

# EIGNUNG UND AUSWIRKUNG VERSCHIEDENER BLINDLEISTUNGSREGELVERFAHREN FÜR ERZEUGUNGSANLAGEN IN GENERISCHEN MITTELSPANNUNGSNETZEN

Anna PFENDLER<sup>1\*</sup>, Christian BOTT<sup>2</sup>, Christian LAKENBRINK<sup>2</sup>, Thomas HUNGER<sup>3</sup>, Jutta HANSON<sup>1</sup>

## Motivation

Der verstärkte Einsatz dezentraler Erzeugungsanlagen (EZA) bedeutet für die elektrische Energieversorgung einen nachhaltigen Wandel. Besonders regenerative Energiequellen wie Solar- und Windkraft spielen aufgrund des weitreichenden Zuspruchs in der Gesellschaft und Politik als umweltfreundliche Energiebereitstellung eine wichtige Rolle. Das altbewährte Prinzip, dass Systemdienstleistungen zentral durch konventionelle Kraftwerke bereitgestellt werden, weicht zunehmend der Bereitstellung aus dezentralen und volatilen EZA. Dadurch kommt dezentralen EZA auch hinsichtlich der Spannungshaltung eine steigende Bedeutung zu [1].

Netzanschlussregeln [2] koordinieren den Anschluss und den Betrieb von EZA, u.a. durch verschiedene Verfahren zur Blindleistungsbereitstellung im stationären Betrieb. Die Verfahren stellen sicher, dass die Netzspannung durch den Parallelbetrieb von EZA keine unzulässigen Werte annimmt. Dahingegen ist jedoch ein optimaler Blindleistungshaushalt sowie eine störungsfreie Interaktion zwischen den EZA untereinander und mit dem Stufensteller von Transformatoren nicht automatisch gewährleistet [1].

## Methodik

Der Einfluss der Blindleistungsregelungen wird für ein generisches Strahlennetz in der Mittelspannungsebene (MS) untersucht. Dem in Digsilent PowerFactory modellierten Netz liegen typische Kennwerte aus den Netzen des Verteilnetzbetreibers Netze BW zugrunde. Mithilfe der deterministischen Netzplanung wird die maximal mögliche Einspeisung aus EE-Anlagen als Zukunftsszenario für das Netz bestimmt. Grenzen für die maximale Einspeiseleistung sind die maximal zulässige Spannungsänderung  $\Delta u_{\max} = 2\%$  an jedem Knoten [2] sowie die maximale Belastbarkeit der Leitungen. Basierend auf einer einzelnen aggregierten EZA werden die folgenden Verfahren zur Blindleistungsbereitstellung im MS-Netz vorgestellt und miteinander verglichen:

- Die Blindleistungs-Spannungskennlinie  $Q(U)$ ,
- die Blindleistungs-Wirkleistungskennlinie  $Q(P)$ ,
- die Blindleistung mit Spannungsbegrenzerfunktion und
- der Verschiebungsfaktor  $\cos(\varphi)$  [2].

Ziel ist es, die Verfahren hinsichtlich der Spannungshaltung, der Netzverluste und des Blindleistungsaustausches mit dem überlagerten Netz zu vergleichen. Bei den Verfahren der  $Q(U)$ -Kennlinie und des Verschiebungsfaktors  $\cos(\varphi)$  wird deren Parametrierung als zusätzlicher Freiheitsgrad betrachtet. Weiterhin wird – im generischen Strang und nachfolgend im generischen Netz – der Einfluss der  $Q(U)$ -Kennlinie und der Lage des Netzanschlusspunktes (NAP) der EZA untersucht.

## Ergebnisse

Der Vergleich der Verfahren zur Blindleistungsbereitstellung zeigt, dass mithilfe der  $Q(P)$ -Kennlinie, der  $Q(U)$ -Kennlinie und der Anpassung des Verschiebungsfaktors die maximal mögliche installierbare

---

<sup>1</sup> Technische Universität Darmstadt, Institut für Elektrische Energiesysteme, Fachgebiet Elektrische Energieversorgung unter Einsatz Erneuerbarer Energien (E5), Landgraf-Georg-Straße 4, 64283 Darmstadt, +49 6151 16-24663, anna.pfendler@e5.tu-darmstadt.de, www.e5.tu-darmstadt.de

<sup>2</sup> Netze BW, Schelmenwasenstraße 15, 70567 Stuttgart, www.netze-bw.de

<sup>3</sup> Hochschule Mannheim, Institut für Energietechnik und erneuerbare Energien, Fachgebiet Elektrische Anlagen und Netze, Paul-Wittsack-Straße 10, 68163 Mannheim, www.et.hs-mannheim.de

Leistung an dezentralen EZA erhöht werden kann. Die zusätzliche Blindleistungseinspeisung reduziert die Netzspannung. Aufgrund des zusätzlichen reaktiven Anteils erhöhen sich der Strombetrag und somit auch die Netzverluste (vgl. Abbildung 1). Die dargestellten Ergebnisse zeigen die Verfahren mit der Parametrierung nach [2]. Die Spannungsbegrenzerfunktion mit den Parametern aus [2] wird nicht aktiv und führt ebenso wie ein Verschiebungsfaktor  $\cos(\varphi) = 1$  zu keiner zusätzlichen Blindleistungseinspeisung.

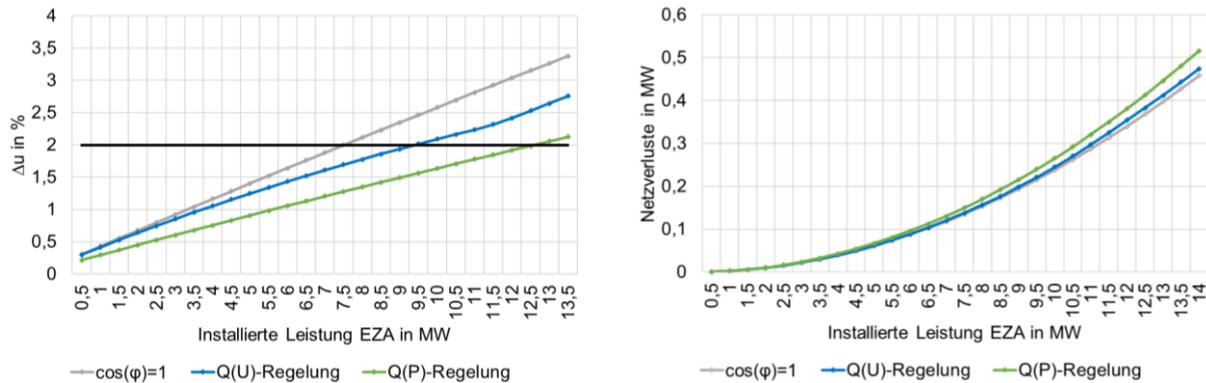


Abbildung 1: Einfluss der Anlagengröße auf a) die Spannungshaltung und b) die Netzverluste im Volllastbetrieb

### Generisches Netz

Da die  $Q(P)$ -Kennlinie im Teillastbetrieb der EZA die Blindleistungseinspeisung stark reduziert (vgl. [2]), liegt der Fokus in den folgenden Untersuchungen auf der  $Q(U)$ -Kennlinie. Die Netzuntersuchungen zeigen, dass in den definierten generischen MS-Netzen eine Blindleistungsregelung zur Spannungshaltung nicht notwendig ist. Dies ist auf die Begrenzung der maximalen Länge eines Abgangs auf  $\ell = 12$  km sowie die Anschlussbedingungen für EZA zurückzuführen [2]. In allen Untersuchungen bleibt die Betriebsspannung auch ohne Blindleistungsregelung in einem Toleranzbereich von  $\pm 5$  %.

In einem generischen Strang (vgl. Abbildung 2b) sowie in generischen Strahlennetzen, die aus bis zu 6 generischen Strängen bestehen, werden die NAP (Sammelschiene 1 bis 3) der Lasten und EZA in Abbildung 1b beliebig variiert. Für die  $Q(U)$ -Regelung lässt sich auch hier kein pauschaler Vorteil gegenüber einer Einspeisung ohne Blindleistungsbereitstellung feststellen. Die Untersuchung zeigt jedoch, dass die  $Q(U)$ -Regelung bei EZA, die in der Nähe des Transformators angeschlossen sind, zu geringeren Verlusten und Blindleistungsflüssen über den Transformator führt. Diese Erkenntnis wird sowohl im generischen Strang als auch in homogenen und inhomogenen generischen Netzen bestätigt. An Sammelschiene 3 führt die  $Q(U)$ -Regelung im Zusammenspiel mit Lasten zu höheren Verlusten und einem höheren Blindleistungsbedarf aus dem überlagerten Hochspannungsnetz. Auf Grundlage dieser Ergebnisse wird eine weiterführende Untersuchung in realen Netzen angestrebt.

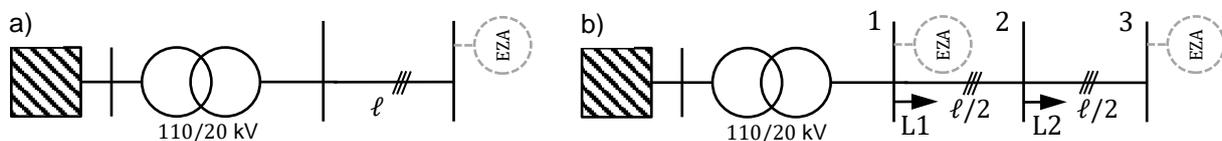


Abbildung 2: Generische Untersuchungsstränge a) zum Vergleich der Verfahren und b) zum Vergleich der NAP

### Referenzen

- [1] Vergleich von technischer Wirksamkeit sowie Wirtschaftlichkeit zeitnah verfügbarer Verfahren zur Sicherung der statischen Spannungshaltung in Niederspannungsnetzen mit starker dezentraler Einspeisung, FNN Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE, 2014.
- [2] Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Mittelspannungsnetz und deren Betrieb (TAR Mittelspannung), VDE-AR-N 4110, VDE, Nov. 2018.