



Modell Sport Club Achim

Schwerpunkt und Stabilität

Quelle: Helmut Schenk, RC Segelflug

Wo steckt das Problem?



- **Mein Gott...dieses Zittern vor dem Erstflug!**
- **Ich habe ja keine Angaben aus dem Bauplan**
- **Meine Freunde reden kreuz und quer**
- **Der „Druckpunkt“ wandert**
- **Was ist (und wo ist) der Neutralpunkt?**
- **Der Flieger pumpt**
- **Der Flieger ist „nervös“**
- **Das Profil taugt nichts**

Schön der Reihe nach...



- **Profile**
- **Profil - Neutralpkt**
- **Tragfl - Neutralpkt**
- **Modell - Neutralpkt**
- **Schwerpunkt**
- **Testflug**
- **Kochrezept**



ACHTUNG



Alles was folgt gilt nur für „normale“ Flieger...

- mit normaler Streckung
- auch für Nurflügler

..und nicht (oder nur näherungsweise) für...

- Enten-Flugzeuge
- Delta-Flugzeuge
- Flieger mit „dicken großen“ Rümpfen
- Flieger, die sich im Fluge verbiegen (z.B. Depron)

Profile



- oben: Unterdruck
- unten: Überdruck
- Verteilung abhängig vom Anstellwinkel
- der Druckpunkt wandert
- **Veraltete Darstellung**

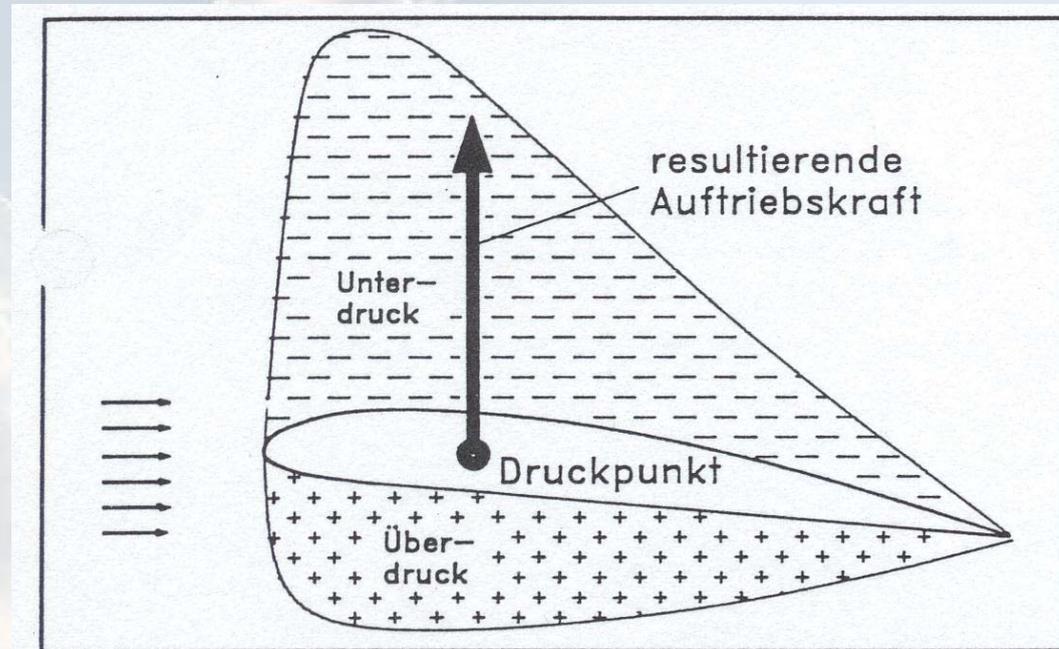


Bild 1: So etwa können wir uns die Druckkräfte am Profil und ihre Resultierende vorstellen

Der Profil - Neutralpunkt

Alte Darstellung

- der Druckpunkt wandert

Neue Darstellung

- der Auftrieb ändert sich
- der Auftrieb greift am Neutralpunkt an
- das Moment ist näherungsweise konstant
- der Neutralpunkt des Profils liegt konstant bei ca. $t/4$
- gilt für **alle** Profile

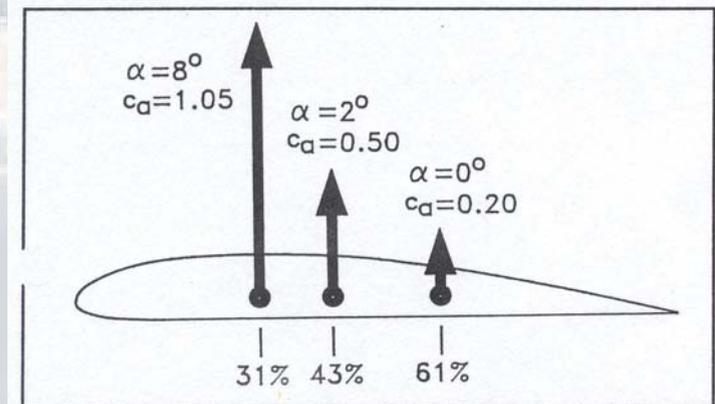


Bild 2: Typische Druckpunktlagen an einem Profil

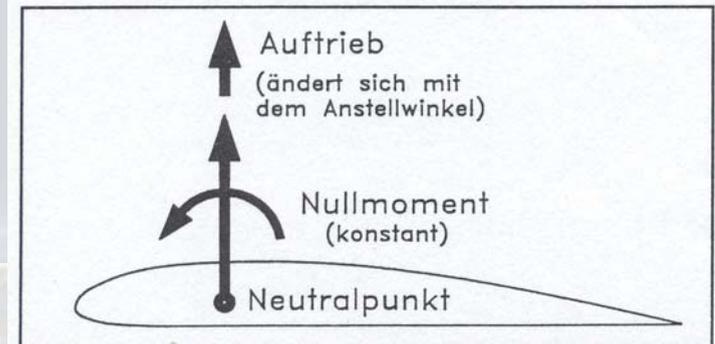


Bild 3: Die neue Vorstellung: Der Auftrieb greift im NP an; daneben haben wir ein konstantes Nullmoment

Beispiele:



„normales“ Profil:

Kopflastig

Symmetrisches Profil:

neutral

Nurflügelprofil:

schwanzlastig

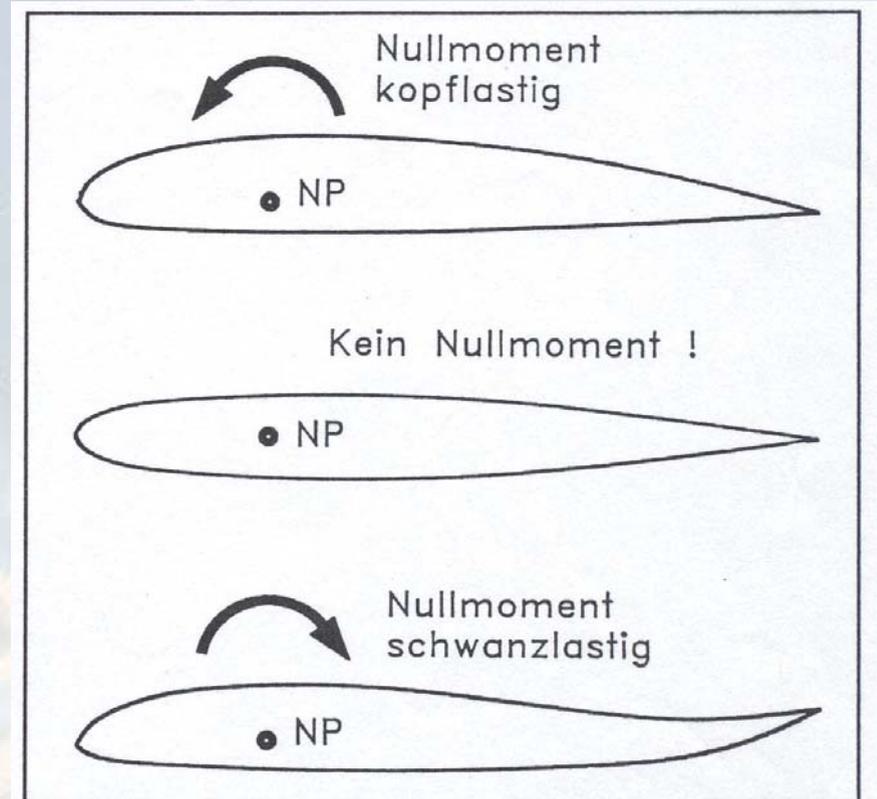


Bild 4: Nullmoment von verschiedenen Profilformen

Der Tragflächen - Neutralpunkt

Die ganze Tragfläche ist die Summe vieler aneinander gereihter Teil-Tragflächen.

Damit ergibt sich ein neuer

- Neutralpunkt
- Auftrieb
- Nullmoment

Diese Werte hängen von der Geometrie der Tragfläche ab.

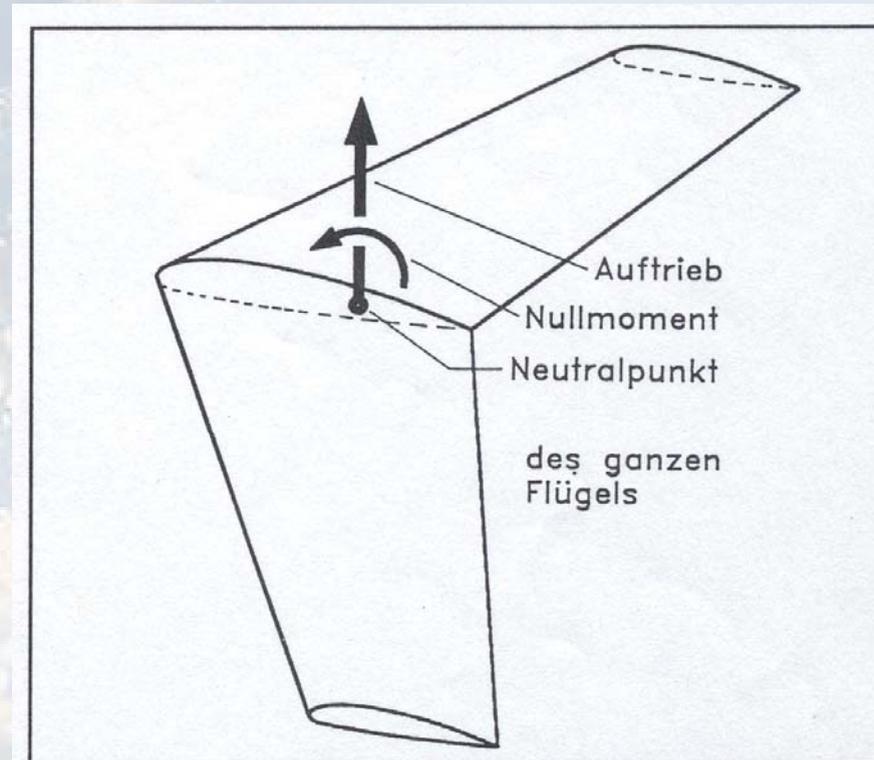


Bild 5: Ein ganzer Flügel hat auch wieder einen NP, darin angreifenden Auftrieb, und ein Nullmoment

Einfaches Beispiel

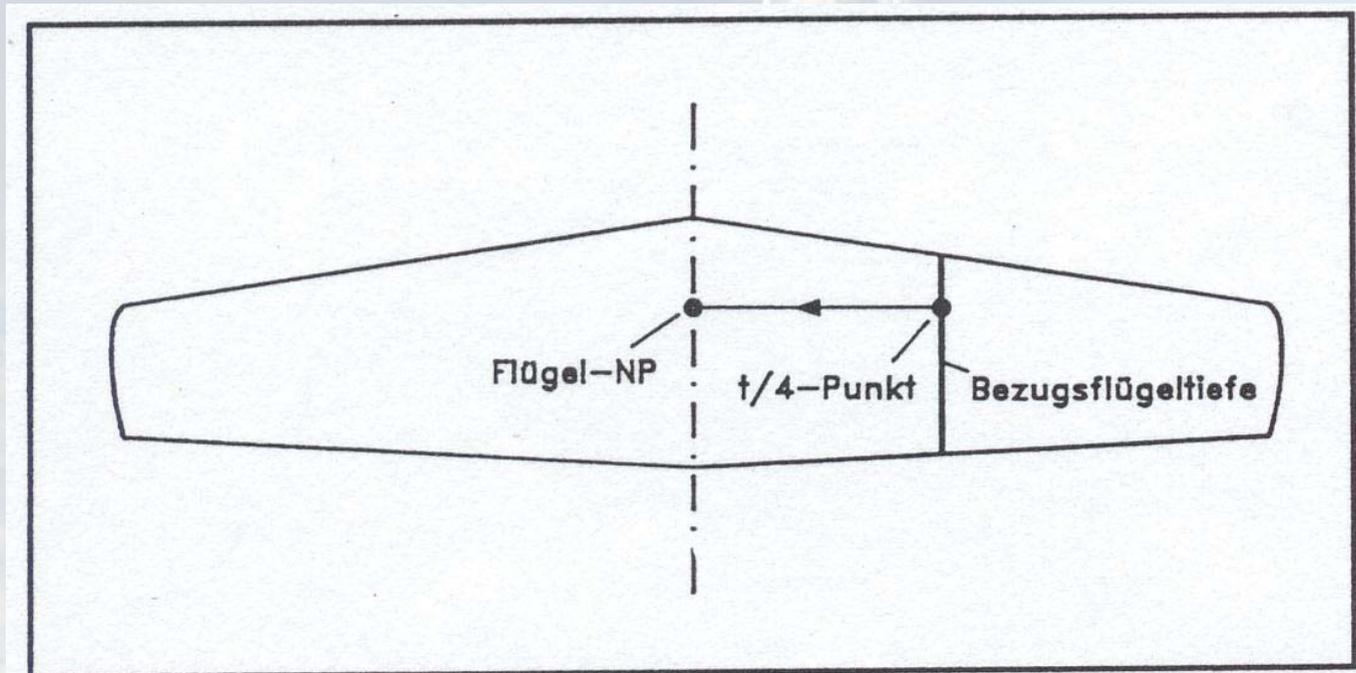


Bild 7: Der Flügel-NP fällt annähernd mit dem t/4-Punkt der Bezugstiefe zusammen

Der Modell - Neutralpunkt



Das Modell besteht aus Tragfläche + Höhenleitwerk mit je einem eigenen Neutralpunkt.

Beide ergänzen sich zu einem Gesamtneutralpunkt.

Das ist der Neutralpunkt für das Modell.

Die Lage hängt nur von der Geometrie ab.

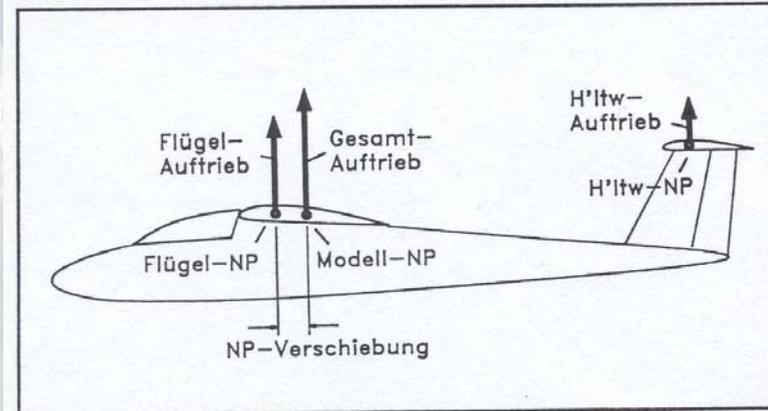


Bild 8: Der NP des ganzen Modells liegt um die vom Höhenleitwerk verursachte NP-Verschiebung hinter dem Flügel-NP

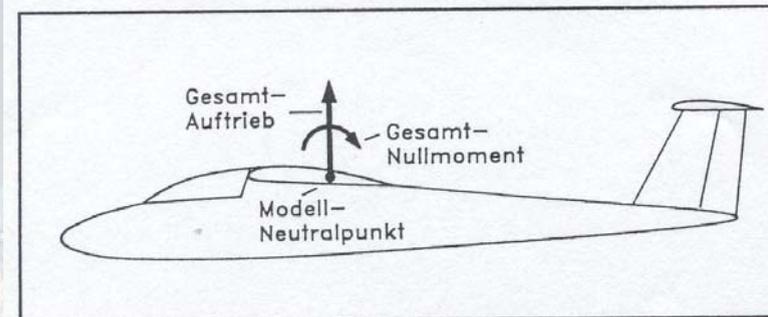


Bild 9: Im Modell-NP greift der gesamte Auftrieb des Modells an. Daneben haben wir noch ein Modell-Nullmoment

Das Gleichgewicht

Im Gleichgewicht sind konstant:

- die Flugbahn
- der Gleitwinkel
- die Geschwindigkeit

...und alle Kräfte und Momente am Modell !
($A \cdot x = M_o$)

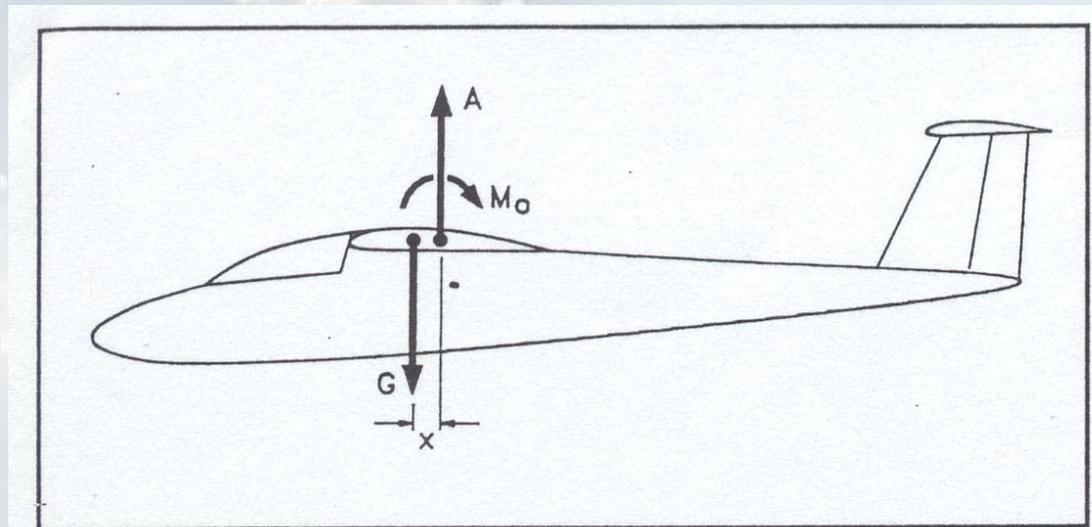


Bild 10: Der SP muß um einen gewissen Betrag x vom NP entfernt liegen, um das Nullmoment zu kompensieren

Stabiles Verhalten

Annahmen:

- Bezugspunkt ist der SP
- Alles ist im Gleichgewicht
- durch Störung entsteht größerer Anstellwinkel
- (Modell dreht nach oben)

Wirkung:

- Auftrieb wird größer durch den größeren Anstellwinkel
- Das Moment durch den erhöhten Auftrieb dreht die Nase nach unten
- **Stabiler Zustand**

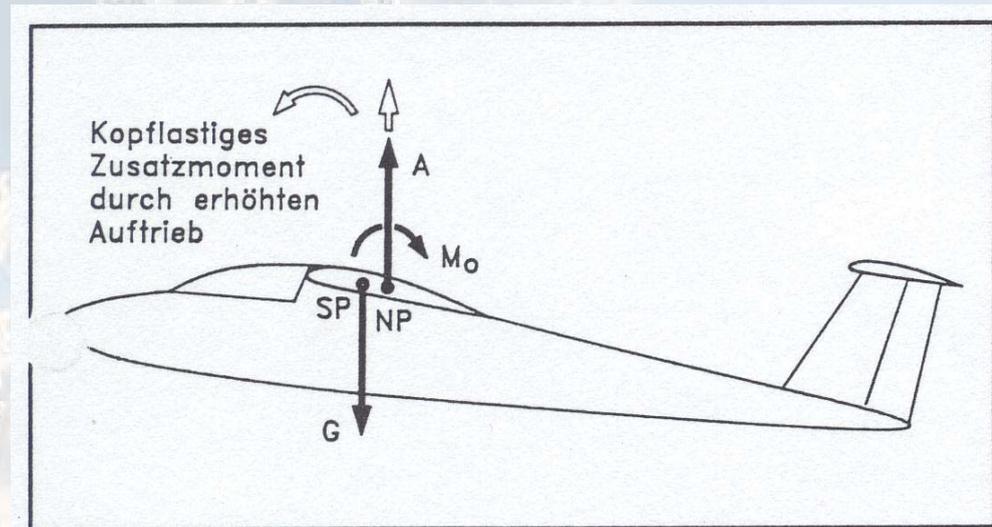


Bild 11: Längsstabile Anordnung: SP vor NP

Instabiles Verhalten

Annahmen:

- Bezugspunkt ist der SP
- Alles im Gleichgewicht
- durch Störung entsteht größerer Anstellwinkel
- (Modell dreht nach oben)

Wirkung:

- Auftrieb wird größer durch den größerem Anstellwinkel
- Das Moment durch den erhöhten Auftrieb dreht die Nase noch weiter nach oben
- **Instabiler Zustand**

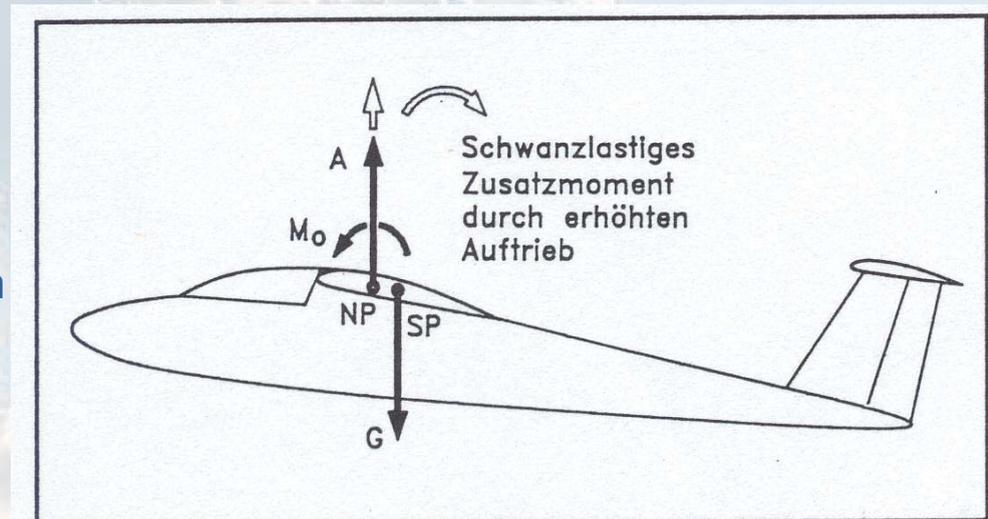


Bild 12: Instabile Anordnung: SP hinter NP

Neutrales Verhalten

- Kein Drehen des Rumpfes durch Änderungen des Auftriebes
- Jedoch wird der Flieger beim Steigen nach oben Fahrt abbauen und dann irgendwie wieder nach unten fallen

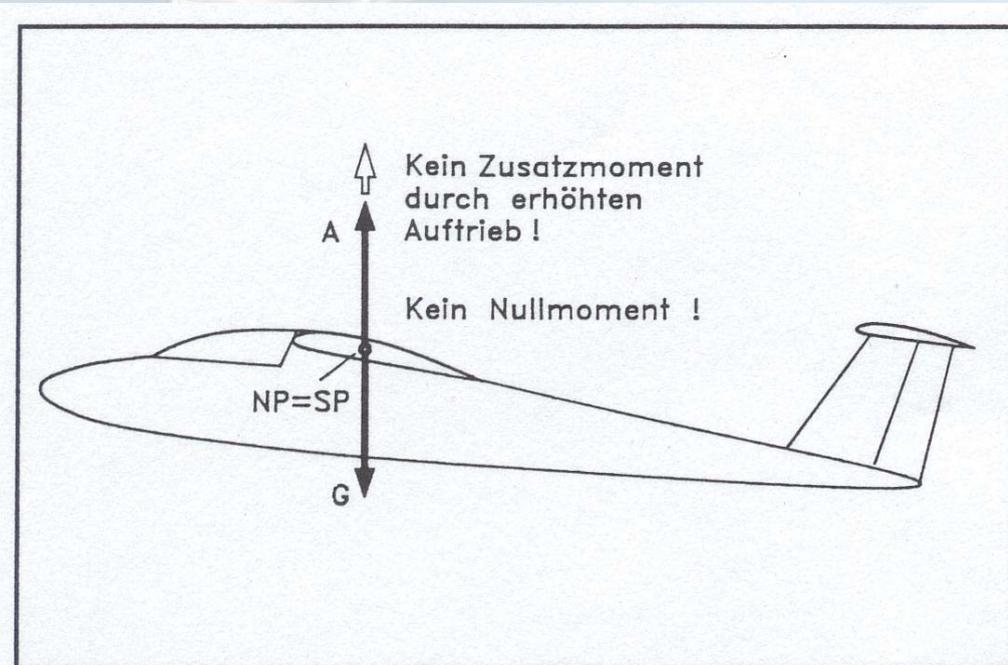


Bild 13: Indifferent: $SP = NP$

...und wat nu???

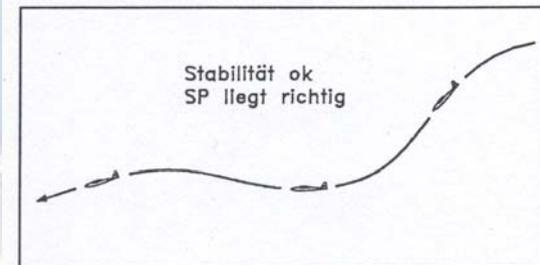


Der Flugbahn - Test

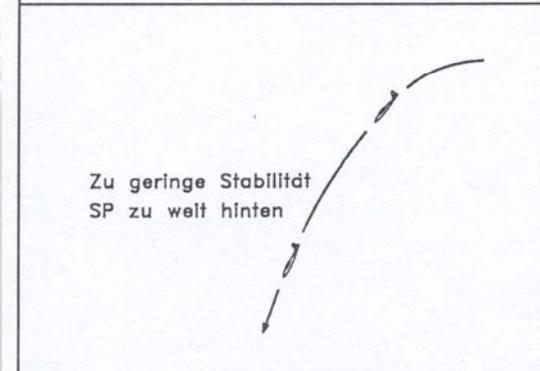


1. Geradeausflug
2. Mit Höhenrudertrimmung (= EWD) auf normale Fluggeschwindigkeit trimmen (normales Gleiten)
3. Anstechen (30...40 Grad)
4. Ruder loslassen
4. Ruhe bewahren und...
5. ...Flugbahn beobachten

stabil



instabil



überstabil

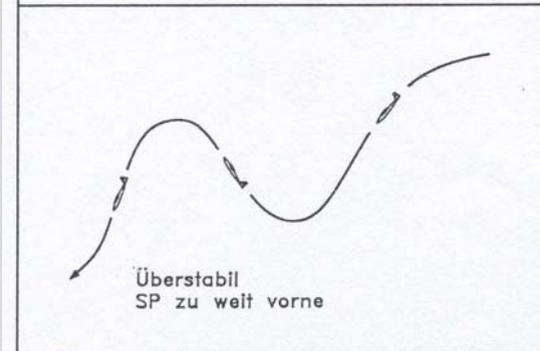


Bild 14: Flugbahnen bei verschieden großem Abstand SP - NP

Das Kochrezept



- Den Modell – Neutralpunkt ermitteln (mit Hilfsprogramm)
- Den Schwerpunkt ca. 10% der Bezugsflügeltiefe vor den Neutralpunkt legen.
- Damit fliegt das Modell (je nach EWD oder Neutralstellung des Höhenruders)
- Den Flug-Test durchführen
- Ggfls. den Schwerpunkt geringfügig verlegen (in 2% Schritten)
- Den Flugtest wiederholen
- **Die Lage des Schwerpunktes NIE wieder verlegen !**

Bitte Merken



- **Erst den Schwerpunkt** (das Stabilitätsverhalten) festlegen.
- Das geht rechnerisch oder durch den Testflug
- **Dann mit dem dazu passendem Trimm** (=EWD) die Geschwindigkeit einstellen, niemals umgekehrt.
- **Trimm = EWD**, egal ob Klappen- oder Pendelruder
- **Ballast** (aufbleien) zur Erhöhung der Grundgeschwindigkeit gehört in den Schwerpunkt. Der Ballast verändert dann nicht das Stabilitätsverhalten.

...noch was zum Autor



Die Lage seines
Schwerpunktes ist...

...zu weit vorn...

...zu tief...

...aber stabil

