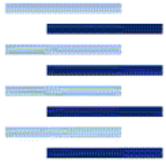


FLECS\_ZB\_1\_2006-04-30



Hochschule für Angewandte  
Wissenschaften Hamburg  
*Hamburg University of Applied Sciences*



## **FLECS**

**Funktionale Modellbibliothek des Environment Control Systems**

### **Zwischenbericht Nr. 1**

Förderkennzeichen: HH59

Laufzeit: 2005-06-01 – 2007-09-04

Berichtszeitraum: 2005-06-01 – 2006-04-30

Dieter Scholz

2006-04-30

Studiendepartment Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau  
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Berliner Tor 9  
D - 20099 Hamburg

## **Kontaktdaten zu FLECS and der HAW Hamburg**

Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz, MSME  
Studiendepartment Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau  
Fakultät Technik und Informatik  
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Berliner Tor 9  
20099 Hamburg  
Tel.: 040-70971646  
Fax: 040-42875-7809  
info@ProfScholz.de

Dr.rer.nat. Christian Müller  
Studiendepartment Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau  
Fakultät Technik und Informatik  
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Berliner Tor 9  
20099 Hamburg  
Tel.: 040-42875-7910  
Fax: 040-42875-7809  
mueller@fzt.haw-hamburg.de

# Inhalt

	Seite
<b>1 Zusammenfassung</b> .....	4
1.1 Wissenschaftliche/technische Ergebnisse .....	5
1.1.1 Ergebnisse von Airbus .....	5
1.1.2 Ergebnisse der HAW .....	6
1.1.3 Ergebnisse von CBN .....	6
1.2 Stand des Vorhabens .....	7
1.3 Aussicht auf Erreichung der Ziele des Vorhabens .....	10
1.4 Relevante Ergebnisse Dritter .....	10
1.5 Änderungen in der Zielsetzung .....	11
1.6 Verwertung der Ergebnisse .....	11
1.7 Zusammenarbeit mit den Projektpartnern.....	11
1.7.1 Projektpartner CBN .....	11
1.7.2 Projektpartner Airbus .....	13
1.7.3 Trilaterale Zusammenarbeit .....	14
<b>2 Technischer Bericht</b> (siehe Anhang A) .....	16
<b>3 Veröffentlichungen, Vorträge</b> .....	16
<b>4 Zusammenstellung der verwendeten Fachliteratur</b> .....	17
4.1 Grundlagen der Strömungslehre .....	17
4.2 Grundlagen der Wärmeübertragung .....	18
4.3 Grundlagen der Strömungssimulation .....	18
4.4 Programme zur Simulation von Strömung und Wärmeübertragung .....	19
4.4.1 3-D-Programme .....	19
4.4.2 1-D-Programme .....	20
4.5 Veröffentlichungen zum Thema "ECS-Simulation" .....	21
4.6 Verwendete Normen .....	21
<b>5 Liste der erstellten Dokumentation</b> .....	22
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	23
<b>Anhang A Präsentationsunterlagen der</b>	
<b>1. Projektfortschrittsbesprechung, FLECS vom 22.02.06</b> .....	25

# 1 Zusammenfassung

## Verbundvorhaben, Partner, Federführer

Beim Projekt FLECS (Funktionale Modellbibliothek des Environment Control Systems, oder: Functional Library of the Environment Control System) handelt es sich um ein *Verbundvorhaben* der Partner (**BWA 2005a**, § 3 (4))

- Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (HAW),
- CeBeNetwork GmbH, Bremen (CBN),
- Airbus Deutschland GmbH, Hamburg (AD).

*Federführer* ist die HAW Hamburg (**BWA 2005a**, § 3 (2)).

## Umfang und Gliederung des Zwischenberichtes

Die Partner der HAW sind gegenüber dem Projektträger Luftfahrtforschung und -technologie (PT-LF) des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) im Projekt FLECS nicht zur Rechenschaft verpflichtet. Demzufolge liefern CBN und AD auch keine eigenen Zwischenberichte an das DLR ab. Dieser *Zwischenbericht der HAW versucht* aus diesem Grunde vergleichsweise *vollständig über das ganze Projekt FLECS zu berichten*, wobei jedoch nicht alle Details der Arbeiten der Partner beschrieben werden. Soweit möglich und sinnvoll beziehen sich daher die folgenden Abschnitte auf das Gesamtprojekt. Lediglich bei den Punkten "Finanzen" und "Verwertung" bezieht sich die Darstellung im Zwischenbericht allein auf die Situation der HAW.

Die *Gliederung* dieses Zwischenberichtes folgt den Vorgaben in **PT-LF 2004**.

Die in **PT-LF 2004** geforderte Darstellung der

- Gesamtziele,
- zusammenfassenden Ergebnisse,
- Termine und der
- Kooperation

in einem *Übersichtsbericht des Federführers* sind *eingearbeitet* in diesen Abschnitt 1 zum *Zwischenbericht der HAW*.

## Projektlaufzeit

Nach **BWA 2005a** (FLECS Grundvertrag) war eine Projektlaufzeit vorgesehen: 01.06.2005 bis 31.05.2007. Effektiv konnte mit dem Projekt an der HAW erst nach Einstellung von Herrn Dr. Christian Müller am 05.09.2005 begonnen werden. Auch die Mittel begannen erst ab dieser Zeit abzufließen. Um die geplante Projektlaufzeit von effektiv 2 Jahren zu erhalten, wurde

bei der BWA ein Antrag auf Vertragsverlängerung gestellt und genehmigt. Nach **BWA 2005b** (FLECS Zusatzvertrag) wurde die Projektlaufzeit angepasst. Es gilt jetzt:

- Die Leistungen sind bis zum 04.09.2007 zu erbringen.
- Ein Abschlussbericht ist bis zum 04.12.2007 zu erstellen.

### **Berichtszeitraum**

Nach **BWA 2005a** in Verbindung mit **BWA 2005b** wurde die *erste Projektfortschrittsbesprechung* zu FLECS durchgeführt am 22.02.2006 – wie in **BWA 2005a** gefordert – 6 Monate nach (effektivem) Start des Projektes. Der Technische Bericht (Abschnitt 2) enthält die Unterlagen dieser (zeitnahen) Statusbesprechung. **PT-LF 2004** fordert:

*Der zum Ende eines Kalenderjahres erreichte Stand des Vorhabens, die im Kalenderjahr durchgeführten Arbeiten und erreichten Ergebnisse sind in einem Zwischenbericht darzustellen, der bis spätestens 31. März des Folgejahres vorzulegen ist.*

Bis zum Jahresende 2005 waren erst 4 Monate effektive Projektlaufzeit zu verzeichnen. Aus diesem Grunde wurde mit PT-LF vereinbart, den *Berichtszeitraum und die Abgabe des ersten Zwischenberichtes* abweichend auf den 30.04.2006 festzulegen. Dadurch wurde die Möglichkeit geschaffen, etwas umfangreichen berichten zu können.

## **1.1 Wissenschaftliche/technische Ergebnisse**

### **1.1.1 Ergebnisse von Airbus**

Airbus hat einen wesentlichen Beitrag zur wissenschaftlichen Koordinierung im Projekt geleistet und flugzeugspezifisches Know-How geliefert. Weiterhin hat Airbus Erfahrungen aus dem Bereich der Simulation mit MATLAB/Simulink in das Projekt einfließen lassen. Die wesentlichen Projektergebnisse von Airbus resultieren aus der Spezifikation der Anforderungen an das Projekt:

- General Requirements for FLECS
- Functional and Operational Requirements
- Modelling Requirements
  - General Modelling Requirements
  - Modeling Requirements for Component Classes
- Documentation Requirements

### 1.1.2 Ergebnisse der HAW

Die HAW hat im Berichtszeitraum im wesentlichen diese Ergebnisse erzielt:

- Entwicklung eines Luftverteilungssystems bestehen aus Volumen, Rohren, Senken und Quellen (hier genannt "Blöcke").
- Entwicklung der thermodynamischen und strömungsmechanischen Grundgleichungen für die Volumen und Rohre.
- Nutzung der MATLAB Funktionalität in Simulink mit Hilfe der Embedded MATLAB Functions.
- Definition von einem allgemeinen Strömungswiderstand gebildet aus Rohr (ohne Volumeneigenschaften) und Widerstand.
- Definition von Rohren mit sowohl Strömungswiderstand als auch Volumeneigenschaften.
- Formulierung einer übersichtlichen Eingabemaske für die einzelnen Blöcke.
- Definition von DIN-gerechten Symbolen für die Blöcke der Modellbibliothek.
- Einbau der Blöcke in eine hierarchische Simulink - Modellbibliothek.
- Durchführung von Simulationen zur Überprüfung der Systemstabilität.
- Überprüfung des Verhaltens der Simulationen bei verschiedenen Solver-Typen.
- Überprüfung der Algorithmen auf Real Time Fähigkeit.
- Überprüfung der Algorithmen anhand von flugzeugspezifischen Datensätzen gerechnet mit dem Programm FLOWMASTER.

### 1.1.3 Ergebnisse von CBN

CBN hat im Berichtszeitraum zusammen mit den Partnern Nutzungskonzepte für FLECS definiert und durch kleine Beispielprogramme deren Realisierbarkeit getestet. Eine ECS-Simulation mit der FLECS-Modellbibliothek kann danach auf drei Arten genutzt werden:

#### 1. *Modellerstellung und Simulation* (Entwicklung):

Der ECS-Ingenieur erstellt interaktiv ein Simulationsmodell der Klimaanlage. Dabei bedient er sich sowohl der Standardkomponenten von Simulink wie auch den Spezialkomponenten von FLECS. Es wird die Standardfunktionalität von Simulink genutzt einschließlich der in Simulink enthaltenen Erweiterungen zum Aufbau von Simulationsbibliotheken einschließlich der Möglichkeit, Masken zur einfachen Parametrisierung der Bibliothekskomponenten zu realisieren. Das fertig erstellte Modell der Klimaanlage wird gestartet. Das Zeitverhalten wird beobachtet. Weitere Simulationsläufe mit veränderten Parametern folgen.

## 2. *Batch Mode* (Simulation):

Zusätzlich zu dieser Standardfunktionalität von Simulink soll der Benutzer durch ein von CBN zu programmierendes Interface unterstützt werden: Es können Parameter-Serien über ein zentrales Graphical User Interface (GUI) vorgegeben werden. Im Batch Mode werden die verschiedenen vordefinierten Simulationen automatisch gestartet. Nach der Simulation werden die Ergebnisse zur Auswertung an Simulink Plot-Routinen übergeben. Zur Realisierung wird aus der \*.MDL-Datei von Simulink eine Struktur erzeugt, in die alle Parameter des Simulationsmodells geschrieben werden. Die Struktur wird benutzerfreundlich über das GUI modifiziert und eine modifizierte \*.MDL-Datei ausgegeben.

## 3. *Interaktive Benutzung – "Flugsimulator"* (Echtzeit-Simulation):

Es wird eine unter 1.) beschriebene Simulation durchgeführt. Im Unterschied zu 1.) werden jedoch die interessierenden Parameter in einer animierten Grafik angezeigt (z. B. durch Instrumente wie im Cockpit). Der Benutzer hat die Möglichkeit während der Simulation Systemparameter durch Eingaben über Grafikelemente (die z. B. den Bedienelementen im Cockpit nachempfunden sind) zu variieren. Diese Art der Simulation könnte realisiert sein

- a) als Echtzeit-Simulation oder
- b) als Simulation, die in eigener Zeit abläuft:
  - i) schneller als in der Wirklichkeit (Zeitersparnis des Nutzers)
  - ii) langsamer als in der Wirklichkeit  
(hochauflösende Simulation wird ermöglicht, ohne Echtzeitfähigkeit).

Anmerkung: Die Realisierung des *Batch Mode* ist besonders zeitintensiv.

## 1.2 Stand des Vorhabens

### Arbeitsplan (Projektstrukturplan)

Bild 1.1 zeigt den Arbeitsplan. Der Arbeitsplan enthält die hierarchische Struktur der Arbeitspakete (Work Packages, WP) und Aufgaben (Work Tasks, WT) von FLECS. Für den Soll-Ist-Vergleich im Zwischenbericht wurden die WPs und WTs gekennzeichnet mit ihrem jeweiligen Bearbeitungsstand:

- ✓ Arbeitspaket oder Aufgabe wurde abgearbeitet
- (✓) Arbeitspaket oder Aufgabe wurde fertig bearbeitet, Endfassung der geforderten Dokumentation steht noch aus
- ! Bearbeitung des Arbeitspaketes oder der Aufgabe ist in Zeitverzug

### **Zeitplan (Balkenplan)**

Bild 1.2 zeigt den Zeitplan (Balkenplan), der für den geforderten Soll-Ist-Vergleich (Stand 30.04.05) farblich gekennzeichnet wurde. Grund für den Zeitverzug der HAW ist die gemeinsame Entscheidung der Projektpartner mehr Zeit in grundlegende Untersuchung zu den Simulationsprinzipien zu investieren. Da in FLECS nicht das konkrete schnelle Simulationsergebnis im Vordergrund steht, sondern das Ziel eine ausgereifte und erweiterbare Modellbibliothek zu erstellen, schien es notwendig, mehr Sicherheit darüber zu erlangen, dass der gewählte Simulationsansatz tragfähig ist für zukünftige Arbeiten und auch den Anforderung an ein stabiles Verhalten auch großer Systeme genügt.

### **Kostenplan**

Als Nachweis der Kosten wird der Zwischennachweis 2005 angeführt (Stand 31.12.2005). Außer den weiter aufgelaufenen Personalkosten sind bis zum 30.04.2006 nur wenige weitere Kosten angefallen.

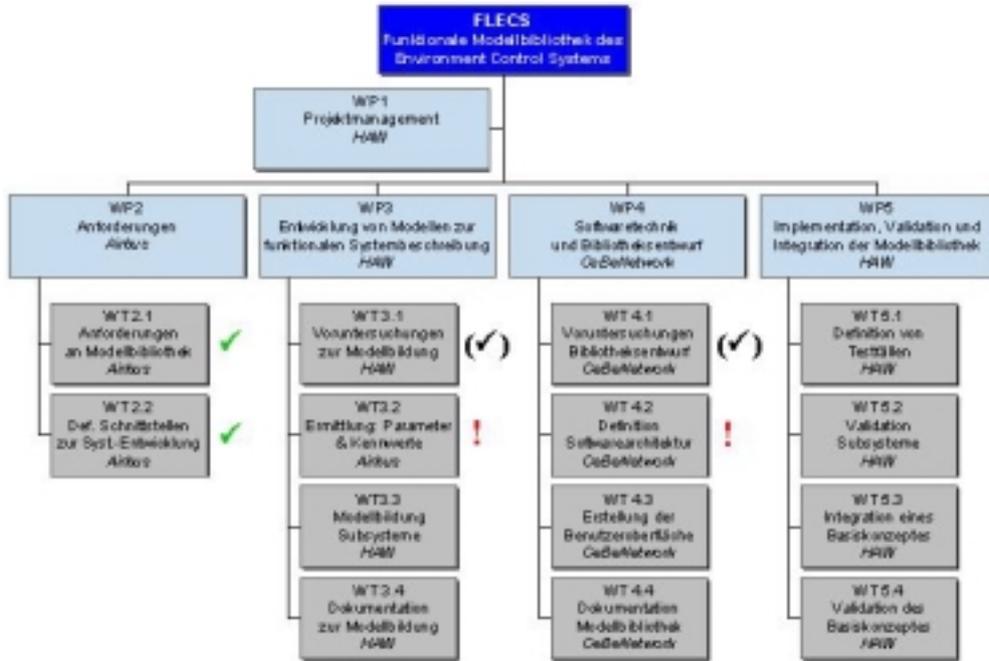
Die *Personalkosten* können bis zum Ende der Laufzeit des Vorhabens aus den 116942 € des Finanzierungsplanes gedeckt werden.

*Beschäftigungsentgelte* sind bisher noch nicht angefallen, weil eine studentische Mitarbeit bisher über eine Diplomarbeit (abgeschlossen) und zwei Studienarbeiten (fast abgeschlossen) erreicht werden konnte. Auch für die nächsten Monate haben sich bereits interessierte Studenten für eine Mitarbeit im Projekt FLECS angemeldet. Erst wenn die Arbeiten in die WT 3.3 eintreten ("Produktionsphase") könnte der Einsatz eines HiWis sinnvoll werden.

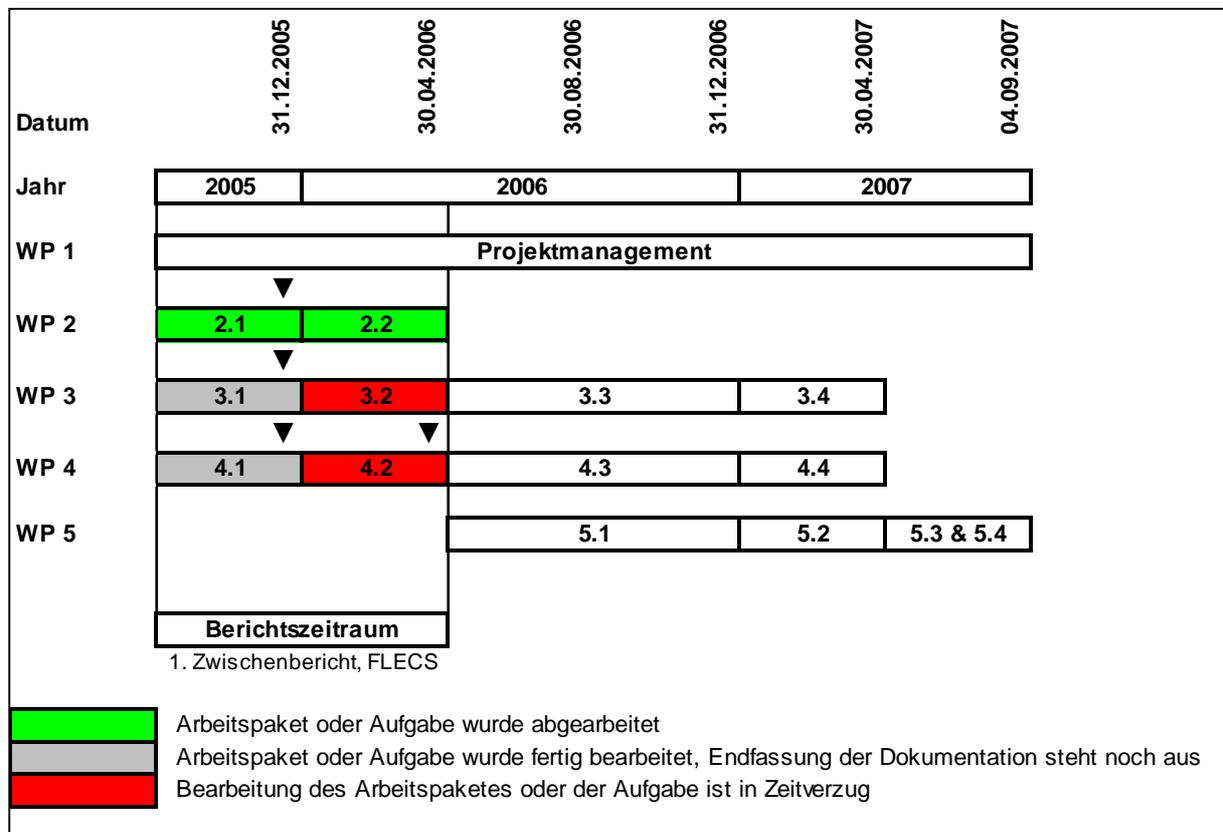
*Geräte* wurden wie geplant angeschafft. Einige Anschaffungen konnten günstiger realisiert werden als zunächst geplant. Es besteht daher noch etwas Spielraum für weitere Anschaffungen.

*Sog. Gemeinkosten* werden insbesondere durch geplante Reisen anfallen. Diese Reisen sind aber erst sinnvoll, wenn eine gewisse Projekterfahrung gesammelt werden konnte.

Die Kostensituation ist zufriedenstellend. Mittel für Anfangsanschaffungen sind abgeflossen. Für die Realisierung der Planungen in der Restlaufzeit des Projektes ist genug Geld vorhanden.



**Bild 1.1** Arbeitplan (Projektstrukturplan). Arbeitspakete (WP) und Aufgaben (WT) von FLECS mit Kennzeichnung des Bearbeitungsstandes.



**Bild 1.2** Zeitplan (Balkenplan) zum Projekt FLECS mit Kennzeichnung des Bearbeitungsstands zum 30.04.2006.

Druckdatum: 31.12.2005		<b>Zwischennachweis 2005</b>		Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg		
Laufzeit: 01.06.2005-04.09.2007		FKZ: HH59		Berliner Tor 9		
Förderquote: 100%		FLECS - Funktionale Modellbibliothek		20099 Hamburg		
Nr.	Bezeichnung	Gesamt- finanzierungs- plan in €	In 2005 abgerechnete Aufwendungen	In 2006 abgerechnete Aufwendungen	In 2007 abgerechnete Aufwendungen	insg. bisher abgerechnete Aufwendungen
1	2	3	4	5	6	7
0812	BAT II a bis I	116.942,00	17.211,67			17.211,67
0817	Angestellte BAT X bis III					
0820	Lohnempfänger(innen) MTArb					
0822	Beschäftigungsentgelte	1.628,00				
0831	Geräte/Gebrauchsgegenstände	9.400,00	5.578,93			5.578,93
0834	Mieten und Rechnerkosten					
0835	Vergabe von Aufträgen					
0843	Verbrauchsmaterial etc.					
0846	Dienstreisen In-/Ausland					
0861	Summe Ausgaben	127.970,00	22.790,60			22.790,60
0862	sog. Gemeinkosten	11.530,00	981,00			981,00
0863	Ausgaben I	139.500,00	23.771,60			23.771,60
0866	Umsatzsteuer	22.320,00				
0867	Gesamtaufwand	161.820,00	23.771,60			23.771,60
	abgerechnete Aufwendungen 2005		23.771,60			23.771,60
	Zahlung der BWA Hamburg incl. MWSt		25.026,43			25.026,43
	Kassenbestand 31.12.2005		1.254,83			1.254,83
Die Bestimmungen des Vertrages sind beachtet worden. Die Richtigkeit und Vollständigkeit wird bescheinigt.						

**Bild 1.3** Zwischennachweis der Kosten im Projekt FLECS. Die Aufwendungen zum 31.12.2005 werden dem Budget für die Gesamtlaufzeit bis zum 04.09.2007 gegenüber gestellt.

### 1.3 Aussicht auf Erreichung der Ziele des Vorhabens

Die in der Vorhabensbeschreibung definierten Ziele können nach den jetzigen Stand der Arbeiten erreicht werden.

### 1.4 Relevante Ergebnisse Dritter

Eine Studienarbeit mit dem Thema "Literaturrecherche: Verfahren und Programme zur Berechnung von Luftsystemen" steht kurz vor der Fertigstellung. Danach und aus vorangegangener eigener Recherche (**Scholz 1999**) gibt es Programme, die durchaus in Einzelbereichen die Fähigkeit haben Aufgaben zu lösen, wie Sie an das Projekt FLECS gestellt sind. Zu nennen sind hier:

1. FLOWMASTER (Abschnitt 4.4: **FLOWMASTER**<sup>®</sup> und Abschnitt 4.5: **Ziegler 2005**)
2. EASY5 (Abschnitt 4.4: **EASY5**<sup>®</sup> und Abschnitt 4.5: **AIR 1823**)

Zu 1.) FLOWMASTER bietet weniger die Möglichkeiten einer Verknüpfung mit einer "General Purpose Simulation" und die Einbindung von simulierten Reglern in die Simulation. Die Erzeugung von echtzeitfähigem Code scheint nicht möglich. Erste Tests zeigen, dass FLOWMASTER deutlich langsamer rechnet als Simulink.

Zu 2.) EASY5 ist erheblich *weniger* weit verbreitet als Simulink. Simulink hat sich zum Industrie- und Hochschulstandard entwickelt. Um vorhandene Programme nutzen zu können muss sich eine ECS-Simulation in eine vorhandene Tool-Kette einfügen.

Patente und Schutzrechte spielen bei der Erstellung von Software keine Rolle.

## 1.5 Änderungen in der Zielsetzung

Möglich ist eine etwas stärkere Betonung der Grundlagen bei Projektabschluss als dies zunächst vorgesehen war. Dadurch wird eine solide Basis gelegt für den Einsatz der Simulationsbibliothek in der Industrie. Ziel bleibt unverändert die Simulationsbibliothek mit den aus der Praxis geforderten speziellen Komponenten zu füllen (entsprechend der Technical Note von Airbus zum WP 2). Airbus zeigt sich mit dem Projektfortschritt zufrieden.

## 1.6 Verwertung der Ergebnisse

Gegenüber den Zielen zur Verwertung wie sie in der Vorhabensbeschreibung genannt sind gibt es derzeit keine Änderungen oder Ergänzungen.

## 1.7 Zusammenarbeit mit den Projektpartnern

### 1.7.1 Projektpartner CBN

**BWA 2005a** (FLECS Grundvertrag) fordert in § 3 (4) den Abschluss eines Kooperationsvertrages zwischen CeBeNetwork GmbH, Bremen (CBN) und der HAW (**CBN-HAW 2005**). Dieser Vertrag wurde fristgerecht am 29.06.2005 geschlossen. Der Vertrag regelt insbesondere die Punkte:

- Organisation der Zusammenarbeit,
- Informationsaustausch, Berichte, Benutzungsrechte,
- Vertraulichkeit,
- Haftung,
- Kündigung
- Laufzeit des Vertrages.

Projektleiter für FLECS bei CBN ist

Dipl.-Ing. Wolfgang Schmid  
CeBeNetwork GmbH  
Flughafenallee 28  
28199 Bremen  
Tel.: 0421-558364-67  
Fax: 0421-558364-42  
wschmid@cebenetwork.de

Das Projekt FLECS bearbeitet bei CBN

Dipl.-Biol. Carsten Erdmann  
CeBeNetwork GmbH  
Hein-Saß-Weg 36  
21129 Hamburg  
Tel.: 040-333987-16  
Fax: 040-333987-29  
cerdmann@cebenetwork.com

Um die Zusammenarbeit mit CBN zu vertiefen, wurde ein *Arbeitsplatz für Herrn Erdmann an der HAW* im Büro von Herrn Dr. Müller eingerichtet. Der Aufenthalt von Herrn Erdmann an der HAW wurde durch eine Zugangs- und Arbeitsberechtigung (**HAW 2005**) geregelt. Es wird angestrebt, dass Herr Erdmann mindestens einen Tag pro Woche an der HAW arbeitet. Eine derart enge Zusammenarbeit konnte über viele Monate erreicht werden.

Herr Erdmann erhält seine Aufgaben in den monatlich stattfindenden Projektbesprechungen (s. u.) und berichtet in dieser Runde auch über seine Arbeitsfortschritte.

## 1.7.2 Zusammenarbeit mit Airbus

Die wissenschaftliche Koordination für FLECS und den Hauptteil der konkreten Mitarbeit am Projekt übernimmt bei Airbus

Dr.-Ing. Tim Giese  
Technology & Processes - EYVAT  
Airbus Deutschland GmbH  
Kreetslag 10  
21129 Hamburg  
Tel.: 040-743-80110  
Fax.: 040-743-73787  
tim.giese@airbus.com

Die formale Einbindung von FLECS in die Forschungsprojekte bei Airbus übernimmt

Dr.-Ing. Georg Mühlthaler  
Environmental Control Systems - Future Technologies - EYVAT  
Airbus Deutschland GmbH  
Kreetslag 10  
21129 Hamburg  
Tel.: 040-743-78487  
Fax: 040-743-73787  
georg.muehlthaler@airbus.com

Die Zusammenarbeit mit Airbus erfolgt per im Rahmen der Projektbesprechungen, durch E-Mail, Telefon, Datenaustausch über den BSCW-Server (s. u.) sowie gelegentlich durch Treffen bei Airbus vor Ort:

- Präsentation einer ECS Simulation bei EYV mit Simulink durch Herrn Dr. Giese (4. FLECS-Treffen am 19.09.05, 14:00 – 16:30 Uhr)
- Präsentation des Einsatzes von FLOWMASTER und OFFN bei Airbus durch Herrn Dr. Giese (im Anschluss an das 10. FLECS-Treffen am 27.04.06)

Die Zusammenarbeit zwischen Airbus und HAW soll im Rahmen eines trilateralen Vertrages geregelt werden.

### 1.7.3 Trilaterale Zusammenarbeit

#### Besprechungen

Die Zusammenarbeit zwischen den drei Projektpartnern wird getragen durch die *Projektbesprechungen*, die regelmäßig einmal im Monat stattfinden und durch ein Protokoll dokumentiert werden. Bisher fanden diese Besprechungen statt:

- Kick-Off Meeting am 09.06.05, 15:30 - 18:00 Uhr
- 2. FLECS-Treffen am 06.07.05, 10:00 - 12:30 Uhr
- 3. FLECS-Treffen am 31.08.05, 09:30 - 12:30 Uhr
- 4. FLECS-Treffen am 19.09.05, 14:00 – 16:30 Uhr
- 5. FLECS-Treffen am 10.10.05, 13:00 – 19:00 Uhr
- 6. FLECS-Treffen am 05.12.05, 09:00 - 12:30 Uhr
- 7. FLECS-Treffen am 09.01.06, 10:00 - 15:00 Uhr
- 8. FLECS-Treffen am 15.02.06, 10:00 - 14:00 Uhr
- 9. FLECS-Treffen am 16.03.06, 10:00 - 13:00 Uhr
- 10. FLECS-Treffen am 27.04.06, 10:00 - 13:00 Uhr

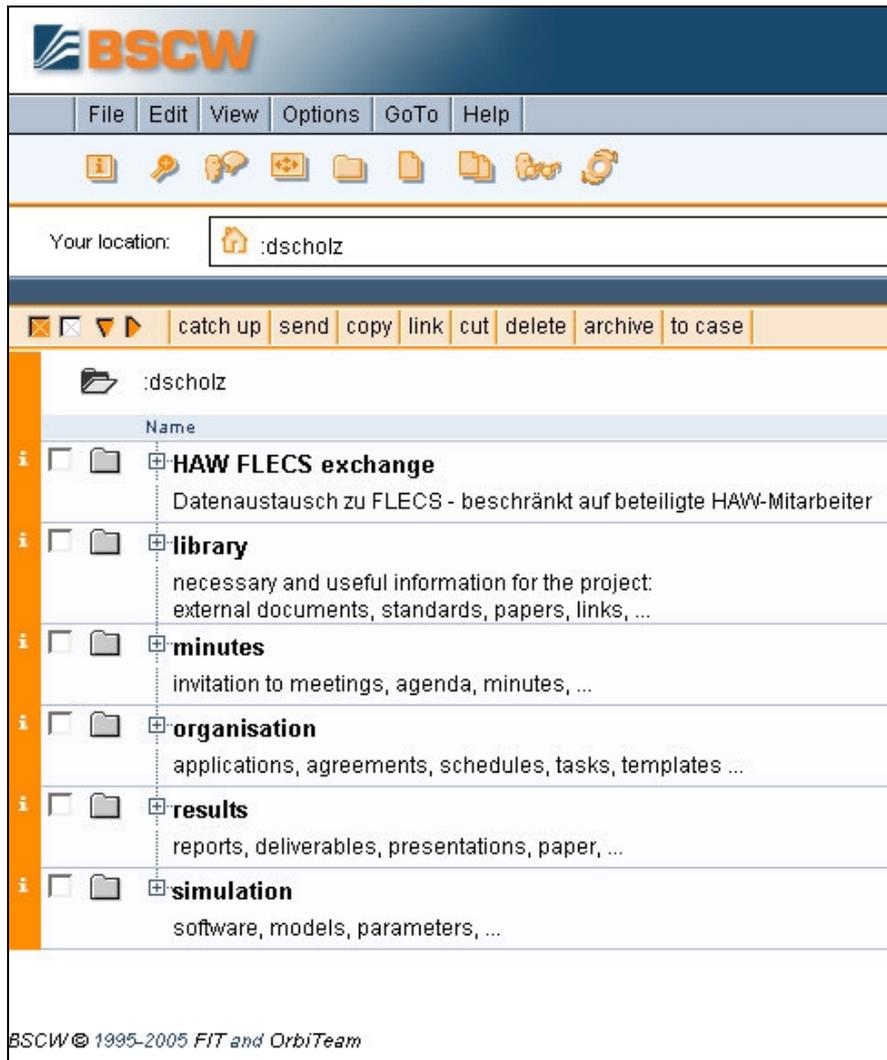
Weiterhin fand statt

- 1. Projektfortschrittsbesprechung, FLECS, 22.02.06 mit Beteiligung des DLR

Die Ergebnisse sind in Abschnitt 2 enthalten.

#### Zusammenarbeit der Partner über das Internet: BSCW-Server

Es wurde als sinnvoll angesehen, die Projektdaten zentral vorzuhalten. CBN stellt dem Projektteam dafür seinen *Server* zur Verfügung auf dem eine Software "Basic Support for Cooperative Work" (BSCW) installiert ist. BSCW unterstützt die Zusammenarbeit der Projektpartner durch einen gemeinsamen Arbeitsbereich, in dem Dokumente abgelegt, verwaltet, bearbeitet und ausgetauscht werden können (**OrbiTeam 2004, OrbiTeam 2006**). Der Zugriff zum BSCW-Arbeitsbereich erfolgt unabhängig vom Computersystem mit einem marktführenden Web-Browser. Der gesicherte Zugang erfolgt über die URL "<https://bscw.cebenetwork.de>". Die Projektpartner müssen sich mit Name und Passwort beim BSCW-Server anmelden um Zugang zu den Daten zu erlangen. Bild 1.4 zeigt das BSCW-Interface auf der obersten Hierarchieebene.



**Bild 1.4:** BSCW-Interface im Projekt FLECS mit der Datenstruktur auf der obersten Ebene

### Trilateraler Kooperationsvertrag

Ein Kooperationsvertrag unter Einbeziehung von Airbus wird durch **BWA 2005a** oder **BWA 2005b** nicht gefordert. Trotzdem liegt es im Interesse aller Projektpartner die Zusammenarbeit vertraglich festzulegen. Ein Vertragsentwurf wurde von Airbus erarbeitet. Modifikationen des Vertragsentwurfes wurden von CBN und HAW erstellt und diskutiert. Bei den Textentwürfen wurden die Justitiarinnen von Airbus und der HAW maßgeblich beteiligt. Die Textgestaltung erwies sich hinsichtlich der Regelung der Verwertung als schwierig. Auf fachlicher Ebene besteht jetzt Einigkeit über das Vorgehen. Die letzten Formulierungen sollen noch im Mai 2006 in den Vertragsentwurf einfließen.

Die im Projekt FLECS erstellte *Bibliothek soll danach aus zwei Teilen bestehen.*

1. In einem öffentlichen Teil werden die Komponenten abgelegt, die auf allgemein verfügbarem Wissen aufgebaut wurden. Dieser Teil der Bibliothek kann von CBN und HAW uneingeschränkt genutzt werden.

2. In einem vertraulich zu behandelnden Teil werden spezielle Komponenten abgelegt, bei deren Modellierung Wissen von Airbus einbezogen wurde. Es handelt sich hier i. d. R. um produktnahe Komponenten, die z .B. Kennlinien derartiger Komponenten enthalten.

## 2 Technischer Bericht

Die Darstellung des Projektfortschritts im Berichtszeitraum geschieht durch die Präsentationsfolien der (zeitnahen) 1. Projektfortschrittsbesprechung, FLECS vom 22.02.06 mit Beteiligung des DLR (siehe Anhang A). Eine zusätzliche Fassung der Präsentation auf CD-ROM (als PowerPoint-Datei) wird zusammen mit diesem Bericht abgeliefert.

## 3 Veröffentlichungen, Vorträge

Seit dem Programmstart sind zu FLECS einige Veröffentlichungen und Vorträge erstellt worden. Diese ersten Veröffentlichungen und Vorträge warten noch nicht mit mathematischen Details auf, sondern versuchen über die Zielsetzungen des Projektes zu berichten. Bild 1.4 zeigt die Sicht auf die entsprechenden Dateien des BSCW-Servers. Die in Bild 3.1 dargestellten Dateien werden auf CD-ROM mit diesem Bericht abgeliefert. Die Schriften lassen sich gliedern in:

- **FLECS\_Article:** In der Presse erschienene Artikel
- **FLECS\_Paper:** Veröffentlichungen in Fachzeitschriften
- **FLECS\_Pres:** Präsentationen (Vorträge)
- **FLECS\_PressRelease:** Pressemitteilungen

Weiterhin gibt es zum Projekt eine

- **Internet-Seite:** <http://FLECS.ProfScholz.de>

results	
reports, deliverables, presentations, paper, ...	
<b>FLECS.ProfScholz.de</b>	Internetseite zu FLECS
<b>FLECS_Article_DieNeueHochschule_4-5_2005.gif</b>	Article about FLECS in "Die Neue Hochschule" 4-5/2005. <a href="http://www.nhb.de/dnhdn/4-5-05.htm">http://www.nhb.de/dnhdn/4-5-05.htm</a>
<b>FLECS_Article_HAW-Online-Newsletter_05-09-14.pdf</b>	Artikel im Online Newsletter der HAW: <a href="http://newsletter.haw-hamburg.de">http://newsletter.haw-hamburg.de</a>
<b>FLECS_Paper_Mobiles_05-08-09.pdf</b>	Veröffentlichung in Zeitschrift "Mobiles" des Departments Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau. <a href="http://www.mobilas.de">http://www.mobilas.de</a>
<b>FLECS_Pres_DLR_06-02-22.pdf</b>	1. Projektfortschrittsbesprechung, FLECS, HAW Hamburg, 22.02.06 Gesamt-Dokument
<b>FLECS_Pres_DLR_Airbus_06-02-22.ppt</b>	1. Projektfortschrittsbesprechung, FLECS, HAW Hamburg, 22.02.06 Beiträge von Airbus
<b>FLECS_Pres_DLR_CBN_06-02-22.ppt</b>	1. Projektfortschrittsbesprechung, FLECS, HAW Hamburg, 22.02.06 Beiträge von CeBeNetwork
<b>FLECS_Pres_DLR_HAW_06-02-22.ppt</b>	1. Projektfortschrittsbesprechung, FLECS, HAW Hamburg, 22.02.06 Beiträge der HAW
<b>FLECS_Pres_HWF_06-01-26.pdf</b>	Vortrag beim Workshop der Initiative Luftfahrtstandort Hamburg (Hamburg, 26. Januar 2006)
<b>FLECS_PressRelease_BWA_05-07-21.pdf</b>	Bremens Wirtschaftsminister Kastenleik am 21.07.2005 in Hamburg. Einer der Gesprächspunkte: "Senatoren fördern Forschungs- und Entwicklungsprojekt für den Luftfahrtstandort Norddeutschland: FLECS"
<b>FLECS_PressRelease_HAW_05-09-27.pdf</b>	HAW press release. Text finalized after consultation with FLECS partners.

**Bild 3.1:** Artikel, Veröffentlichungen, Vorträge, Pressemitteilungen

## 4 Zusammenstellung der verwendeten Fachliteratur

### 4.1 Grundlagen der Strömungslehre

**Böswirth 2000** BÖSWIRTH, Leopold: *Technische Strömungslehre*. Wiesbaden : Vieweg, 2000

**Bohl 1998** BOHL, Willi: *Technische Strömungslehre : Stoffeigenschaften von Flüssigkeiten und Gasen, Hydrostatik, Aerostatik, Inkompressible Strömungen, Kompressible Strömungen, Strömungsmeßtechnik*. Würzburg : Vogel, 1998

**Herwig 2004** HERWIG, Heinz: *Strömungsmechanik : Eine Systematische Einordnung von Begriffen und Konzepten der Strömungsmechanik*. Wiesbaden : Vieweg, 2004

## 4.2 Grundlagen der Wärmeübertragung

- Chawla 1990** CHAWLA, J. M.; WISKOT, G.: *Wärmeübertragung : Berechnung mit dem PC*. Düsseldorf : VDI, 1992
- Gupta 1998** GUPTA, J. Y.: *Fundamentals of Heat Exchanger and Pressure Vessel Technology*. New York : Hemisphere Publishing Corporation, 1985
- Incropera 2003** INCROPERA, FRANK P.; DEWITT, DAVID P.: *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. New York : John Wiley & Sons, 2002
- Podhorsky 1990** PODHORSKY, M.; KRIPS, H.: *Wärmetauscher : Allgemeine Probleme der Konstruktion und Berechnung*. Essen : Vulkan, 1990 (FDBR-Fachbuchreihe, Band 5)
- Roetzel 1998** ROETZEL, Wilfried; XUAN, Yimin: *Dynamic Behaviour of Heat Exchanger*. Southampton : WitPress, 1999 (Developments in Heat Transfer, Vol. 3)
- Shah 2003** SHAH, Ramesh K.; SEKULIĆ, Dušan P.: *Fundamentals of Heat Exchanger Design*. New York : John Wiley & Sons, 2003
- Thoma 2000** THOMA, J.; OULD BOUAMANA, B.: *Modelling and Simulation in Thermal and Chemical Engineering : A Bond Graph Approach*. Berlin : Springer, 2000
- VDI 2001** VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (Hrsg.): *VDI-Wärmeatlas : Berechnungsblätter für den Wärmeübergang*. Berlin : Springer, 2001
- Wagner 1998** WAGNER, Walter: *Wärmetauscher : Grundlagen, Aufbau und Funktion Thermischer Apparate*. Würzburg : Vogel, 1993

## 4.3 Grundlagen der Strömungssimulation

- Amies 1977** AMIES, G. E.; PIERCE, N. J.; GREENE, J. B.; LEVEK, R. J.: *Aircraft Hydraulic System Dynamic Analysis*. Ohio : Air Force Aero Propulsion Laboratory, 1977 (Technical Report AFAPL-TR-76-43)

- Engelhardt 1996**      ENGELHARDT, Jörg: *Computergestützte Berechnung von hydraulischen Netzen in Passagierflugzeugen*. Hamburg, Technische Universität Hamburg-Harburg, Arbeitsbereich Flugzeug-Systemtechnik, Studienarbeit, 1996
- Idel'chik 1994**      IDEL'CHIK, L. E.: *Handbook of Hydraulik Resistance*. Boca Raton : CRC Press, 1994
- Krus 1996**            KRUS, Petter; JANSSON, Arne; PALMBERG, Jan-Ove: *Modelling and Simulation of Complex Fluid and Mechanical Systems*. Linköping University, Department of Mechanical Engineering, Division of Fluid and Mechanical Engineering Systems, 1996. –  
URL: <http://hydra.ikp.liu.se/~petkr/COSHYpaper/COSHYpaper.html> (2006-04-30)
- Scholz 1999**        SCHOLZ, Dieter: *Entwicklung eines CAE- Werkzeuges zum Entwurf von Flugsteuerungs- und Hydrauliksystemen*. Düsseldorf : VDI, 1997 (Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 20, Nr. 262)
- Wylie 1993**        WYLIE, E. B.; STREETER, V. L.: *Fluid Transients in Systems*. Englewood : Printice-Hall, 1993
- Zielke 1971**        ZIELKE, W.: Digital Simulation of Airplane Hydraulic Systems : Airplane Hydraulic Control Systems Digital Simulation, Using Method of Characteristics for Distributed Parameter Analysis of Transmission Line Dynamics. In: AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS: *Winter Annual Meeting* (Washington, D.C, Nov. 28-Dec. 2 1971). New York : ASME, 1971, S. 12 ff

## 4.4 Programme zur Simulation von Strömung und Wärmeübertragung

### 4.4.1 3-D-Programme

CFdesign<sup>®</sup>      Blue Ridge Numerics  
<http://www.cfdesign.com>

ESATAN<sup>®</sup> Alstom  
<http://www.techcentreuk.power.alstom.com>

FLUENT<sup>®</sup> FLUENT  
<http://www.fluent.com>

FloWizard<sup>®</sup> FLUENT  
<http://www.fluent.com>

SINDA/G<sup>®</sup> Network Analysis, Inc.  
<http://www.sinda.com>

TMG Thermal<sup>®</sup> MAYA Heat Transport Technologies Ltd.  
<http://www.MAYAht.com>

TMG Flow<sup>®</sup> MAYA Heat Transport Technologies Ltd.  
<http://www.MAYAht.com>

#### **4.4.2 1-D-Programme**

EASY5<sup>®</sup> MSC Software  
<http://www.mscsoftware.com>

FLOWMASTER<sup>®</sup> Flowmaster Ltd.  
<http://www.flowmaster.com>

HOPSAN <http://www.meksys.ikp.liu.se/flumes/hopsan/>

KULI<sup>®</sup> Magna Powertrain Engineering Center GmbH & Co KG  
<http://www.kuli.at>

## 4.5 Veröffentlichungen zum Thema "ECS-Simulation"

- AIR 1823** SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS: *Aerospace Informations Report 1812 : Environmental Control System Transient Analysis Computer Program (EASY)*. Warrendale : SAE, 1986
- He 2001** HE, Jun; ZHAO, Jing-quan: Dynamic Simulation of the Aircraft Environmental Control System. In: *Chinese Journal of Aeronautics*, Vol. 14 (2001), No. 3, pp. 129-133
- Oehler 2001** OEHLER, Bettina: Modeling and Simulation of Global Thermal and Fluid Effects in an Aircraft Fuselage. In: SCHMITZ, G.(Hrsg.): *4th International Modelica Conference* (Hamburg University of Technology 2005). Hamburg : TUHH, Department of Thermodynamics, pp. 497-506
- Ziegler 2005** ZIEGLER, Shayne; SHAPIRO, Steven: FLOWMASTER : Computer Simulation of an Aircraft Environmental Control System. UKIP MEDIA & EVENTS: *Aerospace Testing Expo 2006* (Anaheim, California, 8th-10th November 2005). – Vortrag aus dem Hause Flowmaster USA Inc.

## 4.6 Verwendete Normen

- DIN 19227** Norm DIN 19227 Februar 1991. *Leittechnik : Graphische Symbole und Kennbuchstaben für die Prozeßleittechnik, Darstellung von Einzelheiten*
- DIN 1946 Teil 1** Norm DIN 1946 Teil 1 Oktober 1988. *Raumlufttechnik : Terminologie und graphische Symbole (VDI-Lüftungsregeln)*
- DIN 2481** Norm DIN 2481 Juni 1979. *Wärmeanlagen : Graphische Symbole*
- DIN 8972 Teil 2** Norm DIN 8972 Teil 2 Juni 1980. *Fließbilder kältetechnischer Anlagen : Zeichnerische Ausführung, graphische Symbole*

- DIN EN 12792** Norm DIN EN 12792 Januar 2004. *Lüftung von Gebäuden : Symbole, Terminologie und graphische Symbole; Deutsche Fassung EN 12792:2003*
- DIN EN 1861** Norm DIN EN 1861 Juli 1998. *Kälteanlagen und Wärmepumpen : Systemfließbilder und Rohrleitungs- und Instrumentenfließbilder ; Gestaltung und Symbole ; Deutsche Fassung EN 1861:1998*
- DIN EN ISO 10628** Norm DIN EN ISO 10628 März 2001. *Fließschemata für verfahrenstechnische Anlagen : Allgemeine Regeln (ISO 10628:1997) ; Deutsche Fassung EN ISO 10628:2000*
- DIN ISO 1219 Teil 1** Norm DIN ISO 1219 Teil 1 März 1996. *Fluidtechnik ; Graphische Symbole und Schaltpläne; Teil 1 : Graphische Symbole (ISO 1219-1:1991)*
- DIN ISO 1219 Teil 1 (Entwurf)** Entwurf DIN ISO 1219 Teil 1 Mai 2004. *Fluidtechnik ; Graphische Symbole und Schaltpläne ; Teil 1 : Graphische Symbole für konventionelle und datentechnische Anwendungen (ISO/DIS 1219-1:2004) ; Entwurf*
- DIN ISO 1219 Teil 2** Norm DIN ISO 1219 Teil 2 November 1996. *Fluidtechnik ; Graphische Symbole und Schaltpläne; Teil 2: Schaltpläne (ISO 1219-2:1995)*

## 5 Liste der erstellten Dokumentation

Bild 5.1 zeigt die Liste der zu erstellenden Dokumente (deliverables) mit geforderten und tatsächlichen Abgabedaten.

	Termin gem.	verantwortlich	Airbus	Termin	HAW	Termin	CeBeNetwork	Termin
	Zusatzvertrag			erledigt		erledigt		erledigt
WT 2.1 Anforderungen an Modellbibliothek	31.12.2005	Airbus	TN (Draft)	31.08.2005	M	07.09.2005	M	12.09.2005
WT 2.2 Def. Schnittstellen zur Syst.-Entwicklung	30.04.2006	Airbus	TN (Draft)	03.11.2005	M	19.12.2005	M	20.12.2005
WP 2 Endfassung	30.04.2006	Airbus	TN	30.04.2005	M		M	
WT 3.1 Voruntersuchungen zur Modellbildung	31.12.2005	HAW	M		TN / S	Draft: 22.02.06	TN-A / S	
WT 3.2 Ermittlung: Parameter & Kennwerte	30.04.2006	Airbus	TN		TN-A		M	
WT 3.3 Modellbildung Subsysteme	31.12.2006	HAW	M		TN / S		TN-A / S	
WT 3.4 Dokumentation zur Modellbildung	30.04.2007	HAW	M		TN		TN-A	
WT 4.1 Voruntersuchungen Bibliotheksentwurf	31.12.2005	CeBeNetwork	M		M	31.10.2005	TN / S	Draft: 20.10.05
WT 4.2 Definition Softwarearchitektur	30.04.2006	CeBeNetwork	M		M		TN / S	
WT 4.3 Erstellung der Benutzeroberfläche	31.12.2006	CeBeNetwork	M		M		TN / S	
WT 4.4 Dokumentation Modellbibliothek	30.04.2007	CeBeNetwork	M		M		TN	
WT 5.1 Definition von Testfällen	31.12.2006	HAW	M		TN		M	
WT 5.2 Validation Subsysteme	30.04.2007	HAW	M		TN		M	
WT 5.3 Integration eines Basissystems	04.09.2007	HAW	M		TN / S		M	
WT 5.4 Validation des Basiskonzeptes	04.09.2007	HAW	M		TN		M	

TN	Technische Niederschrift (Technical Note)
TN-A	einzelne Abschnitte aus einer Technischen Niederschrift (Technical Note)
S	Software
M	Mitteilung

**Bild 5.1:** Liste der zu erstellenden Dokumente (deliverables) mit geforderten und tatsächlichen Abgabedaten

## Literaturverzeichnis

**BWA 2005a** BEHÖRDE FÜR WIRTSCHAFT UND ARBEIT: *Vertrag zwischen BWA und HAW – Förderkennzeichen HH59*. Hamburg : BWA, 2005. – Vertrag vom 29.06.2005

**BWA 2005b** BEHÖRDE FÜR WIRTSCHAFT UND ARBEIT: *Zusatzvertrag zwischen BWA und HAW*. Hamburg : BWA, 2005. – Vertrag vom 21.10.2005

**CBN-HAW 2005** HAW HAMBURG; CEBeNETWORK: *Kooperationsvertrag*. Hamburg, Bremen : 2005. – Vertrag vom 29.06.2005

**HAW 2005** HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN HAMBURG: *Zugangs- und Arbeitsberechtigung für CeBeNetwork GmbH*. HAW : Hamburg, 2005. – Vertrag vom 19.12.2005

**OrbiTeam 2004** ORBITEAM SOFTWARE GMBH: *BSCW 4 Handbuch*. Bonn : Orbi Team, 2004. – Vertrieb: Orbi Team Software GmbH, Endenicher Allee 35, 53121 Bonn

**OrbiTeam 2006** URL: <http://www.bscw.de> (2006-04-30)

**PT-LF 2004**

PROJEKTTRÄGER LUFTFAHRTFORSCHUNG UND -TECHNOLOGIE: *Programme der Bundesländer – Merkblatt für Zwischenberichte*. Bonn : PT-LF, 2004. – Anlage 6 zu **BWA 2005a**

**Scholz 1999**

SCHOLZ, Dieter: *Entwicklung eines CAE- Werkzeuges zum Entwurf von Flugsteuerungs- und Hydrauliksystemen*. Düsseldorf : VDI, 1997 (Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 20, Nr. 262)

## **Anhang A**

### **Präsentationsunterlagen der 1. Projektfortschrittsbesprechung FLECS vom 22.02.06**

# 1. Projektfortschrittsbesprechung, FLECS

HAW Hamburg

22.02.06

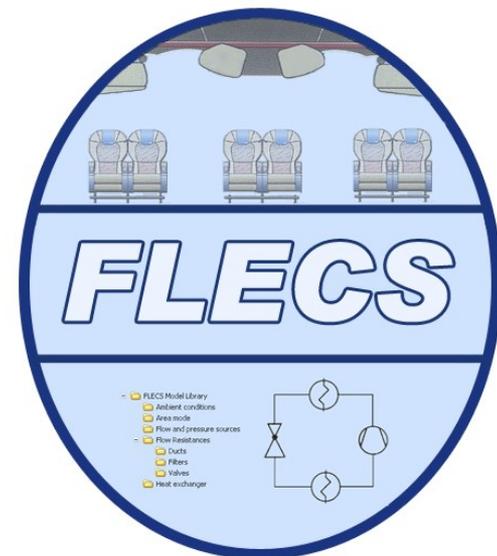


Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Hamburg University of Applied Sciences  
Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau

## FLECS

Funktionale Modellbibliothek des Environment Control Systems

Ein Projekt in Kooperation mit  
Airbus und CeBeNetwork



# 1. Projektfortschrittsbesprechung, FLECS

HAW Hamburg

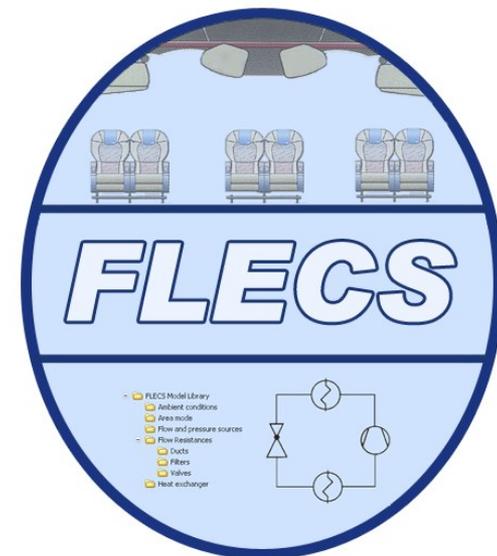
22.02.06



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Hamburg University of Applied Sciences  
Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau

## Projektmanagement

Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz  
Dr. Christian Müller



# 1. Projektfortschrittsbesprechung, FLECS

HAW Hamburg

22.02.06



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Hamburg University of Applied Sciences  
Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau

WT 2.1	Anforderungen an Modellbibliothek
WT 2.2	Def. Schnittstellen zur Syst.-Entwicklung
WP 2	Endfassung
WT 3.1	Voruntersuchungen zur Modellbildung
WT 3.2	Ermittlung: Parameter & Kennwerte
WT 3.3	Modellbildung Subsysteme
WT 3.4	Dokumentation zur Modellbildung
WT 4.1	Voruntersuchungen Bibliotheksentwurf
WT 4.2	Definition Softwarearchitektur
WT 4.3	Erstellung der Benutzeroberfläche
WT 4.4	Dokumentation Modellbibliothek
WT 5.1	Definition von Testfällen
WT 5.2	Validation Subsysteme
WT 5.3	Integration eines Basissystems
WT 5.4	Validation des Basiskonzeptes

# 1. Projektfortschrittsbesprechung, FLECS

HAW Hamburg

22.02.06



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
 Hamburg University of Applied Sciences  
 Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau

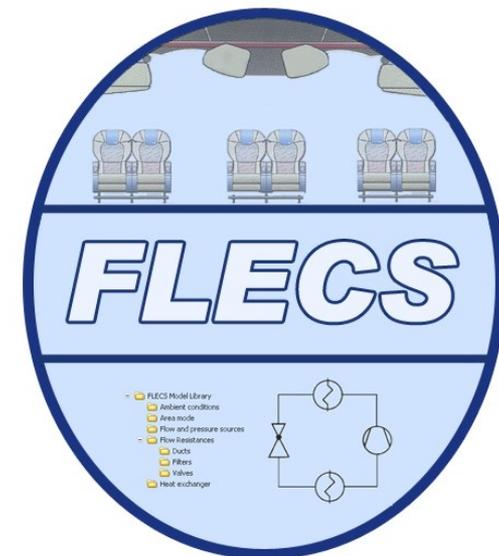
<b>Balkenplan FLECS</b>						
	<b>2005</b>		<b>2006</b>		<b>2007</b>	
<b>Datum</b>	31.12.2005	30.04.2006		31.12.2006	30.04.2007	04.09.2007
<b>WP 1</b>	Projektmanagement					
	▼					
<b>WP 2</b>	2.1	2.2				
	▼					
<b>WP 3</b>	3.1	3.2	3.3		3.4	
	▼		▼			
<b>WP 4</b>	4.1	4.2	4.3		4.4	
<b>WP 5</b>			5.1		5.2	5.3 & 5.4





# Voruntersuchungen zur Modellbildung

Dr. Christian Müller  
Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz



# 1. Projektfortschrittsbesprechung, FLECS

HAW Hamburg

22.02.06



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
*Hamburg University of Applied Sciences*  
**Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau**

## Inhalt:

- Aufgabenstellung
- Die innere Struktur von zeitaufgelösten Simulationen
- Definition der physikalischen Größen
- Thermodynamische Betrachtungen
- Aufbau der Komponenten
- Aufbau einer Simulation



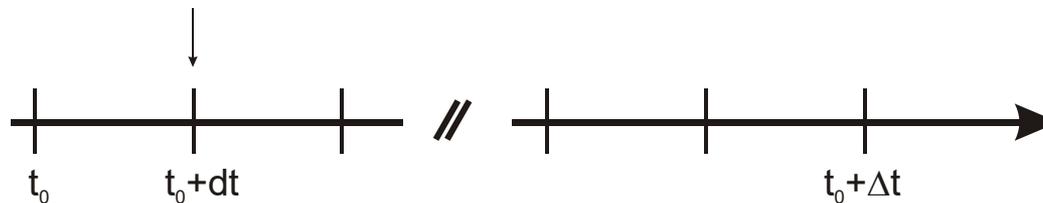
## Aufgabenstellung:

- Thermodynamische Betrachtungen der Komponenten
- Benutzerfreundliche und übersichtliche Komponenten
- Test der Komponenten
  - Physikalische Verhalten
  - Stabilität  $\Leftrightarrow$  Simulationen (Luftsystem)



## Innere Struktur von zeitaufgelösten Simulationen (Luftsystem):

Zustandsvariablen  $\Leftrightarrow$  Zustandsgleichungen



$$\frac{dT(t)}{dt} = \frac{1}{V \cdot \rho \cdot c_v} (Q_{\dot{}} + W_{\dot{}} + H_{\dot{}}^{in-out}) - \frac{T(t)}{\rho} \cdot \frac{d\rho(t)}{dt}$$

$$dy_i = dy_{(i-1)} + \left[ \int_{t_0+(i-1)dt}^{t_0+i \cdot dt} f(y_{(i-1)}(t); t) \cdot dt \right] + y_{Init}, i = 1 \dots N, \Delta t = N \cdot dt, dy_0 = 0$$



## Definition der physikalischen Größen:

### Konstanten:

Definieren das Medium

$R_i, c_p, c_v, \eta$

### Parameter:

Definieren die Komponenten

$D, L, V$

### Zustandsvariablen:

Definieren das dynamische Verhalten des Systems

$p, T, \rho$

### Startparameter:

Wichtig für die Lösbarkeit der Zustandsgleichungen

$p_{Init}, T_{Init}, \rho_{Init}$



## Thermodynamische Betrachtungen:

Betrachtungen der Zustandsvariablen  $p, T, \rho$

- Es gilt das ideale Gasgesetz
- Die Zustandsvariablen sind nicht unabhängig voneinander
  - Man benötigt zwei unabhängige Zustandsgleichungen

*Enthalpiebetrachtung:*

$$H = U + p \cdot V$$

*Massenbilanz:*

$$\frac{d\rho}{dt} = \frac{\sum_i^N m_{dot}^i}{V}$$

# 1. Projektfortschrittsbesprechung, FLECS

HAW Hamburg

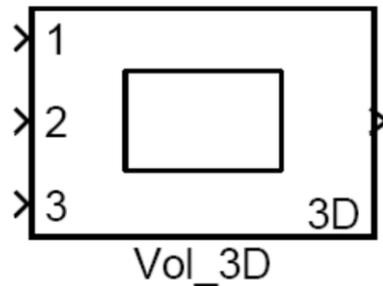
22.02.06



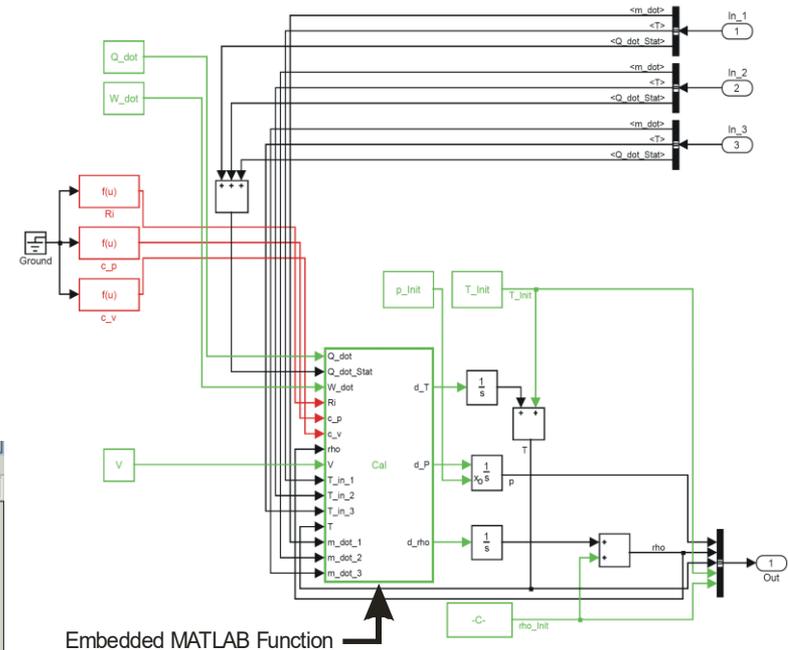
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Hamburg University of Applied Sciences  
Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau

## Aufbau der Komponenten:

### Volumen



```
Embedded MATLAB Editor - Block: mimolib2/Vol_3D/Embedded MATLAB Function1
File Edit Text Debug Tools Window Help
1 function [d_T,d_P,d_rho]=Cal(Q_dot,Q_dot_Stat,W_dot,Ri,c_p,c_v,rho,V,T_in_1,T_in_2,T_in_3,T,m_dot_1,m_dot_2,m_dot_3)
2
3 if m_dot_1<0
4     T_in_1=T;
5 end
6 if m_dot_2<0
7     T_in_2=T;
8 end
9 if m_dot_3<0
10    T_in_3=T;
11 end
12 d_T=(Q_dot+W_dot+m_dot_1*(c_p*T_in_1-c_v*T)+m_dot_2*(c_p*T_in_2-c_v*T)+m_dot_3*(c_p*T_in_3-c_v*T))/(c_v*rho*V);
13 d_T=d_T+(Q_dot_Stat/(c_v*rho*V));
14 d_rho=(m_dot_1+m_dot_2)/V;
15 d_rho=d_rho-(Q_dot_Stat/(c_v*rho*V))*(rho/T);
16 d_P=Ri*rho*d_T+Ri*T*(d_rho);
17
```



# 1. Projektfortschrittsbesprechung, FLECS

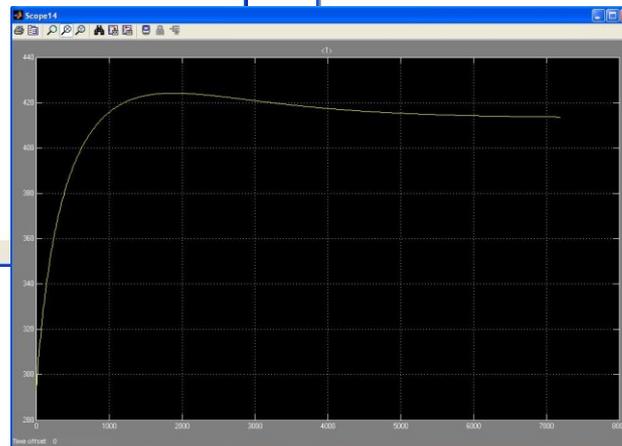
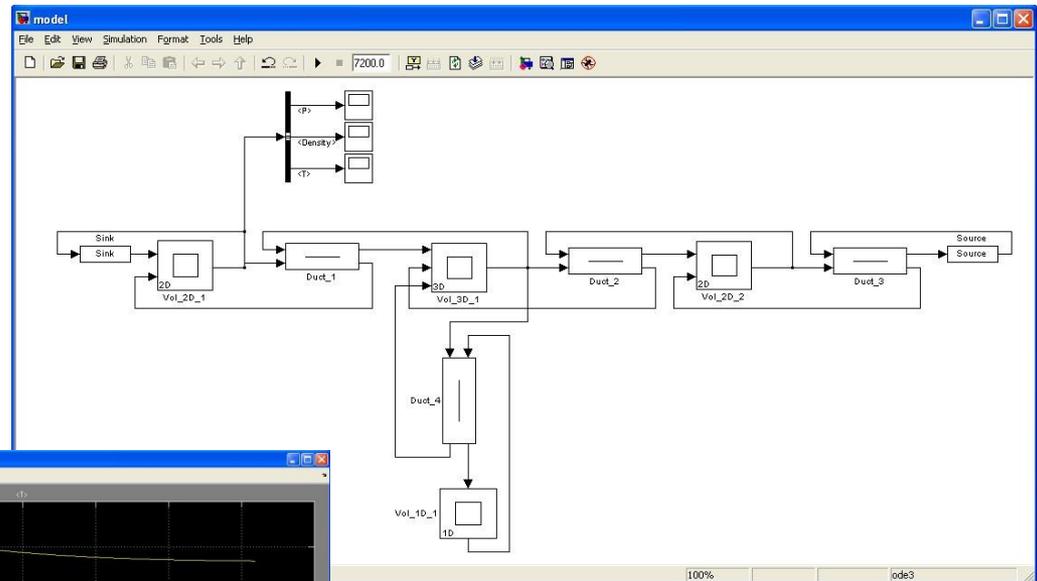
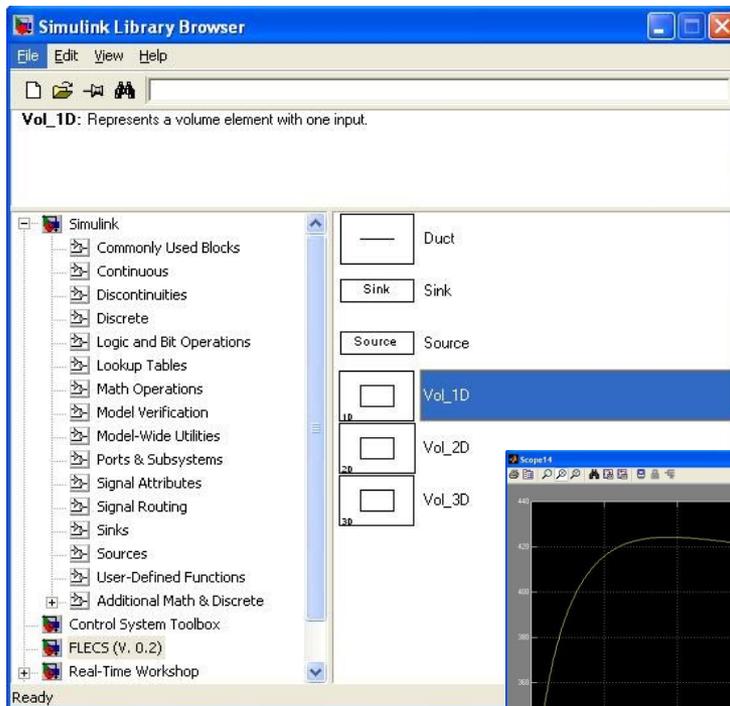
HAW Hamburg

22.02.06



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Hamburg University of Applied Sciences  
Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau

## Modellbibliothek FLECS:



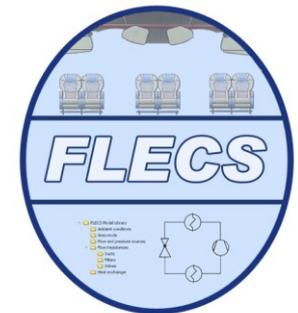
Presented by

Dr. Georg Mühlthaler, Dr. Tim Giese  
Airbus Deutschland

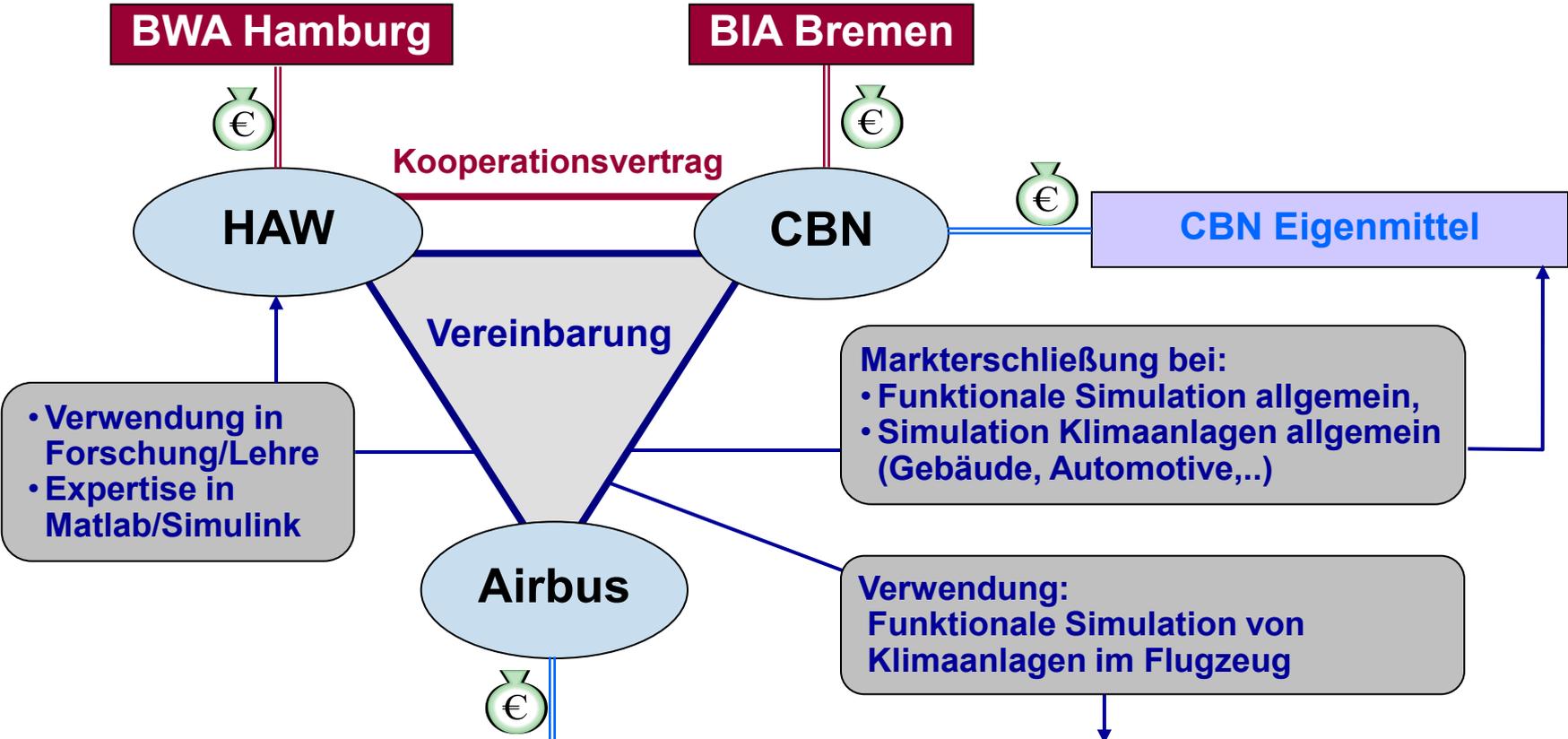
# FLECS

## Beiträge von Airbus Deutschland – Teil 1

Hamburg, 22. Februar 2006



# FLECS – Kooperation und Finanzierung



**Airbus-interne R&T-Finanzierung: 110 k€ in 2 Jahren (4 Mannmonate p.a.)**



**Title :** Functional Model Library of the Environment Control System of Future Passenger Aircraft

**Acronym :** FLECS

**CPN :** 01-253037

**CPN approbation date :** 18/11/2005

Technical account B250-CT_Systems	DIRK VON-REITH	Technical account B250-CT_Systems	Gary Wicks	Georg-Wolfram Koehler	Georg-Wolfram Koehler
Created	Possible	Probable	Planned	<b>Active</b>	Completed



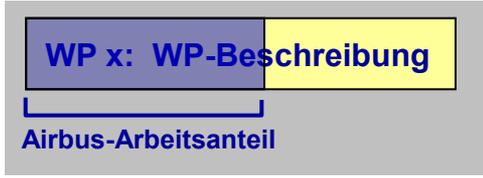
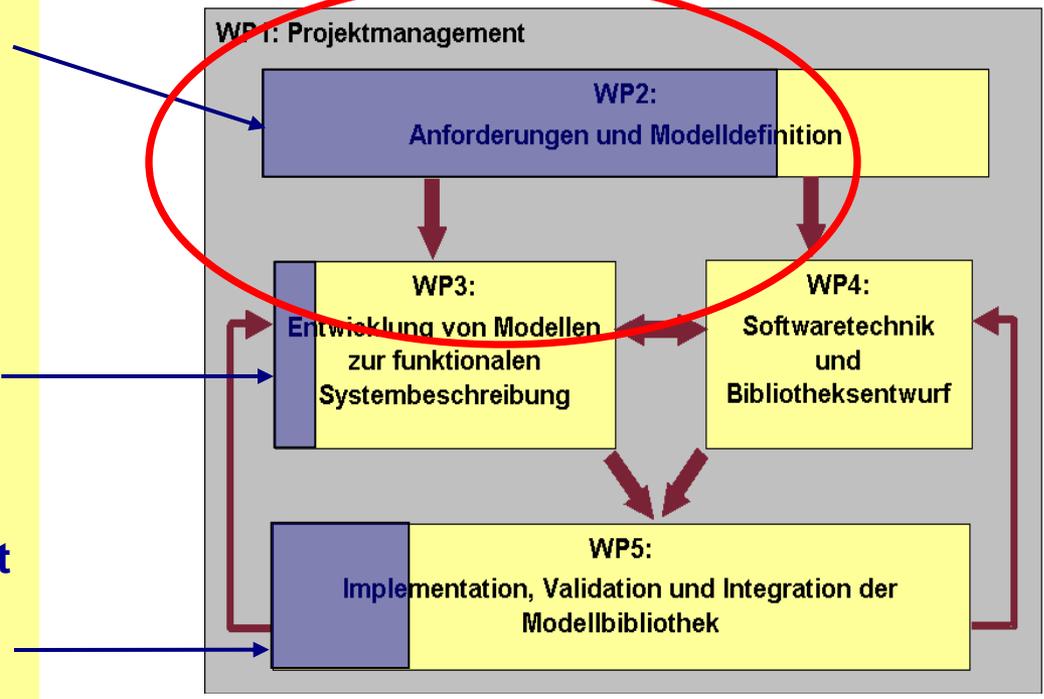
© AIRBUS DEUTSCHLAND GMBH. Alle Rechte vorbehalten. Vertrauliches und geschütztes Dokument.

# FLECS: Airbus Beiträge



- Anforderungen an die Modellbibliothek
- Festlegung des System- und Modellumfangs
- Einbindung in Systementwurf, Schnittstellendefinition und Überwachung
- Ermittlung und Bereitstellung von Systemparametern und Kennwerten *und von bestehenden Modellen*
- Definition von Testfällen
- Sicherstellung der Kompatibilität der Bibliothek mit der gesamten Systemumgebung und dem System-Entwicklungsprozess

Februar 2006



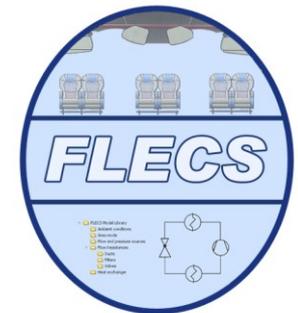
Presented by

Dr. Georg Mühlthaler, Dr. Tim Giese  
Airbus Deutschland

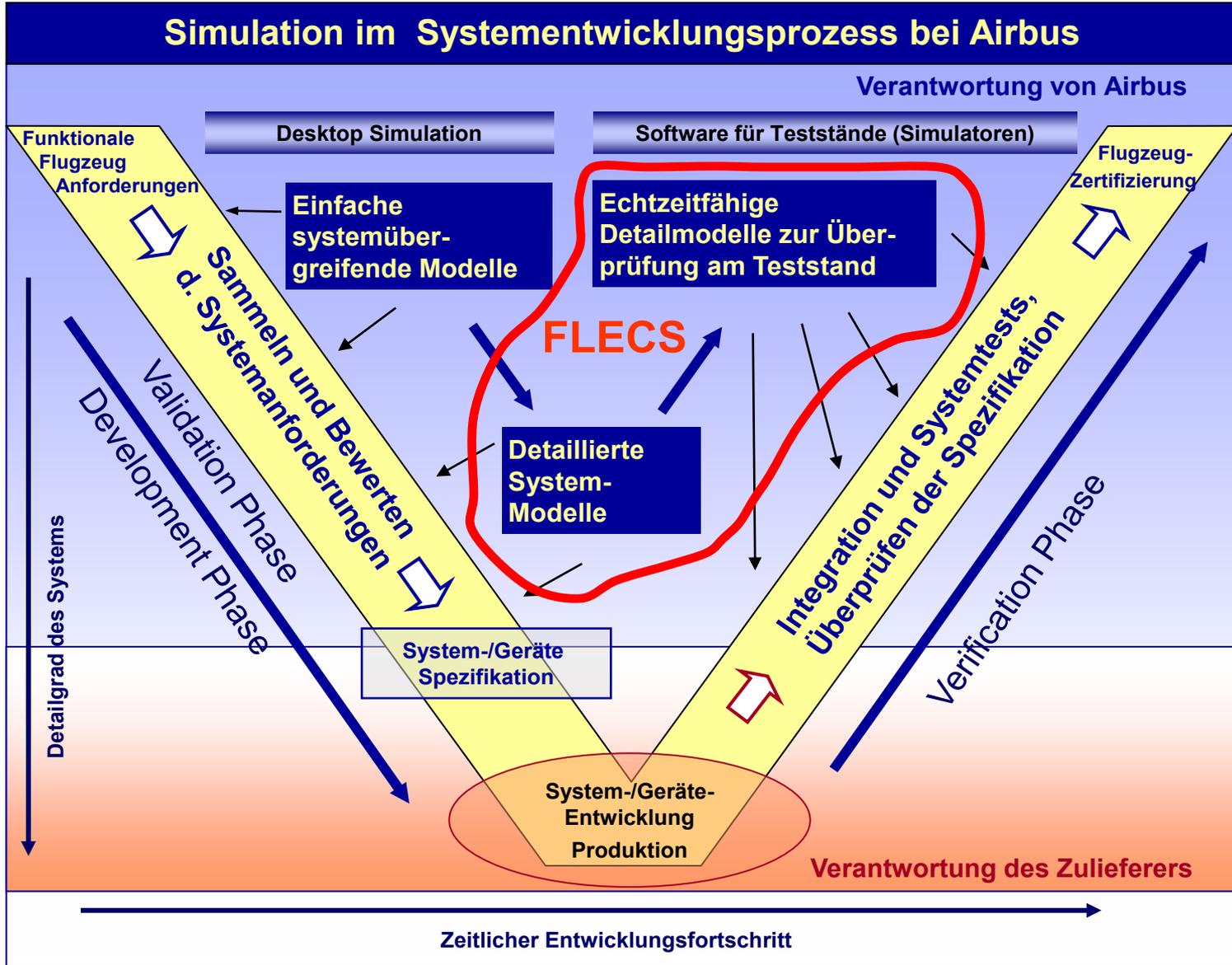
# FLECS

## Beiträge von Airbus Deutschland – Teil 2

Hamburg, 22. Februar 2006



# Simulation während des Entwicklungsprozesses



# FLECS Anforderungen - Systemumfang



## FLECS Modul

## Flugzeug(system)





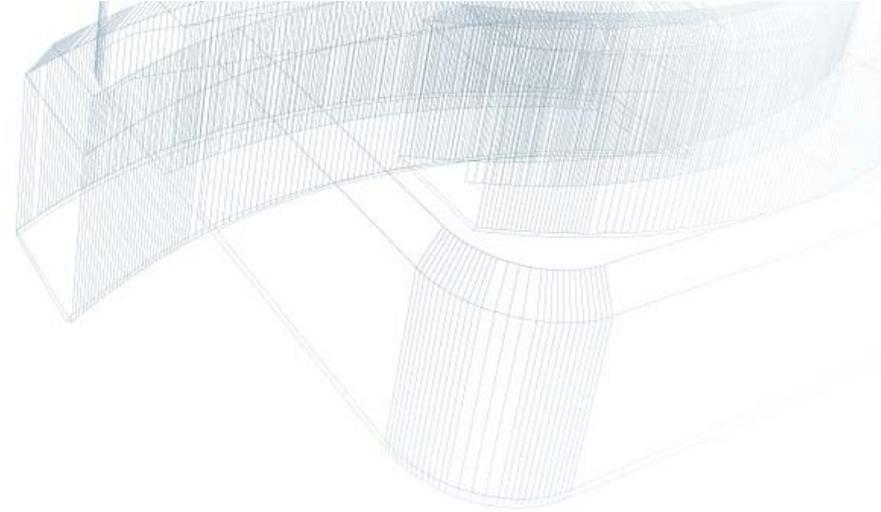
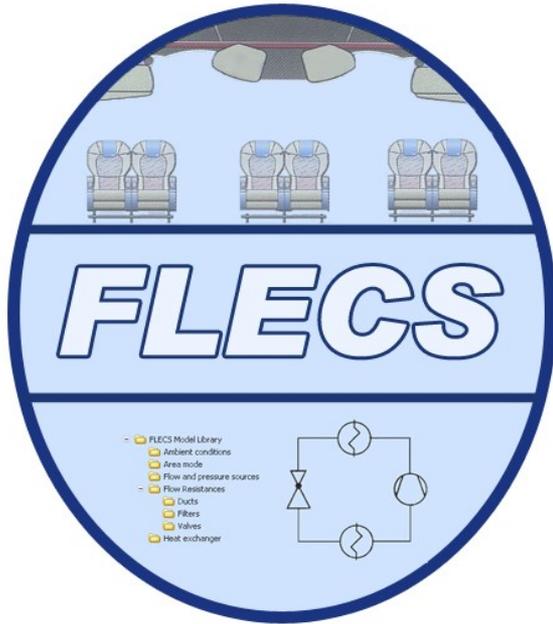
- **Modularer Aufbau → Orientierung an Systemkomponenten**
- **Bis zu drei Detaillierungsgrade der Module**
- **Module unterschiedlicher Detaillierungsgrade haben gleiche Schnittstellen**
- **Konsequente Echtzeitfähigkeit der Module bis Detaillevel 2**
- **Standardisierte Schnittstellen der Gesamtsimulation**





- **Interaktiver Betriebsmodus (Flugsimulator)**
- **Scriptgesteuerter Betriebsmodus**
- **Zentrale graphische Benutzeroberfläche**
- **Zentrale Parametrisierung der Modelle durch Datenstruktur**
- **Module mit unterschiedlichen Raten für Performanceoptimierung**



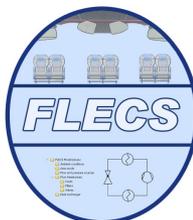


# FLECS: Softwarearchitektur und GUI

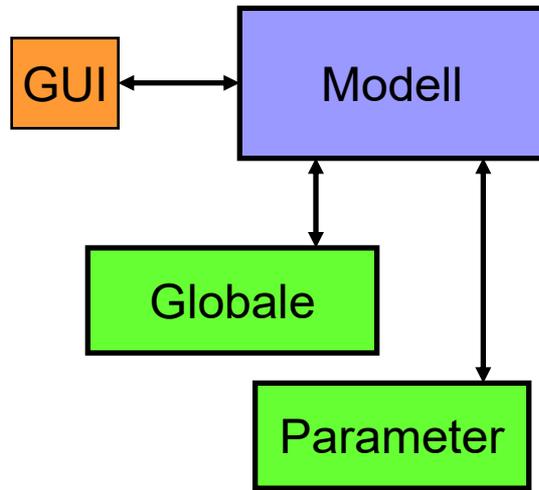
Projektstand 22.02.2006

# Zuständigkeiten CeBeNetwork

- Definition der Implementationsregeln
- Definition der Blockschnittstellen
- Definition der Modellschnittstellen
- Integration in die Simulink- und Matlabumgebung
- Definition und Implementation der GUIs

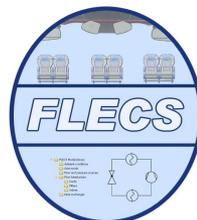
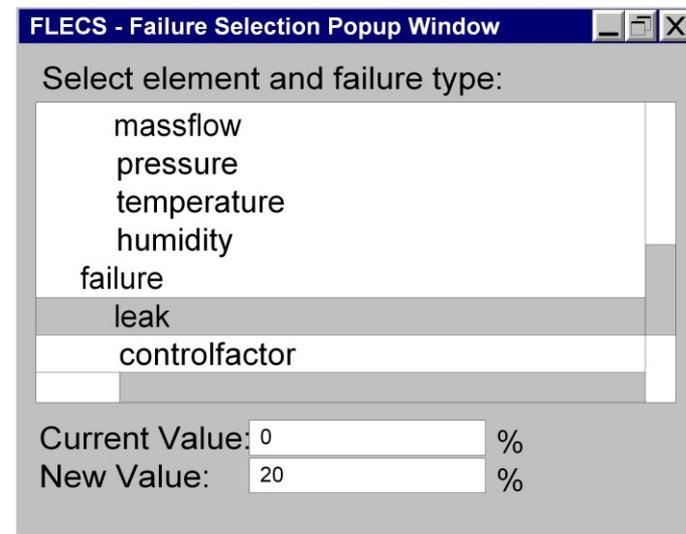
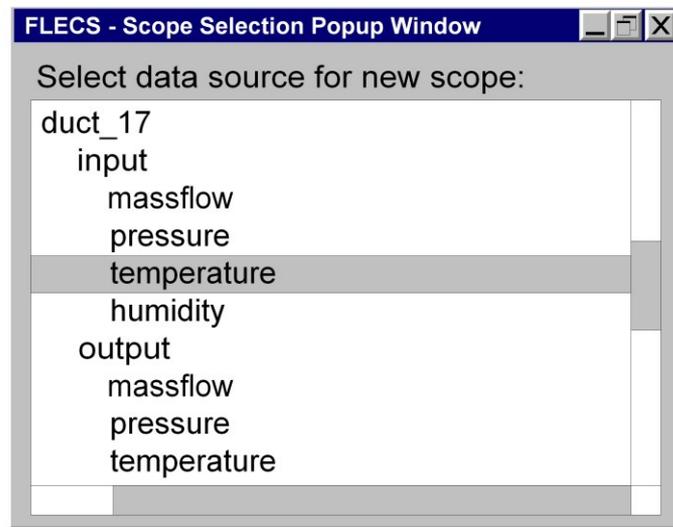


# Grundidee



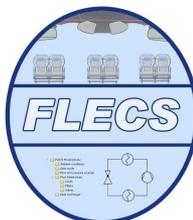
- Erlaubt das Laden/Speichern eines jeden Simulationsstandes aus einer/in eine Datei
- Dateistruktur ist vollständig durch die Modellstruktur beschrieben (keine fest kodierte Strukturinformation)
- Möglichkeit des externen Zugriffs und der Modifikation der Daten
- Möglichkeit der Konversion in ein selbstbeschreibendes menschenlesbares Format (z.B. XML)
- Fehlertolerant: Verwendbarkeit der Daten ist auch garantiert, wenn Modell und Datenstruktur nur partiell kompatibel sind

# Adressierbarkeit aller Elemente über die Datenstruktur

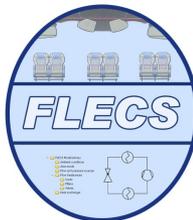
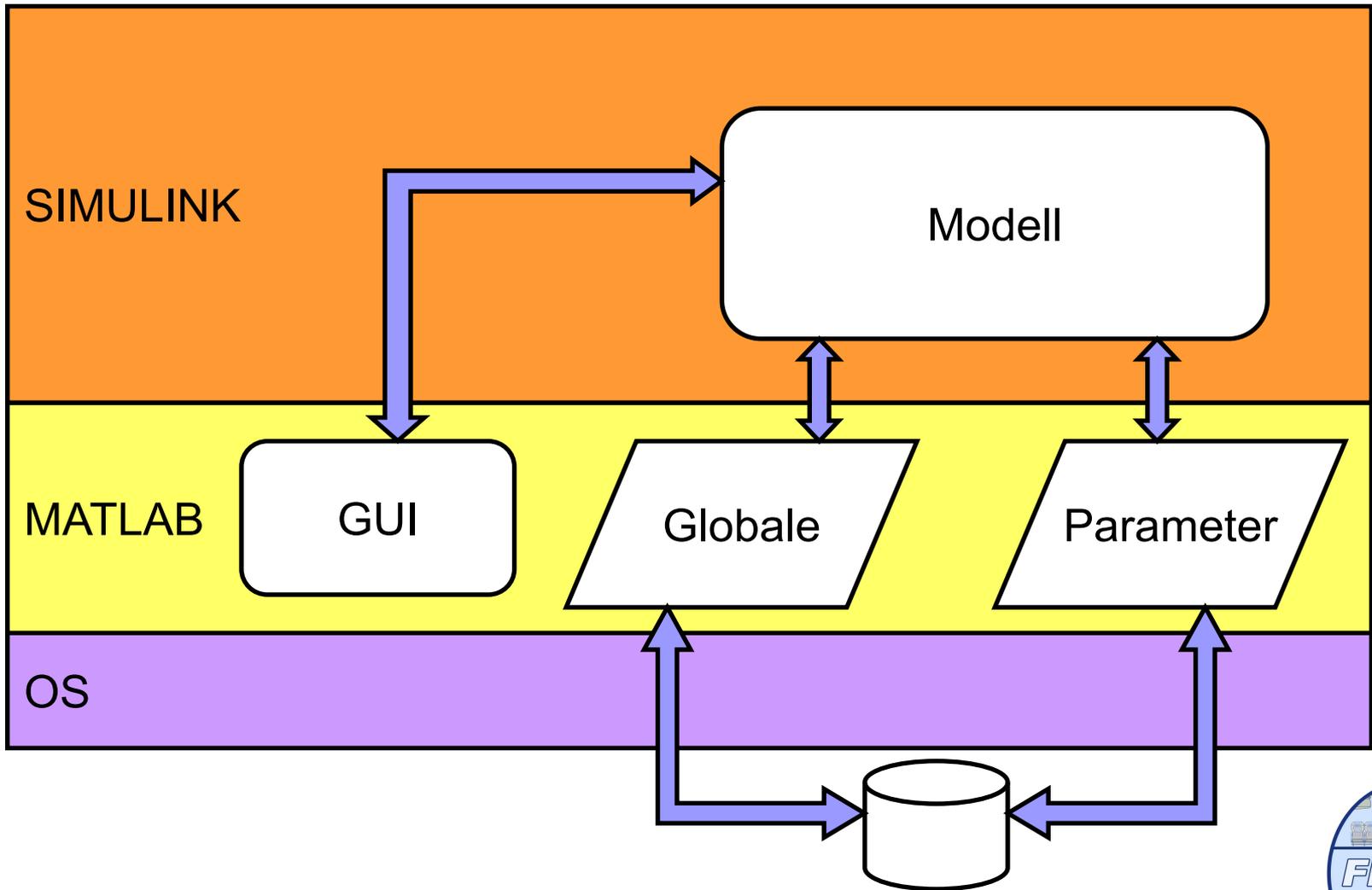


# Drei Benutzerszenarien

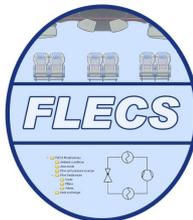
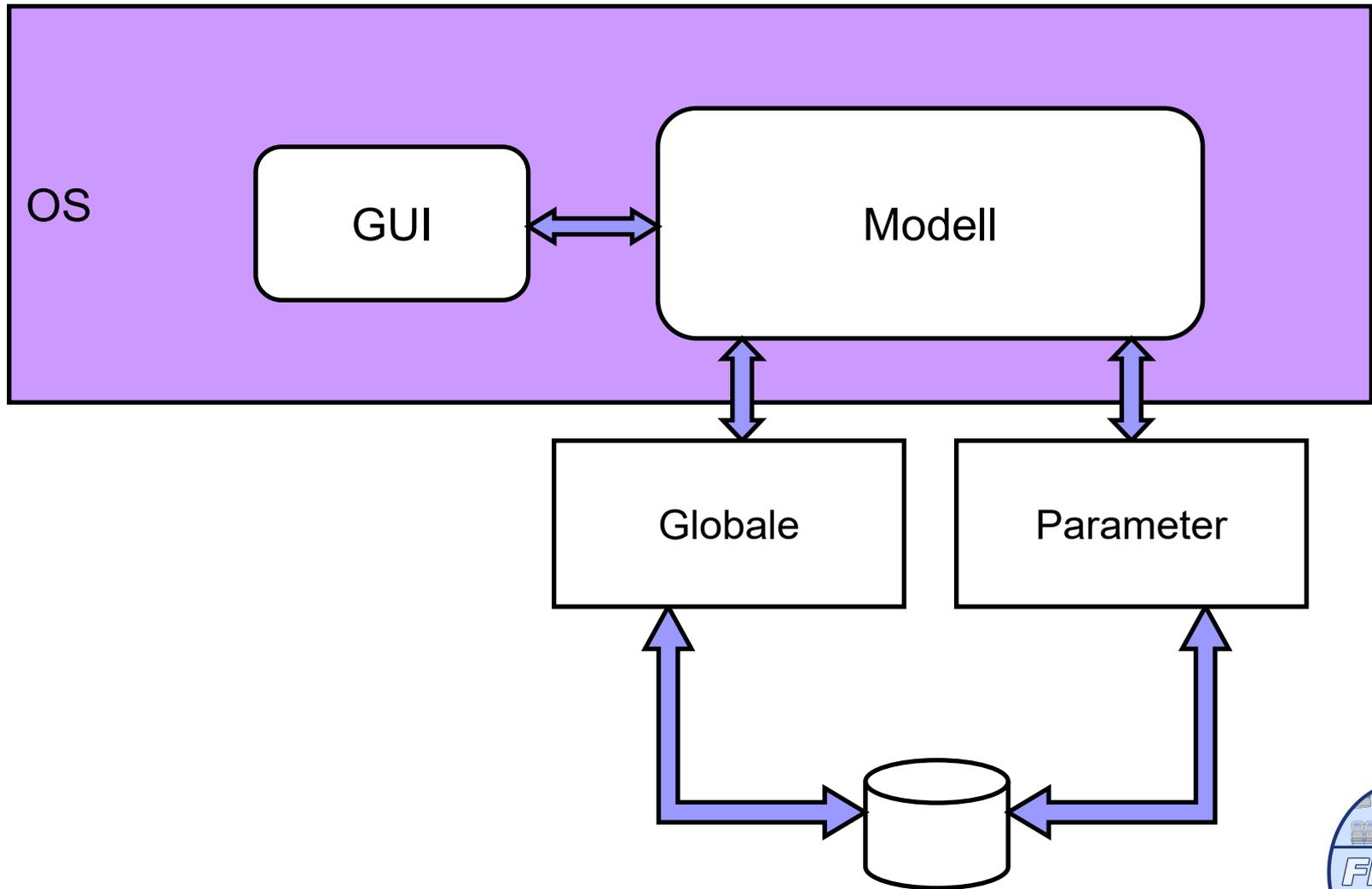
- Entwicklung
  - Modellentwicklung
  - Erste Tests
  - Zeitliche Performance nicht relevant
- Simulation
  - Systemtests
  - Systemdemonstration
  - Gute zeitliche Performance wünschenswert
- Echtzeit-Simulation
  - Hardware-in-the-loop-Tests
  - Echtzeitperformance essentiell



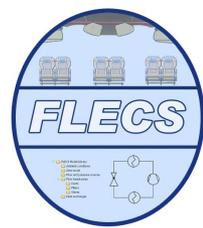
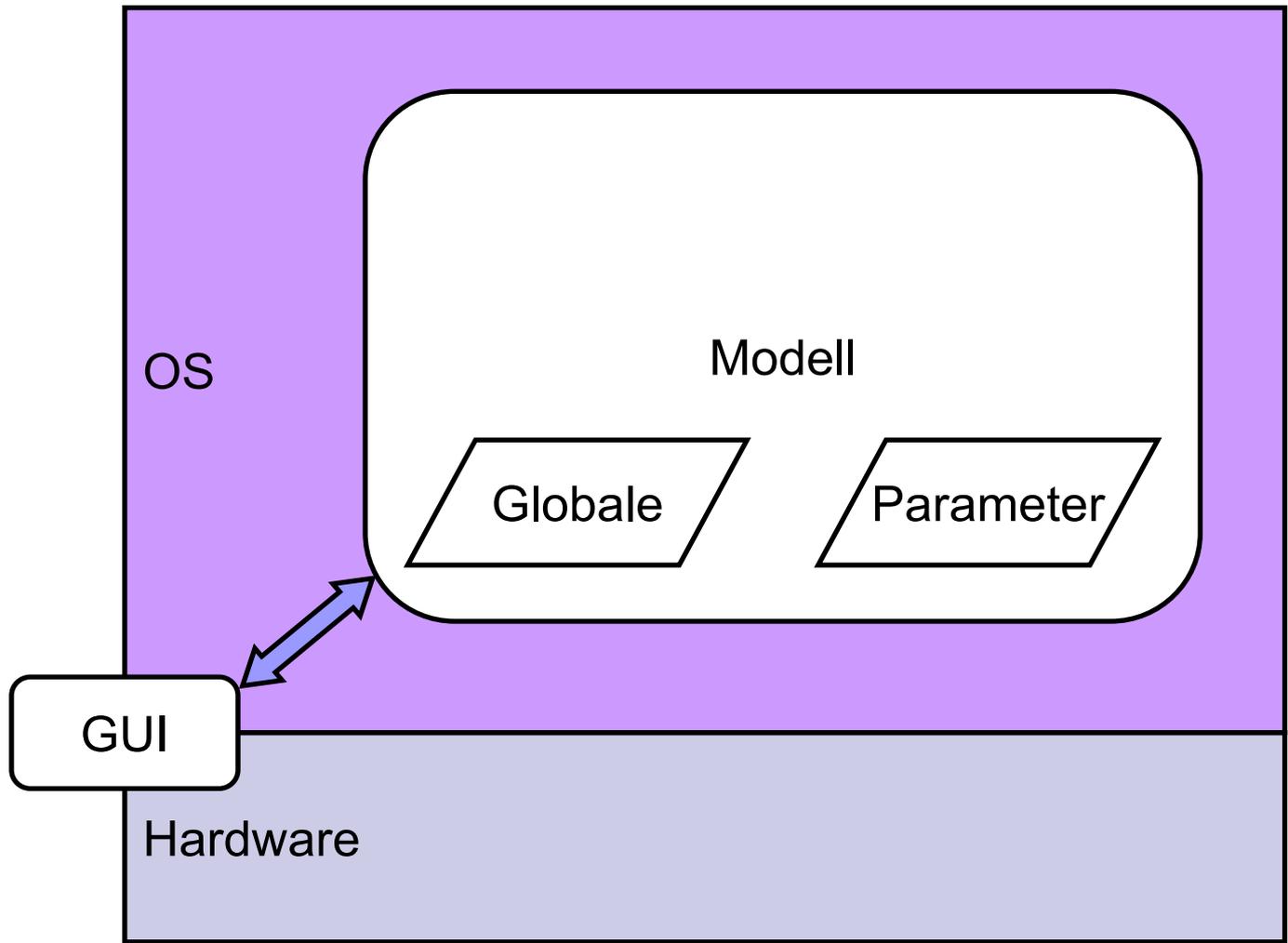
# Entwicklungsszenario



# Simulationsszenario



# Echtzeitszenario



# GUIs

