

Problem: Durch die verstärkte Durchdringung von Energieversorgungsnetzen mit dezentralen Einspeisungen mussten die Netzanschlussbedingungen angepasst werden. Früher sollten sich die Einspeiser vom Verteilnetz trennen, sobald nennenswerte Störungen auftraten (z. B. 50,2 Hz-Problematik). Dieses Verhalten ist aufgrund der Systemrelevanz von dezentralen Erzeugungsanlagen (DEA) mittlerweile nicht mehr sinnvoll. Robustere Netzanschlussbedingungen, also der Weiterbetrieb der DEA, sorgen per P(f)- und Q(U)-Regelungen für ein frequenz- und spannungsstützendes Verhalten der DEA.

Dies führt dazu, dass nicht nur das Verbundnetz, sondern auch kleinere isolierte Teilnetze einen ausgeglichenen Blind- und Wirkleistungshaushalt aufweisen können. Sofern genügend Erzeugungskapazität vorhanden ist, können diese Subnetze zum Beispiel nach einer Schutzauslösung als Insel (auch unbeabsichtigt) weiterlaufen. Vorhandene Erzeugungsüberschüsse werden abgeregelt und die Insel kann sich in einem stabilen Zustand fangen, d.h. es kann sich ein veränderter Arbeitspunkt bzgl. Netzfrequenz und Netzspannung einstellen, der sich aber noch im zulässigen Bereich bewegt.

Ein Problem liegt darin, dass bei einer automatischen Wiedereinschaltung (AWE) die Möglichkeit besteht, dass ein Leistungsschalter eine bestehende Insel unsynchron auf das Netz zuschaltet, was Schäden am Netz und an Kundenanlagen verursachen kann. Sofern das Inselnetz nach einer Trennung vom überlagerten Netz weiterläuft, besteht außerdem das Problem, dass während dieser Zeit des Inselnetzbetriebes die Kurzschlussleistung des übergeordneten Netzes fehlt. Unter Umständen kann dadurch die Schutzwirkung der Überstromerkennung im Inselbetrieb ausbleiben. Diese Probleme begründen die Unterscheidung gewollter und ungewollter Inselnetze.

Ziel: Es wird generell angestrebt, nach Methoden zu suchen, die einen robusten Netzanschluss von Anlagen am Verteilnetz im Hinblick auf eine ungewollte Inselnetzbildung gewährleisten. Die Energiewende könnte durch technische Restriktionen bzgl. der zahlreichen technischen Nebenbedingungen eines sicheren Netzbetriebs gefährdet werden, wenn sich nicht auch die Schutztechnik in Bezug auf dezentrale Einspeisungen weiterentwickelt.

Stand der Technik: Die Schutztechnik in den Verteilnetzen verlässt sich meist auf die bewährte Technik des Distanzschutzes. Geschickt gewählte Zeit-Staffelungen sorgen für eine Selektivität, d.h. es wird nur jener Netzbereich abgeschaltet, der dem Fehler am nächsten ist. Aufwändigere Schutzvarianten, wie ein Differentialschutz, sind aufgrund der höheren Kosten in den unteren Spannungsebenen unüblich. Der anerkannte Stand der Technik wird in der europäischen Norm EN 50522 (Erdung von Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1kV) und für NS-Installationen in der VDE 0100-100 / HD 60364 (Errichten von Niederspannungsanlagen) beschrieben.

Bei Vorliegen eines Kurz- oder Erdschlusses wird bei Freileitungen zuerst versucht, über eine

Kurzunterbrechung (KU) einen ggf. vorhandenen Lichtbogen zu löschen, um dann im Anschluss mit einer automatischen Wiedereinschaltung die Versorgung wieder herzustellen. Erst wenn nach dieser Zuschaltung ein weiterhin bestehender Netzfehler festgestellt wird, z.B. durch einen Erdschluss über Fremdkörper an der Leitung, bleibt der Leistungsschalter bis zur Behebung des Schadens offen.

Lösungsweg: Einen wesentlichen Teil der Bearbeitung machte die ausführliche Literaturrecherche aus: Die Energiewende fördert die verstärkte Nutzung regenerativer Energiequellen (Sonne und Wind) und wirkungsgradoptimierter (BHKW-)Erzeugungsanlagen. Dies führt zu vermehrt dezentralen Erzeugungsstrukturen. Die Erzeugungsanlagen haben im Vergleich zu konventionellen Kraftwerken nur geringe Leistungen, weshalb sie fast ausschließlich ins Nieder- bzw. Mittelspannungsnetz einspeisen. Die fluktuierende Stromerzeugung wirkt sich daher verstärkt auf den Verteilnetzbetrieb aus, in dem daher folgende Punkte neu beachtet werden müssen: Zwischeneinspeisungen, bidirektionaler Leistungsfluss, gestiegene Strombelastung der Betriebsmittel, Inselnetzbildung, Gegenspannungen bei Schaltheandlungen des Netzschutzes und unterschiedliche Kurzschlussverhalten der Erzeugungstechnologien.

In experimentellen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass ein durchdachtes Schutzsystem notwendig ist, um selektiv Fehler zu klären. Dazu wurden im Verteilnetzlabor des EFZN typische Schaltungen nachgestellt, wie sie in einem dezentral gespeisten Verteilnetz vorkommen. Netzersatzelemente stellten die Leitungen dar, die dezentrale Einspeisung erfolgt über einen Umrichter, eine Verbraucherlast sollte weiter versorgt werden können, obwohl ein Kurzschluss ausgelöst wurde. Durch eine geschickte Wahl der Schutzelemente konnte erreicht werden, dass nur der fehlerbehaftete Abschnitt abgetrennt wurde und somit der Verbraucher weiter versorgt wurde. In einem weiteren Versuch wurde der Effekt der Leistungsverdrängung durch eine DEA untersucht. Den schematischen Aufbau zeigt die folgende Abbildung, ebenso sind die Stromverläufe an den markierten Messstellen dargestellt. Im Versuch wird die Verbraucherleistung schrittweise erhöht, bis sie ihre Nennleistung bei doppelter Einspeiseleistung der DEA erreicht. Dies beeinflusst den Bezug, bzw. die Einspeisung an der Koppelungsstelle mit dem überlagerten Netz. Ohne Last wird der gesamte Strom der DEA ins Netz eingespeist, bei etwa halber Nennlast versorgt die DEA den Verbraucher vollständig und bei voller Last muss zusätzlich Leistung aus dem überlagerten Netz bezogen werden. Diese Form der Leistungsverdrängung führt unter bestimmten Umständen dazu, dass die typischerweise hinter der Netzeinspeisung platzierte Schutzeinrichtung ihre Schutzaufgabe nicht mehr sicher erfüllen kann. Der Leitungsabschnitt zwischen DEA und Last kann somit überlastet werden, ohne dass der Schutz auslöst, der an der Verbindung zur Netzeinspeisung installiert ist. Sind DEA im Netz integriert, ist u. U. ein klassisches Schutzkonzept nicht funktionsfähig.

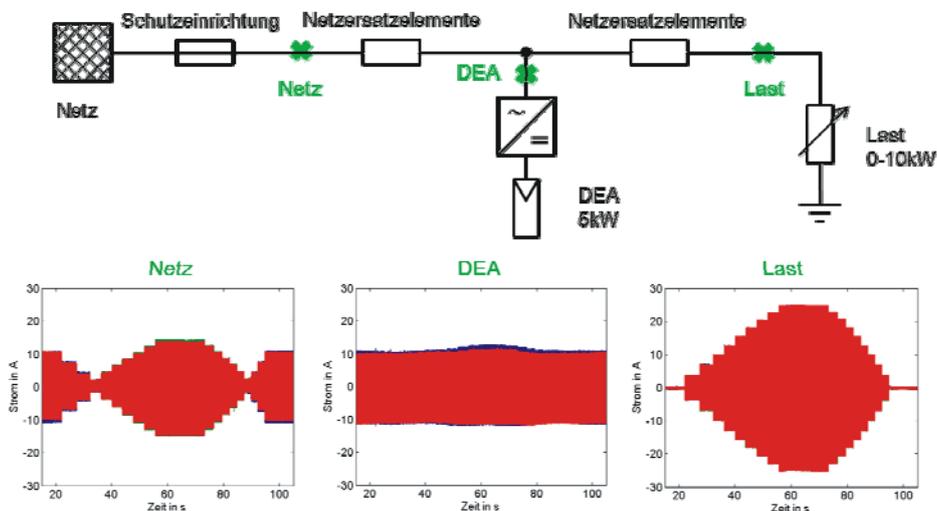


Abbildung 1: Versuch zur Leistungsverdrängung: Aufbau und Zeitverlauf des Stroms an drei Messpunkten (im Strommaßstab 1:10 aufgrund der Leitungsparameter bzw. Netzersetzelemente)

Als zukünftige Netzschutzeinrichtung sind beispielsweise Distanzschutzeinrichtungen mit koordinierter Reichweiten- und Zeitstaffelung denkbar. Mit Hilfe von Pendelerkennungen können fehlerhafte Auslösungen aufgrund von Ausgleichsvorgängen vermieden werden. Außerdem ist es sinnvoll, die Schutzcharakteristiken an die neuen Netzstrukturen anzupassen. Zukünftig können die Netzschutzparameter und Funktionen basierend auf einer zyklischen Online-Überwachung der Systemparameter automatisch angepasst werden, also fast simultan zu den sich ändernden Einspeise- und Verbrauchsverhältnissen im Netz. Als Grundlage hierfür werden Koordination und Kommunikation der Schutzeinrichtungen untereinander und die Zustandserfassung der notwendigen Netzparameter erforderlich.

Heute müssen auch DEA Systemdienstleistungen wie Spannungs- und Frequenzhaltung erbringen. Dies hat zur Folge dass sich nach einer Netztrennung ungewollte Inselnetze ausbilden können, deren Spannung jedoch nicht mit der des Verbundnetzes synchron ist. Um eine unsynchrone Wiederschaltung und die damit verbundene Möglichkeit von Schäden am Netz und den Verbrauchern zu verhindern, muss die Insel erkannt und für Spannungsfreiheit gesorgt werden. Im Falle einer gewollten oder tolerierten Inselnetzbildung (Resilienz im aktiven Verteilnetz) muss vor einer Wieder-Zuschaltung auf das vorgelagerte Netz ein Synchronisierungsvorgang stattfinden.

Projektstand: Nachdem alle Arbeitspakete bearbeitet wurden, konnte der Abschlussbericht erstellt und das Projekt im März 2015 zum Abschluss gebracht werden.

Projektpartner:	Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informations- technik (DKE)	
Bearbeiter:	Dipl.-Ing. Anja Ufkes anja.ufkes@tu-clausthal.de	(Tel:72-2594)
Projektleiter:	Dr.-Ing. E.-A. Wehrmann wehrmann@iee.tu-clausthal.de	(Tel: 72-2595)