



Diplomarbeitspräsentation

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau

Aufbau einer Datenbasis zur Fahrwerkssimulation im Mehrkörpersimulationsprogramm *SimMechanics*

Kai Schulze

1. Prüfer: Professor Dr.-Ing. D. Scholz, MSME

2. Prüfer: Professor Dr.-Ing. W. Bräunling

**Durchgeführt in Kooperation mit
LIEBHERR-Aerospace Lindenberg GmbH**



Inhalt

- **Einleitung**
- **Fahrwerksbauformen**
- **Modell des Schwinghebelfahrwerks**
- **Fahrwerkskräfte**
- **Beispielrechnung Zeppelin NT**



Ziele der Diplomarbeit

- Erstellen von Simulationsprogrammen für die bei Liebherr Aerospace Lindenberg (LLI) gängigen Fahrwerkstypen
- Hohe Kommunalität der zu erstellenden Modelle
- Trennung von Eingabe und Quelltext, sichere und einfache Bedienung
- Dokumentation

Ziele der Fahrwerksauslegung

- Absenkung der Landelasten
- Hoher Wirkungsgrad
- Geringes Gewicht
- Geringes Volumen

➔ Versuche und Simulationen



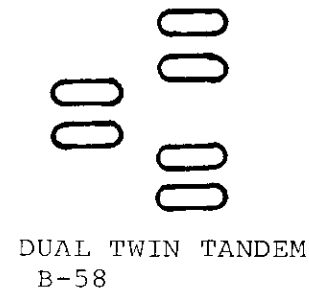
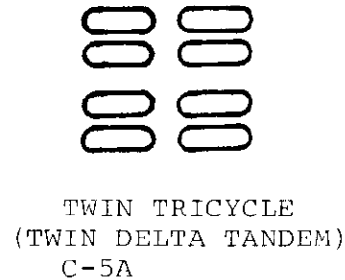
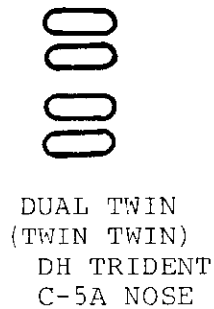
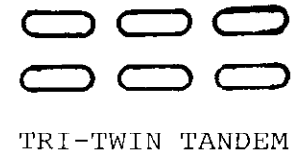
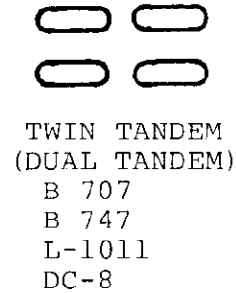
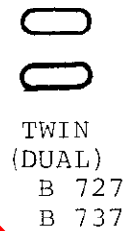
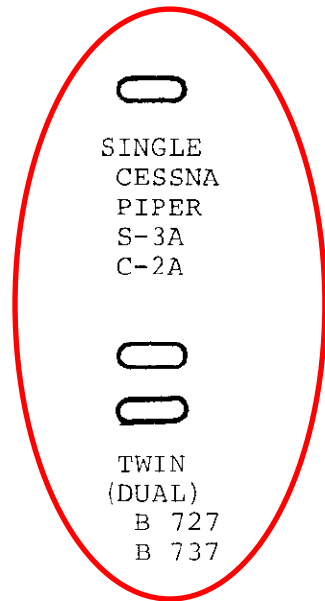


Vorteile der Simulation

- **Ermittlung und Optimierung der Fahrwerkscharakteristik bereits in der Entwurfsphase**
 - **Einfache Wiederholung, Reproduzierbarkeit**
 - **Schnelle Änderung der Randbedingungen**
 - **Austesten der Grenzen ohne Schaden am Untersuchungsobjekt**
-
- ➔ **Zeit- und Kostenersparnis**
 - ➔ **Sicherheit**
 - ➔ **für Entwurf heutzutage notwendig**
 - ➔ **als Ergänzung zum Versuch sinnvoll**



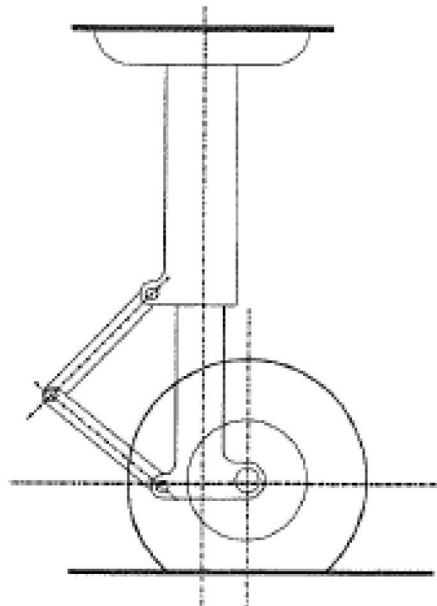
Fahrwerkstypen – Unterscheidung nach Anordnung der Räder



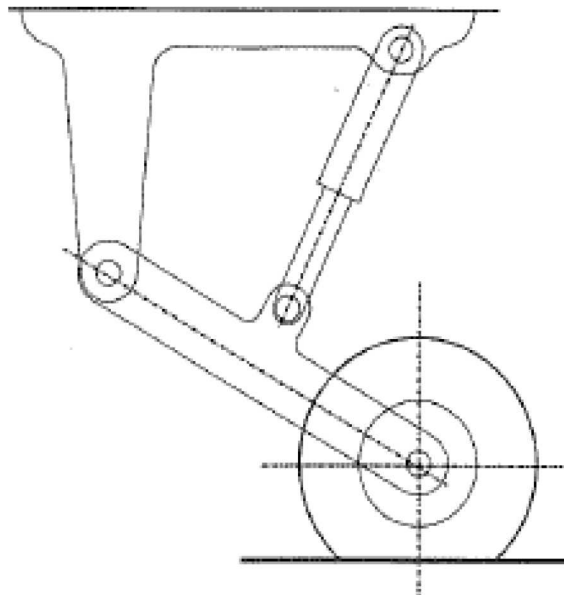
Nach: N. Currey: *Aircraft Landing Gear Design*. Washington, D.C., 1988

Fahrwerkstypen – Unterscheidung nach Kinematik

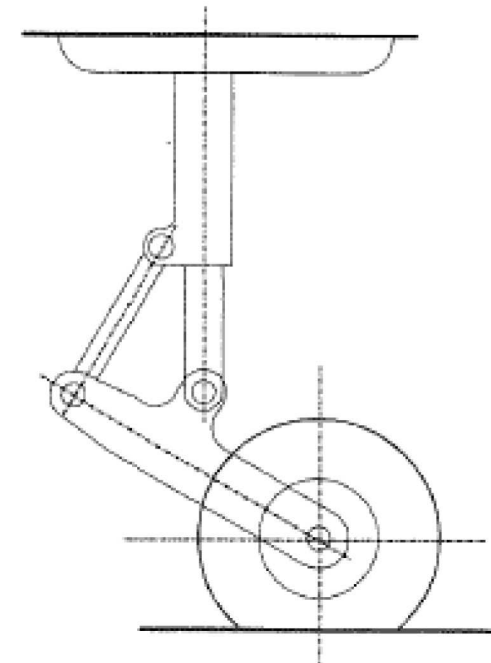
Teleskopfahrwerk



Schwinghebelfahrwerk

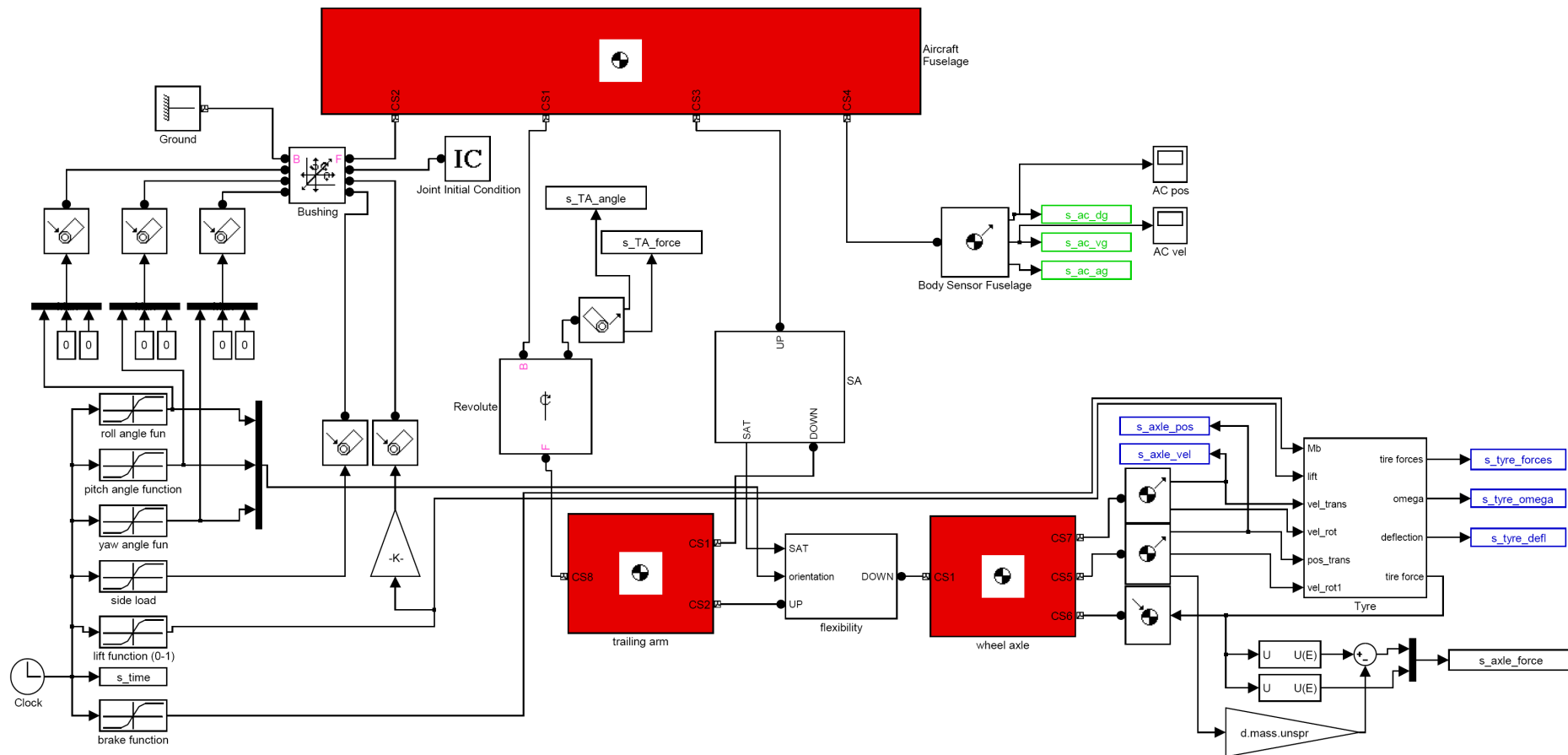


Halbschwingenfahrwerk

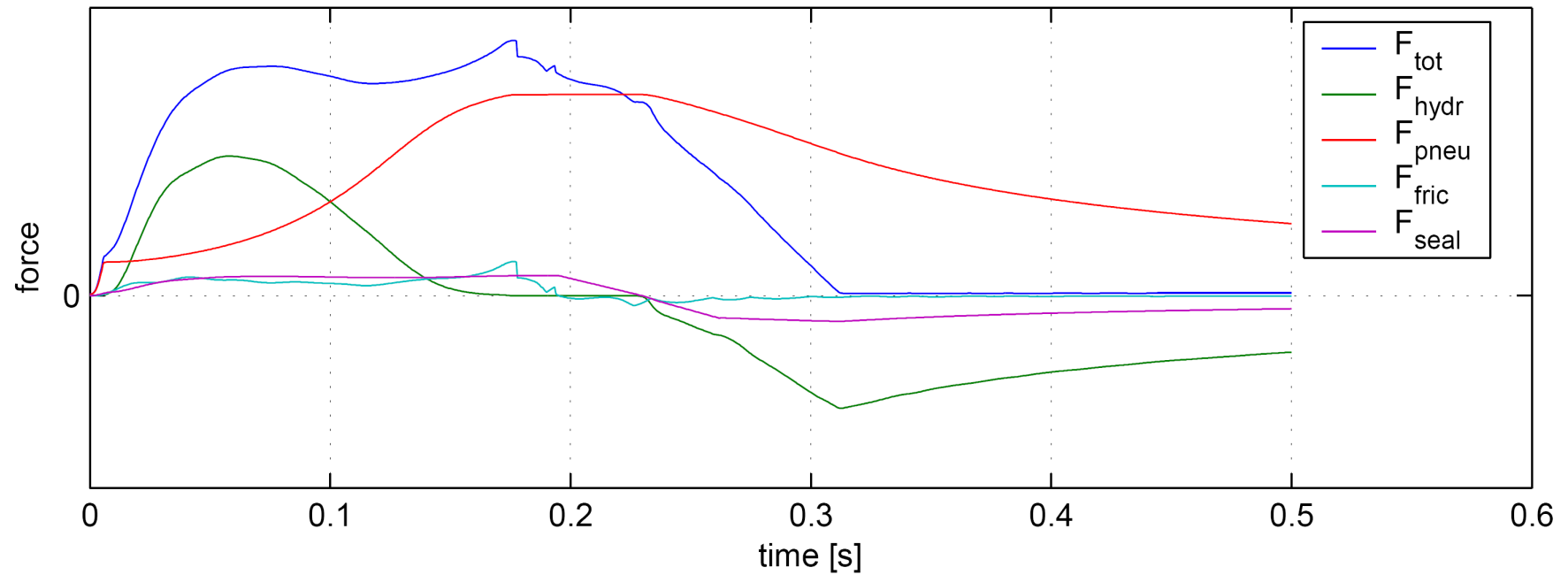


Nach: SAE AIR 1489. Warrandale, 2001

Modell des Schwinghebelfahrwerks



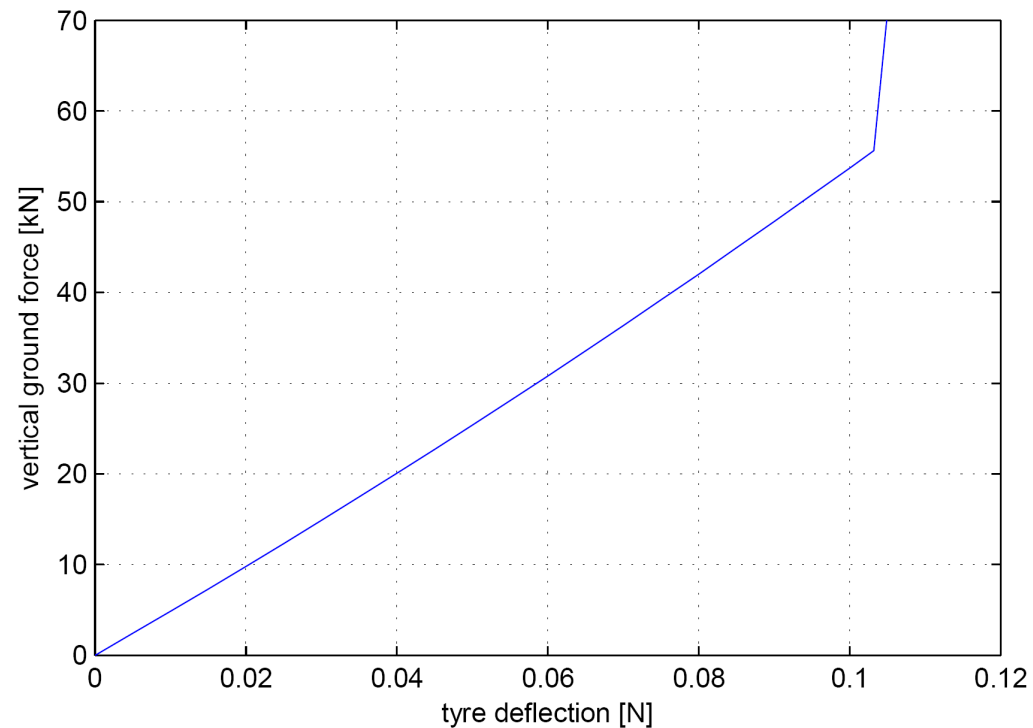
Stoßdämpferkräfte



Reifen

- **Vertikale Bodenkraft**

$$F_{z \text{ ground}} = f(\Delta z_{\text{tyre}})$$



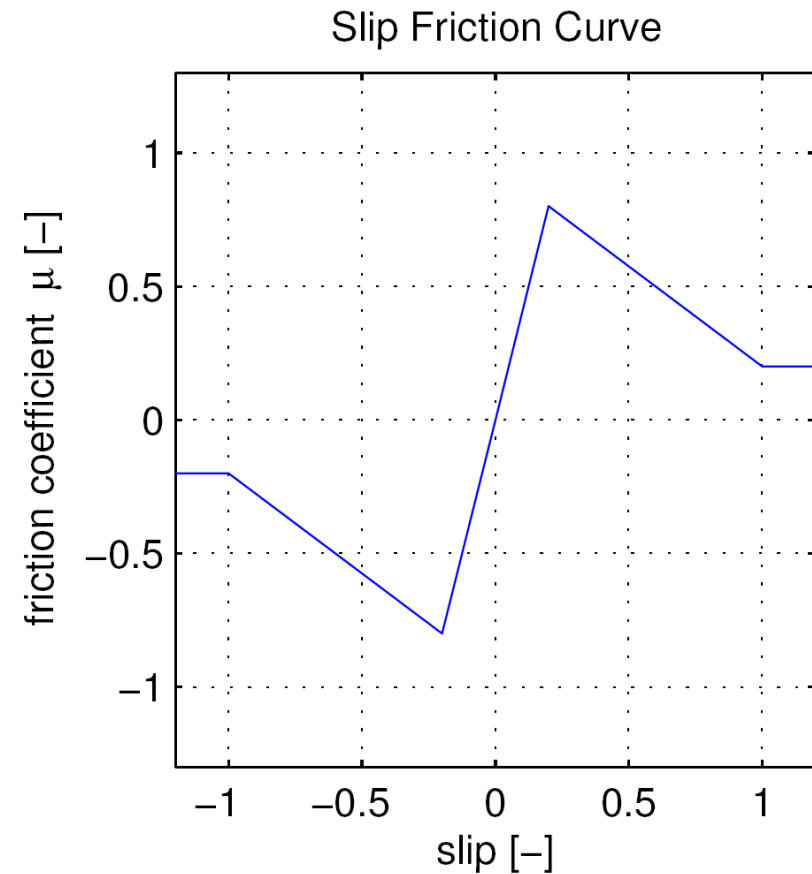
Reifen

- **Horizontale Bodenkraft**

$$F_{x \text{ ground}} = \mu_{\text{ground}} \cdot F_{z \text{ ground}}$$

$$\mu_{\text{ground}} = f(\kappa)$$

$$\kappa = - \frac{v_x - \omega_{\text{tyre}} \cdot R_{\text{roll}}}{v_x}$$





Flexibilität des Fahrwerks

- **Federkraft der Fahrwerksstruktur**

$$\mathbf{F}_{flex} = \mathbf{C} \cdot \mathbf{s}_{WA}$$

- **Dämpfungskraft der Fahrwerksstruktur**

$$\mathbf{F}_{damp} = \mathbf{K} \cdot \dot{\mathbf{s}}_{WA}$$



Heckfahrwerk des Zeppelin NT

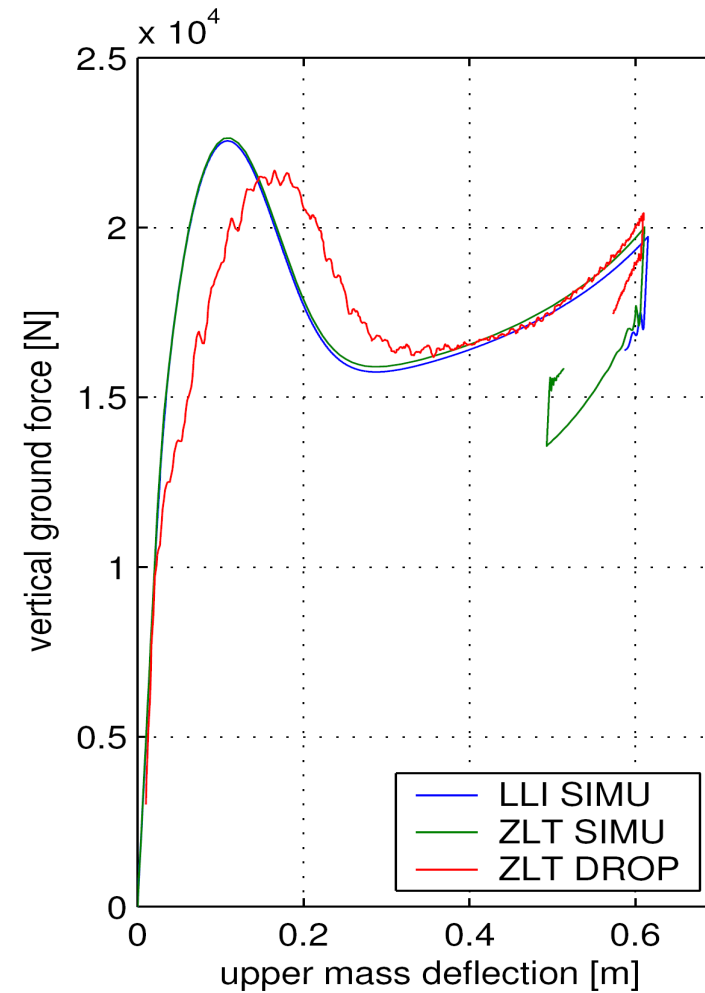
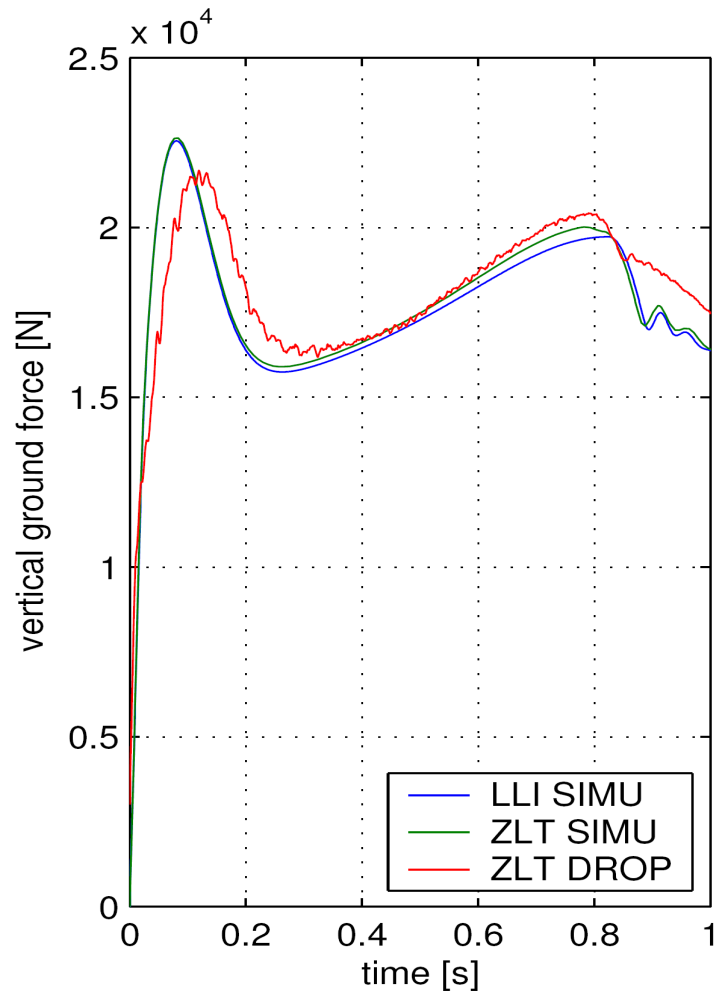




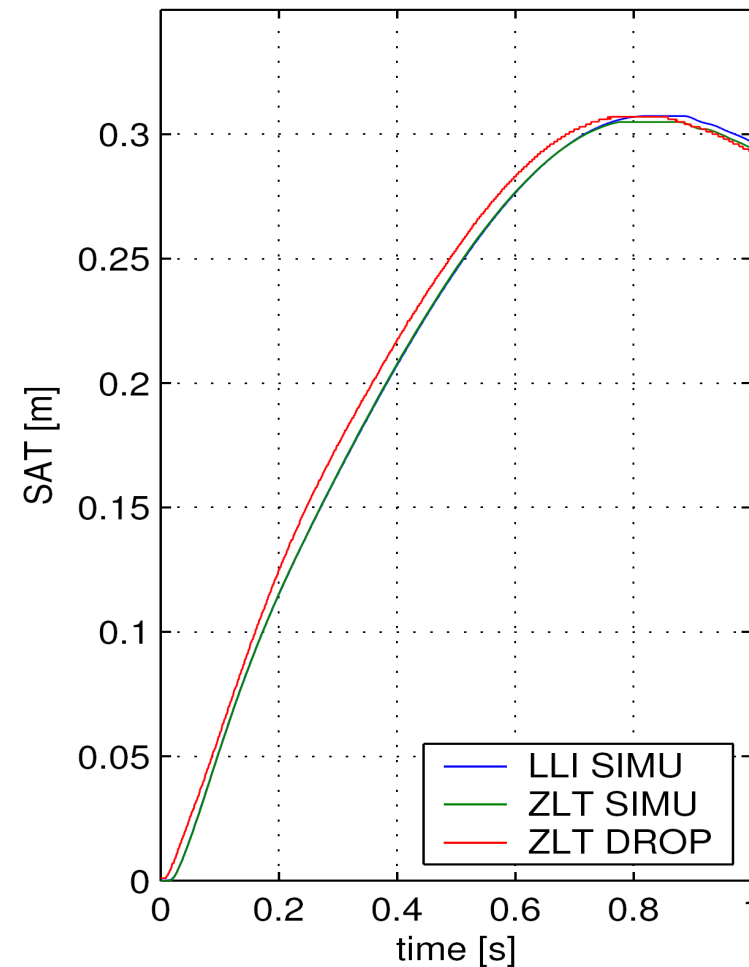
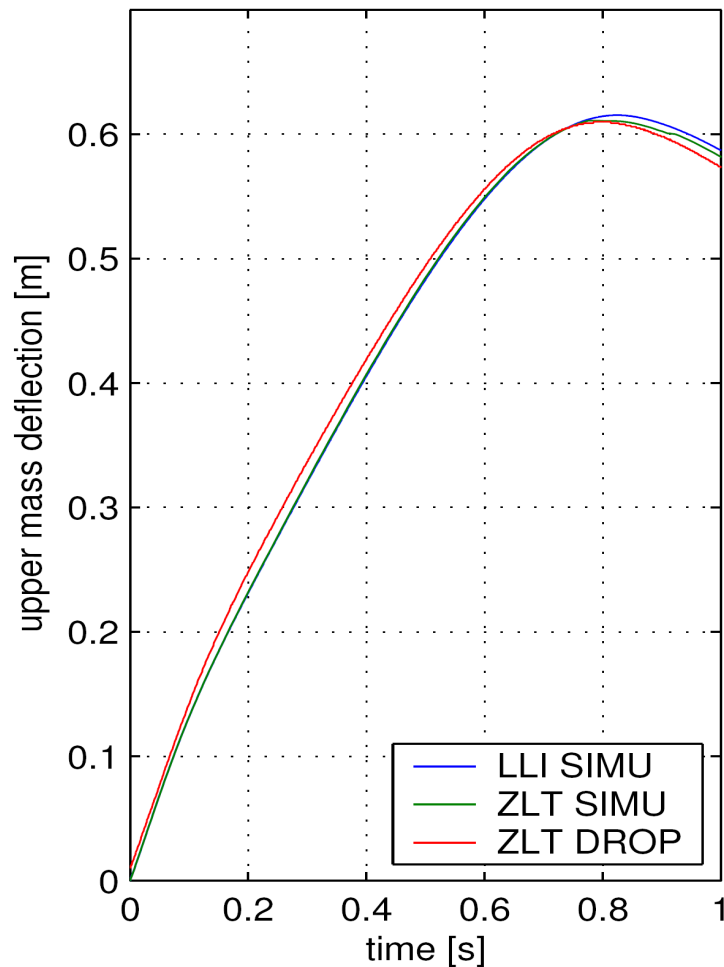
Kenndaten des Fallversuchs

Fallgeschwindigkeit	1,279 m/s
Vorwärtsgeschwindigkeit	0,000 m/s
Obere Masse	1560,0 kg
Untere, ungefederte Masse	14,0 kg
Auftriebskraft	0 N

Vertikale Bodenkraft



Einfederung der oberen Masse





Vergleich der Maximalwerte

Größe		LLI SIMU	ZLT SIMU	ZLT DROP
Vertikale Bodenkraft	[N]	22550	22635	21682
Einfederung der oberen Masse	[m]	0,615	0,611	0,610
Einfederung des Stoßdämpfers	[m]	0,307	0,305	0,307
Lastvielfaches	[-]	1,485	1,466	1,639



Fazit

- **Funktionsfähige Simulationen für sechs verschiedenen Fahrwerkstypen**
- **Nachweis der Funktionsfähigkeit anhand von Beispielrechnungen**
- **Diplomarbeit als Anleitung und Dokumentation**
- **Grundlage für die Erstellung eines Gesamtmodells**



Landestoßsimulation in *SimMechanics*

Kai Schulze

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

Department Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Haben Sie noch Fragen?