

## Das Drachen-Gurtzeug

Beitrag von Bernhard Wienand, [b.wienand@freenet.de](mailto:b.wienand@freenet.de), siehe DHV-Info 189 September 2014.

Bei einer Fixierung auf die Leistung des Fluggerätes wird leicht die Bedeutung des Gurtzeugs für lange Flüge und für sicheres Landen übersehen. Eine anstrengende Lage des Piloten ermüdet und erschwert die Konzentration im Flug und das Landen. Kann sich das Gurtzeug für das Landen nicht genügend aufrichten, so dass sich der Pilot am Trapez hochziehen muss, verliert er das Gespür für den Flügel und den Stallpunkt.

Anhand von Bildern wird analysiert, wie sich Konstruktions- und Ausstattungsmerkmale und Einstellungen der heute gängigsten Gurtzeug-Typen 'Spaghetti-Gurtzeug' und 'Gurtzeug mit Rückenplatte' auf den Liegekomfort und das Aufrichten zum Landen auswirken.

Fotos von über 86 Gurtzeugen findet man unter [www.delta-club-82.com/bible/liste-harnais.php](http://www.delta-club-82.com/bible/liste-harnais.php).

### Anforderungen

Die Lufttüchtigkeitsforderungen (LTF) des Luftfahrt-Bundesamtes (LBA) beschränken sich im Wesentlichen auf folgende Vorgaben für Gurtzeuge für Hängegleiter:

- Es muss einer Hängelast vom 9-fachen der höchstzulässigen Pilotenmasse, mindestens jedoch von 9.000 N  $\approx$  917 kp, für mindestens 10 Sekunden standhalten. Die meisten Gurtzeuge werden für ein Pilotenmasse von 120 kg ausgelegt, was einer Lastforderung von fast 10.600 N  $\approx$  1.080 kp entspricht.
- Der Abstand zwischen Aufhängeschlaufe und Trapezbasis eines Drachens soll 120 cm betragen, **Bild 1**. Dies ergibt für die Aufhängung eines Gurtzeugs einschließlich Karabiner eine Länge bis zum Rücken des Piloten von gut 70 cm. Eine konkrete Messanweisung fehlt jedoch, und abweichende Werte können zugelassen werden. Die Aufhängeschlaufe eines Drachens ist daher ggf. noch auf das Gurtzeug abzustimmen. Der Pilot sollte im Gleitflug waagrecht mit der Brust etwa 10 bis 15 cm über der Basis liegen, **Bild 1**. Die Basis verläuft dabei, je nach Körpergröße des Piloten, etwa auf Höhe des Kinns.

Wie die übrigen Anforderungen,

- leichtes und genügendes Aufrichten für das Landen ( $\geq$  45 Grad, ideal 60 Grad),
- komfortable und ermüdungsarme Lage des Piloten,
- aerodynamisch günstige Umkleidung,
- Isolierung in kalter Höhenluft,
- Schutz vor Schürfwunden bei Bauchlandungen oder missglückten Landungen, etc.

zu erfüllen sind, bleibt freigestellt.

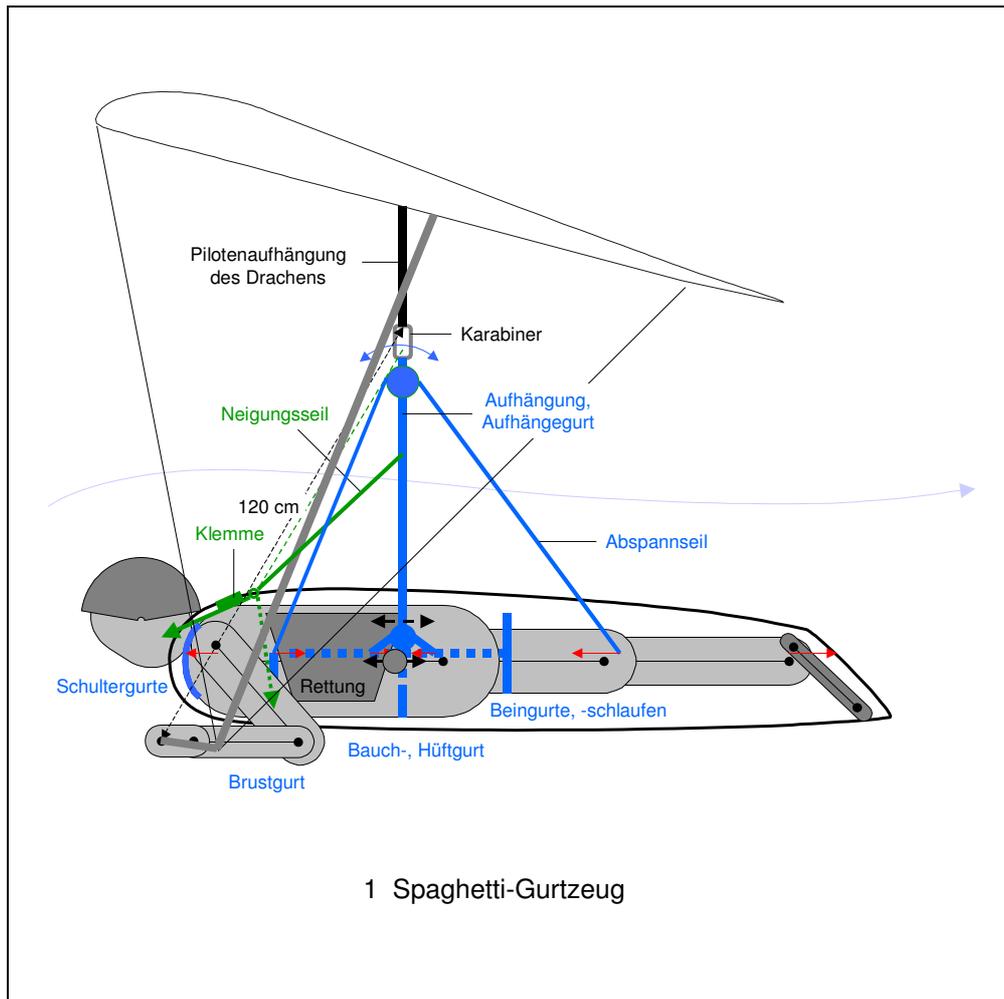
### Spaghetti-Gurtzeug und Gurtzeuge allgemein

Der in **Bild 1** dargestellte Gurtzeug-Typ ist aus dem Kniehänger über die Liegeschürze (und das Karpfen-Gurtzeug) entstanden. Der Pilot hängt an zwei Gurten, die auf beiden Seiten etwa im Schwerpunkt der Last angreifen, möglichst noch etwas tiefer. Abspannseile, die über eine Rolle oder Scheibe unterhalb des Karabiners laufen, ermöglichen die gerade Lage des Piloten, deren Neigung sich durch das Neigungsseil einstellen lässt. Wegen der vielen, oben zusammenlaufenden Strippen werden solche Gurtzeuge als Spaghetti-Gurtzeuge bezeichnet.

Die schräg angreifenden Abspannseile ziehen die Hülle beidseitig Richtung Pilotenaufhängung. Damit man nicht durchhängt (Bananenhaltung), ist das Gurtzeug durch Druck auf das Fußende und die Schultergurte zu strecken, was anstrengt, die Konzentration auf den Flug mindert und bei längeren Flügen zu Verspannungen und Krämpfen in den Waden führen kann.

Vorteile diese Gurtzeug-Typs sind ein geringes Gewicht (ohne Rettung und Packsack nur gut 4 kp mit Karabiner), ein geringer Preis und, wenn die Aufhängegurte genügend tief angreifen, ein leichtes und hohes Aufrichten zum Landen.

Für den Windschlepp ist bei Gurtzeugen außerdem ein Klinkenseil vorgeschrieben, das die Schleppklinge mit dem Karabiner verbindet, so dass der Zug des Schleppseils nicht das Neigungsseil belastet. Zur Aufnahme der Klinge haben Gurtzeuge im Brustbereich ein Paar Schlaufen, für den UL-Schlepp ggf. ein zweites, weiter vorne liegendes Paar.



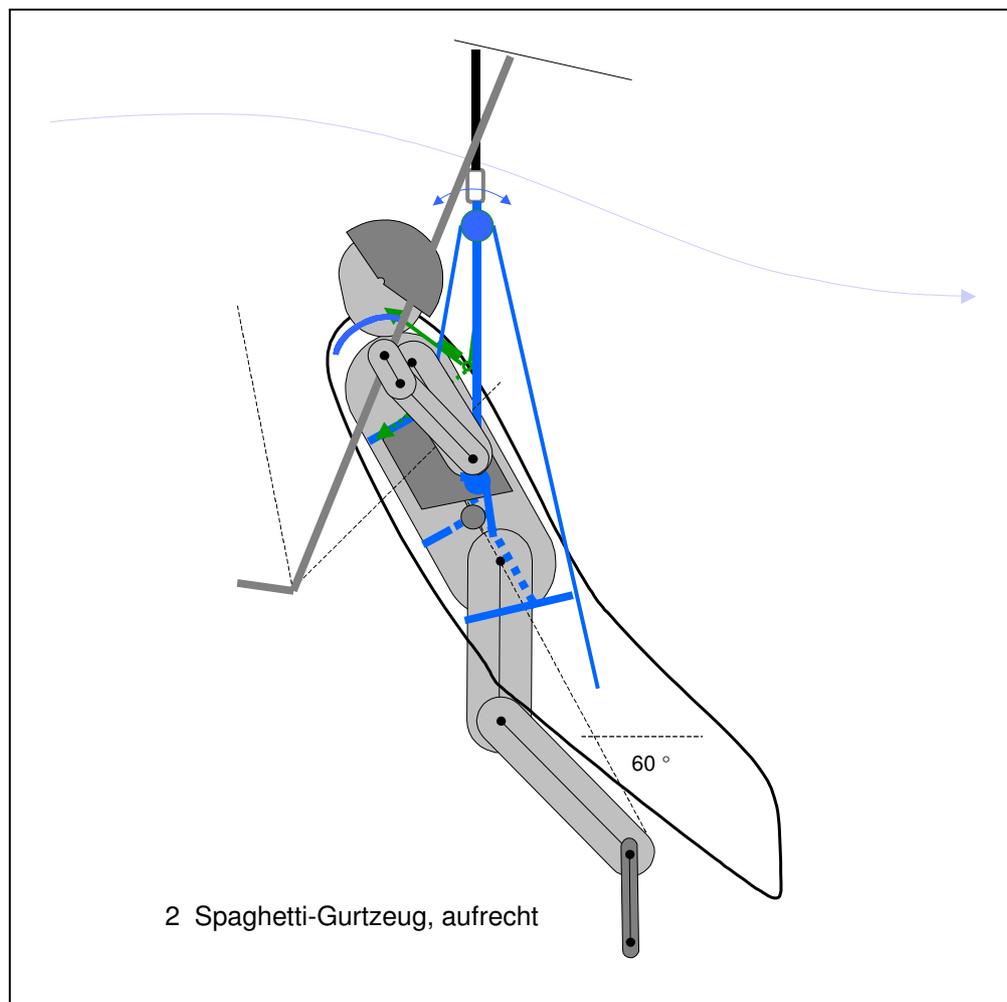
Im Gleitflug erzeugt der Pilot den geringsten Widerstand, wenn er parallel zur Strömung unter dem Flügel liegt. Die Strömungsrichtung ergibt sich aus der Anströmung vor dem Flügel und dem Anstellwinkel des Flügels, der die Strömung umlenkt, und ist (auf Fotos) an Windfäden an der Unterverspannung und am Trapez zu erkennen. Bei 120 bis 140 cm unter dem Flügel ist eine etwa waagerechte Lage des Piloten optimal, im Schnellflug, z.B. bei Gegenwind, sollte er vorne noch etwas tiefer liegen. Schon bei waagerechter Lage ist es über längere Zeit anstrengend, den Kopf für den Blick nach vorne oder gar nach oben (Wolken) genügend hoch zu halten. Zur Entspannung sollte bzw. muss man sich daher gelegentlich etwas aufrichten, z.B. beim Kreisen in der Thermik. Eine geeignete Kopfstütze oder –aufhängung ist noch nicht gefunden worden. Vielleicht würde sie auch das Verletzungsrisiko bei einem Crash erhöhen.

Die Pilotenneigung wird durch ein Neigungsseil reguliert, das vom Karabiner oder etwas unterhalb kommend durch eine Klemme am Gurtzeug läuft und damit verstellt werden kann. Die Klemme befindet sich an der Schulter oder seitlich unter dem Arm. Der Gesamtschwerpunkt von Pilot und Gurtzeug mit Rettung und weiterer Zuladung muss im Trimmflug etwas vor dem Angriffspunkt der Aufhängung am Gurtzeug liegen, so dass das Neigungsseil leicht belastet ist. Der Schwerpunkt des menschlichen Körpers befindet sich bei gestreckter Lage im Bereich der Hüfte, bei angewinkelten Beinen etwas weiter vorne. Als Zusatzgewichte sind Helm und ggf. feste Stiefel zu nennen. Durch einstellbare Schultergurte und ggf. ein Aufpolstern des Fußteils kann der Pilot seinen Schwerpunkt im Gurtzeug etwas verschieben. Der Schwerpunkt des Gurtzeugs wird mit von der Position der Rettung beeinflusst. Der Gesamtschwerpunkt lässt sich zudem noch durch die Verteilung der Zuladung (Schutzhüllen ...) beeinflussen.

Damit sich der Pilot zur Landung aufrichten kann, **Bild 2**, muss der Gesamtschwerpunkt hinter den Angriffspunkt der Aufhängung am Gurtzeug verlagert werden. Dies geschieht zum einen dadurch, dass der Pilot nach unten in seine Beinschlaufen sackt, nachdem er sich an der Basis hoch gedrückt hat. Dazu müssen die Schlaufen genügend weit (eingestellt) sein. Zudem sind

die Aufhängegurte i.d.R. nicht fest mit der Gurtzeughülle seitlich vernäht, sondern über kleine Schlaufen verbunden (z.B. beim 'Eaze' von Moyes), in denen sie nach vorne rutschen können. Durch einen Angriffspunkt unterhalb des Schwerpunkts erhält das Gurtzeug eine Kipptendenz, die das Aufrichten noch erleichtert. Sich gabelnd vernähte seitliche Aufhängegurte (z.B. beim 'Coccon' von La Mouette) erschweren dagegen die Drehfähigkeit des Gurtzeugs, da beim Aufrichten die Kraftlinie durch den hinteren Gurt dieser Gabelung verläuft.

Je mehr Pilot und Gurtzeug jedoch nach unten sacken, desto tiefer und breiter muss der Pilot die Trapezrohre fassen, was den Ausstoßwinkel und die Ausstoßkraft verringert und damit das Landen erschwert, **Bild 8**. Für das Spiel der Beinschlaufen und ein Rutschen der Aufhängung nach vorne ist also ein geeigneter Kompromiss zu finden.



Der mögliche Aufrichtwinkel ist erreicht, wenn sich das Gurtzeug so weit gedreht hat, dass der Gesamtschwerpunkt senkrecht unter dem Angriffspunkt der Aufhängung liegt. Höhere, über dem Schwerpunkt liegende Angriffspunkte reduzieren daher den möglichen Aufrichtwinkel. Ein Angriffspunkt im Rücken muss sich mindestens bis zu den Schulterblättern nach vorne schieben lassen (15 bis 20 cm unterhalb der Schultern bei 180 cm Körpergröße), damit sich der Pilot bis zu 60 Grad aufrichten kann, **Bild 2**.

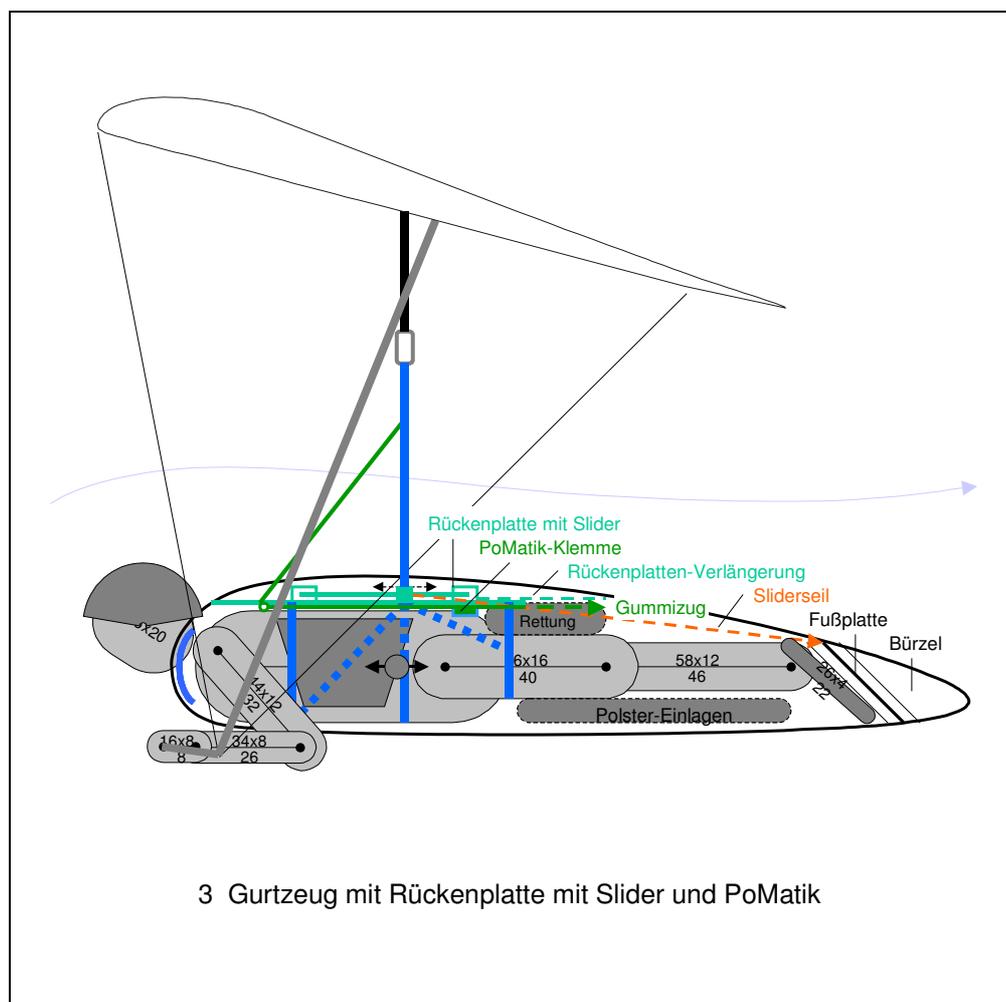
Damit die Aufhängung beim Spaghetti-Gurtzeug möglichst tief angreifen kann, sollte sich ein seitlicher (integrierter) Außencontainer der Rettung möglichst weit vorne befinden.

Da die Abspannseile eine feste Länge haben, wird der hintere Teil des Gurtzeugs beim Aufrichten etwas angehoben, wenn sich der Pilot aufrichtet.

### Gurtzeug mit Rückenplatte

Um den Liegekomfort zu erhöhen und den Luftwiderstand der Abspannseile zu vermeiden, wurden schon bald Alurohre eingebaut, die das Gurtzeug im Aufhängebereich gestreckt hielten. Dies hat zum Gurtzeug mit Rückenplatte (aus Carbon) geführt, die ein glattes Stahlrohr enthält,

auf dem eine Schiebehülse (Slider) gleitet, an der die Aufhängung befestigt ist, **Bild 3**. Seitliche Einlagen im Bereich des Knies polstern die Beine ab und glätten dort die Kontur. Zur weiteren Verringerung des Luftwiderstands wird die Rettung gelegentlich hinter dem Po eingebaut, obwohl sie seitlich eingebaut im Windschatten der (angelegten) Arme liegt. Auch der Bürzel soll den Luftwiderstand senken, indem er die Strömung wirbelfrei abfließen lässt. Doch schon die Arme dürften bereits vorne zu Wirbeln führen. Aber 'das Auge isst nun mal mit', und bereits der Glaube an eine schnelle Ausrüstung spornt ja zu mehr Leistung an. Die Rettung hinter dem Po verschiebt den Gesamtschwerpunkt etwas nach hinten, was Vorteile für das Aufrichten zum Landen bietet. Der Gesamtschwerpunkt liegt im Trimmflug knapp vor dem Angriffspunkt der Aufhängung.



Um sich zum Landen genügend ( $\geq 45$  Grad) aufrichten zu können, muss sich der Angriffspunkt der Aufhängung im Rücken des Piloten weit nach vorne ( $\geq 25$  cm) verschieben lassen, wie schon **Bild 2** zeigt. Dazu reicht die Rückenplatte vorne bis zur Schulter des Piloten. Damit auch die Beine gut getragen werden, sollte die Platte hinten annähernd bis zum Knie gehen. Um das Laufen des Piloten nicht zu behindern, insbesondere beim Start, enden Rückenplatten aber bereits auf etwa halber Länge des Oberschenkels, sind gut 80 bis 90 cm lang. Weiteren Liegekomfort bietet eine Rückenplatten-Verlängerung, die bei Start und Landung hochgeklappt oder eingeschoben ist.

Die Breite der Platte sollte gut 30 cm betragen, damit Hüft- und Brustgurt seitlich nicht drücken.

Für die Trimmflugposition kann der Slider durch ein Seil, das ihn mit der Fußplatte verbindet, nach hinten gezogen werden, wenn sich der Pilot (nach dem Start) im Gurtzeug streckt und dabei die Fußplatte nach hinten drückt. Ggf. genügt auch ein Gummi.

Für das Aufrichten zur Landung gibt der Pilot die Fußplatte frei und drückt sich an der Basis nach oben, bis der Slider nach vorne rutscht bzw. Pilot + Gurtzeug nach unten sacken, **Bild 4**. Durch ein Sliderseil wird der hintere Teil des Gurtzeugs beim Aufrichten etwas angehoben.

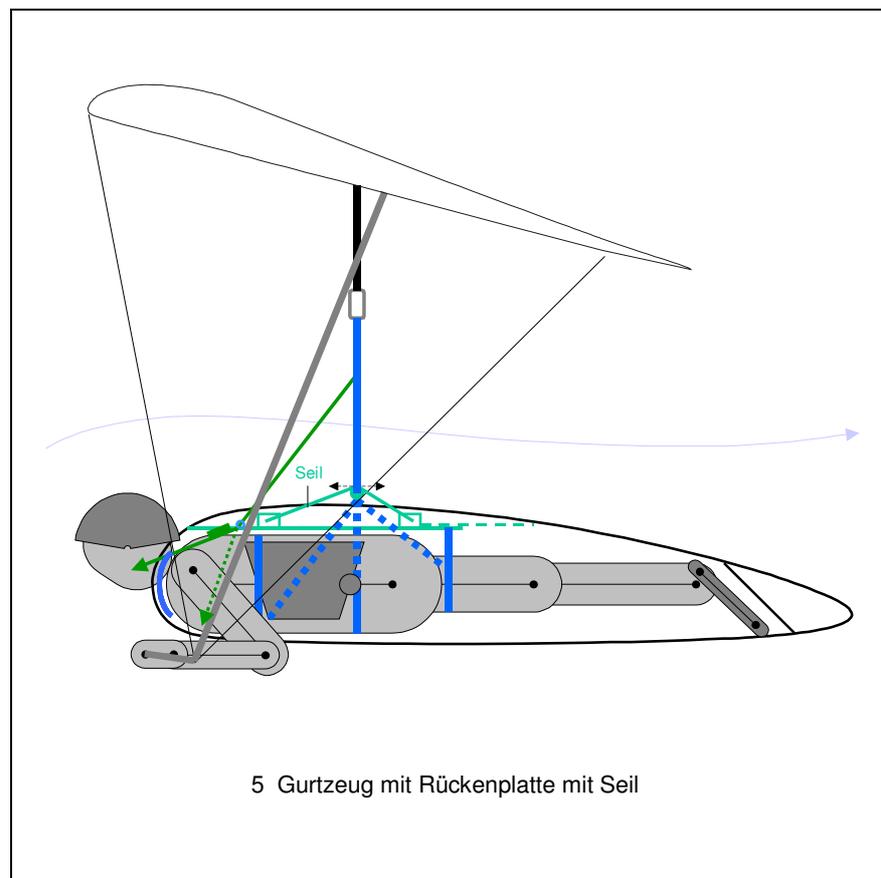


Außerdem stößt diese Gurtzeug-Konstruktion beim Aufrichten an Grenzen. Der Aufrichtwinkel nimmt zwar noch zu, wenn der Slider zunehmend nach vorne kann, **Bild 4**. Der Slider darf aber auch nicht zu weit nach vorne rutschen, denn sonst sacken Pilot und Gurtzeug beim Aufrichten zu weit nach unten, wie auch bei einem Sacken in die Beinschlaufen (beim Spaghetti-Gurtzeug), so dass sich die Trapezrohre zum Landen und Ausstoßen nicht genügend hoch greifen lassen, **Bild 8**.

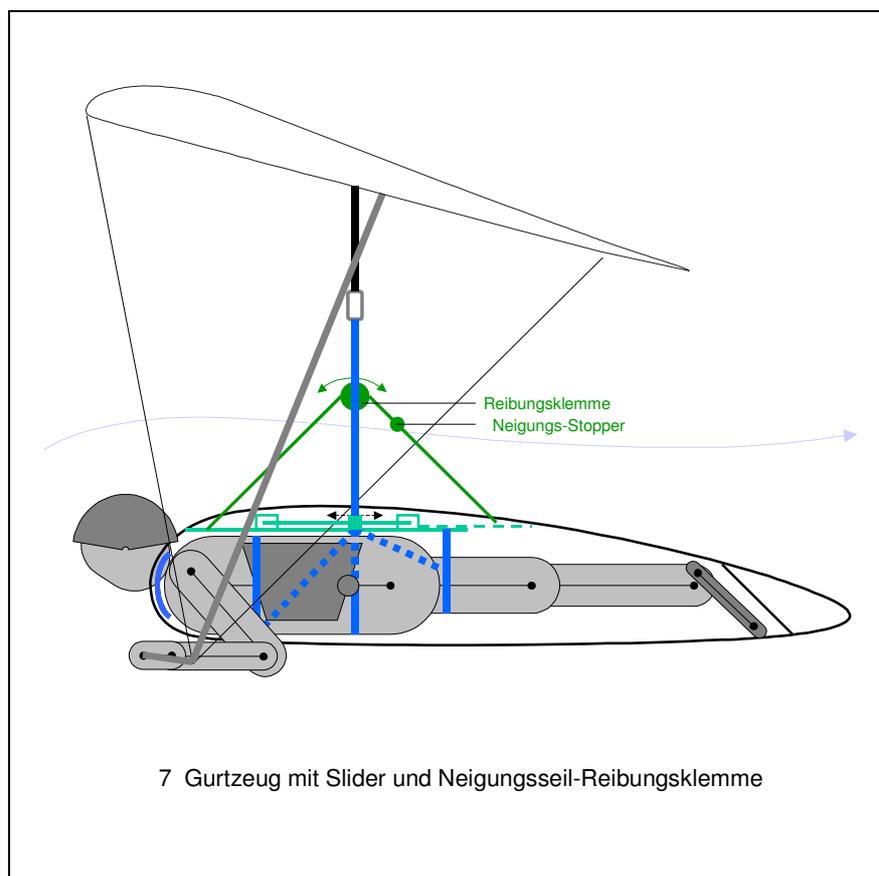
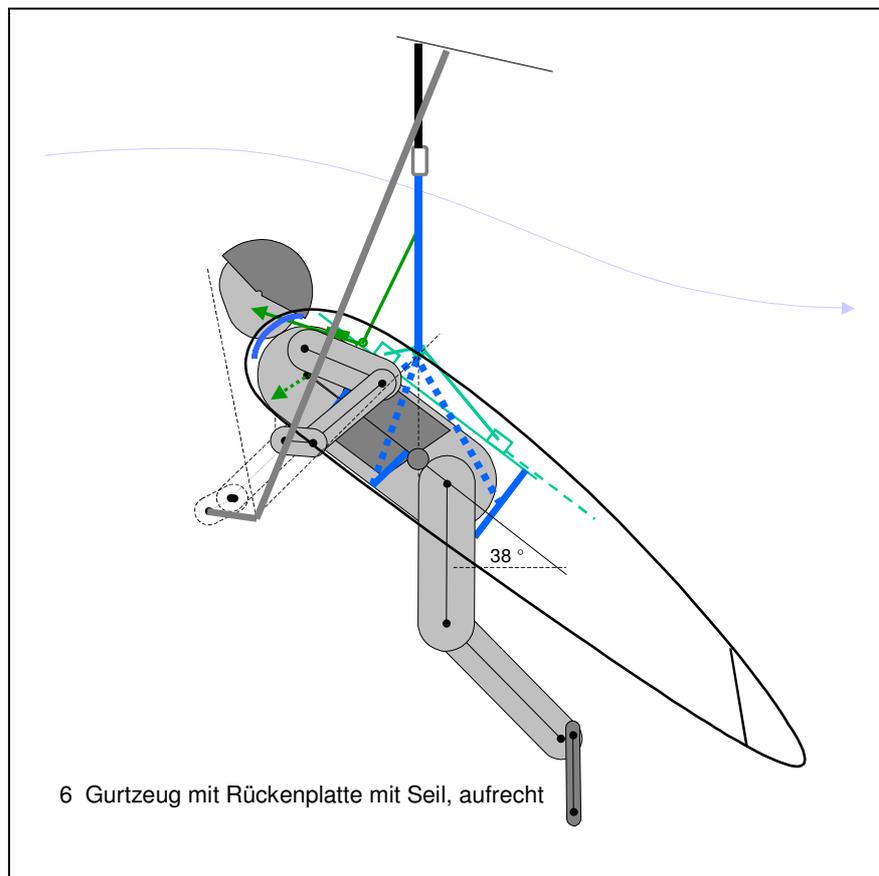
### Rückenplatte mit Varianten

Statt eines Stahlrohrs mit Slider enthält die Rückenplatte mancher Gurtzeuge ein Seil, unter dem eine Scheibe (Rolle) gleiten kann, an der die Aufhängung befestigt ist, **Bild 5**. Dies ermöglicht zwar auch ein leichtes Verschieben des Angriffspunktes der Aufhängung gegenüber dem Schwerpunkt, hat aber den Nachteil, dass die Aufhängung noch höher angreift, was zu einem nur ungenügenden Aufrichtwinkel führen kann, **Bild 6**. Die Neigung kann per Klemme vorne oder eine PoMatik eingestellt werden.

Des weiteren wird auch eine Rückenplatte mit Seil und Gleithülse statt Scheibe (oder Rolle) angeboten. Hier soll die höhere Reibung der Gleithülse dafür sorgen, dass eine vom Piloten eingenommene Neigung beibehalten wird ('Eigenstabiles System'). Daher wird auf ein Neigungsseil verzichtet. Dies birgt jedoch die Gefahr, dass der Pilot vorne unter die Basis pendelt, wenn die Hülse nach hinten rutscht.



Bei manchen Gurtzeugen wird die Neigung durch ein Seil verstellt, das vorne vom Rücken kommend über eine scheibenförmige Reibungsklemme in der Aufhängung läuft und weiter hinten im Bereich des Knies wieder mit der Hülle oder der Rückenplatten-Verlängerung verbunden ist, **Bild 7**. Unter Last verklemt sich das Seil im Schlitz der Scheibe und fixiert so die vom Piloten eingenommene Neigung. Legt sich der Pilot ins Hohlkreuz und winkelt die Unterschenkel an, wird das Seil entlastet, so dass die Reibung nachlässt und die Neigung verändert werden kann. Eine Variante hiervon ist ein unter der Rückenplatte umlaufendes Neigungsseil mit je einer Reibungsklemme vorne und hinten ('Twin Lock').

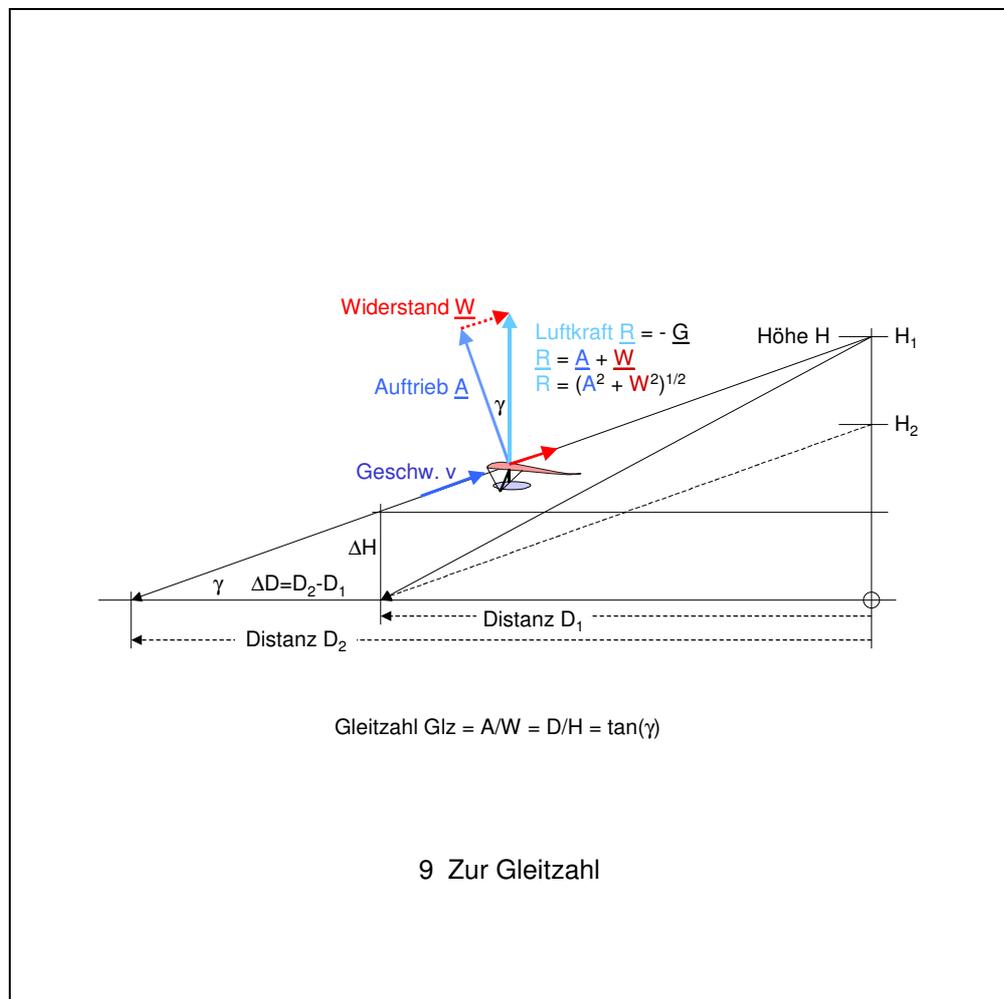


Auch bei Verwendung einer Reibungsklemme kann der Pilot bei der Neigungsverstellung beide Hände an der Basis lassen. Ohne Neigungs-Stopper (Knoten im Seil hinter der Aufhängung) besteht auch bei diesem System die Gefahr, vorne unter die Basis zu pendeln.



## Gurtzeug und Gleitzahl

Die Gleitzahl Glz eines Gleiters ist das Verhältnis von erreichter Distanz  $D$  zur Abflughöhe  $H$ ,  $Glz = D/H$ . Der Gleitwinkel  $\gamma$  ergibt sich aus  $D/H = \tan(\gamma) = Glz$ , **Bild 9**. Damit entspricht auch das Verhältnis von Auftrieb  $A$  zum Luftwiderstand  $W$  der Gleitzahl,  $A/W = \tan(\gamma) = Glz$ .



Der Luftwiderstand  $W$  setzt sich aus dem Widerstand des Flügels ohne Pilot,  $W_F$ , und dem des Piloten je nach Gurtzeug,  $W_P$ , zusammen,  $W = W_F + W_P$ . Um den Einfluss des Gurtzeugs auf die Gleitzahl einschätzen zu können, müssen diese Widerstände bekannt sein. Interferenz zwischen dem Flügel und dem etwa 1,2 m unter dem Flügel hängenden Pilot kann dabei vernachlässigt werden.

Der Luftwiderstand eines parallel im Luftstrom in einem Spaghetti-Gurtzeug mit Frontcontainer (Rettung auf der Brust) liegenden Piloten, der breit die Basis greift, ist früher einmal in Windkanälen gemessen worden:

- Nach einem Artikel des Drachenflieger-Magazins April 1981 im neuen Windkanal von BMW für den neuen 'Schlafsack' von Steinbach, Österreich, mit integriertem (verkleidetem) Frontcontainer, bei 30 km/h ein Widerstand von 0,59 kp = 5,8 N. Hierzu wurde, bezogen auf eine Stirnfläche von 1 m<sup>2</sup>, ein Widerstandsbeiwert von 0,15 berechnet. Demnach wurde eine Luftdichte  $\rho$  von nur etwa 1,125 kg/m<sup>3</sup> angenommen, entweder versehentlich statt 1,225 kg/m<sup>3</sup> oder für ca. 30 °C warme Luft. Für 40 km/h und eine Luftdichte von 1,225 kg/m<sup>3</sup> (auf Meereshöhe bei 15 °C) ergibt sich ein Widerstand von 1,14 kp = 11,2 N.
- Im Auftrag von Bautek 1987 in einem allerdings nur 1,26 m breiten und 0,84 m hohen Windkanal der Uni Kaiserslautern für einen Piloten mit Nacken-Helm im Gurtzeug 'Line' von Scorpio, Frankreich, bei 40 km/h ein Widerstand von 6,87 N = 0,70 kp.

Da beide Untersuchungen bzw. Dokumentationen methodische Schwächen haben, wird für die Abschätzung des Einflusses des Pilotenwiderstands  $W_P$  auf die Gleitzahl für ein heutiges Spaghetti-Gurtzeug mit seitlich integrierter Rettung ein um 5% reduzierter Mittelwert beider Messungen angenommen. Bezogen auf 40 km/h = 11,11 m/s und  $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$  erhält man so  $W_{P,Sp} = 8,58 \text{ N} = 0,875 \text{ kp}$ .

Bei eng anliegenden Armen lässt sich der Pilotenwiderstand noch etwas reduzieren, aber bei Fehltagen des Piloten, wie sie im Flug ständig auftreten, kann er durchaus um 50% zunehmen.

Welchen Anteil  $\Delta W_S$  die Seile und Aufhängegurte am Widerstand  $W_P$  bei 11,11 m/s und  $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$  haben, lässt sich aus dem Widerstandsbeiwert für einen senkrecht angeströmten Zylinder,  $c_{W,Zyl} \approx 1,0$ , und den sich aus typischen Durchmessern und Längen der Seile und Gurte ergebenden Stirnflächen ermitteln, siehe die folgende Tabelle:

Seil, Gurt	$\varnothing$ [mm]	Länge [m]	Anz.	Fläche [m <sup>2</sup> ]	$\Delta W_S$ [N]	$\Delta W_S$ [kp]
Aufhängung	10	0,7	(1) 2	0,0140	1,058	0,1079
Abspannseile	4	0,7	(0) 4	0,0112	0,847	0,0863
Neigungsseil	4	0,7	(1) 1	0,0028	0,212	0,0216
Anteil am Spaghetti-Gurtzeug				0,0280	2,117	0,2158
Anteil am Rückenpl.-Gurtz. (x)				0,0098	0,741	0,0755

Als Längen sind die projizierten Längen senkrecht zur Strömungsrichtung angegeben.

Durch weniger Seile und Gurte beim Gurtzeug mit Rückenplatte (Angaben in Klammern oben) reduziert sich der Pilotenwiderstand um 1,376 N = 0,1403 kp:

Pilot mit Spaghetti-Gurtz., $W_{P,Sp}$		Reduzier. $W_{P,Sp} - W_{P,Rü}$		Pilot mit Rückenpl.-G., $W_{P,Rü}$	
N	kp	N	kp	N	kp
8,58	0,875	1,38	0,140	7,20	0,735

Der Widerstand des reinen Drachenflügels,  $W_F$ , wird bei Messfahrten zur Prüfung der Nick-Stabilität mit festgestellt. Aufgrund erheblicher Störgrößen, z.B. Fahrbahnstöße, unterliegen die Messwerte jedoch einer starken Streuung, sind somit noch fachlich zu interpretieren.

Von der Prüfstelle des DHV liegen mir komplette Messdaten zum SP-12 vor, einem Hochleister von 1989. Die Messprotokolle vom Spice, einem Turmlosen von 2003, und vom Impact, einem Starren von 2001, enthalten nur noch Zahlen zum Auftrieb A und zur totalen Luftkraft R. Der Widerstand  $W_F$  kann hieraus nach dem Satz des Pythagoras  $W_F = (R^2 - A^2)^{1/2}$  errechnet werden. Wegen der hohen Streuung der Daten und den mit zunehmender Gleitzahl sehr dicht beieinander liegenden Werten von R und A sind diese Ergebnisse für  $W_F$  jedoch besonders auf Plausibilität zu prüfen.

Zu validen Aussagen kommt man sonst nur über statistische Verfahren anhand einer genügend großen Stichprobe. Ein solcher Ansatz von WillsWing für den Falcon 2, ein aktuelles Anfängergerät, und den Sport 2, ein aktueller Intermediate, wird im Magazine 'HangGliding & Paragliding' des amerikanischen Verbands im Juni 2012 beschrieben. Als zu tragende Last wurden hier jedoch nur 800 N, knapp 82 kp, zugrunde gelegt, also unrealistisch wenig. Dies führt zu weniger Schränkung und damit zu etwas zu guten Gleitzahlen.

Aus diesen verfügbaren Informationen wurden je Gerät stimmige Datensätze im Bereich ihrer maximalen Gleitzahl ausgewählt, und die dabei gemessenen Luftwiderstände des Flügels unter Beibehaltung der Gleitzahl einheitlich auf 40 km/h und einen Auftrieb von 1.275 N, also eine Last von gut 130 kp, umgerechnet ('normiert'). Auf dieser Basis konnten die Widerstände des reinen Flügels fundiert eingeschätzt werden, zumindest in ihrer Größenordnung für die vier Geräte-Klassen beim Drachen.

Mit den oben ermittelten Pilotenwiderständen je Gurtzeug ergeben sich so folgende Gleitzahlen für den reinen Flügel,  $Glz_F$ , und für den Flügel mit Pilot im Spaghetti-Gurtzeug,  $Glz_{P,Sp}$ , und im Gurtzeug mit Rückenplatte,  $Glz_{P,Rü}$ :

Geräte-Klasse	$W_F$ [N]	$Glz_F$	$Glz_{P,Sp}$	$Glz_{P,Rü}$	$Glz_{P,Rü} - Glz_{P,Sp}$	%
Anfängergerät	110	11,59	10,75	10,88	0,13	1,21
Intermediate	90	14,17	12,93	13,12	0,19	1,47
Flexi-Hochleister	75	17,00	15,25	15,51	0,26	1,71
Starrer	60	21,25	18,59	18,97	0,38	2,04

Nach diesen Berechnungen bringt das windschlüpfrigere Gurtzeug mit Rückenplatte gerade einmal eine um gut 1–2 % bessere Gleitzahl. Viel entscheidender ist, dass der Pilot perfekt im Luftstrom liegt, denn schon mäßige Fehllagen können den Pilotenwiderstand um bis zu 50% erhöhen. Hier wirkt sich ein weites Gurtzeug schon eher nachteilig aus.

Die aus einer Höhe  $H$  erzielbare Reichweite  $D$  ergibt sich direkt aus der Gleitzahl,  $D = Glz * H$ . Demnach führt eine Gleitzahl-Differenz  $Glz_1 - Glz_2$  für eine Höhe  $H$  zu einer Reichweiten-Differenz  $D_1 - D_2 = (Glz_1 - Glz_2) * H$ . Bei einer Abflughöhe  $H = 1.000$  m ergibt 1 Gleitzahlpunkt (mehr) also 1.000 m (mehr) an Reichweite, **Bild 9**. Damit kommt ein Anfängergerät mit dem schnelleren Gurtzeug aus 1.000 m Höhe nach 10,75 km 130 m weiter, ein Starrer nach 18,59 km 380 m.

Die für eine Reichweite  $D$  benötigte Höhe  $H$  ergibt sich aus  $H = D/Glz$ . Für eine Gleitzahl-Differenz  $Glz_1 - Glz_2$  erhält man also für eine Distanz  $D$  die Höhen-Differenz  $H_1 - H_2 = D * (1/Glz_1 - 1/Glz_2)$ . Da auch  $Glz = A/W$  bzw.  $1/Glz = W/A$ , ist die Höhen-Differenz je Distanz  $D$  bei gleichem Auftrieb  $A$  nur von der Differenz der Widerstände  $W_1 - W_2$  abhängig,  $H_1 - H_2 = D/A * (W_1 - W_2)$ . Für eine Strecke  $D$  von 1.000 m (ver)braucht ein Drachen von etwa 130 kp Gesamtgewicht mit 1.275 N Auftrieb bei 1,275 N weniger Widerstand gerade einmal 1,0 m weniger Höhe. Bei den 1,38 N weniger Widerstand durch ein Gurtzeug mit Rückenplatte beträgt der Höhengewinn auf 1.000 m knapp 1,1 m. Zum Vergleich: Der Unterschied von 50 N zwischen dem Widerstand eines Anfängergerätes und eines Starren führt dagegen bei 130 kp Gesamtgewicht zu einem Höhengewinn von knapp 40 m pro 1.000 m.

Mit höheren (geringeren) Geschwindigkeiten aufgrund einer flacheren (steileren) Anstellung des Flügels, wie z.B. im Stechflug (beim Kurbeln), wirken sich Unterschiede im Widerstand des Piloten stärker (geringer) auf die Flugleistung aus, da der Widerstand des Flügels geringer zunimmt (abnimmt), denn sein induktiver Widerstand nimmt ab (zu).

Alle Werte wurden hier auf die Geschwindigkeit 40 km/h = 11,11 m/s bezogen, da sie etwa der Trimmfluggeschwindigkeit von Drachen entspricht. Bei Anfängergeräten liegt sie bis zu etwa 10 km/h darunter, bei Starren bis zu etwa 10 km/h darüber.

## Auswahl eines geeigneten Gurtzeugs

Die Auswahl eines geeigneten Gurtzeugs halte ich für ebenso wichtig wie die eines geeigneten Fluggerätes. Auf ein ausreichendes Probeliegen zur Prüfung des Liegekomforts, des Schließens und Öffnens, der Verstellung der Neigung und vor allem des Aufrichtens zum Landen darf keinesfalls verzichtet werden. Aber Vorsicht: Schon ein Fall aus 50 cm mit der Nase auf den Fußboden, wenn z.B. der Haken in der Decke nicht hält, kann böse weh tun! Falls möglich sollte man auch einen Probeflug machen.

Folgende Punkte mögen einer ersten grundsätzlichen Orientierung dienen.

Spaghetti-Gurtzeug oder Gurtzeug mit Rückenplatte?

- Bei Flügen bis zu etwa 2 Stunden liegt man mit dem Spaghetti-Gurtzeug noch komfortabel genug. Greift die Aufhängung seitlich genügend tief an, kann man sich auch leicht zum Landen aufrichten. Und Da bei Genussflügen die Neigung nicht ständig optimiert wird, reicht ein Verstellen über eine Klemme auf der Schulter oder an der Seite aus. Der geringfügig höhere Widerstand mindert die Flugleistung nicht spürbar, insbesondere nicht bei einem Anfängergerät oder einem Intermediate.
- Mit längeren Flügen lernt man den höheren Liegekomfort eines Gurtzeugs mit Rückenplatte schätzen. Dafür nimmt man ggf. auch Abstriche beim Aufrichten zum Landen in Kauf, was eher bei einer Rückenplatte mit Seil statt mit Stahlrohr vorkommen kann. Wichtig ist, dass der Slider weit genug (bis zu den Schulterblättern) nach vorne rutschen kann.

Für ambitionierte Piloten wird auch die Anpassung der Pilotenneigung an die Flugphasen (Kurbeln, Gleiten ...) wichtiger. Die PoMatik ist zwar aufwendig, gilt aber als besonders leicht bedienbar.

Von dem geringeren Widerstand darf man sich dagegen nicht zu viel versprechen: Nach einem Gleitflug über 5 km ist man gerade einmal knapp 5,5 m höher als im Spaghetti-Gurtzeug und kommt damit bei einer Gleitzahl von 15 nur 82,5 m weiter. Entscheidender ist, dass der Pilot immer möglichst parallel zur Strömung liegt.

Generell und je nach Gurtzeug-Typ ist stets auf folgende Punkte zu achten:

- Zur Justierung des Piloten-Schwerpunkts im Gurtzeug, muss dieses genügend groß sein. Dies gilt insbesondere für Spaghetti-Gurtzeuge, denn bei einer Rückenplatte kann der Gesamtschwerpunkt von Pilot und Gurtzeug für den Trimm in Grenzen verschoben werden. Dies ist auch für Maßanfertigungen aufgrund der Schulterhöhe, des Umfangs von Brust und Hüfte und der Schuhgröße zu beachten.
- Generell sollte die Hülle jedoch möglichst eng anliegen, damit sich der Pilotenwiderstand bei Fehllagen gegenüber der Strömung möglichst wenig erhöht. Vor allem um Brust und Bauch sollte das Gurtzeug knapp sitzen, insbesondere bei Gurtzeugen mit Rückenplatte, damit der Aufhängepunkt im Rücken nicht zu hoch gezogen wird (Buckelbildung). Im Bereich des Beckens, das nicht nachgeben kann, sollte es dagegen nicht zu eng sein, damit sich der Reißverschluss noch leicht zuziehen lässt.
- Zur Verschiebung des Piloten-Schwerpunkts im Gurtzeug sind verstellbare Schultergurte unerlässlich. Bei einem zu langen Gurtzeug muss ggf. das Fußende bzw. die Fußplatte aufgepolstert werden.
- Für das Runtersacken beim Aufrichten zur Landung müssen die Beinschlaufen verstellbar sein, insbesondere beim Spaghetti-Gurtzeug, bei dem das Runtersacken überwiegend vom Spiel in den Beinschlaufen abhängt.
- Eine Rückenplatte mit Stahlrohr ist einer Platte mit Seil vorzuziehen, da sie durch einen tieferen Angriffspunkt der Aufhängung ein steileres Aufrichten zum Landen ermöglicht.
- Das Stahlrohr oder Seil der Rückenplatte sollte so lang sein ( $\geq 25$  cm), dass die Aufhängung so weit nach hinten und so weit nach vorne rutschen kann, dass für den Trimmflug eine leicht kopflastige, für das Landen eine möglichst aufrechte Haltung eingenommen werden kann. Ein zu weites Verschieben lässt sich durch Distanzstücke begrenzen.
- Ein Slider sollte für den Trimmflug über ein Sliderseil nach hinten gezogen werden können.
- Die Neigungsverstellung darf kein Durchpendeln des Piloten unter die Basis zulassen (Neigungs-Stopper).
- Ein seitlich integrierter Kleeblatt-Container (wie ein Briefumschlag) für die Rettung ist in jedem Fall einem Tube-Container (wie ein Fach, Schacht) hinter dem Po vorzuziehen. Die seitlich angebrachte Rettung kann mit der Kraft aus dem angewinkeltem Arm leicht aus dem sich öffnenden Kleeblatt-Container gelöst werden, und der Rettungsgriff ist auch noch mit dem Arm von der anderen Seite aus zu erreichen.  
Aus dem Tube-Container hinter dem Po muss die Rettung dagegen mit gestrecktem Arm seitlich herausgezogen werden. Zieht man nach vorne oder sitzt der Rettungsgriff nicht mittig, so kann sich die Rettung verkanten, selbst wenn sich das Fach nach außen konisch weitet. In Sicherheitstrainings zum Werfen der Rettung habe ich mehrmals erlebt, wie Piloten am Rettungsgriff zerrten, ohne die Rettung aus dem Schacht zu bekommen.  
Ein weiter hinten liegender Gesamtschwerpunkt bei einer Rettung hinter dem Po, vorteilhaft für das Aufrichten zur Landung, kann meist auch durch eine andere Gewichtsverteilung (Zuladung) erreicht werden.
- Der mit dem Innen-Container der Rettung über einen etwa 30 cm langen Gurt verbundene und aus dem Außen-Container des Gurtzeugs herausragende Rettungsgriff (Auslösegriff) muss sich so weit herausziehen lassen, dass die am Griff befindlichen Splinte aus den Verschlusschlaufen des Außen-Containers gezogen werden, so dass sich dieser öffnet und die Rettung frei gibt. Die Gurt-Verbindung zwischen Griff und Rettung darf daher nicht zu kurz, und der Innen-Container der Rettung muss richtig in den Außen-Container des Gurtzeugs gelegt sein. Rettung und Gurtzeug müssen zueinander passen, kompatibel sein, was durch die 'K-Prüfung' festzustellen ist.