

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort .....</b>	<b>iii</b>
<b>Formel- und Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>v</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>xv</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>xix</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Aufgabenstellung.....	2
1.1.1 Zentrale These der Arbeit .....	2
1.1.2 Untergeordnete Forschungsfragen und methodische Ansätze ...	3
1.2 Aufbau der Arbeit – Lösungsansatz .....	5
<b>2 Stand der Technik im Bereich Integration von Kurzzeitspeichern und Effizienzberechnung von Antriebssystemen .....</b>	<b>7</b>
2.1 Speichertechnologien und elektrische Kurzzeitspeicher .....	7
2.2 Energiemanagement und Auslegung .....	8
2.3 Ansätze einzelner Komponenten .....	10
2.4 Eigene Vorarbeiten und Veröffentlichungen .....	11
<b>3 Verlustmodellierung verschiedener Komponenten in mechatronischen Antriebssträngen.....</b>	<b>13</b>
3.1 Grundbegriffe Wirkungsgrad, Energieeffizienz und Verluste .....	13
3.2 Verluste in Frequenzumrichtern .....	16
3.2.1 Ansteuer- und Kühlverluste in Frequenzumrichtern.....	17
3.2.2 Netzfilter (EMV-Filter) .....	19
3.2.3 Netz- und Motordrosseln .....	19
3.2.4 Gleichspannungszwischenkreis.....	24
3.2.5 Ausgangswechselrichter .....	28
3.2.6 Eingangsgleichrichter.....	37
3.2.7 DC-Wandler .....	40
3.3 Verluste in elektrischen Maschinen .....	44
3.3.1 Asynchronmaschinen.....	44
3.3.2 Permanenterregte Synchronmaschinen .....	51

## *Inhaltsverzeichnis*

3.4	Verluste in Getrieben .....	52
3.4.1	Stirnradgetriebe .....	52
3.4.2	Planetengetriebe .....	53
3.4.3	Verlustbetrachtung in Getrieben im Hinblick auf die Übersetzung.....	55
3.5	Verluste in elektrischen und elektrochemischen Energiespeichern.....	56
3.5.1	Kondensatoren.....	57
3.5.2	Akkumulatoren .....	57
4	<b>Berechnung von Verlustkennfeldern der verschiedenen Komponenten anhand von Datenblattwerten .....</b>	<b>61</b>
4.1	Asynchronmotor.....	65
4.2	Permanenterregte Synchronmaschine .....	71
4.3	Frequenzumrichter.....	71
4.4	Doppelschichtkondensatoren.....	81
4.5	Akkumulatorsysteme .....	83
4.6	DC-Wandler .....	84
4.7	Vergleich gemessene und berechnete Verlustkennfelder .....	86
5	<b>Berechnung der Energieeffizienz anhand von Fahrprofilen .....</b>	<b>97</b>
5.1	Fahrprofilvorgaben .....	97
5.2	Berechnungsergebnisse anhand einer realen Materialförderanlage.....	101
5.3	Evaluierung der Berechnungen anhand von Messungen .....	106
6	<b>Energieeinsparung durch Integration von Kurzzeitspeichern in Antriebssysteme .....</b>	<b>109</b>
6.1	Potentialabschätzung der Speicherung im Antriebssystem.....	109
6.2	Vergleich von Energiespeichern, die im Antriebssystem zum Einsatz kommen können .....	114
6.3	Realisierung eines Speichersystems zur Integration in einen Antriebsstrang .....	118
6.4	Energetischer Vergleich eines Aufzuges mit und ohne Speichersystem .....	121
6.5	Energetischer Vergleich einer Materialförderanlage mit und ohne Speichersystem .....	124
6.6	Verifizierung der Berechnungen anhand von Messungen.....	126

<b>7</b>	<b>CO<sub>2</sub>- und Kosteneinsparung durch Integration von Kurzzeitspeichern in Antriebssysteme .....</b>	<b>129</b>
7.1	Berechnungsbeispiel Materialförderanlage mit Speichereinheit .....	129
7.2	Berechnungsbeispiel Aufzug mit Speichereinheit .....	134
7.3	Kosteneinsparung durch den Einsatz von effizienteren Motoren .....	137
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>143</b>
<b>9</b>	<b>Summary and outlook .....</b>	<b>145</b>
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>147</b>