

# KONZEPTE FÜR DEN AUFBAU UND BETRIEB EINES INSELNETZES AUF VERTEILNETZEBENE NACH EINEM BLACKOUT

Maximilian MÜTHERIG<sup>1\*</sup>, Giuseppe PULEO<sup>2</sup>,  
Wolfgang KRAUSE<sup>3</sup>, Markus ZDRALLEK<sup>4</sup>

## Inhalt

Nach einem großflächigen Stromausfall können kritische Infrastrukturen mithilfe eines Inselnetzes auf Verteilnetzebene wiederversorgt werden [1]. Dabei muss das Inselnetz mithilfe eines schwarzstartfähigen Netzbildners aufgebaut werden, von welchem aus schrittweise Kritische Infrastrukturen zugeschaltet werden, da es ansonsten zu einer Überlastung der Betriebsmittel kommen kann [2]. Ein Netzbildner kann dabei mithilfe eines Generators, oder eines Wechselrichters ein Inselnetz aufbauen. Grundsätzlich besitzen Netzbildner auf Verteilnetzebene, wie Wasserkraftwerke oder thermische Abfallbehandlungsanlagen, Generatoren. Durch den zukünftigen Ausbau von Technologien wie Brennstoffzelle oder Batteriespeicher werden sich auch wechselrichterdominierende Technologien auf Verteilnetzebene befinden. Diese können ebenfalls mithilfe eines netzbildenden Wechselrichters ein Inselnetz aufbauen. Dieses Paper zeigt drei Konzepte, wie mithilfe eines schwarzstartfähigen Netzbildners ein Inselnetz aufgebaut werden kann und wie weitere einspeisende Anlagen in das Inselnetz integriert werden können.

## Methodik

Im ersten Schritt werden die drei Konzepte vorgestellt. Beginnend mit dem Konzept, bei dem ein Netzbildner mithilfe eines Generators, oder Wechselrichter das Inselnetz aufbaut. Dabei wird aufgezeigt, wie der Netzbildner durch zusätzliche einspeisende Anlagen entlastet werden kann. Bei dem zweiten Konzept wird der Aufbau eines Inselnetzes mit einem Droop geregelten Netzbildner und Droop geregelten einspeisenden Anlagen vorgestellt, wodurch keine schwarzfallsichere Kommunikation erforderlich ist. In dem letzten Konzept wird der Aufbau eines Inselnetzes mithilfe eines überlagerten Reglers vorgestellt. Dieser steuert den Netzbildner und alle einspeisenden Anlagen des Inselnetzes. Durch die gezielte Vorgabe der Einspeiseleistung können Anlagen mit einer gesicherten Einspeiseleistung stärker belastet werden, als Anlagen mit einer hohen Volatilität. Die folgende Abbildung zeigt die drei Konzepte.

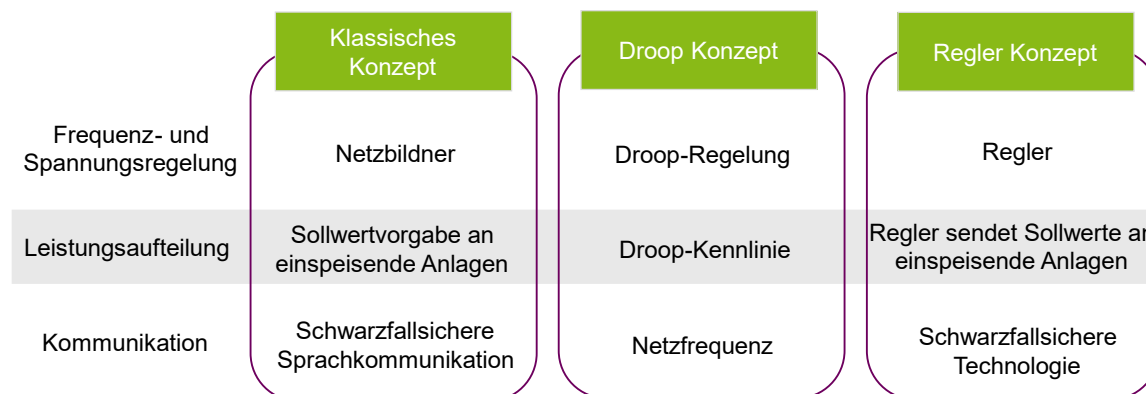


Abbildung 1: Konzepte für den Aufbau und Betrieb eines Inselnetzes

<sup>1</sup> Bergische Universität Wuppertal, Campus Freudenberg FG.02.03, +49 202 439 1939, +49 202 439 1977, [muetherig@uni-wuppertal.de](mailto:muetherig@uni-wuppertal.de), [www.uni-wuppertal.de](http://www.uni-wuppertal.de)

<sup>2</sup> Bergische Universität Wuppertal, Campus Freudenberg FG.02.03, +49 202 439 1939, +49 202 439 1977, [puleo@uni-wuppertal.de](mailto:puleo@uni-wuppertal.de), [www.uni-wuppertal.de](http://www.uni-wuppertal.de)

<sup>3</sup> AWG Wuppertal, Konzert 15, 0202 4042 500, [wolfgang.krause@awg-wuppertal.de](mailto:wolfgang.krause@awg-wuppertal.de), [awg-wuppertal.de](http://awg-wuppertal.de)

<sup>4</sup> Bergische Universität Wuppertal, Campus Freudenberg FG.02.18, +49 202 439 1976, +49 202 439 1977, [zdrallek@uni-wuppertal.de](mailto:zdrallek@uni-wuppertal.de), [www.uni-wuppertal.de](http://www.uni-wuppertal.de)

Nachdem die Konzepte vorgestellt wurden, werden diese in einer Simulation validiert. Dabei wird zunächst aufgezeigt, wie die einzelnen Konzepte in eine Software implementiert wurden, um sie sowohl für Simulationen als auch im tatsächlichen Feld nutzen zu können. Anschließend erfolgt die praktische Erprobung der Konzepte anhand eines Stromnetzes in der Simulationsumgebung. Als Netz dient dabei das Smart-Grid-Labor an der Bergischen Universität Wuppertal, welches ein reales Niederspannungsnetz ist [3]. Das Netz verfügt über einen netzbildenden Wechselrichter, wodurch alle drei Konzepte umgesetzt werden können. Außerdem befinden sich in dem Netz Umrichter, welche weitere einspeisende Anlagen nachbilden können. Eine weitere Eigenschaft sind fernsteuerbaren Leistungsschalter, die sich im Smart-Grid-Labor befinden. Da der Aufbau eines Inselnetzes auf Verteilnetzebene schrittweise erfolgen muss, da es ansonsten zu starken Schwingungen kommen kann, können die Leistungsschalter einzeln Lasten, in Form von Lastbänken, zuschalten. Ein Szenario ist, zuerst eine Last und anschließend eine zweite Last einzuschalten und mit Strom zu versorgen. Nachfolgend wird ein einspeisender Umrichter zugeschaltet, um den netzbildenden Wechselrichter zu unterstützen und zu entlasten. Zum Schluss wird eine dritte Last zugeschaltet. In der nachfolgenden Abbildung wird das Frequenzverhalten des vorgestellten Szenarios mit dem Regler Konzept dargestellt.

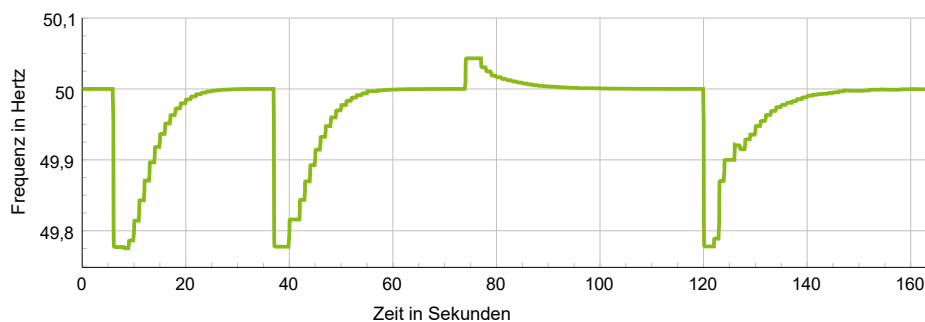


Abbildung 2: Frequenzverhalten des Regler Konzepts

In der Sekunde sechs tritt der erste Frequenzeinbruch ein, verursacht durch das Zuschalten der ersten Last von 9 kW. Nachdem der Regler die Netzfrequenz wieder auf 50 Hertz eingestellt hat, indem er Sollwerte an den netzbildenden Wechselrichter sendet, wird in der Sekunde 37 eine zweite Last zugeschaltet. Anschließend wird der einspeisende Umrichter aktiviert, der über den Regler Sollwerte über seine Einspeiseleistung erhält. Dies sieht man an der steigenden Netzfrequenz. Nachdem der Regler die Frequenz wieder auf 50 Hertz geregelt hat, wird die letzte Last von 9 kW zugeschaltet.

## Ergebnisse

Nachdem die Konzepte simuliert wurden, werden die Ergebnisse analysiert. Dabei wird auf das dynamische Verhalten des Inselnetzes eingegangen und wie sich die einzelnen Konzepte auf die Frequenz- und Spannungsstabilität auswirken. Anschließend werden diese miteinander verglichen, um ihre Vor- und Nachteile beim Aufbau eines Inselnetzes aufzuzeigen. Am Ende erfolgt ein Ausblick auf die praktische Umsetzung der Konzepte und wie diese in bestehende Verteilnetze integriert werden können.

## Referenzen

- [1] G. Puleo, et al., "Islanding algorithm for the resupply of critical infrastructures during a prolonged blackout," Proceedings of the International ETG Congress 2023, Kassel, 2023
- [2] M. Gratza et al., "Methode zur einfachen Abschätzung der maximalen Frequenzabweichung bei Lastsprüngen in Inselnetzen," in 15. Symposium Energieinnovation, Graz, 2018.
- [3] M. Koch et al., "Low Voltage Laboratory Grid for Smart Grid Systems with Bidirectional Power Flows," Proceedings of the International ETG Congress 2023, Kassel, 2023.