

# Inhaltsverzeichnis

## Verzeichnis der Abkürzungen und Formelzeichen ..... V

<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Synthese von Zeitreihen elektrischer Lasten .....	1
1.2 Versorgungsnetze im Wandel der Zeit hin zu aktiven Verteilungsnetzen .....	1
1.3 Einsatzbereiche von Lastgängen für aktive Verteilungsnetze .....	3
1.4 Ziel und Aufbau der Arbeit .....	3
1.5 Anmerkung zu Begriffsdefinitionen .....	4
<b>2 Berechnung von Verteilungsnetzen und deren Auslegungskriterien .....</b>	<b>5</b>
2.1 Technische Rahmenbedingungen .....	5
2.1.1 Spannungsbandeinhaltung .....	5
2.1.2 Strombelastbarkeit .....	7
2.1.3 Netzschutz und Kurzschlussfestigkeit .....	7
2.1.4 Netzverluste .....	7
2.2 Belastungsannahmen .....	8
2.2.1 Belastungsannahmen für Verbraucher .....	8
2.2.2 Belastungsannahmen für Erzeuger .....	10
2.3 Planungsgrundsätze .....	10
2.3.1 Netzformen, Systemarten und Sternpunktbehandlungen .....	10
2.3.2 Spannungskordinierung .....	10
2.3.3 Betriebsmittelwahl .....	11
2.3.4 Annahmen für die Verteilungsnetzplanung .....	11
2.4 Ersatzschaltungen für Betriebsmittel und Lasten .....	13
2.4.1 Ersatzschaltungen für Betriebsmittel .....	13
2.4.2 Ersatzschaltungen für Lasten .....	13
2.4.3 Abhängigkeiten der Lasten .....	14
2.5 Zukunft der Verteilungsnetze .....	15
2.5.1 Neuartige Betriebsmittel .....	16
2.5.2 Intensivierung des Netzbetriebs .....	16
2.6 Fazit: Lastgangsynthese zur Berechnung aktiver Verteilungsnetze .....	17
<b>3 Beschreibung der Lasten von Haushaltsabnehmern .....</b>	<b>19</b>
3.1 Charakterisierung der Last von Haushaltsabnehmern .....	19
3.1.1 Lastgänge eines Haushaltsabnehmers .....	19
3.1.2 Lastgänge mehrerer Haushaltsabnehmer .....	21
3.2 Abschätzung der Last für Haushaltsabnehmer für die Netzplanung .....	22
3.2.1 Gesamthöchstlast, Diversität und Gleichzeitigkeit sowie Höchstlastanteil .....	22
3.2.2 Übersicht von Methoden zur Bestimmung der Gesamthöchstlast .....	23
3.2.3 Elektrifizierungsgrad .....	24
3.2.4 Entwicklung von Höchstlast und Jahresenergieverbrauch .....	25
3.3 Fazit: Neue Erfordernisse an die Nachbildung von Lasten .....	27
3.3.1 Verwendung von Smart Metering Daten .....	27
3.3.2 Lastgangsynthesen in anderen Arbeiten .....	27
3.3.3 Konzept und Detaillierungsgrad der Lastgangsynthese .....	29
<b>4 Technische Aspekte der elektrischen Geräte im Haushalt .....</b>	<b>31</b>
4.1 Entwicklung der Elektrifizierung der Haushalte .....	31
4.2 Auflistung elektrischer Geräte nach Gerätegröße und Anwendungsbereich .....	33
4.3 Bildung von Geräteklassen und Einteilung der Geräte .....	35
4.3.1 Gerätekategorie Grundlast .....	37
4.3.2 Gerätekategorie Taktbetrieb .....	38
4.3.3 Gerätekategorie Aktive Ein/Aus .....	38
4.3.4 Gerätekategorie Prozessablauf .....	38

4.3.5	Gerätekategorie Beleuchtung.....	40
4.3.6	Einteilung der Geräte und Gerätegruppen in die Geräteklassen .....	40
4.4	Weitere Eigenschaften der Geräte .....	41
4.5	Datenerhebung zu Anschlussleistungen und Leistungsaufnahmen im Ein-Zustand.....	42
4.5.1	Daten zu Anschlussleistungen und Leistungsaufnahmen im Ein-Zustand.....	43
4.5.2	Daten zum Energieverbrauch und angenommene Leistungen .....	50
4.6	Klimatische Abhängigkeit des Energiebezugs .....	54
4.7	Technische Entwicklungsperspektiven .....	55
4.8	Fazit der technischen Aspekte.....	59
<b>5</b>	<b>Soziale Aspekte der Bewohner als Konsumenten und Benutzer .....</b>	<b>61</b>
5.1	Mensch-Haushaltsgeräte-Interaktion .....	61
5.2	Alltägliche Lebensführung.....	64
5.3	Anschaffung von elektrischen Geräten .....	65
5.3.1	Anschaffungsprozess .....	65
5.3.2	Ausstattungsgrad und Ausstattungsbestand .....	66
5.3.3	Datenerhebung zum Ausstattungsgrad.....	69
5.3.4	Daten zum Ausstattungsgrad .....	69
5.4	Alltägliche Benutzung von elektrischen Geräten .....	72
5.4.1	Alltägliche Benutzung .....	72
5.4.2	Das Haushaltsparadoxon.....	72
5.4.3	Datenerhebung zur Alltäglichen Benutzung .....	72
5.4.4	Daten zur Alltäglichen Benutzung.....	74
5.5	Soziale Entwicklungsperspektiven.....	79
5.5.1	Entwicklung von Gesellschaft und Gemeinschaft .....	79
5.5.2	Entwicklung der Alltäglichen Lebensführung .....	80
5.6	Fazit der sozialen Aspekte .....	81
<b>6</b>	<b>Umsetzung der Lastgangsynthese.....</b>	<b>83</b>
6.1	Begriffsklärung Synthese .....	83
6.2	Grundstruktur und konzeptionelles Vorgehen .....	83
6.3	Synthese 1: Künstliche Erstellung von synthetisierten Lastverläufen .....	86
6.3.1	Implementierung Synthese 1 für Gerätekategorie Grundlast .....	87
6.3.2	Implementierung Synthese 1 für Gerätekategorie Taktbetrieb .....	88
6.3.3	Implementierung Synthese 1 für Gerätekategorie Aktive Ein/Aus .....	90
6.3.4	Implementierung Synthese 1 für Gerätekategorie Prozessablauf.....	92
6.3.5	Implementierung Synthese 1 für Gerätekategorie Beleuchtung.....	92
6.4	Synthese 2: Zusammensetzung der Lastverläufe zu synthetischen Lastgängen .....	94
6.4.1	Plausibilisierung des Jahresenergieverbrauchs und der Jahreshöchstlast .....	95
6.4.2	Summenlastgänge und Lastprofile.....	97
6.4.3	Summenlastgänge und Lastgänge je Außenleiter .....	98
6.4.4	Dauerlinien .....	99
6.4.5	Zusammenhang der Jahreshöchstlast zum Jahresenergieverbrauch .....	100
6.5	Erhöhung des Detaillierungsgrads .....	100
6.5.1	Erhöhung der Zeitaufösung .....	100
6.5.2	Erweiterung um Einschaltströme .....	101
6.6	Fazit zur implementierten Lastgangsynthese .....	102
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>103</b>
7.1	Beschreibung der Untersuchungen und Ergebnisse .....	103
7.2	Aspekte für weiterführende Arbeiten .....	104
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>105</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>121</b>
	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>125</b>