

Windstrom ist zur Gefahr geworden.



Foto: [Falk Lademann](#)

In der Zeit kurz vor den Weihnachtsfeiertagen sind die Stromnetze in Deutschland und einigen Nachbarstaaten aufgrund übermäßiger Produktion von Windstrom in eine kritische Lage geraten. Deutschland hat dabei seine internationalen Verpflichtungen zur Sicherung der Netzstabilität zeitweilig grob missachtet. Während die deutsche Windradlobby jubelte, mussten in Österreich die Leistungen der konventionellen und Wasserkraftwerke am 22. und 23. Dezember notfallmäßig hochgefahren werden, am 22. Dezember sogar auf mehr als den elffachen Wert der eigentlich geplanten Produktion.

Würden Sie sich in ein Flugzeug setzen, dessen Pilot noch den ersten Bartflaum am Kinn trägt und kurz vor dem Start noch mit verlorenem Gesichtsausdruck in einem Heftchen mit dem Titel „Vom Laien zum Flieger-As in nur fünf Lektionen“ herumgeblättert hat? Nun, während der Durchschnittsdeutsche in einem solchen Fall wahrscheinlich fluchtartig die Maschine verlassen würde, vertraut er in einem anderen, für sein Wohlergehen aber genauso entscheidenden Punkt sein Schicksal Menschen an, welche von der extrem anspruchsvollen Technik unserer Stromversorgung ebenfalls nicht den Schimmer einer Ahnung haben: Politikern, deren Qualifikation sich zumeist auf eine Lehrer- oder Anwaltsausbildung beschränkt, und die sich auf Berater verlassen, deren Qualifikation hauptsächlich auf ihrer Mitgliedschaft bei grünlinken Parteien oder Nichtregierungsorganisation wie Greenpeace oder dem BUND beruht.

Damit haben wir unsere Stromversorgung in die falschest möglichen Hände gegeben. Wie empfindlich unser aus vielen tausend Einzelementen fein vernetztes Stromversorgungssystem in Wirklichkeit ist, zeigte in aller Deutlichkeit der massive Blackout, der am 4. November 2006 große Teile Deutschlands und Europas für Stunden ins Chaos stürzte. Um zu verstehen, was damals vor sich ging, empfiehlt sich ein Blick auf die kritischen Sekunden dieser Ereignisse.

Was geschah im kritischen Moment?

Eine brauchbare Analyse der Abläufe und der Fehler, die im Rahmen einer eigentlich routinemässigen Umschaltoperation zu einem der europaweit schlimmsten Stromausfälle mit rund 10 Mio. betroffenen Haushalten und Auswirkungen von Deutschland bis nach Marokko führten, findet sich in [WIAU]. Wie häufig bei derartigen Katastrophen gab es im Endeffekt nicht eine Ursache, sondern zahlreiche einzelne Fehler, die normalerweise folgenlos geblieben wären. Erst in ihrem Zusammenwirken kam es zu einer verhängnisvollen Kombination, die dann das europäische Verbundnetz in den Abgrund riss.



Bild 1. Aufzeichnung des Frequenzverlaufs des Stromnetzes am 04.11.2006 zwischen 22:08 und 22:30 MEZ, gemessen im Ruhrgebiet (Grafik: Wikimedia Commons) [Zum Vergrößern bitte Grafik anklicken.](#)

Dem eigentlichen Ausfall waren eine ganze Reihe von Kommunikationsdefiziten, Schlampereien und mangelnden Absprachen vorausgegangen. Dennoch befand sich das Netz in den Minuten vor dem eigentlichen Ereignis in einem zwar gefährdeten, aber stabilen Zustand.

Die Gefährdung resultierte aus der Missachtung des sogenannten N-1-Kriteriums, welches vorschreibt, dass zu keiner Zeit der Ausfall eines bestimmten Betriebsmittels wie einer Leitung, eines Transformators oder Generators zu einem Gesamtausfall führen darf [N1KR]. Im vorliegenden Fall war zu wenig Kraftwerksleistung am Netz von RWE [ZEIT], um nach der planmäßigen Abschaltung zweier wichtiger Leitungen noch zusätzlich den Ausfall einer dritten Leitung aufzufangen. Zu diesem Verlust kam es, weil ein im Prinzip minimaler Eingriff nach einem Lastanstieg auf einer bereits kritisch belasteten Leitung um 22:10:11 zu einem weiteren Stromanstieg von gerade mal 67 A führte, was bei 380000 Volt einer Leistungserhöhung um etwa 25 MW entspricht.

Im Vergleich mit der üblichen Größenordnung des Leistungstransports durch solche Leitungen, der bei rund 1000 MW liegt, sind diese zusätzlichen 2,5 % eigentlich unbedeutend. Im vorliegenden Fall spielten sie jedoch die Rolle des sprichwörtlichen Tropfens, der ein Fass zum Überlaufen bringt. Diese kleine zusätzliche Last löste innerhalb von zwei Sekunden den automatischen Netzschutz aus und trennte die betreffende Leitung. Wegen der Nichteinhaltung des sogenannten N-1-Kriteriums kam es dadurch zu einer unkontrollierten Verteilung der Last auf andere Leitungen und innerhalb von zwei weiteren Sekunden zu einer Kettenreaktion mit sich immer weiter ausbreitenden Abschaltungen. Schließlich wurde das europäische Verbundnetz notfallmäßig in Teilnetze aufgespalten, in denen es in der Folge zu teils stundenlangen Ausfällen kam.

Wichtigste Lehren: Nie ohne Grosskraftwerke...

Der Ablauf der Ereignisse vom 4. November 2006 zeigt vor allem zunächst eines: Den Netzbetreibern stehen bei solchen Ereignissen meist so gut wie keine Zeitreserven zur Verfügung. Das kritische Zeitfenster war gerade einmal vier Sekunden lang, eine Zeit, in der selbst primärregelfähige Kraftwerke ihre Leistungsabgabe nur um Bruchteile des erforderlichen Betrags heraufsetzen können, Bild 2.



Bild 2. Schema des zeitlichen Einsatzes der unterschiedlichen Regelleistungsarten. Auch die sogenannte Primärregelleistung

steht erst nach 30 Sekunden
vollständig zur Verfügung (Grafik:
DF5GO/ Wikimedia Commons)

Die einzige sofort verfügbare Leistungsreserve, auf die die Netzbetreiber gerade in diesen ersten entscheidenden ersten Sekunden eines Ausfalls zurückgreifen können, ist die in den rotierenden Massen der Turbinen und Generatoren konventioneller Kraftwerke gespeicherte kinetische Energie. Vom Prinzip her arbeiten diese Anlagen in einem solchen Fall ganz so wie ein Schwungrad. Die darin gespeicherte Energie ist enorm, denn die rotierenden Bestandteile von Großkraftwerken haben eine Masse von oft mehreren hundert Tonnen, Durchmesser von etlichen Metern und erreichen im Normalfall rund 3000 Umdrehungen/ Minute.

Bild 1 zeigt sehr anschaulich, wie schnell im Ruhrgebiet die Netzfrequenz nach dem Auftreten der Störung einbrach. Nur die Rotationsreserven verhinderten zu diesem Zeitpunkt einen totalen Zusammenbruch. Erst mit einer gewissen Verzögerung setzen nach und nach die sonstigen Stabilisierungsmechanismen ein: Dampf-, Gas- und Wasserventile werden aufgeföhren, Kesselfeuerungen in Kohlekraftwerken auf höheren Durchsatz eingestellt und Steuerstäbe aus Reaktorkernen herausgeföhren. Doch haben alle diese Maßnahmen nur dann noch einen Sinn, wenn es in den ersten Augenblicken gelungen ist, einen kompletten Zusammenbruch des Netzes mit Hilfe der Rotationsenergie zu verhindern. Soll heißen: Ohne ausreichende Verfügbarkeit von konventioneller Kraftwerksleistung ist ein Netz in kritischen Situationen nicht stabil zu halten.

strenge Einhaltung des N-1-Kriteriums...

Zweite wichtige Lehre aus dem Desaster vom November 2006 ist die Erkenntnis, dass das sogenannte N-1-Kriterium in jedem Fall ohne Einschränkungen eingehalten werden sollte. In der Praxis heißt dies vor allem, dass stets eine ausreichende Anzahl konventioneller, zu Abgabe von Primärregelleistung fähiger Kraftwerke am Netz sein müssen. Hierzu zählen im Wesentlichen Kohlekraftwerke, Kernkraftwerke, Gaskraftwerke und Wasserkraftwerke. Unbrauchbar sind unter diesen Gesichtspunkten dagegen sowohl Solar- als auch Windenergieanlagen, da deren Leistungsabgabe nicht gezielt dem sich ändernden Bedarf angepasst werden kann. Insbesondere Leistungserhöhungen sind wegen der Launenhaftigkeit von Sonne und Wind nicht zu gewährleisten.

Erzeugung nahe am Verbrauch...

Eine weitere entscheidende Erkenntnis aus den Ereignissen vom 4. November 2006 ist die, dass es Gefahren birgt, wenn Erzeugung und Verbrauch zu weit voneinander entfernt liegen. Dies zeigte sich, als das europäische Verbundnetz instabil wurde und durch automatische Notfallprogramme in drei getrennte Teilnetze aufgespalten werden musste. Am Ende dieser Kettenreaktion wurde das europäische Verbundnetz (UCTE, Union for the Coordination of the Transmission of Energy) in die Bereiche West, Nord-Osten und Süd-Östliches Stromnetz als eigene Teilnetze aufgetrennt, Bild 3.



Bild 3: Zerfall des europäischen Verbundnetzes in drei Teilnetze mit Frequenzabweichungen infolge Unterversorgung (orange und blau) bzw. Überkapazität (grün) (Bild: wdwd/ Wikimedia commons)

Diese Trennung machte die nachteiligen Folgen einer zu großen räumlichen Trennung von Stromerzeugung und -verbrauch sichtbar: Während in Nordosteuropa (grün) plötzlich knapp 10.000 MW zu viel Leistung am Netz waren, fehlte diese Erzeugung in West- und Südeuropa (orange und blau). Als Konsequenz stieg die Netzfrequenz im Nordosten rapide wieder an (Bild 1), während sie im Westen und Süden weiter abfiel. Entsprechend unterschiedlich waren die Konsequenzen: Im grünen Sektor gelang es noch rechtzeitig, überschüssige Erzeugungsleistung vom Netz zu trennen. Die Notabschaltung eines laufenden Kraftwerks ist zwar ein brutaler Vorgang, jedoch sind die Kraftwerke dafür ausgelegt und können das überstehen. Eine schnelle Aktivierung stillstehender Einheiten steht dagegen auf einem ganz anderen Blatt. Deswegen war es in den beiden anderen Sektoren nicht möglich, ausreichend Erzeugerleistung zu mobilisieren. Das ist auch kein Wunder, denn im gesamten synchronisierten Bereich des europäischen Verbundnetzes liegt die vorzuhaltende Primärregelkapazität bei lediglich 3000 MW, also bei nur rund einem Drittel dessen, was zu diesem Zeitpunkt benötigt worden wäre. Da die fehlende Erzeugerleistung in den Bereichen „Orange“ und „Blau“ nicht schnell genug mobilisiert werden konnte, mussten durch automatischen Lastabwurf Verbraucher vom Netz genommen werden, was nichts anderes bedeutet als

Blackouts.



Bild 4. Kohlekraftwerke wie dieses der Steag in Herne sind entscheidende Stützen der Netzstabilität (Foto: kohlekraftwerke.de)

In manchen Gebieten dauerte es teils mehrere Stunden, bis das Verbundnetz wieder zusammenschaltet und synchronisiert werden konnte.

Eine entscheidende Lehre aus diesen Ereignissen sollte daher sein, zur alten Tugend zurückzukehren, Erzeugung und Verbrauch elektrischer Energie räumlich möglichst nicht zu weit zu trennen. Hätte in den Verbrauchsschwerpunkten der einzelnen Teilnetze nach der Auftrennung jeweils genügend Kraftwerksleistung zur Verfügung gestanden, so wären die Konsequenzen wesentlich geringer gewesen. Der Ferntourismus in Sachen Stromleitung, den man heute mit Riesenwindparks in grosser Entfernung von den Verbrauchsschwerpunkten oder mit „Wüstenstrom aus der Sahara“ propagiert, offenbart gerade in solchen Situationen seine elementaren Schwächen. Wenn man z.B. in Norddeutschland 30000 und künftig 50000 oder gar 70000 MW Windleistung erzeugt und die Leitungen zu den Verbrauchszentren dann aus irgendwelchen Gründen ausfallen, so kann man mit gerade mal 3000 MW Primärregelleistung im Fall des Falles faktisch überhaupt nichts mehr ausrichten.

Beim Blackout nutzen Gaskraftwerke wenig

Eine weitere wichtige Folgerung aus den beschriebenen Ereignissen ist die, dass die oft als Heilsbringer gepriesenen Gaskraftwerke bei einem Blackout wenig ausrichten können. Reine Gaskraftwerke werden zwar als Schnellstarter gepriesen, doch dauert es eben doch mehrere Minuten, bis ihr Generator wirklich nennenswerte Leistungen abgeben kann. Damit kann man keinen Blackout verhindern. Noch mehr gilt dies für die sogenannten Gas-und-Dampfkraftwerke: Aus dem Stillstand heraus braucht deren Dampfkessel eher Stunden als Minuten, bis er die Turbine mit nennenswerter Leistung versorgen kann. Während reine Gaskraftwerke wegen ihrer hohen Kosten sowieso meist nur kurzfristig zur Deckung von Spitzenlast zum Einsatz kommen, bedienen GUD-Kraftwerke meist die Mittellast. Zwar kommen sie mit kleinen bis

mittleren Lastgradienten gut zurecht, doch ist ihre Präsenz im Netz wegen der hohen Kosten zu gering, als dass man von ihnen erwarten könnte, dass sie wesentliche Anteile der Aufgaben von Grundlastkraftwerken übernehmen könnten.

EE-Strom ist unzuverlässig



Bild 5. Erzeugung aus konventionellen, Wind- und Solarkraftwerken vom 1. bis 26. Dezember 2013 (Daten: EEX)

Mit Blick auf die oben vorgestellten Gefährdungen der Netzstabilität stellt man bei genauerer Betrachtung der in Deutschland zur Zeit vorliegenden Situation bei der Stromerzeugung – insbesondere unter Einbeziehung der sogenannten „Erneuerbaren Energien“ – fest, dass wir uns bereits jetzt in einer kritischen Situation befinden, die durch weiteren EE-Zubau immer weiter verschlimmert wird. Bild 5 zeigt den Verlauf der Stromerzeugung aus Wind, Sonne und konventionellen Kraftwerken im Zeitraum vom 1. bis zum 26. Dezember 2013.

Daraus lässt sich erkennen, dass im Dezember zwar etliche Tage mit sehr hohem Stromaufkommen aus Windenergie vorkamen, aber andererseits auch Zeiträume mit einer Gesamtdauer von rund zwei Wochen, in denen die deutsche Bevölkerung ohne den Strom aus konventionellen Kraftwerken extrem schwierige Zeiten ohne Heizung, Licht, Warmwasser, warmes Essen und funktionsfähige Arbeitsplätze hätte durchmachen müssen.

Von einer Fähigkeit der „Erneuerbaren Energien“, konventionelle Kraftwerke zu ersetzen, kann demnach nur jemand reden, der selbst das kleine Einmaleins der Stromerzeugung und -versorgung nicht verstanden hat.



Bild 6. Am 11. Dezember 2013 erreichte das Aufkommen an Wind- und Solarstrom über lange Zeiträume nicht einmal 1500 MW (Daten: EEX)

Großkraftwerke kann man nicht so mal eben nach Belieben ein- oder ausschalten und danach in die Garage stellen, sie brauchen Belegschaften (4 Schichten!), Betriebsmittel, Brennstoffe, Reparaturen etc. pp, und diese Kosten laufen weiter, egal ob man ihnen erlaubt, Strom zu liefern oder nicht.

Ihren blamabelsten Tag hatten Sonne und Wind am 11. Dezember, als sie gemeinsam über einen Grossteil des Tages weniger als 2000 MW und über einen Teil des Nachmittags sogar weniger als 900 MW lieferten, Bild 6. Das ist gerade mal die Leistung eines einzigen größeren Kohlekraftwerks. In Prozentzahlen ausgedrückt waren dies gerade einmal 1,4 % der Netzlast. Man muss schon eine sehr lockere Beziehung zur Realität haben um zu behaupten, mit derartigen „Energiequellen“ könne man Deutschland zu 100 % versorgen, wie es immer mal wieder in der Presse zu lesen ist.

Bei viel Wind wird die Notfallreserve nicht mehr eingehalten

Ebenso unhaltbar ist auf der anderen Seite jedoch inzwischen auch die Situation an Tagen mit hohem EE-Aufkommen. Aufgrund des Vorrangs von EE-Stromerzeugern vor konventionellen Kraftwerken müssen diese bei hohen Einspeisungen von Wind- und Solarstrom ihre Erzeugung zurückfahren. Dadurch wird jedoch bei etwa 28000 MW eine kritische Grenze unterschritten, bei der die noch am Netz verbleibende Kraftwerksleistung nicht mehr ausreicht, um die erforderliche Mindestreserve an Primärregelleistung vorzuhalten [VERT, WIAU]. Dies ist in Bild 4 mit einer roten Linie gekennzeichnet.

Am 22. Dezember war dies beispielsweise über einen Zeitraum von 8 Stunden der Fall. Für diesen Zeitraum wurde das N-1-Kriterium bezüglich Vorhaltung von Primärregelleistung nicht mehr eingehalten, ein klarer Verstoß gegen die Erkenntnisse aus der Analyse des Blackouts vom November 2006. Auf gut Deutsch: Im Dezember 2013 bestand für einen Zeitraum von mehreren Tagen ein reales Blackout-Risiko nicht nur für Deutschland, sondern auch für die Nachbarländer. In seinem Wind- und Solarwahn ist Deutschland inzwischen offensichtlich bereit, seine internationalen Verpflichtungen zur Sicherung der gemeinsamen Netzstabilität zeitweilig grob zu missachten.

Österreich: Es wurde knapp

Einen Eindruck davon, wie schädlich sich der Alleingang Deutschlands in Sachen EE-Energieproduktion auf unsere Nachbarländer mittlerweile auswirkt, vermittelt der Vergleich der ursprünglich in Österreich geplanten Stromerzeugung aus konventionellen Kraftwerken mit der tatsächlichen Produktion am 22. Dez. 2013, Bild 7. Fast den ganzen Tag über mussten die Kraftwerke des Austrian Power Grid (APG) zwischen 800 und mehr als 1100 Prozent der ursprünglich geplanten Erzeugung erbringen, um einen Zusammenbruch der überlasteten Leitungsnetze nach Deutschland zu vermeiden.



Bild 7. Am 22 Dez. 2013 mussten Österreichs konventionelle Kraftwerke ihre Erzeugung notfallmäßig um teilweise mehr als 1100 Prozent (!) über die ursprünglich geplanten Werte hinaus steigern (Daten: EEX)

Gerne hat man das bei unseren Nachbarn sicher nicht gemacht, denn schon bei einer vergleichbaren Situation am 3. Oktober 2013 hatte man zu ähnlichen Maßnahmen greifen müssen, wenn auch nicht in dem jetzt erforderlich gewordenen Umfang. Schon damals hatten sich die Kosten auf über eine Mio. € belaufen [SAUR]. Beim Strom-Tsunami, der um den 22. Dezember herum die Netze überflutete, dürfte es noch wesentlich teurer geworden sein.

Das Ausmass des Ärgers, den solche Ereignisse auslösen, unterstreicht die folgende Meldung, die am 29.11.2013 in „Die Presse“ erschien: „Der heimische Übertragungsnetzbetreiber APG schlägt Alarm: Das Stromnetz könne mit dem rasanten Ausbau der Wind- und Solarkraftwerke nicht Schritt halten. Allein heuer musste das Unternehmen 600 Stunden lang Kraftwerke notabschalten oder den kurzfristigen Handel mit Strom unterbinden, um das heimische Stromnetz zu sichern. „Die Tendenz ist stark steigend“, warnt APG-Vorstand Gerhard Christiner“ [OEST].

An diesem fundamentalen Problem ändert sich auch durch die Tatsache nichts, dass der überschüssige Windstrom, der in diesem Zeitraum die Netze überschwemmte, zeitweilig nur noch dann abzusetzen war, wenn man dem Abnehmer bis zu 6,2 ct/

kWh draufzahlte, Bild 8. Dies erhöht die Differenz zum Garantiepreis, den der deutsche Verbraucher dann über die EEG-Umlage an die „Öko“-Profiteure zu bezahlen hat.

Fred F. Mueller



Bild 8. Um die Weihnachtszeit 2013 musste überschüssiger EE-Strom an der Börse mit Aufzahlungen von bis zu 6,2 ct/ kWh verschleudert werden (Grafik: HECK)

Quellen:

[HECK] <http://nature2010.tripod.com/wkr202.htm> 24/25.12.2013

[N1KR]

[http://www.netzausbau.de/SharedDocs/Glossareintraege/DE/N/glo_n-1-kriterium.htm?view=renderHelp\[CatalogHelp\]&nn=231210](http://www.netzausbau.de/SharedDocs/Glossareintraege/DE/N/glo_n-1-kriterium.htm?view=renderHelp[CatalogHelp]&nn=231210)

[OEST]

http://diepresse.com/home/wirtschaft/economist/1492276/Stromnetz-heuer-600-Mal-in-Gefahr?from=gl.home_wirtschaft

[SAUR]

<http://www.ploetzlichblackout.at/2013/12/22/eine-analyse-der-aktuellen-situation-w-eihnachten-2013/>

[VERT]

http://www.energiwelten.de/elexikon/lexikon/seiten/htm/110601_Primaerregelung_des_Stromversorgungsnetzes.htm

[WIAU] http://de.wikipedia.org/wiki/Stromausfall_in_Europa_im_November_2006

[ZEIT] <http://www.zeit.de/online/2006/45/Stromausfall>



Horst-Joachim Lüdecke

9 Fragen zur „Energiewende“



Europäisches Institut
für Klima und Energie
www.eike.de