



Wir bieten Gleitschirm Ausbildung
in der Rhein Neckar Region

Gerätekunde Aerodynamik

Paraglider 1988

Gerätekunde-Aerodynamik

A-Schein

Version 2.4

© Vera Naujok
Stand 10-2020



GERÄTEKUNDE

- **Gleitschirm**
- **Gurtzeug**
- **Rettungsgerät**
- **Instrumente und Zubehör**
- **Geräteprüfungen**
- **Messgrundlagen Gleitschirm**

2 * 45 MINUTEN

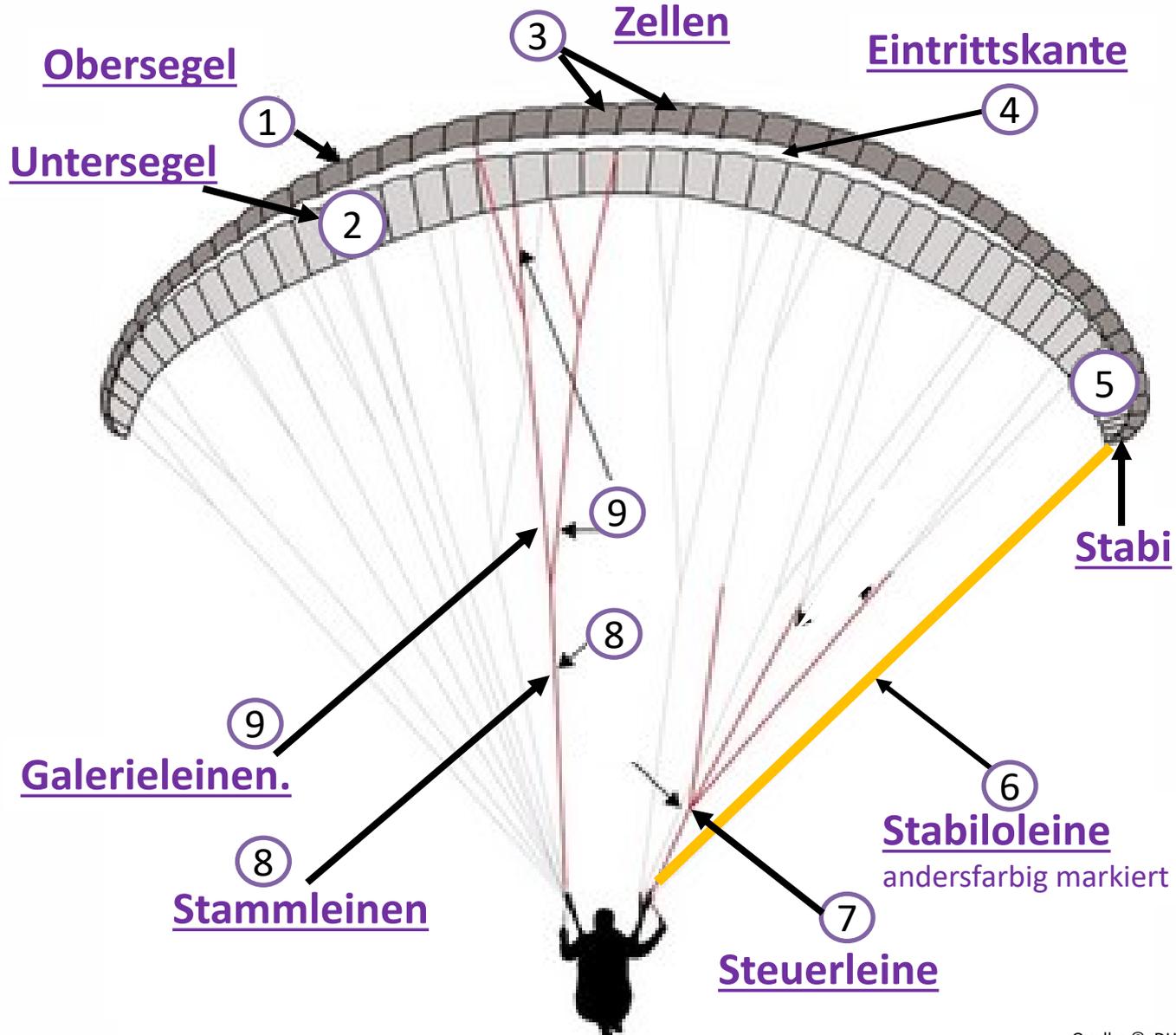
AERODYNAMIK

- **Kräfte am Flügel Auftrieb, Widerstand**
- **Stabilität**
- **Steuerung, Kurvenflug**
- **Maßeinheiten**

2 * 45 MINUTEN

Gerätekunde

Gleitschirm - Aufbau





Gleitschirmtuch

- Polyamid/Nylon
- Ripstop-Gewebe => spezielle Webtechnik zur Erhöhung der Reißfestigkeit in regelmäßigen Abständen verstärkende Fäden eingewebt
 - reißfest
 - rel. luftundurchlässig
 - formbeständig
 - leicht
 - UV beständig
 - wasserabweisend

Pflege und Reinigung

**Alterung durch UV-Strahlung
Nicht über dem Boden schleifen**

**Nur mit Wasser und weichem
Tuch reinigen.**

**Kleine Risse können mit
Klebesegel selbst repariert
werden.**

Gerätekunde

Gleitschirm - Leinen



nicht ummantelte Leinen

- viel empfindlicher
- weniger Widerstand
- weniger Gewicht
- günstiger f.d. Hersteller

ummantelte Leinen

Abrieb- und UV-Schutz

**Kevelar/Aramid
Dyneema**

**sind knickempfindlich + extrem dehnungsarm
sind weniger dehnungsarm, knickunempfindlich**

Von Vorteil sind eine geringe Dehnung und eine hohe Bruchlast!

Gerätekunde

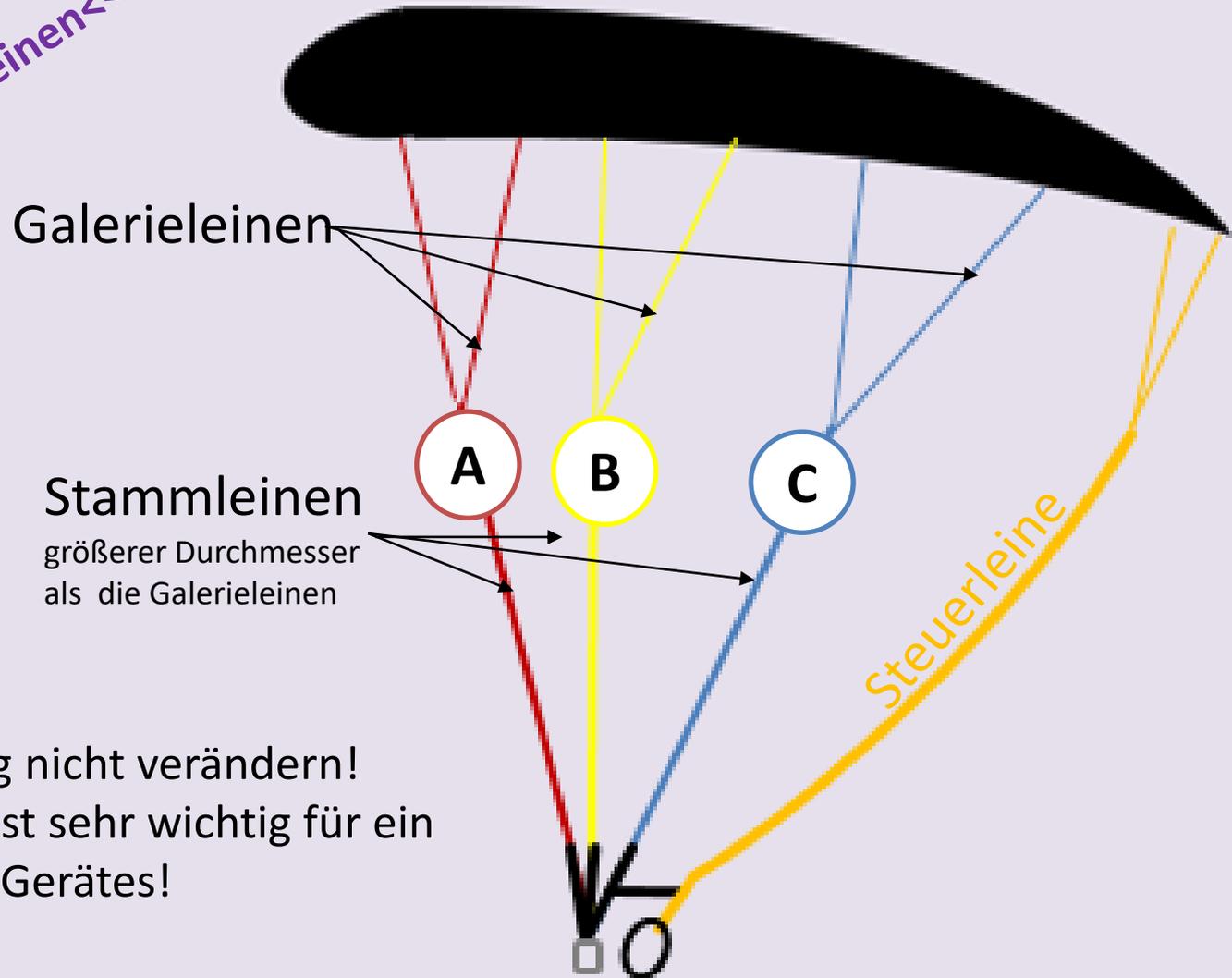
Gleitschirm - Leinenebenen



Wieviel Meter Leinen hat ein Gleitschirm?
->bis zu 300m Leinen<<

Lastverteilung
2/3 auf A+B-Ebenen
1/3 C Ebene

Wichtig
Steuerleineneinstellung nicht verändern!
Der Vorlauf (Leerweg) ist sehr wichtig für ein sicheres Verhalten des Gerätes!



Gerätekunde

Gleitschirm - Verstärkungen



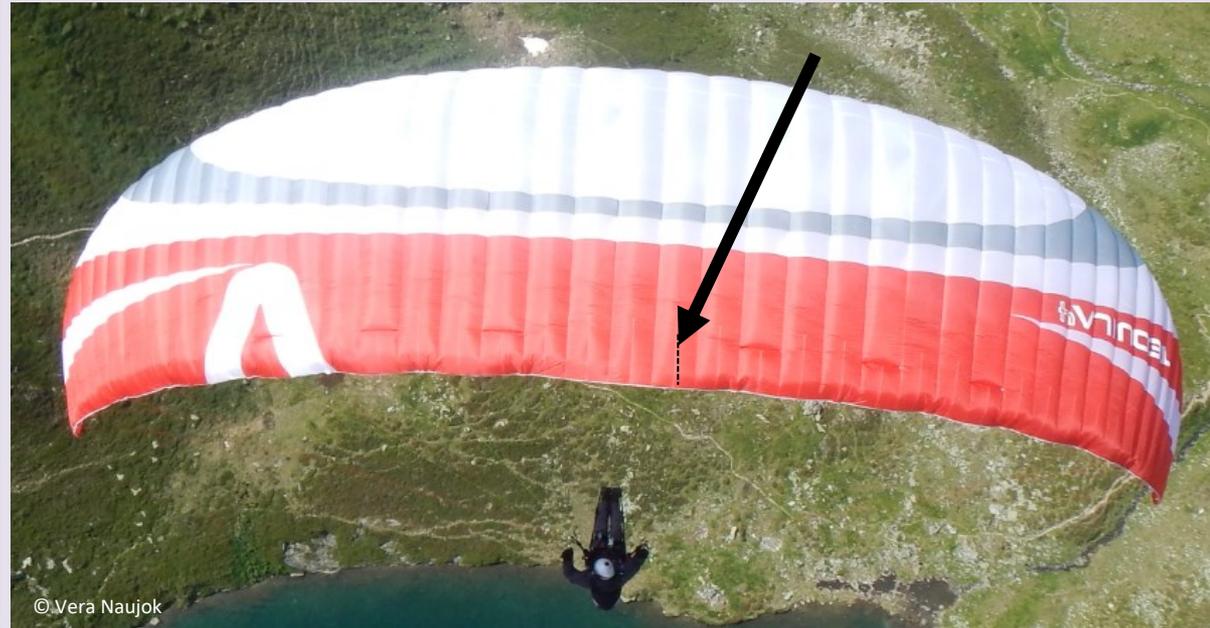
Stäbchen

Eintrittskante

C-Wires

Miniribs

Verstärkungsnaht



>>BALLOONING<<

Gerätekunde

Gleitschirm - Innenleben



Druckausgleichsöffnungen (Crossports)

Nebeneinanderliegende Kammerzellen sind durch Öffnungen, die *Cross-Ports*, miteinander verbunden und gleichen den **Staudruck** innerhalb der gesamten Kappe aus.

Sie bewirken, dass die Luft quer durch die Kappe strömen kann und eingeklappte Zellen dadurch wieder geöffnet werden.

Querbänder, die in Querrichtung in die Kappe eingenäht sind, erhöhen die aerodynamische Stabilität und verringern **Eigenschwingungen** der Kappe – Performance ++.

Gerätekunde

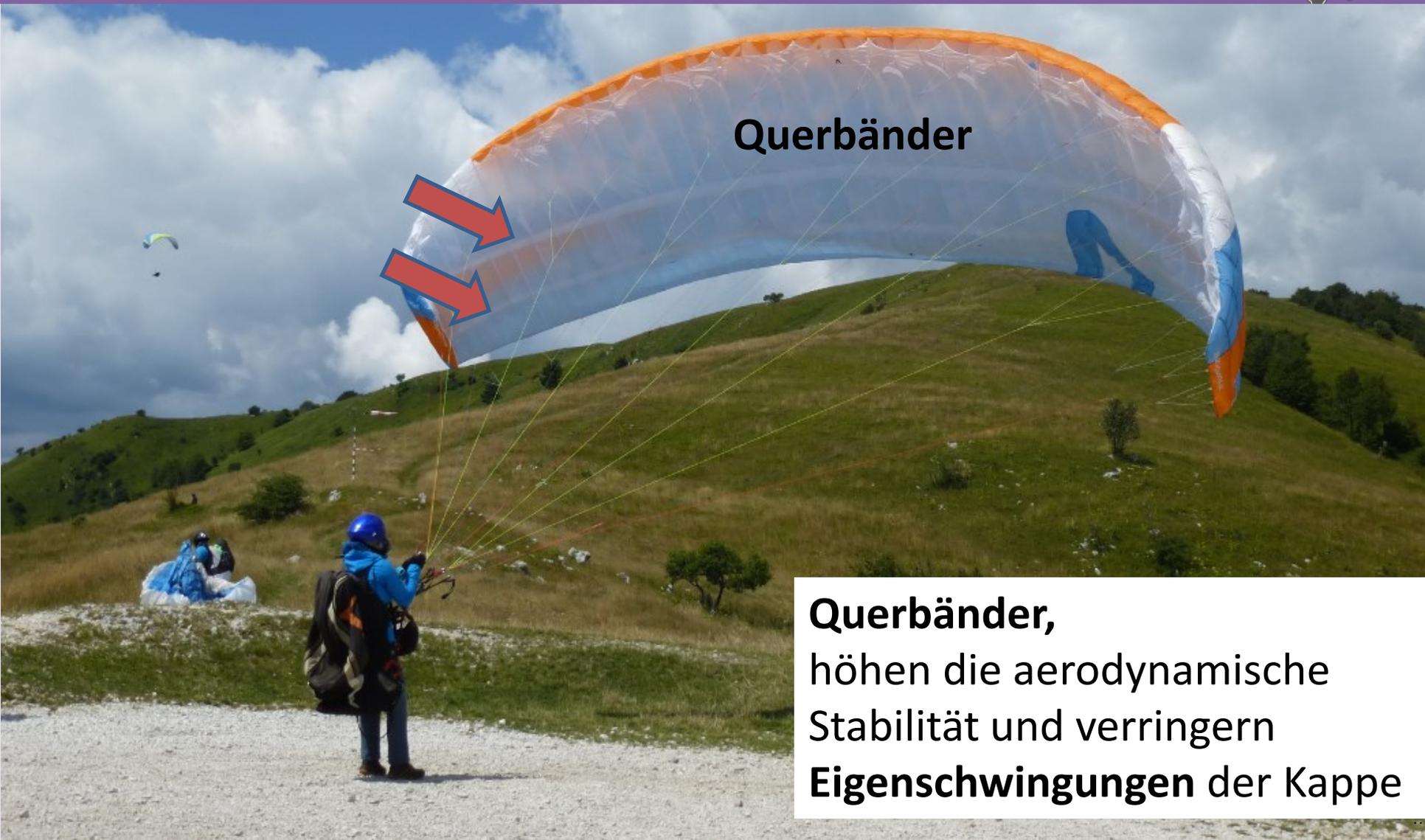
Gleitschirm - Innenbänder



Crossports

Gerätekunde

Gleitschirm - Querbänder

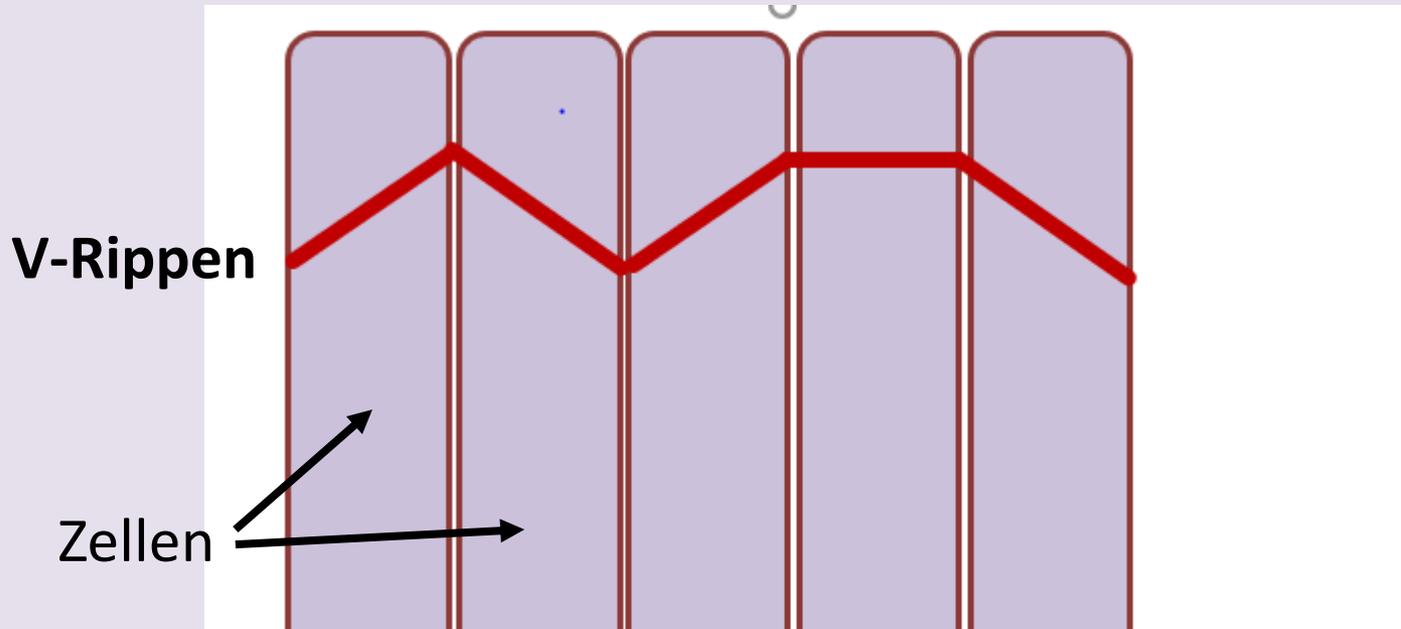


Querbänder

Querbänder,
höhen die aerodynamische
Stabilität und verringern
Eigenschwingungen der Kappe

Gerätekunde

Gleitschirm – V-Rippen



V-Rippen (Diagonalzellen)

- überspannen/versteifen mehrere Zellen
- reduzieren somit die Zahl der Leinansatzpunkt an der Kappe
- ohne eine Verschlechterung der Profildgenauigkeit

weniger Leinen – weniger Widerstand => bessere Performance

Gerätekunde

Gleitschirm - Pflege



UV-Strahlung - nie länger in der Sonne liegen lassen

Feuchtigkeit – immer sofort trocken lassen -> Leinenlängenänderung

Mechanische Belastungen – nicht über Steine Sand etc. schleifen

Reinigung – immer nur mit lauwarmen Wasser

Lagerung: lichtgeschützt, trocken und kühl

Gleitschirm regelmäßig überprüfen auf

Tuch: Löcher / Risse und Nähte

Leinen : Ummantelung beschädigt, Leine gerissen, Leinenschlösser

Gerätekunde

Gleitschirm - Pflege



: © Martin Westermeyer



**Öffnung zum Entfernen von Schmutz
am Stabulo des Gleitschirms**

Foto: © DHV

**Achtung:
zu viel zusätzliches Gewicht durch
Sand/Steine kann die Flugeigenschaften
verändern.**



© Vera Naujok

Startgewicht ???

- Pilot
- Schirm
- Gurtzeug
- Rettung
- Rest (Vario, Trinkwasser,...)

Flächenbelastung - kg pro m²

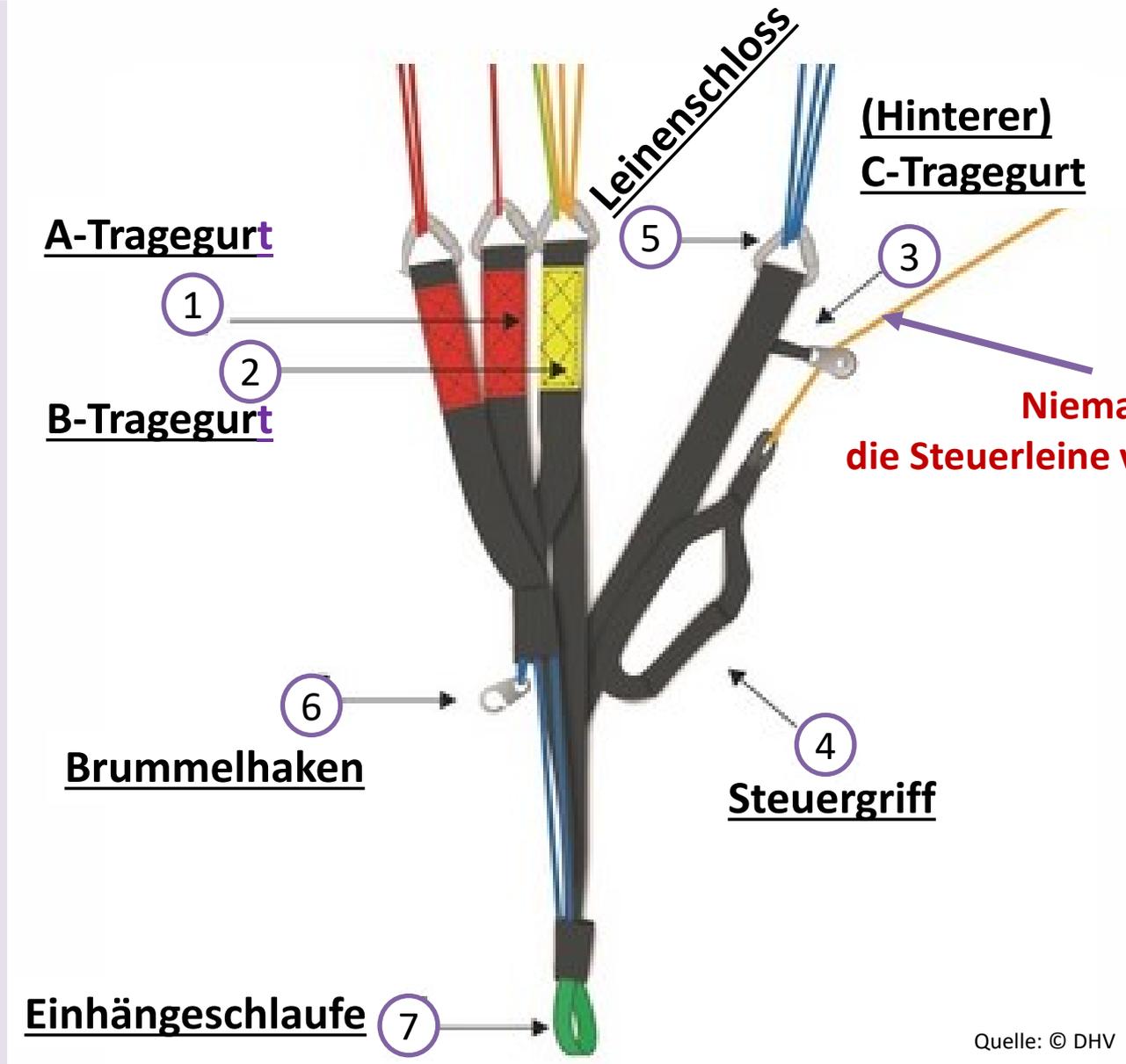
Gleitschirm mit 24 m² und Startgewicht 85 kg
=> Flächenbelastung = $85 \text{ kg} / 24 \text{ m}^2 = \underline{3,5 \text{ kg/m}^2}$

Merke

Das Über- oder Unterschreiten des Gewichtsbereichs ist nicht erlaubt und kann zu gefährlichen Situationen führen!

Gerätekunde

Gleitschirm - Tragegurt

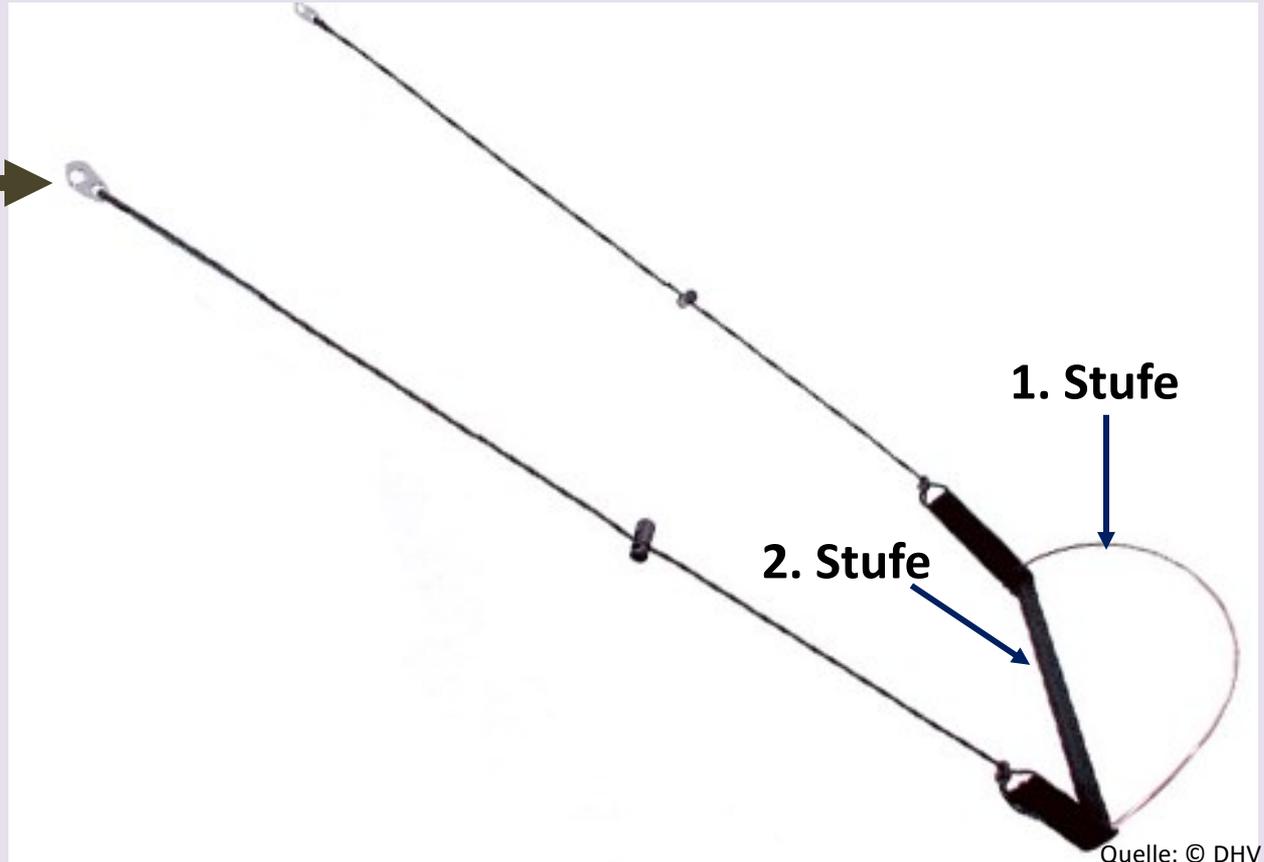


Gerätekunde

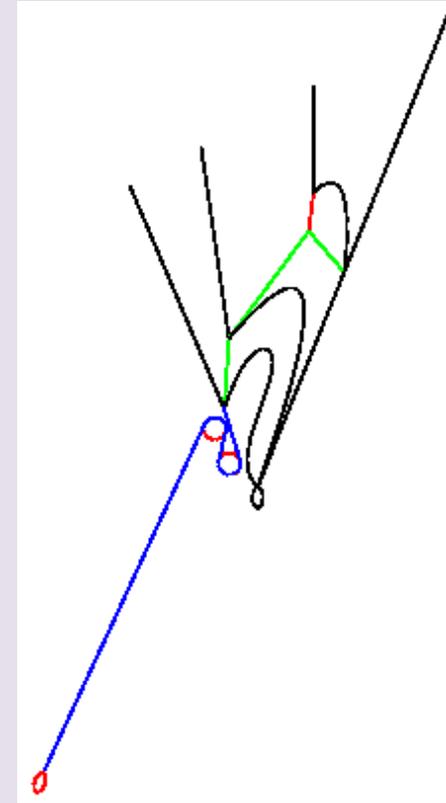
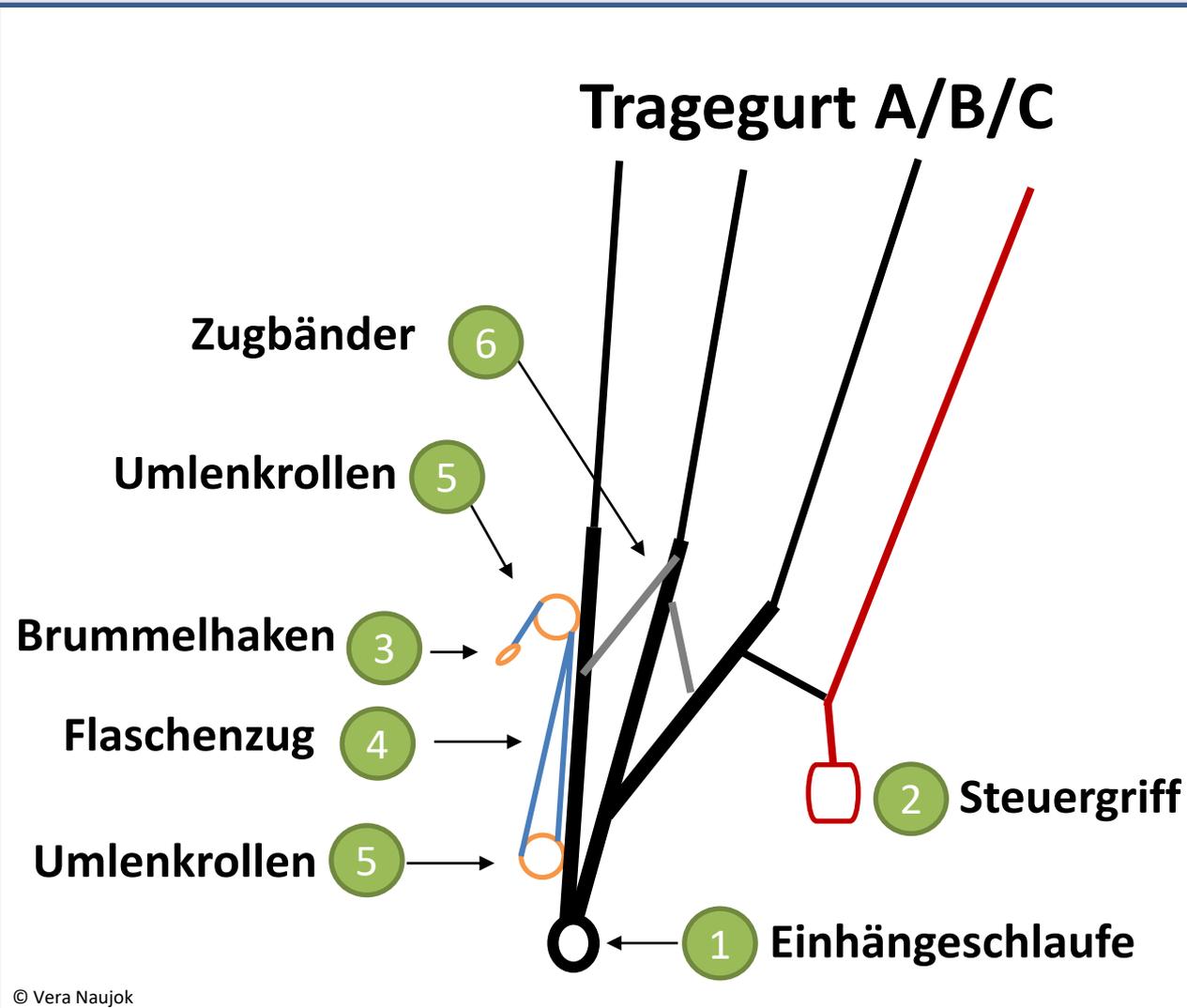
Gleitschirm - Beschleuniger



Brummelhaken



Quelle: © DHV



A/B/C-Ebene wird verkürzt
=> Anstellwinkel wird kleiner

© User:FredB - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=287132>



- Minimalgeschwindigkeit ca. 22 km/h
- Geschwindigkeit Trimm ca. 35 km/h
- voll beschleunigt ca. 45 km/h
(Rolle auf Rolle)

Der Anstellwinkel verkleinert sich und somit der Luftwiderstand, dadurch fliegt der Gleitschirm schneller.

Über das Beschleunigungssystem lassen sich ca. 40% des Geschwindigkeitsbereiches eines Gleitschirms erfliegen.

ABER, es erhöht sich die Einklapptendenz, daher sehr vorsichtig in turbulenter Luft verwenden.

Der Beschleuniger muss auf Schirm, Gurtzeug und Pilot eingestellt sein.

Gerätekunde

Gleitschirm - Klassifizierung



LTF Klasse Flugeigenschaften Anforderung an den Piloten

A	<p>Gleitsegel mit einem <u>Maximum an passiver Sicherheit</u> und einem extrem verzeihenden Flugverhalten.</p>	<p>Für alle Piloten einschließlich Piloten aller Ausbildungsstufen (schulungstauglich).</p>
B	<p>Gleitsegel mit <u>guter passiver Sicherheit</u> und verzeihendem Flugverhalten.</p>	<p>Für alle Piloten einschließlich Piloten aller Ausbildungsstufen. High B Schirme nur für „aktiv“ fliegende Piloten.</p>
C	<p>Gleitsegel mit <u>mäßiger passiver Sicherheit</u> und mit potenziell dynamischen Reaktionen auf Turbulenzen und Pilotenfehler</p>	<p>Für Piloten, die das Ausleiten abnormaler Flugzustände beherrschen, die „aktiv“ und regelmäßig fliegen.</p>
D	<p>Gleitsegel mit <u>anspruchsvollem Flugverhalten</u>, potenziell heftigen Reaktionen auf Turbulenzen und Pilotenfehler</p>	<p>Für Piloten, die über viel Übung im Ausleiten abnormaler Flugzustände verfügen, die sehr aktiv fliegen, die signifikante Erfahrungen in turbulenten Bedingungen</p>
CCC	<p>Competition Class.</p>	

Gerätekunde

Gleitschirm - Streckung



Streckung ist das Verhältnis von Spannweite zur Fläche!

Eine höhere Streckung bringt mehr Leistung, aber auch weniger Sicherheit.

A-Schirm	3,9 – 5,5
B-Schirm	4,9 – 6,3
C-Schirm	5,8 – 6,9

Gerätekunde

Gleitschirm - Streckung



Gerätekunde

Gleitschirm - Streckung

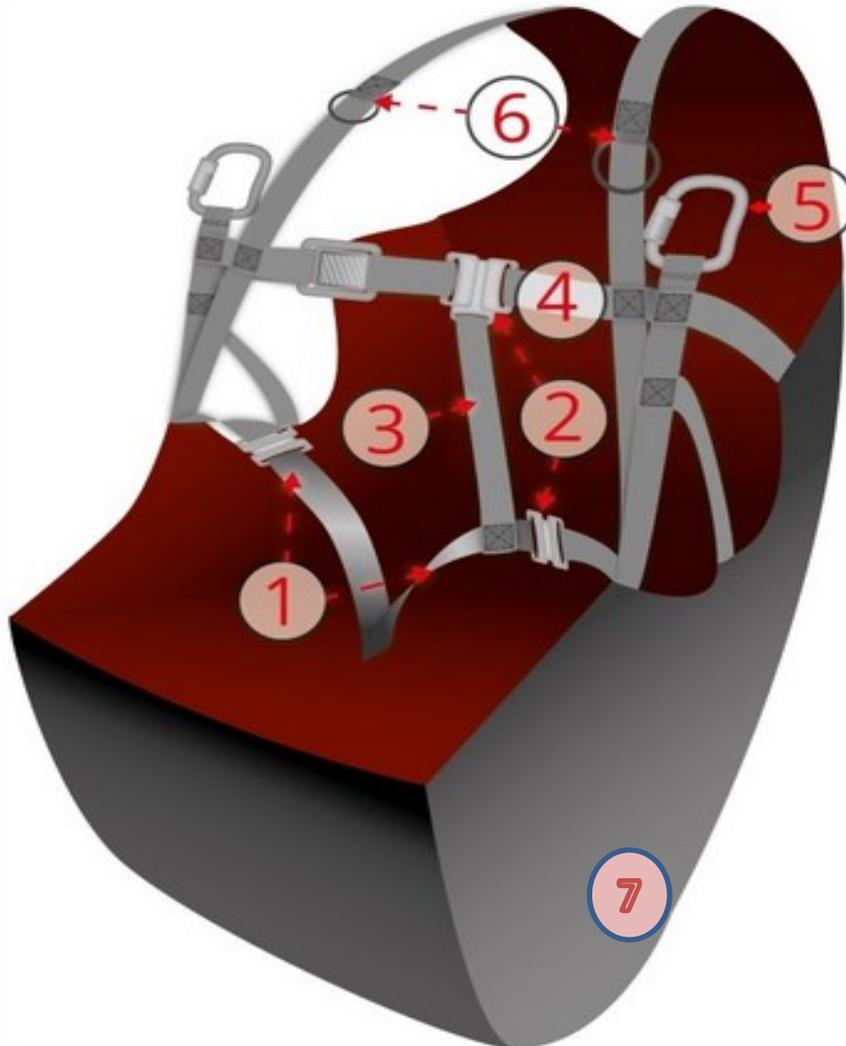


Streckung = Spannweite x Spannweite / Fläche

		22	24	26	28	31
Fläche ausgelegt	m2	22.1	24.0	26.1	28.5	31.9
Fläche projiziert	m2	18.9	20.6	22.3	24.4	27.3
Empfohlenes Startgewicht	kg	50-70	60-80	70-95	85-110	100-130
Erweiterter Gewichtsbereich	kg	70-85	80-95	95-110	110-125	130-145
Gewicht Schirm	kg	4.30	4.55	4.75	5.25	5.75
Spannweite ausgelegt	m	10.3	10.8	11.2	11.7	12.4
Spannweite projiziert	m	8.2	8.6	8.9	9.3	9.9
Streckung ausgelegt		4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
Streckung projiziert		3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Maximale Flügeltiefe	m	2.65	2.77	2.88	3.01	3.19
Anzahl Zellen		39	39	39	39	39
Anzahl Tragegurte		3+1	3+1	3+1	3+1	3+1
Trimmgeschwindigkeit	km/h	38+/-1	38+/-1	38+/-1	38+/-1	38+/-1
Max. Geschwindigkeit	km/h	48+/-2	48+/-2	48+/-2	48+/-2	48+/-2

Gerätekunde

Gurtzeuge - Aufbau



- (1) Beingurte
- (2) Gurtschließen
- (3) Herausfallsicherung
- (4) Frontgurt
- (5) Karabiner
- (6) Schultergurte
- (7) Protektor

Auch das Gurtzeug hat ein max. Piloten-/Startgewicht.

Dieses liegt meist bei 100-130 kg

Siehe Betriebshandbuch!

Quelle: © DHV

Gerätekunde

Gurtzeuge - Sitzgurt



Quelle: Quartl - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=14791476>

Sitzgurtzeug - Allroundgurtzeug

- Kompakte Sitzhaltung
- Einfache Bedienung
- Beschleuniger
 - nach Start sofort verfügbar
- Geringe Eintwistgefahr
 - bei Störungen
- Wendegurtzeug möglich.

Gerätekunde

Gurtzeuge - Liegegurtzeug



© Martin Westermeier

- **Etwas bessere Gleitzahl** – nur bei richtiger Einstellung und angepasstem Flugstil
- **Flugtechnik** anpassen
- **Höhere Eintwistgefahr** bei Störungen
- **Beschleuniger** erst verfügbar nach dem Einsteigen in den Beinsack
- **Warme Beine** – Sommer in kurzen Hosen fliegen 😊

Gerätekunde

Gurtzeug - Herausfallsicherung

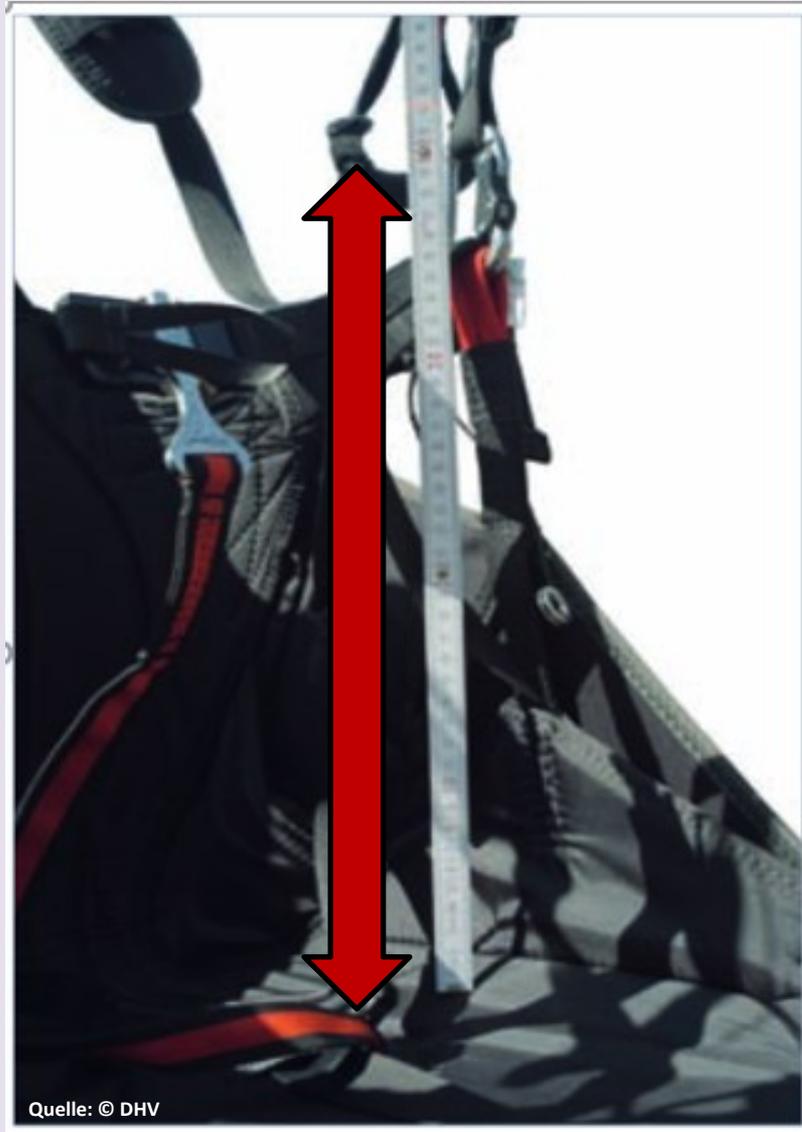


T-Lock System



Get-Up System

Immer überprüfen, dass alle Schließen geschlossen sind und hörbar eingerastet sind!



Messung der Aufhängehöhe:
Sitzfläche bis Einhängeschlaufen
meist zwischen 35-50 cm

Höhere Aufhängungen

- Die Bewegungen der Schirmkappe werden gedämpfter auf den Piloten übertragen.
- Der Schirm spricht weniger sensibel auf Steuerung mit Gewichtsverlagerung an.



Welches Gurtzeug? Was ist wichtig?

- Sitz- oder Liegegurt, aber immer **mustergeprüft!!**
- Protektor Airbag oder Schaumstoff oder Hybrid
- Frontrettung oder integrierte Rettung

Größe

bequem

Sitzbrett nicht zu breit/schmal zu lang/kurz

Rückenteil nicht zu lang und nicht zu tief

Einstellung

- Relativ gerade Sitzposition

- Brustgurteinstellung auf ca. 40-45 cm

- nach dem Start Sitzposition leicht erreichbar

- Retter gut erreichbar K-Prüfung

- Führung der Steuerleinen körpernah und entlang der Tragegurte ermöglich.

Gerätekunde

Gurtzeug



Alu-Karabiner (Edelrid)

Festigkeit geschlossen 23 kN = 2.300 kg

Gewicht: 55 g

Austauschen nach max. 1500 Flugstunden oder 5 Jahre

Wird vom Hersteller vorgegeben - Betriebshandbuch!!!



Achtung

Probleme mit dem Schnapper oder bei Beschädigungen (Dellen, Risse)

⇒ **Festigkeitseinbußen**

⇒ **Karabiner austauschen!**

Gerätekunde

Gurtzeug - Pflege



Regelmäßige Sichtprüfung

- der Nähte, besonders der bei den tragenden Teilen
- Sitzbrett
- Protektor z.B. Airbag hat Risse
- Karabiner (Risse/Dellen)
- Beschleunigerleinen

Betriebshandbuch

- Hier wird meistens der Pilot verpflichtet zu einer regelmäßigen Sichtprüfung.
- Austausch der Karabiner nach meist 5 Jahren.

Gerätekunde

Rettung - Aufbau



- (1)Kappe
- (2)Scheitel
- (3)Basis
- (4)Mittelleine
- (5)Fangleinen
- (6)Verbindungsleine.

Quelle: © DHV

Gerätekunde

Rettung



Quelle: © DHV

Kreuzkappe



Rundkappe



Steuerbare

Gerätekunde

Rettung



Quelle: © DHV

Auslösung der Rettung bei

- Flugsituationen, in denen der Schirm nicht mehr unter Kontrolle gebracht werden kann, wie z.B. Spiralsturz
- Defekte am Schirm, die ein sicheres Landen unmöglich machen z.B. massiver Verhänger

Gerätekunde

Rettung



- **Öffnungszeit**
2 – 4 Sekunden – abhängig von Wurfkraft u. Rettung
- **Pendelstabilität**
Abhängig von der Rettung
- **Sinken** (5 m/s = 1,5 m Sprunghöhe)
5,0 – 6,8 m/s - Abhängig von Rettung + Anhängelast
20% unter max. Anhängegewicht bleiben
- **Pflege**
bei Feuchtigkeit ausbreiten und sofort trocknen und nicht der Sonne (UV) aussetzen
- **Handhabung – Packen**
Packintervall 1-3 Mal im Jahr je nach Hersteller
Siehe Betriebshandbuch.

Gerätekunde

Rettung <<>> Gurtzeug



Verpflichtende K-Prüfung bei

- Neukombinationen von Gurtzeug und Rettungsgerät
- Pilot testet die Rettungsauslösung
- K-Test insgesamt wird vom Fachmann/Flugschule durchgeführt

Achtung

**Klettverschluss am Rettungsriff!
Vor jedem Flug lösen / befestigen!**

- (1) RG Verbindungsleine und Griff
 - (2) Griff - Auslösekraft 2–7 daN
 - (3) Rettung - Außen- und Innencontainer passend
- Musterprüfdaten – max. Anhängelast

Quelle: © DHV

Gerätekunde

Rettung



Quelle: © DHV

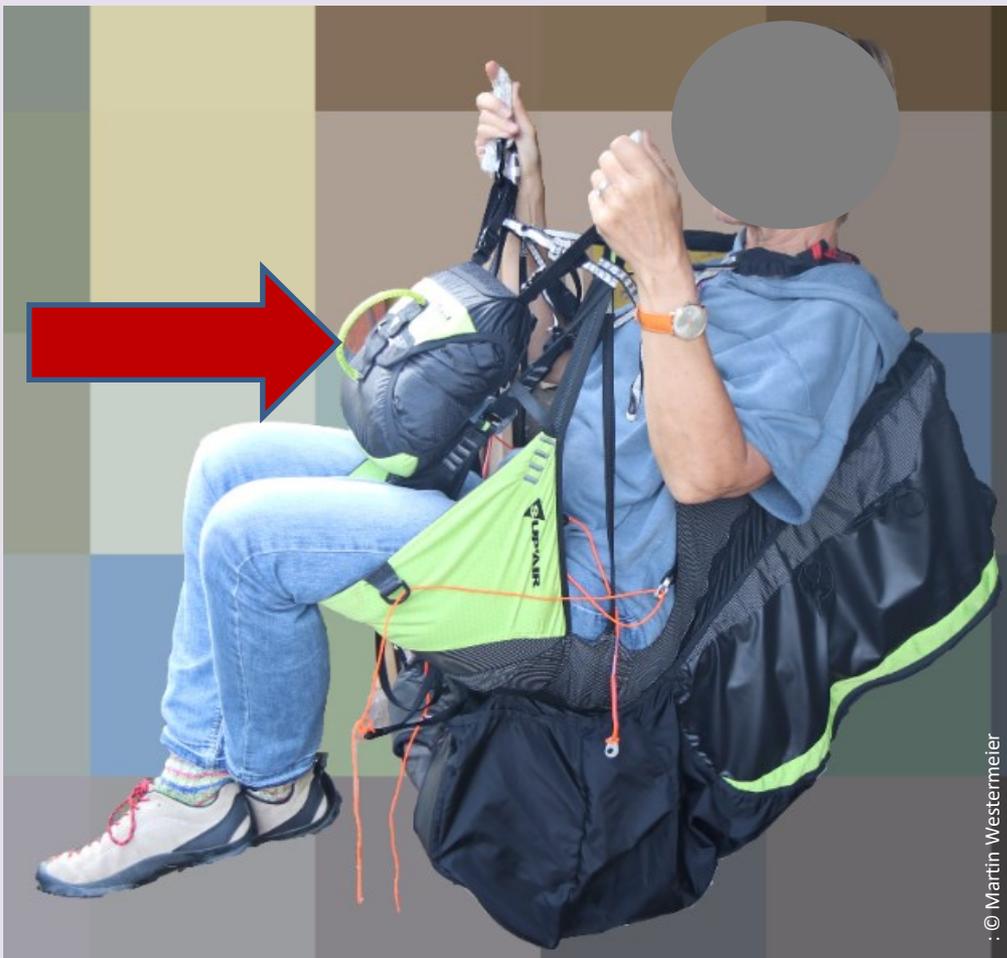
Welche Rettung ist einfacher zu werfen?

Die linke Rettung!

Eine kurze Verbindung ermöglicht ein kraftvolles + gezieltes Wegschleudern des Rettungsgerätes.

Gerätekunde

Rettung - Frontrettung



Gurtzeug mit Frontrettung

- Aufhängung hinten oder über die Karabiner
- Muss vor jedem Start fixiert werden
- Griff im Blickfeld und gut erreichbar
- Sicht auf die Gurtzeugschließen verdeckt
- Rettungsauslösung evtl. nach mehrmaligen Eintwisten blockiert

Gerätekunde

Materialprüfungen



- Musterprüfung LTF/EN
 - Stückprüfung und Erstflug
 - Nachprüfung/Check siehe Betriebshandbuch
 - Regelmäßige Sichtprüfung der eigenen Ausrüstung (Gleitschirm und Gurtzeug)
- Gleitschirm
 - Gurtzeug
 - Rettung
 - ...

Keine Änderungen an der Ausrüstung erlaubt!

Gerätekunde

Musterprüfung Plakette Gleitschirm



Bolero 5		Serial number		B E 0 3 - K 7 0 0 0 4 3 0					
Type of product Geräteart	Paraglider			Size Größe	<input type="radio"/> XS	<input type="radio"/> S	<input checked="" type="radio"/> M	<input type="radio"/> L	<input type="radio"/> XL
Number of seats Anzahl Sitze	1	Number of risers Anzahl Tragegurte	3	Weight in flight (kg) Startgewicht	65-85	75-95	85-105	95-115	105-125
Accelerator Beschleuniger	Yes	Trimmer	No	Projected area (m ²) Projizierte Fläche	20.94	22.8	24.74	26.76	28.25
Periodic inspection after Regelmäßige Nachprüfungen nach	24 months or 100 flight hours 24 Monaten oder 100 Flugstunden			Weight of glider (kg) Gewicht des Gleitschirms ca.		5.6	5.8	6.1	
Test regulations & Standards applied Angewandte Prüfrichtlinien & Normen	EN 926 & LTF 91/09			Type test ref. no. (EN) Musterprüf-Nr. (LTF)	DHV 65	DHV 65-01 -2126-15	DHV 65-01 -2127-15	DHV 65-01 -2128-15	DHV 65
Laboratory Prüfstelle	DHV			Class Klasse		A	A	A	
This model has been tested according to the applicable standards. It corresponds with the tested sample and is airworthy. Dieses Luftsportgerät wurde gemäß den luftrechtlichen Vorschriften in Deutschland stückgeprüft. Es stimmt mit dem geprüften Muster überein und ist lufttüchtig. Warning: Read the operating manual before using this equipment. Vor Gebrauch Betriebsanweisung lesen.				GIN GLIDERS INC. www.gingliders.com GIN gin@gingliders.com		Inspected by Stückgeprüft von		Month / Year Monat / Jahr	
						paneprik		07 / 15	

Musterprüfung.

Gewichtsbereich

Klassifizierung

Stückprüfung

Quelle: © DHV



Gleitschirm nach LTF/EN

- **Belastungstest Gleitsegel**
Mind. 8'fache max. Startgewicht für 3 Sekunden
- **Reißfestigkeit der Leinen**
16'fache des max. Startgewichtes
- **Betriebsverhalten/Flugtest**
zwei Piloten - obere und untere Gewichtsgrenze
- **Detailprüfung**

➔ **Klassifizierung-Gleitschirm A/B/C/D/CCC**

Das ermittelte Extremflugverhalten kann in der Praxis durch Wind- und Turbulenzeinfluss oder Pilotenfehler deutlich kritischer ausfallen.



Gurtzeug nach LTF/EN

- **Festigkeitstest/Belastungstest**
 - 9 * max. Startgewicht
 - Dämpfung Protektor 50 g aus einer Fallhöhe von 1,65 m
- **Flugtest und Funktionsprüfung**

Rettungsgerät nach LTF/EN

- **Festigkeit - Stoßbelastungstest**
 - max. Startgewicht
- **Festigkeit - Verbindung Rettung-Gurtzeug**
 - Festigkeit von 2.400 daN vorgeschrieben
 - (Verbindungsschäkel und/oder Gurt)
- **Packmethode und Auslösemechanismus**

Gerätekunde

Nachprüfung



Quelle: © DHV



Quelle: © DHV



Quelle: © DHV

- Sichtprüfung – Tuch, Leinen, . . .
- Festigkeit des Tuches
- Luftdurchlässigkeit des Tuches
- Reißfestigkeit Leinen
- Leinenlängen (Trimmung)

**Zeitintervall gibt der Hersteller vor.
Meistens alle 2 Jahre oder
nach 100 Flugstunden
ODER
nach einer Wasser/Baumlandung
und bei auffälligen Flugverhalten.**

Gerätekunde

Kopfschutz



Flughelme mit CE-EN 966



**Tragen eines geeigneten
Kopfschutz ist Pflicht.**

Gerätekunde



Instrumente – Vario ultraleicht und winzig

Variometer

(Barometrische Höhenmessung)

Messung der Höhenunterschiede erfolgt über Luftdruckunterschiede.

Nachteil:

Nur Steigen/Sinken

Meist kein/winziges Display

Vorteil:

Ultraleicht, klein, immer dabei

Fallback bei Ausfall anderer Geräte.

Fairhaven



SkyBean



Skytraxx



Größe ca.
6*4*2 cm

Flymaster



Syride



Le Bip Bip



Vari Up



Gerätekunde

GPS/Vario - ultra-leichte und klein



Mögliche Funktionen

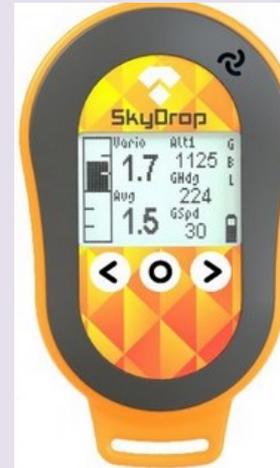
- GPS
- Vario
- Windrichtung
- km/h über Grund
- Gleitzahl
- Flüge aufzeichnen
- Lufträume
- Topografie
- G-Sensor
- Zentrierhilfe
- Wegpunkte
- ...

Syride



Größe ca.
12*7*2 cm

SkyBean



Ascent



Nachteil:
Kleines Display

Vorteil:
Ultraleicht, klein, immer dabei
Fallback bei Ausfall.

Gerätekunde

GPS / Vario



Mögliche Funktionen

- GPS
- Vario
- Windrichtung
- km/h über Grund
- Gleitzahl
- Flüge aufzeichnen
- Lufträume
- Topografie
- G-Sensor
- Zentrierhilfe
- Wegpunkte
- ...



Skytraxx

Flytec



Flymaster



Gerätekunde

Flugcomputer

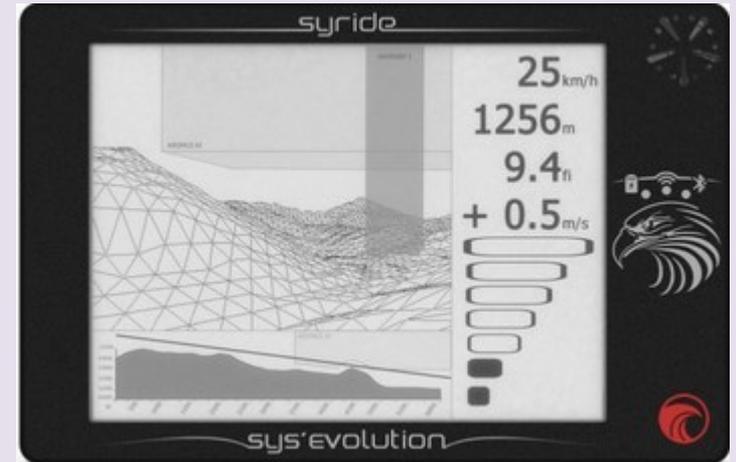


Für den Streckenflug und Wettkampf

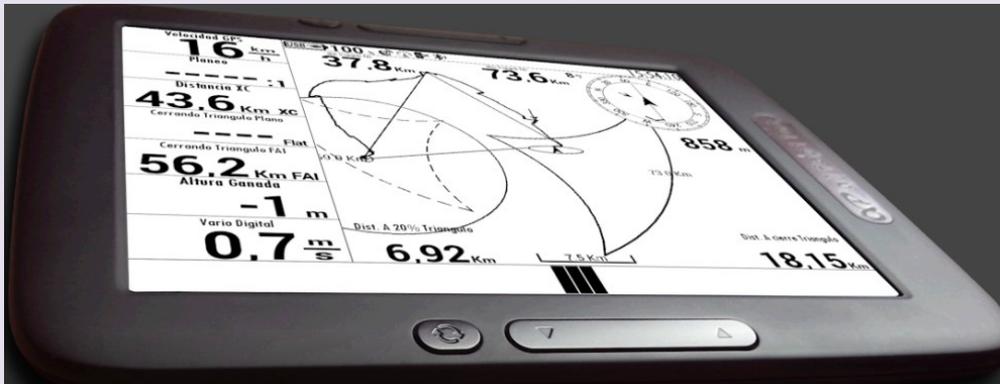
Skytraxx



Syride



Flugcomputer auf Basis eines eBook Readers oder Android Tablets
Software XCSOAR, XCTRACK,...



Naviter



Gerätekunde

Notfallsender und GPS-Tracker



satellitengestützt

Garmin inReach®



SPOT



- Abo notwendig
- SMS-Versand
- interaktiver SOS-Notruf
- Live Tracking (Earthmate®-App)

Flymaster LIVE SD
PWC + X-Alps



- Abo für Mobilfunk notwendig
- globaler SMS-Versand
- SOS-Notruf
- SMS-Versand vordefiniert
- Live Tracking (Earthmate®-App)

Gerätekunde

FANET - FLARM



© Skytraxx



Gerätekunde

Funkgeräte



PMR – 16 Kanäle + 32 digital
LPD – 69 Kanäle

Reichweite(hindernisfrei)
bis zu 12 km

Headset



Quelle: © Vera Naujok



Gerätekunde

Notausrüstung



- Funkgerät
- Handy mit Notruf für das Gebiet
- Rettungsschnur 30 m
- Trillerpfeife
- Gurtmesser – für Leinen
- Bandschlinge 2- 3 m
- Karabiner
- Erste Hilfe Set



Quelle: © DHV

ALLES immer mit einer Leine am Gurtzeug sichern!!!

Gerätekunde

NOCH FRAGEN ?





AERODYNAMIC

beschreibt die
Strömungsvorgänge
in Gasen

Aerodynamik

Agenda



GERÄTEKUNDE

- Gleitschirm, Instandhaltung
- Gurtzeug
- Rettungsgerät
- Instrumente und Zubehör
- Geräteprüfung
- Messgrundlagen

AERODYNAMIK

- **Kräfte am Flügel, Auftrieb, Widerstand**
- **Stabilität**
- **Steuerung, Kurvenflug**
- **Maßeinheiten**

NOCH 2 * 45 MINUTEN.

Aerodynamik

Auftrieb – warum fliegt's?



➤ **Bernoullitheorie**

➤ **Zirkulationstheorie**

➤ **Coanda Effekt**

➤ **Rückstoßtheorie**

Warum ein Flügel fliegt ist bis heute nicht vollständig geklärt!

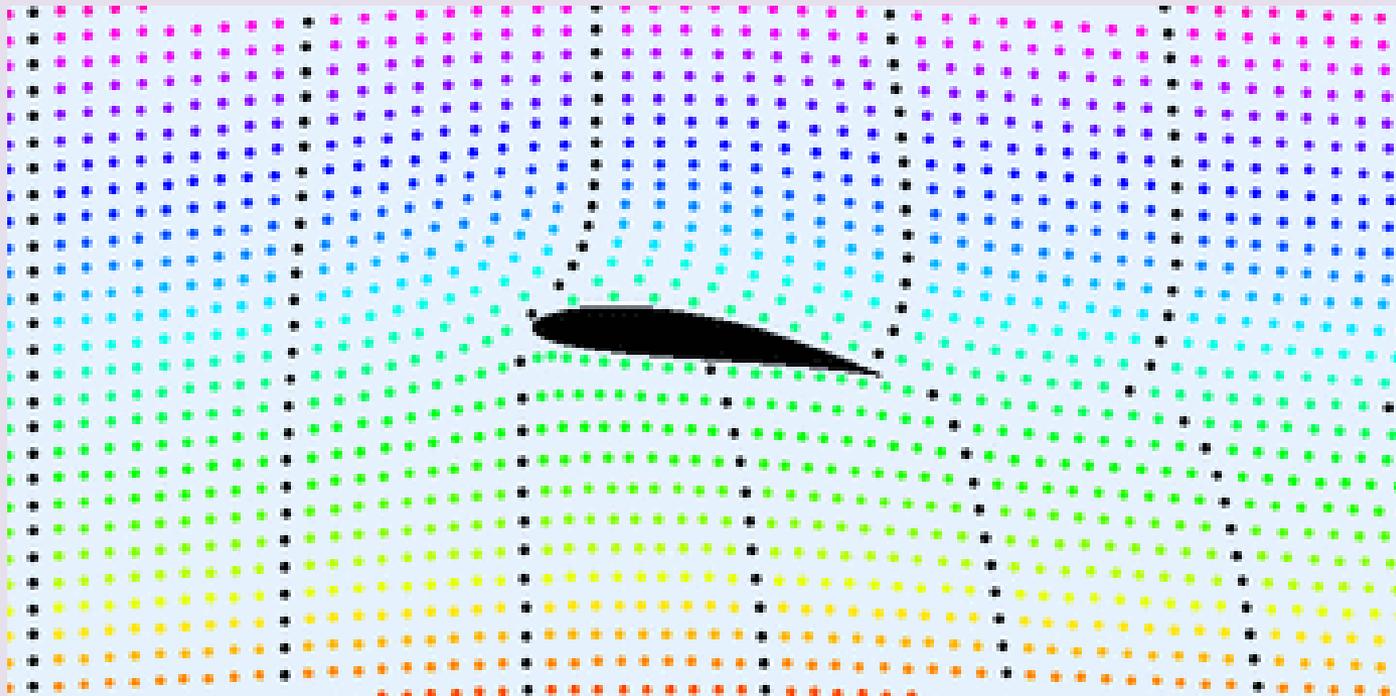


Video

Aerodynamik

Auftriebstheorie - Bernoulli

Die umströmende Luft fließt auf der Oberseite deutlich schneller als auf der Unterseite!



Geringer Druck



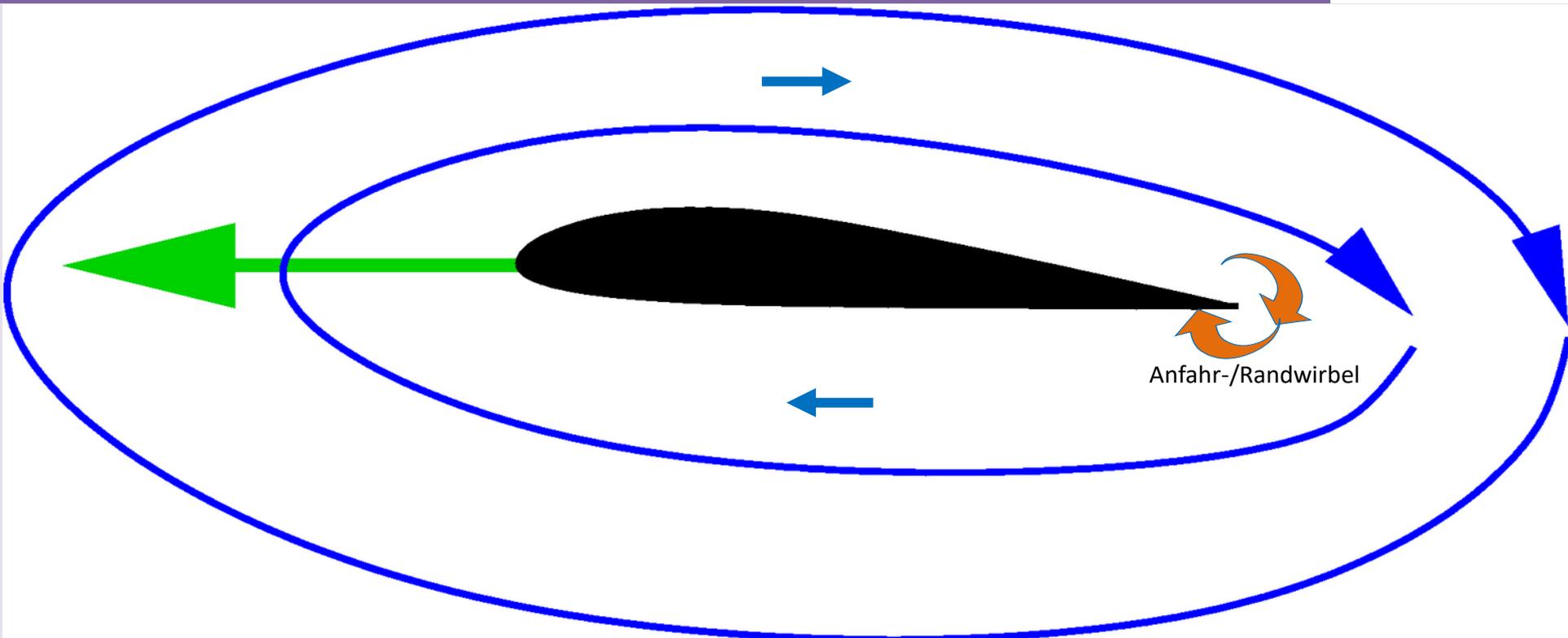
Hoher Druck

Quelle: © Kraaiennest - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6352777>

- die schneller fließende Luft oberhalb des Profils erzeugt Unterdruck
- die langsamer fließende Luft auf der Unterseite erzeugt Überdruck

Aerodynamik

Auftrieb - Zirkulationstheorie



Quelle: © WolKouk - selbst gemacht, Bild-frei, <https://de.wikipedia.org/w/index.php?curid=3584140>

Warum fließt die Luft oberhalb des Flügels schneller???

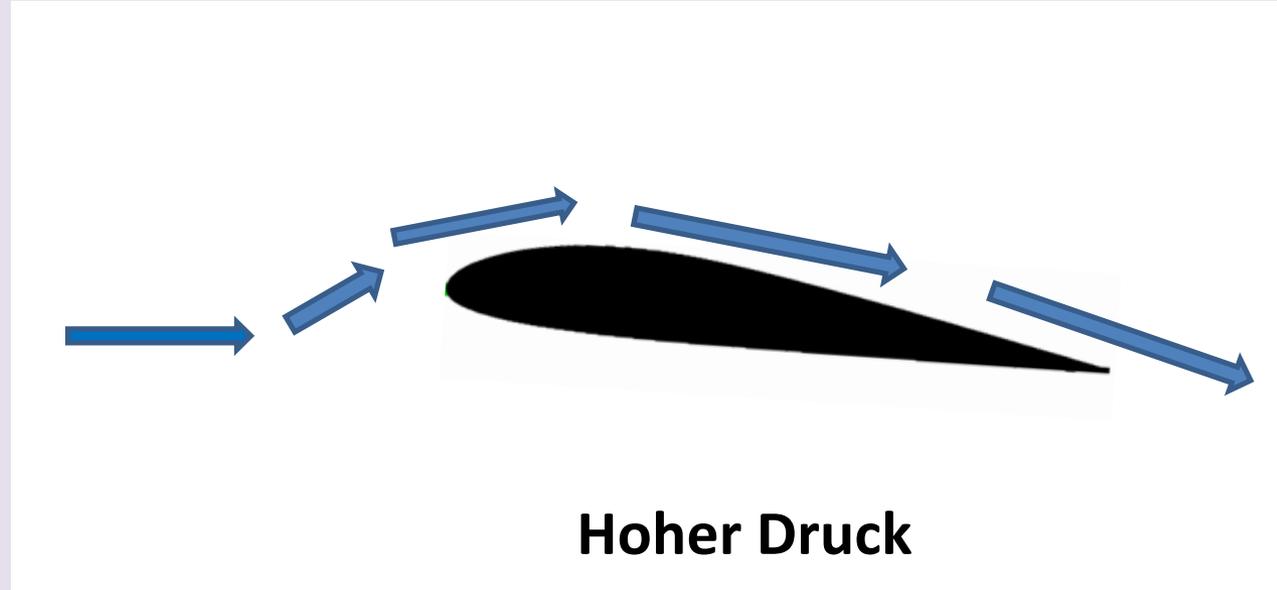
- Es gibt einen Gegenwirbel zum Anfahrwirbel hinter dem Flügel
- Dies beschleunigt die Luftströmung auf der Oberseite und verlangsamt die Luftströmung auf der Unterseite des Profils.

Aerodynamik

Auftrieb – Coandă Effekt



Die Luftströmung folgt der Krümmung des Profils

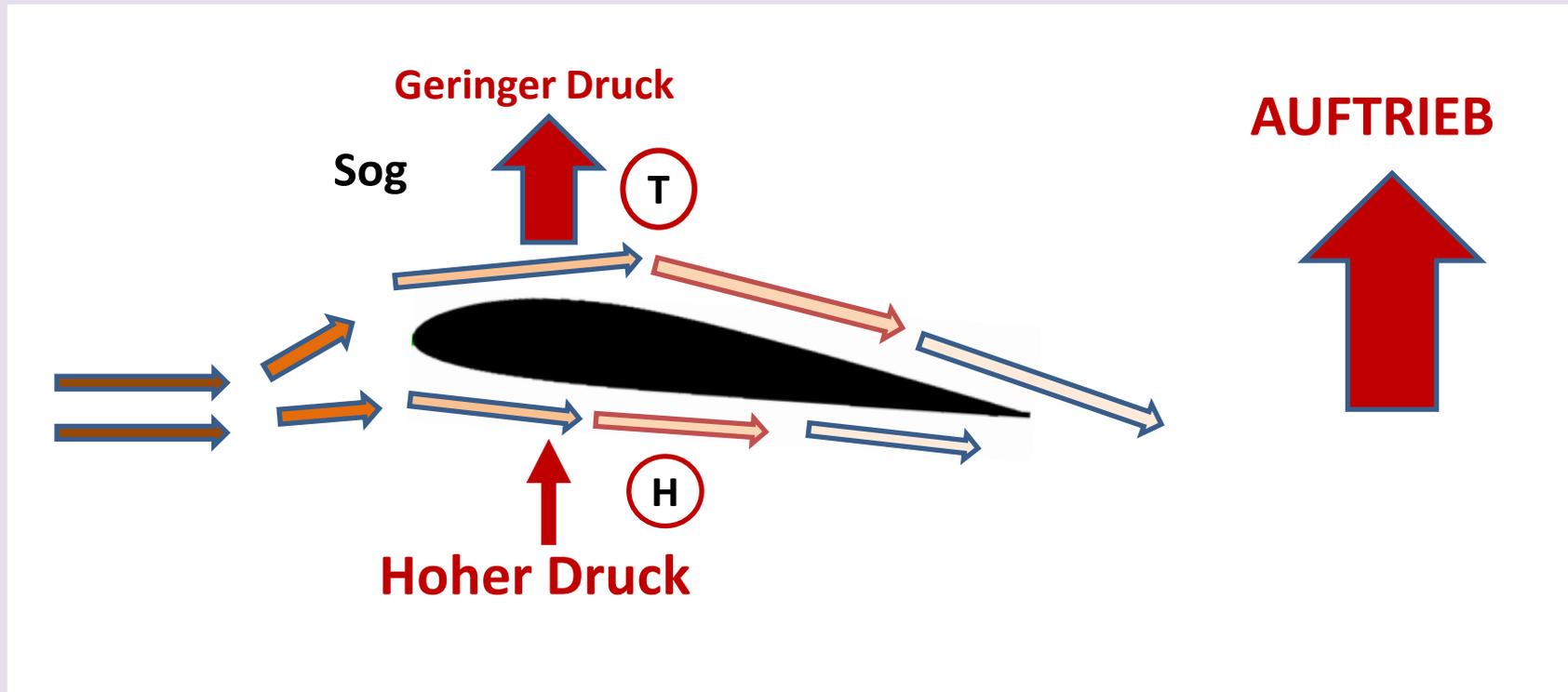


Quelle: © Wikipedia gemeinfrei

Luft wird nach unten abgelenkt
➤ dadurch Druckunterschiede

Aerodynamik

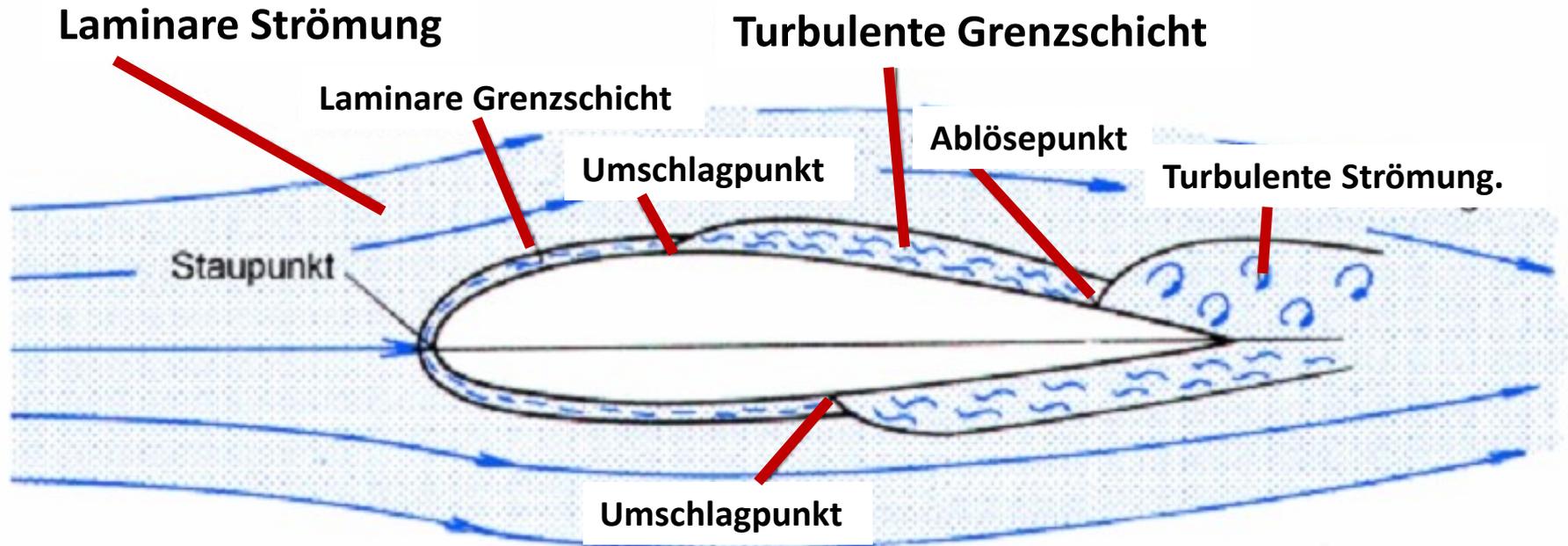
Auftrieb - Warum fliegt's nun?



Auf Grund der Druckunterschiede oberhalb des Flügels zu unterhalb des Flügels kommt es zum Auftrieb!

Aerodynamik

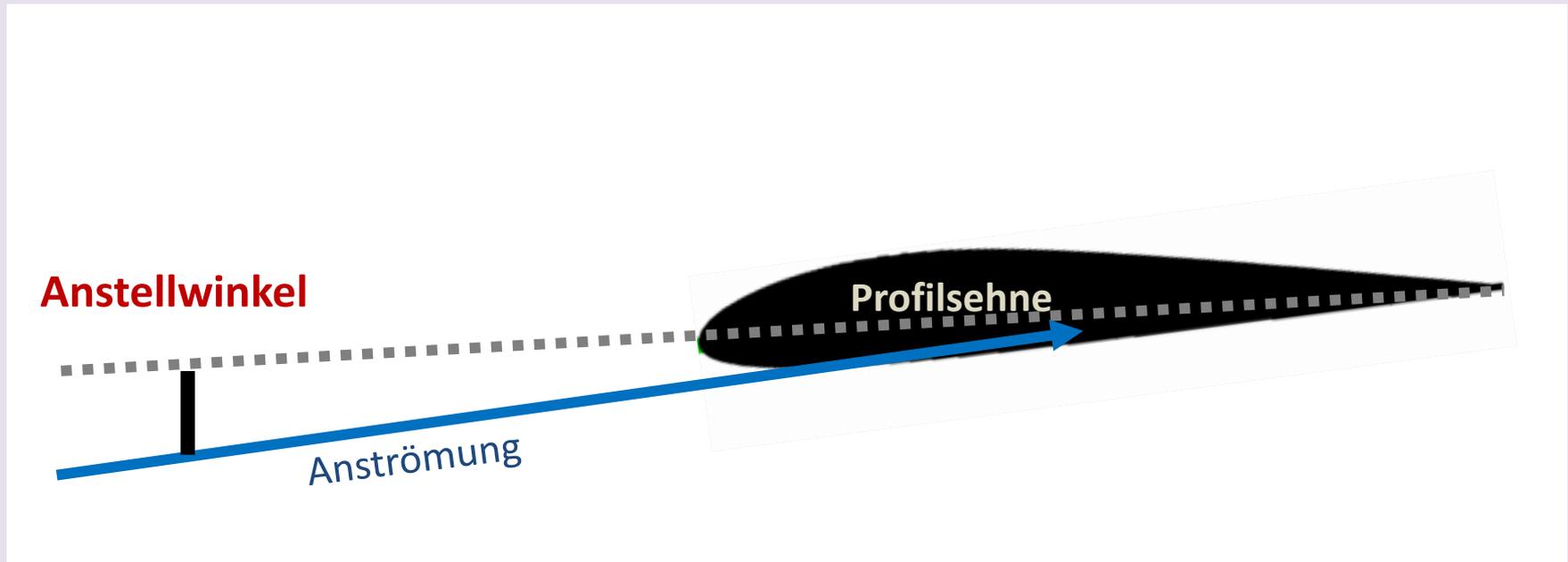
Strömung am Gleitschirm



Quelle: © DHV

Aerodynamik

Anstellwinkel

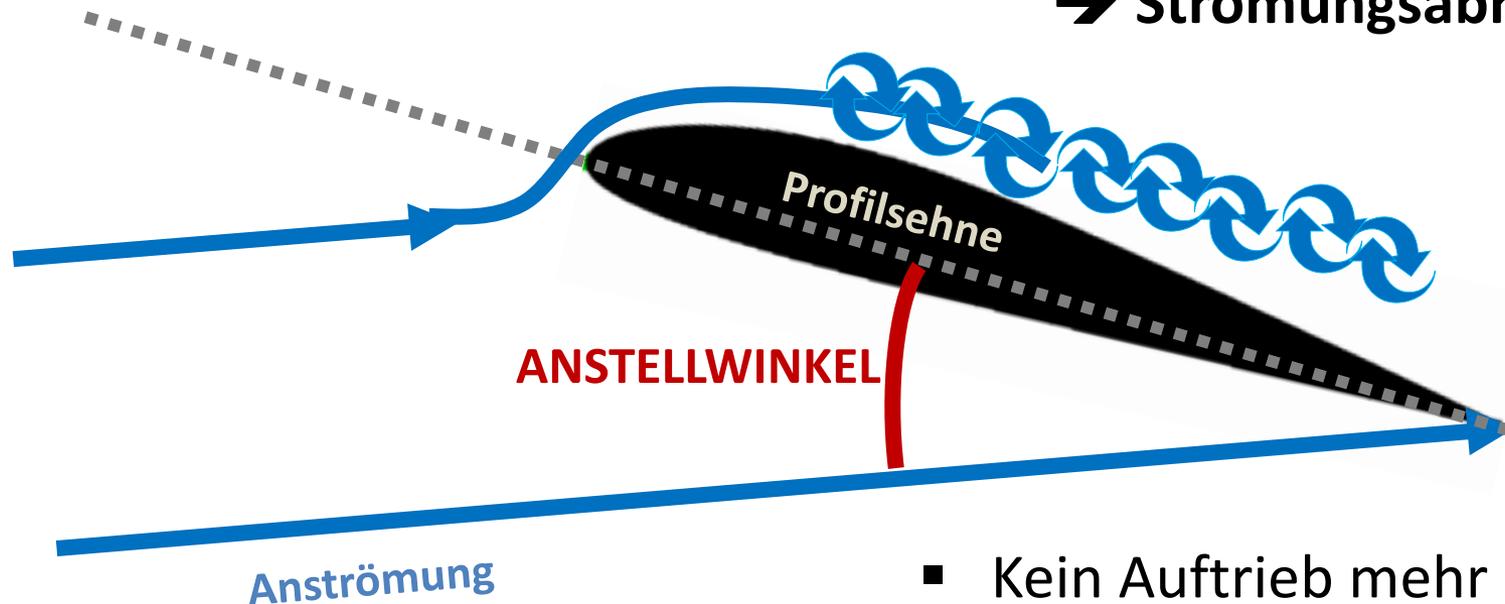


Bei Trimmgeschwindigkeit ca. 8 Grad

Aerodynamik

Anstellwinkel - Strömungsabriss

Anstellwinkel zu groß
→ Strömungsabriss/Stall

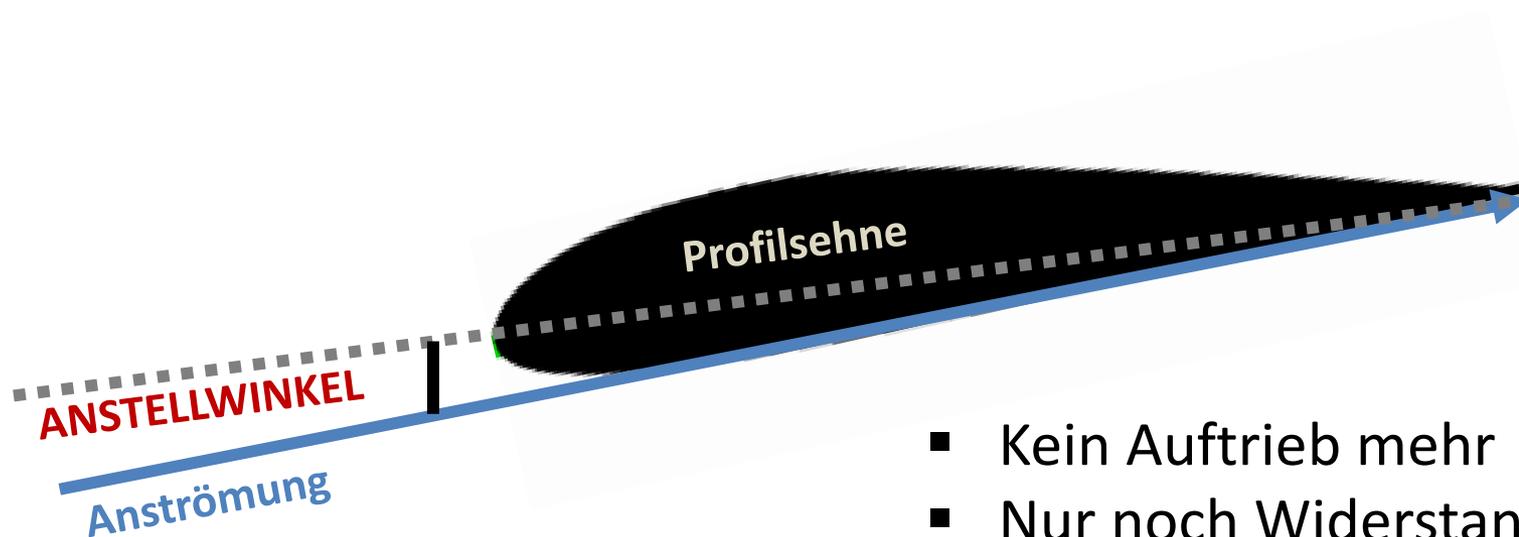


- Kein Auftrieb mehr
- Nur noch Widerstand
- Kein Kappeninnendruck.

Aerodynamik

Anstellwinkel - Strömungsabriss

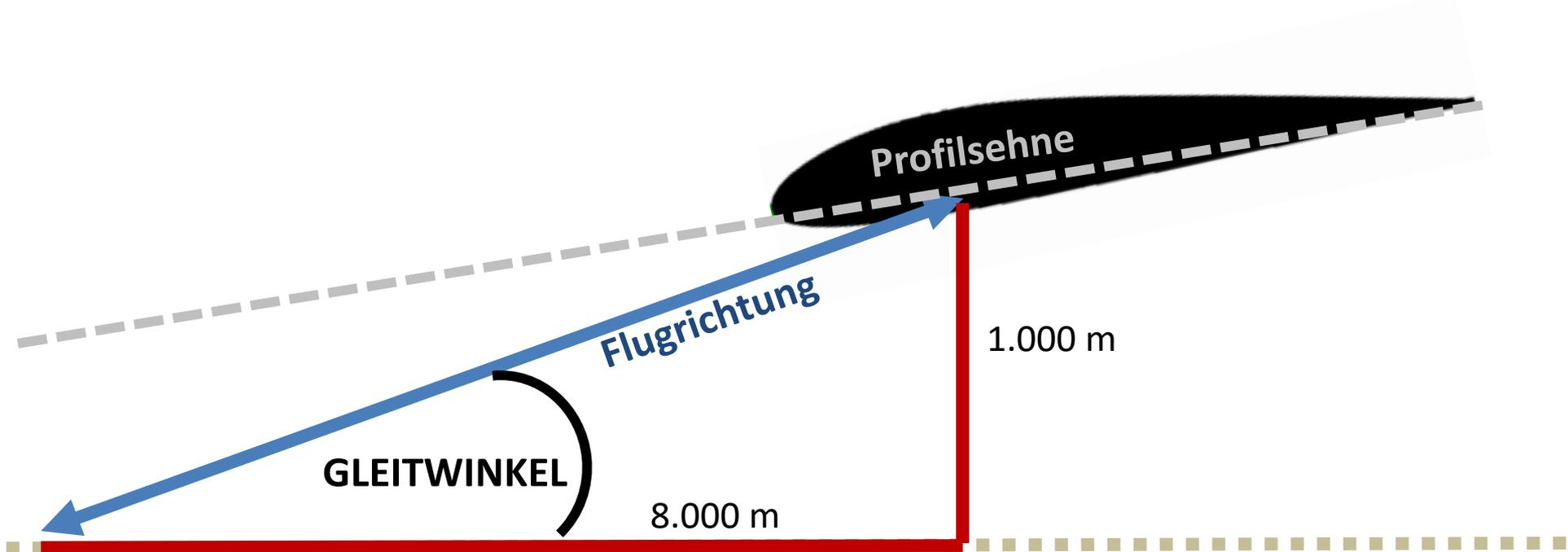
Anstellwinkel zu klein → Frontklapper



- Kein Auftrieb mehr
- Nur noch Widerstand
- Kein Kappeninnendruck.

Aerodynamik

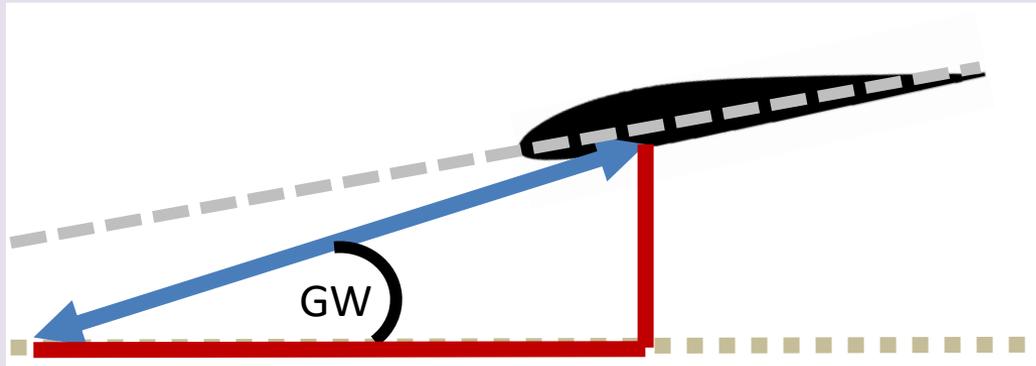
Gleitwinkel - Gleitzahl



Gleitzahl 8 = je Höhenmeter 8 m Flugstrecke
1000 Höhenmeter = 8.000 m Flugstrecke

Aerodynamik

Gleitwinkel - Gleitzahl

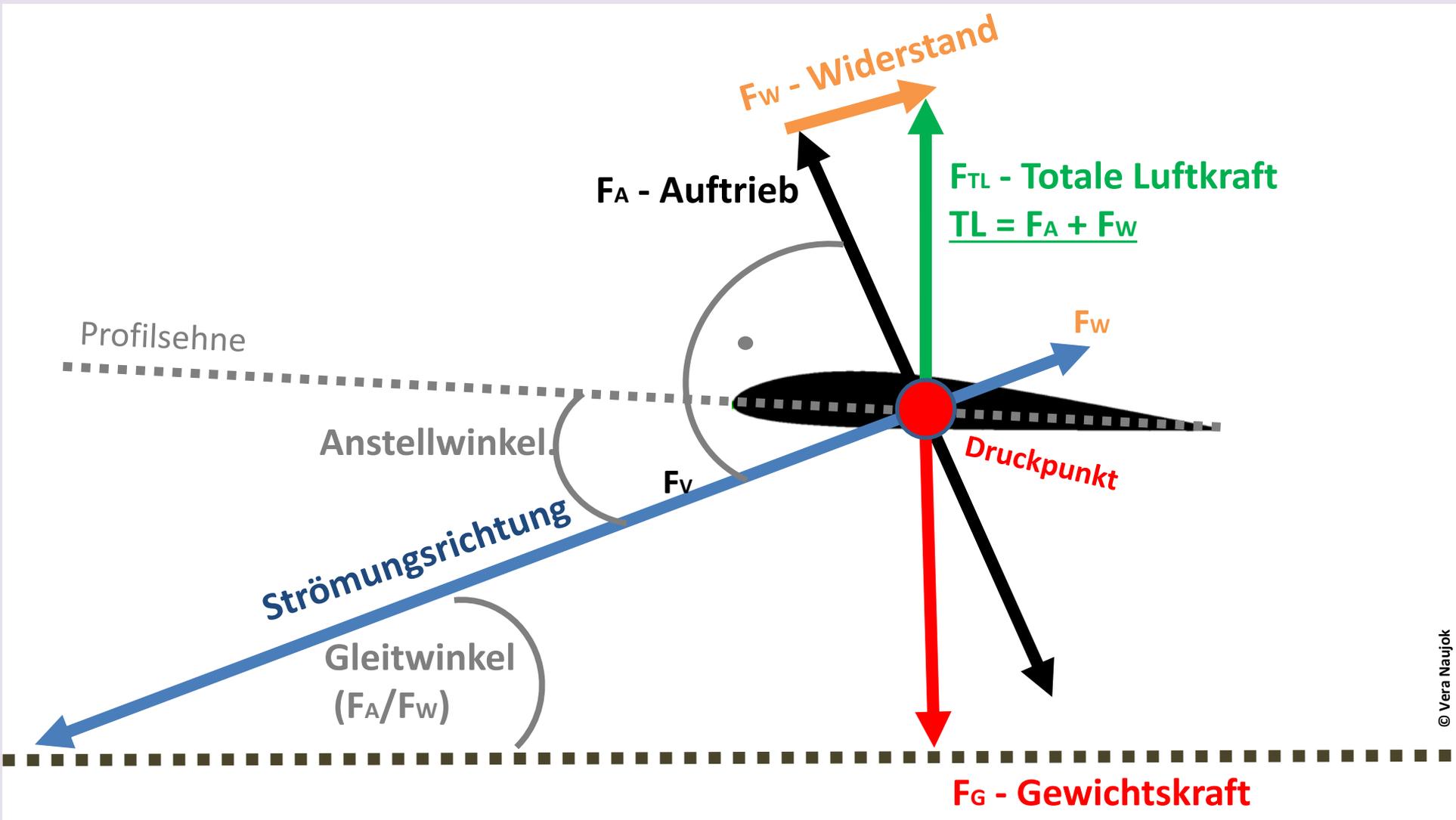


Je größer die Gleitzahl, umso kleiner der Gleitwinkel!

Gleitzahl	Gleitwinkel
12	5
10	5,7
8	7
6	9,5

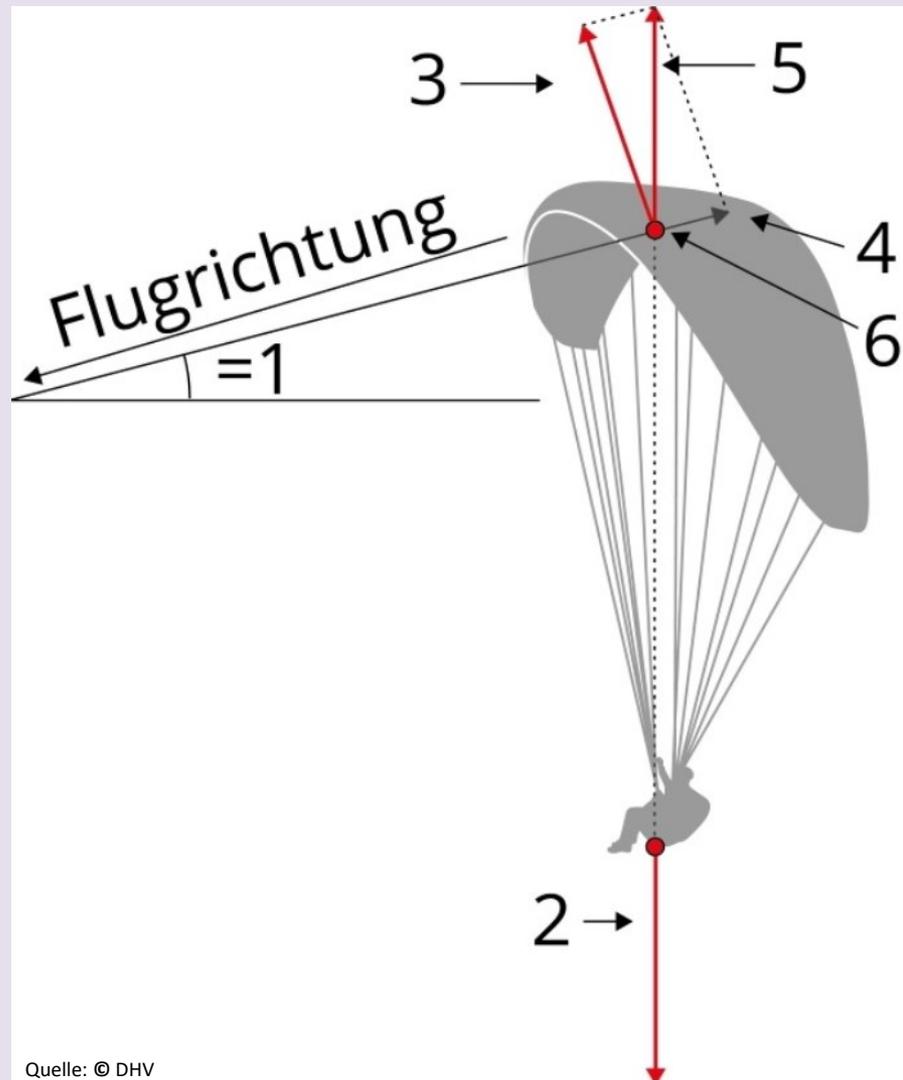
Aerodynamik

Kräfte am Flügel



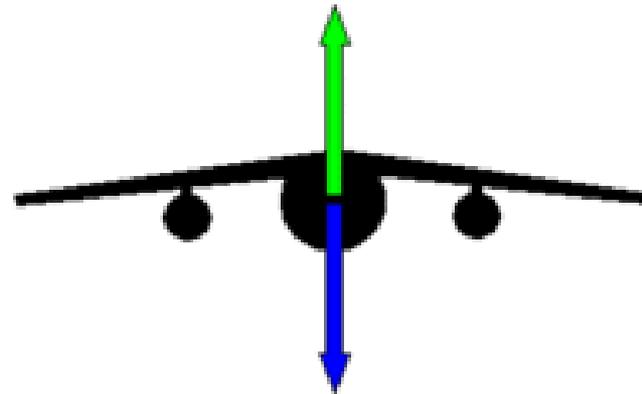
Aerodynamik

Kräfte am Flügel



Quelle: © DHV

- ① Anstellwinkel
- ② Gewichtskraft
- ③ Auftrieb
- ④ Widerstand
- ⑤ Totale Luftkraft
- ⑥ Druckpunkt



$$\theta = 0^\circ$$

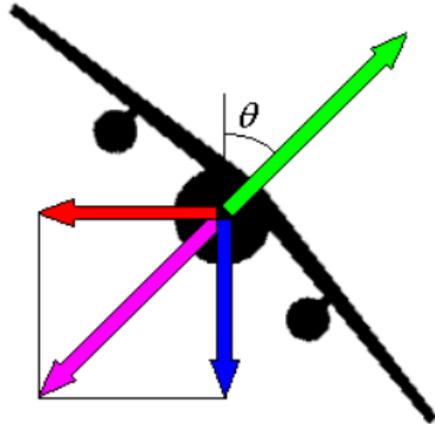
$$g = 1$$

-  Totale Luftkraft
-  Gewichtskraft
-  Zentrifugalkraft
-  Kurvengewicht

Quelle: © Von Deeday-UK - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10401889>

Aerodynamik

Kurvenflug - Kräfte



$$\theta = 45^\circ$$

$$g = 1.4$$

-  Totale Luftkraft
-  Gewichtskraft
-  Zentrifugalkraft
-  Kurvengewicht

Beim Kurvenflug wird die Gewichtskraft durch die Zentrifugalkraft verstärkt.

Sie wird kompensiert durch die Totale Luftkraft und wirkt senkrecht zur Querachse.

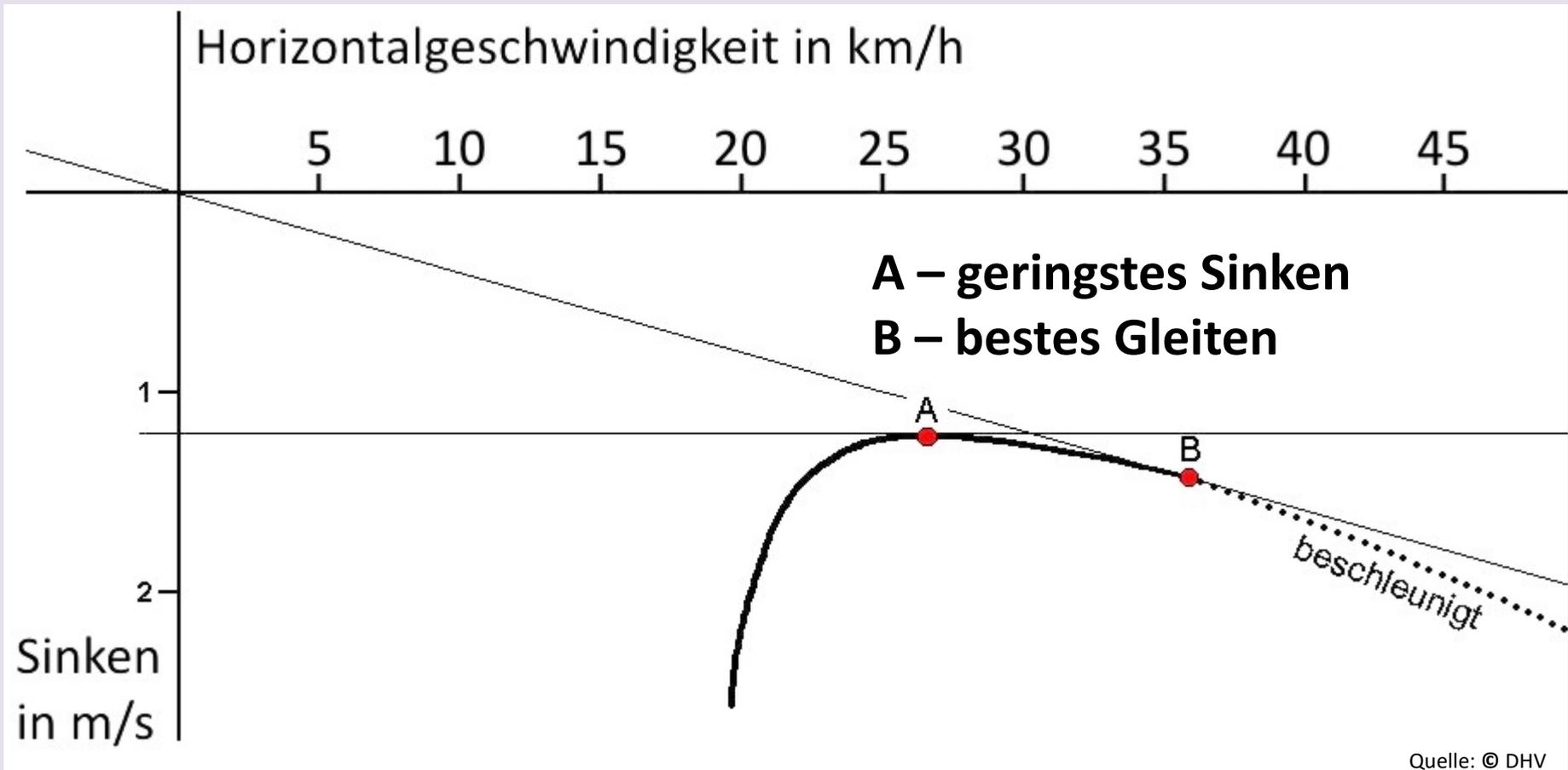
Bei einer Steilspirale entstehen hohe G-Kräfte!

Quelle: © Von Deeday-UK - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10401889>

Belastung	Symptome
1–2 g	uneingeschränkt ertragbar
2–3 g	beginnende Einengung des Gesichtsfeldes
3–4 g	röhrenförmiges Gesichtsfeld, Farben?
4–5 g	Blackout
5–6 g	Bewusstlosigkeit

Aerodynamik

Polare



- geringstes Sinken bei ca. 27 km/h mit ca. 1-1,2 m/s Sinken
- bestes Gleiten bei ca. 37 km/h mit ca. 1,5 m/s Sinken
- Minimalfahrt bei ca. 20 km/h.

Aerodynamik

Widerstand



- **Form + Restwiderstand**
Pilot mit Gleitschirm, Gurtzeug, Leinen
- **Induzierten Widerstand (Randwirbel)**
Druckausgleich an den Flügelenden
- **Interferenzwiderstand**
gegenseitige Beeinflussung der Strömungen
Luftwirbel der Leinen die hintereinander stehen

ca. jeweils $1/3$ Form+Rest / Induzierten / Interferenzwiderstand.

Aerodynamik

Induzierter Widerstand

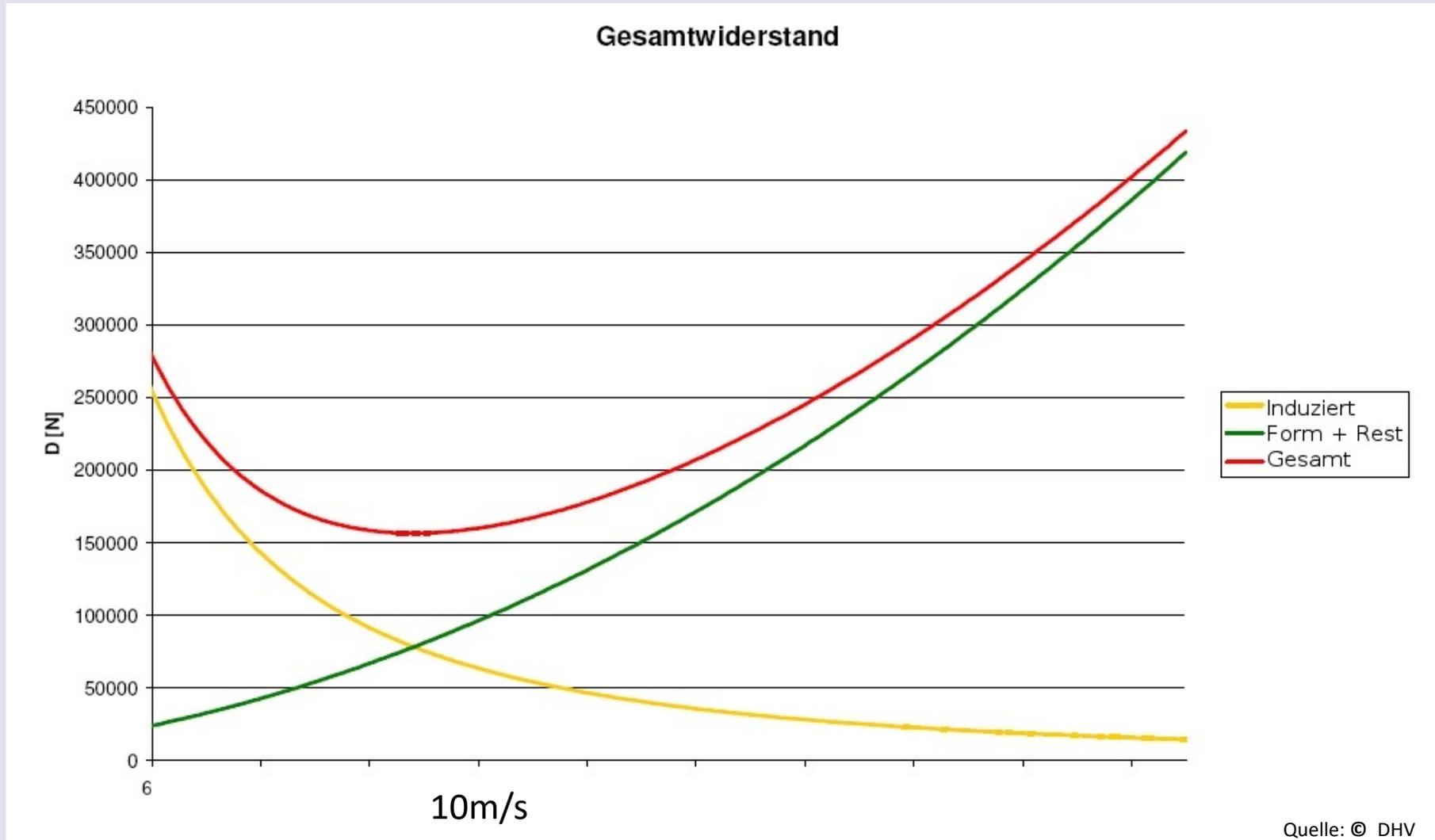


Quelle: © Mil.ru, CC-BY 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=65572595>

**Entsteht durch Ausgleich von Unterdruck und Überdruck am Flügelende!
Je größer die Streckung, desto geringer der induzierte Widerstand.
Er verringert sich mit zunehmender Geschwindigkeit.**

Aerodynamik

Widerstand



Aerodynamik

Auftriebsformel



$$\text{Auftrieb} = C_a \times \frac{1}{2} \times \text{Luftdichte} \times \text{Geschwindigkeit}^2 \times \text{Flügelfläche}$$

- **Auftriebsvergrößerung linear zur Flächenvergrößerung**
- **Auftriebsvergrößerung quadratisch zur Geschwindigkeitserhöhung**
- **Auftriebsverringern linear zur Verringerung der Luftdichte.**

C_a Auftriebsbeiwert ist abhängig von Profilform und Anstellwinkel und liegt zwischen 0,5 - 0,9

Aerodynamik

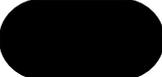
Widerstandsformel



$$\text{Widerstand} = C_w * \frac{1}{2} \times \text{Luftdichte} \times \text{Geschwindigkeit}^2 \times \text{Flügelfläche}$$

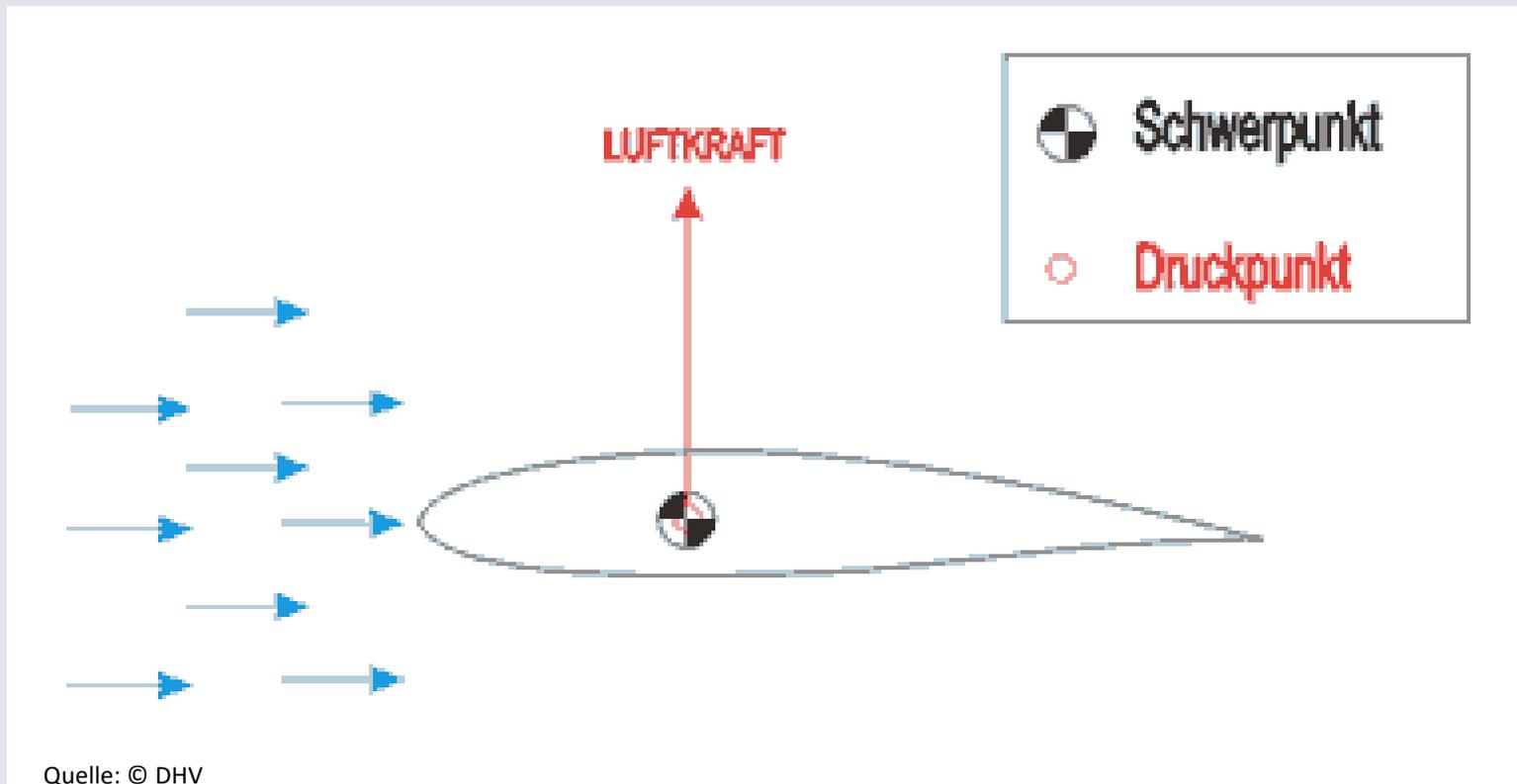
- Widerstandsvergrößerung linear zur Querschnittsfläche
- Widerstandsvergrößerung quadratisch zur Geschwindigkeitserhöhung
- Widerstandsverringern linear zur Verringerung der Luftdichte

$C(w)$ Widerstandsbeiwert ist abhängig von Profilform und Anstellwinkel

	1,35 C_w
	1,12 C_w
	0,45 C_w
	0,31 C_w
	0,11 C_w
	0,06 C_w

Aerodynamik

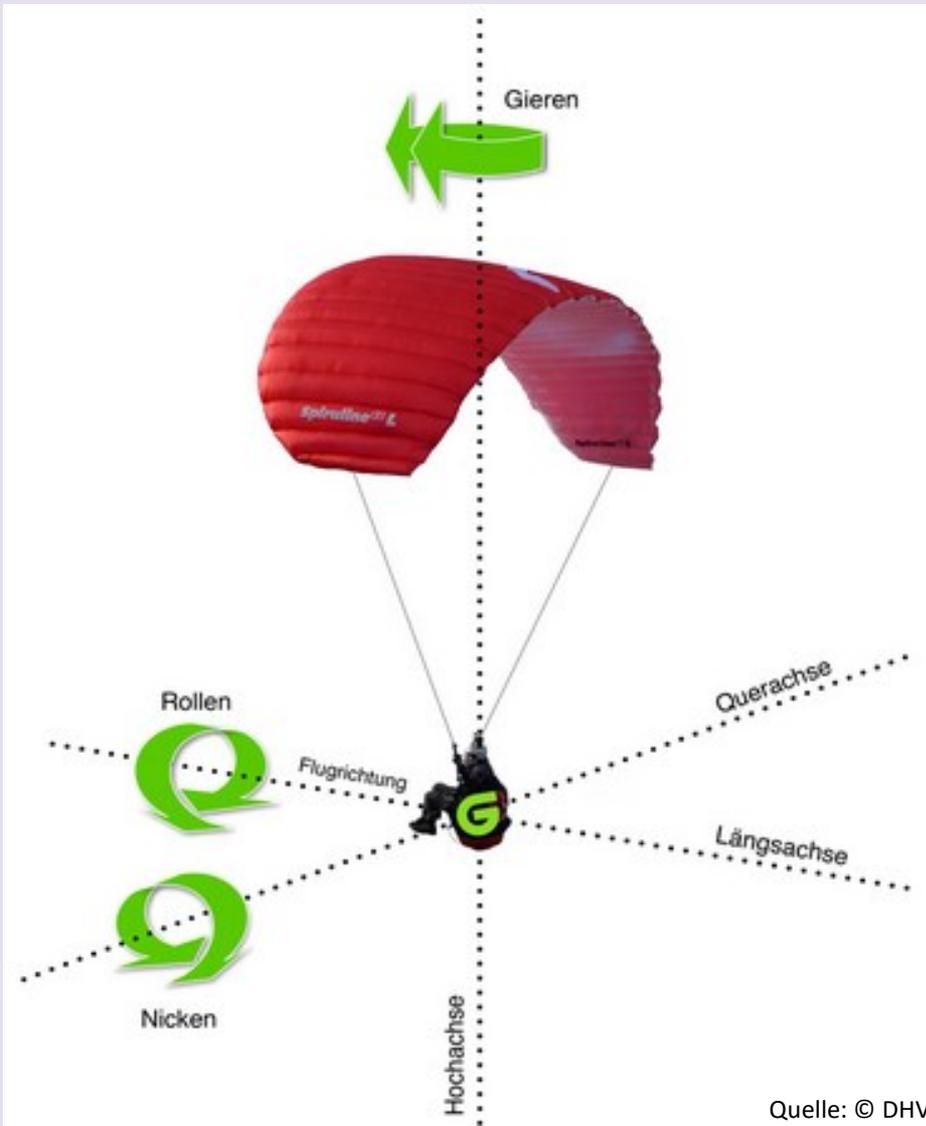
Druckpunktwanderung



**Druckpunkt wandert mit kleinerem Anstellwinkel nach hinten.
Der Gesamte Auftrieb verschiebt sich nach hinten.**

Aerodynamik

Stabilität - Achsen



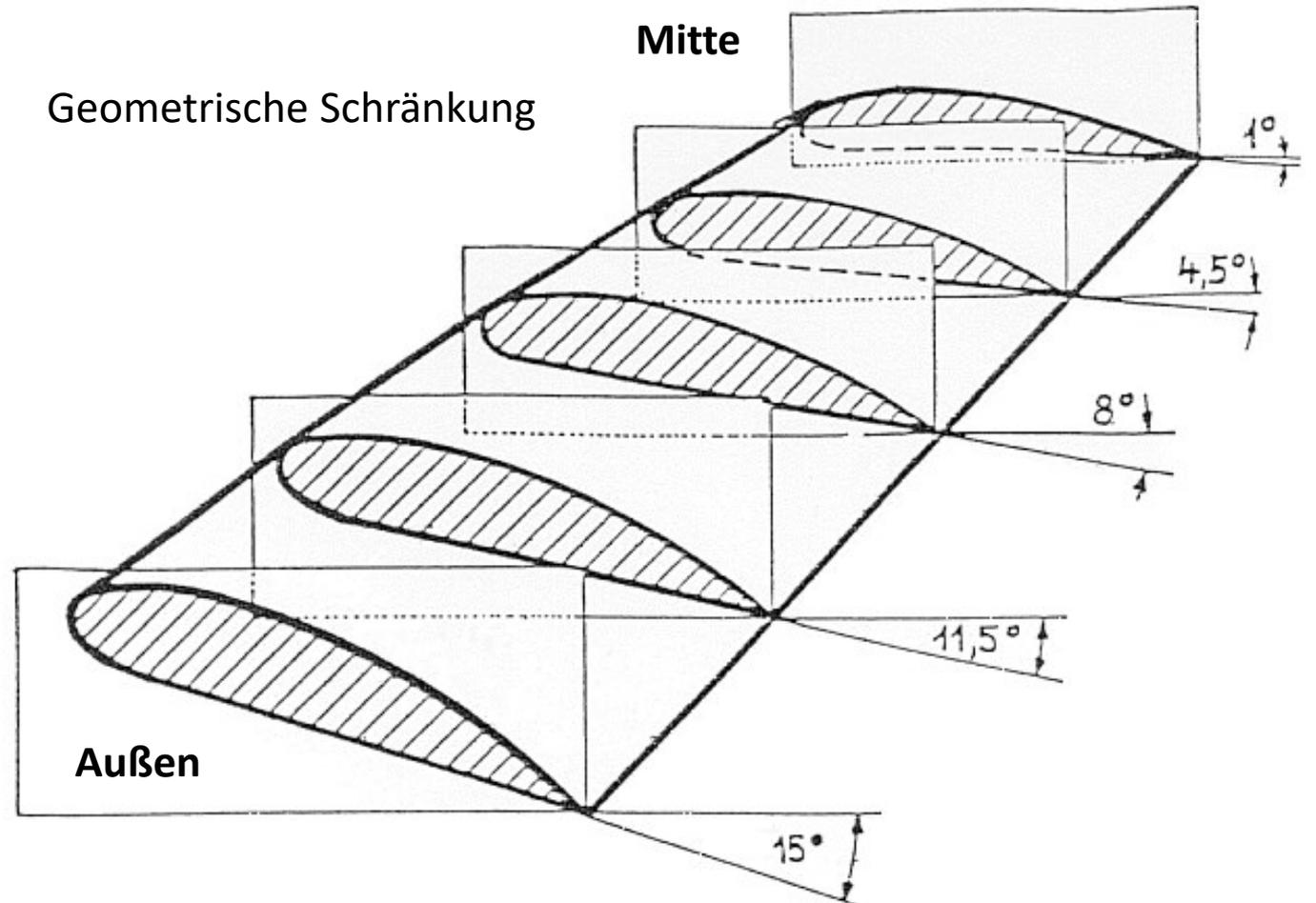
Pendelstabilität

Durch die ausgleichende Wirkung des tief hängenden Piloten.

Pilot als Pendel!

Aerodynamik

Schränkung



Quelle: © DHV

**Der Anstellwinkel ist außen größer, als in der Mitte.
Somit wird die Strömung zuerst außen abreißen!**

Aerodynamik

Fragen





Martin Lehmann
Augustaanlage 38
68165 Mannheim

Telefonnummer 0621 122 811 43
E-Mailadresse info@Planet-Para.de





Copyright © Vera Naujok

Die Urheber- und alle anderen Rechte an Inhalten, Bildern oder anderen Dateien gehören ausschließlich Vera Naujok oder den jeweils speziell genannten Rechteinhabern.

Die Reproduktion, Veröffentlichung oder Weiterverwendung jeglicher Elemente sowie die Verknüpfung (Links) oder anderweitige Benutzung dieser Präsentation ist ohne vorgängige schriftliche Zustimmung von Vera Naujok untersagt.

Nach dem Kauf der Präsentation:

- Erlaubt sind flugschulspezifische Anpassung über den Folienmaster und der Fußzeile.
- Das Herunterladen als PDF oder Ausdrucken dieser Präsentation ist für den privaten, nicht kommerziellen und nicht öffentlichen Gebrauch gestattet, sofern keine Copyrightvermerke oder andere gesetzlich geschützten Bezeichnungen entfernt werden. Durch das Herunterladen oder Kopieren von Inhalten, Bildern oder anderen Dateien werden keinerlei Rechte bezüglich der Inhalte übertragen.
- Erlaubt ist die Weitergabe als PDF oder Ausdruck an die Schulungsteilnehmer und Mitarbeitern der Flugschule für den privaten, nicht kommerziellen und nicht öffentlichen Gebrauch.