



Verena Spielmann (Autor)

Einfluss der elektrischen und thermischen Speicherkapazität auf die Netzbelastung bei Einfamilienhäusern mit regenerativer Eigenerzeugung, Elektrowärmepumpenheizung und hohem Autarkiegrad

Schriftenreihe des Energie-Forschungszentrums Niedersachsen

efzn
Energie-Forschungszentrum
Niedersachsen




Einfluss der elektrischen und thermischen Speicherkapazität auf die Netzbelastung bei Einfamilienhäusern mit regenerativer Eigenerzeugung, Elektrowärmepumpenheizung und hohem Autarkiegrad

Verena Spielmann

Promotion an der Technischen Universität Clausthal

Band 78

 Cuvillier Verlag Göttingen

<https://cuvillier.de/de/shop/publications/8906>

Copyright:

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

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

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Einleitung | 1 |
| 1.1 | Motivation und Stand der Forschung | 1 |
| 1.2 | Forschungslücke | 3 |
| 1.3 | Forschungsfragen und Struktur der Arbeit | 4 |
| 2 | Modellierung der Systemkomponenten | 7 |
| 2.1 | Niedrigenergiehausstandard mit heute üblicher Systemauslegung als Referenzgebäude | 7 |
| 2.2 | Meteorologische Eingangsdaten | 9 |
| 2.3 | Modellierung der Photovoltaikeinspeisung | 12 |
| 2.4 | Modellierung der Windenergieeinspeisung | 12 |
| 2.5 | Modellierung der elektrischen Last | 14 |
| 2.6 | Modellierung der thermischen Last | 14 |
| 2.6.1 | Thermisches Gebäudeverhalten | 14 |
| 2.6.2 | Heizlast- und Trinkwarmwasserprofil | 19 |
| 2.6.3 | Annahmen zum Heizsystem | 20 |
| 2.7 | Modellierung des Heizungsspeichers | 21 |
| 2.8 | Modellierung der Wärmepumpe | 21 |
| 2.9 | Modellierung des elektrischen Speichers | 23 |
| 3 | Modellierung des thermisch- elektrischen Gesamtsystems | 25 |
| 3.1 | Modellierung | 26 |
| 3.1.1 | Managementstrategien als lineare Zielfunktion | 26 |
| 3.1.2 | Grundlagen der gemischt-ganzzahligen linearen Optimierung | 27 |
| 3.1.3 | Normierung der Eingangsgrößen und Modellparameter | 28 |
| 3.1.4 | Problemformulierung | 28 |
| 3.1.5 | Abgeleitete Bewertungsgrößen | 36 |
| 3.2 | Modellvalidierung anhand des Referenzgebäudes | 37 |
| 3.2.1 | Simulationsergebnisse für das Wetterjahr 2015J | 39 |
| 3.2.2 | Simulationsergebnisse für die Extremwetterjahre 2015W und 2015S | 42 |
| 3.2.3 | Fazit zur typischen Auslegung im Einfamilienhaus | 44 |
| 3.2.4 | Schlussfolgerungen hinsichtlich der Nutzbarkeit des Modells | 45 |
| 4 | Simulationsergebnisse für das thermisch-elektrische Gesamtsystem | 47 |
| 4.1 | Varianten | 47 |
| 4.1.1 | Referenzvariante | 49 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 4.1.2 | Variation der Wetterjahre: Varianten 2015W und 2015S . . . | 49 |
| 4.1.3 | Variation der installierten EE-Leistung: Variante 2045J . . . | 52 |
| 4.1.4 | Variation des Gebäudestandards: Variante SFH60 | 53 |
| 4.1.5 | Zusammenfassung | 54 |
| 4.2 | Minimierung der maximalen Austauschleistung | 57 |
| 4.2.1 | Referenzvariante in den Szenarien 1, 6 und 11 | 57 |
| 4.2.2 | Varianten 2015W und 2015S | 63 |
| 4.2.3 | Varianten 2045J und SFH60 | 69 |
| 4.2.4 | Zwischenfazit | 75 |
| 4.2.5 | Übertragung der Ergebnisse auf das Referenzgebäude | 77 |
| 4.3 | Maximierung Vorortverbrauch und Minimierung Wärmepumpenenergie | 80 |
| 4.3.1 | Szenario 1 | 80 |
| 4.3.2 | Szenario 6 | 86 |
| 4.3.3 | Szenario 11 | 93 |
| 4.3.4 | Zwischenfazit | 99 |
| 4.4 | Zusammenfassung | 100 |
| 5 | Thermisch-elektrisches Metamodell | 105 |
| 5.1 | Grundsätze der Metamodellierung | 105 |
| 5.2 | Modellierungsansatz | 107 |
| 5.3 | Abhängigkeit von der elektrischen Speicherkapazität | 109 |
| 5.4 | Abhängigkeit von der Kapazität des Heizungsspeichers | 120 |
| 5.4.1 | Schritt 2a | 120 |
| 5.4.2 | Schritt 2b | 130 |
| 5.5 | Abhängigkeit vom Erzeugungsmix | 135 |
| 5.6 | Zusammenfassung | 139 |
| 6 | Auslegung aus energiesystemischer Sicht | 141 |
| 6.1 | Kosten der Systemkomponenten | 141 |
| 6.2 | Problemformulierung | 144 |
| 6.2.1 | Auslegung der maximalen Netzbelastung | 144 |
| 6.2.2 | Auslegung des Erzeugungsmixes bei gegebener Netzbelastung | 145 |
| 6.2.3 | Auslegung für gegebenen Erzeugungsmix und gegebene Netz- belastung | 145 |
| 6.3 | Ergebnisse | 146 |
| 6.3.1 | Auslegung der maximalen Netzbelastung und des Erzeugungsmixes | 146 |
| 6.3.2 | Auslegung des Erzeugungsmixes bei gegebener Netzbelastung | 149 |
| 6.3.3 | Auslegung für gegebene Netzbelastung und gegebenen Erzeugungsmix | 153 |
| 6.4 | Zusammenfassung | 158 |

| | |
|--|------------|
| 7 Einfluss der Speicherkapazitäten auf Netzbelastung und Autarkiegrad | 161 |
| 7.1 Einfluss im Bereich der Auslegung des Referenzgebäudes | 161 |
| 7.1.1 Elektrische und thermische Speicher ähnlicher Kapazität . . | 161 |
| 7.1.2 Elektrische und thermische Speicher ähnlicher Kosten | 164 |
| 7.2 Einfluss der Speicherkapazität im Bereich hoher Autarkiegrade . . . | 166 |
| 7.3 Zusammenfassung | 170 |
| 8 Zusammenfassung und Ausblick | 173 |
| A Modellierung der PV-Einspeisung | 181 |
| B Metamodell – Schritt 2a | 185 |
| C Einfluss der Speicherkapazität auf die Netzbelastung | 191 |
| D Kosten der Systemkomponenten | 195 |
| D.1 Elektrische Speicher | 195 |
| D.2 Thermische Speicher | 196 |
| Abbildungsverzeichnis | 197 |
| Tabellenverzeichnis | 201 |
| Abkürzungs- und Symbolverzeichnisse | 203 |
| Literaturverzeichnis | 211 |