



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**

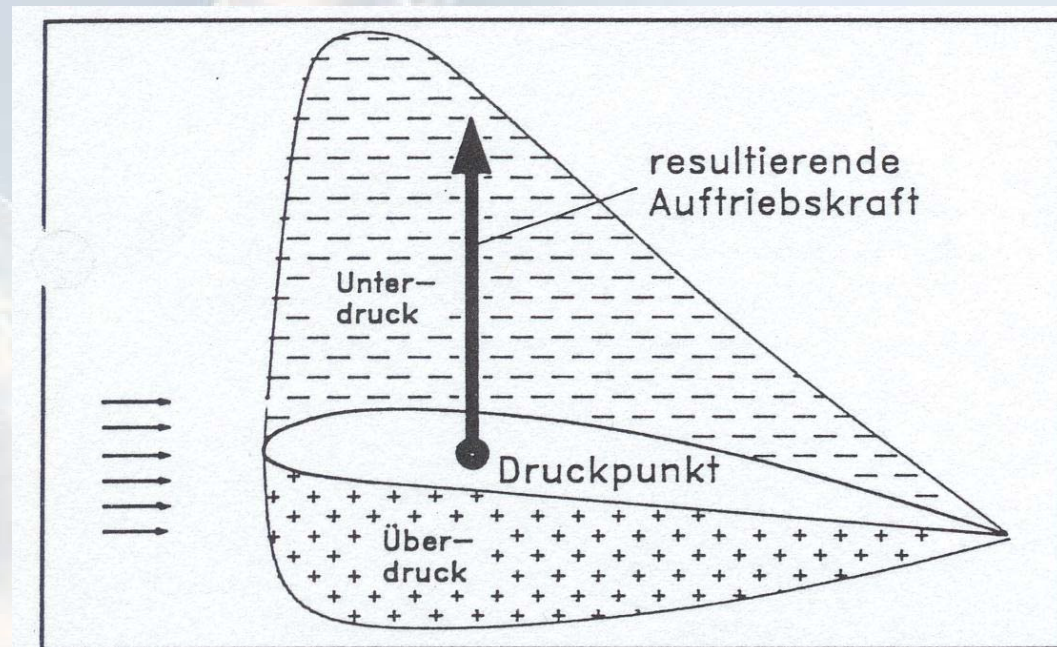


Bild 1: So etwa können wir uns die Druckkräfte am Profil und ihre Resultierende vorstellen

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

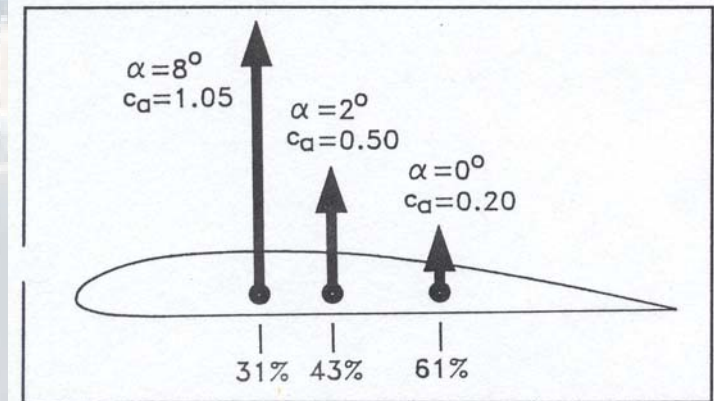


Bild 2: Typische Druckpunktlagen an einem Profil

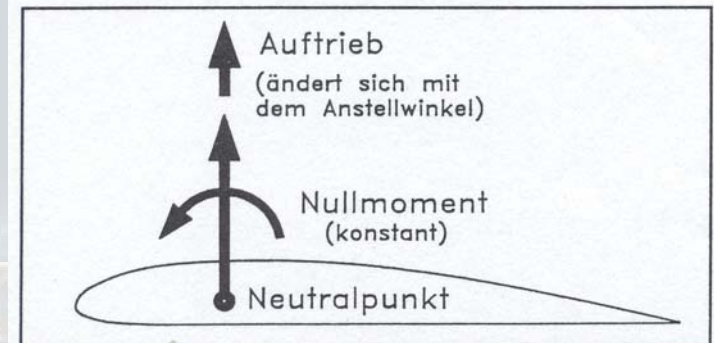


Bild 3: Die neue Vorstellung: Der Auftrieb greift im NP an; daneben haben wir ein konstantes Nullmoment

Beispiele:



„normales“ Profil:
Kopflastig

Symmetrisches Profil:
neutral

Nurflügelprofil:
schwanzlastig

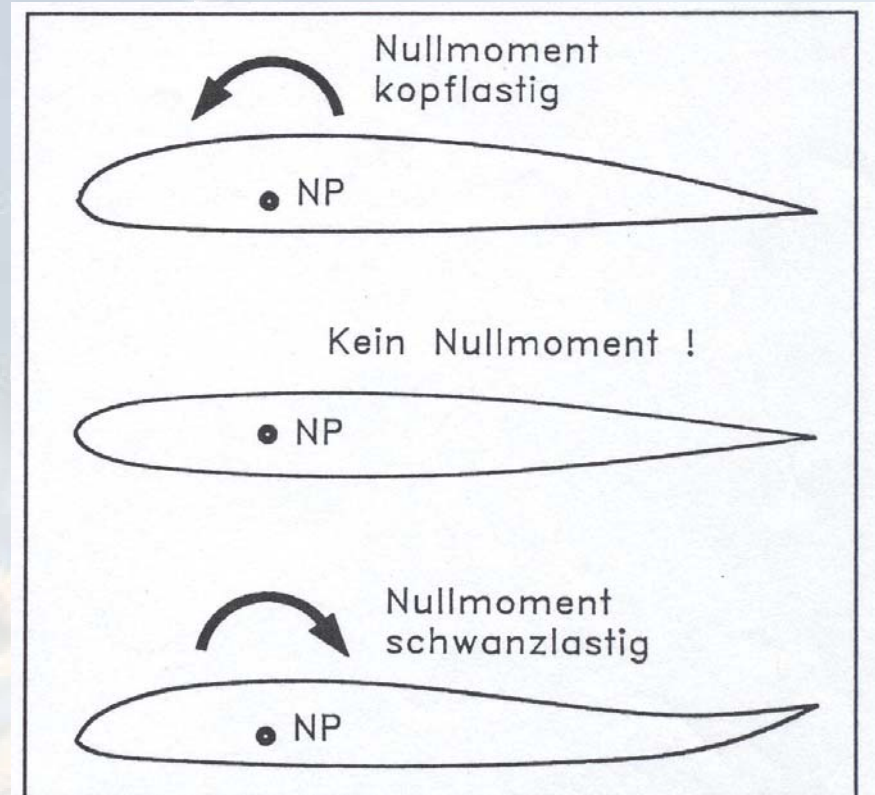


Bild 4: Nullmoment von verschiedenen Profilformen

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.

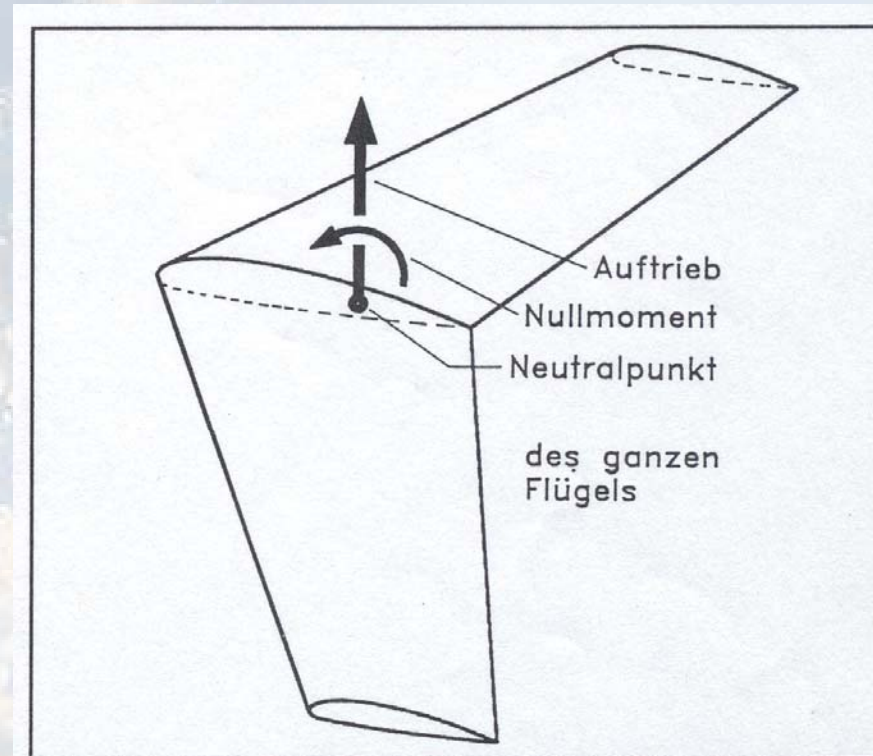


Bild 5: Ein ganzer Flügel hat auch wieder einen NP, darin angreifenden Auftrieb, und ein Nullmoment

Einfaches Beispiel

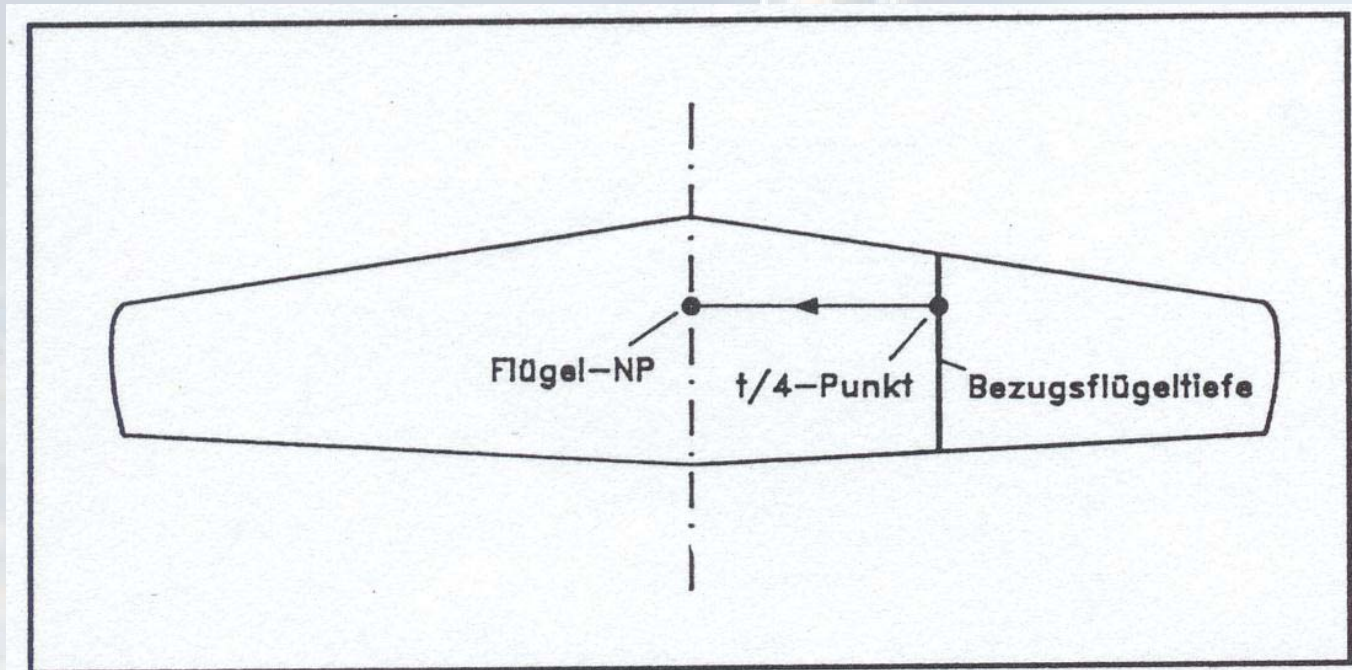


Bild 7: Der Flügel-NP fällt annähernd mit dem t/4-Punkt der Bezugstiefe zusammen

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.

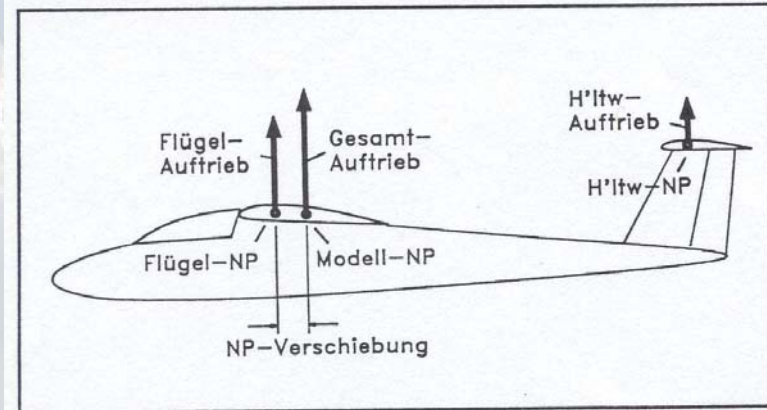


Bild 8: Der NP des ganzen Modells liegt um die vom Höhenleitwerk verursachte NP-Verschiebung hinter dem Flügel-NP

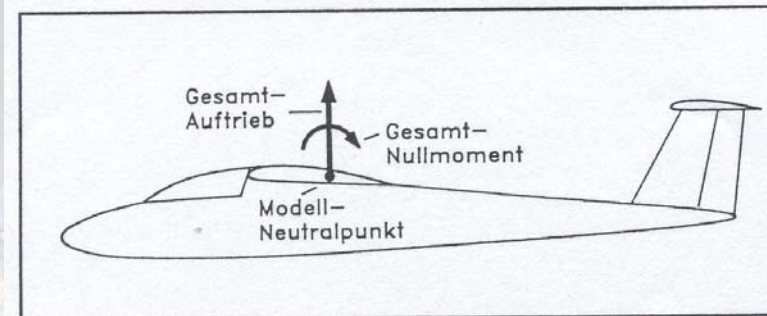


Bild 9: Im Modell-NP greift der gesamte Auftrieb des Modells an. Daneben haben wir noch ein Modell-Nullmoment

Das Gleichgewicht

Im Gleichgewicht sind konstant:

- die Flugbahn
- der Gleitwinkel
- die Geschwindigkeit

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

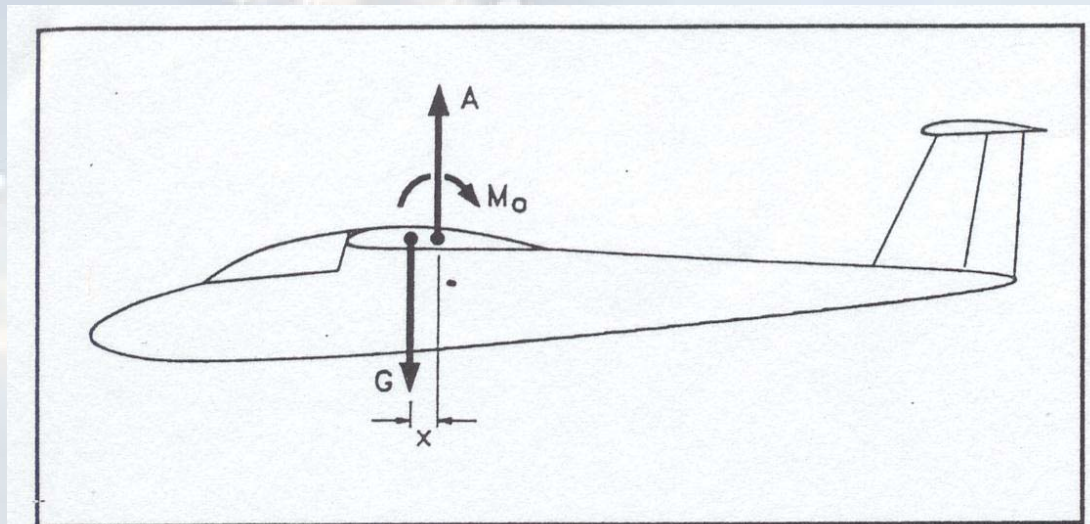


Bild 10: Der SP muß um einen gewissen Betrag x vom NP entfernt liegen, um das Nullmoment zu kompensieren

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**

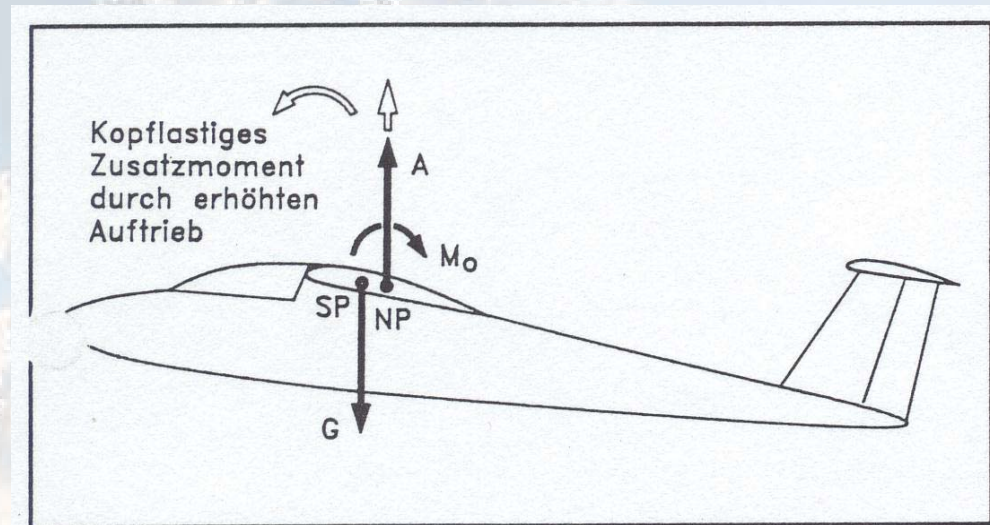


Bild 11: Längsstabile Anordnung: SP vor NP

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**

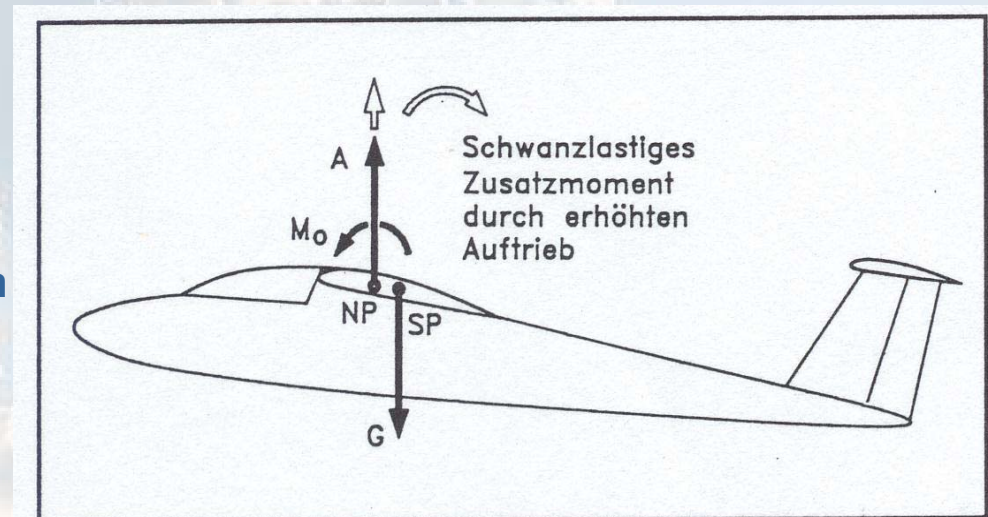


Bild 12: Instabile Anordnung: SP hinter NP

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

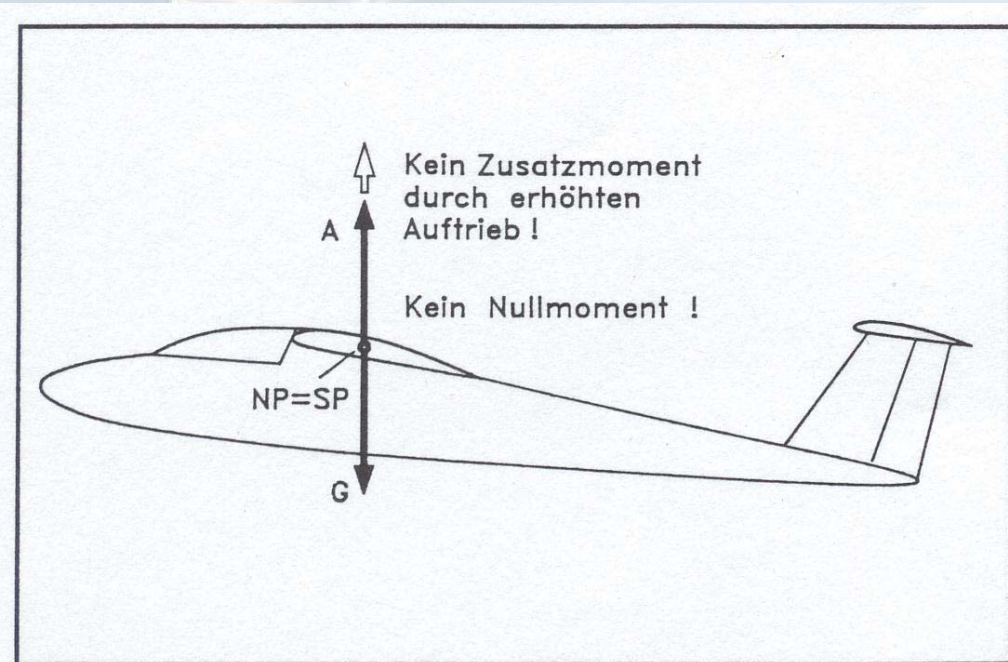


Bild 13: Indifferent: $SP = NP$

...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

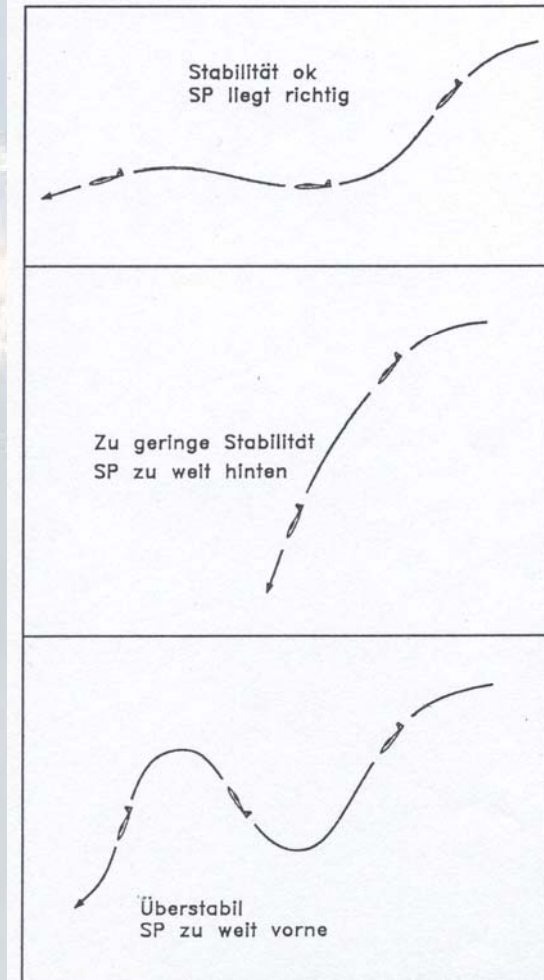


Bild 14: Flugbahnen bei verschieden großem Abstand SP - NP

Das Kochrezept



- Den Modell – Neutralpunkt ermitteln (mit Hilfsprogramm)
- Den Schwerpunkt ca. 10% der Bezugsflügelteiefe 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

