

2. Tagung „Aktive Sicherheit durch Fahrerassistenz“  
4.-5. April 2006, TU-München, Garching

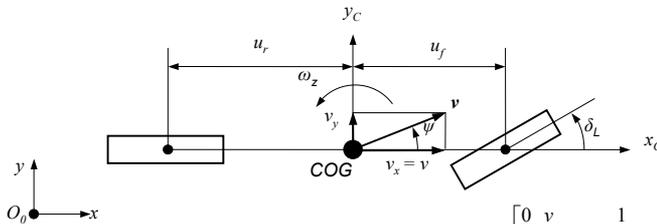
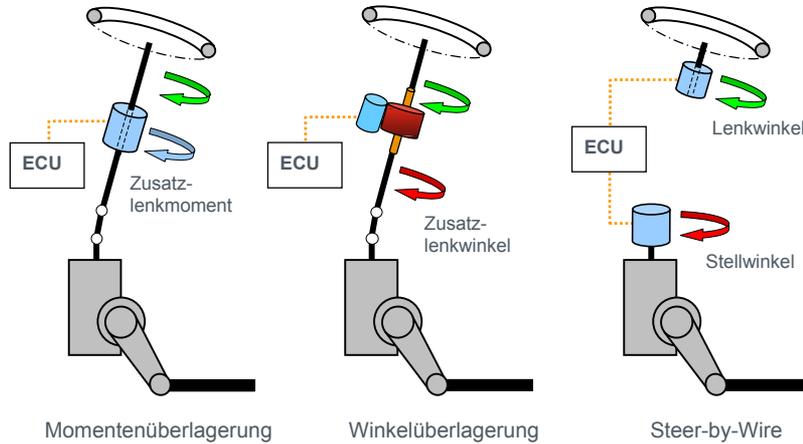
## Aktive Fahrerunterstützung durch Störgrößenkompensation mittels Steer by Wire im Nutzfahrzeug

Active drivers' support through a disturbance-compensation by  
Steer by Wire in a commercial vehicle

*Dipl.-Ing. H. Weinfurter, Prof. Dr.techn. W. Hirschberg, Technische Universität Graz,  
Dipl.-Ing. E. Hipp, MAN Nutzfahrzeuge AG, München*

- Einleitung
- Fahrzeug-Modellbildung mit 2 Freiheitsgraden / MKS mit 155 FHG
- Reifen- und Fahrbahnmodell
- Verifikation
- Störgrößenkompensation mit Steer-by-Wire und Momentenüberlagerung
- Simulationsergebnisse
- Implementation im Fahrzeug
- Versuchsergebnisse: Erprobung / Sicherheit
- Zusammenfassung

3 Stufen der aktiven Lenkung:



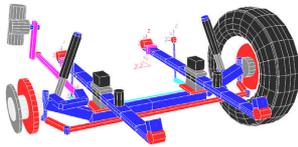
$$\dot{x} = Ax + Bu + Gw$$

$$y = C^T x + Du$$

- Implementation in Matlab/Simulink mit 2 DOF
- Lagekoordinaten:  $y, \psi$
- Geschwindigkeit:  $v_y, \omega_z$
- Lineares Reifenmodell
- Störgrößen:  $F_y, M_z$
- Parameter  $v_x$

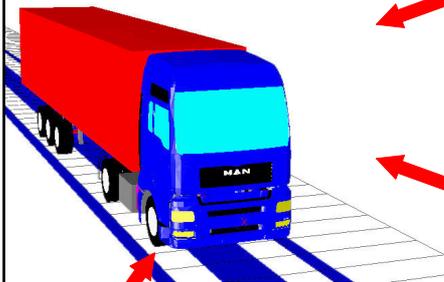
$$A = \begin{bmatrix} 0 & v & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & \frac{-c_{yf} - c_{yr}}{vm} & \frac{-c_{yf}u_f + c_{yr}u_r}{vm} - v \\ 0 & 0 & \frac{-c_{yf}u_f + c_{yr}u_r}{vI_z} & \frac{-c_{yf}u_f^2 - c_{yr}u_r^2}{vI_z} \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{c_{yf}}{m} \\ \frac{u_f c_{yf}}{I_z} \end{bmatrix} \quad G = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ \frac{1}{m} & 0 \\ 0 & \frac{1}{I_z} \end{bmatrix} \quad w = \begin{bmatrix} F_y \\ M_z \end{bmatrix}$$



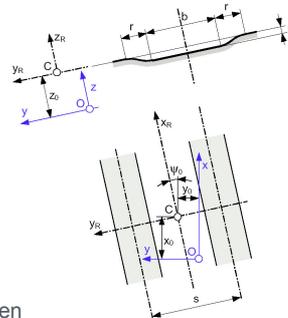
- MKS Modell MAN TGA 460, in SIMPACK implementiert
- 155 Freiheitsgrade
- Gesamtgewicht 12t
- Blatt-Luftgefedert
- Reifen: 315/70R22.5, nichtlinear

Automotive+ Modell in SIMPACK

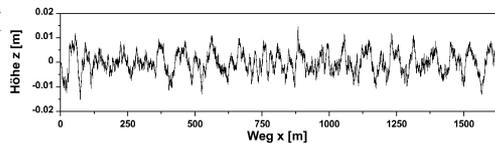


Seitenwind

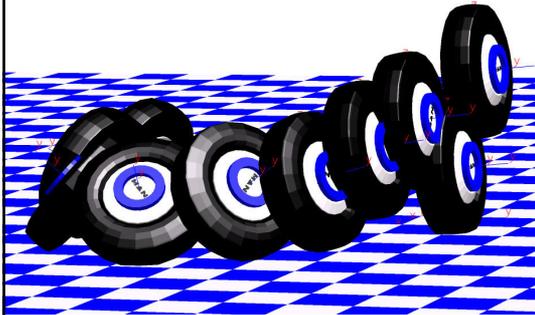
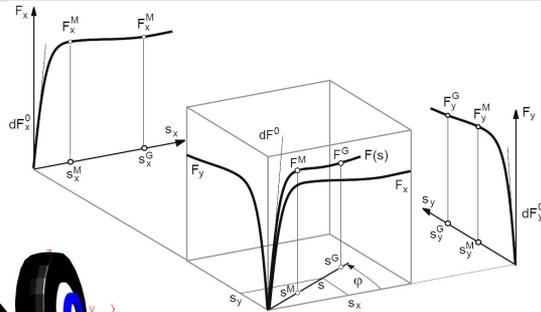
Spurrillen



Unebenheiten

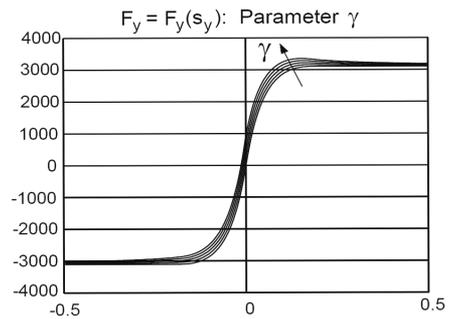
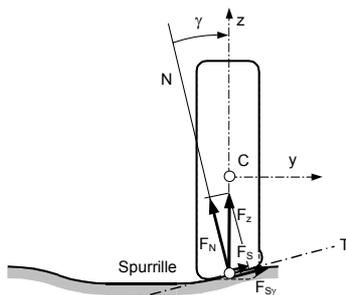


- Fahrdynamikmodell
- Verbindung von Fahrzeug- und Fahrbahnmodell
- Schnittstelle: STI 1.4

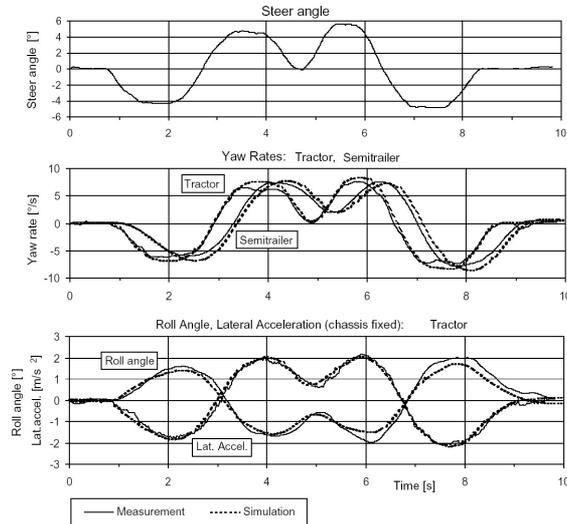


**TMeasy**

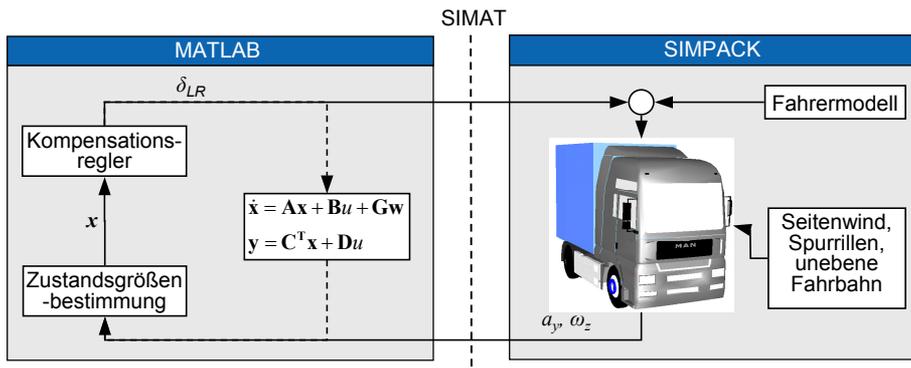
- Seitenkraft aus Sturz bei Spurrillen
- Tiefe bis zu 18mm
- großer Korrekturaufwand (Lenkarbeit)



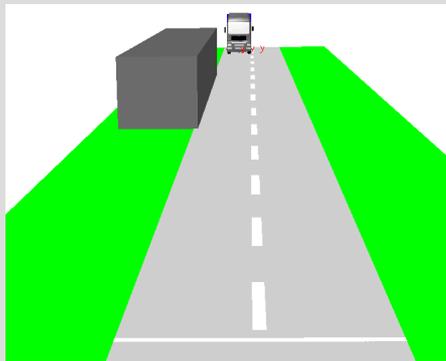
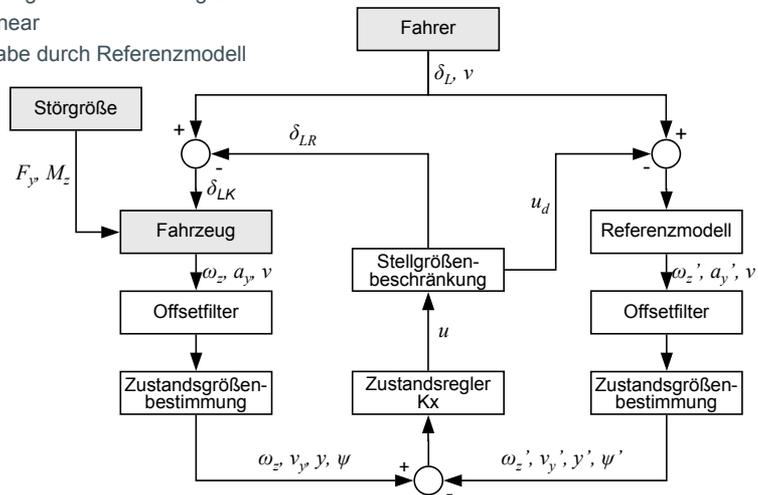
- Sattelzug, Gesamtmasse=40t
- ISO LKW Spurwechsel auf  $\mu_{low}$
- Gute Übereinstimmung der Simulation
- Kleine Abweichung durch lokale Eisflächen



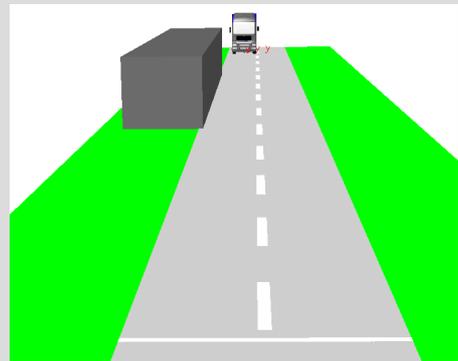
- MATLAB: 2FHG Modell mit Regler
- SIMAT: Schnittstelle
- SIMPACK: Simulation des 155FHG Modells
- Der Austausch der Zustandsgrößen erfolgt zeitdiskret



- Zustandsregler mittels Polvorgabe
- $v_x$  nichtlinear
- Sollvorgabe durch Referenzmodell

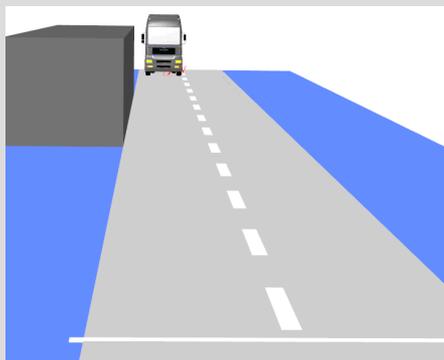
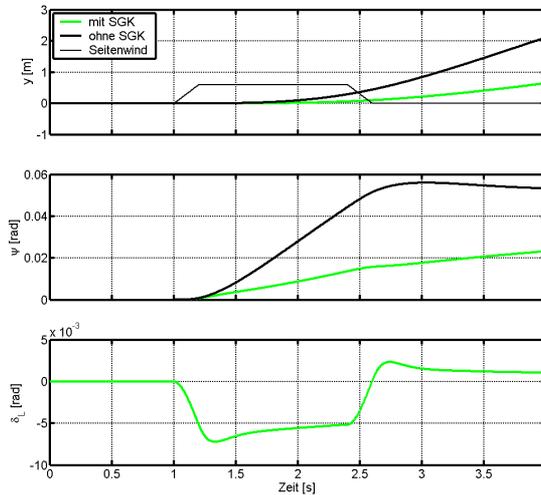


Ohne Kompensation

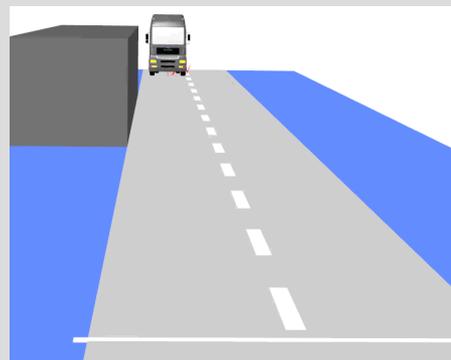


Kompensation aktiv

- Seitenwind 1.5sec, 80km/h
- Deutliche Reduktion der Querabweichung
- Benötigter Zusatzlenkwinkel: 0.4° mit SbW

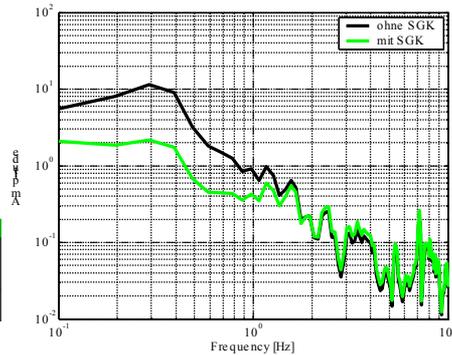
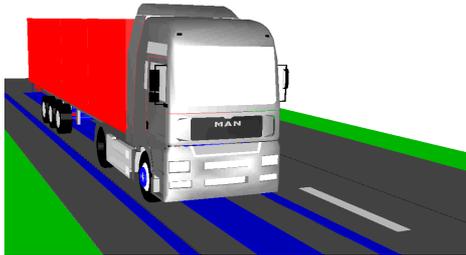


Ohne Kompensation



Kompensation aktiv

- MKS Modell mit 155 FHG
- Gierrate: Auswertung im Frequenzbereich
- Deutliche Reduktion der Störgrößen bis 1.5Hz



D-Space Steuergerät



Hydraulikpumpe



Lenkgetriebe mit Hydraulikunterstützung



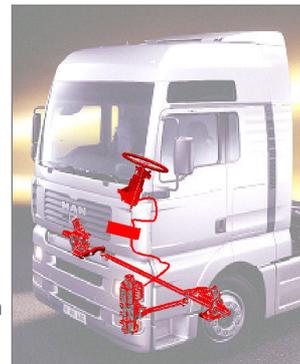
Lenkradaktor:  
2 E-Motoren  
2 Drehwinkelsensoren

Elektromagnetische  
Trennkupplung

Radaktor: 2 E-Motoren  
+ 4 Sensoren

Lenkstockhebel

Spurstange



Reifen

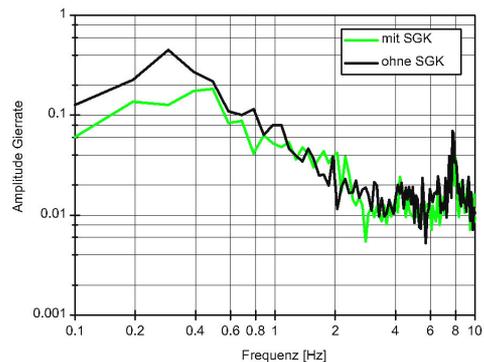
- Gerade Fahrt, Seitenwind 80km/h
- Deutliche Kompensationswirkung mit SbW
- Mit Momentenüberlagerung: Wirkung abhängig vom Fahrer



Ohne Kompensation

Kompensation aktiv

- Auswertung der Gierrate
- Gute Übereinstimmung mit den Simulationsergebnissen
- Positive Fahrerbewertung



- SGK liefert gute Ergebnisse in Simulation und Praxis
- Gute Übereinstimmung von Modell und Versuch
- Reglerentwurf rein auf Simulationsebene, Minimierung des Versuchsaufwands
- Simulation – Gefahr minimieren
- Erhöhung von Fahrkomfort und Fahrsicherheit
- Untersuchung weiterer Störgrößen durch Simulation

