

Wie fliegen Nurflügel ohne Leitwerk – kurz und bündig erklärt:

Bernhard Hauber

re-design-Flugmodelle

Erste Version: November 2018

Um zu erklären wie ein Nurflügel einen stabilen Flug erreicht, muss man die Grundbegriffe eines Flugzeuges mit einem Höhenleitwerk verstanden haben. Oder noch genauer ausgedrückt, man muss verstanden welche Funktion das Höhenleitwerk erfüllt.

Dazu die folgende Erklärung: Um einen stabilen Flug zu erreichen muss sich der Schwerpunkt eines Flugzeuges in einer bestimmten Lage längs der Flugrichtung zum Auftrieb befinden. Den Auftrieb kann man sich dabei an einem Punkt konzentriert denken. Dieser Punkt wird üblicherweise als „Neutralpunkt“ bezeichnet.

Eine von mehreren wichtigen Voraussetzung damit das Flugzeug stabil fliegt ist, dass der Schwerpunkt, in Flugrichtung gesehen, vor dem Neutralpunkt liegt, siehe Bild 1.

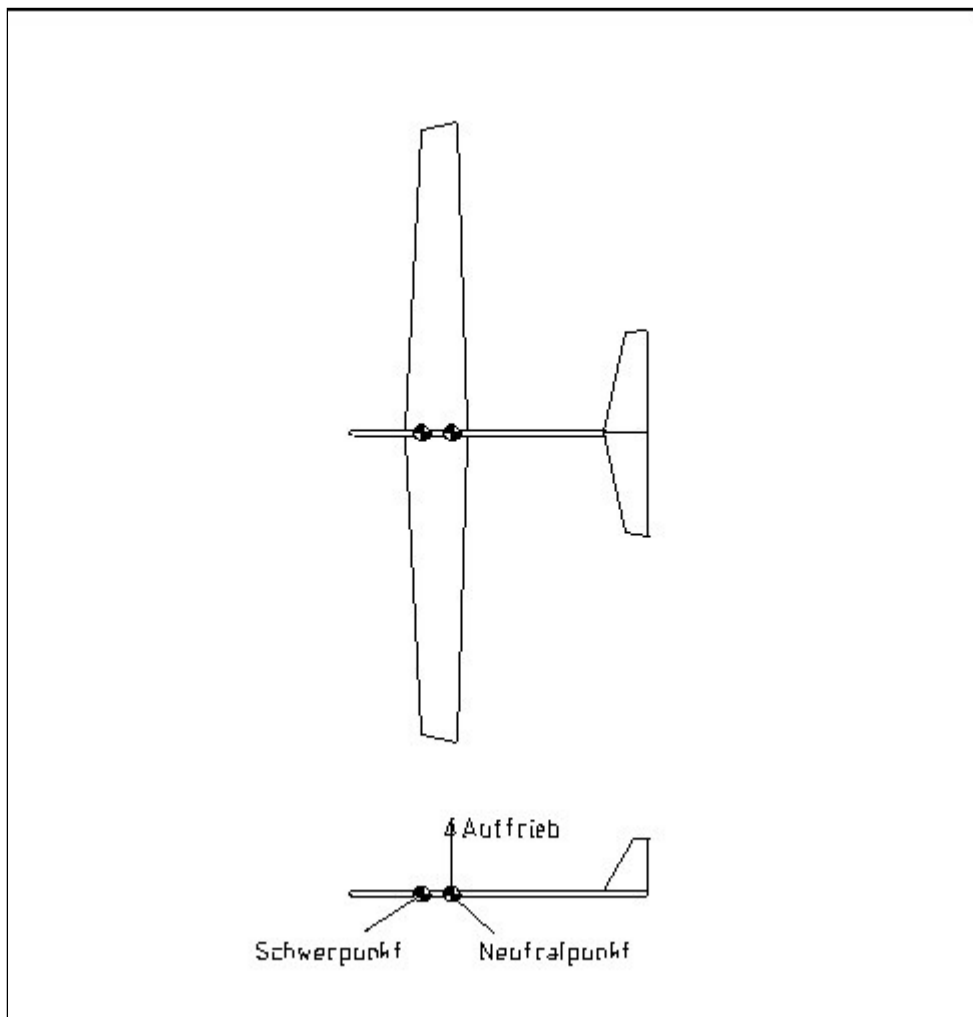


Bild 1, Lage von Schwerpunkt und Auftrieb (Neutralpunkt) bei einem Leitwerksflugzeug

Da sich alle Körper bei freien Bewegungen um ihren Schwerpunkt drehen, geht aus Bild 1 klar hervor, dass der Auftrieb die Nase des Flugzeuges „um den Schwerpunkt“ nach unten dreht.

Um dies auszugleichen muss ein Leitwerk vorhanden sein, welches exakt dieses, vom Auftrieb aufgebrachte Drehmoment, ausgleicht.

Je weiter der Schwerpunkt nach vorne verlegt wird umso größer muss das ausgleichende Drehmoment des Leitwerks sein. Jeder Modellflieger der ein Leitwerksflugzeug geflogen hat kennt das. Wird der Schwerpunkt weiter nach vorne verlegt muss man mehr „ziehen“ oder das Leitwerk gleich in einem anderen Winkel relativ zum Flügel einbauen.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt dass das vom Auftrieb aufgebrachte Drehmoment welches das Flugzeug auf die Nase dreht nicht das alleinige ist.

Auch das Flügelprofile selbst übt ein solches Drehmoment aus. Dieses Drehmoment kann jedoch aufgrund der Form des Profils unterschiedlich ausfallen oder kann sogar umgekehrt werden – dazu kommen später noch Erläuterungen.

Üblicherweise werden jedoch bei Flugzeugen mit einem Leitwerk Profile verwendet, welches wie der Auftrieb selbst, die Nase des Flugzeuges nach unten dreht, siehe Bild 2. Das Höhenleitwerk muss auch dieses Drehmoment ausgleichen.

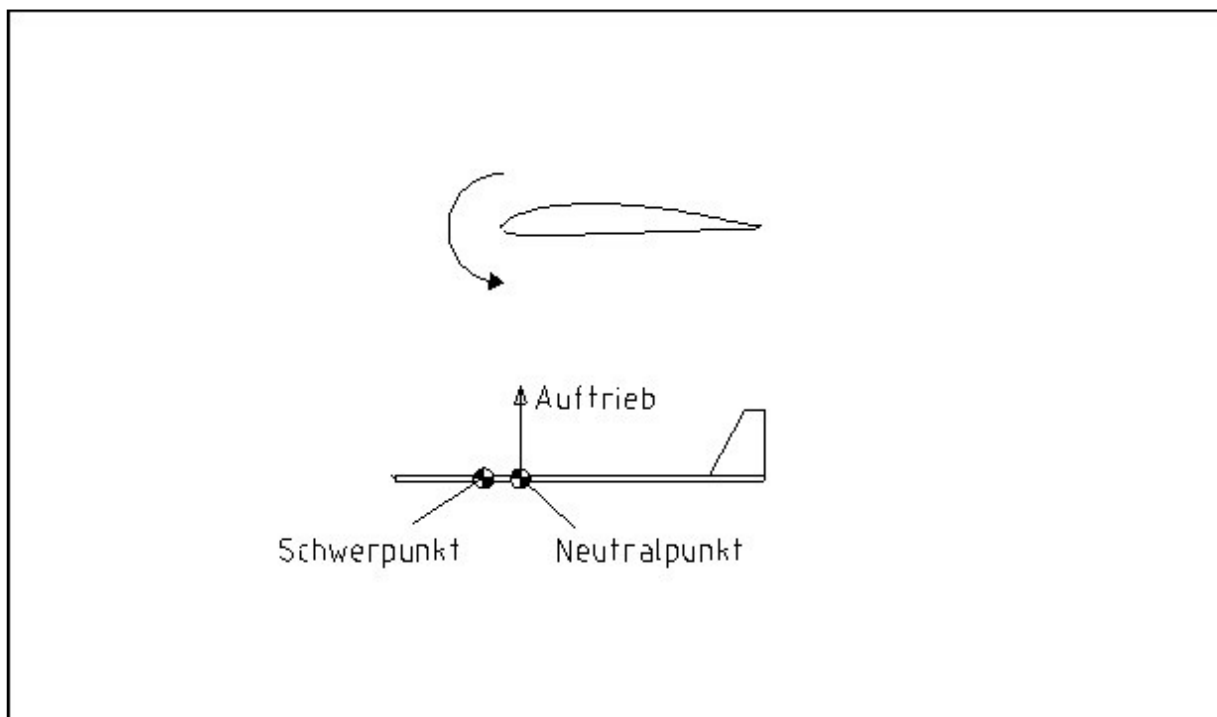


Bild 2, Drehmoment des Profils

Bevor erklärt wird wie der Ausgleich des Drehmomentes bei einem Nurflügel, also bei einem Flugzeug das kein Leitwerk hat, stattfindet, noch eine kurze Erklärung zu den beiden Nurflügel Typen.

Man unterscheidet zwischen:

- Gepfeilten Nurflügeln
- Ungepfeilten Nurflügeln, im Modellflug üblicherweise als „Bretter“ bezeichnet

Die „Pfeilung“ bezieht sich dabei auf eine gedachte Linie entlang der Spannweite welche die Punkte einer Flügeltiefe von 25% miteinander verbindet. Im einfachsten Fall eines gepfeilten Trapezflügels sieht das so aus wie in Bild 3 gezeigt.

Man spricht im Zusammenhang mit diese gedachten Linie auch von der t/4-Linie. Diese spielt in der Aerodynamik und Flugmechanik eine wichtige Rolle.

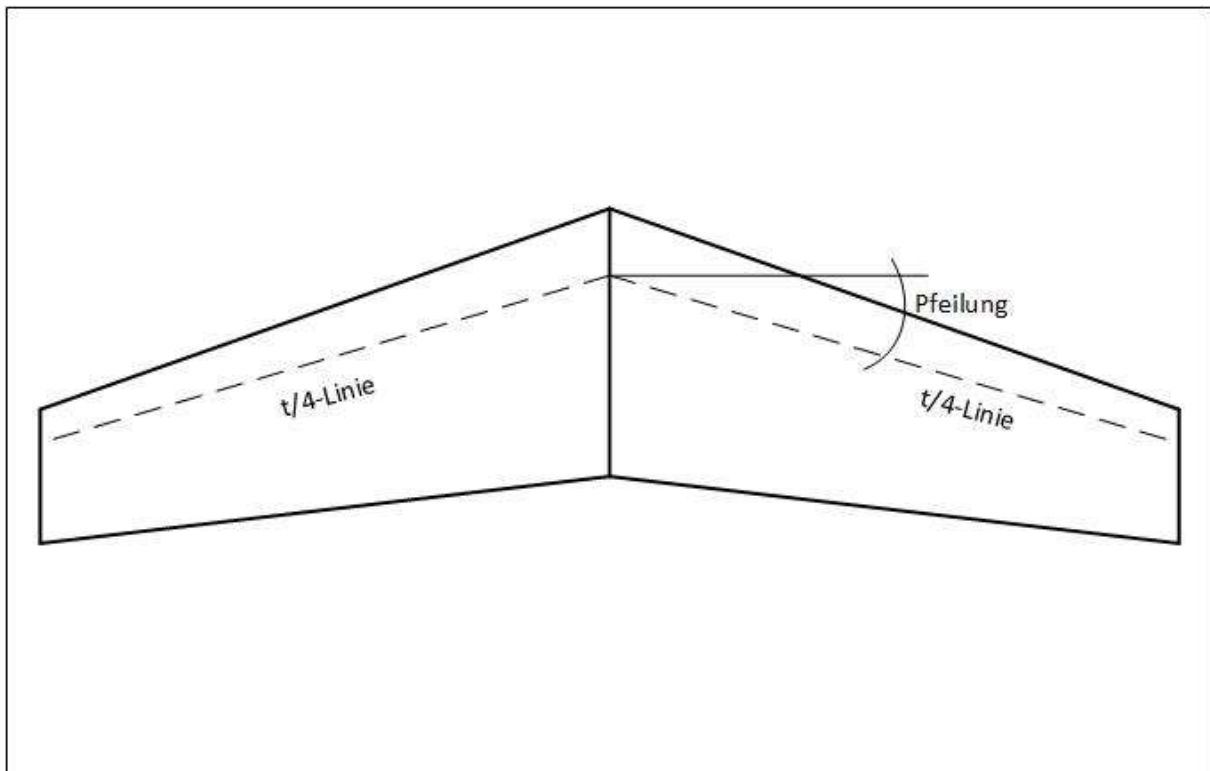


Bild 3, Erklärung zur t/4-Linie und der Pfeilung

Der re-design up2you z.B. hat eine Pfeilung von 17°. Dieser Wert hat sich in Rechnungen und bei den verschiedenen Prototypen als optimal für ein Nurflügel Modell in dieser Größe und Bauart herausgestellt.

Es ist interessant zu wissen, dass leistungsfähige Flugsamen wie z.B. der Samen des Zanonias Baumes der auf Indonesien vorkommt, ungefähr auch eine Pfeilung von 15° - 20° hat. Offensichtlich hat der Optimierungsprozess der Evolution – der Baum will sich ja über ein möglichst großes Gebiet verbreiten – dazu geführt die Flugsamen mit dieser Pfeilung auszustatten.

Schaut man sich auf einer Landkarte das Gebiet von Indonesien an, so wird klar warum hier leistungsfähige Flugsamen wie der Zanonias überhaupt vorkommen. Um eine Verbreitung der Baumart sicherzustellen müssen die Samen zunächst in der Lage sein in der Thermik eigenstabil zu kreisen und dann große Strecken, auch über dem Meer, im Gleitflug zu überwinden. Indonesien besteht ja aus vielen Inseln.

Zurück zum Modellbau: Als „Bretter“ bezeichnet man also Nurflügel die keine oder eine nur sehr geringe Pfeilung der t/4-Linie aufweisen.

Wie wird nun bei einem solchen Modell der Ausgleich des Drehmomentes erreicht?

Bei den Brettern geschieht dies indem man Profile mit einem sogenannten „S-Schlag“ verwendet. Ein solches Profil ist in der Lage ein Drehmoment zu erzeugen welches die Nase des Flugzeuges nach oben dreht. Der Drehmomenten Pfeil in Bild 2 am Profil zeigt dann also nach oben.

S-Schlag Profile haben jedoch einen entscheidenden Nachteil: Sie liefern, verglichen mit normalen Profilen, sehr wenig Auftrieb. Bei einem Brett-Nurflügel bezahlt man also das Weglassen des Leitwerks mit einem deutlich geringeren Auftrieb des Flügels.

Dies ist der Hauptgrund warum sich Brett-Nurflügel sehr gut zum schnellen Fliegen am Hang eignen aber nur sehr begrenzt zum langsamen Ausfliegen von geringer Thermik.

Wie wird nun der Ausgleich des Drehmomentes bei einem gepfeilten Nurflügel erreicht?

Dies geschieht indem man eine Verwindung einbaut, so dass entlang der Spannweite der Flügel immer weniger angestellt wird. In Bild 4 wird dies schematisch gezeigt.

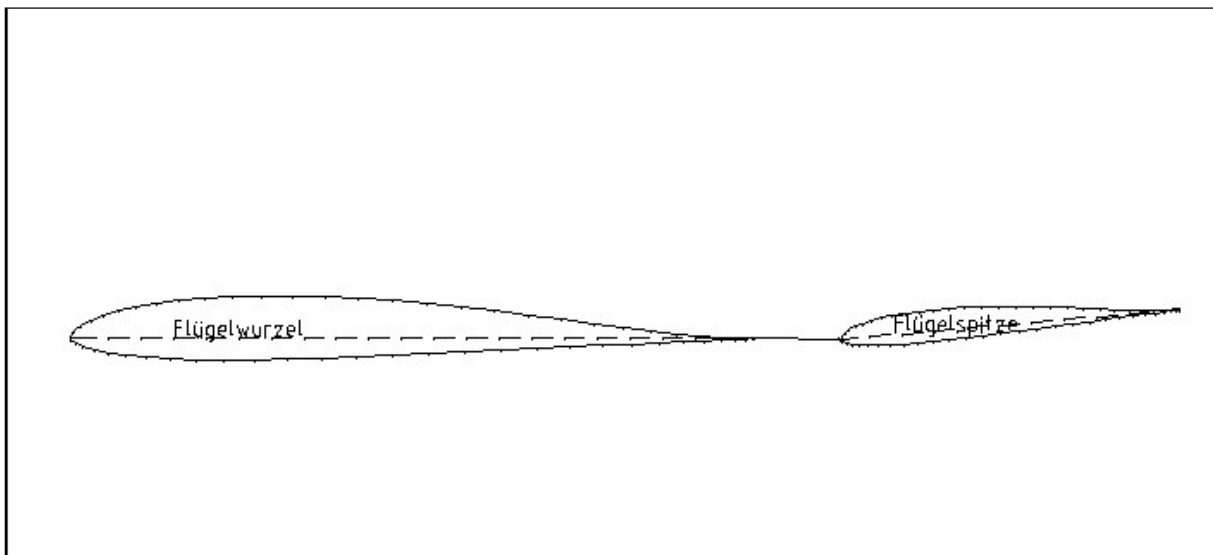


Bild 4, Verwindung bei einem gepfeilten Nurflügel

Diese Verwindung wird, im einfachsten Fall, kontinuierlich und gleichmäßig verlaufend von der Flügelwurzel bis zur Flügelspitze gemacht.

Es können aber auch andere Verläufe der Verwindung vorgesehen werden – die Brüder Horten hatten in ihre Nurflügel einen speziellen Verlauf eingebaut, der diese, in Verbindung mit der Profilierung, besonders gutmütig zu fliegen machte.

Schaut man sich Bild 4 an, so erkennt man dass die Verwindung in Verbindung mit einer Pfeilung im Prinzip nichts anderes darstellt als das Höhenleitwerk welches mit einem bestimmten Einstellwinkel zum Flügel eingebaut ist.

Um den Momentenausgleich zu erreichen müsste das Höhenleitwerk in Bild 1 auch mit einem geringeren Anstellwinkel relativ zum Flügel eingestellt sein. Die Differenz der

Anstellwinkel von Flügel und Höhenleitwerk bei einem Flugzeug mit Leitwerk wird üblicherweise als „Einstellwinkel-Differenz“ bezeichnet.

Genau diese Einstellwinkel-Differenz kann man in Bild 4 zwischen der Flügelwurzel und der Flügelspitze eines gepfeilten Nurflügels erkennen.

Wie bei einem Höhenleitwerk kann man bei einem gepfeilten Nurflügel zusätzlich auch noch die Elevons hoch stellen. Der Ausgleich des Drehmomentes erfolgt dann eben durch eine Kombination aus Verwindung und hochgestellten Elevons.

Dass auch die Wahl der Profile entlang der Spannweite einen gewissen Beitrag zum Drehmomenten Ausgleich beitragen kann, soll an dieser Stelle nur erwähnt werden. Diese Betrachtung würde hier zu weit führen.

Abschließend bleibt zum Thema Stabilisierung zu sagen, dass man bei gepfeilten Nurflügeln durch die Art der oben beschriebenen Stabilisierung eine freiere Wahl bei den Profilen hat. Diese brauchen keinen ausgeprägten S-Schlag wie die Brett-Nurflügel und können damit einen höheren Auftrieb leisten.

Fairerweise müssen an dieser Stelle auch die Nachteile der gepfeilten Bauart genannt werden:

Durch die Pfeilung entstehen schwieriger zu beherrschende Kräfte am Flügel, vor allem an der Flügelwurzel. Auch neigen gepfeilte Nurflügel eher zu Schwingungen beim Schnellflug. Beide Nachteile können jedoch durch entsprechende konstruktive Maßnahmen beseitigt werden – dies kann sich aber in der Gewichtsbilanz niederschlagen.

Als Fazit:

Durch den höheren Auftrieb können die gepfeilten Nurflügel besser Leistungen als die Brett-Nurflügel erreichen, sind aber konstruktiv schwieriger umzusetzen und evtl. schwieriger zu bauen.

Eigentumsvorbehalt: Dieser Text darf nur zu privaten, nicht-kommerziellen Zwecken von unserer Website geladen werden. Ein Kopieren oder Verbreiten zu einem anderen Zweck erfordert die Erlaubnis von re-design-Flugmodelle.

Veröffentlichung dieses Textes oder Teile daraus bedürfen ebenfalls der Zustimmung von re-design-Flugmodelle.