AOPA SWITZERLAND

AIRCRAFT OWNERS AND PILOTS ASSOCIATION

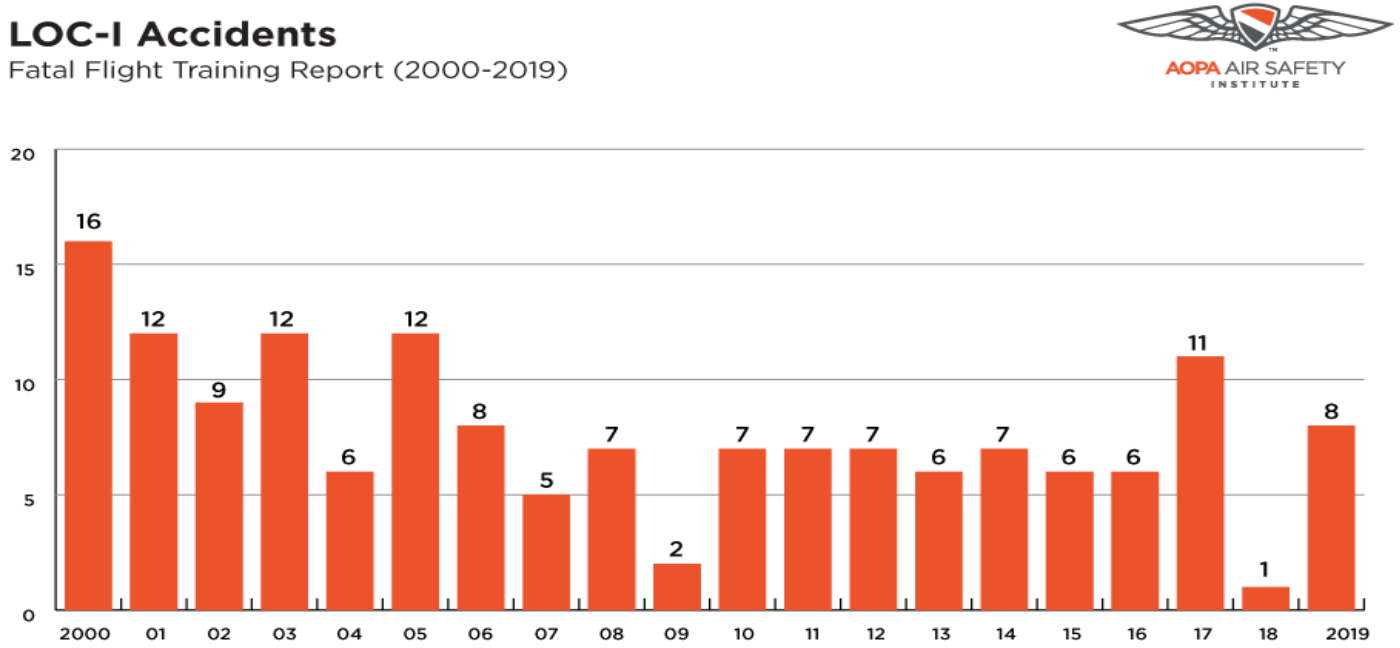
Flight Safety Seminar 2025

Analyse Flugunfälle

Erschreckende Statistik

Quelle: AOPA Air Safety Institute

155 LOC-I (Loss of Control in Flight = Kontrollverlust im Flug) Unfälle während der Ausbildung von 2000 bis 2019 in den USA



- LOC-I stellt das grösste Risiko in der Flugausbildung dar und war Grund für 155 tödliche Flugunfälle von 2000 bis 2019.
- 2000 – 2009: 89 Unfälle
- 2010 – 1019: 66 Unfälle
- Hauptursache: Stall / Spin und bei Twins Vmc

Erschreckende Statistik

Quelle: AOPA Air Safety Institute

AOPA AIR SAFETY INSTITUTE

LOC-I Categories

Fatal Flight Training Report (2000-2019)

Category	Accidents
Stall/Spin	122
Vmc Roll	12
Other	21
Total	**155**

Loss of Control Accidents

Fatal Flight Training Report (2000-2019)

AOPA AIR SAFETY INSTITUTE

	Total	2000s	2010s
Loss of Control Accidents	**155**	**89**	**66**
Cruise	6	4	2
Final/Landing	8	2	6
Downwind/Base	10	8	2
Intentional Stall/Spin	12	7	5
Emergency Procedures	26	10	16
Maneuvering	45	35	10
Takeoff/Climb/Go-Around	48	23	25

Einige Fazite aus Flugunfallberichten in der Schweiz

- Der Unfall, bei dem das Flugzeug nach einem Kontrollverlust mit dem Boden kollidierte, ist darauf zurückzuführen, dass das Flugzeug an seiner Leistungsgrenze unerwartet nach einem Strömungsabriss in ein Flachtrudeln (flat spin) geriet und der Pilot dieses nicht ausleiten konnte.
- Der Unfall, bei dem das Flugzeug infolge eines Strömungsabrisses einen Kontrollverlust erlitt und aus geringer Höhe auf den Boden prallte, ist darauf zurückzuführen, dass der Pilot kurz nach dem Start in tiefer Höhe eine Umkehrkurve flog, nachdem der Motor an Leistung verloren hatte.
- Der Unfall, bei dem das Flugzeug mit dem Boden kollidierte, ist drauf zurückzuführen, dass das Flugzeug in eine Vrille geriet und der Pilot diese nicht beenden konnte.
- Der Unfall, bei dem das Flugzeug einen Kontrollverlust erlitt und mit dem Gelände kollidierte, ist auf das Unterschreiten der Mindestgeschwindigkeit im Kurvenflug und in Geländenähe zurückzuführen.
- Der Unfall, bei dem das Flugzeug einen Strömungsabriss erlitt, ist darauf zurückzuführen, dass nach dem Auftreten von Motorproblemen auf geringer Höhe eine Umkehrkurve zurück zum Flugplatz eingeleitet wurde.

Stall Speed (Vs)

Nachfolgend bezieht sich die Stall Speed immer auf die IAS (Indicated Air Speed).

Stall Speed (Vs)

Was ist Stall Speed?

Die Fluggeschwindigkeit, bei der die Strömung an der Flügeloberfläche abreisst. Mit zunehmendem Anstellwinkel (Angle of Attack) wird die Stall Speed erreicht.

Stall Speed (Vs)

Was beeinflusst die Vs?

1. Klappenstellung?
2. Querlage?
3. Luftdichte?
4. Flugzeugmasse?
5. Schwerpunkt?
6. Flügelverunreinigungen (inkl. Vereisung)?
7. Motorleistung?
8. Lufttemperatur?

1. Klappenstellung

Stall Speed Cessna 172S

- Klappen eingefahren, Leerlauf: 48 kts
- Klappen voll ausgefahren (30°), Leerlauf: 40 kts

2. Querlage (β)

Allgemeine Berechnung der Vs-Konstante (Vsc)

$$\text{Lastvielfache } g = \frac{1}{\cos \beta}$$

$$Vsc = \sqrt{\frac{1}{\cos \beta}}$$

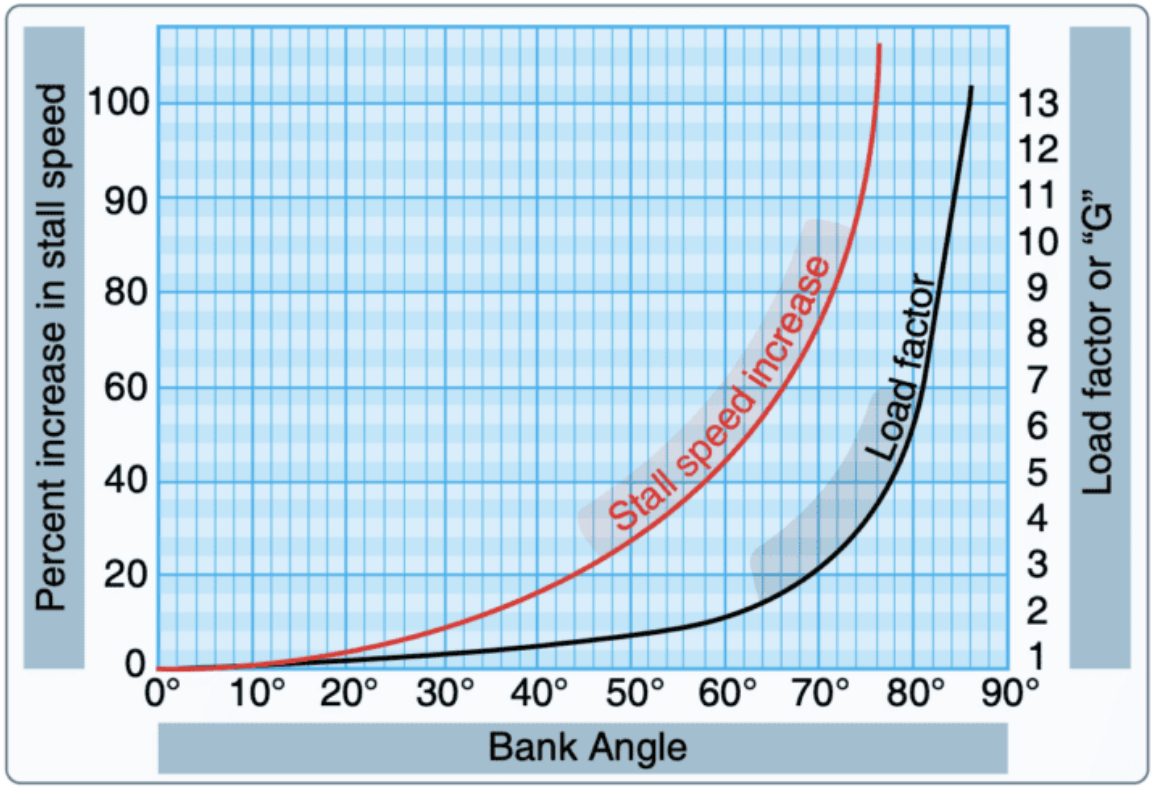
Querlage	Lastvielfache	Vs-Konstante
10	1.02	1.01
15	1.04	1.02
20	1.06	1.03
25	1.1	1.05
30	1.15	1.07
35	1.22	1.1
40	1.31	1.14
45	1.41	1.19
50	1.56	1.25
55	1.74	1.32
60	2	1.41
65	2.37	1.54
70	2.92	1.71
75	3.86	1.97
80	5.76	2.4

2. Querlage (β)

Allgemeine Berechnung der Vs-Konstante (Vsc)

$$\text{Lastvielfache } g = \frac{1}{\cos \beta}$$

$$Vsc = \sqrt{\frac{1}{\cos \beta}}$$



2. Querlage (β)

	Querlage (β)			
	0	30	45	60
Stall Speed	35	38	42	50
	40	43	48	57
	45	49	54	64
	50	54	60	71
	55	59	66	78
	60	65	72	85
	65	70	78	92
	70	75	84	99

3. Luftdichte

- Die IAS (Indicated Air Speed – angezeigte Geschwindigkeit) bleibt sich gleich. Somit verändert sich am Geschwindigkeitsmesser die Stall Speed mit zunehmender Flughöhe nicht.
- Hingegen nimmt die TAS (True Air Speed – wahre Geschwindigkeit) mit zunehmender Flughöhe zu.

4. Flugzeugmasse

- Je schwerer ein Flugzeug ist, desto grösser muss der Anstellwinkel (Angle of Attack) gewählt werden, um die Flughöhe zu halten. Deshalb erhöht sich auch die Stall Speed.
- Es gibt exakte Formeln für die Veränderung der Stall Speed, wenn sich die Flugzeugmasse ändert. Die sind jedoch kompliziert. Da reicht es auch, eine Faustformel zu benutzen, die für Flugzeuge der GA ausreichend genau ist.

Die Hälfte des prozentualen Massenunterschieds entspricht der Veränderung des Stall Speeds.

<u>Ein Beispiel:</u>
Ein Flugzeug mit einem MTOM von 1’400 kg startet mit einer Masse von lediglich 1120 kg. Der Massenunterschied entspricht -280 kg bzw. -20%. Der Stall Speed sinkt somit um die Hälfte, also um 10%.

Siehe auch SUST-Schlussbericht 2050

5. Schwerpunkt

HINTERSTE SCHWERPUNKTLAGE

Flug-gewicht kg	Klappen-stellung	Querneigung							
		0°		30°		45°		60°	
		KIAS	KCAS	KIAS	KCAS	KIAS	KCAS	KIAS	KCAS
758	eingefahren	36	46	39	49	43	55	51	65
	10°	36	43	39	46	43	51	51	61
	30°	31	41	33	44	37	49	44	58

VORDERSTE SCHWERPUNKTLAGE

Flug-gewicht kg	Klappen-stellung	Querneigung							
		0°		30°		45°		60°	
		KIAS	KCAS	KIAS	KCAS	KIAS	KCAS	KIAS	KCAS
758	eingefahren	40	48	43	52	48	57	57	68
	10°	40	46	43	49	48	55	57	65
	30°	35	43	38	46	42	51	49	61

- Hintere Schwerpunktlagen verringern die Stall Speed
- Vordere Schwerpunktlagen erhöhen die Stall Speed
- Es gibt keine allgemein gültige Funktion zum Berechnen der Stall Speed bei Schwerpunktverschiebungen. Vielmehr gibt es in manchen AFM/POH Hinweise über diese Veränderungen.
- Bei der Cessna 152 beträgt der Unterschied maximal 6 KIAS

Angaben aus dem Information Manual Cessna 152

6. Flügelverunreinigungen (inkl. Vereisung)

- Eisansatz am Flügel verändert das Flügelprofil negativ.
- Jede Kontaminierung der Flügel hat eine höhere Stall Speed zur Folge (z.Bsp. Schnee).
- Die Eisbildung auf den Flügeln kann die Aerodynamik derart verändern, dass die Stall Speed über die Reisegeschwindigkeit ansteigt. Die Gewichtszunahme trägt wesentlich dazu bei.
- Bei Eisansatz ist eine einfache mathematische Berechnung der Stall Speed nicht möglich.

7. Motorleistung

- Allgemein: Je grösser die Motorleistung, desto kleiner ist der Stall Speed.
- Zusätzliche Limiten: Ruderwirkung.

8. Temperatur

- Die Temperatur hat keine Auswirkung auf die Stall Speed (IAS).

Zusammenfassung

Folgende Werte beeinflussen den Stall Speed (IAS):

1. Querlage bzw. Lastvielfache
2. Klappenstellung
3. Flugzeugmasse
4. Schwerpunktlage
5. Flügelverunreinigungen (inkl. Vereisung)
6. Motorleistung

Folgende Werte beeinflussen den Stall Speed (IAS) nicht:

1. Luftdichte
2. Lufttemperatur

Wie gerate ich in einen Stall

- Zu hoher Anstellwinkel (Angle of Attack)
- Erhöhung des Lastvielfachens
- Reduzieren der Fluggeschwindigkeit
- Autopilot (ALT hold und Abwinde)

Stall beim Start

Beginnender Stall erkennen

- Stall Warning (rund 10 kts vor dem eigentlichen Stall)
- Schütteln
- (optisch) Ungewöhnlicher Anstellwinkel
- (gefühlt) Ungewöhnlich träge bzw. schwammige Ruderwirkung
- Tiefe Geschwindigkeit (IAS)

Stall und Vrille vermeiden

- Anstellwinkel verkleinern (Stall brechen)
- Yaw Moment ausgleichen (s’Chügeli i’d Mitti ☺)

Minimale Geschwindigkeiten

- Minimale Geschwindigkeit bei Vollgas: Vx
- Minimale Geschwindigkeit ohne Motorleistung: Best Glide Speed

Es gibt keinen Grund, unter Vx bzw. unter Best Glide Speed zu fliegen.

Aircraft	Vx	Best Glide	Vy
C172	53	65	73
AA5A	78	83	91
PA 28 161	63	73	79

Und sollte dennoch einmal eine Vrille vorkommen…

- Vorgängig im AFM/POH nachschlagen, wie eine Vrille zu beenden ist.
- Mit Fluglehrer üben

Allgemein gültige Massnahmen

- Motor in Leerlaufstellung
- Höhensteuer neutral
- Querruder neutral
- Seitenruder voll ausgeschlagen entgegen der Drehrichtung
- Sobald die Drehung stoppt, Seitenruder neutralisieren und die Nase vorsichtig in horizontale Lage bringen (das Flugzeug wird sich nämlich sehr wahrscheinlich in einem Sturzflug befinden).
- Nachdem der horizontale Geradeausflug erreicht ist, Motorleistung wieder für Reiseflug erhöhen.

Q & A

Danke

Vielen Dank für Ihre geschätzte Aufmerksamkeit. Wir wünschen Ihnen viele schöne, interessante und sichere Flüge.

Ihre AOPA Switzerland