

# S<sub>424</sub> Integration eines aktiven Luftfederdämpfers in einen Viertelfahrzeug Prüfstand

Integration of an active air spring damper in a quarter car test rig

Autor B.Sc. Clemens Janzarik, (Betreuer M.Sc. Manuel Rexer)

Masterthesis am Institut für Fluidsystemtechnik, Darmstadt, 10. November 2020



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

## Danksagung oder Widmung

ACHTUNG!

Wenn sich Word beim Starten beschwert, dass das Dokument nicht bearbeitet werden kann, oder die Schriftarten fehlen, braucht man die offiziellen TUD Schriftarten von der TU Homepage:

<http://www.tu-darmstadt.de/aktuell/tudesign/>

Die neuen Schriftarten sehen am Bildschirm bei verkleinerter Darstellung merkwürdig aus. Dies ist aber bei einem Ausdruck verschwunden, es ist „nur“ ein Darstellungsproblem.

Dieses Dokument wird laufend angepasst. Deswegen sollte die jeweils aktuellste Vorlage verwendet werden.

Zur Definition der Titel-Signatur:

S für Studentische Arbeiten

D für Dissertationen

B für sonstige Berichte (z.B. Industrieberichte)

Nummer: Fortlaufend. Woher kennt man die Nummer? Auf Documents werden die Dateien mit der Nummer abgelegt:

report\_JJMMTT\_S001\_Titel\_Autor.doc

report\_JJMMTT\_S001\_Titel\_Autor.pdf

presentation\_JJMMTT\_S001\_Titel\_Autor.ppt

...

*Dankest du nicht*

## Erklärungen

Hiermit versichere ich, die vorliegende Masterarbeit ohne Hilfe Dritter nur mit den angegebenen Quellen und Hilfsmitteln angefertigt zu haben. Alle Stellen, die den Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht worden. Diese Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

(Ort, Datum)

(Unterschrift)

weil Erklärung gibt es  
beim Hoch Center

## Inhalt

1	EINLEITUNG .....	1
1.1	Motivation und Zielsetzung .....	1
2	GRUNDLAGEN .....	1
2.1	Der aktive Luftfederdämpfer .....	1
2.2	HiL-Versuche .....	1
2.3	Sensor Fusion .....	1
2.4	(Statistische Grundlagen um HiL und Viertelfahrzeug-Versuche miteinander zu vergleichen)	1
3	KONSTRUKTIVE UMGESTALTUNG DES FUNKTIONSPROTOTYPUS .....	1
3.1	Anforderungen an den Dämpfer $\Rightarrow$ gleiche Begriffe verwenden	1
3.2	Versorgung des unteren aktiven Kolbens mit Hydraulikleitung von oben	2
3.3	Integration von Beschleunigungs- und Wegsensoren .....	2
4	INTEGRATION DES AKTIVEN LUFTFEDERDÄMPFERS IN DEN VIERTELFahrzeug PRÜFSTAND .....	2
4.1	Anforderungen an den Prüfstand .....	2
4.2	Aufbau .....	2
4.3	Mögliche Probleme die aufgetreten sind, und wie sie gelöst wurden	3
5	ÄNDERUNGEN AN DER PRÜFSTANDSOFTWARE .....	3
5.1	Reduzierung um das Viertelfahrzeugmodell .....	3
5.2	Implementierung der Sensorfusion .....	3
6	VERSUCHSDURCHFÜHRUNG .....	3
6.1	Versuchsplan .....	3
7	VERGLEICH MIT HARDWARE IN THE LOOP VERSUCHEN .....	3
8	FAZIT .....	4

LITERATUR .....	5
ANHANG A.....	6
Abbildungsverzeichnis .....	7
Tabellenverzeichnis .....	8
Verzeichnis der auf Datenträger gespeicherten Dateien .....	9
ANHANG B .....	10

# Symbolverzeichnis

## Basissystem

Die erste Spalte der folgenden Liste zeigt die im Text verwendeten Symbole für die auftretenden physikalischen und mathematischen Größen. In der zweiten Spalte wird die Bedeutung des Symbols beschrieben. Die Dimensionsformel jeder physikalischen Größe ist als Potenzprodukt der Basisgrößen Länge (L), Masse (M), Zeit (T), Temperatur ( $\Theta$ ), Stoffmenge (N), Strom (I) und Lichtstärke (J) in der Spalte 3 angegeben.

Symbol	Bedeutung	Dimension
$A$	Querschnittsfläche	$L^2$
$R$	Radius	$L$
$C$	Clemenzahl	1
$Re$	Reynoldszahl	1
$\varphi$	Durchflusszahl	1
$\psi$	Druckzahl	1
$U$	Spannung	$M L^2 I^{-1} T^{-3}$

## Indizes

$A$	Arbeitsanschluss A
$a$	Aktor
$B$	Arbeitsanschluss B
$dyn$	dynamisch

## Abkürzungen

VDMA	Verband der Deutschen Maschinen und Anlagenbauer
TU	Technische Universität

## 1 Einleitung

Grundlegende Motivation für das System welches am FST Entwickelt wird

### 1.1 Motivation und Zielsetzung

Wieso muss der aLFD überhaupt in den neuen Prüfstand eingebaut werden? Wo lagen die Probleme bei den HiL Versuchen → Ziel ist es, die HiL Versuche mit den neuen Versuchen in Relation zu setzen

Hier vielleicht noch ein Bildchen von alten und vom neuen Prüfstand.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Der aktive Luftfederdämpfer

Hier wird das System noch mal in ein paar Worten zusammengefasst um später darauf verweisen zu können.

### 2.2 HiL-Versuche

Wie waren die HiL-Versuche prinzipiell aufgebaut, welche Daten müssen hier vielleicht noch validiert werden.

### 2.3 Sensor Fusion

### 2.4 (Statistische Grundlagen um HiL und Viertelfahrzeug-Versuche miteinander zu vergleichen)

## 3 Konstruktive Umgestaltung des Funktionsprototyps

### 3.1 Anforderungen an die Luftfeder

Gliederung	Art	Bezeichnung	Daten
Bauraum	FF	Maximalabstand Kugelhöpfe (Ergibt sich aus der Geometrie des Viertelfahrzeugprüfstandes)	

Konstruktive Gestaltung	FF	Minimalabstand Kugelhöpfe (Ergibt sich aus der Prüfstandgeometrie)	
	WF	Herstellbarkeit in Institutswerkstatt	
	WF	Einfache Montage der neuen Komponenten	
	WF	Einfacher Hydraulik Ölwechsel	
Leistungsmerkmale	ZF	Leitungslänge Hydraulik	Möglichst kurz
	ZF	Steifigkeit Hydrauliksystem	Möglichst steif
	ZF	Strömungswiderstand Hydrauliksystem	Möglichst gering
	FF	Eckfrequenz der Sensorik	> 25 Hz
	FF	Druckbeständigkeit der Segment-Hydraulik	30 bar

Tabelle 3-1: Anforderungen an die Luftfeder

### 3.2 Versorgung des unteren aktiven Kolbens mit Hydraulikleitung von oben

### 3.3 Integration von Beschleunigungs- und Wegsensoren

## 4 Integration des aktiven Luftfederdämpfers in den Viertelfahrzeug Prüfstand

### 4.1 Anforderungen an den Prüfstand

Gliederung	Art	Bezeichnung	Daten
Allgemein	FF	Reproduzierbarkeit der Versuche	Allein aus der Literatur und der Versuchsbeschreibung sollte der Versuch wiederholt werden können.
Konstruktive Gestaltung	ZF	Coloumbische Reibung	Möglichst gering
	FF	Kein Lagerspiel	
Leistungsmerkmale	FF	Eckfrequenz der Bodenanregung	> 25 Hz <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Tabelle 3.2: Parameter zur Generierung der virtuellen Straßen aus [1]

FF	Radsteifigkeit $c_R$	200 000 N/m <sup>2</sup>
FF	Raddämpfung $d_R$ wahrscheinlich 0	566 Ns/m <sup>2</sup>
FF	Radmasse $m_R$	40 kg <sup>2</sup>
FF	Aufbausteifigkeit $c_R$	10 000 N/m <sup>2</sup>
FF	Aufbaudämpfung $d_R$	1140 Ns/m <sup>2</sup>
FF	Aufbaumasse $m_R$	290 kg <sup>2</sup>

Tabelle 4-1: Anforderungen an den Prüfstand •

#### 4.2 Aufbau

*Indizes nicht kurziv  
vergeben*

#### 4.3 Mögliche Probleme die aufgetreten sind, und wie sie gelöst wurden

### 5 Änderungen an der Prüfstandsoftware

#### 5.1 Reduzierung um das Viertelfahrzeugmodell

#### 5.2 Implementierung der Sensorfusion

### 6 Versuchsdurchführung

#### 6.1 Versuchsplan

### 7 Vergleich mit Hardware in the Loop Versuchen

<sup>2</sup> Tabelle 3.1: Parameter des Viertelfahrzeugmodells aus [1]

### 8 Fazit

## Literatur

- [1] P. Hendrich. *Konzeptvalidierung einer aktiven Luffederung im Kontext autonomer Fahrzeuge. Forschungsberichte zur Fluidsystemtechnik*. Dissertation. Fachgebiet Fluidsystemtechnik. Darmstadt. 2018.
- [2] ..
- [3] Autorvorname abgekürzt Nachname. *Buchtitel kursiv*. Veröffentlichungstyp. Verlag. Verlagsort. Jahr.

## Abbildungsverzeichnis

Es konnten keine Einträge für ein Abbildungsverzeichnis gefunden werden.

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Anforderungen an die Luftfeder

Tabelle 4-1: Anforderungen an den Prüfstand

2

3

## Verzeichnis der auf Datenträger gespeicherten Dateien

Datei	Anwendung	Beschreibung
Ausarbeitung\DA_Brander	Word97	Dieses Dokument
Einfacher_Lenkzyklus\info.txt	Editor	Erklärungen zur Simulation des einfachen Lenkzyklus
Einfacher_Lenkzyklus\input_sinus.m	Matlab	Berechnet Eingabevektoren des einfachen Lenkzyklus; Skript zum Plotten der Ergebnisse
Einfacher_Lenkzyklus\sinus_elast_kompl_radtraefte.m	Matlab	Ergebnisse des einfachen Lenkzyklus. Darstellung der Ergebnisse mit Datei input_sinus.
Modelle\etha_konstantdruck_mit_elast.mdl	SIMULINK	Modell zur Wirkungsgradsimulation der konventionellen Lenkung und der Konstantdrucklenkung
Modelle\etha_konstantdruck_ohne_elast.mdl	SIMULINK	Modell zur Wirkungsgradsimulation der konventionellen Lenkung und der Konstantdrucklenkung mit vereinfachter Mechanik (ohne Elastizitäten)
Modelle\kennfeld318.mat	Matlab	Pumpenkennfeld des BMW 318. Datei wird von der Datei parameter.m geladen
Modelle\param_sim.mat	Matlab	Einstellungen für die verwendeten Gleichungslöser. Muss nur aufgerufen werden, wenn Modell über Skriptfile simuliert wird
Modelle\parameter.m	Matlab	Parameterdatei für Modell 'etha_konstantdruck'

## Anhang B

(z.B. Hersteller Prospekte und Datenblätter, Kopien)