



AIRBUS 320F

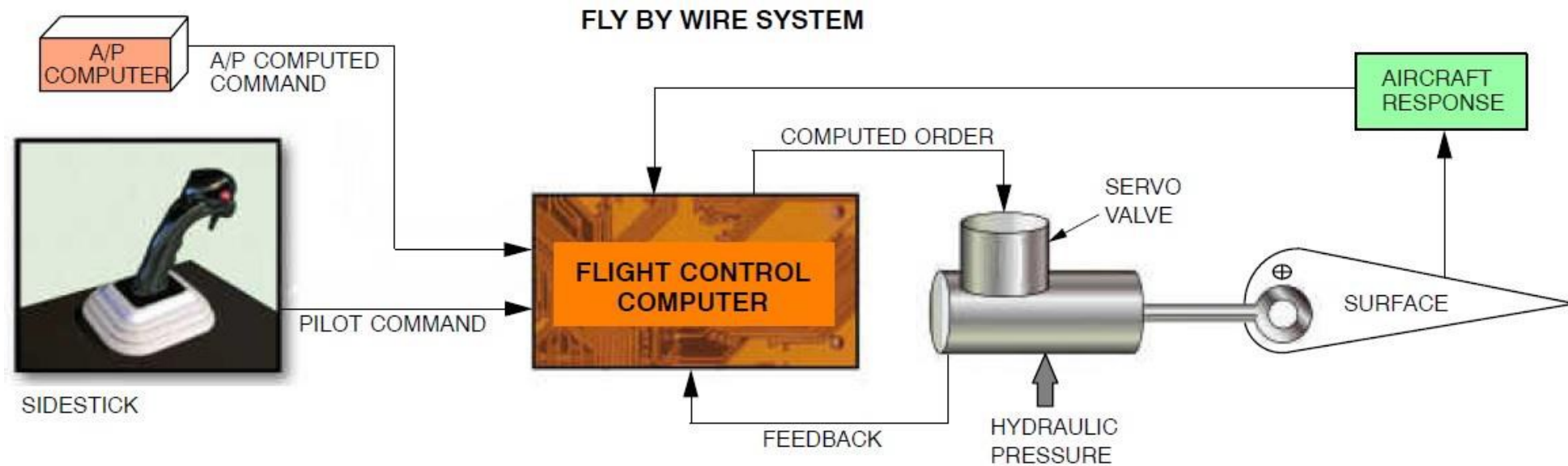
SYS4

Flight Control Laws und Protections

FLIGHT CONTROL LAWS



Flight Control Laws





Flight Control Laws ...



sind Regelungen, die beschreiben,
wie die Flight Control Computer das
Flugzeug steuern sollen.

Sie “steuern die Steuerung”,
sollen den Flug optimieren
und den Flug sicherer machen.

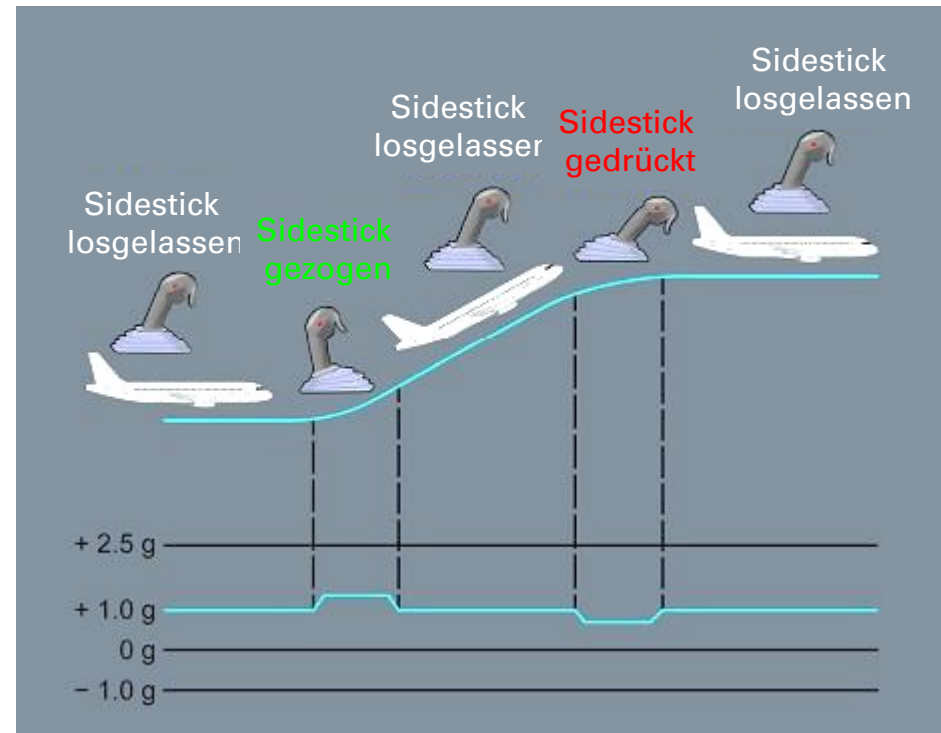
“NORMAL LAW”

PITCH

Load Factor Demand -> “1g – Flugpfad”

Auch bei äußeren
Störungen!

-> “Autotrim”



"NORMAL LAW"

PITCH

Ground Mode

- direkte Steuerung des Höhenruders, kein Autotrim

Flight Mode (5 Sek. nach Liftoff)

- wie beschrieben, Autotrim

Flare Mode (50 ft RA)

- Pitch-Winkel wird gespeichert
- in 30 ft RA -> Pitch-down Kommando [innerh. 8 Sek. Memory Pitch -2°]

5 Sek. nach Touchdown: Pitch Trim fährt auf 0°, Ground Mode

“NORMAL LAW”

ROLL

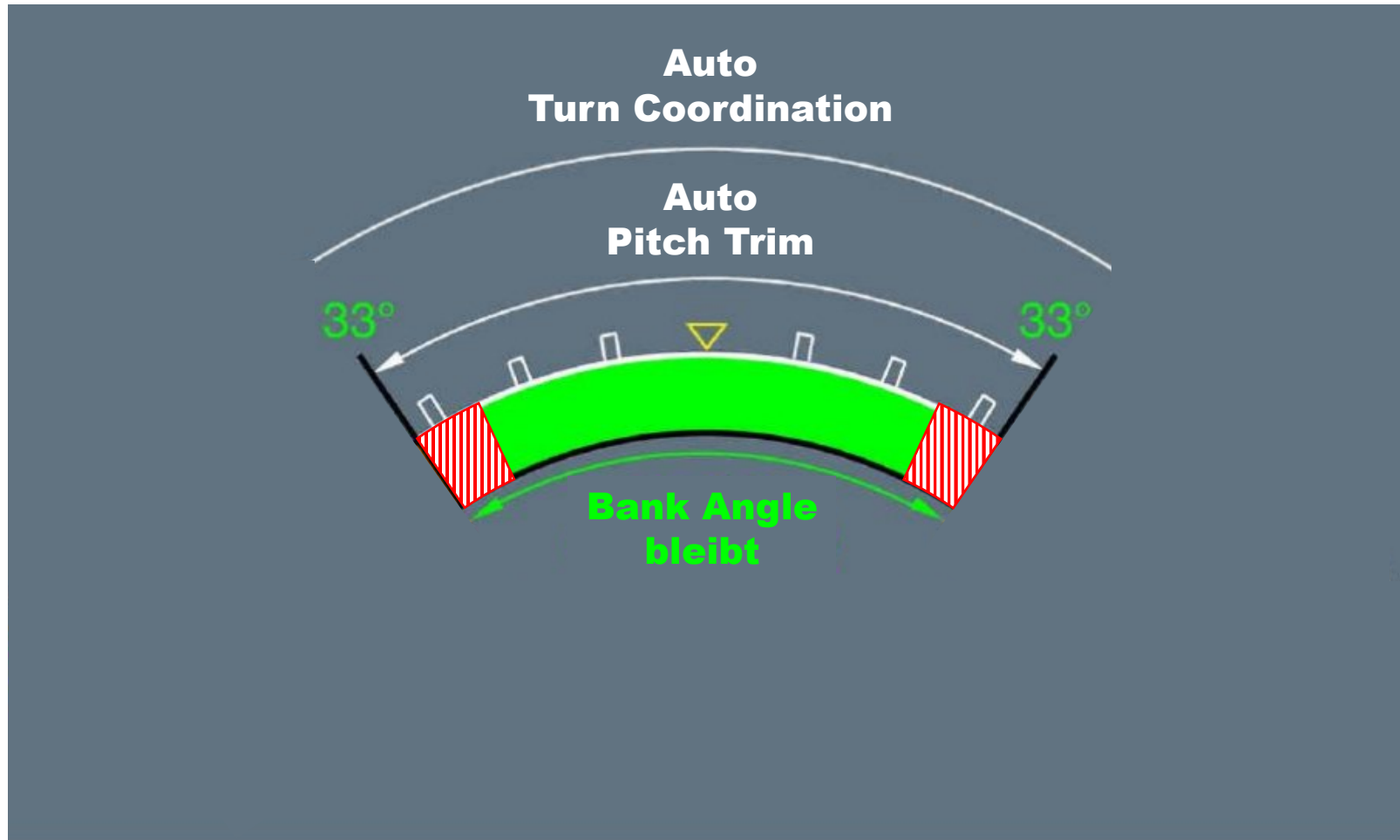
Roll Rate Demand

Vollausschlag l/r

- Rollbewegung nach l/r mit **15°/Sekunde**
- bis max. 67° Bank Angle
- bis max. 45° Bank Angle bei *AOA Protection*
- bis max. 40° Bank Angle bei *High Speed Protection*

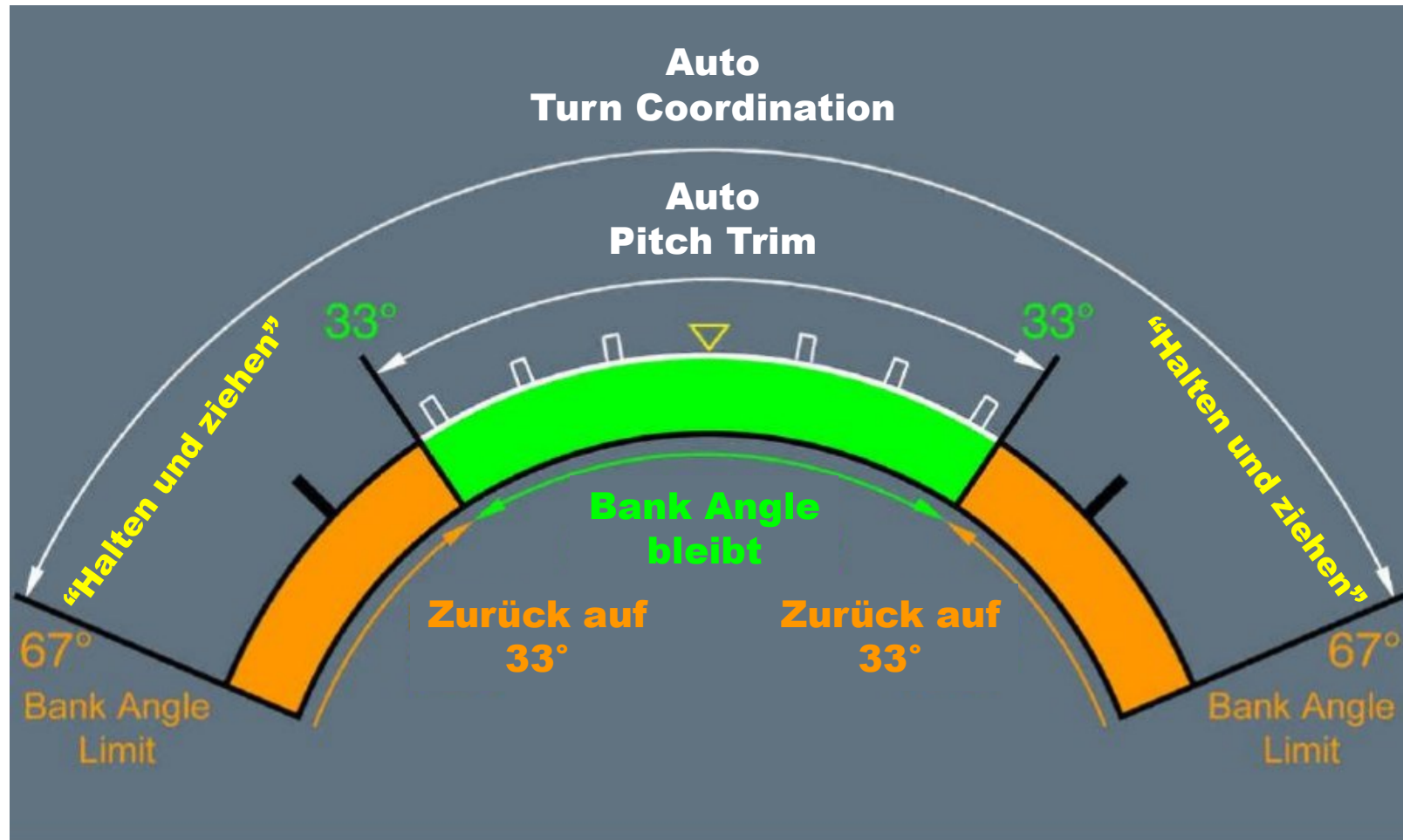
"NORMAL LAW"

ROLL



“NORMAL LAW”

ROLL



“NORMAL LAW”

ROLL

Ground Mode

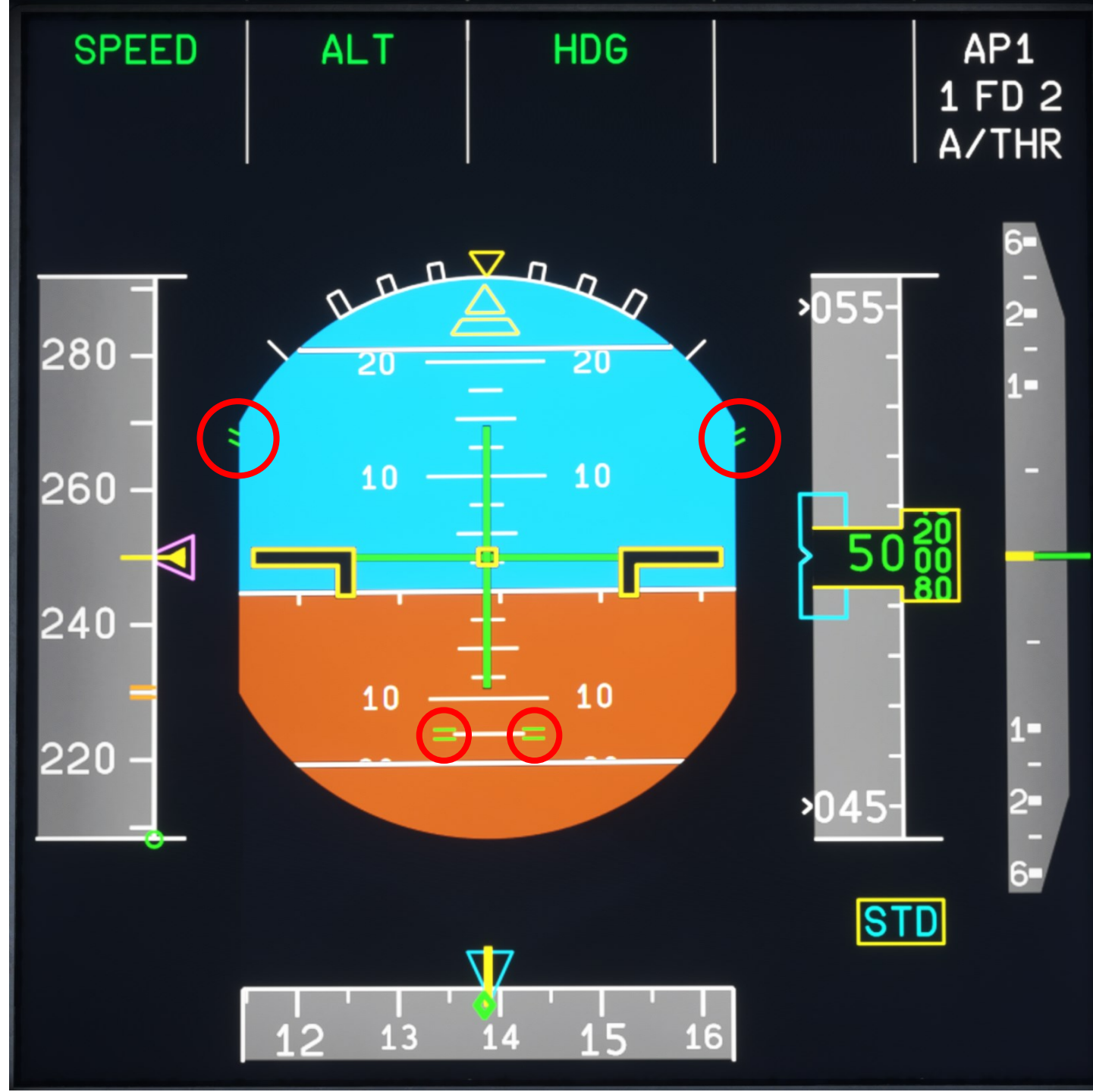
- Direkte Ansteuerung (keine Turn Coordination / Yaw Damping)

Flight Mode (0,5 Sek. nach Liftoff)

- wie beschrieben, Turn Coordination / Yaw Damping

"NORMAL LAW"

- Darstellung



"ALTERNATE LAW"



Ausfall von:

- 2(3) ADR – Air Data Reference Units
- 2 (beide) ELAC – Elevator Aileron Computer
- 1 Höhenruder
- 1 Sidestick
- 2 IR – Inertial Reference Units
- ELAC 1 und entweder GREEN oder YELLOW HYD
- ELAC 2 und BLUE HYD
- alle Spoiler
- 3 (alle) SEC – Spoiler Elevator Computer
- mechanische Blockade des Höhenleitwerks
- Ausfall beider RA – Radar Altimeters bei ausgefahrenem Fahrwerk
- Emergency Power Supply

"ALTERNATE LAW"



Kein "Roll Alternate Law"

- Direkte Steuerung von Querrudern und Roll Spoilern
- Keine Turn Coordination
- $30^\circ(25^\circ^*)/\text{Sek.}$ Rollrate bei Vollausschlag (iso. $15^\circ/\text{Sekunde}$)

"Pitch Alternate Law"

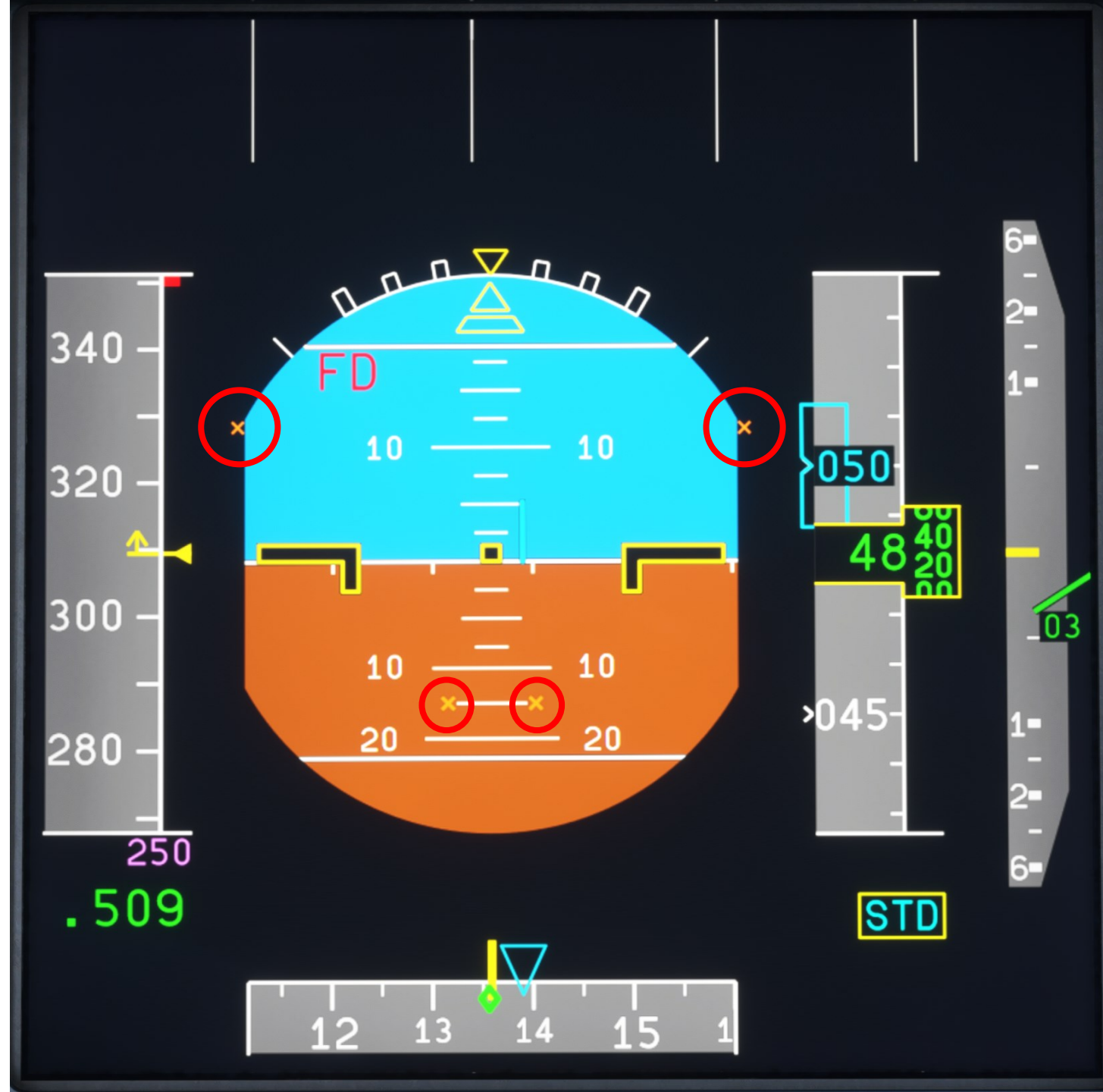
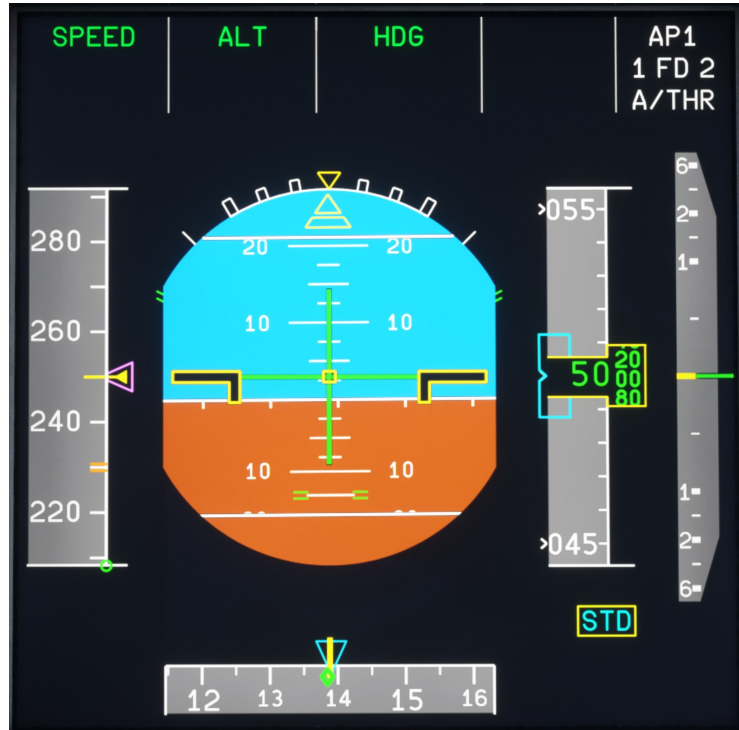
- Load Factor Demand wie im Normal Law
- Weniger Protections

*) ausgefahrene Slats

"ALTERNATE LAW"

- Darstellung

Normal Law



“DIRECT LAW”



Ausfall von:

– 3 (alle) IR – Inertial Reference Units

oder

“Gear down” im Alternate Law & Autopilot OFF

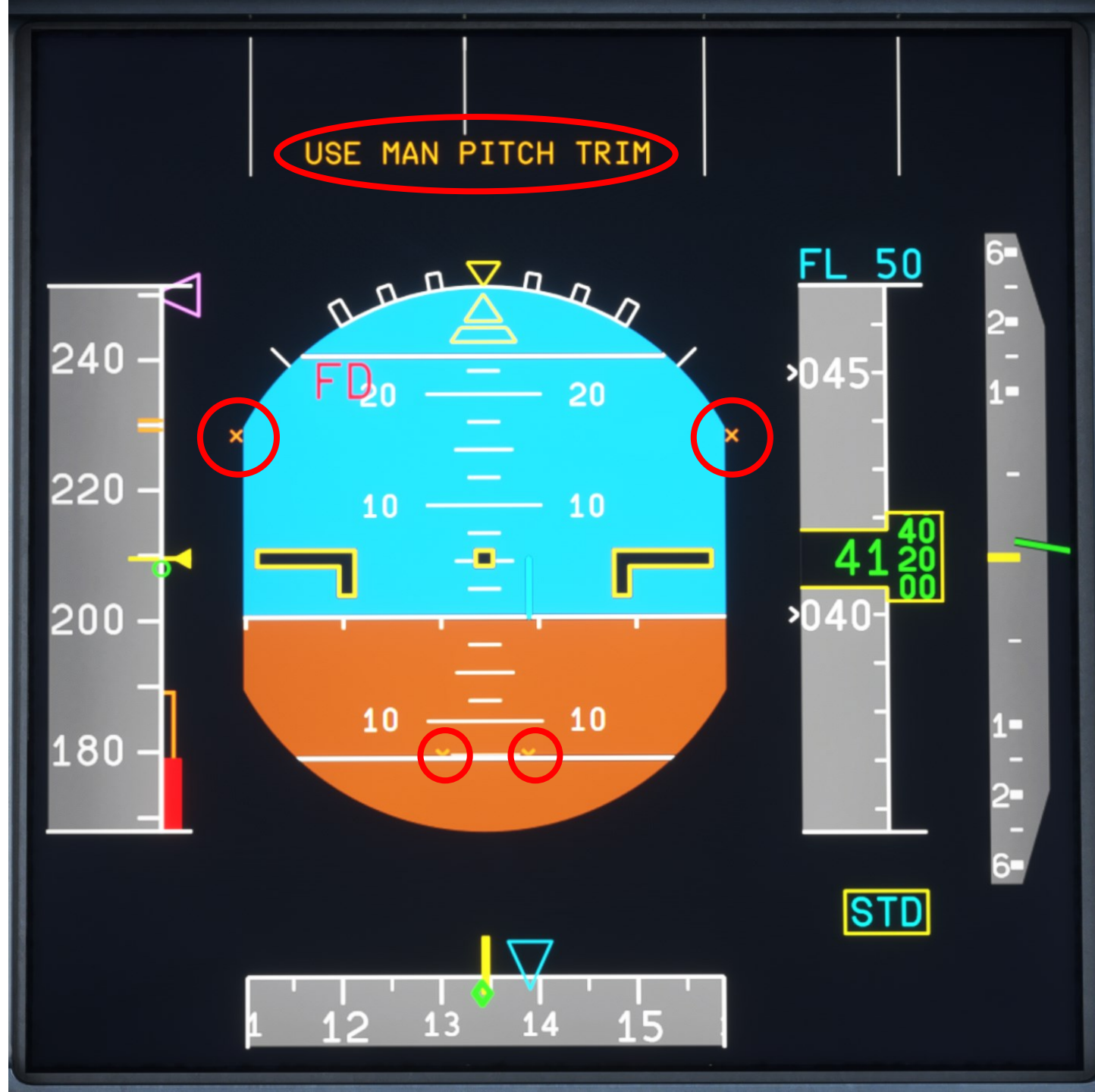
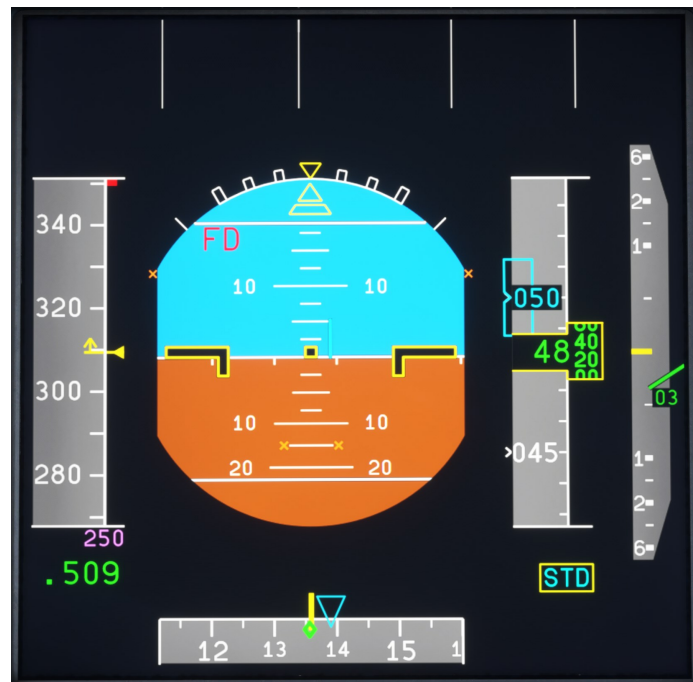
- Pitch Kontrolle ist “direkt”.
- Autotrim funktioniert nicht mehr(!)
- Roll Kontrolle ist “direct”, Bank Angle Protection und Kurven - Koordination funktionieren nicht mehr.
- Yaw Damping funktioniert noch.

"DIRECT LAW" - Darstellung



Mechanical Backup
Seitenruder
Trimräder

Alternate Law



„Abnormal Attitude Law“

✈ Pitch

- mehr als 50° Nose UP
- mehr als 30° Nose DOWN

✈ Anstellwinkel

- mehr als 30°
- weniger als -10° (-15° A321)

✈ IAS

- mehr als 450 kts
- weniger als 60 kts

✈ MACH Zahl

- größer M.91
- kleiner als M.1



PITCH

-> wie ALTERNATE LAW (Load Factor Demand)
aber nur Load Factor Protection

ROLL

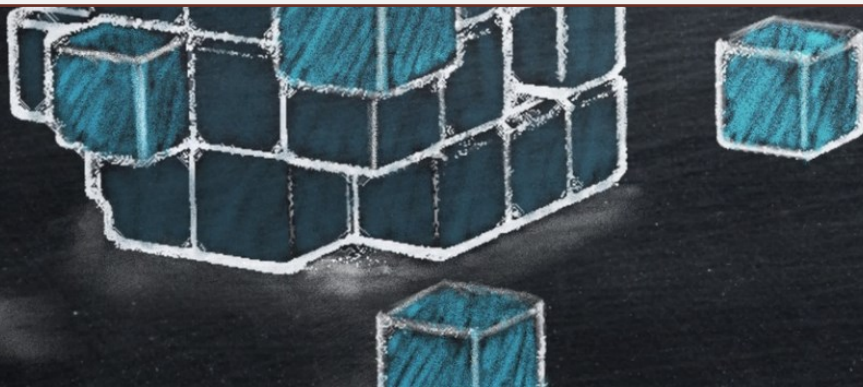
-> Direkte Verbindung Sidestick – Querruder/Spoiler

YAW

-> nur manuelle Kontrolle

Zusammenfassung

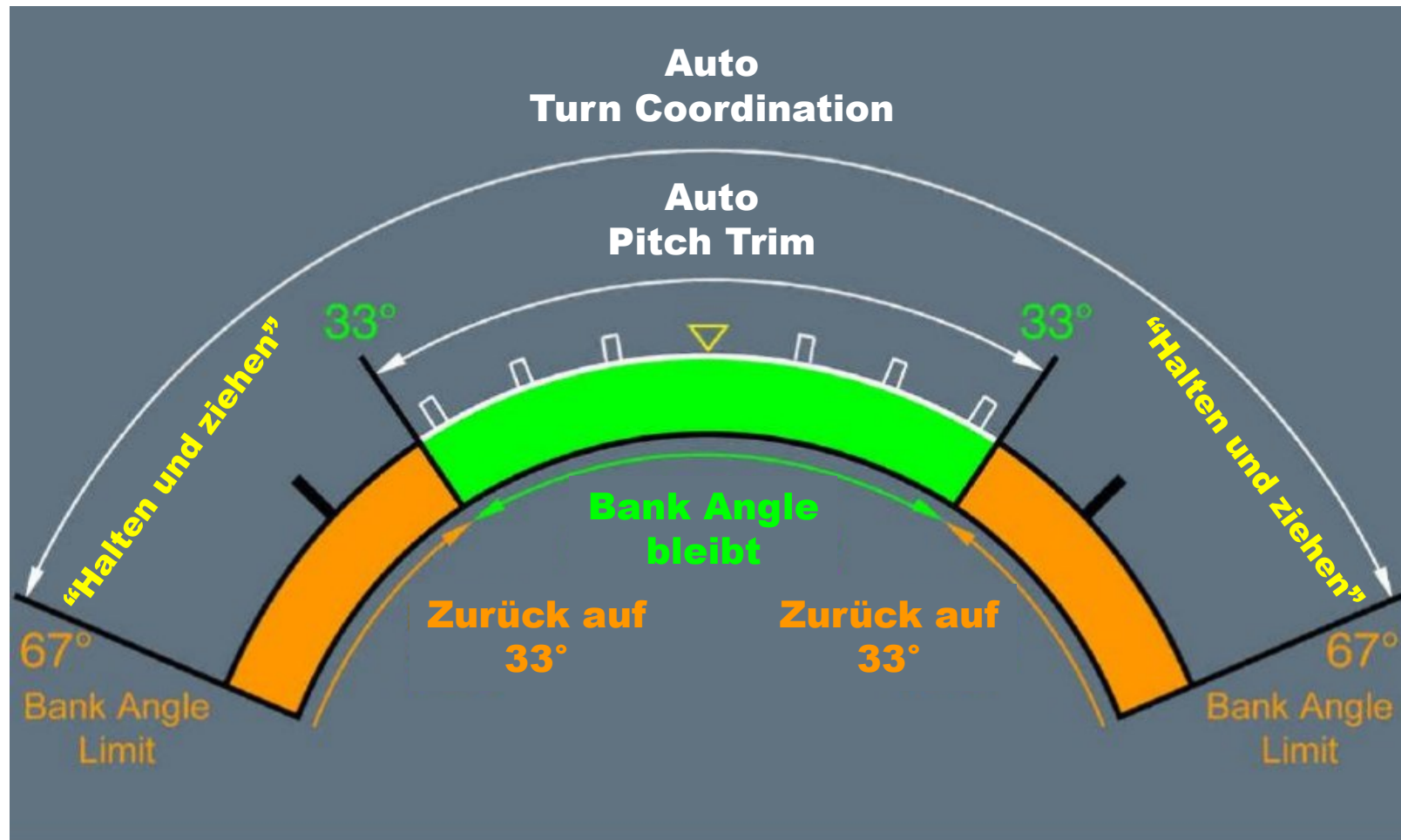
	NORMAL LAW	ALTERNATE LAW	DIRECT LAW	MECHANICAL B/U	Abnorm. ATT LAW
PITCH (Stick ziehen/drücken)	 Load Factor Demand		Direkte Verbindung	Keine Funktion mehr	Load Factor Demand
ROLL (Stick links/rechts)	Roll Rate Demand (15°/sek)	Direkte Verbindung (30°/s 25°/s)	Direkte Verbindung	Keine Funktion mehr	Direkt
TRIM	Autotrim		Manuell		
YAW	Kurven-Koordination Yaw Damping	Manuell, ggf. Yaw Damping	Manuell		
PFD			USE MAN PITCH TRIM	MAN PITCH TRIM ONLY	-
PROTECTIONS	Alle	Reduziert oder keine, Load Factor Limitation	Keine	Keine	Load Factor Limitation



PROTECTIONS



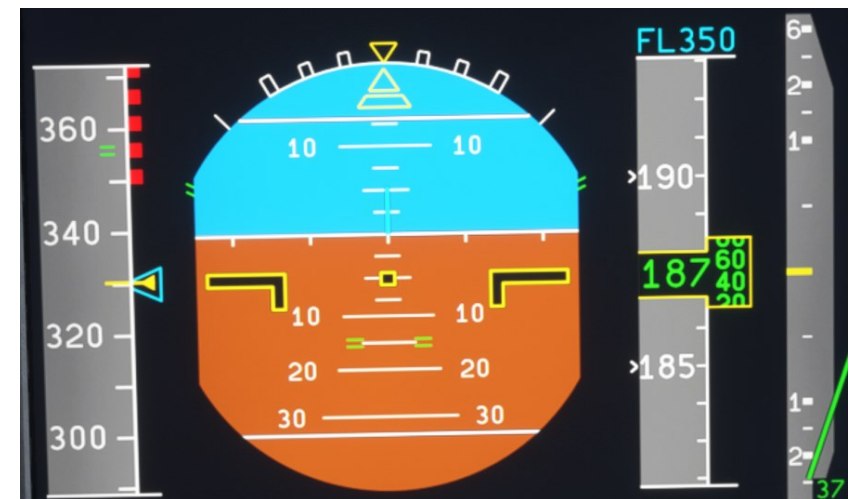
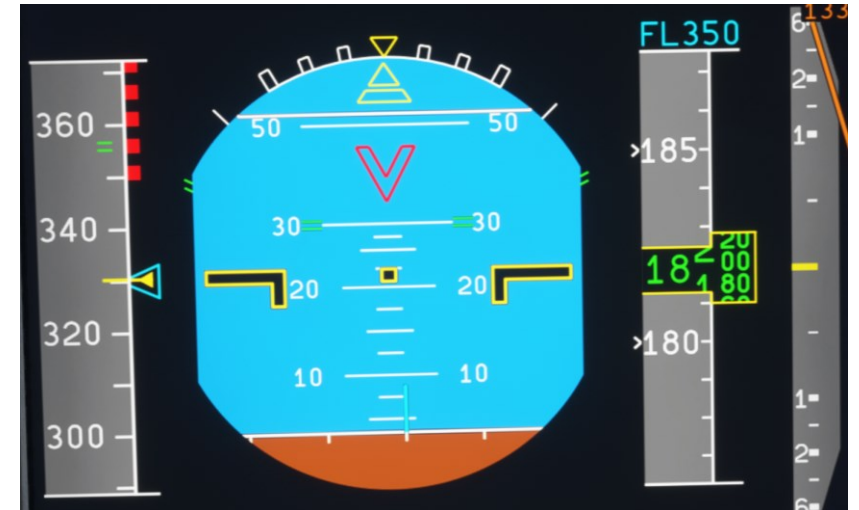
Bank Angle Protection



Pitch Attitude Protection

- 30° Nose up (Langsamflug / Flaps 25°/20°)
- 15° Nose down

Sind die Limits erreicht, hält das Flugzeug das Maximum und lässt sich mit dem Sidestick nicht weiter in diese Richtung steuern.



Load Factor Limitation

- Positive g
 - +2,5g Clean
 - +2,0g Flaps/Slats
- Negative g
 - -1,0g Clean
 - -0g Flaps/Slats

24 24 25 °C			CAB ALT 5000 FT	
TAT	+17 °C	G LOAD	1.9G	GW 64300 KG
SAT	-9 °C	08 H	47	
ISA	+10 °C			

24 24 25 °C			CAB ALT 5050 FT	
TAT	+16 °C	G LOAD	-0.6G	GW 64200 KG
SAT	-10 °C	08 H	47	
ISA	+10 °C			

1.4g bis 0.7g

High Speed Protection

- $V_{MO} + 6$ kts
- $M_{MO} + 0,01$
- Stick Neutral = Bank Anlge 0° (iso 33°)
- Nose UP Signal
 - kann bis $V_{MO} + 16$ kts überdrückt werden
 - Nose DOWN Steuerbarkeit geht gegen 0
 - IAS wird dadurch NICHT stabilisiert!

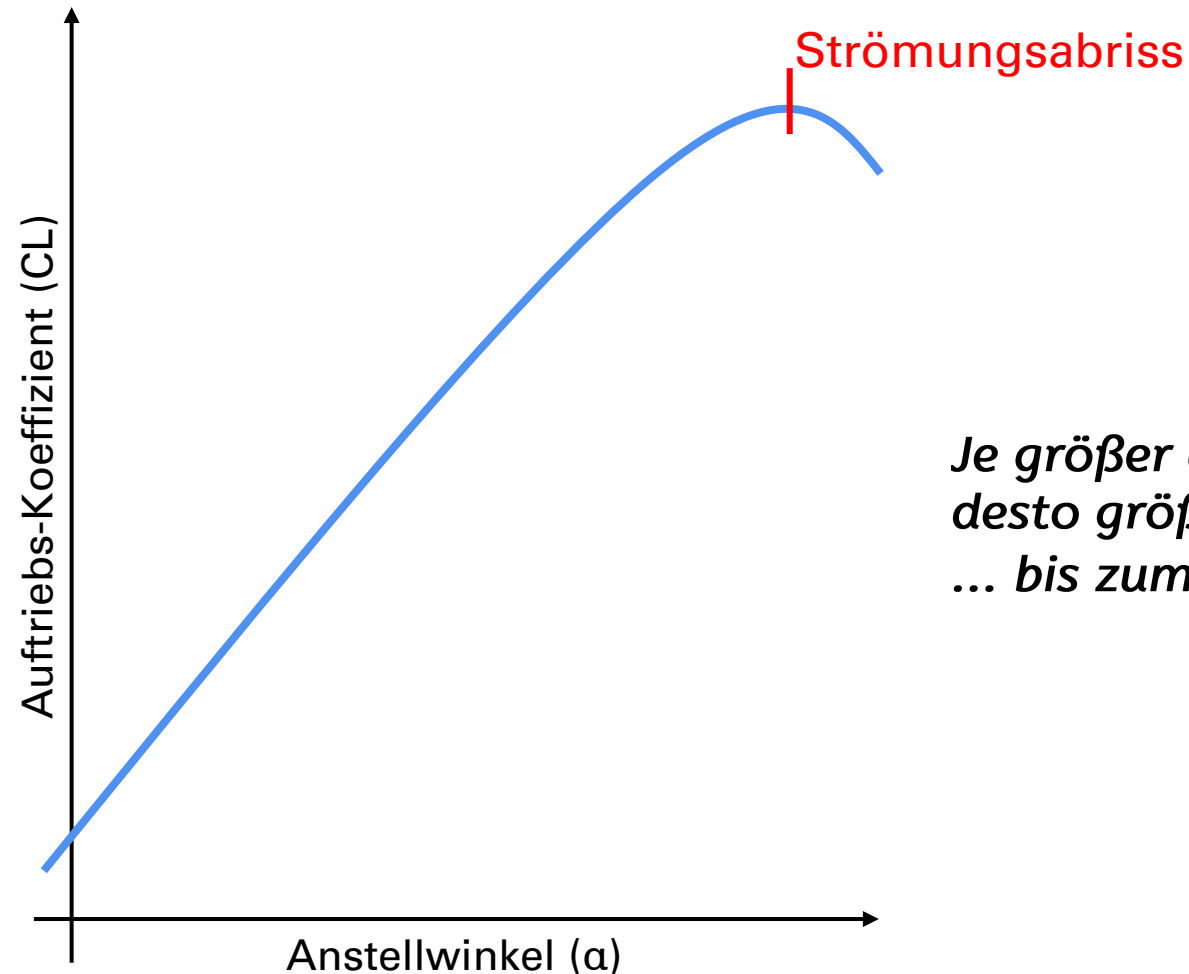


Alternate Law mit reduzierten Protections:
High Speed Stability
-> leichtes Nose-up Signal bei V_{MO}/M_{MO}

An abstract pattern of overlapping triangles in various shades of blue, ranging from dark navy to light sky blue, creating a dynamic, low-poly effect on the left side of the slide.

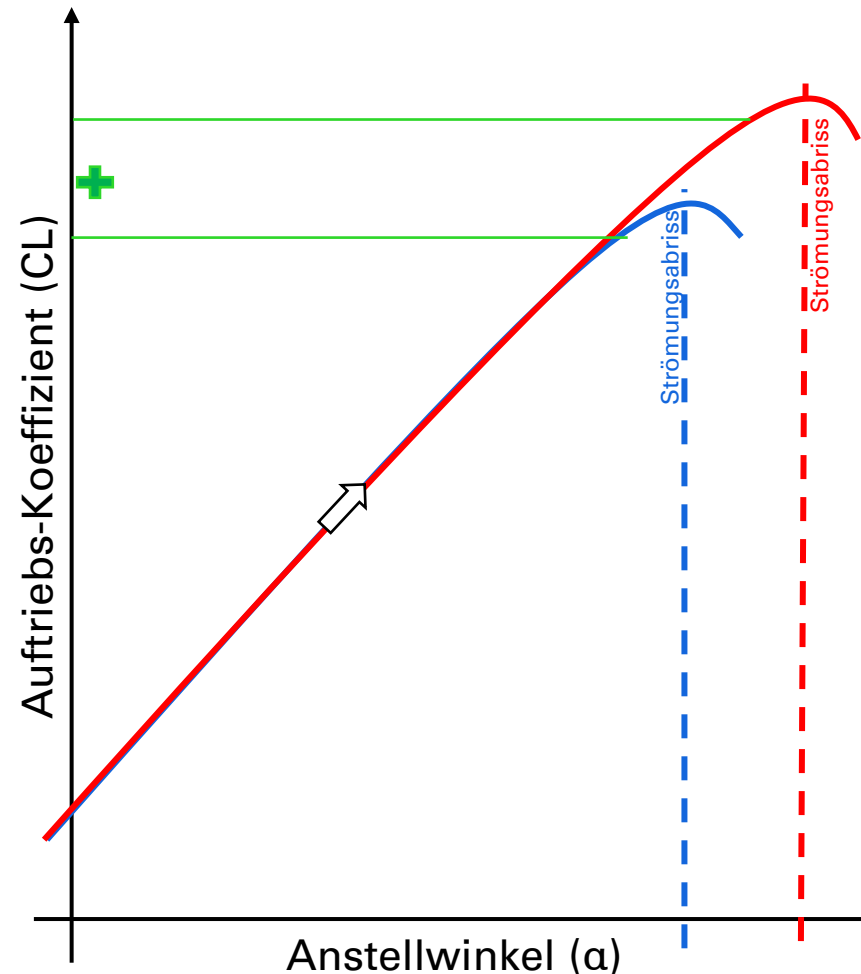
Langsamflug
Hoher Anstellwinkel

Theorie Auftrieb und Langsamflug



*Je größer der Anstellwinkel,
desto größer ist der Auftrieb.
... bis zum **Strömungsabriss** (engl. Stall).*

Ausfahren von SLATS

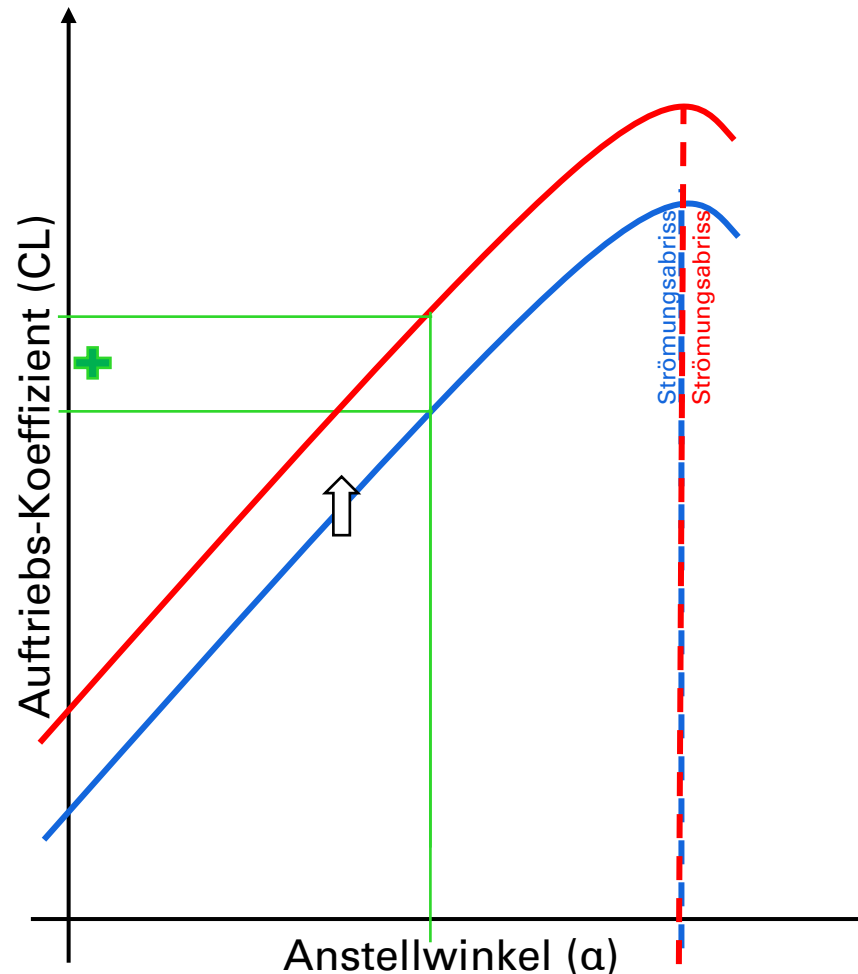


Slats (Tragflächen-Vorderkante)
erlauben höhere Anstellwinkel.
Sie lassen den Flügel erst bei höherem
Anstellwinkel überziehen („stallen“).

Der maximal mögliche Auftrieb steigt.

Der tatsächliche Auftrieb bleibt beim
Ausfahren konstant (wir bleiben auf
der Linie)!

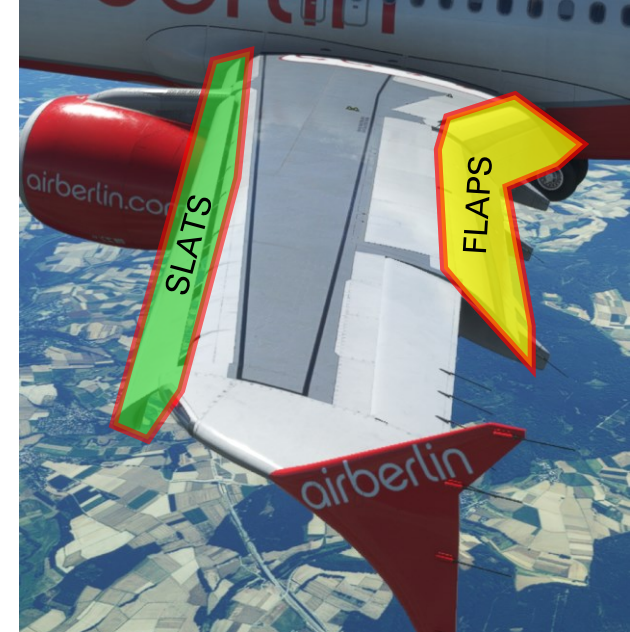
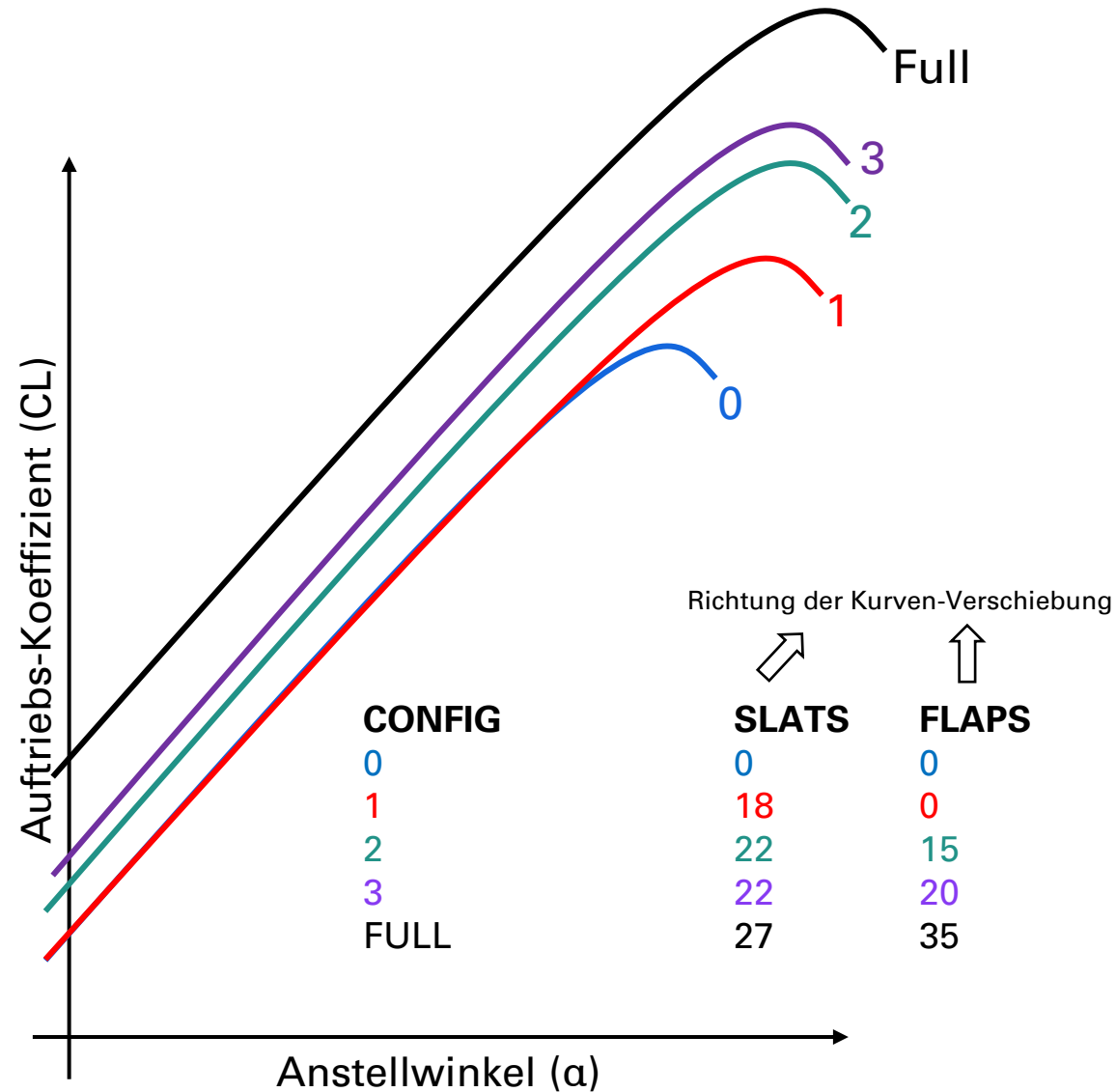
Ausfahren von FLAPS



Flaps (Tragflächen-Hinterkante)
erhöhen den Auftrieb bei gegebenem
Anstellwinkel.

Mehr Auftrieb = mehr Widerstand
Mehr Widerstand = bessere Speed
Control

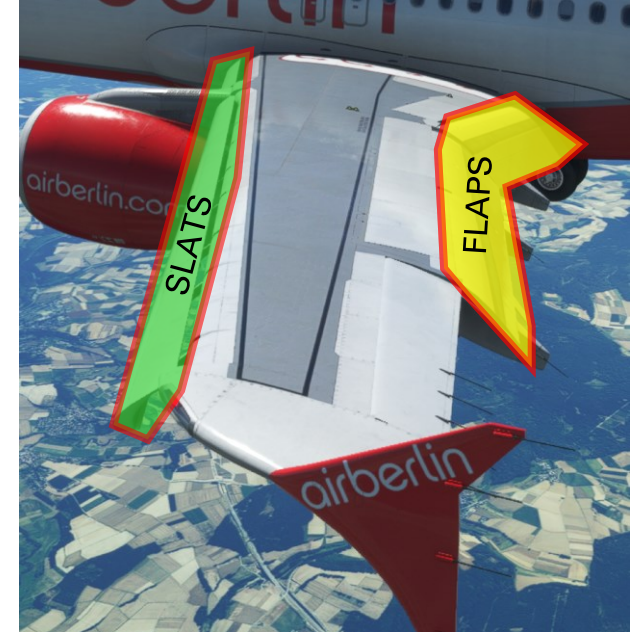
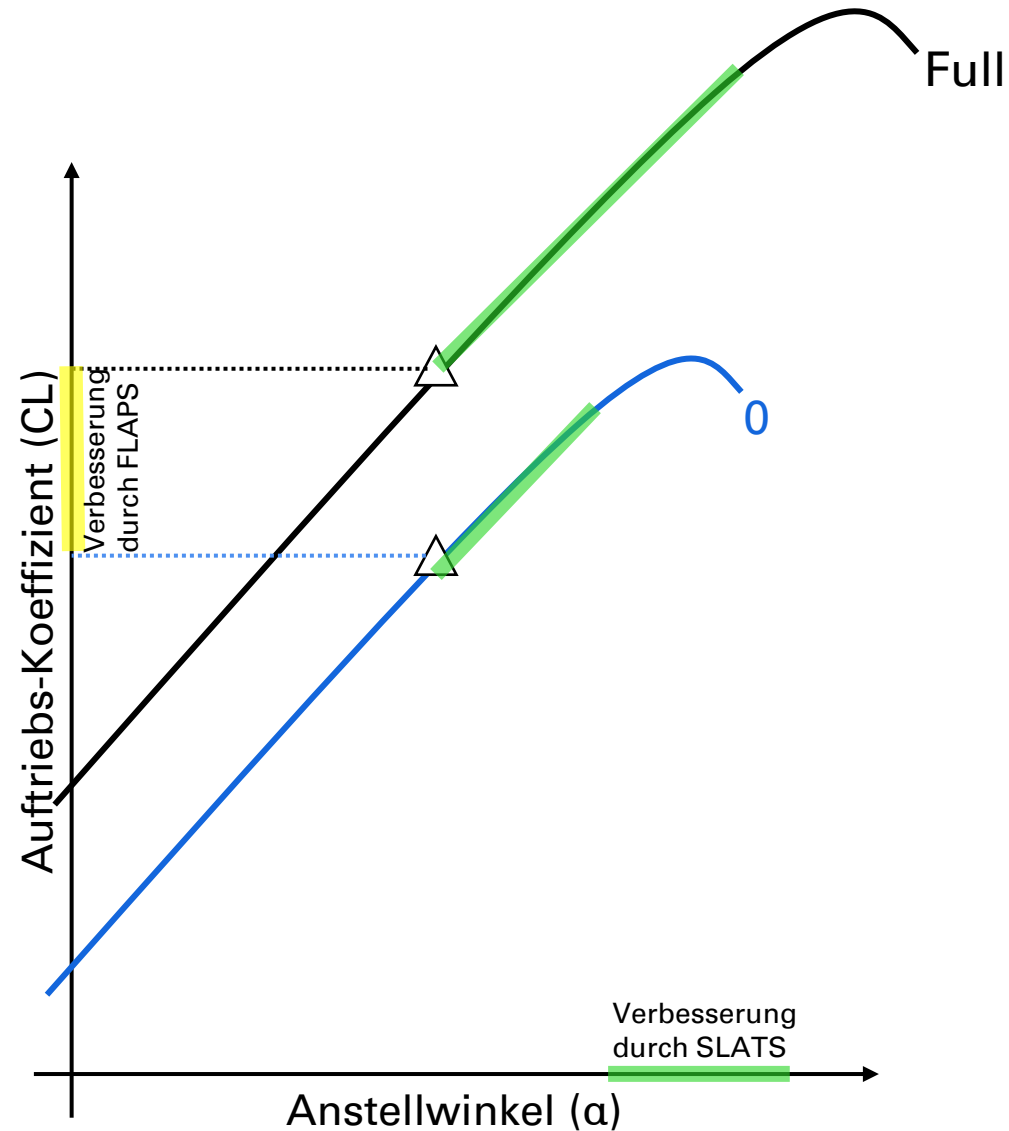
Konfigurieren zur Landung

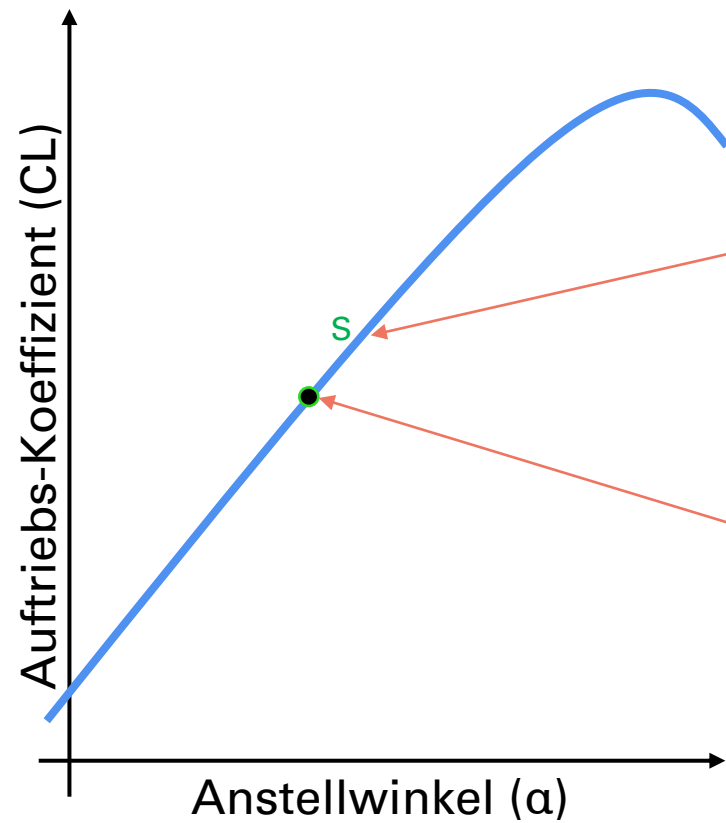


Possible Flaps/Slats Positions

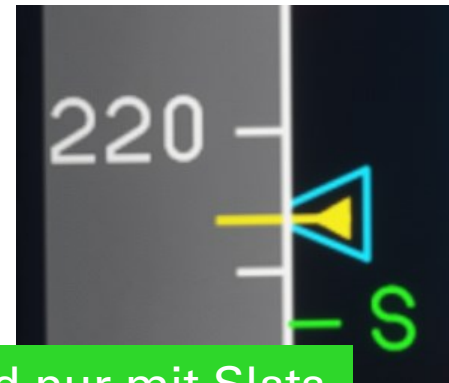
Position	SLATS	FLAPS
0	0	0
1	18	0
		10
2	22	A 319 / 320 15 / A 321 14
3	22	A 319 / 320 20 / A 321 21
FULL	27	A320 / A 321 / A 319 35 / 25 / 40

Konfigurieren zur Landung

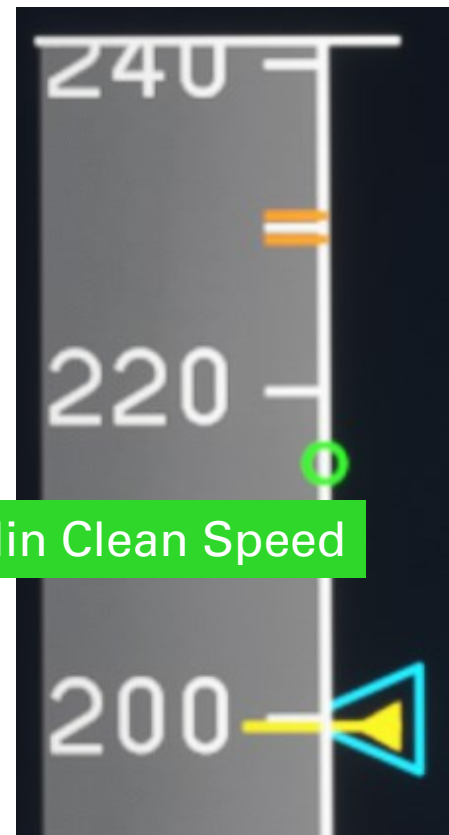


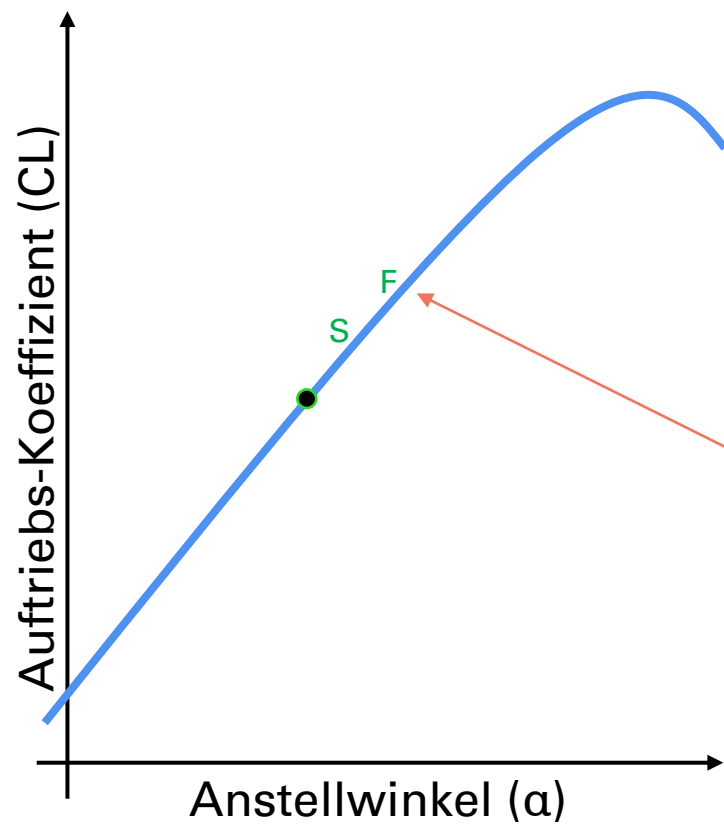


„S-Speed“ = min Speed nur mit Slats



„Green Dot“ = Min Clean Speed





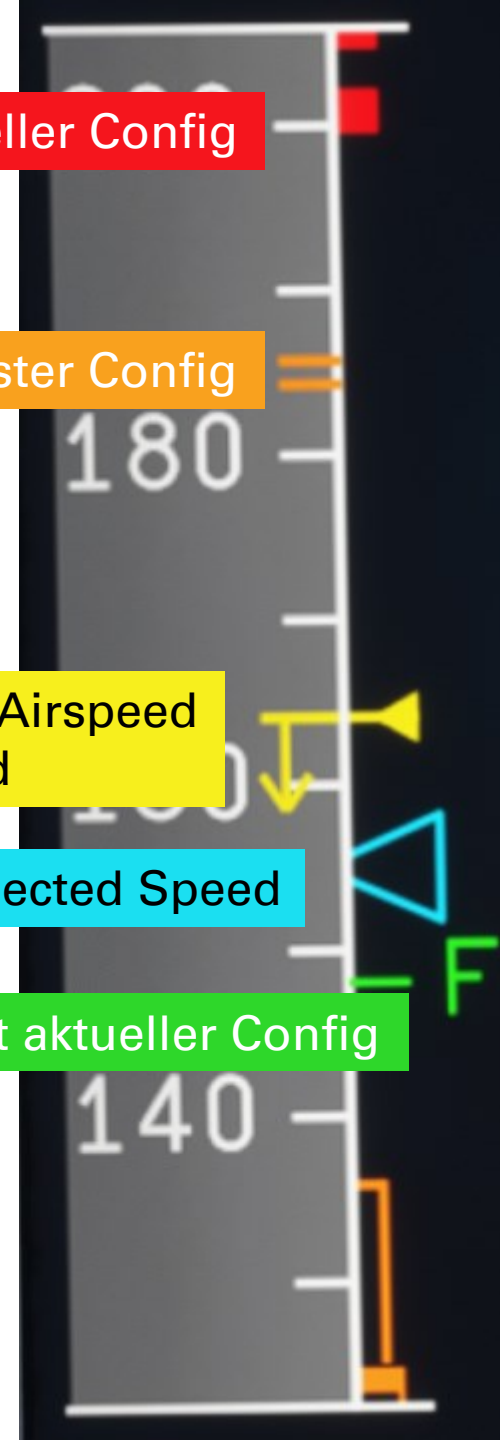
V_{FE} – max. IAS mit aktueller Config

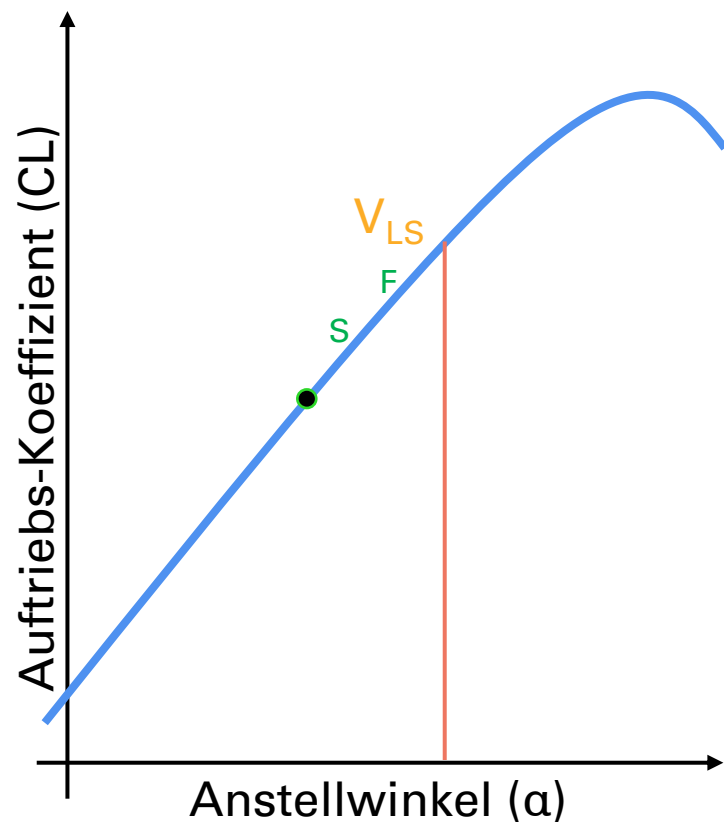
$V_{FE(next)}$ – max. IAS mit nächster Config

IAS – aktuelle Indicated Airspeed
mit 10 Sek. Speed-Trend

Selected Speed

„F-Speed“ = min Speed mit aktueller Config

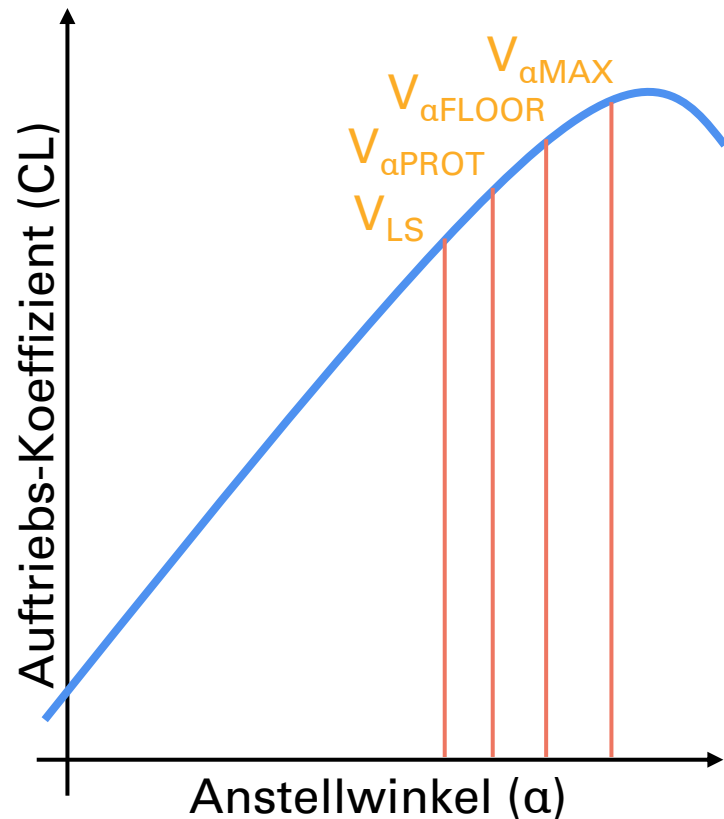




V_{LS} – Lowest selectable Speed



High AOA Protection

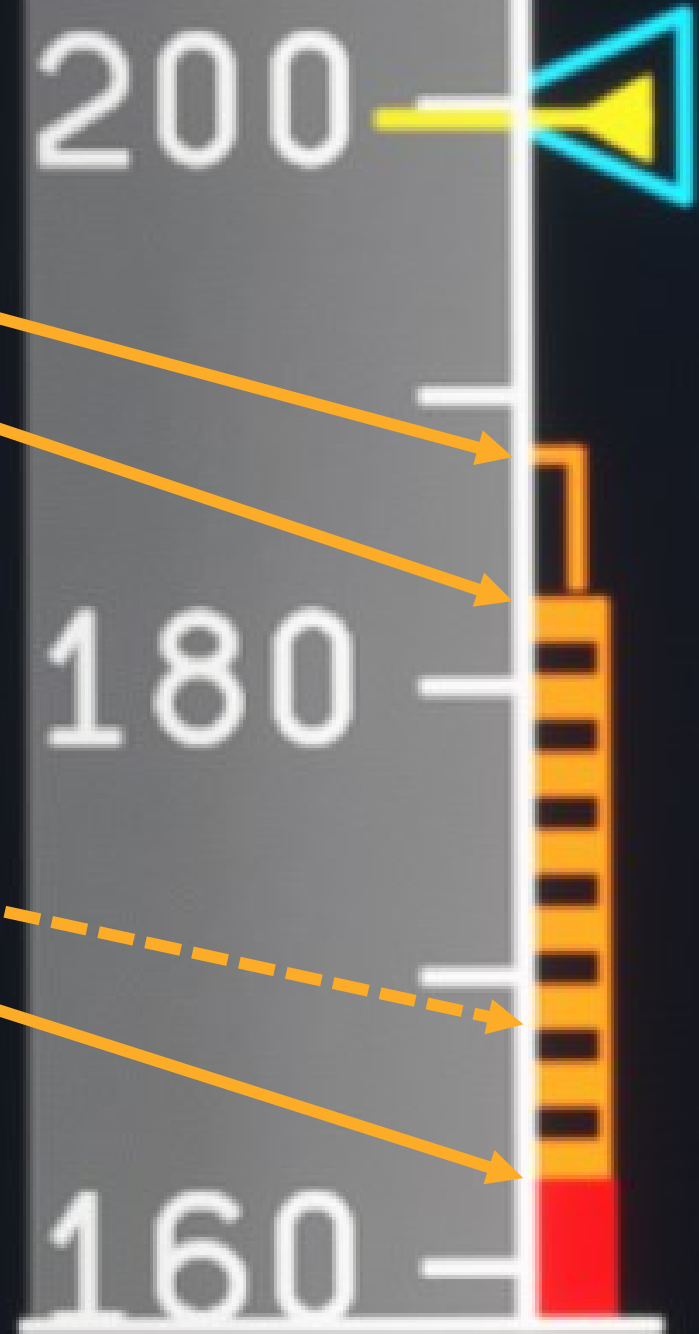


V_{LS} – Lowest selectable Speed

$V_{\alpha PROT}$ (Neutralstellung Sidestick)

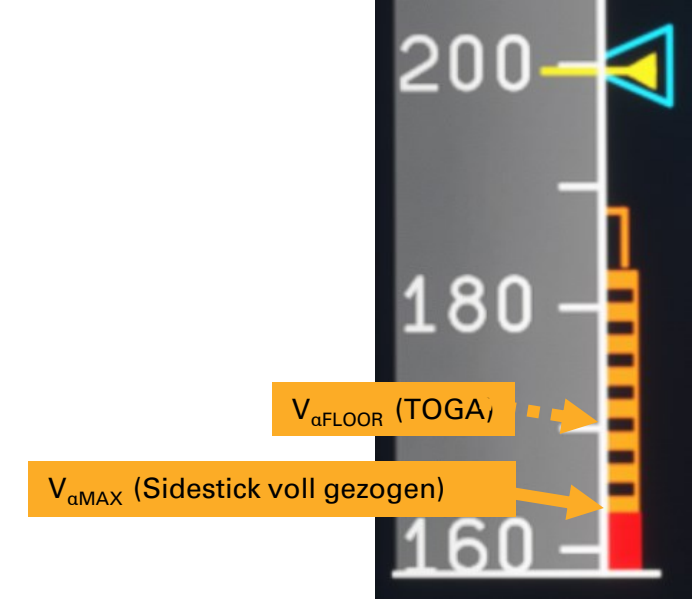
$V_{\alpha FLOOR}$ (TOGA)

$V_{\alpha MAX}$ (Sidestick voll gezogen)



High AOA Protection

- Schutz vor einem Stall (Strömungsabriss)
- Liftoff bis 100 ft RA im Anflug
- α -Prot
 - Überziehen von α -Max ist mit dem Sidestick nicht möglich
- α -FLOOR
 - Autothrust setzt TOGA Schub ab AOA $9,5^\circ$ - 15° , je nach Config.
 - Egal, wo die Thrustlever stehen.
 - Auch bei abgeschaltetem Autothrust.



Alternate Law mit reduzierten Protections:
Low Speed Stability
-> Nose-down Signal 5-10 kts vor V_S (Stall)

Probleme



2001 A320

Iberia1456 in Bilbao

α Prot von Liftoff
bis 100 ft RA im Anflug

2014 A321

LH1829 (LEBB-EDDM)

Zwei AOA-Sensoren waren in einer Position verklemmt, die dem Flugzeug sagten, dass es sich in FL310 nahe eines Strömungsabrisses befindet.

Wie wird das Flugzeug darauf reagiert haben?

Die α -Protection aktivierte sich, die Nase senkte sich auf minus 3.5° Pitch, es kam zu einem 4000 ft/min Sinkflug.

Dieser ließ sich auch mit Vollausschlag beider Sidesticks nicht beenden. Warum?

Die Besatzung schaltete die Air Data Units ab und erlangte in FL270 die Kontrolle über das Flugzeug zurück.

Warum?

Danke!

Please like & subscribe

