konstant für 30 Sekunden normal sind, kann das bei einem dafür anfälligen Piloten sehr wohl zum G-LOC führen.

Auch in einem meiner Kunstflugkurse kam ein B4 mit einem Schüler nach etwa drei Umgängen Steilkreis offensichtlich unkontrolliert aus dem Manöver heraus. Nach der Landung erzählte mir der Schüler dass er "komplett weg" gewesen und erst wieder zu sich gekommen sei, als das Flugzeug sich selbständig aufgerichtet hatte. Bei nachfolgenden doppelsitzigen Flügen konnten wir das Problem rekonstruieren. Immer nach einigen Steilkreisen mit ca. 3g war der Schüler am Rande einer Ohnmacht.

Fazit:

Nicht der Blackout ist die wirkliche Gefahr sondern der G-LOC!

Um das Risiko des G-LOC zu minimieren, sollten wir möglichst Manöver mit sehr schnellem Beschleunigungsaufbau und mit über einen längeren Zeitraum anhaltenden positiven G vermeiden.

Negative G:

Bei negativen Beschleunigungen wird das Blut in den Kopf gedrückt. Der Druck im Kopf kann für nicht daran gewöhnte Piloten recht schmerzhaft sein. Aber auch erfahrene Kunstflieger brauchen nach einer längeren Flugpause wie z.B. im Frühjahr einige "Angewöhnungsflüge", um negative G wieder einigermaßen ertragen zu können. Der in der Literatur manchmal erwähnte "Red-Out" kann nur bei grosser negativer G-Belastung auftreten. Das Phänomen lässt sich so erklären, dass durch die negativen G die Unterlider nach oben vor die Augen gedrückt werden und der Pilot dann nur noch rot sieht. In der Praxis spannt man aber instinktiv bei negativen G das Gesicht stark an. Mit etwas Anstrengung ist es bis etwa -5g kein wirkliches Problem, die Augen einigermaßen offen zu halten.

Gibt es dagegen nach Negativmanövern regelmässig rote Augen, so ist das ein ernstes Alarmsignal! Häufige Blutungen am Auge nach negativen G deuten auf eine mögliche Gefässschwäche hin und müssen unbedingt von einem Facharzt abgeklärt werden.

Beim Fliegen von Figuren mit Wechselbelastungen, und zwar negativ-G unmittelbar gefolgt von hohen positiven G, ist besondere Vorsicht geboten. Das Risiko des Blackout und vor allem auch des G-LOC ist dabei stark erhöht! Der Kreislauf muss sich innert Sekunden komplett umstellen und Piloten mit niedrigem Blutdruck sind naturgemäss besonders gefährdet. Es empfiehlt sich in solchen Figuren beim Übergang von negativ zu positiv bewusst anzuspannen und Pressatmung anzuwenden. Generell gilt, dass Figuren mit negativen G den Organismus extrem beanspruchen und sehr ermüdend sind. Jeder Unlimited-Pilot kann bestätigen, dass beim Training anspruchsvoller Unlimited-Programme mit vielen negativ-G, die Konzentrationsfähigkeit bereits nach wenigen Starts deutlich nachlässt.

Sehr hohe negative G, wie sie manchmal im Motorkunstflug vorkommen (bis ca. -10g), können im Extremfall zu ernstesten Schädigungen des Gleichgewichtsorgans und als Folge davon zu schwersten Schwindelanfällen führen. Glücklicherweise sind mit unseren Segelkunstflugzeugen derart extreme negative G nicht möglich, da auch bei Höchstgeschwindigkeit vorher die Strömung abreisst.

2. Luftkrankheit und räumliche Desorientierung

Unser Gleichgewichtsorgan ist für ein Leben auf dem Boden konzipiert und bereitet deshalb beim Fliegen eine Menge Schwierigkeiten. Die Flüssigkeit in den Bogengängen reagiert auf Lageänderungen um die drei Achsen des Raums mit entsprechenden Bewegungen, die Signale an das Gehirn senden, welche oft nicht mit den visuellen Eindrücken in Einklang stehen. Halten die Bewegungen an, wie beim Fliegen oder auch auf bewegter See, kann das bei empfindlichen Menschen Übelkeit hervorrufen, die Luft- bzw. Seekrankheit.

Bei unseren Kunstflugschülern mit mindestens 40 Flugstunden oder 120 Starts sollte Luftkrankheit eigentlich kein Thema mehr sein. Dennoch werden vereinzelt Kunstfluganfänger luftkrank, insbesondere bei Vrillen. Das mag physisch bedingt sein, indem - wie oben beschrieben - das Gleichgewichtsorgan auf die schnellen Rotationen bei der Vrille überempfindlich reagiert. Andererseits kann es aber auch psychologische Ursachen haben, indem der Schüler vor dem subjektiv als "gefährlich" empfundenen Manöver einfach "Schiss" hat. Auch "altgediente" Fluglehrer sind nicht dagegen gefeit. In Weiterbildungskursen erlebt man allzu oft, dass auch erfahrene Piloten nur mit grossen Vorbehalten an das Üben von Vrillen herangehen. Derartigen Angstzuständen ist nur durch bewusste Beschäftigung mit dem betreffenden Manöver und eingehender Besprechung aller denkbaren Risiken zu begegnen. Erst wenn der Schüler Vertrauen gewonnen hat, dass die bevorstehende Flugübung voll beherrschbar ist und keine reale "Gefahr" besteht, ist es sinnvoll, mit praktischen Flugübungen zu beginnen.

Wie beugen wir Luftkrankheit vor?

Auch hier ist eine gute Allgemeinkondition wichtig. Müdigkeit, Kater oder niedriger Blutzucker erhöhen die Anfälligkeit erheblich. Bei allen Kunstflugmanövern ist es entscheidend

wichtig, den richtigen Blickpunkt zu haben. Die Konzentration auf die Fluglage und der feste Blick auf Referenzpunkte erleichtert nicht nur die exakte Kontrolle der Fluglage, sie beugt auch der Luftkrankheit vor. Mit zunehmendem Training und wachsender Kunstflugerfahrung nimmt die Wahrscheinlichkeit luftkrank zu werden immer mehr ab.

Was ist räumliche Desorientierung und wie vermeiden wir sie?

Bei Flugmanövern mit schnellen Rotationen, wie z.B. Rollen oder Vrillen, wirkt auf die Flüssigkeit in den Bogengängen zusätzlich die Corioliskraft und verursacht Reize, mit denen das Gehirn nichts anfangen kann, da sie eben nicht in unserer genetischen Programmierung vorgesehen sind. Dieser Zustand kann leicht Luftkrankheit auslösen, aber auch räumliche Desorientierung oder sogar Drehschwindel (Vertigo), der im Extremfall zur völligen Handlungsunfähigkeit führen kann. Rasche Kopfbewegungen während eines Manövers mit schneller Rotation sind der häufigste Auslöser von räumlicher Desorientierung. Die grösste Gefahr besteht dabei im Blindflug, weil da die Möglichkeit der Orientierung am Aussenbild fehlt. Im Kunstflug bewegen wir uns dagegen im Sichtflug und steuern unsere Manöver anhand von visuellen Referenzen. Trotzdem sollten wir bei Rollen und Vrillen unnötige Kopfbewegungen vermeiden. Beste Vorbeugung gegen räumliche Desorientierung sind die Wahl des richtigen Blickpunkts und die Konzentration auf das zur korrekten Ausführung der Figur gehörende Aussenbild.

3. Richtiges Anschnallen

Selbstverständlich hat im Kunstflug das richtige Anschnallen eine weit grössere Bedeutung als in der sonstigen Fliegerei. Ständiger fester und sicherer Kontakt mit dem Flugzeug ist Grundvoraussetzung für präzise Steuerführung in allen Fluglagen. Alte Kunstflieger pflegen zu sagen, man muss die Gurte festziehen "bis der Saft rauskommt". Spätestens beim ersten Rückenflug geht dem Flugschüler auf, wie unangenehm es ist, wenn man mit dem Hinterteil in der Luft schwebt, mit dem Kopf auf dem Capot aufsitzt und den Knüppel irgendwo "da oben" suchen muss. Und bei den ersten stärkeren negativ-g lernt man, wie schmerzhaft zu lockere Beckengurte in die Hüften einschneiden und wundert sich nachher nicht mehr über die blauen Flecken.

Wer's bis zur Kunstflugschulung noch nicht gelernt hat: Zuerst wird der Beckengurt (nicht "Bauchgurt") bombenfest angezogen. Nur der hält uns sicher im Sitz! Die Schultergurte können relativ locker bleiben. Wir wollen ja auch noch Luft bekommen. Der fünfte Gurt wird nur so fest angezogen, dass der Beckengurt bei negativen g nicht von den Schultergurten nach oben gezogen wird.

4. Passagiere im Kunstflug

Mit Erwerb der Kunstflugberechtigung ist auch die Erlaubnis für Kunstflug-Passagierflüge erteilt. Beim Kunstflug ist der Passagier zwangsläufig ganz anderen Situationen und Belastungen ausgesetzt als bei "normalen" Passagierflügen im Segelflugzeug. Es ist selbstverständlich, dass wir dem Rechnung tragen und den Passagier darauf angemessen vorbereiten. Hektik und Eile sind überall in der Fliegerei der Sicherheit extrem abträglich. Bei der Vorbereitung für einen Passagier-Kunstflug haben sie ganz gewiss nichts zu suchen. Auch wenn es für uns nichts Besonderes mehr ist, wir müssen uns bewusst sein, dass für den Passagier Kunstflug immer ein Extrem-Erlebnis ist, das in gewissem Masse auch als bedrohlich empfunden wird. Eine professionelle, unaufgeregte Vorbereitung vermittelt dem Passagier den Eindruck, dass wir alles im Griff haben und er bei uns in guten Händen ist.

Keinesfalls dürfen wir vergessen, den Passagier zu fragen, ob er irgendwelche ernststen Gesundheitsprobleme hat. Dazu ein Negativbeispiel aus meiner eigenen Vergangenheit: Drei Brüder kamen zu mir und erklärten, sie wollten einem von ihnen einen Kunstflug zum Geburtstag schenken. Der Kandidat war ein kräftig gebauter Mann ca. Ende Zwanzig. Ich

erklärte ihm alles und wir starteten. Nach dem Ausklinken begann ich mit einem vorsichtig gezogenen Loop, um zu sehen, wie er sich fühlt. Er bat mich sofort aufzuhören, er verträge das nicht. Ich flog mit ihm wieder geradeaus und er erzählte mir, dass er schwer herzkrank sei und solche Belastungen unbedingt vermeiden müsse. Kurzum, wir kamen sicher und wohlbehalten wieder auf den Boden. Seinen beiden Brüdern hielt ich daraufhin eine geharnischte Ansprache von wegen Verantwortung etc. Aber derjenige der sich wirklich Vorwürfe machen musste, war natürlich ich. Nur mit viel Glück war ich ohne schlimmen Zwischenfall davon gekommen.

Erfahrungsgemäss kommt Luftkrankheit bei unseren Passagieren im Kunstflug erstaunlich selten vor. Viel seltener jedenfalls als bei "normalen" Segelflügen. Der Hauptgrund dürfte die vergleichsweise sehr kurze Dauer des Kunstflugs sein. Bei einem Kunstflugprogramm von weniger als vier Minuten Dauer hat der Passagier meistens keine Zeit, überhaupt daran zu denken, dass er jetzt eigentlich luftkrank werden könnte.

Trotzdem sollte man als Pilot das Problem nicht zu sehr auf die leichte Schulter nehmen. Ein wichtiger Faktor ist die - nicht eingestandene - Angst des Passagiers, der ja fast immer zum ersten Mal Kunstflug erlebt. Auch hier ist etwas Psychologie hilfreich: Wir erklären dem Passagier möglichst genau, was wir mit ihm vorhaben, wie er sich bei den verschiedenen Manövern wahrscheinlich fühlen wird und wie die Beschleunigungskräfte wirken. So haben wir Gelegenheit, eine Vertrauensbasis zwischen uns und dem Passagier aufzubauen und die unterschwellige Angst vor dem Unbekannten abzubauen. Trotzdem sollte die obligatorische Tüte immer griffbereit sein.

Am Flugzeug erklären wir sorgfältig die Handgriffe für Notausstieg und Rettungsabsprung. Dabei müssen wir uns aber leider bewusst sein, dass unter dem besonderen Stress eines Kunstflugs im Ernstfall die sehr reale Gefahr besteht, dass der Passagier in Panik gerät und sich dann kaum an die komplexen Verfahren erinnern wird.

Nach dem Einsteigen vergewissern wir uns, dass der Passagier richtig und sicher angeschnallt ist. Leider sind die Gurtsysteme in unseren Kunstflugzeugen zum Teil recht kompliziert zu bedienen, trotzdem erklären wir nochmals die Handgriffe zum Lösen des Gurtzeugs im Notfall und auch nach dem Flug am Boden. Ich habe schon zu oft erlebt, dass der Passagier beim Aussteigen nach dem Kunstflug sich nicht mehr an die Anweisungen erinnerte und anfang panikartig an den Gurten zu zerren.

Auch während des Fluges können wir viel zum Stressabbau tun, indem wir dem Passagier erklären was wir tun, ihn auf Sehenswertes aufmerksam machen und generell den Eindruck vermitteln, dass der Kunstflug für uns etwas völlig Normales ist. Vor Erreichen der Ausklinkhöhe bitte ich den Passagier, seine Gurte zu überprüfen und ggf. etwas nachzuziehen. Während des Kunstflugs kündige ich meine Manöver an und erkläre was ich tue. Ich vergewissere mich ständig, dass sich mein Fluggast noch wohl fühlt und ermutige ihn, mir sofort zu sagen, wenn er Schwierigkeiten hat und einen Abbruch des Kunstflugs wünscht.