

Simulation der Kosten des Verteilnetzausbaus in Baden-Württemberg

Thomas Eberl

Der Großteil der Erzeugungsanlagen auf Basis erneuerbarer Energien wird in der Verteilnetzebene angeschlossen. Die Elektrizitätseinspeisung dieser Anlagen kann zu Spannungsband- und Strombelastbarkeitsverletzungen in den Verteilnetzen führen. Dies kann durch den Einsatz von regelbaren Ortsnetztransformatoren und Leitungsausbau verhindert werden. Vorliegend wird eine Methode vorgestellt, welche den Ausbaubedarf und dessen Kosten in der Verteilnetzebene aufgrund der Einbindung dezentraler Erzeugung am Beispiel von Baden-Württemberg quantifiziert.

Die Bundesregierung definiert im Energiekonzept das Ziel, dass im Jahr 2030 50 % der Elektrizitätsnachfrage auf Basis erneuerbarer Energien gedeckt werden soll [1]. Der Großteil der Erzeugungsanlagen auf Basis erneuerbarer Energien wird in der Verteilnetzebene angeschlossen. Davon befinden sich die dargebotsabhängigen Photovoltaik-Anlagen überwiegend in der Niederspannungs- (NS-), Windkraftanlagen in der Mittelspannungs- (MS-) und in der Hochspannungsebene (HS-Ebene).

Durch die steigende Erzeugungsleistung in den Verteilnetzen kann es zu einer Umkehr des Lastflusses kommen. Außerdem können zunehmend Spannungsband- und Strombelastbarkeitsverletzungen auftreten. Der Verteilnetzbetreiber ist verpflichtet, dies durch geeignete Maßnahmen zu verhindern. Eine Möglichkeit zur Vermeidung von Spannungsbandverletzungen durch Elektrizitätseinspeisung auf Basis von erneuerbaren Energien nach DIN 50160 stellt der im Folgenden betrachtete flächendeckende Einsatz von re-

gelbaren Ortsnetztransformatoren zwischen der Mittelspannungs- und Niederspannungsebene sowie der Leitungsausbau dar [2].

Simulation des Verteilnetzes in Baden-Württemberg

Das im Folgenden beschriebene Modell ermöglicht die Simulation von Verteilnetzen. Baden-Württemberg wird dazu in 30 Regionen unterteilt. Der Simulationsprozess ist in Abb. 1 dargestellt. Für die einzelnen Regionen werden Hochspannungsnetze mit nachgelagerten Mittel- und Niederspannungsnetzen abgebildet. In einem Simulationslauf werden die Netztopologie, die Elektrizitätsnachfrage/-einspeisung, der elektrische Lastfluss und der notwendige Leitungsausbau bestimmt.

Um die Abhängigkeit von der Ausprägung einer bestimmten Netzstruktur zu vermindern, werden mehrere Simulationsläufe durchgeführt (Monte-Carlo-Simulation). Damit können die durchschnittliche Häufigkeit von Spannungsband- und Strombelastbarkeitsver-

letzungen sowie die Länge des Leitungsaubaus in den einzelnen Regionen bzw. Netzebenen unter Berücksichtigung der heterogenen Verteilnetzstrukturen abgeleitet werden.

Szenarien der dezentralen Erzeugung

Um den Einfluss der erneuerbaren Energien, insbesondere der Photovoltaik und Windkraft, auf den erforderlichen Leitungsausbau zu analysieren, werden im Folgenden vier Szenarien betrachtet. Das Szenario „2010“ repräsentiert die Situation in Baden-Württemberg im Jahre 2010. Der Standort, die Leistung und die Netzebene der Photovoltaik-, Windkraft-, Biomasse- und Wasserkraftanlagen basieren auf den Daten des EEG-Anlagenregisters [3]. In den weiteren Szenarien wird die Leistung entsprechend der gesamten in Baden-Württemberg erzeugten Elektrizität skaliert. Das Szenario „2030“ ist an die EE-Leitszenarien [4] angelehnt und zeigt einen deutlichen Anstieg der Elektrizitätserzeugung vor allem durch Photovoltaikanlagen auf etwa 11 TWh.

Die Landesregierung von Baden-Württemberg hat im Jahre 2011 einen Anteil von 10 % der Stromerzeugung aus Windkraft bis 2020 als Ziel definiert [5]. Daran angelehnt ist das Szenario „2030W“, womit die Elektrizitätserzeugung auf Basis von Windkraft auf etwa 8 TWh steigt. Im Szenario „2030P“ wird ein Anstieg der Elektrizitätserzeugung auf Basis von Photovoltaik auf ca. 13 TWh angenommen. Deren Anteil an der Nachfrage steigt damit von 15 % im Szenario „2030“ auf 17,5 % im Szenario „2030P“. Die Anteile der Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Energien an der Nachfrage in den verschiedenen Szenarien sind in Abb. 2 dargestellt.



Abb. 1 Simulationsprozess

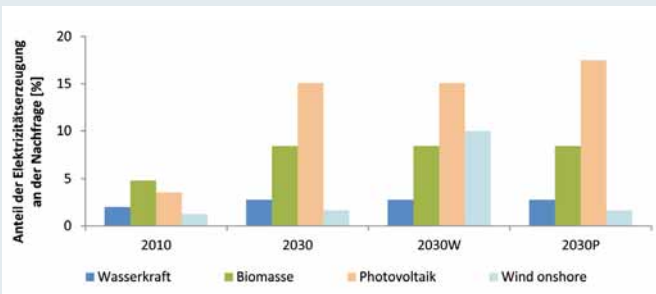


Abb. 2 Anteil der Elektrizitätserzeugung an der Nachfrage

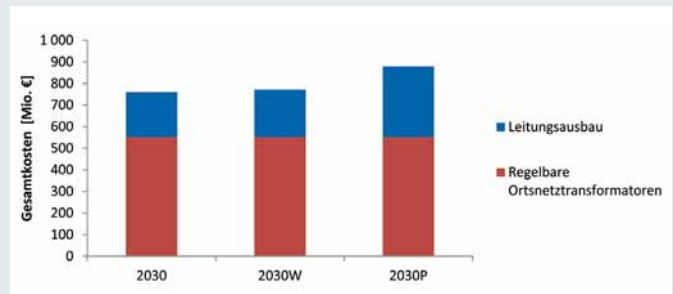


Abb. 3 Gesamtkosten in den verschiedenen Szenarien

Kosten des Netzausbaus

Unter den getroffenen Annahmen ist für 2010 kein Leitungsausbau notwendig, um die Verletzung von technischen Restriktionen zu verhindern. Im Szenario „2030“ müssen in Baden-Württemberg ca. 4 200 km im NS-Netz, 74 km im MS-Netz und 69 km im HS-Netz ausgebaut werden. Durch den Anschluss von zusätzlichen Windkraftanlagen in der MS- und HS-Ebene im Szenario „2030W“ erhöht sich der notwendige Ausbau auf 89 km im MS- und 171 km im HS-Netz. Im Szenario „2030P“ steigt der Ausbaubedarf in der NS-Ebene auf 6 360 km und in der MS- bzw. HS-Ebene auf 277 bzw. 106 km. Zur Quantifizierung der Kosten des Netzausbaus müssen die flächendeckende Installation von Ortsnetztransformatoren und der Leitungsausbau bewertet werden.

In Baden-Württemberg werden etwa 78 000 Ortsnetzstationen betrachtet. Die Umrüstung einer vorhandenen Ortsnetzstation zu einem regelbaren Ortsnetztransformator ist nach [6] möglich. Die Kosten dafür betragen 7 000 € je Station [7]. Damit ist in Baden-Württemberg eine Investition von 550 Mio. € zur Erweiterung der Ortsnetzstationen notwendig. Die Kosten für den Leitungsausbau betragen in der Niederspannungsebene 45 000 €/km [8]. In der Mittelspannungsebene belaufen sich diese auf 65 000 €/km und in der Hochspannungsebene auf 220 000 €/km [8, 9]. Um die Leitungen zu verstärken, sind demnach im Szenario „2030“ Kosten von 209 Mio. € notwendig. Im Szenario „2030W“ erhöht sich die Investitionssumme auf 220 Mio. €, im Szenario „2030P“ auf 327 Mio. €.

Die Gesamtkosten des Netzausbaus sind in Abb. 3 dargestellt. Demnach müssen in den Szenarien „2030“ und „2030W“ etwa 760 Mio. € investiert werden. Im Szenario „2030P“ steigt das Investitionsvolumen auf etwa 880 Mio. €. Es ist außerdem ersichtlich, dass die Kosten für den Ausbau der Transformatorstationen den Großteil der Gesamtkosten betragen.

Leitungsausbau nicht zu verhindern

Die beschriebene Methodik erlaubt es, den notwendigen Netzausbau auf Basis einer Simulation der Verteilnetze zu quantifizieren. Damit kann die Heterogenität der Netzstruktur und weiterer regionenspezifischer Eingangsparameter in verschiedenen Regionen in Baden-Württemberg abgebildet werden. Die Analyse zeigt, dass durch eine Investition von etwa 760-880 Mio. € in regelbare Ortsnetztransformatoren und den Leitungsausbau die Integration von Elektrizitätseinspeisung aus erneuerbaren Energien in Baden-Württemberg in den betrachteten Szenarien bis zum Jahre 2030 möglich ist.

Es wird deutlich, dass die Entkopplung der Spannung durch regelbare Ortsnetztransformatoren zwischen den Netzebenen nicht ausreicht, um die Erzeugungsleistung bis 2030 in das Elektrizitätssystem zu integrieren. Für den Leitungsausbau sind etwa 210-330 Mio. € notwendig. Der Großteil der Kosten fällt dabei aufgrund des Ausbaubedarfs des Netzes in der Niederspannungsebene an. Deshalb sind die Kosten vor allem auf die dort installierten PV-Anlagen zurückzuführen. Durch die in der MS- und HS-Ebene angeschlossenen Windkraftanlagen entstehen dagegen relativ geringe Kosten.

Anmerkungen

- [1] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): http://www.bmu.de/klimaschutz/nationale_klimapolitik/doc/5698.php.
- [2] Herold, I.; Stifter, M.; Bletterie, B.; Brunner, H.: DG DemoNet Validation, Increasing the DER Hosting Capacity of Distribution Networks – Voltage Control from Simulation to Field Test. 2nd European Energy Conference – E2C, Maastricht 2012.
- [3] Informationsplattform der deutschen Übertragungsnetzbetreiber (EEG/KWK-G): http://www.eeg-kwk.net/de/file/Anlagenstammdaten_2010_Aufgeteilt_XLS.zip.
- [4] BMU: Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. Berlin 2012.
- [5] Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg (MVI): Gesetz zur Änderung des Landesplanungsgesetzes <http://www.mvi.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/103219/>.
- [6] Brückl, O.; Hinz, A.; Vielhauer, A.; Basmann, R.: Der Regelbare Ortsnetztransformator zur Steigerung des Integrationspotentials von Erneuerbaren Energien – Ergebnisse aus Simulationen und Felderprobungen. Internationaler ETG-Kongress, Würzburg 2011.
- [7] Abschätzung nach mündlicher Information von A. Hinz (Maschinenfabrik Reinhausen GmbH) am 16.5.2012.
- [8] Bundesverband der Energie und Wasserwirtschaft (BDEW): Abschätzung des Ausbaubedarfs in deutschen Verteilnetzen aufgrund von Photovoltaik und Windeinspeisungen bis 2020. Bonn/Aachen 2011.
- [9] Bundesverband WindEnergie e. V.: Netzverstärkungs-Trassen zur Übertragung von Windenergie: Freileitung oder Kabel? Rheinberg 2004.

*Dipl. Wi.-Ing. T. Eberl, wissenschaftlicher Mitarbeiter, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart
te@ier.uni-stuttgart.de*