

Text und Fotos:
Ralf Dietrich



Ausgewogen

Grundlagenwissen zum Thema Waage

In unserem Einsteiger-Workshop dreht sich im Folgenden alles um die richtige Verbindung zwischen Drachen und der Leine. Die Rede ist von der Waage, einer oftmals vollkommen unterschätzten Komponente jedes Drachens. Eines jedoch vorweg: Wir werden uns an dieser Stelle auf Einleiner-Waagen konzentrieren. Bei Lenkdrachen gibt es vollkommen andere Typen von Waagen, wenngleich die physikalischen Gesetze, die dahinter stecken, identisch sind.

Bei der näheren Beschäftigung mit den verschiedenen Waage-Variationen fällt schnell auf, dass die Konstruktionen so vielfältig sind wie unsere Drachentypen. Je nach Modell besteht die Waage aus mehr oder minder vielen Schenkeln. Es gibt Drachen, bei denen der Anteil der Waage im Vergleich zum Spinnaker deutlich überwiegt. Doch egal wie die einzelnen Waagen auch aussehen oder aufgebaut sind, sie folgen alle einem bestimmten Ziel: Den Drachen ordentlich und möglichst günstig im Wind zu platzieren.

Aerodynamik

Im Folgenden legen wir erst einmal eine einfache Standard-Variante mit zwei Punkten (Abbildung 1) zu Grunde. Abgesehen von der Einpunkt-Waage ist diese die simpelste aller Möglichkeiten und findet sich an vielen Drachentypen wieder. Drei-, Vier- und Mehrpunkt-Waagen sind Abwandlungen der Zweipunkt-Variante und unterliegen den gleichen aerodynamischen Gesetzmäßigkeiten. Alle Modelle haben ein gewisses Windspektrum in dem sie fliegen können.

Neue Drachen werden von den Herstellern meist mit einer mittleren Waageeinstellung ausgeliefert. Diese ist in der Regel mit einem Punkt auf der Waageschnur gekennzeichnet. Just hier befindet sich der O-Ring, der mittels Bucht-knoten – auch Lerchenkopf genannt – in die

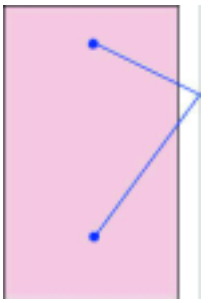


Abbildung 1: Klassische Zweipunkt-Waage

Stablose Drachen haben meist sehr viele Waagepunkte, um den Drachen überhaupt in Form zu halten



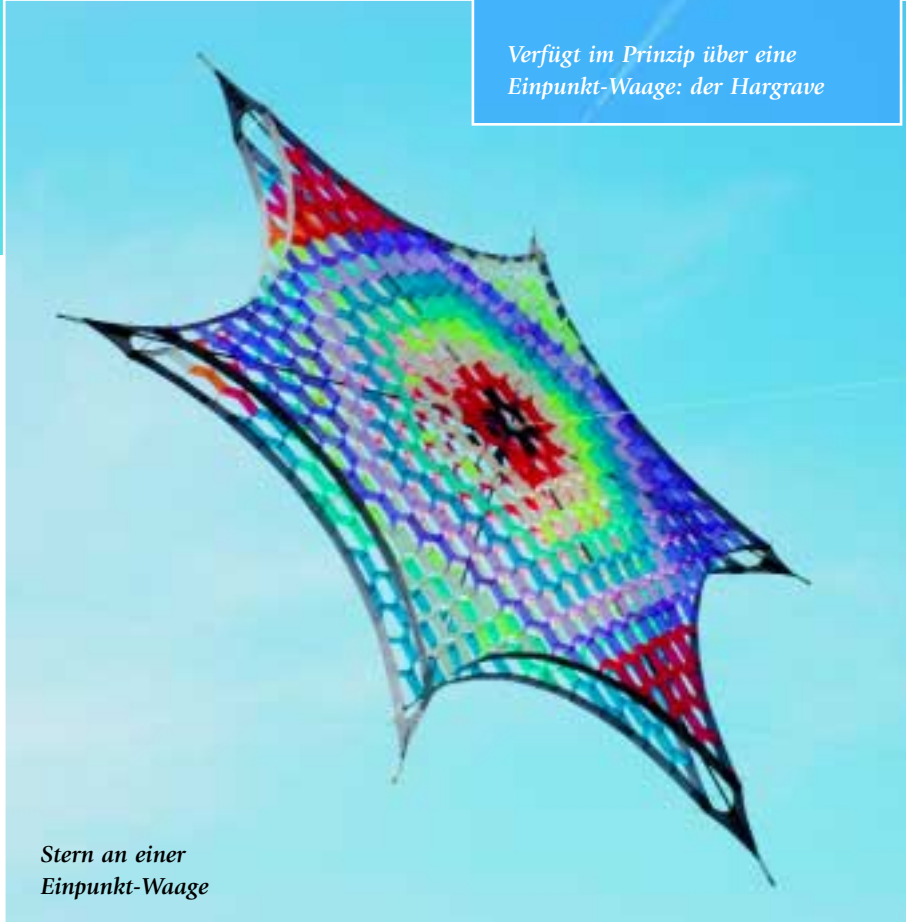
der Luft zu bleiben. Die zweite Kraft ist die Windwiderstandskraft, welche die Strömung auf den Drachen ausübt. Die Addition der beiden Vektoren ergibt die Zugkraft. In aller Regel werden wir bemüht sein, die Auftriebskraft zu optimieren. Doch Vorsicht! Reiner Auftrieb bei möglichst kleinem Widerstand wäre zwar rechnerisch interessant, in der Praxis aber nicht zu bewältigen. Denn Windwiderstand bedeutet auch Stabilität und was nützt ein steil stehender Drachen, der



Verfügt im Prinzip über eine Einpunkt-Waage: der Hargrave

Waageleine eingeknotet ist und an dem die Flugschnur befestigt wird. Der Begriff „mittlere Waageeinstellung“ ist so zu verstehen, dass die diversen Hersteller zwar viele Parameter vorausberechnen können, aber niemals in der Lage sein werden auch die Windbedingungen abzuschätzen, die wir Drachenflieger auf der Wiese antreffen werden. Dies bedeutet, dass die Drachen oftmals schon so fliegen, wie sie aus der Tüte kommen. Um ihnen aber optimale Flugeigenschaften anzugewöhnen, muss noch ein wenig nachgeholfen werden. Und das nicht etwa nur einmal, nein, in der Regel jedes Mal wenn es raus auf die Wiese geht. Denn ändern sich die Windbedingungen, ändert sich auch die optimale Waageeinstellung.

Es ist also eine Trimmung vonnöten und das geschieht just über die Waage. Letztere sorgt nämlich dafür, dass der Drachen mit einer gewissen Schräglage in



Stern an einer Einpunkt-Waage

der Luftströmung gehalten wird. Fachleute sprechen hier vom so genannten Anstellwinkel. Bevor wir uns jedoch in die Geheimnisse der einzelnen Waageschenkel vertiefen ist es hilfreich einen Blick auf die Kräfte zu werfen, die auf einen Drachen einwirken (Abbildung 2). Zum einen haben wir den Auftrieb, der vom Drachen erzeugt wird. Dieser wirkt der Erdanziehungskraft entgegen und ermöglicht es dem Drachen, überhaupt in

immer wieder ins Trudeln gerät. Eine gute Trimmung bedeutet also genügend Auftrieb zu erzielen, um die Schwerkraft zu überwinden, gleichzeitig aber auch genügend Windwiderstand zur Erhaltung der Stabilität zu nutzen.

Winkelzüge

Und noch etwas wird deutlich: Die Trimmung hängt auch und gerade vom Einsatzzweck des Drachens ab. Soll dieser einfach nur schön am Himmel stehen,

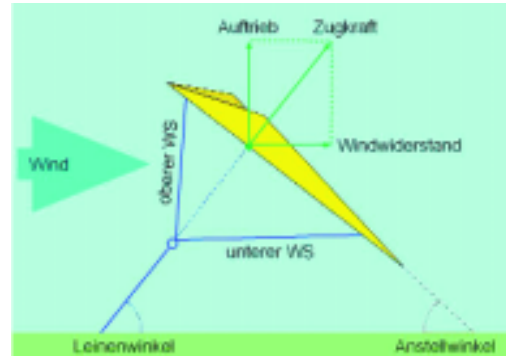
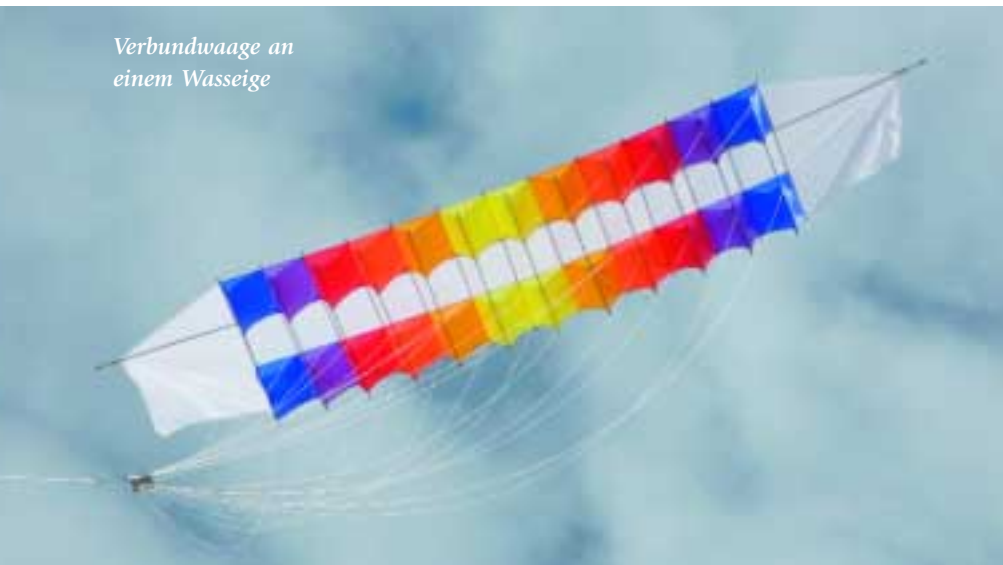


Abbildung 2: Diese Kräfte wirken auf einen fliegenden Drachen ein

Verbundwaage an einem Wasseige



dann wird der Pilot mehr Wert auf Auftrieb als auf Zug setzen. Umgekehrt wird der Drachen auf Zug getrimmt, wenn er etwas leisten soll. Wie beispielsweise die Ausrüstung für Luftbilder befördern oder andere Lasten zu heben. Gesteuert wird dieses Verhalten also über den Anstellwinkel. Letzterer ist über den oberen und unteren Waageschenkel zu beeinflussen. Bekanntlich ist unsere Waageschnur eine durchgehende Leine, sodass oberer und unterer Schenkel lediglich durch die Position des O-Rings definiert werden. Löst man den Bucht-knoten ein wenig und verschiebt diesen in Richtung Drachennase, wird automatisch der obere Waageschenkel verkürzt und im gleichen Maße der untere -schenkel verlängert. Der Drachen steht dann insgesamt flacher zur Luftströmung, man redet von einem flachen Anstellwinkel. Durch die verringerte Windwiderstandskraft wird der Auftrieb erhöht. Umgekehrt spricht man von einem hohen Anstell-

winkel, wenn der Anleinpunkt in Richtung Drachenende verschoben, der obere Waageschenkel damit verlängert und der untere verkürzt wird. Durch den erhöhten Anstellwinkel steht mehr Segelfläche im Wind, der Widerstand erhöht sich und ein geringerer Auftrieb ist das Resultat.

Diese Gesetzmäßigkeiten gelten jedoch nicht für alle Drachen. Wir sprechen an dieser Stelle ausschließlich von planen Flächen, die in den Wind gehalten werden. Sobald eine Fläche in Längsrichtung zusätzlich gewölbt wird, erzeugt diese nach dem Bernoullischen-Prinzip Auftrieb. Was ist denn das nun wieder? Wenn man die Tragfläche eines Flugzeugs in Bewegung setzt beziehungsweise eine Parafoil in den Wind hält, teilt diese den Luftstrom in einen oberen und einen unteren Strom. Da die Oberseite der Parafoil gewölbt ist, man spricht von einem asymmetrischen Profil, ist die Oberfläche länger als die auf der Unterseite. Daher

muss der obere Luftstrom eine größere Entfernung zurücklegen als der untere. Da sich beide Seiten jedoch gleichzeitig durch die Luft bewegen, muss der obere Luftstrom schneller fließen, um die größere Entfernung zeitgleich mit dem unteren zurückzulegen. Das nach dem schweizer Wissenschaftler Daniel Bernoulli (1700 bis 1782) benannte Prinzip besagt, dass diese unterschiedlichen Geschwindigkeiten einen höheren Druck unter der Tragfläche und einen niedrigeren darüber erzeugen. Da unter dem Profil mehr Druck vorhanden ist, wird es nach oben gedrückt, gleichzeitig wird das Profil durch den Unterdruck oberhalb nach oben gezogen – Auftrieb wird erzeugt.

Widerspruch?

Doch was bedeutet das für uns? Das Bernoullische-Prinzip sagt auch, dass mehr Auftrieb erzeugt wird, wenn höhere Windgeschwindigkeiten vorherrschen. Im Umkehrschluss bedeutet dies: weniger Auftrieb bei geringerer Anströmung. Verkehrsflugzeuge verlangsamen beispielsweise vor der Landung ihre Geschwindigkeit. Um dennoch genügend Auftrieb zu erzeugen, erhöhen sie gleichzeitig ihren Anstellwinkel. Hoppla! Das passt jetzt aber nicht zu unserem eingangs verkündeten Postulat, nachdem ein steiler angestellter Drachen weniger Auftrieb bei höherem Windwiderstand verursacht. Der Grund hierfür ist die Aerodynamik des Profils. Da an dieser Stelle aber lediglich die Waage und ihre verschiedenen Spielarten im Mittelpunkt stehen sollen, werden wir das spannende Thema Aerodynamik in der nächsten Ausgabe von Sport & Design Drachen nochmals ausführlich aufgreifen.

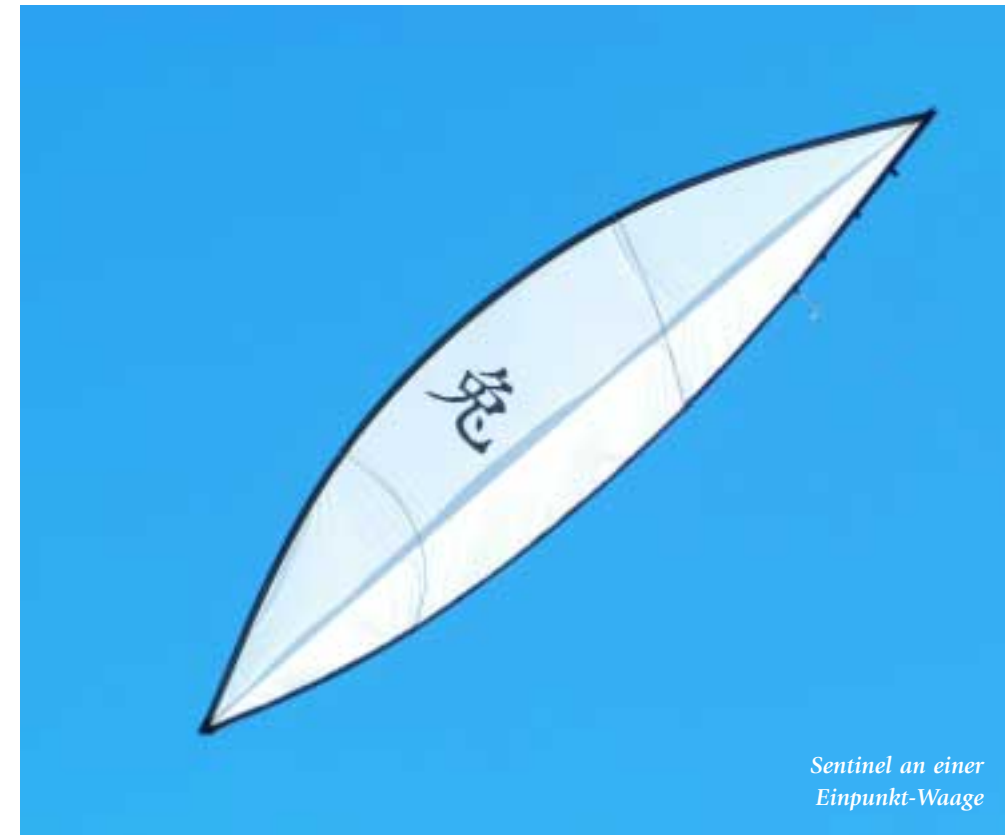
Zurück also zum Ausgangspunkt – der Waage. Wie die Zweipunkt-Waage funktioniert haben wir gesehen. Daneben gibt es aber noch eine Vielzahl von anderen Waagen mit einer unterschiedlichen Anzahl von Waagepunkten. Die einfachste ist sicherlich die Einpunkt-Waage (Abbildung 3). Der Japaner Ohashi hatte erstmals seine Drachen mit dieser Waage ausgestattet. „Waage“ ist dabei streng genommen der fal-



Abbildung 3: Simple Einpunkt-Waage

sche Ausdruck, denn die Flugschnur wird direkt auf den Drachen geführt und dieser pendelt sich dann – abhängig von den unterschiedlichen Windbedingungen – selbst ein. Wichtig hierbei ist, dass der Aufhängepunkt der Schnur genau im Druckzentrum des Drachens liegt. Ansonsten wird der Drachen entweder instabil oder überhaupt nicht fliegen.

Es gibt einen recht einfachen Trick, das Druckzentrum zu ermitteln: Beim ersten Start wird eine Schnur mittig auf dem Drachen in Längsrichtung gespannt. Auf dieser Schnur wird mittels doppeltem



Sentinel an einer Einpunkt-Waage

Bucht-knoten eine Aufhängung für die Drachenschnur geknüpft. Somit lässt sich die Drachenschnur entlang der Spannschnur frei bewegen und der optimale Anleinpunkt kann experimentell ermittelt werden. Ist der ideale Punkt gefunden, können hier die Drachenschnur direkt am Drachen befestigt und die Hilfsschnur abgenommen werden. Übrigens: So ganz der erste Drachenbauer, der diese Art der Waage verwendet hat, war auch Ohashi nicht. Hargrave hat an seine Drachen eine Waage montiert, die der von Ohashi sehr ähnlich ist, wenngleich sie aus mehreren Schenkeln besteht. Diese Schenkel sind aber nur in Längsrichtung angebracht, stützen daher die Struktur des Drachens und haben keinen Einfluss auf dessen Anstellwinkel. Vielmehr pendelt sich auch ein Hargrave – wie ein Ohashi-

Drachen – selbstständig auf die unterschiedlichen Windbedingungen ein.

Eins, zwei oder drei?

Nach Ein- und Zweipunkt- ist die Dreipunkt-Waage das nächste Objekt unserer Neugierde. Diese ist eigentlich nichts anderes als unsere gute alte Bekannte die Zweipunkt-Waage, die lediglich um eine dritte Ebene erweitert wurde. Diese Ebene, in der Skizze rot markiert, liegt quer zur Flugrichtung und ermöglicht eine weitere Einstellung des

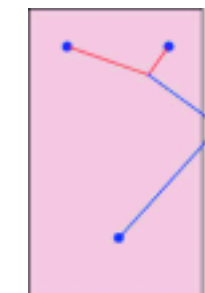


Abbildung 4: Bei der Dreipunkt-Waage wird der Anstellwinkel über die hier rot markierte Leine gekennzeichnet

Drachens. Fliegt dieser nicht korrekt in der Mitte des Windfensters sondern zieht zu einer Seite hin, wird der Waageschenkel verlängert, in dessen Richtung der Drachen zieht. Der Anstellwinkel wird wie gewohnt über die in Abbildung 4 blau markierte Leine eingestellt. Der nächste Evolutionsschritt ist die Vierpunkt-Waage. Diese hat gegenüber der eben betrachteten Dreipunkt-Waage auch am unteren Ende des Drachens eine



Abbildung 5: Die Vierpunkt-Waage verfügt über zwei Waageschnüre in Querrichtung (rot)

Waageschnur in Querrichtung (Abbildung 5). Der

Drachen kann somit noch feiner auf sein Gierverhalten eingestellt werden. Eine Spielart der Vierpunkt-Waage wird in Abbildung 6 gezeigt. Dieser Waagetypus ist insofern recht unpraktisch, weil man



Abbildung 6: Eine Variation der Vierpunkt-Waage

in der Regel den Anstellwinkel des Drachens einzustellen hat und nicht dessen Gierverhalten. Bei dieser Waage muss der Anstellwinkel aber an zwei Punkten – und dies auch noch abso-

lert gleichmäßig – justiert werden. Neben den hier angeführten Standardwaagen

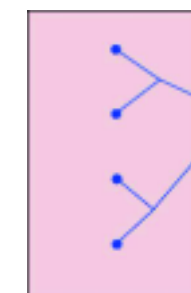
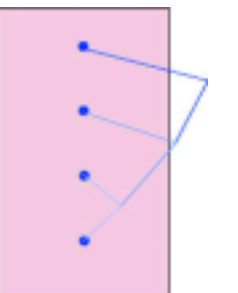


Abbildung 7+8: Neben den „klassischen“ Formen gibt es mit Verbund- ...

... und Kaskadenwaage noch verschiedene Spezialformen



gibt es auch noch drachenspezifische Formen wie beispielsweise die Verbundwaage (Abbildung 7) und die Kaskadenwaage (Abbildung 8). Wann nun welche Variante benutzt wird, liegt vollkommen im Ermessen jedes Drachenbauers. Letztlich ist es wichtig, den Drachen möglichst schnell und einfach auf die herrschenden Windverhältnisse einstellen zu können. Gleichzeitig müssen genügend Möglichkeiten für das anschließende Feintuning erhalten bleiben. Dann steht dem Flugvergnügen nichts mehr im Wege.

„ERSTE HILFE“

- Der Drachen zieht, kommt aber einfach nicht in die Luft**
 Waagering der Zweipunkt-Waage in Richtung Nasenspitze verschieben.
- Der Drachen schießt in die Luft und kippt dann zu einer Seite weg**
 Waagering in Richtung Schwanzende verschieben.
- Drache übersteigt. Das heißt er steigt steil auf, die ersten Meter der Leine hängen schlaff herab und er beginnt langsam Kreise zu drehen.**
 Schwanz dran oder Waagering ein wenig nach hinten verschieben.
- Drachen zieht in eine Richtung.**
 Wenn der Drachen über eine Dreipunkt-Waage verfügt, muss man den Querschlenkel verlängern, der auf der Seite liegt, in die der Drachen zieht.
- Drachen schießt mal nach links, mal nach rechts und verformt sich deutlich.**
 Der Winddruck ist zu hoch. Waagering zur Drachenspitze hin verschieben.