

Flugbetrieb auf kurzen Pisten

SICHERES STARTEN UND LANDEN MIT MAXIMUM PERFORMANCE
VON FLUGKAPITÄN PETER KLANT

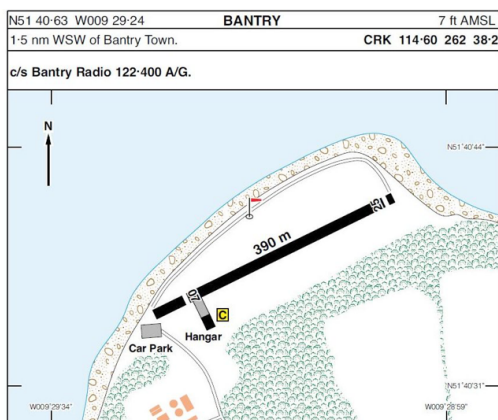
Wer auf einem Flugplatz mit üppig langer Landebahn zu Hause ist, für den ist ein Flug zu einem Platz mit nur halb so langer Landebahn ein großes Abenteuer. Starts und Landungen auf kurzen Pisten sind fordernd und manchmal am Rande der Leistungsfähigkeit von Pilot und Flugzeug. Dennoch können sie sicher durchgeführt werden. Dazu bedarf es einer gründlichen Vorbereitung und vor allem viel Übung. Wer sich mit dieser Art Fliegerei vertraut macht, dem stehen viele neue interessante Ziele offen, die man sonst niemals erreichen könnte.

Bei meiner für 2017 geplanten Irland- und Schottland Flugreise zählten zu den Herausforderungen die beiden Plätze mit den kürzesten Landebahnen: Bantry (390 Meter) und Coonagh bei Limerick (400 Meter). Nach Bantry wollte ich wegen der grandiosen Lage in der Bantry Bay mit der Landebahn direkt am Wasser. Und nach Coonagh, weil man von dort zu Fuß nach Limerick laufen kann. Leider bin ich wegen schlechter Wetterbedingungen nicht bis Irland gekommen (siehe mein Artikel „Solo nach Land’s End“, *Pilot und Flugzeug* 2017/06). Geblieben ist mir aber die intensive Vorbereitung für den Flugbetrieb auf kur-

zen Pisten mit meiner Piper Arrow. Diese Erfahrungen möchte ich gerne weitergeben, zusammen mit vielen Tipps zum Thema.

Zunächst das Kleingedruckte ...

Die Empfehlungen in diesem Artikel zum Betrieb auf kurzen Pisten beziehen sich nicht auf die Buschfliegerei und auch nicht auf den Betrieb von speziellen STOL-Flugzeugen. Ebenso sind Flugzeuge mit Spornfahrwerk nicht behandelt. Die Ausführungen richten sich an Piloten, die mit „normalen“ einmotorigen Flugzeugen sicher auf kurzen, trockenen Pisten operieren wollen. Dennoch ist es gerade Anfängern in der Fliegerei nicht unbedingt empfohlen, die hier vorgestellten Übungen und Verfahren alleine auszuprobieren. Vielleicht wäre es für diese Piloten erst mal besser, mit einem Fluglehrer zu üben. Aber auch für die „alten Hasen“ unter uns – mich selbst eingeschlossen – gilt: Nur mit Umsicht und vor allem mit viel Übung sollte man sich an kurze Landebahnen heranwagen. Bringt man dem Thema den nötigen Respekt entgegen, dann lassen sich ab und zu wunderschöne Ziele anfliegen. Viel Spaß dabei!



Kürzer geht es kaum für meine Piper Arrow: Der private Flugplatz Bantry in Irland besteht aus einer 390 Meter Landebahn mit Windsack, der nur aufgehängt wird, wenn ein Flugzeug angemeldet ist.
Quelle: Pooleys

Start- und Landestrecken berechnen

Bevor man überhaupt daran denkt, eine kurze Landebahn anzufliegen, müssen die Start- und Landestrecken für das geplante Fluggewicht mit dem Handbuch ermittelt werden. In den Handbüchern finden sich meist vier Werte, die berechnet werden können:

- Landestrecke über 50 Fuß Hindernis,
- Landerollstrecke,
- Startrollstrecke,
- Startstrecke über 50 Fuß Hindernis.

Bei der Berechnung müssen natürlich neben dem Gewicht auch die Umweltbedingungen berücksichtigt werden (Druckhöhe, Temperatur, Wind) sowie die Bahnbeschaffenheit (Asphalt/Gras, nass/trocken, Bahnneigung (Slope)).

Ich selbst berücksichtige Gegenwind überhaupt nicht in meiner Berechnung, ebenso wenig wie den Vorteil einer Bergauflandung oder eines Starts bergab. Nachteilige Einflüsse wie Rückenwind oder ungünstiges Gefälle müssen natürlich immer berücksichtigt werden. Im Zusammenhang mit kurzen Pisten verzichte ich jedoch grundsätzlich auf den Flugbetrieb auf nassen oder sonst wie kontaminierten Bahnen.

Ob eine Bahn nun als „kurz“ anzusehen ist, hängt nicht allein von der Bahnlänge ab, sondern von den Gesamtumständen: So benötigt meine Arrow in Worms ohne Klappen (300 Fuß Höhe, 15 °C, 800 Meter Landebahn) eine Startstrecke bis 50 Fuß von 656 Metern, in Samedan (5.600 Fuß Höhe, 25 °C, 1.700 Meter Landebahn) jedoch 1.600 Meter. Aus der Sicht meines Flugzeugs also ist in Samedan die Bahn „kürzer“.

Wie die Ergebnisse der Start- und Landestreckenberechnung zu bewerten sind, darauf möchte ich weiter unten zu sprechen kommen.

Flugleistungsberechnung bei älteren Flugzeugen

Wenn Sie ein „neueres“ Flugzeug fliegen, für das die Berechnungen der Start- und Landestrecken und der Geschwindigkeiten für verschiedene Gewichte mit dem Handbuch möglich sind, können Sie diesen Abschnitt überspringen.

Für die Flugleistungen meiner Arrow hatte der Hersteller Piper 1973 lediglich Daten für das maximale Startgewicht (1.199 kg) ins Handbuch geschrieben. Danach kann man kurze Landebahnen eigentlich gleich vergessen. Viele Piloten haben dasselbe Problem.

Aber es gibt eine Lösung: Man kann die Daten (Anfluggeschwindigkeiten, Startgeschwindigkeiten und erforderliche Bahnlänge) für geringere Fluggewichte mathematisch ermitteln. Die einfachen Formeln dafür finden Sie in diesem Abschnitt. Für meine Arrow habe ich damit eine Tabelle für mein iPad erstellt (mit „Numbers“).

Natürlich darf man sich nicht auf die Zahlen alleine verlassen. Daher habe ich immer wieder bei Starts und Landungen die aktuell benötigten Strecken mit den Berechnungen verglichen. Die Werte stimmen sehr gut überein.

Bei älteren Flugzeugen, für die es nur Werte für das maximale Fluggewicht gibt, kann man die Werte für das geplante Gewicht wie folgt berechnen: Benötigt wird dazu dieser Faktor

$$\text{Faktor} = \frac{\text{Aktuelles Gewicht}}{\text{maximales Gewicht}}$$

Für die Anfluggeschwindigkeit bei kleineren Gewichten gilt diese Formel:

$$V_{\text{APP akt. Gewicht}} = V_{\text{APP max. Gewicht}} * \sqrt{\frac{\text{Aktuelles Gewicht}}{\text{maximales Gewicht}}}$$

Bei meiner Arrow ist der Faktor für 1.050 kg 1.050/1.199 also ca. 0,876. Bei einer normalen Anfluggeschwindigkeit von 88 MPH für maximales Gewicht ist dann die Anfluggeschwindigkeit für 1.050 kg:

$$V_{\text{APP akt. Gewicht}} = 88 * \sqrt{0,876} = 82 \text{ MPH}$$

Für alle Geschwindigkeiten beim Start gilt dieselbe Formel. An dieser Stelle sei erwähnt, dass der Stallmargin bei der berechneten

geringeren Geschwindigkeit erhalten bleibt. Denn auch die Überziegeschwindigkeit verringert sich entsprechend.

Die Landestrecken für das aktuelle Gewicht lassen sich anschließend für die neuen Geschwindigkeiten wie folgt ermitteln:

$$\text{Landestrecke}_{\text{akt. Gew.}} = \text{Landestrecke}_{\text{max. Gew.}} * \frac{\text{Aktuelles Gewicht}}{\text{maximales Gewicht}}$$

Für die Startstrecken gilt dagegen – obige Geschwindigkeitsreduzierung vorausgesetzt – diese Formel:

$$\text{Startstrecke}_{\text{akt. Gew.}} = \text{Startstrecke}_{\text{max. Gew.}} * \left(\frac{\text{Aktuelles Gewicht}}{\text{maximales Gewicht}}\right)^2$$

Für die Steigrate gilt:

$$V_{\text{vert. akt. Gewicht}} = V_{\text{vert. max. Gewicht}} \sqrt{\frac{\text{Aktuelles Gewicht}}{\text{maximales Gewicht}}}$$

Für meine Arrow ergeben sich für Bantry (Sea Level, 15 °C, 390 Meter Landebahn) folgende Handbuchwerte:

- Landestrecke über 50 Fuß Hindernis: 415 m,
- Landerollstrecke: 232 m,
- Startrollstrecke (Flaps 25°): 243 m,
- Startstrecke über 50 Fuß Hindernis (Flaps 25°): 512 m.

Diese Werte beziehen sich auf das maximale Fluggewicht von 1.199 kg.

Bei 1.050 kg Fluggewicht ergeben sich mit den oben beschriebenen Formeln die folgenden tatsächlichen Werte:

- Landestrecke über 50 Fuß Hindernis: 363 m,
- Landerollstrecke: 203 m,

- Startrollstrecke (Flaps 25°): 186 m,
- Startstrecke über 50 Fuß Hindernis (Flaps 25°): 392 m.

Diese Zahlen sehen nun schon viel besser aus.

Die erforderlichen Start- und Landestrecken

Wenn man die vier Werte für die Start- und Landestrecken ermittelt hat, stellt sich Frage, wie diese Zahlen zu bewerten sind. Die Zahlen in den Handbüchern der meis-

ten kleinen Flugzeuge sind aktuelle Werte, ohne jeden Sicherheitszuschlag. Ob und welchen Zuschlag man draufschlägt, bleibt – für den nichtkommerziellen Flugbetrieb – jedem Piloten selbst überlassen. Ich empfehle, auf jeden Fall einen Sicherheitszuschlag auf die Handbuchwerte anzuwenden.

Um einen Eindruck zu bekommen, welche Zuschläge sinnvoll sind, stelle ich hier die beiden wichtigsten Empfehlungen vor:

Die britische CAA empfiehlt Privatpiloten, dieselben Zuschläge zu verwenden wie für die kommerzielle Luftfahrt: Dies sind ein Safety Factor von 1,33 für die Startstrecken und ein Safety Factor von 1,43 für die Landestrecken.

Das amerikanische Air Safety Institute der AOPA hingegen empfiehlt die „50/50 Solution“: Auf die Start- und Landestrecken

o2-de E 20:52
 Tabellen ↶ Take-Off Performance
 + Take-Off Calculator (Speeds MPH)

TAKE-OFF PERFORMANCE

D-EGKK Piper Arrow PA28R-200

Density Altitude Calculator dry air

Pressure Altitude	OAT Celsius	Density Altitude
0	15	0
Enter TOW	kg	1050
Gear will not retract below		85
use gear override below or for obstacle departure		90
		MPH



Calculator (Speeds MPH)

Condition	T/O roll	to 50 ft	Rotate	Vx
<input checked="" type="checkbox"/> Flaps 25 - from Flight Manual:	243	512	65	85
Distance for actual TOW	186	392	61	80
Runway condition:				
0 % Slope (uphill + 10% per degree)	186	392		
<input type="checkbox"/> dry short grass + 20%	186	392		
<input type="checkbox"/> moist good grass + 30%	186	392		
<input type="checkbox"/> solid ground, long grass + 40%	186	392		
<input type="checkbox"/> moist, poor grass + 50%	186	392		
<input type="checkbox"/> wet, poor or high grass + 60%	186	392		
T/O Total required for actual TOW	186	392	61	80
with CAA Safety Factor 1.33	248	521	Rotate	Vx
CLB Initial Climb Rate (at MTOW)	836	ft/min	Vy	100
CLB Initial Climb Perf. (actual TOW)	894	ft/min	Vy	94
Lndg Landing Distance MTOW	232	415	Vref +5	88
Lndg Landing Distance Actual TOW	203	363	Vref +5	83
with CAA Safety Factor 1.43	290	519		Vapp

Performance Berechnung für meine Piper Arrow auf dem iPad

über 50 Fuß aus dem Handbuch sollen 50 % als Sicherheitsfaktor aufgeschlagen werden, um die minimale sichere Landebahnlänge zu ermitteln.

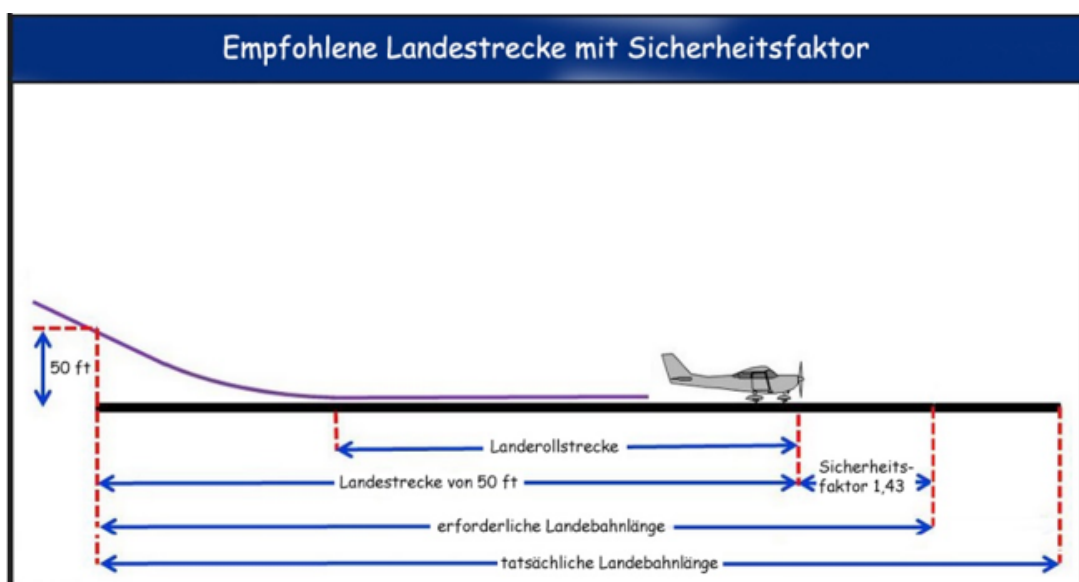
Für den Flugbetrieb mit meiner Arrow orientiere ich mich – mit Ausnahmen – an der britischen Empfehlung.

Ich möchte das an der oben erwähnten 390 Meter Runway in Bantry, Irland, erläutern. Anflug und Start in Bantry führen ohne Hindernisse über Wasser. Daher bewerte ich die 519 Meter Landestrecke über ein 50 Fuß Hindernis (mit dem Safety Factor von 1,43 berechnet) nicht als limitierend. Denn bei so einer kurzen Bahn wird niemand die Schwelle in 50 Fuß überfliegen. Auf den Safety Faktor von 1,43 für die Landerollstrecke verzichte ich jedoch nicht. Die faktorierte Landerollstrecke von 290 Metern liegt für Bantry gut innerhalb der verfügbaren Landebahnlänge (390 Meter).

Übrigens darf auch im kommerziellen Flugbetrieb die Höhe über der Schwelle für Short

Field Operations herabgesetzt werden, um innerhalb der vorgeschriebenen Limits zu bleiben – allerdings nicht unter 35 Fuß.

Auch für den Start in Bantry bewerte ich die 521 Meter Startstrecke über ein 50 Fuß Hindernis (mit dem Safety Factor von 1,33 berechnet) nicht als limitierend. Für den Abflug über Wasser gibt es keine Hindernisse. Jedoch verzichte ich auch bei hindernisfreien Abflügen niemals auf den Safety Faktor bei der Startrollstrecke. Auch sollte meiner Meinung nach die unfaktorierte Startstrecke über ein 50 Fuß Hindernis (für Bantry 392 Meter) möglichst noch über der Startbahn liegen (390 Meter). Der Grund dafür ist, dass das Flugzeug unmittelbar nach dem Abheben noch nicht die endgültige Steiggeschwindigkeit erreicht hat. So wird bei meiner Arrow die Nase zum Start etwa 20 MPH unter der V_X hochgenommen. Gerade bei hohen Dichtehöhen braucht es dann noch eine gute Strecke, bis die sichere Steigfluggeschwindigkeit erreicht hat. Es



ist sicherer, über der Startbahn selbst zu beschleunigen.

Sowie jedoch Hindernisse hinter dem Bahneende sind, sollte man die Distanzen bis 50 Fuß immer mit dem zugehörigen Sicherheitsfaktor berücksichtigen.

Wieso gibt es eigentlich unterschiedliche Sicherheitsfaktoren für Start und Landung? Und warum sollten für den normalen Flugbetrieb die Distanzen über 50 Fuß berücksichtigt werden?

Beim Start ist die Startrollstrecke aus der Berechnung sehr gut reproduzierbar. Das liegt daran, dass man vom Triebwerk immer die berechnete Performance erwarten kann. Und wenn man dann mit der richtigen Fahrt abhebt, sollte sich die Startrollstrecke von einem Start zum nächsten kaum unterscheiden. Daher empfiehlt die CAA einen geringeren Safety Factor für den Start.

Bei der Landung hingegen korrelieren Landebahnlänge und Landerollstrecke überhaupt nicht. Denn die Landerollstrecke beginnt natürlich erst nach dem Aufsetzen und nicht am Bahnbeginn. Die erforderliche Bahnlänge hängt also am „pilots skill“, also daran, wie genau man das Flugzeug auf einen Zielpunkt absetzen kann, und auch daran, wie genau der Pilot die Aufsetzgeschwindigkeit im Griff hat und ob er zügig abbremsen kann.

Die routinemäßige Berücksichtigung der Distanzen über 50 Fuß mit Sicherheitszuschlag schützt also den Piloten vor seinen eigenen Ungenauigkeiten bei Start- und Landung und ist im Normalfall dringend empfohlen. Ist diese Distanz nicht vorhanden, sollte man nur dann einen Anflug wagen, wenn man sehr gut geübt ist mit dem Betrieb auf kurzen Pisten.

Die richtige Anfluggeschwindigkeit

Die passende Anfluggeschwindigkeit hat einen direkten Einfluss auf das Gelingen einer Landung auf kurzer Landebahn. Ich bin der Meinung, dass dem Thema „Korrekte Anfluggeschwindigkeit“ in der Allgemeinen Luftfahrt nicht genügend Bedeutung beigemessen wird. Wenn Sie sich mal in Ruhe an Ihrem Flugplatz hinsetzen und die langen Landungen beobachten, die manche Piloten hinlegen, werden Sie wissen, was ich meine. Ich möchte zwei Beispiele nennen und beschreiben, welche Anfluggeschwindigkeit ich für meine Arrow ausgewählt habe.

- Nach Ende meiner fliegerischen Ausbildung 1979 wollte ich Rundflüge mit meinen Eltern und Geschwistern machen. Ich hatte dazu eine Cessna 172 gechartert und mit einem Fluglehrer eine Einweisung auf der Maschine vereinbart. Der Fluglehrer nannte als Anfluggeschwindigkeit „immer 70 Knoten“, was bei mir regelmäßig zu unbefriedigend langen Landungen führte. Nachdem die Einweisung beendet war, nahm ich noch mal das Flughandbuch, bestimmte die Überziehgeschwindigkeit und nahm nun als Targetspeed $1,3 \cdot V_{SO}$ plus 5 Knoten für die Rundflüge mit meinen Gästen. Obwohl ich so mit vier Personen an Bord deutlich langsamer anflieg als mit dem Fluglehrer alleine, gelangen die Landungen nun viel besser ...
- Kurz nachdem ich meine Arrow gekauft hatte, konnte ich in Worms die Landung einer anderen Arrow beob-

achten. Ich traf den Piloten an einem der Hangars und fragte, welche Speed er für den Anflug genommen habe. Der Pilot meinte, das Handbuch sage zwar 90 MPH, er fliege aber „sicherheitshalber“ immer mit 95 MPH an. Das konnte man bei der Landung deutlich sehen: Die Maschine setzte auf der 800

Meter langen Piste erst hinter der 400 Meter Halbbahnmarkierung auf... (Mit meiner Arrow fliege ich heute – solo und mit halbvollen Tanks – mit 78 MPH an.)

Auch ich selbst habe einmal mit meiner frischgekauften Arrow bei einem Werkstattflug – zusammen mit einem erfahrenen Piper-Piloten – eine recht lange Landung hingelegt. Der Fliegerkollege wies mich darauf hin, dass ich seiner Meinung nach zu schnell anfliegen würde. Seitdem verwende ich nicht mehr die Handbuch-Anfluggeschwindigkeit von 90 MPH, sondern – immer für das aktuelle Landegewicht – folgende Geschwindigkeit: $1,3 * VSO$ plus 5 MPH. Seitdem variiert meine Anfluggeschwindigkeit je nach Gewicht zwischen 75 und 88 MPH. Der Effekt ist verblüffend: Es ist nun viel einfacher, genau da aufzusetzen, wo ich will, und lange Landungen kommen nur noch selten vor.

Die Tabelle auf der folgenden Seite zeigt die Handbuchwerte für die Anfluggeschwindigkeit



Eine zu hohe Anfluggeschwindigkeit ist oft der erste Schritt für eine zu lange Landung – und manchmal zu einen Runway-Overrun. Diesem Piloten ist es nicht gelungen, sein Flugzeug auf der 800 Meter Piste von Sandown, Isle of Wight, zu stoppen.

verschiedener Flugzeugtypen bei maximalem Fluggewicht. Der Vergleich zeigt, dass man nicht für alle Flugzeuge die Anfluggeschwindigkeit so wie für die Arrow von Hand mit der Überziehgeschwindigkeit selbst ausrechnen kann. Ein großer Speed-Ausreißer in der Tabelle ist die Grumman AA-5A, also die Lisa A und Lisa B von *Pilot und Flugzeug*. Hier liegt die Handbuchgeschwindigkeit von 65 Knoten satte 9 Knoten unter der sonst üblichen Speed von $1,3 * VSO$ plus 5. Würde man diese – niedrigere – Handbuchgeschwindigkeit ignorieren und schneller anfliegen, könnte man die Landestrecken aus dem Flughandbuch niemals erreichen.

Bei allen Flugzeugtypen jedoch gilt: Eine Landung mit maximaler Performance (kürzeste Landestrecke) bei reduzierten Gewichten gelingt nur, wenn die Anfluggeschwindigkeit – wie im Handbuch angegeben oder wie oben berechnet – entsprechend dem Gewicht reduziert wird.

Flugzeugtyp	V _{SO} Stallspeed Volle Klappen	1,3 * V _{SO}	V _{APP} Hand- buch normale Landung	V _{APP} Handbuch Kurz- Landung
Piper Arrow II PA 28R-200	64 MPH	83 MPH	90 MPH	---
Piper Archer II PA 28-181	61 MPH	79 MPH	76 MPH	---
Cessna 172N	44 kts*	57 kts	65 kts	59 kts
Grumman AA-5A (Lisa A + B)	53 kts	69 kts	65 kts	61 kts 1,15 V _{SO} !
Cirrus SR22	59 kts	77 kts	85 kts	77 kts

Handbuchwerte Anfluggeschwindigkeit mit maximalem Gewicht.

* Die Cessna 172N hat nahe der Stallspeed einen großen Anzeigefehler: Das Flugzeug stalled bei 44 kts CAS, das sind nur 33 kts IAS (unterer Rand des weißen Bogens).

Es geht noch langsamer!

Die erforderliche Landerollstrecke für ein Flugzeug hängt unter anderem auch von der kinetischen Energie ab. Und die wird aus Masse und Geschwindigkeit berechnet. Zwei Möglichkeiten, die Landestrecke weiter zu verkürzen, sind also, das Fluggewicht zu verringern und/oder die Landegeschwindigkeit zu reduzieren.

Das geringe Fluggewicht meiner Arrow auf meiner geplanten Solo-Tour durch Irland hätte sich nur durch weniger Sprit im Tank reduzieren lassen. Diese Möglichkeit fiel aber aus, denn die Betankung musste mit ausreichenden Reserven bis zum nächsten Flugplatz auf der Tour reichen, wo es wieder Treibstoff gab.

Also was ist mit der Geschwindigkeit? Nun ja, ein bisschen Speed sollte es schon sein. Irgendwann reißt sonst die Strömung ab und der Auftrieb geht in den Keller (zusammen mit dem Flugzeug).

Die normale Anfluggeschwindigkeit $1,3 * V_{SO}$ plus 5 MPH, die ich für meine Arrow verwende, gibt ausreichend Abstand zur Überziehgeschwindigkeit V_{SO} . Wofür aber ist der Zuschlag von 5 MPH gut? Könnte man den nicht einfach weglassen?

Auch unsere Verkehrsflugzeuge fliegen wir mit einem ähnlichen Zuschlag ($1,3 * V_{stall}$ plus 5 Knoten). Manche halten die 5 Knoten für einen Sicherheitszuschlag. So sehen es auch einige Copiloten bei meiner beruflichen Fliegerei und werden ganz zappelig,

wenn ich mal kurz da-
runter bin. Aber es ist
kein Sicherheitszuschlag,
sondern ein Aufschlag
für die Bequemlichkeit:
Die resultierende
Geschwindigkeit (Target
Speed) ist keine Mindest-
geschwindigkeit. „Call-
outs“ im Airliner Cockpit
werden daher erst fällig,
wenn diese Geschwin-
digkeit um 5 Knoten un-
terschritten wird (oder um
10 Knoten überschritten).
So ist es einfacher, die
Fahrt in Schach zu halten,
und es sind nicht ständige
Schubänderungen er-
forderlich.

Wird's aber eng mit der
Landedistanz, dann kann man sich solche
Zuschläge nicht mehr leisten. Seit Kurzem
lasse ich daher mit der Arrow den Zuschlag
auf $1,3 * V_{SO}$ bei Short Field Landings ganz
weg und fliege präzise mit $1,3 * V_{SO}$ an.
Der Effekt ist verblüffend. Bei genauem
Aufsetzen am Bahnbeginn verkürzt sich die
Landestrecke enorm. Im Worms konnte ich
so auf der Bahn 06 die Landebahn bereits
am ersten Rollweg nach der Schwelle ver-
lassen, nach 260 Metern.

Warum ist der Effekt so deutlich? Nun, das
liegt daran, dass die kinetische Energie,
die man durch Bremsen abbauen muss, im
Quadrat der Geschwindigkeit zunimmt. Wäre
man doppelt so schnell, müsste man das
Vierfache der Energie durch Bremsen ver-
nichten. Die Formel dafür ist:

$$\text{Kinetische Energie} = \text{Masse} * \text{Geschwindigkeit}^2 / 2$$



Airspeed-Indicator meiner Piper Arrow. Man beachte den deutlichen Unterschied zwischen der Handbuch-Anfluggeschwindigkeit (90 MPH) und der tatsächlich für eine Kurzlandung verwendeten Geschwindigkeit (78 MPH).

Für meine Arrow ergibt sich folgende Reduzierung der kinetischen Energie bei den Landungen:

- Treibstoffvorrat um eine Stunde verringert (weniger als 30 kg), reduziert die kinetische Energie um ca. 3 %.
- Anfluggeschwindigkeit um 5 MPH herabgesetzt, reduziert die kinetische Energie um ca. 12 %.

Der durch das Quadrat der Geschwindigkeit deutliche Effekt der Reduzierung der Energie und damit der Landedistanz ist letztlich auch der Grund dafür, dass Flugzeuge in der Regel gegen den Wind gelandet werden.

Bitte beachten Sie, dass eine Berechnung der Anfluggeschwindigkeit wie hier für mei-

ne Arrow beschrieben nicht bei allen Flugzeugtypen sinnvoll ist. Vergleichen Sie am besten die im Handbuch veröffentlichte Geschwindigkeit für Kurzlandungen mit $1,3 * V_{SO}$ und nehmen den niedrigeren von beiden Werten, also z. B. für die LISA A (Grumman AA-5A) statt $1,3 * V_{SO} = 69$ kts den Handbuchwert von 61 kts ($1,15 * V_{SO}$).

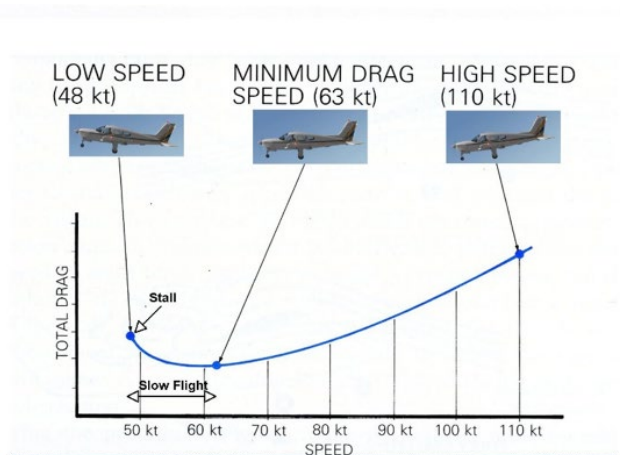
Für den Start besteht nicht die Möglichkeit, die Startstrecke durch eine Reduzierung der Geschwindigkeit zu verringern. Alle Startgeschwindigkeiten bei Kurzstarts basieren darauf, den Steigflug mit V_X zu fliegen, also mit der Geschwindigkeit des besten Steigwinkels. Eine Unterschreitung von V_X würde sofort zu erhöhtem Widerstand und zu einem flacheren Steigflug führen.

Auf der Rückseite der Power-Kurve

Wenn die Fahrtreduzierung einen so drastischen Effekt auf die Landerollstrecke hat, warum fliegt man dann nicht immer so an? Ganz einfach: Weil es schwieriger ist. Bei Fluggeschwindigkeiten nahe der Überziehggeschwindigkeit fliegt man auf der „Rückseite“ der Power-Kurve, also der Linie mit der für die jeweilige Fahrt erforderlichen Leistung. Diese „region of reverse command“ ist für den Piloten äußerst unpraktisch. Im normalen Geschwindigkeitsbereich ist eine Fahrterhöhung (z. B. durch eine Windbö) mit einer Widerstandserhöhung verbunden, die quasi automatisch die Fahrt wieder reduziert (eigenstabil). Bei einer Fahrterhöhung beim Slowflight jedoch reduziert sich der Widerstand, und das Flugzeug

kehrt nicht von alleine auf die Sollfahrt zurück. Umgekehrt bringt eine Böe, die die Fahrt reduziert, das Flugzeug in eine Region, in der es noch mehr Widerstand hat. Die Fahrt ist instabil, nimmt von alleine noch weiter ab und es sind deutliche Steuereingaben (Nase runter und Leistungserhöhung) erforderlich, um die Reise der Speed in den „Stall-Keller“ zu stoppen.

Der Flug bei so geringen Geschwindigkeiten erfordert viel Übung. Die Toleranzen bei den Pilotenfähigkeiten in der Ausbildung im Slowflight liegen in den USA z. B. bei -0 bis $+10$ Knoten für Privatpiloten sowie bei -0 bis $+5$ Knoten für Berufspiloten. Die Unterschreitung der reduzierten Anfluggeschwindigkeit für Kurzlandungen ist wegen des geringen Abstands zur Überziehggeschwindigkeit nicht zulässig. Uncool ist aber auch die Überschreitung dieser Speed um 10 Knoten beim Aufsetzen. Um sicher auf ganz kurzen Bahnen landen zu können, sollte man in der Lage sein, die Aufsetzgeschwindigkeit innerhalb eines Bandes von 5 Knoten zu halten.



Slow Flight auf der Rückseite der Power-Kurve

Training für den Betrieb auf kurzen Pisten

Nach so viel Theorie ist es an der Zeit, endlich ins Flugzeug zu steigen und Starts und Landungen auf kurzen Pisten zu trainieren. Training ist unbedingt erforderlich. Man muss fit werden und sich wohl fühlen mit dem Anflug mit geringer Geschwindigkeit und man muss sicher das Flugzeugs an einem vorher festgelegten Punkt am Beginn der Bahn aufsetzen können. Wichtig ist aber auch, sich zu vergewissern, dass die Berechnungen der erforderlichen Bahnlänge mit den eigenen fliegerischen Möglichkeiten und den Leistungsdaten des Flugzeugs übereinstimmen. So wäre es sicher keine gute Idee, auf einer 400 Meter Bahn landen zu wollen, wenn man es beim Training nicht geschafft hat, auf der heimischen langen Bahn innerhalb der berechneten Strecke mit angemessener Reserve zum Stillstand zu kommen.

Trainingsziel 1: der Go-around

Das wichtigste Flugmanöver bei Landungen auf kurzen Pisten ist der Go-around. Wer daran keinen Spaß hat und sich mit dem Durchstarten nicht wohlfühlt, der ist noch nicht fit für Kurzlandungen.

Ziel bei einer Kurzlandung muss sein, an einem vorher festgelegten Punkt am Beginn der Bahn aufzusetzen. Ein zweiter – vorher vom Piloten festgelegter Punkt auf der Bahn – markiert den Beginn des Go-around, sollte man bis dahin nicht mit der richtigen Speed „sitzen“. Wie weit beide Punkte – Ziel- und Entscheidungspunkt – vom Bahnbeginn entfernt sein dürfen,

hängt vom Unterschied von Bahnlänge und Landerollstrecke ab. Schließlich will man ja nicht über das Bahnende hinauschießen. Die Amerikaner – nie verlegen um Toleranzen in der Ausbildung – haben auch hier Werte angegeben: Ein Privatpilot sollte in der Lage sein, das Flugzeug innerhalb von 200 Fuß (60 Meter) nach dem Zielpunkt aufzusetzen, ein Berufspilot innerhalb von 100 Fuß (30 Meter).

Der Anflug auf eine kurze Bahn ist also erst mal nur ein Versuch, innerhalb sehr enger Toleranzen am Bahnbeginn mit genau festgelegter Geschwindigkeit aufzusetzen. Gelingt das nicht, **muss** ein Go-around geflogen werden. Weil eine Punktlandung innerhalb so enger Toleranzen z. B. wegen Wind, Wetter oder fliegerischer Ungenauigkeiten nicht garantiert werden kann, empfehle ich, auf jeden Fall einen geeigneten Ausweichflugplatz mit weniger fordernder Bahnlänge einzuplanen. Wenn Sie also lange kein Durchstartmanöver mehr geflogen haben, wäre jetzt ein guter Zeitpunkt, mal wieder eines zu üben. Am besten erst einmal in sicherer Höhe, um warm zu werden. Ziel sollte sein, sich so wohl mit einem Go-around zu fühlen, dass man ihn ohne zu zögern sicher fliegen kann, auch noch beim Aufsetzen mit Leerlauf.

Ein Go-around ist nichts für Grobmotoriker. Zu keinem Zeitpunkt des Manövers gibt es Grund für hektische Aktivitäten. Ein Durchstartmanöver sollte – gerade im Ein-Mann/Frau-Cockpit – Schritt für Schritt strukturiert abgearbeitet werden. Insbesondere ist es unklug, hastig Vollgas zu geben: Bei sehr niedriger Fahrt gibt das ein ordentliches Drehmoment um die Hochachse – besonders bei starken Motoren – was mit ordentlich Seitenrudereinsatz kompensiert werden

muss. Bei Verstellpropellern kann plötzliches Vollgas beim Durchstarten zu Propeller-Overspeed führen (siehe dazu mein Artikel: Prop Failure, *Pilot und Flugzeug* 2015/01). Üben Sie also mal Go-arounds. Wenn Sie sich nicht sicher sind, nehmen Sie einen Fluglehrer mit.

Trainingsziel 2: Slowflight

Der Anflug auf eine kurze Bahn erfolgt mit ungewohnt geringer Geschwindigkeit auf der Rückseite der Powerkurve. Das will geübt sein.

Der britische Autor Alan Bramson empfiehlt dazu in seiner Lande-Bibel „Make Better Landings“ unter anderem folgende Übungen:

In sicherer Höhe (über 4.000 ft) das Flugzeug im Horizontalflug in Landekonfiguration bringen und die Fahrt langsam reduzieren (der Brite empfiehlt $1,25 * V_{SO}$, die AOPA empfiehlt $1,3 V_{SO}$, ich würde den zweiten Wert nehmen). Anschließend die Power zurücknehmen und einen stabilen Sinkflug mit etwa 300 ft/min halten. Gut austrimmen. Nimmt man die Nase vorsichtig hoch, geht die Fahrt zurück und die Sinkrate erhöht sich. Unter Umständen kommt die Überziehwarnung an. Die Stallwarnung immer respektieren: Sofort die Nase wieder herunternehmen und gefühlvoll Gas nachschieben.

Ist man wieder im stabilisierten Sinkflug, einfach mal den Gashebel auf Leerlauf ziehen und gucken, was passiert: Die Fahrt geht sofort in den Keller, die Sinkrate erhöht sich und es kommt auch hier u. U. sofort die Stallwarnung. Behutsam den Flugzustand

beenden: Nase runter und vorsichtig Gas geben.

Haben Sie den Slowflight im Griff, können Sie Anflüge mit dieser Geschwindigkeit üben. Beachten Sie jedoch, dass das Flugzeug nicht ausschwebt wie bei einer normalen Landung. Ziehen Sie also nicht einfach blind über der Schwelle das Gas auf Leerlauf, sonst riskieren Sie eine harte Landung und/oder einen Stall. Gefühlvoll abfangen und dabei vorsichtig das Gas zurücknehmen. Setzt das Fahrwerk auf, Power auf Leerlauf.

Trainingsziel 3: Ziellandung

Suchen Sie sich einen Punkt am Bahnbeginn aus, an dem Sie aufsetzen wollen. Die Markierungen kurzer Bahnen sind uneinheitlich. Nehmen Sie, was da ist, z. B. der Beginn der „Numbers“, also z. B. „06“ auf der Bahn. Der Zielpunkt sollte nicht der Bahnbeginn selbst sein. Sie wollen ja nicht versehentlich davor aufsetzen. Prägen Sie sich ein, an welchem zweiten Punkt am Bahnbeginn Sie durchstarten wollen, wenn Sie bis dahin nicht sitzen. Nur so können Sie garantieren, dass es mit einer kurzen Landung auch klappt.

Trainingsziel 4: Maximales Stoppen auf der Bahn

Eine Landung mit maximaler Performance erfordert nach dem Aufsetzen maximales Bremsen. Das machen wir ja im Regelfall so gut wie nie, deshalb muss es trainiert werden. Wir leben zwar im 21. Jahrhundert, fliegen aber immer noch mit Flugzeugen herum, die kein Anti-Skid bzw. ABS haben. Daher werden Ihre Bremsen blockieren, wenn Sie die

Pedale bis zur Firewall reintreten. Das will kein Mensch. Die Folgen davon reichen von „vier-eckigen“ Reifen mit einer flachen Stelle nach dem Stillstand bis hin zur völligen Zerstörung der Reifen durch Luftverlust. Üben Sie also – zusammen mit der Zielübung – das behutsame, aber bestimmte Durchtreten der Bremsen, ohne dass die Räder blockieren. Das erfordert ein wenig „Zehenspitzengefühl“ und Übung. Merken Sie, dass ein Rad blockiert, lassen Sie den Bremsdruck sofort nach und erhöhen ihn dann erneut.

Machen Sie nur dann eine Trainings-„Vollbremsung“, wenn auch die Ziellandung davor punktgenau erfolgt ist. Ansonsten verschleiben Sie nur unnötig Ihre Bremsen, ohne in der Lage zu sein, Ihre persönliche Landestrecke zu messen. Stoppen Sie bis zum Stillstand. Nun können Sie anhand von Bahnmarkierungen, Rollwegen oder späterer GPS-Auswertung sehen oder messen, wie viele Meter vom Bahnbeginn Sie benötigt haben. Vergleichen Sie das mit den vorherigen Berechnungen und Sie sehen gleich Ihren Trainingstand.

Ein freundliches Miteinander am Flugplatz verlangt natürlich, so ein Manöver vorher über Funk anzukündigen oder es an einem Tag zu üben, an dem wenig Verkehr ist. Sie wollen sich ja nicht unbeliebt machen und den nachfolgenden Verkehr zum Durchstarten zwingen.

Es ist natürlich nicht so, dass Sie auf dem heimischen Flugplatz Landestrecken erreichen wie auf dem geplanten Zielflugplatz. Der könnte vielleicht 2.000 Fuß höher liegen und oder ein ganz anderes Gefälle haben. Die Übungen zuhause dienen dazu,

Vertrauen in das ungewohnte Verfahren zu bekommen und zu überprüfen, ob für Sie ein Stoppen innerhalb der berechneten Strecke möglich ist.

Hindernisse und Wind im Anflug

Sind Hindernisse vor der Bahn, so wird generell empfohlen, einen stabilisierten steileren Anflug über die Hindernisse hinweg auf den Zielpunkt durchzuführen. Manche Autoren empfehlen auch, die Motorleistung nach Passieren der Hindernisse (z. B. Gebäude oder Baumreihen) zu reduzieren, um noch mehr von der Landebahn nutzen zu können. Hier ist Vorsicht geboten: Nun ist der Anflug nicht mehr stabilisiert und es können sich hohe Sinkraten entwickeln. Wo ist denn jetzt Ihr neuer Zielpunkt? Beachten Sie, dass Sie in diesem Fall zum Abfangen vielleicht sogar wieder etwas Gas brauchen, wollen Sie nicht auf der Schwelle zerschellen.

Bahnen mit Hindernissen im Anflug haben in der Regel eine versetzte Schwelle, um einen stabilisierten Anflug mit konstanter Sinkrate zu ermöglichen. Die versetzte Schwelle ist auch insofern wichtig, weil sie u. U. die einzige Referenz für die zur Verfügung stehende Landestrecke darstellt.

Geht der Anflug stattdessen über hohe Hindernisse auf eine unmarkierte Bahn, haben Sie ein Problem: Sie wissen dann zwar, wie lang die Bahn selbst ist, aber nicht, wie viel Landebahn Sie beim Aufsetzen noch vor sich haben. Hier hilft nur gute Vorbereitung beim Festlegen eines Zielpunkts mit bekannter Länge bis zum Bahnende: z. B. ein Abrollweg, ein Baum, Strauch oder ein

Hangar neben der Bahn. Man kann dann von dort z. B. mit Google Earth die verbleibende Bahnlänge messen.

Vergessen Sie auch nicht die Hindernisse hinter der Bahn bei Ihrer Flugvorbereitung. Ein Durchstart-Manöver muss schon vor dem Anflug durchgeplant sein.

Ein wenig Wind kann hilfreich sei, wenn er von vorne kommt. Rückenwindlandungen jedoch sollen Sie nur dann in Erwägung ziehen, wenn eine Landung von der anderen Seite her nicht möglich ist (z. B. bei Bahnen mit starkem Gefälle wie auf der Wasserkuppe oder wegen Hindernissen). Der Rückenwind muss in Ihren Berechnungen berücksichtigt worden sein. Mehr als 10 Knoten von hinten wären ein guter Grund, woanders hin zu fliegen.

Seitenwind ist nicht schlimm, wenn Sie daran gewöhnt sind und auch Seitenwindlandungen mit den Kurzlandungs-Geschwindigkeiten geübt haben. Dass Sie das Limit für den Seitenwind bei Ihrem Flugzeugtyp kennen, setze ich mal voraus. Bei meiner Arrow sind es 17 Knoten.

Schwieriger kann es bei Turbulenz werden. Kommt bei Böen die Überziehwarnung an, müssen Sie diese respektieren und u. U. die Fahrt geringfügig erhöhen. Kommt der Wind dabei von vorne, wird die verlängerte Landerollstrecke dadurch u. U. kompensiert. Jedoch wird das Aufsetzen am Zielpunkt schwieriger: Das „Ausschweben“ dauert länger. Wird die Fahrterhöhung nicht durch Gegenwind kompensiert, muss das wie Rückenwind mitberücksichtigt werden. Das kann man natürlich nicht im Anflug ausrechnen. Daher hilft es, sich vorher einen

Anhaltswert zu errechnen: Wie viel länger muss die Bahn bei 5 bzw. 10 Knoten höherer Geschwindigkeit oder Rückenwind sein? Das mache ich sogar beim A380: Da sind es pro 5 Knoten etwa 120 Meter Landebahn mehr. Versaut Ihnen eine schwierige Turbulenz den Anflug auf eine kurze Piste, dann fliegen Sie woanders hin und genießen dort einen Kaffee in der Flughafenkneipe ...

Die Endanflugkurve ...

Kurzlandungen vertragen keine unnötige Hast. Fliegen Sie eine weite Platzrunde und einen langen stabilisierten Anflug. Wir wissen natürlich: g-Loads, Turbulenzen und Kurvenflug erhöhen den Anstellwinkel. Leider u. U. bis zum Strömungsabriss. Bei einer Endanflugkurve mit 30° Querlage (muss das sein?) erhöht sich die Überziehggeschwindigkeit um etwa 8%. Es ist also eine gute Idee, erst dann auf die Endanfluggeschwindigkeit zu reduzieren, wenn man im Endanflug ist. Aus diesem Grund habe ich auch die ungewöhnliche 90 MPH-Markierung auf dem Airspeed-Indicator meiner Arrow belassen, die ein Vorbesitzer dort draufgeklebt hat: Ich gehe erst im Endanflug unter diese Geschwindigkeit.

Der Start auf einer kurzen Bahn

Starts auf kurzen Bahnen können ganz schön spannend werden. Allein optisch: Sie werden viel später vor dem Bahnende abheben als auf der heimischen 1.000-Meter-Piste. Wie für die Landung ist auch für den Start erforderlich, vorher die Startstrecken zu berechnen. Bevor man sich auf den Start auf einer

kurzen Piste einlässt, ist es sinnvoll, auf einer langen Bahn zu überprüfen, ob man die errechneten Werte für die Startrollstrecke und die Strecke bis 50 Fuß mit dem eigenen Flugzeug überhaupt erreichen kann.

Ich selbst rechne mit einem „Numbers“-Datenblatt auf dem iPad für jeden einzelnen Flug die Daten für die Start- und Landestrecken meiner Arrow aus und trage die Werte in ein Formblatt auf meinem Kniebrett ein. Das ist für mich Routine und dauert nur wenige Minuten. Die Zahlen ermöglichen mir, bei jedem Start zu sehen, ob die Berechnungen richtig waren. Die Werte stimmen so gut überein, dass ich den Zahlen auch bei sehr limitierten und fremden Landebahnen vertrauen kann.

Bei der Arrow werden normale Starts ohne Klappen geflogen; Kurzstarts jedoch mit Flaps 25, also mit dem Klappenhebel in der zweiten Raste. Die Checkliste verlangt vor dem Start unter anderem, dass die Trimmung des Höhenleitwerks auf „Neutral“ steht. Diese Trimmstellung ist jedoch für den Normalstart vorgesehen, daher muss ich für Kurzstarts etwas weiter nach hinten trimmen. Andernfalls ist nach dem Abheben das Flugzeug zu kopflastig getrimmt. Die optimale langsame Steigfluggeschwindigkeit lässt sich dann nur schwer halten.

Die optimale Starttechnik für Kurzstarts wird in der Literatur in der Regel wie folgt beschrieben:

- Ausrichten des Flugzeugs exakt am Bahnbeginn,
- Bremsen halten,
- Vollgas geben,
- Triebwerksleistung und Öldruck prüfen,

- Bremsen lösen,
- Geschwindigkeitsanzeige überprüfen,
- bei der richtigen Geschwindigkeit sanft die Nase hochnehmen,
- abheben und im Bodeneffekt auf V_X beschleunigen,
- steigen mit V_X in Startkonfiguration,
- wenn frei von Hindernissen: Nase herunternehmen und auf V_Y beschleunigen,
- Fahrwerk und Klappen vorsichtig einfahren.

Über die Empfehlung, das Fahrwerk erst nach Überfliegen der Hindernisse einzufahren, lässt sich streiten: Ich selbst fahre das Fahrwerk meiner Arrow bei Starts Richtung Hindernisse sofort ein, wenn ein sicheres Steigen anliegt. Nun hat aber die Arrow auch einen Klappenhebel so groß wie der Kupplungshebel einer Cable Car in San Francisco. Der Piper-Fahrwerkshebel dagegen ist ein üblicher kleiner Fahrwerksschalter im Panel. Eine Verwechslungsgefahr ist kaum möglich.

Bei anderen Typen – z. B. bei der Bonanza – liegen die elektrischen Klappen- und Fahrwerkshebel im Panel verwechslungsgefährdet nebeneinander. Hier wäre das versehentliche Einfahren der Klappen statt dem Fahrwerkeinfahren vor dem Hindernis gefährlich. (Die Verwechslungsgefahr beider Hebel bei der Bonanza war der Grund dafür, dass wir früher bei der Ausbildung in den USA Touch-and-Goes nur mit Fluglehrer fliegen durften – es hatte vorher Gear-up Landings durch die Schalterverwechslung gegeben).

Kurzstarts sind relativ einfach zu fliegen: Mehr als Vollgas geht nicht, es bleibt dem

Piloten lediglich das saubere, koordinierte Fliegen (Kugel in der Mitte) mit V_X . Exakte Geschwindigkeitskontrolle ist hier das Maß für maximale Performance: Sowohl Geschwindigkeiten unter als auch über V_X werden vom Flugzeug sofort mit einem flacheren Steigwinkel bestraft. Die maximale Flugleistung – hier der steilste Steigwinkel – lässt sich aber nur erreichen, wenn alle Startgeschwindigkeiten – auch die V_X – bei niedrigeren Gewichten nach der weiter vorne angegebenen Formel nach unten angepasst worden sind. Ist im Flughandbuch nur eine V_X angegeben, so gilt diese nur für das maximale Startgewicht. In der Literatur wird als Toleranz beim Steigflug $V_X -0$ bis $+5$ Knoten angegeben.

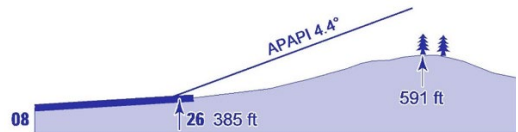
Wie auch für die Kurzlandung empfiehlt sich beim Kurzstart die Berechnung der Startstrecken mit einem Sicherheitszuschlag. Ich selbst benutzte – mit den oben erwähnten Ausnahmen – den von der CAA empfohlenen Faktor von 1,33 auf die Startstrecke über 50 Fuß. Die AOPA empfiehlt auch für den Start die 50/50 Solution: Mindestbahnlänge = Startstrecke über 50 Fuß plus 50 %.

Start über Hindernisse

Der Start über Hindernisse ist bei Weitem das schwierigste Thema im Zusammenhang mit Kurzstarts. Der Grund ist, dass sich der Flugweg kleiner Flugzeuge über Hindernisse nach dem Start mit den Handbuchdaten in der Regel nicht berechnen lässt. Hinzu kommen weitere ungünstige Faktoren. So gibt es häufig überhaupt keine verlässlichen Höhendaten der Hindernisse an kleinen Plätzen. Auch kann der Steigflug durch

unberechenbare Windeinflüsse negativ beeinflusst werden.

Längsprofil / Longitudinal profile:
RWY 08/26



Selbst solche scheinbar genauen Profildarstellungen (EDFE, gedacht für Anflüge) sind für die Startberechnung unbrauchbar: Es fehlen die Distanz Schwelle – Hindernis und die Information, ob der Pfeil nun die Hindernis- oder die Geländehöhe anzeigt. (Quelle: AIP)

Ein guter Anfang für Starts über Hindernisse ist gemacht, wenn man die Mindestlandebahnlänge wie empfohlen berechnet: Startstrecke über 50-Fuß-Hindernis (Handbuch) * 1,33 (bzw. plus 50 %, AOPA Empfehlung). Das stellt sicher, dass man auch bei geringen Abweichungen zum optimalen Startverlauf noch über der Bahn sicher in 50 Fuß Höhe ist und die V_X erreicht hat. Wie schnell und steil man danach weiter an Höhe gewinnt, das lässt sich so einfach nicht bestimmen.

Den meisten Handbüchern lässt sich zwar eine Steigrate nach dem Start entnehmen, diese gilt jedoch in der Regel nur für V_Y und nur für den Steigflug mit eingefahrenen Klappen. Der Start erfolgt aber mit Klappen und V_X . Sind die Hindernisse gleich hinter der Startbahn (Wald, Baumreihen, Gebäude) nicht mehr als 15 Meter hoch, ist der Drops gelutscht: Diese Höhe (50 Fuß) haben Sie ja bereits über der Bahn überschritten. Sind die Hindernisse höher, wird's schwierig. Stellen

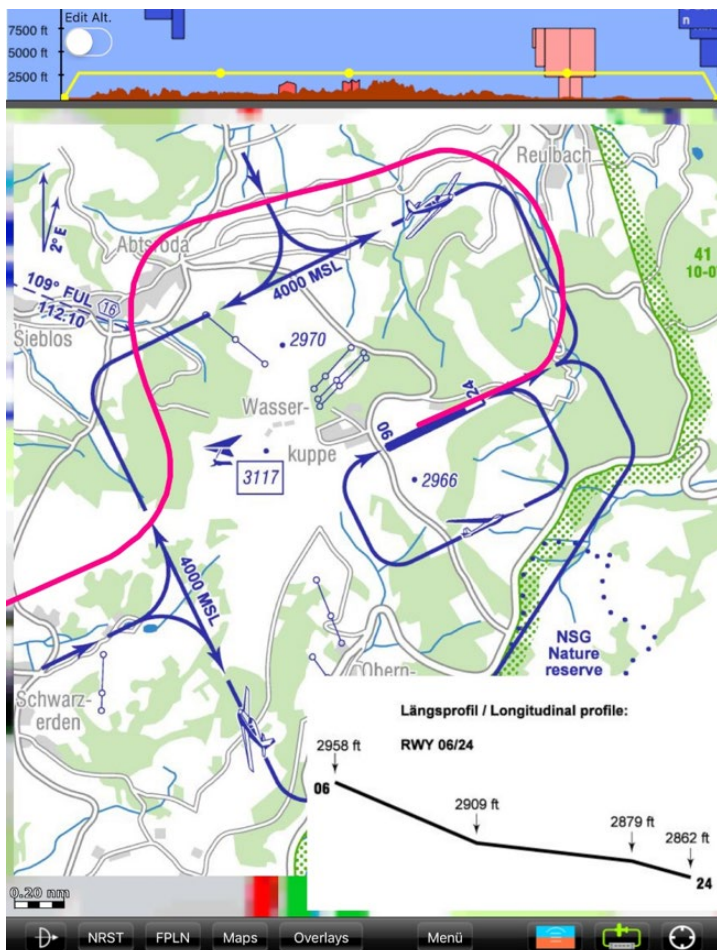
Sie sich vor, sie müssten nach dem Start einen Windpark überfliegen (Höhe bis über 200 Meter). Dann nützt Ihnen auch nicht die heimische Erfahrung, dass sich z.B. die Windkraftanlagen westlich von Worms immer gut haben überfliegen lassen. Denn vielleicht liegt Ihr Startplatz auf 1.500 Fuß Höhe bei 25 °Celsius und Sie haben mit den geringeren Steigraten bei dieser hohen Dichtehöhe keine Erfahrung.

Da hilft alles nichts. Es ist wie ohne Karte im Wald: Man muss einen Einheimischen fragen. Manche Plätze haben spezielle Abflugverfahren. Manche erfordern Kurven gleich nach dem Start. Machen Sie sich schlau. Im Zweifel ist es keine schlechte Idee, mit einem einheimischen Fluglehrer eine Einweisung zu fliegen.

Seien Sie vorsichtig mit Kurven gleich nach dem Start wegen Hindernissen: Die Geschwindigkeit V_X liegt nahe der Überziehgeschwindigkeit. Und: Für viele Flugzeugtypen – wie für meine Arrow – steht die Überziehgeschwindigkeit mit den beim Kurzstart gewählten Klappen 25° gar nicht im Handbuch. Steile Kurven verringern zudem die Steigrate enorm. Also keine großen Querlagen in Bodennähe, damit es keine bösen Überraschungen gibt.

Windeinfluss beim Start über Hindernisse

Gegenwind hilft bei Start und Landung – eigentlich. Weht aber stärkerer Wind über Hindernisse im Abflugsektor, ist Vorsicht geboten. Hinter Gebäuden, Waldkanten, Hügeln oder Baumreihen kann es zu Rotoren, Verwirbelungen oder Abwinden kommen, die die Steigflugleistung des eigenen Flugzeugs



Wasserkuppe: Flugweg zu einer Bergauflandung mit windiger Überraschung. Man sieht, dass sich die engen Kurven der Platzrunde mit der Arrow gar nicht fliegen lassen. Dadurch wird der Endanflug noch kürzer. (Sky-Map)

verringern, ja sogar völlig zunichte machen können.

Ich möchte dazu zwei Beispiele geben. Das erste Ereignis ist zwar im Landeanflug passiert, es illustriert jedoch dasselbe Problem: Wind, der über einen Hügel kommt:

- Mit meiner Piper Arrow flog ich bei bestem Wetter die stark geneigte Piste 24 auf der Wasserkuppe für eine Bergauflandung an. Der Wind kam ordentlich von vorne über die Bergkuppe hinweg. Ein stabiler Anflug mit vollen Klappen wurde durch den vorgeschriebenen kurzen Endanflug erschwert. Im ganz kurzen Endanflug – im bis dahin normalen Sinkflugprofil – kam ich auf einmal in ein unerwartetes starkes Abwindfeld. Es war kurzzeitig die volle Motorleistung erforderlich, allein um den Sinkflug unter die Bahnschwelle zu stoppen. Seitdem fliege ich die Wasserkuppe nur noch mit reduzierter Klappenstellung (25°) an.
- Auch die Verkehrsfluffahrt kennt dieses Problem: Der Start in San Francisco mit dem A380 geht von der Bahn 28R (Meeresniveau) über eine Hügelkette hinweg aufs Meer hinaus. Unser A380 hat so viel Power, dass wir selbst bei Gewichten über 500 Tonnen mit reduzierter Startleistung starten. Die reduzierte Leistung ist so bemessen, dass selbst bei Triebwerksausfall die vorgeschriebene Hindernisfreiheit über dem Hügel eingehalten werden kann. Weht aber ein starker Westwind über die Hügelkette, gibt es vor dem Berg Fallwinde, die

in keiner Performanceberechnung erfasst sind. Beim A380 können wir dann immer noch den Schub erhöhen. Ein Sportflugzeug in derselben Abwind-Situation vor einem Hügel hat diese Möglichkeit nicht.

Was kann man also tun? Vermeiden Sie – wenn immer es geht – bei starkem Wind den direkten Anflug auf Hindernisse und Hügel, die im Steigflug noch vor Ihnen liegen. Es ist im Grunde dasselbe Problem, das auch in der Gebirgsfliegerei auftritt: Beim Fliegen in den Bergen ist es deswegen empfohlen, Pässe und Berggrate nur mit ausreichender Überhöhung und nicht im rechten Winkel (aus dem man nicht Wegkurven kann) anzufliegen.

Klappenstellung und Geschwindigkeit beim Start über Hindernisse

Können Sie die Klappenstellung für den Start wählen wie ich bei meiner Arrow (0° oder 25°), dann gibt es Folgendes zu bedenken: Ist die Bahn sehr kurz, haben Sie u. U. keine Wahl und müssen die größere Klappenstellung wählen – bei meiner Arrow 25°. Mit dieser hohen Klappenstellung können Sie aber nur einen kleineren Steigwinkel erreichen als mit Klappen 0°.

Liegen die Hindernisse weiter weg, kann es günstiger sein, nach dem Start in sicherer Höhe (über 300 Fuß) zu beschleunigen, die Klappen einzufahren und mit der höheren V_X für eingefahrene Klappen weiter zu steigen. Liegen dagegen die Hindernisse sehr nahe (z. B. Baumreihe hinter der Startbahn), dann steigt man vom Start weg mit Klappen und der zugehörigen niedrigeren V_X so lange wei-

ter, bis die nahen Hindernisse sicher überflogen sind. Trotz schlechterer Steigleistung mit Klappen kommt man auf kurze Distanz steiler hoch, weil man den Beschleunigungsweg zum Einfahren der Klappen nicht hat. Nach Überfliegen der nahen Hindernisse kann man dann beschleunigen, die Klappen (und ggf. das Fahrwerk) einfahren und mit V_Y weitersteigen.

Ein Weitersteigen mit der langsameren V_X jenseits der Hindernisse ist keine gute Idee. Bei einem plötzlichen Motorausfall steht man dann ganz dumm da: Die Fahrt ist deutlich unter der Geschwindigkeit des besten Gleitens, womöglich sind die Klappen noch ausgefahren. Die Nase muss sofort weit runter, um das Überziehen zu vermeiden. Das alles führt zu einer rasanten Sinkrate, die sich nur schwer wieder ohne Stall abfangen lässt. Solche Manöver haben wir damals in der Verkehrsfliegerschule auf Beechcraft Bonanza ab und zu geübt: Der Fluglehrer hat kurz nach dem Abheben bei geringer Fahrt das Gas auf Leerlauf gezogen und wir mussten damit klar kommen. Das resultierte oft mit einem Aufsetzen mit wimmernder Überziehwarnung oder mit einer Bumslandung. Ich fand das eines der gefährlichsten Manöver unserer fliegerischen Ausbildung: Über der Startbahn im steilen Sinkflug kurz vor dem Stall ...

Die Risiken: Überrollen des Bahnendes und der Stall

Nichts im Leben ist ohne Risiken. Das kann jeder bestätigen, der schon mal in der Küche mit einem scharfen Messer hantiert hat. Um die Risiken zu minimieren, die sich aus dem

Betrieb auf kurzen Pisten ergeben, muss man sich mit ihnen auseinandersetzen.

Natürlich sollte man bei der Landung nicht über das Bahnende hinauschießen. Die oben beschriebenen Verfahren minimieren dieses Risiko: Landestreckenberechnung mit Zuschlägen, exakte Geschwindigkeitskontrolle, definierter Aufsetzpunkt und maximales Bremsen, keine Landung mit Rückenwind oder auf nasser Bahn, die Bereitschaft zum Durchstarten und so weiter.

Das größte Risiko bei Kurzstarts und -landungen ist jedoch der Stall, den es für ein sicheres Erreichen des fliegerischen Pensionsalters unbedingt zu vermeiden gilt. Die Statistiken bestätigen dieses erhöhte Risiko. So schreibt das AOPA Safety Institute in dem Safety Advisor „Mastering Takeoffs & Landings“ (Link am Ende des Artikels):

- „The „simple“ act of taking off or landing accounts for 50 percent of all general aviation accidents“

Verursacht wurden mehr als die Hälfte der Startunfälle von den Piloten selbst, und zwar durch:

- mangelhafte Fluglage- und Geschwindigkeitskontrolle (16,2 %),
- Kontrollverlust (nicht durch Wind) (13,9 %),
- Fehler in der Flugzeug-Konfiguration (11,1 %),
- ungenügendes Treibstoff-Management (7,6 %).

Also alles Ursachen, die durch besseres Training und höheres Risiko-Bewusstsein und -Management (z. B. Checklisten) vermeidbar sind. Der immer gefürchtete Triebwerksausfall hingegen ist „nur“ für ein Viertel der Startunfälle verantwortlich (aber natürlich nicht vernachlässigbar).

Auch bei den Landeunfällen verursachen dieselben vier Punkte mehr als die Hälfte der Unfälle. Stark erhöht sind bei den Landeunfällen als Ursachen die mangelhafte Fluglage- und Geschwindigkeitskontrolle (27,2%) sowie der Wind (15,8%). Nahezu jeder zehnte Landeunfall wird übrigens durch Fehler im Fuel-Management verursacht (siehe dazu mein Artikel: Unfallschwerpunkt Treibstoffmanagement, **Pilot und Flugzeug** 2017/05).

Was können wir tun? Alle vier o. g. „Hauptverdächtigen“ haben etwas mit dem Stall zu tun. Auch Motorausfall oder Windeinflüsse können zum Überziehen des Flugzeugs führen. Wir brauchen also auch für den Betrieb auf kurzen Pisten Strategien zur Stall-Vermeidung. Nahezu alle weiter oben aufgeführten Empfehlungen haben auch damit zu tun: Das Training für den Langsamflug, das sofortige Beenden der Überziehwarnung nach dem Abheben oder im Landeanflug, die Empfehlung, die Endanflugkurve mit erhöhter Geschwindigkeit zu fliegen, und so weiter.

Aber es geht noch weiter: Viele Startunfälle auf kurzen Pisten wurden dadurch verursacht, dass die Maschinen für die Startbedingungen (Bahnlänge und/oder Hindernisse) einfach zu schwer war. Um eben noch abheben zu können oder um gerade noch über ein Hindernis zu kommen, wurde die Maschine vom Piloten

überzogen. Der Stall ist für solche Fälle keine Lösung. Er kann tödlich enden. Dem US-amerikanischen Test- und Kunstflug-Idol Bob Hoover wird dazu folgende „Empfehlung“ zugeschrieben: „Fly as long as you can into the crash“ – will heißen: Auch wenn sich eine Boden- oder Hindernisberührung nicht mehr vermeiden lässt, muss ein Überziehen (und damit ein Kontrollverlust) um jeden Preis verhindert werden.

Richard McSpadden, Direktor des AOPA Safety Institute, schrieb dazu im AOPA Magazin 9/2017:

„Überraschenderweise gibt es mehr Stalls beim Start und im Steigflug als bei Anflug und Landung. Stalls im Abflug sind auch gefährlicher, nahezu die Hälfte enden tödlich.“

Um niemals in eine solche, beinahe ausweglose Situation zu kommen, ist eine sorgfältige Flugleistungsberechnung und -vorbereitung vor jedem Flug erforderlich. Es gibt dazu nur eine einzige sichere Alternative: Beim geringsten Zweifel an der sicheren Durchführbarkeit sollten Sie den Flug nicht antreten.

Hohen Respekt sollten wir den Piloten entgegenbringen, die auch kurzfristig noch entscheiden, einen versprochenen Flug zu verschieben, abzusagen, oder sämtliche Passagiere auszuladen und ins Taxi zu setzen. Egal, ob das mit den Flugleistungen zu tun hat, oder damit, dass der Pilot sich diesen Flug nicht zutraut.

Gefährliche Empfehlungen

Immer wieder hört man von „Tricks“, die Starts und Landungen noch kürzer machen sollen. Ich möchte auf einige solcher Ideen und Empfehlungen eingehen und davon abraten:

Bad Trick: Beim Start die Klappen eingefahren lassen und erst kurz vor dem Abheben in die Startposition bringen

Angeblicher Vorteil: Geringerer Rollwiderstand
 Nachteil: Mehrere Risiken:

- Wie beim Fahrwerk weiter oben beschrieben, ist die versehentliche Betätigung des Fahrwerks auf der Startbahn statt der Klappen eher „ungeschickt“.
- Hakt der Fahrwerkshebel am Ende der Bahn oder springt bei elektrischen Klappen beim Ausfahrversuch die Sicherung raus, sind Sie geliefert.
- Erwischen Sie z. B. bei einer Piper PA-28 beim Klappenausfahren versehentlich die dritte, statt der zweiten Raste, dann stehen die Klappen beim Abheben in der Landeposition mit erheblichem Widerstand. Dass hat schon einmal zum Absturz einer PA-28 mit Toten geführt.

Bad Trick: Bei der Landung unmittelbar nach dem Aufsetzen die Klappen ganz einfahren

Angeblicher Vorteil: Bessere Bremswirkung durch höhere Fahrwerksbelastung wegen geringerem Auftrieb (dieses Verfahren wird

sogar im Handbuch der AA-5A (Lisa A und B) erwähnt).

Nachteil: Mehrere Risiken:

- Niedrigerer Luftwiderstand im höheren Geschwindigkeitsbereich
- Wie oben: Verwechslungsgefahr zwischen Fahrwerk und Landeklappen. Eine Maschine aus Worms stand nach so einem Bedienfehler mehrere Monate in der Werft. Das Klappeneinfahren auf der Landebahn gilt generell in der Luftfahrt als „bad habit“ (schlechte Angewohnheit) und ist auch in der Verkehrsfliegerei verpönt.

Bad Trick: Ganz flacher, sehr langsamer Anflug bis tief über die Schwelle und dann Gas raus

Versprochener Vorteil: Man braucht mehr Power im Anflug. Die stärkere Anströmung durch den Propeller verringert die Überziehgeschwindigkeit und man könnte noch langsamer fliegen.

Einsatzgebiet: Buschfliegerei. Die Kerle fliegen dann wirklich fast mit Überziehgeschwindigkeit an.

Nachteil: Mehrere Risiken:

- Die Reduzierung der Anfluggeschwindigkeit unter den niedrigeren Wert von Handbuch-Anfluggeschwindigkeit oder $1,3 * V_{SO}$ ist für normale Piloten nicht empfohlen. Die Stallgefahr ist für Ungeübte erheblich.
- Bei Motorsausfall sofortiger Stall und Kontrollverlust. Für den Normalbetrieb mit Privatflugzeugen ist dies ein untragbares Risiko.
- Der geplante Aufsetzpunkt ist mit sehr flachem Anflugwinkel viel schwerer

Zuschläge zur Start- und Landestrecke über 50 Fuß

Wenn für die folgenden Bedingungen im Handbuch keine Werte zu finden sind, empfiehlt die CAA folgende Zuschläge:

Die Faktoren müssen multipliziert werden, z.B. 1,2 * 1,43

Bedingung	Zuschlag zur Startstrecke über 50 Fuß	Faktor	Zuschlag zur Landestrecke über 50 Fuß	Faktor
10% höheres Gewicht, z.B. ein Passagier mehr	20%	1,20	10%	1,10
1.000 Fuß höhere Flugplatzhöhe	10%	1,10	5%	1,05
10°C höhere Temperatur	10%	1,10	5%	1,05
trockenes Gras bis 20 cm (auf festem Boden)	20%	1,20	15%	1,15
nasses Gras bis 20 cm (auf festem Boden)	30%	1,30	35% ¹ sehr kurzes Gras: bis 60% (kann rutschig sein)	1,35 ¹
nasser Asphalt	-	-	15%	1,15
2% Bahnneigung	Bergauf 10%	1,1	Bergab 10%	1,10
Rückenwind 10% der Abhebegeschwindigkeit	20%	1,20	20%	1,20
weicher Boden oder Schnee	25% oder mehr	1,25 +	25% ¹ oder mehr	1,25 +
Danach den Sicherheitsfaktor anwenden!		1,33		1,43

¹Der Einfluss auf die Start- und Landerollstrecke ist größer!

Quelle: CAA SafetySense 7c - Aeroplane Performance)

Auch wenn in der CAA Tabelle die Korrekturen dafür aufgeführt sind, empfehle ich keine Starts oder Landungen auf kurzen Bahnen bei Rückenwind und keine Landungen auf nasser oder verschneiter Bahn.

zu treffen. Kleine Änderungen in der Sinkrate verschieben den Aufsetzpunkt auf der Bahn enorm. Bei normalem Anflugwinkel bzw. wegen Hindernissen steilerem Anflugwinkel kann man den Aufsetzpunkt viel leichter anfliegen.

- Es gibt wenig Leistungsreserve bei plötzlichem Abwind oder Geschwindigkeitsverlust.

Zusammenfassung

- Starts und Landungen auf kurzen Bahnen erfordern Training, Vertrautheit mit dem Flugzeug und Übung im korrekten Berechnen der erforderlichen Start- und Landestrecken und der Geschwindigkeiten.
- Sicherheitszuschläge auf die unfaktorierten Start- und Landestrecken aus dem Handbuch sind dringend empfohlen.
- Bei sehr kurzen Bahnen ohne Hindernisse ist eine sichere Landung möglich, wenn die Höhe über dem Bahnbeginn („Screen Height“) herabgesetzt wird. In diesem Fall muss ein Aufsetzpunkt gleich hinter dem Bahnbeginn gewählt werden. Als Mindestbahnlänge empfiehlt sich die Landerollstrecke mit Sicherheitszuschlag.
- Starts ohne Hindernisse können auch dann sicher durchgeführt werden, wenn die Startstrecke über 50 Fuß mit Sicherheitszuschlag län-

36 Jahre engagierter Journalismus aus der Sicht des eigenen Cockpits



**Pilot und
Flugzeug**

**Airwork Press GmbH
Flugplatz Mainz 5884
55126 Mainz
+49 6131 9303 790
www.pilotundflugzeug.de**

ger ist als die Bahn selbst. Als Mindestbahnlänge empfehle ich in diesem Fall die Startstrecke über 50 Fuß ohne Sicherheitszuschlag, um noch über der Bahn eine sichere Steiggeschwindigkeit zu erreichen.

- Landungen über Hindernisse hinweg erfordern einen stabilisierten steileren Anflug. Die verbleibende Bahnlänge nach dem Aufsetzen muss vor dem Flug bekannt sein.
- Die größten Sicherheitszuschläge erfordern Starts über Hindernisse hinweg. Die Mindestbahnlänge ist dann die Startstrecke über 50 Fuß mit Sicherheitsfaktor.
- Bei größeren Hindernissen im Abflugsektor beachten Sie die lokalen Verfahren oder machen Sie eine Einweisung mit einem lokalen Fluglehrer.
- Gehen Sie auf Nummer sicher: Beim geringsten Zweifel an einer sicheren Landung starten Sie durch und fliegen Sie woanders hin. Bei den geringsten Bedenken zu einem Start auf kurzer Bahn oder über Hindernisse, fliegen Sie nicht! Es gibt viele Alternativen!

Die schönsten fliegerischen Erlebnisse hat man dann, wenn man gut vorbereitet ist. Dann kann auch der Betrieb auf kurzen Pisten sicher durchgeführt werden.



PeterKlant@Lindbergh-aviation.de

Einige Quellen und Literaturempfehlungen:

Mastering Takeoffs & Landings
Safety Advisor Operations & Proficiency No. 6

AOPA Air Safety Institute

<https://www.aopa.org/-/media/files/aopa/home/pilot-resources/asi/safety-advisors/sa18.pdf?la=en>

Aeroplane Performance

CAA, Safety Sense Leaflet 07c, 2013

<http://publicapps.caa.co.uk/docs/33/20130121SSL07.pdf>

AOPA Safety Letter Nr. 15: Besondere Landetechniken

Jürgen Mies, 2014, AOPA Germany

https://aopa.de/entwicklung/upload/PDF/Publikationen/AOPA_Safety_Letter/15_ASL_Besondere_Landetechniken_web.pdf

Make Better Landings

Ian Allen, 1990, ISBN 0 7110 1889 8

The Pilot's Manual 1: Flight School

Aviation Theory Centre, 2008,

ISBN 1 56027 733 5

Stall and Spin Accidents: Keep the Wing Flying; AOPA Air Safety Institute

www.airsafetyinstitute.org/2017stallreport

Was ist der „Stall“?

Bernd Hamacher, *Pilot und Flugzeug* 2016/06

www.pilotundflugzeug.de/store/archiv/2016-06