

HERAUSFORDERUNGEN BEI DER PRAKTISCHEN UMSETZUNG EINES VIRTUELLEN KRAFTWERKS

Philipp GAMPER^{1*}, Antonius v. PERGER^{1*}, Rolf WITZMANN¹

Motivation

Mit dem 2021 novellierten Klimaschutzgesetz legt Deutschland im Sinne des Pariser Klimaschutzabkommens (2015) das Ziel fest, bis zum Jahr 2045 weitgehend treibhausgasneutral zu werden. Ein wichtiger Schritt hierbei ist der Ausstieg aus der Kohleverstromung bis spätestens 2038 (Kohleverstromungsbeendigungsgesetz – KVBG, 2020). Dadurch und durch den bereits fortgeschrittenen Atomausstieg (Atomgesetz – AtG, 2011) gehen in Deutschland im Zeitraum 2011 bis 2038 128 Kraftwerksblöcke mit einer Gesamtleistung von über 50 GW vom Netz. Um die wegfallende Erzeugungsleistung sowie die bisher von den Kraftwerken erbrachten Systemdienstleistungen zu ersetzen, sind neue Ansätze notwendig. Das Projekt *Smart Grid Cluster* beschäftigt sich in diesem Zusammenhang mit dem Zusammenschluss von Smart Grids zu einem Virtuellen Kraftwerk um neben der Wirkleistungseinspeisung von dezentralen erneuerbaren Energien auch Systemdienstleistung wie Blindleistung oder Reserveleistung bereitstellen zu können. Dies deckt sich mit den Bestrebungen der Bundesnetzagentur im Rahmen des Redispatch 2.0 in Deutschland Erzeugungsanlagen ab einer Größe von 100 kW in das Engpassmanagement mit einzubeziehen.

Konzept

Ein Smart Grid ist ein örtlich und auf die Netzebenen bezogen begrenztes Gebiet, das mittels Kommunikationstechnik vernetzt ist und dadurch sowohl die Fernsteuerung von Erzeugungsanlagen als auch das Monitoring des Netzzustandes ermöglicht.

Ein virtuelles Kraftwerk verbindet mehrere solcher Smart Grids zu einem größeren und leistungsfähigeren Verbund. Nach außen hin kann das virtuelle Kraftwerk damit wie ein konventionelles Kraftwerk agieren und bspw. am Energiehandel teilnehmen oder Regelleistung anbieten.

Durch die Gliederung in einzelne autonome Smart Grids ist Skalierbarkeit und Ausfallsicherheit gewährleistet.

Erzeugungsanlagen können sich grundsätzlich in einem von zwei Betriebszuständen befinden. Zum einen im *Remotebetrieb*, in dem die Anlagen ferngesteuert werden können, zum anderen im *lokalen Betrieb*, in dem die Anlagen im Falle eines Verbindungsausfalles mit den lokal verfügbaren Informationen arbeiten. Durch den lokalen Betrieb kann auch bei Verbindungsausfällen die Versorgungsqualität weiterhin sichergestellt werden. Im Remotebetrieb bekommen die Anlagen Stellwerte vom überlagerten Smart Grid, das wiederum Anforderungen vom virtuellen Kraftwerk bekommt. Jedes Smart Grid besitzt für seine Anlagen Informationen zu Grenzwerten bzgl. der jeweiligen aktuellen Leistungsfähigkeit der Anlage (bspw. abhängig von Netzzustand, Einspeiseleistung oder Ladezustand). Diese Grenzwerte werden mittels einer Zustandsschätzung ermittelt. Anhand der Grenzwerte kann die vom virtuellen Kraftwerk angeforderte Leistung optimal auf die einzelnen Anlagen

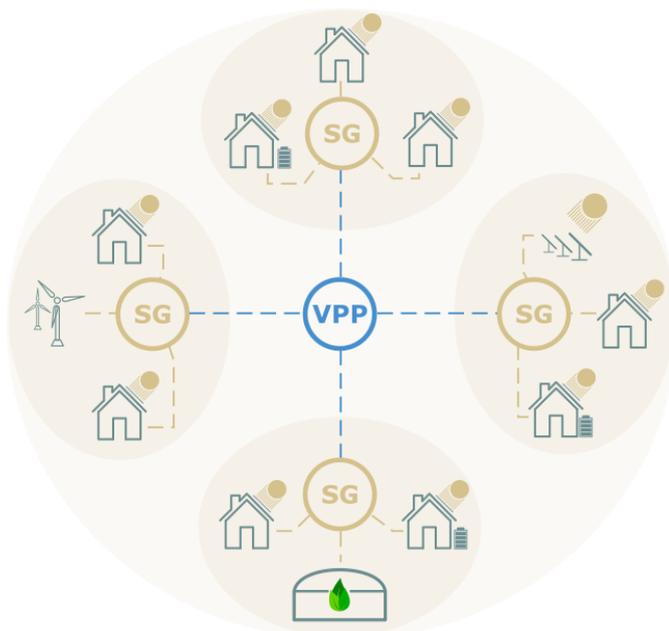


Abbildung 1: Konzept des virtuellen Kraftwerks bestehend aus Smart Grids.

¹ Technische Universität München, Professur für Elektrische Energieversorgungsnetze, Arcisstraße 21 80333 München, Tel.:+49 089 289 25587, philipp.gamper@tum.de, www.ei.tum.de/hsa

verteilt werden. Die Anlagen melden die tatsächlich erbrachte Leistung anschließend zurück an das Smart Grid. Falls einzelne Anlagen aus unvorhergesehenen Gründen die geforderte Leistung nicht erbringen können, kann diese anderen Anlagen zugewiesen werden.

Herausforderungen in der Umsetzung

Im Rahmen des Projektes Smart Grid Cluster ist die praktische Umsetzung des zuvor beschriebenen Konzeptes vorgesehen. Hierfür wurde eine Simulationsumgebung entwickelt sowie ein Labor und ein Feldtest aufgebaut. Dabei haben sich vor allem im Feld Herausforderung ergeben, die bei der Konzeption nicht berücksichtigt waren und die es zu lösen galt. Im Folgenden werden vier Beispiele als kurzer Einblick erläutert.

Kommunikationsprobleme

Grundvoraussetzung für das Vorhaben ist eine sichere kommunikative Anbindung der Erzeugungsanlagen. Diese erfolgt über Breitband-Powerline. Breitband-Powerline moduliert das Kommunikationssignal auf den 50-Hz-Sinus der Netzspannung und nutzt damit das bestehende Leitungsnetz. Allerdings haben sich an einzelnen Stellen Probleme mit der Verbindungsqualität herausgestellt, die auf elektromagnetische Störungen von Betriebsmitteln zurückzuführen sind. An diesen Stellen musste auf eine LTE-Funkverbindung zurückgegriffen werden, wobei sich hier wiederum Probleme mit der Signalabdeckung ergaben.

Kommunikationssicherheit

Um das System vor dem Zugriff Unbefugter zu schützen, wird die Kommunikationsinfrastruktur nach den Vorgaben des BSI zum sicheren Betrieb von intelligenten Messsystemen (TR 03109) ausgelegt. Hierfür wurden an den einzelnen Anlagen Smart Meter Gateways installiert, welche für die Zugriffskontrolle und sichere Kommunikation verantwortlich sind. Der Smart Grid Regler agiert im Sinne der technischen Richtlinie des BSI als externer Marktteilnehmer, welcher autorisiert durch den Gateway-Administrator mit den hinter den SMGWs befindlichen Anlagen kommuniziert.

Bussystem

Da die einzelnen Akteure im Gegensatz zur Simulation oder einem Laboraufbau im Feldtest räumlich getrennt sind, muss eine Möglichkeit geschaffen werden, um möglichst einfach und flexibel Informationen auszutauschen. Zu diesem Zweck wurde für die Kommunikation zwischen einzelnen Komponenten der Regelung ein Event-Bus eingeführt. Ein Event ist ein Datentelegramm, das einen Event-Typ, den Sender und die zu übertragende Information enthält. Events können von beliebigen Punkten aus versandt werden. Einzelne Komponenten können einen Event-Typ abonnieren und erhalten damit alle Events dieses Typs. Dadurch können die benötigten Informationen selektiv gefiltert werden und nach Bedarf neue Typen eingeführt werden.

Begrenzte Rechenleistung

Der Smart Grid Regler selbst läuft dezentral auf einem eingebetteten System mit begrenzter Rechenleistung, daher können die für die Zustandsschätzung benötigten Lastflussrechnungen nicht direkt auf dem System durchgeführt werden. Die Zustandsdaten des Netzes werden daher an einen externen Rechner übermittelt, welcher die benötigten Lastflussrechnungen ausführt und nur die für die Regelung notwendigen Parameter und Grenzwerte an das regelnde System zurücksendet.

Fazit

In diesem Paper wird das Konzept sowie die Umsetzung eines virtuellen Kraftwerks bestehend aus mehreren Smart Grids vorgestellt. Vor allem in Hinblick auf den Feldtest werden die dabei auftretenden Probleme diskutiert und mögliche Lösungsansätze aufgezeigt. Der Fokus liegt dabei auf den Aspekten, die trotz Erfahrungen aus vorangegangenen Projekten in der Planungsphase des Projektes *Smart Grid Cluster* nicht ausreichend berücksichtigt wurden.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages