



# Strömungsabriss

Verstehen, Erkennen, Vermeiden und falls nötig, richtig reagieren!

*Text: Simon Winkler, Peter Cröniger und Karl Slezak*

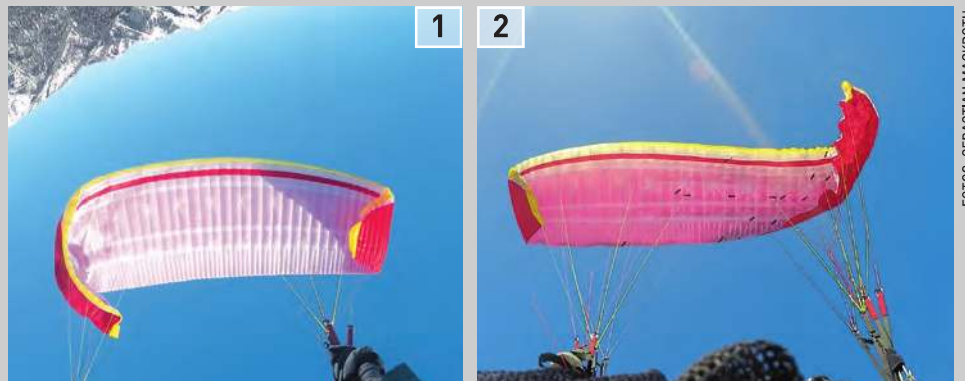
*Fotos: Simon Winkler*



„So etwas habe ich noch nicht erlebt!“, berichtete ein aufgebracht Pilot am Landeplatz. „Es war etwas bockig und die Thermik leicht vom Wind zerrissen. Als ich am Kreisen war, bekam ich plötzlich auf der Kurveninnenseite trotz gezogener Bremse einen massiven Klapper. So ein schnelles Wegdrehen habe ich bei meinem Schirm noch nie erlebt.“

Immer wieder erreichen derartige Meldungen das Sicherheitsreferat des DHV. Dank vieler Gopro-Aufzeichnungen wird klar – es handelt sich um keinen Einklapper. Es ist ein einseitiger Strömungsabriss mit dem Gleitschirm.

Die Verwechslungsgefahr „einseitiger Strömungsabriss oder Seitenklapper“ ist gerade für wenig routinierte Flieger groß: Der Steuerdruck auf der gestallten Flügelhälfte lässt plötzlich nach und der Pilot kippt auf diese Seite im Gurtzeug ab. Die noch positiv angeströmte Seite nickt zügig nach vorn und dreht in Richtung der gestallten Flügelhälfte. Blickt der Pilot jetzt nach oben, wird er eventuell einen großen Klapper sehen. Es ist jedoch kein Klapper – sondern der entleerte Flügel durch den Strömungsabriss über die Steuerleine. Das subjektive Empfinden des Piloten ist in diesem Fall sehr ähnlich wie bei einem seitlichen Einklapper.



Zum Verwechseln ähnlich: Zwei teilweise deformierte Schirme. Was ist der Einklapper und was ist der Strömungsabriss?

Auflösung: Bild 1 Klapper, Bild 2 Strömungsabriss.

FOTOS: SEBASTIAN MACKROTH

### Hintergrundwissen: Der richtige Anstellwinkel zählt!

Ein Gleitschirm ist wie jedes andere Flächenfliegergerät: Die Umströmung der Flügel hält ihn in der Luft und Strömung gibt es nur bis zu einem bestimmten Anstellwinkel. Wird der Anstellwinkel zu groß, kommt es zum Strömungsabriss. Da der Anstellwinkel sehr schwer zu erkennen ist, hat man nur die Möglichkeit, ihn über den Steuerdruck zu erfühlen und zuzuordnen. Die Zuordnung eines kritischen Anstellwinkels zu einer geringen Geschwindigkeit ist etwas verzwickelt. Dies gilt nämlich nur im stationären Geradeausflug für ein bestimmtes Gewicht. Durch G-Belastungen verändert sich das Anhängengewicht und somit auch die Geschwindigkeiten. Bei zunehmender G-Belastung wird die Minimalgeschwindigkeit höher – bei abnehmender kleiner.

Wird die Minimalgeschwindigkeit unterschritten, ist der kritische Anstellwinkel erreicht und es kommt zum Strömungsabriss. ▶

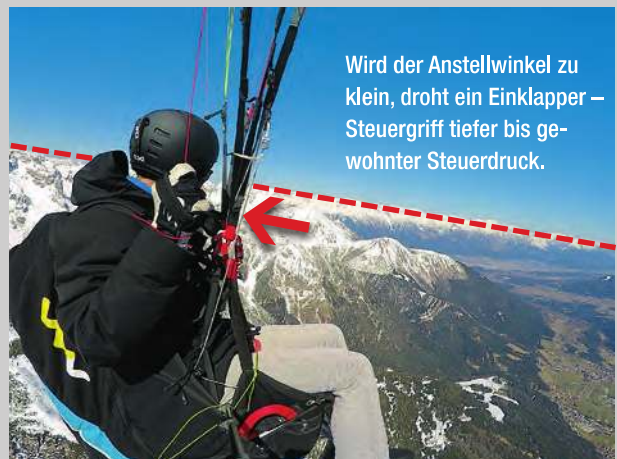


# Den Anstellwinkel kontrollieren

## Grundsätzlich



Wird der Anstellwinkel zu groß, droht ein Strömungsabriss – Steuergriff hoch zur Führungsrolle.



Wird der Anstellwinkel zu klein, droht ein Einklapper – Steuergriff tiefer bis gewohnter Steuerdruck.

## Pendelbewegungen

Sie sollen im Ansatz gedämpft werden.



Nickt der Schirm nach vorne, so ist die Kappenbewegung durch zügiges Ziehen der Steuerleinen entlang der Tragegurte zu stoppen. Ist die Nickbewegung beendet, müssen die Steuerleinen wieder zügig freigegeben werden.



Nickt die Kappe nach hinten (Schirm stellt sich auf), müssen die Steuerleinen zur Führungsrolle geführt werden.

## Steuerdruck

Der Steuerdruck liefert Hinweise über den aktuellen Anstellwinkel des Gleitschirms. Ist der Steuerdruck gering  $\blacktriangle$ , ist der Anstellwinkel klein. Ist der Steuerdruck hoch  $\blacktriangle$ , ist der Anstellwinkel groß. Reagiert man sofort auf die Druckänderungen, kommt es erst gar nicht zu den Pendelbewegungen.

Steigt der Steuerdruck bei gleichbleibender Steuerleinenstellung, ist dies ein Indiz für einen ansteigenden Anstellwinkel durch äußere Einflüsse (Einflug in einen Aufwind). Die Kappe würde mit einem Zurücknicken reagieren. Nachlassen der Steuerleinen in Richtung Führungsrolle verhindert dieses Pendel. Es kommt zu keinen Nick- oder Rollbewegungen.



**DAS IST AKTIV FLIEGEN**

Sinkt der Steuerdruck bei gleichbleibender Steuerleinenstellung, ist dies ein Indiz für eine Anstellwinkelverringern durch äußere Einflüsse. Die Kappe würde mit einem Vornicken reagieren. Nachziehen der Steuerleinen in Richtung Karabiner verhindert dieses Pendel. Es kommt zu keinen Nick- oder Rollbewegungen.



## Im Kurvenflug

Der Gleitschirm ist nur bei einem kleinen Anstellwinkel wendig und kurvenwillig. Die richtige Ausführung der Steuerbefehle ist bei jeder Schräglagen- und Radiusänderung entscheidend.

### Kurveneinleitung



Zuerst wird der Körper verlagert,



dann die Außenbremse freigegeben



und danach die Innenbremse nachgezogen.

### Übergang von starker zu weniger Schräglage



Möchte man flacher kreisen, wird nach der Einleitung die Außenbremse wieder auf Kontakt genommen ODER das Körpergewicht auf die Kurvenaußenseite verlagert.

### Übergang von wenig zu mehr Schräglage



Möchte man steiler kreisen, wird die Außenbremse ganz freigegeben und das Körpergewicht stärker auf die Kurveninnenseite verlagert.



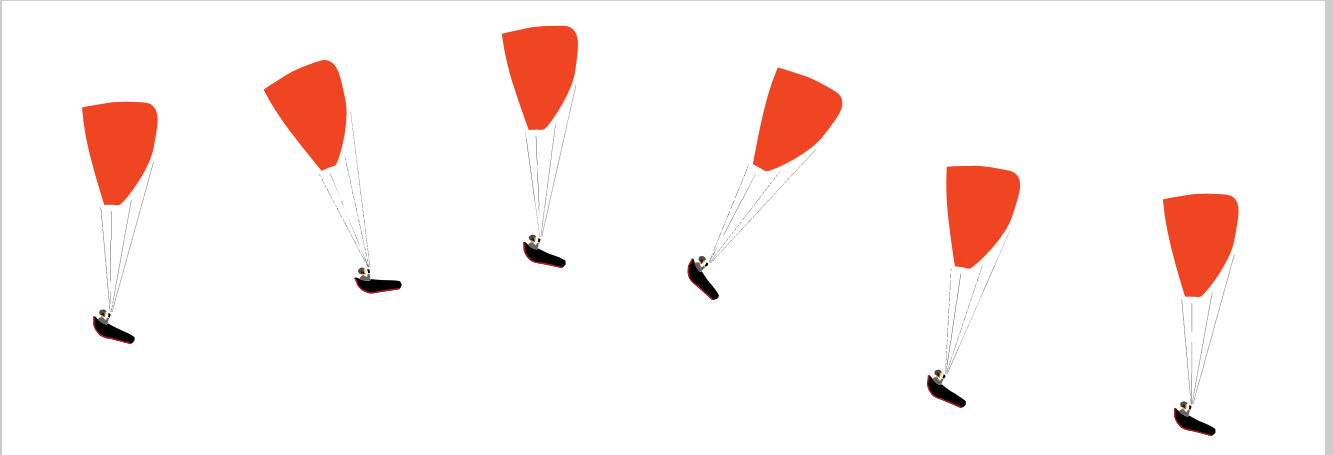
Die Innenbremse wird kurz zügig ein paar Zentimeter GELÖST ...



... und dann wieder NACHGEZOGEN. Dies verstärkt die Schräglage.

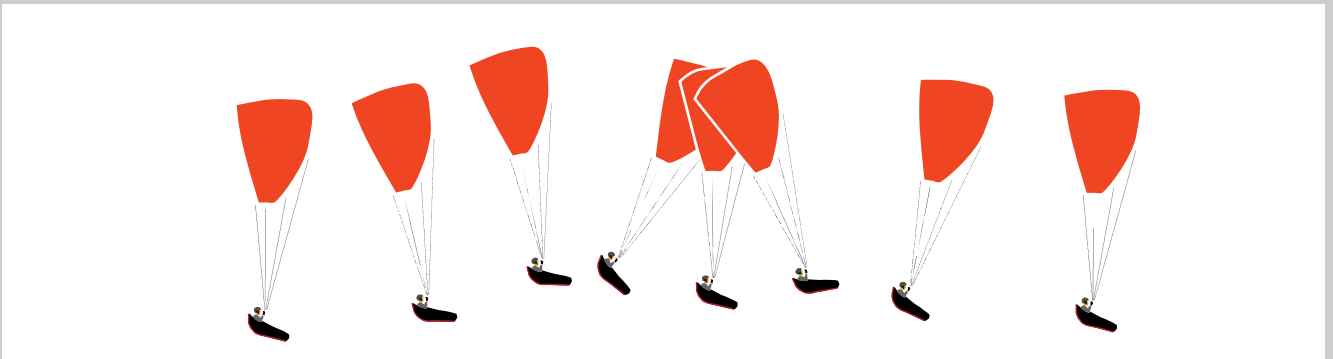
# Kritische Anstellwinkelsituationen

## Pendel des gesamten Systems (Wellenflug)



Hier ist der Geschwindigkeitsunterschied zwischen Kappe und Pilot nur sehr gering und somit sind auch die Anstellwinkeländerungen kaum relevant. Pilot und Gleitschirm bewegen sich auf einer Art Sinuskurve. Hier besteht nur eine geringe Gefahr eines Strömungsabrisses. Dennoch sollte ein Wellenflug durch aktives Eingreifen des Piloten gestoppt werden.

## Pendel des Piloten (Schaukelbewegung)



Der Geschwindigkeitsunterschied zwischen Kappe und Pilot ist groß. Wie ein Pendel kann der Pilot unter der Gleitschirmkappe vor und zurück schwingen. Dabei verändert das Pendel den Anstellwinkel der Kappe sehr schnell. Die Geschwindigkeitswahrnehmung ist getrübt. Ist die Kappe mit wenig Strömungsgeschwindigkeit vor dem Piloten, kann der Pilot von hinten unter der Kappe durchschwingen. Der Pilot ist schneller als die Kappe. Als Pilot fühlt man eine normale Fluggeschwindigkeit, obwohl die Umströmungsgeschwindigkeit der Kappe sehr gering ist. Der Anstellwinkel wird schnell sehr groß. Durch diese geringe Umströmungsgeschwindigkeit ist die totale Luftkraft am Gleitschirm sehr gering und auch der Steuerdruck niedrig. Gefühlt befindet sich der Gleitschirm in einem normalen Anstellwinkelbereich. Leitet man in so einer Situation eine Kurve über die Bremse ein, kommt es schnell zum Strömungsabriss. Daher müssen zum Beispiel auch nach dem Abfangen von Nickbewegungen die Steuerleinen wieder nach oben freigegeben werden.



Die Kappe ist vor dem Piloten und der Pilot ist gerade wieder am Darunterpendeln (wie oben in der Grafik dargestellt). Gefühlt ist alles ok. Die Kappe ist vor dem Piloten und der Fahrtwind fühlt sich normal an. Blickt man jedoch auf den Windspion, ist der Anstellwinkel in diesem Moment sehr hoch. Steuerausschläge können jetzt schnell zum Strömungsabriss führen. Die Steuergriffe müssen erstmal oben bleiben.

## Windgradient (Durchsacken)

Ein Durchsacker ist komplex. Bei plötzlicher Abnahme des Gegenwindes (Windgradient) reduziert sich die Umströmungsgeschwindigkeit des Schirms schlagartig. Dies führt zu einem Durchsacken. Dabei nimmt die totale Luftkraft ab und der Steuerdruck würde sinken. Durch das Durchsacken erhöht sich jedoch wiederum der Anstellwinkel und der Steuerdruck steigt. Die Folge ist einzigartig: Trotz starker Erhöhung des Anstellwinkels bleibt der Steuerdruck ungefähr gleich.

Jetzt gilt es trotzdem die Steuergriffe zu den Führungsrollen an den Tragegurten zu führen, obwohl der Steuerdruck in diesem Moment gleichbleibt. Dieses Thema wird ausführlich im Artikel „Windgradient“ von Peter Cröniger (Info 197, S. 32) behandelt.



**Passives Durchfliegen eines Windgradienten**

**Flug im starken Gegenwind**

Bei  $V_G$  von 40 km/h und  $V_E$  von 1,2 m/s hat die Profillinie fast horizontal und der Gleitschirm gegenüber der Luft klein (flach). Der Anstellwinkel  $\alpha$  ist unter  $10^\circ$  und bleibt im normalen Bereich.

**Scherungszone mit Durchsacken**

Bei einem durchschonenden Gleitschirm wird der Flugweg höher und die Anströmung kommt deutlich mehr von unten, der Anstellwinkel erhöht sich. Durch den erhöhten Widerstand rückt die Kappe nach hinten – der Einstellwinkel erhöht sich und der Anstellwinkel wird nochmal größer. Dadurch wird das Durchsacken gefährlich, aber die Eigengeschwindigkeit  $V_E$  verringert sich. Der Anstellwinkel  $\alpha$  ist kurz in einem gefährlich hohen Bereich. Der Pilot darf auf keinen Fall bremsen. Er müsste durch Lösen der Bremsen den Schirm verrücken lassen.

**Weiterflug im schwächeren Gegenwind**

Der Pilot hat den Gleitschirm nicht gerollt und verbleibt im steilen. Die geringe Eigengeschwindigkeit  $V_E$ , das erhöhte Sinken  $V_S$  und die hinten liegende Kappe ergeben einen gefährlich hohen resultierenden Anstellwinkel  $\alpha$ . Die Kappe befindet sich nahe am Schirmpanzer. Jede weitere Turbulenz oder auch nur leichtes Bremsen können zum Absturz führen.

**Fliegen mit 40 km/h Eigengeschwindigkeit  $V_E$  bei konstantem Gegenwind von 30 km/h ergibt eine Geschwindigkeit über Grund  $V_G$  von 70 km/h. Bei einem Windgradient  $V_G$  von 1,2 m/s ergibt sich ein Flugweg mit einem Einstellwinkel von ca.  $22^\circ$ .**

**Wenn sich in der Scherungszone das Sinken von 1,2 m/s, durch das Durchsacken auf vorübergehende annähernd 3 m/s, erhöht und die Eigengeschwindigkeit abnimmt, ergibt sich ein kurzfristiger Flugweg von über  $65^\circ$ .**

**Fliegen mit 25 km/h Eigengeschwindigkeit bei 10 km/h Gegenwind ergibt eine Geschwindigkeit über Grund von 15 km/h. Bei einem Einstellwinkel  $V_E$  von fast ca.  $20^\circ$  ergibt sich ein Flugweg mit einem Winkel von ca.  $22^\circ$  gegenüber dem Horizont. Diese Bewegungsrichtung entspricht dem Flugweg vor dem Eintreten des Windgradienten. Geschwindigkeit über Grund und Flugweg entsprechen der Gefährdung vor der Strömung und damit wagt sich der Pilot in trügerischer Sicherheit.**

Illustrationen von: Agneszegen und Ulf/Berthelgen sprechen von: "Lernen: Steuerturk, modernem Steuerleinen und relativ gleichzeitigen Fliegen. Bei relativ einseitigen Fliegen hat eine Strecke in einer mit erhöhtem Gegenwind, der das stark erhöhte Sinken optisch vergrößert."

## Kurvenflug

Hat man den gewünschten Kurvenradius gefunden, verharrt man mit den Steuerleinen und dem Körper in der aktuellen Position oder führt nur noch minimale Korrekturen aus. Dies gilt jedoch nur in ruhiger Luft. Luftbewegungen wie zum Beispiel Aufwinde können aber den Gleitschirm von einem engen Radius/großer Schräglage in einen flachen Kreis zwingen. Möchte man wieder zurück in den engen Kreisradius, oder die Schräglage wieder erhöhen, ist es zwingend notwendig – neben Körperverlagerung auf die Kurveninnenseite und Lösen der Außenbremse – die Innenbremse kurz ein paar Zentimeter zu lösen und wieder nachzuziehen. Das Lösen und Nachziehen der Innenbremse ist dabei DAS Allheilmittel, wenn der Gleitschirm seine Kurvenwendigkeit durch Luftbewegungen verliert. Je zügiger (sogar impulsiv) man die Steuerleine zieht, desto weniger Steuerweg benötigt man für den gleichen Steuereffekt. Zügiges Lösen und Nachziehen ersetzt das Halten oder Weiterziehen der Steuerleinen.



Aufwinde oder Steigzentren können den Schirm auch in der Kurve aufstellen. Dies erhöht den Anstellwinkel. Das Nachzentrieren sollte NICHT durch Weiterziehen oder Halten der Steuerleine (wie im Bild sichtbar), sondern durch Lösen und Nachziehen erfolgen.

# TIPP

**LASS DEINEM SCHIRM LUFT ZUM ATMEN – WÜRGE IHN NICHT MIT DEN STEUERLEINEN AB**

Steuere deinen Gleitschirm nur, wenn er die nötige Geschwindigkeit und den richtigen Anstellwinkel hat. Fühlt er sich langsam oder träge an, löse die Bremsen, um ihn kurz zu beschleunigen\* und leite dann mit der Standardtechnik die Kurve ein.

\*Zusätzlich kann man mit einem Fuß im Beschleuniger fliegen. Dies ermöglicht eine zusätzliche Anstellwinkelkontrolle mit den Beinen.



# Der Umgang mit dem Strömungsabriss

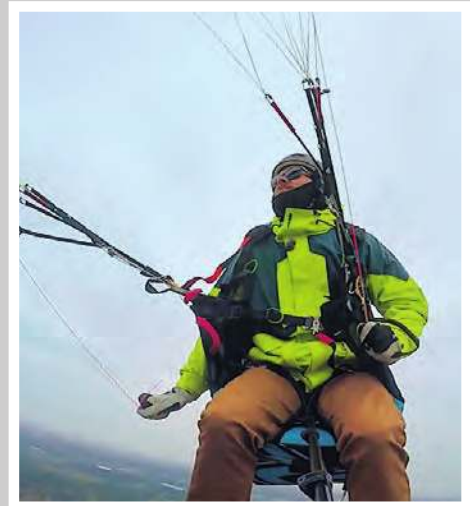
Körperspannung - Hände hoch und Abfangen!



**Körperspannung:** Mit angespannten Muskeln wird eine kompakte Körperhaltung eingenommen, die dem Piloten mehr Stabilität und Kontrolle im Gurtzeug gibt. Der Halt im Sitz wird durch die Beine hergestellt. Die Knie werden nach außen gedrückt und die Füße unter das Gurtzeug gepresst. Der Oberkörper wird durch angespannte Muskeln am Abkippen gehindert.



**Hände hoch:** Ein Kommando aus der Anfangszeit. Besser wäre der Begriff Hände zur Führungsrolle/ Leinenschloss. Oder kurz gesagt, der Trimmflug muss hergestellt werden, damit der Gleitschirm aus dem Strömungsabriss wieder anfahren kann. Dies geht zwingend nur, wenn der Knoten der Steuergriffe die Führungsrolle an den Tragegurten berührt. Beachte: Der Knoten muss auch mit gewickelten Steuerleinen die Führungsrolle berühren können. Eine Steuerleineneinstellung nach Herstellerangabe ist vorausgesetzt.



**Abfangen:** Ein etabliertes Kommando bei Sicherheitstrainern. Dabei wird die Vorschießbewegung der Kappe gestoppt. Entscheidend ist die Zuggeschwindigkeit. Die Steuerleinen werden schnell und >



Auszug aus dem Youtube-Video

## Hinweis von Sicherheitsreferent Karl Slezak

### Geringe Fluggeschwindigkeit = hoher Anstellwinkel

Banal aber häufig: Die meisten Strömungsabrisse haben ihren Ausgangspunkt, weil der Gleitschirm zu stark angebremst wird (hoher Anstellwinkel) und damit die Fluggeschwindigkeit zu gering ist. Beim Soaren z.B., wenn im schwachen Aufwind beidseitig stark angebremst und dann aus dieser Bremsstellung eine Kurve eingeleitet wird. Oder im Landeanflug, wenn zu hoch angefliegen worden ist und viel zu starkes Bremsen den Gleitwinkel verschlechtern soll. Ganz problematisch auch das Toplanden: Absolut fokussiert darauf, die meist kleine Landefläche zu treffen, geht der Bezug zu Fluggeschwindigkeit verloren und es wird gebremst, was das Zeug hält.

Wer hat sich noch nicht dabei erwisch, wie er völlig selbstverständlich wichtigste Sicherheitsregeln missachtet- wenn er auf etwas Anderes

konzentriert ist. Das Eingestehen der eigenen Fehlerhaftigkeit und die entsprechende Selbstkontrolle sind hier ganz wichtig. Das gilt im besonderen Maße für die Kontrolle der Fluggeschwindigkeit. Denn diese ist nur Mittel zum Zweck. Und der Zweck heiligt eben manchmal die Mittel, wenn man z.B. jetzt unbedingt an diesem Platz toplanden muss. Deshalb die Einhaltung des normalen Arbeitsbereichs der Steuerleinen (Führungsrolle bis Karabiner) vinnerlichen, dabei auf den Windgradienten achten und immer wieder checken, besonders in Situation, die ein stärkeres Anbremsen provozieren.



QUELLE: YOUTUBE



weit gezogen, bis die Vorschießbewegung gestoppt ist. Danach müssen die Hände wieder schnell nach oben zur Führungsrolle.

In der Praxis erschweren die natürlichen Reflexe des Menschen die nötigen kontrollierten und trageturtparallelen Steuerbewegungen: Ein Stall mit dem Gleitschirm fühlt sich in etwa so an, als würde man bequem auf einem Stuhl sitzen und plötzlich brechen die hinteren Stuhlbeine weg. In so einer Situation reagiert fast jeder Mensch mit einem Abstützen über die Arme, um den harten Aufprall auf dem Boden abzuschwächen. Beim Gleitschirm muss sich der Pilot diesen Reflex abtrainieren. Merkt der Pilot plötzlich ein beginnendes Abkippen durch einen Strömungsabriss, müssen die Steuergriffe nach oben zu den Führungsrollen an den Tragegurten. Dies verhindert das Entleeren der Gleitschirmkappe und gibt ihr die Möglichkeit, wieder einen normalen Anstellwinkel einzunehmen. Das Anfahren erfolgt daraufhin meist sehr impulsiv. Der Gleitschirm schießt. Diese Schießbewegung wird durch kurzes, kräftiges Abfangen mit den Steuerleinen gestoppt. **ACHTUNG:** Beim vollständigen Abkippen in einen Fullstall sind die Steuerleinen zu halten und eine Fullstallausleitung auszuführen. Die erlernst du in einem Sicherheitstraining. Verliert der Pilot vollständig die Kontrolle, sollte das Rettungsgerät aktiviert werden.



Mit der richtigen Gurtzeugeinstellung führt man die Hände bei der Steuerung immer an den Tragegurten entlang. Die Steuerung erfolgt von Führungsrolle in Richtung Karabiner.

## Fazit

Die Steuerung und die Kontrolle des Gleitschirms in Turbulenzen ist schwierig und erfordert Training. Eine Verkettung von mehreren Umständen kann schnell aus einer gemütlichen Kurve eine hochkomplexe, dynamische Figur entstehen lassen.

Strömungsabrisse sollten stets vermieden werden:

- Gleitschirm grundsätzlich im oberen Steuerbereich fliegen „Führungsrolle bis maximal Karabiner“
- Vollausschläge nur sehr kurz durchführen / unnötige Ausschläge vermeiden
- Richtige Kurveneinleittechnik beachten
- Aktiv Fliegen mit der Innenbremse – LÖSEN & NACHZIEHEN
- Anstellwinkelwahrnehmung schulen
- Gleitschirm immer wieder „atmen lassen“ (Bremsen lösen)
- Richtig auf Strömungsabrisse reagieren:
- Körperspannung Hüfte und Beine – Füße unters Sitzbrett und Knie auseinander
- Hände entgegen der Abkipprichtung zur Führungsrolle führen
- Kappe anfahren lassen
- Schießende Kappe mit KURZEM kräftigem Steuerleinenzug stoppen
- Hände anschließend wieder hoch zur Führungsrolle