# Prop Failure – Was Piloten über Propeller wissen müssen

von Flugkapitän Peter Klant

***Jedes Jahr gibt es in den USA etwa zehn Unfälle, die auf Probleme mit dem Propeller zurückzuführen sind. Es handelt sich dabei nicht nur um Unfälle mit einmotorigen Flugzeugen. Mehrmotorige Flugzeuge können durch ein Propeller-Problem sogar unkontrollierbar werden. Nach einer Studie von AvioConsult gab es weltweit seit 1990 über 380 Unfälle, bei denen die Besatzung eines mehrmotorigen Flugzeugs nach einem Motorausfall die Kontrolle verloren hat und abgestürzt ist. Darunter waren auch Fälle von Propeller-Versagen, Propeller Overspeed und „Propeller Mishandling".***

Drei Unfälle zeigen, worum es geht

Fall Nr. 1: Am 15. März 2010 kam der Verkäufer Robert Gary Jones beim Joggen am Strand ums Leben. Es hatte nicht bemerkt, dass sich ihm von hinten ein Flugzeug näherte. Es war eine einmotorige Lancair IV.P, deren Pilot sich nach Verlust des Propellers mit völlig verölter Frontscheibe zu einer Notlandung auf eben diesem Strand entschlossen hatte.

Der Flugunfall mit tödlichem Ausgang hatte in den USA großes Aufsehen erregt. Letztendlich – so stellte das amerikanische National Transportation Safety Board (NTSB) fest – war ein früherer Prop Strike, also eine Bodenberührung des Propellers, ignoriert worden. Unfallursache sei:

> *„a loss of engine power due to the failure of the crankshaft as a result of a previously undocumented propeller strike".*

Fall Nr. 2: Nach dem Start in Atlanta, Georgia, verlief der Steigflug einer Embraer 120 völlig normal, bis in 18.100 Fuß Höhe ein Propeller-Blatt wegflog. Dabei wurden Motor, Cowling und Tragfläche so stark beschädigt, dass die Maschine nur noch schwer steuerbar war und die Piloten die Höhe nicht mehr halten konnten. Es war der 21. August 1995 und es war bereits der dritte Prop Failure bei einer Embraer 120. Diesmal sollte es aber nicht so glimpflich ausgehen wie bei den Vorfällen davor: Die Piloten konnten den Flugplatz nicht mehr erreichen. Die Maschine zerbrach beim Aufprall und fing Feuer. Von den 29 Insassen kamen acht ums Leben, darunter der Kapitän der Maschine. Als Ursache der Prop Failures wurden durch Korrosion hervorgerufene Ermüdungsrisse ausgemacht.
Fall Nr. 3: Es hätte ein schöner Flug werden

können. Bis zu dem Moment, als der Pilot feststellte, dass Gasgeben zum Überdrehen des Verstellpropeller führte, ohne dass dieser ausreichend Schub abgab. Der Pilot nahm das Gas raus und reduzierte die Fahrt, um die Drehzahl des Propellers wieder unter die Redline zu bekommen. Er kurvte ein zum nächstgelegenen Flugplatz und nahm die Geschwindigkeit des besten Gleitens für seine Maschine ein. Dann gab er vorsichtig Gas, bis die Propeller-Drehzahl die zulässige Maximaldrehzahl erreichte. Die nun zur Verfügung stehende Motorleistung streckte den Gleitflug erheblich. Aber nicht genug, um den Flugplatz zu erreichen. Der Pilot sah sich zu einer Außenlandung gezwungen.
Die FAA nahm 2010 diesen Unfall zum Anlass, ein „Special Airworthiness Information Bulletin“ herauszugeben. Denn dieser Pilot – und viele andere auch, der Verfasser nicht ausgenommen – wussten nicht, dass eine andere Strategie es durchaus ermöglicht hätte, noch einen Flugplatz zu erreichen. Mehr dazu später.

Diese drei Unfälle zeigen die Schwerpunkte, an denen man ansetzten sollte, um den Flugbetrieb rund um den Propeller sicherer zu machen:

- Propeller-Wartung und -Überholung,
- Früherkennung von Schäden,
- System-und Verfahrenskenntnisse.

Einen weiteren Schwerpunkt bei Propeller-Unfällen werde ich in diesem Artikel ausklammern. Das sind zum einen Unfälle beim „hand propping“ und zum anderen Unfälle, bei denen Personen in den Propeller geraten. Das gehört für mich zum Thema Ramp Safety und wird hier nicht erörtert.

### *Kenntnisse über Propeller können das Leben verlängern*

Im Folgendem will ich versuchen, das Pilotenwissen zum Thema Propeller Safety aufzufrischen.
Bei meiner Piper Arrow gab es vor einiger Zeit ein Propeller-Versagen. Bei einem Touch-and-go flog bei voller Startleistung ein Teil eines Propeller-Blatts weg. Diese Erkenntnis konnte allerdings erst am Folgetag gewonnen werden. Das Problem äußerte sich den Piloten in einem plötzlichen extremen Schütteln des Flugzeugs. Die Instrumente waren nicht mehr ablesbar. Beim sofortigen Startabbruch waren die Vibrationen so gewaltig, dass trotz Abstellen des Motors über den Gemischhebel eine Strebe im Fahrwerk brach und das Bugfahrwerk zusammenbrach.
Seitdem weiß ich fast alles über Propeller. Dieses Wissen möchte ich gerne weitergeben.
Für den Piloten ist es natürlich wichtig, zu wissen, wie er sich bei Propeller-Fehlern verhalten soll. Darüber ist unter Piloten wenig bekannt, denn sowohl der Verlust eines Propeller-Blatts als auch das Verhalten bei Propeller Overspeed lässt sich aus naheliegenden Gründen nicht im Flugzeug trainieren. Dennoch muss man sich wegen der gravierenden Folgen intensiv mit dem Thema befassen:

Mögliche Folgen Propeller Overspeed:

- erhöhter Widerstand – Kontrollverlust (multi engine),
- erhöhter Widerstand – unmöglich Höhe zu halten (multi engine),
- Zerstörung des Triebwerks,
- Propeller-Versagen.

Mögliche Folgen Propeller-Versagen:

- Einschlag Propeller in Rumpf und/oder andere Motoren,
- extreme Vibrationen,
- Zerstörung des Triebwerks,
- Triebwerksbrand,
- Verlust (Abfallen) des Triebwerks, dadurch Kontrollverlust.

Bevor ich die fliegerischen Verfahren bei Propeller-Fehlern bespreche, möchte ich mit einer kurzen Systembeschreibung – vor allem des Verstellpropellers – beginnen. Denn ohne zu verstehen, wie ein Verstellpropeller funktioniert, kann man die Notverfahren dazu nicht nachvollziehen.
Ebenso wichtig ist, zu verstehen, worauf es bei der Vorflugkontrolle des Propellers ankommt und was es bei der Wartung zu beachten gibt. Denn gute Wartung und eine genaue Vorflugkontrolle sind das richtige Mittel, um die Anwendung von Notverfahren in der Luft zu vermeiden.

### *Der Propeller – das unbekannte Wesen*

Die meisten Piloten kennen das Handbuch ihres Flugzeugs ziemlich genau. Es enthält die Systembeschreibungen, die Limitierungen, Normal-und Notverfahren, Flugleistungsdaten sowie Hinweise zur Wartung und Pflege. Aber wer kennt schon das Handbuch seines Propellers? In der Tat, auch für Propeller gibt es Handbücher, die ähnlich aufgebaut sind wie die Flugzeughandbücher und sehr lehrreich sind. Wer hat nicht schon mal an seinem Propeller eine kleine Kerbe vorgefunden und sich überlegt: Kann ich damit fliegen? Im Handbuch des Propellers finden sich u. a. auch dazu sehr genaue Angaben und Empfehlungen. Und wenn man das Handbuch gar nicht hat? Macht nichts: Die meisten Propeller-Hersteller stellen ihre Handbücher auf ihren Webseiten im Internet zum kostenlosen Download bereit. So zum Beispiel MT-Propeller in Straubing auf der folgenden Webseite:

**http://www.mt-propeller.com/en/entw/serv_op.htm**

Ein gutes Beispiel, das der Flugsicherheit dient.
Also: Besorgen Sie sich erst mal das Handbuch für Ihren Propeller. Sie werden staunen, dass da vieles drin steht, von dem Sie vorher nichts gewusst haben.
Propeller gibt's in den verschiedensten Ausführungen. Ich möchte in diesem Artikel nur zwei Typen besprechen: den starren Propeller, wie er in vielen Cessna- und Piper-Flugzeugen eingebaut ist, und den Verstellpropeller, wie er z. B. in meiner Piper Arrow installiert ist.

### *Starre Propeller*

Starre Propeller sind aus Pilotensicht einfach. Es gibt nichts zu verstellen und sie haben in der Regel nur einen Failure Mode: Es könnte was abbrechen. Das beim Propeller zu verhindern ist u. a. Aufgabe des Piloten bei der Vorflugkontrolle.

### *Technik der Verstellpropeller*

In der Literatur wird bei der Beschreibung der Verstellpropeller oft der Begriff „Pitch" im Sinne des Einstellwinkels des Propellers bemüht. So heißt es da z. B. „Low Pitch"

oder „High Pitch“. Dabei ergeben sich die Zusammenhänge wie folgt:

Low Pitch = High RPM = hoher Widerstand
High Pitch = Low RPM = kleiner Widerstand

Der größtmögliche Einstellwinkel in Richtung „High Pitch“, also Low RPM, ist die Segelstellung des Propellers, in der das Blatt nahezu senkrecht zur Flugrichtung steht. Diese Einstellung hat naturgemäß den niedrigsten Luftwiderstand. Dass man so keinen Schub produzieren kann, ist sicher leicht verständlich. Dafür muss der Propeller in einen kleineren Einstellwinkel gebracht werden (Low Pitch = High RPM), damit er ordentlich Luft nach hinten schaufeln kann. In dieser Stellung hat er aber z. B. bei Motorausfall einen hohen Widerstand. Er wird dann vom Luftstrom angetrieben (günstig z. B. für das Wiederanlassen des Triebwerks).
Im Folgenden beschränke ich mich völlig auf die dem Piloten eher einsichtigen Begriffe „High RPM“ und „Low RPM“.

Am weitesten verbreitet bei Flugzeugen der Allgemeinen Luftfahrt sind zwei Typen von Verstellpropellern: der hydraulische und der elektrische Constant-Speed-Propeller. Dabei sorgt eine automatische Regelung dafür, dass während des Fluges die Propeller-Drehzahl konstant bleibt. Mit einem separaten blauen Hebel, zusätzlich zum schwarzen Gashebel und roten Gemischhebel, lässt sich diese Drehzahl vorwählen.

### *Elektrischer Constant-Speed-Propeller und seine Fehlermodi*

Beim elektrischen Verstellpropeller gibt es eine elektronische Regelung, die die Propeller-Blätter über einen Elektromotor verstellt. Elektrische Verstellpropeller werden häufig als Ersatz für Festpropeller eingesetzt, also an Motoren, bei denen kein hydraulischer Propeller vorgesehen war. So gibt es z. B. von MT elektrische Constant-Speed-Propeller zum Nachrüsten für die Piper PA-28. Bei dieser Ausführung erfolgt die Einstellung der Drehzahl nicht über einen blauen Hebel, sondern über Drehknöpfe und Schalter an einem separaten Steuer-Panel. Elektrische Verstellpropeller werden auch bei UL-Flugzeugen eingesetzt, z. B. der Neuform-Composite-Propeller für Rotax-Motoren.

**Elektrischer Propeller-Regler Flybox PR1-P**
**Bild: Neuform-Propellers**

Propeller Runaways kann es bei der elektrischen Ausführung durch Fehler in der Elektronik des Controller geben. Springt dagegen die Sicherung heraus oder fällt das Bordnetz aus, bleibt der elektrische Verstellpropeller in der letzten Position stehen. Er verhält sich dann wie ein Festpropeller: Die weitere Drehzahl hängt von der Motorleistung und der Fluggeschwindigkeit ab. Ob der Propeller allerdings in dieser Position noch ausreichend Schub abgibt, hängt ganz von diesen beiden Parametern (Leistung und Geschwindigkeit) ab, die zum Zeitpunkt des Ausfalls anlagen.

### *Hydraulischer Constant-Speed-Propeller und seine Fehlermodi*

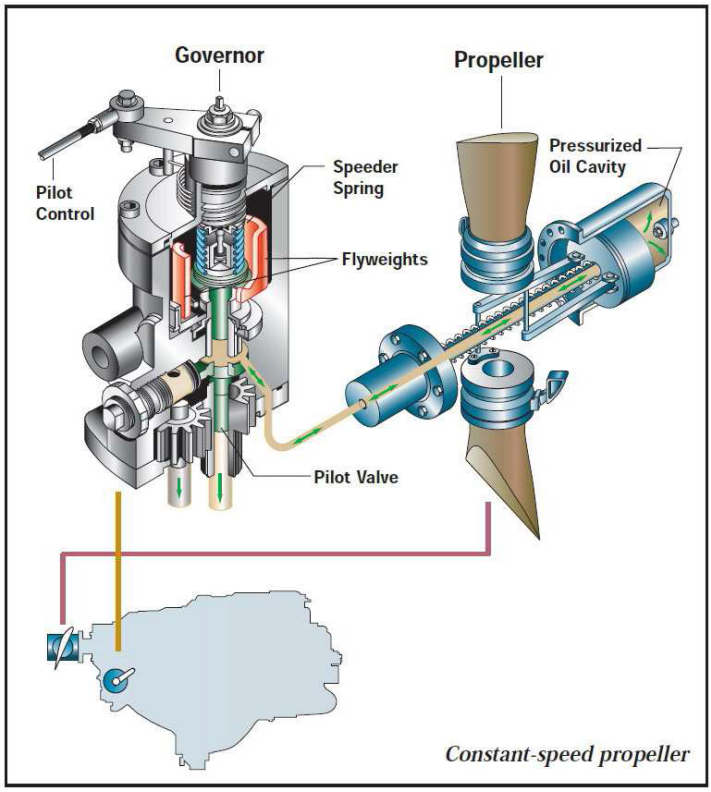
Beim hydraulischen Verstellpropeller gibt es – wie der Name schon sagt – eine hydraulische Regelung über den sogenannten Propeller Governor. Die Verstellung der Propeller-Blätter erfolgt in der Propeller-Nabe mit Öldruck. Praktischerweise wird dazu das Öl aus dem Triebwerk genommen. Wichtig zu wissen ist hier, dass der Öldruck im Propeller höher ist als der für die Triebwerkschmierung. Der Governor hat eine eigene Ölpumpe. Dieses Wissen spielt beim Verständnis einzelner Notverfahren eine Rolle.

Die Verstellung der Propeller-Blätter durch Hydrauliköl erfolgt immer nur in eine Richtung! In die andere Richtung werden die Propeller-Blätter je nach Ausführung entweder durch Federkraft oder durch Fliehgewichte an der Propeller-Wurzel zurückgestellt. Ob der Öldruck den Propeller in Richtung High RPM oder Richtung Low RPM verstellt, ergibt sich aus der Anwendung des Verstellpropellers.

Bei den meisten einmotorigen Flugzeugen (so auch bei meiner Piper Arrow) bringt der Öldruck die Blätter in die Low-RPM-Position. Und zwar aus folgendem Grund: Fällt der Governor aus oder der Öldruck ab, geht der Propeller automatisch in High RPM. Der Motor kann so noch Leistung auf den Propeller bringen, und die Leistung reicht vielleicht noch, einen Flugplatz zu erreichen.

Bei mehrmotorigen Flugzeugen und bei einigen Kunst- oder Rennflugzeugen wirkt der Öldruck Richtung High RPM. Dadurch geht bei einer Zweimot bei Abfall des Öldrucks im Governor der Propeller gleich in die Position für den geringsten Widerstand (Low RPM). Für den Weiterflug mit nur noch einem Motor ziemlich praktisch.

Wird so ein Motor abgestellt und sein Propeller in die Segelstellung gefahren, geht der Öldruck des Motors auf null. Der Propeller kann ohne Öldruck aber nicht mehr aus der Segelstellung herausgebracht werden (z. B. für einen Engine Restart). Daher verfügen solche Motoren über einen „Unfeather Accu“ oder eine „Unfeather Pump“, um Öldruck für




**Hydraulischer Propeller-Regler** **Bild: AOPA Air Safety Foundation**

das Unfeathern des Propellers zur Verfügung zu stellen. Einige Kunstflugzeuge verfügen über einen speziellen Hydraulik-Akku, der ständig mit dem Propeller-Regler verbunden ist. Dieser Akku kann nur für wenige Sekunden den Öldruck aufrechterhalten. So behält der Propeller bei Kunstflugmanövern, bei denen kurzeitig der Öldruck des Motors abfällt, seine Drehzahl bei und fährt nicht sofort in Low RPM.

Bei Kunstflug- oder Rennflugzeugen ist es unter Umständen überlebenswichtig, dass der Propeller wie beim mehrmotorigen Flugzeug per Öldruck in High RPM gehalten wird. Denn diese Flugzeuge fliegen oft bei sehr hohen Geschwindigkeiten. Hier würde ein Öldruckabfall in einem Propeller Governor mit automatischer Rückführung in „High RPM“ zu einer extremen Propeller Overspeed führen, die den Propeller, den Motor oder gar das ganze Flugzeug zerstören könnte. Ein solches spektakuläres „Event“ hat sich bei den Reno Air Races ereignet, als sich Propeller und Motor des Flugzeuges „Relentless“ vor den Augen der Zuschauer, Fotografen und Kameras mit Overspeed selbst zerlegte. Der Pilot konnte zum Glück noch sicher landen: Der Artikel der EAA „Reno 2010: Relentless Loses Prop in Flight“ mit Fotos findet sich auf dieser Webseite

**http://spirit.eaa.org/news/2010/2010-09-15_relentless.asp**

Die für den Piloten wichtigsten Failure Modes eines hydraulischen Verstellpropeller sind also die gleichen wie beim elektrischen Constant Speed Propeller:

- Verlust der Drehzahl-Kontrolle,
- Prop-Runaway: Overspeed,
- Prop-Runaway: Low RPM.

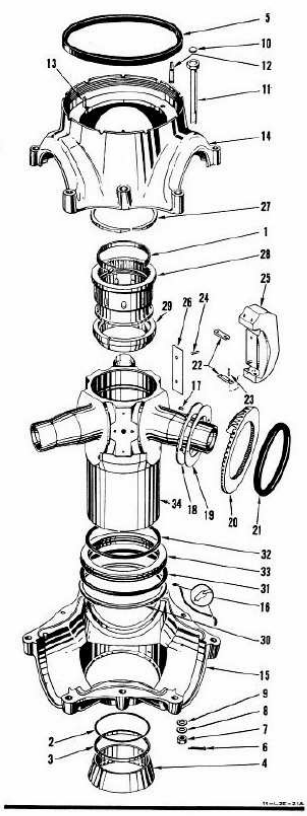


Figure 5. Propeller Barrel Assembly 503802

**Aufbau einer Propeller-Nabe. Verstellpropeller sind komplizierte Bauteile, die Wartung und Überholung benötigen. Bild: Hamilton Standard**

Für alle Propeller gilt: Der Bruch eines Propeller-Blatts oder gar der Verlust eines ganzen Propeller-Blatts gehört mit zu den schlimmsten anzunehmenden Notfällen.

### *Wartung und Überholung*

Bei einem Rundgang über das Vorfeld in Worms habe ich mir letztes Jahr die Propeller einiger Flugzeuge angesehen. Eine der Maschinen war eine Beechcraft Bonanza. Der Propeller dieses Flugzeugs war in einem

äußerlichen guten Zustand. Er hatte an einem Propeller-Blatt einen Aufkleber, auf dem der Überholungsbetrieb das Datum der letzten Grundüberholung vermerkt hatte. Der Verstellpropeller war das letzte Mal im Jahre 1997 überholt worden, also vor 16 Jahren.
16 Jahre Flugbetrieb ohne Propeller-Überholung bringt meiner Meinung nach unnötige Risiken mit sich. Nach den neuesten Wartungsdokumenten, z. B. für Hartzell- und MT-Propeller, beträgt die Time between Overhaul (TBO) der Propeller dieser beiden Hersteller 72 Monate, also sechs Jahre. Bei anderen Herstellern dürften ähnliche Kalenderlimits gelten.

Auch wenn die FAA und die EASA für private Eigner eine Überschreitung der empfohlenen Wartungsintervalle zulassen, so sollte man sich das gut überlegen. Die amerikanische Airplane Owner and Pilot Association (AOPA) jedenfalls empfiehlt, die vom Hersteller angegebenen Wartungsintervalle – seien es nun Flugzeit- oder Kalenderlimits – einzuhalten. Dafür gibt es gute Gründe: Beim Motor z. B. gibt es viele Kontrollmöglichkeiten, um festzustellen, ob man den Motor jenseits der TBO noch sicher betreiben kann: Kompressionsprüfung, Ölfilterkontrolle, Ölanalyse, Auswertung des Engine Monitors, Boroskop-Kontrolle usw. Beim Propeller gibt es diese Kontrollmöglichkeiten nicht. Die Propeller-Nabe ist verschraubt und nicht der normalen Prüfung zugänglich. Trotzdem ist sie ein äußerst kompliziertes Bauteil und im Betrieb extremen g-Belastungen ausgesetzt. Häufigster Befund bei Propeller-Überholungen ist übrigens Korrosion. Und das kann man an dieser Stelle überhaupt nicht gebrauchen. Selten gibt ein angeschlagenes Propeller-System vor dem Ausfall Warnzeichen, wie z. B. austretendes Öl, von sich. Erst wenn es zu spät ist, wird ein defektes Propeller-Blatt den Motor schlagartig verlassen und Sie stehen im wahrsten Sinne des Wortes mit dem Problem alleine da.
Bei einer Grundüberholung des Propellers wird die ganze Baugruppe des Propellers mit Nabe und Verstellmechanismus auseinandergenommen. Alle Teile werden sorgfältig gereinigt und mit verschiedenen Prüfverfahren z. B. auf versteckte Haarrisse geprüft. Die Blätter werden vermessen, Schadstellen repariert und ausgeschliffen. Anschließend werden die Blätter neu lackiert, alles neu geschmiert, wieder zusammengebaut und ausbalanciert.
Es ist übrigens nicht erforderlich, den Propeller zur Grundüberholung an den Hersteller zu schicken. Sie können die Arbeiten auch in einem Wartungsbetrieb in der Nähe durchführen lassen, der vom Hersteller autorisiert ist. Das spart Kosten und Sie können sich das Ganze vielleicht sogar vor Ort ansehen.

### *Outside-Check*

Ein wichtiger Punkt beim Outside-Check ist die Kontrolle des Propellers. Besonderes Augenmerk richtet man vor jedem Flug auf die Vorderkante des Propellers. Und ab und zu finden sich kleine Kerben von aufgewirbelten Steinchen. Solche Kerben werden besonders beim Metallpropeller unbehandelt den Stress der Fliehkräfte im Betrieb auf genau diese Stellen konzentrieren. So kann es zu kaum sichtbaren Haarrissen im Propeller-Blatt kommen, die im schlimmsten Fall zum Bruch des Propellers an dieser Stelle führen. Solche Kerben sollte man IMMER kontrollieren lassen. Ein Mechaniker kann die

**Haarriss durch nicht reparierten Steinschlag an der Propeller-Kante**
**Bild: AOPA Air Safety Foundation**

Stelle dann vor Ort so glätten, dass einem sicheren Flug anschließend nichts mehr im Wege steht.

Ich beginne auch heute noch keinen Flug, ohne vorher mit den Augen und mit den Fingern an den Vorderkanten aller Propeller-Blätter entlangzufahren, um nach solchen Kerben zu suchen. Neben dieser Kontrolle sollten die Propeller-Blätter auf unzulässiges Spiel überprüft werden und darauf, ob irgendwo Ölspuren zu sehen sind, die z. B. beim Verstellpropeller auf eine Leckage hindeuten können.

Die Limits für kleine Beschädigungen am Propeller-Blatt finden Sie im schon erwähnten Handbuch Ihres Propellers, wobei der gesunde Menschenverstand nicht ausgeschaltet werden darf: Bei den geringsten Zweifeln über die Lufttüchtigkeit des Propellers sollten Sie vor dem Flug einen qualifizierten Mechaniker zu Rate ziehen.

Der Outside-Check kann die letzte Möglichkeit für den Piloten sein, den Tag noch zu retten. Er braucht nur ein klein wenig Sorgfalt walten zu lassen. Kürzlich machte ich meine Arrow zum Flug klar. Ich war noch bei der „before start checklist“, als eine andere Maschine, die nach meiner aus einer Halle gezogen worden war, startete. Von einem „Run-up“ an der Startbahn war nichts zu sehen oder zu hören gewesen.

Die Air Safety Foundation schreibt in ihrem Merkblatt „Propeller Safety“, dass der „Root Cause“, also die allererste Ursache für Propeller-Versagen, in Nachlässigkeit zu finden sei. Also: Augen auf bei der Vorflugkontrolle. Für eine Überprüfung des Propellers braucht man nur ein oder zwei Minuten! Akzeptieren Sie kein Flugzeug – egal ob es Ihr eigenes oder ein gechartertes ist – wenn es Zweifel am Zustand des Propellers gibt.

### *Prop Strike*

Unter einem „Prop Strike“ versteht man die Berührung des laufenden Propellers durch irgendeinen anderen Gegenstand. Das kann eine Bodenberührung beim Rollen auf einem holprigen Grasplatz sein, eine Kollision mit einem Tier auf der Startbahn, ein Vogelschlag im Flug in den Propeller-Kreis, eine Berührung der Vorfeld- oder Landebahnbeleuchtung usw. Als Prop Strike sind auch solche Berührungen anzusehen, die zu Beschädigungen, aber nicht zum Motorstillstand führen, wie z.B. ein Vogelschlag, oder eine kurze Bodenberührung des Propellers beim Rollen auf Gras oder beim Durchstarten.

Ein Prop Strike erfordert eine Überholung und Kontrolle des Propellers sowie eine sogenannte Shockloading Inspection des Motors. Dabei wird der Motor zerlegt und alle Bauteile werden auf Haarrisse, Beschädigungen und Verformungen überprüft. Eine aufwändige, teure Angelegenheit. So kostet allein eine Shockloading Inspection beim Motor einer Piper Arrow über 10.000 Euro. Meist zahlt die Vollkaskoversicherung. Manchmal kann ein solcher Vorfall auch eine Gelegenheit sein, über eine Grundüberholung des Motors nachzudenken, da der Motor sowieso ausgebaut werden muss. In jedem Fall kann nur eine Kontrolle sicherstellen, dass das Flugzeug anschließend wieder sicher betrieben werden kann. Egal wie hoch die Kosten sind. Keinesfalls sollten Kostenüberlegungen – auch im Interesse des eigenen Überlebens – den Piloten davon abhalten, einen Prop Strike ins Bordbuch einzutragen und sicherzustellen, dass sich die Werft um das Flugzeug kümmert, bevor es das nächste Mal fliegt. Genauso sollten auch anderen Vorfälle, die den Propeller betreffen, ins Bordbuch eingetragen werden und der Werft vorgeführt werden. So erfordert z. B. ein Blitzschlag in den Propeller eine Kontrolle durch einen Mechaniker.

Folgende Maßnahmen (Aufzählung unvollständig) können helfen, einen Prop Strike zu verhindern:

- Seien Sie vorsichtig und umsichtig beim Rangieren und Rollen.
- Vorsicht auf unbekannten Grasplätzen, im Zweifel vorher anrufen und nach dem Zustand der Landebahn und der Rollwege fragen.
- Vor dem Losrollen auf unbekannten Gras-Abstellplätzen mal das Gelände vor dem Flugzeug zu Fuß abgehen und auf Löcher oder Bodenwellen kontrollieren.
- Beim Start auf unebenen Grasplätzen mit Kurzstarttechnik starten und frühzeitig das Bugfahrwerk entlasten, eines der schwächsten Bauteile des Flugzeugs.
- Aus demselben Grund die Nase bei der Landung hoch halten und nicht runterknallen lassen.
- Springt das Flugzeug bei der Landung: Nicht rumexperimentieren. Gas rein und durchstarten! (Siehe auch *Pilot und Flugzeug* Ausgabe 2014/12, „Typische Landefehler“.)
- Sparen Sie nicht bei den Reifen. Ein neuer Bugfahrwerksreifen ohne Altersrisse kann auch die Lebensdauer des Propellers erhöhen.
- Achten Sie auf korrekten Reifendruck und darauf, dass die Fahrwerksstreben weit genug (normal) aus den Fahrwerksbeinen herausschauen.

Sollte es während des Flugs zu einem Prop Strike kommen:

- Fliegt beim Start ein Vogel in den Propeller, könnte ein Startabbruch bei ausreichend langer Startbahn die sicherste Lösung sein.
- Hat man während des Flugs einen Vogelschlag im Propeller, empfiehlt sich – in sicherer Höhe – eine Leistungs- und Drehzahlreduzierung und u. U. eine Sicherheitslandung auf dem nächsten geeigneten Flugplatz.
- Und zum Schluss: Sollte man einmal vergessen haben, das Fahrwerk zur Landung auszufahren, und man

hört dann über der Landebahn die Propeller im Asphalt kratzen: Starten Sie nicht durch, um die Situation zu retten! Lassen Sie das Flugzeug aufsetzten und stellen Sie den/die Motoren ab. Eine schöne Bauchlandung (ich habe mal zugesehen) geht meist gut aus für die Insassen. Eine Erhöhung auf Startleistung eines im wahrsten Sinne des Wortes angeschlagenen Motors und Propellers könnte dagegen bald nach Bahnende auch Ihr eigenes Ende bedeuten.

### *Propeller-Versagen bei einmotorigen Flugzeugen*

Bricht ein Propeller-Blatt oder ein Teil davon ab, so wird der Pilot zuallererst einmal schwere Vibrationen des Flugzeugs wahrnehmen. Die Vibrationen können so stark sein, dass die Instrumente nicht mehr ablesbar sind und sogar die strukturelle Integrität des Flugzeugs unmittelbar bedroht ist.

Ende der 1970er-Jahre kam es bei einer Beechcraft Bonanza an der Flugschule, an der ich in Arizona ausgebildet wurde, zu einem Propeller-Versagen. Obwohl der Fluglehrer den Motor sofort abgestellt hatte, hing der Motor nach erfolgreicher Außenlandung nur noch an den Treibstoffleitungen und Zündkabeln. Er war teilweise aus dem Motorträger herausgerissen worden.

Starke Vibrationen im Flug müssen nicht unbedingt ein Propeller-Versagen als Ursache haben. Mögliche Ursachen für schwere Vibrationen könnten auch sein:

- Eisansatz am Propeller,
- partieller oder kompletter Motorausfall,

**Propeller-Verlust Piper Arrow beim Touch-and-go – Ursache unbekannt**

- Flattern, bedingt durch zu hohe Geschwindigkeit, strukturelle Schäden oder Vereisung von Steuerflächen,
- lose Teile am Flugzeug, z. B. Motorverkleidung, Fahrwerksklappen, Türen usw.,
- Verlust von Teilen des Propellers oder eines ganzen Propeller-Blatts.

Zum Glück ist die beste Reaktion auf alle diese Probleme ein und dieselbe:

- Gas raus,
- Fluggeschwindigkeit reduzieren.

Um einen Eindruck zu bekommen, wie sich ein solches Problem bei einer Grumman AA-1A – quasi dem kleinen Bruder der AA-5A Cheetah von *Pilot und Flugzeug* – auf den weiteren Flugverlauf auswirken kann, empfehle ich einen Artikel aus dem „AOPA Pilot Magazine“ vom September 2013. In seinem Artikel „One of those nights“ hat der Amerikaner Beverly Howard seine Erfahrungen mit einem Propeller-Versagen auf einem VFR-Nachtflug aufgeschrieben. Selbst das Abstellen des Motors mit Mixture Cutoff und Reduzierung auf Mindestfahrt konnte die extremen Vibrationen und den Propeller nicht stoppen:

**http://www.aopa.org/News-and-Video/All-News/2013/September/1/Never-Again-One-of-those-nights**

Wurde der Motor bzw. der Propeller als Ursache für das Schütteln identifiziert, empfiehlt es sich, wenn die Vibrationen zu stark sind, den Motor über Mixture Cutoff abzustellen und – beim Verstellpropeller – den Propeller auf Low RPM zu ziehen. Ist keine Landebahn in Reichweite, ist eine Außenlandung unausweichlich.

Für die meisten Flugzeuge gibt es keine Emergency-Checkliste für den Bruch eines Propellers. Propeller-Versagen dieser Art ist wie ein Motorausfall anzusehen.

### *Propeller Overspeed bei großen Kolbenmotoren*

Die goldenen Zeiten der großen Airliner mit Kolbenmotoren, von der DC-3 bis hin zur Superconstellation, waren auch die Zeiten spektakulärer Motorausfälle. Nicht umsonst nannte man die Lockheed Superconstellation das „beste dreimotorige Flugzeug“. Die Besonderheiten und Probleme bei „Propeller Overspeed“ standen damals immer wieder im Fokus. Trotz aller Bemühungen, Verfahren für diesen Notfall zu entwickeln, haben Propeller Overspeed und Propeller-Versagen im Laufe der Jahre zu etlichen schweren Unfällen geführt. Auch heute noch sind Flugzeuge mit diesen großen Kolbenmotoren unterwegs. Ob das die wenigen Ju 52 in Europa sind, mehrere noch fliegende DC-3, DC-4 oder Superconstellations oder einmotorige Warbirds. Nicht weniger als 75 % des weltweiten Avgas-Verbrauchs geht nicht auf Konten unserer viersitzigen Cessnas und Piper, sondern wird von den großen Kolbenmotoren dieser schönen Flugsaurier verbraucht. Also muss man sich mit deren Betrieb auch heute noch beschäftigen.

Das erste Problem für die Piloten bei einer Overspeed ist der enorme Widerstand eines überdrehenden Propellers. Die Schub-Asymmetrie ist in diesem Fall viel höher als bei einem „normalen“ Motorausfall. Das hat die mögliche Konsequenz des Kontrollverlusts. Außerdem kann der Widerstand so hoch

**Bei dieser NASA B-29 – mit Neil Armstrong als Copilot – zerlegte sich 1956 der Nummer 4 Propeller nach Propeller Overspeed. Zwei weitere Motoren und die Steuerung wurden dabei beschädigt. Auf dem Bild: Prop 3 in Segelstellung. Alle Beteiligten kamen mit dem Schrecken davon ...**

**Bild: http://warbirdinformationexchange.org**

sein, dass trotz Vollleistung auf den verbliebenen Motoren die Höhe nicht mehr gehalten werden kann. Überdrehzahl des Propellers kann zu dessen Zerstörung mit schwersten Konsequenzen für Flugzeug und Insassen führen.

Trainiert werden können die dazu entwickelten Notverfahren im Flugzeug natürlich nicht. Die Piloten bleiben bis heute auf theoretische Kenntnisse angewiesen. Umfangreiche Systemkenntnisse sind bei der Arbeit mit diesem Problem sehr wichtig.

Um die Drehzahl nach einem „Prop Runaway“ wieder unter Kontrolle zu bringen, ist es bei den meisten dieser Flugzeugtypen erforderlich, den Gashebel zurückzunehmen, den Propeller-Hebel rauszuziehen und die Fluggeschwindigkeit zu reduzieren. Bleibt der Propeller in Overspeed, sollte er in die Segelstellung gebracht und der Motor abgestellt werden. Gelingt es aber nicht, den Propeller zu „feathern“ und so die Propeller-Drehzahl unter Kontrolle zu bringen, ist man – wie der Amerikaner sagen würde – „in deep shit“.

In dieser Situation kommt dann auch die Frage, ob man versuchen sollte, den randalierenden Propeller über den Motor selbst zu stoppen. Als allerletzte Maßnahme könnte man den „Fire Shutoff“ für das betreffende Triebwerk betätigen. Dadurch wird unter anderem die Ölversorgung des Motors unterbrochen: Motorstopp durch Kolben- und Lagerfresser! Mit Glück bleibt der Propeller stehen. Hat man aber Pech, wird durch

die Gewalt des plötzlichen Motorfressens der Propeller vom Motor abgekuppelt (uncoupled) und dreht unkontrolliert weiter: Nun aber ohne Ölschmierung. Feuer und Propeller-Zerleger können die Folge sein.

In einem Manual für die Douglas DC-4 von 1955 findet sich diese Emergency-Checkliste:

*At first evidence of overspeeding engine:*

- *Retard All Throttles*
- *Pull Nose of Airplane Up*
- *Slow Aircraft to Practical Minimum*
- *Feather Propeller*
- *If Unable to Feather Maintain Practical Low Airspeed to Hold Runaway Propeller RPM Within Reasonable Limits*

Im ausführlichen „Airplane Commander Training Manual for the Superfortress" vom Frühjahr 1945 (für den amerikanischen Bomber B-29) gibt es dagegen keine Checkliste zu Propeller Overspeed. Es findet sich in diesem Handbuch allerdings der Hinweis, dass nicht nur eine Reduzierung der Fluggeschwindigkeit, sondern auch eine Verringerung der Flughöhe eine Überdrehzahl reduzieren kann.

### *Propeller Overspeed bei Turboprop-Triebwerken*

Bei der Suche in den Handbüchern von Turboprop-Flugzeugen war ich überrascht, dass Propeller Overspeed nicht bei jedem Typ behandelt wird. So fand ich in der Pilot Checklist für eine Super King Air B200 von 2004 keinerlei entsprechende Notverfahren. Dabei kann sich ein Prop-Runaway Richtung

**PROPELLER OVERSPEED DURING TAKEOFF**

Accomplish the following items if an engine overspeeds during takeoff:

**PROPELLER OVERSPEED DURING TAKEOFF**

| | |
|---|---|
| PNF THROTTLE (AFF. ENGINE) | REDUCE |
| PNF PROPELLER CONTROL (AFF. ENGINE) | REDUCE |
| PF AIRSPEED | $V_2$ |
| PNF FLAPS | UP |
| PNF LANDING GEAR | UP |
| PNF RPM | CONTROL WITH FEATHER BUTTON |
| ***IF PROPELLER UNCONTROLLABLE:*** | |
| PNF AFFECTED ENGINE | FEATHER |
| PNF MIXTURE CONTROL (AFF. ENGINE) | ICO |

***CLEANUP ITEMS:***

| | |
|---|---|
| PNF IGNITION SWITCH (AFF. ENGINE) | OFF |
| PNF GENERATOR (AFF. ENGINE) | OFF |
| PNF BOOST PUMP (AFF. ENGINE) | OFF |
| PNF COWL FLAPS (AFF. ENGINE) | CLOSED/ OFF |
| PNF COWL FLAPS (OPERATIVE ENGINE) | AS REQD |
| PNF FUEL TANK SELECTOR (AFF. ENGINE) | OFF |
| PNF FIREWALL SHUTOFF (AFF. ENGINE) | CKD/OFF |
| PNF PROP CONTROL (AFF. ENGINE) | FULL AFT |
| PNF THROTTLE (AFF. ENGINE) | CLOSED |
| C&F FUEL BALANCE | MAINTAIN |
| C&F CHT (OPERATIVE ENGINE) | MONITOR |
| C&F OIL TEMP (OPERATIVE ENGINE) | MONITOR |

**Propeller Overspeed Notes:**

If a propeller overspeeds during takeoff or initial climb:

- Immediately reduce the throttle on the affected engine.
- Immediately retard the Propeller Control to attain an RPM of less than 2700.
- If necessary, hold RPM below 2700 by alternately operating and releasing the feathering switch until sufficient altitude is attained to safely accomplish the checklist and return to the airport.

An overspeed greater than 3050 RPM requires an engine change.

**Emergency-Checkliste für eine noch fliegende Douglas DC-3. Bei Propeller Overspeed gibt es kein Patentrezept – die Piloten sind ganz auf sich gestellt.** http://www.theaviatornetwork.com/

Overspeed bei einer Propeller-Turbine noch dramatischer auswirken als bei einem Kolbenmotor. Beim Turboprop wird der Widerstand des Propeller-Kreises viel höher als beim Kolbenmotor. Der Propeller treibt nun plötzlich die Turbine an – und beim Einwellentriebwerk zusätzlich den Verdichter. Der plötzliche Luftwiderstand kann so hoch werden, dass die Kontrolle über das Flugzeug in Sekunden verloren geht.

**23. März 1952 Bangkok: Eine Lockheed Constellation der KLM verliert auf dem Base-turn ein Propellerblatt von Motor #3. Der Motor fängt Feuer. Im Endanflug löst sich der ganze Motor von Flugzeug. Beim Aufsetzen bricht durch das Feuer das Fahrwerk zusammen. Die Maschine brennt auf der Landebahn völlig aus. Alle Insassen können evakuieren und überleben ...**

**Bild: http://www.conniesurvivors.com/1-ph-tff_bangkok_fire.htm**

Bei einem solchen Unfall kam am 5. April 1991 der amerikanische Astronaut Sonny Carter zusammen mit allen anderen Passagieren und der Crew einer Embraer EMB-120 „Brasilia" ums Leben. Während eines Sichtanflugs rollte die Maschine plötzlich auf 90° Querlage und stürzte ab. Unfallursache war, so das NTSB :

> *„the loss of control in flight as a result of a malfunction of the left engine propeller control unit which allowed the propeller blade angles to go below the flight idle position."*

Beitragend zu dem Unfall war ein Designfehler.

Durch den Widerstand einer plötzlichen Propeller Overspeed können sogar die strukturellen Limits, z. B. des Seitenleitwerks, überschritten werden. Das hatte die NACA (die Vorgängerorganisation der NASA) 1954 für die US-Airforce herausgefunden. Die Tests der NACA im Windkanal mit einem kompletten Turboprop-Triebwerk wurden bei der Entwicklung der viermotorigen C-130 „Hercules" gemacht.

Für die C-130 wurden zwei Sicherheitseinrichtungen am Propeller verwandt, die auch heute noch bei großen Propeller-Turbinen zu finden sind: Zum einen war das ein sogenannter Decoupler, der den Propeller beim „Runaway" vom Triebwerk trennt, damit dieses nicht vom Propeller angetrieben wird. Und zum anderen war das eine Vorrichtung, die den Propeller automatisch Richtung Segelstellung brachte, wenn eine „Negative Torque" Condition festgestellt wurde. Letztere Vorrichtung ist auch heute noch als NTS (Negative Torque Sensing) in vielen Turboprop-Triebwerken eingebaut und für manche sogar vorgeschrieben. Es handelt sich dabei nicht – wie irrtümlich gelegentlich angenommen wird – um ein „Luxus-Feature", das für den Piloten den Propeller in die Segelstellung bringt, sondern um eine Sicherheitseinrichtung, ohne die das Flugzeug nicht sicher betrieben werden kann.

Das NTS-System ist auch nicht zu verwechseln mit einem eventuell eingebauten Autofeather-System, das in der Regel nur zum Take-off armiert wird. Autofeather fährt den Propeller in Segelstellung, sowie der Torque unter einen festgelegten minimalen POSITIVEN Torque-Wert abfällt (Motorausfall), während das davon unabhängige NTS-System immer aktiv ist und erst bei negativem Torque tätig wird (Propeller Runaway).

Trotz all dieser technischen Einrichtungen gibt es leider immer wieder Unfälle, die mit

den Besonderheiten der Turbo-Prop Propeller zu tun haben:
Am 23. September 1994 startete eine C-130 in Hongkong: Kurz nach dem Abheben von der Startbahn 13 in Kai Tak kam es auf dem Triebwerk Nummer 4 zu einer Propeller Overspeed. Selbst mit vollem Seitenruder- und Querruderausschlag nach links konnte die Maschine nicht mehr kontrolliert werden und stürzte ins Meer. Sechs der zwölf Insassen kamen dabei ums Leben.

Das Handling von Propeller-Turbinen bei Propeller Overspeed oder Propeller Uncoupling ist nicht unbedingt trivial. Die Piloten müssen sich gründlich mit den Verfahren und Besonderheiten ihres Flugzeugmusters vertraut machen.

Als Beispiel eines nicht unbedingt sofort einleuchtenden Verfahrens sei hier eine Besonderheit einiger Turboprop-Triebwerke erwähnt, wie sie z. B. bei der Mitsubishi MU-2 eingebaut sind: Bei diesen Triebwerken fährt nach einem Uncoupling des Propellers dieser automatisch Richtung Segelstellung. Damit er dort bleibt, muss vor dem Abstellen des Motors der Powerlever in die Take-off Position gebracht werden. Wird stattdessen aber der Powerlever zurückgezogen, fährt der Propeller wieder aus der Segelstellung heraus, geht wieder in Overspeed, verbunden mit exzessivem Widerstand und kann zum sofortigem Kontrollverlust über das Flugzeug führen.
Im Unfallbericht des NTSB zum Absturz einer Mitsubishi MU-2B-60 im Sommer 2006 wird ausführlich auf diese Thematik eingegangen. Das Flugzeug war nach dem Start unmittelbar nach dem Uncoupling eines Propellers ins Trudeln geraten. Der Link zum NTSB Unfall-Bericht findet sich ebenso wie eine weitere Leseempfehlung am Ende dieses Artikels.

**Mitsubishi MU-2, eine Turbo-Prop mit nicht unbedingt selbsterklärenden Notverfahren zu Propeller Overspeed**

Auch für die C-130 Hercules findet sich in den Notverfahren für Propeller-Probleme als erste Zeile der Satz (Ausrufezeichen im Original):

*„1. DON'T TOUCH THROTTLE!"*

Propeller Overspeed bei Propeller-Turbinen kann auch unbeabsichtigt durch die Piloten verursacht werden. So z. B. wenn die Schubhebel versehentlich in die Beta-Range – also unter Flight Idle – gezogen werden. Es gibt zwar Sicherungen, damit so was nicht passiert, dennoch liest man immer wieder mal von solchen Fällen. Im Dezember 2011 gingen beide Triebwerke einer Dash 8 kurzzeitig in Overspeed. Der Erste Offizier hatte bei Turbulenz versehentlich die „flight idle gate release triggers" betätigt.
Im Handbuch der Bombardier Dash 8 steht dazu:

*„When the POWER Levers are moved aft of the FLIGHT IDLE gate in-flight, the Propeller Governor, Propeller Overspeed Governor and the BETA Backup logic protection are all inhibited and Propeller*

*speed control is no longer available. In this condition the propeller(s) would be driven uncontrollably toward a Reverse pitch condition resulting in an overspeeding propeller and substantial engine damage leading to possible engine failure.“*

Zwei Monate vorher – am 13. Oktober 2011 – starben in Papua Neu Guinea 28 Menschen, nachdem am gleichen Flugzeugtyp beide Propeller in Overspeed gingen. Lediglich die Cockpitbesatzung, ein Flugbegleiter und ein Passagier überlebten den Unfall. Das Flugzeug war nicht mit einem „Beta Lockout“ ausgerüstet, der für diesen Typ nur in den USA vorgeschrieben war. Weltweit muss der Beta Lockout erst bis Juni 2016 nachgerüstet sein.

Die Unfalluntersuchungskommission von Papua Neu Guinea beschreibt die Sekunden bis zum doppelten Triebwerksausfall so:

*„The First Officer recalled the Pilot-in-Command moved the power levers back „quite quickly”. Shortly after the power levers had been moved back, both propellers oversped simultaneously, exceeding their maximum permitted speed of 1,200 RPM by over 60% and seriously damaging the left hand engine and rendering both engines unusable. Villagers on the ground reported hearing a loud „bang” as the aircraft passed overhead. The noise in the cockpit was deafening, rendering communication between the pilots extremely difficult, and internal damage to the engines caused smoke to enter the cockpit …“*

**Bombardier DHC-8 Powerlevers mit „flight idle gate release triggers“. Unbeabsichtigte Aktivierung ermöglicht Zurückziehen unter Flight-Idle. Bild: Australian Transport Safety Bureau**

Das linke Triebwerk war total ausgefallen, der rechte Propeller durch Reglerschaden für den Rest des Fluges in Segelstellung. Der Lärm durch die Overspeed war so hoch, dass es für die Piloten nahezu unmöglich war, zu kommunizieren. Die Piloten konzentrierten sich auf die nun unausweichliche Außenlandung, beide Triebwerke wurden erst in 800 Fuß vom Ersten Offizier endgültig abgestellt.
Weder der Kapitän noch der Erste Offizier waren jemals im Simulator mit den Verfahren zu Propeller Overspeed vertraut gemacht worden.
Piloteninduzierte Propeller Overspeed kann noch gefährlicher sein als technisches Versagen, denn dabei können alle Triebwerke gleichzeitig betroffen sein. Egal welches Flugzeug Sie fliegen: Lesen Sie den Beipackzettel! Machen Sie sich mit den richtigen Notverfahren vertraut. Wenn es einen Simulator gibt, trainieren Sie auch die Propeller-Fehler.

### *Propeller Overspeed bei einmotorigen Flugzeugen*

Propeller Overspeed muss auch beim Kolbenmotor keine Fehlfunktion sein. Wie beim Turboprop kann der Pilot selbst die Fehlerquelle sein. Verstellpropeller sind sensible Wesen und wollen vorsichtig behandelt werden. Beim Hochfahren des Motors braucht der Propeller-Regler Zeit, die Blätter nachzustellen. Dreht der Motor zu schnell hoch, dann ist der Einstellwinkel des Propellers noch zu klein, und der Propeller leistet bei Vollgas zu wenig Widerstand. Die Folge: Der Propeller überschreitet kurzzeitig die Maximaldrehzahl, bis der Governor nachgeregelt hat.

Wichtig zur „Propeller-Pflege“ ist der Run-up vor dem Start. Die zwei- oder dreimalige Betätigung des Propeller-Hebels beim Probelauf dient nicht nur zur Funktionskontrolle. Durch den Vorgang wird warmes Öl durch den Regelmechanismus gespült und der Propeller fit für seine Aufgabe gemacht. Hastiges Vollgasgeben ist beim Verstellpropeller weder nötig noch besonders clever. Insbesondere beim unerwarteten Durchstarten kann es zu Überdrehzahlen kommen, wenn in der Aufregung der Gashebel zu hastig vorgeschoben wird. Wie generell im Leben gilt auch in der Fliegerei: In der Ruhe liegt die Kraft!
Die Tendenz zur Überdrehzahl bei plötzlichem Vollgasgeben steigt mit der Fluggeschwindigkeit. Beim Beginn des Startlaufs leistet der Propeller in seiner federbetätigten High RPM Position dem Motor so viel Widerstand, dass der Propeller-Regler die Drehzahl noch gar nicht begrenzt. Beim Durchstarten dagegen wird der Propeller stark von vorne angeströmt und würde ohne Begrenzung durch den Propeller-Regler überdrehen.

Noch mehr Umsicht als ein hydraulischer Verstellpropeller erfordert der elektrische Constant-Speed-Propeller: Die elektrische Blattverstellung ist langsamer als die hydraulische. Im Handbuch eines elektrischen Verstellpropellers von MT-Propeller findet sich daher folgender Hinweis:

> *„Durchstarten mit hohen Geschwindigkeiten muß vermieden werden, weil sonst ungewollte Überdrehzahlen auftreten können, denn die Verstellgeschwindigkeit ist nur ca. 1°/sec, also langsamer als hydraulische Verstellpropeller. Zweckmäßig ist es, so-*

*fort die Geschwindigkeit auf die beste Steiggeschwindigkeit zu reduzieren, bevor Vollgas gegeben wird."*

Ein anderer Hersteller elektrischer Constant-Speed-Propeller empfiehlt, den Gashebel nicht schneller als in drei Sekunden von Leerlauf nach Vollgas zu bewegen.
Plötzliche, unerwartete Propeller Overspeed während des Fluges ist ein gefährliches Problem. Piloten, die das schon einmal erlebt haben, berichten von einem ohrenbetäubenden Lärm und hohen Vibrationen. Eine Propeller Overspeed im Flug erfordert – wie bei einem Propeller-Versagen – folgende Sofortmaßnahmen:

- Gas raus,
- Fluggeschwindigkeit reduzieren.

Wie bei allen Notfällen im Flug gelten die folgenden Prioritäten:

Aviate – Navigate – Communicate

1. Aviate: Fliegen Sie das Flugzeug! Behalten Sie die Kontrolle und nehmen am besten erst mal die Geschwindigkeit des besten Gleitens ein (mehr zur Geschwindigkeit später).

2. Navigate: Navigieren Sie. Kurven Sie ein zur nächsten erreichbaren Landebahn.

3. Communicate: Rufen Sie Mayday, um auf Ihr Problem aufmerksam zu machen. Hören Sie auf keiner aktiven Frequenz rein, nehmen Sie die Notfrequenz 121.5 – dafür ist die da.

Nach diesen ersten Sofortmaßnahmen können Sie sich weiter Ihrem Problem widmen. Der Propeller wird normalerweise – wir erinnern uns – hydraulisch mit Öldruck Richtung Low RPM verstellt. Fehlt der Öldruck, geht der Propeller automatisch in High RPM. Overspeed könnte also auch ein Anzeichen sein, dass der Motor Öl verloren hat. Daher findet sich in der Emergency-Checkliste „Propeller Overspeed" meiner Piper Arrow folgender Absatz:

- *Oil Pressure CHECK*
- *if low oil press expect engine fail*

Dasselbe gilt natürlich auch anders herum: Verlieren Sie Öl aus dem Motor, müssen Sie nicht nur mit einem Motorausfall rechnen, sondern auch mit einer Überdrehzahl des Propellers, sowie das Öl alle ist.
Nicht immer enthält das Handbuch eines Flugzeugs eine gute Checkliste für Propeller Overspeed. Die Checkliste für meine Piper Arrow ist das Beste aus der Original Piper Checkliste, der Checkliste des Propeller-Herstellers MT-Propeller und einem FAA Bulletin. Die Checkliste für Propeller Overspeed verlangt drei Maßnahmen:

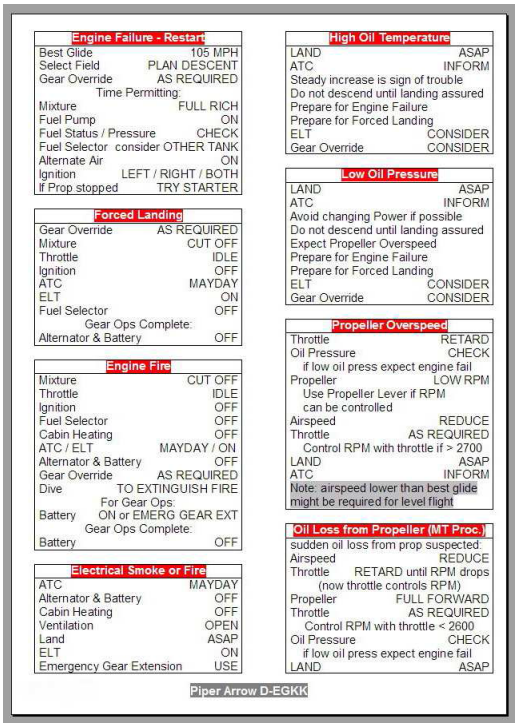
1. Die Drehzahl muss runter: Gas raus, Fahrt reduzieren, Propeller-Hebel auf Low RPM.

2. Öldruck prüfen, es ist der Blutdruck Ihres Motors. Ist der weg, folgt ein Motorausfall. Ist der Öldruck aber normal, ist das noch keine Entwarnung. Bei einem Motorausfall (Boeing 737) konnten wir zusehen, wie langsam das Öl rauslief. Der Öldruck blieb bis ganz zum Schluss normal. Danach war er schlagartig null.

3. Weiterfliegen zur nächsten Landebahn: Leistung bei geringer Geschwindigkeit wieder erhöhen, sodass die Drehzahl unter dem Maximalwert bleibt.

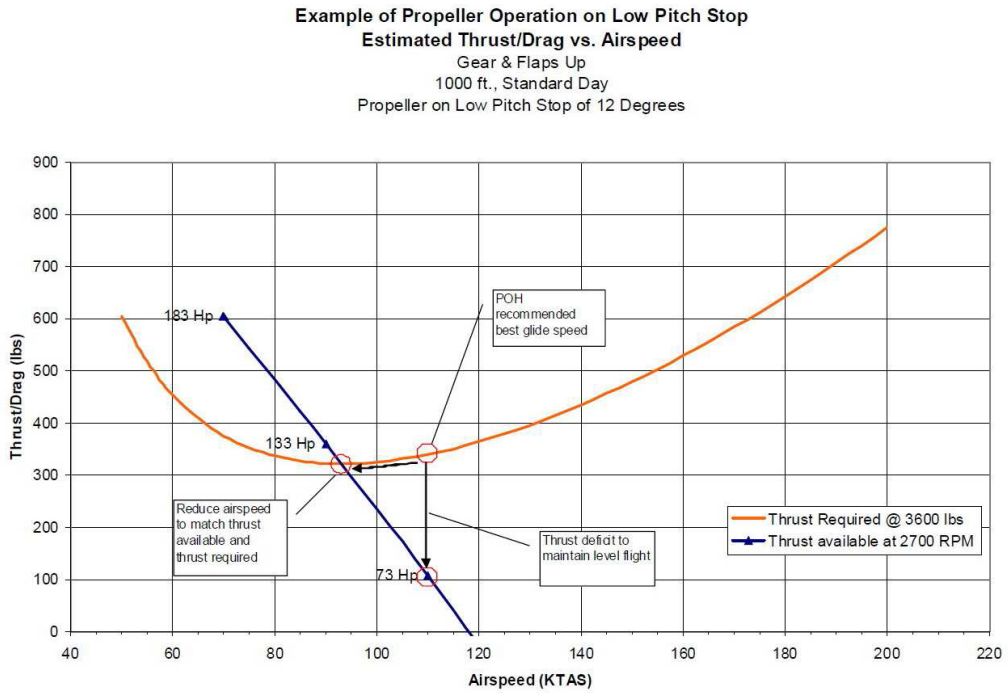
Gerade bei der zu wählenden Fluggeschwindigkeit gibt es eine Besonderheit: Bei dem am Anfang dieses Artikels beschriebenen Notfall in den USA flog der Pilot mit der Geschwindigkeit des besten Gleitens. Trotzdem konnte er so nicht die Höhe halten, die Landebahn nicht mehr erreichen und musste eine Außenlandung machen. Er hatte den Gashebel gerade so weit vorgeschoben, dass die Maximaldrehzahl des Propellers erreicht wurde. An sich eine gute Idee, denn ein Propeller-Versagen durch Overspeed könnte zu so großen Schäden führen, dass das Flugzeug nicht mehr steuerbar ist. Die Frage bei der Unfalluntersuchung war nun: Ist die Geschwindigkeit des besten Gleitens für diesen Notfall auch die optimale Geschwindigkeit?
Die überraschende Antwort lautete: NEIN! Hätte der Pilot die Fahrt nur wenig weiter reduziert, hätte er mehr Gas geben können und so die Höhe noch halten können. Das Ergebnis der Untersuchungen war sehr verblüffend, denn auch in der Ausbildung zum Verkehrsflugzeugführer auf einer Bonanza, also einem Flugzeug mit Verstellpropeller, haben wir das nicht gelernt. Ich würde mal sagen, keine Flugschule hatte diesen Zusammenhang auf dem Schirm.

Deshalb sah sich die FAA 2010 veranlasst, zu diesem Thema ein Special Airworthiness Information Bulletin (SAIB) herauszugeben. Es trägt den Titel: „Propeller Overspeed in Piston Engine Aircraft“. Den Link zu diesem Bulletin finden Sie am Ende dieses Artikels.



**Emergency-Checkliste meiner Piper Arrow**

Bei einer Propeller Overspeed verhält sich der Propeller wie ein Festpropeller, der allerdings völlig falsch (High RPM) eingestellt ist. Um Vollgas zu ermöglichen, müsste er in Richtung Low RPM fahren, um die Drehzahl zu begrenzen – tut er aber nicht. In Folge hängt die Drehzahl von zwei Parametern ab: von der Fluggeschwindigkeit und von der abgegebenen Leistung. Der Pilot kann nun quasi entscheiden, wie er den Propeller antreibt: entweder durch den Fahrtwind (hohe Fluggeschwindigkeit) oder durch den Motor (geht ohne Overspeed nur bei niedriger Fluggeschwindigkeit). Die FAA hat dazu eine Grafik erstellt, die die Zusammenhänge deutlich macht (siehe rechte Seite).




**Grafik zur Propeller Overspeed aus FAA SAIB 2010**

Die maximal mögliche Motorleistung mit Propeller am High RPM Limit („low pitch Stop“) ist linear von der True Airspeed abhängig. Das heißt, je langsamer das Flugzeug ist, umso mehr Leistung kann der Motor auf den Propeller bringen. Ein Teil der Erkenntnis ist indirekt eigentlich schon „uralt“, denn schon 1945 (wie weiter oben erwähnt) stand im Manual der B-29, dass sich die Propeller-Drehzahl bei Overspeed auch durch Verringern der Flughöhe (und damit der True Airspeed) verringern lässt. Neu ist aber folgende Feststellung bei Propeller Overspeed: Bei den meisten einmotorigen Flugzeugen ist es erst unterhalb der Geschwindigkeit des besten Gleitens möglich, wieder so viel Power zu geben, dass die Höhe gehalten werden kann.

Unter Umständen ist dann sogar noch ein Steigflug möglich.

Dieser Hinweis fehlt in nahezu allen Flugzeughandbüchern und auch in den Notverfahren der Propeller-Hersteller. Daher auch die Sicherheitsmitteilung. Jede Flugschule und jeder Pilot eines Flugzeuges mit Verstellpropeller sollte das Rundschreiben kennen. Nicht umsonst findet man das FAA Bulletin inzwischen auf über 100 Webseiten, wenn man bei Google den Titel eingibt: Auf den Webseiten der Cessna Pilots Association, der Piper Owner Society, auf den Seiten von Flugzeug-und Propeller-Herstellern ebenso wie auf den Seiten nationaler Luftfahrtbehörden. Sogar die EASA hat das Bulletin unverändert im Original übernommen.

Für den Piloten in einem Satz: Bei Propeller Overspeed muss die Fahrt u. U. bis an die Mindestfahrt reduziert werden, um die Höhe mit max RPM halten zu können.

Für Fortgeschrittene noch die zweite Erkenntnis: Lässt sich nach Propeller Overspeed in großer Höhe (z. B. IFR in FL 200) auch mit Mindestgeschwindigkeit die Höhe nicht halten, so besteht dennoch Hoffnung. Da die Überdrehzahl von der True Airspeed abhängt, kann es durchaus möglich sein, weiter unten bei niedriger TAS wieder in den Horizontalflug überzugehen. Auch wenn in Europa aus FL 200 vielleicht noch irgendein Flugplatz erreichbar sein sollte: Es gibt Piloten, die einmotorig über dem Meer unterwegs sind und gerne auf ein Bad verzichten ... Also: In einer Cirrus nicht gleich zappelig am CAPS fummeln, wenn es nach einer Propeller Overspeed in großen Höhen erst mal nur runtergeht: Nehmen wir das Beispielflugzeug aus obiger FAA-Grafik. In Sea Level bei 90 kts indicated Airspeed (entspricht 90 kts TAS) beträgt die zur Verfügung stehende Motorleistung 133 HP. In FL 200 entspricht 90 kts indicated 123 kts TAS und die verfügbare Leistung ist 0 HP!

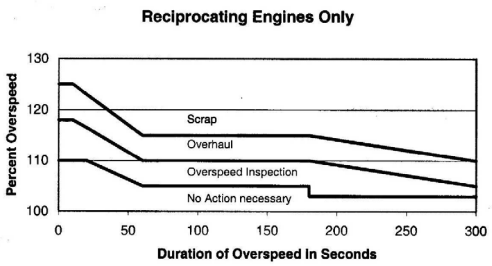
### *Andere Propeller-Notverfahren bei einmotorigen Flugzeugen*

Während Propeller-Versagen oder Propeller Overspeed das Leben des Piloten direkt bedrohen, sollte man auch weniger spektakuläre Propeller-Probleme nicht auf die leichte Schulter nehmen. Für etliche dieser Probleme finden sich Verfahren in den Propeller-Handbüchern, etliche davon sind natürlich systembedingt, z. B. beim elektrischen Verstellpropeller. Die Probleme reichen von Drehzahlschwankungen des Propellers bis zu der Unmöglichkeit, die Drehzahl zu ändern.
Am besten integrieren Sie die Empfehlungen und Verfahren aus dem Propeller-Handbuch in Ihre eigenen Checklisten – falls sie da nicht schon drinstehen. Allein die Auseinandersetzung damit ist schon ein Teil des Trainings. Vergessen Sie nicht, dass Propeller-Probleme auch Ursachen haben können, für die der Propeller nichts kann: Wenn sich die Drehzahl des elektrischen Propellers nicht mehr regeln lässt, ist vielleicht nur die Sicherung rausgesprungen. Wenn die Scheibe plötzlich voller Öl ist, sollten Sie sich nicht wundern, wenn der Verstellpropeller nicht mehr richtig arbeitet.
Gerade zu dem letztem Fall gibt es bei meinem hydraulischen MT-Verstellpropeller ein Verfahren, das für mich neu war: „Oil Loss from Propeller." Vermutet man, dass der Propeller selbst Öl verliert, ist danach so zu fliegen, dass mit Propeller-Hebel in High RPM die Drehzahl unter dem Maximum bleibt (also mit reduzierter Geschwindigkeit). Die Idee dabei ist, dass dann nicht mehr der Propeller Governor die Drehzahl regelt, sondern der Propeller selbst die Drehzahl begrenzt. Ist das der Fall, pumpt der Propeller Governor kein weiteres Öl mehr in den Verstellmechanismus. Falls also die Ölleckage in der Propeller-Regelung liegt, hört der Ölverlust auf. Dafür gibt's aber keine Garantie. In der Praxis lässt sich im Flug kaum feststellen, wo die Ölleckage herkommt. Sie sollten nicht warten, bis Ihnen das ganze Motoröl rausgelaufen ist. Daher meine letzte Empfehlung bei allen Propeller-Problemen:
Landen Sie auf dem nächsten Flugplatz.

### *Sicher am Boden nach Propeller-Überdrehzahl*

Nach einer Propeller Overspeed ist das Drama mit der Landung nicht vorbei: Die Über-

schreitung der Maximaldrehzahl kann eine Grundüberholung erfordern. Im schlimmsten Fall ist der Propeller Schrott und darf nicht mal mehr überholt werden. Die Grenzwerte für die erforderlichen Maßnahmen nach einer Überdrehzahl finden Sie im Propeller-Handbuch, meist als eine Grafik. Für kurzfristige Limitüberschreitungen (z. B. weniger als 10 Sekunden) können höhere Limits gelten. Längere Überdrehzahlen erfordern schon ab ca. 10 % Überdrehzahl eine Verschrottung des überlasteten Propellers. Welche Kontrollen am Motor erforderlich sind, besprechen Sie am besten mit Ihrer Werft.




**Limits für Propeller-Überdrehzahlen**
**Quelle: MT-Propeller**

### *Fazit*

Propeller-Versagen und Propeller-Überdrehzahlen sind gefährliche Notfälle, die bis zum Kontrollverlust über das Flugzeug führen können.
Wichtige Maßnahmen zur Vermeidung von Schäden und Problemen sind:

- regelmäßige Wartung und Überholung des Propellers,
- Kontrolle des Propellers bei jedem Outside-Check,
- Beseitigung kleiner Schäden vor dem Flug,
- Umsicht beim Rangieren und Rollen, vor allem auf holprigen Plätzen,
- durchstarten, wenn das Flugzeug bei der Landung springt,
- Bugrad entlasten bei der Landung,
- nach Prop Strike Kontrollen durchführen lassen.

Die Piloten müssen sich mit der Technik ihres Propeller-Systems und seiner Notverfahren gründlich vertraut machen. Hilfreich dazu ist neben dem Flugzeughandbuch auch das Handbuch des Propeller-Herstellers.
Kommt es zu einem plötzlichen gravierenden Problem durch Überdrehzahl und/oder hohe Vibrationen, sind die Sofortmaßnahmen beim einmotorigen Kolbenflugzeug wie folgt:

- Gas raus,
- Fluggeschwindigkeit reduzieren.

Erst danach sind die entsprechenden Notverfahren anzuwenden.

Bei mehrmotorigen Flugzeugen sind die Notverfahren komplexer und nicht selbsterklärend. Besonders der Umgang mit Turboprop-Triebwerken erfordert gründliches Training. Es liegt an uns Piloten, unsere Flugzeuge zu überprüfen, schonend zu behandeln und uns mit den Notverfahren vertraut zu machen. Dann steht sicheren Flügen nichts mehr im Wege ...

**PeterKlant@Lindbergh-aviation.de**

Quellen und Literatur

[1] Unfall März 2010: The Beaufort Gazette: NTSB: Previous propeller strike damaged plane that killed jogger http://www.islandpacket.com/welcome_page/?shf=/2011/07/26/ 1738498_ntsb-previous-propeller-strike.html

[2] Unfallbericht August 1995:NTSB Report: “IN-FLIGHT LOSS OF PROPELLER BLADE -FORCED LANDING, AND COLLISION WITH TERRAIN -ATLANTIC SOUTHEAST AIRLINES, INC., FLIGHT 529 -EMBRAER EMB-120RT, N256AS CARROLLTON, GEORGIA AUGUST 21, 1995“
[3] Unfall Embraer EMB-120 „Brasilia“, am 5. April 1991, Atlantic Southeast Airlines Flight 2311: http://en.wikipedia.org/wiki/Atlantic_Southeast_Airlines_Flight_2 311
[4] NACA Research Memorandum, Sept. 9, 1954: „AN INVESTIGATION IN THE AMES 40m BY 80-FOOT WIND TUNNEL OF A YT-56A TURBO. PROP ENGINE INCORPORATING A DECOUPLER AND A CONTROLLED. FEATHERING DEVICE“
[5] C-130 Unfall 23. September 1994 in Hong Kong: http://aviation-safety.net/database/record.php?id=19940923.0&lang=de
[6] Unfallbericht des Civil Aviation Department Hong Kong: C-130 am 23. September 1994: http://aviation.safety.net/go.php?http://ebook.lib.hku.hk/HKG/B35839806.pdf
[7] McGraw-Hill Book Company -Bent/McKinley: Aircraft Powerplants
[8] Unfallbericht des NTSB zum Absturz einer Mitsubishi MU-2B-60 im Sommer 2006: http://www.ntsb.gov/aviationquery/brief2.aspx?ev_id=20060630X00859&ntsbno=MIA06FA120&akey=1
[8] Artikel von Helmut Eggeling: „What To Do In the Event of Prop Shaft Decoupling“: http://flightlevelsonline.com/issues/spring11/article/flying-the-engine.html
[9] Over Revved Propellers found in PNG Crash Probe http://pidp.eastwestcenter.org/pireport/2011/November/11-07.08.htm
[10] FINAL REPORT PAPUA NEW GUINEA ACCIDENT INVESTIGATION COMMISSION Bombardier DHC-8-103 Double propeller overspeed 35 km south south east of Madang, Madang Province PAPUA NEW GUINEA 13 October 2011: http://www.aic.gov.pg/pdf/P2-MCJ AIC11-1010 Final Report.pdf
[11] Double propeller overspeed involving Bombardier DHC-8, VH-SBV near Weipa Qld, 6 December 2011 http://www.atsb.gov.au/publications/investigation_reports/2011/aair/ao-2011-159.aspx
[12] Headquarters AAF, Office of Flying Safety: Airplane Commander Training Manual for the Superfortress, March 1, 1945
[13] Douglas Aircraft Company: C.A.A. Approved DC-4 Airplane Operating Manual, 1953
[14] ICAO Aircraft Accident Digest No. 8 - 1958 Pilots Safety Exchange Bulletin 57-100 Capt. T.J. Slaybaugh, Office of Safety, Hq MATS: „Runaway Propellers“
[15] Hamilton-Standard Variable Pitch Propeller: Technical Manual, 1970
[16] NASA B-29 Runaway Propeller 1956: http://www.nasa.gov/missions/research/neil_armstrong.html
[17] Webseiten einiger Propeller Hersteller:
- Hartzell Propeller Inc http://hartzellprop.com/
- Hamilton Sundstrand http://utcaerospacesystems.com/cap/systems/Pages/pro peller-systems-business.aspx
- McCauley Propeller Systems http://www.mccauley.textron.com/
- MT Propeller http://www.mt-propeller.com/
- Sensenich Propellers http://www.sensenich.com/
- Neuform Propellers http://www.neuform-propellers.com/

[18] FAA Special Airworthiness Information Bulletin (SAIB): Propeller Overspeed in Piston Engine Aircraft http://rgl.faa.gov/Regulatory_and_Guidance_Library%5CrgSAIB.n sf/(LookupSAIBs)/CE-10-21?OpenDocument