|  |  |
| --- | --- |
| S424 | 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 | |

tud_logo

**Erklärung zur Abschlussarbeit gemäß § 22 Abs. 7 und § 23 Abs. 7 APB TU Darmstadt**

Hiermit versichere ich, Clemens Janzarik, die vorliegende Master-Thesis gemäß § 22 Abs. 7 APB der TU Darmstadt ohne Hilfe Dritter und nur mit den angegebenen Quellen und Hilfsmitteln angefertigt zu haben. Alle Stellen, die Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht worden. Diese Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

Mir ist bekannt, dass im Falle eines Plagiats (§38 Abs.2 APB) ein Täuschungsversuch vorliegt, der dazu führt, dass die Arbeit mit 5,0 bewertet und damit ein Prüfungsversuch verbraucht wird. Abschlussarbeiten dürfen nur einmal wiederholt werden.

Bei der abgegebenen Thesis stimmen die schriftliche und die zur Archivierung eingereichte elektronische Fassung gemäß § 23 Abs. 7 APB überein.

**English translation for information purposes only:**

**Thesis Statement pursuant to § 22 paragraph 7 and § 23 paragraph 7 of APB TU Darmstadt**

I herewith formally declare that I, Clemens Janzarik, have written the submitted thesis independently pursuant to § 22 paragraph 7 of APB TU Darmstadt. I did not use any outside support except for the quoted literature and other sources mentioned in the paper. I clearly marked and separately listed all of the literature and all of the other sources which I employed when producing this academic work, either literally or in content. This thesis has not been handed in or published before in the same or similar form.

I am aware, that in case of an attempt at deception based on plagiarism (§38 Abs. 2 APB), the thesis would be graded with 5,0 and counted as one failed examination attempt. The thesis may only be repeated once.

In the submitted thesis the written copies and the electronic version for archiving are pursuant to § 23 paragraph 7 of APB identical in content.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Matrikelnummer: |  | E-Mail (privat): |
|  |  |  |
| Datum / Date: |  | Unterschrift/Signature: |

**Inhalt**

1 Einleitung 4

1.1 Motivation und Zielsetzung 4

2 Grundlagen 4

2.1 Der aktive Luftfederdämpfer 4

2.2 HiL-Versuche 4

2.3 Sensor Fusion 4

2.4 (Statistische Grundlagen um HiL und Viertelfahrzeug-Versuche miteinander zu vergleichen) 4

3 Konstruktive Umgestaltung des Funktionsprototyps 4

3.1 Anforderungen an die Luftfeder 4

3.2 Versorgung des unteren aktiven Kolbens mit Hydraulikleitung von oben 5

3.3 Integration von Beschleunigungs- und Wegsensoren 5

4 Integration des aktiven Luftfederdämpfers in den Viertelfahrzeug Prüfstand 5

4.1 Anforderungen an den Prüfstand 5

4.2 Aufbau 6

4.3 Mögliche Probleme die aufgetreten sind, und wie sie gelöst wurden 6

5 Änderungen an der Prüfstandsoftware 6

5.1 Reduzierung um das Viertelfahrzeugmodell 6

5.2 Implementierung der Sensorfusion 6

6 Versuchsdurchführung 6

6.1 Versuchsplan 6

7 Vergleich mit Hardware in the Loop Versuchen 6

8 Fazit 6

Literatur 7

Anhang A 8

Abbildungsverzeichnis 9

Tabellenverzeichnis 10

Verzeichnis der auf Datenträger gespeicherten Dateien 11

Anhang B 12

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 (), Stoffmenge (N), Strom (I) und Lichtstärke (J) in der Spalte 3 angegeben.

Symbol Bedeutung Dimension

Querschnittsfläche

Radius

C Clemenszahl 1

Reynoldszahl

Durchflusszahl

Druckzahl

Spannung

Indizes

A Arbeitsanschluss A

a Aktor

B Arbeitsanschluss B

dyn dynamisch

Abkürzungen

VDMA Verband der Deutschen Maschinen und Anlagenbauer

TU Technische Universität

# Einleitung

Grundlegende Motivation für das System welches am FST Entwickelt wird

## Fragestellung

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

## Methodisches Vorgehen

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

# Grundlagen

## Aktiver Luftfederdämpfer

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

## HiL-Versuche

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

## Sensor Fusion

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

# Konstruktive Umgestaltung des Funktionsprototyps

## Anforderungen an den aktiven Luftfederdämpfer

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Gliederung** | **Art** | **Bezeichnung** | **Daten** |
| Bauraum | FF | Maximalabstand Kugelköpfe (Ergibt sich aus der Geometrie des Viertelfahrzeugprüfstandes) |  |
| FF | Minimalabstand Kugelköpfe (Ergibt sich aus der Prüfstandgeometrie) |  |
| Konstruktive Gestaltung | WF | Herstellbarkeit in Institutswerkstatt |  |
| WF | Einfache Montage der neuen Komponenten |  |
| WF | Einfacher Hydraulik Ölwechsel |  |
| ZF | Leitungslänge Hydraulik | Möglichst kurz |
| ZF | Steifigkeit Hydrauliksystem | Möglichst steif |
| ZF | Strömungswiderstand Hydrauliksystem | Möglichst gering |
| Leistungsmerkmale | FF | Eckfrequenz der Sensorik | >>25 Hz |
| FF | Druckbeständigkeit der Segment-Hydraulik | 30 bar |

Tabelle ‑: Anforderungen an die Luftfeder

## Versorgung des unteren aktiven Kolbens mit Hydraulikleitung von oben

## Integration von Beschleunigungs- und Wegsensoren

# Integration des aktiven Luftfederdämpfers in den Viertelfahrzeug Prüfstand

## 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 | Coloumbsche Reibung | Möglichst gering |
| FF | Kein Lagerspiel |  |
| Leistungsmerkmale | FF | Eckfrequenz der Bodenanregung | >25 Hz[[1]](#footnote-1) |
| FF | Radsteifigkeit | 200 000 N/m[[2]](#footnote-2) |
| FF | Raddämpfung warhscheinlich 0 | 566 Ns/m2 |
| FF | Radmasse | 40 kg2 |
| FF | Aufbausteifigkeit | 10 000 N/m2 |
| FF | Aufbaudämpfung | 1140 Ns/m2 |
| FF | Aufbaumasse | 290 kg2 |

Tabelle ‑: Anforderungen an den Prüfstand

## Aufbau

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

# Änderungen an der Prüfstandsoftware

## Reduzierung um das Viertelfahrzeugmodell

## Implementierung der Sensorfusion

# Versuchsdurchführung

## Versuchsplan

# Vergleich mit Hardware in the Loop Versuchen

# Fazit

Literatur

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

Anhang A

Abbildungsverzeichnis

Es konnten keine Einträge für ein Abbildungsverzeichnis gefunden werden.

Tabellenverzeichnis

[Tabelle 3‑1: Anforderungen an die Luftfeder V](#_Toc40801090)

[Tabelle 4‑1: Anforderungen an den Prüfstand VI](#_Toc40801091)

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\_radkraefte.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)

1. Tabelle 3.2: Parameter zur Generierung der virtuellen Straßen aus [1] [↑](#footnote-ref-1)
2. Tabelle 3.1: Parameter des Viertelfahrzeugmodells aus [1] [↑](#footnote-ref-2)