

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Abkürzungen und Formelzeichen	v	
1 Einleitung	1	
1.1	Entwicklungen im europäischen Engpassmanagement	1
1.2	Herausforderungen bei der Bewertung von lastflussbasierten Kapazitätsmodellen	3
1.3	Stand der Forschung	6
1.4	Ziele und Aufbau der Arbeit	7
2 Analyse der Aufgabenstellung	9	
2.1	Strommärkte in Europa	9
2.1.1	Märkte für Fahrplanenergie	10
2.1.2	Märkte für Regelleistung	17
2.2	Engpassmanagement in Europa	20
2.2.1	Gebotszonenzuschnitt	21
2.2.2	Berechnung von Übertragungskapazitäten	24
2.2.3	Vergabe von Übertragungskapazitäten	31
2.2.4	Engpassmanagement im operativen Netzbetrieb	35
2.3	Lastflussbasiertes Kapazitätsmodell	44
2.3.1	Referenzfall und Generation Shift Keys	46
2.3.2	Ermittlung der lastflussbasierten Parameter	49
2.3.3	Auswahl der kritischen Netzelemente	54
2.3.4	Bestimmung der Sicherheitsmarge	55
2.3.5	Berücksichtigung der netzbetrieblichen Maßnahmen	58
2.4	Ziele und Bewertung eines Kapazitätsmodells	62
2.5	Unsicherheiten in der Kapazitätsberechnung	65
2.5.1	Einspeiseprognosen der dargebotsabhängigen Erzeugung	66

2.5.2	Lastprognose	68
2.5.3	Abbildung und Prognose des Kraftwerkseinsatzes	70
2.5.4	Verfügbarkeit der Netzbetriebsmittel und Erzeugungsanlagen	70
2.6	Schlussfolgerungen aus der Analyse	73
3	Modelle und Verfahren	75
3.1	Modellierung der Kapazitätsberechnung	75
3.1.1	Erstellung des Referenzfalls und Berechnung der GSK Faktoren	75
3.1.2	Ermittlung der lastflussbasierten Parameter	76
3.1.3	Berücksichtigung der netzbetrieblichen Maßnahmen	78
3.1.4	Bestimmung der Sicherheitsmarge	80
3.2	Modellierung der Strommärkte	82
3.2.1	Day-Ahead-Markt und Markt für Regelleistung	82
3.2.2	Intraday-Markt	84
3.3	Modellierung der Engpassbehebung im Netzbetrieb	87
3.3.1	Netzbetriebliche Freiheitsgrade	88
3.3.2	Modellierung der Engpassbehebung	91
3.4	Abbildung der Unsicherheiten in der Kapazitätsberechnung	94
3.4.1	Modellierung der Unsicherheiten	94
3.4.2	Monte-Carlo Simulation	98
3.5	Simulationsverfahren	99
3.5.1	Verfahrensübersicht	100
3.5.2	Kapazitätsberechnung	102
3.5.3	Simulation der Strommärkte	104
3.5.4	Simulation der Engpassbehebung	106
4	Exemplarische Untersuchungen	109
4.1	Untersuchungsprogramm	109

4.1.1	Verifizierung des Verfahrens – Backtesting 2017	109
4.1.2	Bewertung von lastflussbasierten Kapazitätsmodellen	110
4.2	Verifizierung des Verfahrens	114
4.3	Bewertung von lastflussbasierten Kapazitätsmodellen	121
4.3.1	Auswahl der kritischen Netzelemente	121
4.3.2	Mindestwert der verfügbaren Restkapazität	130
4.3.3	Einfluss von Unsicherheiten	134
5	Zusammenfassung	141
6	Literaturverzeichnis	145
7	Abbildungsverzeichnis	171
8	Tabellenverzeichnis	175
9	Veröffentlichungen	176
10	Studentische Arbeiten	177
A	Anhang	179
A.1	Sensitivitäten in der Lastflussrechnung	179
A.2	Ermittlung von verfügbaren Restkapazität (RAM)	180
A.3	Berücksichtigung von netzbetrieblichen Maßnahmen in der Kapazitätsberechnung	184
A.4	GSK Strategie „Grenztechnologie“	186