

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	VI
Verzeichnis der verwendeten Formelzeichen und Abkürzungen	VIII
Kurzfassung.....	1
Abstract	2
1 Einleitung	3
1.1 Stand des Wissens	5
1.2 Zielsetzung und Gliederung der Arbeit.....	7
2 Energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen	10
2.1 Prognosemodelle und -methoden	10
2.2 Planungshorizonte in der Energiewirtschaft	11
2.3 Energiewirtschaftliche Lastprognosen.....	13
2.4 Öffnung des Energiemarktes in Deutschland.....	14
2.5 Anforderungen an Lastprognosen.....	16
2.5.1 Anforderungen des Handels und Vertriebs	17
2.5.2 Anforderungen der Netzbetreiber	19
2.5.3 Lastprognosesysteme.....	23
2.6 Werkzeuge und IT- Systeme.....	28
3 Methodische Grundlagen der Zeitreihenanalyse.....	30
3.1 Einflüsse und Einflussgrößen auf die elektrische Last	30
3.2 Zeitreihenprognosen	35
3.3 Prozess der Prognoseerstellung	37
3.4 Beurteilungsmaß und Qualität von Prognosen.....	38
3.4.1 Ursachen von Lastprognosefehlern	39
3.4.2 Fehlerkenngrößen	39
3.5 Zeitreihenanalyse	41
3.5.1 Allgemein	41
3.5.2 Darstellung von Zeitreihen	43
3.5.3 Empirische Momente und Stationarität	45
3.6 Klassische Zeitreihenanalyse.....	46
3.6.1 Komponentenmodell	47
3.6.2 Trendbestimmung	49
3.6.3 Methode der kleinsten Quadrate.....	50
3.6.4 Filter	51
3.6.5 Zyklische Schwankungen	52
3.7 Stochastische Prozesse.....	53

4	Neuronale Netze	56
4.1	Grundlagen und historische Entwicklung	57
4.1.1	Das biologische Vorbild.....	60
4.1.2	Formal mathematische Beschreibung eines Neurons.....	62
4.2	Aufbau neuronaler Netze und Netztopologien.....	65
4.2.1	Feedforward-Netze	67
4.2.2	Jordan- und Elman-Netze	68
4.3	Lernalgorithmen	71
4.3.1	Das Lernproblem	71
4.3.2	Gradientenverfahren	72
4.3.3	Backpropagation	73
4.3.4	Feedforward-Algorithmus.....	77
4.3.5	Backpropagation für rekurrente Netze	79
4.4	Selbstorganisierende Karten (SOM).....	82
4.4.1	Prinzip und Netzarchitektur der SOM.....	83
5	Entwicklung von Lastgangprognosemodellen	88
5.1	Modellbildung und Anpassung stochastischer Prozesse.....	88
5.1.1	Zerlegungsansatz und Modelle der Restkomponente	88
5.1.2	Modellbildung und Bestimmung der Parameter	91
5.2	Entwicklung eines entkoppelten Modells mit exogenen Größen	93
5.3	Prognosen von Zeitreihen mit neuronalen Netzen	95
5.3.1	Grundlagen bei der Prognoseerstellung mit neuronalen Netzen.....	95
5.3.2	Problemstellung und Entwicklungsmethodik	97
5.4	Mustererkennung in Lastgangdaten mit SOM	101
5.4.1	Entwicklung einer zweidimensionalen Netzstruktur zur Analyse von Lastgangdaten.....	101
5.4.2	Lernverfahren und Datenanalyse mit SOM	102
6	Fallstudien	107
6.1	Untersuchungsdaten und Vorgehensweise	107
6.2	Lastgang- und Wetterdatenanalyse.....	109
6.2.1	Lastgang	109
6.2.2	Empirische Momente und Stationarität	110
6.2.3	Trend- und Periodenanteil.....	111
6.2.4	Tagtypbestimmung	114
6.2.5	Wetterelemente.....	118
6.2.6	Zusammenhang zwischen Wettereinflussgrößen und Lastgang.....	119
6.3	Analyse von Einflüssen auf Tagtypen mit Hilfe SOM	124
6.4	Prognosen	128
6.4.1	Prognose mit klassischen Modellen.....	128
6.4.2	Prognose durch Kombination von deterministischen und stochastischen Ansätzen.....	132
6.4.3	Prognosen mit dem „entkoppelten“ autoregressiven Prozess.....	138
6.4.4	Zusammenfassung der Ergebnisse	139

6.5	Lastprognosen mit neuronalen Netzen	141
6.5.1	Einschichtiges Netz	141
6.5.2	Untersuchung verschiedener Netztopologien	143
6.5.3	Anwendungsstrategie mit kleinen Netzen	145
6.5.4	Zusammenfassung der Prognoseergebnisse mit neuronalen Netzen	147
7	Zusammenfassung und Ausblick	149
8	Literaturverzeichnis	154
9	Anhang.....	165
9.1	Lineare und Polynomiale Trends.....	165
9.2	Periodogramm und Fourieranalyse.....	166
9.3	2-Stichproben T-Test	168
9.4	Chi-Quadrat-Test	169
9.5	Yule-Walker-Gleichung	170
9.6	Durbin-Methode	171
9.7	Ergebnisse des Mittelwertstationaritäts- sowie des Varianzstationaritätstests ..	172
9.8	Analyse ausgewählter Wetterelemente.....	172
9.8.1	Temperatur	173
9.8.2	Globalstrahlung.....	174
9.8.3	Windgeschwindigkeit	175
9.8.4	Luftdruck.....	176
	Lebenslauf.....	178