



Soroush Nakhaie (Autor)

# Reduzierung des Übertragungsnetzausbaus durch Minderung der Austauschleistungen zwischen den Übertragungs- und Verteilnetzen

Schriftenreihe des Energie-Forschungszentrums Niedersachsen

**efzn**

Energie-Forschungszentrum  
Niedersachsen



TU Clausthal

## Reduzierung des Übertragungsnetzausbaus durch Minderung der Austauschleistungen zwischen den Übertragungs- und Verteilnetzen

Soroush Nakhaie

Promotion an der Technischen Universität Clausthal

Band 27



Cuvillier Verlag Göttingen

<https://cuvillier.de/de/shop/publications/6913>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentzsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany  
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>



# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>13</b>
1.1 Ausgangssituation	13
1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit	17
<b>2. Dezentralisierung als Folge des Ausbaus Erneuerbarer Energieanlagen</b>	<b>21</b>
2.1 Historische Entwicklung des Verbundnetzes	21
2.2 Künftige Dezentralisierung in Deutschland	27
2.3 Maßnahmen zur Integration der erneuerbaren Energie	31
2.3.1 Netzausbau	32
2.3.2 Energiemanagement	40
2.3.3 Spitzenbeseitigung	66
2.4 Zusammenfassung	67
<b>3. Konzepterstellung zur regionalisierten Untersuchung auf Verteilnetzebene</b>	<b>72</b>
3.1 Charakterisierung der Netze	73
3.1.1 Identifizierung der großflächigen Netzbetreiber	74
3.1.2 Sammlung netzrelevanter Daten	76
3.1.3 Bildung von Energieregionen	80
3.2 Untersuchungsbasis für Erneuerbare Energieanlagen	83
3.2.1 Regelbare Erneuerbare Energieanlagen	84
3.2.2 Nicht-regelbare Erneuerbare Energieanlagen	87
3.2.3 Datenaufbereitung für die erneuerbaren Energieanlagen	91
3.2.4 Datenaufbereitung für die Verbraucherlast	96
3.3 Grobanalyse der Energieregionen	97



<b>4. Entwicklung des Planungstools</b>	<b>109</b>
4.1 Einführung in die optimierungsbasierte Modellierung	110
4.2 Mathematisches Optimierungsmodell	112
4.2.1 Kraftwerkseinsatzplanung	113
4.2.2 Residuallastglättung (Speicher)	118
4.2.3 Leistungsflusssimulation	122
4.3 Zusammenfassung	126
<b>5. Validierung des Simulationsmodells für die charakterisierten Regionen</b>	<b>130</b>
5.1 Integrationsmaßnahmen für die Modellberechnung	131
5.1.1 Netzausbau	132
5.1.2 Energiemanagement	138
5.1.3 Spitzenbeseitigung	149
5.2 Regionalisierung der Integrationsmaßnahmen	149
5.3 Szenarientwicklung für die Integrationsmaßnahmen	152
5.4 Modellberechnung	155
5.5 Zusammenfassung der Ergebnisse	170
<b>6. Zusammenfassung</b>	<b>175</b>
<b>7. Ausblick</b>	<b>183</b>
<b>8. Appendix</b>	<b>186</b>
8.1 Geografische Darstellung der sich ergebenden Energieregionen	186
8.2 Karte der Stromnetzbetreiber: Hochspannung [ENET11]	187
8.3 Karte der Stromnetzbetreiber: Mittelspannung [ENET11]	188
8.4 Karte der Stromnetzbetreiber: Niederspannung [ENET11]	189



8.5 Strukturmerkmale der Verteilnetzbetreiber	190
8.6 Installierte Leistung je Bundesland im Szenario B 2032 [ÜNBN12]	193
8.7 Gemäß Postleitgebiete zugeordnete installierte Leistung der großflächigen Verteilnetzbetreiber im Szenario B 2032 in Megawatt	194
8.8 Regionale Modellierungsparameter zur Berücksichtigung der Integrationsmaßnahme „Pumpspeicherwerke“	195
8.9 Regionale Modellierungsparameter zur Berücksichtigung der Integrationsmaßnahme „Photovoltaik Systeme“	196
8.10 Regionale Modellierungsparameter zur Berücksichtigung der Integrationsmaßnahme „Elektrofahrzeuge“	197
8.11 Regionale Modellierungsparameter zur Berücksichtigung der Integrationsmaßnahme „Langzeitspeicher“	198
8.12 Längengewichtete Ausbaupkapazitäten [GWkm]	199
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>200</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>203</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>208</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>209</b>