

Brückentage Mathematik

Mit Differentialgleichungen Schwung in die Mathematik bringen Mathematik hilft gegen das Schleudern

24.09.2007 – HS-Fulda

Dipl.-Ing. (FH) Daniel Goldbach
PD/EE

Tel.: 0661 / 6000 – 373

Fax.: 069 / 6000 – 1111213

email: daniel.goldbach@edag.de

- Werdegang
- Vorstellung EDAG (Produktentwicklung Elektrik/Elektronik)
- Projekt während Doktorandenzeit (Gespannfahrverhaltensverbesserung)
 - **Motivation**
 - **Modellierung**
 - **Umsetzung und Simulation**
- Ergebnisse
 - **Simulation Gespannverhalten unterhalb der kritischen Geschwindigkeit**
 - **Simulation Gespannverhalten oberhalb der kritischen Geschwindigkeit**
 - **Stabilisierung bei schneller Vorwärtsfahrt**
 - **Stabilisierung bei langsamer Rückwärtsfahrt (Stabilisierung stehendes Pendel)**

- 1984 - 1988 Mittelpunktschule Hilders/Rhön (Grundschule)
- 1988 - 1994 Ulstertalschule Hilders/Rhön (Gymnasium)
- 1994 - 1997 Freiherr vom Stein Schule Fulda (Gymnasium)
- 1998 - 2002 Studium der Elektrotechnik, Fachrichtung Automatisierungstechnik in Fulda
- 2002 - 2006 Doktorand in der Forschung der DaimlerChrysler AG in Kooperation mit der TU Ilmenau
- Seit 2006 Entwicklungsingenieur bei EDAG Engineering und Design AG in Fulda



● EDAG - Standorte in Deutschland mit EE - Kompetenz

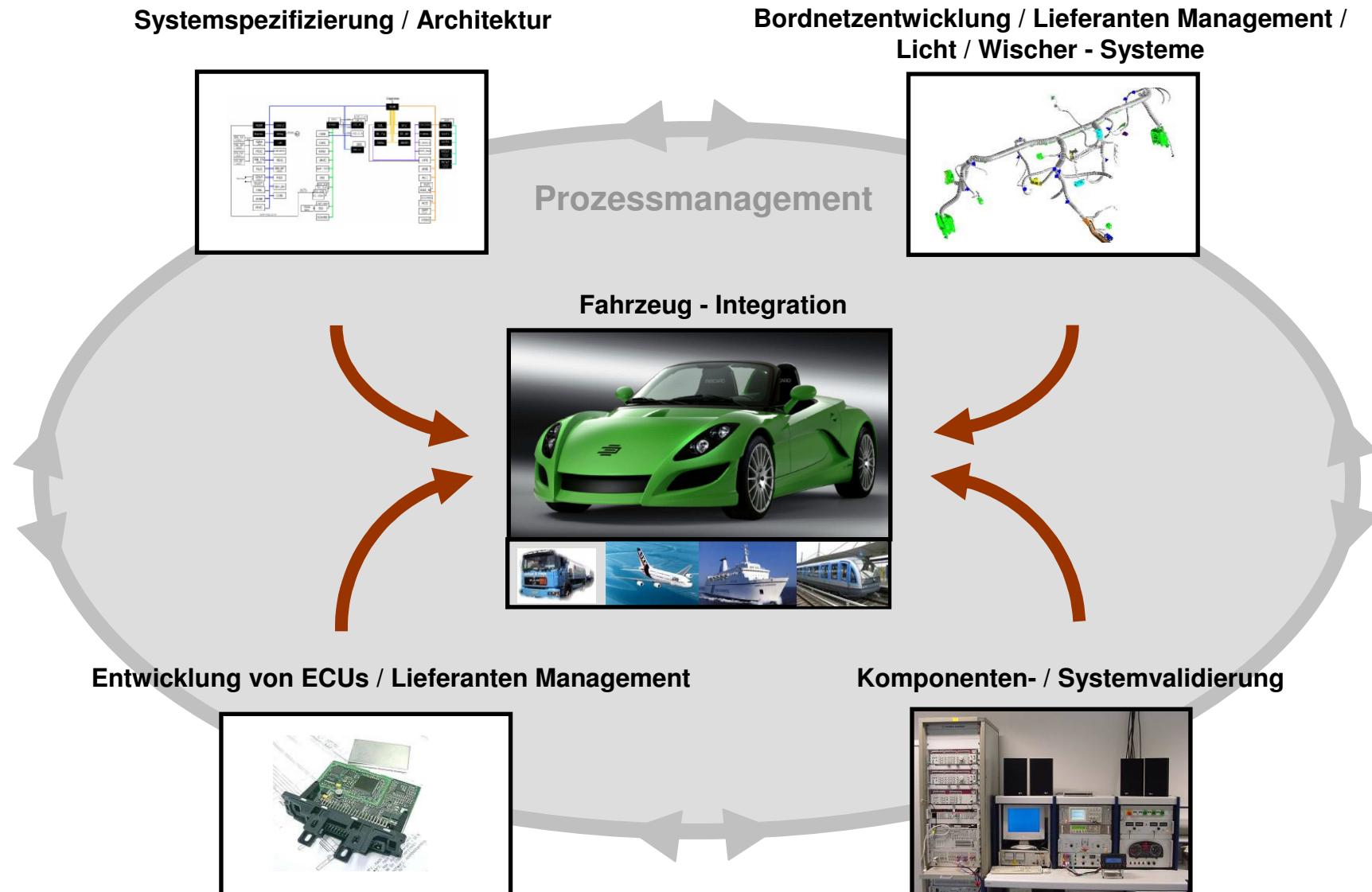
- Fulda
- Wolfsburg
- Rüsselsheim
- Ingolstadt
- Sindelfingen
- München (40 Mitarbeiter)
- Köln (Aufbau 2007)

Mitarbeiter in Summe: 210
inkl. Extern (Stand: 15.05.2007)

EDAG Internationale Standorte mit EE - Kompetenz

- Győr
- Paris
- Barcelona
- Lissabon
- Detroit
- Shanghai
- Fukuoka





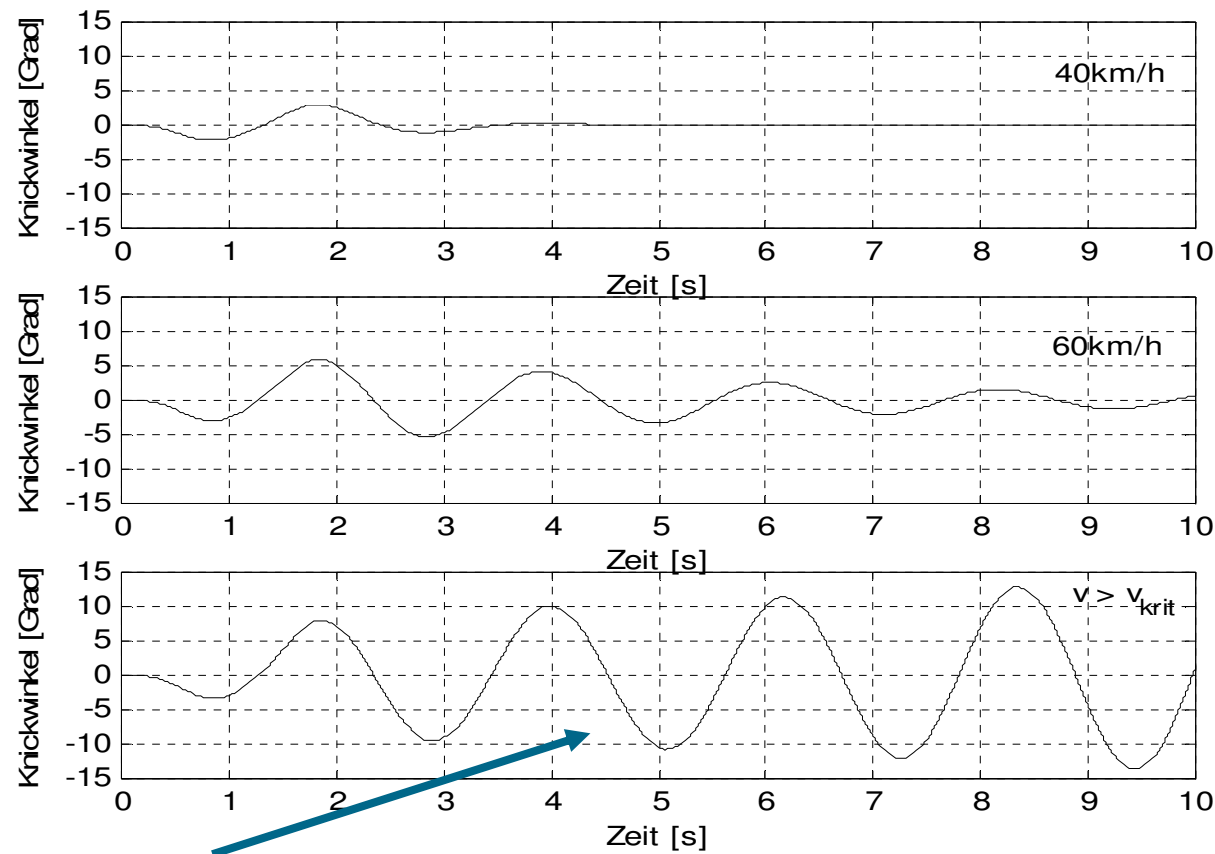
- Verbesserung des Fahrverhaltens von Zugfahrzeug-Anhänger-Gespannen
 - **Modellierung und Simulation dynamischer mechatronischer Systeme**
 - **Untersuchungen zur Fahrstabilität an Zugfahrzeug-Anhänger-Gespannen**
 - Rechnergestützte Simulation des Gespannverhaltens
 - Auf Basis der Simulation Erstellung eines Prüfstandes und eine prototypischen Systems zur Erhöhung der Gespannstabilität
 - Entwicklung von Regelalgorithmen, Beobachtern und Algorithmen zur online Parameteridentifikation
 - Aufbau von Versuchsgespannen und Durchführung von Fahrversuchen
- Differentialgleichungen dienen als mathematisches Werkzeug zur Simulation dynamischen Verhaltens und als Entwicklungsbasis der in Fahrversuchen getesteten Algorithmen

- Warum Untersuchung der Gespannstabilität? -> Unfallgefahr



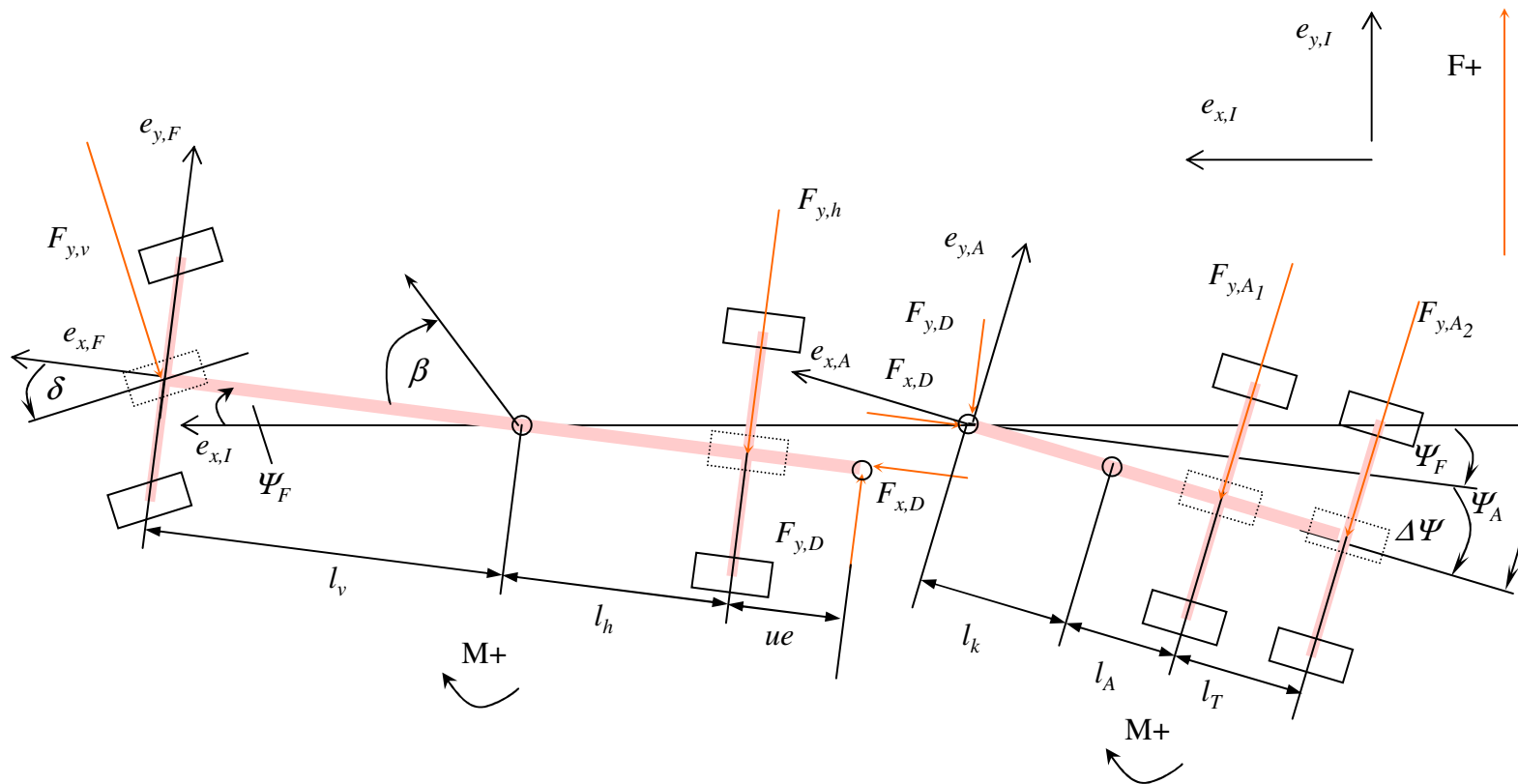
- Wie kann die Fahrstabilität von Gespannen erhöht werden?

- Beurteilung der Gespannstabilität
 - Darstellung des Gespannknickwinkelverlaufs abhängig von der Geschwindigkeit



Instabiles Gespann erkennbar an der aufklingenden Schwingung

- Berechnung des Gespannknickwinkels mit einem einfachen Ersatzmodell (Einspurmodell)



- Ableitung der linearisierten Bewegungsgleichungen aus den Kräfte- und Momentengleichgewichten

■ Linearisierte Newton-Euler-Gleichungen

$$m_F \ddot{y}_{I,F} = -F_{y,v} - F_{y,h} + F_{y,D}$$

$$I_F \ddot{\psi}_F = -F_{y,v} l_v + F_{y,h} l_h - F_{y,D} (l_h + u)$$

$$m_A \ddot{y}_{I,A} = -F_{y,D} - F_{y,A_1} - F_{y,A_2}$$

$$I_A \ddot{\psi}_A = -F_{y,D} l_k + F_{y,A_1} l_A + F_{y,A_2} (l_A + l_T)$$

■ Linearisiert kinematische Gleichungen

$$\ddot{y}_{I,F} = v(\dot{\beta} + \dot{\psi}_F)$$

$$\ddot{y}_{I,A} = v(\dot{\beta} + \dot{\psi}_F) - \dot{\psi}_F (l_h + u + l_k) - \Delta \ddot{\psi} l_k$$

■ Linearisierte Kräftegleichungen

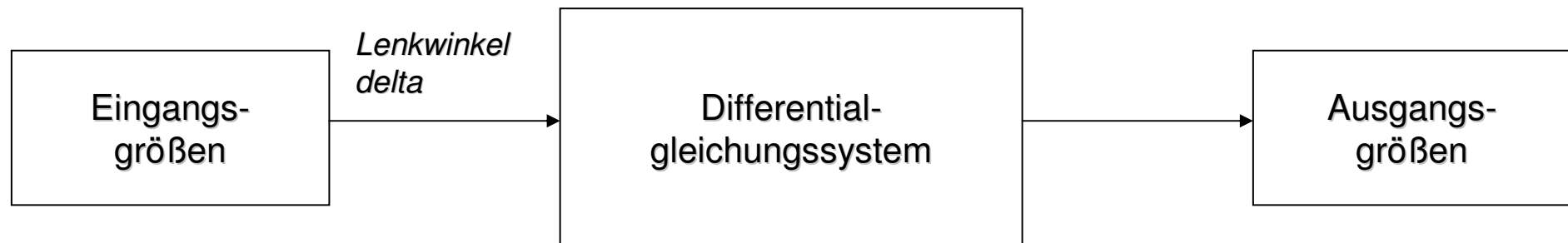
$$F_{y,v} = C_{\alpha,v} \left[\beta + \frac{\dot{\psi}_F}{v} l_v - \delta \right]$$

$$F_{y,h} = C_{\alpha,h} \left[\beta - \frac{\dot{\psi}_F}{v} l_h \right]$$

$$F_{y,A_1} = C_{\alpha,A_1} \left[\beta - \frac{\dot{\psi}_F}{v} (l_h + u + l_k + l_A) + \frac{\Delta \dot{\psi}}{v} (l_k + l_A) - \Delta \dot{\psi} \right]$$

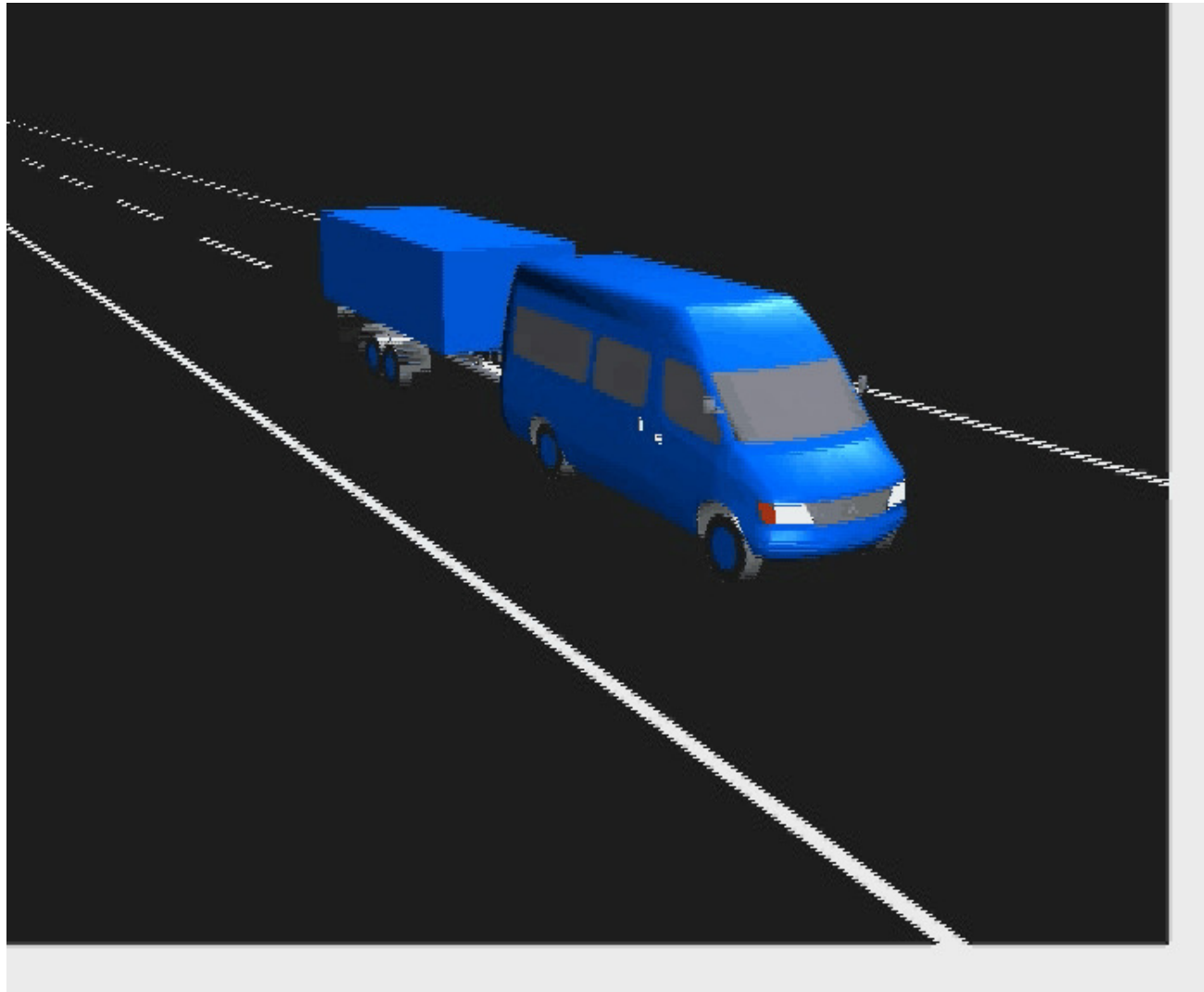
$$F_{y,A_2} = C_{\alpha,A_2} \left[\beta - \frac{\dot{\psi}_F}{v} (l_h + u + l_k + l_A + l_T) - \frac{\Delta \dot{\psi}}{v} (l_k + l_A + l_T) - \Delta \dot{\psi} \right]$$

- Einsatz eines Analyse-, Simulations- und Entwicklungstools
 - Beispiel: MATLAB / SIMULINK
 - Lösung der Differentialgleichung und Berechnung des dynamischen Gespannverhaltens
 - Entwicklung der Regelungs-, Beobachtungs- und online Parameteridentifikationsalgorithmen basierend auf dem mathematischen Modell
 - Test der Regelungs-, Beobachtungs- und online Parameteridentifikationsalgorithmen in der Simulation

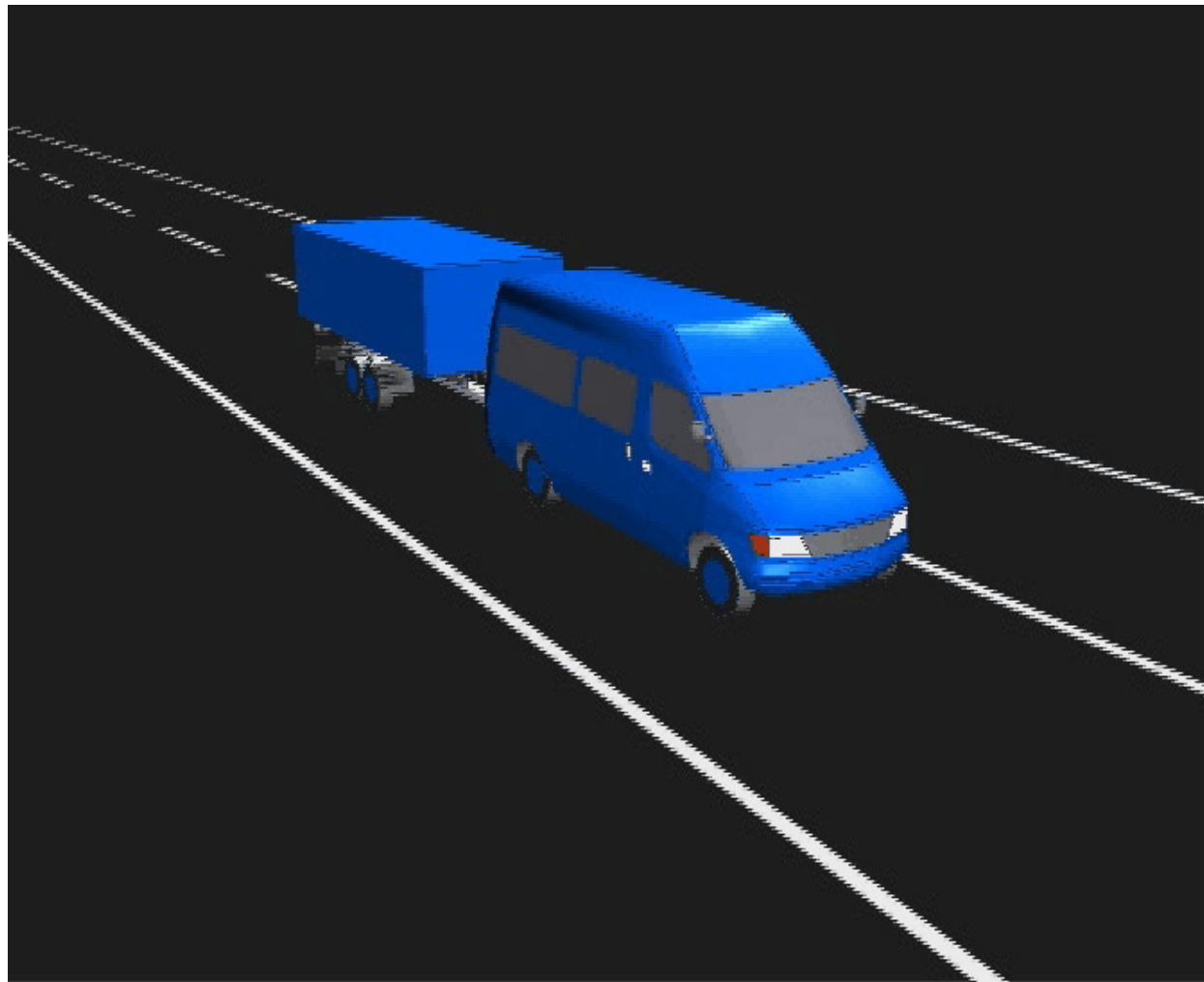


- Berechnung mit MATLAB / SIMULINK

- Animation des Gespannverhaltens nach Lenkwinkelimpulsanregung mit niedriger Geschwindigkeit



- Animation des Gespannverhaltens nach Lenkwinkelimpulsanregung mit hoher Geschwindigkeit



- Gespann bei schneller Vorwärtsfahrt ohne und mit stabilisierendem Eingriff

Gespann mit konventioneller AHK

Lenkimpuls bei Geradeausfahrt
($v \approx 75\text{km/h}$)

Gespann: SprinterT1N (3,5m Radstand, unbeladen ca. 2,4t)
Anhängen (voll beladen ca. 3,5t)

- Gespann bei langsamer Rückwärtsfahrt mit stabilisierendem Eingriff



Ende



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

