



Der Freikolbenlineargenerator

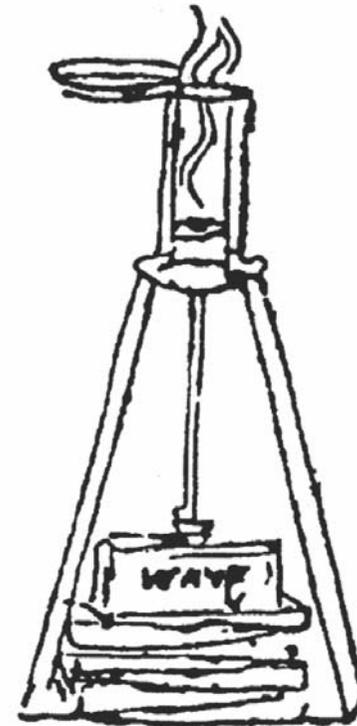
Einsatz von Modelica zur dynamischen Simulation

Sven-Erik Pohl
Institut für Fahrzeugkonzepte

Esslingen
29. November 2004



Feuermaschine von Leonardo da Vinci (1508)



Agenda

- ▶ Der Freikolbenlinearmotor – Eine Einführung
- ▶ Modellierung
- ▶ Simulation
- ▶ Zusammenfassung

Der Freikolbenlineargenerator

Ein **Freikolbenmotor** ist

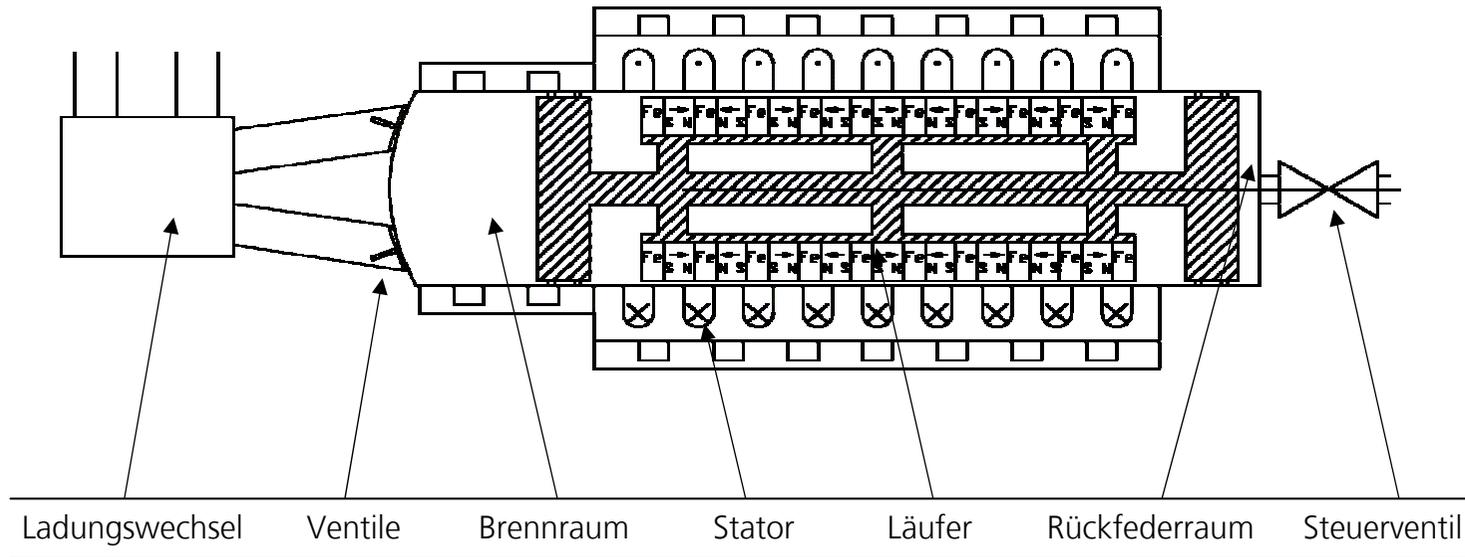
- ▶ ein Hubkolbenmotor
- ▶ der vom Zwanglauf der Kurbelwelle befreit ist.

In Verbindung mit einem **Lineargenerator**

- ▶ der die Bewegungsenergie direkt,
- ▶ mit einem hohen Wirkungsgrad,
- ▶ in elektrischen Strom umwandelt,

ergibt sich eine **kompakte Stromerzeugungseinheit**.

Der Freikolbenlineargenerator Funktionsprinzip



Der Freikolbenlineargenerator Eigenschaften

Variabler Hub

Vollkommene Entdrosselung
reduzierter Wandwärmeverlust
weniger Kolbenreibung in der Teillast

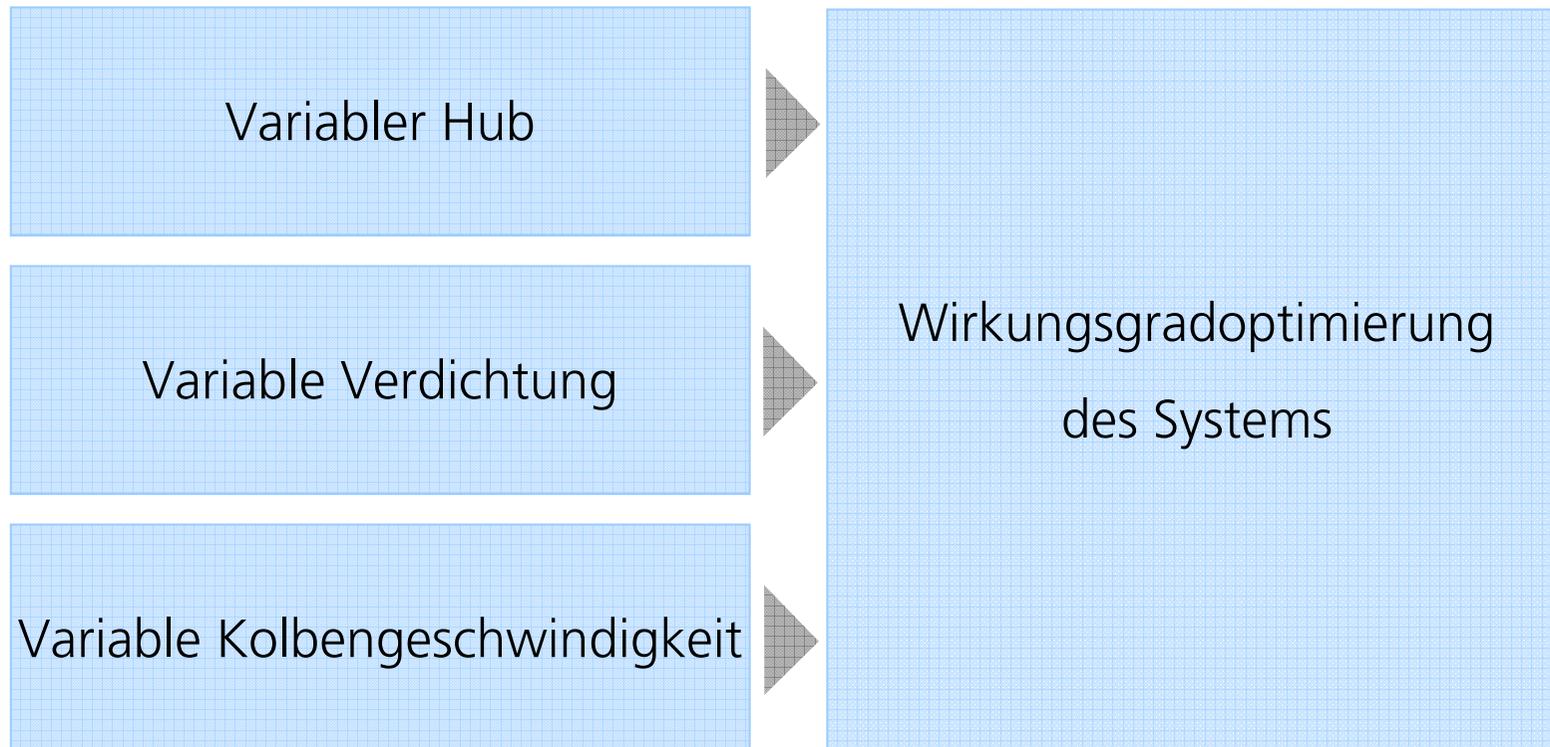
Variable Verdichtung

Homogene Raumzündung (HCCI)
Anpassbar an verschiedene Kraftstoffe

Variable Kolbengeschwindigkeit

Beeinflussung der Abgasemissionen

Der Freikolbenlineargenerator Eigenschaften

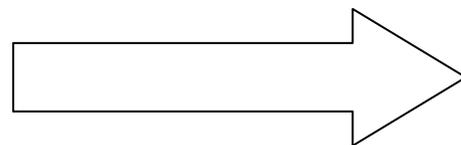


Der Freikolbenlineargenerator Herausforderungen

- ▶ Durch die fehlende Synchronisation des Kurbeltriebs entsteht erhöhter Bedarf für die **System-Regelung**
 - elektronische Kurbelwelle
 - elektronische Nockenwelle
- ▶ Gestaltung der **Verbrennung**
 - Realisierung 2-Takt-Prozess mit Kopfspülung
 - Wahl und Gestaltung des optimalen Verbrennungsprozesses

Modellierung Anforderungen

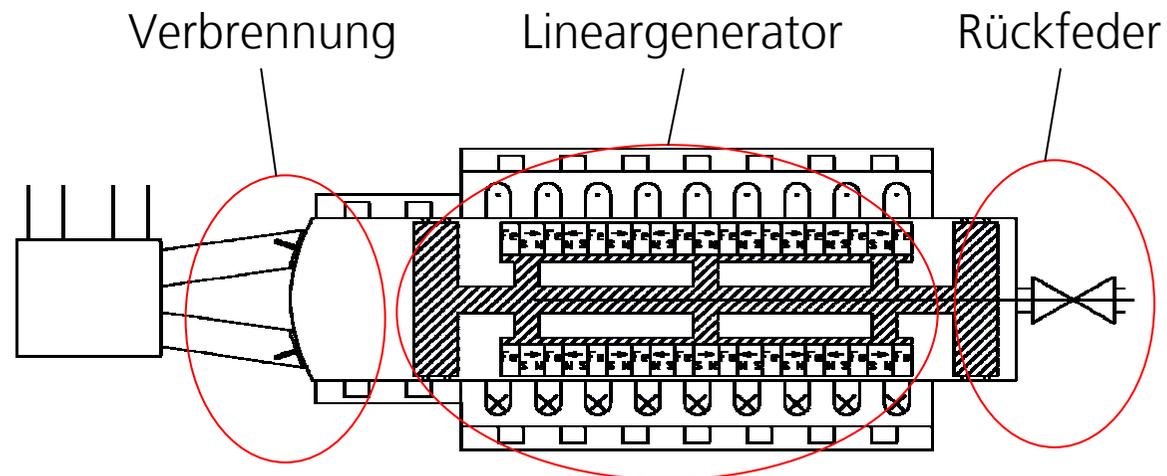
- ▶ Multiphysikalische Systemstruktur (Thermodynamik, Elektrotechnik, Regelungstechnik)
- ▶ Komponenten-Bibliothek (hohe Wiederverwendbarkeit)
- ▶ Ermöglichung mehrerer Abstraktionsebenen
- ▶ Zeitkontinuierliche Betrachtungen (Dynamische Simulation)
- ▶ Ziele der Simulation:
 - Abbildung des FKLG mit möglichst hoher Realitätsnähe
 - Erforschen des Systemverhaltens
 - Entwicklung und Erprobung von Regelstrategien
 - Auslegungsrechnungen für Teilkomponenten



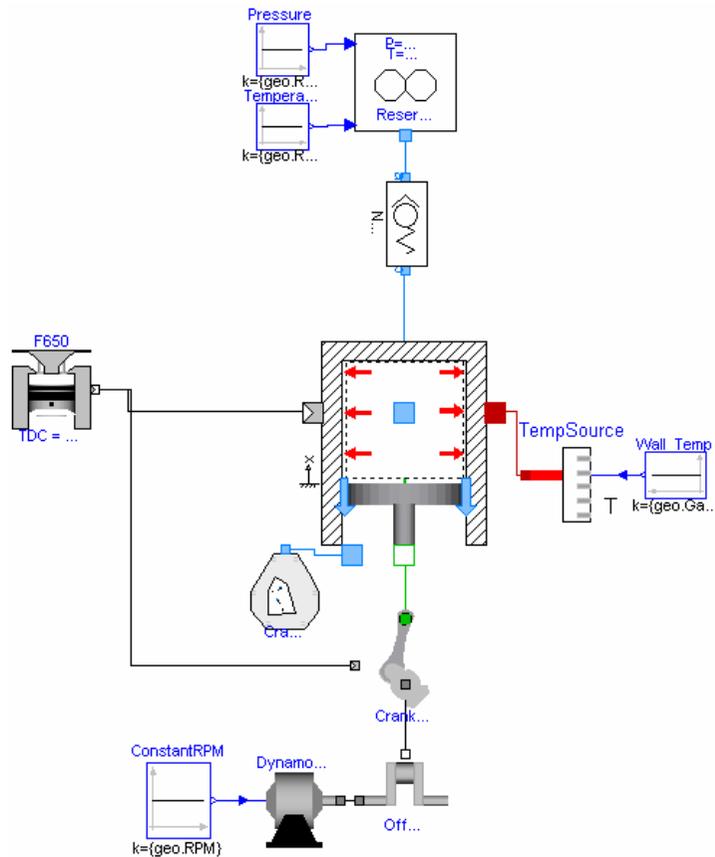
Dymola/Modelica

Modellierung Struktur

- ▶ Aufteilung in 3 Teilsysteme



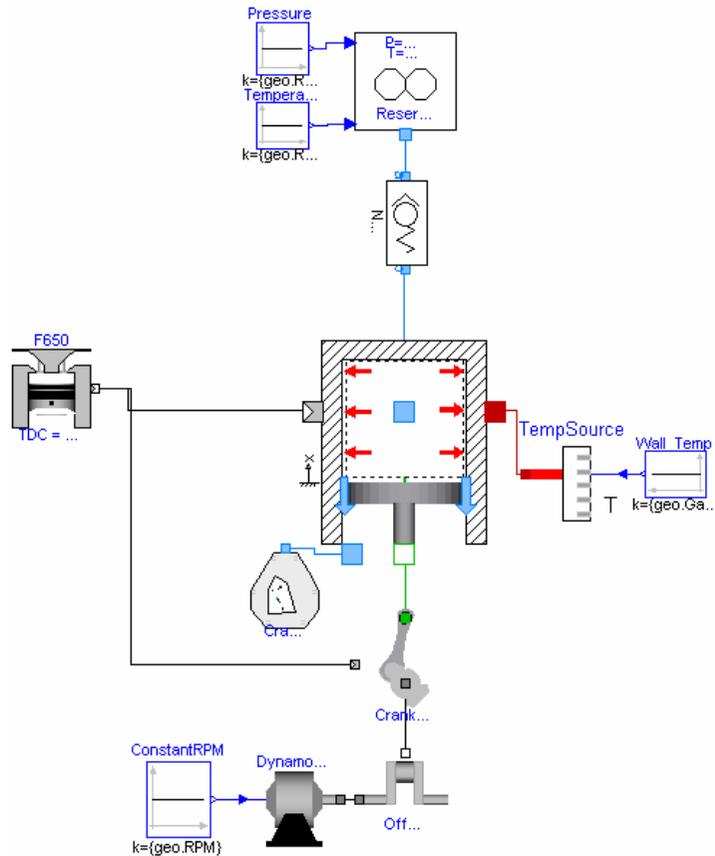
Modellierung Gasfeder



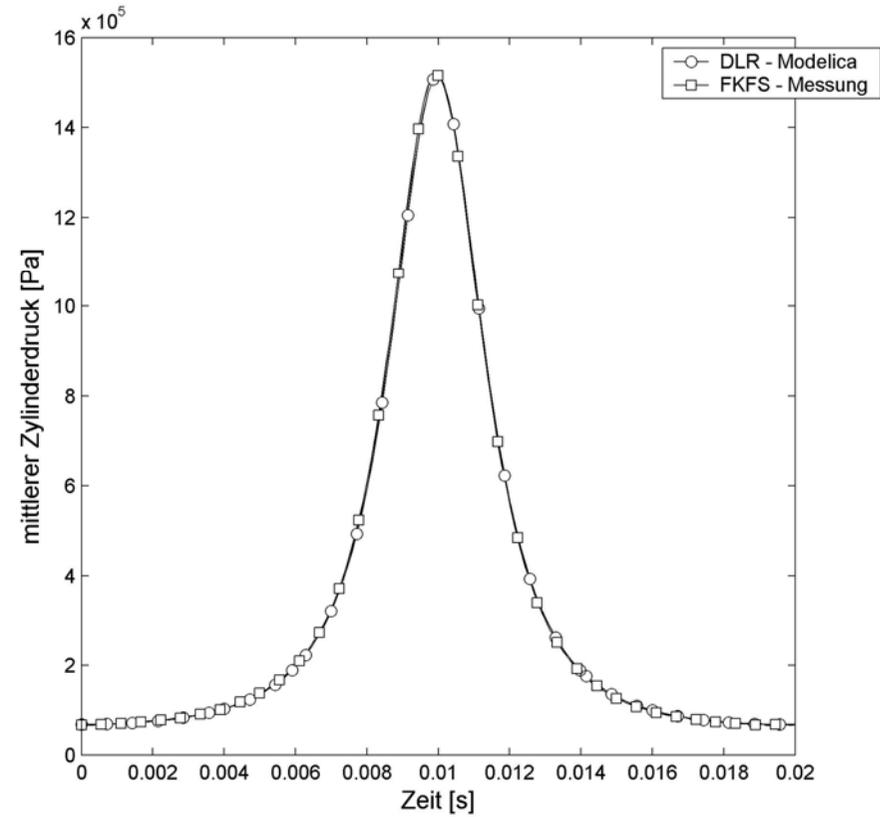
Komponenten der Gasfeder

- ▶ Stoffmodell
- ▶ Kontrollvolumen
- ▶ Volumenberechnung
- ▶ Wandwärmeübergang (optional)
- ▶ Massenverlust, Blowby (optinal)

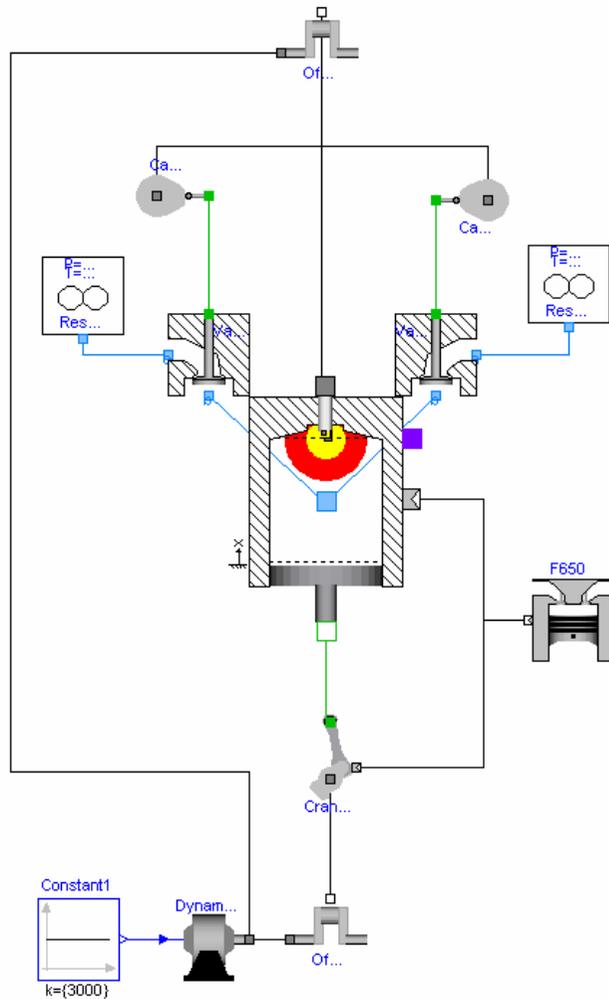
Modellierung Gasfeder



Anpassung an Messergebnisse



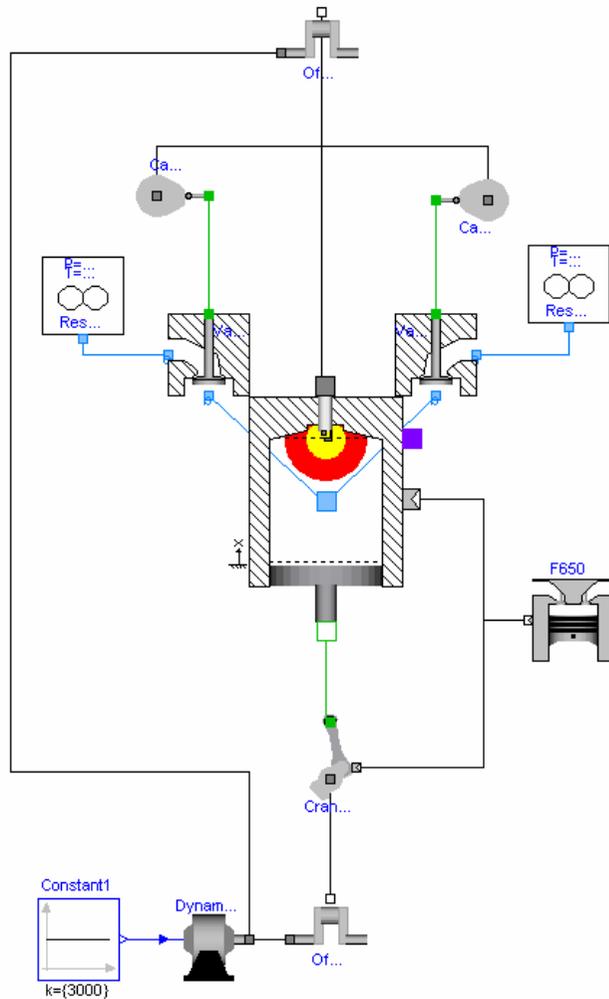
Modellierung Verbrennungszylinder



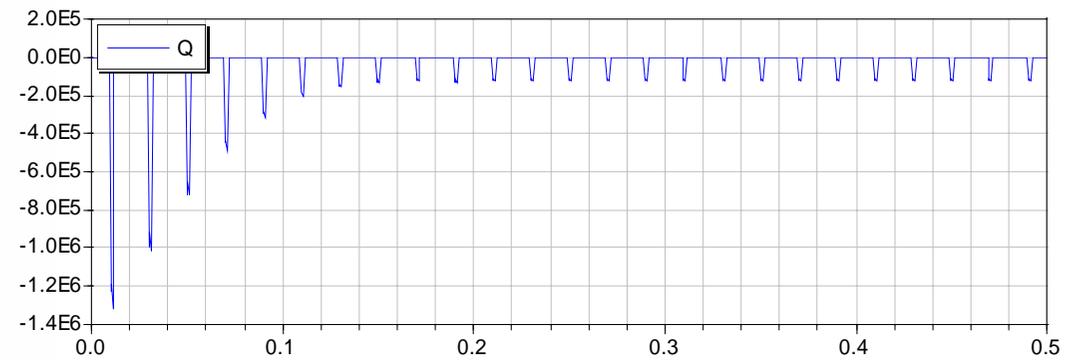
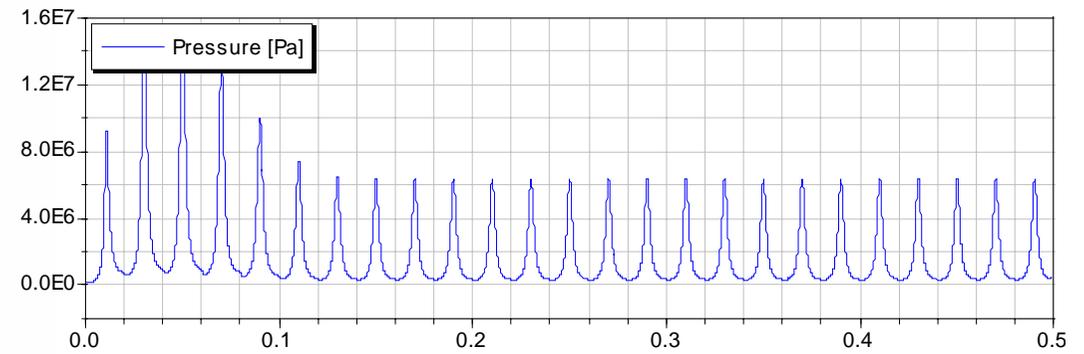
Komponenten des Verbrennungszylinders

- ▶ Stoffmodell
- ▶ Kontrollvolumen
- ▶ Volumenberechnung
- ▶ Verbrennungsmodell (\sin^2 , Vibe)
- ▶ Wandwärmeübergang (optional)
- ▶ Massenverlust, Blowby (optional)

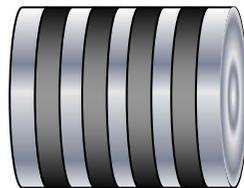
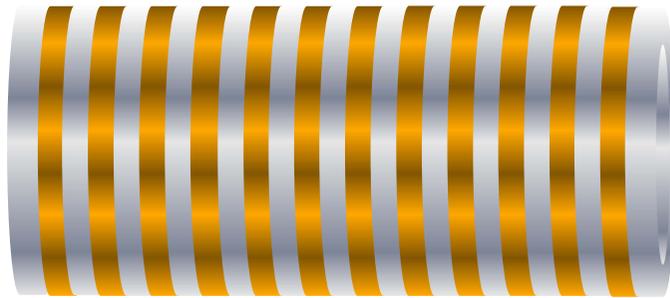
Modellierung Verbrennungszylinder



Simulation des Verbrennungszylinders



Modellierung Lineargenerator



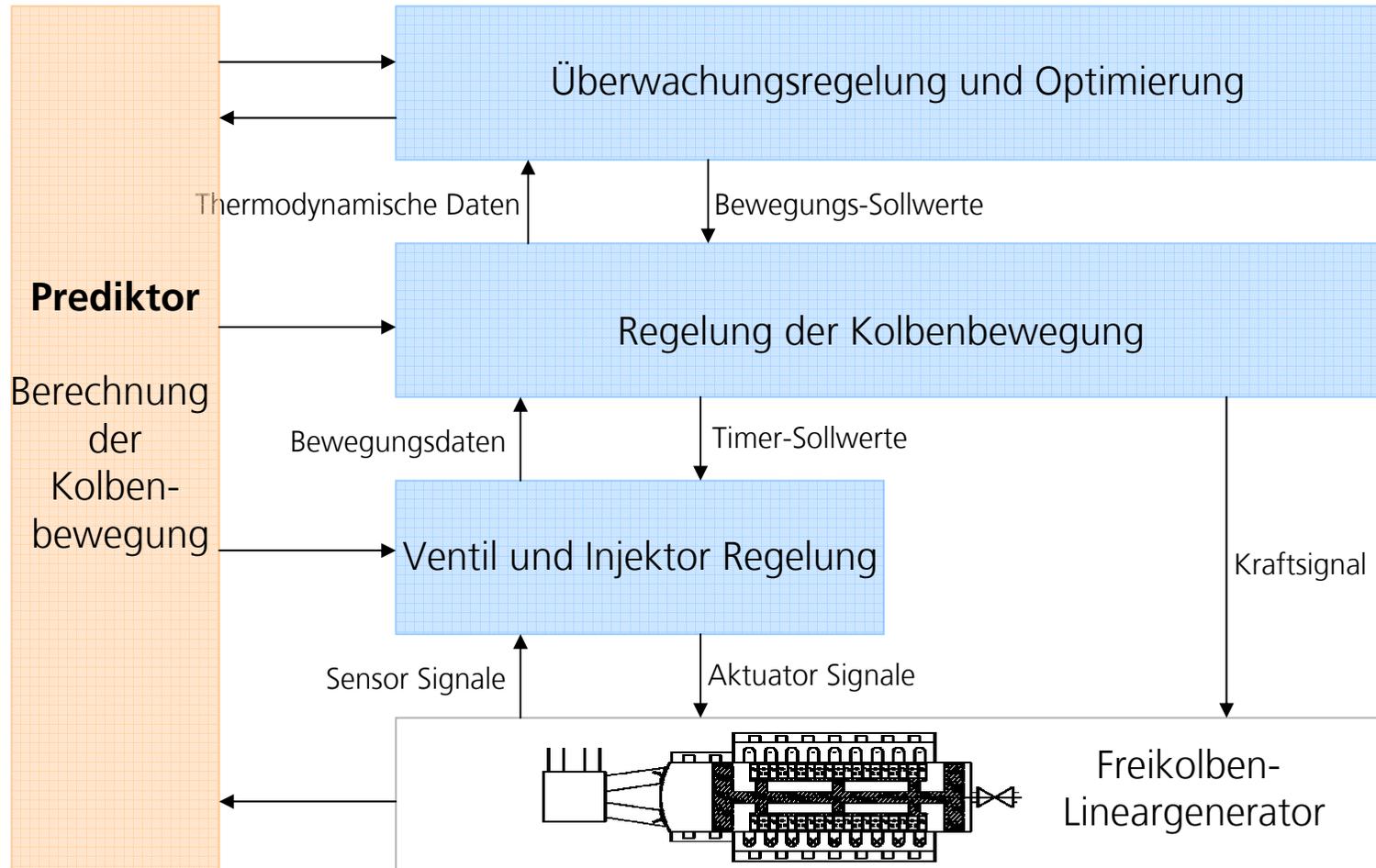
Eigenschaften des Lineargenerators

- ▶ Hoher Wirkungsgrad
- ▶ Einfache Produktion
- ▶ Kostengünstig
- ▶ Kompakt

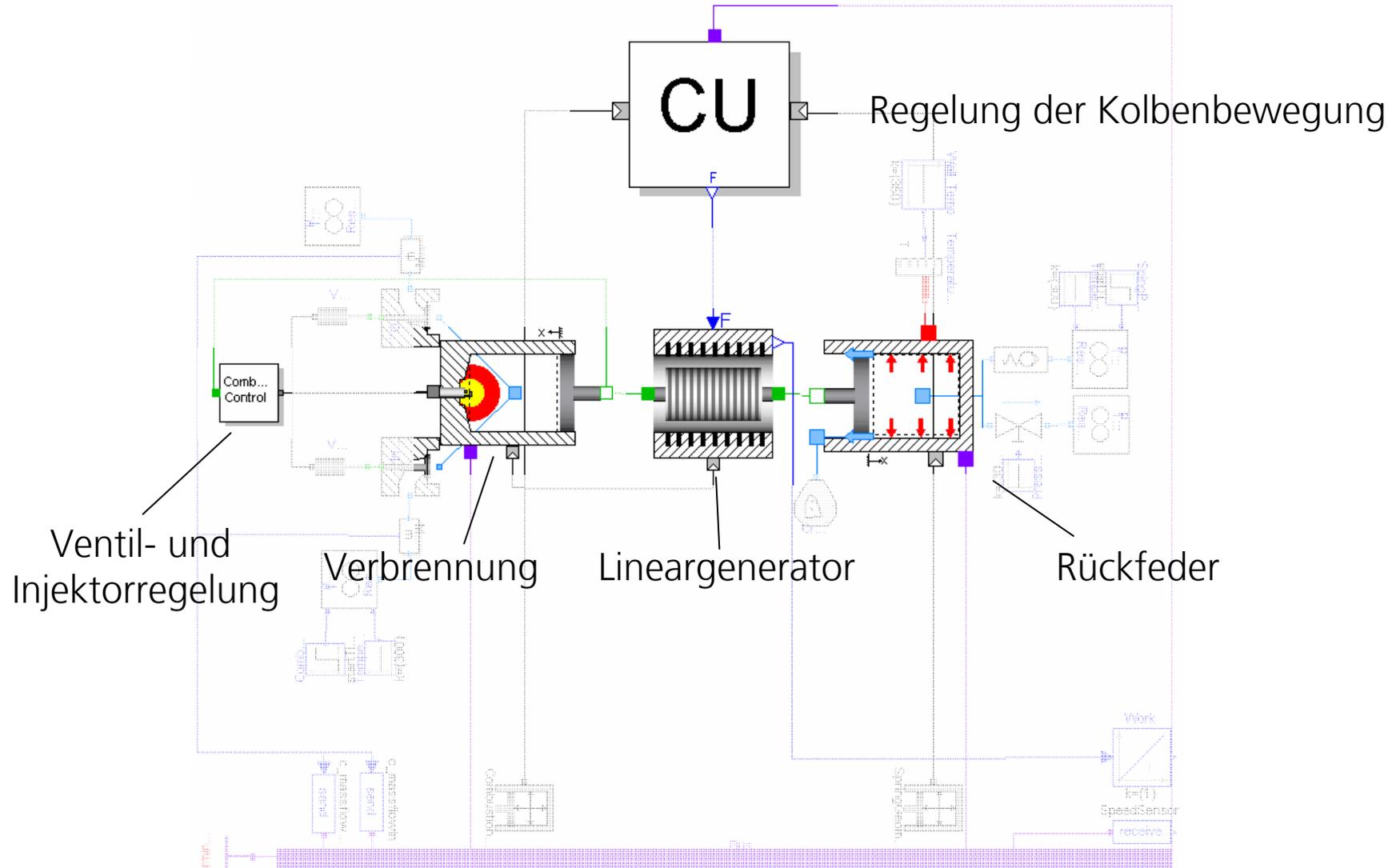
Umsetzung

- ▶ Regelung bestimmt Soll-Kraft
- ▶ Ist-Kraft: Leistungselektronik stellt die Ströme in der Maschine entsprechend ein.

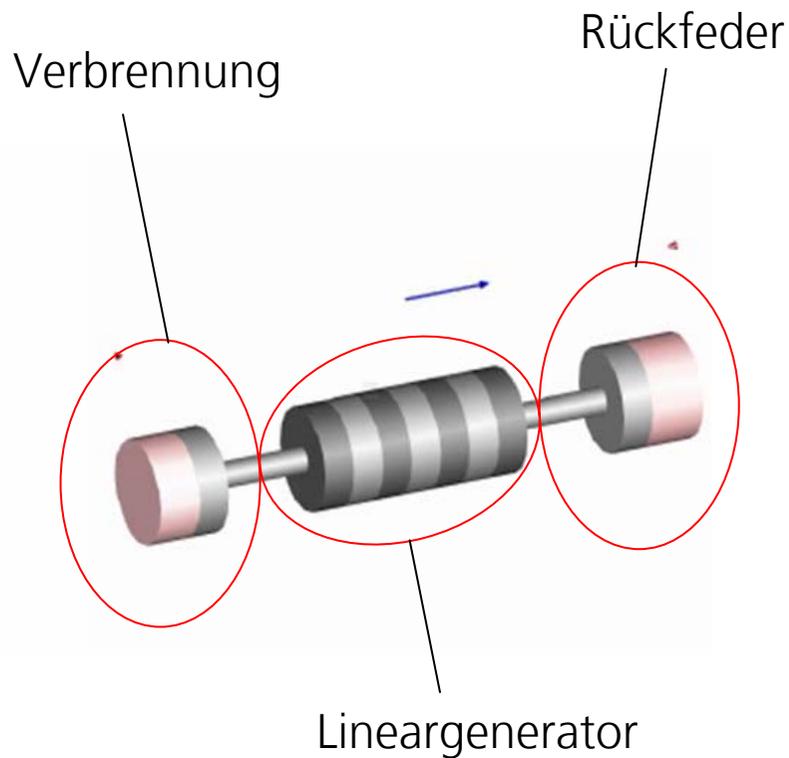
Modellierung Regelung



Simulation Dynamische Systemsimulation

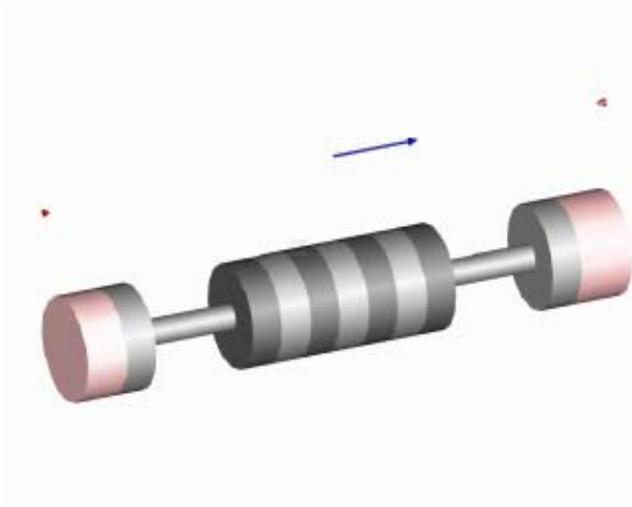


Simulation Dynamische Systemsimulation

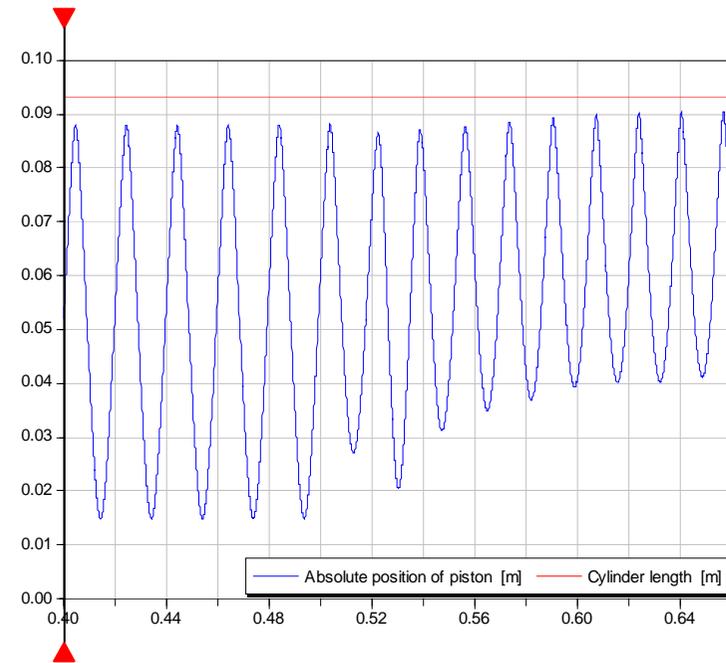


- ▶ Simulation mit 1100 Gleichungen
- ▶ 3D-Visualisierung (MultiBody-Library)
- ▶ 0.6s Rechenzeit für 1s Simulationszeit
- ▶ Beispiel:
dynamische Zustandsänderung

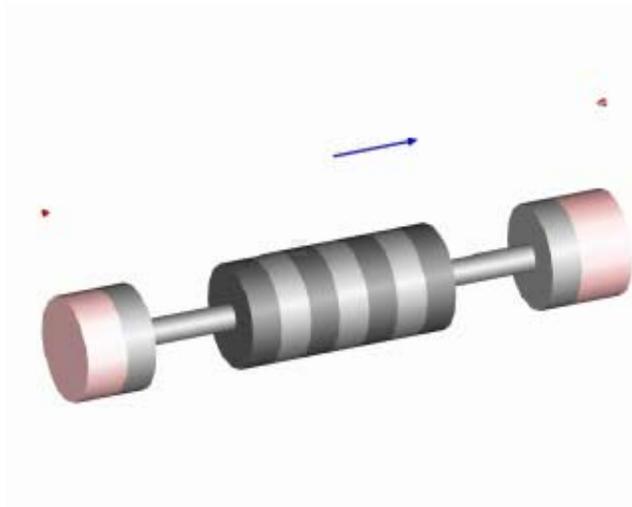
Simulation Dynamische Systemsimulation



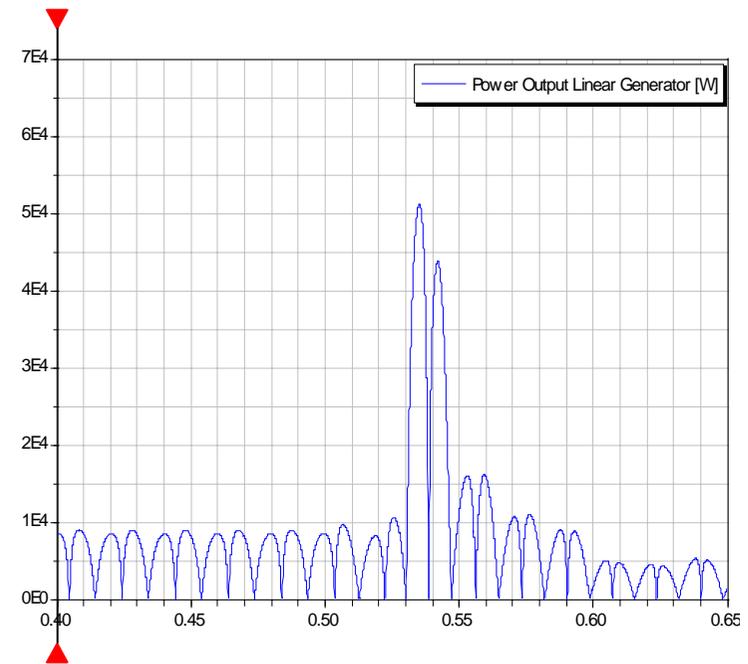
Kolbenposition



Simulation Dynamische Systemsimulation



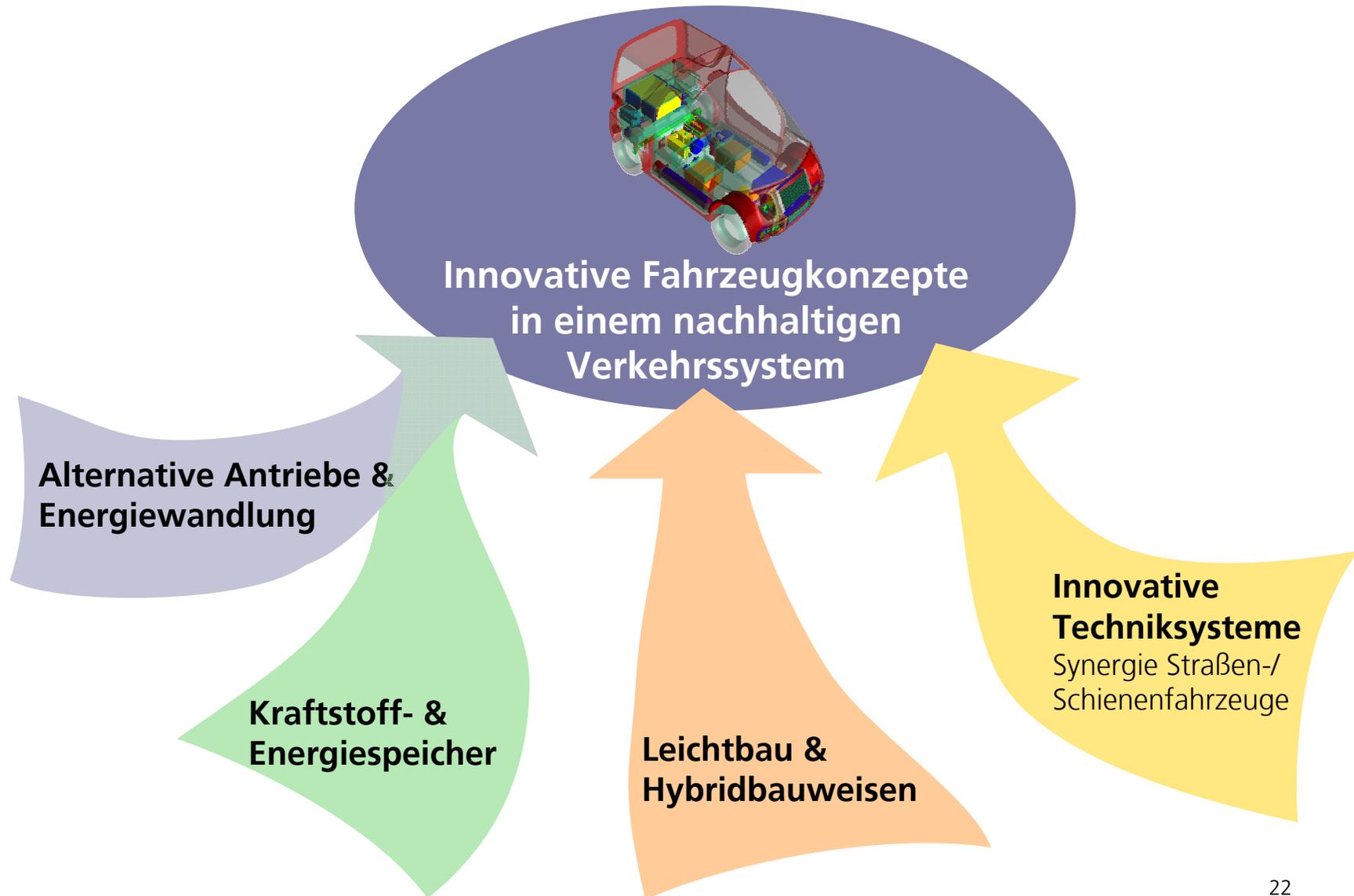
Energieauskopplung



Zusammenfassung

- ▶ Dymola/Modelica ermöglicht die Umsetzung des komplexen Freikolbenlineargenerators zur dynamischen Simulation
- ▶ Es ist möglich Regelungskonzepte im Simulationsstadium zu entwickeln, erproben und verbessern.
- ▶ Ausgehend von der Basissimulation können Teilsysteme detailliert modelliert und untersucht werden.
- ▶ Weiteres Detaillierungsstufen sind möglich.
 - Wirklichkeitsnahe Regelung
 - Detaillierte Verbrennung
 - Leistungselektronik

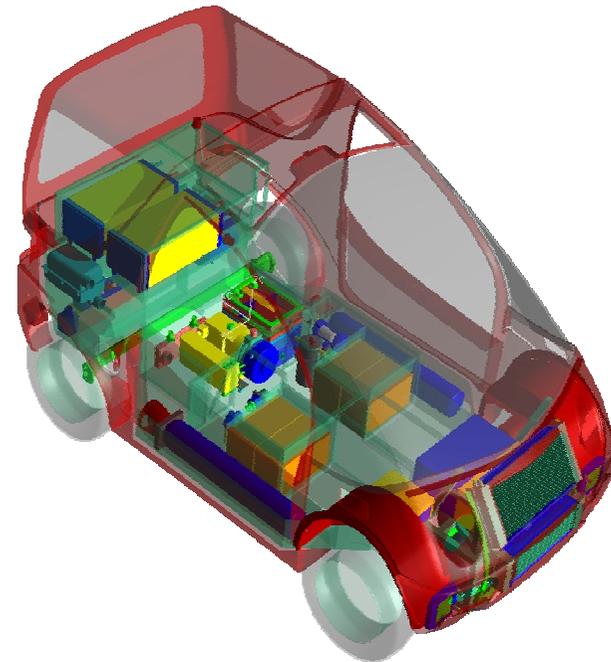
Das Institut für Fahrzeugkonzepte



Forschungsfeld - Alternative Antriebe

Stromerzeugung im Fahrzeug für Antrieb und Bordnetz

- Brennstoffzelle
 - Hybridantrieb
 - Akkumulator/SuperCap
- ▶ Speicherung alternativer Kraftstoffe
- ▶ Leistungselektronik



Modellierung multidisziplinärer Systeme mit Modelica

- ▶ Simulation von Hybrid- und Brennstoffzellensysteme
- ▶ Geplante Erweiterungen
 - Integrales Energiemanagement (elektrische, mechanische, thermische Energie)
 - Generierung von echtzeitfähigem Code
 - Optimierung
- ▶ Anwendungen im DLR:
 - Getriebesimulation
 - Fahrzeugdynamik
 - Flugdynamik
 - Roboter
 - Kraftwerkstechnik
 - ...

Vielen Dank für ihre
Aufmerksamkeit !

