



Institut für  
Regelungstechnik



RHEINISCH-  
WESTFÄLISCHE  
TECHNISCHE  
HOCHSCHULE  
AACHEN

# **EngineLib: Modellbildung des Luftpfads eines Dieselmotors für HIL-Anwendungen**

**Dymola-Infotag, IRT RWTH Aachen**

**Datum: 15.11.2007**

**Frank Heßeler**

**(RWTH Aachen, IRT)**

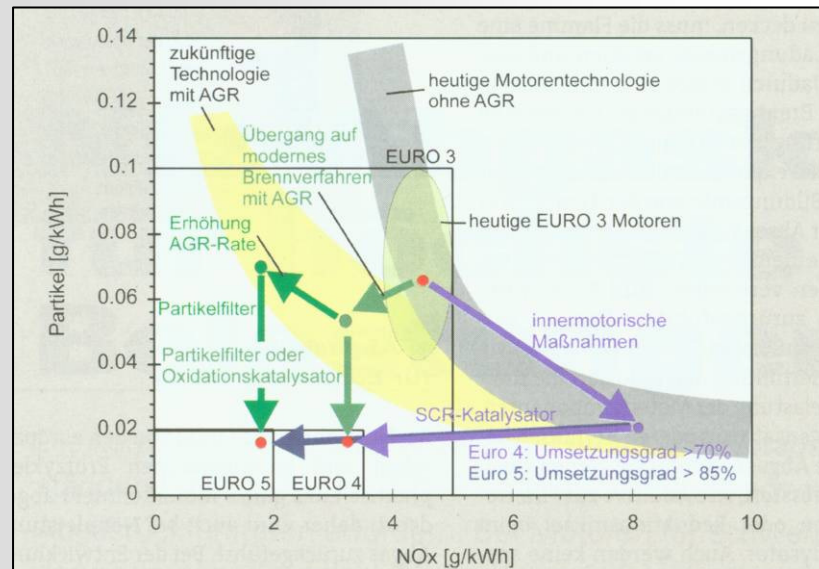
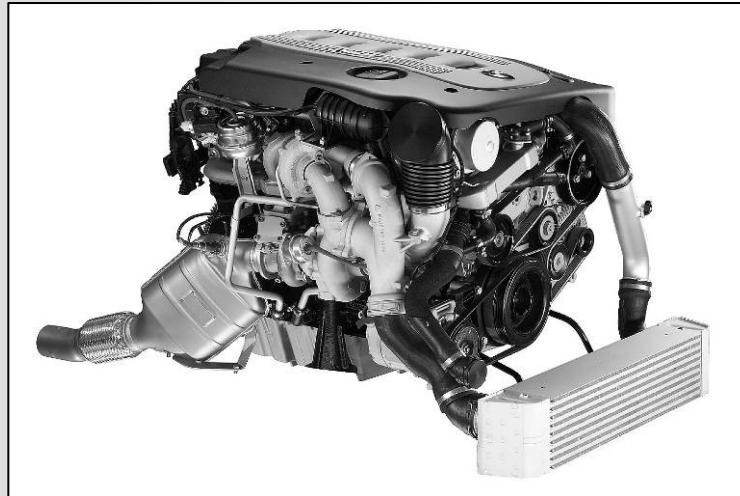
**1** Einführung

**2** Ziele in ZAMOMO

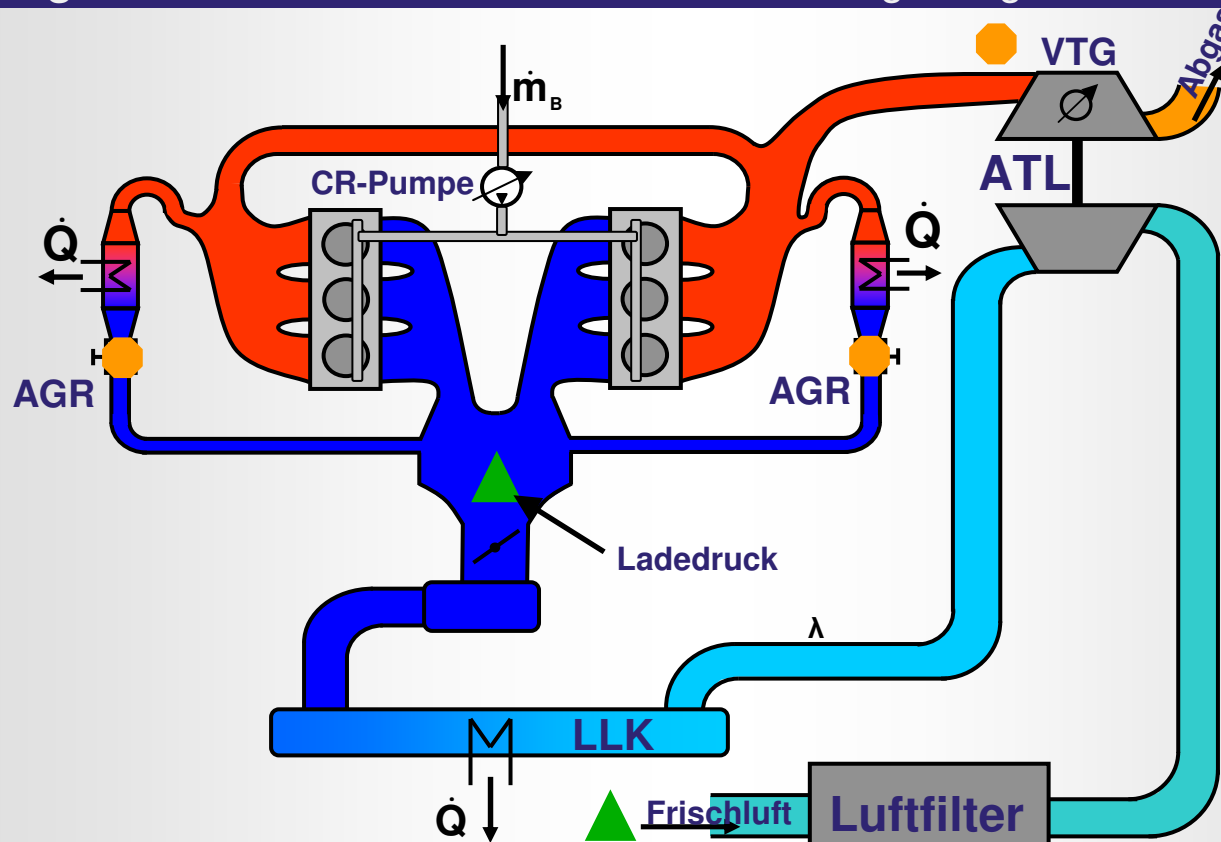
**3** Motor-Modell

**4** HIL-Testumgebung

**5** Zusammenfassung



- **Entwicklungsanforderungen:**
  - **Abgasemissionen:**
    - NOx
    - Partikel
  - **Leistung / Verbrauch**
- **NOx-Reduzierung mit Hilfe von AGR**
  - Reduzierung der Brennraum Temperaturen
  - Senkung von NOx-Emissionen
  - Erhöhung der Partikel-Emissionen
- **Leistungssteigerung durch Aufladung bzw. Verbrauchsreduzierung durch downsizing**
- **Gekoppeltes Problem**
- **Entkoppelnde Regelstrukturen sinnvoll**
- **Test der Regler im HIL-Test**



- Regelgrößen** ▲
- Ladedruck
  - Frischluft bzw. AGR-Rate

- Stellgrößen** ●
- VTG
  - AGR-Ventil

# ZAMOMO: Einordnung des HIL-Modells



Einführung – ZAMOMO – Motor-Modell – HIL-Testumgebung – Zusammenfassung

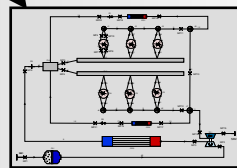
## Modellbildung

Motor



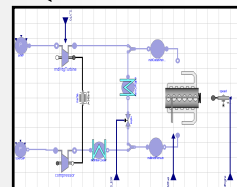
CAD-Daten,  
Kenndaten

CFD-Modell



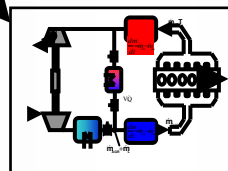
Vereinfachungen,  
Daten

HIL-Modell



Vereinfachungen

Beobachter-  
Modell



HIL-Test

Prädiktion

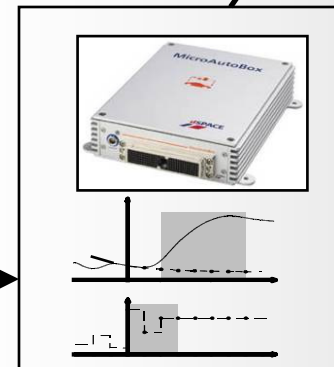
## Regelung



Steuergerät

Umsetzung am  
Prüfstand

Modellgestützte  
prädiktive Regelung



■ **Ziel:**

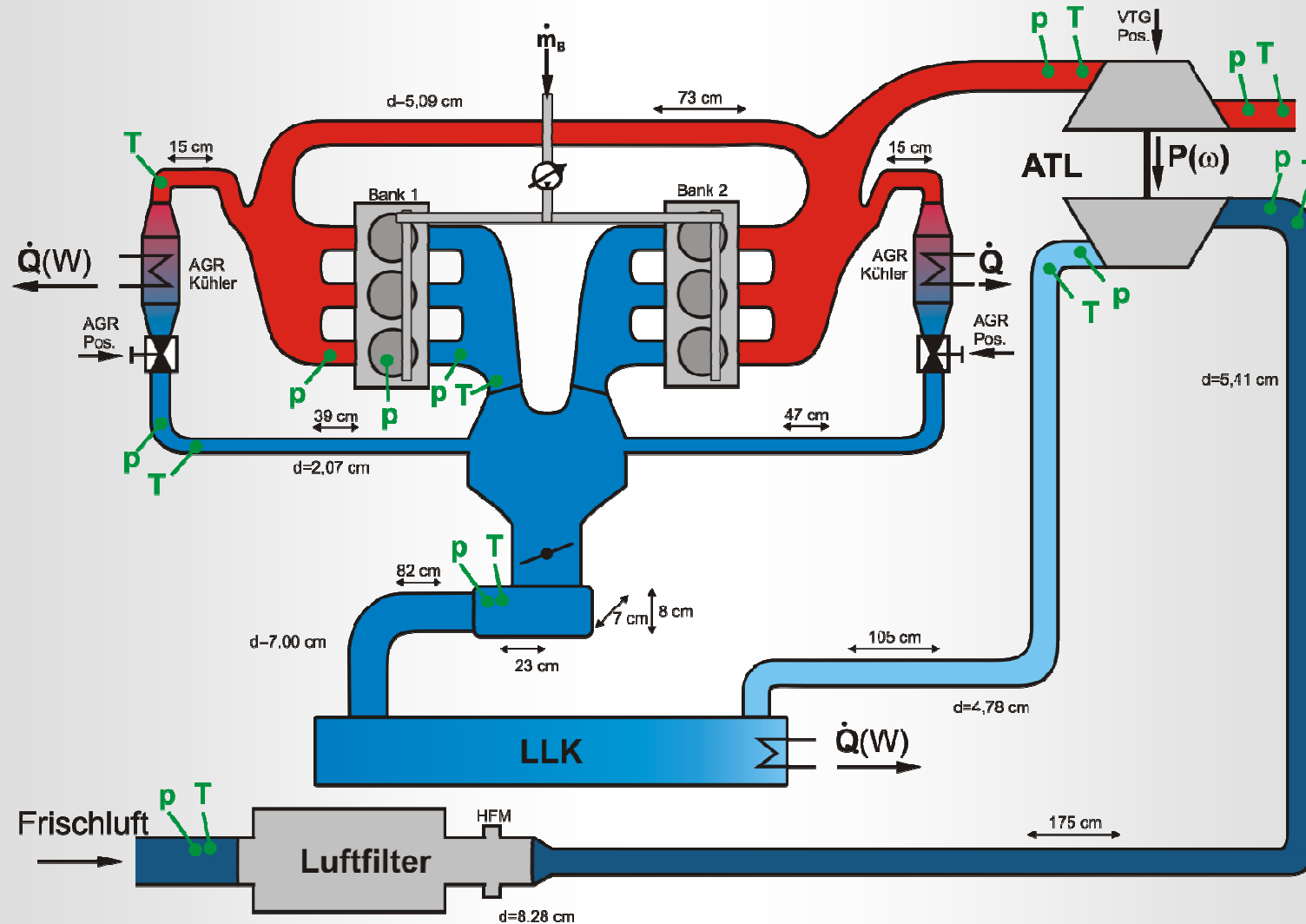
- **Alle Komponenten des Luftpfads eines Motors sollen in verschiedenen Detaillierungsstufen vorhanden sein**

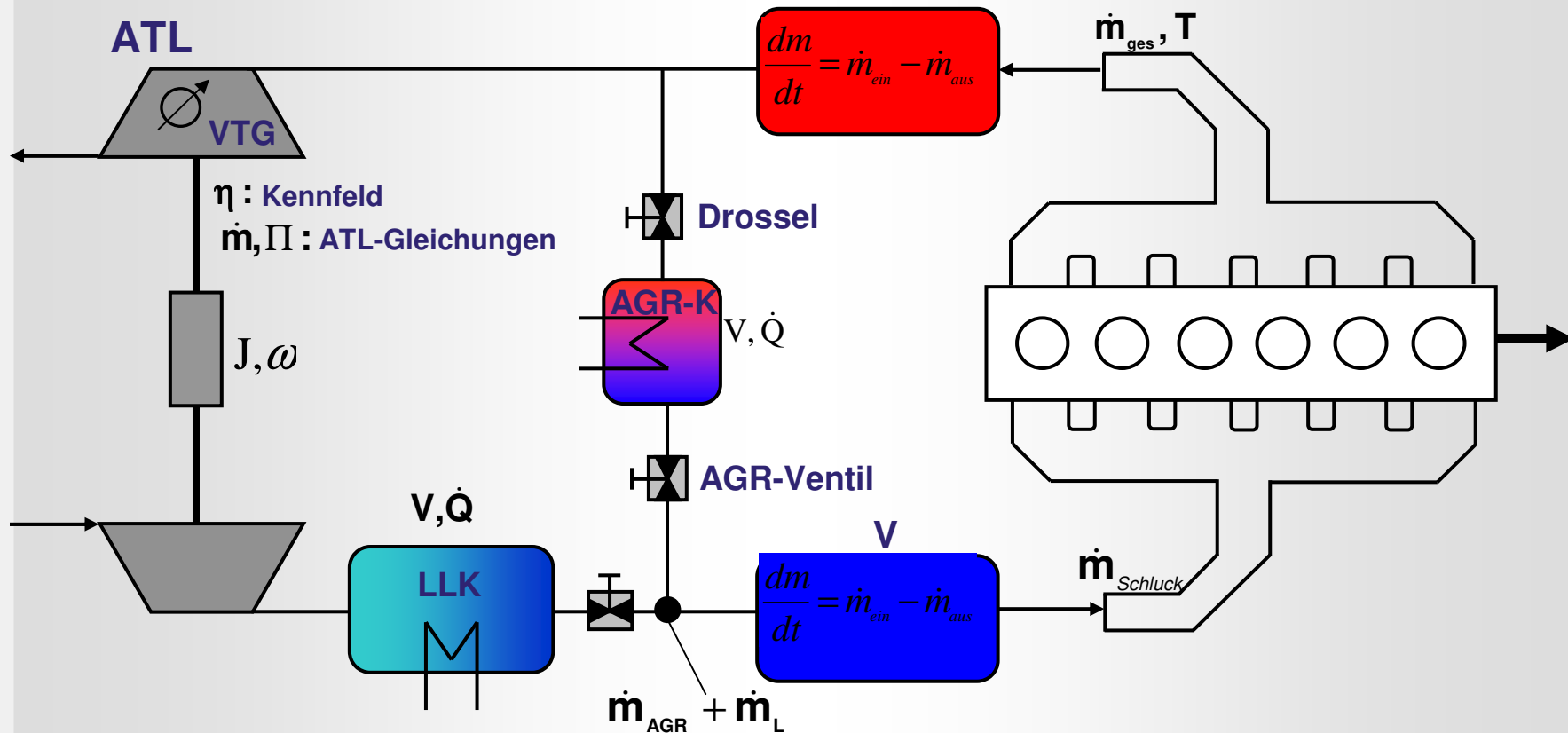
- Volumina
- Kühler
- Turbolader
- Drosseln

- **Motormodelle:**

- Mittelwertmodell
- Kurbelwinkelaufgelöste Modelle
  - Brennverlauf
  - Wärmeübergang
  - Füllung
- Diesel- bzw. Ottomotoren

■ **Einsatz als Basis für die Entwicklung von Streckenmodellen für die Reglerentwicklung und HIL-Test**

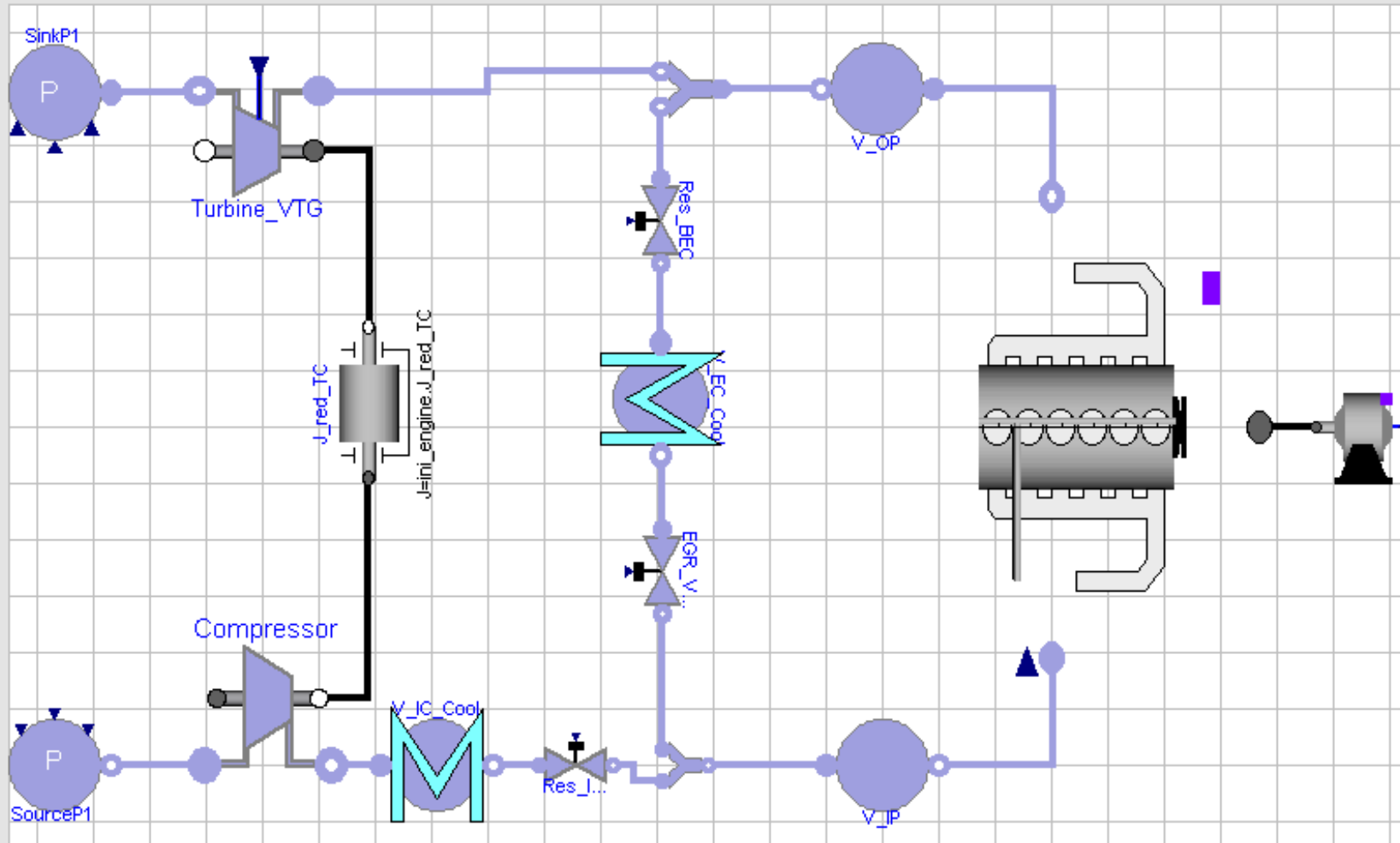


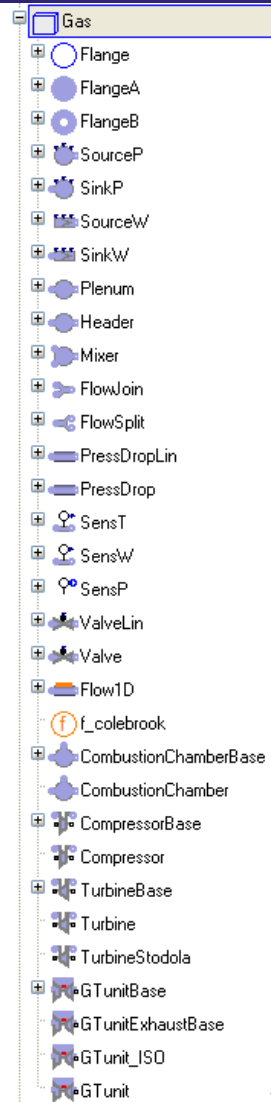




# Gesamtmodell in Dymola

Einführung – ZAMOMO – Motor-Modell – HIL-Testumgebung – Zusammenfassung





### ■ ThermoPower-Bibliothek 2.0 von Francesco Casella

#### ● Basismodelle

- Quellen / Senken (Druck bzw. Massenstrom)
- Volumen
- Kompressor
- Single-Turbine

#### ● Nutzt die Media-Bibliothek von Modelica

- Stoffmodelle für Gase und Flüssigkeiten
- NASA-Stoffdatenbank für Stoffgrößen als Funktion von T und p
- Hier: Ideales Gas (N<sub>2</sub>), Mehrstoffkomponenten möglich

#### ● Frei verfügbar → erweiterbar z.B. Kühler

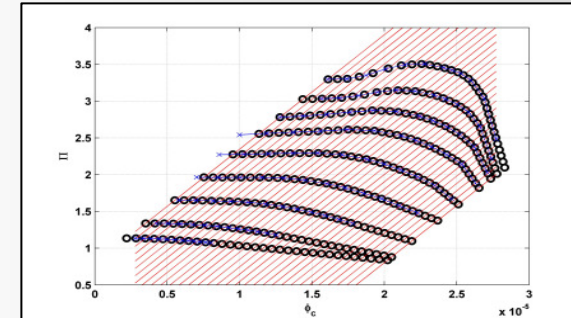
- Basisgleichungen für Turbomaschinen werden vererbt
- Code-Ausschnitt:

```
partial model CompressorBase "Gas compressor"  
...  
equation  
w = inlet.w;  
assert(w >= 0, "The compressor model does not support flow reversal");  
inlet.w + outlet.w = 0 "Mass balance";  
  
w*(hout - gas_in.h)*eta_mech = tau*omega "Energy balance";  
hout-gas_in.h= 1/eta*(hout_iso-gas_in.h);  
  
PR=pout/gas_in.p "Pressure ratio";  
  
shaft_a.tau + shaft_b.tau = tau;  
der(phi) = omega;
```

- Für alle Kompressorentypen gleich
- Charakteristik über Kennfelder für  $\phi$ ,  $\eta$  und PR

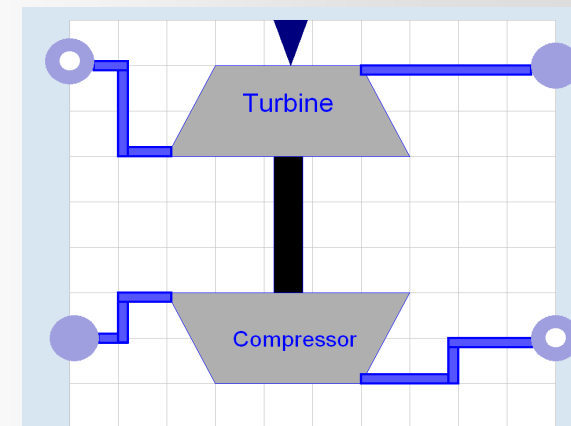
### ■ Charakteristik über Kennfelder

- Kompressor verwendet die Methode mit Beta-Linien für die Verknüpfung der Kennfelder (phic, eta und PR)
- Turbine verwendet KF für phic und eta
- Keine VTG-Funktionalität → Erweiterung der Kennfelder um 3D-Lookuptables für die VTG-Stellung

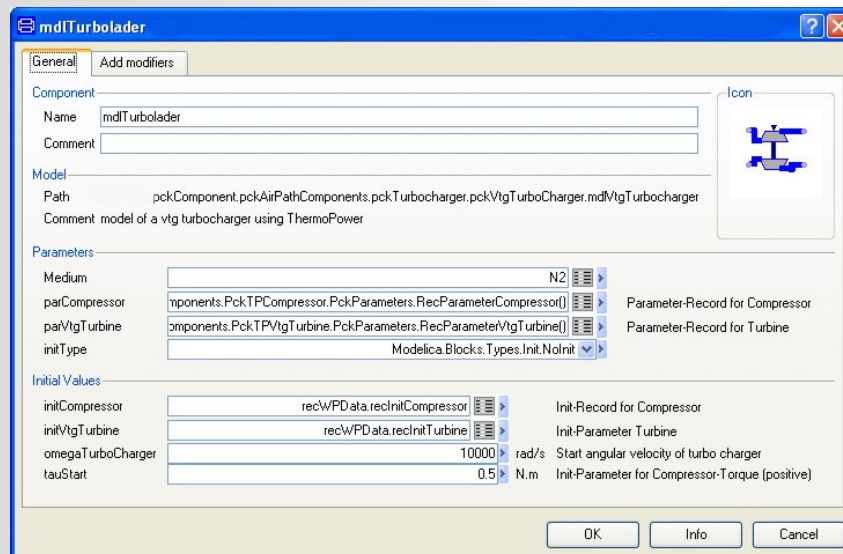


### ■ Integration zum Turbolader

- Drallsatz mit Massenträgheitsmoment
- Konsistente Parametrierung über Record-Struktur
- Startwerte
- Unbekannte Startwerte für die Initialisierung:
  - Drehzahl
  - Drehmoment



### ■ Erstellung der Kennfelder mit Hilfe von Messdaten und Matlab-Skripten (Polynome)

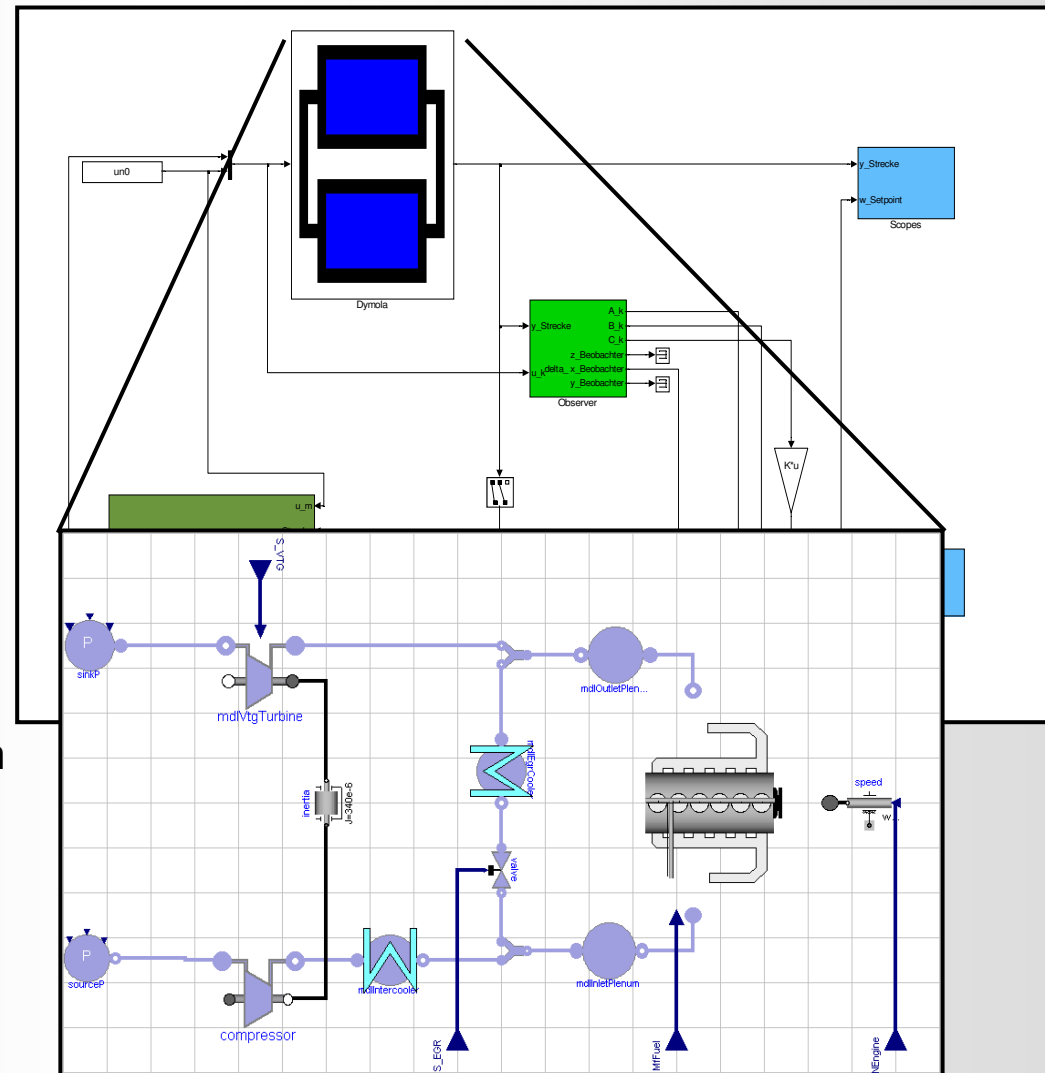


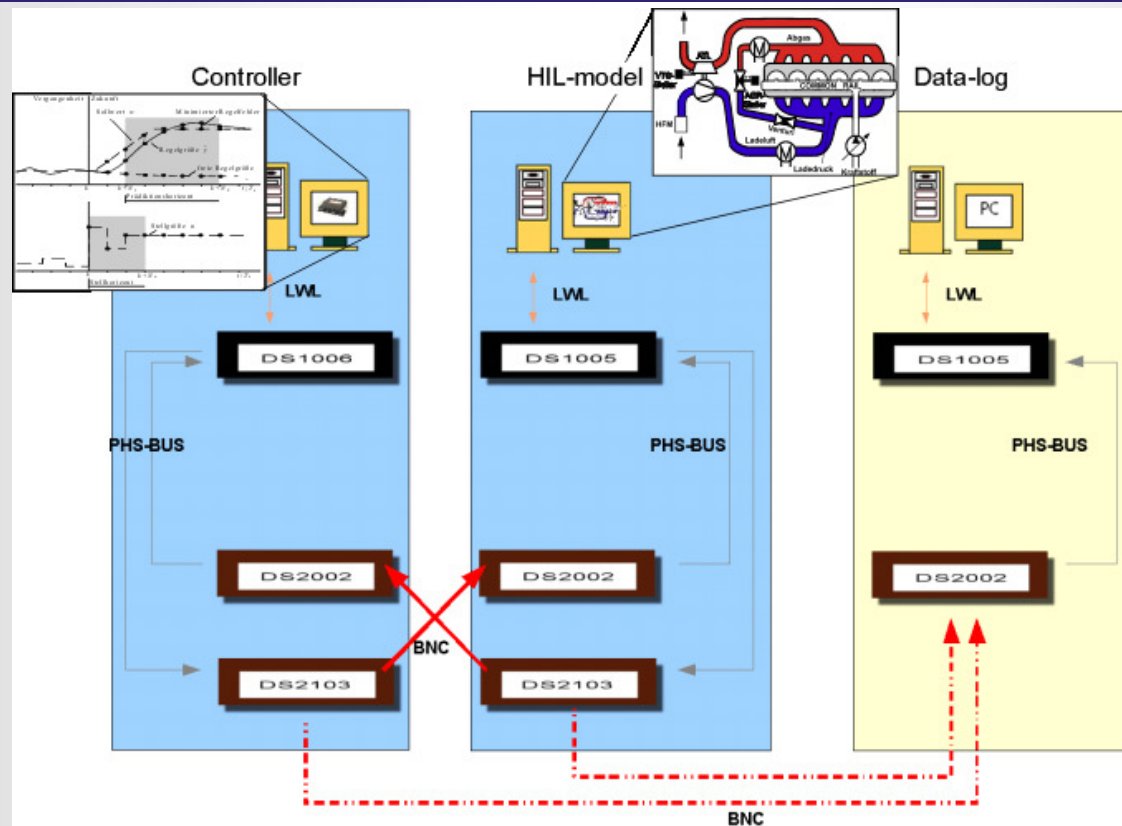
- **Record-Strukturen für:**
  - Parameter des Turboladers
  - Startwerte für Simulation
- **Manuelle Startwerte:**
  - Drehzahl
  - Drehmoment
  - Beide sind nicht bekannt
- **Quellen für Daten:**
  - Mat-Dateien können in Dymola eingelesen werden
  - Auswahl von Record-Elementen innerhalb des Modell einfach möglich

**Dies ermöglicht die konsistente Parametrierung der Modelle**



- **Dymola – Simulink Interface**
- **Dymola-Modelle bleiben erhalten, Parametrierung möglich**
- **Standardentwicklungsumgebung Simulink kann weiter verwendet werden**
- **Verwendung von Echtzeithardware durch Realtime-Workshop möglich**





- Code-Generierung mit Hilfe von Dymola Simulink- Interface und Realtime Workshop
- Test der Regler-Algorithmen auf HIL-Prüfstand
- Danach direkt am Prüfstand einsetzbar
- Typische Hardware im Automotive-Bereich



- **Modelica vereinfacht die Erstellung von Simulationsmodellen**
  - Objektorientierung
  - Physikalische Modellierung
- **Freie Bibliotheken erhältlich**
- **Aufbau einer „Motor-Bibliothek“**
  - Luftpfad
  - Motormodelle
- **Matlab/Simulink für Reglerentwicklung kann weiterhin verwendet werden (Simulink-Interface)**
- **Gute C-Code Generierung**
- **Einsatz auf Echtzeithardware (dSpace) möglich**



Institut für  
Regelungstechnik

**RWTH**

RHEINISCH-  
WESTFÄLISCHE  
TECHNISCHE  
HOCHSCHULE  
AACHEN

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !**

[www.irt.rwth-aachen.de](http://www.irt.rwth-aachen.de)