

# Flugparameter

## Vorlesung 4

Blockseminar A320 Operationelle Systembedienung  
Universität Würzburg / Informatik VIII

Dipl.-Ing. (FH) Nikolaus J. Braun

---

# Inhalt des Blockseminars

## Blockseminar I

### Tag 1

- Vorlesung 1 – Flugzeug, Technik, Systeme
- Vorlesung 2 – Primary Flight Display und Fly-By-Wire
- Vorlesung 3 – Auto Flight System
- Simulator Demo

### Tag 2

- **Vorlesung 4 – Flugparameter**
- Vorlesung 5 – Normal Procedures und Crew Coordination
- Vorlesung 6 – Flugplanung
- Simulator Demo

### Tag 3

- Vorlesung 7 – Karten & Verfahren
- Vorlesung 8 – Flugdurchführung & Procedures
- Simulator Demo

# Übersicht

## 1. Take Off

- Startdatenberechnung
  - TORA/ASD
  - V1
  - Vr
  - V2
- EOSID

## 2. In Flight

- Flight Envelope
- Max Altitude  
Optimum Level
- Max Speed
- Coffin Corner
- Stall

- Knoten / Mach
- Low Altitude Charakteristik
- High Altitude Charakteristik
- Dutch Roll

## 3. Anflug

- Flap Speed Schedule
- Spoiler

## 4. Landung

- Landing Performance

# Take Off - Startdatenberechnung

- Berechnung für jeden Start individuell notwendig
- 3 mögliche limitierende Szenarien:
  - All Engine Go-Case
  - One Engine out
  - Startabbruch auf der Startbahn
- Eingangsdaten:
  - Flugzeugdaten
    - Typ (Genaueres Kennzeichen)
    - Gewichte
      - Dry Operating Weight + Payload + Fuel
      - Take Off Weight
    - Schwerpunktlage (ggf.)
    - Stellung der Hochauftriebshilfen
    - Bleed Air Demand (Anti Ice, Packs)
    - Ggf. Defekte oder Abweichungen
  - Umgebung
    - Flugplatz (Höhe, Startbahneigenschaften)
    - Wetter (Temperatur, Wind, Luftdruck)
- Ausgabedaten
  - Geschwindigkeiten  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_R$
  - Stopmargin
  - Acceleration Altitude für 1 EO

**Takeoff Performance**

Aircraft Information	Airport Information	Conditions
Aircraft: TC-AZP B737-800W(SFP)	Airport: SAW LTFJ SABIHA GOKCEN ISTANBUL	OAT (°C): 14
Thrust: 26K	Elevation: 293 ft TORA: 9843 ft	QNH (hPa): 1017
Flap: OPTIMUM	Runway: 06 ALL	W/C : 030/11
A/I: OFF	Stopway: 197 ft	HW: 10 Kt XW: 5 Kt
Alt. CG: FORWARD	Clearway: 0 ft	ATOW (kg): 64371
A/C: AUTO	Slope %: 0.12	MAC % : 23.29
Imp. Climb: NONE	SID: [Empty]	Trim : 5.13
MEL	Rwy Cond: DRY	<b>EXECUTE</b>
CDL	NOTAM: NO	
	Engine Out Procedure: Climb to MSA on Runway heading and contact with ATC	
<b>Results</b>		
FLAPS: 1	THRUST: 26K	MTOW: 64753 Kg/Obs
Min.FRA: 1151 ft	Ass.Temp.: 61 °C	$V_1 = 145$ $V_R = 145$ $V_2 = 149$
Max.FRA: 7119 ft	ASDist.: 8134 ft	

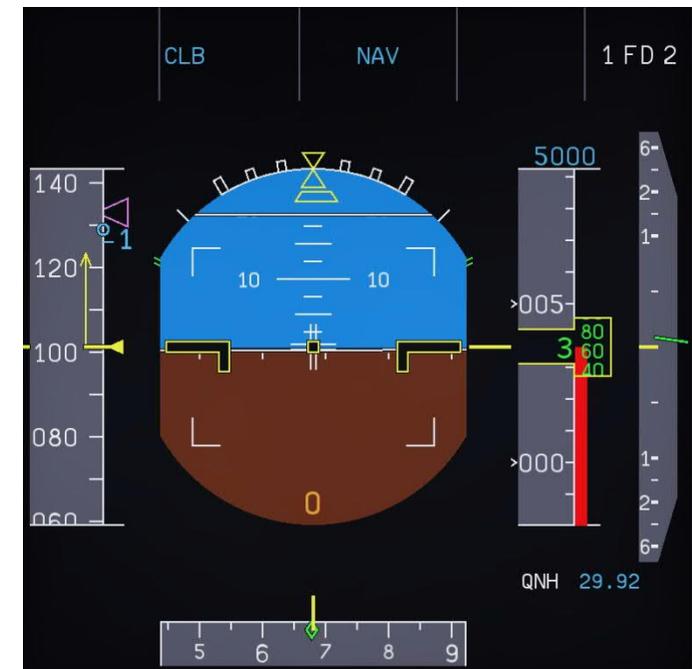


# Take Off - Startdatenberechnung

## $V_1$ - Entscheidungsgeschwindigkeit

- „...first application of retarding means...“, d.h. Entscheidung muss schon vorher getroffen worden sein
- Bis  $V_1$  kann der Start abgebrochen werden
- Nach  $V_1$  MUSS der Start fortgesetzt werden
- Mögliche  $V_1$  begrenzt durch  $V_{MCG}$  (Minimum Control Speed Ground) und  $V_R$  (Rotation)

Altitude (ft)	VMCA (KT CAS)	VMCG (KT IAS)		
		CONF 1 + F	CONF 2	CONF 3
0	111	107	107	107
2000	109	105.5	105.5	105.5
4000	107	104	104	104
6000	105	102.5	102.5	102.5
8000	103	100	100	100
9200	101.5	98.5	98.5	98.5



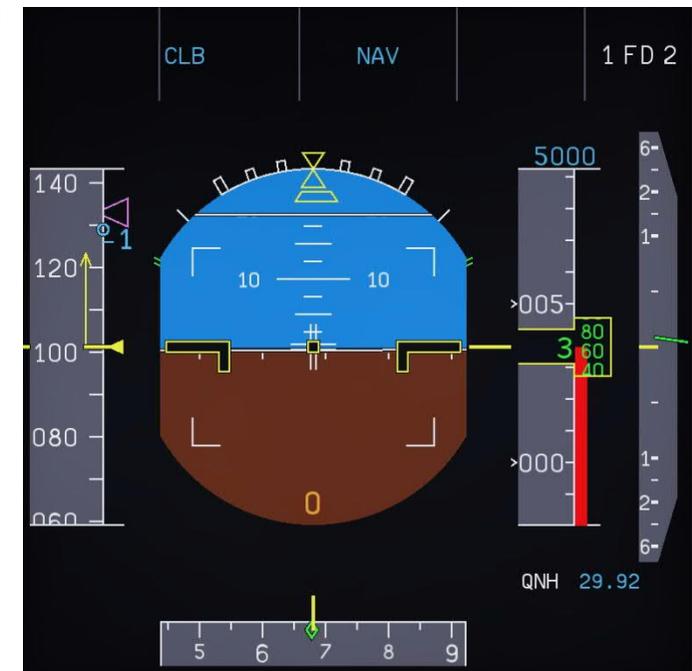
# Take Off - Startdatenberechnung

## $V_R$ – Erhöhung des Anstellwinkels (Rotation)

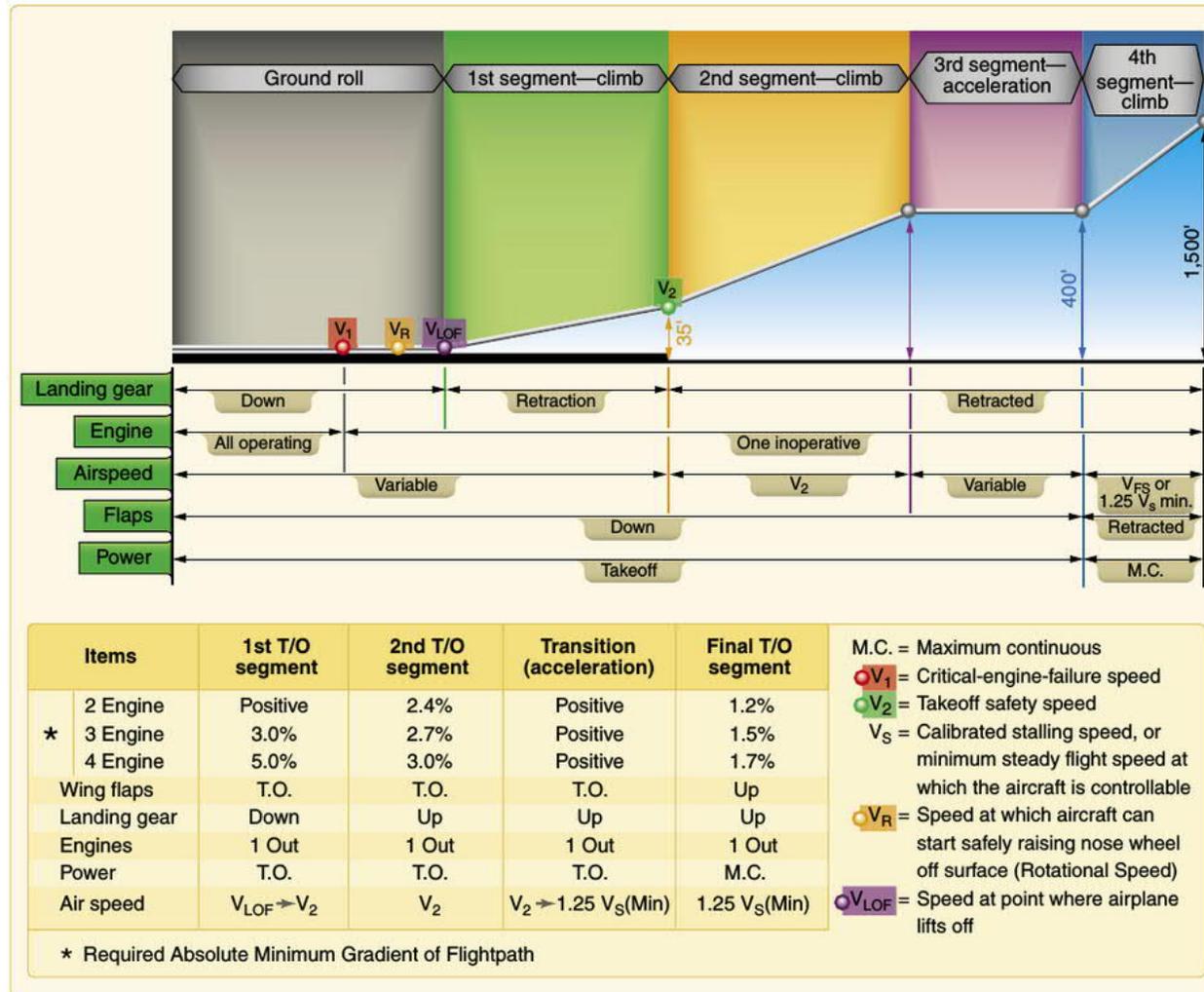
- Nach unten limitiert durch  $V_1$  und  $V_{MCA}$  (Minimum Control Speed Air)
- Beschleunigung wird fortgesetzt über die  $V_{MU}$  (Minimum Unstick),  $V_{LOF}$  (Lift Off) bis zur  $V_2$  (Steiggeschwindigkeit)

## $V_2$ – Sichere Geschwindigkeit für Steigflug

- Nach unten limitiert durch  $V_R$ ,  $V_S$  und  $V_{MCA}$
- Beschleunigung endet, Schubüberschuss wird in Steigleistung umgesetzt
- Fahrwerk wird eingefahren, weitere Beschleunigung
- Startberechnung endet in 1500' AGL



# Take Off - Startdatenberechnung



# Übersicht

## 1. Take Off

- Startdatenberechnung
  - TORA/ASD
  - $V_1$
  - $V_r$
  - $V_2$
- EOSID

## 2. In Flight

- Flight Envelope
- Max Altitude  
Optimum Level
- Max Speed
- Coffin Corner
- Stall

- Knoten / Mach
- Low Altitude Charakteristik
- High Altitude Charakteristik
- Dutch Roll

## 3. Anflug

- Flap Speed Schedule
- Spoiler

## 4. Landung

- Landing Performance

# Take Off – Engine Out Standard Instrument Departure

- Kein echter Standard, jede Airline hat andere Szenarien
- Highlights:
  - Sicherer Flugweg für Engine Out bei V1
  - Acceleration Altitude min 400' AGL, in der Regel höher, min. 1000' AGL, teilweise auch 1500' AGL
  - Sehr enger Flugweg, der Hindernisfreiheit garantiert
  - Fast nie in Karten verzeichnet (wegen Operator Bezug), nur Textbeschreibung
- Bestandteile:
  1. Navigation, z.B.
    - „at 5 DME FFM turn right to CHA“
    - „on HDG 246 intercept radial 173 inbound KKK“
    - „RWY Track to 25NM“
  2. Acceleration Altitude
  3. Fix mit Holding

# Übersicht

## 1. Take Off

- Startdatenberechnung
  - TORA/ASD
  - $V_1$
  - $V_r$
  - $V_2$
- EOSID

## 2. In Flight

- Flight Envelope
- Max Altitude  
Optimum Level
- Max Speed
- Coffin Corner
- Stall

- Knoten / Mach
- Low Altitude Charakteristik
- High Altitude Charakteristik
- Dutch Roll

## 3. Anflug

- Flap Speed Schedule
- Spoiler

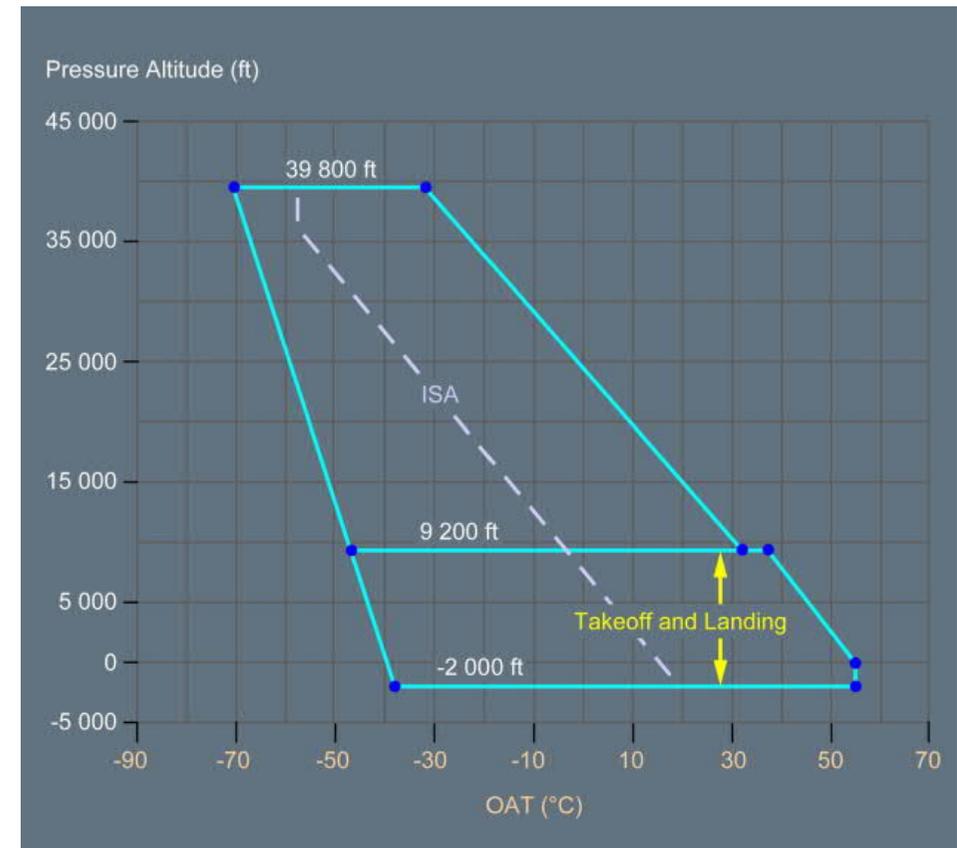
## 4. Landung

- Landing Performance

# In Flight – Flight Envelope

## Betriebsgrenzen des Luftfahrzeugs gemäß Betriebshandbuch:

- Normale Temperaturen / Höhen
- Max Crosswind (T/O, LDG): 35kts
- Max Tailwind T/O 15kts, LDG 10kts
- Min RWY Width: 30m (nominal 45m)



# Übersicht

## 1. Take Off

- Startdatenberechnung
  - TORA/ASD
  - $V_1$
  - $V_r$
  - $V_2$
- EOSID

## 2. In Flight

- Flight Envelope
- Max Altitude  
Optimum Level
- Max Speed
- Coffin Corner
- Stall

- Low Altitude Charakteristik
- High Altitude Charakteristik
- Dutch Roll

## 3. Anflug

- Flap Speed Schedule
- Spoiler

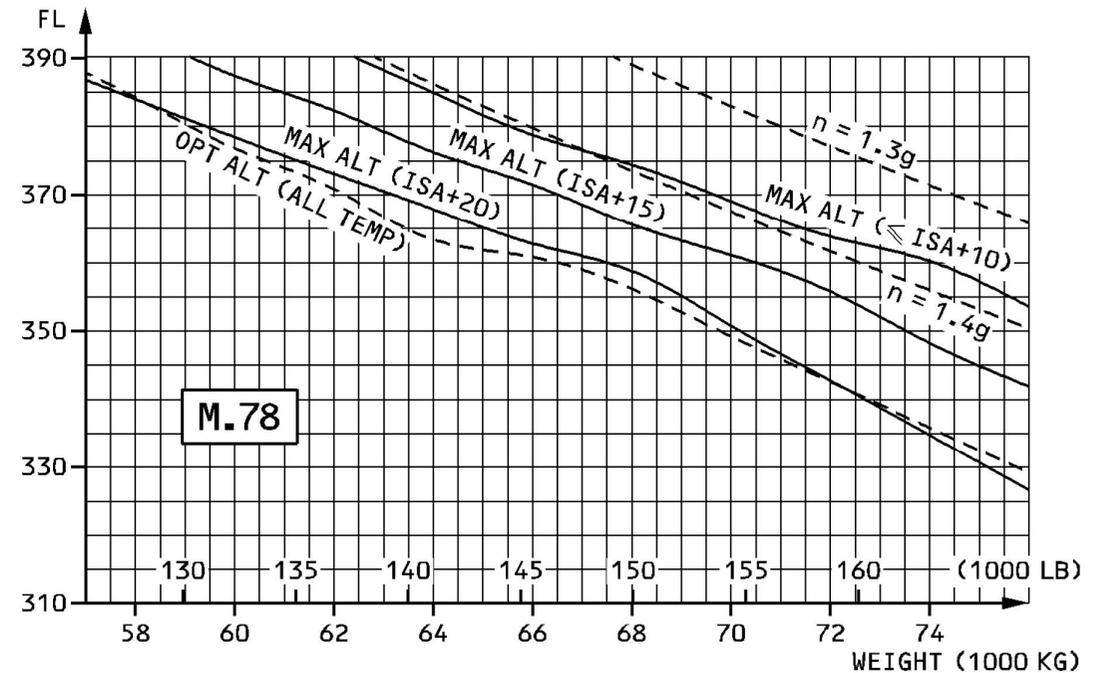
## 4. Landung

- Landing Performance

# In Flight – Max Altitude

## Maximale Flughöhe

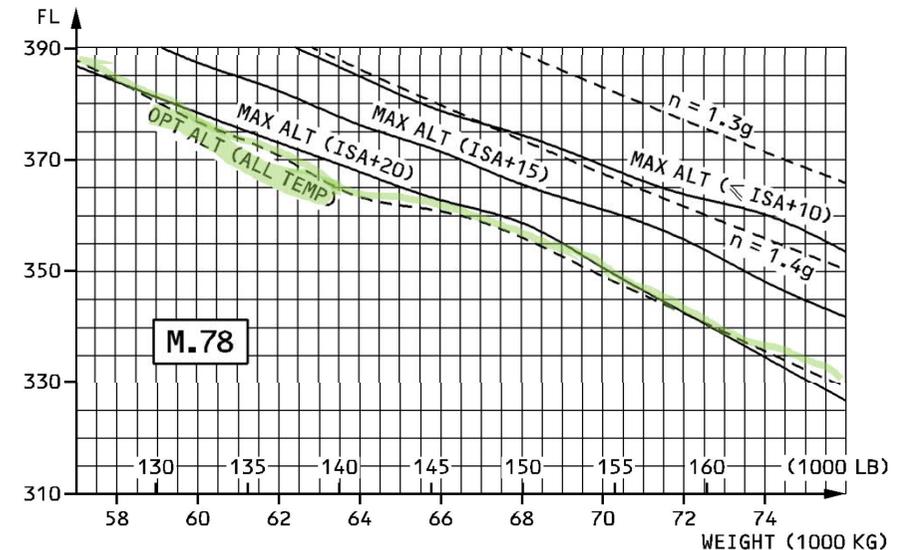
- Maximalwert gemäß  
Betriebshandbuch
- Limitierung durch zur Verfügung  
stehenden Schub; min 300'/min  
Steigleistung bei aktuellen  
Bedingungen (Gewicht, Temperatur)
- Limitierung durch Aerodynamik, 1,3g  
Load durch Turbulenz muss  
überstanden werden.
- Manual Flight in der Nähe der Max Alt  
ist nur schwer möglich, ein Stall  
wahrscheinlich



# In Flight – Max Altitude

## Optimale Flughöhe / Optimum Altitude

- Beste spezifische Reichweite
- Beeinflusst durch
  - Cost Index
  - Gewicht
  - Wind
  - Temperatur
  - Distanz
- Ist unter oder gleich der Max Altitude



# Übersicht

## 1. Take Off

- Startdatenberechnung
  - TORA/ASD
  - $V_1$
  - $V_r$
  - $V_2$
- EOSID

## 2. In Flight

- Flight Envelope
- Max Altitude  
Optimum Level
- Max Speed
- Stall
- Coffin Corner

- Low Altitude Charakteristik
- High Altitude Charakteristik
- Dutch Roll

## 3. Anflug

- Flap Speed Schedule
- Spoiler

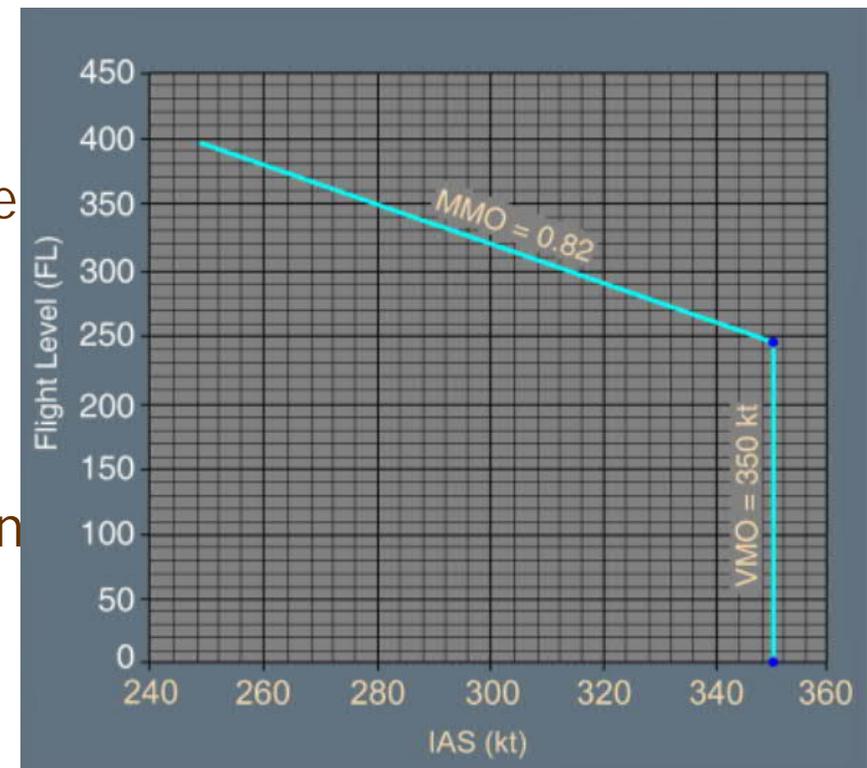
## 4. Landung

- Landing Performance

## In Flight – Max Speed

$V_{MO} / M_{MO}$

- Maximalwerte gemäß Betriebshandbuch
- In unteren Flughöhen in kts
- Ab der Übergangshöhe ( $V_{MO} = M_{MO}$ ) 24.600ft in Mach
- $M_{MO}$  ist konstanter Wert. Mit zunehmender Höhe sinkt aber die IAS aufgrund der abnehmenden Temperatur
- Mit ausgefahrenen Hochauftriebshilfen (Flaps) geringere Speeds (<230kts).
- Ebenso abweichende maximal Geschwindigkeiten für das Fahrwerk
- Bei starker Turbulenz 250kts bis FL200, darüber 275kts oder M.76



# Übersicht

## 1. Take Off

- Startdatenberechnung
  - TORA/ASD
  - $V_1$
  - $V_r$
  - $V_2$
- EOSID

## 2. In Flight

- Flight Envelope
- Max Altitude  
Optimum Level
- Max Speed
- Stall
- Coffin Corner

- Low Altitude Charakteristik
- High Altitude Charakteristik
- Dutch Roll

## 3. Anflug

- Flap Speed Schedule
- Spoiler

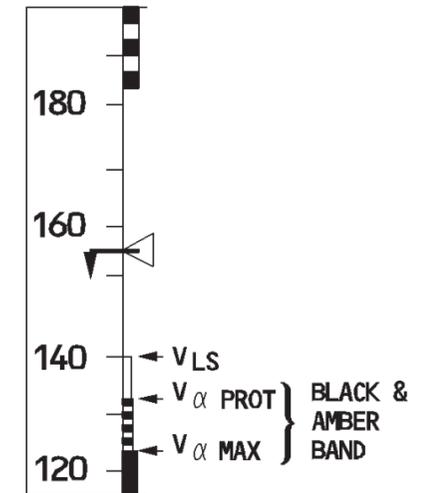
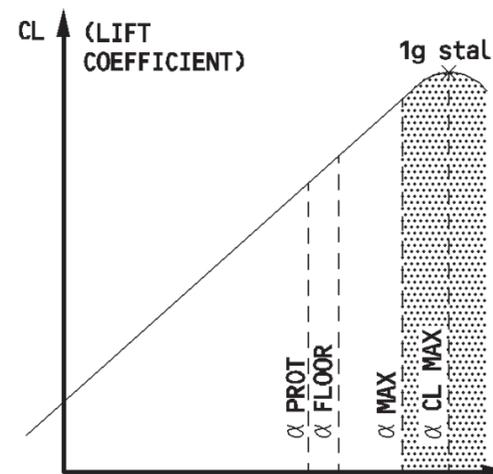
## 4. Landung

- Landing Performance

# In Flight – Stall

## Stall Speed

- Geschwindigkeit, bei der im unbeschleunigten Geradeausflug der maximale Anstellwinkel (Angle of Attack, AoA) erreicht wird und die Strömung im Geradeausflug abreißt
- Stallspeed steigt mit der Flughöhe wegen geringerer Luftdichte und Kompressibilitätseffekten leicht an
- Faustformel  $AoA_{max}$ : 7-14-21
  - 7° AoA in großer Höhe
  - 14° AoA in geringer Höhe
  - 21° AoA mit Slats extended



# Übersicht

## 1. Take Off

- Startdatenberechnung
  - TORA/ASD
  - $V_1$
  - $V_r$
  - $V_2$
- EOSID

## 2. In Flight

- Flight Envelope
- Max Altitude  
Optimum Level
- Max Speed
- Stall
- Coffin Corner

- Low Altitude Charakteristik
- High Altitude Charakteristik
- Dutch Roll

## 3. Anflug

- Flap Speed Schedule
- Spoiler

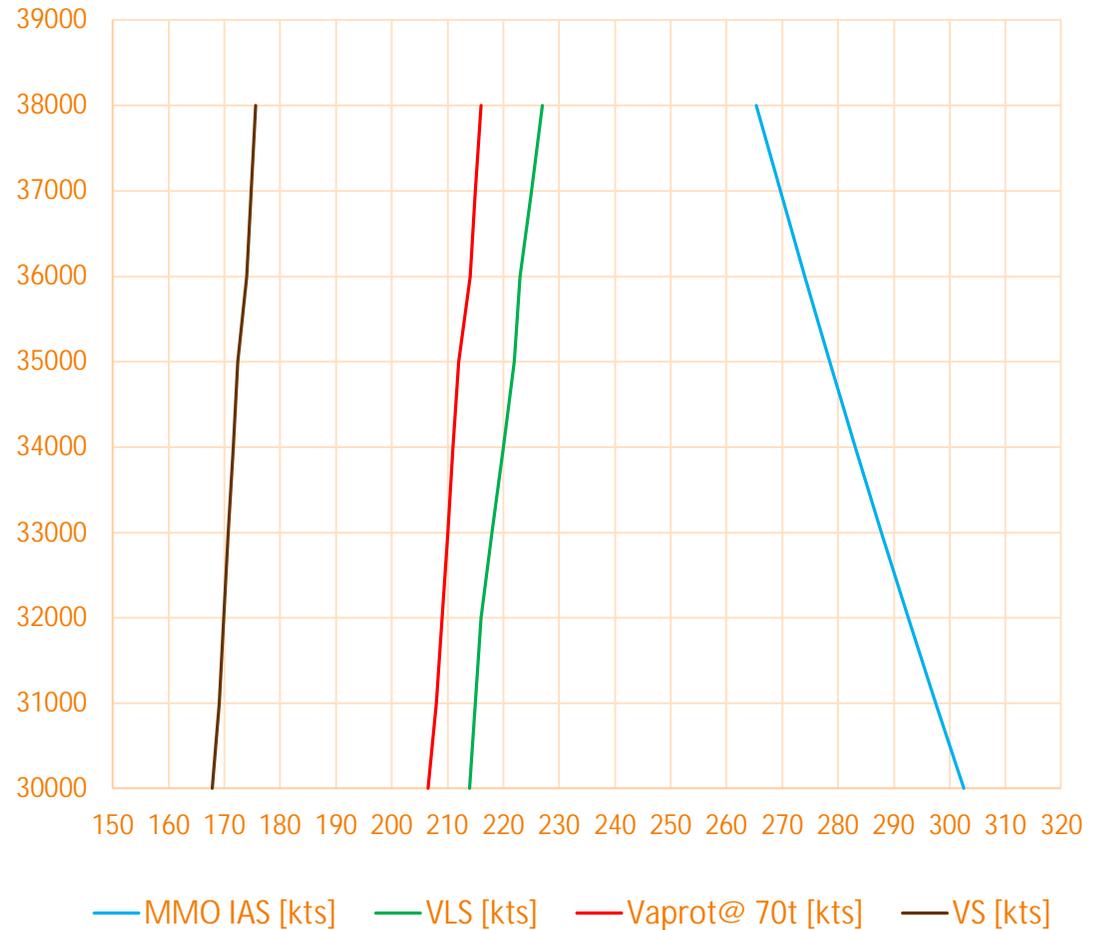
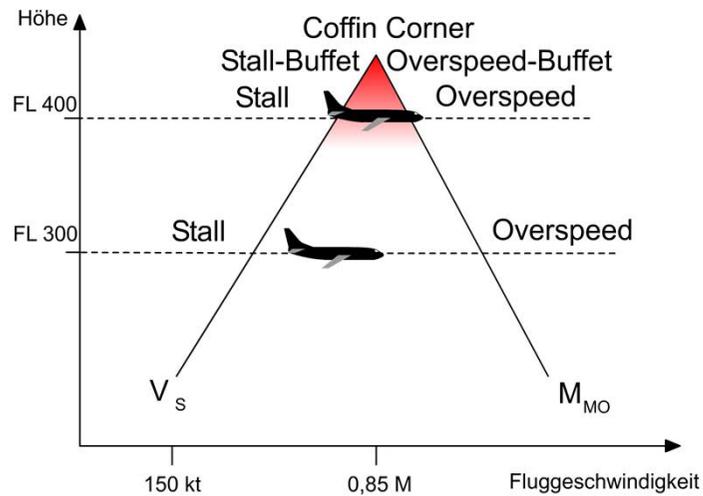
## 4. Landung

- Landing Performance

# In Flight – Coffin Corner

Wenn die  $M_{MO}$  sich der  $V_S$  annähert...

- Mit der Höhe nimmt die  $M_{MO}$  ab (Temperatur sinkt), die  $V_S$  steigt
- Punkt theoretisch möglich, an dem  $M_{MO} = V_S$ , d.h. jede Geschwindigkeitsänderung führt zu Buffeting



# Übersicht

## 1. Take Off

- Startdatenberechnung
  - TORA/ASD
  - $V_1$
  - $V_r$
  - $V_2$
- EOSID

## 2. In Flight

- Flight Envelope
- Max Altitude  
Optimum Level
- Max Speed
- Stall
- Coffin Corner

- Low Altitude Charakteristik

- High Altitude Charakteristik
- Dutch Roll

## 3. Anflug

- Flap Speed Schedule
- Spoiler

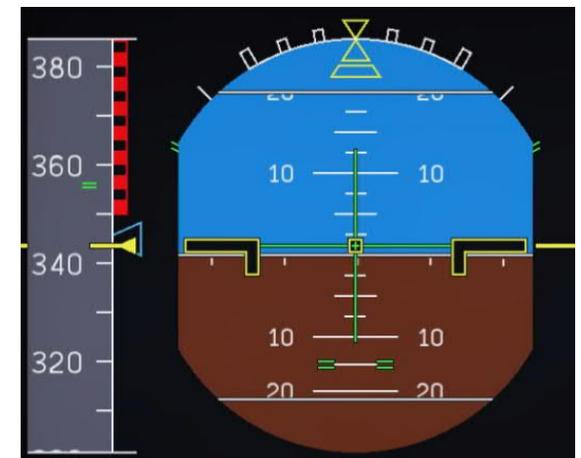
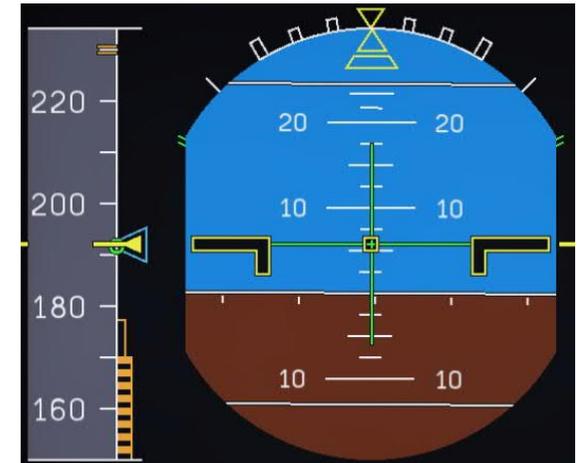
## 4. Landung

- Landing Performance

# In Flight – Low Altitude Charakteristik

## Typische Eigenschaften

- Große Speedrange  
Green Dot (~190 kts) bis  $V_{MO}$  (350kts)
- Querneigung im üblichen Rahmen (bis 30°) unproblematisch
- Lastvielfache unproblematisch
- Konfiguration anpassbar (Flaps, Gear)
- Speedbrake kann uneingeschränkt genutzt werden
- Große Leistungsreserven (Steig-, Sinkflug, Beschleunigung)
- Manuelles Fliegen gut möglich



Pitch in 5000 Fuß bei GD und bei 345 kts

# Übersicht

## 1. Take Off

- Startdatenberechnung
  - TORA/ASD
  - $V_1$
  - $V_r$
  - $V_2$
- EOSID

## 2. In Flight

- Flight Envelope
- Max Altitude  
Optimum Level
- Max Speed
- Stall
- Coffin Corner

- Low Altitude Charakteristik
- High Altitude Charakteristik

- Dutch Roll

## 3. Anflug

- Flap Speed Schedule
- Spoiler

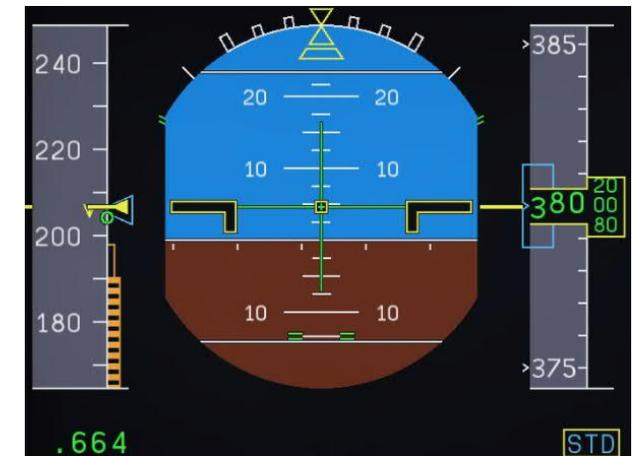
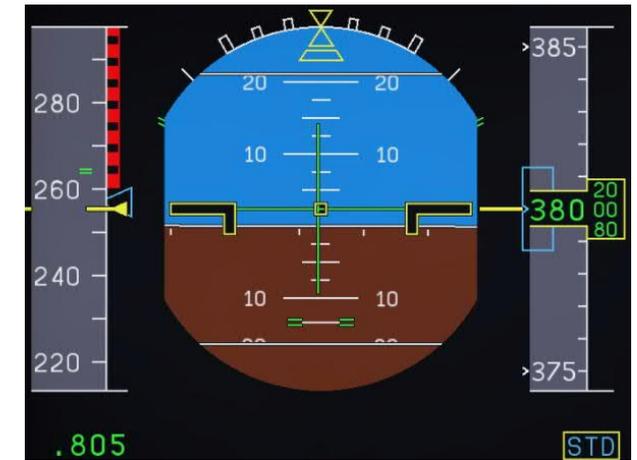
## 4. Landung

- Landing Performance

# In Flight – High Altitude Charakteristik

## Typische Eigenschaften

- Kleine Speedrange  
Green Dot (ca. 205 kts) bis MMO (0.82 / ca. 260kts)
- Querneigung begrenzt
- Lastvielfache eingeschränkt
- Konfiguration nicht veränderbar
- Speedbrake nur eingeschränkt nutzbar
- Kaum Leistungsreserven (Steigflug, Beschleunigung)
- Manuelles Fliegen kaum möglich

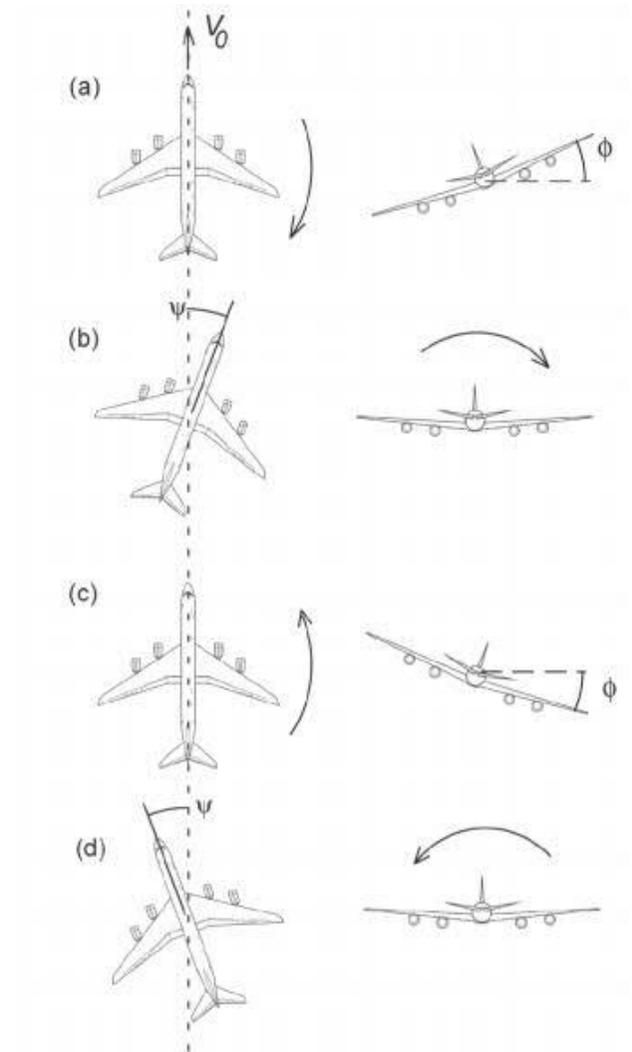


Pitch in FL380 bei GD und bei M 0,81

# In Flight – High Altitude Charakteristik

## Dutch Roll

- Gier-Taumelschwingung
- Symptom bei stark gefeilten Flügeln  
Längsstabilität  $\gg$  Querstabilität
  1. Störung erzeugt Giermoment
  2. Vorseilender Flügel hat erhöhten Auftrieb und erzeugt Querneigung
  3. Auftriebszuwachs erzeugt Widerstand, Flügel wird abgebremst und anderer Flügel eilt voraus..



# Übersicht

## 1. Take Off

- Startdatenberechnung
  - TORA/ASD
  - $V_1$
  - $V_r$
  - $V_2$
- EOSID

## 2. In Flight

- Flight Envelope
- Max Altitude  
Optimum Level
- Max Speed
- Coffin Corner
- Stall

- Low Altitude Charakteristik
- High Altitude Charakteristik
- Dutch Roll

## 3. Anflug

- Flap Speed Schedule
- Spoiler

## 4. Landung

- Landing Performance

# Anflug– Flap Speed Schedule

- Max 20.000 Fuß
- Minimum Speeds (Operating Speeds) variabel, teilweise auch unterschiedlich zwischen Start und Landung

Flaps Lever Position	Configuration on Slat/Flap Display	Max Speed	Flight Phase
0		VMO/ MMO	CRUISE
1	1	230 kt	HOLDING
	1 + F	215 kt	TAKEOFF
2	2	200 kt	TAKEOFF/APPROACH
3	3	185 kt	TAKEOFF/APPROACH/LANDING
FULL	FULL	177 kt	LANDING

# Übersicht

## 1. Take Off

- Startdatenberechnung
  - TORA/ASD
  - $V_1$
  - $V_r$
  - $V_2$
- EOSID

## 2. In Flight

- Flight Envelope
- Max Altitude  
Optimum Level
- Max Speed
- Stall
- Coffin Corner

- Low Altitude Charakteristik
- High Altitude Charakteristik
- Dutch Roll

## 3. Anflug

- Flap Speed Schedule
- Spoiler

## 4. Landung

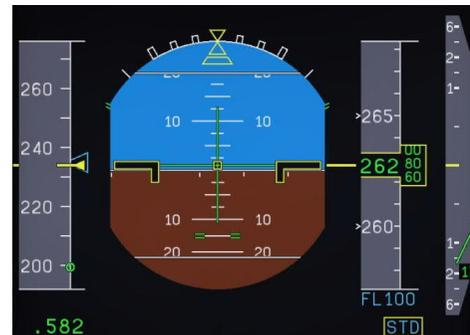
- Landing Performance

# Anflug- Spoiler

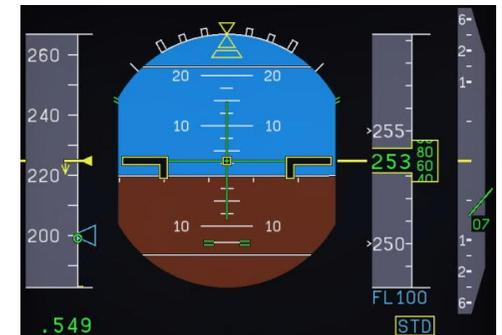
## Hilfsmittel zum Geschwindigkeits und Höhenabbau

- ca. 50% mehr Rate of Descent
- Descent mit Geschwindigkeitsabbau

ROD 1700 ft/min [clean]



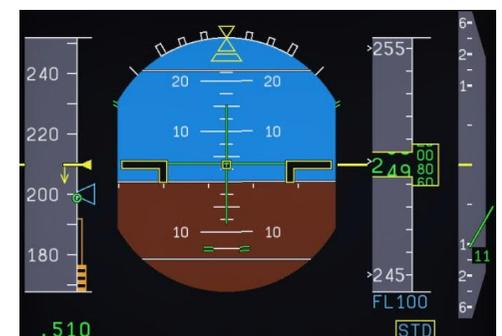
ROD 700 ft/min und decel.  
[clean]



ROD 2800 ft/min [Full Speedbrake]



ROD 1100 ft/min und decel.  
[Full Speedbrake]



# Übersicht

## 1. Take Off

- Startdatenberechnung
  - TORA/ASD
  - $V_1$
  - $V_r$
  - $V_2$
- EOSID

## 2. In Flight

- Flight Envelope
- Max Altitude  
Optimum Level
- Max Speed
- Stall
- Coffin Corner

- Low Altitude Charakteristik
- High Altitude Charakteristik
- Dutch Roll

## 3. Anflug

- Flap Speed Schedule
- Spoiler

## 4. Landung

- Landing Performance

# Landung – Landing Performance

- Berechnung der Landedistanz - „Kann ich hier landen?“
  - Flugzeugdaten
    - Typ (Genaueres Kennzeichen)
    - Aktuelles Gewicht zur Landung
    - Stellung der Hochauftriebshilfen (3 oder Full)
    - Bleed Air Demand (Anti Ice, Packs)
    - Ggf. Defekte oder Abweichungen
  - Umgebung
    - Flugplatz (Höhe, Landebahneigenschaften)
    - Wetter (Temperatur, Wind, Luftdruck)
  - Berechnung erfolgt auf Basis von erfolgten Landungen unter optimalen Bedingungen, die durch Faktoren auf reale Bedingungen angepasst werden
- Ausgabedaten
  - Landedistanz
  - Anfluggeschwindigkeit wird berechnet, ergibt sich aber aus Konfiguration, Gewicht und Wetter (Aufschläge für Wind)

# Referenzen

- Luftfahrt Koordinatensysteme: <https://m-server.fk5.hs-bremen.de/kos/kos.html>
- [http://www.smartcockpit.com/docs/A320\\_Flight\\_Deck\\_and\\_Systems\\_Briefing\\_For\\_Pilots.pdf](http://www.smartcockpit.com/docs/A320_Flight_Deck_and_Systems_Briefing_For_Pilots.pdf)
- [https://www.faa.gov/regulations\\_policies/handbooks\\_manuals/aviation/phak/media/pilot\\_handbook.pdf](https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/phak/media/pilot_handbook.pdf)
- Abu Zarim, Mohamad & Amir, Ubaidah & Maimun, Adi & Mat, Shahbudin & Saad, Mohd. (2016). Wing in Ground Effect Craft: A Review of the State Of Current Stability Knowledge.