

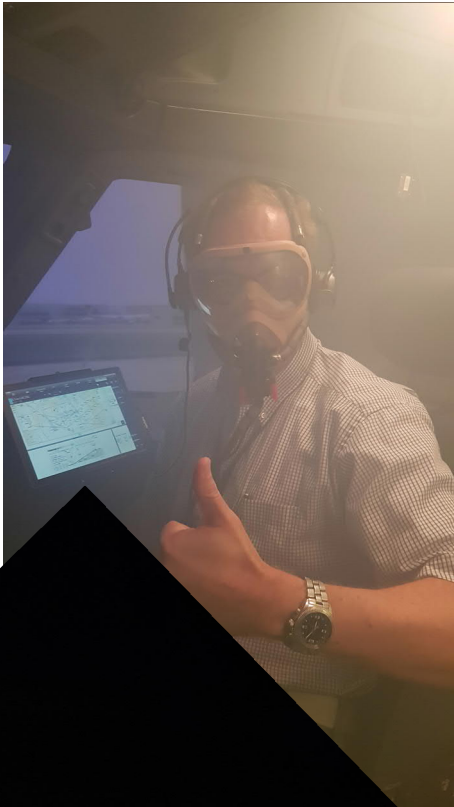


Flugzeug, Technik, Systeme

Vorlesung 1

Blockseminar A320 Operationelle Systembedienung
Universität Würzburg / Informatik VIII

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



(Rat
Ratir
Klasse/Mu
(Class/Type/
A320
PIC
IR
A330/350
COP
IR
A340
COP
IR



Übersicht

1. Übersicht

- Inhalt des Blockseminars
- Der Airbus A320

2. Systeme

- Engines
- Fuel
- Hydraulik
- Elektrik
- Flight Controls

3. Displays & Panels

- Übersicht
- Flight Control Unit
- Navigation Display
- ECAM
- Audio Control & Radio Management Panel
- ATC & TCAS Panel

4. Referenzen

Inhalt des Blockseminars

Airbus A320 – Operationelle Systembedienung

- Keine Flugausbildung
 - Handwerkliche Aspekte
 - Verarbeitungsgeschwindigkeit
 - Auge-Hand Koordination
- Keine Musterberechtigung („Type Rating“)
 - Nur notwendige Systeme werden vorgestellt
 - Systeme werden nur oberflächlich behandelt
 - Kein echtes Crew Coordination Concept / Crew Resource Management
 - Reduktion der Verfahren auf relevante Bestandteile

Inhalt des Blockseminars

Airbus A320 – Operationelle Systembedienung

- Einführung in die Bordsysteme
- Einführung in die Anzeigen und Bedienelemente
- Einführung in Grundlagen der Flugführung
- Vermittlung von Kenntnissen, um die Systeme sinnvoll bedienen zu können
 - Anzeigen
 - Interpretation von Systemstatus und Systemgrenzen
- Anwendungsübungen im Flug

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. Übersicht

- Inhalt des Blockseminars
- Der Airbus A320

2. Systeme

- Engines
- Fuel
- Hydraulik
- Elektrik
- Flight Controls

3. Displays & Panels

- Übersicht
- Flight Control Unit
- Navigation Display
- ECAM
- Audio Control & Radio Management Panel
- ATC & TCAS Panel

4. Referenzen

Der Airbus A320

- Entwicklung begann 1981
- Familienkonzept, mit unterschiedlichen Rumpflängen
- Programmstart März 1984
- Zulassung im Februar 1988
- Ziele
 - 50% geringere Betriebskosten als die 727
 - 20% mehr Nutzlast als die 737-300
 - Mehr Komfort
- Erstes großes Upgrade 2013: Sharklets
Kleinere Updates in der Instrumentierung zwischendurch (1st-3rd Gen)
- Fortführung als "ceo" (Current Engine Option) und "neo" (New Engine Option); die Neos sind mit verbrauchsarmen Getriebefans ausgestattet

Der Airbus A320

Auslegung als Familienkonzept

- A321 – 7m länger
- A319 – 4m kürzer
- A318 – 2m kürzer als A319

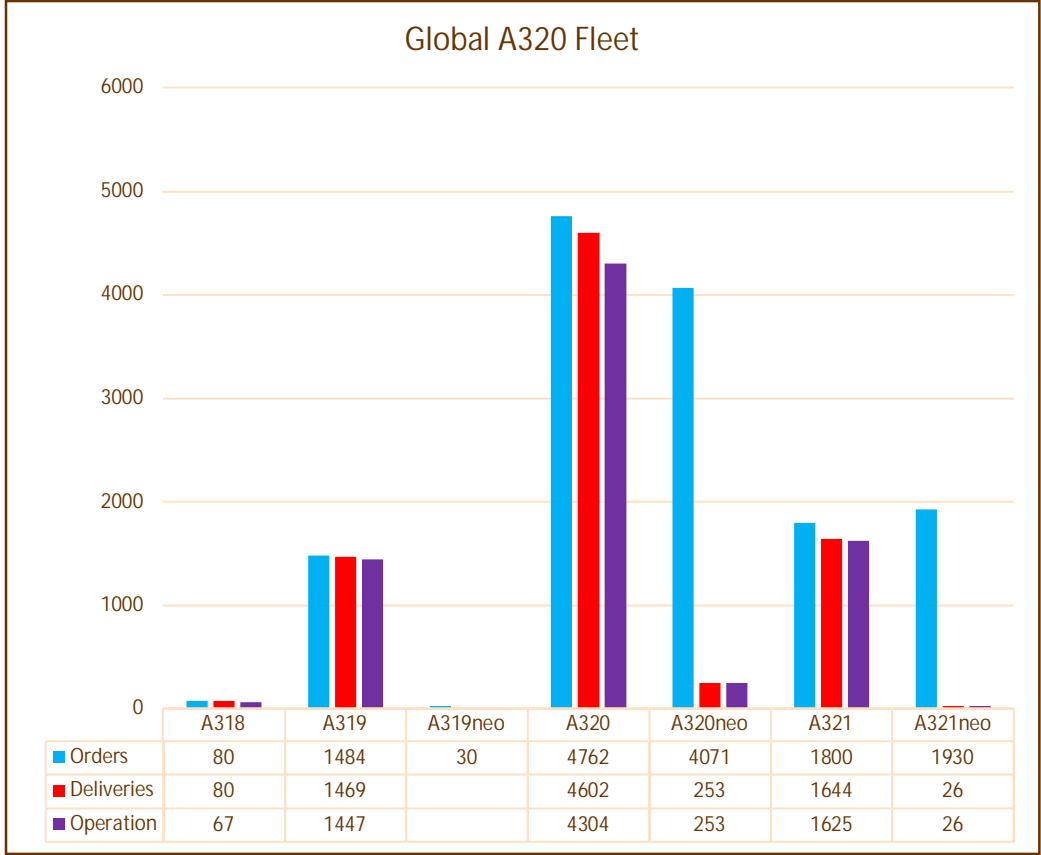
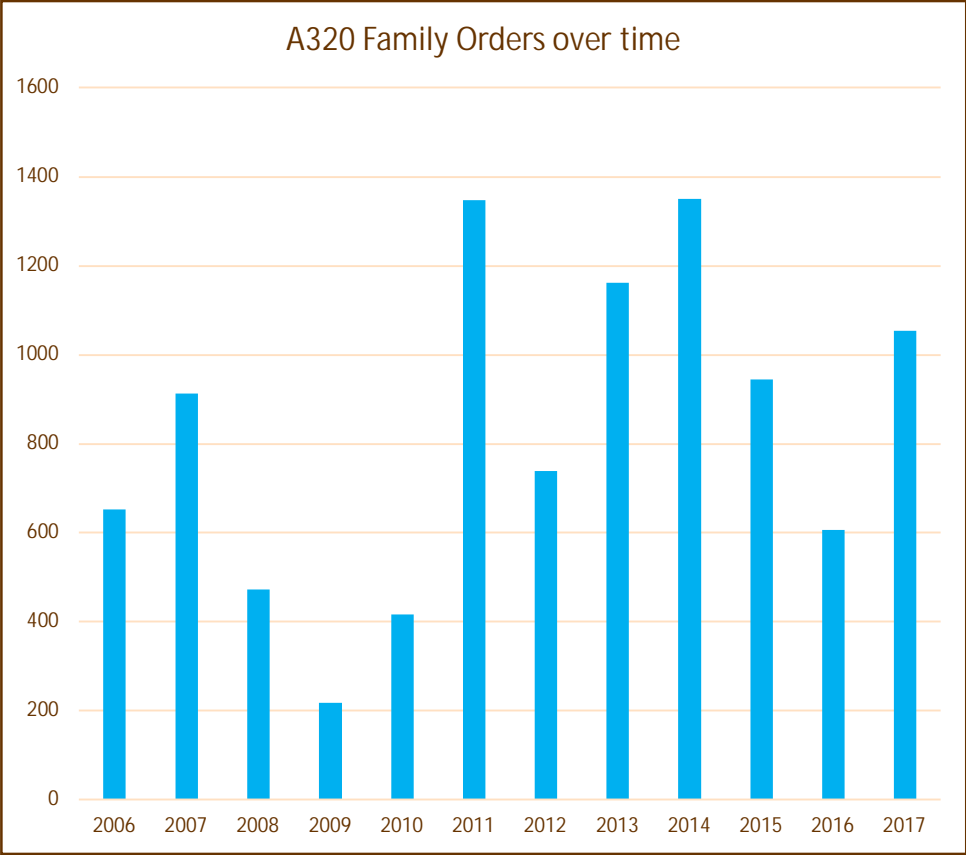


Technische Daten A320 Familie

Kenngröße	A318-100	A319-100	A320-100 / -200	A321-100 / -200
Länge	31,45 m	33,84 m	37,57 m	44,51 m
Spannweite	34,10 m	34,10m (35,80 m mit Sharklets)		
Rumpfdurchmesser	3,96 m			
Kabinenbreite	3,68 m			
Höhe	12,56 m	11,76 m		
maximales Startgewicht	68.000 kg	75.500 kg	78.000 kg	93.500 kg
Startstrecke bei MTOW	1.355 m	1.950 m	2.090 m	2.180 m
Reise-/ Höchstgeschwindigkeit	Mach 0,78 (828 km/h in 11.000 m/36.000 ft) / Mach 0,82 (871 km/h in 11.000 m/36.000 ft) ¹			
Passagiere	107 bis 132	124 bis 156	150 bis 180	185 bis 236
Reichweite	2.700 bis 6.000 km	3.350 bis 6.850 km	4.800 bis 6.150 km	4.400 bis 5.950 km
Treibstoffkapazität	24.210 l	30.190 l	24.210 l bis 30.190 l	-100: 23.700 l / -200: 29.680 l
Passagiertüren / Notausgänge	4 / 2 über den Tragflächen	4 / normal 2, optional 4 ü.d. Tragflächen	4 / 4; über den Tragflächen	4 / 4; alles Türen
Dienstgipfelhöhe	12.130 m (39.800 ft)			
Kraftstoffverbrauch	1920 kg/h	2080 kg/h	2160 kg/h	2320 kg/h
Antrieb	2 CFMI CFM56-5B mit je 105,9 kN oder 2 Pratt & Whitney PW6122A mit je 98,3 kN	2 CFM56-5B mit je 104,5 kN oder 2 IAE V2527-A5 mit je 104,5 kN	2 CFMI CFM56-5A mit je 118 kN oder 2 IAE V2527-A5 mit je 118 kN	2 CFMI CFM-56-5B mit je 142,3 kN oder 2 IAE V-2533-A5 mit je 146,8 kN
Erstflug	15. Januar 2002	25. August 1995	22. Februar 1987	-100: März 1993 / -200: 1996
Stückkosten	75,9 Millionen € (2017)	90,5 Millionen € (2017)	99,0 Millionen € (2017)	116,0 Millionen € (2017)

Quelle: wikipedia.org, Werte teilweise mit Optionen (Aux Center Tanks)

A320 Verbreitung



Quelle: airbus.com, Current Market Outlook 2017-2036

Übersicht

1. Übersicht

- Inhalt des Blockseminars
- Der Airbus A320

2. Systeme

- Engines
- Fuel
- Hydraulik
- Elektrik
- Flight Controls

3. Displays & Panels

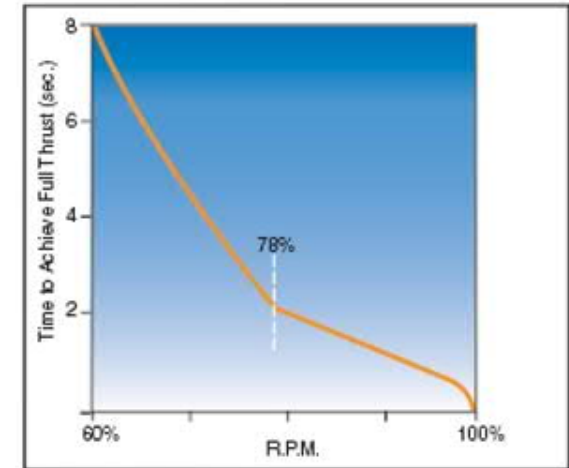
- Übersicht
- Flight Control Unit
- Navigation Display
- ECAM
- Audio Control & Radio Management Panel
- ATC & TCAS Panel

4. Referenzen

Systeme - Engines

Haupteigenschaften:

- 2 x 2 Wellen Mantelstromtriebwerke
 - CFM 56-3 oder IAE V2500
 - 2 x 118kN = 236kN ~24.000 kg Schub (MTOW 68t)
- Montage unter dem Tragflügel
 - Einfache Wartung
 - Geringes Gewicht (Aufhängung, Leitungen)
 - Triebwerksmasse im Bereich der Auftriebserzeugung
 - Nickmoment (M_y)
 - Beeinträchtigung des Strömungsfeldes des Tragflügels



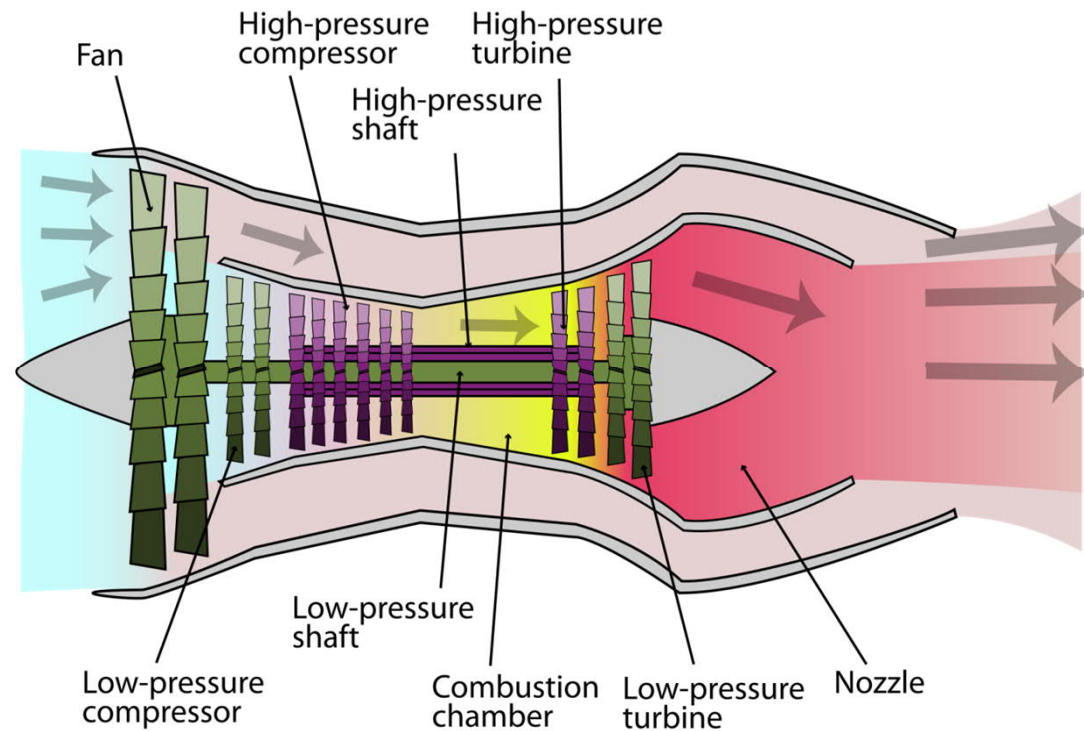
Systeme - Engines

Mantelstromtriebwerk

Ziel des Betriebskonzepts:

Erhöhung des Schubes durch Erhöhung des Massenstroms \dot{m} anstelle des Δv

- Zwei Wellen, nicht mechanisch verbunden
- Nur geringer Anteil der angesaugten Luft in „heißem Kreis“
- Hauptmassenstrom durch „kalten Kreis“
- Nebenstromverhältnis $>6:1$, teilweise bis $>12:1$
- Unterschied „neo“: Geared Fan, d.h. geringere Drehzahl des Fans (1:3) bei höherer Drehzahl der LP turbine

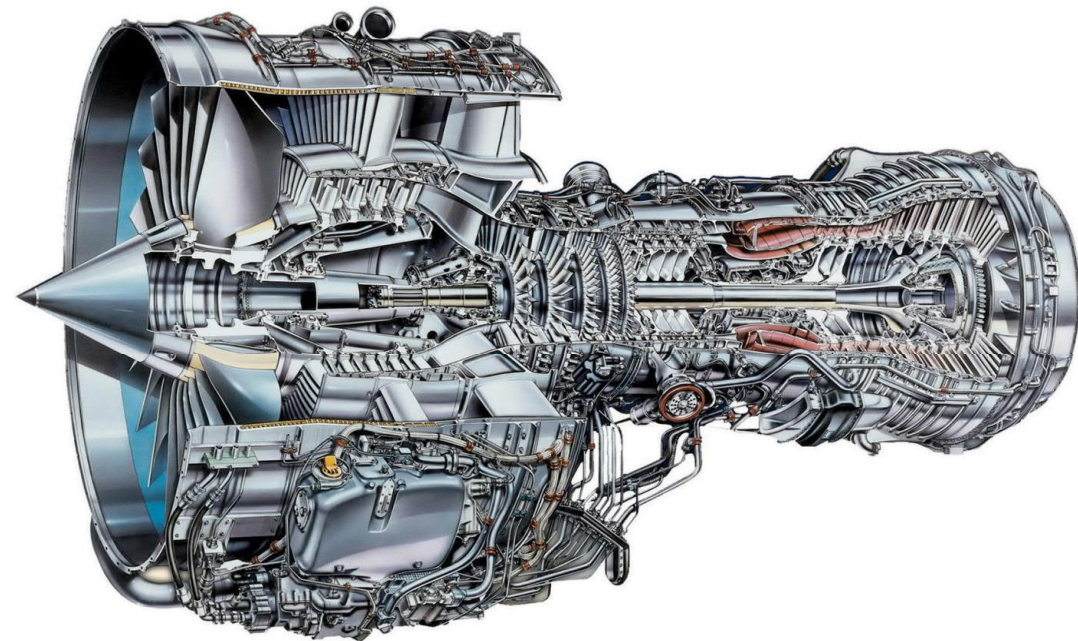


Systeme - Engines

Mantelstromtriebwerk

Kernparameter

- Schub
 - Drehzahl N_1 , typisch zwischen ~20% und ~102%
 - Engine Pressure Ratio (EPR), typisch zwischen ~1,000 und ~1,500
- Thermische Belastungsgrenze:
 - Exhaust Gas Temperature (EGT)
- Verbrauch
 - Fuel Flow (FF)



©2014 INTERNATIONAL AERO ENGINES A.G.

Übersicht

1. Übersicht

- Inhalt des Blockseminars
- Der Airbus A320

2. Systeme

- Engines
- Fuel
- Hydraulik
- Elektrik
- Flight Controls

3. Displays & Panels

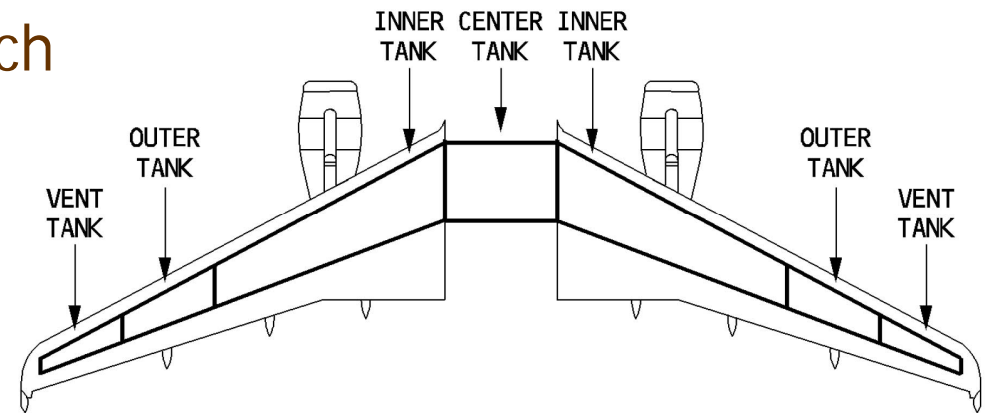
- Übersicht
- Flight Control Unit
- Navigation Display
- ECAM
- Audio Control & Radio Management Panel
- ATC & TCAS Panel

4. Referenzen

Systeme - Fuel

Haupteigenschaften:

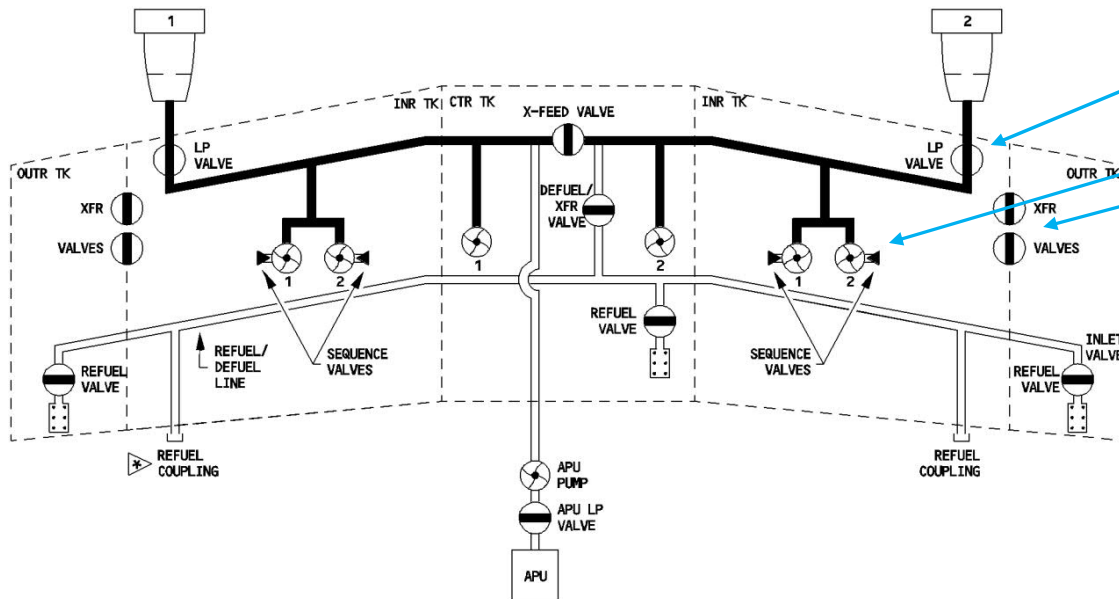
- Lagerung in mehreren Tanks
- Verteilung des Kraftstoffs beim Betanken
- Bereitstellung für Triebwerke und die APU
- Kühlung der Generatoren
- Verteilung des Kraftstoffs beim Verbrauch



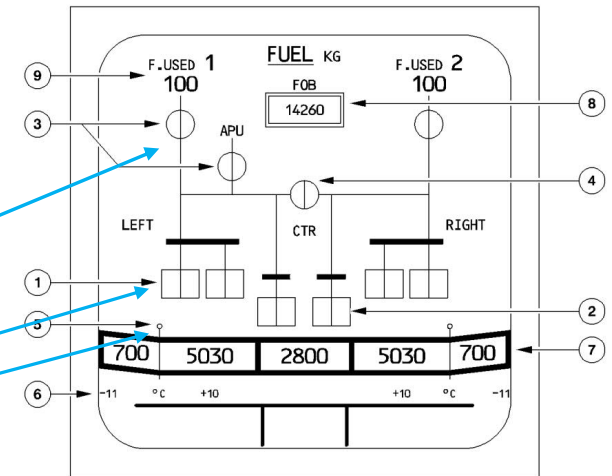
Systeme - Fuel

System und Darstellung

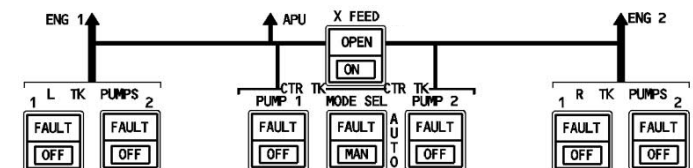
1. Wingtank Pumps
2. Centertank Pump
3. LP Valves
4. Crossfeedvalve
5. Outertank Transfer Valve
6. Fuel Temperature
7. Fuel Quantity
8. Total Fuel on Board
9. Fuel Used Indication



ECAM Display



Overhead Panel



Übersicht

1. Übersicht

- Inhalt des Blockseminars
- Der Airbus A320

2. Systeme

- Engines
- Fuel
- **Hydraulik**
- Elektrik
- Flight Controls

3. Displays & Panels

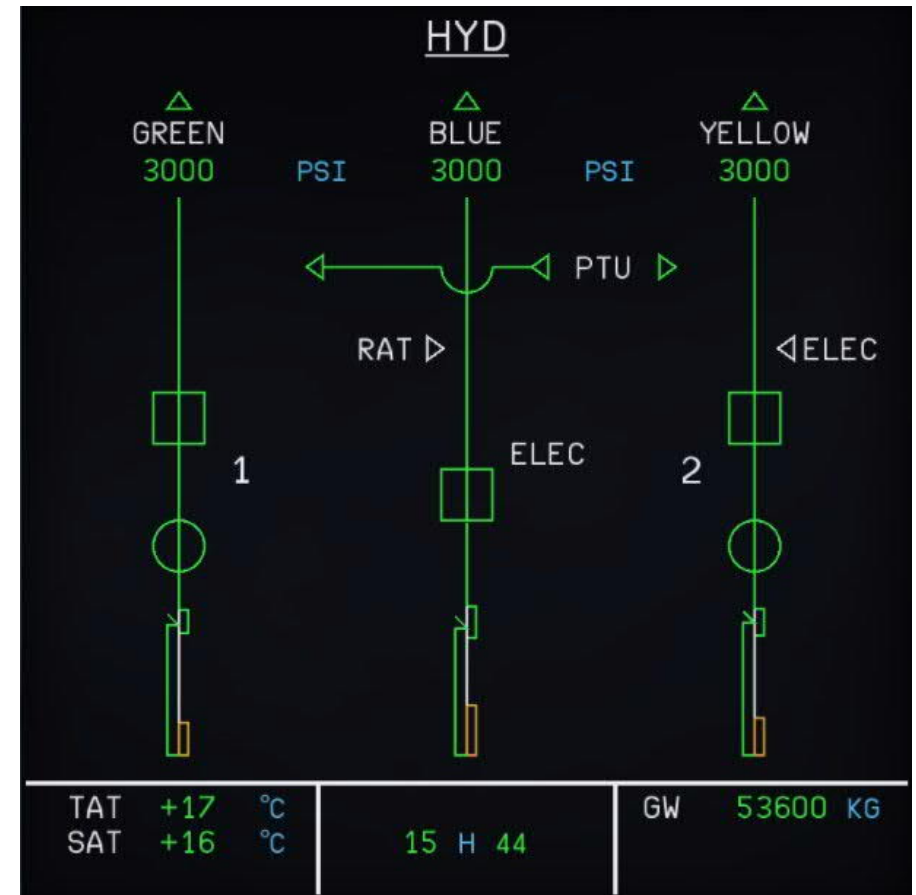
- Übersicht
- Flight Control Unit
- Navigation Display
- ECAM
- Audio Control & Radio Management Panel
- ATC & TCAS Panel

4. Referenzen

Systeme - Hydraulik

Haupteigenschaften:

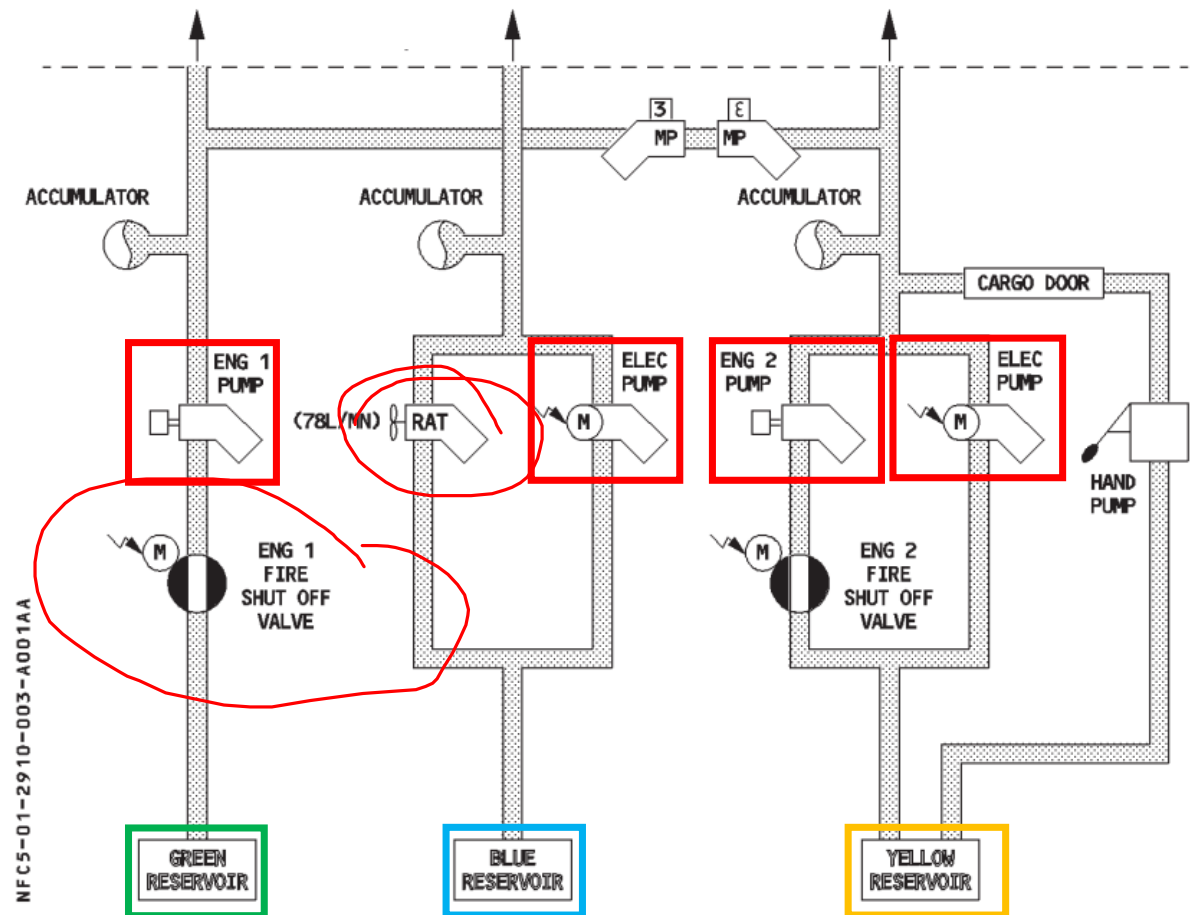
- 3 getrennte Systeme: Green, Blue, Yellow
- Bewegung aller Steuerflächen, Klappensysteme, Fahrwerk (Ein-/Ausfahren, Steuerung) und Bremsen
- Normaldruck: 3000psi (206 bar)



Systeme - Hydraulik

Antrieb / Druckerzeugung

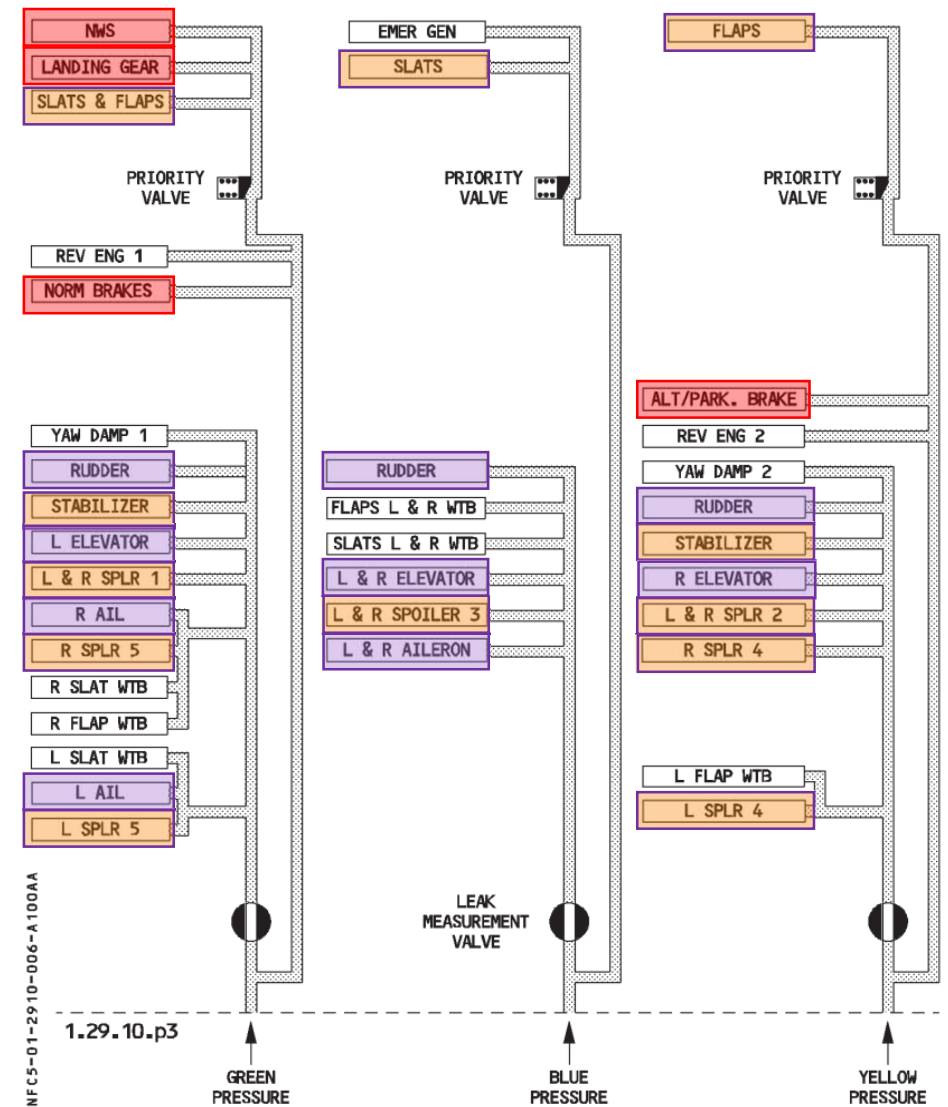
- Green: Engine Driven Pump
- Blue: ELEC Pump + Ram Air Turbine
- Yellow: Engine Driven Pump + ELEC Pump (+ Handpump)
- Energie Transfer per Power Transfer Unit (PTU):
Yellow <-> Green



Systeme - Hydraulik

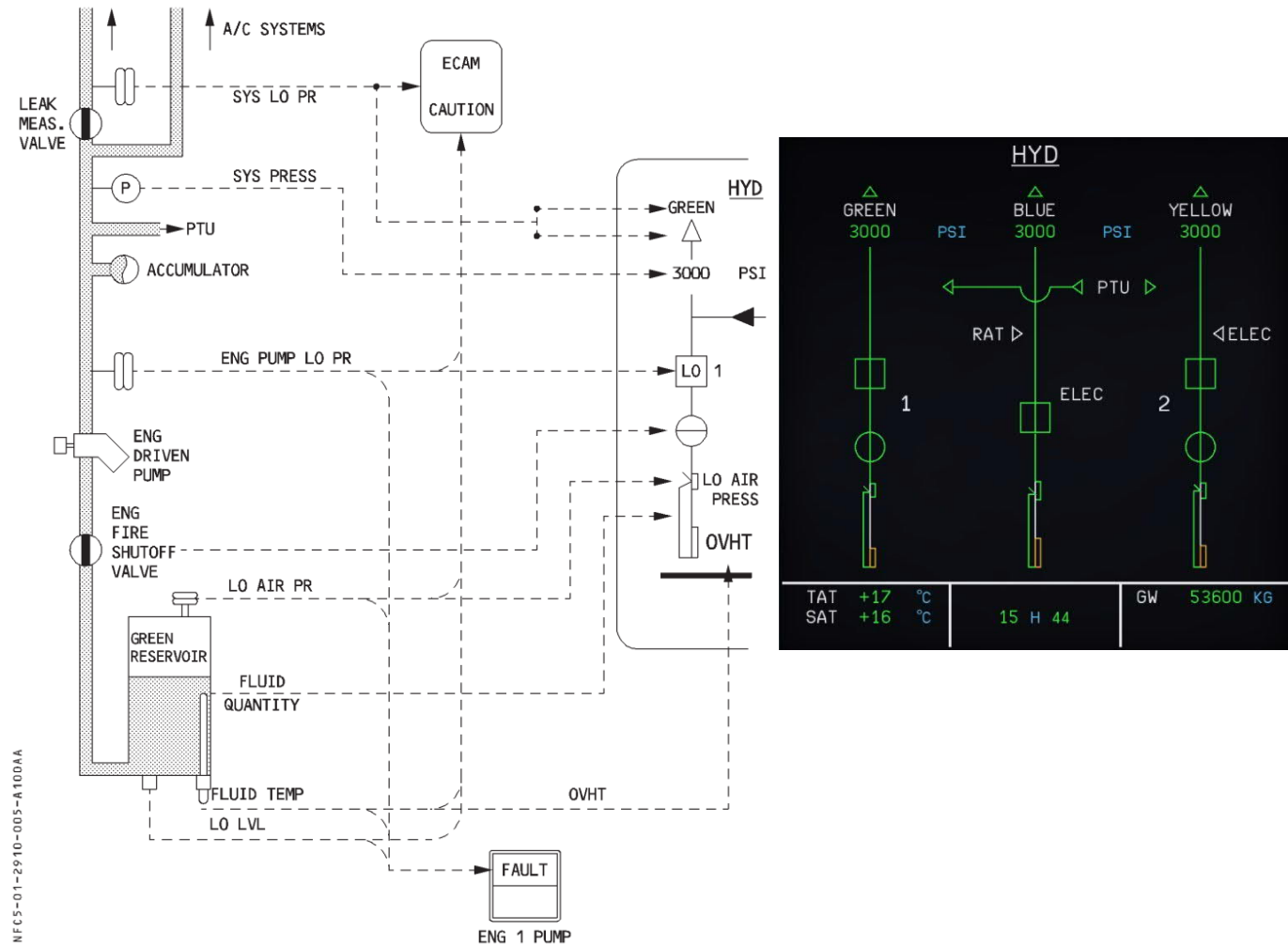
Verbraucher

- Redundante Auslegung, jeweils nur ein Aktuator in Betrieb je Steuerfläche (OR)
- Ausnahme Rudder und Slats/Flaps (AND)



Systeme - Hydraulik

Darstellung



Übersicht

1. Übersicht

- Inhalt des Blockseminars
- Der Airbus A320

2. Systeme

- Engines
- Fuel
- Hydraulik
- Elektrik
- Flight Controls

3. Displays & Panels

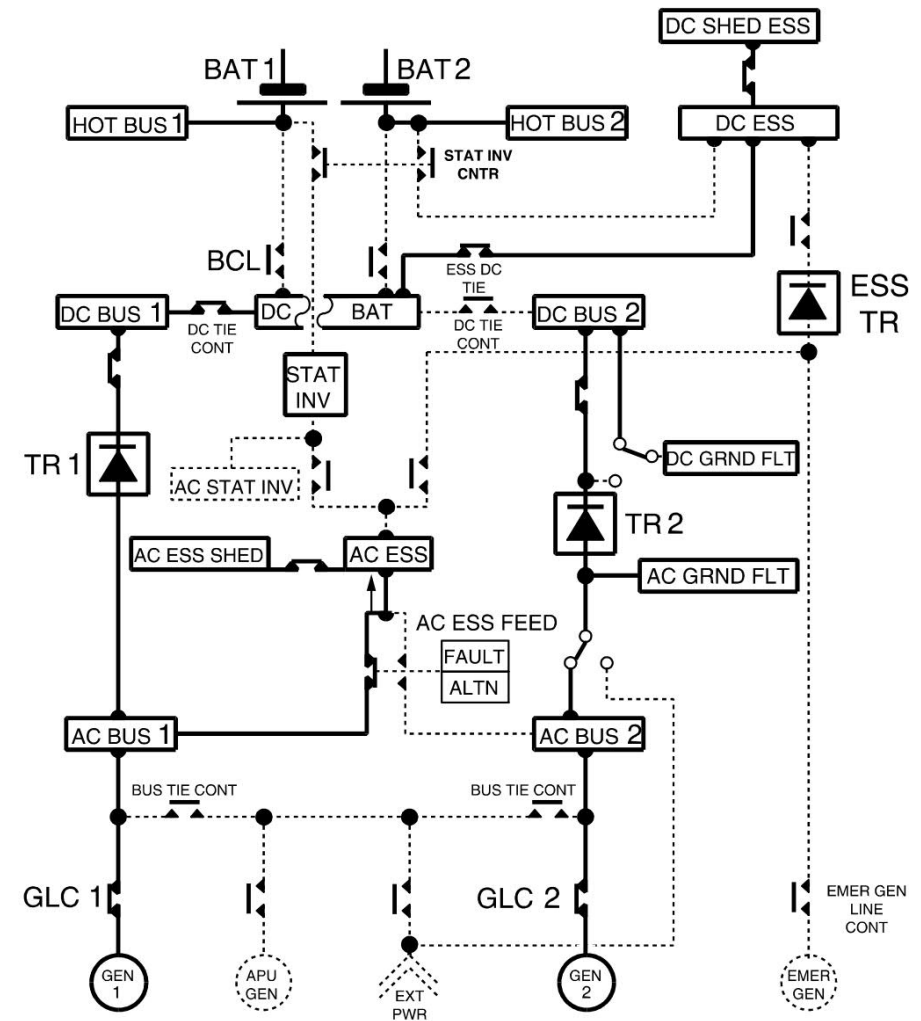
- Übersicht
- Flight Control Unit
- Navigation Display
- ECAM
- Audio Control & Radio Management Panel
- ATC & TCAS Panel

4. Referenzen

Systeme - Elektrik

Haupteigenschaften:

- Diverse Wechsel- und Gleichstromkreise (AC/DC-Busse), inkl. Diverser Sub-Busse
- 115V AC /400Hz Spannung von Generatoren / Bodenstrom
- 28V DC über Gleichrichter (TR Units) oder Batterie
- Versorgung der AC Busse untereinander ist über Bus Tie Breaker möglich



Systeme - Elektrik

Haupteigenschaften:

- Diverse Wechsel- und Gleichstromkreise (AC/DC-Busse), inkl. Diverser Sub-Busse
- 115V AC /400Hz Spannung von Generatoren / Bodenstrom
- 28V DC über Gleichrichter (TR Units) oder Batterie
- Versorgung der AC Busse untereinander ist über Bus Tie Breaker möglich



Systeme - Elektrik

Stromerzeugung AC

- 1 Generator je Engine (90kVA)
- 1 APU Generator (90kVA)
- Ground Power Unit
- Emergency Generator (5kVA)
Hydraulisch angetrieben
- Static Inverter an BAT 1 für AC ESS BUS

- Im Falle des Ausfalls aller Hauptgeneratoren fährt automatisch die Ram Air Turbine (RAT) aus und erzeugt Hydraulikdruck im blauen System. Damit wird u.a. der Emergency Generator angetrieben, um Druck im blauen Hydrauliksystem sicherzustellen -> AC ESS -> DC ESS

Stromerzeugung DC

- 2 TR Units (200A /28V)
- 2 Batteries (23Ah)
- ESS TR Unit für DC ESS Bus an AC ESS

Stromverbraucher

Da jedes Bordsystem Stromverbraucher hat (mindestens für Überwachung und Warnfunktionen) ist die Zuordnung zu den Stromkreisen lokal beschrieben.

„Bus Equipment Lists“ gibt es nur für schwere elektrische Fehler.

Übersicht

1. Übersicht

- Inhalt des Blockseminars
- Der Airbus A320

2. Systeme

- Engines
- Fuel
- Hydraulik
- Elektrik
- Flight Controls

3. Displays & Panels

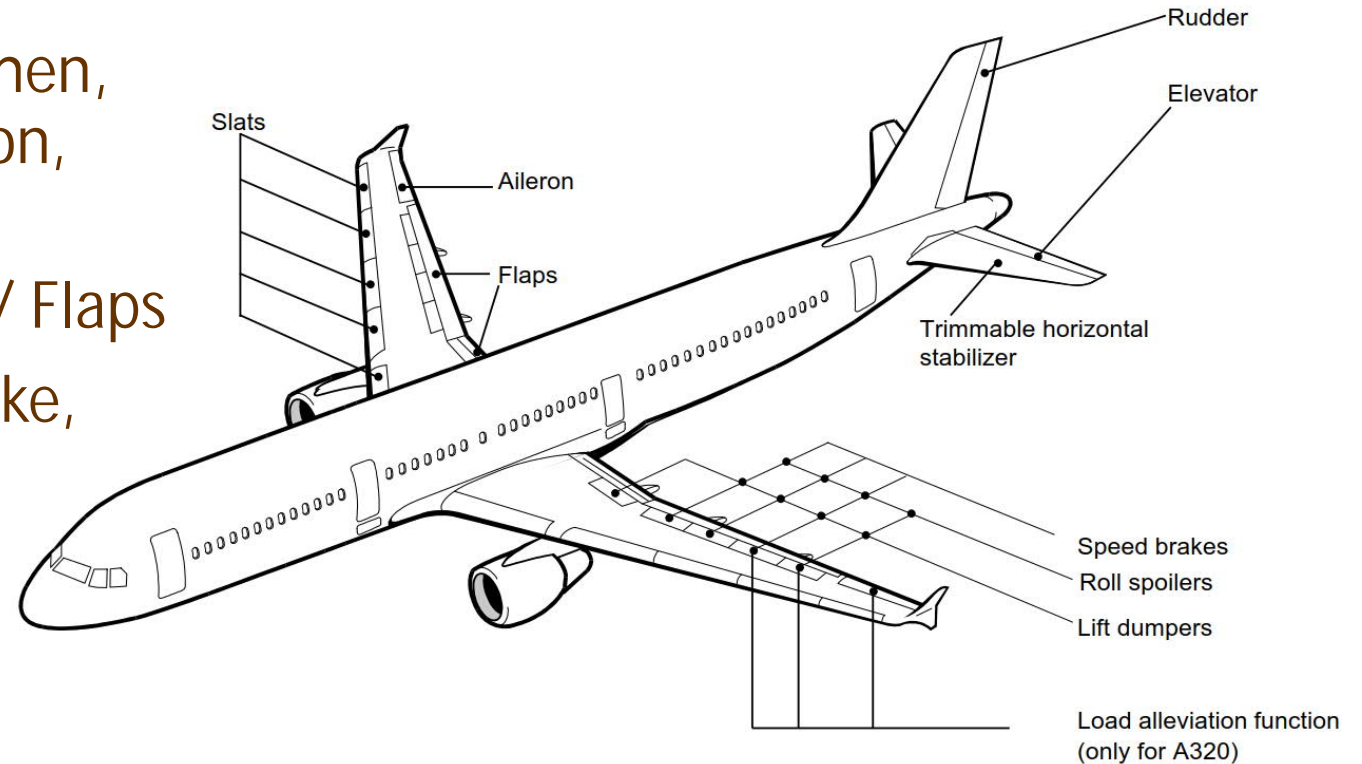
- Übersicht
- Flight Control Unit
- Navigation Display
- ECAM
- Audio Control & Radio Management Panel
- ATC & TCAS Panel

4. Referenzen

Systeme – Flight Controls

Haupteigenschaften:

- Konventionelle Steuerflächen, hydraulisch bewegt (Aileron, Elevator, Rudder)
- Hochauftriebshilfen Slats / Flaps
- Spoiler für Roll, Speed Brake, Ground Spoiler
- Alles FBW, Ausnahme: Rudder und Stabilizer



Systeme – Flight Controls

Querneigung („rollen“ p)

- Querruder (Aileron)
- Spoiler – neg. Wendemoment
- Ruder (Rudder) Turnkoordination

Anstellwinkel („nicken“ q)

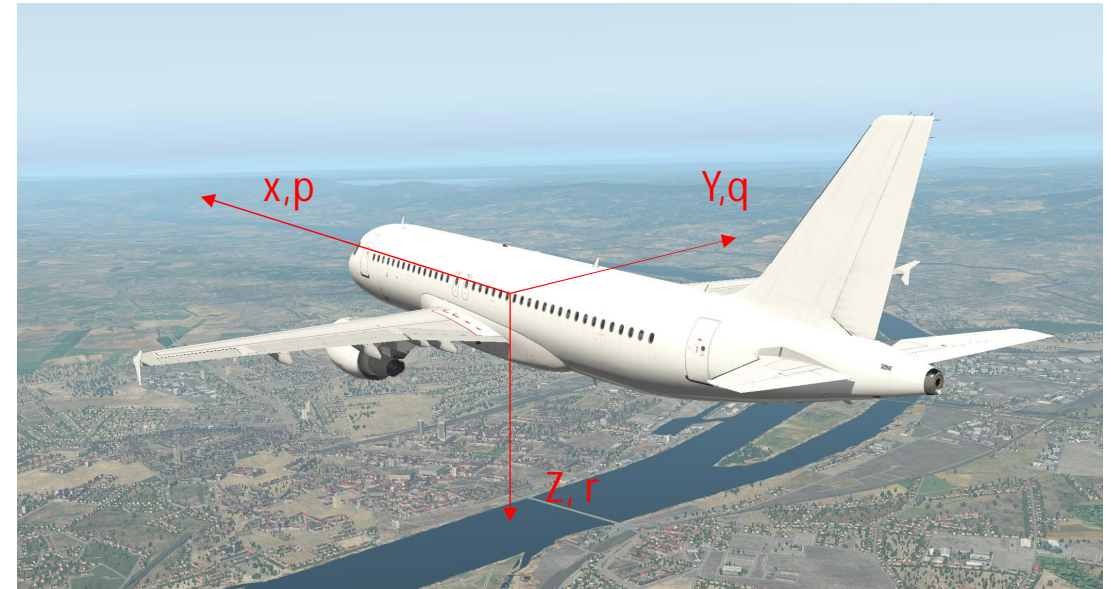
- Höhenleitwerk Trimmung (Stabilizer)
- Höhenruder (Elevator)

Gieren („gieren“ r)

- Ruder (Rudder), auch für Engine Out / Yaw Damper

Hochauftriebshilfen

- Vorflügelklappen (Slats)
- Hinterflügelklappen (Flaps): Single-Slotted Fowler Flap



Lever Position	ECAM Indication	Slat Pos.	Flap Pos.
0	0	0	0
1	1 / 1+F	1 (18°)	0 / on Ground 1+F (10°)
2	2	2 (22°)	2 (15°)
3	3	2 (22°)	3 (20°)
Full	Full	3 (27°)	Full (35°)

Übersicht

1. Übersicht

- Inhalt des Blockseminars
- Der Airbus A320

2. Systeme

- Engines
- Fuel
- Hydraulik
- Elektrik
- Flight Controls

3. Displays & Panels

- Übersicht
- Flight Control Unit
- Navigation Display
- ECAM
- Audio Control & Radio Management Panel
- ATC & TCAS Panel

4. Referenzen

Displays & Panels - Übersicht

Overhead Panel

- Systemschaltungen (HYD, ELEC, FUEL, AIR, Lichter,...)

Flight Control Unit (FCU) / EFIS Controls

- Flight Guidance
- Display Optionen für Nav Display

Forward Panel

- Hauptdisplays Primary Flight D. (PFD), Navigation D. (ND), Engine Warning D. (E/WD), System D. (SD), Landing Gear

Pedestal

- Multipurpose Control and Display Unit (MCDU), Flight Management System (FMS), Radio Management Panel (RMP), Audio Control Panel (ACP), Thrust Lever, Flaps, Speedbrake, Engine Master Switches, Surveillance (Weather Radar, TCAS).



Übersicht

1. Übersicht

- Inhalt des Blockseminars
- Der Airbus A320

2. Systeme

- Engines
- Fuel
- Hydraulik
- Elektrik
- Flight Controls

3. Displays & Panels

- Übersicht
- Flight Control Unit
- Navigation Display
- ECAM
- Audio Control & Radio Management Panel
- ATC & TCAS Panel

4. Referenzen

Displays & Panels – Flight Control Unit

Höhenmesser-einstellung in hPa oder inHG bzw. STD

Display Optionen für das ND: Constraints aus dem FMS, Waypoints, VORs, NDBs oder Airports
Linker Drehschalter
Darstellungsform, rechts Range

Speed Selector
in kts oder Mach

HDG/Track oder NAV Selector

HDG/VS + TRK FPS Umschalter
AP1 AP2 und A/THR Buttons

Altitude Selector und Vertikal Modes

Vertikal Speed / FPA Control
APPR Button



CM1 EFIS Control Panel

Flight Control Unit

CM2 EFIS Control Panel

Übersicht

1. Übersicht

- Inhalt des Blockseminars
- Der Airbus A320

2. Systeme

- Engines
- Fuel
- Hydraulik
- Elektrik
- Flight Controls

3. Displays & Panels

- Übersicht
- Flight Control Unit
- Navigation Display
- ECAM
- Audio Control & Radio Management Panel
- ATC & TCAS Panel

4. Referenzen

Displays & Panels – Navigation Display

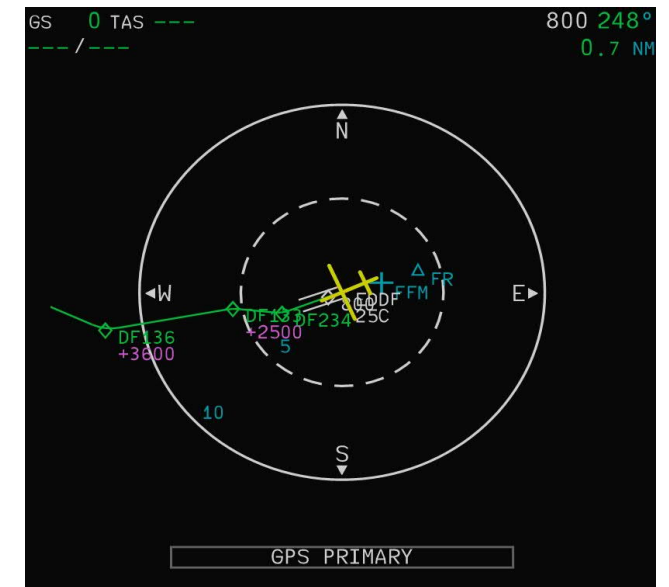
Darstellungsmodi



ROSE Mode: Horizontal Situation Indicator (HSI), Range ist Durchmesser, klassische Ansicht, gute Übersicht, kleine Kompassskala, ein VOR (on-side) darstellbar mit Course Deviation Indication, Landing System oder Flugweg (NAV)



ARC Mode: Gebräuchlichste Ansicht, ca. +/- 45° Darstellung, große Skala, alle Anzeigen aber keine Course Deviation Indication



PLAN View: North Up, Wegpunkt zentriert, keine Navigationsinformation, kann durch den Flugweg gescrollt werden

Displays & Panels – Navigation Display

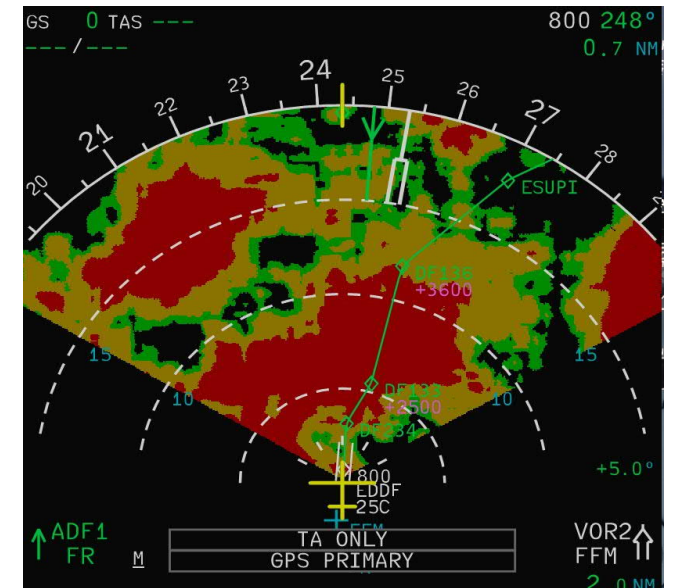
Hintergrund



Kein Hintergrund



Terrain: Hintergrunddarstellung aus EGPWS Datenbank, Geländefärbung abhängig von Flugzeughöhe



Wetter: Darstellung des Bildes des Wetterradars (an Bord). Dargestellt werden Reflektionen flüssiger Wolkenbestandteile (=kein Eis).

Displays & Panels – Navigation Display

Optionen

Constraints



NDB



Airports



Waypoints



VOR



Übersicht

1. Übersicht

- Inhalt des Blockseminars
- Der Airbus A320

2. Systeme

- Engines
- Fuel
- Hydraulik
- Elektrik
- Flight Controls

3. Displays & Panels

- Übersicht
- Flight Control Unit
- Navigation Display
- ECAM
- Audio Control & Radio Management Panel
- ATC & TCAS Panel

4. Referenzen

Displays & Panels – ECAM

Engine / Warning Display (E/WD)

ENGINE Parameter: Immer oberer Teil, fixierte Darstellung, zusammen mit Fuel on Board und Slat/Flap Setting



Warning Display: Unten links, für Checklisten (Take Off, Landing), Hinweise und Warnungen sowie Abnormale Verfahren

Warning Display: Unten rechts Informationen zu Systemzuständen

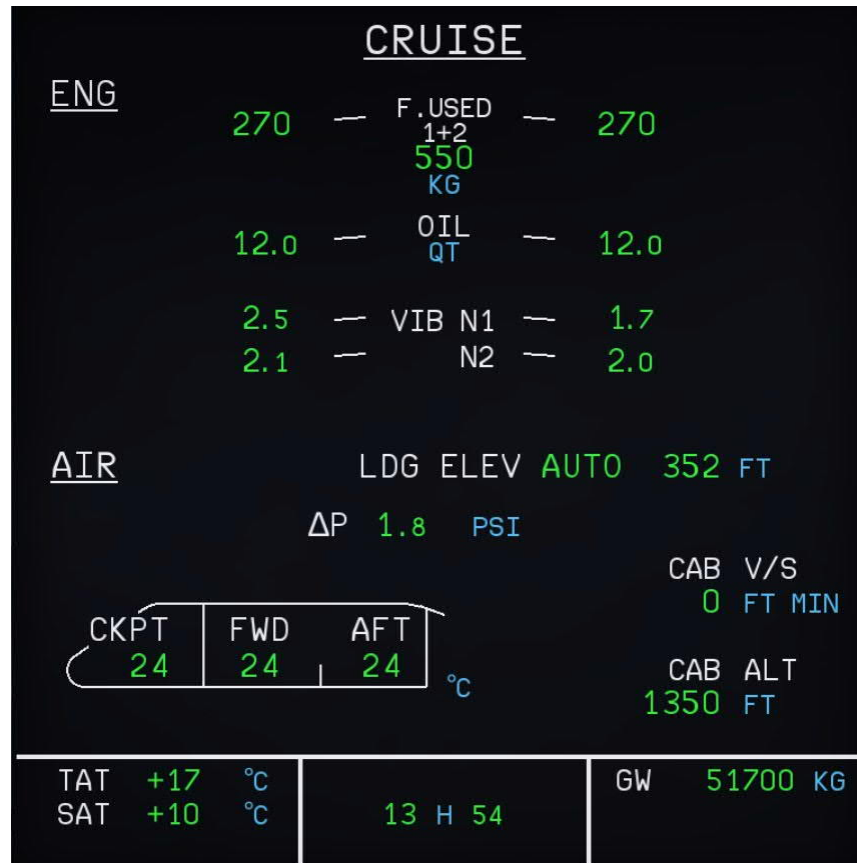
Displays & Panels – ECAM

System Display (Cruise Page)

ENGINE Parameter: Ergänzung der Parameter vom E/WD

Klimatisierung: Temperaturanzeige sowie Darstellung von Kabinendruckhöhe mit Differenzdruck zur Außenwelt

Außentemperatur: Temperatur der statischen Luft sowie der Temperatur der auftreffenden Luft inkl. Kompressionseffekte

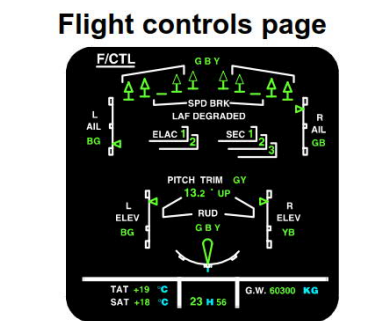
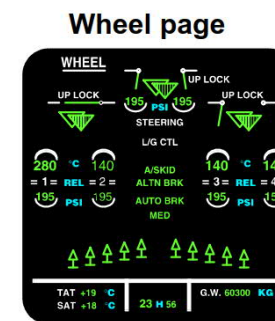
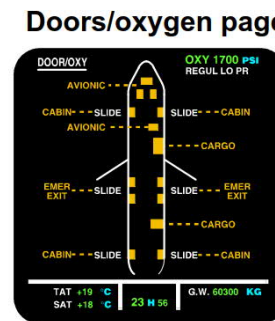
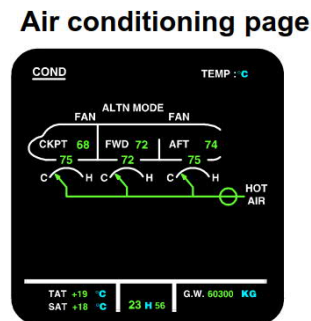
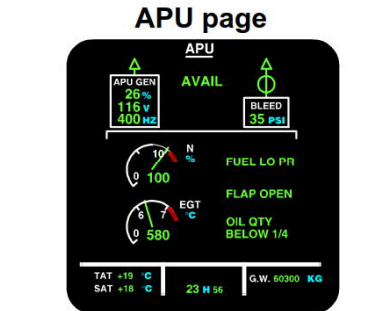
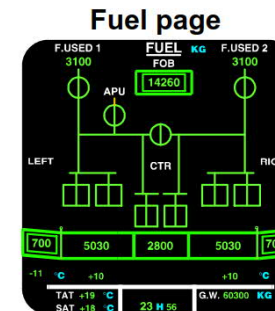
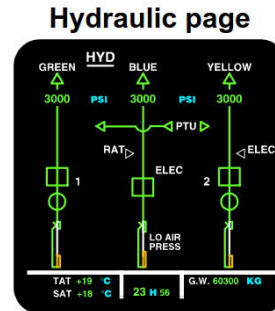
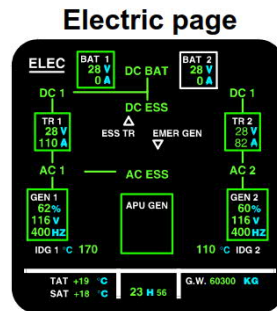
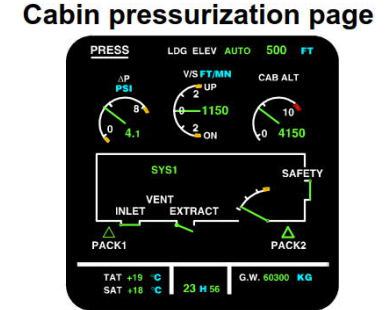
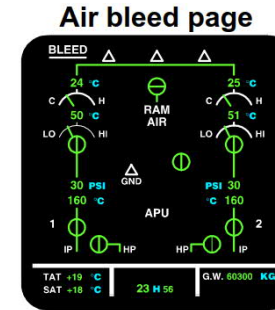
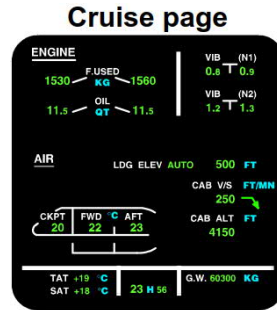


Grossweight: Aktuelles Gesamtgewicht

Displays & Panels – ECAM

System Display (SD)

Entweder automatische Seitenauswahl je nach Flugphase oder manuelle Auswahl mit Control Panel



Übersicht

1. Übersicht

- Inhalt des Blockseminars
- Der Airbus A320

2. Systeme

- Engines
- Fuel
- Hydraulik
- Elektrik
- Flight Controls

3. Displays & Panels

- Übersicht
- Flight Control Unit
- Navigation Display
- ECAM
- Audio Control & Radio Management Panel
- ATC & TCAS Panel

4. Referenzen

Displays & Panels – Audio Control & Radio Management Panel

Radio Management Panel: Es kann nur ein Radio angewählt und „bearbeitet“ werden, d.h. Frequenz im SBY Fenster eingedreht und mit dem Toggle Switch aktiv geschaltet werden

Audio Control Panel: Es kann nur auf einem Radio/Kanal gesprochen werden. Gehört werden kann auf beliebig vielen.



VHF1-3: UKW Sprechfunk, VHF2 in der Regel mit Notfrequenz, VHF3 mit Datenfunk belegt.

HF1,2: Kurzwelle

INT: Interphone, Kommunikation im Cockpit

CAB: Kommunikation mit Kabine

PA: Push to talk Taste für PA-System

(Lautsprecher)

Übersicht

1. Übersicht

- Inhalt des Blockseminars
- Der Airbus A320

2. Systeme

- Engines
- Fuel
- Hydraulik
- Elektrik
- Flight Controls

3. Displays & Panels

- Übersicht
- Flight Control Unit
- Navigation Display
- ECAM
- Audio Control & Radio Management Panel
- ATC & TCAS Panel

4. Referenzen

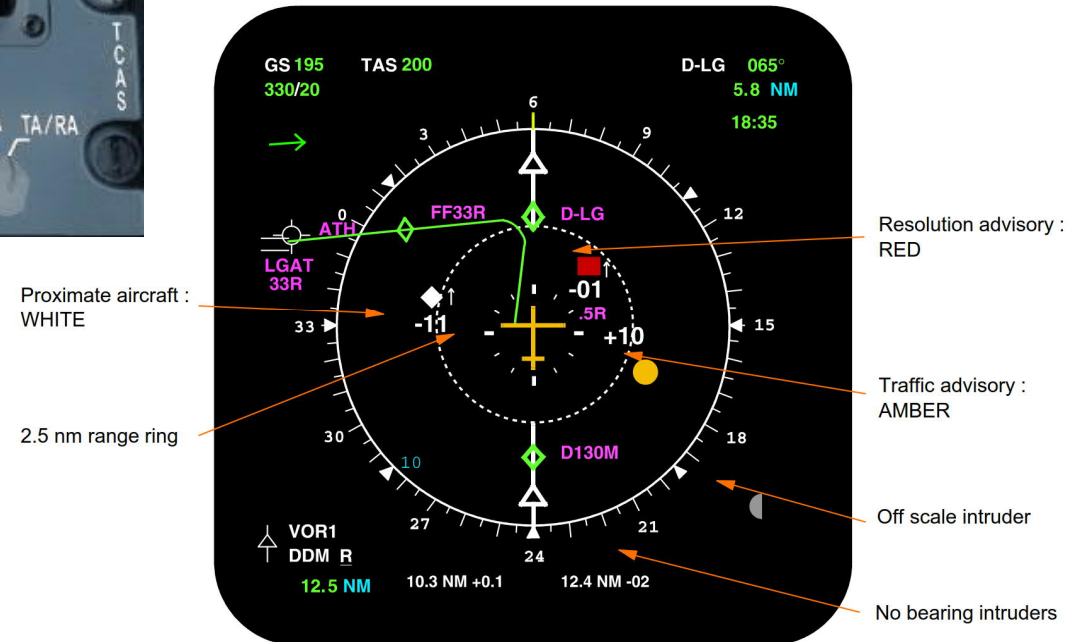
Displays & Panels – ATC & TCAS Panel

Transponder: Überträgt eingestellten Hex-Code, Höhe (ALT RPTG) sowie per Mode-S weitere Informationen



Traffic Alert and Collision Avoidance System (TCAS):

Links: Einstellung der Darstellung auf ND
Rechts: Aktivierung: SBY, Traffic Alert, Resolution Advisory



Übersicht

1. Übersicht

- Inhalt des Blockseminars
- Der Airbus A320

2. Systeme

- Engines
- Fuel
- Hydraulik
- Elektrik
- Flight Controls

3. Displays & Panels

- Übersicht
- Flight Control Unit
- Navigation Display
- ECAM
- Audio Control & Radio Management Panel
- ATC & TCAS Panel

4. Referenzen

Referenzen

- Davies, D. P., Handling the Big Jets, Civil Aviation Authority, Kingsway, London, 1985
- airbus.com, Current Market Outlook 2017-2036
- Airbus FCOM SIM A320
- Airbus A319/320/321 Flightdeck and Systems Briefing for Pilots
- Prepar3D mit FSL A320