

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen und Abkürzungen.....	VIII
1 Einleitung	1
2 Das Linearmotorkonzept des Bahnsystems der NBP	4
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
3 Versuchsanlage im Maßstab 1:2,5	18
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

4 Betriebsleittechnik 44

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

5 Regelung des Linearantriebs..... 68

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
6 Energiemanagement für den Betrieb eines Fahrzeugs	103
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
7 Zusammenfassung	120
Anhang	123
Literaturverzeichnis	125