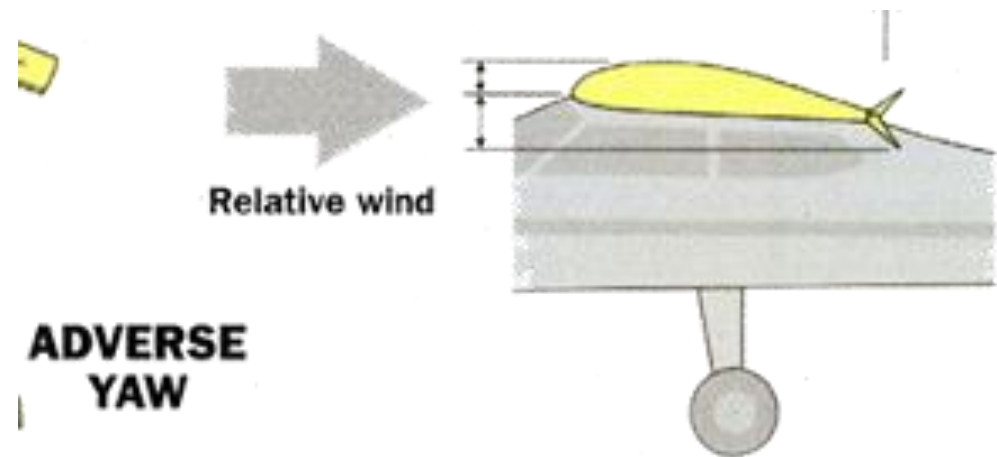
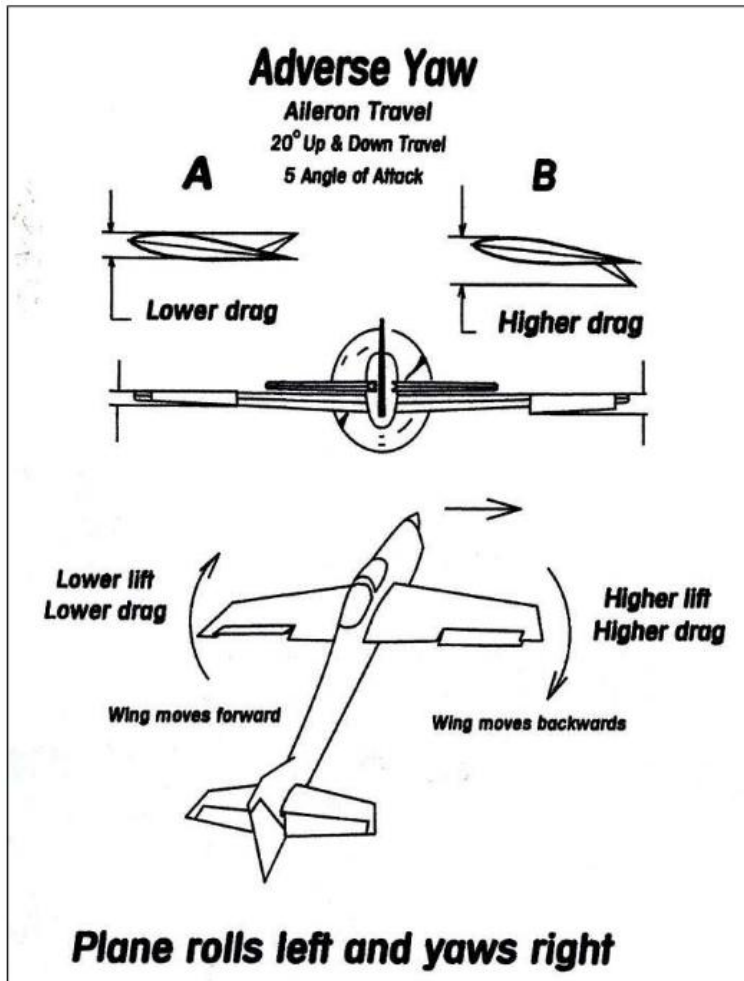
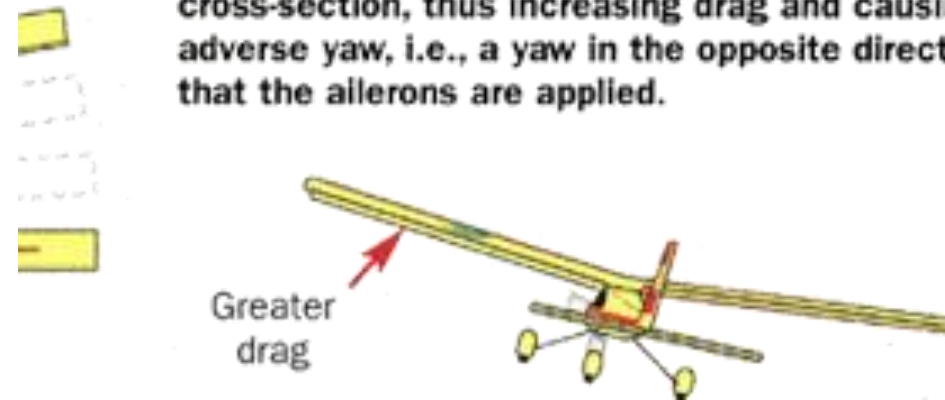


4. Wie funktioniert das negative Wendemoment?

Häufige Erklärung: unterschiedlicher Profilwiderstand der ausgeschlagenen Querruder



In flight, the down aileron presents a wider cross-section, thus increasing drag and causing adverse yaw, i.e., a yaw in the opposite direction that the ailerons are applied.



4. Wie funktioniert das negative Wendemoment?

Häufige Erklärung: unterschiedlicher Profilwiderstand der ausgeschlagenen Querruder

Warum falsch?

- nicht ganz falsch: Profilwiderstand spielt meist eine gewisse Rolle (je nach Flügelprofil, Querrudergröße und Differenzierung)
- Profilwiderstand erklärt nicht, warum das negative Wendemoment vom Anstellwinkel abhängt (es ist am größten bei großen Anstellwinkeln (Langsamflug) und verschwindet bei geringen Anstellwinkeln fast ganz!)
- zwei andere Effekte sind wesentlich wichtiger als der Profilwiderstand

4. Wie funktioniert das negative Wendemoment?

Bessere Erklärung:

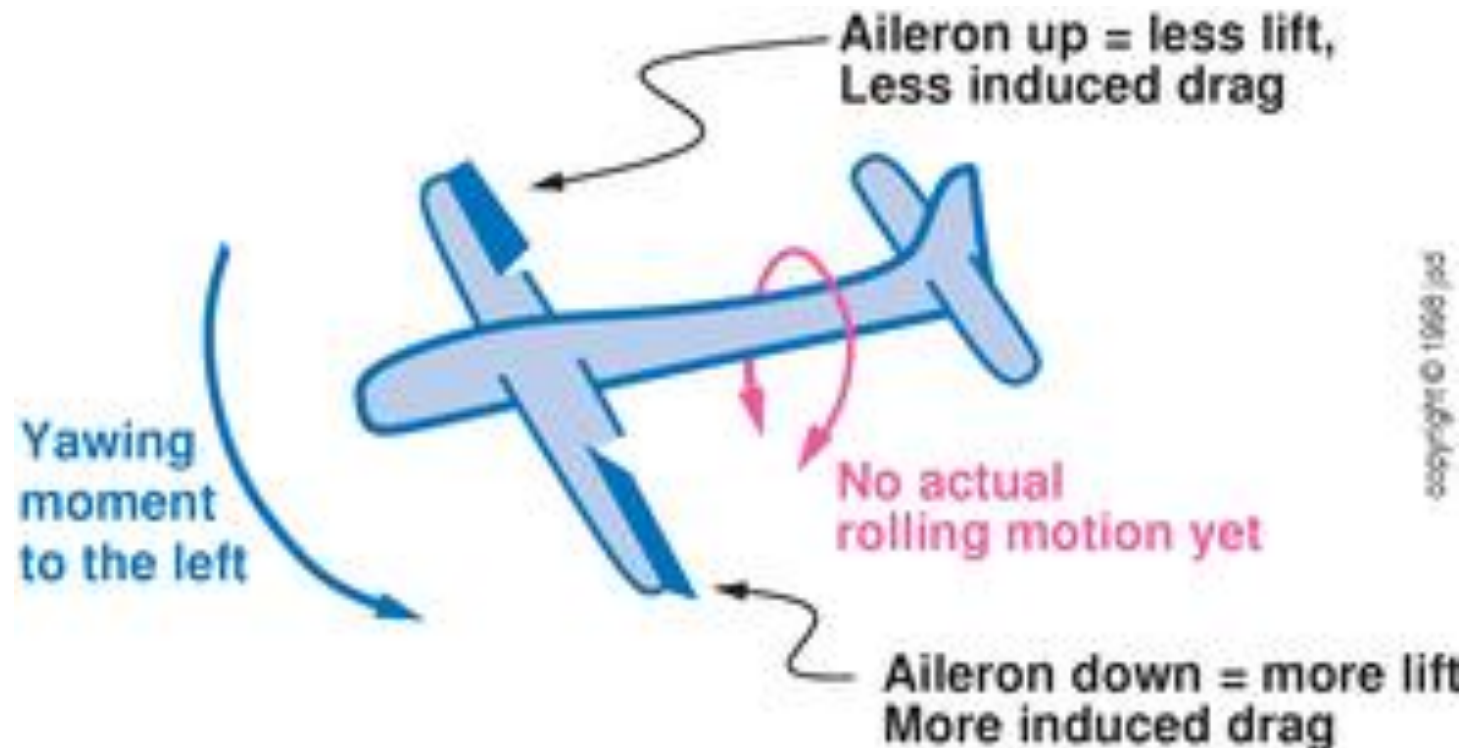
- eigentlich sogar zwei Erklärungen
- Aufteilung in zwei Phasen:
 1. Zu Beginn, bereits voller Querruderausschlag, aber noch keine Rollbewegung
 2. Voll etablierte, konstante Rollbewegung

4. Wie funktioniert das negative Wendemoment?

Bessere Erklärung, Phase 1:

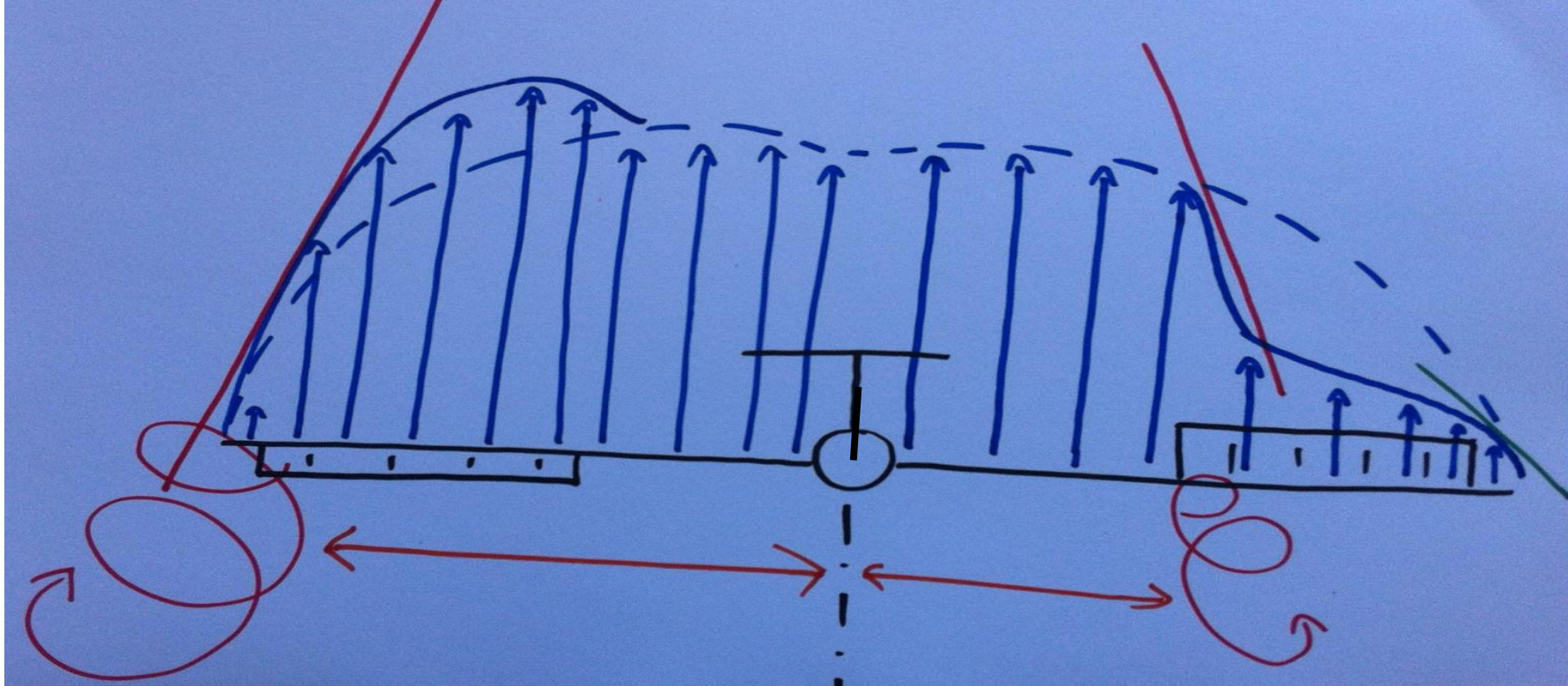
Zu Beginn, bereits voller Querruderausschlag, aber noch keine Rollbewegung

Haupteffekt hier: induzierter Widerstand!



Bessere Erklärung, Phase 1:

Zu Beginn, bereits voller Querruderausschlag, aber noch keine Rollbewegung
Haupteffekt hier: induzierter Widerstand!



- Querruderausschlag nach unten
- Lokale Auftriebskraft dort vergrößert
- Stärkste Änderung der lokalen Auftriebskraft am äußeren Querruderende = Randbogen
- Dort stärkster Wirbel (sehr stark)
- Mit langem Hebelarm um die Hochachse

- Querruderausschlag nach oben
- Lokale Auftriebskraft reduziert
- Stärkste Änderung der lokalen Auftriebskraft am inneren Querruderanfang
- Dort stärkster Wirbel
- Mit kurzem Hebelarm um die Hochachse

4. Wie funktioniert das negative Wendemoment?

Details zu Phase 1:

Zu Beginn, bereits voller Querruderausschlag, aber noch keine Rollbewegung
Haupteffekt hier: induzierter Widerstand!

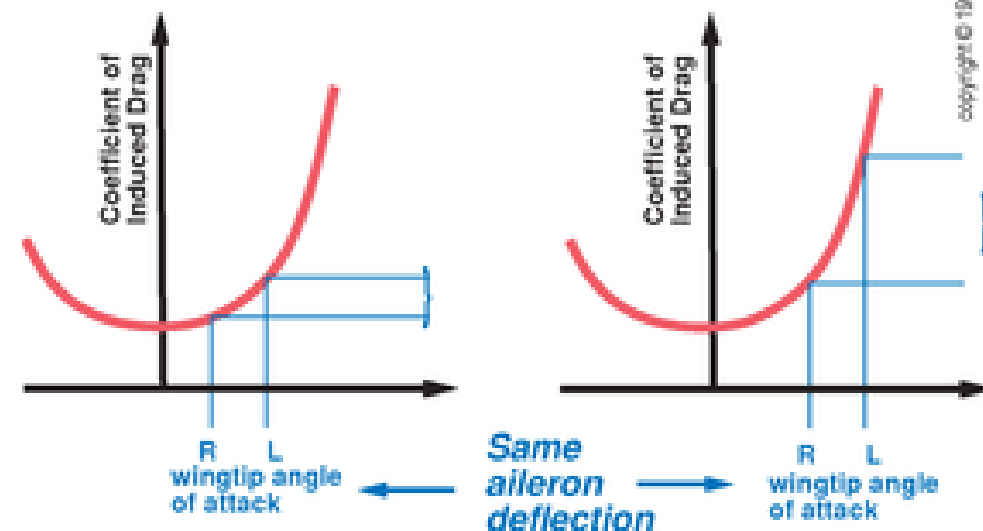
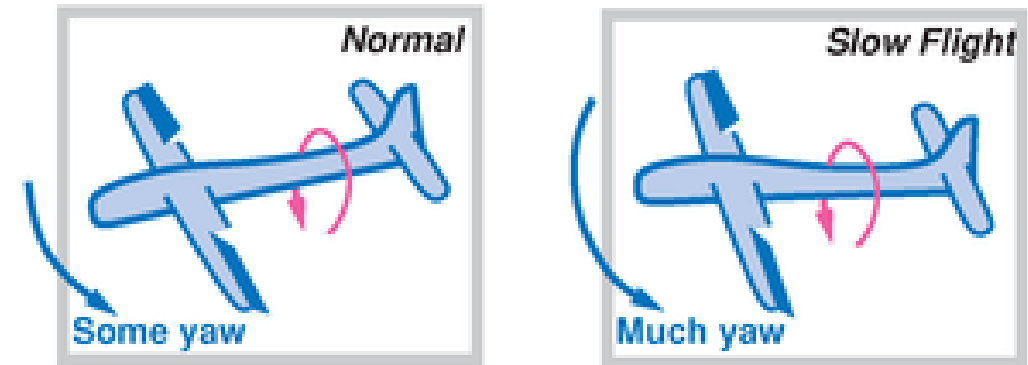
Der induzierte Widerstand hängt aber stark vom Auftriebsbeiwert ab:

$$C_{wi} = \frac{C_A^2}{\pi \Lambda}$$

Der (lokale) Auftriebsbeiwert wiederum hängt vom (lokalen) Anstellwinkel ab!

Großer Anstellwinkel

- > großer Auftriebsbeiwert
- > großer induzierter Widerstand
- > großes negatives Wendemoment (zu Beginn)

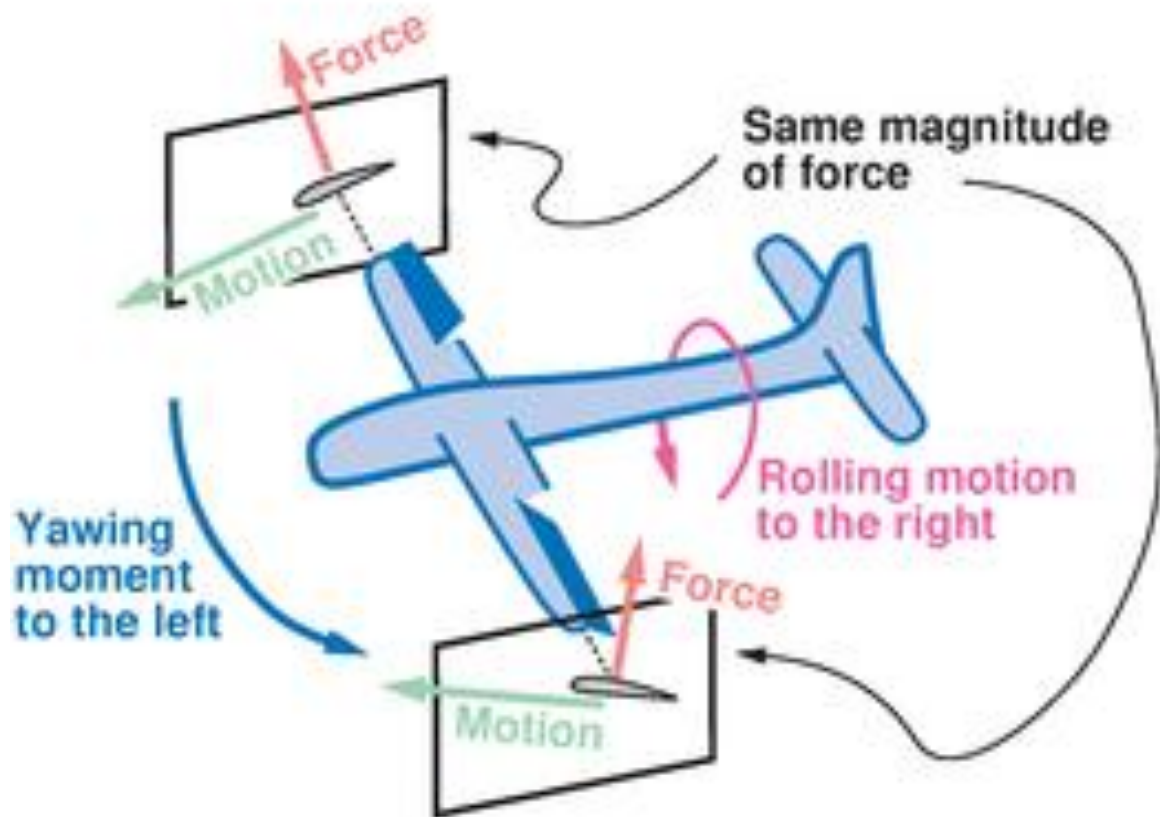


4. Wie funktioniert das negative Wendemoment?

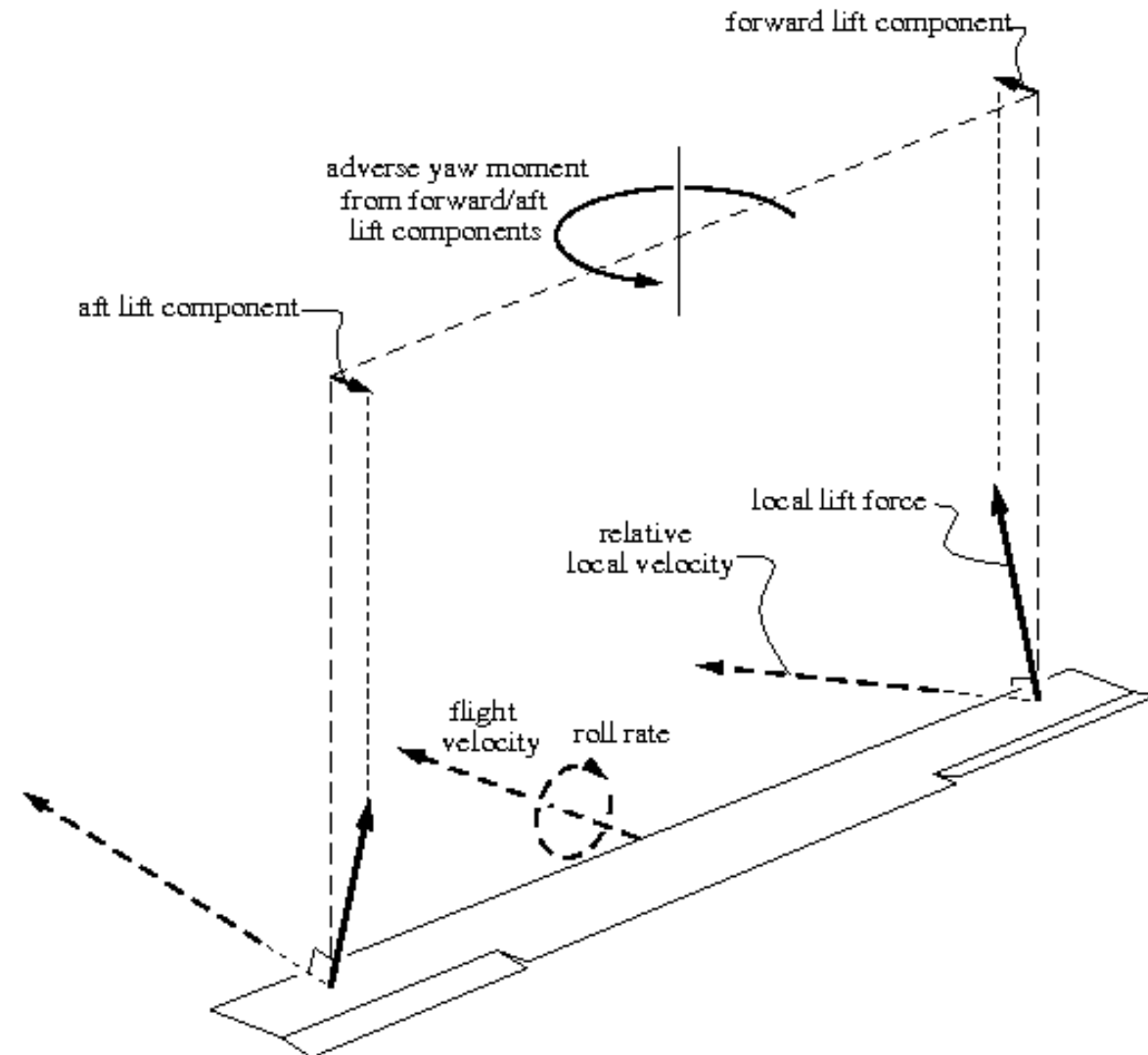
Bessere Erklärung, Phase 2:

Voll etablierte, konstante Rollbewegung

Haupteffekt hier: gekippte Auftriebsvektoren!



Adverse Yaw Moment due to Roll Rate



4. Wie funktioniert das negative Wendemoment?

Relevanz für die Praxis:

durch **Drücken** (Reduktion des Anstellwinkels) kann ich das negative Wendemoment reduzieren oder ganz „**abschalten**“! Effekt tritt bei Drücken sofort ein (ohne Fahrtaufbau).

Phase 1, zu Beginn: bereits voller Querruderausschlag, aber noch keine Rollbewegung
Haupteffekt hier: induzierter Widerstand.

Weniger Anstellwinkel -> weniger Auftriebskraft -> weniger induzierter Widerstand

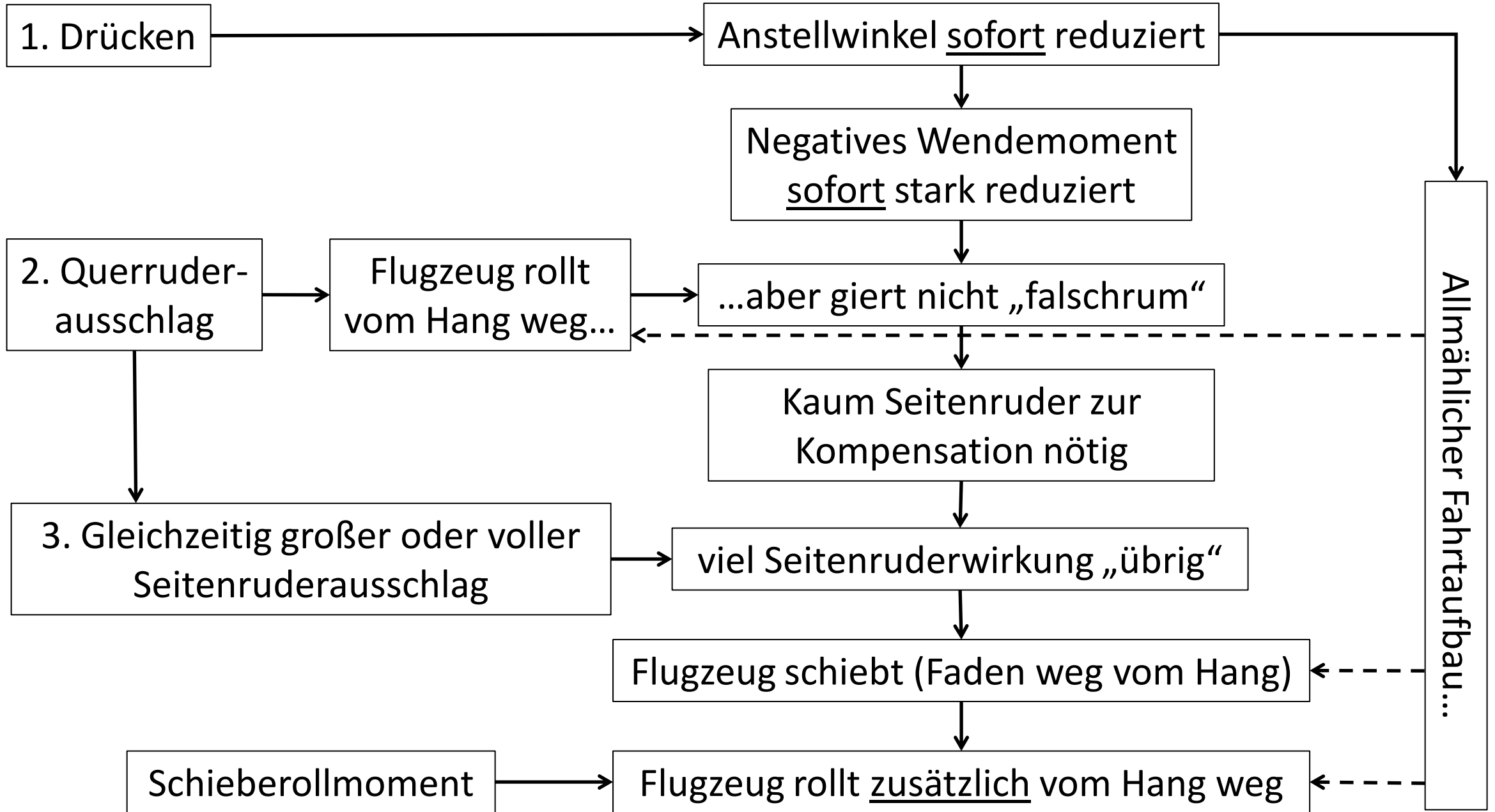
Phase 2, voll etablierte, konstante Rollbewegung

Haupteffekt hier: gekippte Auftriebsvektoren.

Weniger Anstellwinkel -> weniger Auftriebskraft -> kürzere Vektoren

Wichtig für die „schnelle Wende“ (Zitat Martin Dinges) weg vom Hang!

Die „schnelle Wende“ weg vom Hang



4. Wie funktioniert das negative Wendemoment?

Zusammenfassung

Häufige Erklärung: unterschiedlicher Profilwiderstand der ausgeschlagenen Querruder

Warum falsch?

- nicht ganz falsch: Profilwiderstand spielt meist eine gewisse Rolle
- Profilwiderstand erklärt nicht die Abhängigkeit vom Anstellwinkel

Bessere Erklärung:

- ✓ Beim Beginn des Rollens: hauptsächlich unterschiedlicher induzierter Widerstand
- ✓ Während des Rollens: hauptsächlich verkippte Auftriebsvektoren

Relevanz für die Praxis:

- Ich kann das negative Wendemoment durch Drücken „abschalten“.
- Wichtig für die „schnelle Wende“ weg vom Hang!