

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Stand der Technik aktiver Federungssysteme	6
2.1	Aktive Federungssysteme für PKW.....	6
2.2	Aktive Federungen für Bahnfahrzeuge.....	6
2.3	Aufbau und Funktion des Federneigetechnikmoduls der NBP-Versuchsträger	7
2.4	Feder-/Neigetechnikprüfstand.....	7
2.5	Feder-/Neigetechnik des Versuchsshuttles.....	8
3	Der mechatronische Entwicklungskreislauf	10
3.1	Funktionsorientierter Entwurf.....	10
3.1.1	Funktionsanalyse	12
3.1.2	Modularisierung und Hierarchisierung.....	12
3.1.3	Topologische Systembeschreibung	14
3.1.4	Modelle und Modellierung.....	15
3.1.5	Prüfstandserprobung.....	18
4	Entwurf eines Shuttles in Unterflurbauweise	19
4.1	Anforderungen an Bahnfahrwerke.....	19
4.2	Motivation zur Entwicklung eines neuartigen Federungssystems.....	23
4.2.1	Aufbau eines Shuttles in Unterflurbauweise	23
4.2.2	Gestaltentwurf der aktiven dämpferlosen 3D-Federung	25
4.2.3	Entwurf der Informations- und der Signalverarbeitung	28
4.3	Grundlegende Komponenten aktiver Federungssysteme.....	30
4.3.1	Luftfeder.....	30
4.3.2	GFK-Feder.....	30
4.3.3	Aktorik.....	31
4.3.4	Sensorik.....	31
4.4	Modellgestützte Gestaltoptimierung und Dimensionierung des 3D-Federungssystems	42
4.4.1	Modellierung unter CAMEL-View	42
5	Entwicklung eines HIL-Prüfstandes für das aktive dämpferlose 3D-Federungssystem	48
5.1	Hardware-in-the-Loop-Simulation	48
5.1.1	Definition.....	48
5.1.2	Vorteile durch die Anwendung von HIL-Simulationen.....	48
5.1.3	Bestandteile und Voraussetzungen für eine HIL-Simulation	48
5.1.4	Anforderungen an den HIL-Prüfstand.....	50
5.2	Mechatronische Komposition des HIL-Prüfstandes	50
5.2.1	Funktionsanalyse	50
5.2.2	Topologische Modularisierung und Hierarchisierung	51
5.2.3	Gestaltorientierter Entwurf.....	54
5.2.4	MKS-Modell und Regelungsstruktur	55
5.2.5	Kinematik-Analyse des Niederflurfederungssystems	64

5.3	Konstruktive Ausarbeitung des Prüfstandes.....	72
5.4	Inbetriebnahme des HIL-Prüfstandes	76
5.4.1	Zentrales Hydraulikaggregat.....	76
5.4.2	Hydraulische Achsen	76
5.4.3	Feder-/Aktorgruppe.....	77
5.4.4	Lokale Federung.....	78
5.4.5	Globale Module der aktiven 3D-Federung	81
5.4.6	Störgrößenaufschaltung.....	81
5.5	Umbau des HIL-Prüfstandes auf das GFK-Federungsmodul.....	81
5.5.1	Konstruktionsbeschreibung.....	82
5.5.2	Funktionsbeschreibung	83
6	Untersuchungen am HIL-Prüfstand.....	85
6.1	Untersuchungen des Luftfedermoduls.....	85
6.1.1	Frequenz- und Zeitverhalten des passiven Systems mit Luftfeder	85
6.1.2	Frequenz- und Zeitverhalten des aktiven Systems mit Luftfeder	90
6.2	Untersuchungen des GFK-Federungsmoduls.....	96
6.2.1	Frequenz- und Zeitverhalten des passiven Systems mit GFK-Feder	96
6.3	Frequenz- und Zeitverhalten des aktiven Systems mit GFK-Feder	105
6.4	Vergleich der Versuchsergebnisse des Luftfeder- und des GFK-Federsystems.....	111
7	Zusammenfassung und Ausblick	114
7.1	Zusammenfassung	114
7.2	Vergleich der beiden Federtypen Luftfeder und GFK-Feder.....	115
7.3	Ausblick.....	117
8	Anhang.....	122
8.1	Lösung der Kinematikgleichungen des optischen Luftfedersensors	122
8.2	Literaturverzeichnis	124