

Inhaltsverzeichnis

Vorwortiii

Formel- und Abkürzungsverzeichnis v

Tabellenverzeichnis..... xv

Abbildungsverzeichnis..... xix

1 Einleitung..... 1

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

2 Stand der Technik im Bereich Integration von Kurzzeitspeichern und Effizienzberechnung von Antriebssystemen 7

2.1 Speichertechnologien und elektrische Kurzzeitspeicher 7

2.2 Energiemanagement und Auslegung 8

2.3 Ansätze einzelner Komponenten10

2.4 Eigene Vorarbeiten und Veröffentlichungen11

3 Verlustmodellierung verschiedener Komponenten in mechatronischen Antriebssträngen..... 13

3.1 Grundbegriffe Wirkungsgrad, Energieeffizienz und Verluste..... 13

3.2 Verluste in Frequenzumrichtern16

3.2.1 Ansteuer- und Kühlverluste in Frequenzumrichtern.....17

3.2.2 Netzfilter (EMV-Filter)19

3.2.3 Netz- und Motordrosseln19

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 Permanentterregte Synchronmaschinen 51

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	Berechnung von Verlustkennfeldern der verschiedenen Komponenten anhand von Datenblattwerten	61
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	Berechnung der Energieeffizienz anhand von Fahrprofilen	97
5.1	Fahrprofilvorgaben	97
5.2	Berechnungsergebnisse anhand einer realen Materialförderanlage.....	101
5.3	Evaluierung der Berechnungen anhand von Messungen	106
6	Energieeinsparung durch Integration von Kurzzeitspeichern in Antriebssysteme	109
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

7 CO₂- und Kosteneinsparung durch Integration von Kurzzeitspeichern in Antriebssysteme 129

7.1 Berechnungsbeispiel Materialförderanlage mit Speichereinheit129

7.2 Berechnungsbeispiel Aufzug mit Speichereinheit 134

7.3 Kosteneinsparung durch den Einsatz von effizienteren Motoren 137

8 Zusammenfassung und Ausblick..... 143

9 Summary and outlook 145

Literaturverzeichnis 147