

e | m | w

Energie. Markt. Wettbewerb.

Erzeugung & Infrastruktur

Zentral-lokale Blackout-Steuerung

Von **Dr. Manfred Benthous**, TU München, **Mathias Klier** und **Moritz Kies**,
K.Group

Zentral-lokale Blackout-Steuerung

Die technologische Nutzung von Großflächennetzen in der elektrischen Energieversorgung führt zu einem systemimmanenten Blackout-Risiko. Heute liegt die Verantwortung für die Blackout-Steuerung verteilt über Netzebenen bei den Netzbetreibern. Alternativ denkbar ist eine übergeordnete nationale Instanz.

✎ Von **Dr. Manfred Benthous**, TU München, **Mathias Klier** und **Moritz Kies**, K.Group

Das schweizerische Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS) definiert den Stromausfall als „Ausfall der Versorgung mit elektrischer Energie aufgrund unterbrochener oder beschädigter Stromleitungen, Transformatoren oder Verteilknoten. Wenn die Stromversorgung in einem Netz vollständig zusammengebrochen ist, spricht man von einem ‚Blackout‘.“

Neue Blackout-Definition

In einem elektrischen Energieversorgungssystem ist die elektrische Energie die Zentralgröße. Eine neue Definition von Blackout-Zuständen soll deshalb über diese Größe erfolgen: „Ein nationaler Blackout liegt vor, wenn die zeitaktuell angeforderte elektrische Energie aller Kunden signifikant von der zeitaktuellen Energiebereitstellung abweicht.“

Als technische Führungsgröße wird hier die Netzspannung gewählt. Sie ist das Entscheidungskriterium zur Beurteilung von Versorgungssituationen: **ist die Normspannung** (entsprechend den Festsetzungen der International Electrotechnical Commission (ICE)) **vorhanden, gilt der Kunde als grundsätzlich versorgt, sonst nicht.**

Aufgrund der wirtschaftlichen Bedeutung nationaler Stromversorgungssysteme können die Schäden eines Blackouts schnell erhebliche Größenordnungen erreichen. Eine Studie des Österreichischen Zivilschutzverbands beziffert die Auswirkungen eines 24-stündigen Blackouts „mit einem Schaden von mehreren Milliarden Euro zumindest jedoch mit einer Milliarde Euro“. Diese bedeutende Gesamtaussage führt quantifizierbare und nicht quantifizierbare Schäden ein. Als Abgrenzungskriterium zwischen diesen Kategorien kann

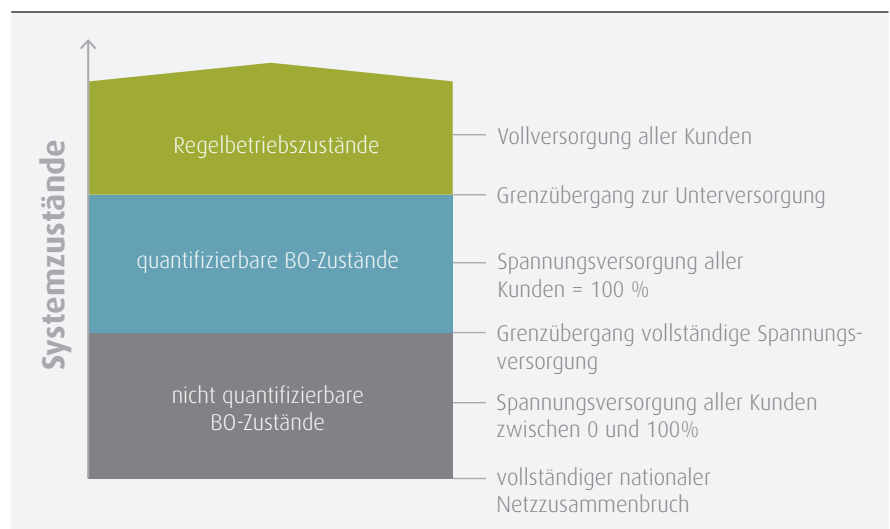
die definierte technische Führungsgröße „Netzspannung“ herangezogen werden:

Im Teilbereich der **quantifizierbaren Blackout-Zustände** werden alle Kunden mit der Normspannung versorgt und erhalten eine individuelle Leistung größer Null – diese ist jedoch gegebenenfalls kleiner als die angeforderte Regelbetriebsleistung. Dadurch entstehen neue, technisch nutzbare Systemzustände. Ergänzt man die Anforderungen um Randbedingungen zur Sicherstellung notwendiger gesellschaftlicher Zentralfunktionen, wie zum Beispiel der Wasserversorgung und -entsorgung, erhält man daraus stabile Metazustände, in denen entstehende Schäden quantifizierbar bleiben.

Der Teilbereich **nicht quantifizierbarer Blackout-Zustände** ist durch das Vorhan-

densein nicht versorgter Kunden definiert. Für sie ist die Versorgungsspannung außerhalb der Norm und die bereitgestellte Leistung gleich null. Die Systemzustände reichen vom Grenzbereich der quantifizierbaren Zustände bis hin zum vollständigen nationalen Systemzusammenbruch nach dem herkömmlichen Verständnis des Begriffs „Blackout“ (Abb. 1). Die Zustände nahe des Bereichs eines vollständigen Zusammenbruchs haben dabei das besondere Potenzial, sich nachhaltig und nicht quantifizierbar negativ auf die Volkswirtschaft auszuwirken. In ihrem Fokus stehen meteorologische Ereignisse oder kriminelle Handlungen (wie terroristische Anschläge) mit ihren Folgen. Die europäische Stromnetzsituation (speziell im alten UCTE-Netzgebiet) enthält zudem auch internationale Risikopositionen. Das heißt, die Ursachen

01 Struktur von Systemzuständen in elektrischen Energieversorgungssystemen (BO = Blackout)





nationaler Blackouts können auch außerhalb der betrachteten Nation liegen.

Wirkungsweise der neuen Steuerung

Technisch gesehen wird die primäre Systemsteuerung von den übergelagerten Netzkomponenten wie Umspannwerke und Leitungen auf lokale Steuerungseinheiten verlagert.

Operativ wird im Fall eines drohenden Blackout-Zustands die nationale Lastflusssteuerung auf eine, im Idealfall in der Verantwortung einer staatlichen Instanz stehende, nationale Leitwarte übertragen.

Deren Ziel besteht darin, über bestehende Netzregionen hinweg nicht quantifizierbare Blackout-Zustände zu verhindern. Dies kann gegebenenfalls auch zu Lasten anderer Netzregionen im gleichen oder anderen Bundesländern erfolgen.

Tritt beispielsweise in einem Netzgebiet eines der oben exemplarisch genannten schwerwiegenden Störungsereignisse ein und es droht ein nicht quantifizierbarer Blackout-Zustand, so übernimmt die nationale Leitwarte automatisch die operative Lastflusssteuerung. Mit Hilfe der lokalen Steuerungseinheiten wird diese in einem ersten Optimierungsprozess einen stabilen Metazustand im Sinne eines quantifizierbaren Blackout-Zustandes anstreben. Im Gegensatz zum aktuellen Status quo steht die Beibehaltung des ungestörten Versorgungszustandes weiterer, originär nicht betroffener Netzregionen nicht im Fokus. Im Gegenteil kann sich der quantifizierbare Blackout-Zustand auch auf weitere, zunächst nicht betroffene, Netzregionen und Bundesländer erstrecken. Erst in einem zweiten Optimierungsprozess kann anschließend dieser quantifizierbare

Blackout-Zustand sukzessive in einen stabilen Regelbetriebszustand überführt werden. Die Betriebsverantwortung geht dann wieder vollständig auf die Netzbetreiber über.

Wirtschaftlich ist die Einführung quantifizierbarer Blackout-Zustände als stabile Metazustände in das Blackout-Management wesentlich, denn sie ermöglichen den lastflussorientierten, vollständigen Netzbetrieb mit einer Kundenteilversorgung. Eine Teilversorgung muss in der Regel zeitlich schneller realisierbar sein als die entsprechende Vollversorgung. Damit ist eine direkte wirtschaftliche Schadensminimierung verbunden.

Sozial ist die Einführung eines Netzkunden-Solidaritätsprinzips wesentlich. Dabei wird die herkömmliche, räumlich-regionale Betrachtung von Versorgungssituationen aufgehoben. Es gilt das neue Prinzip: **Netzkunden reduzieren, unabhängig vom geographischen Standort, ihre Leistungsnachfrage zugunsten von Netzkunden, die keinen oder nur einen geringeren relativen Leistungszugang haben.** Damit ist die gesellschaftliche Grundlage für die Bildung der Metazustände gegeben. Dieses Vorgehen führt zu weitreichenden rechtlichen und energiewirtschaftlichen Konsequenzen und Chancen.

Neue Blackout-Funktionalitäten

Bei der hier vorgestellten Blackout-Steuerung wird die primäre Systemsteuerungsfunktion von lokalen Steuerungseinheiten (Smart Meter/intelligente Messsysteme) übernommen. Dafür müssen diese Geräte elektrotechnische Größen messen, speichern und prognostizieren können. Zusätzlich ist eine Steuerungsfunktion unabdingbar, das heißt, ein umfassendes Schaltvermögen sowie eine schnelle und

sichere Kommunikation mit einer zentralen Steuerungseinheit.

Elektrotechnische Größen

Die Werte von Spannung, Frequenz, Energie und Leistung müssen zeitaktuell ermittelt und für mindestens fünf Jahre gespeichert und für die zentrale Leitwarte verfügbar gehalten werden. Die standortbezogene Historie der Werte ist unter anderem für eine Leistungsaufnahmegprognose der individuell nachgelagerten Netzwerke notwendig.

Schaltverhalten

Schaltelemente müssen die Schaltzustände „ein“ und „aus“ herstellen können. Dabei hat der „Aus-Zustand“ des Schaltelements im Falle eines Blackout-Zustandes ohne örtliche Normspannung die automatische Abschaltung des jeweiligen nachgelagerten Kundennetzwerkes herzustellen. Ziel ist es, die notwendige Wiederanfahrleistung zu minimieren und dadurch eine wichtige Voraussetzung zu schaffen, damit die Kunden früher zugeschaltet werden können. Darüber hinaus müssen die Smart Meter fähig sein, schaltbare Zwischenzustände einzunehmen. Diese Schaltbarkeit macht die technische Realisierung der Metazustände möglich. Das dynamische Verhalten der Schaltelemente muss hoch sein, um so die Voraussetzungen vor Ort für schnell veränderbare Lastflusssituationen zu schaffen.

IT-Anforderungen

Zur Steuerung der Smart Meter bedarf es einer lokalen Recheneinheit in der Leitstelle mit geeigneter Signalanbindungsstruktur. Wichtig ist, dass diese technischen Komponenten unabhängig vom Zustand des jeweiligen nationalen Energieversorgungssystems operieren können. Der dynamische Prozess zur Berechnung von Szenarien, um einen drohenden Blackout-

Zustand abzuwehren oder zu beschleunigen, muss mit hoher Geschwindigkeit ablaufen. Die Eingangsgrößen hierbei sind:

- vorab definierte Standardszenarien incl. geeigneter Stichproben;
- aktuelle Ist- und Prognosewerte der elektrotechnischen Größen;
- aktuelle Ist- und Prognose gesicherter Erzeugungsleistung im System;
- aktuelle geeignete Stichprobenauswahlen der Netzkunden.

Um den Signalweg vom Energieversorger unabhängig zu machen, könnte beispielsweise technologisch die Satellitenkommunikation genutzt werden. Die reine Signallaufzeit für eine Satellitenhöhe von 45.000 km ist mit etwa 0,3 Sekunden abzuschätzen. Inklusiv der Bearbeitungszeit im Satelliten sollte die Gesamtzeit für einen Weg sicher unter einer Sekunde liegen. Vorteil dieser Technologie ist, dass sie auf das gesamte europäische Stromversorgungssystem übertragen werden kann.

Betrachtet man technologische Zeitskalen in der Energieversorgung, so steht hier das Zeitintervall der Primärregelung im Fokus. Um auch sich entwickelnde Prozesse steuern zu können, muss eine erste neue Lastflusssituation in weniger als der Hälfte der Primärregelungszeit berechnet und umgesetzt sein (< 15 Sekunden).

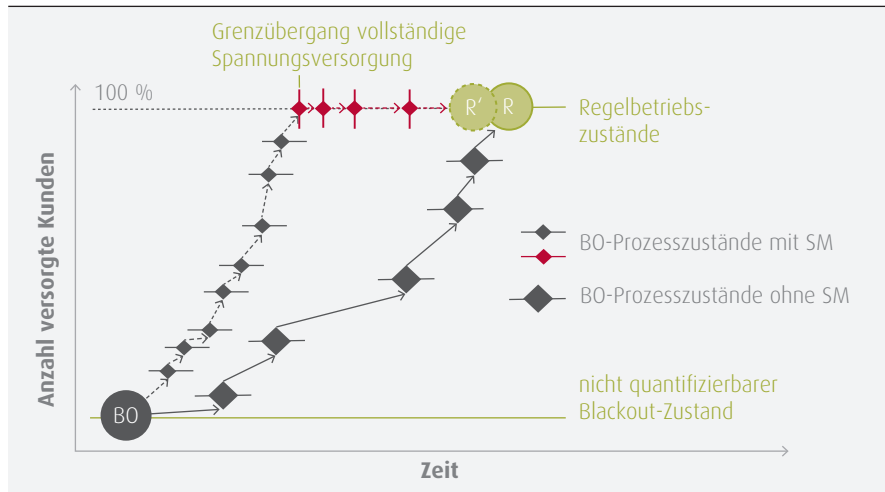
Vorzüge des neuen Konzepts

Die Netzbetreiber und die nationale Leitwarte müssen einen langfristigen, autarken Systembetrieb aller Komponenten gewährleisten. Das stellt neue Anforderungen im Bereich leitungsgebundener Energieversorgung.

Der aktuelle Prozess ohne Nutzung intelligenter Steuerungstechnik nutzt zur Erzeugung von verschiedenen Netzzuständen die überlagerte Anlagentechnik der beteiligten Netzbetreiber. Der mögliche Handlungsrahmen in diesem Spektrum wird von Randbedingungen der maximalen Zuschaltleistung in den einzelnen, räumlich zusammenhängenden Netzgebieten bestimmt. Die Anzahl der technisch verfügbaren Blackout-Prozesszustände ist limitiert und der Weg zu einem stabilen Regelbetriebszustand ausschließlich über nicht quantifizierbare Blackout-Zustände möglich (in Abb. 2 als große Rauten dargestellt).

Der Prozess mit lokalen Steuerungseinheiten nutzt diese primär und nur sekundär

02 Schematische Blackout-Prozesswege bei identischem Ausgangs- und Endzustand (SM = Smart Meter)



die überlagerte Anlagentechnik im Stromnetz. Der organisatorische Vorteil besteht darin, dass es nur eine organisatorisch verantwortliche Leitung in der Krisensituation gibt. Damit entfallen die Risiken der Abstimmung zwischen vielen beteiligten Netzbetreibern. Die technischen Vorteile bestehen darin, dass die Anzahl der möglichen nutzbaren Blackout-Prozesszustände erheblich größer ist (in Abb. 2 als kleine Rauten dargestellt). Der Prozess ohne Smart Meter ist als relativer Grundfall enthalten. Um den eintretenden Schaden zu minimieren und die Kunden möglichst schnell wiederzuversorgen, sind Prozesswege rechts vom Grundfall nicht sinnvoll. Prozesswege links des Grundfalls führen zu verbesserten Situationen, da die Anzahl der versorgten Kunden zu jedem Zeitpunkt höher ist. Diese Wege muss es auch geben, da der Grenzübergang zur vollständigen Spannungsversorgung mit dem Ziel der Teilversorgung grundsätzlich früher erreicht wird als die Vollversorgung. Das gesamte Schadenpotenzial verringert sich damit (siehe oben).

Fazit

Eine technologische Anpassung hin zur primären Blackout-Steuerung durch geeignete Smart-Meter kann das volkswirtschaftliche Schadenpotenzial eines Ausfalls der Stromversorgung deutlich senken. Neue Blackout-Zustände durch regional unabhängige Teilversorgung von Kunden eröffnen dabei neue Handlungsspielräume bei

der Steuerung der Lastflüsse und ermöglichen die schnellere Wiederver-sorgung der Netzkunden. ←

DR. MANFRED BENTHAUS

Jahrgang 1956

- 1980–1992 Studium der Physik
- 1992–2014 E.ON
- seit 2014 Technische Universität München
- manfred.benthaus@googlemail.com

MATHIAS KLIER

Jahrgang 1973

- Studium der Volkswirtschaft und des Europäischen Rechts
- 2002–2008 Wissenschaftlicher Referent bei Dr. Ole Schröder (MdB)
- 2008–2019 Assoziierter Partner K.Group GmbH
- mathias.klier@kgroup.de

MORITZ KIES

Jahrgang 1993

- 2013–2016 Bachelor of Science Umwelt-ingieurwesen (TU München)
- seit 2016 K.Group GmbH
- moritz.kies@kgroup.de

e | m | w

Energie. Markt. Wettbewerb.

energate gmbh

Norbertstraße 3-5

D-45131 Essen

Tel.: +49 (0) 201.1022.500

Fax: +49 (0) 201.1022.555

www.energate.de

www.emw-online.com

Bestellen Sie jetzt Ihre persönliche Ausgabe!

www.emw-online.com/bestellen

