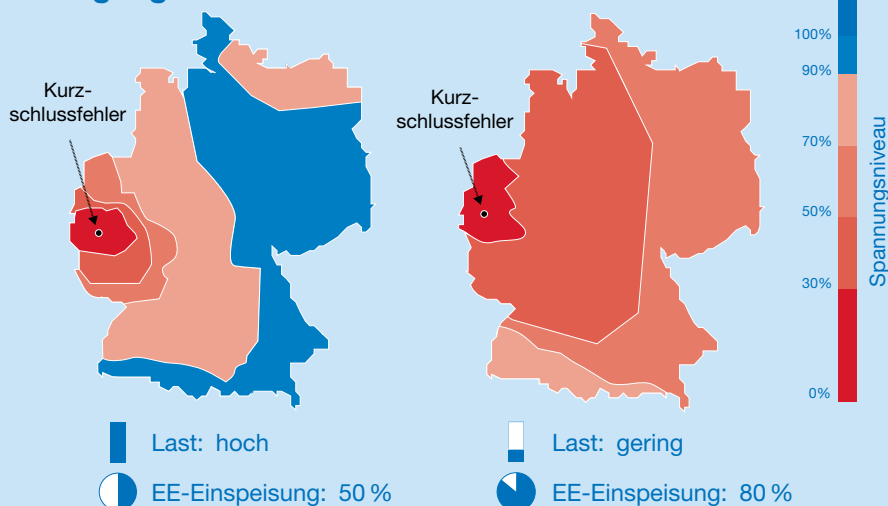


FNN-Studie: Systemsicht Kurzschlussauswirkungen

VDE|FNN hat in einer Studie den Einfluss von Wechselrichtern im Verteilnetz auf Kurzschlüsse im Übertragungsnetz untersucht. Zentrales Ergebnis: das System ist künftig auf dynamische Netzstützung aus Verteilnetzen angewiesen.

Im Zuge der Energiewende ändert sich die Struktur der Stromerzeugung in Deutschland rasant. Wenn im Jahr 2022 die letzten Kernkraftwerke vom Netz gehen, entfällt ein großer Teil der hoch verfügbaren Erzeugungleistung am Übertragungsnetz. Sowohl Photovoltaik- als auch Windkraft-

Herausforderung: Auswirkungen geänderter Erzeugungsstruktur



Die Simulation des Übertragungsnetzes zeigt: Die räumlichen Auswirkungen von Kurzschlüssen im Übertragungsnetz werden deutlich zunehmen. Die Studie untersucht, wie sich das verhindern lässt.

Methodensteckbrief

- Modell des deutschen Übertragungsnetzes
- Erweitert um Modelle des Verteilnetzes mit Wind- und Photovoltaikanlagen
- Angenommener Fehlerfall: Kurzschluss auf 380 kV-Ebene
- Simulation der Wechselwirkungen zwischen Verteilnetzen und Übertragungsnetz

anlagen sind fast ausschließlich in den Verteilnetzen angeschlossen. Die bisher am Übertragungsnetz angeschlossenen konventionellen Kraftwerke werden künftig stark zurückgehen. Das führt dazu, dass die Auswirkungen von Kurzschlussfehlern im Übertragungsnetz zunehmen werden.

Können Verteilnetze bei Kurzschlüssen im Übertragungsnetz helfen?

Auch künftig gilt: ein Kurzschluss im Übertragungsnetz darf nicht zur Abschaltung von Erzeugungsanlagen mit einer Leistung von mehr als 3 GW führen. Bis zu dieser Grenze, die etwa der Leistung von drei Kernkraftwerken entspricht, können die Übertragungsnetzbetreiber Ausfälle jederzeit über die Primärregelleistung ausgleichen. Fällt mehr Leistung weg, ist die Systemstabilität nicht mehr gewährleistet. Eine Möglichkeit, dem gegenzusteuern, ist die Verankerung neuer, netzdienlicher Eigenschaften in den erneuerbaren Erzeugungsanlagen. Diese so genannte dynamische Netzstützung bedeutet, dass sich Anlagen bei kurzzeitigen Spannungseinbrüchen (wie z.B. einem Kurzschluss) nicht abschalten, sondern den Fehler durchfahren. Zu diesem Ergebnis war bereits die Vorgängerstudie „Verhalten im Fehlerfall“ des Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN) von 2014 gekommen. Offen blieb die Frage, welchen Beitrag unterlagerte Verteilnetze (110 kV) im Falle eines Kurzschlusses zur Stabilität des Übertragungsnetzes (380 kV) leisten können. Dazu ist eine gemeinsame Betrachtung von Übertragungs- und Verteilnetzen nötig, die es so noch nicht gab.

Erstmals integriertes Modell von Übertragungs- und Verteilnetz

Um diese und weitere Fragen wissenschaftlich zu untersuchen, hat VDE|FNN die Studie „Einfluss zunehmender Einspeisung aus Wechselrichtersystemen auf Kurzschlussauswirkungen im deutschen Übertragungsnetz“ beauftragt. Weitere Auftraggeber waren die Übertragungsnetzbetreiber Amprion GmbH und TransnetBW GmbH. Durchgeführt wurde die Studie von der TU München. Die Besonderheit der Studie liegt in der erstmals gemeinsamen Modellierung von Übertragungs- und unterlagerten Verteilnetzen.

Ergebnisse

- Ein Kurzschluss im Übertragungsnetz kann zur Abschaltung von mehr als 3 GW Leistung in Niederspannungsnetzen führen, Systemstabilität wäre dann gefährdet. Die eingeschränkte dynamische Netzstützung ist daher bei Anlagen in der Niederspannung notwendig.
- Die Anwendung der Q(U)-Regelung für Erzeugungsanlagen in Hoch- und Mittelspannung wird empfohlen.
- Diese Erzeugungsanlagen liefern durch dynamische Netzstützung einen Beitrag zum Kurzschlussstrom aus Verteilnetzen.
- Wesentliche Aussagen der bereits veröffentlichten FNN-Studien „Verhalten von Erzeugungsanlagen im Fehlerfall“ und „Statische Spannungshaltung“ werden durch detaillierte Simulationen bestätigt.

Erneuerbare Erzeugungsanlagen in der

Einfluss auf Übertragungsnetz bei einem Kurzschluss

Hochspannung



Hoch

Beitrag: Blindleistungseinspeisung und Kurzschlussstrom

Mittelspannung



Gering

Beitrag: Blindleistungseinspeisung und Kurzschlussstrom

Niederspannung



Beitrag kaum vorhanden

aber: Verbleib am Netz zwingend notwendig
(Bestätigung der FNN-Studie „Verhalten im Fehlerfall“)

Blindstromeinspeisung begrenzt Spannungstrichter wirksam

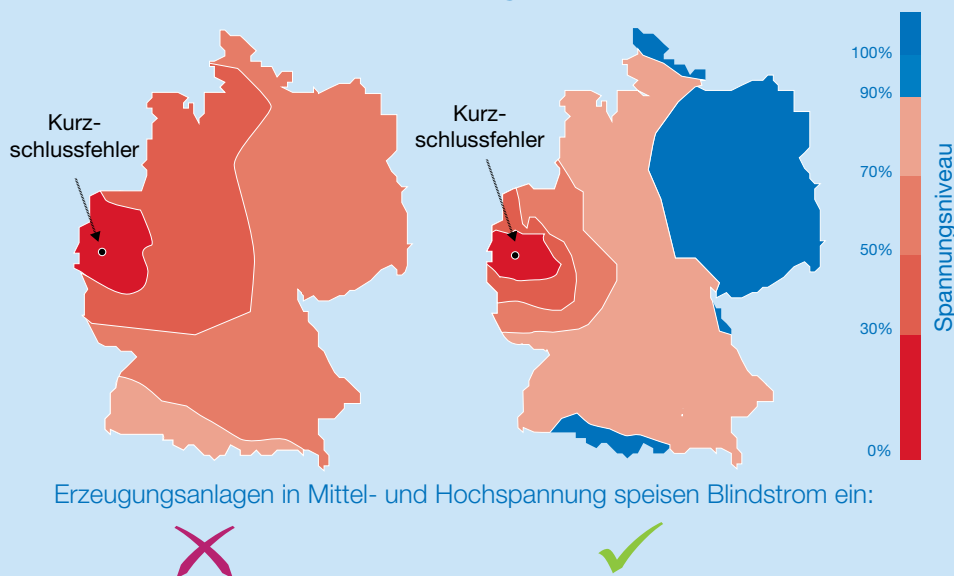
Die Simulation typischer künftiger Last- und Erzeugungsfälle zeigt: Die systemweiten Auswirkungen von Kurzschlüssen im Übertragungsnetz werden aufgrund der Veränderungen im Kraftwerkspark deutlich zunehmen, wenn die Erneuerbare-Energien-Anlagen dem nicht entgegensteuern. Ein typisches Szenario ist beispielsweise ein hoher Anteil von Einspeisung aus erneuerbaren Energien (80 %) und gleichzeitig schwacher Last. Für dieses Szenario zeigen die Simulationen, dass die Auswirkungen eines Kurzschlusses im Höchstspannungsnetz systemweit dramatisch zunehmen würden (Grafik unten, links). Damit bestätigt die Studie zunächst einmal die Notwendigkeit der eingeschränkten dynamischen Netzstützung bei Anlagen im Niederspannungsnetz. Ohne geänderte Anforderungen an Erzeugungsanlagen in der Niederspannung könnten bei einem Kurzschluss mehr als 3 GW Erzeugungsleistung ausfallen.

Die Studie zeigt weiter, dass durch die Blindstromeinspeisung von Anlagen in der Mittel- und Hochspannung im selben Szenario (hohe EE-Einspeisung, geringe Last) Spannungstrichter deutlich reduziert werden (Grafik unten, rechts). Das zentrale Ergebnis der Studie lautet daher: Die Blindstromeinspeisung durch Erzeugungsanlagen in der Mittel- und Hochspannung liefert zukünftig einen wichtigen Beitrag zur Systemstabilität. Blindstromeinspeisung ist daher von allen dezentralen Erzeugungsanlagen in der Mittel- und Hochspannung zu fordern, so das Fazit.

Stichwort: Spannungstrichter

Die örtliche Verteilung der Spannung ausgehend vom Ort des Kurzschlusses. Die Verteilung ist abhängig vom Netz und den am Netz befindlichen Erzeugungsanlagen.

Ergebnis: Blindstromeinspeisung in Mittel- und Hochspannung reduziert Kurzschlussauswirkungen



Auswirkungen von Kurzschlüssen im Übertragungsnetz (links) lassen sich durch Blindstromeinspeisung von Erneuerbaren-Energien-Anlagen in unterlagerten Mittel- und Hochspannungsnetzen signifikant reduzieren (rechts).

Neben der Untersuchung der Leitfrage nach den Auswirkungen von Kurzschlussauswirkungen wurden im Gesamtmodell auch Berechnungen für die statische Spannungshaltung durchgeführt. Hier zeigte sich, dass sich die Netzstabilität verbessert, wenn sich Erzeugungsanlagen in den Verteilnetzen an der statischen Spannungshaltung beteiligen. Es sind positive Effekte nachweisbar, wenn die Anlagen künftig Blindleistung in Abhängigkeit von der am Einspeisepunkt bestehenden Spannung einspeisen. Die Anwendung der Q(U)-Regelung wird in der Hoch- und Mittelspannung empfohlen. Das bestätigt die Ergebnisse einer weiteren Vorgängeruntersuchung, der FNN-Studie „Statische Spannungshaltung“ von 2015.

Überführung in VDE-Anwendungsregeln

Insgesamt empfiehlt die Studie, weitere Anforderungen an Erzeugungsanlagen in der Nieder- und Mittelspannung zu verankern. Die Simulationen haben gezeigt, dass netzstützende Eigenschaften wie die Blindstromeinspeisung wichtig sind. Nur so ist auch mit einem steigenden Anteil wechselrichterbasierter Anlagen in den Verteilnetzen ein weiterhin sicherer Systembetrieb möglich. Die konkrete Überführung dieser Anforderungen in VDE-Anwendungsregeln erfolgt beim Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN). Die Studie ist Teil der Aktivitäten von VDE|FNN, Anforderungen an Erzeugungsanlagen vorausschauend festzulegen. Ziel ist der jederzeit sichere Systembetrieb bei steigender Aufnahme erneuerbarer Energien. Eine Kurzfassung der Studie ist für FNN-Mitglieder auf www.vde.com/fnn verfügbar.

FNN-STUDIEN ZUR WEITERENTWICKLUNG VERTEILNETZE

| | |
|-------------------------------------|-----------------|
| Verhalten im Fehlerfall | ✓ Abgeschlossen |
| Statische Spannungshaltung | ✓ Abgeschlossen |
| Inselnetzerkennung | ✓ Abgeschlossen |
| Systemsicht Kurzschlussauswirkungen | ✓ Abgeschlossen |

Impressum

VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.
Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN)

Bismarckstr. 33
10625 Berlin
Tel.: +49 30 383868-70
E-Mail: fnn@vde.com
www.vde.com/fnn

Stand: Juni 2016