

# Automatisierte Abstimmungskaskade

## (3) Integrierte Netze der Zukunft

**Robert Schwerdfeger<sup>1</sup>, Michael Orlishausen<sup>1</sup>, Rainer Enzenhöfer<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> TenneT TSO GmbH, Bernecker Str. 70, 95448 Bayreuth, Germany,  
robert.schwerdfeger@tennet.eu, www.tennet.eu

<sup>2</sup> TransnetBW GmbH, Pariser Platz, Osloer Str. 15-17, 70173 Stuttgart, Germany

### **Kurzfassung:**

Eine grundlegende Herausforderung der Energiewende ist die zukünftige engere Verzahnung der Netzbetreiber zur Wahrung der Systemsicherheit. So bedarf es einer verbesserten Koordinierung über alle Netzebenen hinweg. Im Rahmen des vorliegenden Papers wird der im Schaufensterprojekt C/sells untersuchte Ansatz der Abstimmungskaskade vorgestellt.

**Keywords:** ÜNB/VNB/VNB Koordinierung, Flexibilitäten, Notfallmaßnahmen

## 1 Die Herausforderung

Die Energiewende tangiert alle Bereiche der elektrischen Energiesysteme Gestehung, Übertragung und Verteilung sowie den Verbrauch. Speziell in Deutschland hat der voranschreitende Prozess der sukzessiven Substitution von konventionellen, also auf fossilen Brennstoffen basierenden, Kraftwerken durch den stetigen Ausbau an Erneuerbaren Energien (EE) hin zu 80% am Bruttostromverbrauch eine signifikante Änderung der Erzeugungslandschaft zur Folge. Neben dem volatilen Einspeisecharakter von Windkraft- und Photovoltaikanlagen sind diese dezentralen Anlagen überwiegend im Verteilernetz angeschlossen. Gleichermassen bieten neue aktive Netzanschlussnehmer wie z. B. steuerbare Lasten, Elektrofahrzeuge und andere Speicher zusätzliches nutzbares Flexibilitätspotenzial.

Die zunehmenden Abschaltungen bzw. Stilllegungen von konventionellen Kraftwerken resultiert in einem Defizit an regelbarer Erzeugung. Dementsprechend müssen die in den Verteilnetzen angeschlossenen Potenziale perspektivisch im Sinne der Systemsicherheit erschlossen werden. Dabei darf deren Abruf in Form einer Maßnahme nicht zu einer Verschlechterung des System-/Netzzustands führen. Zur Vermeidung von Wechselwirkungen zwischen den Regelungen der verschiedenen Netzbetreiber oder gar von Betriebsmittelverletzungen ist eine aktive Koordination über alle Spannungsebenen hinweg erforderlich. Diesen Abstimmungsprozess adressiert die vorliegende Veröffentlichung und stellt die im Rahmen des Schaufensterprojekts C/sells entworfene Abstimmungskaskade vor.

## 2 Status Quo

In Deutschland bilden die §§ 11 ff. Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) den regulatorischen Rahmen für die Netzbetriebsführung und die hierfür nutzbaren Maßnahmen speziell zur Vermeidung bzw. Beseitigung von kritischen Netzsituationen. § 13 EnWG konkretisiert die Aufgaben und Befugnisse, die sich für Übertragungsnetzbetreiber aufgrund ihrer Systemverantwortung ergeben. Unter Abs. 1 sind die Maßnahmen, die ein ÜNB zur Beseitigung einer Störung vorrangig ergreifen kann, zusammengefasst. Die ersten Handlungen sind nach EnWG § 13 Abs. 1 Ziff. 1 netzbezogene Maßnahmen. Diese umfassen Topologieänderungen durch Schalthandlungen, Anpassungen von etwaigen Leistungsflussreglern als auch Nutzung vorhandener Kompensationsanlagen. Kann mit Hilfe

dieser Maßnahmen die Störung nicht behoben werden, darf der Netzbetreiber je nach Art der Störung marktbezogene Maßnahmen nach § 13 Abs. 1 Ziff. 2 nutzen. Als weitere Maßnahmen kann der Netzbetreiber nach § 13 Abs. 1 Ziff. 3 zusätzliche Reserven, insbesondere die Netzreserve und Kapazitätsreserve mit heranziehen.

In letzter Instanz kann der Übertragungsnetzbetreiber zur Beherrschung der Störung nach § 13 Abs. 2 des EnWG Notfallmaßnahmen nutzen. Dabei sind Verteilernetzbetreiber gemäß § 14 Abs. 1c EnWG dazu verpflichtet, Maßnahmen des vorgelagerten Netzbetreibers nach dessen Vorgaben durch eigene Maßnahmen zu unterstützen. So ist der Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) nach § 14 Abs. 1c EnWG bei der Einhaltung der Systemsicherheit gegenüber seinen nachgelagerten Verteilnetzbetreibern (VNB) zur Anpassung ihrer Übergabeleistung grundsätzlich weisungsbefugt. Die VNB sind eigenständig für Umsetzung der angewiesenen Maßnahmen in deren Netzgebiet zuständig und können diese ggf. gleichermaßen in der Kaskade an ihnen nachgelagerte Netzbetreiber anweisen. Die Reduzierung der Einspeisung aus EE-Anlagen erfolgt heutzutage nach § 13 Abs. 2 EnWG und ist im Fall einer Überlastung der Netzkapazität nur unter Wahrung der Voraussetzungen gemäß § 14 Erneuerbares Energien Gesetz zulässig<sup>1</sup>. So sind derartige Anlagen erst nach Ausschöpfung aller netz- und marktbezogenen Maßnahmen zu reduzieren. Die Umsetzung der Maßnahme kann hierbei direkt durch den ÜNB bei direkt angeschlossenen Anlagen oder im Rahmen des Kaskadenprinzips mittels VNB erfolgen.

Die Nutzbarmachung der jeweiligen Maßnahmen bedarf unterschiedlicher Interaktionen respektive Koordination zwischen ÜNB-VNB, VNB-VNB oder ÜNB und dem Markt. So erfolgt der heutige Kaskadenprozess im Rahmen von § 13 Abs. 2 EnWG wie in Abbildung 1 skizziert. Dieser umfasst zwischen zwei Netzbetreibern die folgenden fünf Schritte:

1. Der vorgelagerte Netzbetreiber informiert seinen nachgelagerten Netzbetreiber wenn möglich vorab über die Maßnahme.
2. Der vorgelagerte Netzbetreiber fordert seinen nachgelagerten Netzbetreiber zur Ausführung der Maßnahme an.
3. Der nachgelagerte Netzbetreiber informiert seinen vorgelagerten Netzbetreiber über die Umsetzung oder ggf. Teil- oder Nichtumsetzung der Maßnahme.
4. Wenn kein Bedarf mehr für die Maßnahme besteht, weist der vorgelagerte Netzbetreiber seinen nachgelagerten Netzbetreiber zur Aufhebung der Maßnahme an.
5. Der nachgelagerte Netzbetreiber bestätigt seinem vorgelagerten Netzbetreiber über die Aufhebung der Maßnahme.

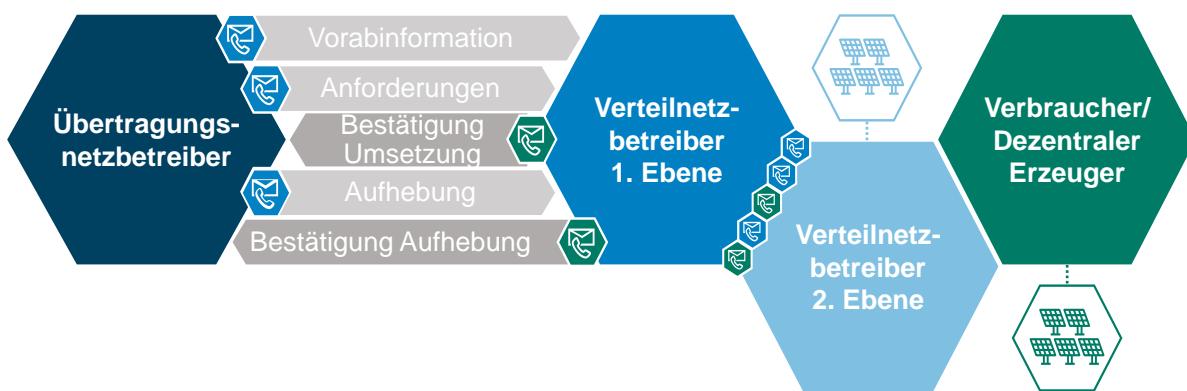


Abbildung 1 Gegenwärtiger Kaskadenprozess

<sup>1</sup> In Fällen der höheren Gewalt darf eine EE-Anlage in ihrer Einspeisung im Rahmen von § 13 Abs. 2 EnWG ohne § 14 EEG reduziert werden und ist somit nicht entschädigungspflichtig.

Dieser Prozess wird derzeit vorrangig mittels Formularen via Telefon und E-Mail Verkehr realisiert. Hieraus resultiert ein hoher Abwicklungsaufwand seitens der Netzführung im Rahmen einer Notfallsituation. Durch die Veränderung der Erzeugungslandschaft und der Zunahme an volatilen und dezentralen Anlagen wird es zunehmend herausfordernd die erforderlichen Reaktionszeiten einzuhalten und dynamisch auf die dargebotsabhängige Erzeugungslandschaft zu reagieren.

### 3 Koordinationsprozess

Ein möglicher Ansatz zur Verbesserung der Koordination und Beschleunigung der Netzbetreiberprozesse ist die im Projekt C/sells entworfene Abstimmungskaskade. Dabei definiert sich die *Abstimmungskaskade* als automatisierter Informationsaustausch zwischen den Netzbetreibern in allen Ampelphasen, sowie einer teilautomatisierten und ereignisorientierten Maßnahmendurchführung in dedizierten Ampelphasen. Die Kommunikation zwischen ÜNB, VNB I sowie VNB II zur Übermittlung von Steuerbefehlen und Daten soll mittels einer Kopplung der Netzeitstellen und weitestgehend automatisiert erfolgen (siehe Abbildung 3).

Dieser kontinuierliche Datenaustausch zwischen den vor- und nachgelagerten Netzbetreibern wird als informatorische Kaskade bezeichnet. Dabei richten sich die auszutauschenden Daten nach dem jeweiligen Netzzustand. Die hier vorgeschlagene *Netzzustandsampel* (NZA) (vgl. Abbildung 2) ist aus der bereits heute, zwischen den europäischen ÜNBs der ENTSO-E, im Rahmen des European Awareness Systems (EAS) bestehenden Ampel abgeleitet. Gemessen an der perspektivisch zunehmenden Bedeutung von den im Verteilnetz angeschlossenen dezentralen Anlagen, welche Flexibilitätspotenzial bereitstellen können, sollen diese besser mit eingebunden werden. Dafür ist die NZA auf die Verteilnetze bis auf die Niederspannungsebene zu erweitern. Netzzustände können mittels Zellen geclustert werden. Ziel der NZA ist die Erfassung des Netzzustandes und dessen Visualisierung in den Leitsystemen der Netzbetreiber. Dieser Daten- und Informationsaustausch vermeidet mögliche Wechselwirkungen sowie führt zu einem gemeinsamen Verständnis hinsichtlich des eigenen und des vor-/nachgelagerten Netzzustandes, damit koordinierte und wirksame Maßnahmen zur sicheren Netzbetriebsführung eingeleitet werden.

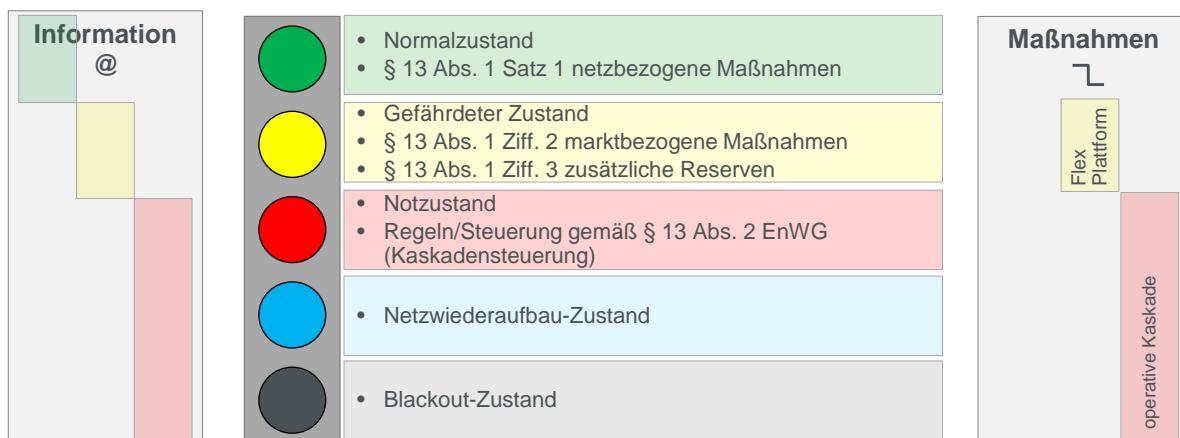


Abbildung 2 Netzzustandsampel beim ÜNB

In der gelben Ampelphase greift der Netzbetreiber auf marktbezogene Maßnahmen zurück. Die Allokation und Nutzbarmachung der in den nachgelagerten Netzen angeschlossenen Flexibilitäten für den Netzbetreiber erfolgt hier über das im Schaufensterprojekt C/sells entworfene Konzept der Flex-Plattform. Flexibilitätsanbieter können dabei das Potenzial einzelner oder aggregierter Anlagen freiwillig auf einer Flexibilitätsplattform einstellen, bzw. sind gesetzlich in Abhängigkeit der Anlagengröße dazu verpflichtet (siehe § 13 Abs. 1 Ziff. 2 EnWG). Zur Beseitigung von kritischen

Netzsituationen (gelbe Ampelphase) ruft der Netzbetreiber über einen Marktakteur (Einsatzverantwortlichen) anhand des Angebotes auf der Plattform Flexibilität ab (siehe Abbildung 3).

In der roten Ampelphase steuert der Anschlussnetzbetreiber direkt die Anlage außerhalb der Marktes (siehe Abbildung 3). Weitet sich dieser Prozess auf Anlagen außerhalb des eigenen Netzgebiets aus, wird es als operative Kaskade bezeichnet. Gemäß Anwendungsregel VDE-AR-N-4140 kommt diese operative Kaskade einzig in der roten Ampelphase (§ 13 Abs. 2 EnWG, im Folgenden auch kurz als §13 (2) bezeichnet) zum Einsatz. Ein Überblick der beschriebenen verschiedenen Prozesse ist in Abbildung 3 skizziert.

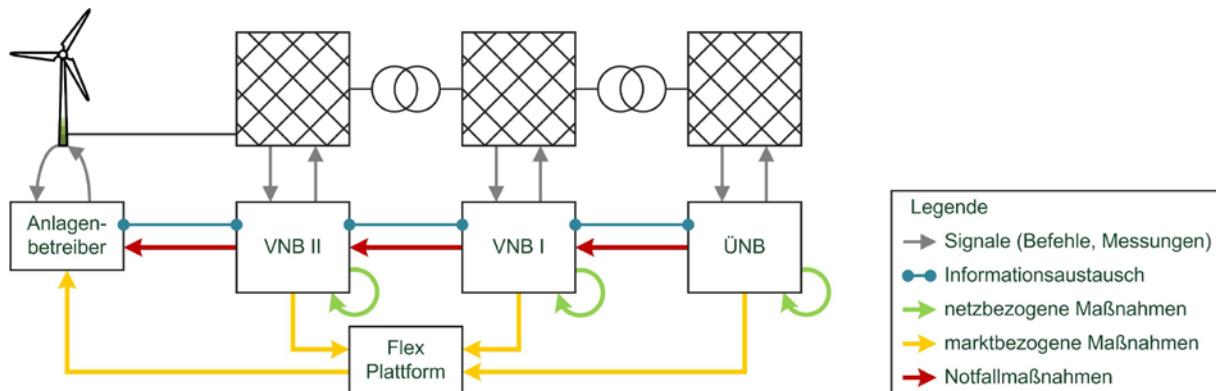


Abbildung 3 Übersicht: Prozesse zur Beseitigung von Störungen im Netz

Damit im Rahmen der Notfallmaßnahmen schnell wirksame und effiziente Anforderungen an den nachgelagerten Netzbetreiber gestellt werden können, bedarf es einer (Teil)Automatisierung des kaskadierten Prozesses gegenüber dem heutigen Stand (z. B. Erhöhung der Reaktionszeiten) und einen stetigen Informations- und Datenaustausch im 24/7-Betrieb über alle Netzebenen hinweg. Dieser sollte im Sinne der Sicherstellung einer funktionierenden Kommunikationsverbindung und Vermeidung von ungewollten Auslösungen folgende sechs Schritte umfassen:

- Der vorgelagerte Netzbetreiber signalisiert seinem nachgelagerten über das Vorliegen eines §13 (2)-Falls.
- Der nachgelagerte Netzbetreiber bestätigt seinem vorgelagerten Netzbetreiber, dass er für die Umsetzung von Anweisungen bereit ist. Dies bildet die Grundlage für die folgenden Schritte. Gleichermaßen dient dies dem Test auf eine bestehende Kommunikationsverbindung.
- Der vorgelagerte Netzbetreiber übermittelt seinem nachgelagerten Netzbetreiber alle notwendigen Informationen bzgl. der auszuführenden Maßnahme.
- Im Sinne der Konsistenzprüfung wird anschließend die beim nachgelagerten Netzbetreiber eingehende Anforderung von dessen Leitsystem zwischengespeichert, zurückgespiegelt und beim anfordernden Netzbetreiber mit der von ihm versendeten Nachricht verglichen. So kann sowohl das Vorhandensein einer Verbindung zwischen den Netzeleitsystemen als auch die Korrektheit der übertragenen Informationen sichergestellt werden.
- Stimmen beide Nachrichten überein, erfolgt eine weitere Bestätigung durch das System des anfordernden Netzbetreibers.

Mit Eingang der Bestätigung wird die Anforderung im Netzeleitsystem des nachgelagerten Netzbetreibers visualisiert, welcher darauf hingehend diese umsetzt oder, ggf. anteilig in der Kaskade an seine nachgelagerten Netzbetreibern in gleicher Form anweist.

6. Wurde eine Anforderung umgesetzt bzw. liegt ein Erfüllungshemmnis vor, so erfolgt eine Rückmeldung des nachgelagerten Netzbetreibers an seinen anfordernden Netzbetreiber<sup>2</sup>.

Auf deren Basis kann vorgelagerte (anfordernde) Netzbetreiber anschließend wenn notwendig weitere Maßnahmen ergreifen und ggf. einen weiteren Prozess bei einem anderen nachgelagerten Netzbetreiber beginnend mit Schritt 1 anstoßen.

## 4 Zusammenfassung

Die hier vorgestellte Abstimmungskaskade ist ein möglicher Lösungsansatz der eingangs beschriebenen Herausforderung der aktiven Koordination über alle Spannungsebenen zu begegnen. Dabei stellen besonders steigende Anforderungen an Reaktionszeiten von Maßnahmen und Informationsaustausche im Fokus. Hierfür definiert der vorgeschlagene Ansatz einen kontinuierlichen und automatisierten Informationsaustausch zwischen den Netzbetreibern in allen Ampelphasen, sowie in der roten Ampelphase eine kaskadierte und automatisierte Maßnahmendurchführung. Die Abstimmungskaskade umfasst nicht nur die rote, sondern alle Ampelphasen, so dass der hier vorgestellte Ansatz ein signifikantes Potenzial zur Gewährleistung der Systemsicherheit in einem dynamisch werdenden System bietet und die Grundlage für eine verbesserte Koordination von Maßnahmen zwischen Netzbetreibern liefert.

## Förderhinweis

Diese Veröffentlichung entstand im Rahmen des Förderprogramms SINTEG: "Schaufenster intelligente Energie - Digitale Agenda für die Energiewende" im Schaufenster „C/Sells“ (Förderkennzeichen 03SIN107, 03SIN100). Insgesamt gibt es in SINTEG fünf Schaufenster. Fördergeber ist das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Im Zentrum von SINTEG stehen die intelligente Vernetzung von Erzeugung und Verbrauch sowie der Einsatz innovativer Netztechnologien und Netzbetriebskonzepte.



<sup>2</sup> Hier bleibt zu erwähnen, sollte eine 24/7h durch Operatoren besetzte Leitstelle nicht möglich sein, ist eine Routine in der NLT der betroffenen VNBs zu hinterlegen, welche ggf. die Anweisungen entsprechend automatisiert weiterverarbeitet.