

# Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen und Abkürzungen.....	VIII
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Das Linearmotorkonzept des Bahnsystems der NBP .....</b>	<b>4</b>
2.1 Anforderungen des NBP-Systems an den Antrieb.....	4
2.2 Bordenergieversorgung .....	5
2.2.1 Realisierte Anwendungen von Linearmotor getriebenen Bahnen .....	5
2.2.2 Möglichkeiten der Energieversorgung eines NBP-Fahrzeugs .....	7
2.3 Wirkprinzip des NBP-Linearantriebs.....	8
2.4 Mathematische Modellbildung des doppelt gespeisten Linearmotors .....	10
2.4.1 Läufer- und Statorkreisfrequenz .....	11
2.4.2 Schubkraft des Linearmotors .....	11
2.4.3 Spannungsgleichungen für Läufer und Stator .....	12
2.4.4 Mechanisches Modell für die Längsbewegung .....	14
2.4.5 Wirkungsplan des doppelt gespeisten Linearmotors .....	14
2.5 Stationärer Betrieb .....	15
2.5.1 Energieübertragung im stationären Betrieb .....	17
<b>3 Versuchsanlage im Maßstab 1:2,5 .....</b>	<b>18</b>
3.1 Profil des Streckenovals.....	19
3.2 Energieversorgung des Stators.....	22
3.2.1 Aufbau der Energieversorgung .....	24
3.3 Bordnetz eines NBP-Fahrzeugs .....	24
3.3.1 Elektrische Fahrzeugenergiespeicher.....	25
3.3.2 Bordnetz mit hybridem Energieversorgungsmodul.....	27
3.3.3 Gleichstromsteller der Fahrzeugbatterie .....	32
3.4 Modellbildung des Energieversorgungsmoduls.....	39
3.4.1 Ladegradschätzung der Batterie.....	40
3.4.2 Ladegradschätzung der Ultracaps .....	42

<b>4 Betriebsleittechnik</b> .....	<b>44</b>
4.1 Betrieb eines Gesamtsystems im Maßstab 1:1 .....	44
4.1.1 Modularer Systemaufbau eines Fahrzeugs .....	44
4.1.2 Kommunikationssysteme für ein Fahrzeug .....	45
4.1.3 Kommunikationssysteme für Fahrzeugverbände .....	47
4.2 Aufbau der Leittechnik der NBP-Versuchsanlage .....	48
4.2.1 Statorsollwert-Übermittlung .....	53
4.3 Synchronisation verteilter Systeme über Funkstrecke und Feldbus .....	54
4.3.1 Datentelegramm der Funkstrecke .....	55
4.3.2 Funkdatenverarbeitung mit Störfallroutinen .....	56
4.3.3 HiL-Prüfstand Funktechnik .....	59
4.3.4 Feldbuskommunikation .....	61
4.4 Positionserfassung eines Fahrzeugs .....	62
4.4.1 Ermittlung der elektrischen Läuferlage .....	63
4.4.2 Erfassung der Absolutposition eines Fahrzeugs .....	66
4.4.3 Bewertung der implementierten Positionserfassung .....	67
<b>5 Regelung des Linearantriebs</b> .....	<b>68</b>
5.1 Motorstromregelungen .....	70
5.1.1 Läuferstromregelung .....	70
5.1.2 Statorstromregelung .....	75
5.2 Linearmotor-Arbeitspunktvorgabe .....	76
5.2.1 Linearmotor-Wirkungsgrad im stationären Betrieb .....	77
5.2.2 Wirkungsgradoptimale Arbeitspunkteinstellung .....	79
5.2.3 Resultierende Struktur der Arbeitspunktsteuerung .....	84
5.2.4 Messergebnisse mit Arbeitspunktsteuerung .....	85
5.3 Regelung des Fahrprofils .....	89
5.3.1 Geschwindigkeitsregelung .....	89
5.3.2 Positionsregelung .....	90
5.3.3 Vorsteuerung durch Sollprofile .....	91
5.3.4 Resultierende Struktur der kaskadierten Regelung .....	92
5.3.5 Messergebnisse eines Positioniervorgangs auf dem Streckenoval .....	93

5.4 Betriebsstrategie für das Energiemanagement .....	94
5.4.1 Zustandsgraph .....	95
5.4.2 Batteriestromregelung .....	97
5.4.3 Übertragung der Betriebsstrategie auf das NBP-Fahrzeug .....	100
<b>6 Energiemanagement für den Betrieb eines Fahrzeugs .....</b>	<b>103</b>
6.1 Selbstoptimierendes Energiemanagement .....	103
6.2 Simulationsmodell des Prädiktors .....	106
6.2.1 Batteriemodellierung mit vier Subsystemen .....	107
6.3 Kombination diskreter und kontinuierlicher Optimierungsansätze .....	108
6.3.1 Kontinuierliche Mehrzieloptimierung .....	109
6.3.2 Diskrete Optimierung mit Suchbaumverfahren .....	114
6.4 Validierung am Simulationsmodell .....	116
6.4.1 Bewertung der unterschiedlichen Strategien .....	116
<b>7 Zusammenfassung .....</b>	<b>120</b>
<b>Anhang .....</b>	<b>123</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>125</b>