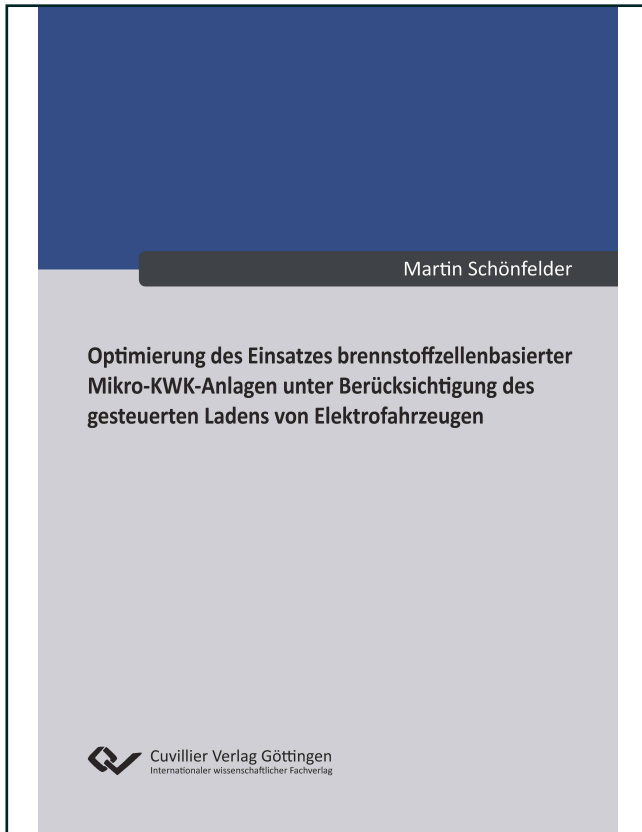




Martin Schönfelder (Autor)

Optimierung des Einsatzes brennstoffzellenbasierter Mikro-KWK-Anlagen unter Berücksichtigung des gesteuerten Ladens von Elektrofahrzeugen



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/6465>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,
Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: <https://cuvillier.de>

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	IX
Abkürzungsverzeichnis	XI
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangslage und Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung und Vorgehensweise	4
2 Energiewirtschaftlicher und energiepolitischer Rahmen	7
2.1 Strukturwandel auf der Angebots- und Nachfrageseite	7
2.1.1 Zur Integration erneuerbarer Energien	8
2.1.2 Zur Dezentralisierung der Stromversorgung	11
2.1.3 Strom- und Wärmenachfrage in Haushalten	14
2.1.4 Entwicklung und Auswirkungen der Elektromobilität	17
2.2 Politische und rechtliche Rahmenbedingungen	19
2.2.1 Erneuerbare-Energien-Gesetz	19
2.2.2 Energieeinsparverordnung	20
2.2.3 Erneuerbare-Energien-WärmeGesetze	22
2.2.4 Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz	24
2.3 Implikationen für Mikro-KWK-Anlagen	26
3 Mikro-KWK-Anlagen für Wohngebäude	29
3.1 Prinzip, Verbreitung und Potenzial	29
3.2 Mikro-KWK-Technologien	33
3.2.1 Standardkomponenten und technische Charakteristika	33
3.2.2 Wärmekraftmaschinen	36
3.2.3 Brennstoffzellen	39
3.3 Betriebsweisen und Einsatzaspekte	45
3.4 Effizienz- und Betriebskennzahlen	48

3.5	Technologievergleich und -auswahl	51
3.6	Wechselwirkungen des Anlagenbetriebs mit Elektrofahrzeugen	54
4	Methoden und Modellansätze zur Optimierung des Mikro-KWK-Betriebs	55
4.1	Optimierungsziele	55
4.2	Methodische Ansätze zur Optimierung des Mikro-KWK-Betriebs	57
4.2.1	Deterministische exakte Verfahren	57
4.2.2	Deterministische heuristische Verfahren	60
4.2.3	Stochastische Verfahren	61
4.3	Modellierung der Haushaltsnachfrage	63
4.3.1	Elektrizitätsnachfrage	63
4.3.2	Wärmenachfrage	65
4.3.3	Elektrizitätsnachfrage durch Elektrofahrzeuge	66
4.3.4	Zeitliche Auflösung der Lastgangdaten	66
4.4	Literaturüberblick zu existierenden Modellen zur Betriebsoptimierung	67
4.4.1	Arbeiten mit perfekter Kenntnis zukünftiger Lastgangdaten	68
4.4.2	Arbeiten zur prädiktiven Optimierung des Anlagenbetriebs	71
4.5	Auswahl der verwendeten Optimierungsmethoden	76
5	Kurzfristige Lastprognose zur Begegnung nachfrageseitiger Unsicherheiten	79
5.1	Vorbemerkungen zu den vorgestellten Methoden	80
5.1.1	Klassifizierung	80
5.1.2	Bewertung von Lastprognosen	82
5.1.3	Auswahl und Aufbereitung der Inputs und Outputs	86
5.1.4	Wahl des Modellansatzes	88
5.2	Klassische statistische und ökonomische Methoden	91
5.2.1	Naive Prognose	91
5.2.2	Multiple Regression	91
5.2.3	Exponentielle Glättung	92
5.2.4	Box-Jenkins-Methoden	94
5.2.5	Kalman Filter	96
5.3	Methoden des Soft Computing	98
5.3.1	Mustererkennungsverfahren	98
5.3.2	Support Vector Machines	99
5.3.3	Künstliche neuronale Netze	100
5.3.4	Fuzzy-Systeme	104
5.3.5	Neuro-Fuzzy-Systeme	108
5.4	Literaturüberblick und Vorauswahl von Lastprognosemethoden	115

6	Modellbeschreibung und Parameterwahl	119
6.1	Verwendete Datenbasis	120
6.1.1	Haushaltslastgänge und Fahrprofil	120
6.1.2	Eingangsgrößen zur Lastprognose	126
6.2	Modul zur kurzfristigen Lastprognose auf Haushaltsebene	127
6.2.1	Skripte zur Steuerung des Prognosevorgangs	129
6.2.2	Funktionen zur Datenaufbereitung	130
6.2.3	Funktionen zur Durchführung der Lastprognose	132
6.2.4	Auswahl des Lerndatenumfangs	136
6.2.5	Gütebewertung der implementierten Methode zur Lastprognose	140
6.3	Modul zur Bestimmung des optimalen Fahrplans	141
6.3.1	Mathematische Beschreibung	143
6.3.2	Komplexität und Implementierung als rollierende Optimierung	147
6.3.3	Modellendogene Simulation	152
6.3.4	Anwendung zur Anlagenauslegung	153
6.3.5	Analysen zur zeitlichen Auflösung	153
6.4	Modul zur heuristischen Fahrplanoptimierung	157
6.4.1	Phase 1: Tägliche Bestimmung des Anlagenfahrplans	159
6.4.2	Phase 2: Tägliche Bestimmung der EV-Ladestrategie	162
6.5	Modul zur Simulation unterschiedlicher Betriebsweisen	165
6.5.1	Synthetisierung des elektrischen Lastgangs in minütlicher Auflösung	165
6.5.2	Mathematische Beschreibung der Simulation	167
6.5.3	Ergebnisse der Simulation	170
6.6	Zwischenfazit zur gewählten Methodik	171
7	Modellgestützte Analysen im Rahmen einer Fallstudie	173
7.1	Allgemeine Rahmenbedingungen	173
7.2	Szenariodefinition	174
7.2.1	Beispielhaushalte	174
7.2.2	Haushaltsstrompreise	175
7.3	Auslegung der PEMFC-Mikro-KWK-Referenzanlage	179
7.3.1	Basiskonfiguration	179
7.3.2	Ableitung von Richtlinien zur Anlagenauslegung	180
7.4	Ergebnisse der Modellanwendung	186
7.4.1	Lastprognose für die Beispielhaushalte	186
7.4.2	Ergebnisse der Optimierung für die Beispielhaushalte	190
7.4.3	Saisonale Betrachtung der Optimierungsergebnisse	196
7.4.4	Vergleichende Analyse einzelner Beispieltage	199
7.4.5	Ergebnisse bei sofortigem Laden als Referenzstrategie	202

7.4.6	Auswirkungen eines stationären elektrischen Speichers	204
7.4.7	Sensitivitätsanalyse für unsichere Rahmenparameter	207
8	Schlussfolgerungen und Ausblick	209
8.1	Das entwickelte Modellsystem	209
8.2	Diskussion der Ergebnisse aus der Fallstudie	213
8.3	Kritische Würdigung des Modellsystems	220
8.4	Ausblick auf zukünftige Forschungsfragen	224
9	Zusammenfassung	227
	Anhang	233
	Literaturverzeichnis	241