

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Abkürzungen und Formelzeichen	v
1 Einleitung	1
1.1 Einführung von Elektrofahrzeugen in den Straßenverkehr	1
1.2 Motivation und Ziel der Arbeit	2
1.3 Stand der Forschung	3
1.4 Aufbau der Arbeit	4
2 Analyse und Modellbildung	5
2.1 Betrachtungsbereich	5
2.2 Elektrische Verteilungsnetze	7
2.2.1 Netzstruktur	7
2.2.2 Betriebsmittel	9
2.2.3 Technische Randbedingungen	10
2.3 Nicht steuerbare Netzkunden	13
2.3.1 Energiebedarf konventioneller Kunden	13
2.3.2 Dezentrale Energieerzeugungsanlagen	17
2.4 Steuerbare Netzkunden	20
2.4.1 Mikro-Blockheizkraftwerke	20
2.4.2 Elektrofahrzeuge	23
2.5 Elektrofahrzeuge	25
2.5.1 Merkmale des Fahrzeugnutzungsverhaltens	25
2.5.2 Klassifizierung der PKW-Flotte	33
2.5.3 Batteriesystem	35
2.5.4 Antriebsenergie und Rekuperation	37
2.5.5 Verbrauch von Nebenaggregaten	39
2.5.6 Nachladung von Elektrofahrzeugen	40
2.6 Steuerungsstrategie	45
2.6.1 Kundenbedürfnisorientierte Strategie	45
2.6.2 Vertrieboptimierte Strategie	46
2.6.3 Eingriffe von Netzbetreibern	47
2.7 Strompreis	47
3 Methodik und Verfahren	49
3.1 Methodische Vorgehensweise	49

3.2	Verfahren zur Generierung von Fahrzeugnutzungsprofilen	50
3.2.1	Verfahrensablauf	50
3.2.2	Initialisierung	52
3.2.3	Nachbildung des Aufenthalts	53
3.2.4	Nachbildung der Fahrdauer	54
3.2.5	Ermittlung der Einzelkilometerleistung	56
3.2.6	Überprüfung des Fahrzeugnutzungsprofils	57
3.2.7	Zuordnung von Elektrofahrzeugen zu Netzknoten	59
3.3	Aufbereitung sonstiger Eingangsdaten	61
3.3.1	Netzdaten	62
3.3.2	Last- und Einspeiseprofile von Netzkunden und Zeitreihen des Strompreises	62
3.4	Simulation des optimalen Last-/Einspeisemanagements	63
3.4.1	Optimierungsaufgabe	63
3.4.2	Verfahrensüberblick	67
3.4.3	Lösung der Optimierungsaufgabe	70
3.5	Technische Bewertungskriterien	73
4	Untersuchungsergebnisse	77
4.1	Untersuchte Einflussgrößen	77
4.1.1	Netzgebiete	77
4.1.2	Fahrzeugtechnik	83
4.1.3	Ladekonzepte	84
4.1.4	Steuerungsstrategie	85
4.1.5	Durchdringung von Elektrofahrzeugen	85
4.2	Untersuchungsprogramm	86
4.3	Bewertung der Untersuchungsergebnisse	88
4.3.1	Auswirkungen auf thermische Belastung von Transformatoren	88
4.3.2	Auswirkungen auf thermische Belastung von Leitungen	93
4.3.3	Auswirkungen auf die Spannungshaltung	94
4.3.4	Auswirkungen auf die Energiespeicher von Elektrofahrzeugen	97
5	Zusammenfassung	101
6	Literaturverzeichnis	103
7	Anhang	111
7.1	Parametrierung der Modellierung der Fahrzeugnutzung	111
7.1.1	Statistische Kenngröße λ für Modellierung der Fahrdauer	111
7.1.2	Initialisierungswahrscheinlichkeiten P_{Init, A_i}	113
7.2	Modellsystem in Kernstädten	115
7.2.1	Netzknoten und Netzkunden (ohne Elektrofahrzeuge)	115
7.2.2	Netzknoten und Zuordnung der Elektrofahrzeuge	116
7.2.3	Netzknoten und Zuordnung der Parkplätze	116

7.2.4	Straßen und Leitungen (Auswertungsbereich)	116
7.2.5	Netztopologie und Kundenverteilung des betrachteten Niederspannungsnetzes	118
7.3	Modellsystem im verdichtetem Umland	118
7.3.1	Netzknoten und Netzkunden (ohne Elektrofahrzeuge)	118
7.3.2	Netzknoten und Zuordnung der Elektrofahrzeuge	119
7.3.3	Netzknoten und Zuordnung der Parkplätze	120
7.3.4	Straßen und Leitungen	120
7.3.5	Netztopologie und Kundenverteilung des betrachteten Niederspannungsnetzes	121
7.4	Modellsystem im ländlichen Gebiet	121
7.4.1	Netzknoten und Netzkunden (ohne Elektrofahrzeuge)	121
7.4.2	Netzknoten und Zuordnung der PV-Anlagen und Elektrofahrzeuge	122
7.4.3	Netzknoten und Zuordnung der Parkplätze	122
7.4.4	Straßen und Leitungen	123
7.4.5	Netztopologie und Kundenverteilung des betrachteten Niederspannungsnetzes	124
7.5	Elektrische Kenndaten	124
7.6	Parametrierung der Untersuchungsszenarien	126
7.6.1	Batteriespeicher	126
7.6.2	Jahreswärmebedarf der Gebäudetypen	126
7.6.3	Anteil der PKW-Gruppe je nach Siedlungsstruktur	126
7.6.4	Anzahl der vorhandenen PKWs in betrachteten Netzgebieten	127
7.6.5	Substitutionsgrad	127
7.6.6	Kenngrößen der Ladekonzepte	127
7.6.7	Installierte Leistung der Elektrizitätsversorgung	128
7.7	HYZEM-Zyklus	129