



Antriebs- und Fahrwerktechnik

# Simpack-Echtzeitmodelle für eine Mehrprozessor-HIL Anwendung

Uwe Heitz  
ZF Friedrichshafen AG





# Softwaretest bei ZF Friedrichshafen

Testmethode

HiL

SiL

MiL



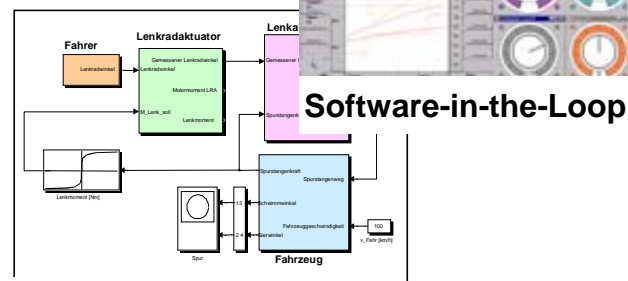
Prototyp



Verbundtest



Hardware-in-the-Loop



Software-in-the-Loop

Model-in-the-Loop

Integrationssebene



# ZF-Vernetzungs-HIL





# ZF-Vernetzungs-HIL - Tools



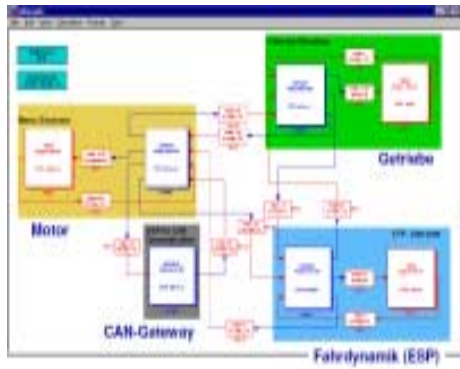
**AutomationDesk**  
Testautomatisierung



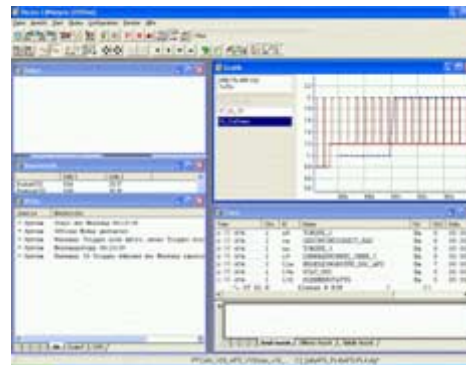
**ControlDesk**  
Bedienoberfläche



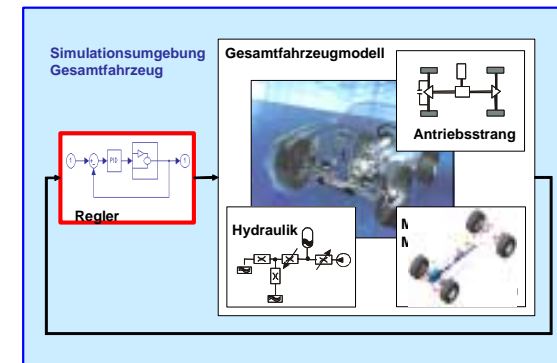
**MotionDesk**  
Visualisierung Fahrzeugverhalten



**Matlab /Simulink**  
Modell, CAN Block



**Canalyzer**  
Busmonitor



**Simpack / Dymola**  
Gesamtfahrzeugmodell



# Fahrzeugvermessung (fka, Aachen)



## → Kinematik

- ◆ Spur-, Sturz-, Spurweiten- und Radstandsänderung beim Hub- und Wankfedern
- ◆ Übersetzungen Feder-/Dämpferbein vorne, Feder und Dämpfer hinten

## → Elastokinematik

- ◆ Spur-, Sturz-, Spurweiten- und Radstandsänderung unter Längs- und Seitenkraft



# Fahrzeugvermessung (fka, Aachen)

- Kraftelemente
  - ◆ Radaufstandskräfte beim Hub- und Wankfedern
  - ◆ Nebenfederraten
  - ◆ Kennlinien der Druckanschlüge
- ungefederte Massen aus Radaufstandskräften ohne Aufbaufeder (Verschraubung Gummilager gelöst)
- Radlasten bei Beladung für Fahrversuch
- statische Spur- und Sturzwerte

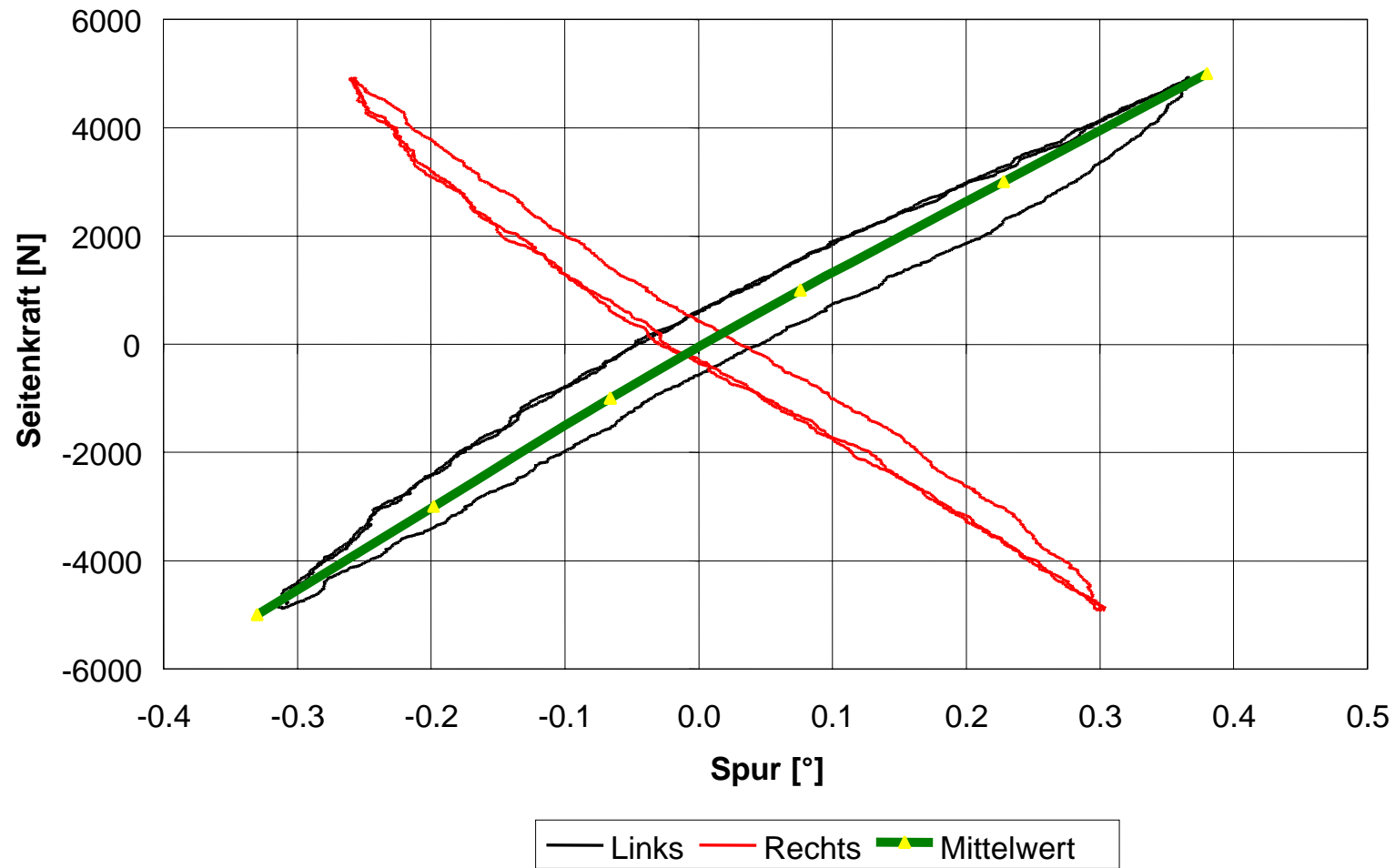


## Weitere Fahrzeugdaten

- Lenkkinematik in Konstruktionslage gemessen in FEZ-Werkstatt, abgeglichen mit Daten aus ERC-Projekt
- Schwerpunkthöhe, Massenträgheiten Gesamtfahrzeug skaliert aus Fahrzeugdaten anderer Projekte
- Radstand, Spurweite, Luftwiderstand aus Veröffentlichungen
- Reifenkennfelder (MF-Tire) vom Hersteller

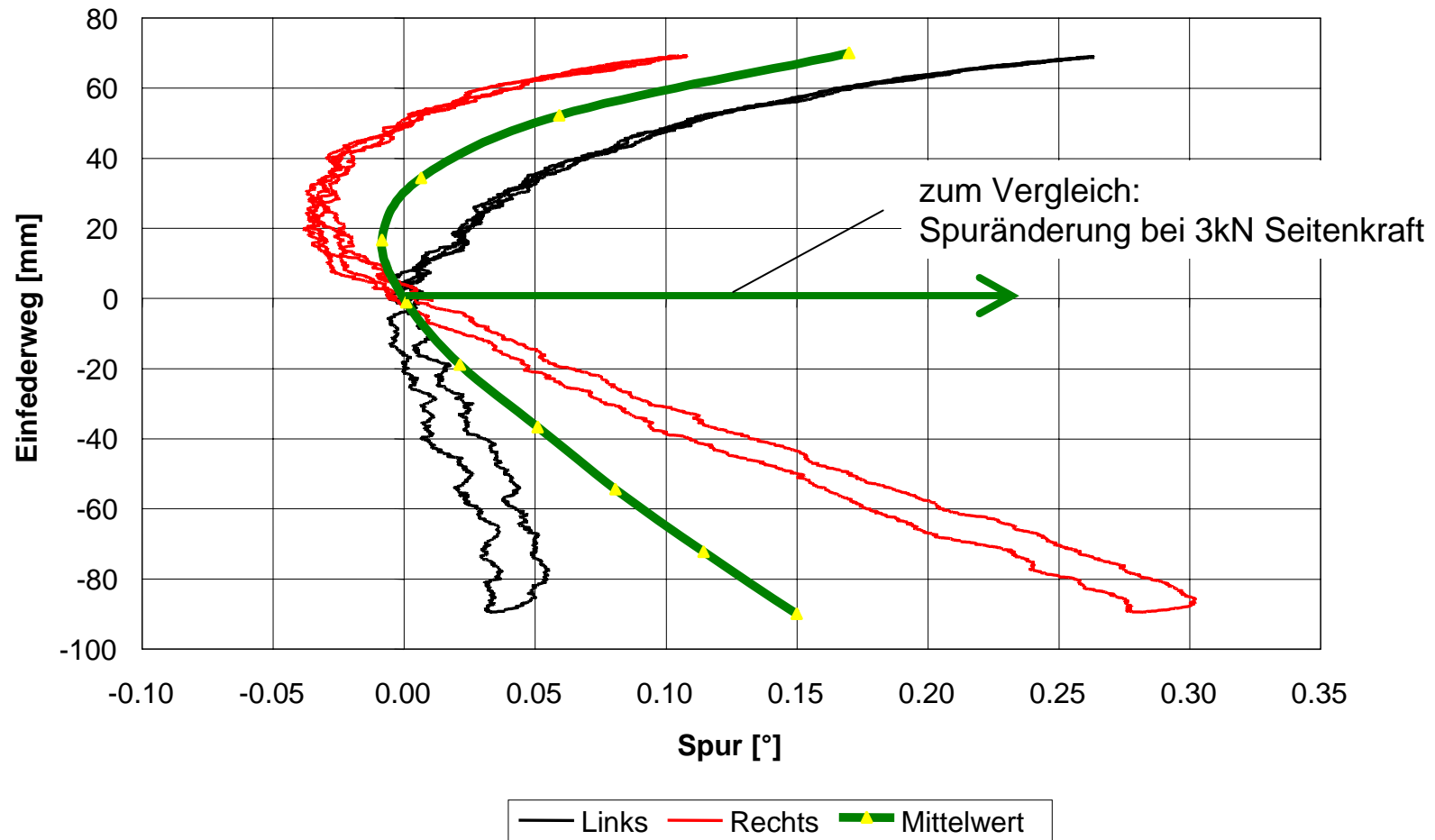


# elasto-kinematisches Kennfeldmodell Spuränderung unter Seitenkraft



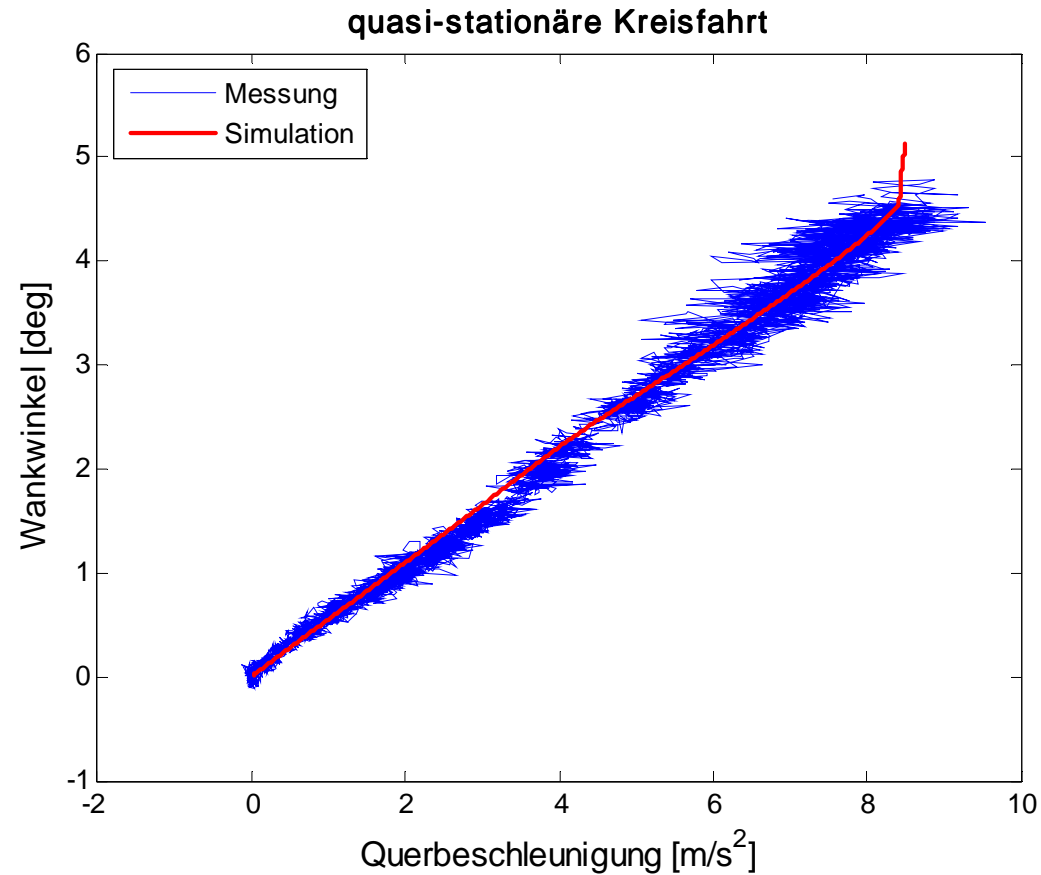


# elasto-kinematisches Kennfeldmodell Spuränderung bei Hubfederung



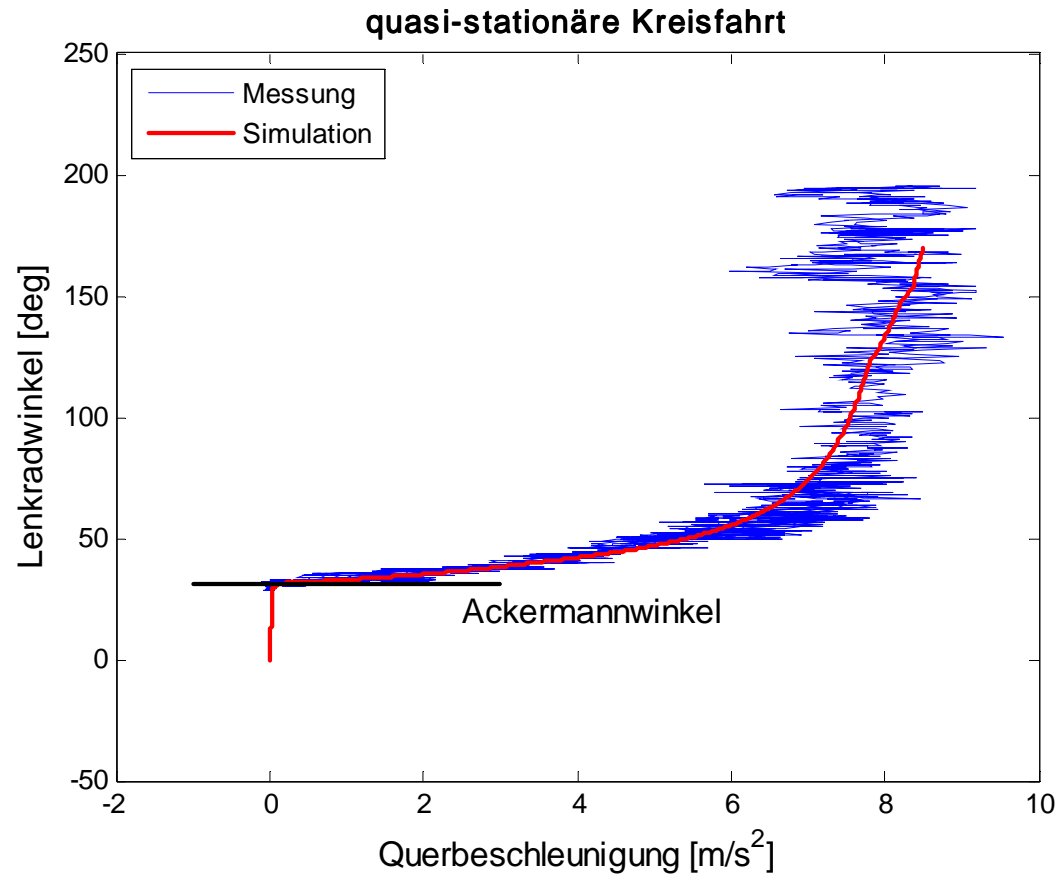


# Abgleich mit Fahrversuchen (stationäre Kreisfahrt, R=100 m)



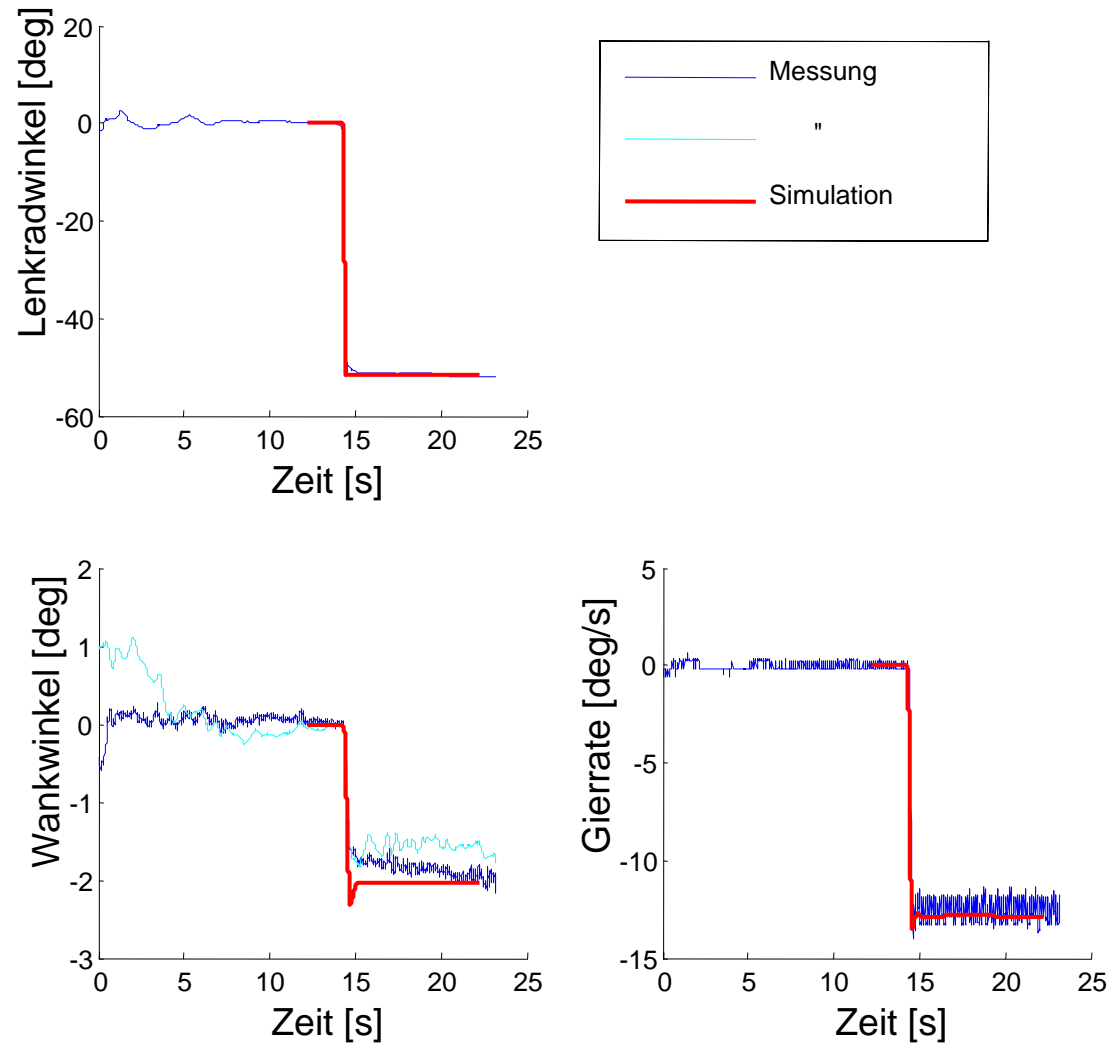


# Abgleich mit Fahrversuchen (stationäre Kreisfahrt, R=100 m)





# Lenkwinkelsprung bei 60 km/h





## Notwendige Anpassungen für Echtzeitmodell

- Fahrbahnbeschreibung vereinfachen
- einfacheres Reifenmodell
- Modell testen mit Einschritt-Integrator (Euler)
- keine Parameter von File lesen (dSpace erlaubt kein File-IO)
- Umwandlung des exportierten Fortran-Codes in C-Code (mit dem Konvertierer ForC)



# Notwendige Anpassungen für Echtzeitmodell

- Fahrbahnbeschreibung vereinfachen
  - ◆ Simpack-Track erfordert File-Zugriff, d.h. für dSpace nicht geeignet
  - ◆ Spurverlauf in d. Ebene aus Geraden, Klothoiden, Kreisen
  - ◆ Hilfsgrößen, (z.B. Krümmung) vorab berechnet und als Tabelle abgelegt
  - ◆ Preview-Sensor liefert seitl. Abweichung vom Sollkurs
  - ◆ Spurregler mit Vorsteuerung

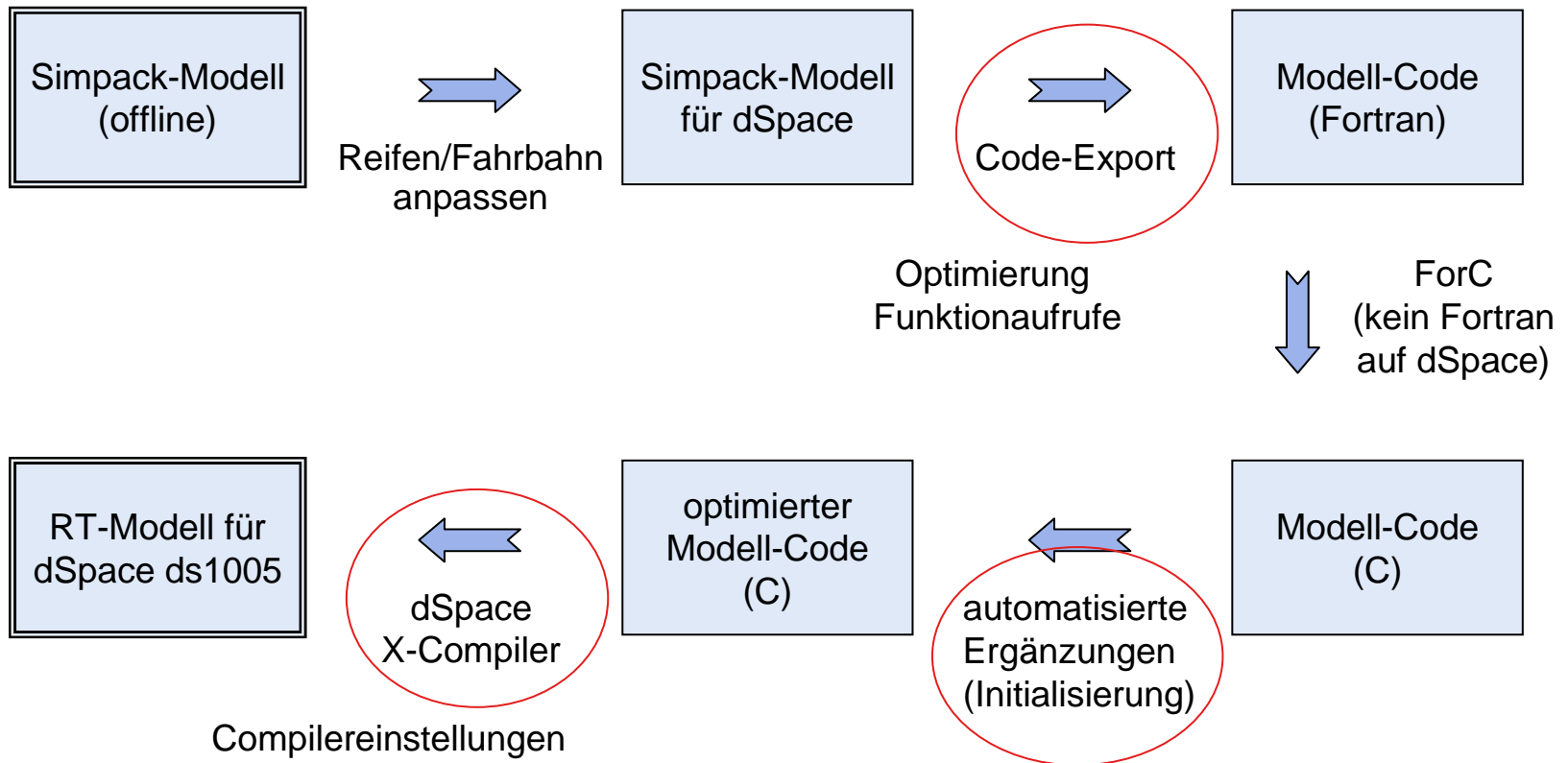


## Notwendige Anpassungen für Echtzeitmodell

- einfacheres Reifenmodell
  - ◆ TM-Easy statt MFtire
  - ◆ kürzere Rechenzeiten
  - ◆ Anfahren aus dem Stand

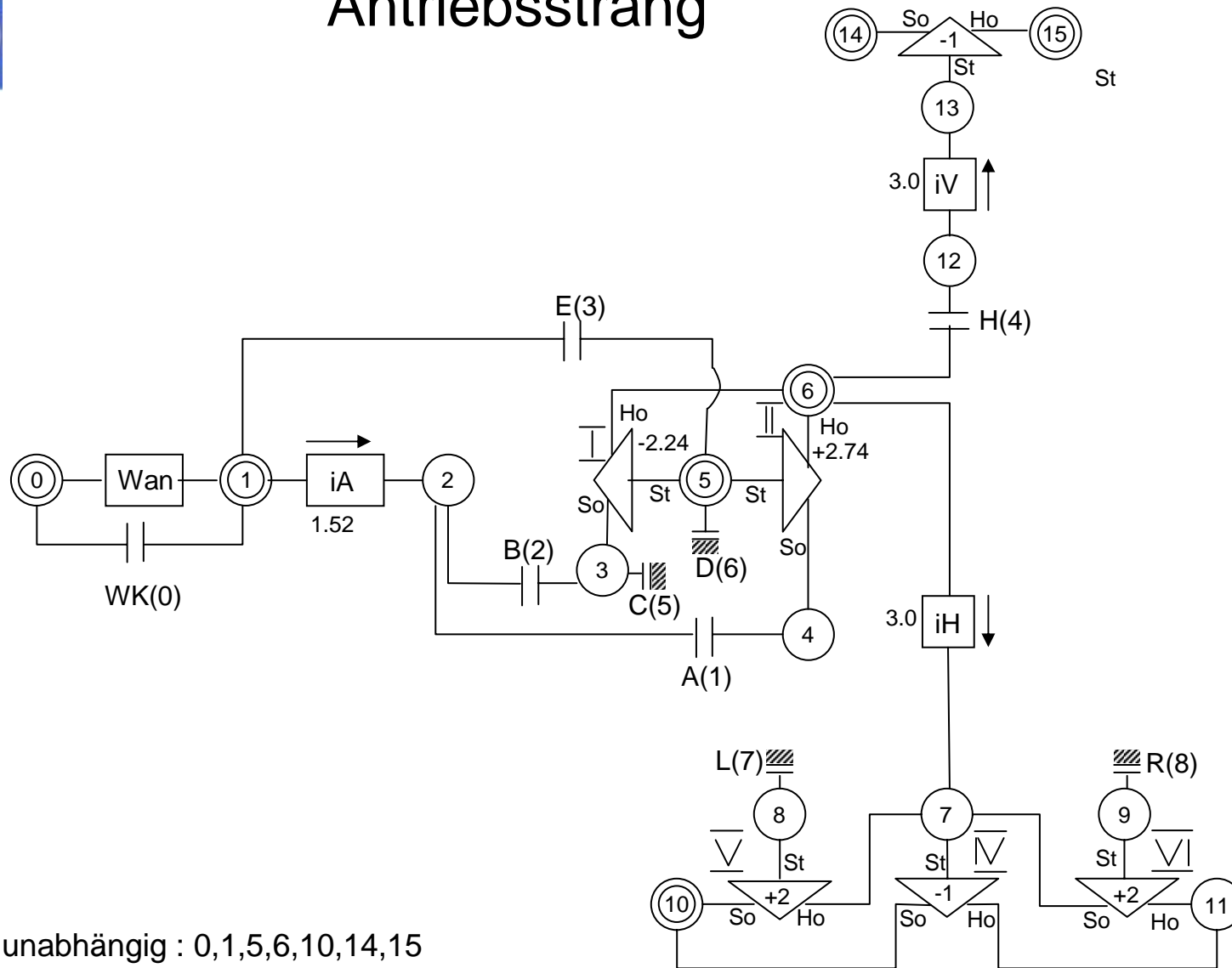


# Prozess Modellaufbereitung für dSpace





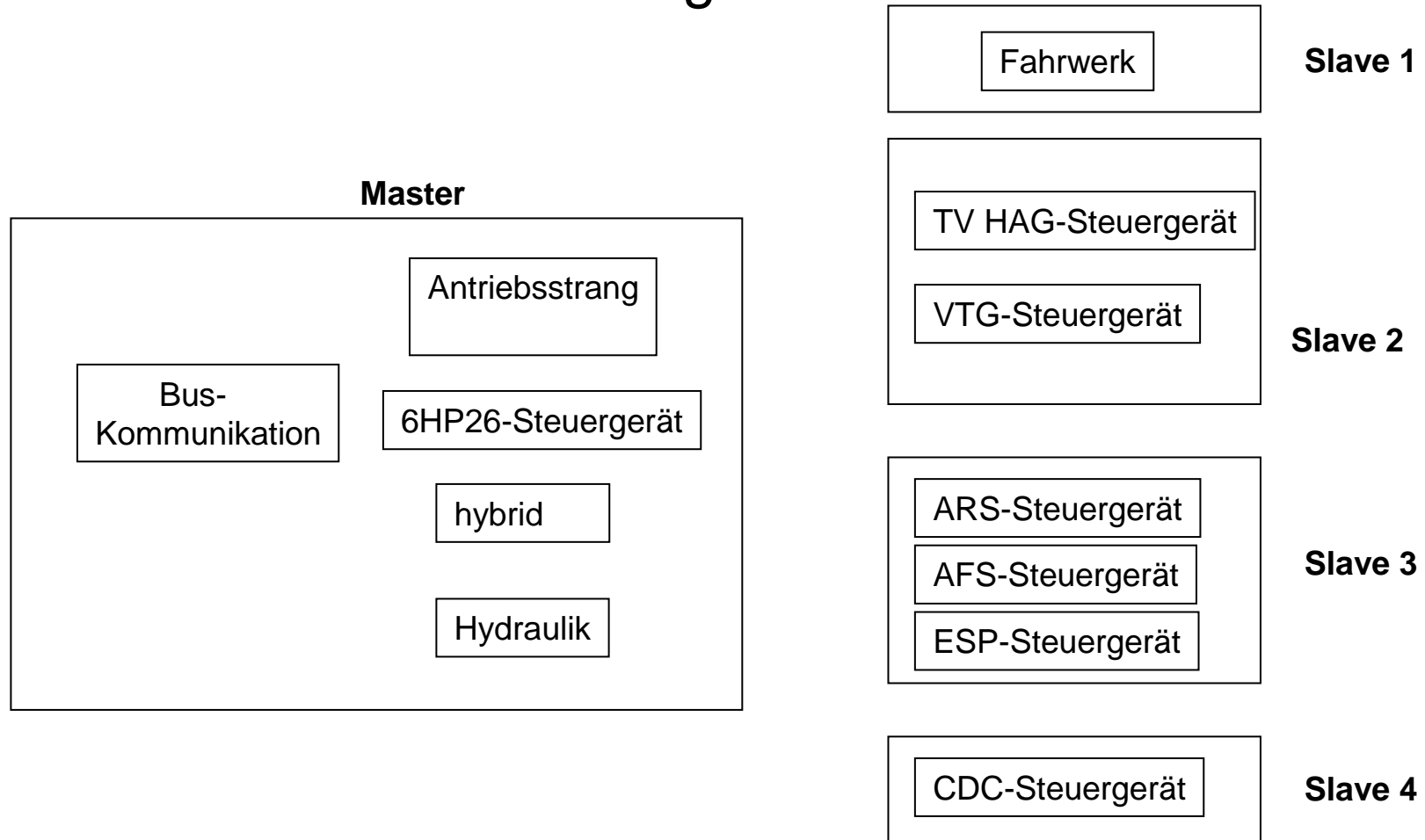
# Antriebsstrang



unabhängig : 0,1,5,6,10,14,15



# Einsatz des Kennfeldmodells am Vernetzungs-HIL





## Zusammenfassung Anforderungen – Entscheidung für Simpack

- muss alle Aktuatoren für ZF-Fahrwerkskomponenten beinhalten (Aktivlenkung , Wankstabilisierung, aktive Dämpfer)
- detaillierter Antriebsstrang erforderlich (Getriebe mit einzelnen Schaltelementen, Allradkomponenten)
- Erweiterbarkeit für zukünftige Komponenten muss gewährleistet sein
- durchgängiges Tool für
  - ◆ Auslegung eigener aktiver Fahrwerke (vitesse-durabilitiy)
  - ◆ Entwicklung mechatronischer Fahrwerke (Gesamtfahrzeugmodell inclusive Bordnetzsimulation)
  - ◆ HIL-Simulation für Vernetzungstest



# Ausblick

Wunsch : automatische Erstellung  
Kennfeldmodell aus komplexem  
Modell

