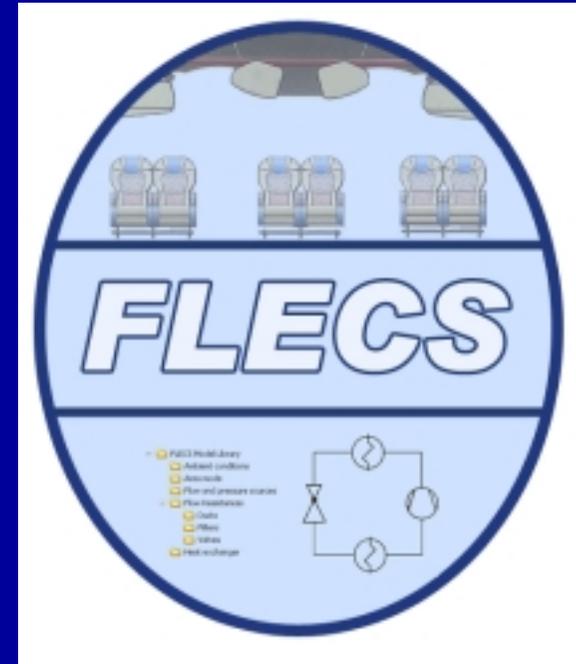


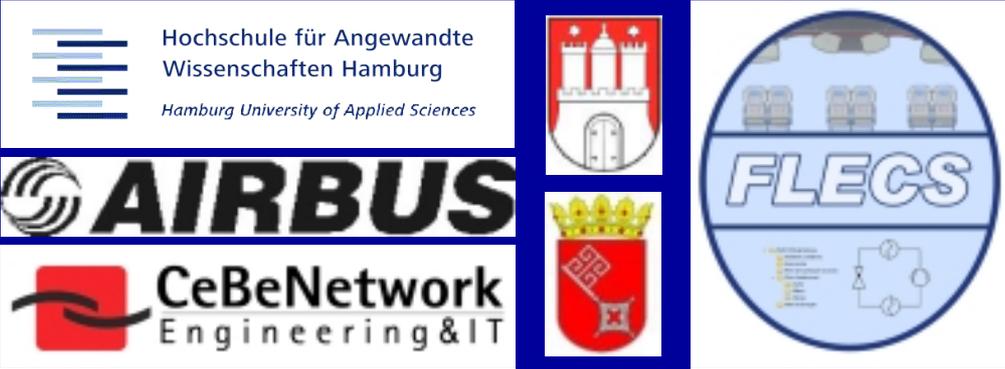
Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences



FLECS



**Funktionale Modellbibliothek des
Environment Control Systems**



Hochschule für Angewandte
Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

AIRBUS

CeBeNetwork
Engineering & IT

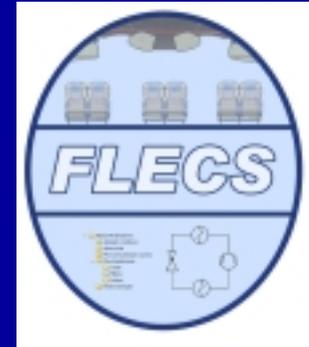
FLECS

FLECS
Funktionale Modellbibliothek des
Environment Control Systems
– Ein Modell norddeutscher Kooperation –

2

Durch FLECS soll die **Kooperation zwischen den Bundesländern** Hamburg und Bremen im Bereich des Flugzeugbaus intensiviert werden.

Inhalt



- Aufgabe
- Projekt-Organisation
- Environment Control System (ECS)
- Modellbibliothek
- Ausblick

Aufgabe



"... ist die Erstellung einer in der Form bisher nicht existenten Modellbibliothek auf der Basis einer kommerziellen Standardsoftware MATLAB/Simulink. Die Modellbibliothek soll eine dynamische Simulation des thermischen Verhaltens der Flugzeugkabine und Flugzeugklimaanlage ermöglichen und somit den Entwicklungsprozess systematisch unterstützen."

4

- **MATLAB/Simulink** ist ein Produkt der Firma Mathworks:

<http://www.mathworks.de>

MATLAB/Simulink wird in seinem Anwendungsbereich heute als ein Quasistandard im Bereich von Industrie und Hochschule angesehen.

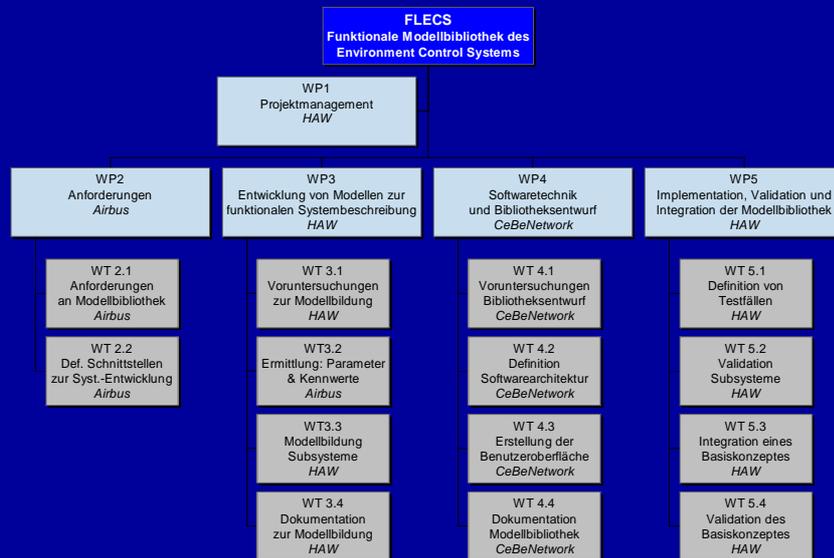
- Die **Modellbibliothek** ist eine Sammlung vordefinierter Komponenten und Subsysteme im Programm Simulink.

- Die Klimaanlage muß dynamische Anforderungen erfüllen. Das Aufheizen einer kalten Kabine oder das Abkühlen einer heißen Kabine darf nur eine bestimmte Zeit in Anspruch nehmen. Um diese Eigenschaften der Klimaanlage im Zusammenspiel mit der Kabine im Vorfeld zu untersuchen ist eine **dynamische Simulation** erforderlich.

- Die **Flugzeugklimaanlage** und die **Flugzeugkabine** müssen zusammen mit der Temperaturregelung in der Simulation als eine Einheit gesehen werden.

- **Quelle des Zitats:** Vertrag zwischen der BWA und der HAW

Organisation: Arbeitspakete



5

Gliederung des Projektes in Arbeitspakete (work packages, WP) und Aufgaben (work tasks, WT). Jeder Partner hat einen bestimmten Anteil an jedem Arbeitspaket. Der **Hauptverantwortliche** (oben jeweils genannt) hält den größten Arbeitsanteil an einem Arbeitspaket und ist für die jeweiligen Ergebnisse verantwortlich.

Organisation: Laufzeit



- Start: 05.09.2005
- Ende: 04.09.2007
- Dauer: 2 Jahre

6

Zur Zeit des Vortrags sind (erst) 20% der Projektlaufzeit verbraucht.

Organisation: Förderung



- HAW ← BWA (100%)



- CBN ← BIA (50%)



- Airbus: eigenfinanzierter Beitrag

8

Die 100%-Förderung für die HAW bezieht sich auf den Mitarbeiter und die Ausstattung für das Projekt. Die Projektorganisation wird von der HAW getragen.

BWA = Behörde für Wirtschaft und Arbeit (in Hamburg)

BIA = Bremer Innovations Agentur

Organisation: Zusammenarbeit



- HAW: Mitarbeiter am Berliner Tor
- CBN: Mitarbeiter in Finkenwerder (ATP)
(zwei Tage pro Woche an HAW)

monatlich: Steuerungsgruppe (6 Personen)

halbjährlich: Projektbesprechung mit DLR

jährlich: Bericht an DLR

9

DLR = Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Das DLR übernimmt die Funktion des Projektträgers in FLECS und berichtet an die BWA.

Organisation: BSCW



- BSCW =
 Basic Support for Cooperative Work
- Datenserver von CBN in Bremen
- Zugang (mit Passwort) über das WWW
- Automatische Benachrichtigung ...

10

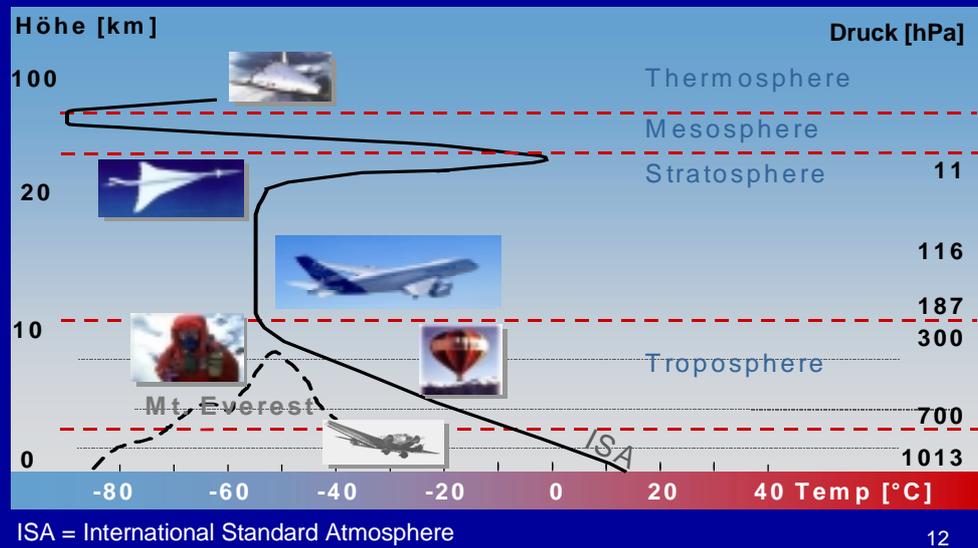
Die **Datenorganisation** über den BSCW-Server erlaubt eine geordnete und übersichtliche Datenhaltung und erleichtert die Nachweisführung gegenüber dem Projektträger.

Organisation: BSCW

A screenshot of a Netscape browser window displaying a BSCW workspace. The browser's address bar shows the URL "https://bsow.cebenetwork.de/bsow/bsow.cgi/0/1210". The page header includes the "CeBeNetwork GmbH Engineering & IT" logo. Below the header is a navigation bar with icons for Home, Public, Clipboard, Trash, Add, Calend, Blinks, and Tasks. A "Your location" field shows ".dscholz". A toolbar with actions like "catch up", "send", "copy", "link", "cut", "delete", and "archive" is visible. The main content area shows a file list for the ".dscholz" directory with 7 entries.

Name	Size	Share Creator	Last Modified	Events	Action
library necessary and useful information for the project: external documents, standards, papers, links, ...	10	dscholz	2006-01-17 08:32		
minutes invitation to meetings, agenda, minutes, ...	13	dscholz	2006-01-10 12:48		
organisation applications, agreements, schedules, tasks, templates ...	9	dscholz	2006-01-10 12:16		
simulation software, models, parameters, ...	1	dscholz	2006-01-10 10:55		
results reports, deliverables, presentations, paper, ...	13	dscholz	2005-12-21		
temp temporary storage	0	dscholz	2005-09-12		

ECS: Atmosphäre



Die **Anforderungen** an die Flugzeugklimaanlage ergeben sich aus den Daten der Atmosphäre: Druck und Temperatur.

ECS: Anforderungen

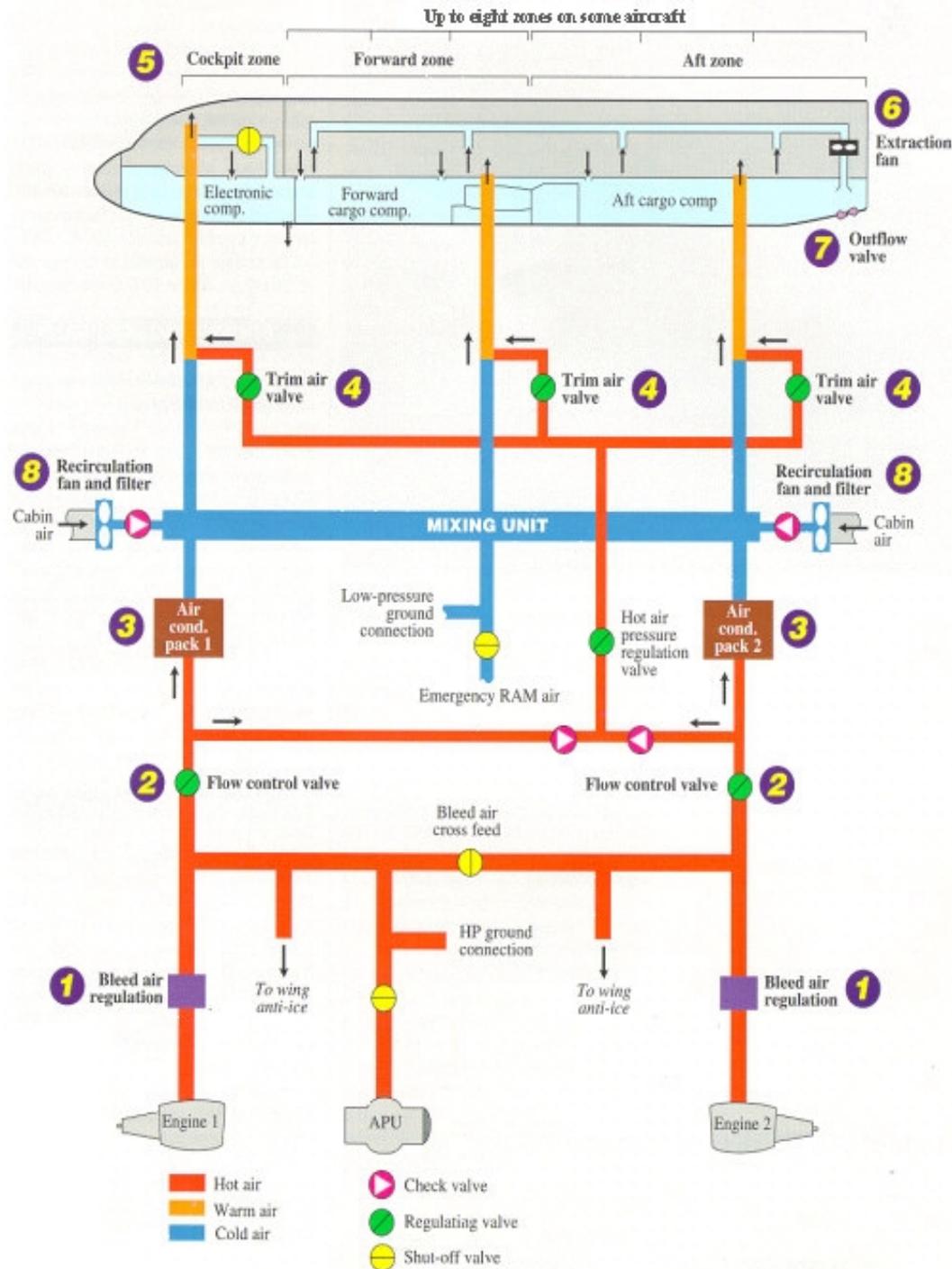


Die Sicherheit und der Komfort der Passagiere muss auch für extremste Außenbedingungen gewährleistet sein.

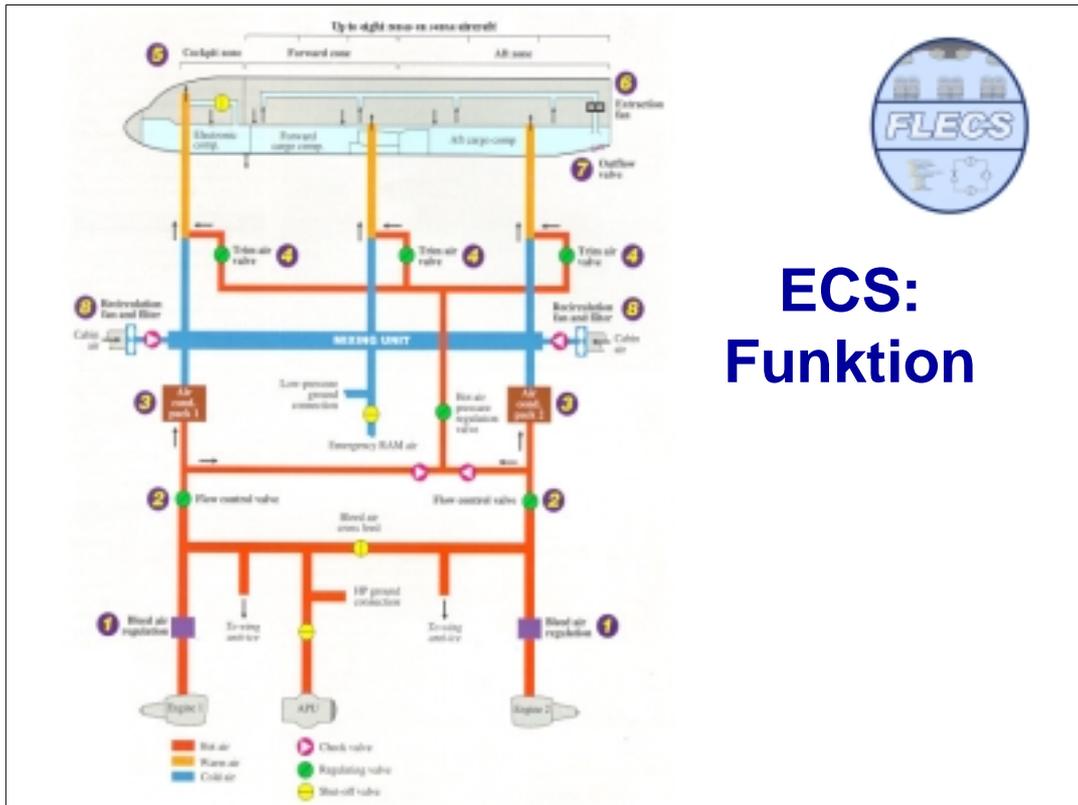
13

Die Flugzeugklimaanlage muß **Sicherheit und Komfort** bieten sowohl am Boden wie auch in der Luft. Auch am Boden muß die Flugzeugklimaanlage in der Lage sein mit extremen Temperaturen fertig zu werden.

Quelle: Airbus



ECS: Funktion



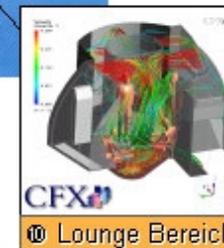
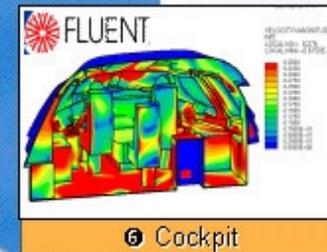
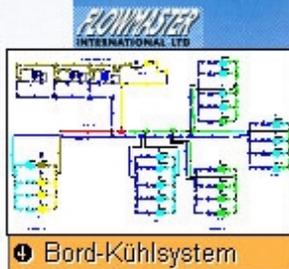
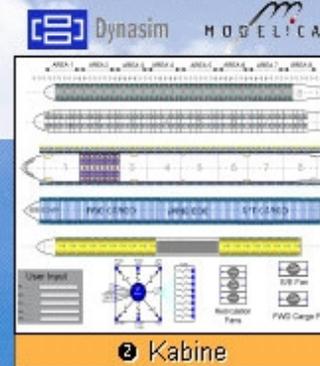
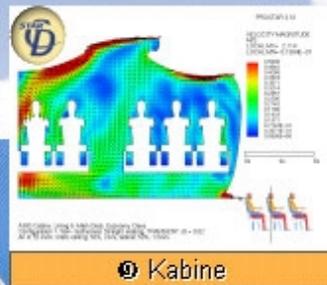
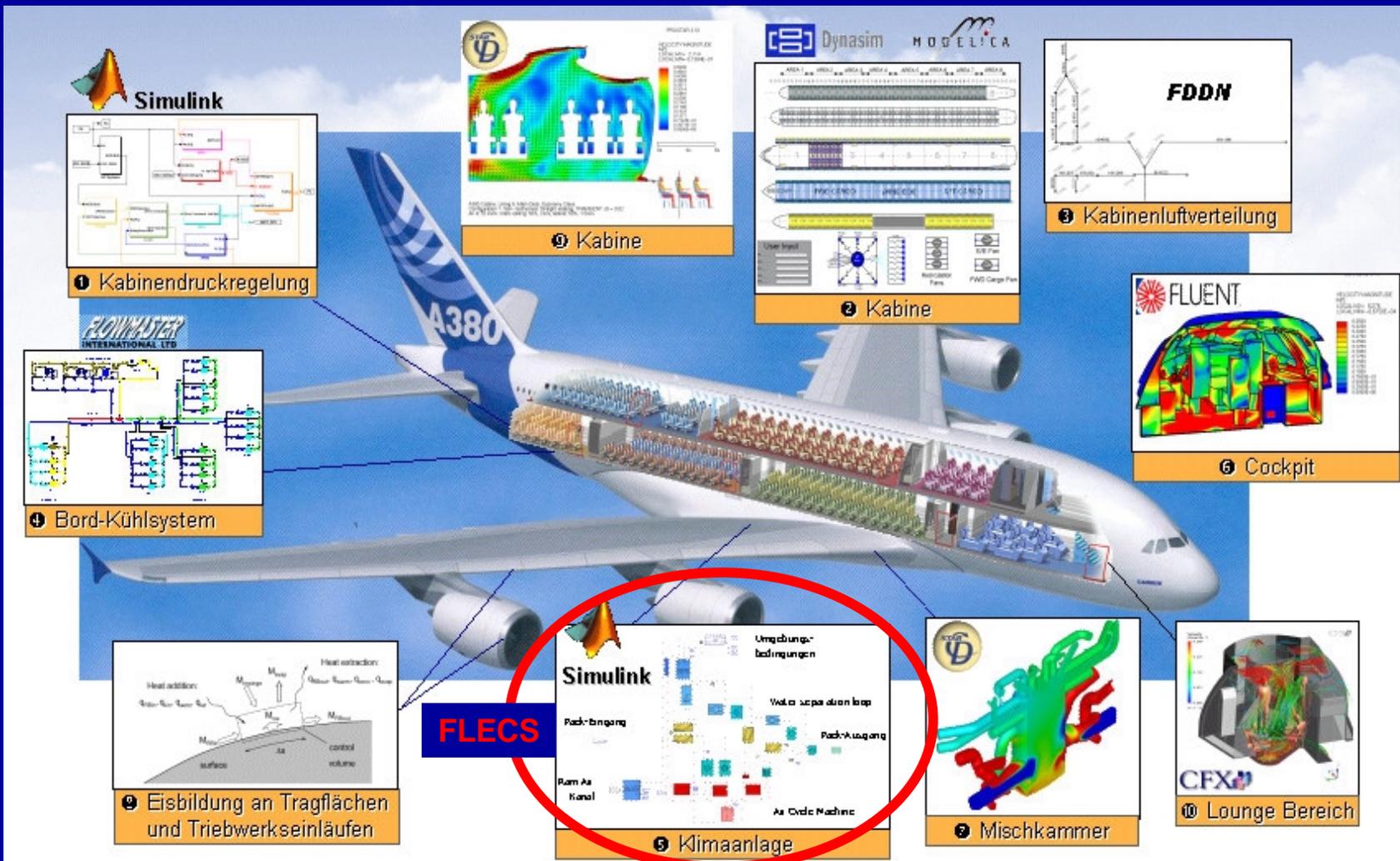
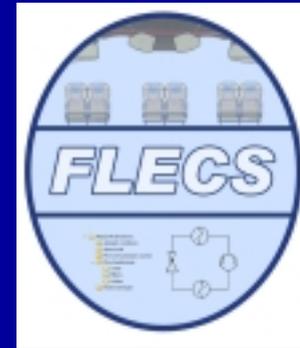
ECS: Funktion

Die Klimaanlage liefert konditionierte Luft, um die gewünschten Temperaturen, Luftwechselraten und den Kabinendruck in der Kabine aufrechtzuerhalten.

- 1.) Zapfluft – Regulierung. Ein Teil der vom Triebwerk verdichteten Außenluft wird abgezapft und auf eine Temperatur von ca. 200°C und einen konstanten Druck von 3,5 bar geregelt. Am Boden wird die verdichtete Luft von einer Hilfsturbine (APU) erzeugt.
- 2.) Luftmengen-Regelung der Zapfluft
- 3.) Klimaanlage
- 4.) Trim-Luft. Zur Regelung der Kabinentemperatur wird der konditionierten Außenluft heiße Luft (Trim-Air) zu gemischt.
- 5.) Kabinen Zonen. Die Kabine ist in Zonen unterteilt. Für jede dieser Zonen kann eine unterschiedliche Temperatur eingestellt werden.
- 6.) Abluftsystem der Küchen und Toiletten
- 7.) Kabinendruck-Regelung. Der Kabinendruck wird über das Ausströmventil (Outflow Valve) geregelt.
- 8.) Rezirkulierte Luft. Ungefähr 40% der Kabinenluft wird über hocheffiziente Filter gereinigt und der konditionierten Außenluft beigemischt.

Quelle: Airbus

ECS / Kabine: Aufgaben der Simulation



ECS / Kabine: Aufgaben der Simulation



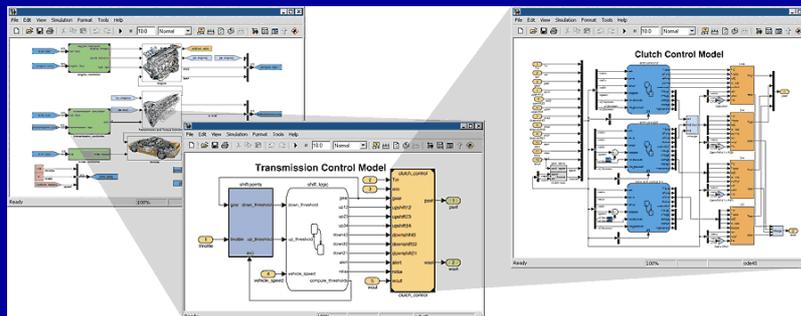
- Während der Systemauslegung erlauben Simulationen die Bestimmung der wichtigen Auslegungsgrößen wie Drücke, Temperaturen und Luftmassenströme auf Flugzeug- (②) oder Systemebene (①, ③, ④, ⑤).
- Das Zusammenspiel einzelner Systeme wird durch Simulation untersucht, bevor sie in das Flugzeug integriert werden (①, ②, ③, ④, ⑤).
- Die Eisbildung an den Tragflächen und den Triebwerkeinläufen (③) wird simuliert, um einen sicheren Flug zu gewährleisten.
- Einzelne Bauteile (⑦) werden detailliert simuliert, um die optimale Bauform zu bestimmen.
- Die Luftströmung und die Temperaturen in den Kabinenbereichen (⑨, ⑩) und dem Cockpit (⑥) werden simuliert, lange bevor das erste Bauteil gefertigt wird. So können Positionen und Form der Luftauslässe optimiert werden.
- Der thermische Komfort in der Kabine (⑨, ⑩) und dem Cockpit (⑥) wird durch aufwändige Strömungs-simulationen untersucht, um den Passagieren und der Crew optimale Bedingungen zu bieten.
- **Im Bereich der Simulation der Klimaanlage (⑤) will Airbus mit dem Projekt FLECS seine Fähigkeiten erweitern.**

Quelle: Airbus

Modellbibliothek



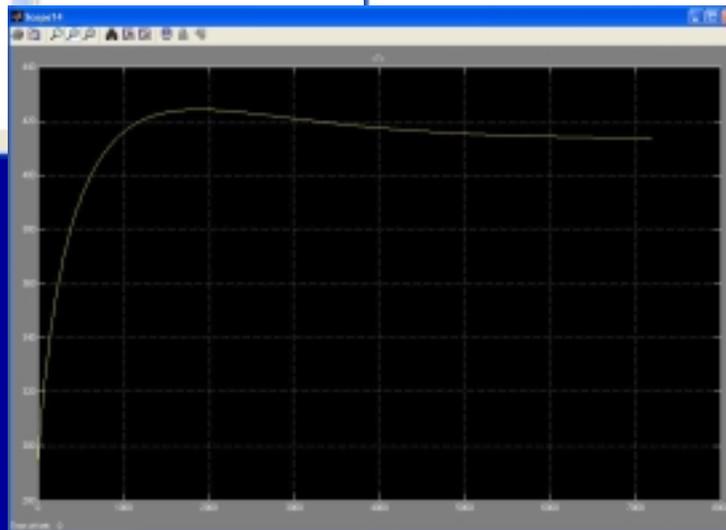
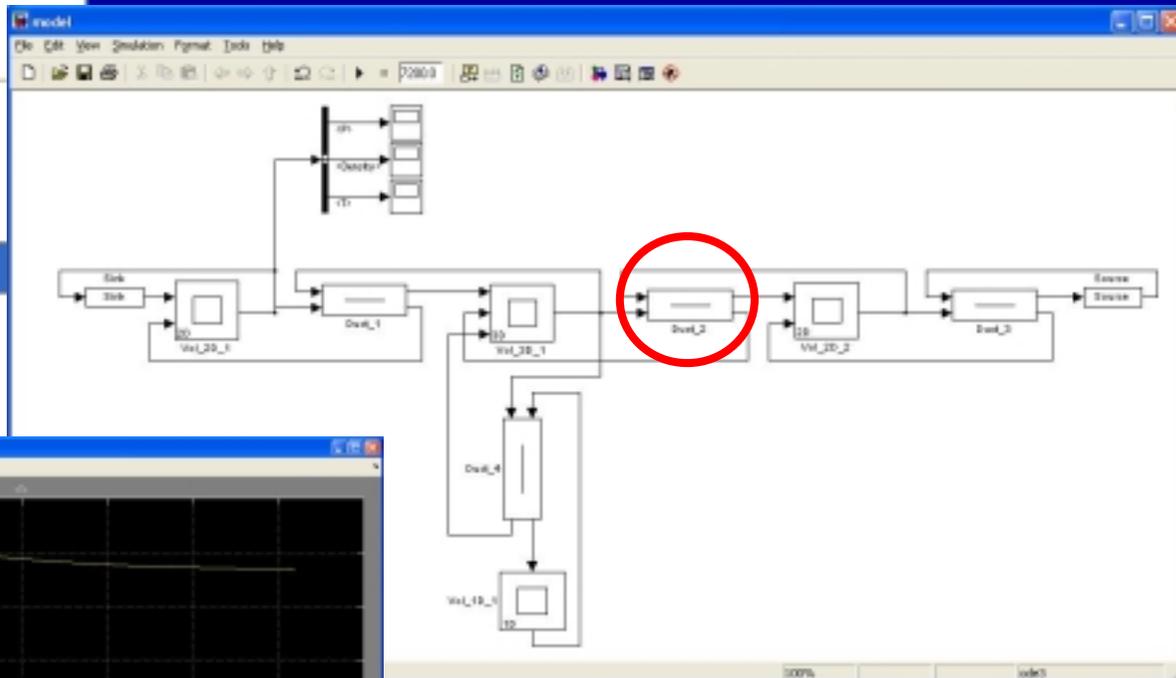
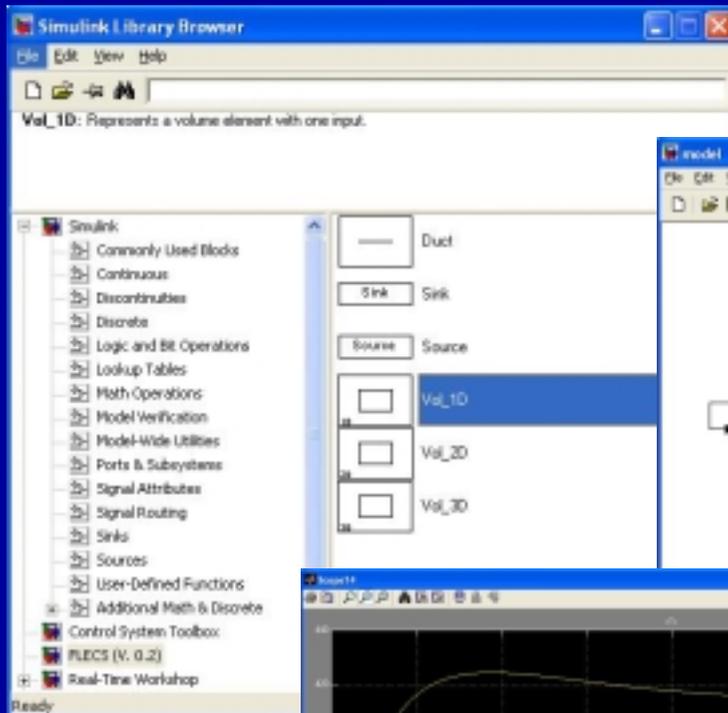
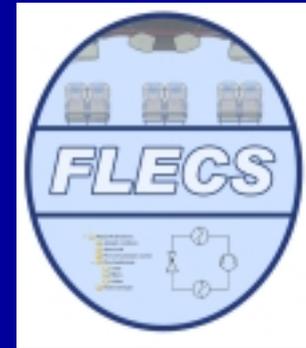
- vordefinierte Simulationsblöcke für Komponenten und Subsysteme
- hierarchische Gliederung
- Graphisches Benutzerinterface (GUI)



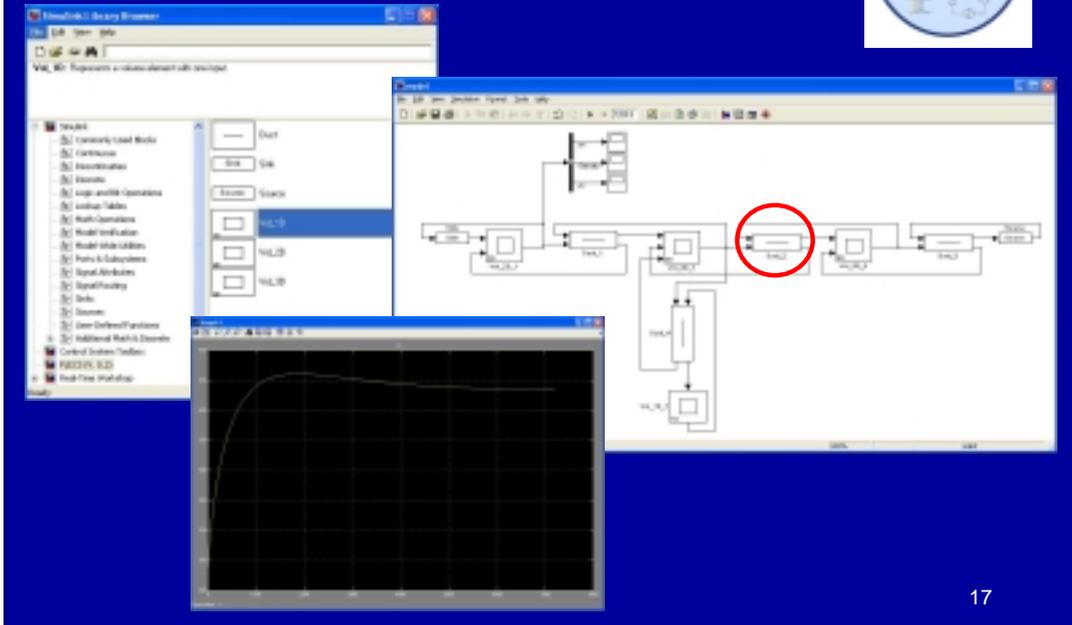
16

Die Grafik verdeutlicht das generelle Vorgehen der **hierarchischen Gliederung**. Das Beispiel stammt von Mathworks (nicht zum Thema Flugzeug). Quelle: <http://www.mathworks.de>

Modellbibliothek FLECS



Modellbibliothek FLECS



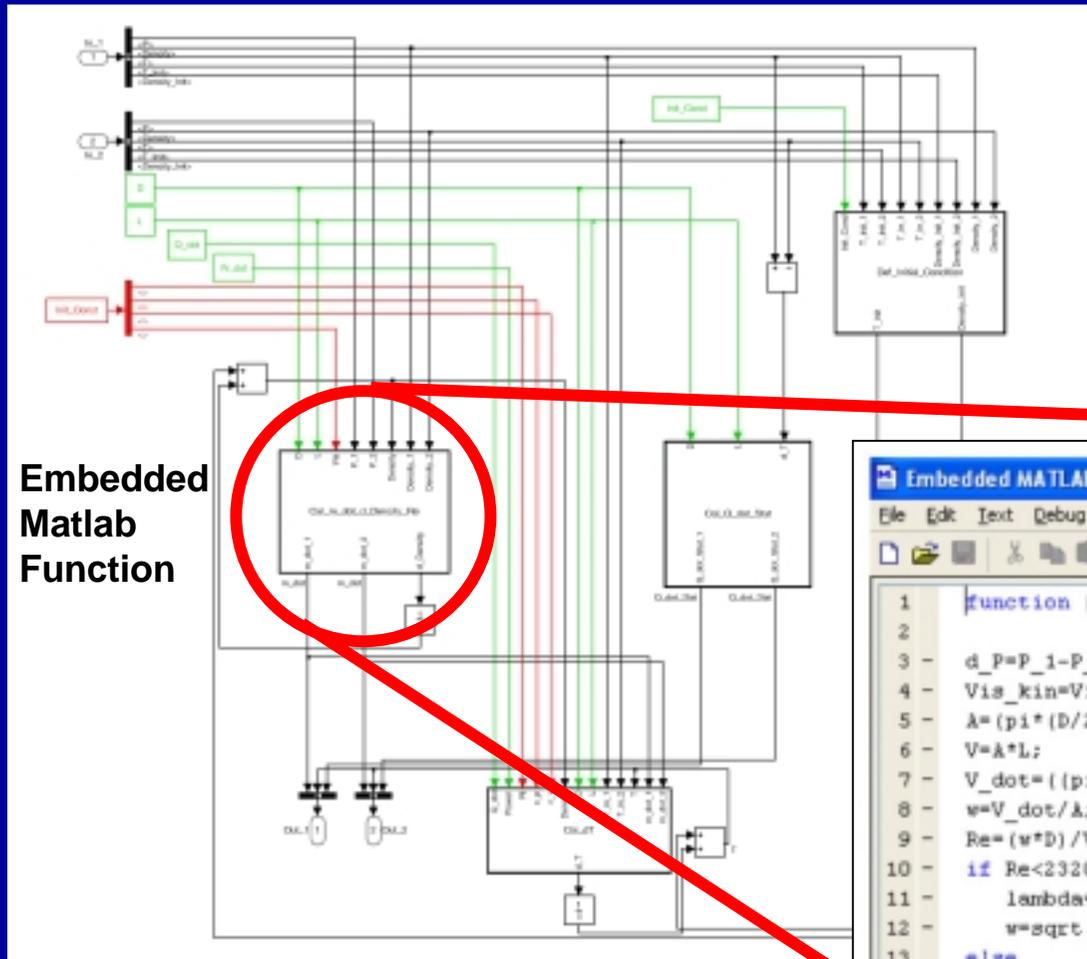
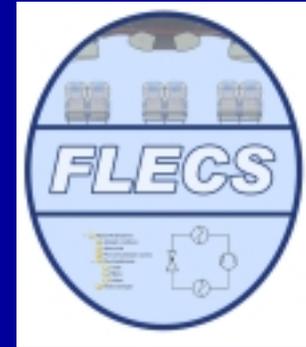
17

Simulink bietet eine **Bibliothek** (library) mit verschiedenen Blöcken (links). Die Bibliothek wurde um einen Eintrag "FLECS" erweitert. Hier befinden sich die speziellen Komponenten zur Simulation der Flugzeugklimaanlage in Verbindung mit der Flugzeugkabine.

Komponenten aus der Bibliothek werden per Maus in ein **neues Fenster** gezogen und dort abgelegt und untereinander verbunden. Die Kombination der Komponenten bildet das reale Flugzeugsystem ab. Auf diese Weise wird eine **Simulation** erstellt. Die Linien stellen den Signalaustausch zwischen den Komponenten dar. Es können auch Standardkomponenten aus Simulink eingebunden werden. Dies wurde hier gemacht durch Hinzufügen der Scopes.

Die **Scopes** ermöglichen die **Ergebnisdarstellung** von Parametern über der Zeit (unteres Fenster).

Modellbibliothek FLECS

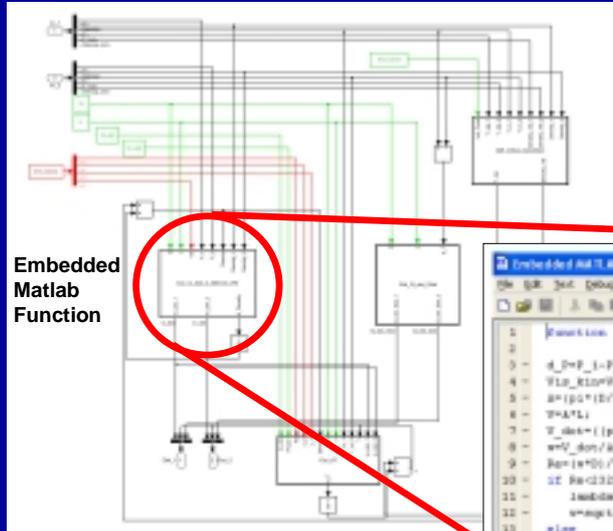


Embedded
Matlab
Function

Details der
FLECS-Komponente
Rohr (duct)

```
Embedded MATLAB Editor - Block: Duct/Duct/Embedded MATLA Function
File Edit Text Debug Tools Window Help
[Icons]
1 function [m_dot_1,m_dot_2,d_Density]=Cal_m_dot_d_Density_Re
2
3 - d_P=P_1-P_2;
4 - Vis_kin=Vis/Density;
5 - A=(pi*(D/2)^2);
6 - V=A*L;
7 - V_dot=((pi*(D/2)^4)*abs(d_P))/(8*Vis*L);
8 - w=V_dot/A;
9 - Re=(w*D)/Vis_kin;
10 - if Re<2320
11 -     lambda=64/Re;
12 -     w=sqrt(2*abs(d_P)*D/(lambda*L*Density));
13 - else
```

Modellbibliothek FLECS



Embedded
Matlab
Function

Details der
FLECS-Komponente
Rohr (duct)

A screenshot of the Embedded MATLAB Function editor for the 'Block: Duct/duct/Embedded MATLAB Function'. The code is as follows:

```
1 function [m_dot_2, m_dot_2, d_Density] = Call_m_dot_2_Density_Be
2
3 d_P=F_1-P_2;
4 V1a_k1a=F1a/density;
5 m_dot_2=(d_P/d_2)^2*d1;
6 T=MATL
7 T_dot=(1/4*(d_2/d_1)^4)*V1a_k1a*(d_2)/(d_P*d_1);
8 m_dot_2=m_dot_2;
9 Rm=(m_dot_2/V1a_k1a);
10 if Rm<1000
11     T_dot_2=0.4/Rm;
12     m_dot_2=(2*V1a_k1a*(d_2)^2)/(2*omega*L*Density);
13 else
```

18

Die eigentliche Programmierung findet in den **Embedded MATLAB-Functions** statt. Hier ist mal eine dieser Funktionen geöffnet worden.

Modellbibliothek: Komponenten

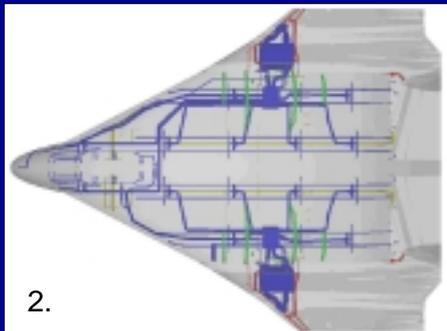
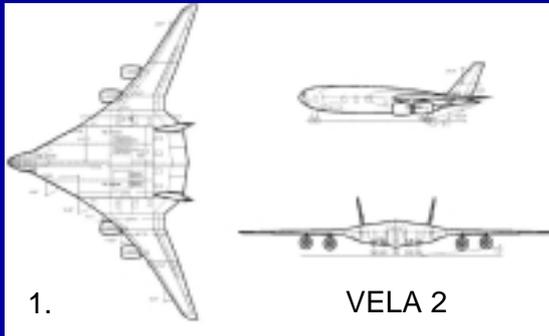


- Ambient Conditions:
 - Wind
 - Solar radiation
- Flow Resistances:
 - Ducts, Valves, Filters
- Flow and Pressure Sources, Fans
- Volumes with Heat Transfer, water and CO2 balance:
 - Area Models
 - Cabin Zones
 - Flight Deck
 - Crew Rests
 - Cargo Zones
 - Galley Zones
 - Triangle Area
 - Bilge
- Humidity modelling
- Heat Exchangers
- Air Cycle Machine
- RAM Flow
- Vapor Cycle Systems
- Other equipment

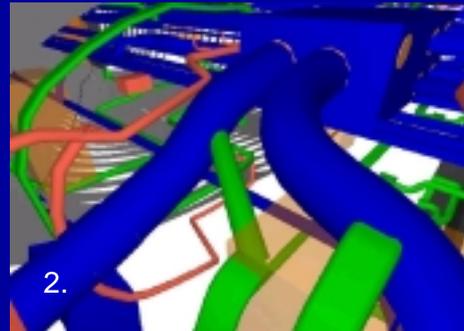
19

Die aufgelisteten Komponenten sind eine Auswahl aus der Anforderungsliste zu FLECS.

Ausblick



1. Flugzeug-Konfiguration
2. Konzept des ECS-Systems



20

Der Ausblick zeigt, in welcher **Abfolge in der Flugzeugentwicklung** **FLECS** seinen **Einsatz** finden kann. Beispiel: das Projektes VELA2.

- 1.) Flugzeugentwurf zur Konfigurationsfindung
- 2.) Entwurf des ECS-Systems:
Lösungsprinzipien, Vorauslegung, Routing und Ducting
- 3.) ECS-Simulation mit FLECS

Quelle zu 1.)

BANSA, Florian: *Interaktive Parametervariation zur Einstellung eines geeigneten Stabilitätsmaßes für BWB-Flugzeugkonfigurationen*. Hamburg, Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Fachbereich Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau, Diplomarbeit, 2004

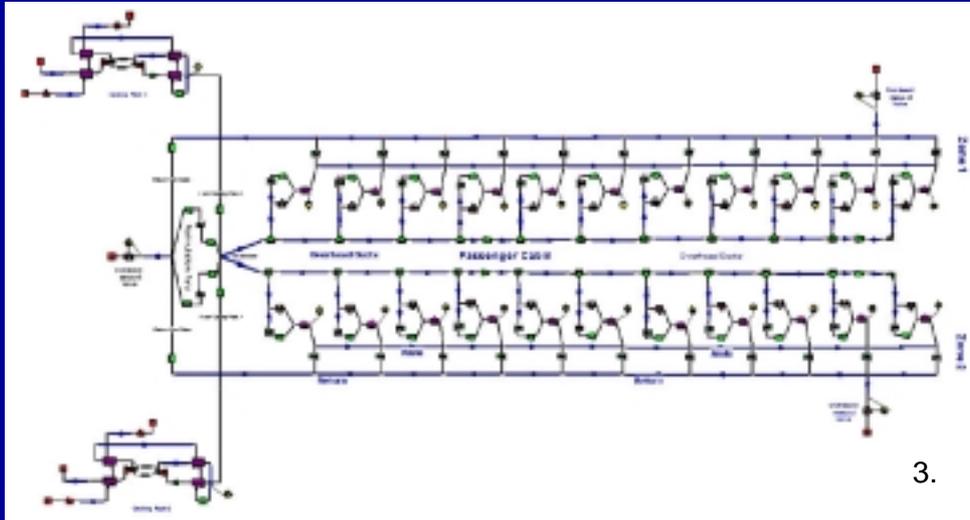
Quelle zu 2.)

MAHNKEN, Max: *Integration von Kabinensystemen in BWB-Flugzeugkonfigurationen*. Hamburg, Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Fachbereich Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau, Diplomarbeit, 2006

Ausblick



3. ECS-Simulation



Das es sich hier um einen Ausblick handelt, liegt aus FLECS noch kein Bild vor. Stellvertretend ist ein Bild aus einer anderen **ECS-Simulation** gezeigt.

Quelle zu 3.)

ZIEGLER, Shayne; SHAPIRO, Steven: "Computer Simulation of an Aircraft Environmental Control System". Vortrag: Aerospace Testing Expo 2006, 8.-10. November 2005. - URL: http://www.ukintpress-conferences.com/conf/aerona05/pres/otf_3/ziegler.pdf (06-01-26)

Kontakt



- Prof. Dr.-Ing. D. Scholz, MSME
- info@ProfScholz.de
- <http://FLECS.ProfScholz.de>