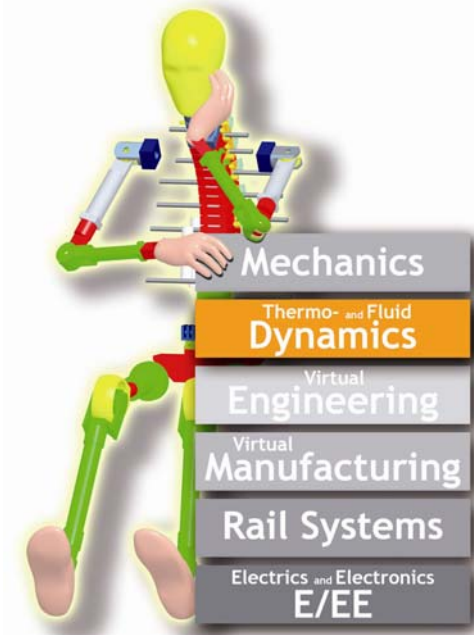


Einsatz von Dymola/Modelica bei der Entwicklung des Kältekreislaufes von Pkw-Klimaanlagen

Klaus MARTIN, René Jugert

Kompetenzzentrum – Das Virtuelle Fahrzeug
Forschungsgesellschaft mbH (ViF)

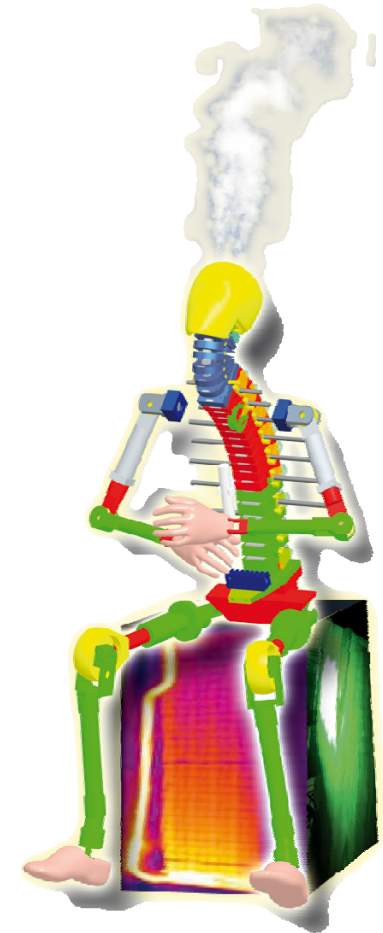


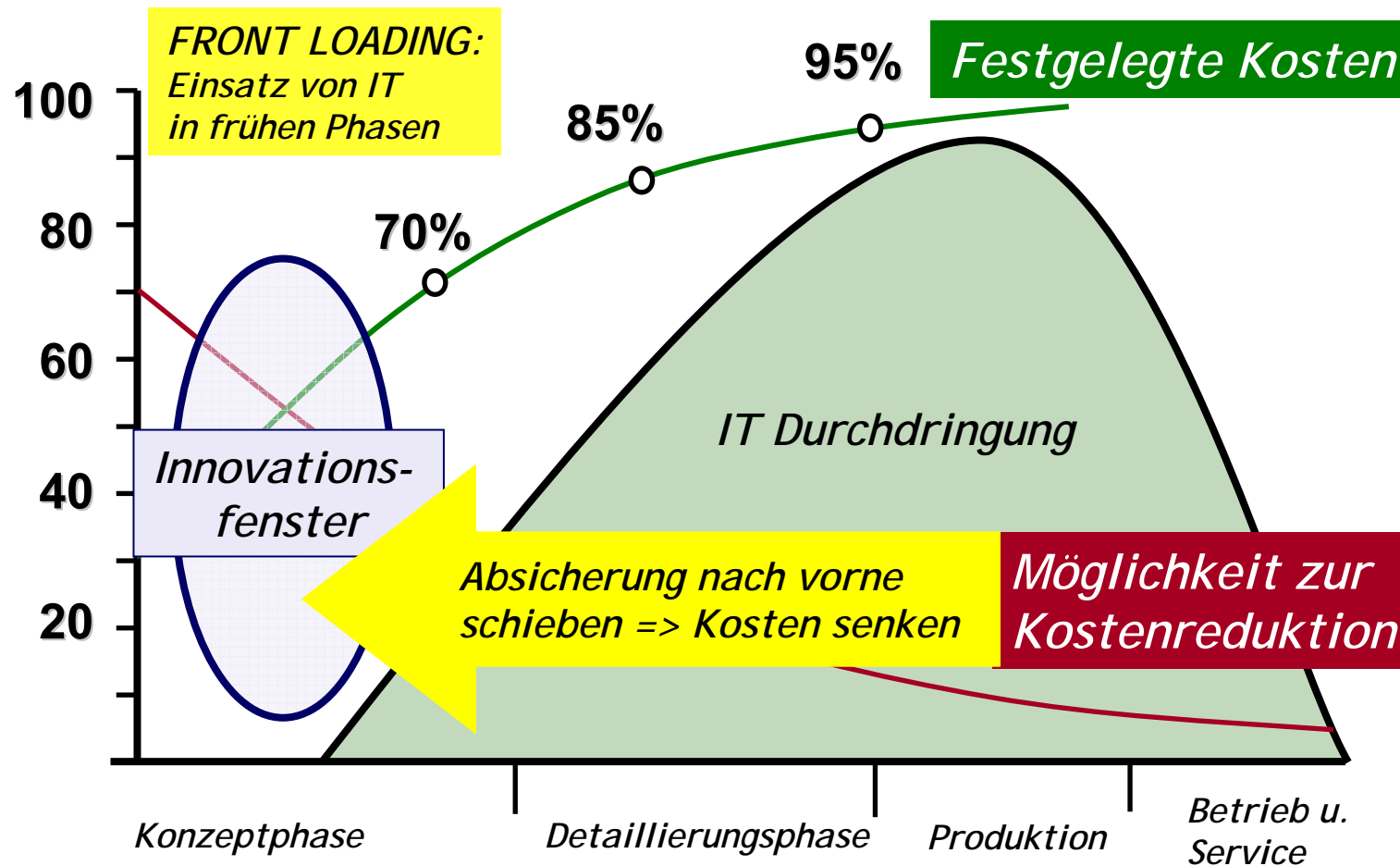
A Competence Center of



K plus Competence Center - Initiated by the Federal Ministry of Transport, Innovation and Technology (BMVIT). Funded by FFG, Land Steiermark and Steirische Wirtschaftsförderung (SFG)

1. Motivation
Front Loading, Pkw-Klimaanlage
2. Grundlagen
V-Ansatz, Klimaanlage
3. Komponenten
Allgem., Wärmeübertrager
4. Kreislauf
Kälteleistung & COP
5. Gesamtfahrzeug
6. Fazit

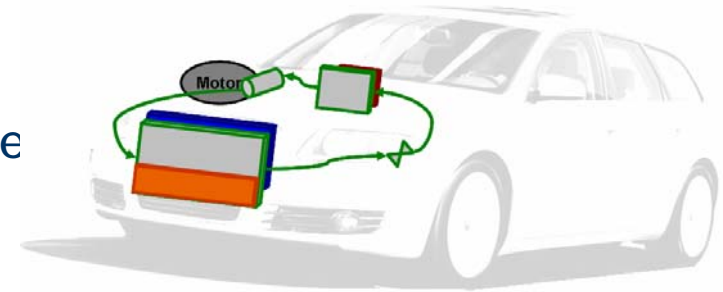




Source: DARPA Rapid Design Exploration and Optimization Project

Hintergrund und Motivation

- Über 87% der Neufahrzeuge (deutscher Marke sind mit einer Klimaanlage ausgestattet*
- 7% der CO₂ Emissionen eines Kfz werden durch die Klimaanlage verursacht[°]
 - davon 60% durch Emissionen von R134a (systembedingte Leckage)[°]
 - davon 40% durch zusätzlichen Kraftstoffverbrauch (Effizienz)[°]
- Kältemittel: FCKW → HFKW → ??? (EU Richtlinie verbietet den Einsatz von Kältemitteln mit einem GWP > 150 schrittweise ab 2011)



=> Großes Potential zur Senkung von Treibhausgasemissionen

*Hagbeck T.: Pkw-Klimaanlagen heizen das Klima an, Umweltbundesamt, Berlin, 2002

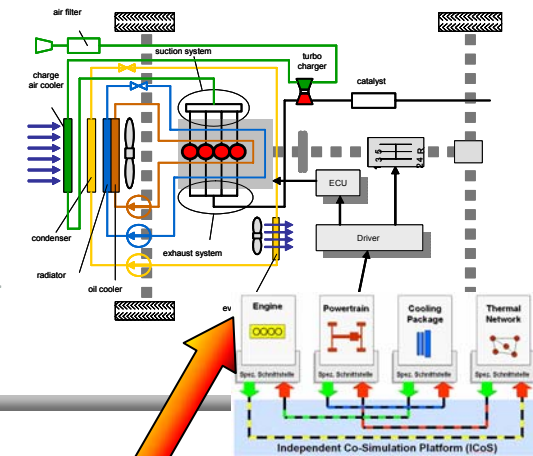
[°]Heinle D., Riegel H., Weinbrenner M.: Klimatisierung mit dem Kältemittel R744, ATZ 09/2005

V-Ansatz

system layer



Validation and cross check

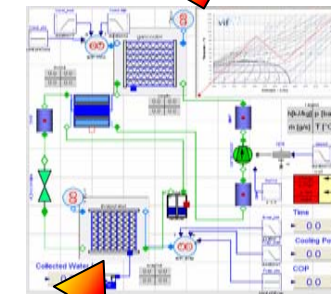


sub-system layer

- air conditioning
- Therm. network
- underhood flow
- aerodynamics
- drive train
- ...

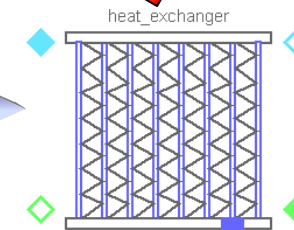


Quelle: Audi



component layer

- Heat Exchanger
- Engine
- Auxiliary Aggregates
- Fans
- Cabin
- ...



Aufgabenstellungen

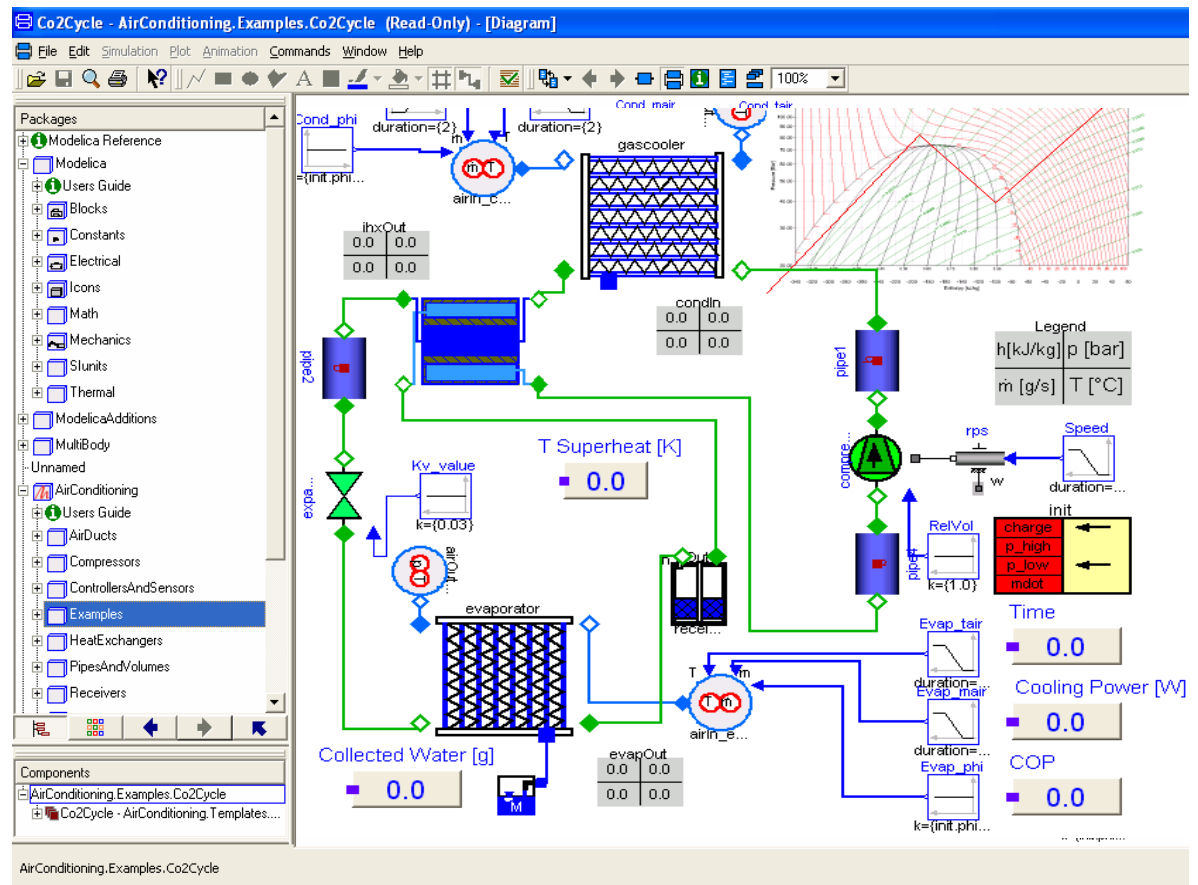
- Komponentenentwicklung
→ Zulieferer
- Auslegung und Optimierung der Anlage
→ Systemlieferant (Zulieferer oder OEM)
- Optimierung im Gesamtfahrzeug
→ OEM

Hintergrund Dymola/ACBibliothek:

als Standardtool der deutschen Pkw-OEMs (VW, Audi, Daimler, Audi) und ihrer Zulieferer ausgewählt

-> Austausch der Modelle

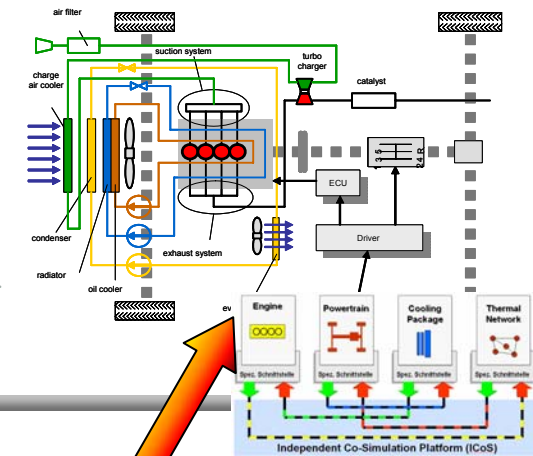
- Bibliothek mit Standardmodellen
- open source
- Verschlüsselung möglich
- objektorientiert
- tw. sehr hohe Modellierungstiefe



system layer

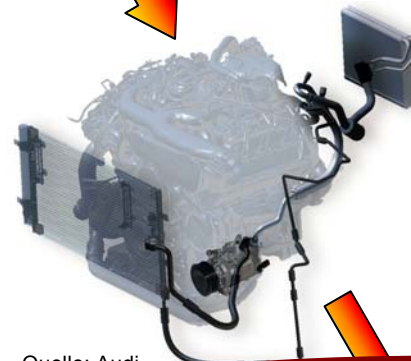


validation and cross check

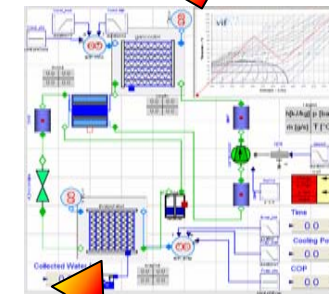


sub-system layer

- air conditioning
- Therm. network
- underhood flow
- aerodynamics
- drive train
- ...

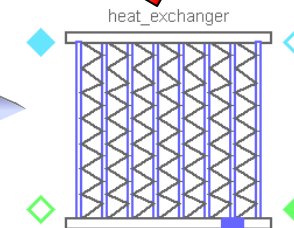


Quelle: Audi

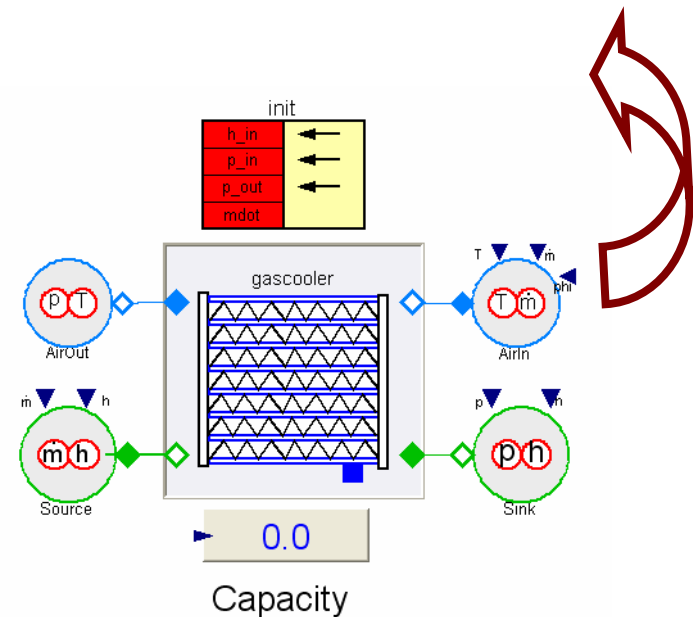
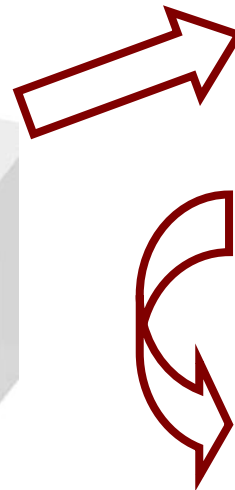
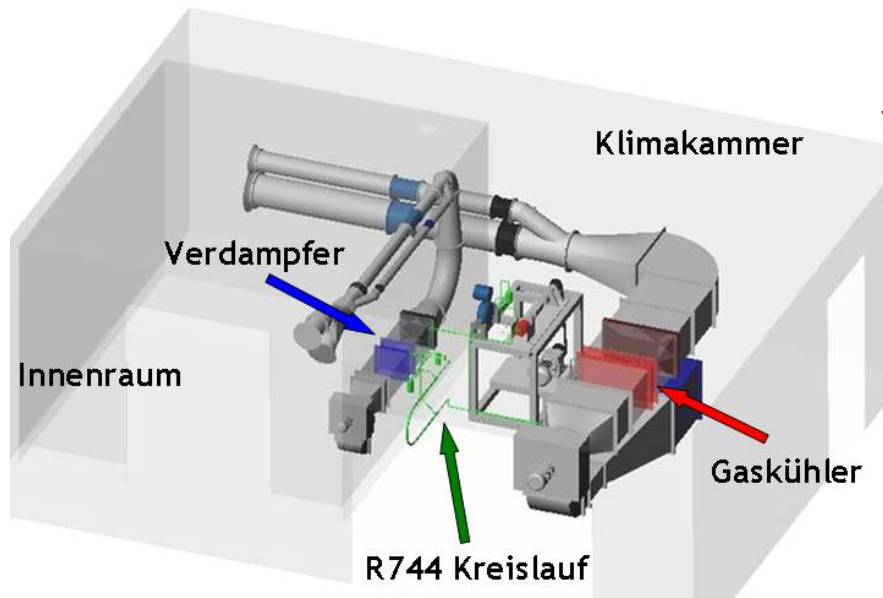


component layer

- Wärmeübertrager
- Expansionsventil
- Verdichter
- Akku
- Rohrleitungen



Verifizierung der Komponentenmodelle



flexibler Versuchsstand

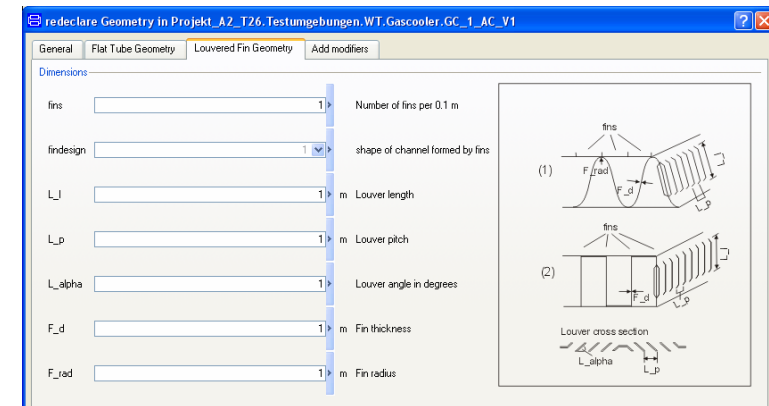
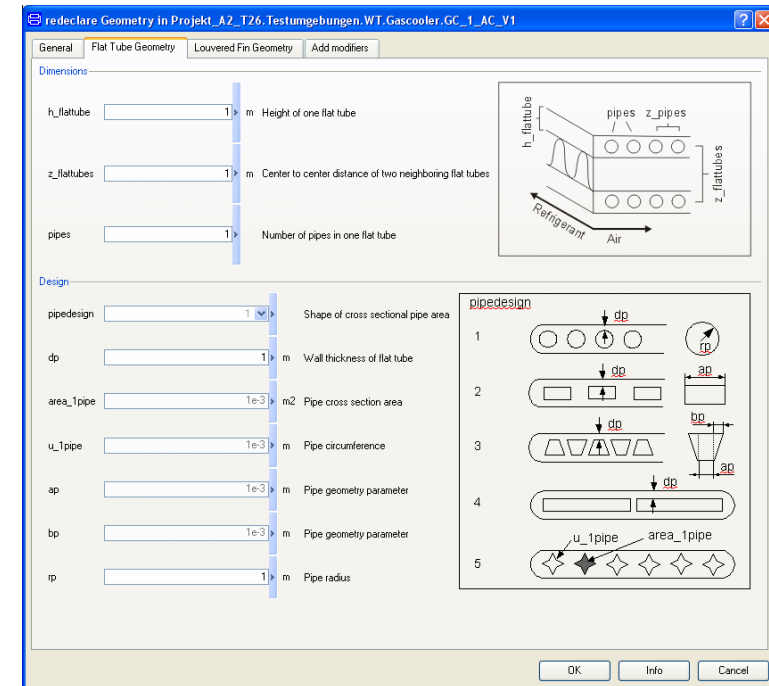
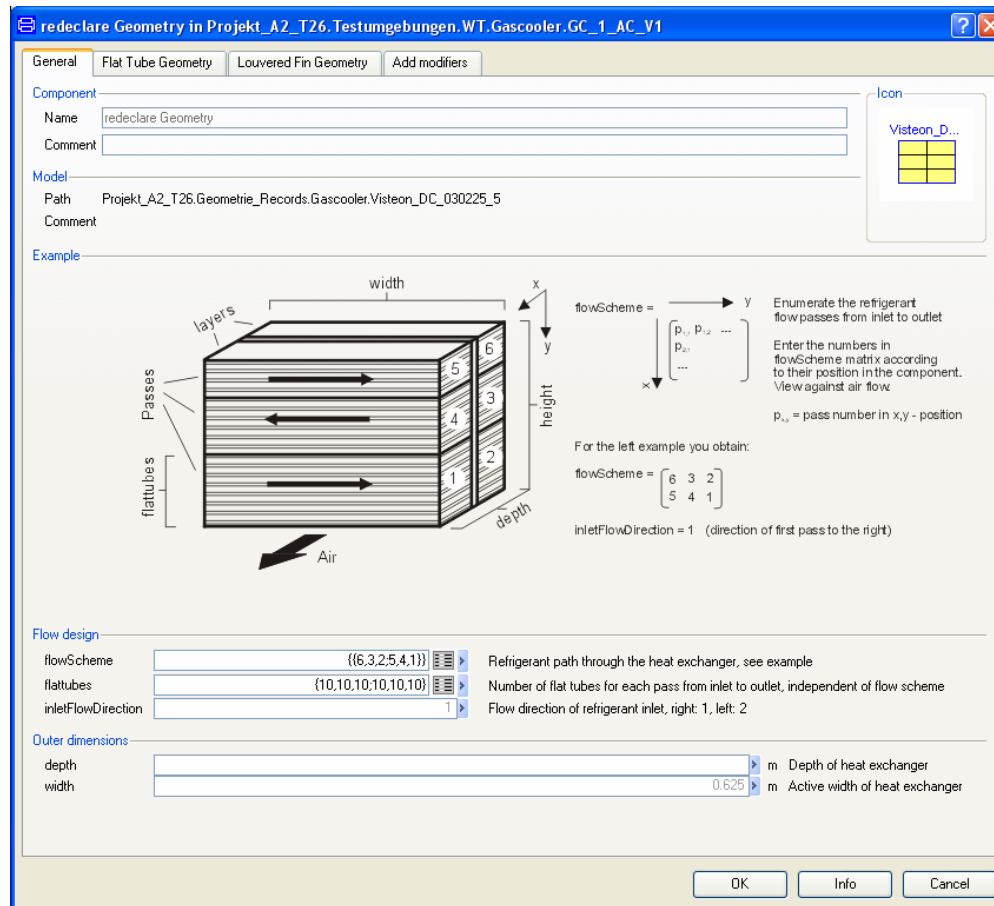
Testumgebung
(offener „Kreislauf“)

Arten von Komponentenmodellen der ACL

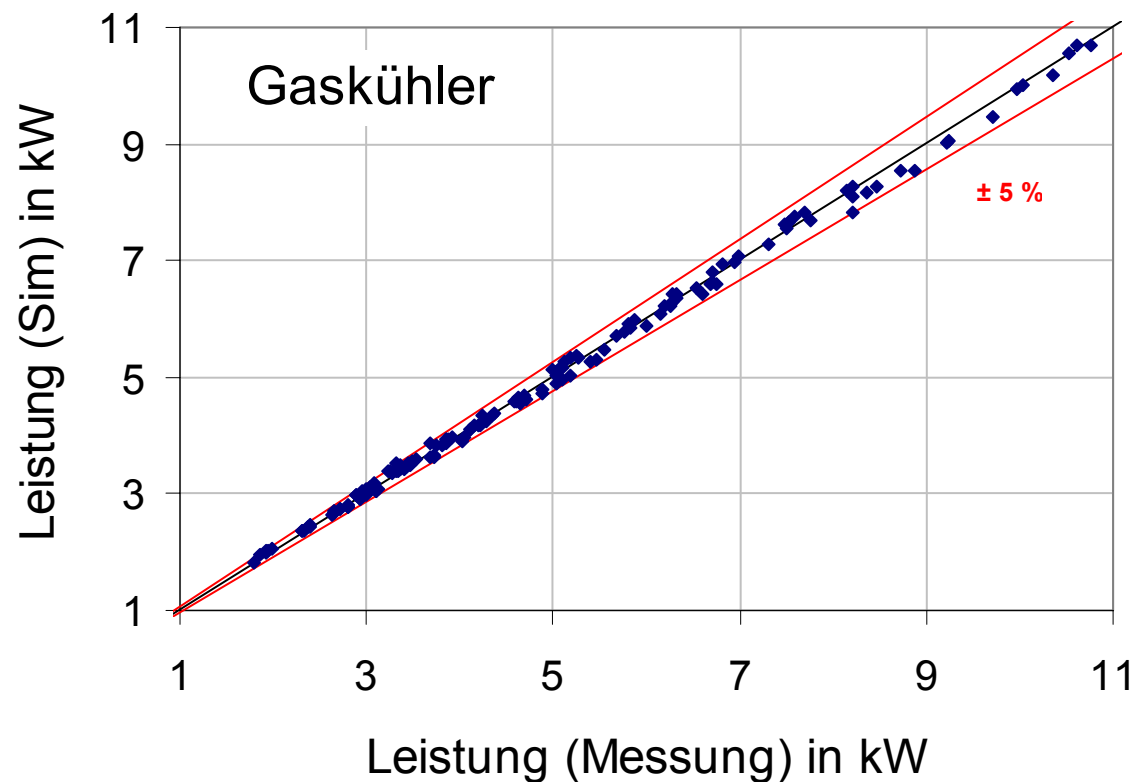
- **Physikalisch**
 - basieren rein auf den Geometriedaten und den physikalischen Vorgängen in der Komponente
- **Semi-empirisch**
 - physikalische Gleichung beschreibt das prinzipielle Verhalten der Komponente
 - Gleichung beinhaltet empirisch zu bestimmende Koeffizienten und ggf. Geometriedaten
- **Empirisch**
 - Modellierung der Komponente beruht auf experimentellen Daten (z. B. Kennfelder/Kennlinien)

3. Komponenten - HX

Modellierung Wärmeübertrager basierend auf Geometriedaten



Gaskühler Simulation vs. Messung

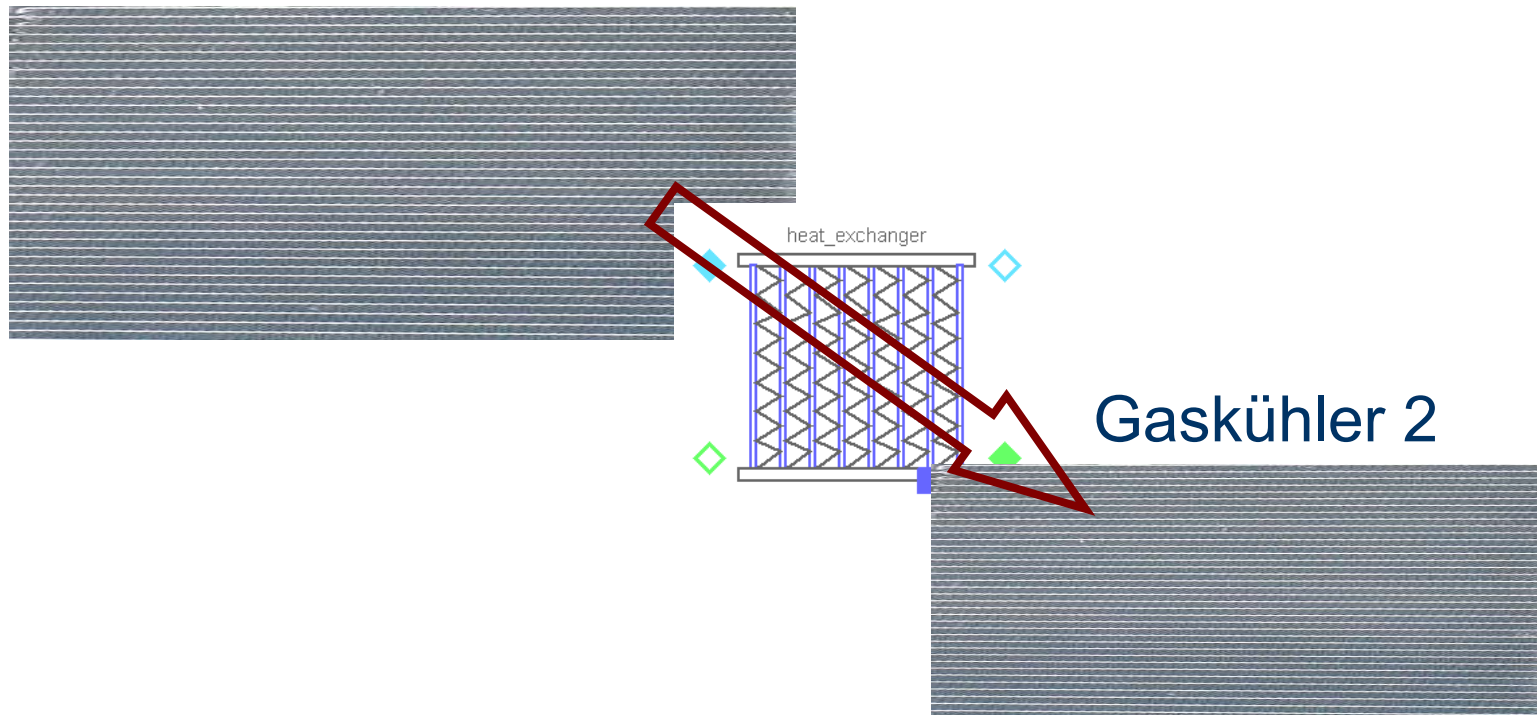


mf_R: 50 ... 250 kg/h
p_R_in: 75 ... 125 bar
t_R_in: 75 ... 150 °C
mf_A: 1500 ... 4000 kg/h
t_A_in: 30 ... 40 °C
rH_A_in: 25 ... 45%

=> Modell liefert befriedigende Ergebnisse 😊

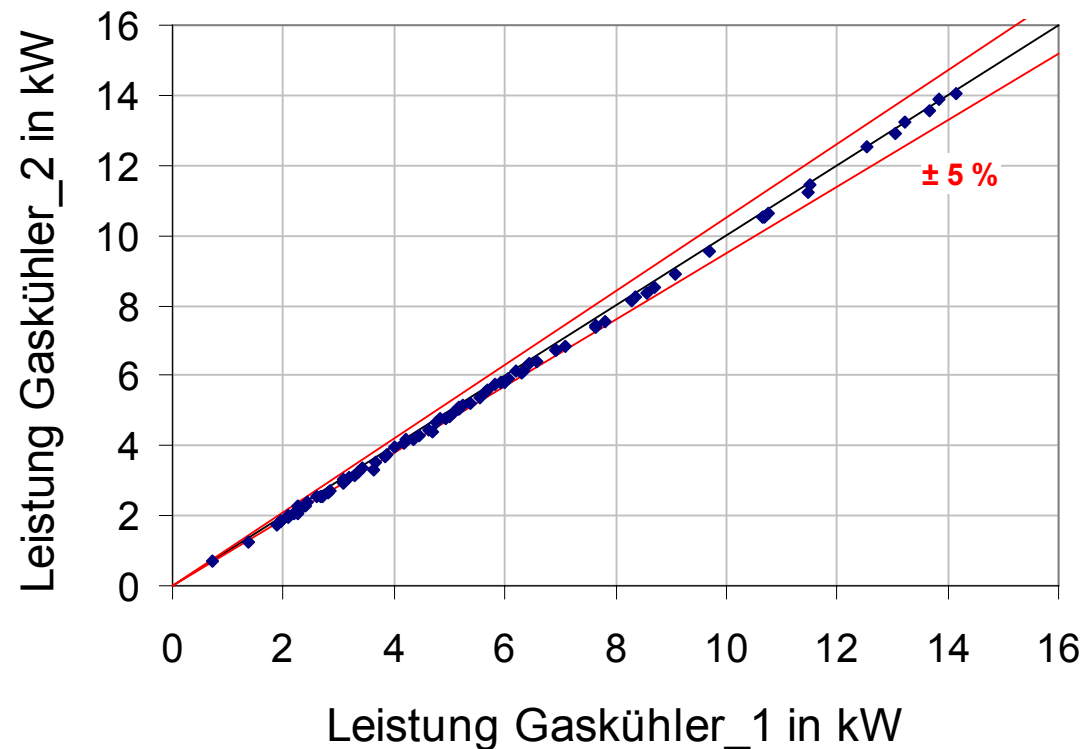
Weiterentwicklung des Gaskühlers

Gaskühler 1



Bauraum ↓
Gewicht ↓

Vergleich der beiden Gaskühler unterschiedlicher Bauart mittels Simulation

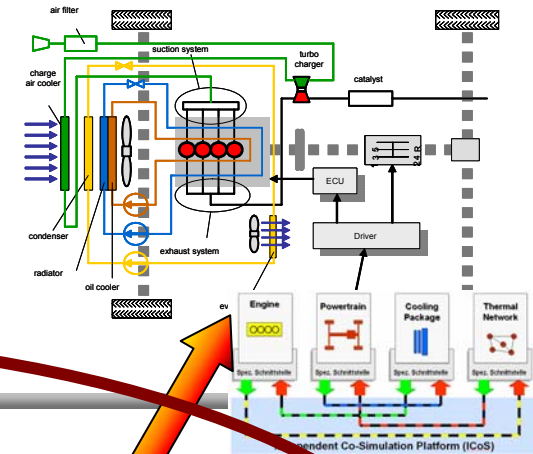


=> Gaskühler_2 überträgt quasi gleiche Leistung (trotz verringerter Größe)

system layer



Validation and cross check

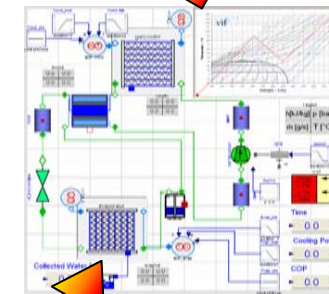


sub-system layer

- air conditioning
- Therm. network
- underhood flow
- aerodynamics
- drive train
- ...

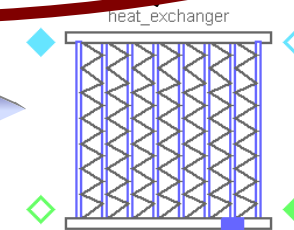


Quelle: Audi



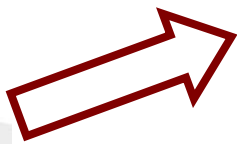
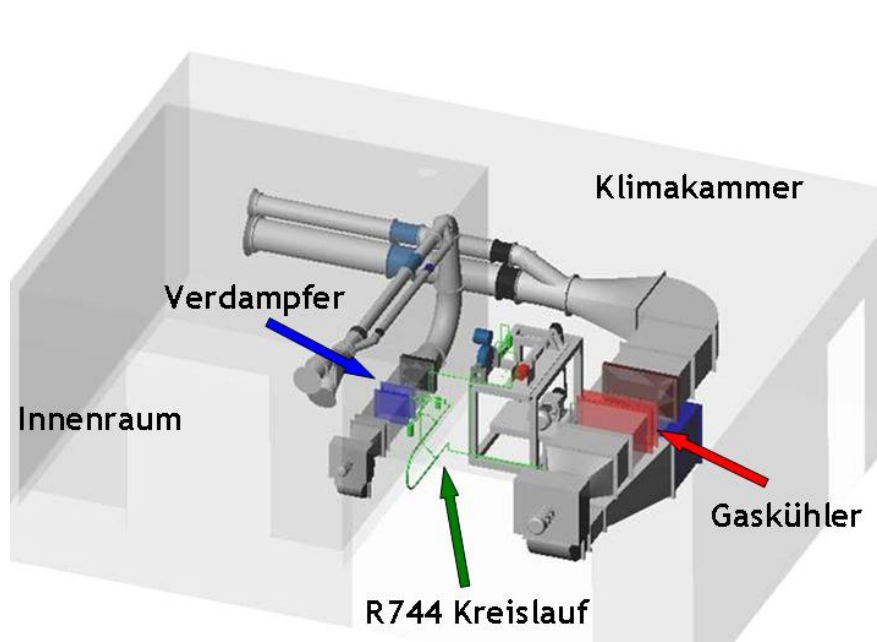
component layer

- Heat Exchanger
- Engine
- Auxiliary Aggregates
- Fans
- Cabin
- ...

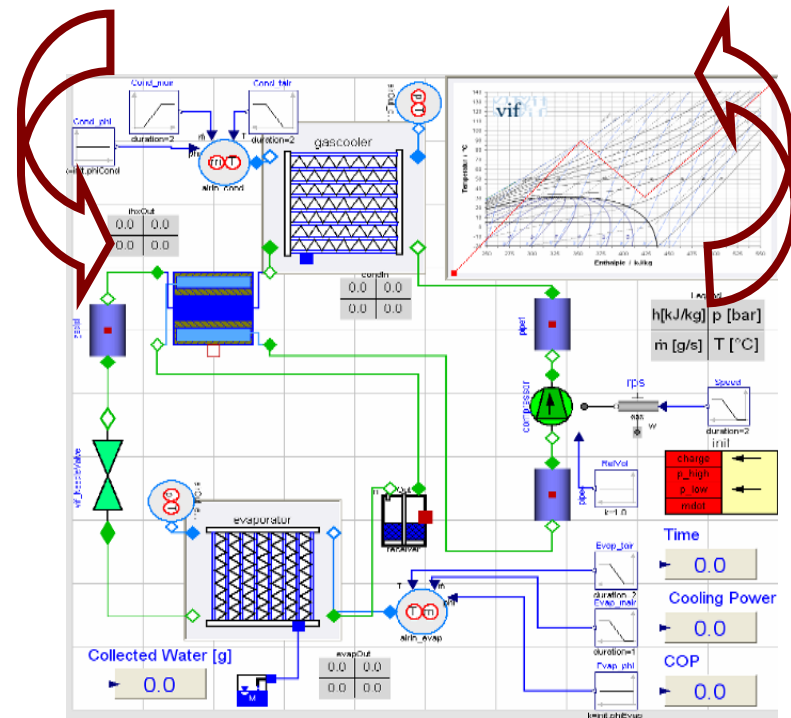


4. Kreislauf

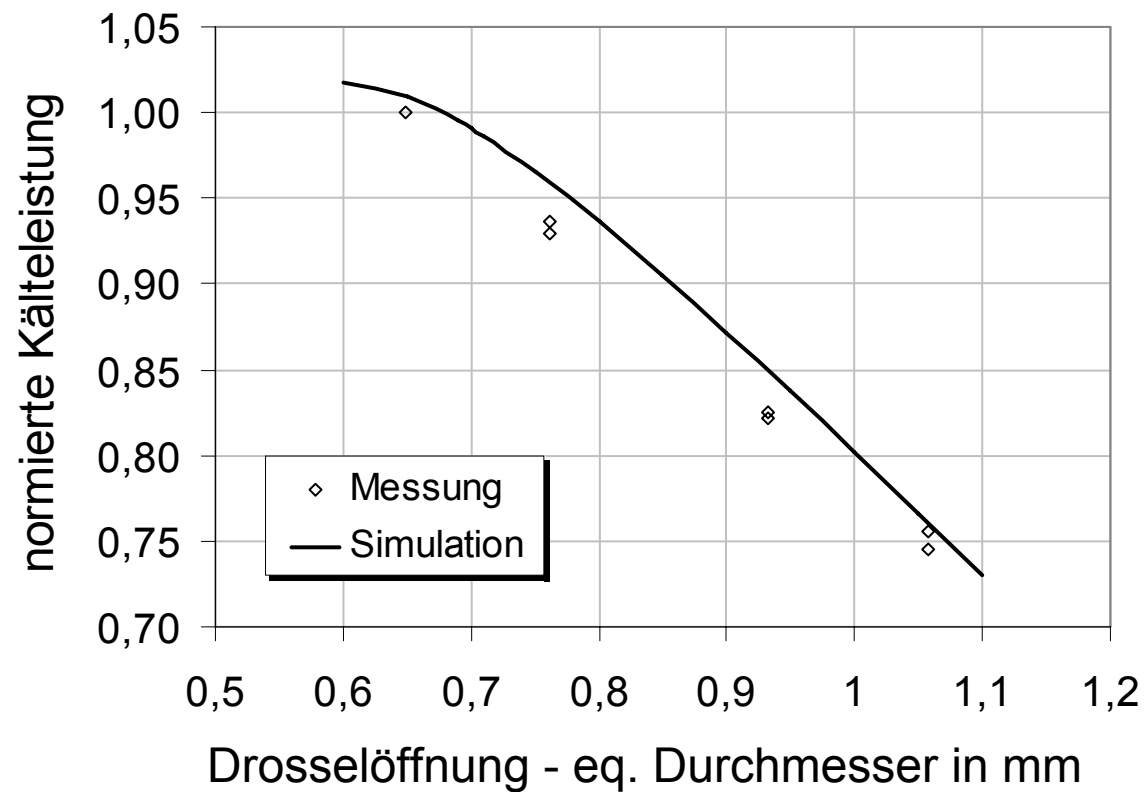
Verifikation Kreislaufmodell



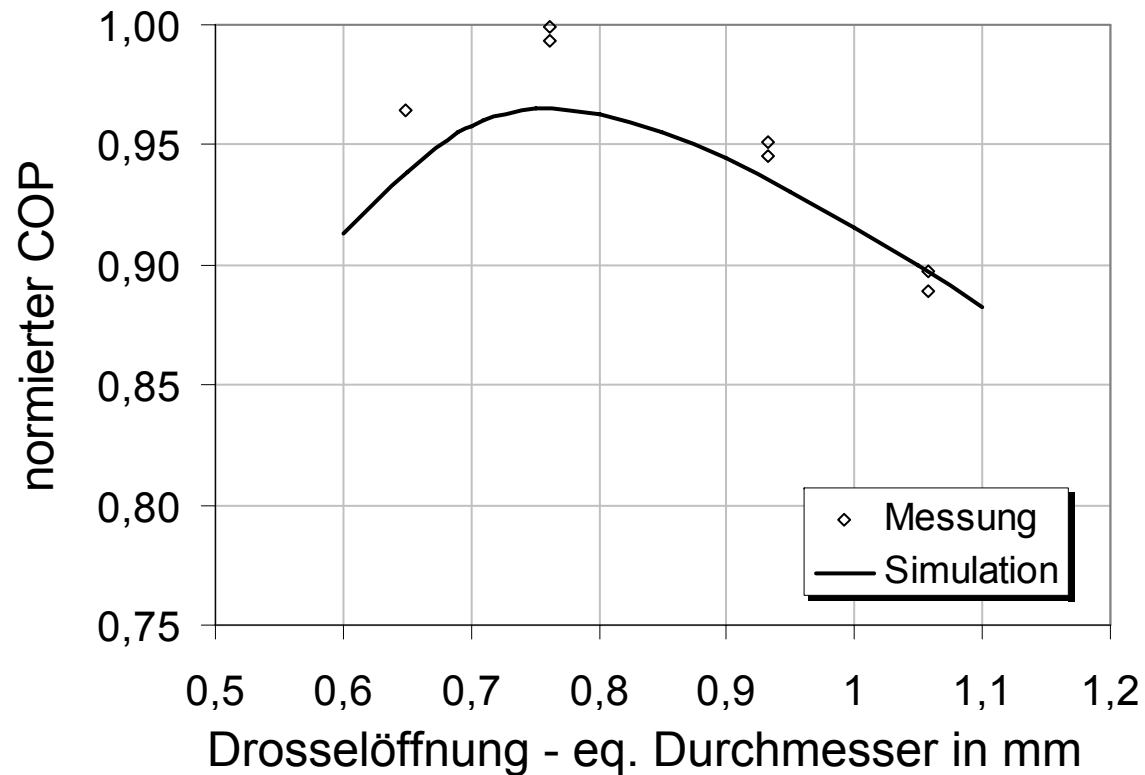
Microsoft Office Excel



Einfluss des Drosselöffnung auf die Kälteleistung Simulation vs. Messung



Einfluss des Drosselöffnung auf den COP Simulation vs. Messung



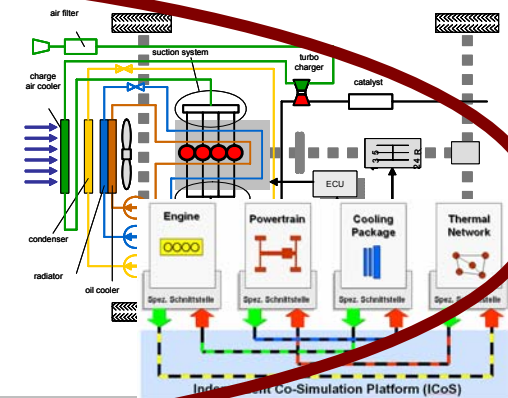
=> Modell liefert befriedigende Ergebnisse 😊😊😊

5. Gesamtfahrzeug

system layer



Validation and cross check

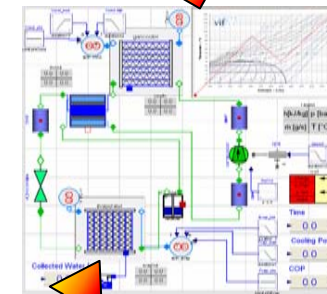


sub-system layer

- air conditioning
- Therm. network
- underhood flow
- aerodynamics
- drive train
- ...

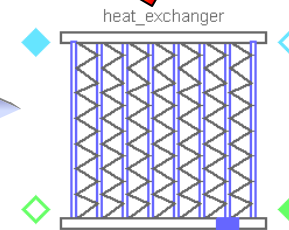


Quelle: Audi



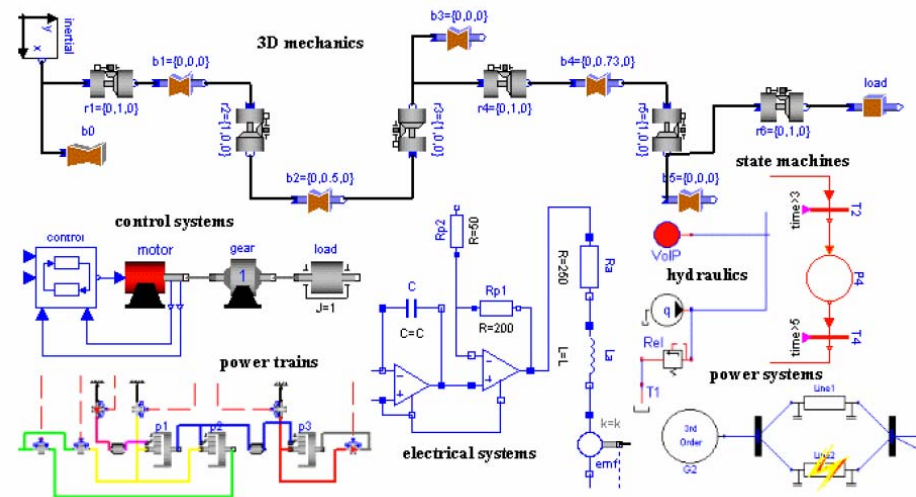
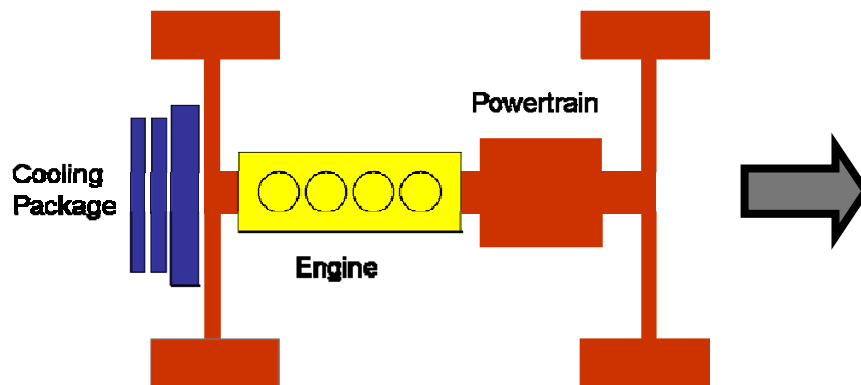
component layer

- Heat Exchanger
- Engine
- Auxiliary Aggregates
- Fans
- Cabin
- ...



Monolithischer Ansatz

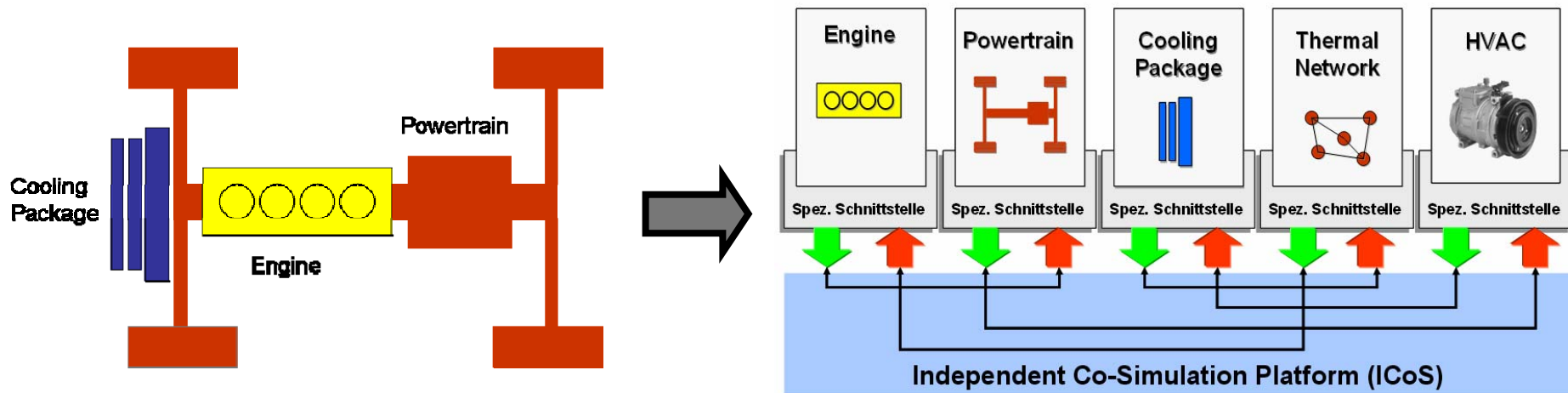
- Unterschiedliche physikalische Systeme in einem Modell
- Keine Schnittstellen erforderlich
- Sehr großes Modell
- Ein Solver für alle Systeme
- quasi keine bestehenden Modelle vorhanden (müssten portiert werden)



Source: www.modelica.org

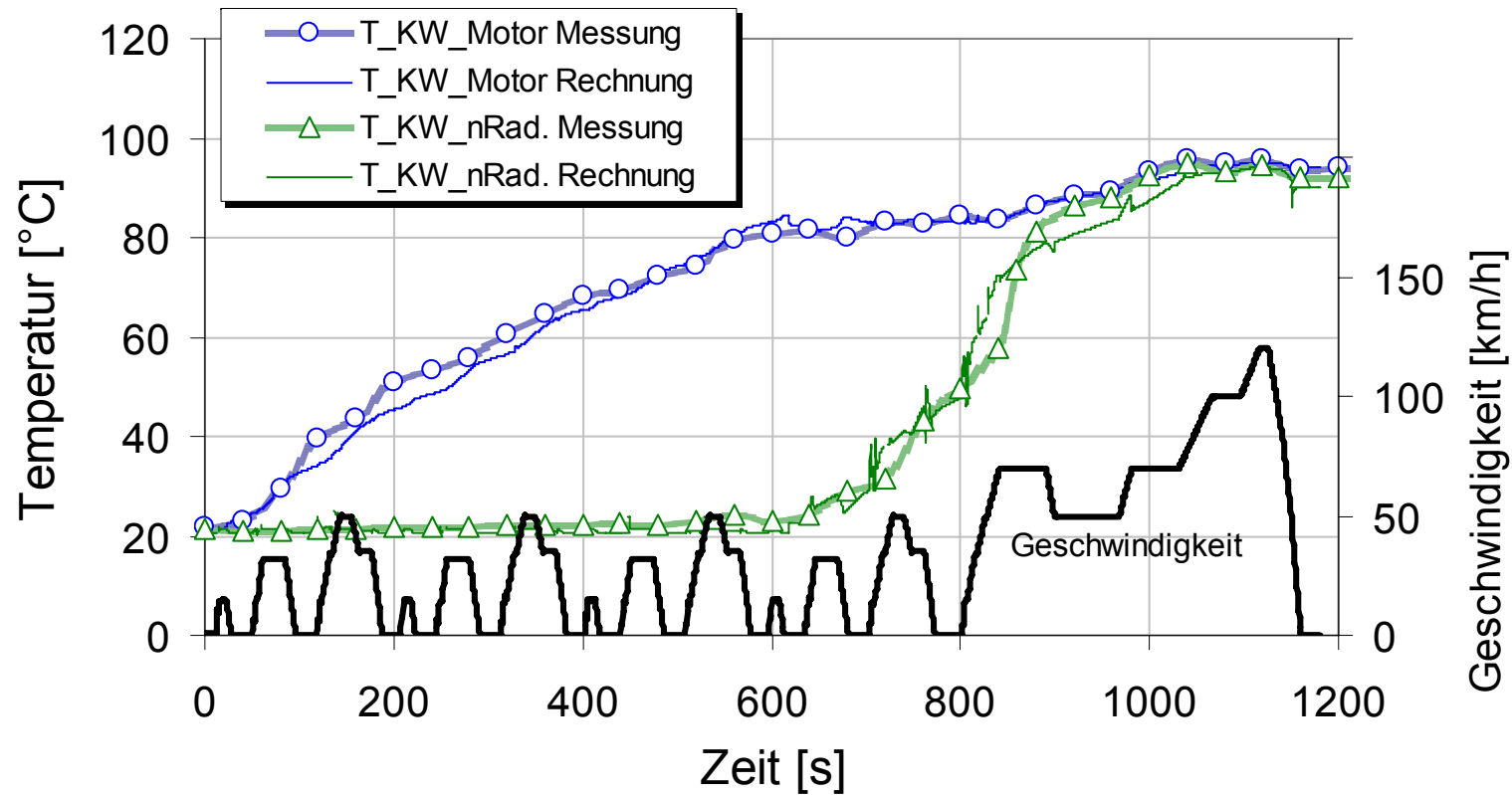
Partitionierter Ansatz (Teilmodelle)

- Unterschiedliche Simulationsprogramme
- Verwendung bestehender Modelle
- Unterschiedliche Solver für die Modelle (optimaler Zeitschritt)
- Koppelungstool für Datenaustausch wird benötigt



Gesamtfahrzeuguntersuchung

Simulation mit partitioniertem Ansatz vs. Messung



Quelle: W. Puntigam et al.

Fazit

- V-Modell bietet einen guten Ansatz zur effizienten Anwendung von Simulationsmethoden
- Bei den durchgeführten Simulationen konnte eine hohe Qualität der Ergebnisse erzielt werden
 - Wärmeübertrager: Abweichungen zu Messung < 5%
 - Gesamtkreislauf: Abweichung zu Messung < 5%
- Simulation kann einen wesentlichen Beitrag zu Auslegung und Optimierung der Komponenten liefern
- Systemdesign des Kreislaufes kann mittels Simulation untersucht und optimiert werden
- Gesamtfahrzeugsimulation mittels Kopplung ist realisierbar

Ausblick

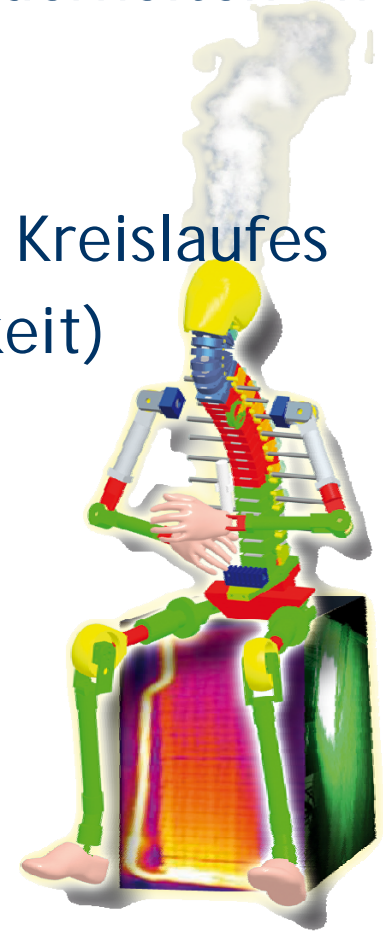
- Kreislaufsimulation in Hinblick auf die Besonderheiten im Gesamtfahrzeug (Luftströmung, Kabine,...)
- Entwicklung neuer Komponentenmodelle
- Optimierung der energetischen Effizienz des Kreislaufes
- Abbildung der Regelung (auch Echtzeitfähigkeit)
- Gesamtfahrzeugsimulation

→ Es gibt noch viel interessante Arbeit!!!

→ Wir suchen:

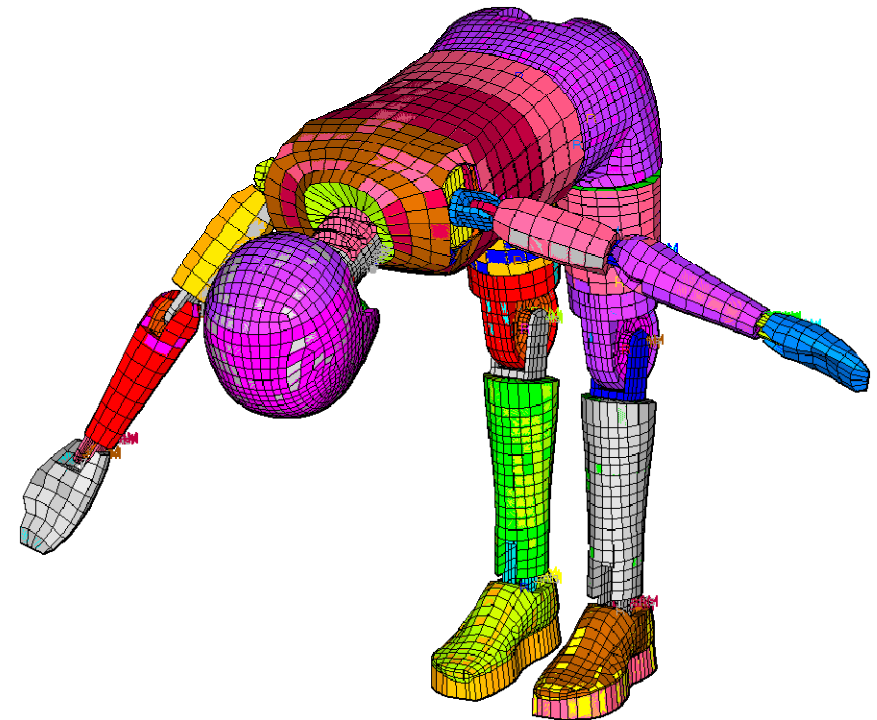
Diplomanden/Praktikanten
wissenschaftliche Mitarbeiter

klaus.martin@v2c2.at, www.v2c2.at



Vielen Dank!

This presentation was created at and sponsored by ,The Virtual Vehicle Competence Center (vif)', Graz/Austria. Initiated by the K plus Competence Center Program and sponsored by Land Steiermark and Steirische Wirtschaftsförderungsgesellschaft mbH



A Competence Center of



K plus Competence Center - Initiated by the Federal Ministry of Transport, Innovation and Technology (BMVIT). Funded by FFG, Land Steiermark and Steirische Wirtschaftsförderung (SFG)