

---

# SmartCAE-Modellierungsframework

---

## Gründe für *Mathematica* als Basis des Modellierungsframeworks

### ■ Vergleich mit anderen Berechnungsplattformen

#### ■ Vergleich mit Matlab

- + Starke Verbreitung in der Industrie
- - Keine integrierten symbolischen Fähigkeiten
- - Keine besonders effektive Löser für Differentialgleichungen, DAE's und partielle Differentialgleichungen
- - Keine besonders effektive Programmiersprache für SymbolicCAE

#### ■ Vergleich mit Excel

- + Starke Verbreitung
- - Keine numerischen und symbolischen Fähigkeiten

## ■ Vergleich mit Modelica

- + Starke Modellierungsumgebung für mechatronische Systeme
- - Keine integrierten symbolischen Fähigkeiten
- - Keine wirkliche Programmierungsumgebung für GUI's

## ■ Vergleich mit Maple

- + Integrierte symbolische Fähigkeiten
- - Keine besonders effektive numerische Löser für Differentialgleichungen, DAE's und partielle Differentialgleichungen

## ■ Vergleich mit herkömmlichen Programmiersprachen (C,C++, Fortran)

- + Ausgereifte Programmierwerkzeuge für GUI's
- - Keine symbolischen Fähigkeiten
- - Numerik nur über zusätzliche Libraries darstellbar
- - Erfordert zu hohe Anforderungen an den Benutzung zur Erweiterung
- -10-50x längere Entwicklung als mit SymbolicCAE für Modelle

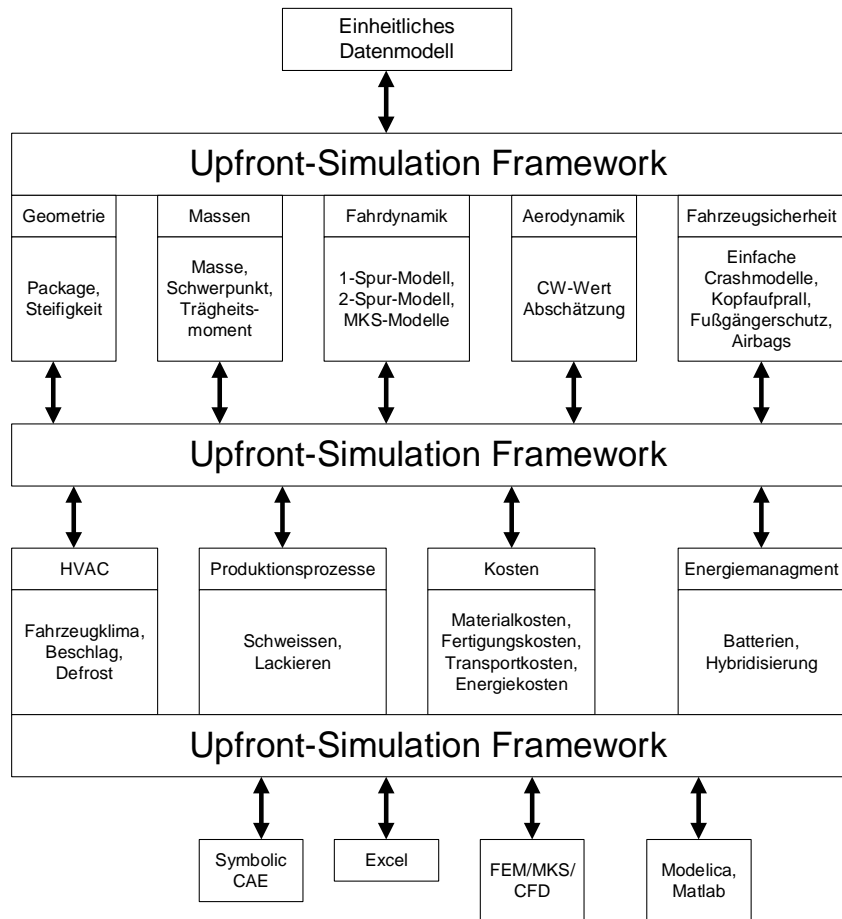
## ▪ Modellierung in der frühen Konzeptphase

- Für die frühe Konzeptphase wird bei SmartCAE ein objektorientiertes Framework entwickelt, das aus der Praxis in 14 Jahren Erfahrung mit der mathematischen Modellierung physikalischer Probleme resultiert.
- Das Ziel des Frameworks ist eine Berechnungsumgebung zur Verfügung zu stellen, um alle in dieser Phase auftretenden Anforderungen schon zu einem möglichst frühen Zeitpunkt in ihrer Gesamtheit untersuchen zu können.
- Um dies erreichen zu können, ist es wesentlich, dass die Modelle mit den dann zur Verfügung stehenden Daten auskommen, hinreichend kurze Berechnungszeiten haben und einfach zu bedienen sind.
- Für jede Fragestellung soll die am besten geeignete mathematische Beschreibung und eine angemessene Lösungsmethode verwendet werden können.
- Externe Programm sind einbindbar
- Durch die Benutzung der *Mathematica* Sprache ist es sehr einfach möglich

## Parameterstudien zu erstellen

- Es werden nur die Berechnungen durchgeführt, die für die jeweilige Sichtweise notwendig sind. Zwischenergebnisse werden gespeichert.
  - Einfache Möglichkeit einzelne Modelle zu testen und dokumentieren.
  - Das Framework soll durch zusätzliche Module erweiterbar sein und bestehende Module sollen mit vertretbarem Aufwand erweitert und verbessert werden.
- ⇒ Berechnungsplattform *Mathematica* + Erweiterung objektorientierte Umgebung, GUI-Generierung ...

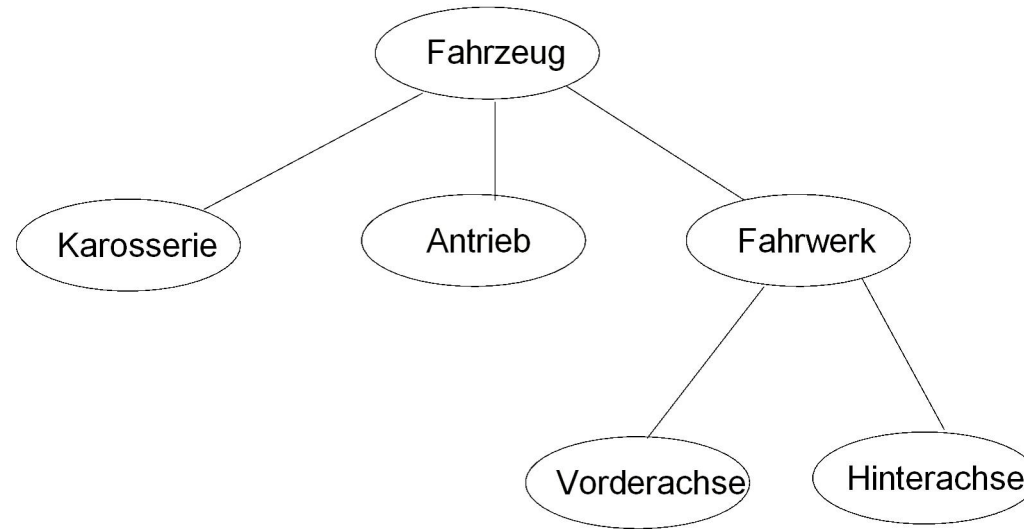
## Modellierungsframework



## ▪ Fahrzeug-Simulationen: Fahrzeug + Randbedingungen

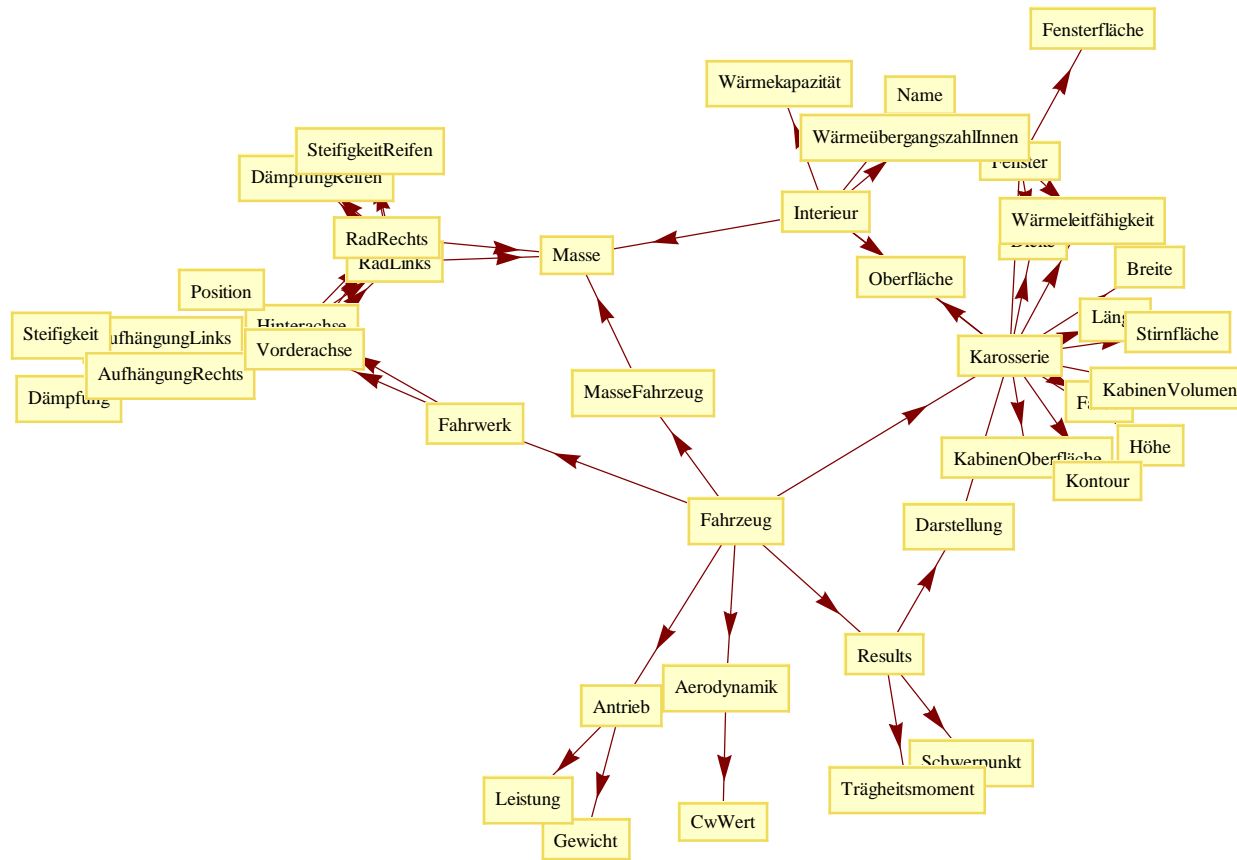
- Beispiel Fahrdynamikuntersuchung: Fahrzeug  $x$  fährt mit Geschwindigkeit  $v$  auf Fahrbahn  $y$
- Fahrzeug + Fahrbahn + Randbedingungen  $\Rightarrow$  Simulation
- $\Rightarrow$  Herausforderung: Organisation und Verwaltung vieler Modelle und Parameter

## ▪ Aufbau eines Fahrzeuges aus Komponenten

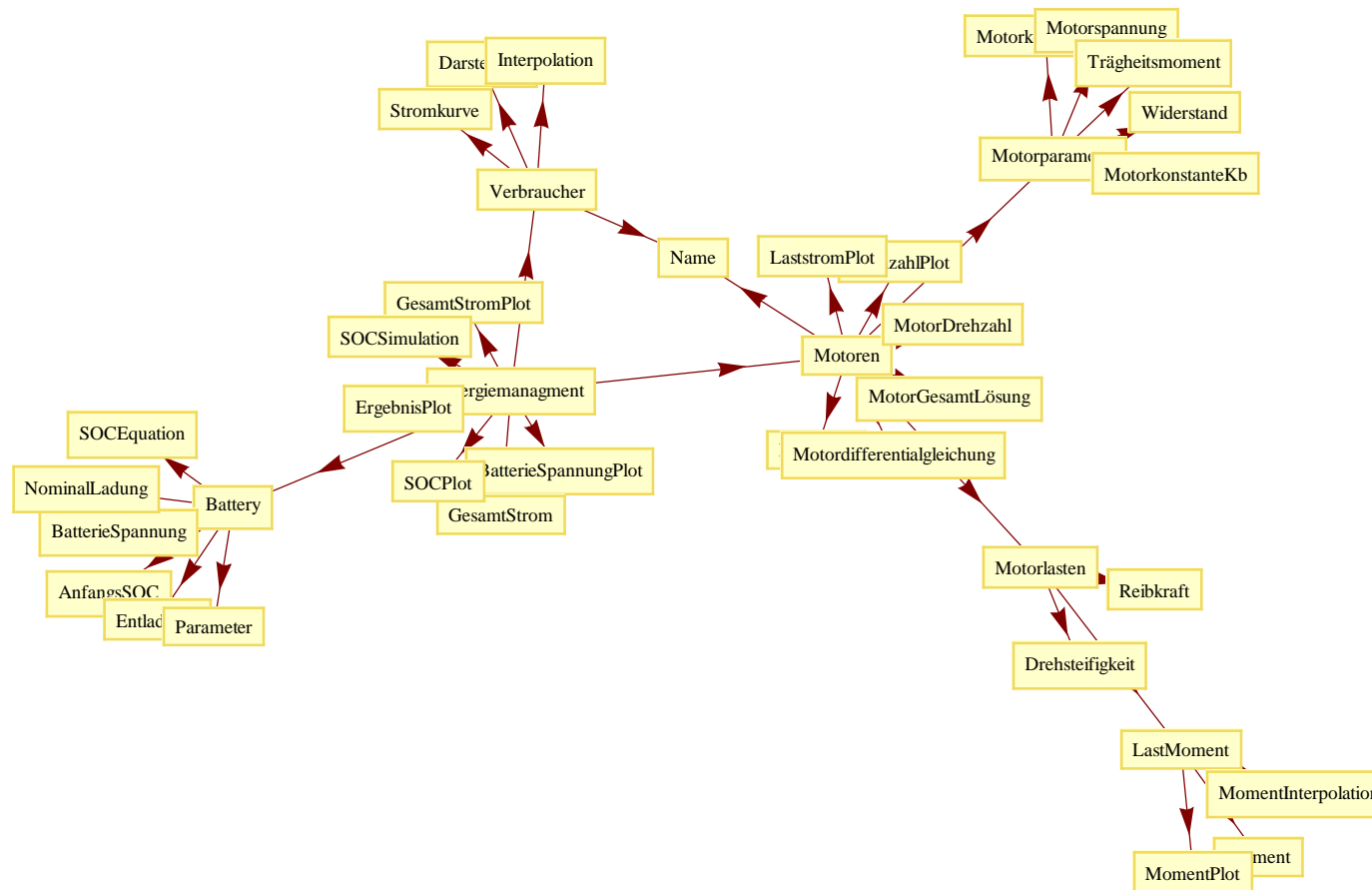


Überblick über die Komplexität der Zusammenhänge von Modellen

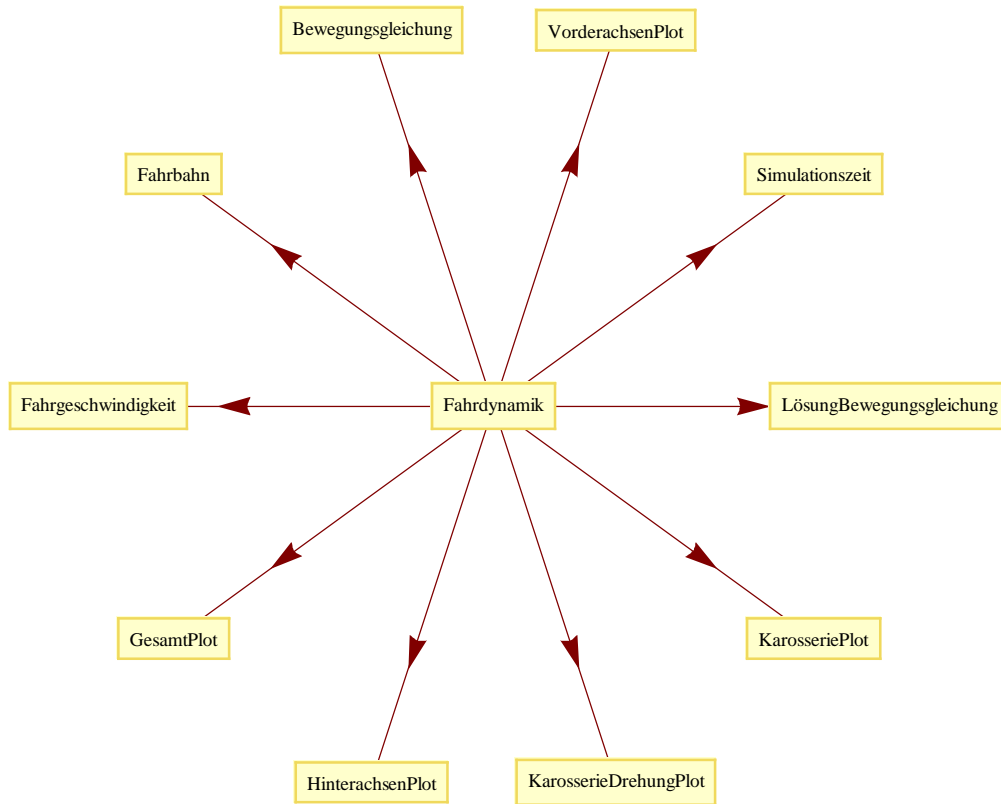
## Ausschnitt des Aufbau des Fahrzeugs



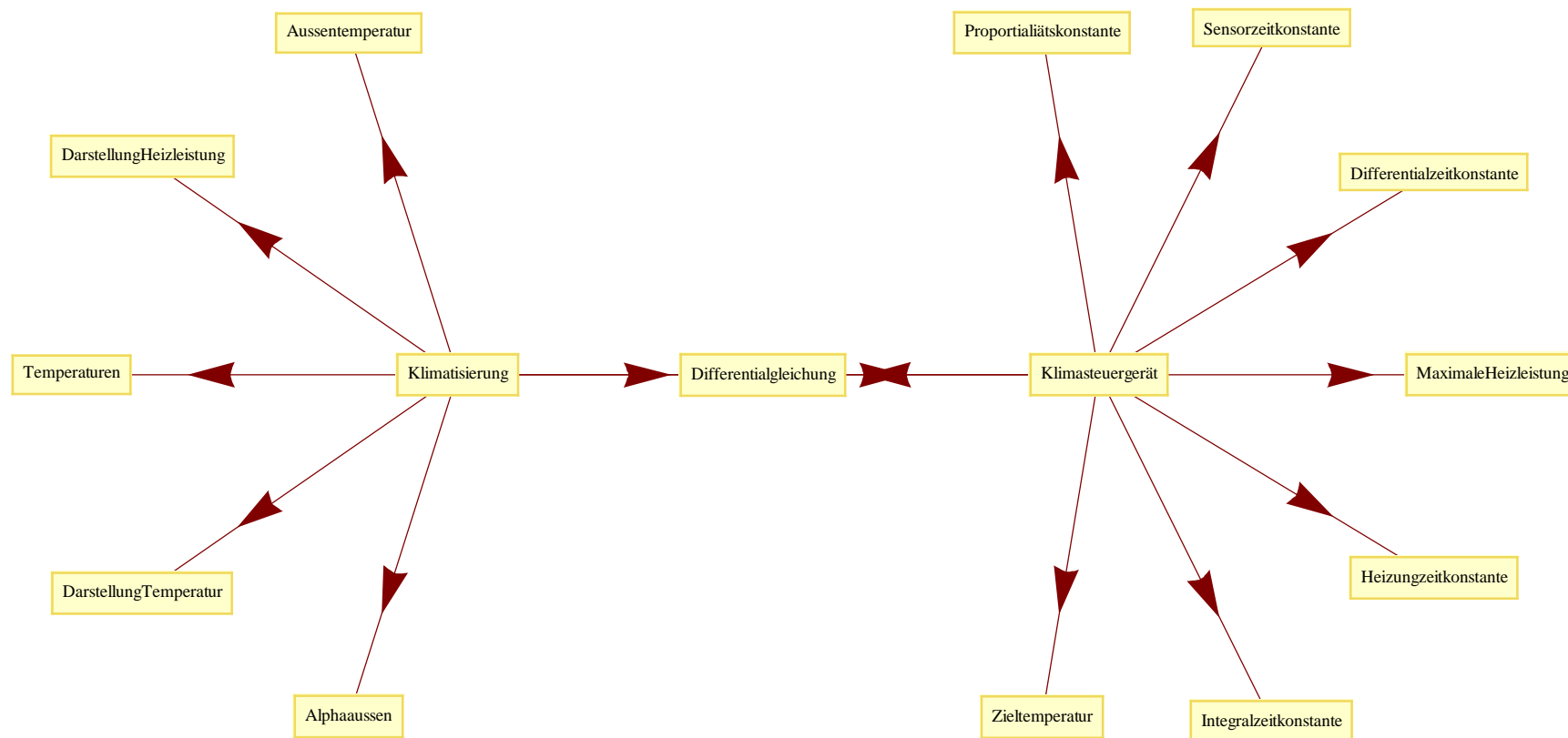
## Ausschnitt des Energiemanagement des Fahrzeugs



# Ausschnitt der Fahrdynamik des Fahrzeugs



## Ausschnitt der Klimatisierung des Fahrzeugs



## Einblick in das Energiemanagment

# Fahrzeug-Simulation

Close Save Load

Help

Fahrzeug ▶ Save Load

Verbrauch ▶

Fahrdynamik ▶

Energiemanagment ▼

Battery ▼ Save Load

NominalLadung 110 Ah ▼

AnfangsSOC ▼ 100. [%]

Verbraucher ▼

Motoren ▼

GesamtStromPlot ▶

Batterie SpannungPlot ▶

ErgebnisPlot ▼

Klimatisierung ▶

↑ ↓ -	Insert: Stromverbraucher
+	Name
⊕ ↓	Verbraucher+Generator

↑ ↓ -	Insert: ElectroMotor
+	Name
⊕ ↓	E-Motor

Strom in A

Zeit in h

SOC in %

Zeit in h

Spannung in V

Zeit in h

## Einblick in die Klimatisierung

SmartCAE **Fahrzeug-Simulation**

Close Save Load Help

Fahrdynamik >  
Energiemanagment >  
Klimatisierung >

Klimasteuergerät

Save Load

Zieltemperatur ▶ 20. [°C]  
Heizzeitkonstante ▶ 1. [s]  
Sensorzeitkonstante ▶ 2. [s]  
Proportionalitätskonstante ▶ 300. []  
Integralzeitkonstante ▶ 100. [s]  
Differentialzeitkonstante ▶ 1. [s]

Aussetemperatur ▶ -10. [°C]

DarstellungTemperatur

DarstellungHeizleistung